

ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS CONECTIVIDAD Y REPRESENTATIVIDAD  
PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS Y  
VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE COBERTURAS  
EN EL SIRAP PARQUE CENTRAL DE ANTIOQUIA – PCA

Orden de servicio No. 4326 de 2008

Informe final



**CORANTIOQUIA**  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL  
DEL CENTRO DE ANTIOQUIA

PATRICIA ORTIZ BETANCUR  
Ingeniera Forestal

MUNICIPIO DE MEDELLÍN  
2008

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1 MARCO CONCEPTUAL	7
1.1 REPRESENTATIVIDAD ECOSISTÉMICA	8
1.2 CONECTIVIDAD	12
2 ÁREA DE ESTUDIO	16
3 MÉTODOS	18
3.1 REPRESENTATIVIDAD DE ECOSISTEMAS	18
3.1.1 Clima	18
3.1.2 Geopedología	20
3.1.3 Cobertura de la tierra	21
3.1.4 Bioma	22
3.2 CONECTIVIDAD AMBIENTAL	22
3.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO	26
3.4 HOMOLOGACIÓN, VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO	29
4 RESULTADOS	31
4.1 REPRESENTATIVIDAD DE ECOSISTEMAS	31
4.1.1 Representatividad para bosque natural	32
4.1.2 Representatividad para la vegetación de páramo	45
4.1.3 Representatividad para la vegetación natural	49
4.2 CONECTIVIDAD FÍSICA AMBIENTAL	62
4.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO	67
4.4 HOMOLOGACIÓN, VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO	72
4.5 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES Y USOS	77
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXO	84

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Municipios que conforman el área del SIRAP PCA.	16
Tabla 2. Denominación por rangos de precipitación anual.	19
Tabla 3. Denominación termal para el mapa de temperatura.	19
Tabla 4. Leyenda del Mapa de zonificación climática	19
Tabla 5. Clasificación de las formaciones geomorfológicas y el ambiente morfológico para la elaboración del mapa de geopedología para Colombia.	20
Tabla 6. Valoración de los tipos de cobertura según su grado de dificultad para el flujo entre ecosistemas.	25
Tabla 7. Valoración de las distancias entre los bosques naturales para el SIRAP PCA.	26
Tabla 8. Valoración del costo-distancia para la conectividad en el área que conforma el SIRAP PCA.	26
Tabla 9. Regiones biogeográficas que se encuentran en el área conformada por el SIRAP PCA.	31
Tabla 10. Superficie ocupada por los bosques naturales en las direcciones territoriales de las CAR's.	32
Tabla 11. Representatividad de los bosques naturales en los municipios que conforman el SIRAP PCA.	34
Tabla 12. Superficie ocupada por la vegetación de páramo en las direcciones territoriales de las CAR's.	47
Tabla 13. Representatividad de la vegetación de páramo en los municipios que conforman el área del SIRAP PCA.	48
Tabla 14. Superficie ocupada por la vegetación natural en las direcciones territoriales de las CAR's.	49
Tabla 15. Representatividad de la vegetación natural en los municipios que conforman el del SIRAP PCA.	51
Tabla 16. Principales coberturas vegetales identificadas por los técnicos de las CAR's.	69
Tabla 17. Usos del suelo asignados a la clasificación de coberturas.	74

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representatividad de los bosques naturales en el área conformada por el SIRAP PCA.	43
Figura 2. Localización de los bosques densos según las regiones biogeográficas.	46
Figura 3. Representatividad de la vegetación de páramo en el área conformada por el SIRAP PCA.	49
Figura 4. Localización de la vegetación de páramo según las regiones biogeográficas.	50
Figura 5. Representatividad de la vegetación natural en el área conformada por el SIRAP PCA.	57
Figura 6. Localización de la vegetación natural según las regiones biogeográficas.	60
Figura 7. Bosques densos núcleo unidos a partir de los corredores estructurales en el SIRAP PCA.	64
Figura 8. Corredores estructurales en el área de influencia del SIRAP PCA.	65
Figura 9 . Mapa de coberturas vegetales para el área conformada por el SIRAP PCA.	73
Figura 10. Combinación de dos layers con diferentes atributos.	86
Figura 11. Conversión vector a raster.	87
Figura 12. Localización de la función para obtener la distancia en línea recta y sus parámetros de configuración.	88
Figura 13. Localización del algoritmo para la obtención de la distancia ponderada por el coste de viaje.	88
Figura 14. Modificación de polígonos clasificados con Corine Land Cover.	89
Figura 15. Modificación de la clasificación de las coberturas alrededor del páramo de Belmira.	90
Figura 16. Modificación de la clasificación de las coberturas en el municipio de San Jerónimo.	91

## LISTA DE ANEXO

	Pág.
Anexo. Estructuración de la información espacial para la identificación de áreas protegidas del PCA.	85

## INTRODUCCIÓN

La planificación ecorregional ocupa una posición cada vez más importante en la gestión de los valores naturales; sin embargo, su puesta en práctica en la gestión y ordenación del territorio constituye, aún hoy en día, uno de los principales retos a los que se enfrentan entidades de gestión, sectores académicos y sociedad en general (Junta de Andalucía 2003).

Las áreas protegidas en el contexto territorial han cobrado importancia, toda vez que se están incluyendo como parte del ordenamiento ambiental, por lo que se está tratando de disminuir la brecha entre conservación vs. desarrollo. Hoy se sabe que se puede aislar espacial o socioeconómicamente las áreas protegidas del territorio circundante, si se quiere mantener los procesos que determinan la presencia de unos valores naturales dignos de ser preservados. El ciclo del agua, de los nutrientes, las interacciones ínter e intra poblaciones y comunidades biológicas, los servicios y bienes ambientales, están determinados en gran medida por la influencia antrópica; aspecto que no se puede negar, dentro del contexto de las áreas protegidas.

En la actualidad, la protección y el manejo de conexiones entre los espacios protegidos para aumentar la conectividad en el paisaje está evolucionando desde la fase conceptual hasta su implementación práctica en las estrategias de conservación. Existen numerosos ejemplos de desarrollo de proyectos para proteger y manejar estas conexiones, o propuestas de establecimiento de redes de conexiones como parte de estrategias de conservación. Entre estos proyectos cabe citar algunos de relevancia internacional: The Wildlands Project en Estados Unidos; El Corredor Biológico Mesoamericano; la Red Natura 2000 en la Unión Europea; la Red Esmeralda en Europa; el Proyecto de Macrocorredor en la costa suroeste australiana, o la Red Mundial de Reservas de la Biosfera (Junta de Andalucía 2003).

En el contexto nacional, la planificación ecorregional de las áreas protegidas y la conectividad de estos espacios en el territorio se encuentra en una fase aún muy incipiente de desarrollo, pero se está avanzando en este aspecto.

El objetivo de este trabajo, es realizar una aproximación al diseño del modelo para el trazo de las rutas iniciales de conectividad estructural para el PCA, con el fin de avanzar y promover el manejo integral del territorio, en el cual se incluya el manejo de las áreas protegidas como elemento del ordenamiento territorial.

El alcance de este objetivo, depende en gran medida de la calidad de la información; por lo que el mapa de coberturas vegetales es una herramienta fundamental en el proceso, ya que permite visualizar los cambios que ejercen mayor presión sobre los recursos naturales existentes (disminución de vegetación nativa, desplazamiento de fauna silvestre, etc.).

El conocimiento dinámico de la ocupación del suelo, que se obtiene a partir de la generación de información cartográfica digital y del análisis espacial de las diversas actividades que se desarrollan en el suelo, es un aspecto que debe ser considerado en el marco del SIRAP PCA; por ello, su validación es un proceso que permite avanzar en la gestión adecuada del sistema de áreas protegidas.

## 1 MARCO CONCEPTUAL

La concepción de un sistema de áreas protegidas considera diversos elementos que interactúan entre sí, para garantizar principalmente la conservación de muestras representativas de diversidad biológica; así como aportar al beneficio ambiental, social y económico de determinada sociedad.

Por ello, un sistema de áreas protegidas se enmarca dentro de los objetivos de conservación y que hacen referencia a: asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica; garantizar la oferta natural de bienes y servicios ambientales esenciales para el bienestar humano y; garantizar la permanencia del medio natural o de algunos de sus componentes, como fundamento para el mantenimiento de la diversidad cultural y la valoración social de la naturaleza (Céspedes 2006).

Desde un ámbito regional, la gestión de las áreas protegidas; se desagrega en objetivos más específicos, entre los que cabe mencionar: a) Conservar el arreglo natural en comunidades y patrones de paisaje; b) Conservar comunidades de especies silvestres adaptadas a ecosistemas transformados; c) Conservar los flujos de entrada para ecosistemas dependientes.

Por ello, el Sistema Regional de Áreas Protegidas Parque Central de Antioquia, se planteó a partir de algunos criterios biológicos, físicos y sociales, que permiten evaluar atributos de los espacios naturales, los cuales deben estar directamente relacionados con los objetivos de conservación planteados por la UICN y que aplican a los objetivos que persigue el SINAP.

Dos de los criterios de especial relevancia que se tuvieron en cuenta para la evaluación de las áreas son representatividad y conectividad; los cuales corresponden a atributos que poseen los ecosistemas y que están directamente relacionados con el mantenimiento de la diversidad biológica.



## 1.1 REPRESENTATIVIDAD ECOSISTÉMICA

Las aproximaciones ecosistémicas para establecer prioridades de conservación son más favorables, debido a que el conocimiento de la variación a nivel genético y de especies es pobre, en cambio un ecosistema no es una especie aislada y su grado de amenaza es menor que el de éstas. La conservación de comunidades o ecosistemas puede preservar un gran número de especies en una unidad autosostenible; mientras que enfocarse en acciones para preservar una especie individual resulta difícil, poco efectivo y muy costoso (Johnson 1995).

Los ecosistemas, definidos como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad, en sus condiciones biofísicas y antrópicas (IAvH 2003), se incorporan al concepto de conservación, hasta el punto de afirmarse que no hay protección de especies ni de lugares, sino conservación de procesos de interacción; es decir, ecosistemas (Díaz & Schmitz 2003).

Actualmente, la conservación se basa esencialmente en dos objetivos: preservar porciones discretas del espacio (espacios protegidos) y proteger la diversidad biológica (especies animales y vegetales), donde quiera que se encuentren. Sin embargo, los rápidos cambios que viene sufriendo el paisaje afectan a todo el territorio, de manera que cada vez resulta más evidente la necesidad de añadir a aquellos objetivos el de mantener fenómenos físicos claves (Díaz & Schmitz 2003).

Al evaluar el primer objetivo mencionado, se estaría contemplando la diversidad de regiones, ecosistemas o paisajes, dentro de los cuales, se incluirían grandes regiones biogeográficas o biomas prioritarios, que a su vez incluyen diversos tipos de vegetación, suelos, climas, geología y formaciones geomorfológicas. Su importancia radica en su asociación con diversos procesos ecológicos y evolutivos que poseen una amplia gama de especies, en poblaciones suficientemente grandes como para representar adecuadamente la diversidad genética de éstas (Coordinación del Foro de Representatividad [en línea]).

De ahí que, una forma de evaluar estos criterios como un conjunto que permite identificar los valores naturales que se estiman son representativos de la diversidad biológica y que por lo tanto, deberían estar incluidos en el sistema nacional de áreas naturales protegidas de un país, es a través de la aplicación del concepto de representatividad ecosistémica (Coordinación del Foro de Representatividad [en línea]).

La representatividad como un criterio para la selección de áreas de conservación ha sido ampliamente utilizado tanto, a nivel internacional (Muñoz, Núñez & Yáñez [en línea], Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [en línea]; Mas & Pérez – Vega [en línea]), como a nivel nacional (p.e. SIRAP Eje Cafetero).

Es de resaltar que representatividad no implica exclusividad de ecosistemas. Un área puede ser representativa de un gran bioma, ejemplificando procesos, áreas de transición o ecotonales, situaciones clímax, u otros aspectos; es decir, es representativa pero no exclusiva de dicho bioma. En cambio, un área exclusiva es única en su género y ejemplifica procesos únicos, hábitats raros, o situaciones similares. En el caso de la exclusividad, la ponderación del área será alta; en el caso de la representatividad, su ponderación será variable (Muñoz, Núñez & Yáñez [en línea]).

El análisis de representatividad busca responder las siguientes preguntas: 1) cuál es la proporción remanente de ecosistemas originales? y 2) en qué proporción están representados actualmente en el sistema de áreas protegidas? Una manera alterna de considerar el análisis de representatividad es como un análisis de vacíos (*gap analysis*); es decir, determinar qué ecosistemas o tipos de vegetación no están representados o están sobre representados en el sistema existente (Fundación EcoAndina 2004).

Dadas las condiciones físicas (climáticas, edafológicas, de relieve y de posición geográfica) y bióticas (alta diversidad en fauna y flora), predominantes en Colombia, la aplicación de este concepto tiene total validez, toda vez que la información disponible cuenta con un análisis adecuado de las condiciones biofísicas a que hace relación el término de 'ecosistema'.

Sin embargo, el análisis requiere conocer los ecosistemas originales que existían en la región central de Antioquia, por lo que es necesario en primera instancia seleccionar un sistema de clasificación de ecosistemas.

En muchas regiones en las que los ecosistemas originales han sido extensamente transformados, a menudo no existe ningún tipo de información histórica que permita reconstruir los ecosistemas originales (en cuanto a tipos de vegetación) a escala regional (excepto por el concepto general que la región estaba cubierta de “bosques”); por lo tanto, no es posible usar sistemas florísticos o fisonómicos. La única opción es inferir qué ecosistemas existían potencialmente antes de ser transformado el paisaje original de forma significativa. Para esto se debe utilizar un sistema de clasificación de zonas de vida basado en variables físicas y climáticas (las cuales se podrían suponer relativamente invariables en una escala de tiempo de decenas a centenares de años). La clasificación de zonas de vida, permite inferir el tipo de formación vegetal que puede existir en ella, definida en términos de su estructura y fisionomía, basándose en el estudio de los remanentes de vegetación original que existen dentro de cada zona de vida (Fundación EcoAndina 2004).

Una clasificación bioclimática que ha tenido algún uso que de alguna forma se ha usado en Colombia es la propuesta por Hernández & Sánchez (1992), citado por Fundación EcoAndina (2004). Esta clasificación se basa en el concepto de bioma, definido como una unidad biótica que ocupa vastas extensiones; la “unidad biótica” estaría diferenciada por características de la vegetación que obedecen a condiciones físicas y climáticas (similar al sistema de Holdridge). En su clasificación de los biomas terrestres de Colombia, estos autores establecen una primera subdivisión basada en elevación: biomas de tierras bajas y orobiomas o biomas de montaña. Los biomas de tierras bajas se caracterizan por ser “isomegatérmicos” (es decir, con temperaturas constantemente altas durante todo el año) y se subdividen de acuerdo con la cantidad de precipitación, en una secuencia que va desde bosques húmedos sin déficit de agua hasta ecosistemas desérticos. Por su parte, los orobiomas se clasifican principalmente por pisos térmicos que se corresponden con la elevación: selva subandina (selva higrofitica o subhigrofitica, es decir, húmeda o subhúmeda del piso isomesotérmico), selva andina (selva higrofitica o

subhigrofitica de pisos isomesotérmico o isomicrotérmico), páramo (piso oligotérmico) y zona nival (Fundación EcoAndina 2004).

Este autor plantea que cuando las condiciones físicas de una zona son las “típicas” o esperadas para esa zona, se tiene un bioma que se denomina zonal o zononioma. Pero si hay condiciones atípicas se pueden encontrar biomas azonales. Los principales biomas azonales son los relacionados con variación en los suelos (pedobiomas) o por condiciones de anegamiento (helobiomas).

Este sistema de clasificación lo utilizó Etter (1997), para describir los ecosistemas de bosque húmedo tropical para Colombia, definidos como los bosques húmedos a elevaciones menores de 1000 m.

Los bosques de montaña han sido descritos por Cavelier (1997), quien usa la clasificación de selvas subandinas y selvas andinas y les asigna límites altitudinales en las diferentes vertientes de los andes de Colombia (los páramos, son discutidos por separado por van der Hammen (1997), citado por Fundación EcoAndina (2004).

El problema del sistema de Hernández & Sánchez (1992) es que no ha sido definido con precisión, no tiene una estructura claramente jerárquica con criterios bien definidos, y a pesar que usa parámetros físicos y climáticos, no hay una definición precisa de los rangos de valores que definen los biomas ni una explicación de su relevancia biológica (Fundación EcoAndina 2004).

El sistema de Holdridge es jerárquico, ya que dentro de una zona de vida se pueden identificar asociaciones a más pequeña escala. Si las condiciones dentro de una zona de vida son homogéneas, se tendría un tipo de vegetación también homogéneo, correspondiente a lo esperado para esa determinada combinación de condiciones (y se denomina vegetación zonal o climática). Pero dentro de una zona puede haber variación en las condiciones físicas que resulta en diferentes asociaciones vegetales. Las variaciones pueden ser de tipo edáfico, atmosférico e hídrico o combinaciones de ellas (Fundación EcoAndina 2004).

## 1.2 CONECTIVIDAD

El establecimiento de prioridades de conservación utiliza criterios biológicos, físicos, sociales e institucionales, las cuales pueden establecerse a nivel nacional, regional o local.

La categoría de análisis regional se basa en el concepto de grandes unidades biogeográficas sin considerar límites políticos o administrativos; además, posee dos ventajas importantes: propicia mayor detalle a las prioridades de escala local y evita la arbitrariedad de los límites territoriales político-administrativos.

La región ocupa un nivel jerárquico superior al paisaje a escala territorial, al comprender un territorio más extenso. La aproximación ecorregional está siendo adoptada por diferentes instituciones internacionales como marco de referencia para la conservación de la naturaleza (De Lucio *et al.* 2003). En ese sentido, se plantea la necesidad de integrar las áreas protegidas en redes o sistemas de conservación, mediante el establecimiento de vínculos en el paisaje, que permitan la sostenibilidad ecológica y social del territorio; es decir la integración territorial (Junta de Andalucía 2003).

Los vínculos en el paisaje hacen referencia al concepto de conectividad territorial, el cual va ligado en forma directa con la integridad ecológica, salud del ecosistema y sostenibilidad. Hablar de integridad ecológica, comprende la representación de todo el rango de especies y funciones ecológicas, con su rango de variabilidad natural con independencia del estado local de un ecosistema en un momento dado; además, implica excluir las actividades humanas que de cierto modo desordena el ecosistema (Junta de Andalucía 2003). Esta pretensión se aleja de la realidad del área comprendida por SIRAP PCA, ya que muchas especies probablemente se han extinguido. Sin embargo, es posible pensar en la recuperación de ciertas áreas, buscando un máximo de integridad aprovechando tendencias relacionadas con el abandono de agroecosistemas o la presencia de fragmentos de vegetación natural.

En la actualidad se cuestiona el enfoque centrado sólo en la conservación de grandes áreas intactas, reconociendo que difícilmente pueden representar la diversidad biótica de un área geográfica extensa y que la presencia de relictos de menor tamaño de los

ecosistemas originales en áreas altamente degradadas, constituyen tal vez la única esperanza para la sobrevivencia de un número importante de especies (Shafer 1995, Schelhas & Greenberg 1996, Kattan & Álvarez 1996).

Aunque muchas veces, los esfuerzos de conservación en áreas altamente degradadas dependen del manejo que se hace a los fragmentos de bosques secundarios, por lo que se consideran un componente fundamental de la conservación de la diversidad. Estos fragmentos proporcionan condiciones que ayudan a mejorar las características del suelo y el agua, al mismo tiempo que preservan parte del conjunto de especies en el ámbito regional.

De esta manera, se puede introducir el término salud del ecosistema, como la habilidad que éste posee para sostener su estructura y función en el largo plazo frente a cierto grado de presión externa. Esto implica el mantenimiento de bienes y servicios proporcionados por los diferentes elementos del mosaico (naturales, semiantrópicos y antrópicos), sin comprometer el futuro de los mismos. En este concepto se incorpora el de sostenibilidad, haciendo énfasis en el desarrollo de actividades viables que permitan mantener la salud del ecosistema (Junta de Andalucía 2003).

Es de anotar que, la salud de los ecosistemas se ve afectada por los procesos de fragmentación, los cuales son dinámicos y continuos y traen consecuencias importantes para la biota: primero hay una reducción en el área total de hábitat disponible, con el posible aumento de la densidad de fauna sobreviviente en los parches, y segundo, el hábitat que es abandonado se descompone en parches con diferentes grados de aislamiento (Bierregaard 1992; Saunders, Hobbs & Margules 1991).

Por ello, los objetivos de conservación no sólo van enfocados a la conservación de la riqueza de especies, sino también al mantenimiento de la dinámica natural, donde se incluye la conservación de sus hábitats y los procesos ecológicos que requieren para su supervivencia. La conectividad ecológica, permite alcanzar este objetivo, ya que mantiene los flujos entre poblaciones de diferentes áreas protegidas y representa la diversidad de especies y ecosistemas de la región.

Los flujos ecológicos se pueden ver afectados ya sea de forma positiva o negativa, por la estructura espacial del paisaje y la permeabilidad de los distintos componentes que lo forman. En otras palabras, la conectividad de dos áreas núcleo depende principalmente de la permeabilidad del mosaico, la presencia de corredores y la presencia de puntos de paso (Junta de Andalucía 2003).

La permeabilidad del mosaico considera la distribución espacial de los diversos tipos de cobertura vegetal y la matriz (mayor parte 'conectada' o continua del paisaje; frecuentemente es la cobertura más grande) que domine en éstos. Los mosaicos que favorecen la conectividad del paisaje son aquellos donde aún prevalece vegetación natural.

Los puntos de paso son corredores discontinuos, conformados por una serie de fragmentos de hábitat con poca distancia entre ellos, dispuestos de tal forma que permite el movimiento de las especies a través de la matriz del paisaje.

Los corredores son elementos (fragmentos) estrechos o alargados del paisaje que mantienen la conectividad del paisaje y minimizan los efectos negativos de la fragmentación y las barreras de éste; además, sirven de hábitat y como ruta del movimiento de los organismos (Junta de Andalucía 2003; Forman & Godron 1986).

El concepto de corredores parte de consideraciones teóricas, procedentes principalmente de la teoría sobre la biogeografía de islas, sobre la cual se concibe la recomendación de la protección o provisión de corredores continuos de hábitat para vincular fragmentos aislados como medida de conservación para contrarrestar los impactos de la disminución y fragmentación de los hábitats (Bennett 1998). En un inicio la función que se les asigna es conectar las áreas aisladas para promover el intercambio reproductivo de organismos biológicos. Durante la evolución de este concepto se incorpora el análisis de la matriz territorial o mosaico de usos de la tierra que conectan fragmentos de bosque natural a través del paisaje. En ese sentido, las nuevas investigaciones enriquecen el conocimiento de lo que pasa fuera del bosque con el análisis de los sistemas tradicionales de uso del suelo, como la agroforestería, cultivos múltiples y multiestrato, entre otros (Céspedes (2006).

No obstante aunque el concepto de corredores y a pesar que su función biológica y su papel para la conservación no está completamente comprendido, los corredores se han convertido para los planificadores en una estrategia que busca articular los objetivos de conservación con la implementación de alternativas sostenibles de uso de la tierra (Bennett 1998).

El mantenimiento de la conectividad ecológica en el territorio se ha ido perfilando como un objetivo de las políticas de conservación de la naturaleza. El conjunto de áreas naturales protegidas tienden en la actualidad a constituirse legalmente como redes de conservación (Céspedes 2006); y para alcanzarla debe desarrollarse un modelo paisajístico, o manejar patrones específicos de hábitats adecuados. Sin embargo, es importante reconocer que la conectividad ecológica funcional y efectiva implica la consideración del amplio espectro de conexiones biológicas, políticas y socioeconómicas posibles, tanto en el ámbito de las áreas protegidas, como en la matriz circundante. La conectividad de las áreas protegidas en el paisaje, el pasar del enfoque de “isla” al enfoque de “red” o “sistema”, implica la integración de las áreas protegidas en un contexto socioeconómico y cultural más amplio, requiere ampliar la percepción de las áreas protegidas a una escala ecorregional, así como avanzar en las metodologías e instrumentos para conectarlas, no sólo espacialmente, sino también social y económicamente al entorno en el que se integran (Junta de Andalucía 2003).



## 2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende 50 municipios en total, los cuales hacen parte de diferentes regiones de Antioquia como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Municipios que conforman el área del SIRAP PCA.

Dirección Territorial	Municipios	Zona de Antioquia	Superficie (km <sup>2</sup> )
Nordeste	Santo Domingo	Nordeste Nus	275,16
Norte	San Andrés de Cuerquia	Río Cauca	206,72
Norte	Toledo	Río Cauca	134,68
Norte	Belmira	Río Grande Río Chico	297,87
Norte	Don Matías	Río grande Río Chico	199,59
Norte	Entrerriós	Río grande Río Chico	215,53
Norte	San José de la Montaña	Río grande Río Chico	123,48
Norte	San Pedro de los Milagros	Río grande Río Chico	241,32
Norte	Santa Rosa de Osos	Río grande Río chico	850,96
Norte	Angostura	Vertiente Chorros Blancos	337,93
Norte	Yarumal	Vertiente Chorros Blancos	732,66
Occidente	Armenia	Cauca Medio	110,22
Occidente	Ebéjico	Cauca Medio	239,81
Occidente	Heliconia	Cauca Medio	114,75
Occidente	Liborina	Cauca Medio	219,46
Occidente	Olaya	Cauca Medio	87,97
Occidente	Sabanalarga	Cauca Medio	263,53
Occidente	San Jerónimo	Cauca Medio	151,95
Occidente	Santa Fe de Antioquia	Cauca Medio	525,16
Occidente	Sopetrán	Cauca Medio	219,47
Oriente	Concepción	Embalses	178,89
Oriente	El Peñol	Embalses	140,84
Oriente	Guatapé	Embalses	82,11
Oriente	El Carmen de Viboral	Valle de San Nicolás	429,95
Oriente	El Retiro	Valle de San Nicolás	244,26
Oriente	El Santuario	Valle de San Nicolás	79,26
Oriente	Guarne	Valle de San Nicolás	151,15
Oriente	La Ceja	Valle de San Nicolás	132,24
Oriente	La Unión	Valle de San Nicolás	167,78
Oriente	Marinilla	Valle de San Nicolás	116,62
Oriente	Rionegro	Valle de San Nicolás	193,33
Oriente	San Vicente	Valle de San Nicolás	227,88
Suroeste	La Pintada	Cartama	55,38
Suroeste	Montebello	Cartama	90,51
Suroeste	Santa Bárbara	Cartama	179,69
Suroeste	Amagá	Sinfaná	83,37
Suroeste	Angelópolis	Sinfaná	81,64
Suroeste	Fredonia	Sinfaná	249,92

Tabla 1. Continuación.

<b>Dirección Territorial</b>	<b>Municipios</b>	<b>Zona de Antioquia</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
Suroeste	Titiribí	Sinfaná	142,87
Suroeste	Venecia	Sinfaná	146,53
Valle de Aburrá	Medellín	Valle de Aburrá Centro	376,35
Valle de Aburrá	Barbosa	Valle de Aburrá Norte	205,47
Valle de Aburrá	Bello	Valle de Aburrá Norte	142,37
Valle de Aburrá	Copacabana	Valle de Aburrá Norte	69,42
Valle de Aburrá	Girardota	Valle de Aburrá Norte	82,12
Valle de Aburrá	Caldas	Valle de Aburrá Sur	133,36
Valle de Aburrá	Envigado	Valle de Aburrá Sur	77,52
Valle de Aburrá	Itagüí	Valle de Aburrá Sur	19,36
Valle de Aburrá	La Estrella	Valle de Aburrá Sur	35,56
Valle de Aburrá	Sabaneta	Valle de Aburrá Sur	16,56
<b>Total</b>			<b>9.880,56</b>

## **3 MÉTODOS**

### **3.1 REPRESENTATIVIDAD DE ECOSISTEMAS**

Permite establecer aquellas regiones biogeográficas cubiertas con vegetación natural (p.e. bosques y arbustales), con menor proporción de área por región con respecto al total del área ocupada por el SIRAP PCA; la importancia de conservarlos radica en que son los últimos relictos de vegetación natural menos representados y por ende, la probabilidad de persistencia de algunas especies de flora y fauna silvestre depende directamente de su conservación.

Para realizar el análisis de representatividad se utilizaron mapas temáticos de la región: coberturas vegetales y regiones biogeográficas; donde éste último, representa los potenciales ecosistemas originales.

El mapa de ecosistemas, se encuentra espacializada por IGAC (2007) y fue el insumo básico que se utilizó para evaluar el criterio de representatividad ecosistémica en el área comprendida por el SIRAP PCA y los parámetros que se utilizaron para su descripción se detallan a continuación.

#### **3.1.1 Clima**

Dadas las condiciones físicas (climáticas, edafológicas, de relieve y de posición geográfica) y bióticas (alta diversidad en fauna y flora), predominantes en Colombia, la aplicación de este concepto tiene total validez, toda vez que la información disponible cuenta con un análisis adecuado de las condiciones biofísicas a que hace relación el término de 'ecosistema'.

Para su análisis se contó con el trabajo desarrollado por IGAC (2007), en el cual se hace una clasificación de los ecosistemas con base en la siguiente información.

Incluye las variables precipitación, entendida como el promedio multianual ajustado mediante series de tiempo (Tabla 2) y; temperatura, entendida como el promedio multianual ajustado mediante series de tiempo (Tabla 3).

Tabla 2. Denominación por rangos de precipitación anual.

<b>Denominación precipitación</b>	<b>Rangos de precipitación anual (mm/año)</b>
Árido	0 – 500
Muy seco	501 – 1.000
Seco	1.001 – 2.000
Húmedo	2.001 – 3.000
Muy húmedo	3.001 – 7.000
Pluvial Mayor	>7.000

Tabla 3. Denominación termal para el mapa de temperatura.

<b>Denominación termal</b>	<b>Rango altitudinal (msnm)</b>	<b>Rango de temperatura (°C)</b>
Cálido	0 – 800	> 24°C
Templado	801 – 1.800	18 – 24°C
Frío	1.801 – 2.800	12 – 18°C
Muy frío	2.801 – 3.700	6 – 12°C
Extremadamente frío	3.701 – 4.500	1,5 – 6°C
Nival	Mayor de 4.500	< 1,5

Fuente: IGAC (2007).

A partir de las categorías definidas anteriormente, se obtuvo la zonificación climática que se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Leyenda del Mapa de zonificación climática

<b>Piso térmico</b>	<b>Zonas climáticas</b>
Cálidos (0 – 800 msnm) > 24°C	Árido (0 - 500 mm/año) Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año) Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año) Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año) Pluvial (> 7.000 mm/año)
Templados (800 – 1.800 msnm). Entre 18 – 24°C	Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año) Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año) Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año) Pluvial (> 7.000 mm/año)

Tabla 4. Continuación.

<b>Piso térmico</b>	<b>Zonas climáticas</b>
Fríos (1.800 – 2.800 msnm) Entre 12 – 18°C	Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año) Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año) Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Muy fríos (2.800 – 3.700 msnm). Entre 6 – 12°C	Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año) Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año) Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Extremadamente fríos (3.700 – 4.500 msnm) Entre 1,5 – 6°C	Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año) Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año) Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Nival (> 4.500 msnm) < 1,5°C	Muy seco (500 – 1.000 mm/año) Seco (1.000 – 2.000 mm/año)

Fuente: IGAC (2007).

### 3.1.2 Geopedología

Se caracterizó a partir de la información geomorfológica y de suelos.

Para la caracterización de las geformas se utilizó la clasificación que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de las formaciones geomorfológicas y el ambiente morfológico para la elaboración del mapa de geopedología para Colombia.

<b>Concepto</b>	<b>Unidad de paisaje</b>
Paisaje geomorfológico	Montaña Piedemonte Lomerío Altiplanicie Superficie de aplanamiento Planicie Valle
Ambiente morfológico	Montaña estructural erosional Montaña glaciática Montaña fluviogravitacional Piedemonte coluvio-aluvial

Tabla 5. Continuación.

Concepto	Unidad de paisaje
Ambiente morfológico	Piedemonte aluvial Lomerío fluviogravitacional Lomerío estructural erosional Superficie de aplanamiento residual (peneplanicie) Penillanuras Planicie aluvial Planicie fluvio marina Planicie eólica Valle aluvial

Fuente: IGAC (2007).

En la definición de las unidades de suelo, se utilizó la clasificación del sistema americano (*Soil Taxonomy*), cuyos niveles jerárquicos, de mayor a menor, son orden, suborden, grupo, subgrupo, familia y serie. Además, se tuvo en cuenta información relativa a pendiente y drenaje (IGAC 2007).

### 3.1.3 Cobertura de la tierra

IGAC (2007), procesó la información concerniente al tema de cobertura de la tierra con sus diferentes clases, sin tener en cuenta el tipo de uso que el hombre hace de ella. En tal sentido, los conceptos relacionados al uso son:

- ❖ Coberturas mayormente transformadas: zonas urbanas, mineras o vertederos
- ❖ Coberturas de agroecosistemas: cultivos, pastos, áreas agroforestales y bosques plantados.
- ❖ Coberturas mayormente naturales: bosques naturales, vegetación secundaria, arbustales, herbazales, afloramientos rocosos, glaciares y nivales.
- ❖ Cobertura de áreas húmedas continentales y costeras: hidrofitia continental y coberturas herbáceas y arbustivas costeras.
- ❖ Superficies de agua: cuerpos de aguas artificiales o naturales.

### 3.1.4 Bioma

Para Colombia se identifican tres grandes biomas definidos por Walter (1985), como ambientes uniformes pertenecientes a un zonobioma, orobioma o pedobioma (IGAC 2007).

El resultado final se obtuvo a partir de la superposición del mapa de regiones biogeográficas (obtenido a partir de los parámetros evaluados anteriormente), con el de coberturas vegetales y de allí se originó el análisis de representatividad. Para cada región, se calculó el área que abarca dicha zona y que porcentaje de esta área se encuentra cubierta por la vegetación natural a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{AVR}{A_t} \times 100$$

Donde: R = representatividad  
AVR = área ocupada por la vegetación natural  
At = área total de la unidad biogeográfica

Los resultados se relacionan, por comparación con valores de referencia, con su capacidad para sostener funciones ecológicas y servicios para la sociedad y se relacionan con la sostenibilidad, según lo propuesto por Márquez (2000), así:

- ❖ NT o no transformado, cuando  $R \geq 70\%$ , esto es, al menos 70% de la vegetación primaria permanece en una unidad. NT corresponde a Sostenibilidad Alta (SA)
- ❖ PT o parcialmente transformado, cuando  $70\% < R > 30\%$ : Sostenibilidad Media (SM)
- ❖ MT o muy transformado, cuando entre  $10\% < R < 30\%$ : Sostenibilidad Baja (SB)
- ❖ CT o completamente transformado, para  $R < 10\%$ : Sostenibilidad improbable (NS).

### 3.2 CONECTIVIDAD AMBIENTAL

Para la evaluación de este criterio, es necesario diferenciar entre conectividad estructural y funcional. El componente estructural de la conectividad lo determina la distribución

espacial de los tipos de hábitat en el paisaje. Influyen en él factores como la continuidad de hábitats adecuados, la permeabilidad del paisaje, la distancia que se debe atravesar y la presencia de puntos de paso. El componente funcional de la conectividad, se refiere a la respuesta conductual de individuos y especies a la estructura física del paisaje. Intervienen en él factores como la escala en que una especie percibe y se desplaza dentro del medio ambiente, su grado de especialización a un hábitat, su “tolerancia” ante hábitats alterados, la fase de vida, tiempos y formas de desplazamientos y dispersión y la respuesta de la especie ante depredadores y competidores (Bennett 1998).

Por el alcance del SIRAP PCA en esta primera fase, sólo se evaluó la conectividad estructural, a través de la evaluación de áreas que tienen mayor probabilidad de servir como corredores ecológicos, por la dominancia de coberturas con vegetación natural.

La evaluación de este criterio se llevó a cabo a partir de un análisis multicriterio espacial, donde se combina el empleo de un SIG para el procesamiento de los datos espaciales y las técnicas de análisis multicriterio para obtener un modelo de conectividad. El procedimiento usado en esta metodología involucra la utilización de datos geográficos, el conocimiento de expertos y la manipulación de los datos y preferencias de acuerdo a reglas de decisión específicas (Céspedes 2006).

De acuerdo con Sastre, De Lucio & Martínez (2002), la aplicación de modelos de conectividad para el estudio de los procesos ecológicos y la dispersión de las especies, constituye una herramienta innovadora de gran utilidad para la planificación y gestión de los recursos naturales. Los modelos de dispersión o de conectividad, ya incorporados en los sistemas de información geográfica, producen mapas de la permeabilidad del paisaje en función de la distancia y de la permeabilidad de los distintos tipos de uso del suelo (resistencia al paso de los organismos o de las especies), a partir de las distancias de coste que representan el esfuerzo o la dificultad que supone para una especie alcanzar un punto del territorio desde los puntos de origen (De Lucio 2003).

A partir de estos mapas de conectividad pueden calcularse las rutas de mínimo coste entre los puntos de origen, rutas que tienen una aplicación directa para el diseño de redes y corredores ecológicos (Sastre, De Lucio & Martínez 2002).



La función del SIG más común para el diseño de corredores, que ha sido usada para establecer las rutas de conectividad, es el costo – distancia. Esta función se encuentra en el software Arc GIS 9.x, e incorpora una medida de la resistencia de la matriz del paisaje al movimiento de las especies. La función identifica las rutas de menor costo en toda el área de estudio en la cual se han asignado valores de fricción al desplazamiento de las especies para cada unidad de área (Céspedes 2006).

La resistencia (coste de desplazamiento) para el caso de especies nativas, se obtiene a partir del mapa de coberturas vegetales.

En este caso, la cobertura vegetal, se consideró como la principal variable que determina la función ecológica que una unidad de paisaje puede brindar a los organismos. Según Marull & Mallarach (2002) y Céspedes (2006), estas áreas determinan las superficies que por sus características intrínsecas y contextuales, deben preservarse y relacionarse mediante una red de conectores que aseguren los flujos de materia, energía e información, indispensables para mantener su salud ecológico y/o alcanzar una mayor integridad.

Las coberturas vegetales, representan una primera forma de aproximarse a la calidad del hábitat y a su vez, da una idea general de la presencia potencial de biodiversidad (por ejemplo, se puede predecir que existe más especies en un bosque o rastrojo alto que en un cultivo o pasto). En forma práctica esta variable es fácil de determinar en el terreno a través de imágenes satelitales o fotos aéreas (Céspedes 2006).

Los valores de fricción o resistencia al desplazamiento representan el coste o la dificultad que supone para una especie desplazarse por los distintos tipos de hábitat. Por ejemplo, para una especie forestal los hábitats con vegetación natural tienen baja resistencia y los espacios abiertos tienen alta resistencia. Los valores de resistencia se han asignado a cada categoría del mapa en función de este criterio. El coste de desplazamiento a través de un píxel de 12,5 x 12,5 m es igual a 1 unidad en los hábitats forestales, mientras que en las barreras (zonas urbanas) el desplazamiento tiene un coste de 50 unidades por cada píxel (Tabla 6).

Tabla 6. Valoración de los tipos de cobertura según su grado de dificultad para el flujo entre ecosistemas.

Tipo de cobertura	Valoración	Tipo de cobertura	Valoración
Bosque natural denso > 100 ha	1	Mosaico de pastos y cultivos	27
Bosque natural fragmentado con arbustos y matorrales > 100 ha	1	Pastos limpios	29
Bosque de galería y/o ripario	2	Mosaico de cultivos	33
Bosque natural denso < 100 ha	2	Cultivo transitorio algodón	34
Bosque natural fragmentado con arbustos y matorrales < 100 ha	2	Otros cultivos anuales o transitorios	34
Arbustos y matorrales	3	Canales	40
Bosque natural fragmentado con pastos y cultivos	7	Embalses y cuerpos de agua artificiales	40
Bosque plantado de coníferas	9	Lagunas, lagos y ciénagas	40
Bosque plantado de latifoliadas	9	Río	40
Fincas de recreo - parcelaciones	14	Zonas de recuperación minera	40
Pastos arbolados	14	Zona pantanosa	40
Instalaciones recreativas	16	Afloramientos rocosos	41
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	16	Playas, arenales y dunas	41
Cultivo permanente café	17	Tierras desnudas o degradadas	41
Cultivo permanente caña panelera	17	Explotación de materiales de construcción	45
Cultivo permanente frutales	17	Explotación de oro	45
Cultivo permanente palma africana	17	Otras explotaciones mineras	45
Cultivo permanente plátano y banano	17	Tejido urbano discontinuo	50
Otros cultivos permanentes	17	Aeropuerto	50
Mosaico de pastos y espacios naturales	20	Cultivos confinados	50
Pastos naturales	21	Escombreras y vertederos	50
Pastos enmalezados o enrastrados	24	Obras hidráulicas	50
Vegetación de páramo y subpáramo	5	Tejido urbano continuo	50

Para la valoración de la cobertura vegetal, se agruparon las clases de coberturas propuestas por IGAC (2007), según la metodología Corine Land Cover, pero dado el estado de fragmentación de la cobertura boscosa, se buscó conectar aquellos fragmentos que tuvieran área mayor a 100 ha y que fueran bosques densos, y/o fragmentados con arbustos y matorrales. Los otros tipos de bosques (natural fragmentado con pastos y cultivos), dada su configuración (áreas de poca amplitud y fragmentadas), tendrían un valor ecológico menor para configurar áreas ecológicas funcionales.

También se valoró las distancias que existen entre los bosques que se busca conectar según la dificultad para la conectividad; es decir, a menor valor, menor dificultad ofrece la cobertura para la conectividad (Tabla 7).

Tabla 7. Valoración de las distancias entre los bosques naturales para el SIRAP PCA.

Descripción	Valor	Calificación
Entre el mismo fragmento de bosque	1	Muy Alto
Entre el fragmento de bosque hasta 2.000 m	3	Alto
Entre el fragmento de bosque hasta 5.000 m	5	Moderado
Entre el fragmento de bosque hasta distancias mayores a 5.000 m	7	Bajo

Con los parámetros anteriores, se calculó la ruta más corta en términos de esfuerzo entre dos cuadrículas en las que se ha parcelado el territorio (Tabla 8).

Tabla 8. Valoración del costo-distancia para la conectividad en el área que conforma el SIRAP PCA.

Descripción	Valor	Calificación
Menor costo-distancia que permite mayor conectividad entre la vegetación natural	1	Muy Alto
Costo-distancia bajo, que permite una alta conectividad entre la vegetación natural	3	Alto
Costo-distancia moderado, que permite una conectividad media entre la vegetación natural	5	Medio
Mayor costo-distancia que permite una conectividad casi nula entre la vegetación natural	7	Bajo

### 3.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO

El proyecto “Corine Land Cover” 1990 (CLC90) se desarrolló en Europa y define una metodología para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de la cobertura de la tierra constituye un soporte a la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, validada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000 (Cormagdalena [en línea]).

En Colombia no existía un sistema de clasificación y una metodología uniforme para levantar información de las coberturas de la tierra. Para dar respuesta a este aspecto, el

proyecto “Corine Land Cover Colombia” estandarizó una clasificación de cobertura de la tierra, con subdivisiones definidas de acuerdo con la información suministrada por imágenes Landsat TM y según las condiciones locales del territorio nacional. La adaptación y validación de la metodología CLC permitió comparar estadísticas de ocupación de la tierra y crear líneas de comunicación entre las diferentes instituciones que la adopten y además, homologar la información a nivel mundial (Cormagdalena [en línea]).

La validación de la base de datos de usos y coberturas vegetales del suelo proporciona medidas de confiabilidad de la misma, debido a que la información recogida en ella corresponde con la realidad, o más exactamente, con el modelo que de ella se ha planteado a través de la clasificación de usos y coberturas que representa la leyenda.

La validación de la información de coberturas vegetales de Corine Land Cover, se realizó a partir de tres elementos:

#### ❖ **Revisión de la cartografía existente**

En una fase inicial, se recopiló información actualizada sobre usos de la tierra para el área de estudio, utilizando principalmente la cartografía en formato digital de Corantioquia y Cornare; además planes de manejo de ordenamiento de cuencas e información recopilada en el Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas – SIMAP.

Esta información secundaria se comparó con la clasificación realizada en el marco del proyecto ‘Corine Land Cover’, con el fin de visualizar las diferencias relacionadas con la existencia de coberturas dentro de la región.

#### ❖ **Reconocimiento de los técnicos de las CAR’s sobre el territorio**

Se buscó la socialización del sistema de clasificación ‘Corine Land Cover’ con técnicos de las diferentes direcciones territoriales del área de estudio, tanto de Corantioquia, como de Cornare para que con el conocimiento de estas personas sobre el territorio, se constatará los tipos de cobertura clasificados por el IGAC (2007) y la existente dentro del territorio conformado por el SIRAP PCA.

De esta manera, se obtuvo una aproximación general a las coberturas vegetales que se presentan en las diferentes regiones del departamento y que hacen parte del SIRAP PCA; así, fue posible verificar y validar algunas coberturas que son comunes y representativas de cada región.

#### ❖ **Recorridos generales de campo**

Lo ideal hubiese sido realizar un muestreo aleatorio sobre el territorio que conforma el SIRAP PCA; no obstante, esto plantea una seria dificultad al existir áreas, cuyo acceso resulta ser imposible o muy complicado (más si se tiene en cuenta el mal estado de las vías que no permitieron el acceso a algunos de los municipios como Sabanalarga y San Andrés de Cuerquia), lo que conllevaría a unos costos en recursos económicos y de tiempo difíciles de sortear. Como alternativa a ello, se planteó como espacio muestral franjas de terreno paralelas a la red vial intermunicipal (principal y secundaria). Evidentemente, dicha consideración supone que las inferencias que se hagan a partir de los datos muestrales se referirán a dicha población y no a la que es en teoría el total de la población objetivo.

El interés de este tipo de validación no es la estimación de dichas superficies, sino la de visualizar los errores/aciertos cometidos en su interpretación, aspecto que es independiente del trazado de la red vial. Por consiguiente, aún con las limitaciones del procedimiento, se considera representativo para establecer una validación de los datos derivados de los mapas realizados con la metodología Corine Land Cover y de visualizar los usos específicos de la tierra.

Como esquema de trabajo, se validó el área de estudio a partir de grandes bloques que corresponden a las regiones del departamento: norte, occidente, oriente, suroeste, nordeste y valle de Aburrá (Tabla 1).

El desarrollo del trabajo se realizó secuencialmente, comenzando por la región de norte, siguiendo al occidente, oriente, suroeste y finalizando en el valle de Aburrá.

Las rutas se definieron a partir de las vías principales y secundarias que circundan el área; de tal forma que fuera posible visualizar y recorrer la mayor parte del territorio a través de éstas.

Durante los recorridos, se realizó una breve descripción de lo observado; además, se comparó lo observado directamente con la imagen impresa y se anotaron las diferencias. Las observaciones de campo se realizaron en función de las definiciones que se tienen para el sistema de clasificación Corine Land Cover.

Una vez concluida esta fase de validación, y con la ayuda de la herramienta SIG se introdujeron los cambios necesarios en el mapa de coberturas, con el fin de mejorar la información existente.

### **3.4 HOMOLOGACIÓN, VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO**

Aunque existe una estrecha relación entre uso de la tierra y cobertura vegetal, es necesario establecer la diferencia que existe entre estos conceptos.

La cobertura vegetal hace referencia a los atributos de la tierra y que en cierta forma ocupan una porción de la superficie terrestre. Esta puede derivarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre. El término uso de la tierra, se aplica al empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura y que son el resultado de la interacción entre factores físicos y antrópicos (IGAC 1992).

El mapa de coberturas vegetales obtenido a partir de Corine Land Cover, hace referencia a características naturales y/o antrópicos de la vegetación, pero las formas de uso de la tierra no están incorporadas de manera directa; por lo que es importante definir las, con base en el nivel jerárquico que desarrolla el sistema de clasificación Corine Land Cover.

Por ello, al sistema de clasificación, se incorporó la leyenda de usos del suelo planteada por Corantioquia (2002), teniendo en cuenta la relación que existe con las diferentes unidades utilizadas en el mapa de coberturas del proyecto Corine Land Cover.

La homologación de los usos del suelo, se fundamentó en el reconocimiento del territorio, de tal forma que existiera una correspondencia adecuada entre la realidad físico-natural

del área de estudio, la propuesta realizada por Corantioquia y el sistema de clasificación Corine Land Cover.

De esta manera, para los usos del suelo se tiene la descripción de cada categoría del sistema de clasificación Corine Land Cover asociada a un uso del suelo, correspondiente a la nomenclatura de Corantioquia (2002), obteniendo un mayor detalle en las coberturas vegetales.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 REPRESENTATIVIDAD DE ECOSISTEMAS

De acuerdo con la información proveniente del IGAC (2007), se obtuvieron 28 unidades homogéneas, que corresponden a regiones biogeográficas caracterizadas de acuerdo con la información climática y geopedológica (Tabla 9).

Tabla 9. Regiones biogeográficas que se encuentran en el área conformada por el SIRAP PCA.

Código	Nombre región biogeográfica
1	Zona cálida húmeda de montaña estructural erosional
2	Zona cálida húmeda de montaña fluvio gravitacional
3	Zona cálida muy húmeda de montaña fluvio gravitacional
4	Zona cálida seca de lomerío fluvio gravitacional
5	Zona cálida seca de montaña estructural erosional
6	Zona cálida seca de montaña fluvio gravitacional
7	Zona cálida seca de valle aluvial
8	Zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional
9	Zona fría húmeda de montaña estructural erosional
10	Zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
11	Zona fría húmeda de montaña glaciárica
12	Zona fría muy húmeda de altiplanicie estructural erosional
13	Zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional
14	Zona fría seca de altiplanicie estructural erosional
15	Zona fría seca de montaña estructural erosional
16	Zona fría seca de montaña fluvio gravitacional
17	Zona muy fría húmeda de altiplanicie estructural erosional
18	Zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional
19	Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
20	Zona muy fría húmeda de montaña glaciárica
21	Zona muy fría seca de montaña fluvio gravitacional
22	Zona templada húmeda de altiplanicie estructural erosional
23	Zona templada húmeda de montaña estructural erosional
24	Zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional
25	Zona templada muy húmeda de altiplanicie estructural erosional
26	Zona templada muy húmeda de montaña fluvio gravitacional
27	Zona templada seca de montaña estructural erosional
28	Zona templada seca de montaña fluvio gravitacional

A partir de estas unidades homogéneas, se estableció la proporción de éstas que se encuentra cubierta con vegetación natural, la cual se diferenció de la siguiente manera:



❖ Bosque natural: corresponde a los bosques naturales densos y bosques naturales fragmentados (aunque por su grado de intervención antrópica, han experimentado cambios en su estructura y composición).

❖ Vegetación de páramo y subpáramo: vegetación de bajo porte en alta montaña, compuesta principalmente por gramínoideas del tipo pajonal (*Calamagrostis* sp.), entremezclada con plantas arrosetadas como los frailejones (*Speletia* sp.) y otras especies. Esta cobertura se encuentra en las franjas diferenciadas altitudinalmente como subpáramo entre los  $\pm 2.800$  msnm a  $\pm 3.500$  msnm, páramo  $\pm 3.500$  a  $\pm 4.500$  msnm y superpáramo  $\pm 4.500$  msnm en adelante, las cuales bordean en algunos casos zonas subnivales desprovistas de vegetación y zonas nivales.

❖ Vegetación natural: incluye los bosques naturales (densos y fragmentados) y la vegetación de páramo y subpáramo.

#### 4.1.1 Representatividad para bosque natural

Para este tipo de cobertura se tuvieron en cuenta un total de 4.748 fragmentos, que suman un área total de 187.864,8 ha (1878,6 km<sup>2</sup>) como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Superficie ocupada por los bosques naturales en las direcciones territoriales de las CAR's.

CAR	Dirección territorial	No de fragmentos			Área (ha)	
		Bosque denso	Bosque fragmentado	Bosque natural	Otras coberturas	Total
Corantioquia	Aburrá Norte		124	9.299,79	78.273,93	87.573,71
Corantioquia	Aburrá Sur	3	213	10.691,02	70.830,39	81.521,41
Corantioquia	Cartama		198	4.090,37	68.112,19	72.202,56
Corantioquia	Hevéxicos		348	34.432,46	136.303,41	170.735,87
Corantioquia	Tahamíes	104	931	68.779,60	265.294,80	334.074,40
Cornare	Aguas	33	2036	7.234,38	32.950,39	40.184,77
Cornare	Porce Nus		152	9.354,52	18.161,31	27.515,83
Cornare	Valle de San Nicolás	102	746	43.982,68	130.264,31	174.246,99
Total		242	4.748	187.864,82	800.190,72	988.055,54

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que al unir los bosques densos con los fragmentados en una categoría más general (bosque natural), se encuentran en todas las direcciones territoriales; no obstante, es de resaltar que los bosques densos sólo se

encuentran en la territorial Tahamíes de Corantioquia en los municipios de Angostura, Belmira, Entrerríos, Santa Rosa de Osos y Yarumal. En el área jurisdicción de Cornare, se encuentran en la territorial Valle de San Nicolás en los municipios de El Carmen de Viboral, La Ceja, La Unión y El Retiro; menor proporción en la territorial Aguas en los municipios de Concepción, Guatapé y El Peñol.

Los bosques naturales fragmentados con arbustos, se encuentran representados en todas las unidades homogéneas (regiones biogeográficas).

En el ámbito municipal, los que poseen mayor cobertura en bosques densos son: El Carmen de Viboral (71,2% de los bosques densos), La Unión (12,16%), Yarumal (9,84%) y El Retiro (3,86%). Los que menor proporción tienen (inferior al 2%) son Santa Rosa de Osos, La Ceja, Angostura, El Peñol, Guatapé, Concepción y Envigado.

Para los bosques fragmentados, los municipios que poseen mayor área en esta cobertura son: Yarumal (11% con respecto al área ocupada por bosques fragmentados con arbustos), Santa Rosa de Osos (6,79%), Santa Fe de Antioquia (6,7%), Belmira (6,62%), Angostura (6,11%) y Santo Domingo (5,87%). Los demás tienen menor proporción (<5%). Itagüí, es el único municipio que no posee vegetación de este tipo.

En la Tabla 11 y Figura 1, se muestra la representatividad de los bosques naturales para el área ocupada por el SIRAP PCA, de acuerdo con las regiones biogeográficas delimitadas.

Tabla 11. Representatividad de los bosques naturales en los municipios que conforman el SIRAP PCA.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área			Representatividad/ municipio		
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total	
			ha	%	ha		%	ha
1	Aburrá Sur	Armenia			67,66	0,04	67,66	1,06
		Titiribí			0,03	0,00	0,03	0,00
	Cartama	Fredonia			50,70	0,03	50,70	0,79
		La Pintada			27,88	0,02	27,88	0,44
		Santa Bárbara			87,03	0,05	87,03	1,36
	Hevéxicos	Venecia			13,54	0,01	13,54	0,21
		Ebéjico			13,19	0,01	13,19	0,21
2	Aburrá Sur	Armenia			3,37	0,00	3,37	0,03
		Heliconia						0,00
		Titiribí			214,71	0,13	214,71	1,61
	Cartama	Fredonia			259,28	0,16	259,28	1,94
		La Pintada						
		Santa Bárbara						
	Hevéxicos	Venecia			615,29	0,39	615,29	4,61
		Ebéjico						
Tahamíes	San Andrés de Cuerquia			494,62	0,31	494,62	3,70	
	Toledo			12,21	0,01	12,21	0,09	
	Yarumal							
3	Tahamíes	Yarumal			197,93	0,12	197,93	16,80
4	Hevéxicos	San Jerónimo			325,78	0,20	325,78	5,25
		Santa Fe de Antioquia						
		Sopetrán			2.126,53	1,34	2.126,53	34,26
5	Aburrá Sur	Armenia			17,25	0,01	17,25	0,10
		Cartama			121,12	0,08	121,12	0,71
	Cartama	La Pintada			17,68	0,01	17,68	0,10
		Santa Bárbara			0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área					Representatividad/ municipio
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total	
			ha	%	ha	%	ha	
5	Hevéxicos	Ebéjico			94,33	0,06	94,33	0,55
		Liborina			329,73	0,21	329,73	1,93
		Olaya			31,83	0,02	31,83	0,19
		Sabanalarga						
		Santa Fe de Antioquia			566,68	0,36	566,68	3,31
6	Cartama	Sopetrán			46,70	0,03	46,70	0,27
		Fredonia						
	Hevéxicos	Ebéjico			78,38	0,05	78,38	1,20
		Liborina			1.181,88	0,74	1.181,88	18,06
		Olaya						
		Sabanalarga						
		San Jerónimo			102,18	0,06	102,18	1,56
		Santa Fe de Antioquia			23,63	0,01	23,63	0,36
		Sopetrán			780,50	0,49	780,50	11,93
		Toledo						
7	Tahamíes	Liborina			5,52	0,00	5,52	0,07
	Hevéxicos	Olaya			1,04	0,00	1,04	0,01
		Santa Fe de Antioquia			1.270,54	0,80	1.270,54	16,84
		Sopetrán			130,40	0,08	130,40	1,73
		Barbosa			248,01	0,16	248,01	0,13
8	Aburrá Norte Aguas	Concepción			740,47	0,47	740,47	0,39
		El Peñol			175,64	0,11	175,64	0,09
		Santo Domingo			763,94	0,48	763,94	0,40
	Porce Nus Tahamíes	Angostura	82,72	0,29	2.054,06	1,29	2.136,78	1,13
		Belmira			2.330,95	1,46	2.330,95	1,23
		Donmatías			925,93	0,58	925,93	0,49
		Entreríos			279,66	0,18	279,66	0,15
		San Andrés de Cuerquia			662,38	0,42	662,38	0,35
		San José de La Montaña			1.298,14	0,82	1.298,14	0,69
		Santa Rosa de Osos	449,20	1,57	8.306,00	5,22	8.755,21	4,63
	Yarumal	683,72	2,39	2.986,09	1,88	3.669,82	1,94	

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área					Representatividad/ municipio
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total	
			ha	%	ha	%	ha	
8	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	251,66	0,88	464,91	0,29	716,56	0,38
		El Santuario			719,11	0,45	719,11	0,38
		Guarne			1,72	0,00	1,72	0,00
		La Ceja	75,31	0,26	267,45	0,17	342,76	0,18
		La Unión	3,03	0,01	212,17	0,13	215,19	0,11
		Marinilla			949,16	0,60	949,16	0,50
		Rionegro			68,59	0,04	68,59	0,04
		San Vicente			1.557,67	0,98	1.557,67	0,82
9	Aburrá Norte	Medellín						
		Cartama			110,24	0,07	110,24	1,19
		Venecia			182,68	0,11	182,68	1,97
10	Hevéxicos	Ebéjico						
		Santa Fe de Antioquia			1.508,17	0,95	1.508,17	16,23
	Aburrá Norte	Barbosa			996,86	0,63	996,86	0,68
		Medellín			3.152,82	1,98	3.152,82	2,15
	Aburrá Sur	Amagá			6,99	0,00	6,99	0,00
		Angelópolis			1.412,23	0,89	1.412,23	0,96
		Caldas			1.920,11	1,21	1.920,11	1,31
		Envigado	6,56	0,02	674,42	0,42	680,98	0,46
		Heliconia			1.396,82	0,88	1.396,82	0,95
		La Estrella			602,79	0,38	602,79	0,41
		Sabaneta			89,18	0,06	89,18	0,06
		Titiribí						
	Aguas	Concepción			1.302,74	0,82	1.302,74	0,89
		El Peñol			2,29	0,00	2,29	0,00
	Cartama	Fredonia			133,03	0,08	133,03	0,09
Montebello				590,66	0,37	590,66	0,40	
Santa Bárbara				269,50	0,17	269,50	0,18	
Venecia								
Hevéxicos	Ebéjico			644,91	0,40	644,91	0,44	
	Liborina			769,46	0,48	769,46	0,52	
	Olaya			131,15	0,08	131,15	0,09	
	Sabanalarga			1.642,41	1,03	1.642,41	1,12	
	Santa Fe de Antioquia			238,15	0,15	238,15	0,16	
	Sopetrán			328,08	0,21	328,08	0,22	

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área					Representatividad/ municipio	
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total		
			ha	%	ha	%	ha		
10	Porce Nus Tahamíes	Santo Domingo			245,49	0,15	245,49	0,17	
		Angostura			343,30	0,22	343,30	0,23	
			Belmira			1.398,92	0,88	1.398,92	0,95
			Donmatías			197,61	0,12	197,61	0,13
			Entreríos			500,48	0,31	500,48	0,34
			San Andrés de Cuerquia			2.554,85	1,60	2.554,85	1,74
			San José de La Montaña			559,89	0,35	559,89	0,38
			Santa Rosa de Osos	21,04	0,07	672,24	0,42	693,28	0,47
			Toledo			93,43	0,06	93,43	0,06
			Yarumal	1.103,22	3,85	2.366,75	1,49	3.469,98	2,36
		Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	601,27	2,10	392,50	0,25	993,77	0,68
			El Retiro	991,34	3,46	4.461,64	2,80	5.452,98	3,72
			Guarne			352,73	0,22	352,73	0,24
			La Ceja	25,97	0,09	1.955,02	1,23	1.980,99	1,35
			La Unión	1.695,98	5,92	1.243,53	0,78	2.939,51	2,00
			Rionegro			601,34	0,38	601,34	0,41
			San Vicente			497,95	0,31	497,95	0,34
11	Hevéxicos Tahamíes	Liborina			499,86	0,31	499,86	60,41	
		Olaya			6,98	0,00	6,98	0,84	
12	Aguas	Belmira			0,42	0,00	0,42	0,05	
		Concepción	41,49	0,14	2.130,78	1,34	2.172,27	5,58	
		El Peñol	66,22	0,23	566,48	0,36	632,70	1,62	
			Guatapé	54,85	0,19	369,87	0,23	424,73	1,09
		Porce Nus Tahamíes	Santo Domingo			191,88	0,12	191,88	0,49
	Angostura		12,88	0,04	2.349,16	1,48	2.362,04	6,06	
			Santa Rosa de Osos			275,47	0,17	275,47	0,71
			Yarumal	51,40	0,18	472,48	0,30	523,89	1,35
		Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	1.354,27	4,73	5,47	0,00	1.359,74	3,49
			El Santuario			66,08	0,04	66,08	0,17
			La Unión	411,14	1,44	64,09	0,04	475,23	1,22
			San Vicente			61,09	0,04	61,09	0,16
	Concepción				860,83	0,54	860,83	1,43	
13	Aguas	El Peñol			111,48	0,07	111,48	0,19	
		Guatapé							
		Santo Domingo			2.078,09	1,31	2.078,09	3,46	
	Porce Nus								

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área					Representatividad/ municipio	
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total		
			ha	%	ha	%	ha		
13	Tahamíes	Angostura			2.981,45	1,87	2.981,45	4,97	
		Donmatías			353,84	0,22	353,84	0,59	
		Santa Rosa de Osos			38,53	0,02	38,53	0,06	
		Yarumal	504,04	1,76	7.007,58	4,40	7.511,63	12,52	
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	13.173,61	46,02	38,75	0,02	13.212,37	22,01	
		El Santuario			2,00	0,00	2,00	0,00	
		La Unión	1.371,62	4,79	325,50	0,20	1.697,11	2,83	
	14	Aburrá Norte	San Vicente			49,88	0,03	49,88	0,08
			Barbosa			29,14	0,02	29,14	0,04
			Bello			1,14	0,00	1,14	0,00
Hevéxicos		Girardota			183,97	0,12	183,97	0,27	
		San Jerónimo			75,03	0,05	75,03	0,11	
		Tahamíes			107,11	0,07	107,11	0,16	
Valle de San Nicolás		Donmatías			149,71	0,09	149,71	0,22	
		Entreríos			369,66	0,23	369,66	0,55	
		San Pedro de Los Milagros			305,36	0,19	305,36	0,45	
		Santa Rosa de Osos	1,53	0,01	1.157,62	0,73	1.159,16	1,72	
		El Carmen de Viboral							
		Guarne			490,21	0,31	490,21	0,73	
		La Ceja			36,63	0,02	36,63	0,05	
		Marinilla			45,82	0,03	45,82	0,07	
		Rionegro			265,33	0,17	265,33	0,39	
15	Hevéxicos	San Vicente			234,12	0,15	234,12	0,35	
		Santa Fe de Antioquia			421,67	0,26	421,67	32,98	
16	Aburrá Norte	Barbosa							
		Bello			705,73	0,44	705,73	0,66	
		Copacabana			205,33	0,13	205,33	0,19	
		Girardota			48,14	0,03	48,14	0,04	
	Aburrá Sur	Medellín			1.493,04	0,94	1.493,04	1,39	
		Envigado	2,34	0,01	187,72	0,12	190,06	0,18	
		Itagüí							
		La Estrella							

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área				Representatividad/ municipio		
			Bosque denso		Bosque fragmentado			Bosque total	
			ha	%	ha	%		ha	
16	Hevéxicos	Liborina			1.413,83	0,89	1.413,83	1,31	
		Olaya			825,66	0,52	825,66	0,77	
		Sabanalarga			1.794,34	1,13	1.794,34	1,67	
		San Jerónimo			539,35	0,34	539,35	0,50	
		Santa Fe de Antioquia			808,78	0,51	808,78	0,75	
	Tahamíes	Sopetrán			1.844,15	1,16	1.844,15	1,71	
		Belmira			372,45	0,23	372,45	0,35	
		Donmatías							
		Entreríos			38,79	0,02	38,79	0,04	
		San Andrés de Cuerquia			217,70	0,14	217,70	0,20	
		San Pedro de Los Milagros			639,95	0,40	639,95	0,60	
		Toledo							
		Valle de San Nicolás	El Retiro	56,36	0,20	859,96	0,54	916,32	0,85
			Guarne			815,07	0,51	815,07	0,76
La Ceja				279,46	0,18	279,46	0,26		
Rionegro	1,10		0,00	527,68	0,33	528,78	0,49		
17	Tahamíes	Belmira			101,84	0,06	101,84	1,30	
		San Andrés de Cuerquia			603,42	0,38	603,42	7,70	
		San José de La Montaña			324,19	0,20	324,19	4,14	
		Santa Rosa de Osos			6,74	0,00	6,74	0,09	
		Yarumal	300,54	1,05	1.235,41	0,78	1.535,95	19,61	
18	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia			1.851,83	1,16	1.851,83	84,61	
19	Aburrá Norte	Bello			742,90	0,47	742,90	3,25	
		Medellín			702,96	0,44	702,96	3,08	
	Aburrá Sur	Caldas			1,54	0,00	1,54	0,01	
		Envigado							
	Hevéxicos	Liborina			335,01	0,21	335,01	1,47	
		Olaya			39,97	0,03	39,97	0,17	
		Sabanalarga			247,57	0,16	247,57	1,08	
		San Jerónimo			52,23	0,03	52,23	0,23	
		Sopetrán			0,22	0,00	0,22	0,00	



Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área				Representatividad/ municipio		
			Bosque denso		Bosque fragmentado			Bosque total	
			ha	%	ha	%		ha	
19	Tahamíes	Belmira			5.009,76	3,15	5.009,76	21,92	
		Entreríos			1.129,89	0,71	1.129,89	4,94	
		San Andrés de Cuerquia			284,36	0,18	284,36	1,24	
		San José de La Montaña			2.418,06	1,52	2.418,06	10,58	
		San Pedro de Los Milagros			1,41	0,00	1,41	0,01	
		Yarumal	36,92	0,13	85,43	0,05	122,36	0,54	
20	Valle de San Nicolás	El Retiro	57,17	0,20	817,80	0,51	874,97	3,83	
	Hevéxicos	Liborina			518,63	0,33	518,63	17,97	
21	Tahamíes	Olaya			128,15	0,08	128,15	4,44	
		Belmira			764,56	0,48	764,56	26,49	
		San Jerónimo			240,35	0,15	240,35	7,77	
22	Tahamíes	Sopetrán			320,00	0,20	320,00	10,34	
		Belmira			447,77	0,28	447,77	14,47	
		San Pedro de Los Milagros			298,66	0,19	298,66	9,65	
23	Aburrá Norte	Barbosa			97,65	0,06	97,65	7,11	
	Porce Nus	Santo Domingo			23,32	0,01	23,32	1,70	
24	Tahamíes	Donmatías							
		Aburrá Norte	Medellín			0,10	0,00	0,10	0,00
	Cartama	Aburrá Sur	Amagá			36,02	0,02	36,02	0,11
		Armenia							
		Caldas							
	Hevéxicos	Fredonia				565,75	0,36	565,75	1,67
		La Pintada				48,14	0,03	48,14	0,14
		Montebello							
		Santa Bárbara				114,81	0,07	114,81	0,34
	Aburrá Norte	Venecia				305,14	0,19	305,14	0,90
Ebéjico									
Santa Fe de Antioquia					39,82	0,03	39,82	0,12	
Aburrá Norte	Barbosa				519,54	0,33	519,54	0,66	
	Medellín				22,19	0,01	22,19	0,03	

Tabla 11. Continuación.

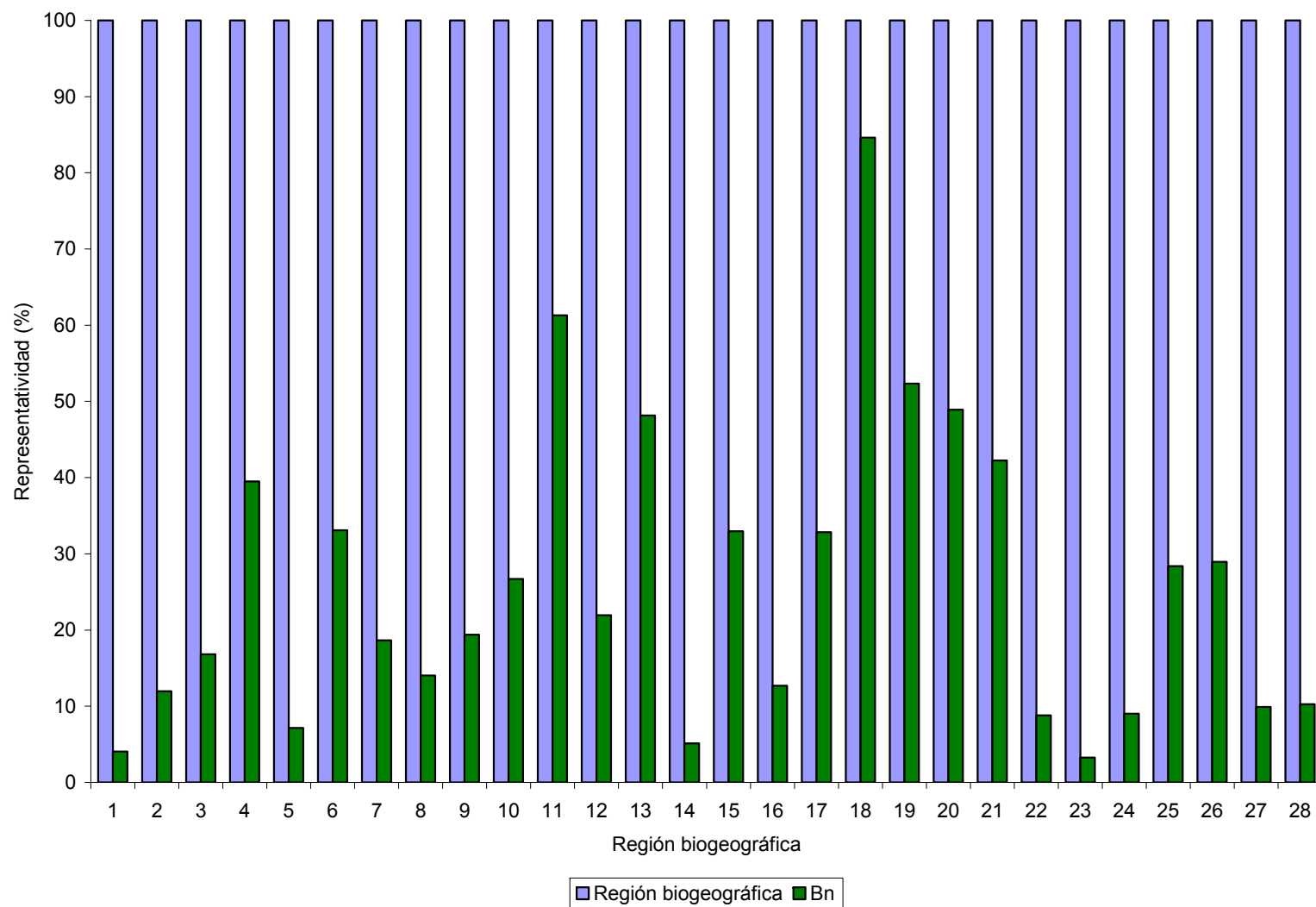
Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área				Representatividad/ municipio	
			Bosque denso		Bosque fragmentado			Bosque total
			ha	%	ha	%		ha
24	Aburrá Sur	Amagá			379,83	0,24	379,83	0,49
		Angelópolis			1.820,15	1,14	1.820,15	2,33
		Armenia			183,55	0,12	183,55	0,23
		Caldas			4,24	0,00	4,24	0,01
		Heliconia			1.313,78	0,83	1.313,78	1,68
	Cartama	Titiribí			243,67	0,15	243,67	0,31
		Fredonia			144,75	0,09	144,75	0,18
		La Pintada						
		Montebello			59,76	0,04	59,76	0,08
		Santa Bárbara			0,41	0,00	0,41	0,00
	Hevéxicos	Venecia			360,65	0,23	360,65	0,46
		Ebéjico			105,83	0,07	105,83	0,14
		Sabanalarga			27,63	0,02	27,63	0,04
		San Jerónimo						
		Porce Nus	Santo Domingo			54,98	0,03	54,98
	Tahamíes	Donmatías			141,55	0,09	141,55	0,18
		San Andrés de Cuerquia			1.209,82	0,76	1.209,82	1,55
Toledo				357,89	0,22	357,89	0,46	
Yarumal		46,20	0,16	19,06	0,01	65,27	0,08	
Valle de San Nicolás		La Ceja			20,50	0,01	20,50	0,03
25	Porce Nus Tahamíes	San Vicente			34,88	0,02	34,88	0,04
		Santo Domingo			657,76	0,41	657,76	25,62
		Donmatías			49,57	0,03	49,57	1,93
26	Aguas	Santa Rosa de Osos			21,59	0,01	21,59	0,84
		Concepción			811,23	0,51	811,23	1,37
26	Porce Nus Tahamíes	Guatapé						
		Santo Domingo			5.339,06	3,35	5.339,06	9,00
	Angostura			2.002,30	1,26	2.002,30	3,38	
	Donmatías			309,63	0,19	309,63	0,52	
	Santa Rosa de Osos			335,92	0,21	335,92	0,57	
	Yarumal	89,37	0,31	3.164,26	1,99	3.253,63	5,48	
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	5.000,81	17,47	126,23	0,08	5.127,04	8,64

Tabla 11. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Área			Representatividad/ municipio		
			Bosque denso		Bosque fragmentado		Bosque total	
			ha	%	ha		%	ha
27	Aburrá Norte	Medellín						
		Cartama			11,35	0,01	11,35	0,10
	Hevéxicos	Santa Bárbara						
		Ebéjico			86,38	0,05	86,38	0,78
28	Aburrá Norte	Liborina			117,88	0,07	117,88	1,07
		Sabanalarga						
		San Jerónimo						
		Santa Fe de Antioquia			877,99	0,55	877,99	7,96
	Aburrá Sur	Barbosa			5,01	0,00	5,01	0,01
		Bello			57,25	0,04	57,25	0,07
		Copacabana						
		Girardota						
	Cartama	Medellín			88,03	0,06	88,03	0,11
		Armenia			36,13	0,02	36,13	0,05
		Caldas			2,11	0,00	2,11	0,00
		Envigado						
	Hevéxicos	Heliconia			43,50	0,03	43,50	0,06
		Itagüí						
		La Estrella						
		Sabaneta			0,05	0,00	0,05	0,00
Tahamíes	Cartama	La Pintada			0,97	0,00	0,97	0,00
	Hevéxicos	Santa Bárbara						
	Ebéjico			557,93	0,35	557,93	0,71	
	Liborina			679,54	0,43	679,54	0,86	
Tahamíes	Olaya			20,74	0,01	20,74	0,03	
	Sabanalarga			1.568,39	0,98	1.568,39	1,99	
	San Jerónimo			1.669,46	1,05	1.669,46	2,11	
	Santa Fe de Antioquia			3.045,07	1,91	3.045,07	3,86	
Tahamíes	Sopetrán			323,62	0,20	323,62	0,41	
	Belmira			0,98	0,00	0,98	0,00	
Total		Toledo						
					28.624,91		159.239,91	

Los códigos de cada región biogeográfica se pueden observar en la Tabla 9.  
La representatividad/municipio es con relación a cada unidad biogeográfica.

Figura 1. Representatividad de los bosques naturales en el área conformada por el SIRAP PCA.



De acuerdo con la Tabla 11, Hevéxicos de Corantioquia, es la que se encuentra en más regiones biogeográficas con este tipo de vegetación secundaria; por lo que su representación es más significativa:

- ❖ Zona cálida húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona cálida húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de lomerío fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona cálida seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de valle aluvial
- ❖ Zona fría húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña glaciárica
- ❖ Zona fría seca de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitaciona
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña glaciárica
- ❖ Zona muy fría seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona templada seca de montaña fluvio gravitacional

Le sigue Tahamíes en importancia con bosques naturales en 19 regiones biogeográficas; Aburrá Norte (11), Cartama (10) y Aburrá Sur (nueve), como se exhibe en la Tabla 11.

Para la jurisdicción de Cornare, la territorial con mayor representatividad por el número de regiones biogeográficas que posee bosques naturales es Valle de San Nicolás.

- ❖ Zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría muy húmeda de altiplanicie estructural erosional

- ❖ Zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría seca de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada muy húmeda de montaña fluvio gravitacional

La representatividad de los bosques naturales, con relación al área que ocupa cada región biogeográfica delimitada es alta; todas las unidades homogéneas, tienen alguna proporción de este tipo de vegetación. La zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional es la región biogeográfica mejor representada por los bosques (84,61%). Le sigue la zona fría húmeda de montaña glaciárica (61,3%), la Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional (52,34%), la zona muy fría húmeda de montaña glaciárica (48,9%) y la zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional (48,15%), como se ilustra en la Figura 1.

Es de resaltar que los bosques densos han sufrido una notable disminución en área, indicando la alta intervención antrópica a que están siendo sometidos; además, sobre los bosques fragmentados remanentes, existe una fuerte presión por el uso de sus recursos, lo cual afecta de forma negativa el funcionamiento y estructura de los ecosistemas boscosos.

La especialización de los bosques naturales se presenta en la Figura 2.

#### **4.1.2 Representatividad para la vegetación de páramo**

Dada la relevancia de los ecosistemas paramunos, se evaluó la representatividad de este tipo de cobertura, de la cual sólo se reportan ocho fragmentos, para un área total de 1.500,65 ha (150,06 km<sup>2</sup>) como se muestra en la Tabla 12.

Figura 2. Localización de los bosques densos según las regiones biogeográficas.

Ver archivo en pdf.

Tabla 12. Superficie ocupada por la vegetación de páramo en las direcciones territoriales de las CAR's.

CAR	Dirección territorial	No de fragmentos	Área (ha)		Total
			Vegetación páramo	Otras coberturas	
Corantioquia	Aburrá Norte			87.573,71	87.573,71
Corantioquia	Aburrá Sur			81.521,41	81.521,41
Corantioquia	Cartama			72.202,56	72.202,56
Corantioquia	Hevéxicos			170.735,87	170.735,87
Corantioquia	Tahamíes	8	1.500,65	332.573,76	334.074,40
Cornare	Aguas			40.184,77	40.184,77
Cornare	Porce Nus			27.515,83	27.515,83
Cornare	Valle de San Nicolás			174.246,99	174.246,99
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>1.500,65</b>	<b>986.554,90</b>	<b>988.055,54</b>

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que este tipo de cobertura sólo se encuentra reportada en la dirección territorial Tahamíes de Corantioquia en los municipios de Belmira, Santa Rosa de Osos y Entrerrios.

Entre los municipios que cuentan con este tipo de coberturas, el orden de importancia con relación al área que ocupan es: Belmira (73,4% de la vegetación de páramo), Entrerrios (14,04%) y Santa Rosa de Osos (1,19%).

En la Tabla 13 y la Figura 4, se muestra la representatividad de la vegetación de páramo para el área ocupada por el SIRAP PCA, de acuerdo con las regiones biogeográficas delimitadas.

De acuerdo con la Tabla 13, Tahamíes de Corantioquia, es la dirección territorial que cuenta con representatividad de vegetación de páramo en las siguientes regiones biogeográficas:

- ❖ Zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña glaciárica.



Tabla 13. Representatividad de la vegetación de páramo en los municipios que conforman el área del SIRAP PCA.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación de páramo		Representatividad/ municipio (%)
			ha	%	
8	Tahamíes	Angostura			
		Belmira			
		Donmatías			
		Entrerrios			
		San Andrés de Cuerquia			
		San José de La Montana			
		Santa Rosa De Osos	17,81	1,19	0,01
19	Tahamíes	Yarumal			
		Belmira	1.101,52	73,40	4,82
		Entrerrios	210,74	14,04	0,92
		San Andrés de Cuerquia			
		San José de La Montana			
20	Tahamíes	San Pedro de Los Milagros			
		Yarumal			
		Belmira	170,58	11,37	5,91
<b>Total</b>			<b>1.500,65</b>		

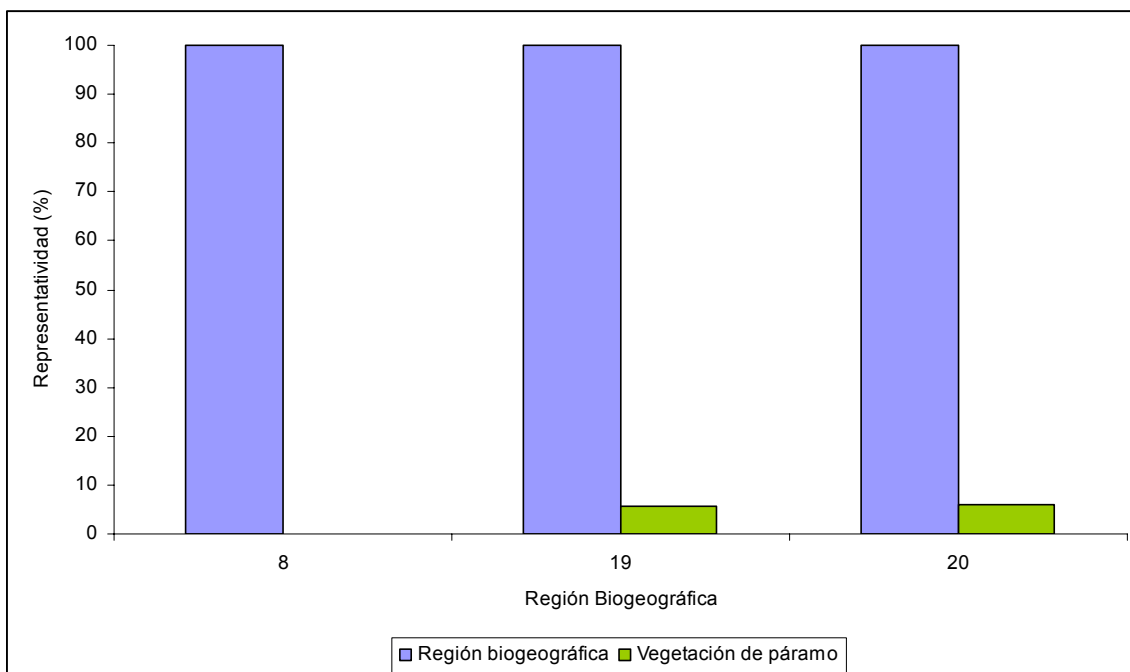
Los códigos de cada región biogeográfica se pueden observar en la Tabla 9. La representatividad/municipio es con relación a cada unidad biogeográfica.

En términos generales, la representatividad de este tipo de vegetación, con relación a las regiones biogeográficas donde es posible encontrarla es baja (Figura 3). La unidad de zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional y la zona muy fría húmeda de montaña glaciárica, son las mejores representadas con más del 5%; la menos representada es la zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional (0,01%).

Es de aclarar que, este tipo de vegetación sólo se puede reportar en unidades biogeográficas de zonas altas; en las demás unidades no se toma en cuenta su representatividad, porque no existe.

En la Figura 4, se muestra la especialización de este tipo de cobertura dentro del área que conforma el PCA.

Figura 3. Representatividad de la vegetación de páramo en el área conformada por el SIRAP PCA.



#### 4.1.3 Representatividad para la vegetación natural

Para la vegetación natural (incluyendo bosque natural y vegetación de páramo) se tuvieron en cuenta un total de 4.850 fragmentos, que suman un área total de 189.313,6 ha (1.893,1 km<sup>2</sup>) como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Superficie ocupada por la vegetación natural en las direcciones territoriales de las CAR's.

CAR	Dirección territorial	Vegetación natural		Otras cobertura	Total
		No. de fragmentos	Área (ha)		
Corantioquia	Aburrá Norte	124	9.299,79	78.273,93	87.573,71
Corantioquia	Aburrá Sur	211	10.695,10	70.826,31	81.521,41
Corantioquia	Cartama	198	4.090,37	68.112,19	72.202,56
Corantioquia	Hevéxicos	348	34.432,46	136.303,41	170.735,87
Corantioquia	Tahamíes	992	70.222,86	263.851,54	334.074,40
Cornare	Aguas	2.036	7.234,38	32.950,39	40.184,77
Cornare	Porce Nus	152	9.354,52	18.161,31	27.515,83
Cornare	Valle de San Nicolás	789	43.984,08	130.262,91	174.246,99
<b>Total</b>		<b>4.850</b>	<b>189.313,56</b>	<b>798.741,98</b>	<b>988.055,54</b>

Figura 4. Localización de la vegetación de páramo según las regiones biogeográficas.

Ver archivo en pdf.

Según la tabla anterior, se observa que este tipo de cobertura se encuentra en todas las direcciones territoriales de Corantioquia y Cornare.

A nivel municipal, los que poseen mayor proporción de área en vegetación natural (con respecto al área total que ocupa esta cobertura en cada municipio) son: El Carmen de Viboral (49,8%), Belmira (39,65%), Angelópolis (39,59%), San José de la Montaña (37,26%) y Santo Domingo (34%). En el que no se reporta este tipo de vegetación es en el municipio de Itagüí.

En la Tabla 15 y Figura 5, se muestra la representatividad de la vegetación natural para el área ocupada por el SIRAP PCA, de acuerdo con las regiones biogeográficas delimitadas.

Tabla 15. Representatividad de la vegetación natural en los municipios que conforman el del SIRAP PCA.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/ municipio
			ha	%	
1	Aburrá Sur	Armenia	67,66	0,04	1,06
	Aburrá Sur	Titiribí	0,03	0,00	0,00
	Cartama	Fredonia	50,70	0,03	0,79
	Cartama	La Pintada	27,88	0,01	0,44
	Cartama	Santa Bárbara	87,03	0,05	1,36
	Cartama	Venecia	13,54	0,01	0,21
	Hevéxicos	Ebéjico	13,19	0,01	0,21
2	Aburrá Sur	Armenia	3,37	0,00	0,03
	Aburrá Sur	Heliconia			
	Aburrá Sur	Titiribí	214,71	0,11	1,61
	Cartama	Fredonia	259,28	0,14	1,94
	Cartama	La Pintada			
	Cartama	Santa Bárbara			
	Cartama	Venecia	615,29	0,33	4,61
	Hevéxicos	Ebéjico			
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	494,62	0,26	3,70
	Tahamíes	Toledo	12,21	0,01	0,09
3	Tahamíes	Yarumal	197,93	0,10	16,80
	Hevéxicos	San Jerónimo	325,78	0,17	5,25
4	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia			
	Hevéxicos	Sopetrán	2.126,53	1,12	34,26
	Aburrá Sur	Armenia	17,25	0,01	0,10
	Cartama	Fredonia	121,12	0,06	0,71
	Cartama	La Pintada	17,68	0,01	0,10
	Cartama	Santa Bárbara	0,00	0,00	0,00
	Hevéxicos	Ebéjico	94,33	0,05	0,55
	Hevéxicos	Liborina	329,73	0,17	1,93
	Hevéxicos	Olaya	31,83	0,02	0,19
	5	Hevéxicos	Sabanalarga		
Hevéxicos		Santa Fe de Antioquia	566,68	0,30	3,31
Hevéxicos		Sopetrán	46,70	0,02	0,27

Tabla 15. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/ municipio
			ha	%	
6	Cartama	Fredonia			
	Cartama	La Pintada			
	Hevéxicos	Ebéjico	78,38	0,04	1,20
	Hevéxicos	Liborina	1.181,88	0,62	18,06
	Hevéxicos	Olaya			
	Hevéxicos	Sabanalarga			
	Hevéxicos	San Jerónimo	102,18	0,05	1,56
	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	23,63	0,01	0,36
	Hevéxicos	Sopetrán	780,50	0,41	11,93
	Tahamíes	Toledo			
7	Hevéxicos	Liborina	5,52	0,00	0,07
	Hevéxicos	Olaya	1,04	0,00	0,01
	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	1.270,54	0,67	16,84
	Hevéxicos	Sopetrán	130,40	0,07	1,73
8	Aburrá Norte	Barbosa	248,01	0,13	0,13
	Aguas	Concepción	740,47	0,39	0,39
	Aguas	El Peñol	175,64	0,09	0,09
	Porce Nus	Santo Domingo	763,94	0,40	0,40
	Tahamíes	Angostura	2.136,78	1,13	1,13
	Tahamíes	Belmira	2.330,95	1,23	1,23
	Tahamíes	Donmatías	918,05	0,48	0,49
	Tahamíes	Entreríos	279,66	0,15	0,15
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	662,38	0,35	0,35
	Tahamíes	San José de La Montaña	1.298,14	0,69	0,69
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	8.773,01	4,63	4,64
	Tahamíes	Yarumal	3.669,82	1,94	1,94
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	716,56	0,38	0,38
	Valle de San Nicolás	El Santuario	719,11	0,38	0,38
	Valle de San Nicolás	Guarne	1,72	0,00	0,00
	Valle de San Nicolás	La Ceja	342,76	0,18	0,18
	Valle de San Nicolás	La Unión	215,19	0,11	0,11
	Valle de San Nicolás	Marinilla	949,16	0,50	0,50
	Valle de San Nicolás	Rionegro	68,59	0,04	0,04
	Valle de San Nicolás	San Vicente	1.557,67	0,82	0,82
9	Aburrá Norte	Medellín			
	Cartama	Fredonia	110,24	0,06	1,19
	Cartama	Venecia	182,68	0,10	1,97
	Hevéxicos	Ebéjico			
Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	1.508,17	0,80	16,23	
10	Aburrá Norte	Barbosa	996,86	0,53	0,68
	Aburrá Norte	Medellín	3.152,82	1,67	2,15
	Aburrá Sur	Amagá	6,99	0,00	0,00
	Aburrá Sur	Angelópolis	1.412,23	0,75	0,96
	Aburrá Sur	Caldas	1.924,19	1,02	1,31
	Aburrá Sur	Envigado	680,98	0,36	0,46
	Aburrá Sur	Heliconia	1.396,82	0,74	0,95
	Aburrá Sur	La Estrella	602,79	0,32	0,41
	Aburrá Sur	Sabaneta	89,18	0,05	0,06
	Aburrá Sur	Titiribí			
	Aguas	Concepción	1.302,74	0,69	0,89
	Aguas	El Peñol	2,29	0,00	0,00

Tabla 15. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/ municipio
			ha	%	
10	Cartama	Fredonia	133,03	0,07	0,09
	Cartama	Montebello	590,66	0,31	0,40
	Cartama	Santa Bárbara	269,50	0,14	0,18
	Cartama	Venecia			
	Hevéxicos	Ebéjico	644,91	0,34	0,44
	Hevéxicos	Liborina	769,46	0,41	0,52
	Hevéxicos	Olaya	131,15	0,07	0,09
	Hevéxicos	Sabanalarga	1.642,41	0,87	1,12
	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	238,15	0,13	0,16
	Hevéxicos	Sopetrán	328,08	0,17	0,22
	Porce Nus	Santo Domingo	245,49	0,13	0,17
	Tahamíes	Angostura	343,30	0,18	0,23
	Tahamíes	Belmira	1.398,92	0,74	0,95
	Tahamíes	Donmatías	197,61	0,10	0,13
	Tahamíes	Entreríos	500,48	0,26	0,34
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	2.554,85	1,35	1,74
	Tahamíes	San José de La Montaña	559,89	0,30	0,38
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	693,28	0,37	0,47
	Tahamíes	Toledo	93,43	0,05	0,06
	Tahamíes	Yarumal	3.469,98	1,83	2,36
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	993,77	0,52	0,68
	Valle de San Nicolás	El Retiro	5.454,38	2,88	3,72
	Valle de San Nicolás	Guarne	352,73	0,19	0,24
	Valle de San Nicolás	La Ceja	1.980,99	1,05	1,35
Valle de San Nicolás	La Unión	2.939,51	1,55	2,00	
Valle de San Nicolás	Rionegro	601,34	0,32	0,41	
Valle de San Nicolás	San Vicente	497,95	0,26	0,34	
11	Hevéxicos	Liborina	499,86	0,26	60,41
	Hevéxicos	Olaya	6,98	0,00	0,11
12	Tahamíes	Belmira	0,42	0,00	0,05
	Aguas	Concepción	2.172,27	1,15	5,58
	Aguas	El Peñol	632,70	0,33	1,62
	Aguas	Guatapé	424,73	0,22	1,09
	Porce Nus	Santo Domingo	191,88	0,10	0,49
	Tahamíes	Angostura	2.362,04	1,25	6,06
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	275,47	0,15	0,71
	Tahamíes	Yarumal	523,89	0,28	1,35
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	1.359,74	0,72	3,49
	Valle de San Nicolás	El Santuario	66,08	0,03	0,17
	Valle de San Nicolás	La Unión	475,23	0,25	1,22
	Valle de San Nicolás	San Vicente	61,09	0,03	0,16
13	Aguas	Concepción	860,83	0,45	1,43
	Aguas	El Peñol	111,48	0,06	0,19
	Aguas	Guatapé			
	Porce Nus	Santo Domingo	2.078,09	1,10	3,46
	Tahamíes	Angostura	2.981,45	1,57	4,97
	Tahamíes	Donmatías	353,84	0,19	0,59
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	38,53	0,02	0,06
	Tahamíes	Yarumal	7.437,61	3,93	12,39
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	13.212,37	6,98	22,01
	Valle de San Nicolás	El Santuario	2,00	0,00	0,00
	Valle de San Nicolás	La Unión	1.697,11	0,90	2,83
	Valle de San Nicolás	San Vicente	49,88	0,03	0,08

Tabla 15. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/ municipio
			ha	%	
14	Aburrá Norte	Barbosa	29,14	0,02	0,04
	Aburrá Norte	Bello	1,14	0,00	0,00
	Aburrá Norte	Girardota	183,97	0,10	0,27
	Hevéxicos	San Jerónimo	75,03	0,04	0,11
	Tahamíes	Belmira	107,11	0,06	0,16
	Tahamíes	Donmatías	149,71	0,08	0,22
	Tahamíes	Entrerriós	369,66	0,20	0,55
	Tahamíes	San Pedro de Los Milagros	305,36	0,16	0,45
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	1.159,16	0,61	1,72
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral			
	Valle de San Nicolás	Guarne	490,21	0,26	0,73
	Valle de San Nicolás	La Ceja	36,63	0,02	0,05
	Valle de San Nicolás	Marinilla	45,82	0,02	0,07
	Valle de San Nicolás	Rionegro	265,33	0,14	0,39
Valle de San Nicolás	San Vicente	234,12	0,12	0,35	
15	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	421,67	0,22	32,98
16	Aburrá Norte	Barbosa			
	Aburrá Norte	Bello	705,73	0,37	0,66
	Aburrá Norte	Copacabana	205,33	0,11	0,19
	Aburrá Norte	Girardota	48,14	0,03	0,04
	Aburrá Norte	Medellín	1.493,04	0,79	1,39
	Aburrá Sur	Envigado	190,06	0,10	0,18
	Aburrá Sur	Itagüí			
	Aburrá Sur	La Estrella			
	Hevéxicos	Liborina	1.413,83	0,75	1,31
	Hevéxicos	Olaya	825,66	0,44	0,77
	Hevéxicos	Sabanalarga	1.794,34	0,95	1,67
	Hevéxicos	San Jerónimo	539,35	0,28	0,50
	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	808,78	0,43	0,75
	Hevéxicos	Sopetrán	1.844,15	0,97	1,71
	Tahamíes	Belmira	375,07	0,20	0,35
	Tahamíes	Donmatías			
	Tahamíes	Entrerriós	38,79	0,02	0,04
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	217,70	0,11	0,20
	Tahamíes	San Pedro de Los Milagros	679,76	0,36	0,63
	Tahamíes	Toledo			
	Valle de San Nicolás	El Retiro	916,32	0,48	0,85
	Valle de San Nicolás	Guarne	815,07	0,43	0,76
	Valle de San Nicolás	La Ceja	279,46	0,15	0,26
Valle de San Nicolás	Rionegro	528,78	0,28	0,49	
17	Tahamíes	Belmira	101,84	0,05	1,30
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	603,42	0,32	7,70
	Tahamíes	San José de La Montaña	324,19	0,17	4,14
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	6,74	0,00	0,09
	Tahamíes	Yarumal	1.535,95	0,81	19,61
	18	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	1.851,83	0,98
19	Aburrá Norte	Bello	742,90	0,39	3,25
	Aburrá Norte	Medellín	702,96	0,37	3,08
	Aburrá Sur	Caldas	1,54	0,00	0,01
	Aburrá Sur	Envigado			

Tabla 15. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/ municipio	
			ha	%		
19	Hevéxicos	Liborina	335,01	0,18	1,47	
	Hevéxicos	Olaya	39,97	0,02	0,17	
	Hevéxicos	Sabanalarga	247,57	0,13	1,08	
	Hevéxicos	San Jerónimo	52,23	0,03	0,23	
	Hevéxicos	Sopetrán	0,22	0,00	0,00	
	Tahamíes	Belmira	6.111,28	3,23	26,74	
	Tahamíes	Entreríos	1.340,63	0,71	5,87	
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	284,36	0,15	1,24	
	Tahamíes	San José de La Montaña	2.418,06	1,28	10,58	
	Tahamíes	San Pedro de Los Milagros	1,41	0,00	0,01	
	Tahamíes	Yarumal	122,36	0,06	0,54	
	Valle de San Nicolás	El Retiro	874,97	0,46	3,83	
	20	Hevéxicos	Liborina	518,63	0,27	17,97
		Hevéxicos	Olaya	128,15	0,07	4,44
Tahamíes		Belmira	935,14	0,49	32,40	
21	Hevéxicos	San Jerónimo	240,35	0,13	7,77	
	Hevéxicos	Sopetrán	320,00	0,17	10,34	
	Tahamíes	Belmira	447,77	0,24	14,47	
	Tahamíes	San Pedro de Los Milagros	298,66	0,16	9,65	
22	Aburrá Norte	Barbosa	97,65	0,05	7,11	
	Porce Nus	Santo Domingo	23,32	0,01	1,70	
	Tahamíes	Donmatías				
23	Aburrá Norte	Medellín	0,10	0,00	0,00	
	Aburrá Sur	Amagá	36,02	0,02	0,11	
	Aburrá Sur	Armenia				
	Aburrá Sur	Caldas				
	Cartama	Fredonia	565,75	0,30	1,67	
	Cartama	La Pintada	48,14	0,03	0,14	
	Cartama	Montebello				
	Cartama	Santa Bárbara	114,81	0,06	0,34	
	Cartama	Venecia	305,14	0,16	0,90	
	Hevéxicos	Ebéjico				
24	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	39,82	0,02	0,12	
	Aburrá Norte	Barbosa	519,54	0,27	0,66	
	Aburrá Norte	Medellín	22,19	0,01	0,03	
	Aburrá Sur	Amagá	379,83	0,20	0,49	
	Aburrá Sur	Angelópolis	1.820,15	0,96	2,33	
	Aburrá Sur	Armenia	183,55	0,10	0,23	
	Aburrá Sur	Caldas	4,24	0,00	0,01	
	Aburrá Sur	Heliconia	1.313,78	0,69	1,68	
	Aburrá Sur	Titiribí	243,67	0,13	0,31	
	Cartama	Fredonia	144,75	0,08	0,18	
	Cartama	La Pintada				
	Cartama	Montebello	59,76	0,03	0,08	
	Cartama	Santa Bárbara	0,41	0,00	0,00	
	Cartama	Venecia	360,65	0,19	0,46	
	Hevéxicos	Ebéjico	105,83	0,06	0,14	
	Hevéxicos	Sabanalarga	27,63	0,01	0,04	
	Hevéxicos	San Jerónimo				
Porce Nus	Santo Domingo	54,98	0,03	0,07		

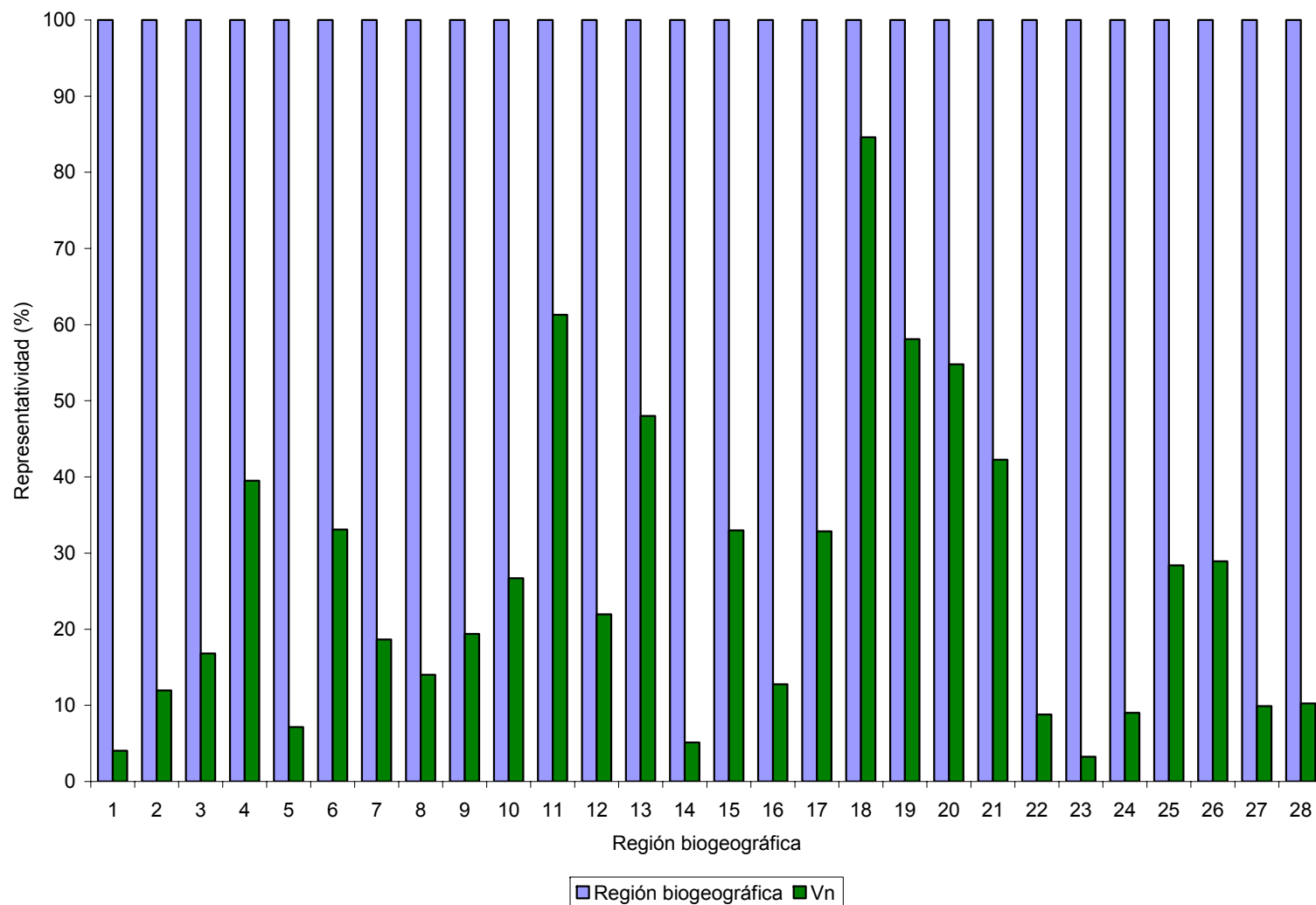


Tabla 15. Continuación.

Código Región biogeográfica	Dirección territorial	Municipio	Vegetación natural		Representatividad/municipio
			ha	%	
24	Tahamíes	Donmatías	141,55	0,07	0,18
	Tahamíes	San Andrés de Cuerquia	1.209,82	0,64	1,55
	Tahamíes	Toledo	357,89	0,19	0,46
	Tahamíes	Yarumal	65,27	0,03	0,08
	Valle de San Nicolás	La Ceja	20,50	0,01	0,03
	Valle de San Nicolás	San Vicente	34,88	0,02	0,04
25	Porce Nus	Santo Domingo	657,76	0,35	25,62
	Tahamíes	Donmatías	49,57	0,03	1,93
26	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	21,59	0,01	0,84
	Aguas	Concepción	811,23	0,43	1,37
	Aguas	Guatapé			
	Porce Nus	Santo Domingo	5.339,06	2,82	9,00
	Tahamíes	Angostura	2.002,30	1,06	3,38
	Tahamíes	Donmatías	309,63	0,16	0,52
	Tahamíes	Santa Rosa de Osos	335,92	0,18	0,57
	Tahamíes	Yarumal	3.235,72	1,71	5,45
	Valle de San Nicolás	El Carmen de Viboral	5.127,04	2,71	8,64
	27	Aburrá Norte	Medellín		
Cartama		La Pintada	11,35	0,01	0,10
Cartama		Santa Bárbara			
Hevéxicos		Ebéjico	86,38	0,05	0,78
Hevéxicos		Liborina	117,88	0,06	1,07
Hevéxicos		Sabanalarga			
Hevéxicos		San Jerónimo			
Hevéxicos		Santa Fe de Antioquia	877,99	0,46	7,96
28	Aburrá Norte	Barbosa	5,01	0,00	0,01
	Aburrá Norte	Bello	57,25	0,03	0,07
	Aburrá Norte	Copacabana			
	Aburrá Norte	Girardota			
	Aburrá Norte	Medellín	88,03	0,05	0,11
	Aburrá Sur	Armenia	36,13	0,02	0,05
	Aburrá Sur	Caldas	2,11	0,00	0,00
	Aburrá Sur	Envigado			
	Aburrá Sur	Heliconia	43,50	0,02	0,06
	Aburrá Sur	Itagüí			
	Aburrá Sur	La Estrella			
	Aburrá Sur	Sabaneta	0,05	0,00	0,00
	Cartama	La Pintada	0,97	0,00	0,00
	Cartama	Santa Bárbara			
	Hevéxicos	Ebéjico	557,93	0,29	0,71
	Hevéxicos	Liborina	679,54	0,36	0,86
	Hevéxicos	Olaya	20,74	0,01	0,03
	Hevéxicos	Sabanalarga	1.568,39	0,83	1,99
	Hevéxicos	San Jerónimo	1.669,46	0,88	2,11
	Hevéxicos	Santa Fe de Antioquia	3.045,07	1,61	3,86
Hevéxicos	Sopetrán	323,62	0,17	0,41	
Tahamíes	Belmira	0,98	0,00	0,00	
Tahamíes	Toledo				
Total general			189.313,56		

Los códigos de cada región biogeográfica se pueden observar en la Tabla 9.  
La representatividad/municipio es con relación a cada unidad biogeográfica.

Figura 5. Representatividad de la vegetación natural en el área conformada por el SIRAP PCA.



De acuerdo con la Tabla 15, la territorial Hevéxicos de Corantioquia, es la que se encuentra en más regiones biogeográficas con este tipo de vegetación; por lo que su representación es más significativa:

- ❖ Zona cálida húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona cálida húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de lomerío fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona cálida seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona cálida seca de valle aluvial
- ❖ Zona fría húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña glaciárica
- ❖ Zona fría seca de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña glaciárica
- ❖ Zona muy fría seca de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña estructural erosional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada seca de montaña estructural erosional
- ❖ Zona templada seca de montaña fluvio gravitacional

En jurisdicción de Cornare, la territorial Valle de San Nicolás, se encuentra representada en más regiones biogeográficas:

- ❖ Zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría muy húmeda de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona fría seca de altiplanicie estructural erosional
- ❖ Zona fría seca de montaña fluvio gravitacional

- ❖ Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional
- ❖ Zona templada muy húmeda de montaña fluvio gravitacional

La territorial Porce Nus, reporta ocho regiones biogeográficas con representatividad en este tipo de cobertura y la territorial Aguas cinco.

En términos generales, la representatividad de este tipo de vegetación, con relación al número de regiones biogeográficas delimitadas es alta (Figura 6).

La zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional es la región biogeográfica mejor representada por los bosques (84,61%). Le sigue la zona fría húmeda de montaña glaciárica (61,3%), la Zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional (58,08%), la zona muy fría húmeda de montaña glaciárica (54,81%) y la zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional (48,02%), como se ilustra en la Figura 5.

La zona templada húmeda de montaña estructural erosional (23) y la zona cálida húmeda de montaña estructural erosional (1), tienen el 3,3 y 4,1%, respectivamente de representatividad en cobertura natural, siendo los porcentajes más bajos en todas las unidades homogéneas (Figura 5).

Puede decirse, que la representatividad de las coberturas vegetales naturales en las regiones biogeográficas dentro del área conformada por el SIRAP PCA es muy variable; mientras algunas cuentan con una representación alta, en otras, la vegetación es menor, especialmente en las zonas de clima seco (Tabla 15).

En síntesis se tiene que para el área que conforma el SIRAP PCA, la vegetación de páramo es la cobertura menos representada, encontrándose sólo en tres regiones biogeográficas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este tipo de vegetación sólo se encuentra en el orobioma alto de los Andes.

Los bosques naturales son la cobertura mejor representada por encontrarse en la mayoría de las unidades biogeográficas; no obstante, su nivel de representatividad es alto y la proporción de ocupación varía desde el 3 al 84%.

Figura 6. Localización de la vegetación natural según las regiones biogeográficas.

Ver archivo en pdf.

Es de aclarar que la alta representatividad de los bosques naturales se debe a la presencia de los bosques fragmentados, siendo la cobertura más sobresaliente. Los bosques densos poseen una participación relativamente baja.

La tendencia general, que se observa es que las zonas del bioma bajo de los Andes son las menos representadas, lo cual coincide con lo reportado por diversos autores, en cuanto a que los bosques de tierras bajas son los más amenazados. Las zonas del bioma medio y alto de los Andes son las que poseen mayor representatividad; lo cual coincide en que son fragmentos de vegetación localizados en áreas con limitaciones socioeconómicas y físicas; es decir, poseen una accesibilidad restringida por las pendientes y son menos útiles económicamente, pero sin embargo, favorecen el mantenimiento de la diversidad biológica; como es el caso de las zonas con vegetación de los municipios que hacen parte del páramo de Belmira; y en Yarumal y Angostura al norte.

En cuanto a la relación entre representatividad y sostenibilidad de funciones ecológicas y servicios ambientales, la evaluación obtenida arrojó que siete unidades biogeográficas, se encuentran completamente transformadas, por lo que la sostenibilidad es improbable con tan poca área ocupada por la vegetación natural. Estas unidades corresponden a la zona cálida húmeda de montaña estructural erosional, zona cálida seca de montaña estructural erosional, zona fría seca de altiplanicie estructural erosional, zona templada húmeda de altiplanicie estructural erosional, zona templada húmeda de montaña estructural erosional, zona templada húmeda de montaña fluvio gravitacional y zona templada seca de montaña estructural erosional.

Las áreas que se encuentran muy transformadas y por ende, su sostenibilidad ambiental es baja corresponden a las unidades de: zona cálida húmeda de montaña fluvio gravitacional, zona cálida muy húmeda de montaña fluvio gravitacional, zona cálida seca de valle aluvial, zona fría húmeda de altiplanicie estructural erosional, zona fría húmeda de montaña estructural erosional, zona fría húmeda de montaña fluvio gravitacional, zona fría muy húmeda de altiplanicie estructural erosional, zona fría seca de montaña fluvio gravitacional, zona templada muy húmeda de altiplanicie estructural erosional, zona templada muy húmeda de montaña fluvio gravitacional y zona templada seca de montaña fluvio gravitacional.

La mayoría de los municipios que conforman el área del SIRAP PCA, tienen áreas que califican en las categorías de sostenibilidad anteriormente descritas, debido principalmente a la transformación de los ecosistemas originales a sistemas productivos (agrícolas o pecuarios), que conllevan a una alta fragmentación de la vegetación natural, implicando que los relictos de vegetación existentes, no sean suficientes para desarrollar las funciones ecológicas que permiten el mantenimiento de la base de los recursos naturales.

Las unidades biogeográficas, cuya sostenibilidad ambiental es media corresponde a: zona cálida seca de lomerío fluvio gravitacional, zona cálida seca de montaña fluvio gravitacional, zona fría húmeda de montaña glaciárica, zona fría muy húmeda de montaña fluvio gravitacional, zona fría seca de montaña estructural erosional, zona muy fría húmeda de altiplanicie estructural erosional, zona muy fría húmeda de montaña fluvio gravitacional, zona muy fría húmeda de montaña glaciárica y zona muy fría seca de montaña fluvio gravitacional. Se localizan principalmente hacia el occidente, norte, oriente del departamento de Antioquia, donde las transformaciones parciales han permitido el mantenimiento de la vegetación natural.

La zona muy fría húmeda de montaña estructural erosional, es la única unidad biogeográfica con una alta sostenibilidad, cuyas transformaciones son tan bajas, que la vegetación primaria aún prevalece. Este tipo de vegetación, predomina en el municipio de Santa Fe de Antioquia.

## **4.2 CONECTIVIDAD FÍSICA AMBIENTAL**

Desde el punto de vista físico, se delimitó áreas que permiten la conectividad estructural a partir de la distribución espacial de las coberturas vegetales.

Se buscó unir los núcleos de bosque denso más sobresalientes y que se ubican en los siguientes municipios: Yarumal, Angostura, entre Belmira, San José de La Montaña, Liborina, Sabanalarga y San Andrés de Cuerquia; entre Sopetrán y San Jerónimo; entre Santa Rosa de Osos y Don Matías; entre San Vicente, Concepción, Alejandría y El Peñol; entre Concepción y Barbosa; entre El Carmen de Viboral, Sonsón y La Unión; entre

Heliconia, Angelópolis y La Estrella; entre Caldas, El Retiro y Envigado; entre otros (Figura 7).

De esta manera, se busca mantener la dinámica ecosistémica, al facilitar el flujo entre poblaciones de diferentes áreas boscosas, a partir de la delimitación de corredores que tienen una mayor viabilidad, dada la distribución espacial de las coberturas vegetales naturales.

De acuerdo con la Figura 8, las áreas que tienen mayor posibilidad de ser conectadas son aquellas donde permanece la vegetación natural (donde se encuentran los núcleos mencionados anteriormente); formando importantes corredores que atraviesan diferentes municipios así:

❖ **Corredor del noroccidente:** se encuentra en jurisdicción de Corantioquia, entre los municipios que conforman las territoriales Hevéxicos y Tahamíes, donde prevalecen los núcleos de bosque denso más grandes dentro del SIRAP PCA. Se encuentran hacia las vertientes altas de los municipios de Ebéjico, San Jerónimo, Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, Santa Fe de Antioquia, Olaya, Liborina, Sabanalarga, Belmira, San Andrés de Cuerquia, San José de la Montaña, Entrerríos, Santa Rosa de Osos y Yarumal. Las áreas que conectan los núcleos boscosos tienen coberturas vegetales como mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, correspondientes estos últimos a fragmentos de forma alargada, ubicados principalmente alrededor de los drenajes.

❖ **Corredor del norte:** se localiza en jurisdicción de Corantioquia en la dirección territorial Tahamíes. Hacen parte de éste los municipios de Angostura, Santa Rosa de Osos y Don Matías; en el futuro puede conectarse al corredor anterior, con los municipios de Yarumal y Entrerríos. Su fragmentación se debe al avance de la frontera pecuaria, ya que en esta parte sobresalen los pastos limpios para el mantenimiento de una ganadería de tipo intensiva.



Figura 7. Bosques densos núcleo unidos a partir de los corredores estructurales en el SIRAP PCA.

[Ver archivo en pdf](#)

Figura 8. Corredores estructurales en el área de influencia del SIRAP PCA.

[Ver archivo en pdf](#)

❖ **Corredor del nororiente:** se localiza hacia el oriente antioqueño en jurisdicción principalmente de Cornare, comprendiendo municipios de diferentes territoriales, Santo Domingo (Porce Nus), Concepción (Aguas), San Vicente y Guarne (Valle de San Nicolás) y parte nororiental del municipio de Medellín (Corantioquia – Aburrá Norte). La vegetación natural se encuentra muy fragmentada, muchas veces inmersa en una matriz de cultivos o pastos, pero hacia las vertientes permanecen parches de bosque que vale la pena conservar, especialmente entre Santo Domingo y Concepción.

❖ **Corredor del suroriente:** conecta uno de los núcleos de bosque más importante del SIRAP PCA y es el ubicado en el municipio del Carmen de Viboral y La Unión. Hace parte principalmente de la jurisdicción de Cornare, en la territorial Valle de San Nicolás, comprendiendo los municipios del Carmen de Viboral, La Unión, La Ceja, Guarne, Rionegro y El Retiro; también comprende parte de los municipios de Caldas, Envigado, Fredonia, Montebello y Santa Bárbara de jurisdicción de Corantioquia.

❖ **Corredor del centro y suroeste:** es el más pequeño de todos en cuanto a superficie, pero conecta importantes zonas de las vertientes altas de los municipios de Angelópolis, Amagá, Venecia, La Estrella, Armenia, Heliconia, Caldas, Medellín y Ebéjico, dentro de la jurisdicción de Corantioquia en las direcciones territoriales Aburrá Sur, Aburrá Norte y parte de Hevéxicos. En este corredor la presión antrópica, tanto por aumentar áreas para uso agropecuario, como urbano, limitan su conectividad hacia otras regiones del SIRAP PCA, como el oriente y el occidente.

Por otro lado, el estado de fragmentación de la cobertura vegetal natural, las áreas aledañas a los núcleos de bosques y cubiertas con cultivos (permanentes), pastos (arbolados, enmalezados o naturales), y otro tipo de cobertura, forman agroecosistemas o paisajes rurales que se deben considerar en el establecimiento de la ruta más corta para unir núcleos de bosque denso. Aunque su estructura y composición es poco compleja, comparadas con las de vegetación natural, se hace necesaria su integración, ya sea para restaurar ecosistemas boscosos o para integrar el ambiente, las poblaciones (vegetales y animales) y el hombre.

En algunas zonas, la reducción de la conectividad del paisaje se da principalmente por cambios en el uso del suelo, los cuales se relacionan directamente con la actividad antrópica que se ejerce sobre éste.

Las principales causas de pérdida de conectividad se deben a la expansión de la frontera agropecuaria y urbanística, trayendo como consecuencia la reducción de hábitats y la fragmentación de la vegetación natural en parches más pequeños, que a su vez hace que aumente el aislamiento de los parches y disminuya la diversidad.

La expansión de la frontera agropecuaria es más notable en los municipios de: La Pintada, Fredonia, Santa Bárbara, Montebello y Venecia; Titiribí y Armenia; parte central de los municipios del oriente (Rionegro, La Ceja, Marinilla, El Santuario, El Carmen de Viboral, San Vicente, El Peñol, Guatapé y Guarne); Barbosa, Don Matías, San Pedro, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Itagüí, Envigado, La Estrella, Sabaneta y Caldas ; Ebéjico; Entreríos y Santa Rosa de Osos; Santa Fe de Antioquia; Toledo y Sabanalarga; Angostura y Yarumal. En estos municipios prevalecen coberturas como cultivos y pastos limpios para el mantenimiento de una ganadería, tanto extensiva, como intensiva.

La expansión urbanística se localiza principalmente en los municipios que hacen parte de la región metropolitana del valle de Aburrá (ésta sólo se conecta hacia la parte alta de las vertientes donde se encuentran la vegetación natural) y hacia el oriente antioqueño.

La localización geográfica de estos corredores, pone de manifiesto la situación predominante de las áreas boscosas: su ubicación particular principalmente hacia las partes altas de las vertientes.

#### **4.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO**

En términos generales, la clasificación realizada por el IGAC (2007), muestra una buena coincidencia con lo observado en campo; sin embargo es necesario corregir y precisar algunos conceptos que fueron asumidos en forma predeterminada y que a la luz de la salida de campo realizada deben ser modificados.

También se observa deficiencias en la identificación de algunas categorías especificadas en el sistema de clasificación Corine Land Cover, introduciendo errores en las unidades separadas, ya que lo representado en el mapa no correspondía con lo observado en campo.

Los resultados de la validación de la cobertura vegetal dentro del área que conforma el SIRAP PCA, se explica a continuación.

#### ❖ **Revisión de la cartografía existente**

Aunque la clasificación de los mapas de coberturas vegetales existentes en las Corporaciones es diferente al del Corine Land Cover, se homologaron de tal forma que fueran comparables entre sí. Luego se superpusieron y se visualizaron las diferencias que existían entre ellos para confrontarlas con los técnicos de las mismas corporaciones, cuya experticia y conocimiento del área permitió de manera asertiva detectar posibles errores en la identificación de las unidades de vegetación.

#### ❖ **Reconocimiento de los técnicos de las CAR's sobre el territorio**

Los técnicos identificaron las principales coberturas existentes en cada región como se muestra en la Tabla 16.

Al comparar estas coberturas con el mapa de Corine Land Cover, se describieron algunas coberturas representativas que no se visualizaban en el mapa y que se detalla a continuación con los recorridos de campo.

#### ❖ **Recorridos generales de campo**

Durante los recorridos de verificación y validación de las coberturas se notó que las áreas cubiertas con pastos son fácilmente identificables en las imágenes; por lo que hubo mayor coincidencia con la clasificación realizada. Esta alta coincidencia está relacionada con el contraste que ofrece este tipo de vegetación sobre otros tipos de cobertura, lo que permite su mejor delimitación.

Tabla 16. Principales coberturas vegetales identificadas por los técnicos de las CAR's.

<b>Región</b>	<b>Coberturas vegetales</b>
Norte	Pastos limpios Bosque natural fragmentado con arbustos Mosaicos de pastos y cultivos Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales Bosque plantado de coníferas
Occidente	Mosaicos de pastos y espacios naturales Bosque natural fragmentado con arbustos Cultivos permanentes
Oriente	Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales Pastos limpios Bosque natural denso Bosque natural fragmentado con arbustos Mosaico de pastos y cultivos Vegetación arbustiva (arbustos y matorrales)
Nordeste	Bosque natural fragmentado con arbustos Pastos
Suroeste	Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales Cultivo permanente de café Pastos limpios Bosque natural fragmentado con arbustos
Valle de Aburrá	Tejido urbano continuo Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales Bosque natural fragmentado con arbustos Pastos Bosque plantado de coníferas

Para la región norte, se observa que hay una deficiencia en la identificación de los bosques plantados de coníferas, por lo que este tipo de cobertura fue subvalorado, a pesar de ser una cobertura que ocupa importantes áreas en los municipios de Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña, Yarumal y Entrerriós.

Algunas zonas de cultivos también han sido mal clasificadas, especialmente en lo referente a cultivos específicos (nivel 3 de la clasificación Corine Land Cover), ya que no existen cultivos de algodón en la zona, los cultivos principales son papa, tomate de árbol y hortalizas en menor proporción.

Existen también áreas identificadas como tierras desnudas o degradadas que probablemente se confundieron con tierras labradas para el establecimiento de cultivos transitorios (papa), muy comunes en la región del norte.

Las áreas clasificadas como de bosques de galería, en realidad corresponden a bosques naturales fragmentados, que en esta zona corresponden a ecosistemas altoandinos de robledales.

En los municipios que hacen parte de la región del occidente antioqueño, los errores en la clasificación pueden ser debido a la dificultad de separar unidades, donde los árboles no permiten una clara diferenciación en las imágenes analizadas; de esta manera, polígonos clasificados como de bosque natural fragmentado (con arbustos y/o con pastos y cultivos), en realidad corresponden a mosaicos de pastos y espacios naturales. Los pastos localizados en zonas secas, hacia la margen derecha del río Cauca (entre los municipios de Sabanalarga, Liborina, Sucre, Olaya y Sopetrán), son arbolados o enmalezados y la cobertura de vegetación natural se encuentra principalmente como franjas estrechas alrededor de los drenajes.

Las áreas clasificadas como cultivos permanentes de café entre los municipios de Sabanalarga y Liborina, en realidad son un mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Aunque el café es un cultivo predominante no es la única cobertura que se encuentra en esta zona y los cultivos ocupan áreas discontinuas.

Hacia el municipio de Ebéjico hay una alta coincidencia de lo observado con lo que se encuentra en el mapa (mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales). Sin embargo se observa dificultades con los polígonos de bosque natural fragmentado con pastos y cultivos, ya que se confunden con los cultivos de café que tienen sombrío.

Para la región del oriente antioqueño, hay una buena coincidencia con lo observado en campo y con la cartografía digital de Cornare. No obstante, fue necesario modificar algunos polígonos.

En el Carmen de Viboral existe un polígono nombrado como bosque natural fragmentado con arbustos y matorrales y de acuerdo con técnicos de Cornare y lo observado, es una zona de bosque natural denso. En el municipio de San Vicente el mapa del IGAC (2007), clasificó la cobertura como bosque natural fragmentado con pastos y cultivos, pero corresponde a un mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; también se detallaron algunos parches de bosque natural fragmentado. Hacia los municipios de El Peñol y

Guatapé (alrededor del embalse El Peñol), el técnico de Cornare sugirió modificar la cobertura de mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaicos de pastos y espacios naturales y pastos limpios por vegetación arbustiva (arbustos y matorrales), que es en realidad lo que predomina en esta zona. Los cultivos ocupan áreas pequeñas que no son cartografiables en esta escala.

Hacia el municipio de Santo Domingo, ubicado en el nordeste del departamento, hay una alta coincidencia entre lo observado y el mapa.

En el valle de Aburrá, se nota una deficiente identificación de los bosques plantados de coníferas, por lo que este tipo de cobertura fue subvalorada, a pesar de ser una cobertura que ocupa importantes áreas en los municipios de Caldas, La Estrella, Medellín (en el corregimiento de San Antonio de Prado), Bello y Envigado. Áreas que han permanecido ocupadas por varias décadas por plantaciones forestales, según IGAC (2007), aparecen ocupadas por pastos, bosque natural fragmentado con cultivos y pastos o mosaicos de pastos y cultivos.

En los municipios del valle de Aburrá norte (Copacabana, Girardota y Barbosa principalmente), son notables las fincas de recreo y parcelaciones; pero su delimitación es deficiente, ya que en Copacabana y Girardota, se sobredimensiona, mientras que en Barbosa ni siquiera se espacializan. Además, los municipios de Copacabana y Girardota poseen importantes áreas ocupadas por mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales que no aparecen especializados.

También hay una deficiencia en la localización de explotaciones mineras, de gran relevancia en el municipio de Medellín, Itagüí, Bello y Copacabana.

Es bien sabido que hacia la parte alta de las vertientes del valle existen parches de vegetación natural que conforman unidades de bosque natural fragmentado con arbustos o bosque natural denso, las cuales no fueron espacializadas; como es el caso de los fragmentos ubicados en Caldas, Sabaneta y Envigado.

A nivel general, en toda el área que conforma el SIRAP PCA, se clasificaron algunos polígonos como bosque de galería y/o ripario, lo cual no corresponde con la definición de este tipo de ecosistemas.



Los bosques de galería presentan particularidades geomorfológicas y pedológicas tales como el trazado y la oscilación del nivel del agua, que son condicionantes importantes en su ocurrencia y desarrollo. Son ecosistemas que se encuentran unidos al microclima, la fertilidad de los suelos y la fluctuación del nivel freático; por lo que la vegetación está sometida de manera natural a una fuerte dinámica ocasionada por la influencia del agua (soportan inundaciones temporales). Su función hidrológica está relacionada con la influencia sobre factores como la escorrentía, la estabilidad de las márgenes, el equilibrio térmico del agua (favorece la ictiofauna), el ciclaje de nutrientes y el control de la sedimentación, entre otros (Barbosa 2000; Treviño, Cavazos & Aguirre 2001).

Al verificar en campo algunos de los polígonos clasificados como bosques de galería, se observó que en realidad corresponden a parches de bosque natural fragmentado que permanece alrededor de fuentes de agua; además, los bosques de galería no se encuentran en zonas de alta montaña, como aparece en el mapa de coberturas del IGAC (2007).

Las coberturas verificadas se muestran en la Figura 9.

#### **4.4 HOMOLOGACIÓN, VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO**

De acuerdo con las observaciones de campo, a la información cartográfica de Cornare y Corantioquia, para la clasificación de las coberturas según el sistema Corine Land Cover, se asignaron los usos del suelo que se muestran en la Tabla 17.

Figura 9 . Mapa de coberturas vegetales para el área conformada por el SIRAP PCA.

Ver archivo en pdf.

Tabla 17. Usos del suelo asignados a la clasificación de coberturas.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Símbolo	Usos del suelo según clasificación de Corantioquia
	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo		1.1.1	Urbano
		Tejido urbano discontinuo		1.1.2	Urbano
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Zonas industriales o comerciales		1.2.1	Comercial
		Aeropuertos		1.2.4	De servicios
		Obras hidráulicas		1.2.5	No aplica
Territorios artificializados			Explotación de carbón	1.3.1.2	Minero
			Explotación de oro	1.3.1.3	Minero
			Explotación de materiales de construcción	1.3.1.4	Minero
			Otras explotaciones mineras	1.3.1.5	Minero
			Zonas de recuperación minera (oro y otros)	1.3.1.6	No aplica
			Escombreras y vertederos	1.3.2	Botaderos de escombros
		Instalaciones recreativas	1.4.2	No aplica	
		Fincas de recreo – parcelaciones	1.4.3	Parcelaciones campestres o turismo	
	Cultivos anuales o transitorios	Otros cultivos anuales o transitorios		2.1.1	Comercial
		Papa		2.1.4	Comercial
		Maíz		2.1.5	Comercial
Territorios agrícolas		Otros cultivos permanentes		2.2.1	Comercial
	Cultivos permanentes	Caña panelera		2.2.3	Comercial
		Plátano y banano		2.2.4	Comercial
		Café		2.2.5	Comercial

Tabla 17. Continuación.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Símbolo	Usos del suelo según clasificación de Corantioquia
Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Frutales		2.2.8	Comercial
		Cultivos confinados		2.2.9	Agroindustrial, invernaderos
	Pastos	Pastos limpios		2.3.1	Ganadería intensiva para la producción de leche y levante
		Pastos arbolados		2.3.2	Ganadería intensiva o extensiva
		Pastos enmalezados o enrastrados		2.3.3	Ganadería extensiva principalmente para la producción de ganado de doble propósito
		Mosaico de cultivos		2.4.1	Comercial o autoconsumo
		Mosaico de pastos y cultivos		2.4.2	Ganadería/Comercial o autoconsumo
		Áreas agrícolas heterogéneas - mosaicos	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales		2.4.3
	Mosaico de pastos y espacios naturales			2.4.4	Ganadería/Bosque protector, productor-protector o productor
	Bosque natural denso			3.1.1	Bosque protector, productor-protector o productor
Bosques y áreas seminaturales	Bosques		Bosque natural fragmentado	Con arbustos y matorrales	3.1.2.1
			Con pastos y cultivos	3.1.2.2	No aplica
		Bosque de galería y/o ripario		3.1.3	Bosque protector, productor-protector o productor
			Coníferas	3.1.5.1	Plantación protectora, Plantación productora-protectora o Plantación productora
		Bosque plantado	Latifoliadas	3.1.5.2	Plantación protectora, Plantación productora-protectora o Plantación productora

Tabla 17. Continuación.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Símbolo	Usos del suelo según clasificación de Corantioquia
		Pastos naturales y sabanas herbáceas	Pastos naturales	3.2.1.1	Ganadería extensiva principalmente para la producción de ganado de doble propósito
	Áreas con vegetación herbáceo arbustiva	Arbustos y matorrales		3.2.2	Productor-protector – enriquecimiento de suelos para posterior establecimiento de cultivos o pastos
Bosques y áreas seminaturales		Vegetación esclerófila		3.2.3	Bosque protector
		Vegetación de páramo y subpáramo		3.2.4	Bosque protector
		Playas, arenales y dunas		3.3.1	Materiales para construcción o agricultura y ganadería transitoria
		Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos	3.3.2	Suelo desnudo natural escarpe rocoso improductivo
Áreas húmedas		Tierras desnudas o degradadas		3.3.3	Suelo desnudo antrópico por prácticas inadecuadas – suelo desnudo natural
	Áreas húmedas continentales	Zonas pantanosas		4.1.1	No aplica
		Ríos (50m)		5.1.1	Materiales para construcción o agricultura y ganadería transitoria
Superficies de agua	Aguas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas		5.1.2	Protección de vida silvestre y acuática
		Canales		5.1.3	No aplica
		Embalses y cuerpos de agua artificiales		5.1.4	Acueducto o hidroelectricidad

#### **4.5 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES Y USOS**

Dado que las coberturas vegetales delimitadas a partir de la metodología Corine Land Cover por el IGAC (2007a), presentan falencias en su clasificación, se hace necesario implementar una metodología que permita la validación y actualización de la información; de tal manera que se obtenga mayor precisión en la espacialización de las coberturas. Además es importante establecer un mayor nivel de detalle, especialmente en áreas clasificadas dentro de los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, ya que la generalidad de estos polígonos disminuye la posibilidad de tener elementos más precisos y que son aplicables a la conservación de ecosistemas para conformar el sistema de áreas protegidas.

Para actualizar la cobertura vegetal se propone el siguiente procedimiento:

- ❖ Revisión de la información secundaria, fotografías aéreas e imágenes de satélite recientes, entre otros; de tal manera que se tengan insumos que permitan la comparación con el mapa de coberturas vegetales del IGAC (2007a).
- ❖ Análisis de fotografías aéreas o imágenes de satélite del área de estudio: básicamente se separan unidades homogéneas a partir de la interpretación visual de las imágenes, teniendo en cuenta textura, patrones de las formas y tono de las mismas. Este análisis se basa en la identificación sobre las imágenes de satélite de unidades de información de coberturas vegetales y usos del suelo, de acuerdo con la clasificación de los mismos, establecida en la leyenda del proyecto Corine Land Cover y la Tabla 17.

Se recomienda la utilización de fotografías aéreas, donde la heterogeneidad de la respuesta espectral reflejada para los mosaicos clasificados dentro del territorio, hace imposible su diferenciación mediante el uso exclusivo de las imágenes espaciales.

- ❖ Verificación de campo: el proceso de validación a partir de recorridos de campo, se desarrollaría sobre un marco de muestreo que contempla la significación y dificultad de interpretación de las clases. Por ello, se plantea que dichos recorridos se hagan

principalmente a través de la red vial (principal, secundaria y terciaria), de tal forma que permitan una mayor visualización del terreno.

Esta fase de verificación se realizará teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Preparar el recorrido por el territorio teniendo en cuenta las divisiones geográficas del mismo: norte, occidente, oriente, suroeste y valle de Aburrá. Esto permite establecer una ruta secuencial que optimiza los recursos financieros y técnicos.
  - Determinar las rutas de manera preliminar sobre la cartografía básica existente y con la ayuda de técnicos de la Corporación, con el fin de identificar las vías que pueden ser más útiles durante los recorridos y que permiten la visualización o acceso al terreno que se desea verificar.
  - Descripción de lo observado durante los recorridos, con lo cual se pretende comparar el mapa de coberturas, con la información de referencia (la del terreno), a través de observaciones que precisen la clasificación realizada y los usos del suelo que se encuentran. Las observaciones de campo se realizarán en función de las definiciones que se tienen para el sistema de clasificación Corine Land Cover.
- ❖ Una vez concluida la fase de verificación de campo para el levantamiento de la información, se empieza con operaciones como la recodificación o generación de nuevos polígonos en formato digital.
- ❖ Filtro de clasificación: una vez se realizadas todas las correcciones a la clasificación, quedan pixeles aislados, los cuales en muchos casos no representan el área mínima cartografiable, por lo que es necesario aplicar un filtro para que las clases predominantes absorban estos pixeles.
- ❖ Edición final de los resultados de clasificación: al finalizar las modificaciones en los polígonos, se debe realizar la estructuración topológica de acuerdo con las siguientes reglas topológicas de ESRI: 1. No debe sobreponerse un polígono con otro y 2, No deben existir huecos entre polígonos.

## CONCLUSIONES

- ❖ Dado que la representatividad de las coberturas vegetales naturales es muy baja para algunas unidades homogéneas, es necesario enfocar esfuerzos a aumentarlas, de tal forma que las áreas protegidas contengan una mayor variabilidad en cuanto a regiones biogeográficas representadas; especialmente con los bosques densos y la vegetación de páramo.
- ❖ Las áreas que sirven como corredores entre los núcleos de bosque denso, se ubican principalmente hacia las partes altas de las vertientes, donde las actividades antrópicas no tienen un importante desarrollo.
- ❖ La construcción de corredores estructurales es un insumo básico para precisar la funcionalidad de los corredores, la cual debe llevarse a cabo con el fin de detallar su función biológica (p.e. protección de rutas migratorias, protección de especies focales, entre otros).
- ❖ En el mediano o largo plazo, es necesario especificar la función de los corredores de acuerdo con los objetivos que puedan cumplir: corredores biológicos o de hábitats, corredores de conservación o corredores de desarrollo sostenible.
- ❖ La viabilidad de los corredores necesita insumos relacionados con la actividad socioeconómica de cada zona, la cual debe ser estudiada a futuro.
- ❖ En términos generales, la clasificación muestra una buena coincidencia con lo observado en campo; sin embargo es necesario corregir algunas unidades que fueron separadas y que a la luz de la salida de campo realizada, deben ser modificadas para que las coberturas del territorio sean acordes con la realidad.
- ❖ Mejorar la adaptación de la clasificación de cobertura de la tierra "Corine Land Cover, debido a que existen conceptos que fueron asumidos en forma predeterminada y que en realidad no aplican al territorio; como es el caso de la categoría de bosques de galería y/o riparios.



- ❖ La clasificación de los mosaicos, son una buena manera de integrar diversas coberturas en áreas donde éstas coexisten; no obstante, es importante separar las unidades de vegetación natural en algunas de estas zonas, ya que algunos fragmentos de bosque deben ser visualizados con mayor detalle, especialmente para proyectos que ameritan su conservación.
  
- ❖ Dado que la escala del mapa Corine Land Cover es 1:25.000, se recomienda tener en cuenta la unidad mínima cartografiada para eliminar polígonos por debajo de esta unidad, que en este caso corresponde a 6,25 ha.
  
- ❖ Es necesario realizar una verificación de campo con mayor detalle, con el fin de mejorar y precisar las clasificaciones del mapa de coberturas.

## BIBLIOGRAFÍA

BARBOSA, L. M. Considerações gerais e Modelos de Recuperação de formações ciliares. 2000. pp. 289 – 312.

BENNETT, A. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN, Gland, CH/ Cambridge, RU. 1998. 276 p.

BIERREGAARD, R. O. Jr. *et al.* The biological dynamics of tropical rainforest fragments. A prospective comparison of fragments and continuous forest. En: BioScience. Vol. 42, No. 11 (Dic, 1992); p. 859 – 866.

BURNETT, Michael. R. *et al.* The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity. I. A patch – scale perspective. En: Conservation Biology. Vol. 12, No. 2 (Abril, 1998); p. 363–370.

CAVELIER 1997

CÉSPEDES AGÜERO, M .V. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del área de conservación Osa, Costa Rica. Turrialba, 2006. 164 p. Tesis de grado (Magister Scientiae en Manejo y Conservación de bosques Tropicales y biodiversidad). Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE.

COORDINACIÓN DEL FORO DE REPRESENTATIVIDAD. Hoja de hechos Representatividad [en línea]. (Octubre 2005). Disponible en Internet: [http://www.plandirectorandp.com/documentos/HOJA\\_DE\\_HECHOS\\_REPRESENTATIVIDAD.pdf](http://www.plandirectorandp.com/documentos/HOJA_DE_HECHOS_REPRESENTATIVIDAD.pdf). Consultado septiembre de 2008.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA – CORANTIOQUIA. Memoria explicativa de la homologación del mapa de coberturas y usos del suelo en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. Medellín: Subdirección de Planeación, Área de Ordenamiento Territorial. CORANTIOQUIA. 2002.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA – CORMAGDALENA. Producción de cartografía de cobertura y uso del suelo, escala 1:100.000 (metodología Corine Land Cover – CLC). [en línea]. Disponible en Internet: [http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/Proyectos/Coring%20Laung/Informe%20%20Corine%20Land%20Cover%20-%202005%20-%20\(%20Elaborado%20%2025%20de%20sep.%202006%20\).pdf](http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/Proyectos/Coring%20Laung/Informe%20%20Corine%20Land%20Cover%20-%202005%20-%20(%20Elaborado%20%2025%20de%20sep.%202006%20).pdf). Consultado en octubre de 2008.

DE LUCIO FERNÁNDEZ, J. V. Conectividad y redes de espacios naturales protegidos. Del modelo teórico a la visión práctica de la gestión. En: JUNTA DE ANDALUCÍA. Conectividad ambiental. Las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Andalucía: Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales, 2003. 200p.

DÍAZ PINEDA, F. & SCHMITZ, M. F. Tramas espaciales del paisaje. Conceptos, aplicabilidad y temas urgentes para la planificación territorial. En: JUNTA DE ANDALUCÍA. Conectividad ambiental. Las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Andalucía: Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales, 2003. 200p.

ETTER 1997

FORMAN, R. T. & GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

FUNDACIÓN ECOANDINA 2004

HERNÁNDEZ CAMACHO & SÁNCHEZ PÁEZ . 1992

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT – IAvH. Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (Ley 165 de 1994) y Protocolo de Cartagena sobre Seguridad en la Biotecnología. Bogotá, D. C., 2003. 118 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2007. 276 p.

\_\_\_\_\_. Mapa de coberturas terrestres desarrollado bajo la metodología "Corine Land Cover" en el marco del proyecto "Levantamiento semidetallado de las coberturas terrestres, departamento de Antioquia. Santa Fe de Bogotá: IGAC. 2007a.

\_\_\_\_\_. Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes. Santa Fe de Bogotá: IGAC. 1992. 114p.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA – INTA. Criterios a tener en cuenta para elección de áreas de conservación en Patagonia árida [en línea]. Disponible en Internet: [http://www.inta.gov.ar/bariloche/desarrollo/gesrural/documentos/gef/Material\\_taller\\_ML/AP/Criterios\\_Areas.doc](http://www.inta.gov.ar/bariloche/desarrollo/gesrural/documentos/gef/Material_taller_ML/AP/Criterios_Areas.doc). Consultado septiembre de 2008.

JOHNSON, N. Biodiversity in the balance: approaches to setting Geographic conservation priorities. Washington DC: Biodiversity Support Program, 1995. 116 p.

JUNTA DE ANDALUCÍA. Conectividad ambiental. Las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Andalucía: Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales, 2003. 200p.

KATTAN, G. H. & ALVAREZ LÓPEZ H. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the colombian Andes. En: SCHELHAS, John & GREENBERG, Russell. Forest patches in tropical landscapes. Washington, D.C.: Island Press, 1996. pp. 3-18.

MALLARACH, J. M. Análisis y diagnóstico de la conectividad ecológica y paisajística en el sector sur del Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz. Estudio de opciones y alternativas para maximizar el beneficio social y ecológico de los enlaces potenciales del Anillo Verde con los Montes de Vitoria. [en línea]. Disponible en Internet: [www.vitoria-gasteiz.org/cea/documentos/822es.pdf](http://www.vitoria-gasteiz.org/cea/documentos/822es.pdf). Vitoria-Gasteiz, 2004. 23p. Consultado septiembre de 2008.

MÁRQUEZ CALLE, G. Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. En: Gestión y ambiente. Vol. 5 (2000); pp. 33 - 49.

MARULL, J & MALLARACH, J. M. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. En: Revista Ecosistemas. Vol 11, No. 2 (May. 2002).

MAS, J. F & PÉREZ-VEGA, B. A. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/460/sinap.html>. Consultado septiembre de 2008.

MUÑOZ, M.; NÚÑEZ, H. & YÁÑEZ, J. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile. [en línea]: Disponible en Internet: [www.cipma.cl/RAD/1997/3\\_Munoz.pdf](http://www.cipma.cl/RAD/1997/3_Munoz.pdf). Consultado septiembre de 2008.

O'NEILL, R. V.; et al. Monitoring environmental quality at the landscape scale. En: BioScience. Vol. 47, No. 8 (Sep, 1997); p. 513-519.

SASTRE, P.; DE LUCIO, J. V. & MARTÍNEZ, C. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la comunidad de Madrid. En: Revista Ecosistemas. Vol 11, No. 2 (May. 2002).

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. En: Conservation biology. Vol. 5, No. 1 (Mar, 1991); p. 18-32.

SCHELHAS, J. & GREENBERG, R. Introduction: the value of forest patches. En: SCHELHAS, J. & GREENBERG, R. Forest patches in tropical landscapes. Washington, D.C.: Island Press, 1996. p. 15-36.

SHAFER, Craig L. Values and shortcomings of small reserves. Dealing with the smallest habitat fragments when some of them are all that is left. En: BioScience. Vol. 45, No. 2 (Feb., 1995); p. 80-88.

TREVIÑO GARZA, E. J.; CAVAZOS CAMACHO, C. & AGUIRRE CALDERÓN, O. A. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. En: Madera y Bosques. Vol. 7 No. 1 (2001); pp. 13 – 25.

VAN DER HAMMEN, 1997

## **ANEXO**

Anexo. Estructuración de la información espacial para la identificación de áreas protegidas del PCA.

La representación de objetos geográficos a través de polígonos, líneas o puntos, se facilita a través de la utilización de Arc Gis 9.x como herramienta para estructurar la información en un sistema de información geográfica, de tal forma que permitan describir un fenómeno real que se desea analizar.

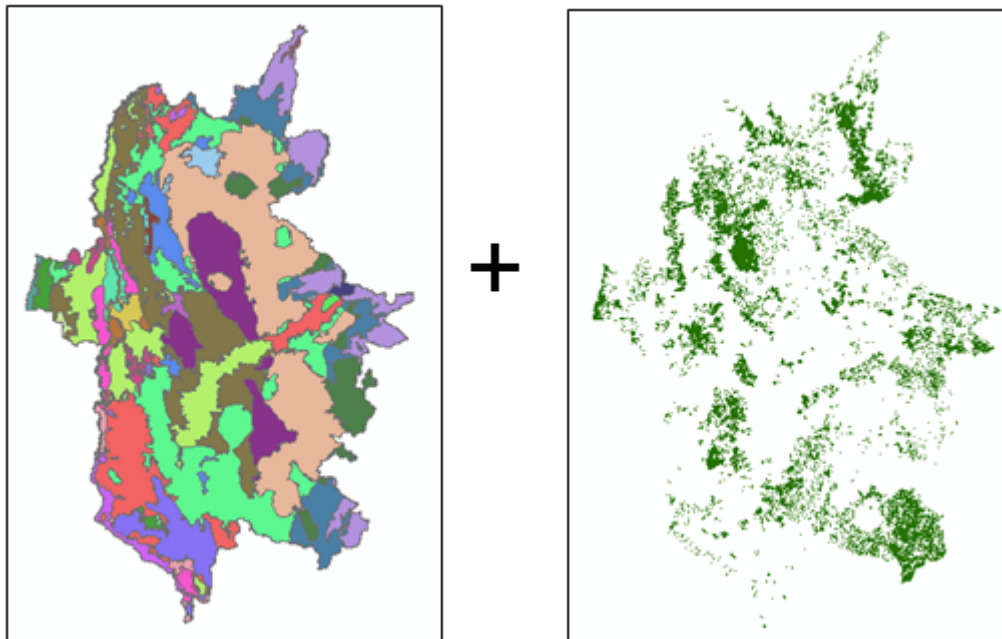
Además, a través de un SIG, es posible manejar la información para la toma de decisiones en los procesos de planificación, como es el caso de la definición de las áreas protegidas que hacen parte de un sistema, específicamente el Sistema Regional de Áreas Protegidas del Parque Central de Antioquia – SIRAP PCA.

En este caso, se estructuró parte de la información relacionada con criterios biológicos (representatividad, conectividad y coberturas vegetales), que se tienen en cuenta para desarrollar la delimitación, zonificación y formulación del Plan Operativo para el Desarrollo del Plan Estratégico del SIRAP-PCA, como se explica a continuación.

## **REPRESENTATIVIDAD**

Como insumos para este parámetro se utilizaron la especialización de ecosistemas continentales, realizada por IGAC (2007), y el mapa de coberturas vegetales de Antioquia desarrollado a través de la metodología Corine Land Cover por el IGAC (2007a). El primero, contiene los campos de clima (precipitación y temperatura), geopedología (pendiente, suelos y paisaje geomorfológico), a partir del cual se separaron las unidades biogeográficas y el segundo contiene los polígonos seleccionados con vegetación natural (bosque natural denso, bosque natural fragmentado y vegetación de páramo), que aún permanece en el área que conforma el PCA. Luego se combinaron ambos temas con el comando Union del Arc Gis 9.x como se muestra en la Figura 10 para obtener la representatividad de la cobertura vegetal natural en cada unidad biogeográfica.

Figura 10. Combinación de dos layers con diferentes atributos.



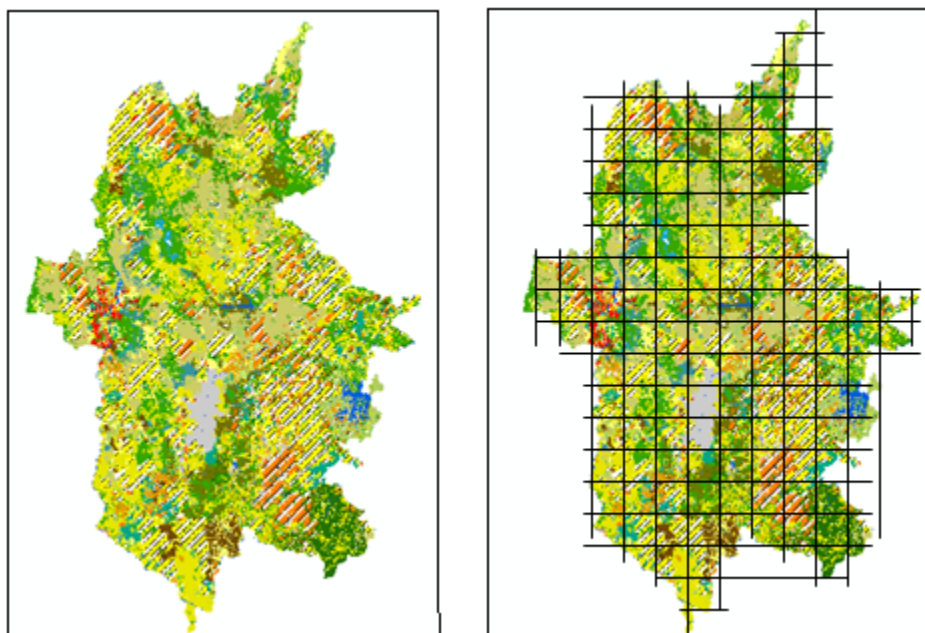
## CONECTIVIDAD

La función del SIG más común para el diseño de corredores, que ha sido usada para establecer las rutas de conectividad, es el costo – distancia. Esta función se encuentra en el software Arc GIS 9.x, e incorpora una medida de la resistencia de la matriz del paisaje al movimiento de las especies. La función identifica las rutas de menor costo en toda el área de estudio en la cual se han asignado valores de fricción al desplazamiento de las especies para cada unidad de área (Céspedes 2006).

El procedimiento para obtener los corredores se explica a continuación.

- ❖ Se rasteriza el mapa de coberturas vegetales de Corine Land Cover, el cual se encuentra en formato vectorial. Este proceso se lleva a cabo superponiendo una maya o tesela sobre los datos vectoriales, que en este caso corresponden a la clasificación de las coberturas, valoradas según su grado de dificultad para el flujo entre ecosistemas (Figura 11).

Figura 11. Conversión vector a raster.



Con la extensión *Spatial Analyst*, se operan los datos en formato ráster para realizar funciones relacionadas con geoprocesamiento de las mismas. Básicamente se utiliza el algoritmo de la distancia, tanto en línea recta (euclidiana), como ponderada por el costo.

- ❖ Se calcula la distancia lineal o euclidiana a las zonas que se busca conectar, en este caso, los fragmentos boscosos con área  $\geq 100$  ha (áreas núcleo), como se muestra en la Figura 12.
- ❖ Se calcula la distancia ponderada por una superficie de costo a las áreas núcleo, en función de las coberturas vegetales en formato ráster y en función de la distancia generada anteriormente (Figura 13).
- ❖ Con el álgebra de mapas, se incluye un conjunto de operadores que se ejecutan sobre las capas ráster de entrada para producir un ráster de salida. En este caso, la función empleada fue la suma de los ráster ponderados por el costo: distancia y coberturas vegetales.
- ❖ Por último, el ráster de salida se reclasifica, según la valoración del costo-distancia para la conectividad en el área que conforma el SIRAP PCA.



Figura 12. Localización de la función para obtener la distancia en línea recta y sus parámetros de configuración.

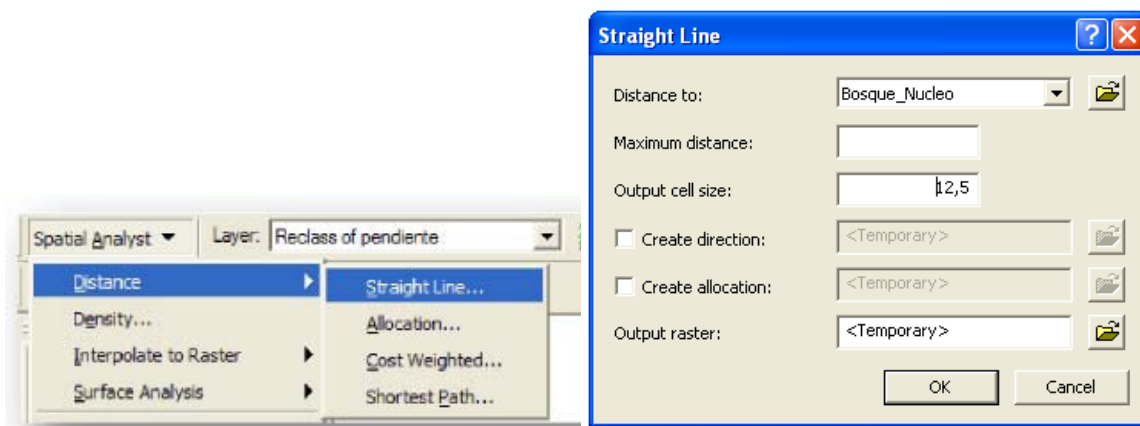
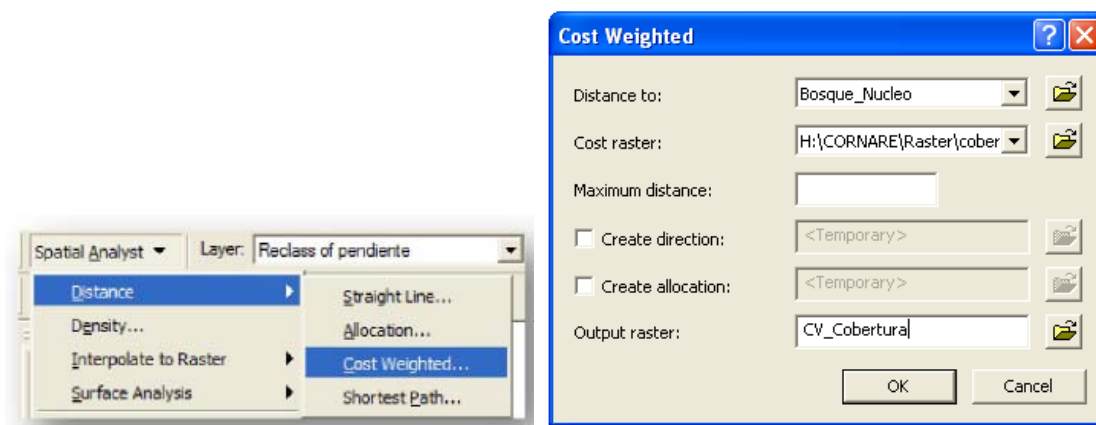


Figura 13. Localización del algoritmo para la obtención de la distancia ponderada por el coste de viaje.



## VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO

### Revisión de la cartografía existente

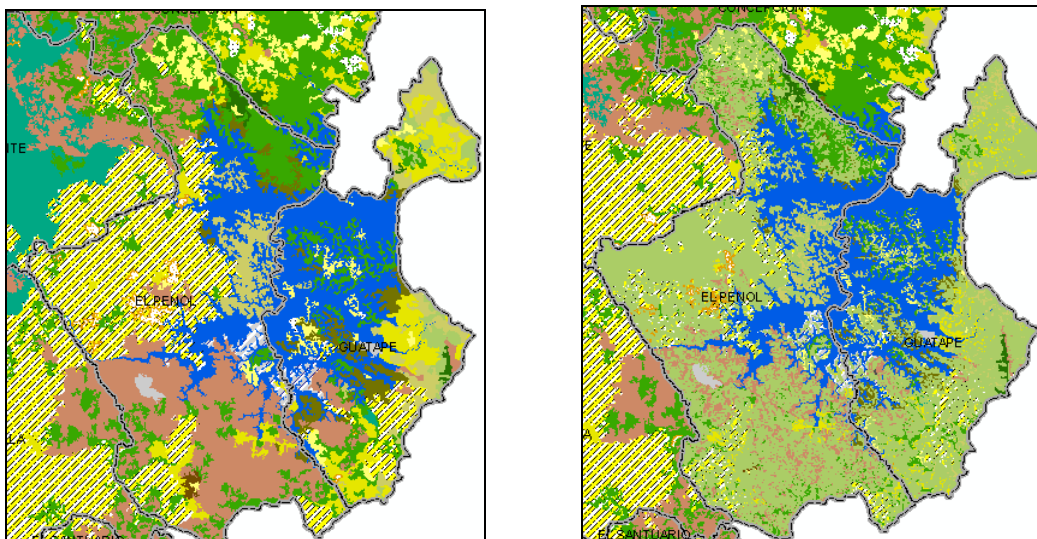
Se utilizó la información digital que poseen las Corporaciones: coberturas vegetales separadas a partir de la imagen Spot (2002), escala 1:25.000 para Corantioquia y coberturas vegetales separadas a partir de la imagen Spot (2005), escala 1:25.000 para Cornare.

Otra información utilizada fue la cartografía del proyecto SIMAP, propiedad del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2007) y planes de ordenación y manejo de cuencas.

### **Reconocimiento de los técnicos de las CAR's sobre el territorio**

A los técnicos se les mostró la cartografía en formato análogo y ellos, a partir del conocimiento sobre el territorio, se modificaron las clasificaciones a algunos de los polígonos más representativos en cada territorial y se renombraron de acuerdo con lo reportado por ellos. A modo de ejemplo en la Figura 14 se muestra el polígono que se ubica alrededor del embalse El Peñol, donde en Corine Land Cover aparece clasificado como Mosaico de pastos y cultivo y Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales; pero al verificar con funcionarios de Cornare, constataron que alrededor de este embalse predomina vegetación arbustiva y de matorrales.

Figura 14. Modificación de polígonos clasificados con Corine Land Cover.

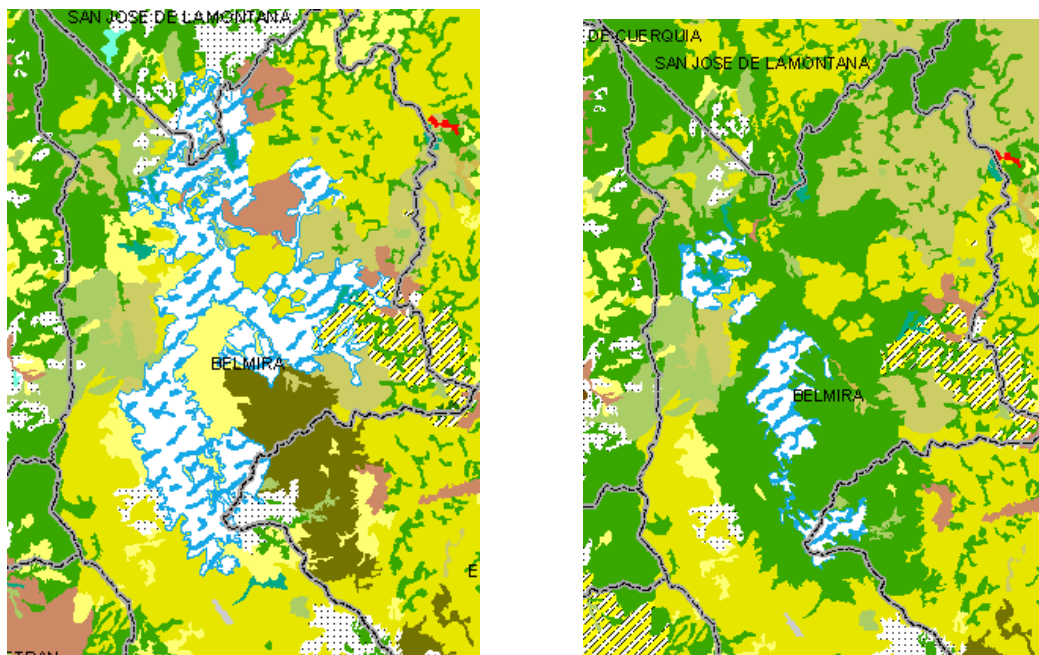


### **Recorridos generales de campo**

Con la colaboración de los técnicos, sobre la cartografía análoga fue posible detectar las zonas que era necesario verificar y precisar. De esta manera, se modificaron polígonos principalmente aquellos que hacían referencia a la cobertura de vegetación natural (bosques naturales densos, bosques naturales fragmentados y bosques de galería y/o riparios).

Al verificar en campo se observó que en zonas como el páramo de Belmira, en el mapa de Corine Land Cover no aparecen importantes parches de bosque natural que circundan el páramo, además de sobrevalorar el área ocupada por éstos; siendo necesario renombrar dichos polígonos (Figura 15).

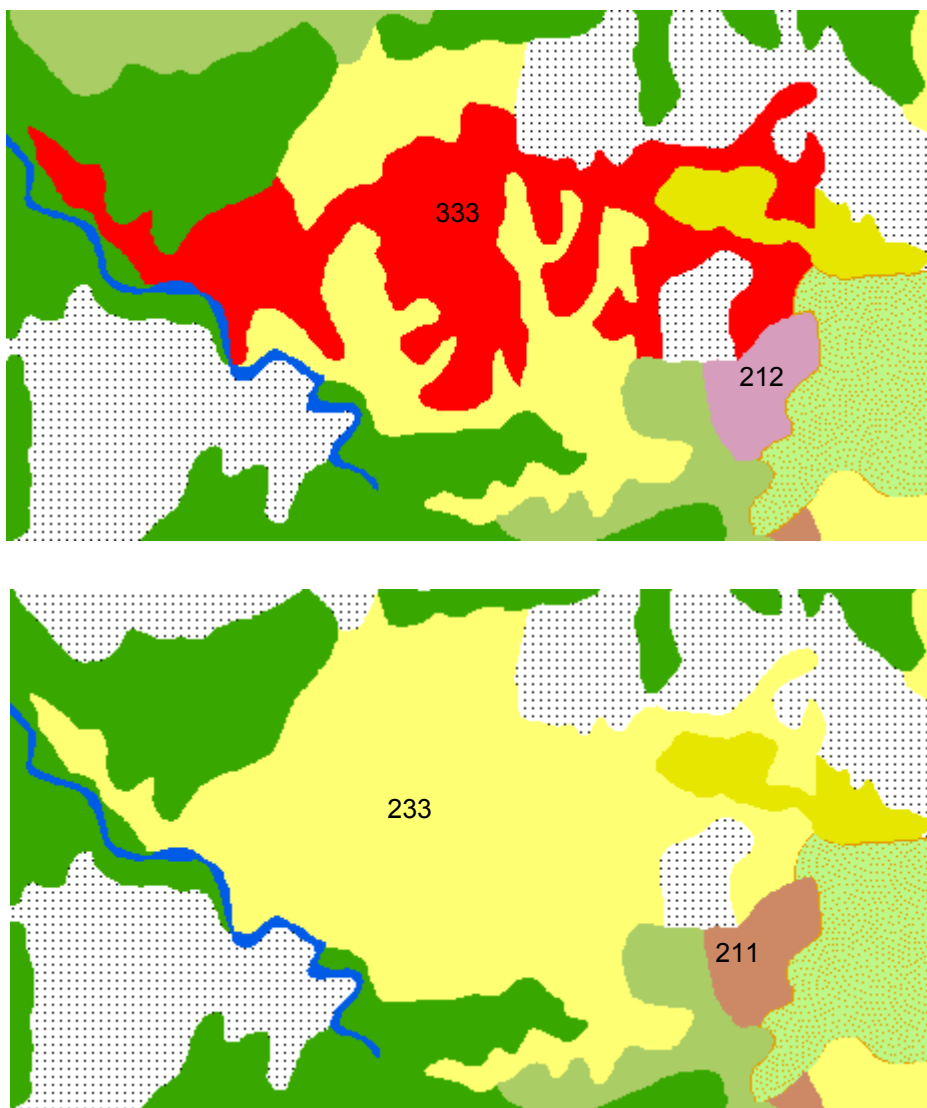
Figura 15. Modificación de la clasificación de las coberturas alrededor del páramo de Belmira.



Algunas zonas de cultivos también han sido mal clasificadas, especialmente en lo referente a cultivos específicos (nivel 3 de la clasificación Corine Land Cover), ya que no existen cultivos de algodón en la zona, los cultivos principales son papa, tomate de árbol y hortalizas en menor proporción.

Polígonos clasificados como tierras desnudas o degradadas clasificados como tal, en realidad corresponden a zonas ocupadas por cultivos transitorios (en la etapa inicial del cultivo de papa, por ejemplo) o con pastos enmalezados en zonas de bosque seco Tropical; siendo necesario renombrarlas (Figura 16).

Figura 16. Modificación de la clasificación de las coberturas en el municipio de San Jerónimo.



De esta manera, a través de los recorridos de campo se introdujeron ciertas modificaciones, que se pueden observar a través de la sobreposición del mapa elaborado por el IGAC (2007a) y el entregado en este producto.

Al finalizar las modificaciones en los polígonos, se estructuró topológicamente de acuerdo con las siguientes reglas topológicas de ESRI:

1. No debe sobreponerse un polígono con otro.
2. No deben existir huecos entre polígonos.