

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN
ENFOCADAS HACIA LA CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL CORREDOR
ENCENILLO (MUNICIPIOS DE LA CALERA, GUASCA, SOPO, SESQUILÉ,
GUATAVITA), CUNDINAMARCA**

Presentado por:

Camilo Andrés Acuña Caro

Carrera de Ecología

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ecólogo**

Dirigido por:

Luis Guillermo Baptiste

**Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales
Carrera de Ecología
Bogotá, D.C. Julio de 2010**

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios y a la vida.

A mis padres por su formación, cariño, y apoyo.

A Luis Guillermo Baptiste por la dirección y orientación de este trabajo de grado.

A Luis Alberto Villa, Luis Miguel Renjifo, María Claudia Franco por su orientación.

A Clara Solano y Armando Sarmiento por su labor realizada como jurados.

A la Fundación Natura por el interés y el apoyo brindado.

Agradecimiento especial a mis amigos Valentina Cárdenas, David Barreto, Héctor Pabón, Federico Mendoza, Ángela Gómez, quienes me acompañaron durante el proceso y me dieron apoyo para seguir adelante.

RESUMEN

La configuración espacial de elementos del paisaje, mediante la ubicación de las principales coberturas de la zona de estudio que abarca cinco municipios del Altiplano Cundiboyacense, es una evaluación del uso actual y potencial del paisaje, del grado de fragmentación de la zona generada por actividades antrópicas y de la importancia de la conservación de los bosques altoandinos. Utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcMap 9.2, se generó un mapa de uso actual del suelo mediante la identificación de coberturas a partir de una imagen Landsat, a su vez se generó el mapa de uso propuesto con base en los mapas de uso propuesto normativo del suelo de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios. Al mapa de uso actual de suelos se aplicó un análisis de métricas de paisaje mediante el uso del software FRAGSTATS 3.3, los índices utilizados fueron área, porcentaje, y forma, tanto para cada fragmento como para cada tipo de cobertura, así mismo se aplicaron índices de proximidad y conectividad para cada tipo de cobertura, según los valores obtenidos para las métricas se identificaron las coberturas más importantes del área de estudio. Por otra parte, los mapas de uso actual y uso propuesto del suelo se sobreponen para generar unidades de conflicto de uso. A partir de estos conflictos se generaron cuatro criterios que priorizan la conservación de fragmentos según su cobertura actual y las oportunidades de conservación o regeneración de cobertura natural que genera su uso propuesto normativo. Con base en los fragmentos que cumplen con alguno de los criterios anteriores, se generó el mapa de criterios de uso donde aparecen los fragmentos según su prioridad de manejo. Los resultados generaron una discusión acerca de las posibilidades de conservación de algunas áreas de la zona.

PALABRAS CLAVE: ecología del paisaje, sistemas de información geográfica, métricas de paisaje, áreas protegidas, uso del suelo.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. General.....	12
2.2. Específicos.....	12
3. MARCO DE REFERENCIA.....	16
3.1. El paisaje.....	13
3.1.1. Configuración estructural del paisaje.....	13
3.1.1.1. Corredores biológicos.....	15
3.1.2. Conectividad del paisaje.....	15
3.1.3. Heterogeneidad del paisaje	16
3.1.4. Transformación del paisaje.....	16
3.2. Fragmentación de hábitats.....	17
3.3. Ecología del paisaje.....	19
3.3.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	19
3.3.2. Métricas de paisaje.....	20
3.4. Áreas protegidas.....	20
3.5. Orobiomas andino y altoandino	21
3.5.1. Bosque altoandino	22
4. ANTECEDENTES.....	23
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	25
5.1. Ubicación.....	25
5.2. Clima.....	26
5.3. Ecosistemas naturales.....	27
5.3.1. Bosque andino alto.....	27
5.3.1.1. Bosque húmedo montano (bh-M).....	27
5.3.1.2. Bosque muy húmedo montano (bmh-M).....	28
5.3.2. Bosque andino bajo.....	28
5.3.2.1 Bosque seco montano bajo (bs-MB).....	29
5.4. Uso de la tierra.....	29

6. METODOLOGÍA.....	30
6.1. Procedimiento.....	30
6.1.1. Fase preliminar.....	31
6.1.2. Fase de campo.....	32
6.1.3. Fase de laboratorio.....	32
6.1.4. Análisis de Información.....	33
6.1.4.1. Métricas de Paisaje.....	33
6.1.4.2. Criterios para el establecimiento de un escenario ecológico de conectividad.....	37
6.5.2.1. Criterios de uso	38
6.5.2.1.1. Prioridad 1. Criterio de cobertura natural.	38
6.5.2.1.2. Prioridad 2. Criterio de cobertura natural intervenida.....	38
6.5.2.1.3. Prioridad 3. Criterio de transformación de cobertura natural a cobertura antrópica.....	39
6.5.2.1.4. Prioridad 4. Criterio de transformación de cobertura antrópica a cobertura natural.....	39
7. RESULTADOS.....	40
7.1. Coberturas actuales y uso del suelo.....	40
7.1.1. Cobertura antrópica.....	41
7.1.2. Cobertura natural.....	43
7.1.3. Cobertura natural intervenida.....	44
7.2. Métrica del Paisaje.....	46
7.2.1. Índices de diversidad.....	46
7.2.2. Índices de número y tamaño de los fragmentos.....	46
7.2.2.2. Tamaño medio de los fragmentos.....	46
7.2.2.3. Índice del fragmento más grande.....	46
7.2.2.4. Desviación estándar y varianza del tamaño de los fragmentos.....	48
7.2.3. Índices de forma de los fragmentos.....	48
7.2.3.1. Índice de Forma.....	49

7.2.3.2. Forma de los fragmentos, forma media, desviación estándar y varianza.....	52
7.2.4. Índices de proximidad.....	54
7.2.4.1. Distancia al vecino más cercano, promedio, desviación estándar y varianza.....	54
7.2.5. Índices de Conectividad.....	55
7.2.5.1. Índice de Cohesión.....	55
7.2.5.2. Índice de Conectividad.....	56
7.3. Conflictos de uso del suelo.....	57
7.3.1. Principales conflictos de uso.....	60
7.3.1.1. Uso ambiental a rural.....	60
7.3.1.2. Uso antrópico a ambiental.....	63
7.4. Escenario para el restablecimiento de la conectividad.....	66
7.4.1. Mapa de Criterios de Uso.....	66
7.4.1.1. Criterio de Prioridad 1.....	67
7.4.1.2. Criterio de Prioridad 2.....	67
7.4.1.3 Criterio de Prioridad 3.....	68
7.4.1.4. Criterio de Prioridad 4.....	68
8. DISCUSIÓN.....	71
8.1. Uso actual del paisaje.....	71
8.2. Métricas de paisaje.....	72
8.2.1. Índices de Diversidad.....	72
8.2.2. Tamaño de los fragmentos.....	72
8.2.3. Forma de los fragmentos.....	73
8.2.4. Índice de proximidad.....	74
8.2.5. Índice de Cohesión.....	75
8.2.6. Índice de conectividad.....	76
8.3. Conflictos de Uso.....	77
8.4. Criterios de uso.....	78
8.4.1. Criterio de Prioridad 1.....	79
8.4.2. Criterio de Prioridad 2.....	81

8.4.3. Criterio de Prioridad 3.....	82
8.4.4. Criterio de Prioridad 4.....	83
8.6. Consideraciones metodológicas.....	86
8.7. Alcances y limitaciones del estudio.....	86
9. CONCLUSIONES.....	88
10. RECOMENDACIONES.....	89
11.REFERENCIAS.....	91
12. ANEXOS.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fragmentación de hábitat.....	18
Figura 2. Ubicación y delimitación del área de estudio.....	25
Figura 3. Variación de la temperatura con la altitud en el departamento de Cundinamarca.....	26
Figura 4. Diagrama metodológico.....	30
Figura 5. Número de fragmentos por tipo de cobertura.....	41
Figura 6. Mapa de cobertura antrópica.....	42
Figura 7. Mapa de cobertura natural.....	43
Figura 8. Mapa de cobertura natural intervenida.....	45
Figura 9. Proporción por tipo de cobertura en el paisaje.....	56
Figura 10. Mapa de uso propuesto del suelo, subgrupo de uso.....	58
Figura 11. Mapa de uso propuesto del suelo, grupo de uso.....	59
Figura 12. Mapa de criterios de uso.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clima municipios zona de estudio.....	27
Tabla.2. Tipo de coberturas, número de fragmentos, extensión y proporción por cobertura.....	40
Tabla 3. Coberturas de origen antrópico.....	42
Tabla.4. Cobertura natural.....	44

Tabla 5. Cobertura natural intervenida.....	44
Tabla 6. Tamaño medio de los fragmentos.....	46
Tabla 7. Índice del fragmento más grande.....	46
Tabla 8. Desviación estándar y varianza del tamaño de los fragmentos.....	48
Tabla 9. Polígonos de vegetación de páramo.....	50
Tabla 10. Polígonos de bosque denso.....	50
Tabla 11. Polígonos de Bosque denso/cobertura agropecuaria.....	51
Tabla 12. Polígonos de Matorral abierto/eriales.....	51
Tabla 13. Polígonos de Bosque denso/vegetación de páramo.....	51
Tabla 14. Polígonos de Cobertura agropecuaria/Eriales.....	52
Tabla 15. Polígonos de Bosque denso/Bosque plantado.....	52
Tabla 16. Polígonos de Matorral abierto/Bosque plantado.....	52
Tabla 17. Índice de Forma, desviación estándar y varianza de la forma.....	53
Tabla 18. Distancia al vecino más cercano, desviación estándar y varianza.....	55
Tabla 19. Índice de Cohesión.....	55
Tabla 20. Índices de conectividad para diferentes umbrales.....	57
Tabla 21. Polígonos de bosque denso.....	61
Tabla 22. Polígonos de vegetación de páramo.....	62
Tabla 23. Polígonos bosque denso/vegetación de páramo.....	62
Tabla 24. Polígonos de Bosque plantado.....	64
Tabla 25. Polígonos de Cobertura agropecuaria.....	65
Tabla 26. Polígonos misceláneos de Bosque plantado/otras coberturas.....	66
Tabla 27. Fragmentos de prioridad 1.....	67
Tabla 28. Fragmentos de prioridad 2.....	68
Tabla 29. Fragmentos de prioridad 3.....	68
Tabla 30. Fragmentos de prioridad 4.....	69
Tabla 31. Total criterios de uso.....	70
Tabla. 32. Relación índice de forma, tamaño medio de las coberturas.....	74

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de la zona andina son reconocidos como unos de los más amenazados, siendo la ampliación de la frontera agrícola para la siembra de papa y otros cultivos de tierra fría y ganadería el principal impacto sobre estos ecosistemas. Los ecosistemas de montaña en Colombia están sufriendo cambios en forma acelerada, debido a su alta sensibilidad a las alteraciones climáticas, susceptibilidad a la erosión, y el empobrecimiento de la biodiversidad, en gran parte dados por la actividad antrópica (Martínez, et al 2005).

En la región objeto de este estudio, se encuentran tipos de vegetación de la zona andina y zona de páramo, pero muchos de los bosques que originalmente cubrían laderas y planicies, han desaparecido y solo quedan pequeños restos o rastrojos. Estos bosques representan algunos de los ecosistemas naturales, pero en gran parte del área han sido reemplazados por agrosistemas (cultivos, potreros) definidos en gran parte por el hombre, o por rastrojos que representan ecosistemas seminaturales degradados por acción humana (tala, quema) (Van der Hammen, 1998).

La actividad principal en la región se basa en la producción agroindustrial y agropecuaria (floricultura y ganadería), fuertemente relacionada con la explotación minera. La sabana y los cerros de Bogotá presentan la más amplia extensión de tierras de vocación agropecuaria. Por otra parte los suelos están sometidos a una fuerte presión urbanizadora (CAR, 1995).

El sistema predial de La Calera, Guasca, Sopó, Sesquilé y Guatavita está propenso a la subdivisión por la demanda de la migración proveniente de Bogotá, con el fin de establecer fincas de recreo, las sucesiones legales de tipo familiar, la parcelación con fines de urbanización, y loteos sobre el corredor vial por servicios de ruta, lo que hace que el sistemas de minifundios dedicados a actividades

socioeconómicas ocupe un área apreciable de los territorios municipales (CAR 1994).

La sabana de Bogotá y sus cerros aledaños, es un área que según la ley 99 de 1993 se debe proteger, no solo por su valiosa contribución ambiental sino por su patrimonio histórico y cultural. En esta región existen algunos ecosistemas que a pesar de estar con algún grado de intervención antrópica son recuperables y de fácil conservación, al ser considerados como ecosistemas estratégicos por su valoración ambiental (CORPROAMBIENTAL, 2001).

La flora de los cerros y de las áreas rurales de Bogotá pertenecen a los niveles que por altitud se definen como bosque alto andino y páramo. Entre 2.800 y 3.200 metros de altitud se desarrolla el *bosque alto andino* que se distingue por su amplia diversidad biológica. La importancia ecológica de este tipo de bosques radica en su ubicación altitudinal, que establece una condición especial como cabecera generadora reguladora del recurso hídrico, los bosques altoandinos guardan un nivel muy alto de especificidad en las especies (endemismo), por lo tanto tienen un alto valor para la conservación (Castaño, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1. General

Identificar áreas que puedan generar algún interés de conservación, con base en el análisis estructural de elementos de paisaje y de conflictos de uso de uso de la región.

2.2. Específicos

- Identificar las características estructurales del paisaje, con base en la cobertura actual.
- Identificar fragmentos del paisaje que deben tenerse en cuenta como posibles áreas de conservación, con base en métricas de paisaje.
- Identificar fragmentos del paisaje que deben tenerse en cuenta como áreas de conservación, con base en conflictos de uso del suelo de la región

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. El paisaje

El paisaje es una porción de espacio geográfico, homogéneo en cuanto a su fisionomía y composición, con un patrón de estabilidad temporal, resultante de la interacción compleja de clima, rocas, agua, suelo, flora, fauna y el ser humano, que es reconocible y diferenciable de otras porciones vecinas de acuerdo con el análisis (resolución) espacio-temporal específicas (Etter 1990).

La configuración o expresión externa e interna que adquiere un paisaje de acuerdo con Etter (1990) y Subirós *et al.* (2006) es el resultado de los factores que intervienen en su formación (clima, geomorfología, suelos, litología/materiales parentales, vegetación y actividades humanas), lo cual determina la distribución espacial de los fragmentos. La geomorfología y la cobertura son dos factores relevantes en la identificación y delineación de paisajes, pues constituyen las propiedades emergentes de los paisajes, y permiten reconocerlos y diferenciarlos unos de otros (Etter 1990).

3.1.1. Configuración estructural del paisaje

El paisaje se puede encontrar formado por tres tipos básicos de unidades estructurales funcionales o elementos del paisaje: elementos tipo parche, tipo corredor y tipo matriz (Etter, 1990) y son estos los elementos espaciales que conforman cada patrón sobre la tierra. Estos elementos pueden ser de origen natural o humano, y de esta forma se aplican al patrón espacial de diferentes ecosistemas, tipos de comunidad, estado sucesional y usos del suelo. Así mismo los parches varían de grande a pequeño, de alargado a circular, y de intrincado a suave, estos presentan propiedades variables que afectan directamente su funcionamiento, tales como el tamaño, la forma, la cantidad de parches y los patrones de configuración. Los corredores pueden variar de anchos a delgados,

de alta a baja conectividad, y de meándricos a rectos. Y una matriz varía de extensa a limitada, continua a perforada, y de heterogénea a casi homogénea (Forman, 1995). La matriz de acuerdo con Etter (1990), es el elemento más interconectado y menos fraccionado que controla en mayor medida la dinámica del paisaje y los flujos de este.

3.1.1.1. Corredores biológicos

Los corredores de acuerdo con Etter (1990) son definidos como una franja angosta y alargada de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella, las propiedades de estos son unir o bien separar los elementos dentro de una matriz geográfica.

Los corredores pueden ser franjas aisladas, pero están usualmente unidos a un parche con vegetación similar, son usados como rutas o conductos de movimiento, aunque también cumplen otras funciones; son filtros de especies, son hábitats para otras, y son fuente de efectos ambientales y biológicos para su entorno (Forman, 1986).

Los corredores proveen protección a la biodiversidad, mejoran el manejo del recurso agua, como control de inundaciones, control de sedimentación, capacidad de reserva, agua limpia, poblaciones sostenibles de peces, y pesca. Los corredores lineales pueden mejorar la producción agroforestal actuando como rompevientos para cultivos y ganadería, controlan la erosión del suelo, proveen madera, y previenen la desertificación. La recreación en los corredores puede incluir la conservación de la vida salvaje para la observación, ciclismo, caminatas ecológicas (Forman, 1995).

Criterios para la aplicación del concepto de corredores y con el fin de aplicar con éxito el enfoque de mosaico de ecosistemas una región debe reunir la mayoría de las siguientes características según Yerena, E (1996):

- Tener ecosistemas que se encuentren en proceso de fragmentación, pero donde el aislamiento aún no sea drástico;
- Que dichos ecosistemas guarden estrecha relación y afinidad biogeográfica entre sí;
- Que sus condiciones fisiográficas permitan proponer soluciones prácticas para la interconexión;
- Que cuente con información básica disponible;
- Que posea áreas silvestres protegidas ya establecidas;
- Que sus dimensiones físicas puedan ser abarcadas en el tiempo disponible para el desarrollo del proyecto;
- Que sea posible obtener información primaria y actualizada sobre su cobertura vegetal natural;
- Que se pueda identificar especies claves que regulan y mantienen la abundancia de otras especies dentro del ecosistema (criterio biológico), es decir basarse en exigencias ecológicas de especies que regulan y mantienen la abundancia de otras especies dentro del ecosistema.

3.1.2. Conectividad del paisaje

La conectividad es el grado en el que el paisaje facilita o impide el movimiento entre parches; la conectividad depende también de la fisonomía del paisaje y la composición de los parches para medir la distribución de recursos (Taylor et. Al 1993). La conectividad es una medida de la habilidad de los organismos para moverse a través de parches separados de hábitat (Taylor et. Al 1993 en Hilty et al.2006). Una mayor conectividad provee mayores niveles de las cinco funciones (hábitat, conducto, filtro, fuente, sumidero) dadas para los corredores.

3.1.3. Heterogeneidad del paisaje

Puede ser definida como la distribución desigual y no azarosa de objetos, y el análisis de este patrón es de fundamental importancia para entender la mayoría de los procesos ecológicos y el funcionamiento de sistemas complicados como los paisajes, porque representa la complejidad espacial de un mosaico. La heterogeneidad espacial puede ser vista como un patrón estático o dinámico (Kolasa & Rollo, 1991) en Farina, A. (2000). La heterogeneidad espacial tiene efectos en muchos procesos ecológicos como la formación del suelo, el clima, la distribución de plantas y animales, abundancia y movimientos, flujos de agua y nutrientes, almacenamiento y reciclaje de energía, etc. Puede ser dividida en componentes horizontales y verticales. Los horizontales representan la distribución desigual de cobertura que puede ser creada por regímenes humanos de disturbios. La vertical representa la distribución desigual por encima del suelo y está más conectada con paisajes naturales (Farina, A. 2000).

3.1.4. Transformación del paisaje

Se refiere al cambio de una cobertura por otra, debido a causas humanas o naturales (Forman 1995). Los procesos de transformación generan como consecuencia variaciones a nivel de la estructura, la composición y el funcionamiento del paisaje (Etter 1990).

Las perturbaciones causadas por las actividades de uso de la tierra, han transformado una gran proporción de la superficie terrestre del planeta (Foley *et al.*, 2005). El impacto del uso humano de la tierra, altera la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres, generando cambios en la composición atmosférica y en los ecosistemas acuáticos, contribuyendo a la pérdida de la biodiversidad global, y de la capacidad de carga de los ecosistemas (Gaston *et al.*, 2003). En esta dinámica, los más profundos cambios suelen ocurrir cuando las prácticas de agricultura asociadas con ganadería y manejo de pastos,

son mantenidas por largo tiempo en un sitio, y/o por la expansión de los centros urbanos y las actividades industriales (Foley *et al.*,2005).

En Colombia este fenómeno se ha dado en gran parte de sus ecosistemas naturales, en especial la región Andina, que históricamente ha estado densamente poblada y expuesta a una alta tensión antrópica por reducción de área, fragmentación, degradación y pérdidas bióticas (Van der Hammen 1993; Etter y Villa, 2000).

En los Andes colombianos, la transformación de ecosistemas originales por diferentes sistemas agrícolas, ha causado cambios sustanciales en los niveles estructurales y funcionales del paisaje (Etter y Villa, 2000). Varios tipos de evidencia soportan esto: primero, la alteración de los patrones de la vegetación y la geometrización del territorio, expresadas en la fragmentación y reducción de los ecosistemas naturales, o su total emplazamiento por cultivos y pasturas. Segundo, la alteración de los ciclos hidrológicos y procesos asociados, dando como resultado la escasez de agua en muchas áreas, la reducción de la capacidad productiva de los suelos, y por último, la pérdida de biodiversidad y la alteración local y regional del clima (Etter y Villa, 2000). La alta fragilidad de los bosques altoandinos, junto con la alta tensión antrópica en que se encuentran por reducción de área, fragmentación, pérdidas bióticas y degradación, los hacen unos de los ecosistemas colombianos más vulnerables al cambio climático (Van der Hammen, 1993).

3.2. Fragmentación de hábitats

La fragmentación tiene lugar como proceso en áreas intervenidas por el hombre, producto de sus actividades (Vila *et al.*, 2006); evidenciándose dicho proceso en los ecosistemas altoandinos (Etter y Villa, 2000). Se entienden como fragmentos, las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio, cuya superficie muestra una correlación con las especies que puede albergar. La

reducción progresiva de dichas unidades determina una reducción progresiva de la diversidad biológica, y de la dimensión de las poblaciones de diferentes especies presentes (Vila et .al, 2006).

Un paisaje fragmentado representa el punto final de los procesos de fragmentación (Fahrig, 2003); presentando un número de pequeños parches remanentes de la superficie total de un área, aislados unos de otros por una matriz de hábitats diferente de la original (Figura 1) (Wilcove *et al.*, 1986 en: Fahrig, 2003).

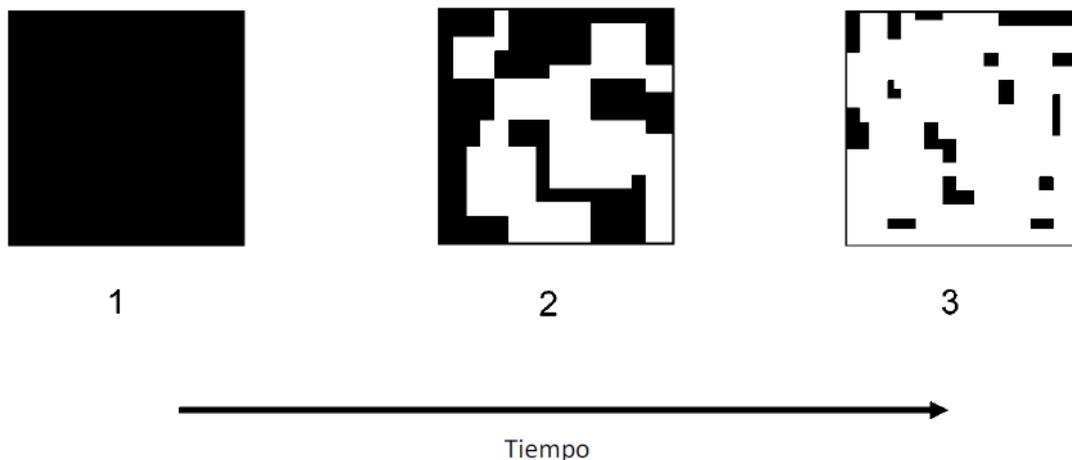


Figura 1. Proceso de fragmentación de hábitat: Las áreas negras representan los hábitats remanentes y las áreas blancas representan la matriz. Fuente: Fahrig (2003).

Algunos patrones de paisaje pueden representar una mayor degradación que otros, por lo cual la fragmentación se define como un aspecto de configuración de hábitat (Fahrig, 2003). La fragmentación vista como el cambio de configuración de hábitat, tiene como resultado el incremento en número de parches remanentes, disminución en el tamaño del parche e incremento en el aislamiento de los parches (Fahrig, 2003).

3.3. Ecología del paisaje

La ecología del paisaje es una disciplina que estudia los factores bióticos y abióticos en un área de la superficie terrestre, incluyendo el estudio de las relaciones espaciales, temporales y funcionales entre los componentes de los paisajes; el paisaje hace referencia a espacios territoriales amplios, conformados por cobertores vegetales naturales y transformados; su enfoque está propuesto para la caracterización de componentes de biodiversidad (Van Gils *et al.* 1990, Villareal *et al.* 2004); y concentra su atención al análisis y cuantificación de la estructura de los patrones de paisajes, mediante la estimación de índices que reflejan el estado de éstos en términos de tamaño, forma, distancia, aislamiento, diversidad, dominancia, conectividad y fragmentación, entre otros (McGarigal y Marks 1995, Dale *et al.* 1994, Saunders *et al.* 1991, O'Neill *et al.* 1988, citados en: Villareal *et al.* 2004).

La ecología del paisaje proporciona herramientas de entendimiento de la dinámica de la heterogeneidad espacial, de las interacciones y los intercambios a través del paisaje y de la influencia de esa heterogeneidad sobre los procesos bióticos y abióticos principalmente. En el campo de la ecología del paisaje se considera una región como una unidad heterogénea que cumple con las características básicas de un paisaje: estructura, función y cambio (Forman & Godron, 1986).

3.3.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica son la herramienta más utilizada en la construcción de mapas de cobertura de la superficie terrestre, y en el proceso de ordenación, procesamiento y análisis de datos temáticos de correlación. Proveen al usuario la capacidad de guardar, manipular y visualizar la información acerca de una región. Los datos SIG pueden obtenerse de varias fuentes, y ser manipulados y analizados de diferentes maneras (Greenberg *et al.*, 2003).

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Parra, 1997).

3.3.2. Métricas de paisaje

Las métricas de paisaje son medidas cuantitativas para los patrones espaciales fundamentales para muchas de las relaciones espaciotemporales y son ampliamente usadas en investigación en ecología del paisaje. Con la disponibilidad de la tecnología de los SIG y los software de cálculo de patrones de paisaje como FRAGSTATS, es simple generar muchas medidas de patrones de paisaje para caracterizar la heterogeneidad de los paisajes (Li .X et al. 2005). Sin embargo las métricas de paisaje están sujetas a limitaciones como la escala, a la interpretación de los índices y las implicaciones ecológicas de los índices. Las métricas de paisaje son muy sensibles a la calidad de los datos, especialmente en paisajes complejos y muy heterogéneos (Antrop y Eetvelde. 2000).

3.4. Áreas protegidas

Las áreas protegidas deben ser vistas y apreciadas como una parte integral y valiosa del uso de la tierra, cumpliendo así una amplia gama de funciones y beneficios a las localidades, las naciones y al mundo (UICN, 2000) en (Sánchez 2006). Frecuentemente se utilizan dos criterios básicos para la selección de posibles espacios naturales a proteger (Ormazábal, 1998 en Sánchez, 2006): presencia de elementos naturales únicos, escasos o excepcionales; y presencia de elementos naturales representativos, abundantes o comunes.

En los países latinoamericanos los siete criterios más usados para la selección de un área protegida y en orden de importancia han sido los siguientes (Ornazábal, 1998 en Sánchez, 2006):

1. Sitios con ambientes ecológicos, diversidad o riqueza biológica destacados.
2. Sitios de concentración o comunidades particulares de fauna.
3. Sitios en cuencas hidrográficas importantes.
4. Lugares de importancia para especies migratorias.
5. Áreas con formaciones, asociaciones o comunidades vegetales representativas.
6. Sitios con especies endémicas y recursos genéticos.
7. Lugares con alto valor natural geomorfológico o paisajístico.

El establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP), es el principal instrumento reconocido en el marco del Convenio de Diversidad Biológica para la conservación de la biodiversidad. En la región andina de Colombia se ha avanzado en la creación y establecimiento de ANP, especialmente las integradas al Sistema de Parques Nacionales Naturales. Además de la consolidación de áreas protegidas de carácter nacional, en el marco de la nueva política nacional de conservación de áreas naturales protegidas se presentan nuevas oportunidades, especialmente en la creación de Sistemas Regionales de Áreas Naturales Protegidas (SIRAP) en sentido amplio: parques nacionales, reservas regionales, municipales, privadas, resguardos indígenas, entre otros (IAvH. 2005).

3.5. Orobiomas andino y altoandino

Cuatrecasas (1939) en (IAVH 2004), señalo los límites de los bosques andinos entre los 2400 y 3000 msnm y los altoandinos entre 3000 y 3300 msnm. Estos ecosistemas se encuentran en el límite altitudinal continuo desde el bosque subandino al subpáramo, en una distribución zonal que fluctúa por las condiciones edafo climáticas. (Van der Hammen et al. 2002 en IAVH 2004).

3.5.1. Bosque altoandino

El bosque altoandino (de 2800 a 3400 m de altitud, precipitación anual de 800 a 1000 mm y una temperatura media entre 7 y 11.5 °C, presenta una vegetación de bosques semihúmedos hasta húmedos, donde el *Weinmannia tomentosa* (Encenillo) es casi siempre un elemento importante, frecuentemente acompañado por *Drymis granadensis* (canelo de páramo), *Clusia multiflora* (gaque) y *Hedyosmum bonplandianum* (granizo) (IAVH; 2004).

Por encima de los 3000 msnm es más abundante la presencia de *Befaria resinosa* (pegamosco), *Gaiadendron punctatum* (tagua), *Diplostegium rosmarinifolium* (romero blanco), *Bucquetia glutinosa* (charne), *Clethra fimbriata* (manzano), y otras especies leñosas. Arriba de los 3200 m aparecen, con frecuencia, *Myrsine depends* (cucharo) y varias especies de ericáceas y, localmente se encuentran *Miconia salicifolia* (tuno) y *Weinmannia microphylla* (Encenillo) (CAR, 2001 en IAVH, 2004).

La ubicación altitudinal de estos bosques establece una condición especial como cabecera generadora reguladora del recurso hídrico de la superficie continental, regulan y recargan el agua líquida, sólida y gaseosa requerida por las cumbres glaciares, valles, vertientes, terrazas basales, litorales, plataformas continentales y, por acción sucesional, las fosas continentales (Castaño, 2002).

4. ANTECEDENTES

Actualmente se llevan a cabo estudios que buscan entender la dinámica de los paisajes usando la interpretación visual de imágenes Landsat y de fotografías aéreas para identificar patrones que describan procesos complejos de uso y de cambio de uso, y mediante la aplicación de métricas de paisaje como indicadores de heterogeneidad y fragmentación.

Antrop y Eetvelde (2000), analizan la cobertura de una zona de transición suburbana de la ciudad de Ghent en Bélgica, a una zona rural al oeste que se caracteriza por una gran diversidad de usos y una severa fragmentación, mediante la interpretación visual de fotografías aéreas y una aproximación cuantitativa usando métricas de paisaje. Como resultado obtuvieron unidades de paisaje donde se interpretan de manera holística las características del paisaje de la zona de estudio.

En Colombia el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt realizó un análisis preliminar de patrones del paisaje en paisajes rurales ganaderos, en el flanco occidental de la cordillera central, entre los 1700 a 2100 m.s.n.m, con el objetivo de determinar la configuración del paisaje y sus implicaciones para la biodiversidad a través de índices e indicadores biológicos (Bernal ,et al. 2005).

En el municipio de Sopó, se realizó un Plan de Manejo Ambiental para la Zona de Reserva Forestal Protectora de Pionono con el fin de identificar elementos ambientales, describir su potencialidad, determinar el grado de intervención del hombre en las áreas de influencia de la Reserva y plantear soluciones de manejo en el corto, mediano y largo plazo, para mantener el equilibrio del medio natural, calificado como reserva forestal. Para esto se llevo a cabo una zonificación y se establecieron de áreas por diferentes niveles de deterioro, con la utilización de cartografía y fotografías aéreas (CORPROAMBIENTAL, 2001).

En el municipio de Guasca se realizó un análisis de transformación del paisaje en la reserva Encenillo de la Fundación Natura, en el municipio de Guasca entre los años 1940 a 2007, con el fin de relacionar las variables biofísicas y sociales que podrían tener influencia en los cambios y en la estructura de las coberturas del paisaje de la reserva (Pabón .H, 2009).

En cuanto al manejo de áreas protegidas, en el municipio de Guatavita se realizó un Plan Guía De Manejo para la Reserva Forestal Protectora Productora Laguna de Guatavita Cuchilla de Peñas Blancas mediante bajo el cual se llevo a cabo un diagnóstico ambiental que recoge el estado del arte sobres el conocimiento de las Áreas protegidas de la corporación autónoma regional CAR en los niveles central y regional dentro de su jurisdicción, con el fin de proponer la restauración del patrimonio ambiental alterado (Urdaneta .M y Rodríguez .A, 2001).

En el municipio de La Calera, Sopó, y otros municipios de la jurisdicción CAR, se llevó a cabo una caracterización ambiental para determinar la fisonomía ambiental de la zona con el propósito de contribuir a la elaboración de los planes de gestión ambiental (CAR, 1995).

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Ubicación

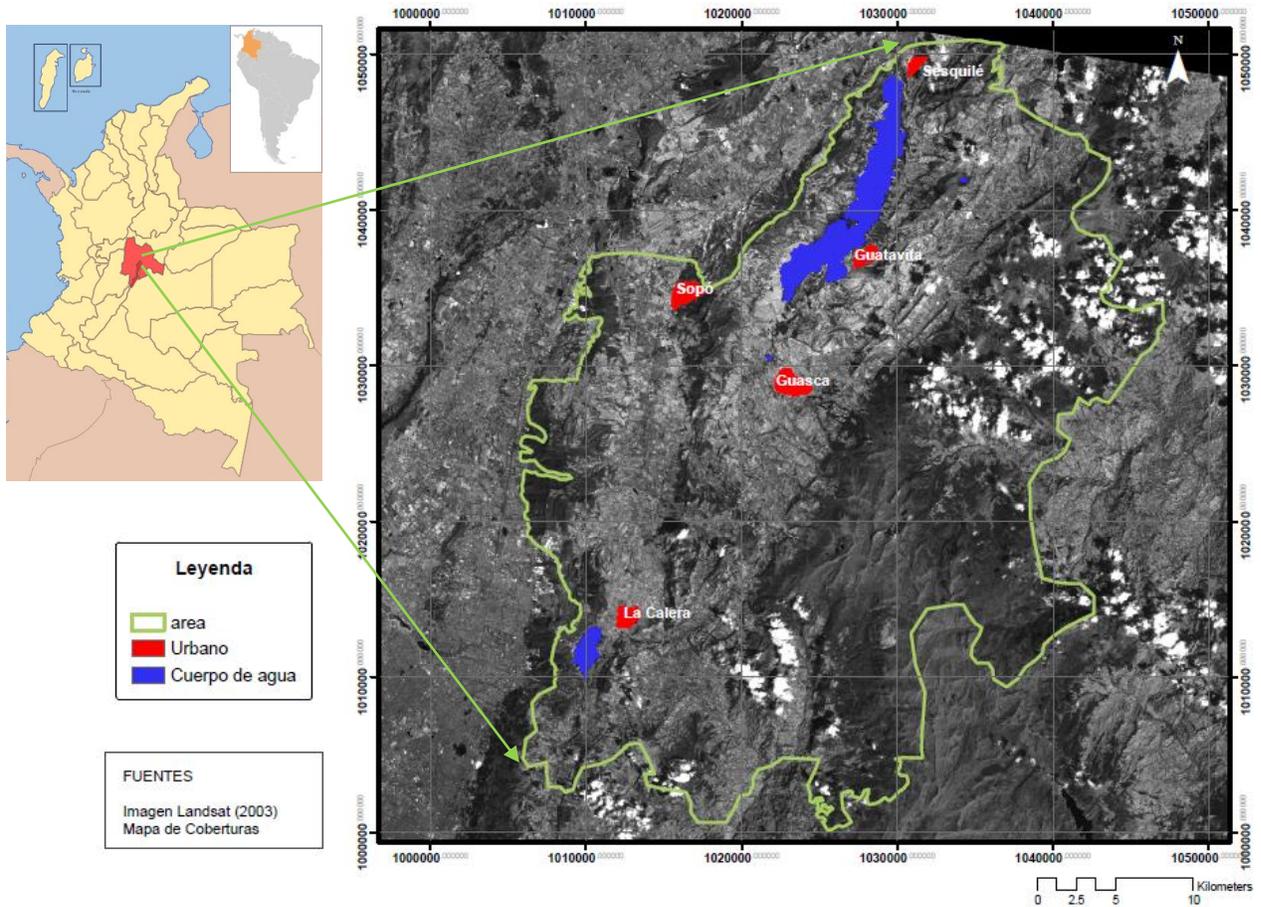


Figura 2. Ubicación y delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende los municipios de La Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita, los cuales hacen parte de la cuenca media del río Bogotá, situada en el altiplano Cundiboyacense en la cordillera Oriental de los Andes Colombianos. Está ubicada al Oriente del departamento de Cundinamarca, Colombia. Posee una extensión de 125536.5 ha.

Geográficamente esta zona se localiza en el centro del país, y se encuentra embebida en un relieve montañoso y quebrado. Este altiplano tiene una altitud de 2600 m y posee dos ríos importantes que recogen sus aguas: río Bogotá y río

Funza (Castilla, 1995). La zona de estudio hace parte de la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Se encuentra en un rango altitudinal comprendido entre 2500 y 3500 m.s.n.m.

En la región se encuentra los últimos fragmentos de bosques andinos con presencia de encenillo *Weinmania tomentosa* últimos en la región y otras especies como el canelo, gaque, aliso, chusque, tunos, uvo, entre otros. La vegetación está representada por bosques maduros de encenillo y bosques con diferentes edades de crecimiento. También encontramos áreas de pastizales que están siendo destinadas a la implementación de sistemas de producción ganadera y la papa, en proceso de implementación de buenas prácticas agrícolas. También encontramos refugio de especies de aves como el colibrí cola de raqueta, tinguas, patos, cusumbos, conejos y armadillos (Martínez et al, 2005).

5.2. Clima

Los resultados del análisis climático realizado al departamento de Cundinamarca arrojaron los siguientes resultados (IGAC, 2000):

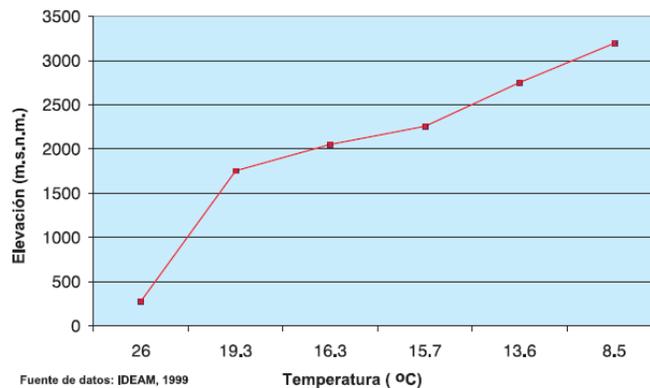


Figura 3. Variación de la temperatura con la altitud en el departamento de Cundinamarca. (IGAC, 2000)

La temperatura en la región varía según la altitud entre 14°C (2500 msnm) y 8°C (3500 msnm) (Figura 3.). La precipitación fluctúa entre 693 mm/año y 914 mm/año (Tabla 1.)

Municipio	Temp °C	Precipitación mm/año
Guasca	13	773
Guatavita	14	734
La Calera	13	914
Sesquilé	14	777
Sopó	14	693

Tabla 1. Clima municipios zona de estudio (IGAC, 2000)

5.3. Ecosistemas naturales de la región

5.3.1 *Bosque andino alto*

El Bosque Andino alto de Encenillo de la Sabana de Bogotá – Cuenca Alta del río Bogotá, se encuentra entre aproximadamente 2750 y 3300 m de altitud y corresponde a las zonas bioclimáticas según Holdridge, del Bosque húmedo montano y Bosque muy húmedo montano. Las temperaturas medias anuales son entre aproximadamente 12°C y 9°C y la precipitación entre 900 y 1500 mm anuales (Van der Hammen, 1998).

5.3.1.1 *Bosque húmedo montano (bh-M)*

Hace parte del piso altitudinal montano Caracterizado por biotemperaturas medias entre los 6 y 12°C y alturas entre 3.000 y 4.000 msnm. Esta zona de vida se conoce comúnmente como páramo (IGAC, 2000).

Se caracteriza por precipitaciones de 500 a 1.000 mm/año y biotemperatura media entre 6 y 12°C, se distribuye en la sabana de Bogotá.

5.3.1.2 Bosque muy húmedo montano (bmh-M)

Hace parte del piso altitudinal montano, caracterizado por biotemperaturas medias entre los 6 y 12°C y alturas entre 3.000 y 4.000 msnm. Esta zona de vida se conoce comúnmente como páramo (IGAC, 2000).

Esta formación corresponde a las zonas de páramo y se caracteriza por presentar como límites climáticos una biotemperatura media anual aproximada entre 6 y 12°C, con variación entre el día y la noche y con frecuencia se observan descensos hasta de 0°C, con un promedio anual de lluvias de 1.000 a 2.000 mm y una altitud de 3.000 hasta 3.900 m. En el departamento hace parte de una franja que va desde el sureste al noroeste entre cerros y cuchillas de menor altitud alinderadas en las proximidades del páramo de Sumapaz, es una zona importante porque allí nacen algunos ríos como el Chuza y el río Frío, este último, importante afluente de la laguna de Chingaza. Los bosques de esta formación son sumamente escasos y solamente quedan algunos relictos que se han salvado de la arremetida colonizadora. Estos bosques se hallan sobre pendientes pronunciadas y, aunque sus especies no tienen un valor maderable, son de invaluable utilidad en la conservación de los suelos y en la regularización de las corrientes de las cuencas hidrográficas. Esta formación es adecuada en ciertos casos para planes de reforestación con coníferas; las especies nativas, de porte no muy alto, pueden servir para formar bosques protectores del suelo y el agua, para producción de madera es aconsejable el uso de cipreses, pinos y eucaliptos.

5.3.2 Bosque andino bajo

La zona del Bosque Andino Bajo de la Sabana de Bogotá – Cuenca Alta del río Bogotá, se encuentra entre 2550 y 2750 – 2800 m y correspondería a la zona bioclimática según Holdridge del “Bosque seco montano bajo”. Las temperaturas medias anuales estarían entre aproximadamente 14°C y 12°C, la precipitación entre 600 y 900 mm (media anual) (Van der Hammen, 1998).

5.3.2.1 Bosque seco montano bajo (bs-MB)

Hace parte del piso altitudinal montano bajo, ubicado entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m y un rango de biotemperatura media entre 12 y 18°C (IGAC, 2000).

Esta formación vegetal se caracteriza climáticamente por presentar biotemperaturas medias entre 12 y 18°C y lluvias inferiores a 1.000 milímetros al año. Los bosques de esta formación han desaparecido casi en su totalidad y han sido reemplazados por cultivos agrícolas y ganadería semi-intensiva. Solamente se encuentran especies pertenecientes al bosque secundario y algunas especies introducidas de coníferas y eucaliptos diseminadas en la zona.

5.4. Uso de la tierra

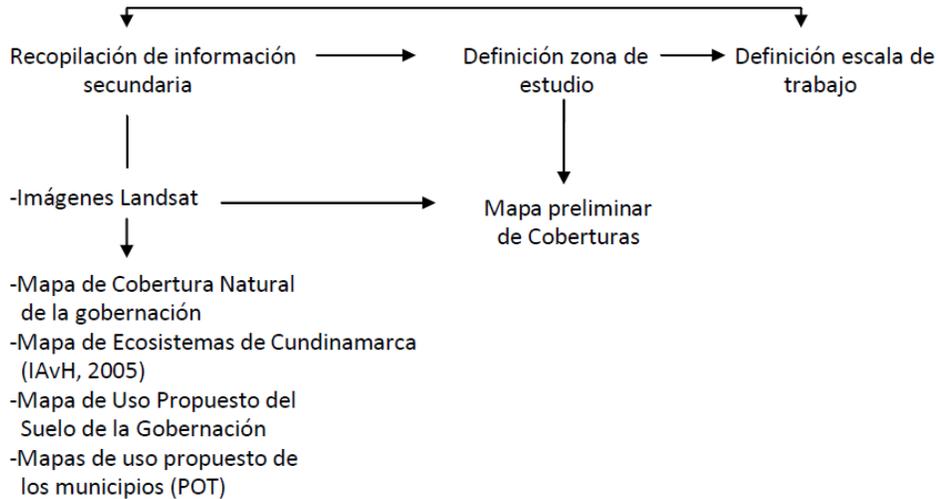
El paisaje actual tiene que ver mucho con el uso de la tierra. Se diferencia el paisaje amplio y abierto de las grandes haciendas principalmente con ganadería (latifundios) donde dominan los potreros, hay pocos restos de cercas vivas y dominan cercas de alambre de púa. A veces hay hileras de pinos y eucaliptos. Incluye gran parte de los valles de los ríos y de la superficie plana de las sabana. Puede haber algo de producción agrícola (frecuentemente para la misma ganadería). Son en general suelos aptos para fines agrícolas (Van der Hammen, 1998).

Se diferencia también un paisaje más cerrado y de pequeña escala, el paisaje de minifundio. Se asocia frecuentemente con restos de cercas vivas, árboles nativos y exóticos, huertos, algunos frutales y pequeños cultivos de maíz, papa, etc. Es un paisaje rústico de diversidad vegetal relativamente grande, lo que significa también diversidad de fauna (Van der Hammen, 1998).

6. METODOLOGÍA

6.1. Diagrama metodológico

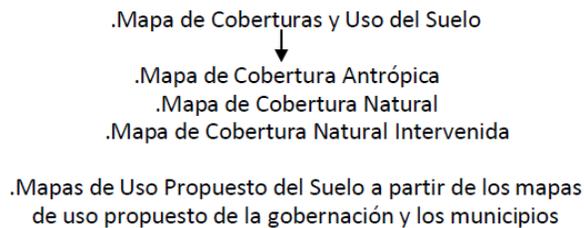
FASE PRELIMINAR



FASE DE CAMPO

Comprobación de coberturas

FASE DE LABORATORIO



FASE DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

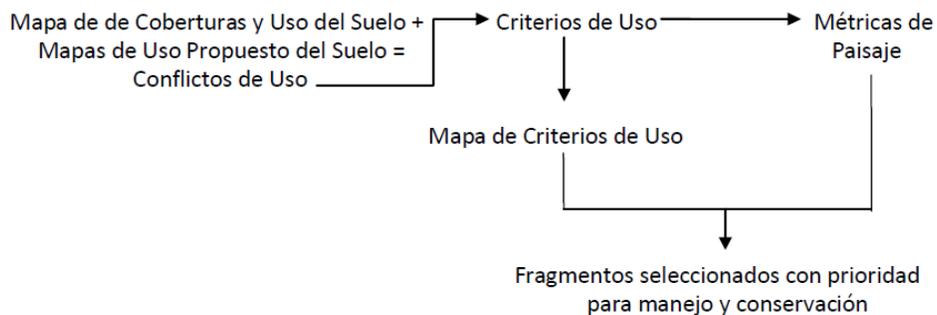


Figura. 4. Diagrama metodológico

6.2. Fase preliminar

Se realizó una recopilación preliminar que permitió la definición de objetivos, teniendo en cuenta la información existente, así mismo se definió la zona de estudio, y la escala a la que se iba a trabajar. A partir de una imagen landsat facilitada por la Facultad de Estudios Ambientales Y Rurales de la Universidad Javeriana, se identificaron las coberturas de la región y se creó un mapa de cobertura a escala 1:260000, mediante el uso de arc gis 7.2 basado en la identificación de coberturas de la imagen basado en la metodología de CORINE Land Cover, (Tomado de la página principal de la European Environmental Agency: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1>), el cual define una metodología específica elaborada para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. Con base en la tipología usada en el MAPA DE COBERTURA NATURAL Y CUERPOS DE AGUA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, ESCALA 1:100.000 (INSAT, 2006) se nombran las coberturas utilizadas en este estudio. Las diferentes coberturas del mapa, se dividen según su estado y grado de intervención de:

- Natural: Cuando se presenta la dominancia de una cobertura natural homogénea, de tipo nativo en general, con buen grado de conservación. Las coberturas que pertenecen a esta categoría son Vegetación de páramo, Bosque denso, Bosque abierto, Matorral, y los misceláneos que forman la unión de algunas de estas coberturas dentro de un fragmento.
- Natural intervenida: Cuando persiste la vegetación natural pero se aprecian diferentes tipos de alteración o ruptura de la estructura original. Las coberturas que pertenecen a esta categoría son misceláneos compuestos por la combinación de una cobertura natural, con una cobertura antrópica.

- Antrópica: Cuando son coberturas construidas o propiciadas por el hombre. Las coberturas que pertenecen a esta categoría son Cobertura agropecuaria, Bosque plantado, Urbano y Eriales.

6.3. Fase de Campo

A partir del mapa de coberturas se definió la ruta para la comprobación de la presencia de las coberturas identificadas, según disponibilidad de circulación por carreteras principales y secundarias ya que el total del recorrido se realizó en bicicleta. Se tomaron puntos mediante un gps, en puntos estratégicos de ubicación de bosques altoandinos (Anexo. 1), para esto se utilizó como referencia la presencia de encenillales, bosques denominados así por la alta dominancia de Encenillo *weinmannia tomentosa*, que se encuentra por lo general dentro de los parches remanentes de arbustal y bosque altoandino del área de estudio (Osorio *et al.*, 1997; Cuatrecasas, 1934). Estos puntos fueron utilizados también para el estudio de la DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA OBSERVADA DE LOS ENCENILLALES (Barreto, 2009), para lo cual se elaboro una lista para la comprobación en campo de su presencia (Anexo 1).

6.4. Fase de Laboratorio

Con base en el mapa de coberturas hecho mediante el análisis de la imagen Landsat y con la comprobación en campo de las coberturas observadas, se crearon los mapas de uso de suelo y cobertura para la zona de estudio, mediante el uso del software para el manejo de sistemas de información geográfica Arc Gis 9.2.

Con base en el mapa de coberturas hecho en la fase preliminar y con base en el mapa departamental de uso propuesto del suelo de la gobernación, el mapa de ecosistemas de Cundinamarca del IAVH, mapa de uso propuesto de los municipios de la Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé y Guatavita, se creó el mapa de

uso propuesto para la creación de unidades de paisaje con base en la cual se analizan los conflictos de uso actuales y potenciales para la zona de estudio y que pueden influir en la creación de un corredor biológico.

6.5. Fase de Análisis de información

Con base en los mapas de uso actual y el de uso propuesto del suelo, mediante una superposición de los dos mapas, se analizan los principales conflictos de uso del suelo, es decir, la existencia de coberturas diferentes a las establecidas por los POT de los municipios, con el fin de descubrir el potencial de restauración de acuerdo al tipo de uso normativamente establecido. Al mapa de coberturas y uso del suelo se aplican métricas de paisaje, para cuantificar los patrones del paisaje y así identificar la mejor posibilidad para la reconexión de fragmentos de bosque y el diseño de un corredor biológico viable para la región, según las características estructurales del paisaje.

6.5.1. Métricas de Paisaje

Las métricas se calcularon con el programa FRAGSTATS 3.3 (McGarigal, et al. 2002) del cual se tuvieron en cuenta solo las más relevantes para el estudio, así mismo se extrajo su definición de la documentación adjunta en el software de circulación gratuita proporcionado por la Universidad de Massachusetts en su página web (McGarigal, et al. 2002):

- Índice de diversidad de Shannon: Es igual a la suma, a través de todos los parches, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche multiplicado por esa proporción. P_i = Proporción de el paisaje ocupado por el tipo de parche.

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$$

Tiene valor de 0 cuando el paisaje contiene solo un parche, y aumenta cuando existen diferentes tipos de parche, o cuando la distribución proporcional del área entre tipos de parches se vuelve más equitativa.

- Índice de diversidad de Simpson: Es igual a 1 menos la suma, a través de todos los parches, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche al cuadrado.

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

Tiene valor de 0 cuando el paisaje contiene solo un parche, y se acerca a 1 cuando aumenta el número de diferentes tipos de parche.

- Promedio: Es igual a la suma del valor de la métrica de todos los parches de un mismo tipo de cobertura, dividido por el número de parches de ese mismo tipo.

$$MN = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$$

- Desviación estándar: Es igual a la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones al cuadrado de cada valor de la métrica (forma, tamaño, distancia) del valor promedio de la métrica del tipo de parche correspondiente, dividido por el número de parches del mismo tipo, es decir la raíz cuadrada del error (desviación del promedio de la métrica correspondiente).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[x_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}}$$

- Coeficiente de variación o varianza: Es igual a la desviación estándar dividida por el promedio, multiplicado por 100 para convertirla a porcentaje, para la correspondiente métrica (tamaño, forma, distancia) para cada tipo de parche.

$$CV = \frac{SD}{MN} (100)$$

- Índice del fragmento más grande: Es igual al área (m²) del fragmento más grande del correspondiente tipo de fragmento, dividido por el área total del paisaje (m²), multiplicado por 100 (para convertir a porcentaje), es decir, es igual al porcentaje del paisaje comprendido por el parche más grande.

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A}(100)$$

a_{ij} = área (m²) del parche ij.

A = área total del paisaje (m²).

Este valor se acerca a 0 cuando el fragmento más grande del correspondiente tipo de cobertura es cada vez más pequeño y se acerca a 100 cuando todo el paisaje está compuesto por un solo fragmento del correspondiente tipo de cobertura, es decir el fragmento comprende el 100% del paisaje.

- Índice de Forma: Es igual al perímetro del fragmento (dado en número de celdas de superficie) dividido por el perímetro mínimo (dado en número de celdas de superficie) posible para un fragmento máximamente compactado (en formato raster cuadrado) de la correspondiente área del fragmento.

$$SHAPE = \frac{P_{ij}}{\min P_{ij}}$$

p_{ij} = perímetro del fragmento ij en términos de número de celdas de superficie.

$\min p_{ij}$ = perímetro mínimo del fragmento ij en términos de número de celdas de superficie.

Es igual a 1 cuando el fragmento es cuadrado o casi cuadrado, y aumenta sin límite cuando la forma del fragmento se vuelve más irregular.

- Índice de Agregación: Es igual al número de adyacencias de un tipo de cobertura (clase), dividido por el número máximo posible de adyacencias de la correspondiente clase, que es alcanzado cuando la clase está agrupada al

máximo en un solo parche compacto, y multiplicado por 100 (para convertir a porcentaje).

$$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$$

g_{ii} = número de adyacencias entre pixeles del tipo de cobertura i con base en el método de conteo simple.

$\max \rightarrow g_{ii}$ = número máximo de adyacencias entre pixeles del tipo de cobertura i con base en el método de conteo simple.

Es igual a 0 cuando el tipo de cobertura está completamente desagregado (cuando no hay adyacencias), aumenta cuando el tipo de cobertura es cada vez más agregado, y es igual a 100 cuando el tipo de cobertura está agregado completamente en un solo parche compacto.

- Índice de Cohesión: Es igual a 1 menos la suma del perímetro del fragmento (en términos de celdas de superficie) dividido por la suma del perímetro del fragmento por la raíz cuadrada del área del parche (en términos de celdas de superficie) para los fragmentos del correspondiente tipo de cobertura, dividido por 1 menos sobre la raíz cuadrada del total de celdas en el paisaje, multiplicado por 100 para convertir a porcentaje.

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \cdot (100)$$

P_{ij} = perímetro del fragmento ij en términos de número de celdas de superficie.

a_{ij} = área del fragmento en términos de número de celdas.

A = número total de celdas en el paisaje.

Este valor se aproxima a 0 cuando la proporción en el paisaje comprendida por la clase focal disminuye, y se vuelve cada vez más subdividida y menos conectada físicamente. Aumenta cuando la proporción en el paisaje comprendida por la clase focal aumenta hasta que alcanza una asíntota cerca

del umbral de percolación. Es igual a 0 si el paisaje está compuesto por una sola celda.

- Índice de conectividad: Es igual al número de uniones funcionales entre todos los fragmentos el correspondiente tipo de cobertura, dividido por el número de posibles uniones entre todos los fragmentos del correspondiente tipo de cobertura, multiplicado por 100 para convertirlo a porcentaje.

$$\text{CONNECT} = \left[\frac{\sum_{j=k}^n c_{ijk}}{n_i (n_i - 1)} \right] (100)$$

c_{ijk} = unión entre fragmentos j y k (0 = no unido, 1 = unido) del correspondiente tipo de cobertura (i), con base en un umbral de distancia especificado.

n_i = número de parches en el paisaje del correspondiente tipo de cobertura (clase).

Es igual a 0 cuando la clase focal está compuesta por un solo fragmento o ninguno de sus fragmentos está conectado dentro de la distancia especificada como umbral. Es igual a 100 cuando cada parche de la clase focal está conectado.

6.5.2. Criterios para el establecimiento de un escenario ecológico de conectividad

Los patrones de paisaje están representados por la distribución en el espacio y en el tiempo de los fragmentos de hábitat y recursos. Fahrig y Merriam (1994) en (Farina, 2000), han dividido los patrones del paisaje en dos categorías, espacial y espaciotemporal. Para el caso de este estudio los patrones espaciotemporales no son tenidos en cuenta ya que el análisis se basa solamente en la configuración espacial y estructural del paisaje en un espacio fijo de tiempo, el actual. Harrison y Fharig (1995) en (Farina, 2000), consideran seis componentes de patrones

espaciales de paisaje analizados en este estudio mediante la aplicación de las métricas:

- Cantidad de hábitat en el paisaje
- Promedio de tamaño de fragmentos de hábitat
- Promedio de distancia entre fragmentos
- Variaciones en el tamaño de los fragmentos
- Variaciones en la distancia entre fragmentos
- Conectividad

6.5.2.1. Criterios de uso

Estos criterios de uso son elaborados a partir de los conflictos de uso de la región con el fin de establecer un orden de prioridad para el manejo del paisaje de la región, siendo los más importantes aquellos fragmentos donde existe cobertura de tipo natural porque está presente el elemento a conservar. El siguiente paso es tener en cuenta el uso normativo del suelo, ya que el factor legal contenido en los planes de ordenamiento territorial es importante para apoyar procesos de conservación donde existe cobertura natural o de restauración donde existe cobertura de tipo antrópico. De esta forma se integran el factor biológico con el normativo como herramienta de gestión para el manejo del paisaje de la región.

6.5.2.1.1. Prioridad 1. Criterio de cobertura natural.

Fragmentos cuyo uso actual es cobertura natural y el uso propuesto es suelo de protección e importancia ambiental, por lo tanto no se presenta conflicto de uso. Estos corresponderían a la base existente y declarada del corredor de conectividad para encenillales.

6.5.2.1.2. Prioridad 2. Criterio de cobertura natural intervenida.

Fragmentos cuyo uso actual es cobertura natural intervenida y el uso propuesto es suelo de protección e importancia ambiental/suelo de desarrollo rural, por lo

tanto no hay conflicto de uso. Estos fragmentos siguen en orden de prioridad porque en ellos hay presencia de cobertura natural que está protegida por el uso normativo. Estos corresponderían a la base existente pero no declarada del corredor de conectividad para encenillales.

6.5.2.1.3. Prioridad 3. Criterio de transformación de cobertura natural a cobertura antrópica.

Fragmentos cuyo uso actual es cobertura natural y el uso propuesto es suelo de desarrollo rural/suelo de protección e importancia ambiental, por lo tanto están en conflicto de uso, ya que parte de la cobertura natural puede ser transformada a cobertura antrópica, sin embargo existe la posibilidad de conservar gran parte del fragmento donde. Estos harían parte de la base existente pero no declarada del corredor de conectividad para encenillales.

6.5.2.1.4. Prioridad 4. Criterio de transformación de cobertura antrópica a cobertura natural

Fragmentos cuyo uso actual es cobertura antrópica y el uso normativo es suelo de importancia y protección ambiental, por lo tanto están en conflicto de uso. Estos corresponderían a las áreas declaradas de protección pero que no existen y requieren restauración.

7. RESULTADOS

7.1. Coberturas y uso del Suelo

En la zona de estudio se determinaron 11 coberturas diferentes, y 19 misceláneos compuestos por varias coberturas dentro de un mismo fragmento. El paisaje del área está compuesto por 94 fragmentos, que ocupan una extensión de 126536.5 ha (Tabla. 2).

Tabla.2. Tipo de coberturas, número de fragmentos, extensión y proporción por cobertura

COBERTURAS	NÚMERO DE FRAGMENTOS	EXTENSIÓN Ha	PROPORCIÓN POR COBERTURA %
Cobertura agropecuaria	15	52002.0	41.1
Vegetación de páramo	8	23970.3	18.9
Bosque denso	13	15893.8	12.6
Bosque denso/cobertura agropecuaria	2	7419.0	5.9
Matorral abierto/eriales	3	3431.8	2.7
Cuerpo de agua	4	3264.1	2.6
Bosque denso/vegetación de páramo	3	3122.0	2.5
Matorral abierto/bosque plantado	1	2616.2	2.1
Bosque plantado	16	2398.6	1.9
Cobertura agropecuaria/eriales	2	2037.2	1.6
Bosque denso/bosque plantado	1	1856.2	1.5
Eriales/matorral abierto	1	1181.9	0.9
matorral abierto/bosque plantado/eriales	1	1056.8	0.8
Bosque denso/matorral abierto	1	1054.5	0.8
Bosque abierto	3	929.4	0.7
Urbano	4	888.4	0.7
Bosque denso/b abierto/b plantado/matorral	1	666.4	0.5
Vegetación de páramo/bosque denso	1	422.0	0.3
Eriales	1	408.7	0.3
Bosque abierto/bosque plantado	2	326.0	0.3
Bosque plantado/bosque abierto	1	321.2	0.3
Matorral abierto	1	275.2	0.2
Vegetación de páramo/matorral denso	1	231.7	0.2
Bosque plantado/eriales	1	198.1	0.2
Bosque plantado/vegetación de páramo	2	180.6	0.1
Bosque plantado/matorral abierto	1	131.6	0.1
Vegetación de páramo/bosque plantado	1	122.9	0.1
Matorral denso	1	65.8	0.1
Bosque abierto/vegetación de páramo	1	35.7	0.0
Explotación minera	2	28.4	0.0
Total	94	126536.5	100.0

Las coberturas con mayor número de fragmentos son, Bosque plantado con 16, Cobertura agropecuaria con 15, bosque denso con 13, y vegetación de páramo con 8 (Figura .5).

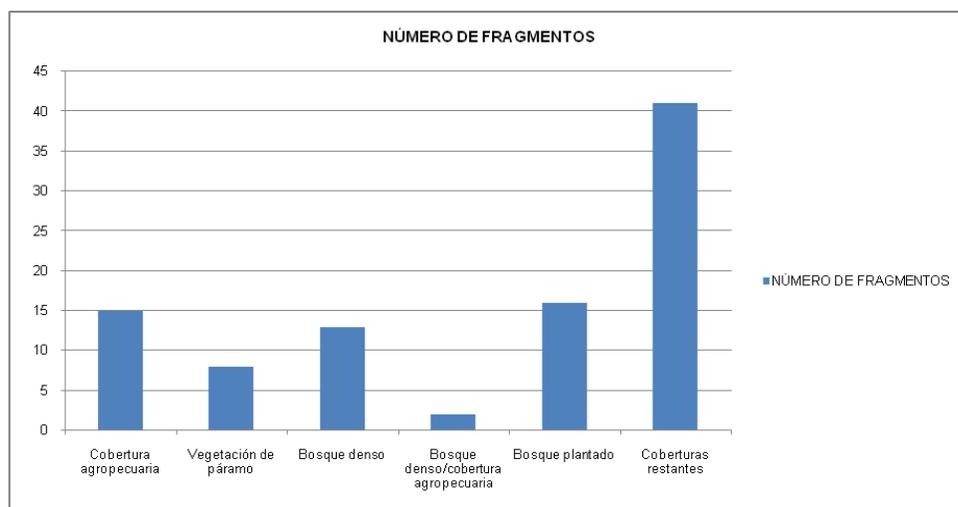


Figura 5. Número de fragmentos para cada cobertura

Las coberturas restantes suman 41 fragmentos pertenecientes a 7 tipos coberturas y 18 misceláneos, y ocupan una extensión de 24853 ha, las cuales representan una proporción del 20% del total del paisaje (Figura. 5).

7.1.1. Cobertura antrópica

La cobertura de tipo agropecuaria es la predominante ocupando un 41 % y una extensión de 52000 ha, siendo la más extensa (Tabla. 2), razón por la cual se considera como la matriz del paisaje (Figura. 6), dentro de la cual están incluidos los fragmentos de las demás coberturas. La siguiente cobertura de origen antrópico es el bosque plantado que tiene un área de 2398 ha, seguida por el misceláneo cobertura agropecuaria/eriales con una extensión de 2037 ha, en total las coberturas antrópicas ocupan un área de 57354 ha que representan un 45,3% del total del paisaje.

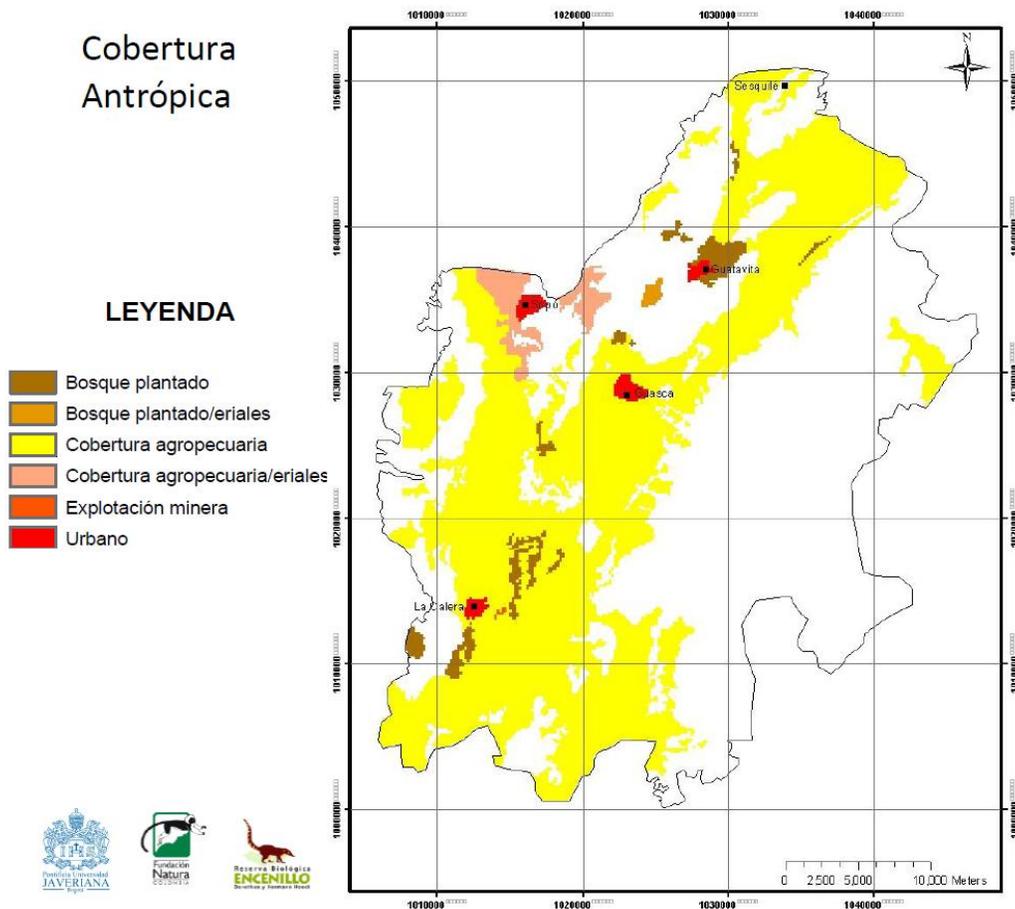


Figura 6. Mapa de cobertura antrópica.

Tabla 3. Cobertura de origen antrópico

COBERTURAS	Tipo de Cobertura	EXTENSIÓN	PROPORCIÓN POR COBERTURA
Cobertura agropecuaria	Antrópica	52002	41
Bosque plantado	Antrópica	2398	2
Cobertura agropecuaria/eriales	Antrópica	2037	1.6
Urbano	Antrópica	888	0.7
Explotación minera	Antrópica	28	0.0
Total		57354	45.3

7.1.2. Coberturas Naturales

El mapa de coberturas naturales, contiene 12 tipos de cobertura natural (Figura. 7) dentro de un total de 31 coberturas para el total del paisaje, lo cual puede ser un fuerte indicador del grado de intervención antrópica presente en el paisaje. La proporción de las coberturas naturales dentro del paisaje es de 37.3%, o un área total de 28110 ha (Tabla. 4), siendo las más extensas Vegetación de páramo, bosque denso y bosque denso/vegetación de páramo.

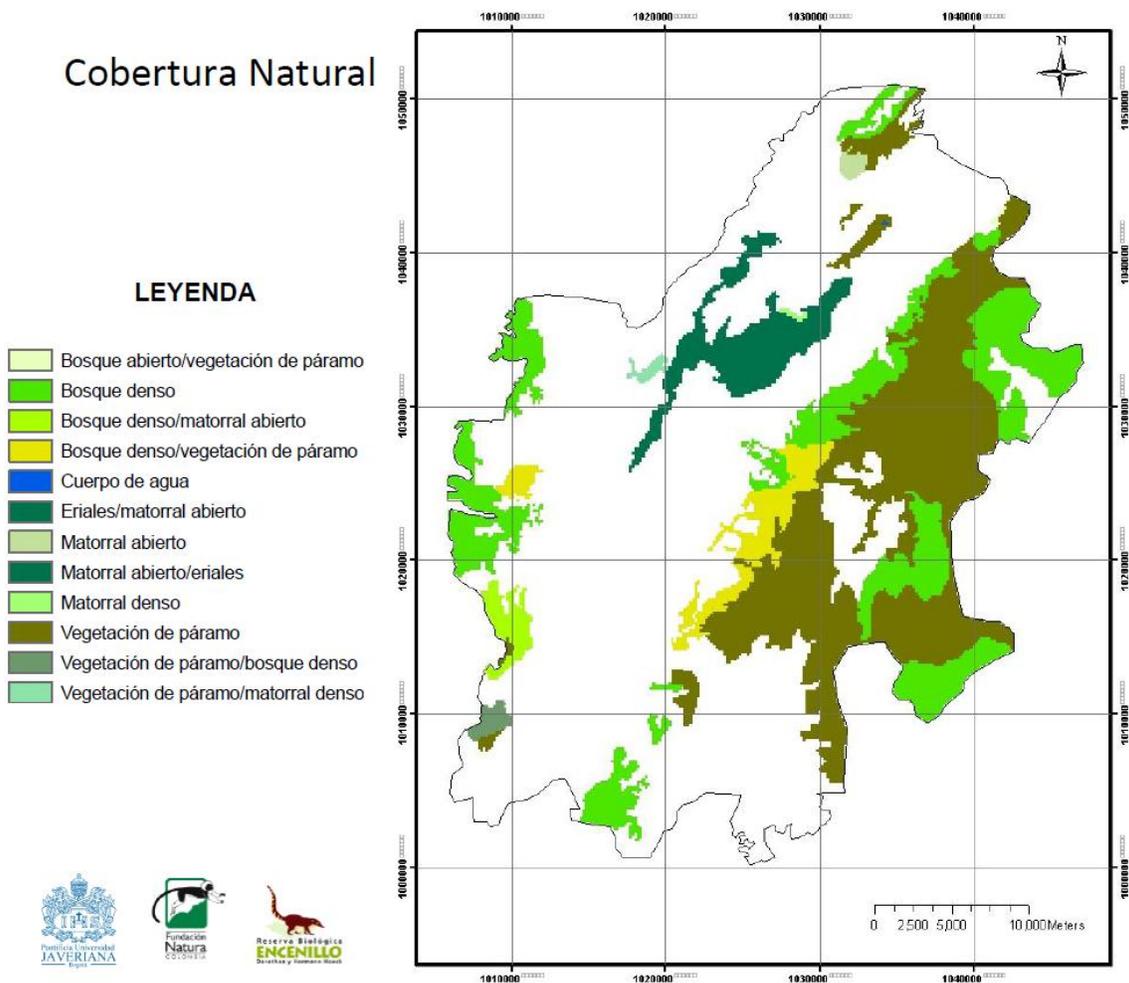


Figura 7. Mapa de cobertura natural

Tabla 4. Cobertura natural

COBERTURAS	EXTENSIÓN	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
Vegetación de páramo	23970	18.9
Bosque denso	15894	12.6
Bosque denso/vegetación de páramo	3122	2.5
Eriales/Matorral abierto	1182	0.9
Bosque denso/matorral abierto	1055	0.8
Bosque abierto	929	0.7
Vegetación de páramo/bosque denso	422	0.3
matorral abierto	275	0.2
Vegetación de páramo/matorral denso	232	0.2
Bosque plantado/vegetación de páramo	181	0.1
matorral denso	66	0.1
Bosque abierto/vegetación de páramo	36	0.0
Total	28110.1	37.3

7.1.3. Cobertura natural intervenida

Además de las coberturas naturales se sumaron las coberturas naturales intervenidas (Figura. 8), aquellas que tienen algún grado de intervención antrópica, estas son determinantes en procesos de restauración para aumentar la conectividad, ya que aún conservan algunas de sus características de bosque primario o están en una etapa de sucesión que puede permitir su inclusión para unir los fragmentos de cobertura natural. Se determinaron así 11 tipos de cobertura natural intervenida. Estas coberturas ocupan un área total de 18146 ha que representan un 14.4% del total del paisaje (Tabla. 5).

Tabla 5. Coberturas naturales intervenidas

COBERTURAS	EXTENSIÓN	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
Bosque denso/cobertura agropecuaria	7419	5.9
Matorral abierto/eriales	3432	2.7
Matorral abierto/bosque plantado	2616	2.1
Bosque denso/bosque plantado	1856	1.5
Matorral abierto/bosque plantado/eriales	1056	0.8
Bosque denso/b abierto/b plantado/matorral	666	0.5
Bosque abierto/bosque plantado	326	0.3
Bosque plantado/bosque abierto	321	0.3
Bosque plantado/eriales	198	0.2
Bosque plantado/matorral abierto	131	0.1
Vegetación de páramo/bosque plantado	122	0.1
Total	18146	14.4

Cobertura Natural Intervenida

LEYENDA

COBERTURA

- Bosque abierto/bosque plantado
- Bosque denso/b abierto/b plantado/matorral
- Bosque denso/bosque plantado
- Bosque denso/cobertura agropecuaria
- Bosque plantado/bosque abierto
- Bosque plantado/matorral abierto
- Bosque plantado/vegetación de páramo
- Matorral abierto/bosque plantado
- Matorral abierto/bosque plantado/eriales
- Vegetación de páramo/bosque plantado

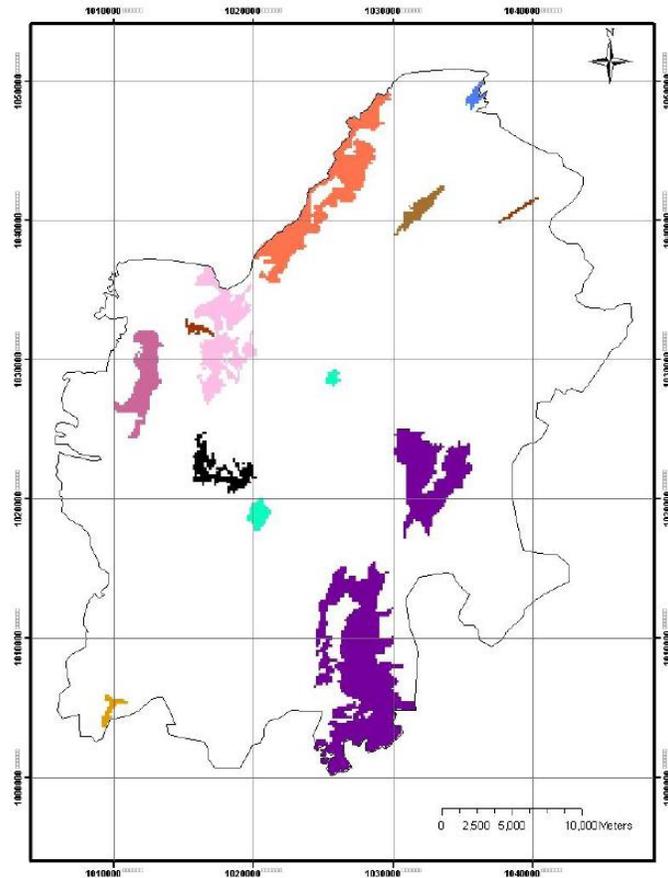


Figura 8. Mapa de coberturas natural intervenida

La siguiente gráfica (Figura .9) es una síntesis de la proporción de las coberturas dentro del paisaje lo que demuestra la dominancia de las coberturas de tipo antrópico dentro del paisaje o el grado de fragmentación de la zona de estudio debido a la dinámica socioeconómica de la región.

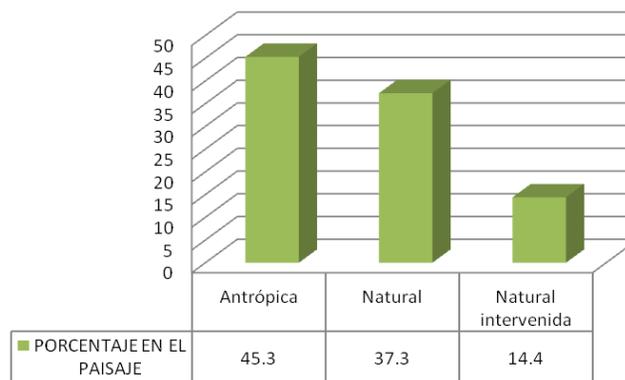


Figura 9. Proporción de tipo de coberturas en el paisaje

7.2. Métrica del Paisaje

7.2.1. Índices de diversidad

El índice de Shannon incrementa desde 0 a medida que aumenta el número de fragmentos de diferentes tipos de cobertura en un paisaje, este tiene un valor de 2.04, sin embargo por sí solo no da cuenta de que tan diverso es el paisaje porque no existe un punto de comparación o de referencia.

El índice de diversidad de Simpson representa la probabilidad de que 2 píxeles seleccionados al azar sean de diferentes tipos de cobertura. Este valor va de 0 cuando el paisaje contiene solo un parche, y se acerca a 1 cuando aumenta y la distribución proporcional del área entre tipos de cobertura se vuelve más equitativa (McGarigal, K. 2002), en este caso el índice arroja un valor de 0.78, lo cual quiere decir que el paisaje es muy diverso en tipos de cobertura y a su vez indica que tan heterogéneo es, o dependiendo de otros índices que tengan en cuenta el origen de las coberturas es decir si son antrópicas o naturales dar cuenta de que tan fragmentado puede estar el paisaje.

7.2.2. Índices de número y tamaño de los fragmentos

7.2.2.1. Tamaño medio de los fragmentos

Para los siguientes índices se tienen en cuenta las coberturas que ocupan más de un 1% del total del paisaje, debido a que un tamaño menor a la escala que se realiza este estudio no es significativo para el análisis. Las coberturas más importantes para este estudio por ser las menos intervenidas, son vegetación de páramo, bosque denso, y vegetación de páramo/bosque denso, y son resaltadas para expresar su posición dentro del total de coberturas, y dar cuenta de la conformación estructural del paisaje. La cobertura agropecuaria es la que presenta el mayor tamaño, y actúa como la matriz del paisaje. Las coberturas resaltadas

ocupan una posición importante dentro del paisaje, ya que su tamaño medio es superior a 1000 ha y es superado solo por la matriz (Tabla. 6).

Tabla 6. Tamaño medio de los fragmentos.

COBERTURAS	Tamaño medio (ha)
Bosque denso/cobertura agropecuaria	3709
Cobertura agropecuaria	3467
Vegetación de páramo	2996
Matorral abierto/bosque plantado	2616
Bosque denso/bosque plantado	1856
Bosque denso	1222
Matorral abierto/eriales	1143
Bosque denso/vegetación de páramo	1040
Cobertura agropecuaria/eriales	1018
Cuerpo de agua	816
Bosque plantado	149

7.2.2.2. Índice del fragmento más grande

El fragmento más grande es de cobertura agropecuaria y ocupa un 37, 8% del total del paisaje (Tabla. 7), seguido por un fragmento de vegetación de páramo que como se mencionó antes esta resaltado por ser de gran importancia, ocupa el 17.5%, el misceláneo bosque denso/cobertura agropecuaria tiene un fragmento que ocupa el 4.1%, la cobertura bosque denso, contiene un fragmento que ocupa un 2.7% del total del paisaje, el misceláneo bosque denso/vegetación de páramo tiene un fragmento que ocupa un 1,5%, y el último es un fragmento de bosque plantado con un 0,5%.

Tabla 7. Índice del fragmento más grande

COBERTURAS	ÍNDICE DEL FRAGMENTO MÁS GRANDE (%)
Cobertura agropecuaria	37.8
Vegetación de páramo	17.5
Bosque denso/cobertura agropecuaria	4.1
Bosque denso	2.7
Matorral abierto/eriales	2.3
Cuerpo de agua	2.3
Matorral abierto/bosque plantado	2.1
Bosque denso/vegetación de páramo	1.5
Bosque denso/bosque plantado	1.5
Cobertura agropecuaria/eriales	1.0
Bosque plantado	0.5

7.2.2.3. Desviación estándar y varianza del tamaño de los fragmentos

Estos índices representan la variación del tamaño de los fragmentos en el paisaje.

Tabla 8. Desviación estándar y varianza del tamaño de los fragmentos

COBERTURAS	DESVIACIÓN ESTANDAR (Ha)	VARIANZA (%)
Cobertura agropecuaria	11858	342
Vegetación de páramo	7656	223
Bosque denso/cobertura agropecuaria	1512	40
Matorral abierto/eriales	1255	73
Cuerpo de agua	1211	148
Bosque denso	987	81
Bosque denso/vegetación de páramo	715	92
Cobertura agropecuaria/eriales	302	29
Bosque plantado	198	107
Matorral abierto/bosque plantado	0	0
Bosque denso/bosque plantado	0	0

La cobertura agropecuaria tiene la mayor desviación estándar de 11858 y varianza de 342 (Tabla. 8), seguido por la vegetación de páramo que tiene una desviación estándar de 7656 y una varianza de 223, en tercer lugar se encuentra el misceláneo bosque denso/cobertura agropecuaria con una desviación de 1512 y una varianza de 40. La cobertura bosque denso tiene una desviación de 987 ha y varianza de 80, el misceláneo bosque denso/vegetación de páramo presenta una desviación de 715 ha, y una varianza de 92, en último lugar se encuentran los misceláneos matorral abierto/bosque plantado y bosque denso/bosque plantado con un valor de 0 debido a que al tener solamente un fragmento no se presenta ninguna variación de tamaño, así mismo las mayores variaciones se presentan en coberturas con un mayor número de fragmentos como en el caso de la cobertura agropecuaria, puesto que puede haber más variación en cuanto al tamaño de los diferentes fragmentos de una misma cobertura.

7.2.3. Índices de forma de los fragmentos

Cuando los fragmentos tienen formas irregulares, tienen un perímetro más largo por unidad de área, razón por la cual existe una mayor interacción con el medio circundante, mientras que una forma más compacta es más efectiva en la protección de recursos del interior del fragmento (Forman, 1995).

7.2.3.1 Índice de Forma

Para este índice solo se tienen en cuenta los fragmentos de las coberturas naturales o naturales intervenidas ya que son necesarios para la creación de un escenario ecológico y según sus posibles condiciones internas es posible saber que tan vulnerables son a los cambios y la viabilidad para ser conectados. Cuando el fragmento se acerca a 1 es más compacto, a medida que aumenta el valor el fragmento es mucho más irregular (McGarigal, 2002). Un parche alargado es menos efectivo para conservar los recursos del interior de un fragmento que uno redondo, por razones similares un parche perforado puede tener poca o ninguna área interior (Forman, 2002). Una cobertura miscelánea puede arrojar valores altos de índice de forma, es decir tener fragmentos irregulares debido a la concurrencia de varios tipos de cobertura dentro de un mismo fragmento.

Para los fragmentos de la vegetación de páramo el más circular el polígono 10, con un área de 387 ha y un índice de forma de de 1.6 seguido por los polígonos 4 con un índice de 1.7 y una extensión de 105 ha, le siguen el polígono 86 y con un índice de forma de 1.8, extensión de 155 ha, y el polígono 18 con índice de 1,9 y extensión de 71 ha. Siguen en orden los polígonos 80, 77, 91, 81, son más irregulares con valores de 2 a 2.7 de índice de forma, y extensión entre 70 y 633 ha. El fragmento 81 es el más irregular, con un índice de forma de 5 y una extensión, de 22167 ha (Tabla. 9).

Tabla 9. Polígonos de vegetación de páramo

Fragmento	Área (ha)	Perímetro (m)	Índice de Forma
10	387	11134	1.6
4	105	5230	1.7
86	155	7066	1.8
18	71	4979	1.9
80	79	6204	2
77	371	14559	2.4
91	633	21253	2.7
81	22167	247248	5

Para los fragmentos de bosque denso, los de forma más circular son los polígonos 73, 19, 8, 5, con índices de forma que van desde 1.4 a 1.7 y cuyas áreas están entre 78 y 1713 ha. Siguen los polígonos 29, 63, 3, 54, 60, con índices de forma que van desde 2.3 hasta 2.8 y con áreas que están entre 1200 ha y 3400 ha. Los polígonos más irregulares de esta cobertura son 70, 94, 39, 40, con índices de forma que oscilan entre 3 y 3.6 y áreas que van desde 432 ha hasta 513 ha (Tabla. 10).

Tabla 10. Polígonos de bosque denso

Fragmento	Área	Perímetro (m)	Índice de Forma
73	177	6140	1.4
19	1713	21152	1.7
8	79	5148	1.7
5	156	7129	1.7
29	2116	35274	2.4
63	3402	49176	2.6
3	1240	31071	2.7
54	1848	39939	2.8
60	1249	34672	2.9
70	513	23300	3.1
94	560	27217	3.6
39	432	25822	3.6
40	2409	60172	3.6

Para los fragmentos del misceláneo bosque denso/cobertura agropecuaria se encontró que el polígono más circular es el 31, con un índice de forma de 2.49 y un área de 2205 ha, y el polígono más irregular es el 21 con un índice de forma de 4.2 y una extensión de 5213 ha (Tabla. 11).

Tabla 11. Polígonos de Bosque denso/cobertura agropecuaria

Fragmento	Área	Perímetro (m)	Índice de Forma
31	2205	38583	2.5
21	5213	105211	4.2

Para la cobertura Matorral abierto/eriales, el polígono más circular es el 72 con un índice de forma de 2 y una extensión de 460 ha, seguido por el polígono 66 que tiene un índice de forma de 2.1 y un área de 2970 ha, por último está el 65 que es el más irregular de la cobertura, con un índice de forma de 3.22 y un área de 1181 ha (Tabla. 12).

Tabla 12. Polígonos de Matorral abierto/eriales

Fragmento	Área	Perímetro (m)	Índice de Forma
72	460	14218	2
66	2970	38614	2
65	1181	36030	3.2

Para la cobertura Bosque denso/vegetación de páramo, el polígono más circular es el 32 con un índice de forma de 1.4 y un área de 408 ha, seguido por el polígono 38 que tiene un índice de forma de 3.4 y una extensión de 1931 ha, por último está el polígono 25 que tiene un índice de forma de 3.5 y un área de 782 ha, siendo este el de forma más irregular de la cobertura (Tabla.13).

Tabla 13. Polígonos de Bosque denso/vegetación de páramo

Fragmento	Área	Perímetro (m)	Índice de Forma
32	408	11743	1.4
38	1931	49703	3.4
25	782	31933	3.5

Para la cobertura agropecuaria/Eriales, el polígono más circular es el 62 con un índice de forma de 2.6 y un área de 716 ha, seguido por el polígono 61 que tiene un índice de forma de 3.02 y una extensión de 1320 ha, siendo este el de forma más irregular de la cobertura (Tabla. 14).

Tabla 14. Polígonos de Cobertura agropecuaria/Eriales

Fragmento	Área (Ha)	Perímetro (m)	Índice de Forma
61	1320	36792	3
62	716	23240	2.6

Para la cobertura Bosque denso/Bosque plantado, el polígono 58 tiene un índice de forma de 4.2 y un área de 1851 ha, siendo este de forma irregular frente a fragmentos de otras coberturas (Tabla. 15).

Tabla 15. Polígonos de Bosque denso/Bosque plantado

Fragmento	Área (Ha)	Perímetro (m)	Índice de Forma
58	1851	61667	4.2

Para la cobertura Matorral abierto/Bosque plantado, el polígono 87 tiene un índice de forma de 3.9 y un área de 2609 ha, siendo este de forma irregular frente a fragmentos de otras coberturas (Tabla. 16).

Tabla 16. Polígonos de Matorral abierto/Bosque plantado

Fragmento	Área (Ha)	Perímetro (m)	Índice de Forma
87	2609	20621	3.9

7.2.3.2. Forma de los fragmentos, forma media, desviación estándar y varianza

Las coberturas donde el índice promedio es más bajo, es decir tienen polígonos con formas más circulares son aquellos de origen antrópico o natural intervenido,

ya que las coberturas con mayor intervención humana tienden a ser más regulares (Farina, 1998), como en el caso del bosque plantado que tiene un promedio de forma de 2.1, desviación estándar de 0.8 y varianza de 4.8 y la cobertura agropecuaria que tiene promedios de forma de 2.2, desviación estándar de 1.6 y varianza, de 69.9. Otra situación que se presenta es que la desviación estándar del índice de forma y la varianza es menor cuando la cantidad de fragmentos es más reducida. Los menores valores son de la cobertura Matorral abierto/eriales, tiene un promedio de índice de forma de 2, y la desviación estándar y la varianza más bajas de 0.1 y 4.8 respectivamente, debido a que solo presenta tres fragmentos dentro del paisaje. Es por eso que cuando la desviación estándar y la varianza toman valores de 0 es porque la cobertura tiene solamente un fragmento dentro del paisaje (Tabla. 18). Las coberturas más importantes dentro del estudio, bosque denso/vegetación de páramo presenta un promedio de forma de 2.41, una desviación de 1 y una varianza de 41,9, de la misma manera, la vegetación de páramo tiene un promedio de forma de 1.1 y varianza de 44.9, y por último el bosque denso con un promedio de forma de 2.5 una desviación de 0.75 y una varianza de 29 (Tabla. 17). Esto demuestra que a pesar del grado de intervención del paisaje aún existen fragmentos de coberturas naturales con cierto grado de estabilidad, dentro del paisaje, ya que los principios de forma y función de un fragmento, permiten predecir el funcionamiento de un fragmento conociendo solamente su forma (Forman, 2001).

Tabla 17. Índice de Forma, desviación estándar y varianza de la forma

COBERTURAS	PROMEDIO ÍNDICE DE FORMA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA (%)
Matorral abierto/eriales	2	0.1	4.87
Bosque plantado	2.1	0.8	41.11
Cobertura agropecuaria	2.3	1.6	69.97
Bosque denso/vegetación de páramo	2.4	1	41.90
Vegetación de páramo	2.4	1.1	44.99
Bosque denso	2.5	0.7	29.04
Cobertura agropecuaria/eriales	2.8	0.2	7.38
Bosque denso/cobertura agropecuaria	3.4	0.9	26.41
Matorral abierto/bosque plantado	3.9	0	0
Bosque denso/bosque plantado	4.2	0	0

7.2.4. Índices de proximidad

Estos índices miden el grado de aislamiento entre fragmentos de un mismo tipo de cobertura (Farina, 1998),

7.2.4.1. Distancia al vecino más cercano, promedio, desviación estándar y varianza

La distancia al vecino más cercano mide la distancia entre fragmentos de una misma cobertura mediante geometría euclidiana, es decir mide la distancia más corta en línea recta entre dos puntos (McGARIGAL, 2002). La cobertura con una distancia promedio menor entre fragmentos es Bosque denso/vegetación de páramo con 211 m, una desviación de 12 m y varianza de 5.5, seguido por la cobertura agropecuaria con un promedio de 826 m, una desviación de 1424 m y varianza de 172, a partir de este punto el paisaje parece ser mas desagregado ya que los fragmentos no están muy cerca uno de otro, lo cual puede ser un indicador de la heterogeneidad del paisaje.

La cobertura Bosque denso tiene una distancia promedio de 2259 m, una desviación de 2105 m y varianza de 93.2, la vegetación de páramo presenta una distancia promedio de 2472 m, desviación estándar de 1242 m, y una varianza de 50.2. Esto complica las intenciones de querer unir fragmentos de bosque para aumentar la conectividad, ya que la distancia entre los mismos es una gran limitación para procesos de restauración. Cuando los valores son 0 se debe a la cantidad de fragmentos ya que si una cobertura tiene dos fragmentos no hay desviación en las distancias, y toma valor de N/A, cuando la cobertura solo cuenta con un fragmento (Tabla. 18).

Tabla 18. Distancia al vecino más cercano, desviación estándar y varianza

COBERTURAS	PROMEDIO (m)	DESVIACIÓN ESTANDAR (m)	VARIANZA (%)
Bosque denso/vegetación de páramo	211	12	5.5
Cobertura agropecuaria	826	1424	172.2
Bosque plantado	1537	1500	97.5
Matorral abierto/eriales	1979	0	0
Cobertura agropecuaria/eriales	1979	0	0
Bosque denso	2259	2105	93.2
Vegetación de páramo	2472	1242	50.2
Bosque denso/cobertura agropecuaria	2600	0	0
Cuerpo de agua	7914	7128	90
Matorral abierto/bosque plantado	N/A	N/A	N/A
Bosque denso/bosque plantado	N/A	N/A	N/A

7.2.5. Índices de Conectividad

7.2.5.1. Índice de Cohesión

El índice de cohesión mide la conexión física de la correspondiente cobertura. La cohesión aumenta cuando el tipo de cobertura se vuelve más agregada o unida, en su distribución, es decir que los fragmentos estén más conectados físicamente.

Tabla 19. Índice de Cohesión

COBERTURAS	ÍNDICE DE COHESIÓN
Cobertura agropecuaria	99.7
Vegetación de páramo	99.5
Bosque denso/cobertura agropecuaria	98.7
Matorral abierto/bosque plantado	98.3
Cuerpo de agua	98.1
matorral abierto/eriales	98.1
Bosque denso/bosque plantado	98.0
Bosque denso	97.7
Bosque denso/vegetación de páramo	97.4
Cobertura agropecuaria/eriales	97.2
Bosque plantado	94.4

La cobertura que presenta el índice de cohesión más alto es la Cobertura agropecuaria con 99,7, seguido por la vegetación de páramo con 99.5, bosque denso/cobertura agropecuaria con 98.7, mientras que las coberturas bosque denso y bosque denso/vegetación de páramo tienen un índice de 97.7 y 97.4

respectivamente. Por último la cobertura con el menor índice de cohesión es el bosque plantado (Tabla. 19).

7.2.5.2. Índice de Conectividad

Se toman varios umbrales en el que el índice es válido, es decir el resultado está afectado por la distancia entre parches de la misma cobertura que en este caso tienen que estar a una distancia mínima que es el umbral, para que sean tenidos en cuenta por el programa, cuando el valor es igual a 0 no se encuentran parches de una misma cobertura en menos distancia del valor del umbral indicado. La tabla muestra la distancia mínima a la cual empiezan a aparecer fragmentos del mismo tipo de cobertura. El valor más alto es la cobertura Bosque denso/vegetación de páramo, ya que a partir de 250 m tiene el valor más alto 33, lo cual quiere decir que hay dos o más fragmentos de esta cobertura en menos de 250 m, le sigue la cobertura agropecuaria que a 250 m es de 4.76, y el bosque plantado con 1.28. A partir de 500 m aparecen fragmentos de bosque denso conectados, a partir de 1500 se conectan fragmentos de vegetación de páramo. Cuando se toma como umbral 2500 m aparecen conectados fragmentos de Matorral abierto/eriales y cobertura agropecuaria/eriales con un valor de 100 lo cual indica que debieron haberse conectado a los 2000 m aproximadamente, y por último aparece conectada la cobertura Bosque denso/cobertura agropecuaria lo cual indica que se debió haber conectado cuando el umbral alcanzo los 4000 m aproximadamente ya que tiene un valor de 100, y la cobertura Cuerpo de agua que con un índice de 33 debe haberse conectado cerca a los 4500 m. También influye en estos valores la cantidad de fragmentos de cada cobertura, ya que a mayor cantidad aumenta la probabilidad de que se encuentren dos del mismo tipo de cobertura en menor distancia (Tabla. 20). Estos índices muestran más claramente como se ve la conectividad estructural de las coberturas dentro del total del paisaje.

Tabla 20. Índices de conectividad para diferentes umbrales

COBERTURAS	250 m	500 m	1500 m	2500 m	5000 m	# de Parches
Bosque denso/cobertura agropecuaria	0	0	0	0	100	2
Matorral abierto/eriales	0	0	0	100	100	2
Cobertura agropecuaria/eriales	0	0	0	100	100	2
Cobertura agropecuaria	4.77	9.52	12.38	15.24	20	15
Vegetación de páramo	0	0	4.76	14.29	28.58	7
Bosque plantado	1.28	2.57	5.13	6.41	14.10	13
Cuerpo de agua	0	0	0	0	33.33	4
Bosque denso/vegetación de páramo	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	4
Bosque denso	0	1.28	2.56	7.70	15.38	13
Matorral abierto/bosque plantado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
Bosque denso/bosque plantado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1

7.3. Conflictos de uso del suelo

El mapa de conflictos de uso del suelo está compuesto por unidades de paisaje definidas por el uso actual del suelo (Tabla .2) y el uso legal propuesto (Figura. 10). Donde la cobertura actual no corresponde al uso propuesto se dice que hay un conflicto y este a su vez es usado en este estudio como criterio para la propuesta de un escenario ecológico de conexión de fragmentos de coberturas naturales para restablecer la conectividad. Adicionalmente se considera que las actuales coberturas antrópica o natural intervenida puedan ser transformadas a través de un proceso de restauración, si el contexto legal dado por los Planes de Ordenamiento Territorial de los correspondientes municipios lo permite (Figura. 10).

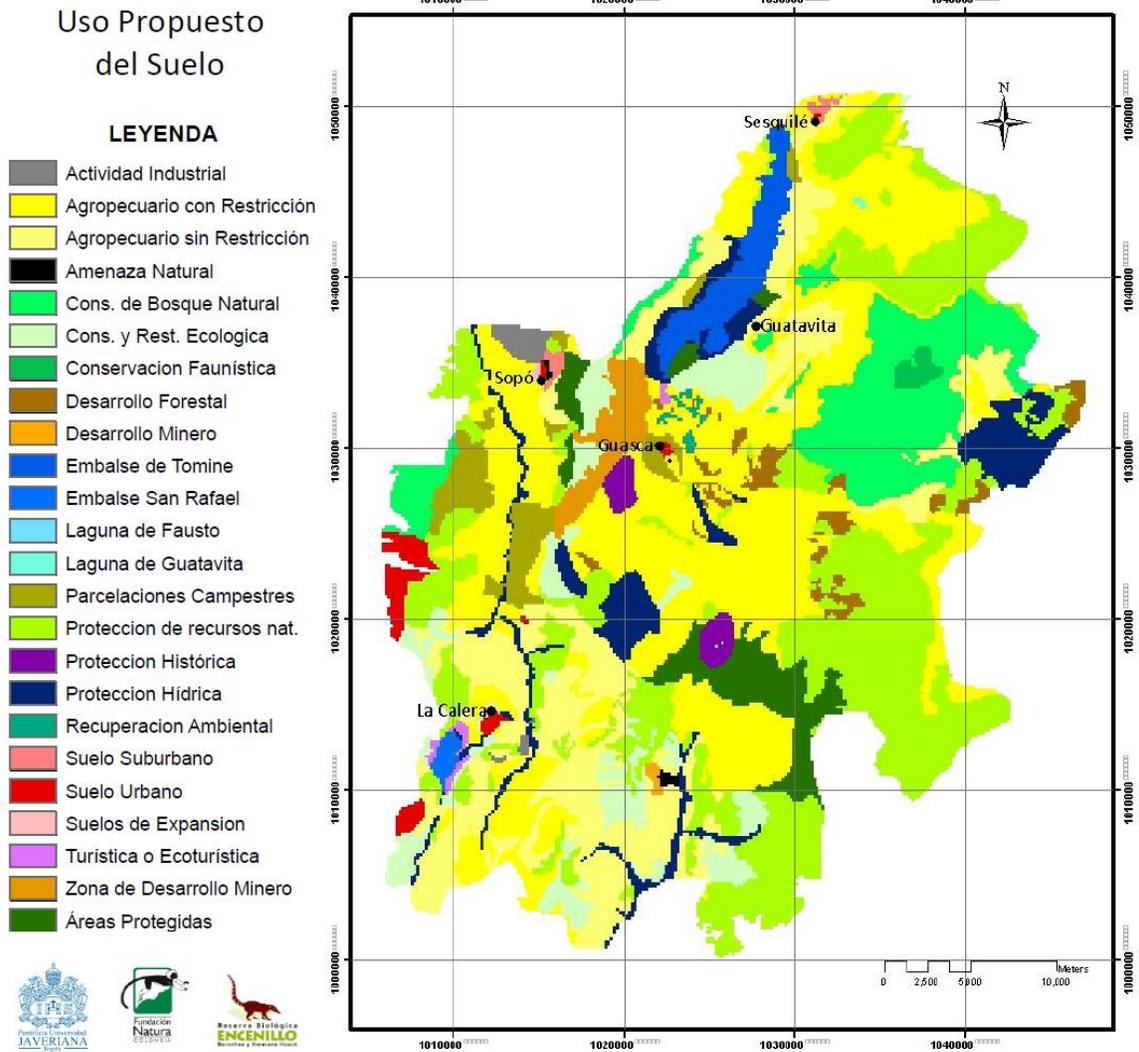


Figura 10. Mapa de uso propuesto del suelo, subgrupo de uso.

El primer mapa corresponde al subgrupo de uso propuesto que en un nivel más detallado describe la conformación de la zona de estudio según el tipo de cobertura que debería existir en el paisaje (Figura. 10).

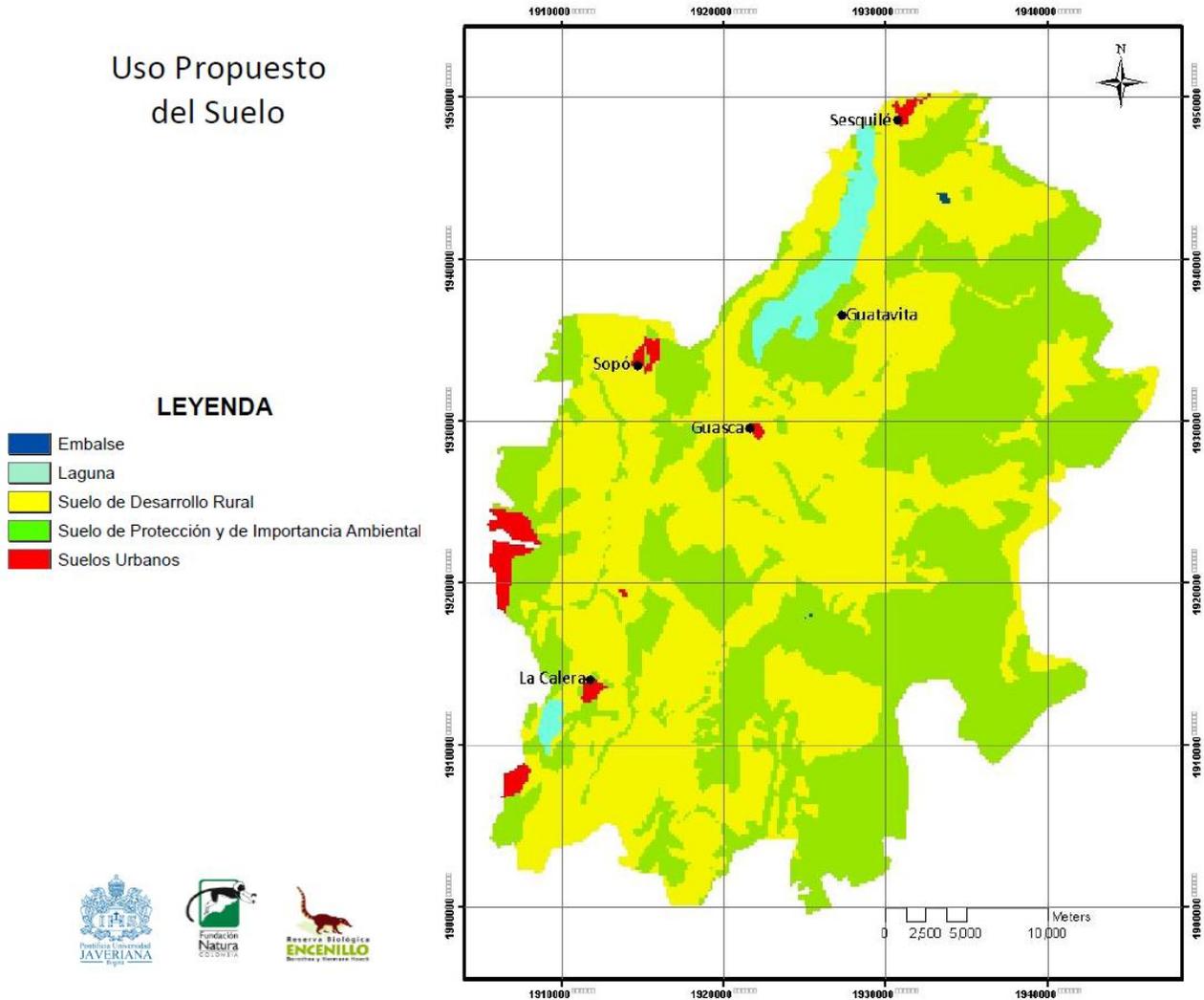


Figura 11. Mapa de uso propuesto normativo del suelo, grupo de uso.

El segundo mapa de uso (Figura. 11) agrupa los usos anteriormente mencionados en tres grandes categorías normativas que son: suelos de protección ambiental, de desarrollo rural, y suelos urbanos. Este mapa también tiene superpuesta la capa de polígonos del mapa actual de coberturas que permite relacionar el uso actual y el propuesto (Anexo .7), para de esa manera pasar a los siguientes resultados que son los principales conflictos de uso de la región.

7.3.1. Principales conflictos de uso

Las unidades de paisaje en conflicto están compuestas por la cobertura actual, el origen de la misma, el uso propuesto del suelo divididos en dos categorías que son: grupo de uso de suelo y el subgrupo que es el uso específico; el área del polígono y el porcentaje que ocupa dentro del paisaje.

7.3.1.1. Uso ambiental a rural

Estas unidades se refieren a las coberturas que actualmente son de tipo Natural dentro de las cuales se encuentran la de Bosque denso y la de Vegetación de páramo, pero que por el uso normativo propuesto pueden ser transformadas a coberturas de tipo antrópico. Las medidas dadas para los polígonos deben ser tenidas en cuenta como una visión general de la realidad ya que como se dijo en el procedimiento existe un porcentaje de error que no permite asegurar una extensión exacta para los fragmentos.

Los polígonos de Bosque denso en conflicto son el 40 cuya totalidad es de 2409 ha, y según el uso propuesto aproximadamente 1445 ha del mismo, que son un 1.14% del total del paisaje tienen la posibilidad de ser transformadas a suelo de desarrollo rural, y como uso específico a Parcelaciones campestres y Suelo suburbano. El polígono 60 tiene un área de 1249 ha y 499.67 ha del mismo que son el 0.3% del total del paisaje podrían ser transformadas a Suelo de desarrollo rural y como uso a Parcelaciones campestres. El polígono 63 tiene una extensión de 3402 ha y aproximadamente 1701 ha que ocupan el 1.3%, podrían ser transformadas a Suelo de desarrollo rural y como uso específico a Agropecuario con y sin restricción. En total 3646 ha que ocupan el 2.8% del territorio podrían ser transformadas de Bosque denso a coberturas de tipo antrópico (Tabla. 21).

Tabla 21. Polígonos de bosque denso

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas		
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA TOTAL FRAGMENTO (Ha)	ÁREA EN CONFLICTO (Ha)	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
40	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres/Suelo suburbano	2409	1445	1
60	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres	1249	499	0.4
63	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos/Protección hídrica/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	3402	1701	1.3
Total					7060	3646	2.8

Los polígonos de vegetación de páramo en conflicto son el 4 cuya área es de 105 ha que representa el 0.08% del total del paisaje, y podría ser transformado en su totalidad a uso Agropecuario con y sin restricción. El polígono 80 tiene una extensión de 79 ha que representa el 0.06% del total, y podría ser transformado en su totalidad a uso Agropecuario con restricción. El polígono 81 tiene un área de 22167 ha, de las cuales 13300 ha que representan el 10.5% podrían ser transformadas a uso de Desarrollo forestal y Agropecuario con y sin restricción. En total 13484 ha que representan el 10.6% del total del territorio podrían transformarse de vegetación de páramo a coberturas de tipo antrópico (Tabla. 22).

Tabla 22. Polígonos de vegetación de páramo.

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas		
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA TOTAL FRAGMENTO (Ha)	ÁREA EN CONFLICTO (Ha)	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
4	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario sin restricción/Agropecuario con restricción	105	105	0.08
80	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción	79	79	0.06
81	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Conservación faunística/Desarrollo Forestal/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	22167	13300	10.5
Total					22352	13484	10.6

El polígono de Bosque denso/vegetación de páramo en conflicto es el 38 cuya área es de 1931 ha que representan el 1.5% del total del paisaje, y podría ser transformado en su totalidad a uso Agropecuario con restricción. El polígono 6 de Vegetación de páramo/bosque denso tiene una extensión de 421 ha, de las cuales 337 ha que representan el 0.2%, podrían ser transformadas a uso Agropecuario sin restricción. En total 2268 ha que representan el 1.8% del total del territorio podrían transformarse de vegetación de páramo/bosque denso y Bosque denso/vegetación de páramo a coberturas de tipo antrópico (Tabla. 23). Se totalizan estos dos polígonos debido a que su cobertura es la misma solo varía en la cantidad de bosque denso o de vegetación de páramo que se encuentra dentro del mismo.

Tabla 23. Polígonos bosque denso/vegetación de páramo

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas		
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA TOTAL FRAGMENTO (Ha)	ÁREA EN CONFLICTO (Ha)	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
38	Bosque denso/vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción	1931	1931.25	1.53
6	Vegetación de páramo/bosque denso	Natural	Suelo de Desarrollo Rural/Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de recursos naturales/Agropecuario sin restricción	422	337.59	0.27
Total					2353	2268.84	1.8

7.3.1.2. Uso antrópico a ambiental

Estas unidades se refieren a las coberturas que actualmente son de tipo antrópico como Bosque plantado y Agropecuaria, pero que según el uso normativo propuesto se encuentran dentro de suelos de protección e importancia ambiental y deberían ser transformadas a usos de tipo natural como protección de recursos y conservación.

Para el caso de los polígonos de Bosque plantado no se tiene en cuenta el área original ya que con base en el uso normativo toda su extensión se encuentra en conflicto de uso. Los polígonos en conflicto son el 9 con un área de 102 ha que representan un 0.08% del total del paisaje, y según el uso propuesto tiene la posibilidad de ser transformado a suelo protección e importancia ambiental, y como uso específico a Conservación y restauración ecológica y para ecoturismo. El polígono 24 tiene un área de 561 ha que representan el 0.4% del total y podrían ser transformadas a Suelo de protección e importancia ambiental y como uso a Protección de recursos naturales. El polígono 59 tiene una extensión de 63 ha que ocupan el 0.05%, podrían ser transformadas a Suelo de protección e importancia ambiental y como uso específico a Conservación de bosque natural. El polígono 68 tiene una extensión de 62 ha que representan un 0.05 % del total, así mismo el polígono 69 con un área de 202 ha correspondientes a 0.16% del paisaje, y por último el 71 que tiene un área de 128 ha y representa el 0.1% del total del paisaje que podrían ser transformados en su totalidad a suelo de protección ambiental y como uso específico conservación de bosque y/o restauración ecológica, protección de recursos naturales o protección hídrica. (Tabla. 24). En total 119 ha de Bosque plantado podrían ser transformadas según el uso normativo a Suelo de importancia y protección ambiental con cualquiera de los usos específicos ya mencionados.

Tabla 24. Polígonos de Bosque plantado

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas	
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
9	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de desarrollo rural	Turística o ecoturística/Conservación y restauración ecológica	102	0.08
24	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de Recursos Naturales	561	0.4
59	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Conservación de bosque natural	63	0.05
68	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Conservación de bosque natural/Conservación y restauración ecológica	62	0.05
69	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección hídrica/Protección de recursos naturales	202	0.16
71	Bosque plantado	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección hídrica	128	0.10
Total					1119	0.9

Los polígonos de cobertura agropecuaria en conflicto son el 27 que tiene un área de 86 ha de las cuales 68 ha correspondientes al 0.05% del paisaje están en conflicto y podrían ser transformadas de Cobertura agropecuaria a Protección de recursos naturales, el polígono 45 que tiene una extensión de 1529 ha, de las cuales 764 ha equivalentes al 0.6% están en conflicto y podrían ser transformadas de Cobertura agropecuaria a Conservación de bosque natural y Protección de recursos naturales. El polígono 92 tiene una extensión de 237 ha que corresponden al 0.19% del paisaje, y podrían ser transformadas de Cobertura agropecuaria a Protección de recursos naturales. El polígono 93 que tiene un área de 47776 ha, de las cuales 7166 ha aproximadamente correspondientes al 5.6% del paisaje, podrían ser transformadas de Cobertura agropecuaria a Conservación y restauración ecológica/Protección de recursos naturales y Protección hídrica. En total 49630 ha de Cobertura agropecuaria podrían ser transformadas según el uso normativo a Suelo de importancia y protección ambiental con cualquiera de los usos específicos ya mencionados (Tabla. 25).

Tabla 25. Polígonos de Cobertura agropecuaria

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas		
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA TOTAL FRAGMENTO (Ha)	ÁREA EN CONFLICTO (Ha)	PORCENTAJE EN EL PAISAJE
27	Cobertura agropecuaria	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo Urbano	Protección de recursos naturales/Suelo suburbano	86	68	0.05
45	Cobertura agropecuaria	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres/Agropecuario con restricción	1529	765	0.60
92	Cobertura agropecuaria	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de recursos naturales	238	238	0.19
93	Cobertura agropecuaria	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación y restauración ecológica/Protección de recursos naturales/Protección hídrica/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	47777	7166	5.7
Total					49630	8238	6.5

Los siguientes polígonos a tener en cuenta son aquellos misceláneos donde parte del polígono sea cobertura de Bosque plantado. El polígono 26 tiene una extensión de 244 ha correspondientes al 0.19% del total del paisaje, el cual podría ser transformado en su totalidad de Bosque abierto/bosque plantado a cobertura de Protección hídrica. El polígono 57 que tiene un área de 198 ha, que equivalen al 0.1% del paisaje, podrían ser transformadas en su totalidad de Bosque plantado/eriales a cobertura de Protección hídrica y Protección de recursos naturales. Por último el polígono 74 con una extensión de 75 ha que corresponden al 0.06% del paisaje podrían transformarse de Bosque plantado/vegetación de páramo a Protección de recursos naturales en su totalidad.

En total 518 ha de bosque plantado tendrían la posibilidad de ser transformadas según el uso normativo a Suelo de importancia y protección ambiental con cualquiera de los usos específicos ya mencionados (Tabla. 26).

Tabla 26. Polígonos misceláneos de Bosque plantado/otras coberturas

Nº de Fragmento	Uso Actual		Uso Propuesto		Áreas	
	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
26	Bosque abierto/bosque plantado	Natural intervenida	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección hídrica	244.91	0.19
57	Bosque plantado/eriales	Antrópica	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección hídrica/Protección de recursos naturales	198.14	0.16
74	Bosque plantado/vegetación de páramo	Natural intervenida	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de recursos naturales	75.19	0.06
Total					518.24	0.41

7.4. Escenario para el restablecimiento de la conectividad

Este escenario es la propuesta de prioridad de manejo como resultado de la aplicación en el contexto general del paisaje de los criterios creados para la selección de áreas de conservación, que según los conflictos de uso demuestran la viabilidad para proponer herramientas de manejo de paisaje para la conservación y restauración de algunas coberturas.

7.4.1. Mapa de Criterios de Uso

El mapa de criterios de uso contiene los fragmentos seleccionados en orden de prioridad siendo 1 el más importante, cada uno de estos diferenciados por color con el fin de hacer un acercamiento visual inmediato del estado actual y potencial del paisaje (Figura. 12). Las tablas contienen el área y el porcentaje que ocupa el fragmento dentro del total del paisaje y están ordenados según su tamaño de mayor a menor ya que esta información es tal vez la más importante y útil contenida dentro del paisaje, y tiene una gran incidencia de utilidad ecológica (McGarigal, K. et al. 2002).

7.4.1.1. Criterio de Prioridad 1

Según este criterio donde el uso actual es cobertura natural y el uso normativo propuesto es suelo de protección e importancia ambiental se seleccionaron 21 fragmentos para un área total de 13189 ha que equivalen a una proporción de 10.4% del total del paisaje. Los fragmentos más importantes según su tamaño son los polígonos 29, 54, 19, 3 y 23 que tienen un área mayor a 1000 ha. Los polígonos de menor tamaño son 8, 18, 56 y 78 con una extensión menor a 100 ha (Tabla. 27).

Tabla 27. Fragmentos de prioridad 1

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
29	Bd	2116	1.67
54	Bd	1847	1.46
19	Bd	1713	1.35
3	Bd	1239	0.98
23	Bd/Ma	1054	0.83
25	Bd/Vp	782	0.62
91	Vp	633	0.50
94	Bd	560	0.44
70	Bd	513	0.41
39	Bd	432	0.34
32	Bd/Vp	408	0.32
20	Ba	390	0.31
10	Vp	387	0.31
77	Vp	371	0.29
73	Bd	177	0.14
5	Bd	155	0.12
86	Vp	155	0.12
8	Bd	78	0.06
18	Vp	71	0.06
56	Md	65	0.05
78	Ba/Vp	35	0.03
Total		13189	10.42

7.4.1.2. Criterio de Prioridad 2

Según este criterio donde el uso actual es de cobertura natural intervenida y el uso propuesto es suelo de protección e importancia ambiental/suelo de desarrollo rural, se seleccionaron 6 fragmentos para un área total de 8100 ha que equivalen a un porcentaje de 6.4% del total del paisaje. Los fragmentos más importantes

según su tamaño son los polígonos 21 y 31 que tienen un área mayor a 2000 ha. Los polígonos de menor tamaño son 1, 90 y 50 con una extensión menor a 200 ha (Tabla. 28).

Tabla 28. Fragmento de prioridad 2

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
21	Bd/Agp	5213	4.1
31	Bd/Agp	2205	1.7
76	Bp/Ba	321	0.2
1	Bp/Ma	131	0.1
90	Vp/Bp	123	0.1
50	Bp/Vp	105	0.08
Total		8100	6.4

7.4.1.3. Criterio de Prioridad 3

Según este criterio donde el uso actual es cobertura natural y el uso normativo propuesto es suelo de desarrollo rural/suelo de protección e importancia ambiental se seleccionaron 7 fragmentos para un área total de 18635 ha que equivalen a una proporción de 14.7% del total del paisaje. Los fragmentos más importantes según su tamaño son los polígonos 81, 63, 40 y 66 que tienen un área mayor a 1000 ha, siendo 81 el más relevante por tener una extensión de 13300 ha. Los polígonos de menor tamaño son 60, 6 y 52 con una extensión menor a 500 ha (Tabla. 29).

Tabla 29. Fragmento de prioridad 3

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
81	Vp	13300	10.51
63	Bd	1701	1.34
40	Bd	1445	1.14
66	Ma/E	1188	0.94
60	Bd	499	0.39
6	Vp/Bd	337	0.27
52	Vp/Md	162	0.13
Total		18635	14.73

7.4.1.4. Criterio de Prioridad 4

Según este criterio donde el uso actual es cobertura antrópica y cobertura natural intervenida en algunos fragmentos, y el uso normativo propuesto es suelo de protección e importancia ambiental se seleccionaron 15 fragmentos para un área total de 12398 ha que equivalen a un porcentaje de 9.8% del total del paisaje.

Los fragmentos más importantes según su tamaño son los polígonos 93 y 58 que tienen un área mayor a 1000 ha. Los polígonos de menor tamaño son 74, 27, 59, 68 con una extensión menor a 100 ha (Tabla. 2). Es necesario aclarar que en el mapa (Figura. 12), no está incluido el fragmento 93 ya que es evidente el espacio que ocupa dentro del paisaje, comportándose como la matriz sin embargo se indica (Tabla. 30), cuanto de este podría ser transformado a favor de un proceso de conectividad.

Tabla 30. Fragmento de prioridad 4

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
93	Agp	7166	5.66
58	Bd/Bp	1856	1.47
45	Agp	764	0.60
30	Bd/Ba/Bp/M	666	0.53
24	Bp	561	0.44
26	Ba/Ap	244	0.19
92	Agp	237	0.19
69	Bp	202	0.16
57	Bp/E	198	0.16
71	Bp	128	0.10
9	Bp	102	0.08
74	Bp/Vp	75	0.06
27	Agp	68	0.05
59	Bp	63	0.05
68	Bp	62	0.05
Total		12398	9.80

En total los 49 fragmentos seleccionados por los criterios de uso ocupan una extensión de 52322 ha que representan un 41.35% del total del paisaje (Tabla. 31).

Tabla 31. Total criterios de uso

CRITERIOS	Nº FRAGMENTOS	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
1	21	13189	10
2	6	8100	6
3	7	18635	14
4	15	12398	9
Total	49	52322	41

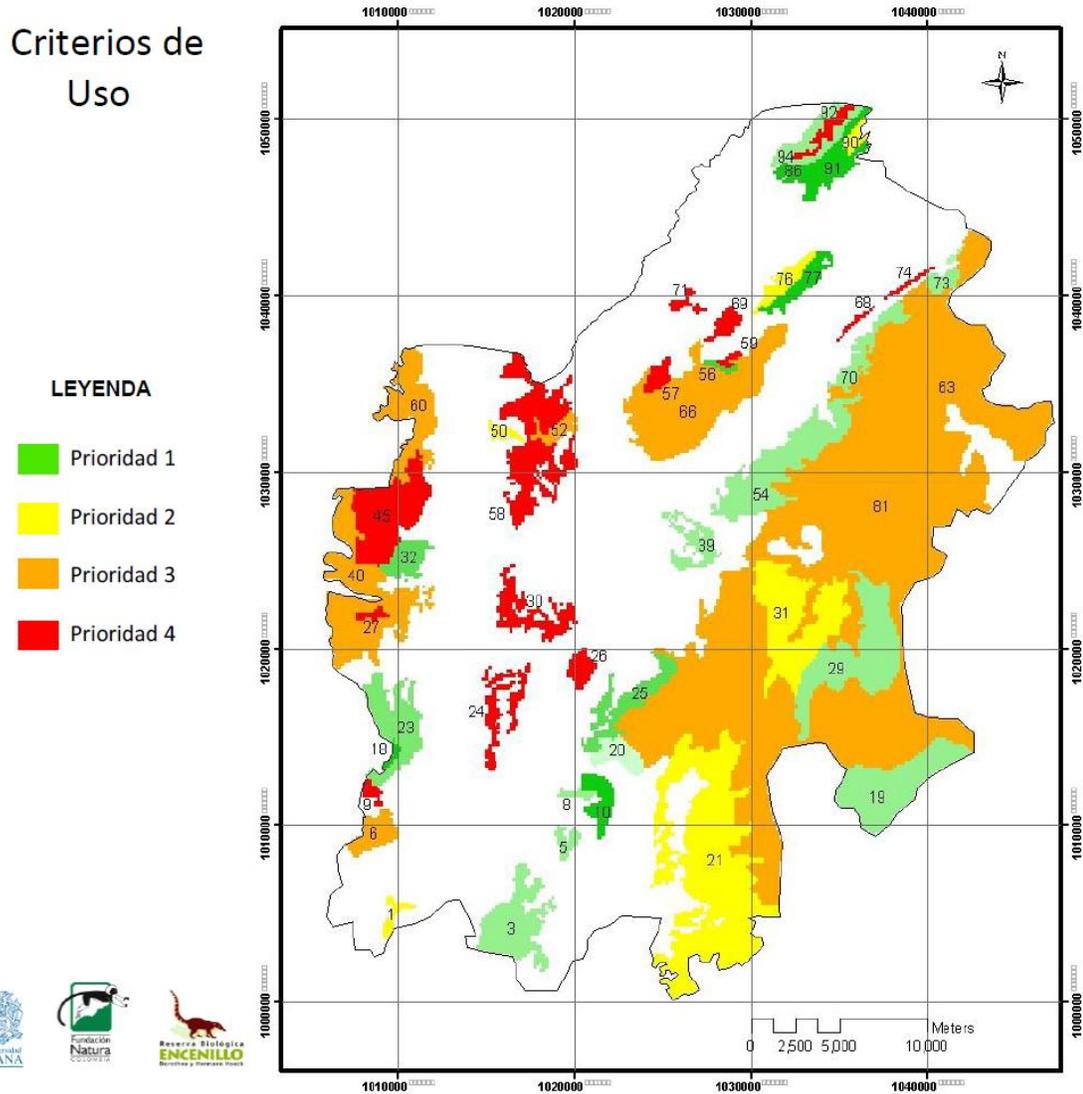


Figura 12. Mapa de criterios de uso

8. DISCUSIÓN

8.1. Uso actual del paisaje

El paisaje del área de estudio en general resulta ser espacialmente heterogéneo y compuesto por un mosaico de fragmentos variado, su gran extensión abarca una serie de 30 tipos de coberturas. El paisaje es dividido y heterogéneo, es decir tiene parches de diferente calidad dispersos en un ambiente inadecuado (Addicot et al. 1987) en Farina, (2000).

Es un paisaje modificado mediante la fragmentación producida por actividades antrópicas (Malanson y Cramer, 1999), ya que el área de estudio presenta una clara dominancia de la Cobertura agropecuaria ocupando el 41% del total del paisaje, mientras que la vegetación de páramo un 19% y el bosque denso un 12%. Al observar estas tres cifras podemos inferir que el área de estudio es una zona agropecuaria, pero a pesar de ser las coberturas más importantes suman 72% del total del paisaje, por lo tanto es necesario tener en cuenta el 28% donde se encuentran misceláneos en donde las coberturas antrópicas y naturales se mezclan.

Las coberturas antrópicas sumadas ocupan un 45.3% del área total, las naturales 37.3% y las naturales intervenidas un 14.4%, que sumadas estas últimas dos ocupan un área de 51.8%, según Pearson et al. 1996; Wiens 1997 en (Mcintyre y Hobbs, 1999) entre 10% y 60% de retención de hábitat natural representa un paisaje fragmentado, donde las coberturas naturales han sido reemplazadas por coberturas agrícolas y plantaciones forestales principalmente.

En paisajes fragmentados gradientes de modificación al paisaje son más cortos y más nítidos (Mcintyre y Hobbs, 1999), en el área de estudio es evidente esta dinámica, ya que la cobertura agropecuaria esta acoplada en casi un fragmento entero, y el mapa de coberturas (Anexo. 5) está dominado por el color que la

representa de manera continua. Las coberturas de la zona tienen una estructura espacial muy definida que puede ser consistente de manera visual con el grado de pendiente del terreno, ya que los fragmentos de coberturas naturales encuentran en mejor estado de conservación se ubican en pendientes de más del 40%, (Anexo. 6), según la extracción de la pendiente del Modelo de Elevación Digital de Terreno de Cundinamarca.

También se plantea un dilema que más adelante se intenta resolver y es cuanto de las coberturas naturales intervenidas es natural y cuanto antrópico, es por esta razón que el análisis de uso actual y el uso normativo propuesto adquieren un significado importante que será discutido más adelante.

8.2. Métricas de paisaje

8.2.1. Índices de Diversidad

En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon resultó ser de poco valor ya que al no ser comparado con otros valores no es posible saber de qué se está hablando, sabemos que incrementa con la heterogeneidad o diversidad del paisaje, pero aún así no se tenía un punto de referencia para saber si es un valor alto, medio o bajo, por lo tanto no tiene ninguna relevancia dentro de este estudio, por otra parte el índice de diversidad de Simpson arrojó un valor mucho más importante ya que en una escala de 0 a 1 un valor de 0,78 da cuenta de que el paisaje es muy heterogéneo y al saber si las coberturas son predominantemente antrópicas sabemos si esto se debe a procesos de fragmentación producidos por actividades agropecuarias.

8.2.2. Tamaño de los fragmentos

Las coberturas que se han tomado en cuenta como las mas importante, bosque denso, vegetación de páramo así como los misceláneos donde estas coberturas

se hacen presentes tienen un tamaño medio de fragmento que se debe tener en consideración ya que al ser mayor el tamaño de estos las condiciones internas deben estar mejor conservadas y usualmente los remanentes mas grandes tienen una mayor diversidad de hábitats y un interior más grande que no es afectado por los cambios bióticos y ambientales asociados a los bordes (Hobbs et al.1991).

En cuanto a la desviación estándar y la varianza estamos hablando fragmentos muy diferentes en cuanto a tamaño lo cual puede ser un problema pues quiere decir que las condiciones internas de los fragmentos que se quisieran unir o conservar requieren un análisis más detallado, en el caso de la vegetación de páramo hay un desviación de 7656 ha y una varianza de 223.6%, esto indica que en cada fragmento las especies que habitan deben tener diferentes requerimientos (Hobbs et al.1991) y por lo tanto el tipo de manejo que requieren estos fragmentos podría partir de una misma base pero teniendo en cuenta necesidades específicas para cada uno, es el caso también para el bosque denso y el bosque denso/vegetación de páramo, que tienen una desviación de 987 y 715 ha respectivamente.

8.2.3. Forma de los fragmentos

Según (Forman, 1995), las formas compactas son más efectivas en la conservación de los recursos internos en contra de los efectos adversos del exterior de los fragmentos, el índice indica que para valores más cercanos a 1 la forma es más compacta, por lo cual se deberían tener en cuenta los valores más bajos, sin embargo la forma de un remanente es importante solo para áreas relativamente pequeñas; hay un tamaño más allá del cual la forma no importa realmente (Hobbs et al. 2001).

En coincidencia con la anterior afirmación podríamos decir que todos los fragmentos a los que se les aplicó el índice son importantes para su manejo, porque en primer lugar uno de los criterios para la utilización de las métricas fue

que las coberturas a las que se les aplicara, ocuparan en total más de 1% del total del paisaje que para el caso de este estudio son 1200 ha aproximadamente, entonces es un tamaño bastante considerable si se traslada del mapa al terreno.

Por otra parte los fragmentos más pequeños a los que se les aplicó el índice tienen valores muy bajos como el caso de los polígonos 8, 80 y 86 de vegetación de páramo que tiene un área menor a 150 ha siendo de los más pequeños en el área de estudio pero tienen índices de forma menores a 2, lo cual indica que son bastante regulares.

En cuanto a la desviación estándar, la varianza y la forma media de la forma de los fragmentos podríamos decir que la afirmación de (Hobbs, et al. 1991), acerca de la influencia del tamaño en la forma de los fragmentos, es muy consistente con los resultados ya que las coberturas naturales tienen índices de forma que van desde 2 hasta 2.6, y su tamaño medio supera las 1000 ha (Tabla. 32).

Tabla 32. Relación índice de forma, tamaño medio de las coberturas.

COBERTURAS	PROMEDIO ÍNDICE DE FORMA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA (%)	Tamaño medio (ha)
Matorral abierto/eriales	2.05	0.1	4.87	1143.92
Bosque plantado	2.1	0.86	41.11	149.91
Cobertura agropecuaria	2.26	1.58	69.97	3466.8
Bosque denso/vegetación de páramo	2.41	1.01	41.9	1040.65
Vegetación de páramo	2.48	1.11	44.99	2996.29
Bosque denso	2.57	0.75	29.04	1222.6
Cobertura agropecuaria/eriales	2.82	0.21	7.38	1018.62
Bosque denso/cobertura agropecuaria	3.38	0.89	26.41	3709.48
Matorral abierto/bosque plantado	3.89	0	0	2616.15
Bosque denso/bosque plantado	4.22	0	0	1856.22

8.2.4. Índice de proximidad

Este índice se mide mediante la aplicación de la distancia al vecino más cercano y es una medida del grado de aislamiento de una cobertura, y a su vez el aislamiento es una medida de la cantidad de hábitat en el paisaje, dicho de otra

manera más acertada es la falta de hábitat en el paisaje rodeando el fragmento, cuanto más aislado hay menos hábitat que lo rodee (Fahrig, L. 2003).

En este caso la cantidad de hábitat es muy reducida debido a que los fragmentos se encuentran muy aislados, los menos aislados son de cobertura bosque denso/vegetación de páramo que tienen una distancia promedio de 211 m, y su desviación es de tan solo 11 m, pero estamos hablando de una cobertura que tiene solo 3 fragmentos, mientras que el promedio para la vegetación de páramo que tiene 8 fragmentos y el bosque denso que tiene 13 fragmentos, es de 2259 m y 2472 m respectivamente lo cual es un indicador de que para la extensión total del paisaje, la cantidad de hábitat para las coberturas naturales es muy reducido y esto complicaría un eventual proceso de restauración para aumentar la conectividad en la zona de estudio, y estas distancias irían en contra de criterios para el establecimiento de corredores como el de Yerena, E. (1996), que dice que el lugar donde se establezcan debe tener ecosistemas que se encuentren en proceso de fragmentación, pero donde el aislamiento aún no sea drástico.

8.2.5. Índice de Cohesión

Según el índice de cohesión todas las coberturas parecen tener un nivel de agregación bastante alto porque el mayor valor es de 99.7 y el menor es de 94.4, y a simple vista eso significaría que los fragmentos de todas las coberturas están físicamente conectados, lo cual es contradictorio con los anteriores índices y con la fragmentación evidente del paisaje de la zona de estudio. Según McGarigal, et al. (2002), cuando el valor se acerca a 100 el tipo de cobertura está agregado en un solo parche compacto, lo cual sería completamente confiable cuando las coberturas presentan un solo fragmento, como en el caso de las coberturas matorral abierto/bosque plantado y bosque denso/bosque plantado.

Por otro lado al no existir una variación significativa en los valores que arrojó el índice y al no tener un punto de referencia como la aplicación de este índice a otro

paisaje o otra escala temporal, parece que la cohesión fuera bastante estable para todas las coberturas, y no arroja datos significativos para el análisis de este estudio.

8.2.6. Índice de conectividad

El índice de conectividad se define como el número de conexiones funcionales entre fragmentos de una misma cobertura, donde cada par de fragmentos se conecta o no según un criterio de distancia, el valor es 0 cuando la cobertura tiene un solo fragmento o ningún fragmento está conectado (McGarigal, et al. 2002) este índice puede ser abordado a través de la teoría de percolación que mide la conectividad estructural de un paisaje y ha sido la base para varios modelos neutrales en ecología del paisaje donde se define un umbral por debajo del cual la destrucción de hábitat resulta en la pérdida de un hábitat adecuado, pero en el umbral incluso pequeñas pérdidas de hábitat resultan en el rompimiento del paisaje en agrupaciones desconectadas (With and King 1999), por lo tanto puede ser un indicador del nivel de fragmentación del paisaje.

Para la zona de estudio, al tomar varios umbrales se percibe la distancia mínima a la cual se encuentran conectados los fragmentos de algunas coberturas, siendo consistentes estos datos con los arrojados con la distancia al vecino más cercano, donde se toma una distancia promedio. Por otra parte este índice es más concluyente que la distancia al vecino más cercano ya que al aplicar un umbral al índice de conectividad se hace evidente que para las coberturas naturales de la zona se encuentran conectados por lo menos dos fragmentos de cada una en una distancia de 1000 m a 1500 m, siendo los más conectados los de Bosque denso/vegetación de páramo, conectados a una distancia menor de 250 m, lo cual indica que pueden ser objetivos principales de conservación si cumplen con los criterios de uso establecidos que se discutirán más adelante.

Como consideración general para las métricas, pocos índices son útiles si solo se tiene en cuenta la escala espacial o solamente se estudia un paisaje ya que estas

resultan muy útiles para comparar diferentes épocas de un mismo paisaje con el fin de analizar fenómenos de cambio, porque se presentan configuraciones estructurales diferentes que se pueden asociar a procesos socioeconómicos, culturales o ecológicos, lo mismo sucedería al comparar varios paisajes en una misma época, en los que diferentes métricas de paisaje arrojarían valores variados de un mismo índice que podría dar información muy útil sobre cómo se comporta un territorio frente a otro según las variables involucradas.

8.3. Conflictos de Uso

Los conflictos de uso son abarcados desde el uso actual, es decir cómo está conformada la cobertura actual, esa información se relaciona con los mapas de uso propuesto del suelo de la CAR, de CORPOGUAVIO y los mapas de uso de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios.

Para llevar a cabo este análisis se diferenciaron dos tipos de conflicto: el primero donde el uso actual es ambiental y el uso propuesto es de desarrollo rural lo cual permitió conocer la magnitud en términos de área de la pérdida de vegetación natural potencial que existe en la zona, ya que 3646.28 ha de bosque denso podrían ser transformadas a usos agropecuarios o ser utilizados para parcelaciones campestres, por otra parte está la vegetación de páramo donde 13484.96 ha de su cobertura podrían ser transformadas a usos agropecuarios y del misceláneo bosque denso/vegetación de páramo 2268 ha podría ser transformadas a usos agropecuarios lo cual nos deja con la posibilidad en términos generales de que 19399.24 ha que representan el 15.32% del total del paisaje, de cobertura natural actual tengan la posibilidad de ser cambiados legalmente a usos antrópicos lo cual no solamente llevaría a la pérdida de hábitat sino a las consecuencias que esto trae que son el incremento en el número de fragmentos, la reducción de sus tamaños, y aumentaría también su aislamiento (Farhig, 2003), lo cual afecta el movimiento y la posibilidad de encontrar recursos por parte de las especies.

En segundo tipo de conflicto el uso actual del suelo es de tipo antrópico y el uso propuesto es de protección e importancia ambiental, donde 1637.58 ha de bosque plantado y 8238.12 ha de cobertura agropecuaria podrían ser transformadas a coberturas naturales, esto representa un cambio de 7.79% en la cobertura del paisaje a favor de la cobertura natural mediante un proceso de restauración de ecosistemas deteriorados donde se lleve a cabo el proceso inverso a la alteración, con el fin de restablecer los atributos estructurales y funcionales del ecosistema (Salamanca. 2000).

Si se comparan estos dos conflictos es evidente que la transformación de la zona está orientada al desarrollo rural con la posibilidad de transformar un 15.32% del territorio a coberturas antrópicas frente a un 7.79% que podría transformarse a coberturas naturales, lo cual podría llevar a la zona de estudio de ser un área fragmentada, a un área relictual la cual está asociada con el desarrollo urbano y agropecuario, donde la presión económica hacia el desarrollo destruye hábitats, se pierden muchas funciones y procesos ecológicos y los fragmentos remanentes quedan bajo la influencia de la matriz circundante (Catterall & Kingston. 1993 en Hobbs and Mctynre. 1999)

8.4. Criterios de uso

Los criterios de uso se basaron en patrones espaciales y estructurales de paisaje, con el fin de llegar a una comprensión de los recursos en términos de elementos de paisaje y su relación con el uso normativo que puede o no favorecer procesos de conservación y restauración en la zona.

Los criterios establecidos en este estudio tienen en cuenta el uso actual y el uso propuesto, de manera que al establecer que tipo de cobertura es la existente y cuál es la cobertura potencial se pueda llegar a un conocimiento preliminar de bajo qué condiciones normativas se podrían manejar algunos fragmentos, base sobre

la cual deberían hacerse más estudios que indiquen que tipo de manejo a favor de la restauración y de la conectividad se puede proponer.

También se busca que estos fragmentos cumplan con algunos criterios de selección de áreas protegidas, de conservación, o criterios para el establecimiento de corredores como una pauta general para la zona de estudio en donde según Van Der Hammen, T. (1999) es indispensable conservar todo lo que existe todavía en vegetación natural, incluyendo humedales, bosques primarios, bosques de desarrollo secundario y páramos, también es indispensable aumentar la superficie de bosques nativos en los cerros, que debía ser casi continuo arriba de los 2800 m, y franjas verticales y manchas entre 2800 y 2600 m. Es indispensable declarar como áreas de manejo especial o reservas, grandes áreas de los cerros y páramos y de la ronda de los ríos.

8.4.1. Criterio de Prioridad 1

Para este criterio donde la cobertura actual es consistente con el uso propuesto el cual es de protección e importancia ambiental, por tratarse de los bosques y páramos en mejor estado de conservación, cumplen con criterios como los de Yerena, (1996) para el establecimiento de corredores biológicos, según los cuales los ecosistemas de la región cuentan con información básica disponible, en entidades gubernamentales como la Corporación Autónoma Regional (CAR), Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), alcaldías de los municipios de Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita y la Calera, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, y organizaciones no gubernamentales como Fundación Natura que ha llevado a cabo investigaciones en su Reserva Encenillo (Martínez, 2005) ubicada en el municipio de Guasca, Cundinamarca, entre otros.

La región posee áreas silvestres protegidas ya establecidas (Yerena, 1996). Según el plan de acción trienal 2007- 2009 de CORPOGUAVIO y de la CAR respectivamente los fragmentos que coinciden con un área protegida son: el fragmento 29 que coincide con la Reserva forestal protectora Ríos Chorreras y Concepción y con la Reserva Río Tunjo Guasca, y este fragmento tiene una extensión de 2116 (Tabla. 28), y las Reservas Forestales del municipio de la Calera, Reserva el Sapo ubicada entre los fragmentos 18 y 23 (Figura. 12), lo cual quiere decir que quedarían aproximadamente 9000 ha en 18 fragmentos que podrían ser declaradas como reservas bajo ciertos criterios biológicos y de acuerdo con la ley. Sin embargo las entidades de la región han adelantado procesos de compra de predios de valor ambiental como estrategia de restauración (CORPOGUAVIO, 2008), CORPOGUAVIO ha adquirido 955 has en el municipio de Guasca.

En los bosques de la región, es posible obtener información primaria y actualizada sobre su cobertura vegetal natural (Yerena. 1996), se pueden identificar especies claves que regulan y mantienen la abundancia de otras especies dentro del ecosistema (criterio biológico), es decir basarse en exigencias ecológicas de especies que regulan y mantienen la abundancia de otras especies dentro del ecosistema, en el anexo 3 y 4, de este estudio se encuentran las especies animales y vegetales presentes en el área, algunas en categorías nacionales de amenaza según los lineamientos de la IUCN (2001).

Por otra parte estas áreas de cobertura natural que no tienen ningún tipo de conflicto de uso y que no están declaradas aún como reserva, deberían tenerse en cuenta para hacer parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas o el Sistema Regional o de Áreas Naturales Protegidas del altiplano cundiboyacense (IAvH, 2005) así como hace parte la Reserva Laguna de Guatavita y Cuchilla Peña Blanca del municipio de Sesquilé y la Reserva Pionono del municipio de Sopó. Las áreas que quedan sin declarar para el criterio de cobertura natural deben ser

analizadas bajo los criterios de selección de áreas protegidas como los de Ornazábal, 1998 en (Sánchez, 2006).

8.4.2. Criterio de Prioridad 2

En este criterio, donde el uso actual es de cobertura natural intervenida y el uso propuesto es suelo de protección e importancia ambiental/suelo de desarrollo rural, los dos tipos de cobertura dentro de los fragmentos coinciden con los dos tipos de uso propuesto, el antrópico y el ambiental, por lo tanto, hay que tener en cuenta los mismos criterios de selección de áreas protegidas para la porción de cobertura natural dentro del fragmento y analizar la presión que ejerce la cobertura antrópica sobre la cobertura natural, y en especial los fragmentos 21 donde está ubicada la Reservas Forestal Protectora Ríos Blanco y Negro y el fragmento 31 que hace parte de la Reserva Forestal Protectora Ríos Chorreras y Concepción, Reserva Río Tunjo Guasca, y Reserva Predio Carpatos y que por su extensión de 5213 y 2205 has respectivamente y por su cercanía a fragmentos de cobertura natural que no están en conflicto deben ser tenidos en cuenta para conservación, también ocurre algo similar con el fragmento 76 que tiene un área de 321 ha y que está asociado al fragmento 77 donde se encuentra ubicada la Reserva Laguna del Cacique Guatavita y Cuchilla de Peña Blanca.

El fragmento 90 de 122 ha está relacionado con los fragmentos de cobertura natural 94 y 91 que no presentan conflictos de uso y que en conjunto suman 1194 ha, lo cual convierte al fragmento 90 en buen objetivo de conservación. El fragmento 50 con un área de 105 ha es importante en cuanto a que hace parte de la Reserva Natural Pionono del municipio de Sopo, y que está relacionado con el fragmento 58 de prioridad 3 que aunque tiene conflictos de uso está declarado como área protegida.

En estos fragmentos donde hace parte la cobertura natural, deben existir aún reductos de bosque o rastrojos de especies nativas y en estos casos no es necesario sembrar para reforestar, sino proteger el área o la zona con cercas

contra la entrada de vacas, ovejas, cabras, burros, caballos y otros, por lo tanto habría buenas posibilidades en cuanto a regeneración natural de la vegetación original (Van Der Hammen, T. 1998).

8.4.3. Criterio de Prioridad 3

Los fragmentos seleccionados bajo este criterio, donde el uso actual es cobertura natural y el uso normativo propuesto es suelo de desarrollo rural/suelo de protección e importancia ambiental, son de gran importancia ya que son en su totalidad son coberturas de vegetación natural, pero parte de estas puede ser transformada a cobertura antrópica. Estos fragmentos requieren un tratamiento especial según Sánchez (2006) ya que el dramático ritmo de perturbación y destrucción de la biodiversidad y sus recursos asociados, justifican la búsqueda de espacios naturales a proteger, donde la ruptura por causas antrópicas sea minimizada, evitando la posibilidad de reducir estos fragmentos de espacio natural (Franklin, 1993).

En este caso deben tomarse medidas como la búsqueda de la creación de reservas naturales mediante la aplicación de los criterios de selección, o por lo menos buscar estrategias de manejo que impidan el crecimiento de la matriz generada por los sistemas productivos ya que las reservas no pueden ser la única o principal estrategia para mantener la biodiversidad gracias a que la configuración de las coberturas antrópicas nunca permitirá reservas lo suficientemente grandes o bien distribuidas (Franklin, 1993).

En el caso del fragmento 66 de cobertura matorral abierto/eriales que tiene un área considerable de 1188 ha, Van Der Hammen (1998) dice que en cuanto a las áreas de matorral xerofítico, son importantes porque mantienen un estrato de musgo que ayuda a disminuir la evaporación, evita y disminuye la erosión superficial y vertical durante las lluvias, y que estas zonas no son aptas para la agricultura, ganadería, ni para plantaciones de árboles exóticos, el único camino

es quitar la ganadería y buscar la regeneración de la vegetación natural. El fragmento 81 con un área de 13300 has resulta ser el más importante de los seleccionados bajo este criterio ya que en él se encuentran el Parque Nacional Natural Chingaza, y la Reserva Forestal Protectora Páramo Grande de Guasca, Reserva Ríos Chorreras y Concepción, Reserva Río Tunjo Guasca, Reserva municipio de Guasca que al estar declaradas y presentes en este fragmento reducen la posibilidad de transformación de la cobertura y ampliación de la matriz agropecuaria.

Aproximadamente 5000 ha podrían ser convertidas a cobertura antrópicas, la cual es un área bastante grande que conservada podría ser parte de una estructura ecológica importante para la región (Van Der Hammen, 1998).

8.4.4. Criterio de Prioridad 4

Los fragmentos seleccionados bajo este criterio donde el uso actual es cobertura antrópica y cobertura natural intervenida en algunos fragmentos, y el uso normativo propuesto es suelo de protección e importancia ambiental, tienen importancia desde el punto de vista normativo, ya que al ser incluidas dentro de los planes de ordenamiento territorial y de los planes de gestión ambiental (de los municipios y de los planes de gestión ambiental de las corporaciones, y el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial) como áreas que deben ser de protección ambiental, existe la posibilidad de regenerar y restaurar para convertir a cobertura natural 12398 ha aproximadamente, repartidas en 15 fragmentos, que equivalen a un porcentaje de 9.8% del total del paisaje.

Es oportuno resaltar la importancia de los fragmentos 58 con un área de 1856 ha que equivalen a 1,47 % del área de estudio que coincide con la Reserva Pionón del municipio de Sopó, pero que en sus alrededores presenta conflictos de uso, y el fragmento 30 de 666 ha que equivalen a 0.43% del área de estudio, declarado como la Reserva Encenillo de la Fundación Natura (Martínez, 2005), en donde se

presentan conflictos de uso como cultivos de papa en zonas que deberían ser de protección ambiental.

A propósito del artículo 30 Ley 99 de 1993, donde se dice que “la CAR al igual que las demás Corporaciones tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT” (CAR, 2007), se han establecido varias normas del orden regional que incluyen a la zona de estudio: Acuerdo N° 09 de Febrero 05 de 1993 por medio del cual se reglamentan los usos de los suelos de las zonas rurales del municipio de Sesquilé; Acuerdo N° 018 de Septiembre 09 de 1993 por medio del cual se reglamentan los usos de los suelos de las zonas rurales del municipio de Sopó; Acuerdo C.D. 24 de Noviembre 17 de 2004, sobre los determinantes ambientales para el manejo y regulación del área de Reserva Forestal Protectora Productora El Sapo; Resolución CAR 1597 de Septiembre 14 de 2005, donde se declara en Ordenación la Cuenca Hidrográfica del Río NEGRO 2306. Cuenca conjunta CAR – CORPOBOYACÁ; y Resolución CAR 2473 de Diciembre 01 de 2005 donde se declara en Ordenación la Cuenca Hidrográfica del Río BLANCO. Cuenca conjunta CAR - CORPOGUAVIO - CORMACARENA - UAESPNN – CORPOORINOQUIA (CAR, 2007).

Estas normas aportan principios legales al manejo de algunas áreas de la zona de estudio y obliga al cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental Regional 2001-2010, específicamente para la jurisdicción de la regional Sabana Norte y Almeidas, donde se incluyen los municipios de Sopó, Sesquilé, La Calera y Guatavita, 2001-2010 (CAR, 2004), donde se tienen en cuenta conflictos como: el cultivo de papa para el que se utilizan suelos cuya vocación es la producción de agua, generándose impactos ambientales de magnitud alta, debido a la desprotección de áreas por encima de los 2.800 m.s.n.m; la explotación forestal que se realiza sin

criterios de sostenibilidad repercutiendo en la pérdida de la biodiversidad de la región; la explotación minera antitécnica, insegura y mal planificada, afectando el recurso aire, agua y suelo, así como a la fauna y la flora. Por medio de la aplicación oportuna de la ley se podría llegar a un manejo adecuado del suelo para la regeneración de la cobertura natural en estos fragmentos, y tener en cuenta la configuración espacial de la cobertura de la región para un manejo del paisaje más adecuado.

Un manejo adecuado para el área de estudio se puede lograr bajo una planificación basada en principios de paisaje. Los planes regionales y nacionales para la conservación de la naturaleza pueden ser resultado de una estructura coherente de reservas naturales. En algunos países de Europa, los planes de conservación han sido integrados en los sistemas de planeamiento físico, donde así mismo la conservación estratégica se traduce en planes para redes ecológicas a nivel nacional conformadas por redes de reserva naturales, ya que es importante pensar la conservación no solamente como la protección de especies, sino también como espacios estructurales coherentes y las redes ecológicas juegan un papel importante en la discusión de los cambios en propiedad y uso del suelo (Jongman, R. 1995).

La creación en la región de una red de reservas o áreas protegidas se puede encaminar hacia la futura conexión de estas para la creación de uno o varios corredores. El papel de los corredores biológicos en el contexto de las redes ecológicas ha ganado más reconocimiento por los conservacionistas y planificadores (Jongman, et al. 2004). En muchos países la conservación se logra mediante la creación de reservas y parques naturales, en otros países se han llegado a un nuevo desarrollo, como es la restauración de áreas naturales y el desarrollo de corredores biológicos (Jongman, R. 1995).

8.6. Consideraciones metodológicas

Es preciso traer a discusión la escala a la cual las métricas deben ser utilizadas, ya que la medición de los patrones espaciales y la heterogeneidad depende de la escala a la cual la medida se realice, un paisaje puede mostrar un mosaico estable a una escala pero no a otra, debido a que los patrones de paisaje juegan un papel importante en la configuración de paisajes a diferentes escalas. (Carrao and Caetano, 2002). Por lo tanto debería dividirse la región en subregiones homogéneas y verlas por separado con más detalle para hacer un análisis más preciso.

Según Oneill, et al (1996), la escala de paisaje depende de la inquietud que se plantee, por ejemplo para preguntas de biodiversidad en un bosque, la escala puede ser un fragmento de bosque, para preguntas de calidad de agua la unidad puede ser una cuenca, sin embargo en muchos casos como el del presente estudio, la región es menos una unidad de interacción ecológica y más una conveniente unidad sociopolítica para la evaluación y para propósitos de regulación. Al analizar el paisaje desde el punto de vista de los conflictos de uso, pasa este estudio de ser más que un análisis espacial de configuración de paisaje a un análisis sociopolítico de oportunidades de conservación a nivel regional.

8.7. Alcances y limitaciones del estudio

El alcance de este estudio es poder trabajar los sistemas de información geográfica para definir la configuración estructural de elementos del paisaje de la región, a través de la ubicación de las principales coberturas de la región como una mirada al uso actual del paisaje y al grado de fragmentación de la zona generada por actividades antrópicas, junto con el uso normativo del suelo propuesto para la zona ya que más adelante podría convertirse este análisis en una herramienta de planificación y gestión para la zona.

Una de las limitaciones de este estudio es que al utilizar solamente la configuración espacial, es necesario el uso de otra herramienta para entender la dinámica de paisaje, es por esto que se tienen en cuenta los conflictos de uso que muestran el uso actual y el uso normativo para deducir como hacia el futuro con un manejo adecuado se podría revertir esta situación a favor de la conservación de recursos naturales de la región, pero para entender completamente la dinámica de los procesos en un paisaje, es necesario incluir una evaluación a través de una escala espacio temporal para poder analizar los patrones de cambio del suelo a través del tiempo y como estos han afectado a la región y las coberturas naturales, para así llegar a un manejo del territorio mucho más preciso.

Otra limitación surge con la escala del estudio, ya que la evaluación de áreas extensas mediante el procesamiento de imágenes satelitales puede arrojar datos sesgados debido a que las coberturas naturales pueden confundirse con cultivos activos o bosques plantados, o se pueden presentar áreas muy heterogéneas difíciles de identificar que tienen que tomarse como fragmentos misceláneos, es decir fragmentos compuestos por diferentes coberturas, lo cual dificulta el análisis y los resultados son aproximaciones de la composición y configuración de los fragmentos, por lo tanto este trabajo resulta ser una mirada general del estado del paisaje, y para efectos de planeación y gestión habría que hacer una evaluación más detallada, dividiendo el paisaje en áreas más pequeñas según criterios de jurisdicción, biogeográficos, biofísicos, o geomorfológicos, entre otros.

9. CONCLUSIONES

El paisaje de la zona es un mosaico de coberturas, donde la más dominante es la cobertura agropecuaria en más de un 50% del total del paisaje, actuando como la matriz del paisaje, esto es evidencia del estado de fragmentación de los bosques y de la importancia de un pronto y adecuado manejo para impedir que la región pase de ser un paisaje con fragmentos importantes de bosque natural, a un paisaje agropecuario con algunos relictos de bosque.

Los fragmentos con prioridad de manejo son los que en la actualidad tienen cobertura vegetal, ya sea los que tienen cobertura vegetal natural y por el uso propuesto están legalmente protegidos como todos los fragmentos seleccionados bajo el criterio de prioridad 1. Por otra parte estos fragmentos hacen parte de las coberturas que según los índices de conectividad son las más conectadas después de la cobertura agropecuaria, que son Vegetación de páramo, Bosque denso, y Bosque denso/vegetación de páramo y según índices de tamaño estas coberturas también tienen fragmentos con tamaños considerables mayores a 500 ha que son buenos objetivos de conservación.

En orden de importancia siguen las áreas de cobertura vegetal natural de los fragmentos seleccionados bajo el criterio de prioridad 2, porque está presente el elemento a conservar que son los bosques y que además no se encuentran en conflicto de uso, por lo cual tienen el factor biológico y el factor legal integrados como argumento para declarar como reservas forestales.

Los fragmentos que siguen en orden de prioridad para manejo y conservación son aquellos que tienen cobertura vegetal natural y pueden ser legalmente transformados a coberturas antrópicas como los seleccionados bajo el criterio de prioridad 3, porque está presente el elemento más importante que es aquel que se quiere conservar que es la cobertura natural y es pertinente evitar la ampliación

de la matriz agropecuaria hasta donde sea posible y así mitigar un poco el impacto de las actividades socioeconómicas sobre el hábitat natural.

Los fragmentos seleccionados bajo el criterio de prioridad 4 requieren restauración o regeneración por lo tanto el manejo implica mayores costos para llegar a condiciones similares e cobertura a las que alguna vez tuvieron, por lo tanto se ubican en último lugar de prioridad.

Como estrategia importante de manejo está el solucionar los conflictos de uso relacionados a los fragmentos donde existen reservas forestales protectoras ya declaradas, para disminuir la presión que la matriz pueda ejercer sobre los ecosistemas naturales.

Todos los autores coinciden en que las perspectivas ambientales y los procesos ecológicos, y las perspectivas socioeconómicas y culturales deben combinarse para obtener respuestas válidas a los problemas ambientales y a las necesidades de las poblaciones, y eliminar así los conflictos existentes.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de cambio de uso del paisaje para la misma zona de estudio teniendo en cuenta no solo la escala espacial sino la temporal para reconocer la dinámica de fragmentación del paisaje y así crear estrategias de manejo más adecuadas al tipo de uso.
- Realizar estudios donde se integren los factores económicos, sociales y culturales con los procesos ecológicos para saber cómo actúan los patrones de paisaje (uso y cobertura) en los sistemas económicos y que tanto se ven afectados estos sistemas (agrícolas) con un proceso de restauración.

- Realizar estudios de composición y diversidad en remanentes de coberturas naturales, así como el flujo de especies entre ellos, para reconocer los requerimientos de hábitat y nutrientes de las especies de la zona.
- Utilizar la información sobre la composición de especies de la región y estudiar su distribución para determinar cuales son las coberturas y fragmentos más importantes para la conservación de algunas especies y que estos estudios puedan ser usados como argumentos para la conservación de algunos espacios naturales de la zona.
- Realizar ajustes en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de manera que se conserven áreas de cobertura natural que según el uso normativo pueden ser convertidas a coberturas antrópicas.
- Realizar estudios de tenencia de tierras en zonas importantes para la conservación o restauración de bosque natural, y crear programas de incentivos dirigidos a los propietarios, de manera que se llegue a concertaciones para el manejo de paisaje en conjunto con las entidades encargadas de la investigación y la conservación de recursos naturales.

11. REFERENCIAS

Antrop .M & Eetvelde .V. 2000. Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. Landscape and Urban Planning 50. pp 43 -58.

Barrera – Cataño, J.I., M Aguilar – Garavito y D.C. Rondón – Camacho (eds.) 2008. Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D. C. 274 p.

Barreto, David. 2009. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA OBSERVADA DE LOS ENCENILLALES EN CINCO MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá, D.C. Tesis de grado.

Bernal .N, Cabrera .E, Morales .M, Ramírez .D. 2005. Análisis preliminar de patrones del paisaje en paisajes rurales ganaderos. PROGRAMA DE BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN.UNIDAD DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA UNISIG. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Bradshaw, Gay A. and Fortin, M. -J.(2000). Landscape Heterogeneity Effects on Scaling and Monitoring Large Areas Using Remote Sensing Data. Annals of GIS, 6: 1, 61 — 68

Brooks C. P. 2003. A scalar analysis of landscape connectivity. OIKOS 102:2 pp. 433 – 439-

CAR. 1993. USOS DEL SUELO RURALES. Acuerdo nº 018 de Sept 09 de 1993. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Sopó, Cundinamarca.

CAR. 1994. Plan de Manejo Ambiental Municipal. Subregión Nororiental. Cuenca Alta del Río Bogotá. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá D.C.

CAR. 1995. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL ZONA 5. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá D.C.

CAR. 2004. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Bogotá. D.C.

CAR. 2007. PLAN DE ACCIÓN TRIENAL. 2007 – 2009. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Bogotá. D.C.

Carrão Hugo and Caetano Mário. 2002. The Effect of Scale on Landscape Metrics. National Centre for Geographic Information (CNIG). Oeiras, Portugal. en <http://www.igeo.pt/gdr/pdf/Carrao2002c.pdf>.

Castaño .C (ed). 2002. Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HotSpot & Global Climatic Tensor. Ministerio del Medio Ambiente e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). IDEAM. Colombia.

Castilla, M. 1995. Así es Colombia los municipios. El Espectador, Santafé de Bogotá.

Chaparro Flórez, Nohora Adriana. 2001. Análisis multitemporal de la cobertura del suelo para la zona minera del Municipio de Cogua (Cundinamarca). Tesis (Ecóloga). Pontificia Universidad Javeriana. Director Eduardo Chiito.

CORPOGUAVIO. 2007. PLAN DE ACCION TRIENAL 2007- 2009.

CORPROAMBIENTAL. 2001. Plan de Manejo Ambiental, Zona de Reserva Forestal Protectora de Pionono. Fondo para la Acción Ambiental. Sopó, Cundinamarca.

Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia, Madrid España.

Estévez Moreno, Laura Ximena. 2004. Cambio y persistencia en los paisajes cañeros y cafeteros de Valle de San José (Santander, Colombia) durante la segunda mitad del siglo XX. Tesis (Ecóloga). Pontificia Universidad Javeriana. Director Luis Guillermo Baptiste.

Etter .A. 1990. Introducción a la Ecología del Paisaje. Un Marco de Integración para los Levantamientos Rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Docencia e Investigación, Unidad de Levantamientos Rurales. Bogotá, Colombia.

Etter, A., y Villa, A. 2000. Andean Forests and Farming Systems in Part of the Eastern Cordillera (Colombia) Mountain. *Research and Development* 20:236-245.

Etter A, and Wyngaarden W. Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region. Royal Swedish Academy of Sciences 2000. *Ambio* Vol. 29 No. 7, Nov. 2000

Etter, A., Mcalpine, C., Wilson, K., Phinn, S. y Possingham, S. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114:369–386.

Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:487–515.

Farina, A. 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall Ltd.

Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F., Coe, M., Gretchen, C., Daily., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, Ch., Patz, J., Prentice, C., Ramankutty, N. y Snyder, P. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* 309:570-573.

Forman, R.T.T. & Godron, M. 1986. Landscape Ecology. Jhon Wiley & Sons, Inc. United States of America.

Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. United Kingdom.

Gann, G.D., y D. Lamb, redactores, 2006. La restauración ecológica: un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida (versión 1.1). Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona, EE.UU. y IUCN, Gland, Suiza.

Gaston, K., Blackburn, T. y Goldewijk, K. 2003. Habitat Conversion and Global Avian Biodiversity Loss. *Proceedings: Biological Sciences* 270 1293-1300.

Greenberg, J. D., Logsdon, M.G. y Franklin, J.F. 2003. Introduction to Geographic Information Systems (GIS). *in* Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques. Springer-Verlag, New York, united States of America.

Hilty .J, Lidicker. W, Merenlender. A. 2006. Corridor Ecology. The Science and Practice of Linking Landsacapes for biodiversity Conservation. Island Press. United States of America.

Hobbs R. J, Margules C.R, and Saunders D.A. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*. Volume 5, No. 1. 291-300 pp.

Hobbs, R. and McIntyre, S. 1999. A Framework for Conceptualizing Human Effects on Landscapes and Its Relevance to Management and Research Models. *Conservation Biology*. Volume 13, No. 6. Pages 1282–1292.

Hudson, Wendy E. 1991. *Landscape Linkages and Biodiversity. DEFENDERS OF WILDLIFE*. Island Press. Washington, D.C. United States.

IAvH, 2005. Proyecto conservación y uso sostenible de la biodiversidad en los Andes colombianos. Informe anual 2004. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C, Colombia. 134 p.

IGAC. 2000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Cundinamarca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá D.C.

INSAT. 2006. MAPA DE COBERTURA NATURAL Y CUERPOS DE AGUA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, ESCALA 1:100.000.

Jongman. Rob H.G. 1995. Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 32 (1995) 169-183.

Jongman. Rob H.G, Külvik. Mart, Kristiansen. 2004. European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning* 68 (2004) 305–319.

Kattán, G. H. y Álvarez, H. 1996. Preservation and Management of Birds in Fragmented Landscapes in the Colombian Andes *in* J. R. y. R. G. Schellias, editor. *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington D.C. USA.

Lambin E, and Geist H. 2006. Land Use and Land Cover Change. Local Processes and Global Impacts. SPRINGER. Germany.

León Sarmiento, Jorge Eduardo. 2005. Análisis multitemporal, 1962 - 1998, de la transformación del paisaje en una zona con jurisdicción de los municipios de Bucaramanga, Girón y Lebrija, Santander. Tesis (Ecólogo). Pontificia Universidad Javeriana.

Li .X, He .H, Bu .R, Wen .Q, Chang .Y, Hua .Y, Li Y. 2005. The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. *Pattern Recognition* 38, pp. 2626 – 2638.

Malanson, G.P. and Cramer, B.E. 1999. Landscape heterogeneity, connectivity, and critical landscapes for conservation. *Diversity and Distributions* 5, 27–39.

McGarigal K, Cushman S, Neel C y Ene E, 2002 (b). FRAGSTATS version 3.3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, users manual. University of Massachusetts, Amherst. [en línea] http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html [consulta] 6 de septiembre, 2005.

Martínez. X, Rincón. D, Galvis. P, & Monje. C. 2005. Valoración Biofísica y Planificación Predial para la Conformación de la Reserva Encenillo. Fundación Natura. Bogotá.

Ojima, D., Galvin, K. y Turner, B. 1994. The Global Impact of Land-Use Change. *BioScience* 44:300-304.

O'Neill R. V. , Hunsaker C. T, K. Jones B, Riitters K. H. , Wickham J. D, Schwartz. P, Goodman I. A. , Jackson B. L. , and Baillargeon. W. S. Monitoring Environmental Quality at the Landscape Scale. Using landscape indicators to

assess biotic diversity, watershed integrity, and landscape stability. *BioScience* Vol. 47 No. 8.

O'Neill R. V. , Hunsaker C. T, Timmins S.P., Jackson B.L, Jones K.B, Riitters' K.H. and Wickham J.D. 1996. Scale problems in reporting landscape pattern at the regional scale. *Landscape Ecology* vol. 11 no. 3 pp 169-180.

Osorio, J., Uribe E. y Molina L.F. 1997. Cerros, Humedales y Áreas Rurales. DAMA, Bogotá.

Parra, R. 1997. Sistemas de información geográfica (SIG) base de la gestión ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Piñeros Quiceno, Ana Milena. 2003. Análisis multitemporal de la dinámica de cambio de la cobertura en la parte sur-occidental de Bogotá (Colombia) durante los años 1949-1982-1998. Tesis (Ecóloga). Pontificia Universidad Javeriana. Director Luís Alberto Villa Duran.

SALAMANCA, B., 2000. "Protocolo Distrital de Restauración Ecológica". Convenio DAMA - Fundación Bachaqueros. Bogotá, Colombia.

Sánchez Peña, Ramón Ovidio. 2006. Establecimiento y manejo de áreas protegidas: Notas básicas para la enseñanza. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC). Santo Domingo.

Urdaneta A. María F y Rodríguez .H Ana E. 2001. Plan Guía De Manejo para la Reserva Forestal Protectora Productora Laguna de Guatavita Cuchilla De Peñas Blancas. Sistema Regional de Áreas Protegidas SIRAP – Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Bogotá D.C.

Villalobos. C. 2007. Análisis de los cambios en las coberturas del paisaje entre 1991 y 2001 e historia de la transformación de la reserva El Santuario, Vereda La Aurora, Municipio de La Calera, Cundinamarca. Tesis (Ecólogo). Pontificia Universidad Javeriana.

Van Der Hammen, T. 1993. Global Change, Biodiversity and Conservation of neotropical Montane Forest. *in* H. B. S.P. Churchil, E. Forero & J.L. Luteyn, editor. Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest. New York Botanical Garden, New York. U.S.A.

Van Der Hammen, T. 1998. PLAN AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ. Análisis y Orientaciones para el Ordenamiento Territorial. COPROPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR). Santafé de Bogotá.

Van Der Hammen, T. 1999. Consensos Mundiales de Restauración y Enfoques de Investigación y Monitoreo. Memorias del seminario de restauración ecológica y reforestación. Fundación Friedich Ebert de Colombia – FESCOL. Fundación Alejandro Ángel Escobar. GTZ. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Vila, J. D., Vargas, A., Lláusas y Rivas, A. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (Landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anal. Geogr* 48:151-166.

Villegas Florez, Eduardo. 2001. Análisis multitemporal de patrones especiales de transformación del paisaje (1940-1998) en una parte de los cerros orientales de Bogotá. Tesis (Ecólogo). Pontificia Universidad Javeriana.

Wiens Jhon A. and Moss Michael R. 2005. Issues and Perspectives in Landscape Ecology. Cambridge University Press. United Kingdom.

With, K. A. and King, A. W. 1999. Extinction thresholds for species in fractal landscapes. – Conservation Biology 13 pp 314–326.

Xiuzhen Lia, Hong S. He, Rencang Bua, Qingchun Wen, Yu Chang, Yuanman Hua, Yuehui Li. 2005. The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. Pattern Recognition 38. 2626 – 2638.

Yerena, E. 1996. Corredores Ecológicos en los andes de Venezuela. Parques Nacionales y Conservación Ambiental. Fundación Polar. Editorial Torino. Caracas, Venezuela.

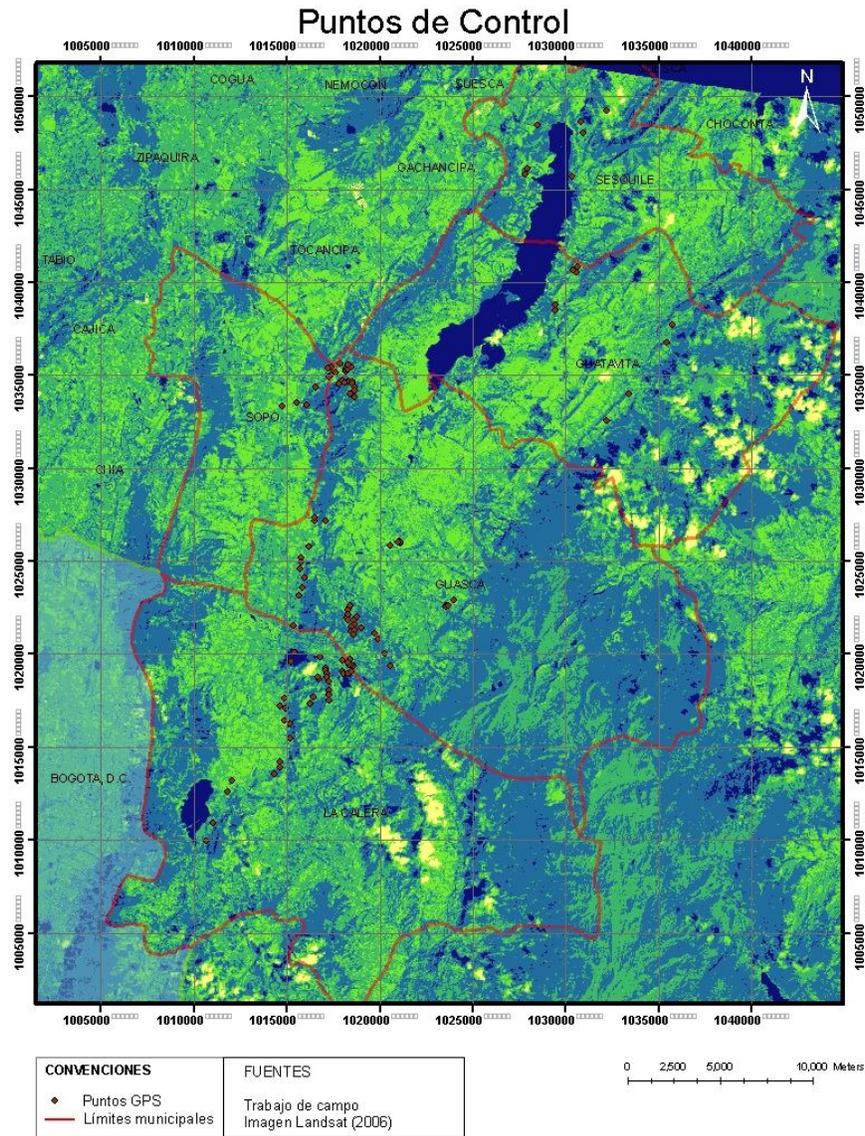
Páginas web consultadas:

<http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/php/decide.php?patron=03.1318>

<http://www.lablaa.org/blaavirtual/faunayflora/cerros/floraa.htm>

12. ANEXOS

Anexo 1. Puntos de control de coberturas tomados con gps en la zona de estudio



Anexo 2. Tabla de información de campo obtenida en los censos de presencia observada de bosques de encenillales, Tomado de (Barreto. D 2009)

Punto de muestreo	N° Fragmento	Coordenadas		Densidad y Tamaño	Fisiología	Cobertura	Estructura predominante	Matriz	Uso	Evidencia erosión
		Este	Norte							
61	83	1018004	1034722	1b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
62	83	1018283	1034639	1b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
63	82	1017801	1034507	1b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
64	83	1018317	1034626	1a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
65	83	1018503	1034626	2b	arbolito	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
66	82	1018517	1034530	3a	arbol	BD	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
67	82	1018626	1034318	3a	arbol	BA-BP	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
68	82	1018501	1034033	2a	arbol	AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
69	82	1018417	1033967	1b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
70	82	1018642	1034135	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
71	82	1018660	1033809	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
72	83	1018128	1034586	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
73	103	1018169	1035207	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
74	103	1018164	1035313	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
75	103	1018200	1035376	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
76	103	1018253	1035321	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
77	103	1018446	1035438	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	veros NO
78	103	1018252	1035510	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
79	103	1017886	1035586	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
80	103	1017375	1035432	3b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
81	103	1017608	1035107	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
82	1	1017402	1035014	3a	arbol	BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
83	1	1017259	1034909	3a	arbol	BD	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
84	37	1016560	1034319	1a	arbol	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
85	102	1017203	1035346	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
86	85	1014725	1033340	1b	arbolito	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	consenacion NO
87	1	1016060	1033403	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
88	1	1015510	1033527	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
89	44	1016210	1025750	2b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
90	122	1015774	1025186	2b	arbolito	BA-AA	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
91	122	1015763	1024888	1b	arbolito	AA	arbusto	Pastizales	ganaderia	DESGLIZAMIENTOS
92	122	1015980	1024053	1b	arbolito	AA-BP	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
93	122	1015809	1023510	1b	arbolito	AD-BP	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
94	122	1015699	1024534	1b	arbolito	AD-BP	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
95	122	1015622	1023122	1b	arbolito	AD-BP	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
96	122	1015309	1021511	1b	arbolito	AD	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
97	46	1015435	1020046	2b	arbolito	AD-BD	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
98	46	1015247	1019962	2b	arbolito	AD-BD	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
99	46	1014863	1017607	2b	arbolito	AD-BD	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
100	46	1014910	1017064	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
101	46	1015144	1016211	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
102	46	1014619	1017179	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
103	46	1014916	1016403	2b	arbolito	AD-BA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
104	46	1015115	1015412	2b	arbolito	AD-BA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	DESGLIZAMIENTOS
105	134	1029402	1038758	2b	arbolito	AD-BA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
106	134	1029415	1038503	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
107	29	1030312	1045686	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
108	86	1030905	1048000	2b	arbolito	AD-BA	arbusto	Pastizales	ganaderia residencial	NO
109	86	1030812	1048626	2b	arbolito	AD-BA	arbol	Pastizales	ganaderia residencial	NO
110	86	1032211	1049240	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	NO
111	67	1028511	1048415	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	ganaderia cultivos	EÓLICA
112	65	1027901	1046099	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	suelo desnudo	EÓLICA
113	65	1027801	1045776	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	suelo desnudo	EÓLICA
114	133	1030626	1040821	1c	arbusto	AA	arbusto	Pastizales	suelo desnudo	NO
115	26	1030579	1040480	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	cultivos	NO
116	133	1030401	1040606	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	cultivos	NO
117	136	1035463	1036683	2b	arbolito	BA	arbol	Pastizales	cultivos	NO
118	135	1035744	1037707	2b	arbolito	BD	arbol	Pastizales	cultivos	NO
119	137	1033402	1033981	2b	arbolito	BD	arbol	Pastizales	cultivos	NO
120	131	1032190	1032528	2b	arbolito	BD	arbol	Pastizales	cultivos	NO

Anexo 3. Composición florística de la región

Composición florística bosque húmedo montano (bh-M):

La composición florística de la zona es típica del piso alto andino, entre las especies que sobresalen se pueden citar: Palo colorado (*Polylepis quadrijuga*), Pegamosco (*Befaria resinosa*), Arrayán (*Myrtus foliosa*), Gaque (*Clusia multiflora*), Ají de páramo (*Drymis granadensis*) Duraznillo (*Abatia partiflora*), Chite (*Hypericum larixifolium*), Sauco de monte (*Viburnum triphyllum*), Manzanillo (*Toxicodendron striata*), Yarumo (*Cecropia teleincana*), Pagado, Rodamonte (*Escallonia myrtilloides*), Cachitos (*Halenia asclepiadae*), Chusque (*Chusquea tessellata*), Tuno (*Miconia ligustrina*), Garrocho (*Viburnum tinoides*), Raque o San Juanito (*Vallea stipularis*), Laurel (*Myrica parvifolia*), Frailejón (*Espeletia phaneractis*), Musgo (*Sphagnum megallanicum*), Chicoria (*Hypochoeris sessiliflora*), Quiche de páramo (*Paepalanthus chimboracensis*), Amargoso (*Eupatorium viscosum*), Hierba de San Juan (*Castilleja fissifolia*), Licopodio (*Lycopodium jussiaci*) (IGAC, 2000).

Composición florística bosque muy húmedo montano (bh-M):

Las especies más comunes de esta formación son: Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), Canelo de páramo (*Drymis granadensis*), Cedrillo (*Brunellia subsessilis*), Mano de oso (*Oreopanax discolor*), Charne (*Bucquetia glutinosa*), Pegamosco (*Befaria resinosa*), Chilco colorado (*Escallonia paniculata*), Ciro (*Baccharis floribundum*), Arrayán (*Myrtus foliosa*), Uvo de anís (*Cavendishia cordifolia*), Uva camarona (*Macleania rupestris*), Reventadera (*Vaccinium floribundum*), Laurel (*Persea mutissi*), Frailejón (*Espeletia harkwegiana*), Laurel (*Myrica parvifolia*), N.N. (*Brachyotum ledifolium*), Helecho (*Polypodium lanceolatum*), (*Pleopeltis leptophyllum*), Paja (*Calamagrostis recta*), Chusque (*Chusquea tessellata*) y Musgo (*Sphagnum magellanicum*) (IGAC, 2000).

Composición florística bosque seco montano bajo (bs-MB)

La composición florística de esta zona se caracteriza por el desarrollo de especies como: Arrayán (*Myrcianthes leucoxylla*), Cordoncillo (*Piper angustifolium*), Guayabo (*Psidium guajaba*), Drago (*Croton funckianus*), Aliso (*Alnus acuminata*), Lacre (*Vismia guianensis*), Tinto (*Cestrum tinctorum*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*) Uva camarona (*Macleania rupestris*), Pega mosco (*Befaria resinosa*), Gaque (*Clusia multiflora*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Romero de páramo (*Displostephium rosmarinifolium*), Tuno (*Miconia squamulosa*), Uva de anís (*Cavendishia cordifolia*), Arboloco (*Montanoa quadrangularis*), Chilco colorado (*Escallonia paniculata*), Alcaparro arbustivo (*Senna viarum*), Hayuelo (*Dodonea viscosa*), Espadero (*Myrsine dependens*), Mortiño (*Hesperomeles goudotiana*), Espino (*Duranta mutisii*), Nogal (*Juglans neotropica*) Dividivi de tierra fría (*Caesalpinia spinosa*), Tuna (*Opuntia schumanii*). Entre las especies introducidas están: Pino espátula (*Pinus patula*), Acacia negra (*Acacia decurrens*), Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Falso pimento (*Schinus molle*), Araucaria (*Araucaria imbricata*), Pino monterrey (*Pinus radiata*) (IGAC, 2000).

Anexo 4. Listado de especies amenazadas de la jurisdicción CAR de la zona de estudio.

Municipios de La Calera, Sopó, Guatavita y Sesquilé :

Aves

ORDEN	FAMILIA	Taxón	Categoría nacional	Altura mínima	Altura máxima
FALCONIFORMES	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	EN	1800	4000
ANSERIFORMES	Anatidae	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	EN	0	3500
		<i>Anas georgica</i>	EN	1000	3400
		<i>Anas cyanoptera</i>	EN	0	3500
		<i>Netta erythrophthalma</i>	CR	0	2600
		<i>Oxyura jamaicensis</i>	EN	2050	4000
GALLIFORMES	Phasianidae	<i>Odontophorus strophium</i>	CR	1750	2050
GRUIFORMES	Rallidae	<i>Rallus semiplumbeus</i>	EN	2100	4000

		<i>Gallinula melanops</i>	CR	2500	3050
PSITTACIFORMES	Psittacidae	<i>Pyrrhura calliptera</i>	VU	1600	4000
		<i>Ognorhynchus icterotis</i>	CR	2000	3480
		<i>Touit stictopectera</i>	EN	600	2400
		<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	VU	2200	2800
APODIFORMES	Trochilidae	<i>Coelligena prunellei</i>	EN	1000	2480
PICIFORMES	Ramphastidae	<i>Capito hypoleucus</i>	EN	180	2100
PASSERIFORMES	Tyrannidae	<i>Pseudocolopteryx acutipennis</i>	VU	1500	2600
		<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	EN	2000	2800
	Alaudidae	<i>Eremophila alpestris</i>	EN	2500	3100
	Troglodytidae	<i>Cistothorus apolinari</i>	EN	1800	3600
	Thraupidae	<i>Dacnis hartlaubi</i>	VU	1300	2200
	Icteridae	<i>Macroagealuis subalaris</i>	CR	1744	3165

Mamíferos

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Categoría nacional	Altura mínima	Altura máxima
CARNIVORA	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	VU	200	4000
	Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	VU	1600	4800
PERISSODACTYLA	Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	EN	2000	4300
RODENTIA	Erethizontidae	<i>Coendou vestitus</i>	VU	1800	2500
	Dinomyidae	<i>Dinomys branickii</i>	VU	300	3400

Anfibios

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Categoría nacional	Altura mínima	Altura máxima
CAUDATA	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa capitana</i>	EN	1780	2200
		<i>Bolitoglossa pandi</i>	EN	1300	1450
ANURA	Bufonidae	<i>Atelopus subomatus</i>	EN	2000	2800
		<i>Colostethus ruizi</i>	CR	2410	2470
	Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus renjiformum</i>	VU	2800	2800

Plantas

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRES COMUNES	Categoría nacional	Altura mínima	Altura máxima
CHRYSOBALANACEAE	<i>Couepia platycalyx</i>	Mapurito montañero	EN	1150	2700
ASTERACEAE	<i>Espeletia chocontana</i>	Frailejón	EN	3400	3785
PALMAE	<i>Ceroxylon quindiuense</i>	Palma de cera	EN	2000	3000

Anexo 4.1. Listado de especies de la zona de guasca:

ANFIBIOS REGISTRADOS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA
ANURA	Centrolenidae	<i>Centrolene buckleyi</i>	Rana	VU
	Dendrobatidae	<i>Colostethus subpunctatus</i>	Rana	LC
	Hylidae	<i>Hyla labialis</i>	Rana verde	
	Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus elegans</i>	Rana	
		<i>Eleutherodactylus bogotensis</i>	Rana	
<i>Eleutherodactylus sp. 1</i>		Rana		
CAUDATA	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa adspersa</i>	Salamandra	

REPTILES REGISTRADOS			
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
SQUAMATA	Colubridae	<i>Atractus crassicaudatus</i>	Tierrera, huertera
		<i>Liophis epinephelus bimaculatus</i>	Tierrera
	Gymnophthalmidae	<i>Anadia bogotensis</i>	Charchala
		<i>Proctoporus striatus</i>	Charchala
	Polychritidae	<i>Phenacosaurus heterodermus</i>	Camaleón
	Tropiduridae	<i>Stenocercus trachycephalus</i>	Collarejo

MAMIFEROS REGISTRADOS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA
CARNIVORA	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro gatuno	
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	
	Procyonidae	<i>Nasuella olivacea</i>	Runcho, guache	
CHIROPTERA	Phyllostomidae	<i>Anoura geofroyi</i>	Murciélago trompudo	
		<i>Sturnina erythromos</i>	Murciélago frugívoro	
EDENTATA	Dasypodidae	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo	LC
INSECTIVORA	Soricidae	<i>Cryptotis thomasi</i>	Musaraña o ratón ciego	LC
LAGOMORPHA	Leporidae	<i>Silvilagus brasiliensis</i>	Conejo	
DIDELPHIMORPHIA	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i>	Fara	LC
RODENTIA	Agoutidae	<i>Agouti taczanowski</i>	Borugo	
	Caviidae	<i>Cavia anolaimae</i>	Curi	
	Muridae	<i>Thomasomys niveipes</i>	Ratón Montañero	LC
	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla Común	LC

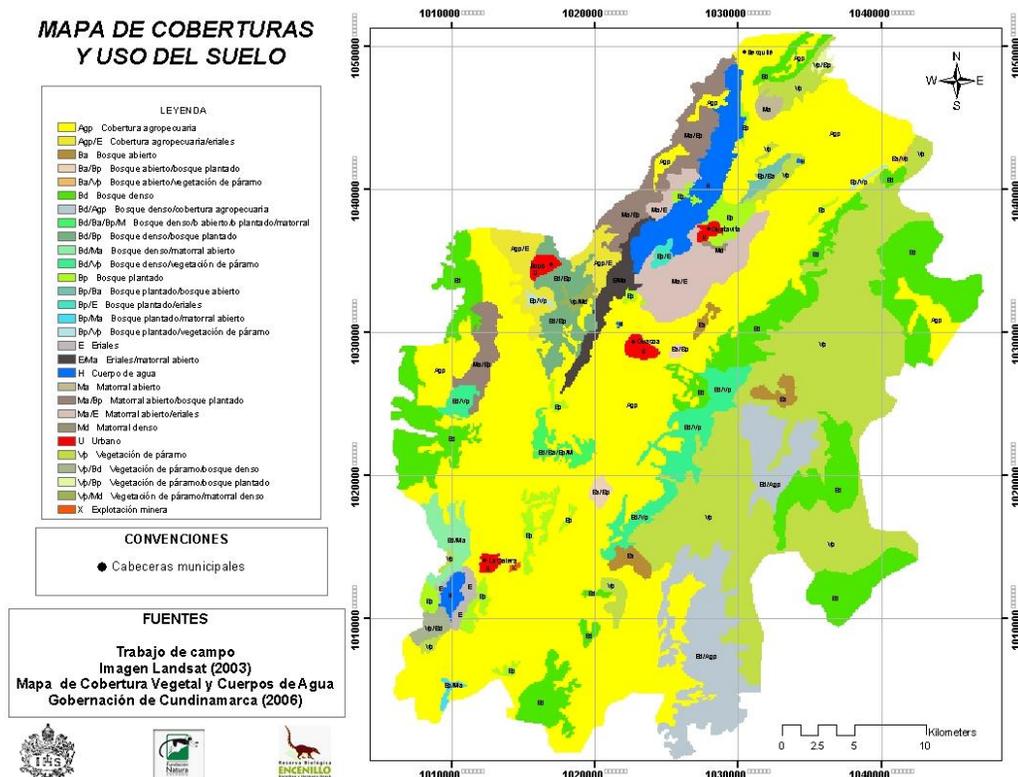
AVES REGISTRADAS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA
FALCONIFORMES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Chulo	
	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán	LC
GALLIFORMES	Phasianidae	<i>Colinus cristatus</i>	Perdiz común	LC
GRUIFORMES	Rallidae	<i>Rallus semiplumbeus</i>	Tingua bogotana	EN
	Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>		LC

COLUMBIFORME	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza	LC
	Columbidae	<i>Columba fasciata</i>	Torcaza collareja	
PSITTACIFORME	Psittacidae	<i>Pyrrhura calliptera</i>		VU
STRIGIFORME	Strigidae	<i>Glaucidium jardinii</i>		LC
CUCULIFORME	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero	LC
APODIFORME	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo	
	Trochillidae	<i>Coeligena helianthea</i>	Colibrí	LC
		<i>Coeligena bonapartei</i>	Colibrí	LC
		<i>Adelomyia melanogenys</i>	Colibrí	LC
		<i>Lesbia nuna</i>	Colibrí	LC
		<i>Eriocnemis cupreiventris</i>	Colibrí	NT
		<i>Eriocnemis vestitus</i>	Colibrí	LC
		<i>Colibri coruscans</i>	Colibrí	LC
		<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí	LC
		<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	Colibrí	LC
		<i>Pterophanes cyanopterus</i>	Colibrí	LC
<i>Metallura tyrianthina</i>	Colibrí	LC		
PICIFORME	Picidae	<i>Picus rivolli</i>	Carpintero	
		<i>Campephilus pollens</i>	Carpintero	LC
PASSERIFORME	Dendrocolaptidae	<i>Xiphocolaptes promeropyrhinchus</i>	Trepatroncos	
	Furnariidae	<i>Synallaxis subpudica</i>		LC
		<i>Margaromys aquamiger</i>		
	Formicariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>	Compra pan	LC
	Rhyncoptidae	<i>Scytalopus infasciatus</i>	Tapaculo	
	Cotingidae	<i>Pipreola riefferii</i>	Frutero	LC
		<i>Ampelion rubrocristatus</i>		LC
	Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>		LC
		<i>Mionectes striaticollis</i>		LC
		<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>		LC
		<i>Octoeca fumicolor</i>		
		<i>Octoeca diadema</i>		
		<i>Elaenia frantzii</i>		LC
		<i>Elaenia flavogaster</i>		LC
		<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>		LC
	<i>Contopus fumigatus</i>		LC	
	Hirundinidae	<i>Notiochelidon murina</i>	Golondrina	LC
		<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina	
	Corvidae	<i>Cyanolyca viridicyana</i>	Urraca	LC
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común	LC
	Troglodytidae	<i>Henocorhina leucophrys</i>		
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirla	LC
	Parulidae	<i>Myioborus ornatus</i>		LC
	Parulidae	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>		LC
	Coerebidae	<i>Conirostrum rufum</i>		LC
	Coerebidae	<i>Conirostrum sitticolor</i>		LC
	Coerebidae	<i>Conirostrum albifrons</i>		LC
	Icteridae	<i>Cacicus leucoramphus</i>		
	Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	Toche	LC
	Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Chirlobirlo	LC
Coerebidae	<i>Diglossa albilatera</i>	Mielero	LC	
Coerebidae	<i>Diglossa cyanea</i>	Mielero	LC	
Coerebidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Mielero	LC	

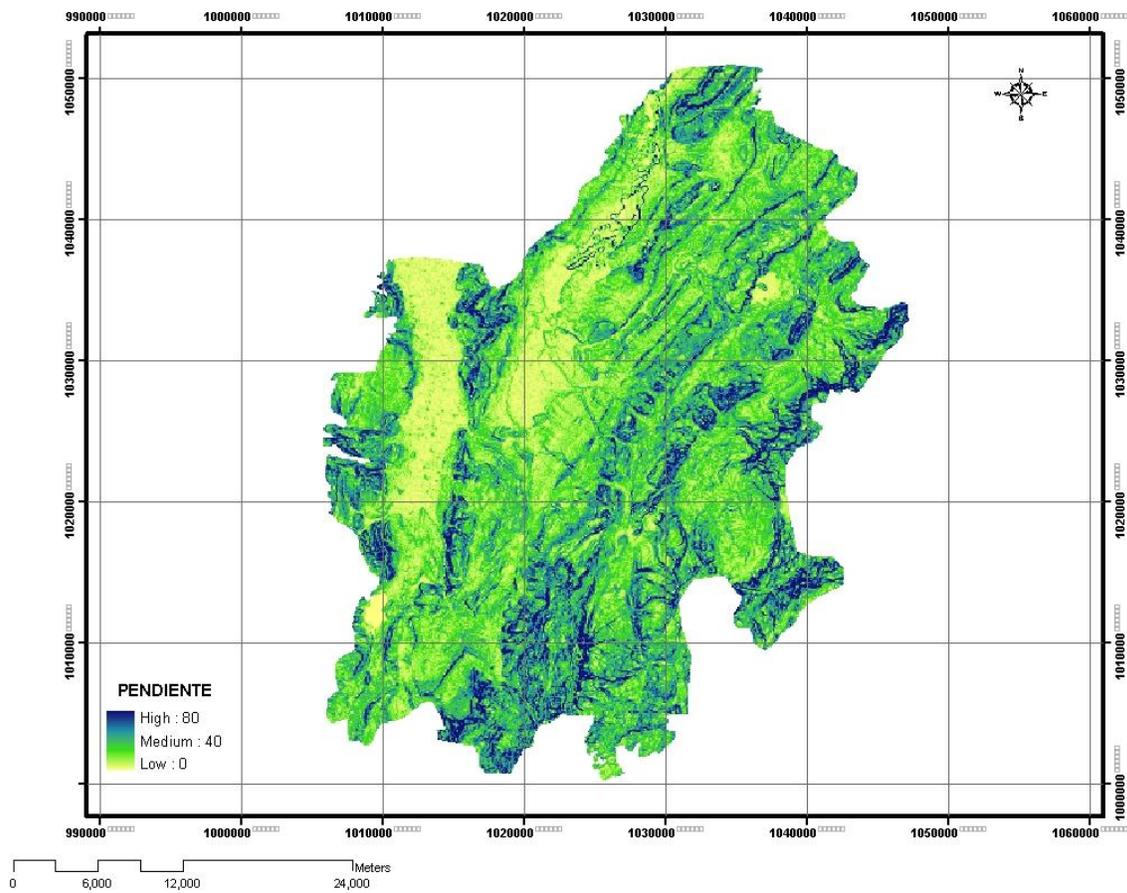
Continuación Anexo 4.1. Listado de especies de la zona de guasca, Aves registradas

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA
PASSERIFORME	Thraupidae	<i>Anisoganthus igniventris</i>	Clarinero	
		<i>Dubusia taeniata</i>		LC
		<i>Hemispingus superciliaris</i>		
		<i>Buthraupis montana</i>		LC
		<i>Thraupis cyanocephala</i>		LC
		<i>Tangara nigroviridis</i>		LC
		<i>Catamblyrhynchus diadema</i>		LC
		<i>Atlapetes schistaceus</i>		LC
	Fringillidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>		LC
		<i>Atlapetes torquatus</i>		
		<i>Catamenia analis</i>		LC
		<i>Buarremon brunneinuchus</i>		
		<i>Carduelis spinescens</i>		LC
		<i>Pheucticus aureoventris</i>		
		<i>Sporophila luctuosa</i>		LC
		<i>zonotrichia capensis</i>	Copetón	LC

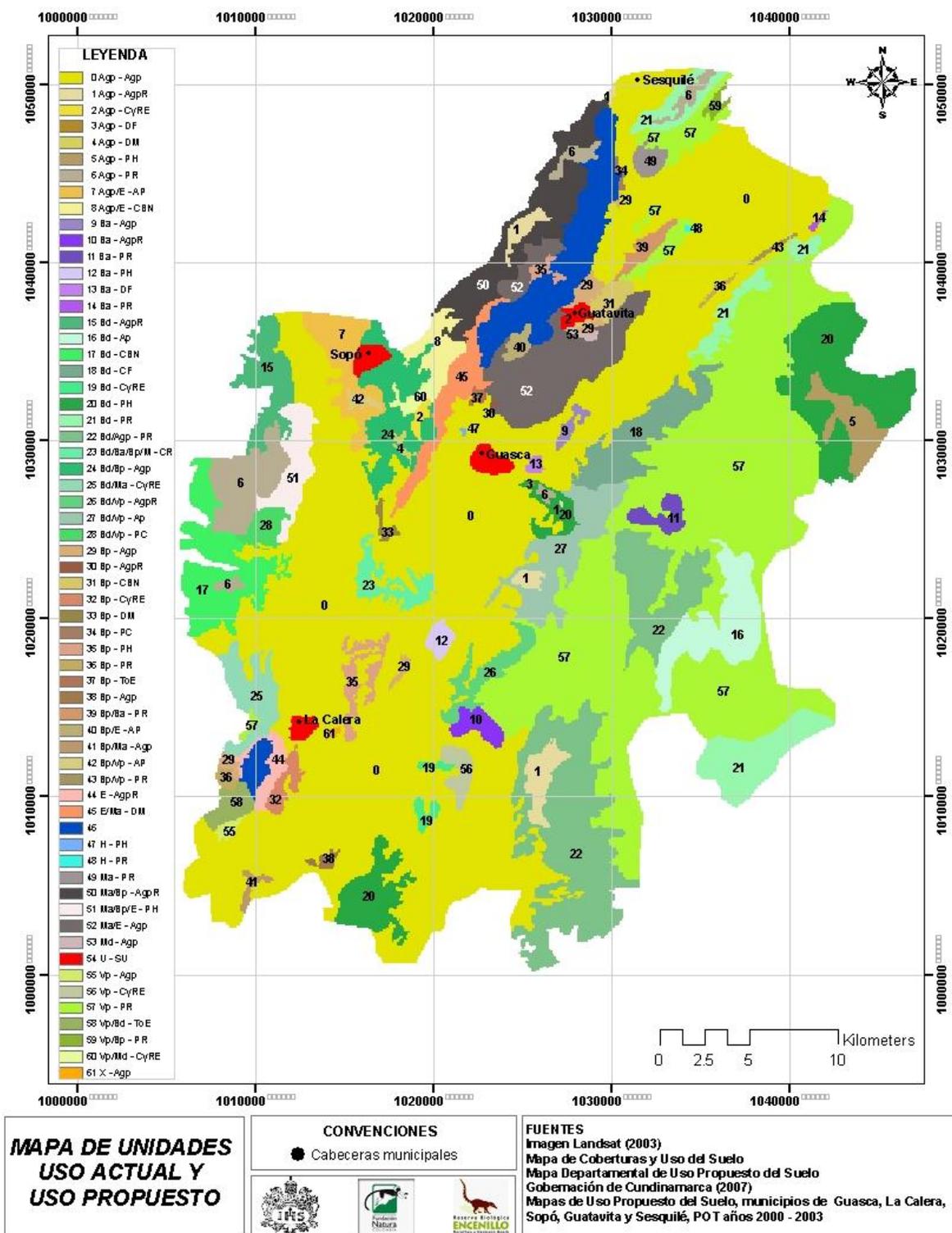
Anexo 5. Mapa de coberturas y uso del suelo



Anexo 6. Extracción de pendientes del Modelo de elevación digital de terreno de Cundinamarca para la zona de estudio



Anexo 7. Mapa de unidades de uso



Anexo 8.

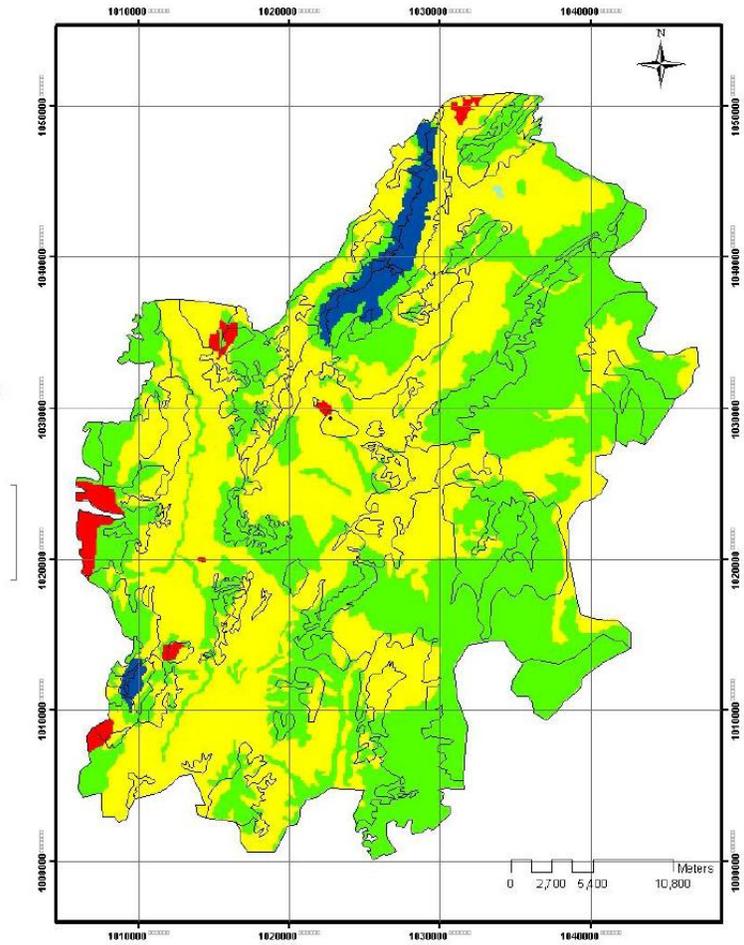
Uso Propuesto del Suelo

LEYENDA

-  Embalse
-  Laguna
-  Suelo de Desarrollo Rural
-  Suelo de Protección y de Importancia Ambiental
-  Suelos Urbanos

Convenciones

-  Polígonos mapa de coberturas



Anexo. 9. Resultados métricas de paisaje

	CA	PLAND	NP	PD	LPI	LSI
Agp	51990	41.0917	15	0.0119	37.7895	9.291
Vp	23964	18.9406	7	0.0055	17.5226	6.1839
Bd	15880	12.5512	13	0.0103	2.6889	8.7549
Bd-agp	7427	5.8701	2	0.0016	4.1305	4.9364
Ma-e	3436	2.7157	2	0.0016	2.3498	2.7373
H	3276	2.5893	4	0.0032	2.2953	3.4
Bd-vp	3106	2.4549	4	0.0032	1.5191	4.9911
Ma-bp	2609	2.0621	1	0.0008	2.0621	3.8932
Bp	2400	1.8969	13	0.0103	0.5153	7.602
Agp-e	2036	1.6092	2	0.0016	1.0433	3.978
Bd-bp	1851	1.463	1	0.0008	1.463	4.2184

	AREA_MN	AREA_SD	AREA_CV	SHAPE_MN	SHAPE_SD	SHAPE_CV
Agp	3466	11858.8815	342.1489	2.2597	1.5811	69.9688
Vp	3423.4286	7656.8802	223.6612	2.4757	1.1139	44.9941
Bd	1221.5385	987.462	80.8376	2.5708	0.7465	29.0384
Bd-agp	3713.5	1512.5	40.7298	3.3826	0.8933	26.4071
Ma-e	1718	1255	73.0501	2.0545	0.1	4.8673
H	819	1211.4964	147.9239	1.7264	0.7091	41.0715
Bd-vp	776.5	715.4864	92.1425	2.4081	1.0089	41.8977
Ma-bp	2609	0	0	3.8932	0	0
Bp	184.6154	198.8554	107.7133	2.0975	0.8623	41.1109
Agp-e	1018	302	29.666	2.8193	0.2081	7.3829
Bd-bp	1851	0	0	4.2184	0	0

	ENN_MN	ENN_SD	ENN_CV	CONNECT	COHESION	AI
Agp	826.9053	1424.3926	172.2558	0	99.7346	96.3399
Vp	2472.6252	1242.2831	50.2415	0	99.4511	96.6252
Bd	2259.4748	2105.525	93.1865	0	97.7152	93.7728
Bd-agp	2600	0	0	0	98.7471	95.3614
Ma-e	1979.899	0	0	0	98.0893	96.9648
H	7914.9548	7128.1828	90.0597	0	98.1094	95.7123
Bd-vp	211.8034	11.8034	5.5728	0	97.4354	92.6721
Ma-bp	N/A	N/A	N/A	0	98.3186	94.174
Bp	1537.8257	1500.4153	97.5673	0	94.3931	86.2399
Agp-e	1979.899	0	0	0	97.2061	93.1927
Bd-bp	N/A	N/A	N/A	0	97.9511	92.2545

Anexo. 10. Conflictos de uso

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	TIPO	USO PROPUESTO		ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
			GRUPO	SUBGRUPO		
4	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario sin restricción/Agropecuario con restricción	105.10	0.08
6	Vegetación de páramo/bosque denso	Natural	Suelo de Desarrollo Rural/Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de recursos naturales/Agropecuario sin restricción	337.59	0.27
35	Bosque abierto	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Desarrollo forestal	368.39	0.29
38	Bosque denso/vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción	1931.25	1.53
40	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres/Suelo suburbano	1445.57	1.14
46	Bosque abierto	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción/Desarrollo Forestal	170.26	0.13
47	Matorral abierto/bosque plantado/eriales	Natural intervenida	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción	1056.84	0.84
52	Vegetación de páramo/matorral denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación y restauración ecológica/Zona de desarrollo minero	162.19	0.13
58	Bosque denso/bosque plantado	Natural intervenida	Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Conservación y restauración ecológica/Protección de recursos naturales/Área protegida	1856.22	1.47
60	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres	499.67	0.39
63	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos/Protección hídrica/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	1701.04	1.34
65	Matorral abierto/eriales	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Zona de desarrollo minero	1181.88	0.93
66	Matorral abierto/eriales	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación y restauración ecológica/Recuperación ambiental/Turística o ecoturística/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	1188.37	0.94
72	Matorral abierto/eriales	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario sin restricción	460.85	0.36
80	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario con restricción	79.26	0.06
81	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Conservación faunística/Desarrollo Forestal/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	13300.60	10.51
85	Matorral abierto	Natural	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario sin restricción/Agropecuario con restricción	275.15	0.22
88	Matorral abierto/bosque plantado	Natural intervenida	Suelo de Desarrollo Rural	Agropecuario sin restricción/Agropecuario con restricción	2616.15	2.07
Total					28736.36	22.71

Anexo. 11. Áreas a transformar en los fragmentos que presentan conflictos de uso

Nº de Fragmento	FRAGMENTO	TIPO	GRUPO	SUBGRUPO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	Porcentaje a convertir por conflicto de uso	Área a convertir
6	Vegetación de páramo/bosque denso	Natural	Suelo de Desarrollo Rural/Suelo de Protección e Importancia Ambiental	Protección de recursos naturales/Agropecuario sin restricción	421.98	0.33	80	337.59
40	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres/Suelo suburbano	2409.28	1.90	60	1445.57
52	Vegetación de páramo/matorral denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación y restauración ecológica/Zona de desarrollo minero	231.70	0.18	70	162.19
60	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Protección de recursos naturales/Parcelaciones campestres	1249.16	0.99	40	499.67
63	Bosque denso	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos/Protección hídrica/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	3402.08	2.69	50	1701.04
66	Matorral abierto/eriales	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación y restauración ecológica/Recuperación ambiental/Turística o ecoturística/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	2970.92	2.35	40	1188.37
81	Vegetación de páramo	Natural	Suelo de Protección e Importancia Ambiental/Suelo de Desarrollo Rural	Conservación de bosque natural/Protección de recursos naturales/Conservación faunística/Desarrollo Forestal/Agropecuario con restricción/Agropecuario sin restricción	22167.67	17.52	60	13300.60
Total					32852.80			18635.02