

**Elaboración de un modelo para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal y su articulación a los Planes de Ordenamiento Territorial. Caso de estudio: Departamento del**

**Quindío**

Jessica Alejandra Ravelo León

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica

Manizales, 2024

**Elaboración de un modelo para la aplicación de la Estructura ecológica principal y su articulación a los Planes de Ordenamiento Territorial. Caso de estudio: Departamento del**

**Quindío**

Jessica Alejandra Ravelo León

Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en

Tecnologías de la Información Geográfica

Director:

Msc. Jorge Mario Londoño López

Ecólogo

Línea de Investigación:

Análisis y Modelamiento Espacial

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica

Manizales, 2024

## Resumen

La presente investigación desarrolla un modelo de datos espaciales construido a partir de la herramienta ModelBuilder de ArcGIS para la delimitación de la Estructura Ecológica Principal, EEP, del departamento del Quindío, como un instrumento para su articulación al Ordenamiento Territorial Ambiental. Su desarrollo se compone de tres momentos relacionados con la identificación de la Estructura Ecológica Actual, la Estructura Ecológica Proyectada y un Análisis Espacial de las principales áreas naturales protegidas, donde no solo se delimitan todos aquellos elementos naturales que hacen parte de una EEP como ha sido planteada por diferentes autores, si no que incorpora este análisis sobre el estado actual de cada una de ellas.

Los resultados obtenidos permitió conocer que dichas áreas presentan un alto grado de conflicto por usos del suelo, principalmente en las zonas forestales protectoras, encargadas de mantener la oferta y regulación hídrica, como principal servicio ecosistémico de aprovisionamiento y soporte del agua, por lo que los municipios deberán incorporar dentro de sus procesos de ordenamiento territorial, estrategias para su recuperación, restauración y conservación. La delimitación de la EEP actual y proyectada permitió generar los insumos cartográficos que la componen, tales como las áreas núcleos, corredores biológicos y áreas de desarrollo sostenible; aportando un insumo importante para la gestión del ordenamiento territorial del departamento, lo que permitirá direccionar apropiadamente los modelos de ocupación territoriales para cada uno de los municipios del departamento del Quindío como herramienta de soporte para la toma de decisiones.

**Palabras clave: Estructura Ecológica Principal, Modelo de Datos Espaciales, Ordenamiento Territorial, Análisis Espacial.**

## Tabla de Contenido

	PÁG.
RESUMEN .....	III
INTRODUCCIÓN .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN ..5	
1.1. Descripción del Área Problemática .....	5
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.3. Justificación .....	6
2. ANTECEDENTES .....	8
2.1. Objetivos .....	15
2.1.1. <i>Objetivo General.</i> Construir un modelo de datos espaciales que delimite la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío y permita articular adecuadamente los procesos de ordenamiento territorial para la toma de decisiones, con el fin de orientar el modelo de ocupación hacia uno más sostenible.....	15
2.1.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	15
3. REFERENTE CONTEXTUAL.....	15
3.1. Localización.....	16
3.2. Clima.....	19
3.2.1. <i>Precipitación</i> .....	21
3.2.2. <i>Brillo Solar</i> .....	23
3.2.3. <i>Humedad y Temperatura</i> .....	23

3.3.	Cuenca Hidrográfica del Río la Vieja.....	25
	<i>Tabla 2. Extensión de la cuenca del río la Vieja por departamentos y municipios que la conforman.....</i>	<i>26</i>
3.4.	Complejo de Páramos los Nevados y Chile Barragán .....	26
3.5.	Usos y Coberturas de la Tierra.....	28
	3.5.1. Coberturas de Especial Importancia para la Estructura Ecológica Principal.....	35
3.6.	Ecosistemas.....	39
3.7.	Sistema Hidrológico.....	42
4.	REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL.....	46
4.1.	Constitución Política de Colombia. ....	46
4.2.	Ley 99 de 1993.....	46
4.3.	Ley 388 de 1997.....	47
4.4.	Decretos compilados en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 .....	49
	4.4.1. Decreto 2811 de 1974.....	49
	4.4.2. Decreto 1449 de 1997.....	49
	4.4.3. Decreto 3600 de 2007.....	50
	4.4.4. Decreto 2372 de 2010.....	51
5.	REFERENTE TEÓRICO .....	53
5.1.	Ordenamiento territorial.....	53

5.2.	Estructura Ecológica Principal.....	56
5.3.	Infraestructura Ecológica.....	57
5.4.	Servicios Ecosistémicos.....	58
5.5.	Los Sistemas de Información Geográfico en la Planificación Ambiental Territorial.....	63
5.5.1.	<i>Sistemas de Información Geográfico.</i> .....	63
5.5.2.	<i>Modelos Espaciales</i> .....	65
5.6.	Modelos Metodológicos Aplicados a la Estructura Ecológica Principal.....	65
6.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	72
7.	METODOLOGÍA.....	73
7.1.	Enfoque Metodológico.....	73
7.2.	Tipo de Estudio .....	73
7.3.	Diseño de la Investigación .....	73
7.3.1.	<i>Recopilación y Revisión de Información</i> .....	74
7.3.2.	<i>Requerimientos Para el Análisis</i> .....	80
7.3.3.	<i>Estructuración del Modelo</i> .....	86
7.3.4.	<i>Construcción del Modelo en Modelbuilder</i> .....	88
7.3.5.	<i>Modelo para la Delimitación de la EEP Actual</i> .....	88
7.3.5.1.	<i>Análisis de las Àreas de la EEP Actual en Conflicto por Usos del Suelo</i> .....	91
7.3.6.	<i>Modelo para la Demilitación de Àreas Núcleos</i> .....	94
7.3.7.	<i>Modelo de Corredores o Conectividad</i> .....	94

7.3.8.	<i>Modelo para la Identificación de Áreas para el Desarrollo Sostenible</i> .....	95
7.4.	Operacionalización de Variables .....	96
7.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	96
7.5.1.	<i>Construcción del Modelo de Geoprocesamiento para el Reconocimiento de la Estructura Ecológica Actual</i> .....	97
7.5.1.1.	<i>Modelo para la identificación de áreas en conflicto por usos del suelo.</i> .....	100
7.5.2.	<i>Construcción del Modelo de Geoprocesamiento para el Reconocimiento de la Estructura Ecológica Proyectada</i> .....	119
7.5.2.1.	<i>Áreas Núcleos</i> .....	119
7.5.2.2.	<i>Áreas para Corredores Biológicos</i> .....	120
7.5.2.3.	<i>Áreas para el Desarrollo Sostenible</i> .....	120
8.	RESULTADOS .....	123
8.1.	Estructura Ecológica Actual .....	126
8.1.1.	<i>Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas</i> .....	130
8.1.1.1.	<i>Parque Nacional Natural Los Nevados</i> .....	130
8.1.1.2.	<i>Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca Alta del Río Quindío de Salento</i> .....	134
8.1.1.3.	<i>Distrito de Manejo Integrado Chili Bosque Alto Andino Pijao</i> .....	137
8.1.1.4.	<i>Distrito de Conservación de Suelos Paramos y Bosques Altoandinos de Génova</i>	
	138	
8.1.1.5.	<i>Distrito de Conservación de Suelos Barbas Bremen</i> .....	140
8.1.1.6.	<i>Reservas Naturales de la Sociedad Civil</i> .....	141
8.1.2.	<i>Otras Estrategias Complementarias</i> .....	142

8.1.2.1. Reserva Forestal Central.....	142
8.1.2.2. Predio para la Conservación del Recurso Hídrico .....	142
8.1.2.3. Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) no Registradas .....	143
8.1.3. Áreas de Especial Importancia Ecosistémica .....	143
8.1.3.2. Humedales .....	144
8.1.4. Biodiversidad .....	146
8.1.4.1. Flora .....	146
8.1.4.2. Fauna.....	147
8.1.5. Servicios Ecosistémicos.....	149
8.1.7. Áreas Núcleos.....	155
8.1.8. Áreas de Conectividad.....	157
8.1.9. Áreas para el Desarrollo Sostenible .....	161
8.1.11. Estructura Ecológica Principal Proyectada.....	166
9. DISCUSIONES .....	169
10. CONCLUSIONES .....	171
11. RECOMENDACIONES.....	173
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	175

## Lista de Figuras

	<b>PÁG.</b>
<i>Figura 1.</i> Mapa de Localización General del Departamento del Quindío. ....	18
<i>Figura 2.</i> Mapa de Pisos térmicos Departamento del Quindío. ....	21
<i>Figura 3.</i> Distribución de la precipitación en el departamento del Quindío. ....	23
<i>Figura 4.</i> Distribución de la temperatura en el departamento del Quindío. ....	25
<i>Figura 5.</i> Complejo de páramos Chilí – Barragán – Los Nevados. ....	28
<i>Figura 6.</i> Distribución de las coberturas y usos del suelo en el departamento del Quindío. ....	31
<i>Figura 7.</i> Coberturas naturales aisladas del mapa de uso y cobertura Quindío (1:10000). ....	37
<i>Figura 8.</i> Ecosistemas presentes en el departamento del Quindío. ....	42
<i>Figura 9.</i> Esquema de los principales cuerpos de agua en el departamento del Quindío. ....	44
<i>Figura 10.</i> Mapa del Sistema Hidrológico por Unidades de Manejo de Cuenca en el Departamento del Quindío. ....	45
<i>Figura 11.</i> Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por Tomas Van Der Hammer, 1998. ....	66
<i>Figura 12.</i> Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por Márquez & Valenzuela (2008). ....	67
<i>Figura 13.</i> Esquema conceptual general para la definición de la Estructura Ecológica. ....	68
<i>Figura 14.</i> Ejemplo cartográfico del mapeo de un servicio ecosistémico (tomado de de Groot et al., 2010a), planteado por el IDEAM, 2011. ....	69
<i>Figura 15.</i> Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por CORPOCALDAS, 2014. ....	70

Figura 16. Elementos de la estructura Ecológica Principal articulados al ordenamiento territorial. .....	71
<i>Figura 17.</i> Identificación de los POT en los municipios del departamento del Quindío. ....	79
<i>Figura 18.</i> Desarrollo conceptual y lógico del modelo de datos. ....	81
<i>Figura 19.</i> Esquema metodológico adaptado del IDEAM, para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal.....	86
<i>Figura 20.</i> Desarrollo esquema metodológico de acuerdo a los requerimientos para la aplicación de la Estructura ecológica principal para el departamento del Quindío. ....	87
<i>Figura 21.</i> Flujograma proceso de análisis de áreas de la EEP en conflicto por uso del suelo. ..	92
<i>Figura 22.</i> Modelo empleado para la delimitación de la Estructura Ecológica actual para el departamento del Quindío.....	97
<i>Figura 23.</i> Modelo empleado para la identificación de áreas en conflicto por usos del suelo en áreas protegidas.....	100
<i>Figura 24.</i> Modelo para la identificación de las áreas núcleos de la estructura ecológica proyectada para el departamento del Quindío. ....	119
<i>Figura 25.</i> Modelo para la identificación de corredores biológicos de la estructura ecológica proyectada para el departamento del Quindío. ....	120
<i>Figura 26.</i> Modelo pala la identificación de las áreas para el desarrollo sostenible de la EEP Proyectada. ....	121
<i>Figura 27.</i> Modelo para la identificación de áreas que requieren procesos de restauración en la Estructura Ecológica Principal Proyectada para el departamento del Quindío.....	122
<i>Figura 28.</i> Modelo de integración para la delimitación de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío. ....	123

<i>Figura 29.</i> Estructura Ecológica Actual para el departamento del Quindío.....	128
<i>Figura 30.</i> Zonificación del PNNN Los Nevados. ....	134
<i>Figura 31.</i> Zonificación Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca Alta del Río Quindío. ....	137
<i>Figura 32.</i> Zonificación Distrito de Manejo Integrado de Páramos y Bosques Altoandinos de Génova. ....	139
<i>Figura 33.</i> Zonificación Distrito de Conservación de Suelos Barbas Bremen. ....	141
<i>Figura 34.</i> Áreas del SINAP en conflicto por usos del Suelo. ....	153
<i>Figura 35.</i> Áreas del SIRAP en conflictos por usos del suelo. ....	154
<i>Figura 36.</i> Zonas Forestales Protectoras en conflictos por usos del suelo.....	155
<i>Figura 37.</i> Áreas Núcleos identificados para la Estructura Ecológica Principal .....	157
<i>Figura 38.</i> Distribución espacial de las coberturas de bosques naturales en el departamento del Quindío.....	159
<i>Figura 39.</i> Áreas núcleos y corredores biológicos para la conectividad del paisaje. ....	160
<i>Figura 40.</i> Áreas para el desarrollo sostenible.....	163
<i>Figura 41.</i> Identificación de áreas priorizadas para procesos de restauración ecológica. ....	165
<i>Figura 42.</i> Estructura Ecológica Principal Proyectada.....	168

## Lissta de Tablas

	<b>PÁG.</b>
<i>Tabla 1.</i> Extensión del departamento del Quindío por los municipios que lo conforman.....	17
<i>Tabla 2.</i> Extensión de la cuenca del río la Vieja por departamentos y municipios que la conforman. ....	26
<i>Tabla 3.</i> Leyenda de las coberturas terrestres y usos de la tierra del Departamento del Quindío.	29
<i>Tabla 4.</i> Clasificación de los servicios ecosistémicos. ....	60
Tabla 5. Principios, criterios e indicadores de los servicios ecosistémicos a incorporar en le EEP. ....	62
<i>Tabla 6.</i> Información cartográfica disponible consultada. ....	74
<i>Tabla 7.</i> Planes de Ordenamiento Territorial presentes en el departamento del Quindío.....	77
Tabla 8. Mapa conceptual para la Estructura Ecológica Principal actual en el departamento del Quindío.....	84
Tabla 10. Unidades de coberturas del suelo priorizadas para el análisis de conflictos por uso del suelo en áreas del la EEP. ....	93
Tabla 11. Categorías por conflicto de usos del suelo. ....	94
Tabla 12. Clasificación de coberturas naturales para la EEP Actual. ....	99
Tabla 13. Expresión utilizada para selección de coberturas al interior del modelo:.....	100
Tabla 14. Áreas del SINAP en conflictos por usos del suelo. ....	101
Tabla 15. Áreas del SIRAP en conflicitos por usos del suelo.....	110
Tabla 16. Zonas Forestales protectoras en conflictos por usos del suelo.....	115
<i>Tabla 17.</i> Cartografía temática ambiental formulada en los planes de ordenamiento territorial vigentes.....	124

Tabla 18. Áreas que integran la Estructura Ecológica Actual .....	145
Tabla 19. Relación de algunos servicios ecosistémicos que prestan las áreas de especial importancia ecosistémica.....	150
Tabla 20. Áreas protegidas en conflicto por usos del suelo.....	152
Tabla 21. Coberturas naturales identificadas para el departamento del Quindío. ....	158
Tabla 22. Capacidad de Uso y Manejo de la Tierra por Clases Agrológicas para Quindío.....	161



## **Introducción**

El ordenamiento territorial se ha caracterizado por ser un componente importante para el desarrollo de cualquier territorio en el país, y tomó soporte con la aprobación de la Ley 388 de 1997, la cual trae consigo la reglamentación de los Planes de Ordenamiento Territorial en el País. Su propósito está en armonizar territorio, población y gobierno. Se trata de garantizar sostenibilidad del ambiente, desarrollo de la población y lograr un gobierno eficaz.

El ordenamiento territorial tiene que ver por una parte, con la organización político administrativa que adopte el estado para gobernar las diversas territorialidades surgidas de la evolución económica, social, política y cultural del país, por otra parte, con los cambios en la ocupación física del territorio, como resultado de la acción humana y de la misma naturaleza. Es además, un medio para promover el desarrollo como instrumento de gestión, planificación, regulación, transformación y ocupación del espacio por la sociedad (DNP, 2015).

La introducción del concepto de Estructura Ecológica Principal (EEP) en el Ordenamiento Territorial (OT) del país, da un marco ecológico a toda la planificación del territorio y una mayor integralidad del componente ambiental en los P.O.T. (EOT, PBOT y POT). De otro lado, obliga a observar el territorio a una mayor escala que la de una ciudad, pues la EEP debe armonizar con los municipios vecinos y áreas protegidas declaradas, para dar la misma coherencia a escala regional.

El presente documento representa una propuesta para la identificación de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío, la cual debe ser el punto de partida para que cada municipio incorpore dentro su Ordenamiento Territorial, los elementos estructurales como base para la consecución de un territorio ambientalmente sostenible y un desarrollo económicamente viable.

Lo anterior, se basa en que la geografía como ciencia requiere interactuar con otras disciplinas que son necesarias para el uso adecuado de los elementos que conforman un territorio e interrelacionarlos espacialmente con los Sistemas de información Geográficos. Por lo tanto, lograr este principio en el marco de la EEP se puede realizar mediante la simplificación de los elementos que la contienen a través de la aplicación de modelos y técnicas modernas de los Sistemas de Información Geográficos, SIG, donde se presentan el estado actual de los elementos naturales que la conforman (conflictos por uso del suelo, fragmentación, conectividad del paisaje, servicios ecosistémicos, biodiversidad) como también determinar las limitaciones y potencialidades como propuesta para el ordenamiento territorial ambiental.

Para la construcción del modelo, se requirió tener un conocimiento de los elementos que determinan la estructura EEP, los procesos e integración de las capas (layers) (áreas protegidas, coberturas del suelo, identificación de los servicios ecosistémicos, unidades geomorfológicas, coberturas del suelo, ecosistemas, entre otros), así como la relación de las variables para aplicar un análisis espacial que permitiera conocer el estado de conservación o conflicto por uso del suelo.

Este análisis espacial fue relacionado directamente con la dinámica del territorio y con la plataforma ambiental disponible para el departamento y teniendo en cuenta esta interrelación del territorio, se pudo analizar el estado actual de los elementos que integran la Estructura Ecológica Principal, como se encuentran en su interior en términos ecosistémicos, las necesidades de conexión de aquellas áreas que prestan bienes y servicios ecosistémicos y actualmente se encuentran aisladas (fragmentos, islas o parches).

El IDEAM elaboró una metodología para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal a escala 1:500.000, sin embargo, no considera análisis espacial de la información,

---

puesto que se limita puntualmente a delimitar las áreas naturales declaradas y la asociación de ecosistemas a la misma, sin embargo no se analiza el estado actual de las áreas naturales y la necesidad de conexión entre ellas. Es por esto que, con el presente trabajo se pretende, no solo crear un modelo de datos geoespaciales, si no que, se busca aplicar un análisis espacial con el fin de evaluar el estado de integridad que presenta la Estructura Ecológica principal y dejar planteado las necesidades de conservar y mejorar las áreas naturales, como también, las propuestas para ser artuclada su inclusión en los Planes de ortdemamiento Territorial, siendo el componente natural el eje estructurante del territorio.



## **1. Planteamiento del Problema de Investigación y su Justificación**

### **1.1. Descripción del Área Problemática**

Ley 388 de 1997 dio paso a la formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial (en adelante POT). En el Departamento del Quindío, se aprobaron los planes de primera generación entre el año de 1999 y 2001 y, aún siguen vigentes en 11 de los 12 municipios; y únicamente el municipio de Armenia adoptó la segunda generación del POT para la vigencia 2009-2023 (Garzón &Londoño, 2018).

El componente natural, hoy en día ha sido definido como Estructura Ecológica Principal (en adelante EEP), el cual corresponde al eje estructurante de los POT. Sin embargo, este componente no se integra y articula en la mayoría de estos planes para el departamento, pues en general, hizo falta una mejor descripción de los aspectos ambientales, así como incorporar la mayor cantidad de elementos y análisis e incluir un mayor nivel de detalle en la determinación de relaciones ecológicas en diferentes escalas; también en el aspecto cartográfico existen muchos vacíos, pues en su momento no contaban con las herramientas adecuadas y profesionales idóneos en la consolidación de la cartografía para el ordenamiento del territorio (Garzón &Londoño, 2018).

Por lo anterior, la Estructura Ecológica Principal se ha convertido en una herramienta importante para la toma de decisiones a través de la cual se puedan incorporar y gestionar los soportes ecosistémicos que sustentan el desarrollo de los territorios. Es importante precisar que si bien la EEP no es un instrumento de ordenamiento o de planificación, es una herramienta que permite que las entidades como corporaciones autónomas regionales armonicen cada una de sus categorías de protección, conservación y uso sostenible dentro de los instrumentos de ordenamiento ambiental (Morales, Paola, *et, al*; IAvH, 2019).

Es así como a partir de incorporar la EEP en las determinantes ambientales como norma de superior jerarquía, se pueden lograr procesos de ordenamiento territorial apropiados para la toma de decisiones.

Producto de lo anterior, para lograr solucionar estas dificultades se hace necesario contar con una herramienta técnica que permita a los municipios del departamento del Quindío consolidar y generar, como eje transversal, la conformación de la Estructura Ecológica Principal, basados en cada uno de los servicios ambientales que ofertan los ecosistemas naturales y principalmente aquellos que ya han sido alterados.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Qué modelo espacial permite identificar e integrar los elementos naturales con el fin de construir la estructura ecológica principal en el departamento del Quindío?

## **1.3. Justificación**

La Estructura Ecológica Principal es el conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones. (Artículo 2.2.1.1 Decreto 1077 de 2015, antes Decreto 3600 de 2007).

Es por lo anterior que se destaca la importancia de identificar un modelo espacial que permita a los municipios del departamenot del Quindío poder incorporar la EEP en sus procesos de ordeniento y su inclusión como uno de los sistemas estructurantes del territorio, articulado con las áreas ambientales de los departamentos vecinos con el fin de consolidar un sistema ambiental sin que estos se sigan planificando de manera independiente como pequeñas áreas aisladas, tal como se ha hecho hasta ahora.

Por lo tanto, generar esta herramienta ayudará a la Corporación Autónoma Regional del Quindío a liderar el proceso de articulación de la EEP en los instrumentos de planificación territorial de cada municipio, a través del conocimiento adecuado para el fortalecimiento del componente ambiental para un ordenamiento territorial sostenible.

Así mismo, las inconsistencias que hoy viven los municipios en cuanto a la cartografía oficial disponible en sus instrumentos de planificación, da soporte para incluir a los SIG como herramientas necesarias para gestionar datos que permitan generar modelos territoriales, reales y concretos, siendo la base de toda la planificación, pues, el ordenamiento territorial, se ha convertido en la actualidad, en uno de los documentos más fundamentales, pues estas nuevas tecnologías apoyan en el estudio, diagnóstico y representación del comportamiento y estado del territorio.

El presente trabajo busca convertirse en un insumo base para que, tanto los municipios como la Corporación Autónoma Regional, articulen adecuadamente en sus instrumentos de planificación, la apropiada denominación de la Estructura Ecológica en el ordenamiento territorial ambiental del departamento del Quindío. En este contexto, el papel de la Corporación Autónoma Regional del Quindío es crucial para aportar claridad sobre cuáles elementos de las Estructura Ecológica Principal hacen parte de las determinantes ambientales para ser concertadas en los Planes de Ordenamiento Territorial.

## 2. Antecedentes

En la historia del país, el avance teórico más significativo de La Estructura Ecológica fue dado a través del concepto planteado por el holandés Van der Hammen (1998) que propone para Colombia la introducción del concepto de Estructura Ecológica de Soporte (EES), la cual involucra los conceptos de Estructura Ecológica Principal (EEP) e Infraestructura Ecológica (IE), adoptadas por primera vez, a través del Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá, y el Plan Regional de Gestión Ambiental para esta misma zona (Van der Hammen, 1998). Sin embargo, la propuesta metodológica para la aplicabilidad del componente cartográfico se encontró bajo una escala a nivel nacional, dejando aun vacíos para su aplicación a nivel regional.

En el 2003, se realiza para Colombia la primera aproximación de la EEP a escala 1:1.500.000 (Van der Hammen, T. & Andrade, G. 2003), la cual indicó a groso modo la EEP deseada con el ánimo de que las instituciones y la academia tuvieran insumos importantes de referencia para la construcción detallada de la misma, sugiriendo su elaboración para el nivel regional a una escala 1:500.000 y a nivel municipal llevarla a una escala 1:100.000 a 1:10.000. Este estudio planteó únicamente los criterios y principios orientadores para su desarrollo como un modelo a escalas espaciales y temporales definidas, siendo la primera aproximación para la escala nacional, y trajo consigo dos principios orientadores:

- Considerar la capacidad de carga o límite de uso de los ecosistemas como base para medir y monitorear la sustentabilidad del desarrollo nacional.
- Proponer un modelo de ordenamiento del territorio que implica la separación de usos principales a escala nacional.

Basados en este principio, los autores concluyen que cualquier medida sobre la capacidad de carga o sostenibilidad del desarrollo, debe incluir un modelo espacial de referencia donde se

pueda visualizar la estructura ecológica deseable para el país en relación con la distribución de la población. Es importante señalar, que gracias a esta primera aproximación de la EEP, se pudo dimensionar la importancia que tienen los ecosistemas frente al bienestar humano; sin embargo, para entonces, la estructura ecológica principal como un modelo espacial a escalas tan grandes, requería simplificar el nivel de detalle de los patrones espaciales, dada la dinámica del territorio en pequeñas escalas para la formulación e implementación de políticas de conservación de la biodiversidad, el agua y el suelo.

Márquez y Valenzuela (2008), propusieron un aporte metodológico que permitiera inducir el concepto de Estructura Ecológica de Soporte EES al ordenamiento del territorio. Dentro de su propuesta indican la consolidación de una Estructura Ecológica de Soporte Mínima EESM y una Estructura Ecológica de Soporte Actual EESA, las cuales están intrínsecamente relacionadas desde la prestación de bienes y servicios ecosistémicos necesarios para el sustento de los procesos socioeconómicos: La EESM, según los autores, es la adecuada para prestar estos bienes y servicios requeridos por la sociedad, mientras que por su parte, la EESA, busca entender y conocer por comparación el estado actual de ambas, representados cartográficamente mediante superposición de mapas con SIG para saber hasta que punto coinciden, emitir un diagnóstico y proponer un ordenamiento en materia ambiental con base en cuatro tipos de uso del territorio: conservación, uso sostenible, restauración y recuperación. Sin embargo, se encuentran vacíos metodológicos que permitan dar claridad en lo referente a la consolidación de una estructura ecológica actual y mínima, pues no es claro la correlación entre factores metodológicos de integridad de ecosistemas y conectividad del paisaje como ejes estructurantes del componente de la EEP.

Romero, M., Flantua, S. & Rodríguez, N. en el año 2011 trabajaron la definición de un marco conceptual y metodológico para la construcción de la Estructura Ecológica Principal en la cuenca de la Orinoquía Colombiana, quienes desde este enfoque de cuenca consideran que se debe desarrollar el manejo de un territorio de manera integral. Dentro de la definición de estos criterios, se asocia la aplicación de los SIG a través de los “patrones espaciales” pues la configuración geográfica, desde el punto de vista de las características ambientales, sociales, culturales y económicas de un territorio, influyen directamente en la configuración del asentamiento de sus poblaciones y en el uso que le dan al suelo. Sin embargo, aunque los autores definen metodológicamente la integración de la estructura ecológica principal bajo los distintos criterios, el modelo cartográfico y de aplicabilidad de los SIG, no se encuentra definido como elemento indispensable para que las diferentes instituciones interesadas, puedan replicar en sus territorios una metodología específica para articular la EEP a sus instrumentos de planificación.

En este sentido, son más los ejercicios que se encuentran sobre diagnóstico territorial que los existentes sobre prospectiva territorial o modelación territorial. Sin embargo, en la actualidad, con la existencia de los sistemas de información geográfica (SIG), es más factible diseñar modelos de ordenamiento territorial, tal como lo plantean Posada-Arrubla, A. et al (2018), quienes diseñaron un modelo prospectivo de ordenamiento territorial, aplicado en el municipio de Samacá, Boyacá (Colombia). Así mismo indican que, dentro del proceso de ordenamiento territorial, la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica ofrece una variedad de métodos y herramientas que, en concordancia con los procesos de desarrollo territorial, han fortalecido la planificación desde el análisis, la adquisición de datos y en la toma de decisiones.

En cuanto a la importancia de la incorporación de la estructura ecológica como determinante de ordenamiento del territorio, esta ha sido definida en la última década como una

herramienta para que diferentes tomadores de decisiones incorporen y gestionen las dinámicas ecosistémicas que dan sustento al desarrollo de cada territorio (MADS, 2022), como lo indican Morales, P. A. et al (2019), en su escrito de estructura ecológica principal para el ordenamiento territorial. En: Moreno, L. A. & Andrade, G. I. (Eds.). Biodiversidad 2019; quienes además resaltan las siguientes ventajas de la inclusión de la Estructura Ecológica Principal como determinante ambiental para el ordenamiento territorial:

- Estudiar los modelos de ocupación que se proponen a nivel local con una visión regional e integral.
- Identificar elementos del entorno natural intervenido que requieren especial atención.
- Definir los elementos que requieren intervenciones de conservación y mayores grados de restricción frente al ordenamiento territorial, por lo que deberían incluirse dentro de un área de manejo especial (catalogada dentro de un área protegida o bien incluirla dentro de los portafolios de conservación).
- Identificar elementos que pueden traducirse en estrategias complementarias de conservación que pueden ser más flexibles en términos del ordenamiento territorial.
- Definir directrices, que deben ser consideradas por las entidades territoriales, para el uso y manejo sostenible de los recursos naturales. Contar con insumos para definir medidas de producción sostenible.
- Concertar con los municipios las áreas prioritarias para la restauración de elementos estratégicos que garanticen la sostenibilidad de los territorios, diferenciando estrategias de restauración para la conservación y estrategias de restauración para la producción sostenible.

- Orientar a los municipios frente a áreas que deban ser priorizadas para la conservación y el uso sostenible en el marco de actuaciones sectoriales y/o urbanísticas.

Un aporte importante en el uso de los SIG dentro de procesos de restauración y conectividad del paisaje, es el desarrollado por Aguilar, M. & Isaacs, P. (2014), a través del cuál se resalta la importancia de la articulación del análisis espacial como herramienta importante en procesos de restauración, pues permite ver el territorio desde diferentes enfoques, es decir, con una mirada más holística para la toma de decisiones. El planteamiento metodológico respecto a la aplicabilidad dichas herramientas y tecnologías para el procesamiento de la información, permite aterrizar un poco más hacia donde se debe direccionar el modelo para ejecutar mecanismos de conectividad del paisaje, siendo este un componente importante dentro de la estructura ecológica principal. Sin embargo, se resalta que aun existen desafíos en cuanto a la articulación de los diferentes enfoques y escalas espaciales, y deberá ser uno de los compromisos en los procesos de restauración y conectividad del paisaje que se están llevando a cabo en el mundo.

La teledetección se ha convertido en una de las herramientas más importantes para realizar estudios y análisis espaciales frente a la dinámica del territorio, principalmente en temas asociados al cambio de la estructura vegetal, fragmentación y pérdida de hábitats por procesos de deforestación, cambio de usos del suelo por actividades antrópicas, entre otros; tal como lo propone Sanchez Diaz, B. (2018) en su artículo titulado: La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. El autor resalta las ventajas que tienen el uso de las imágenes de satélite en investigaciones ecológicas, pues se han convertido en una herramienta importante, que al combinar datos de coberturas de la tierra como producto de la teledetección e información de requerimientos de hábitats de una especie, es

posible estimar de manera precisa su distribución y patrones de riqueza de éstas. Por lo tanto, la teledetección, como herramienta para el monitoreo de patrones de biodiversidad a través de distintas escalas espaciales, se ha convertido en una de las herramientas principales que proporcionan información de las propiedades estructurales y funcionales de los ecosistemas y su distribución espacial.

En este sentido, Cabello, J. & Paruelo, J.M. (2008) identificaron a través de su artículo publicado “La teledetección en estudios ecológicos”, que en los últimos años, este componente tan importante como lo es la teledetección, se ha convertido en un pilar fundamental para los estudios de los ecosistemas, pues con el uso de información espectral se puede describir la variación en el espacio de la vegetación o paisaje, ampliando la perspectiva de los ecosistemas, siendo aplicada con mayor enfoque estructural hacia los componentes de coberturas del suelo. Si bien los autores no proponen una metodología o el uso de la herramienta en sí, si resaltan que los estudios, principalmente aquellos orientados a investigar el comportamiento del ecosistema, es un paso crucial para la elaboración de distintas hipótesis, brindando la posibilidad de ir más allá de lo estructural y describir los aspectos funcionales de los ecosistemas.

Camacho, J. & Burgos, J. (2006), plantearon una metodología con el ánimo de calcular un índice que permitiera estimar la presión socioeconómica sobre los ecosistemas, pues en su hipótesis fue relacionado un aspecto muy importante, referente a la ausencia de un procedimiento y análisis claro de la información y relación de las variables socioeconómicas y ambientales para una adecuada gestión del territorio como herramienta a nivel regional y local. Sin embargo, aunque los autores lo describen como un método sencillo y de fácil aplicación a diferentes escalas, el modelo necesita de información correspondiente a un solo periodo de tiempo. Esta apreciación puede seguir generando vacíos al interior de las entidades e instituciones que deseen

aplicar algún tipo de metodología asociada a la estructura ecológica y valoración de sus servicios ecosistémicos, pues no todos los municipios cuentan con información primaria y secundaria por periodos temporales asociados, siendo un factor limitante en los procesos de planificación y aplicabilidad de los sistemas de información geográficos.

Por su parte, Posada, A. (2017), afirma que a veces los problemas que se presentan al interior de un territorio son tan diversos, pero gracias a la evolución de los SIG, estos juegan un papel muy importante en el ordenamiento del territorio al permitir crear modelos desde diferentes grados de complejidad: multispectral, multitemporal y multiobjetivo. Es así como la autora en su escrito propuso una metodología con el fin de establecer los pasos para diseñar modelos de ordenamiento territorial, donde los SIG se destacan fundamentalmente. Dicha metodología estuvo enmarcada en dos fases importantes: la primera: la obtención de insumos preliminares (apropiación conceptual por medio de un enfoque temático, marco de referencia multiespacial del territorio en cuestión y marco de referencia instrumental del territorio) y la segunda fase: el proceso de diseño propiamente (expresión analógica, expresión espacio-temporal, expresión demográfica, expresión literal, expresión cuantitativa, expresión cartográfica, expresión ambiental y expresión financiera).

## **2.1. Objetivos**

**2.1.1. Objetivo General.** Construir un modelo de datos espaciales que delimite la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío y permita articular adecuadamente los procesos de ordenamiento territorial para la toma de decisiones, con el fin de orientar el modelo de ocupación hacia uno más sostenible.

### **2.1.2. Objetivos Específicos**

- Revisar la información cartográfica temática disponible para el área de estudio, con el fin de analizar la articulación de los componentes cartográficos de los POT de los municipios del Quindío en torno a una Estructura Ecológica Principal.
- Analizar el estado de conservación/fragmentación que presenten los ecosistemas estratégicos, apoyados con la cartografía temática y estudios desarrollados en el departamento del Quindío.
- Elaborar un modelo de datos espaciales que delimite la Estructura Ecológica Actual y la Estructura Ecológica Proyectada, articulando las diferentes metodologías encontradas (IDEAM, MADS, IAvH) de conformidad con la información cartográfica y documental disponible para el área de estudio.

## **3. Referente Contextual**

El departamento del Quindío se integra por 12 municipios concentrando una población urbana y rural de 509.640 habitantes y ambientalmente se encuentra administrado por la Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ. Actualmente, los municipios del Quindío,

carecen de una estructura definida del componente ambiental asociada a una Estructura Ecológica dentro de sus Planes de Ordenamiento Territorial.

El Intituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, ha sido uno de los pioneros en realizar las primeras aproximaciones para la formualción de la Estructura Ecológica Principal para el país a escala 1:500.000; sin embargo, la escala trabajada representa grandes limitantes para su implementación a nivel local o regional, por lo que se deberá adaptrar dicha metodología a una escala más detallada, en concordancia con la dinámica del territorio, como también, con el establecimiento de las áreas protegidas, tanto a nivel local como el regional.

A la fecha, no se ha realizado este ejercicio de adaptación de dicha metodología en el área de estudio planteada para este trabajo, por lo que se hace necesario desarrollarlo y que a su vez, los municipios puedan incorporarlo a los instrumentos de planificación (EOT, PBOT, POT y Determinantes ambientales de la CRQ).

### **3.1. Localización**

El departamento del Quindío se ubica sobre la vertiente occidental de la cordillera central, en el centro - occidente del país. Limita al Norte con el Departamento de Risaralda y Valle del Cauca, al oriente limita con el departamento del Tolima, al sur limita con el departamento del Tolima y Valle del Cauca, al occidente limita con el departamento del Valle del Cauca. Se localiza entre los 4°4'41" y 4°43'18" de latitud Norte y entre los 75°23'41" y 75°53'56" de longitud Oeste (figura 1).

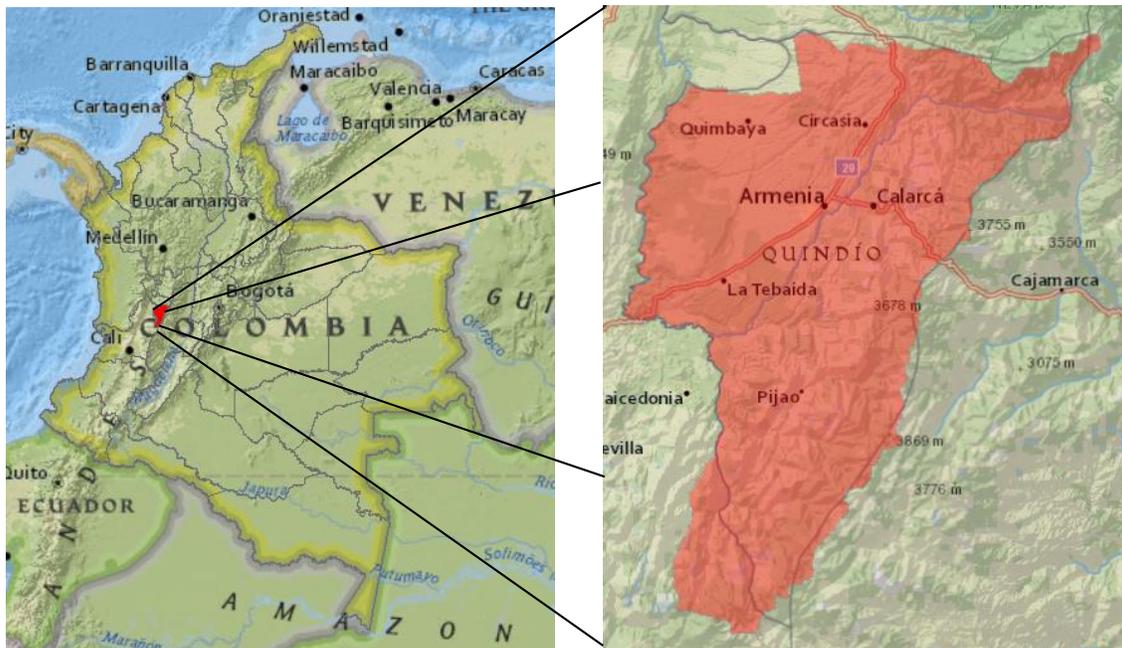
Posee una extensión de 193.068,27 Ha correspondiente a 1930,68 Km<sup>2</sup>, aproximadamente, dividido políticamente por doce municipios como se muestra en la tabla 1. Los municipios de mayor extensión son Salento, Calarcá, Pijao y Génova.

*Tabla 1.* Extensión del departamento del Quindío por los municipios que lo conforman.

<i>MUNICIPIOS</i>	<b>AREA</b>	
	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>Ha</i>
Armenia	120,42	12042
Buenavista	36,98	3,698
Calarcá	218,98	21,898
Circasia	99,71	9,970
Córdoba	94,06	9,405
Filandia	94,5	9,450
Génova	294,98	29,497
La Tebaida	90,71	9,071
Montenegro	149,97	14,996
Pijao	251,82	25,182
Quimbaya	133,33	13,332
Salento	346,15	34,615
Total	1931,61	193,156

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Mapa de Localización General del Departamento del Quindío.



Fuente: elaboración propia.

El departamento del Quindío se localiza completamente dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, compuesto por una gran diversidad de ecosistemas, 68 en total, de los cuales 40 corresponden a ecosistemas naturales (59%) y 28 a ecosistemas transformados (41%) (SIRAP Eje Cafetero, 2018), comprendidos por zonas de páramos, humedales, ríos, entre otros. Así mismo, estos ecosistemas han sufrido cambios en el uso del suelo producto de una transformación productiva por socioecosistemas que trae consigo riesgos, prestaciones y contraprestaciones a una escala espacial y temporal.

En los últimos años ha venido aumentando la adquisición y declaratoria de áreas protegidas bajo figuras públicas y privadas. Para el año 2017, el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (runap) reporta para esta región un total de 4 áreas protegidas: un Distrito de

Conservación de Suelos tres Distritos Regionales de Manejo Integrado, los cuales se encuentran bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Quindío.

De las Estrategias Complementarias de Conservación, se encuentran las administradas por la Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ y las Entidades Territoriales del nivel municipal y departamental. En el departamento se identifican 154 ECC, de las cuales 75 corresponden a las adquiridas por artículo 111 de la Ley 99 de 1993, 45 bajo la categoría de Estrategias de Conservación, 21 reservas de la CRQ y 12 áreas bajo la categoría RESNATUR.

### **3.2. Clima**

El departamento del Quindío presenta una serie de variaciones climáticas que lo hacen particularmente rico en términos climáticos y de pisos térmicos. Esto se debe a su ubicación geográfica por encontrarse cerca de la línea ecuatorial y una gran variación altitudinal.

Es por tal motivo, que, de acuerdo al informe agrícola del Quindío publicado por la secretaria de desarrollo económico, rural y ambiental en el 2006, el departamento del Quindío presenta los siguientes climas (Informe Agrícola del Quindío, 2006):

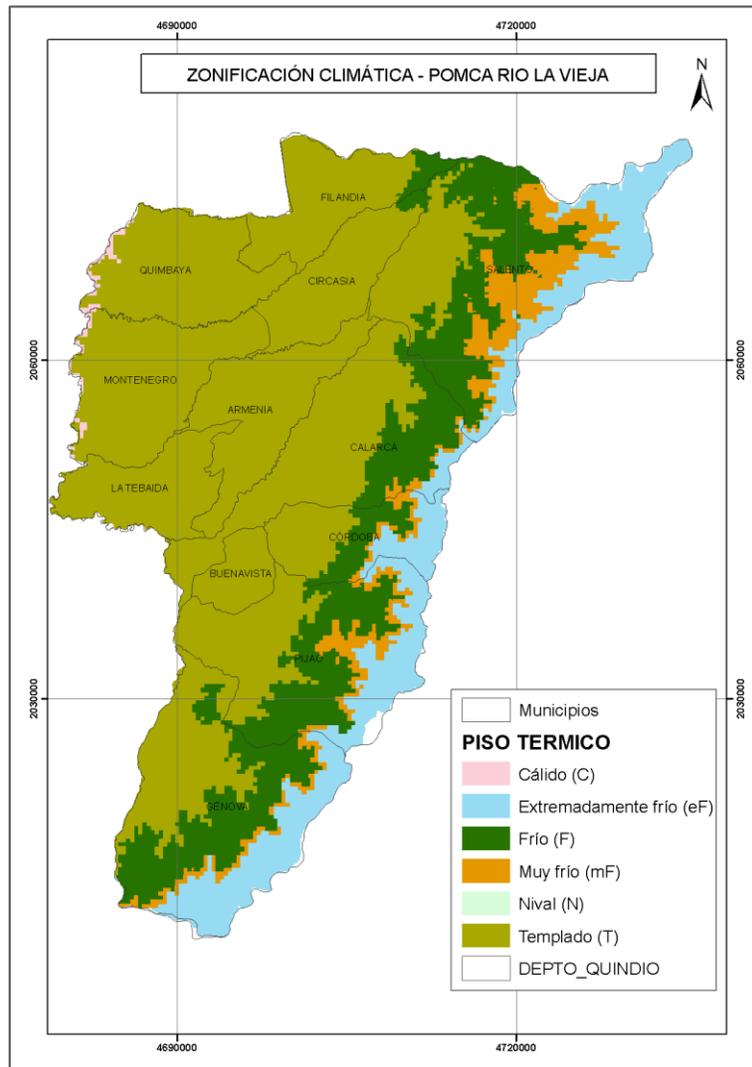
- ***Clima Subnival:*** Localizado por encima de los 4.000 m.s.n.m., se localiza en el cono y ladera del volcán del Quindío, equivalente al 0,46% del Departamento y temperatura entre 1,5 y 6°C, precipitación anual de 1.000 a 2.000 mm.
- ***Clima extremadamente frío Pluvial:*** Situado por encima de los 3.500 hasta 4.000 m.s.n.m., en su franja altitudinal al oriente del departamento, equivalente al 10,5% del área Departamental y temperatura promedio de 3,9°C.
- ***Clima muy frío y Pluvial:*** Localizado al oriente del departamento en una franja que limita con el Tolima, donde la altitud oscila entre 3.000 y 3.500 m.s.n.m. la temperatura

varia de 9 a 12°C y la precipitación es abundante con valores que están entre los 2.000 hasta 4.000 mm. anual. El porcentaje de esta superficie es del 8,5%.

- ***Clima Frío y húmedo:*** Se sitúa en una zona que se extiende de norte a sur en el departamento y al oriente de las localidades de Filandia, Salento, Córdoba, Pijao y Génova, en altitudes de 2.000 a 3.000 m.s.n.m., la temperatura oscila entre 12 y 18°C y la participación promedio anual es de 2.000 a 4.000 mm. con un estimativo del 24,1% de la superficie Quindiana.
- ***Clima Medio Húmedo:*** Se encuentra en la zona central del departamento, en los Municipios de Quimbaya, Montenegro, Circasia, Calarcá, Pijao, Buenavista, Génova y Armenia, es decir el área típicamente cafetera. Las zonas de altitudes desde los 1.000 hasta los 2.000 m.s.n.m. ocupan la mayor parte del Departamento con un 56% del área total.
- ***Clima Medio Seco:*** Situado por debajo de los 1.000 m.s.n.m., cubre tan solo 0,5% del departamento y temperatura promedio entre los 18 y 24°C.

Según el último estudio de suelos para el departamento del Quindío, 1.225 km<sup>2</sup> están en las tierras de clima templado o medio, 400 km<sup>2</sup> en climas fríos, 300 km<sup>2</sup> en zonas paramosas y 40 km<sup>2</sup> en regiones de clima cálido (ver figura 2).

Figura 2. Mapa de Pisos térmicos Departamento del Quindío.



Fuente: POMCA río La Vieja, escala 1:25.000.

Por consiguiente, de estos aspectos geográficos y atmosféricos se deriva un acumulado de factores tales como precipitación, brillo solar, humedad y temperatura, descritos en los siguientes apartes.

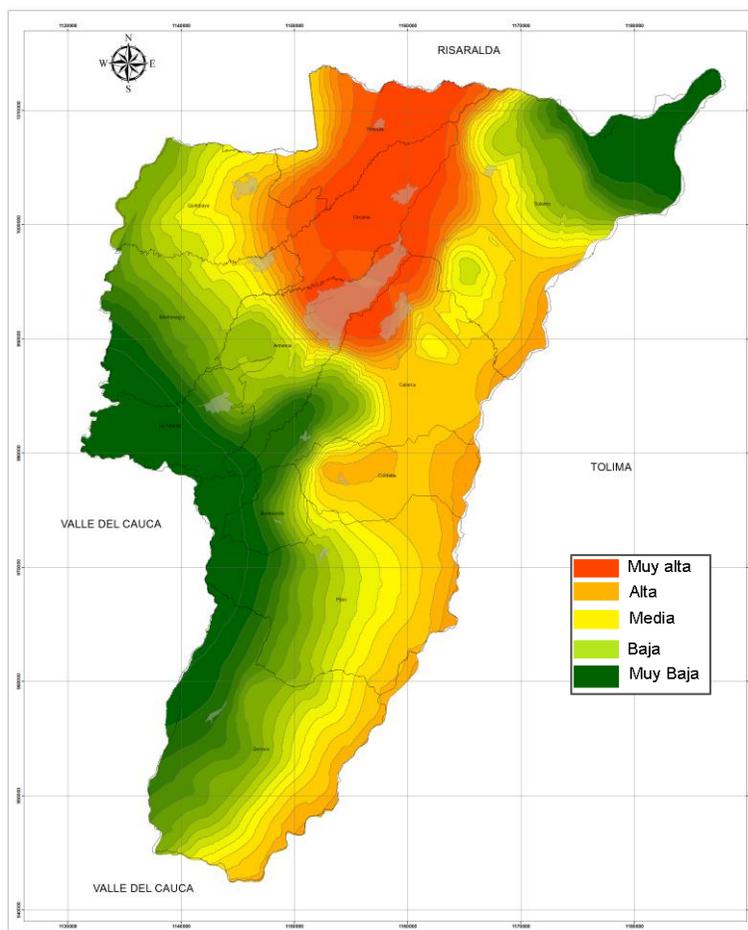
### 3.2.1. Precipitación

La información más completa sobre clima para el departamento del Quindío se encuentra compilada en su mayoría en el documento POMCA Río La Vieja (CRQ, CARDER, CVC, 2008).

En términos generales el departamento del Quindío presenta una precipitación media de 2200 mm/año.

Por otro lado, el Estudio Semidetallado de Suelos (2010) revela que los máximos valores se encuentran al norte de los municipios de Salento, Circasia y Filandia, y los mínimos, principalmente en los municipios de Génova y La Tebaida. La distribución de lluvias es del tipo “bi-modal”, con dos épocas secas y dos épocas lluviosas bien definidas: la primera época seca del año, se presenta desde finales de diciembre hasta mediados de marzo; sigue la primera temporada lluviosa, que ocurre desde finales de marzo hasta los primeros de junio; posteriormente se inicia la segunda fase seca, hacia mediados del mes de junio, la cual cesa durante las primeras semanas de septiembre y termina el ciclo con el segundo periodo lluvioso que se da en los meses de septiembre y diciembre (ver figura 3).

Figura 3. Distribución de la precipitación en el departamento del Quindío.



Fuente: POMCA Rio La Vieja, 2018.

### 3.2.2. *Brillo Solar*

La mayor parte del territorio se considera con nubosidad media a alta. El número de horas de brillo solar global en general no sobrepasa la mitad del total máximo astronómicamente posible con un promedio de 1700 horas/año (4.65 horas/día).

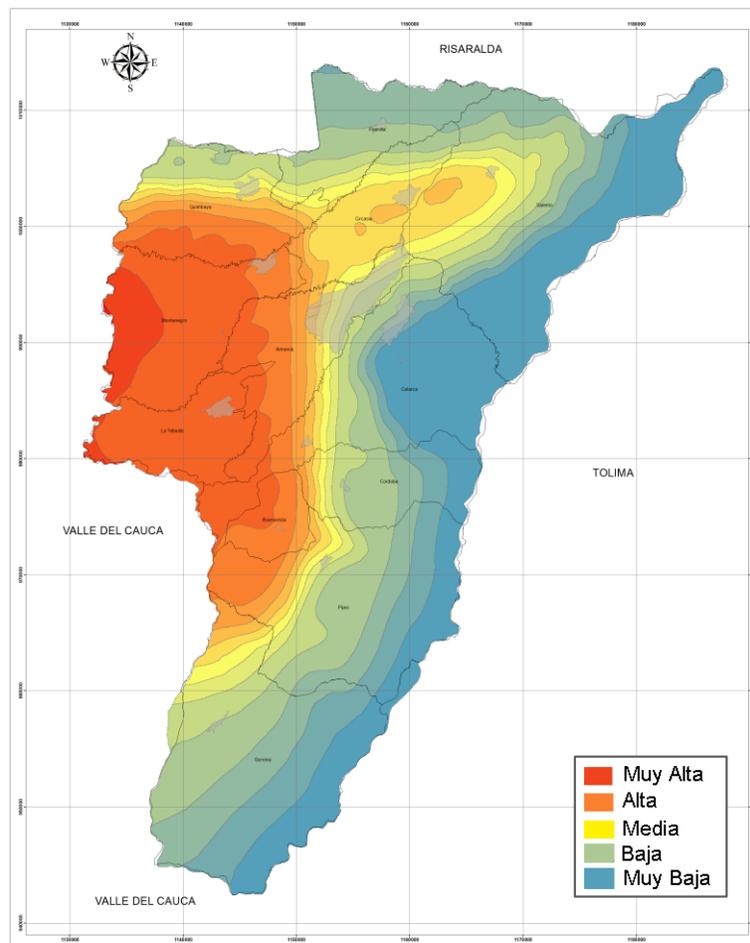
### 3.2.3. *Humedad y Temperatura*

La zona del Quindío tiene una humedad relativa promedio de 85,4% con máximos del 90% y mínimos del 62%. La temperatura media registra una variación muy pequeña entre los

diferentes meses del año pero con oscilaciones fuertes durante el día, lo cual es característico de la zona cafetera.

La temperatura del Quindío varía desde 0° hasta los 26°C (figura 4); está en función de los factores que modifican su comportamiento como la altitud, la ubicación geográfica y las continuas corrientes y masas de aire que penetran el territorio; los días más fríos se encuentran entre octubre y noviembre, mientras que los más calurosos se presentan a mitad de año y en algunos casos en el mes de marzo, la temperatura promedio oscila entre los 19° y 21°C. Así, el promedio para esta variable en la zona subnival es de 3,75 °C y en la parte baja (1000 m.s.n.m) es de 24 °C, presentando en el área de mayor producción agropecuaria (entre los 1000 y 3800 m.s.n.m) un promedio de 17 °C. De acuerdo a las condiciones de la Cuenca, la temperatura disminuye 0,87 °C por cada 100 metros de elevación.

Figura 4. Distribución de la temperatura en el departamento del Quindío.



Fuente: POMCA Rio La Vieja.

### 3.3. Cuenca Hidrográfica del Río la Vieja

El Plan de Ordenación y Manejo es el instrumento de planificación y gestión ambiental de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja que busca promover el equilibrio entre necesidades sociales y oferta ambiental en su particularidad biofísica y socioeconómica.

La Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja es un territorio compartido entre el Departamento del Quindío, con 68% del territorio, el Valle del Cauca con el 22% y Risaralda

(Pereira) con el 10%. En la tabla 1 se presenta la Extensión de la cuenca del río la Vieja por departamentos y municipios que la conforman.

Tabla 2. Extensión de la cuenca del río la Vieja por departamentos y municipios que la conforman.

DEPARTAMENTOS	ÁREA			MUNICIPIOS
	Km. <sup>2</sup>	Ha	%	
Quindío	1.961,83	196.183	68	Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento.
Risaralda	298,86	29.886	10	Pereira
Valle	619,45	61.945	22	Alcalá, Caicedonia, Cartago, La Victoria, Obando, Sevilla, Ulloa y Zarzal.
<b>Total</b>	<b>2.880,14</b>	<b>288.014</b>	<b>100.0</b>	<b>21</b>

Fuente: POMCA Rio La Vieja, 2018.

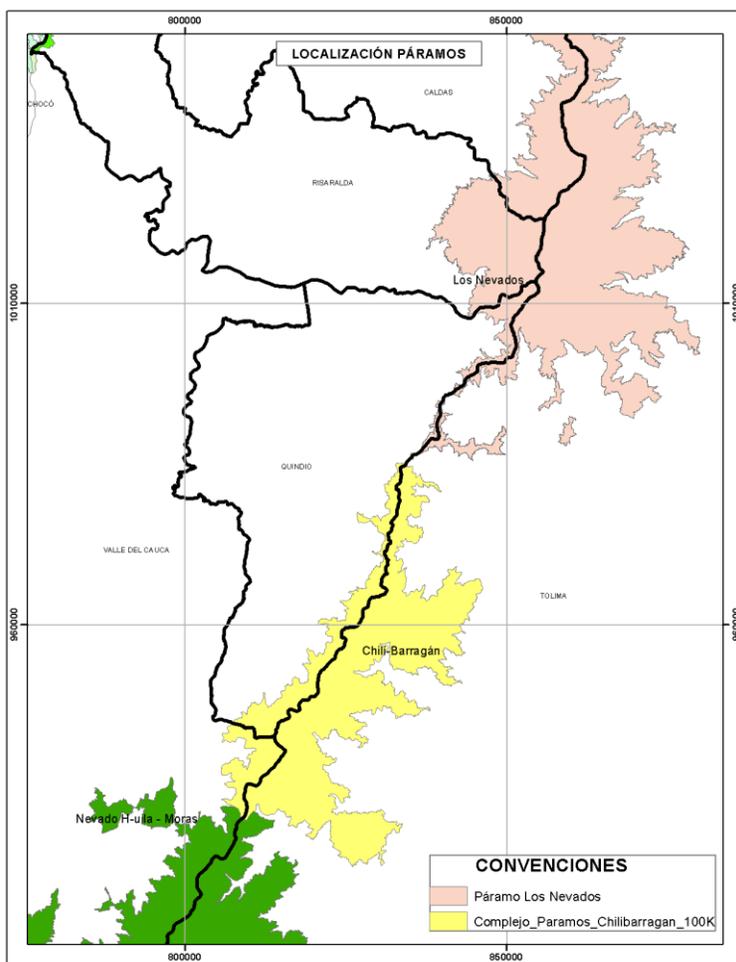
### 3.4. Complejo de Páramos los Nevados y Chile Barragán

En Colombia se consideran como zonas de alta montaña las situadas por encima de 3000 m (Cuatrecasas 1958; Rangel-Ch. 1995 y Pedraza-Peñaloza et al. 2004), en la mayoría de las localidades colombianas, el límite 3000-3200 señala el fin de la región andina y el comienzo de la paramuna. Los páramos tienen un régimen de temperatura bastante uniforme durante el año, sin embargo, las temperaturas extremas absolutas muestran una marcha irregular, de manera que cuando se presentan temperaturas más altas se registran mínimas más bajas. Entre los 2800 y más de 3000 m las extremas fluctúan entre 11 C° y 25 C° (Guhl 1982).

El departamento del Quindío recibe las aguas de la alta montaña en su mayoría, en especial del complejo de páramos los “Nevados”, y el Complejo Chili-Barragán (figura 5), los cuales producen el agua de la que se abastecen los acueductos gran parte del departamento, entre ellos, los municipios de, Salento, Calarcá, Pijao, Génova, Córdoba, Buena Vista y Armenia (esta última con bocatoma en Salento, bocatoma EPA).

El entorno regional del complejo de Páramos Los Nevados, está constituido por dos microcuencas: la microcuenca del Río Quindío y la microcuenca del Río Roble, mientras que el entorno regional del complejo de páramos Chilí-Barragán está constituido por tres microcuencas: la microcuenca Río Quindío, Río Rojo y Río Lejos.

Figura 5. Complejo de páramos Chilí – Barragán – Los Nevados.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Usos y Coberturas de la Tierra

Para este capítulo, se tomó como principal insumo el documento sobre Coberturas y uso de la tierra del departamento del Quindío a escala 1:25.000 actualizado para el POMCA del río La Vieja en el año 2018. El trabajo se realizó bajo la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia (ICAG, IDEAM, Cormagdalena, 2006 a escala 1:100000 y posteriormente adaptada a la escala 1:10.000 (2010) y 1:25.000 (2018) para el Quindío), en adelante CLCC;

donde se realizó un inventario de las características de la superficie terrestre con el fin de aportar información necesaria para la toma de decisiones en diferentes temáticas (figura 6).

A manera de ejemplo se presenta la tabla del capítulo 3 que plantea CLC, sobre bosques y áreas seminaturales, para comprender el contexto del cual estuvo basado el levantamiento y clasificación de cada cobertura jerárquicamente en sus respectivos niveles (tabla 3).

*Tabla 3.* Leyenda de las coberturas terrestres y usos de la tierra del Departamento del Quindío.

				<b>3.1.1.1.1</b>
			<b>3.1.1.1 Bosque</b>	<b>Bosque</b>
			<b>denso alto</b>	<b>denso alto de</b>
				<b>tierra firme</b>
	<b>3.1.1</b>			
	<b>Bosque</b>			3.1.1.2.1.1
	<b>denso</b>			Bosque
<b>3. Bosques y áreas</b>	<b>3.1</b>		3.1.1.2 Bosque	Bosque denso
<b>seminaturales</b>	<b>Bosques</b>		denso bajo	bajo de tierra
				firme
				denso bajo
				de tierra
				firme de
				guadua
				3.1.2.1.1
	3.1.2		3.1.2.1 Bosque	Bosque
	Bosque		abierto alto	abierto alto
	abierto			de tierra
				firme

Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

Retomando textualmente los resultados obtenidos de este estudio, los usos y coberturas actuales a nivel departamental son los que se describen en el siguiente resumen:

En el departamento del Quindío, que cubre una superficie de 193.068,77 hectáreas, se identificaron, delimitaron y clasificaron las unidades de cobertura y uso de la tierra, llegando

hasta el sexto nivel, situación que requirió de una adaptación crítica de la nomenclatura Corine Land Cover – Colombia (CLC-C). Esta es la primera experiencia a nivel nacional en el uso de CLC-C a escala detallada.

En resumen, el área cubierta por cada clase de cobertura y uso de la tierra, se observa que la cobertura dominante está representada por los territorios agrícolas, los cuales constituyen el 51,28% (98.993,70 ha) del área del departamento.

La segunda unidad con mayor superficie está representada por las áreas cubiertas por bosques y áreas seminaturales, que corresponden al 26,57% (51.310,49 ha).

Siguen, en orden de importancia por área, los territorios artificializados (2,76%), superficies de agua (0,45%) y áreas húmedas (0,16%).

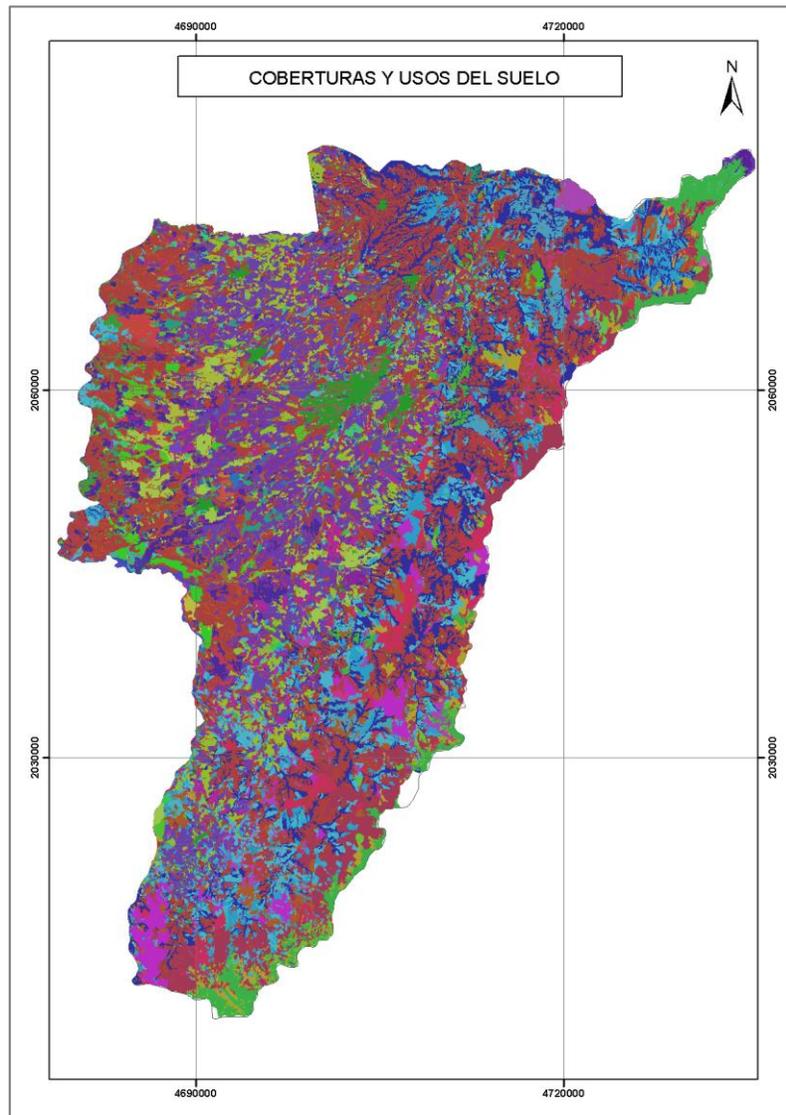
Los datos mencionados indican que las principales actividades del departamento están relacionadas con la agricultura y la ganadería (figura 7).

Es conveniente aclarar que en las estadísticas tanto departamental como municipal aparecen datos de “sin Información” que corresponden a las zonas cubiertas por nubes o áreas no cubiertas por fotografías aéreas.

Específicamente las áreas clasificadas como Territorios Agrícolas están compuestas principalmente por el cultivo del café (en sus tres modalidades), que cubre una superficie de 22.742,41 hectáreas (11,78%), seguido por plátano y banano con un área de 13.758,73 hectáreas (7,13%). Tiene una relativa importancia el cultivo de naranja que cubre una superficie de 3.536,73 hectáreas (1,83%).

De la misma clase antes mencionada, hacen parte los pastos (en sus tres modalidades) que cubren un área de 52.408,73 hectáreas (27,16%), cifra que denota una relativa dominancia de la actividad ganadera frente a la agrícola.

Figura 6. Distribución de las coberturas y usos del suelo en el departamento del Quindío.



Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

### Cob\_POMCA\_completo

<all other values>

### Cobertura

Aeropuertos	Maracuya
Afloramientos rocosos	Mezcla de bosque plantado y natural
Aguacate	Mora
Ahuyama	Mosaico de cultivos
Arbustal abierto	Mosaico de cultivos con espacios naturales
Arbustal denso	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
Arenales	Mosaico de pastos con espacios naturales
Autódromo	Mosaico de pastos y cultivos
Baby blue	Naranja
Banano	Obras hidráulicas
Bosque abierto alto	Otras zonas verdes y urbanas
Bosque abierto alto de tierra firme	Otros cultivos permanentes arbustivos
Bosque abierto alto inundable	Otros cultivos transitorios
Bosque abierto bajo de tierra firme	Papaya
Bosque arbolado (latifoliado)	Parques cementerios
Bosque denso	Pastos arbolados
Bosque denso alto de tierra firme	Pastos enmalezados
Bosque denso bajo de guadua	Pastos limpios
Bosque denso bajo de tierra firme	Pastos y árboles plantados
Bosque ripario	Pimentón
Bosque ripario de guadua	Piña
Bosque ripario mixto	Plantación de coníferas
Cafe a plena exposicion	Plantación forestal
Café a plena exposición	Plantación forestal productora de ciprés
Café con semisombra	Plantación forestal productora de eucalipto
Café con sombra	Plantación forestal productora de nogal
Campo de golf	Plantación forestal productora de pinos
Canales	Platano
Caña panelera	Plátano
Centros vacacionales	Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas
Chirimoya	Ríos (5 m)
Condominos recreativos	Soya
Cuerpos de agua artificiales	Tejido urbano continuo
Cultivos permanentes arbóreos	Tejido urbano discontinuo
Estadios	Territorios asociados a vias
Estanques para acuicultura continental	Tierras desnudas y degradadas
Explotaciones piscícolas	Tomate
Fincas recreativas	Tomate de árbol
Flores y follajes	Turberas
Fióres	Turberas
Frijol	Vegetación secundaria alta
Galpones para avicultura	Vegetación secundaria baja
Galpones para ganadería	Via pavimentada
Granadilla	Vía sin pavimentar
Guanábana	Vías pavimentadas
Guayaba	Vías sin pavimentar
Habichuela	Yuca
Herbazal abierto	Zona de disposición de residuos
Herbazal denso de tierra firme arbolado	Zonas agroindustriales
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	Zonas comerciales
Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	Zonas de extracción minera
Herbazal y arbustal	Zonas industriales
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Zonas industriales o comerciales
Lulo	Zonas nivales
Macadamia	Zonas pantanosas
Maiz	Zonas quemadas
Mandarina	Zonas verdes urbanas
	Áreas culturales
	Áreas deportivas
	Áreas turísticas
	DEPTO_QUINDIO

Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

Las unidades clasificadas como Bosques y Áreas Seminaturales están constituidas por bosques, en sus diferentes manifestaciones, que representan una superficie de 38.283,66 hectáreas (19,87%), de las cuales 4.114,87 hectáreas (2,13%), conforman las plantaciones forestales, representadas principalmente por pino (2.813,42 hectáreas- 1,46%) y eucalipto (1.127,34 hectáreas - 0,58%). Cabe destacar que el bosque de galería de guadua ocupa una superficie de 6.620,65 hectáreas, lo que representa un 3,43% del área departamental mientras que el bosque denso (alto y bajo de tierra firme) solamente cubre un área de 4.329,19 hectáreas (2,25%), situación que amerita definir políticas estrictas para su protección.

En cuanto a los Territorios Artificializados, éstos están representados principalmente por el tejido urbano continuo (2.313,61 hectáreas-1,20%), rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas (221,00 hectáreas-0,11%), condominios (474,39 hectáreas-0,25%) y fincas recreativas (647,15 hectáreas-0,34%).

Por su parte, las Áreas Húmedas están representadas por zonas pantanosas que cubren una superficie de 227,58 hectáreas (0,12%) y turberas con un área de 80,24 hectáreas (0,04%).

La clase Superficies de Aguas Continentales, están constituidas principalmente por los ríos (820,70 hectáreas-0,43%); lagunas, lagos y ciénagas naturales (16,71 hectáreas-0,01%); embalses (9,27 hectáreas-0,004%) y estanques para acuicultura continental (14,01 hectáreas-0,01%).

Finalmente cabe resaltar que las clases bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua cubren solamente el 27,21% del total del departamento, reflejando un deterioro de los espacios naturales, conformado por ecosistemas frágiles y de gran significado ambiental y social.

Como conclusión, en todo el departamento y en sus municipios, con excepción de Salento, predominan los territorios agrícolas, que cubren una superficie de 98.986,67 hectáreas que corresponden al 51,28% del área total.

Los municipios con mayor superficie en territorios agrícolas son, en orden de importancia, Calarcá (14.176,01 ha), Montenegro (11.659,32 ha), Salento (11.578,31 ha), Pijao (11.419,41 ha) y Quimbaya (10.834,81 ha).

Los cuatro municipios con mayor superficie sembrada en café son, en orden de importancia, Calarcá (4.578,71 ha), Quimbaya (3.437,99 ha), Pijao (2.595,01ha) y Filandia (2.179,63 ha).

La segunda unidad en importancia es la clasificada como bosques y áreas seminaturales, que tienen una superficie de 51.310,49 hectáreas que representa el 26,57% del total departamental. De la tendencia general se aparta el municipio de Salento, donde la clase bosques y áreas seminaturales (18.002,50 ha) superan a los territorios agrícolas (11.578,31 ha).

La clase bosques, en sus diferentes manifestaciones, cubren una superficie de 38.283,66 hectáreas (19,84%), de las cuales 4.114,87 ha (2,13%), conforman las plantaciones forestales de pinos y eucaliptos, principalmente.

La categoría bosque denso (alto y bajo de tierra firme) solamente cubre un área de 4.329,19 hectáreas (2,25%), situación que amerita definir políticas para su protección.

Las coberturas terrestres incluidas en la categoría superficies de agua, cubren un área de 863,83 hectáreas que representan el 0,45% del total departamental.

Las zonas húmedas tienen una superficie de 307,82 hectáreas que representan el 0,16%, del territorio departamental.

Visto en conjunto, las clases bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, cubren solamente 52.482,14 ha que representa el 27,18% del total del Departamento, reflejando un deterioro de los espacios naturales, que tienen un gran significado ambiental y social.

### ***3.5.1. Coberturas de Especial Importancia para la Estructura Ecológica Principal.***

El estudio de uso y cobertura es de suma relevancia en el contexto de la Estructura Ecológica Principal puesto que éste refleja una radiografía completa del territorio y de todo cuanto sobre él se desarrolla.

La estructura Ecológica adquiere un valor agregado cuando se pueden identificar la mayor cantidad de elementos posibles sobre el terreno y hasta debajo de él; y además que se puedan diferenciar y comparar desde numerosos campos y áreas temáticas. En este orden, el estudio de uso y cobertura para el departamento del Quindío a escala detallada permite identificar y diferenciar números objetos que hacen parte de la Estructura Ecológica y del mismo modo permite la incorporación al ordenamiento y la planificación del territorio.

El poder identificar elementos individuales o en grupos determinados es una característica que por lo general aplica para estudios del nivel de los sistemas de información geográfica. Así, se pueden aislar casi cualquier tipo de elementos que ya han sido previamente georreferenciados e individualizados.

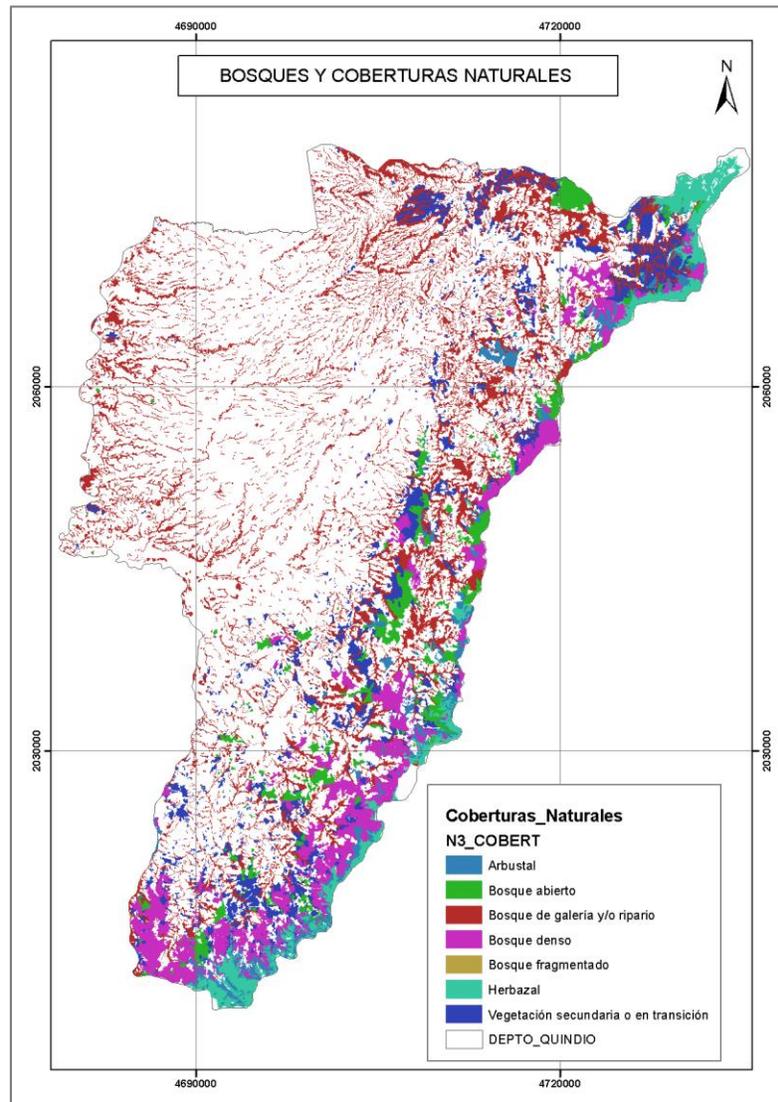
Un ejercicio interesante se presenta cuando se separan las coberturas naturales de los demás usos (figura 7). Se puede observar como esa maraña de parches y bosques aislados y algunos otros interconectados, dejan sobre el suelo, un patrón casi uniforme de transformación que el hombre ha creado.

Desde el mapa de coberturas naturales (figura 7) se pueden planificar con mayor claridad la Estructura Ecológica actual y la deseada para el futuro. Se observan a detalle los elementos integrantes y faltantes desde el punto de vista de las coberturas, con el fin de alcanzar la mejor integralidad posible en términos de conectividad y funcionalidad, desde luego a una escala de paisaje.

De otro lado, suponiendo que se pudiera acceder a otras escalas de información como la biológica (composición y estructura) se podrá dar un mayor valor a los objetos ya identificados, sin embargo, para alcanzar este nivel de detalle se requieren de esfuerzos mayores que los del alcance de la presente propuesta.

Los bosques y áreas naturales que aún permanecen sobre el territorio son el legado que debemos defender y proteger (nosotros y nuestras generaciones), además de recuperar valores ecológicos importantes perdidos cuando aún sea posible.

Figura 7. Coberturas naturales aisladas del mapa de uso y cobertura Quindío (1:10000).



Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

De la figura anterior (figura 7) se desprenden las descripciones por características que son necesarias para dar cierto grado de individualidad e importancia a las coberturas. A continuación se describen dichas coberturas naturales según se encuentran en el documento técnico de apoyo del estudio.

- ***Bosque abierto alto de tierra firme (3.1.2.1.1)***. La comunidad vegetal de este tipo son árboles regularmente distribuidos, con una altura del dosel superior a 15 metros y un estrato de copas (dosel) discontinuo. Su área representa entre el 30% y 70% del área total de la unidad y no presenta procesos de inundación.
- ***Bosque abierto bajo de tierra firme (3.1.2.2.1)***. Constituido principalmente por árboles regularmente distribuidos, con una altura superior a 5 metros e inferior a 15 metros y un estrato de copas (dosel) discontinuo. Su área representa entre el 30% y 70% del área total de la unidad. Ubicado en zonas que no presentan inundación periódica.
- ***Bosque de galería arbolado (3.1.4.2)***. Corresponde a éste tipo de vegetación árboles en las márgenes de los ríos con altura dosel irregular y estrato de copa discontinuo.
- ***Bosque de galería con herbazal y arbustal (3.1.4.3)***. En este tipo de cobertura se encuentra presente además de árboles, áreas constituidas por pastos y herbazales en las márgenes de los ríos, distribuidos irregularmente sobre el área total de la unidad.
- ***Bosque de galería de Guadua (3.1.4.1)***. Área con una cobertura densa de guadua, cuando la formación vegetación presenta la altura mínima y el área es superior a 0.5 ha (guadales).
- ***Bosque de galería mixto (3.1.4.4)***. Éste tipo de vegetación se encuentra ubicado en las márgenes de los ríos, con presencia de cobertura boscosa y guadales. Su altura dosel y el estrato de copa son irregulares.
- ***Bosque denso alto de tierra firme (3.1.1.1.1)***. Pertenece la vegetación de tipo arbóreo, con altura del dosel superior a 15 metros y un estrato más o menos continuo y su área representa el 70% del área total de la unidad. Ubicado en zonas que no presentan inundación periódica.

- ***Bosque denso bajo de tierra firme de Guadua (3.1.1.2.1.1)***. Áreas con una cobertura densa de guadua cuando la formación vegetal presenta la altura mínima y el área es superior a 0.5 ha (Guaduales).
- ***Vegetación secundaria alta (3.2.3.1)***. Representada por árboles con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponden a estados intermedios de sucesión vegetal, luego de un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla varios años después de la intervención original y después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o varias.
- ***Vegetación secundaria baja (3.2.3.2)***. Comunidad vegetal representada propiamente por vegetación arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, corresponde a los estados iniciales de sucesión vegetal luego de un proceso de deforestación o aforestación de pastizales luego de la intervención original.

### **3.6. Ecosistemas.**

Un ecosistema es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema. También se puede definir así: «Un ecosistema consiste de la comunidad biológica de un lugar y de los factores físicos y químicos que constituyen el ambiente abiótico».

Según Odum (1971) por el conjunto de organismos y factores físicos que forman el ambiente, ha evolucionado a través del tiempo e introduce el concepto de flujo energético dentro

de este “biosistema” donde los organismos obran recíprocamente con el ambiente físico comportándose como unidad ecológica

Recientemente Rodríguez *et al.* (2.004) definen el ecosistema como una porción del espacio geográfico que se identifica como la confluencia de una asociación de clima, geoformas, sustratos, comunidades, biotas y usos antrópicos específicos.

Se aprecia de esta manera cómo el concepto de ecosistema se ha ido consolidando poco a poco como una unidad geográfica más plausible que hace algunos años atrás, sin embargo, más que una unidad geográfica el ecosistema es una unidad funcional con entradas y salidas y con límites que pueden ser naturales o arbitrarios (Josse *et al.* 2.003, Odum 1971).

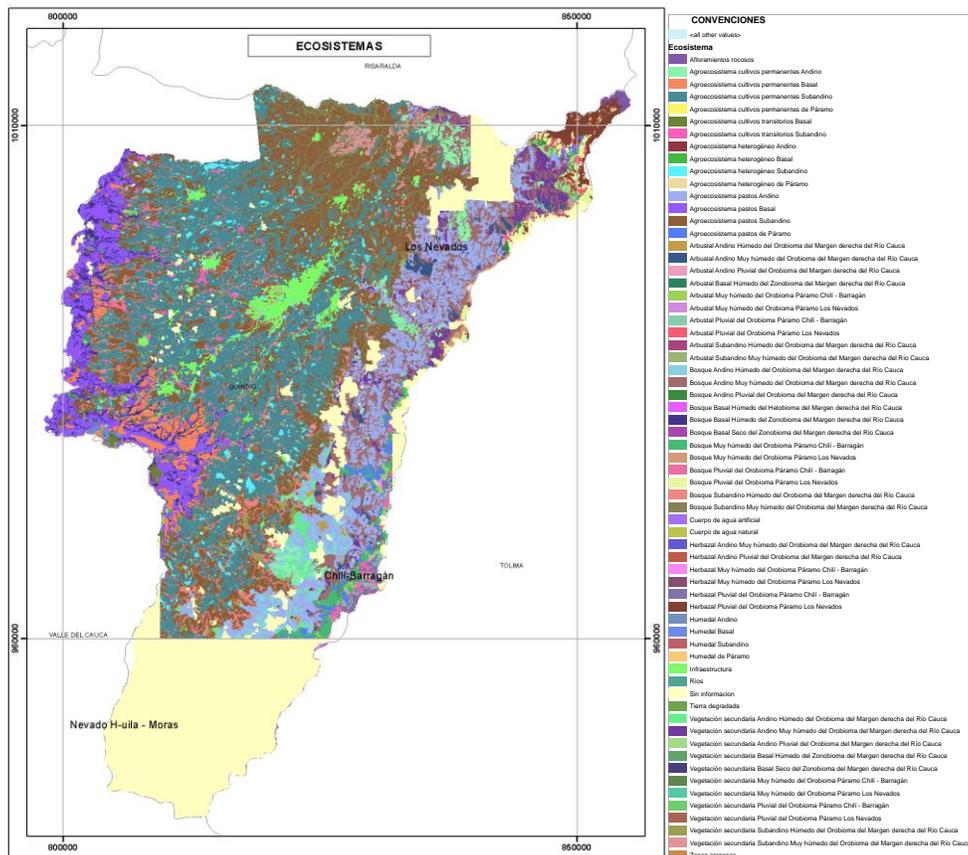
Los ecosistemas han adquirido, políticamente, una especial relevancia ya que en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), ratificado por más de 175 países en Río de Janeiro en junio de 1992. Se establece «la protección de los ecosistemas, los hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales» como un compromiso de los países ratificantes. Esto ha creado la necesidad política de identificar espacialmente los ecosistemas y de alguna manera distinguir entre ellos.

Bajo este enfoque metodológico se elaboran mapas temáticos, o se emplean otros ya existentes referidos a aspectos parciales del medio natural (mapas geomorfológicos, hidrológicos, de suelos, de vegetación y usos del suelo, entre otros), los cuales se ordenan y superponen con el propósito de obtener, mediante la intersección de las unidades temáticas, otro mapa de unidades ecológicas o “ambientales”. En este sentido la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de herramientas de sensores remotos se ha hecho indispensable para la evaluación y delimitación de los recursos naturales.

La clasificación de los ecosistemas en el departamento del Quindío se basó en la metodología propuesta por Rodríguez *et al.* (2006), quienes tuvieron en cuenta a Bailey (1996), en la cual se establece que un ecosistema debe fundamentarse en la asociación espacial de sus estructuras verticales, como la roca basal, aguas subterráneas, suelos, paisaje y variables climáticas. El mapeo de los ecosistemas tuvo como principio general de que su delimitación es función de los componentes del territorio (figura 8).

El SIRAP elaboró la leyenda del mapa de Ecosistemas a partir de los nombres de los atributos de cada capa usada en la elaboración del mapa. Se asignó el nombre de acuerdo al tipo de cobertura, el piso bioclimático (por ejemplo: *Andino* o *Basal*), la provincia de humedad y por último la geomorfología. Para simplificar los análisis, se trabajó un nivel de ecosistemas simplificado, en el cuál no se incluyó la geomorfología (figura 8).

Figura 8. Ecosistemas presentes en el departamento del Quindío.



Fuente: SIRAP, 2018.

### 3.7. Sistema Hidrológico

Es importante resaltar que el recurso de mayor uso para el desarrollo de las comunidades tanto humanas como biológicas es el agua, ya que éste hace parte de la función de los procesos productivos naturales y condiciona el desarrollo de las actividades socioeconómicas en el espacio y el tiempo.

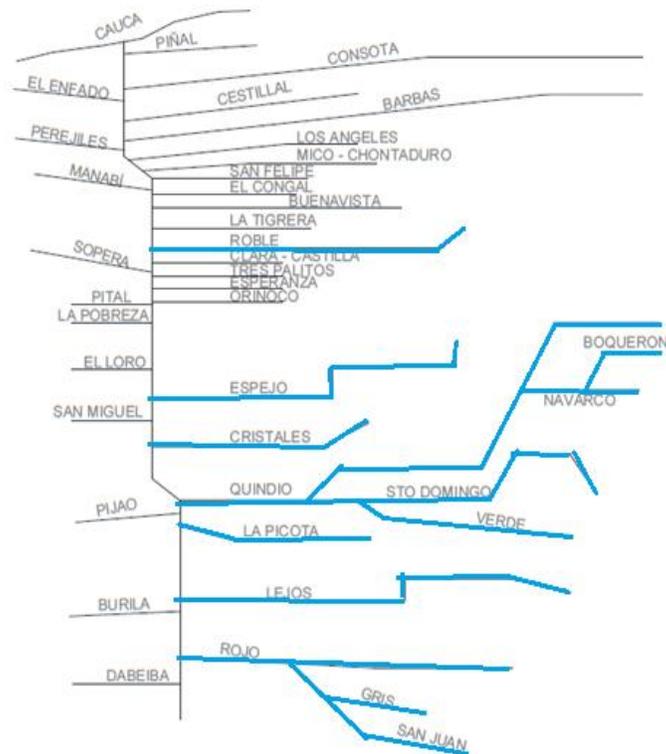
Se pueden diferenciar tres zonas hidrológicas básicas por la forma como generan y conducen el agua para las escorrentías superficiales. La primera corresponde al Paisaje de

Montaña donde las aguas producidas en las laderas de la cordillera son colectadas por el río Quindío que entrega en la zona sur al río Barragán. La segunda zona identificada corresponde al Paisaje de Piedemonte donde se generan numerosas corrientes que drenan en sentido oriente occidente hasta tributar al cauce del río La Vieja. La tercera se localizada en la parte occidental de la Cuenca y está conformada por corrientes de agua que drenan de manera directa al río La Vieja conformando pequeños valles o sectores relativamente planos de varios municipios de Quimbaya, Montenegro, La Tebaida en su mayoría (POMCH, río La Vieja, 2008, POMCH-UMC, río Quindío, 2010).

El departamento lo enmarcan al Occidente el río Barragán, hasta el punto donde se une con el río Quindío para formar el río La Vieja, de aquí en adelante este cubre el resto del trayecto limítrofe del Quindío con el Valle; la parte oriental de sur a norte lo recorre la cordillera central y al Norte la quebrada o río Barbas sirve de frontera entre Quindío y Risaralda en su trayecto de oriente a occidente.

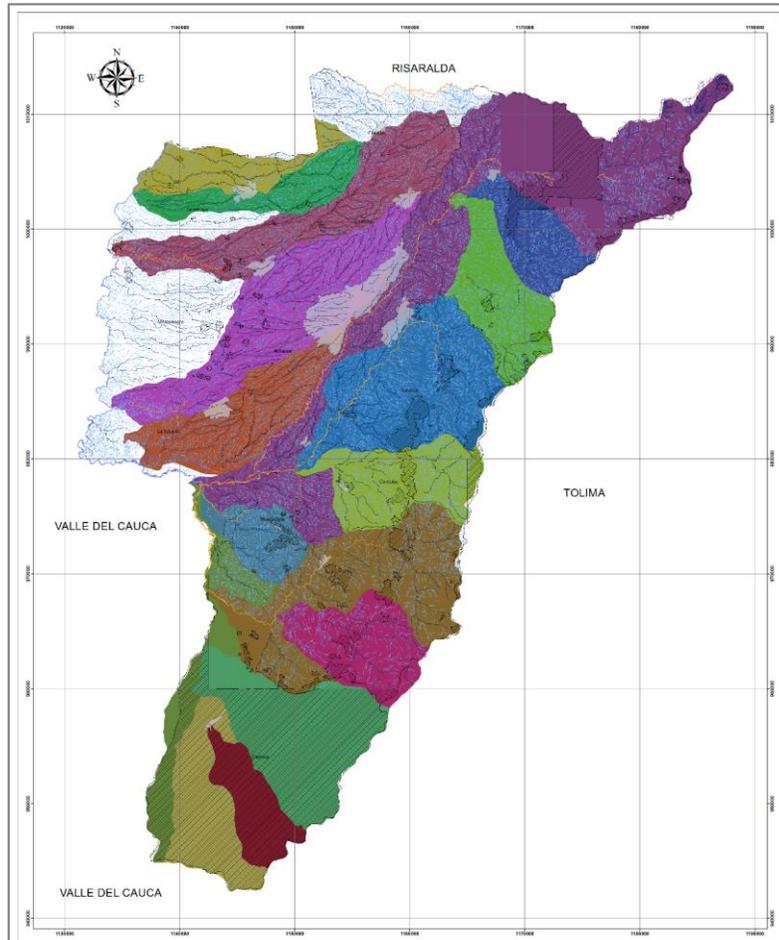
En este sentido, El departamento del Quindío está bien irrigado por algunos ríos de importancia y un número considerable de quebradas y riachuelos(figura 10 y 11), Sus principales ríos determinan hoyas hidrográficas de gran valor económico para sus respectivas regiones, sobresalen los ríos Quindío, Santo Domingo, Río Verde, San Juan, Río Rojo, Río Gris, El Roble, Espejo, Barragán y La Vieja como se describe en la siguiente figura (figura 10 y 11) .

Figura 9. Esquema de los principales cuerpos de agua en el departamento del Quindío.



Fuente: POMCH rio La Vieja, 2008.

Figura 10. Mapa del Sistema Hidrológico por Unidades de Manejo de Cuenca en el Departamento del Quindío.



Fuente: POMCA Rio La Vieja, 2008.

## **4. Referente Normativo y legal**

### **4.1. Constitución Política de Colombia.**

La Constitución Política de 1991 ha sido considerada como una norma constitucional que defiende la protección de los recursos naturales y del medio ambiente. Fue el paso más importante y significativo en materia de legislación y política ambiental dado en Colombia, elevando a la categoría de derecho colectivo. Así mismo, dentro de sus 380 artículos cuenta con una gran cantidad de ellos, que de forma directa hace énfasis sobre la protección del medio ambiente y los recursos naturales, siendo unos de los más importantes en materia ambiental, los siguientes:

- Artículo 8 – Riquezas culturales y naturales de la nación.
- Artículo 58 – Función ecológica de la propiedad privada.
- Artículo 79 - Derecho a un ambiente sano.
- Artículo 80 – Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.
- Artículo 82 – Protección del espacio público y destinación al uso común
- Artículo 88 – Acciones populares.
- Artículo 95 – Protección de los recursos naturales y culturales del país.
- Entre otros.

### **4.2. Ley 99 de 1993.**

Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental en cabeza de dicho ministerio. Con la entrada en vigencia de esta Ley, se ordena coherentemente las normas y principios ambientales y permite la formulación de políticas ambientales a nivel nacional, con base en 14 principios generales ambientales para el uso,

manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y la biodiversidad en todo el territorio nacional.

Así mismo, esta Ley, a través de su artículo 111 ordenó a los municipios y departamentos destinar durante 15 años, un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos para la adquisición de áreas de interés para la protección de acueductos municipales y distritales. Sin embargo, este artículo fue modificado por el artículo 106 de la Ley 1151 de 2007, modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011 y reglamentado por el Decreto Nacional 953 de 2013, donde además de la compra de los predios, se les permitió la administración de los mismos y se crea la nueva figura de Pago por Servicios Ambientales PSA.

Estas áreas de protección de cuencas y microcuencas abastecedoras de acueductos municipales y veredales, toman importancia dentro de la Estructura Ecológica, pues dentro de su prestación de servicios ecosistémicos, se encuentra el de provisión de agua para consumo humano.

#### **4.3. Ley 388 de 1997.**

Esta Ley, conocida como la Ley de desarrollo territorial modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991. Es en este sentido que se establece un mandato para que todos los municipios del país formulen sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial, y según su artículo 5, define que *“El ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos o áreas metropolitanas en ejercicio de la función pública que les compete...en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias*

*de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales”* (negrilla usada intencionalmente).

Por su parte, define el Plan de Ordenamiento Territorial en su artículo 9 como el “... conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo...”.

Esta Ley se ha fundamentado en tres principios importantes para el ordenamiento del territorio, donde uno de los más representativos en materia del medio ambiente corresponde al de “*La función social y ecológica de la propiedad*”. De igual manera ha sido determinante en temas de gestión del riesgo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente a través del uso adecuado del suelo y donde por primera vez se empezó relacionó el ordenamiento espacial del territorio y se empieza a identificar cartográficamente, las áreas de reserva ambiental y aquellas de especial cuidado y manejo dentro de un municipio.

Igualmente la Ley 388 de 1997 establece que, en la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, los municipios deberán tener en cuenta las determinantes establecidas en su artículo 10, las cuales se constituyen normas de superior jerarquía en cada uno de sus ámbitos de competencia en concordancia con la Constitución y las leyes. Por ello, se resalta en armonía con el desarrollo del presente trabajo, la siguiente determinante: “*1. . Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales la prevención de amenazas y riesgos naturales...*”.

#### **4.4. Decretos compilados en el Decreto Unico Reglamentario 1076 de 2015**

Este decreto tiene por objeto compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen en el sector y se constituye como un instrumento jurídico único para el mismo (Decreto 1076 de 2015).

##### **4.4.1. Decreto 2811 de 1974.**

El Decreto 2811 de 1974, *“por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”*, da un primer inicio a la protección de los recursos naturales, principalmente en aquellas zonas de bosques riparios, constituidas en *“una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho”*. el cual, es un concepto hoy en día que le ha dado mucho soporte a la protección y construcción de corredores ecológicos en las zonas de rondas hídricas, los cuales finalmente permiten la conectividad de áreas nucleos de bosques y áreas fragmentadas, es decir, de conectividad del paisaje para todo el territorio nacional.

##### **4.4.2. Decreto 1449 de 1997.**

El decreto 1449 de 1997, le da mayor peso a la reglamentación para proteger y conservar los bosques en áreas públicas y privadas, como se cita en su artículo 3:

“...

1. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las Areas Forestales Protectoras.

Se entiende por Areas Forestales Protectoras:

- a. Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia.

- b. Una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua.
- c. Los terrenos con pendientes superiores al 100% (45°).

2. Proteger los ejemplares de especies de la flora silvestre vedadas que existan dentro del predio....”

Este artículo centra más la importancia de proteger el recurso hídrico a través de la creación de dichas áreas forestales protectoras, el cuál hoy, al igual que el decreto anterior, es unreferente normativo para la construcción de la estructura ecológica principal, pues a través de estos corredores ecológicos, contituidos como franjas de bosques a lo largo de cauces, quebradas y ríos, sean permanentes o no, permiten integrar y conectar a la estructura ecológica sin ningún topo de barreras territoriales.

#### **4.4.3. Decreto 3600 de 2007.**

Por su parte, el Decreto 3600 de 2007, le da un mayor peso normativo a la inclusión de la estructura ecológica principal en los planes de ordenamiento territorial, definiéndola como:

*“Estructura Ecológica Principal. Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones”.*

En este sentido, se reglamenta y exige como determinante con el fin de garantizar el desarrollo sostenible del suelo rural, incluir en los Planes de Ordenamiento Territorial, las categorías de protección del suelo rural previstas en el artículo 4 del mencionado decreto:

*“...1. **Áreas de conservación y protección ambiental.** Incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal, para lo cual en el componente rural del plan de ordenamiento se deben señalar las medidas para garantizar su conservación y protección. Dentro de esta categoría, se incluyen las establecidas por la legislación vigente, tales como:*

*1.1. Las áreas del sistema nacional de áreas protegidas.*

*1.2. Las áreas de reserva forestal.*

*1.3. Las áreas de manejo especial.*

*1.4. Las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna...”.*

Es por esto que, el decreto 3600 de 2007, exige a los municipios y departamentos la inclusión y delimitación de la estructura ecológica principal, a una escala intermedia con el ánimo de desarrollar y precisar las condiciones del ordenamiento de áreas específicas del suelo rural dentro de sus planes de ordenamiento territorial.

#### **4.4.4. Decreto 2372 de 2010**

Con la entrada en vigencia del Decreto 2372 de 2010, a través del cual se reglamentó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, consolidado como un conjunto donde los actores sociales e institucionales, y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, para el cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país. Lo anterior obedece a su vez al establecimiento, desarrollo y funcionamiento de cada una de las categorías de conservación del SINA con la premisa de las siguientes reglas y principios:

- El SINAP Y específicamente las áreas protegidas como elementos de este, constituyen el elemento central para la conservación de la biodiversidad del país.
- Las áreas protegidas de las diferentes categorías de manejo que hacen parte del SINAP, deben someterse a acciones especiales de manejo encaminadas al logro de sus objetivos de conservación.
- El reconocimiento tanto de los cambios intrínsecos que sufren la biodiversidad, como de los producidos por causas externas a esta, implica que el SINAP debe ser flexible y su gestión debe ser adaptativa frente al cambio, sin detrimento del cumplimiento de los objetivos específicos de conservación.
- Para garantizar el manejo armónico y la integridad del patrimonio natural de la Nación, el ejercicio de las funciones relacionadas con el SINAP por las autoridades ambientales y las entidades territoriales. se enmarca dentro de los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario definidos en la Ley 99 de 1993.
- Es responsabilidad conjunta del Gobierno Nacional, las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, las entidades territoriales y los demás actores públicos y sociales involucrados en la gestión de las áreas protegidas del SINAP, la conservación y el manejo de dichas áreas de manera articulada. Los particulares, la academia y la sociedad civil en general, participarán y aportarán activamente a la conformación y desarrollo del SINAP, en ejercicio de sus derechos y en cumplimiento de sus deberes constitucionales.
- El esfuerzo del Estado para consolidar el SINAP, se complementará con el fomento de herramientas legales para la conservación en tierras de propiedad privada como una acción complementaria y articulada a la estrategia de conservación in situ del país. El

Estado reconoce el fin publico que se deriva de la implementación de estas herramientas y su aporte al cumplimiento de las metas de reducción de pérdida de la biodiversidad en terrenos de propiedad privada y al mejoramiento de los indicadores de sostenibilidad ambiental del país.

Así mismo, el decreto 2372 de 2010, establece en su artículo 21 *“ART/CULACION CON PROCESOS DE ORDENAMIENTO, PLANES SECTORIALES Y PLANES DE MANEJO DE ECOSISTEMAS. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de sus distintas dependencias con funciones en la materia y las Corporaciones Autónomas nomas Regionales, velaran porque en los procesos de ordenamiento territorial se incorporen y respeten por los municipios, distritos y departamentos las declaraciones y el regimen aplicable a las areas protegidas del SINAP. Así mismo, velará por la articulación de este Sistema a los procesos de planificación y ordenamiento ambiental regional, a los planes sectoriales del Estado y a los planes de manejo de ecosistemas, a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de conservación y de gestión del SINAP y de los fines que le son propios”*.

## **5. Referente teórico**

### **5.1. Ordenamiento territorial**

El Ordenamiento Territorial claramente ha sido definido como *“un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y reas metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo*

*socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales”*  
(Ley 388 de 1997).

EL Ordenamiento del Territorio se ha caracterizado por ser un proceso a través del cual se han incluido diferentes componentes: socio-culturales, económicos, políticos, administrativos, institucionales, en el marco de la necesidad de una función pública que busca desarrollar adecuadamente su territorio y busca regular el crecimiento descontrolado de las actividades humanas.

Massiris, Ángel (2002) indicó que el Ordenamiento Territorial (OT), principalmente para los países de Latinoamérica, tiene una historia reciente que se remonta a los inicios de la década de los ochenta, la cual ha sido concebida de manera diversa, asociada a políticas sociales, ambientales, urbanísticas, económicas y de descentralización. Es decir, el OT ha sido objeto de distintas interpretaciones a nivel mundial; sin embargo, según su estudio, prevalece la concepción del OT como una práctica de planificación sectorial e integral en concordancia con las problemáticas de los territorios, pese a la inexistente claridad sobre los mecanismos de articulación necesarios para armonizar las acciones sectoriales y territoriales.

Para Méndez (2000) la planificación del territorio se cimienta a partir del conocimiento y valoración del presente y su articulación al pasado; es decir que, el OT debe estar amarrada a los distintos instrumentos de planeación, lo cual constituye el marco direccional y normativo para el control de los procesos de ocupación del territorio y aprovechamiento de los recursos naturales. Por lo tanto, una adecuada planificación parte de la noción de entender a la sociedad en armonía con el patrimonio natural, lo cual no admite separación entre las consideraciones de carácter socioeconómico y geobiofísicas, dado que, cualquier acción que involucre la ocupación del

territorio, localización de actividades económicas, crecimiento del tejido social y aprovechamiento de los recursos naturales, debe considerar el impacto que se genere sobre el espacio natural y el espacio construido.

Cuando se hace referencia al ordenamiento territorial, este debe integrar directamente la dimensión ambiental en cada una de las acciones para el desarrollo socioeconómico, pues debe existir un equilibrio entre la oferta y la demanda de los recursos naturales, llevándolo a un desarrollo sostenible. Es por esto que, cualquier actuación para un espacio dado, se deberá establecer adecuadamente la distribución de los usos del suelo, pues, el OT se considera un medio al servicio de objetivos generales, como el adecuado uso de los recursos naturales, el desarrollo y el bienestar y calidad de vida de las comunidades (Zoido, Florencio, 1998).

Sin embargo, es preciso indicar que, pese a la gran variedad de definiciones dadas al Ordenamiento Territorial, es posible encontrar, tal como lo plantea la FAO a través de su plataforma de territorios inteligentes, algunos elementos asociados: “(i) *la finalidad de un desarrollo equilibrado y la transformación física del espacio de acuerdo a una estrategia común; (ii) el planteamiento desde lo local hacia lo nacional; (iii) la necesidad de un abordaje interdisciplinario e integrado; y (iv) la consecuencia directa de la interrelación de competencias y potestades administrativas*”. Así mismo, la importancia del territorio planificado bajo una estructura que priorice la conservación de los recursos naturales desde los enfoques urbanísticos, sociales, económicos y territoriales, permitirá regular la utilización, transformación y ocupación del espacio en armonía con el medio ambiente.

## 5.2. Estructura Ecológica Principal

El término de Estructura Ecológica (EE) ha tomado mayor fuerza y se ha empezado a caracterizar como uno de los elementos más importantes al momento de establecer una adecuada planificación ambiental territorial. Uno de los avances más significativos frente al concepto de EE en Colombia, ha sido en el marco de la propuesta del holandés Thomas Van Der Hammen, cuando por primera vez en 1998 introdujo el término a través del trabajo elaborado como el Plan Ambiental y Plan Regional de Gestión Ambiental para la cuenca del Río Bogotá.

Actualmente existen diferentes definiciones asociadas a la EE, sin embargo, es pertinente afirmar que una de las más amplias y completa es la de T. Van der Hammen y Andrade (2003): *“El conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud tales que en conjunto garantizan el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medio para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida”*.

Según la ley colombiana (decreto 3600 de 2007) la Estructura Ecológica Principal es un Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones.

De acuerdo con Wiesner (2004), la estructura ecológica principal (EEP) corresponde al conjunto de áreas requerido para garantizar la funcionalidad ambiental de un territorio y está conformada por la futura red de reservas, sus conexiones y la definición de áreas de producción

agrícola y ganadera, zonas de restauración y plantaciones forestales. Dicha estructura se establece a partir de mapas de cobertura y uso (actual y potencial), mapas geológicos y de suelos” y tiene como propósito proteger los principales corredores ambientales y ecológicos que conectan el departamento con su bioregión circundante, no sólo en términos ecológicos sino también recreativos.

El Plan Nacional de Desarrollo, 2011-2014 (Capítulo VI) señala la necesidad de involucrar la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial y la importancia de la identificación y la caracterización de los servicios ecosistémicos de los que dependen las locomotoras define el termino EEP como “el conjunto de ecosistemas estratégicos que garantizan la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población”.

### **5.3. Infraestructura Ecológica**

Por su parte, la Infraestructura Ecológica es “el conjunto de relictos de vegetación natural y semi-natural, corredores y áreas a restaurar en los agro-ecosistemas y otras áreas intervenidas del país (centros urbanos y otros sistemas construidos) que tienen una funcionalidad en la conservación de la biodiversidad, la productividad y la calidad de la vida de la población” (Van der Hammen & G. AndradE , 2003)

Según Benedict & McMahon, (2006) la infraestructura ecológica (en el ámbito norteamericano) hace referencia a la red de espacios verdes interconectados que son planeados y manejados de acuerdo con sus valores ecológicos y los beneficios que estos puedan prestar al hombre. Esta figura reconoce los valores ambientales en áreas transformadas como parques,

caminos verdes y otros lugares donde la vegetación ha sido plantada y manejada por el hombre. Por esta razón, la infraestructura verde es una herramienta de conservación que busca preservar áreas naturales y seminaturales, así como usar de manera sostenible áreas manejadas para lograr beneficios no sólo para la naturaleza sino también para el hombre.

También hace parte de la IE, corredores artificiales, barreras vivas y árboles plantados de especies exóticas (corredores lineales), corredores dentro el paisaje, caminos verdes, senderos ecológicos, bancos de germoplasma, jardines botánicos, entre otros.

Hacen parte de la Infraestructura ecológica el sistema de aprovisionamiento de servicios como Embalses y/o Reservorios de agua, humedales artificiales, bocatomas, sistema de acueductos municipales y verdales y redes e infraestructura de los sistemas como franjas de redes y demás sistemas de distribución o almacenamiento : Gas domiciliario (redes del sistema nacional de interconexión de gas transgas de occidente), Energía (redes de interconexión del sistema nacional de interconexión de energía), e incluso las zonas de reserva para carreteras de la red vial nacional.

Además la infraestructura de saneamientos básicos tales rellenos sanitarios u otros sistemas de disposición de residuos sólidos, Plantas de Tratamiento de Aguas servidas (PTAR), redes de colectores, interceptores y redes de conducción de alcantarillados urbanos.

#### **5.4. Servicios Ecosistémicos**

El término “servicios” alusivo a lo ofrecido por los ecosistemas a los seres humanos, surgió a finales de los años 60 como consecuencia de movimientos ambientalistas. El concepto de servicios ecosistémicos empezó a surgir, dada la necesidad de enfatizar la intrínseca relación

entre el ser humano y los ecosistemas y la transformación del planeta a tasas muy aceleradas por el afán de satisfacer las necesidades de recursos naturales. Dicha relación se convirtió en una problemática ambiental y se iniciaron grandes cuestionamientos acerca de los impactos severos en la capacidad del planeta para mantenerse y producir suficientes bienes que posteriormente serían consumidos por las poblaciones humanas (Mooney y Erlich 1987, citado por Balvanera & Cotler, 2007).

En este sentido, Camacho & Ruiz (2012), afirman que el concepto de servicios proporcionados por los ecosistemas tuvo sus orígenes en las décadas de 1960 y 1970, a raíz de los impactos generados por la contaminación, la deforestación, reducción de la capa de Ozono, el cambio climático, entre otros. Así mismo los autores indican que, si bien es cierto, el término de Servicios Ecosistémicos se incrementó de manera exponencial, se consideró que no existía una definición totalmente clara bajo la cual se pueda valorar integralmente los SE.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005 (MEA por sus siglas en inglés Millennium Ecosystem Assessment) definió que “los servicios ecosistémicos son los beneficios que obtiene la gente de los ecosistemas”, permitiendo resaltar el vínculo entre los seres humanos y los “servicios” que ofrecen los ecosistemas, dado que dentro de la conformación de una Estructura Ecológica, se debe asegurar la continuidad de los procesos ecológicos para mantener y garantizar la diversidad e integridad de los ecosistemas, y en este sentido, dentro de la EE se contengan las áreas de mayor importancia en la oferta de los servicios que benefician a la población, dando soporte al desarrollo socioeconómico del departamento.

A continuación, se clasifican los Servicios Ecosistémicos de acuerdo al tipo de servicio que brindan al ser humano, los cuales han sido clasificados en cuatro tipos principales (tabla 4):

Tabla 4. Clasificación de los servicios ecosistémicos.

CATEGORÍA DEL SERVICIO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SERVICIOS
<b>Provisión</b>	Todos aquellos productos obtenidos del ecosistema.	Alimento Agua Materias Primas Recursos genéticos Recursos medicinales Recursos ornamentales
<b>Regulación</b>	Los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema	Regulación de la calidad del aire Regulación climática (incluido el Moderación de eventos extremos Regulación de corrientes de agua Tratamiento de desechos Prevención de la erosión Mantenimiento e la fertilidad del Polinización Control biológico
<b>Soporte</b>	Los servicios necesarios para la producción de todos los demás Beneficios no materiales que la	Mantenimiento de los ciclos de vida Mantenimiento de la diversidad Goce estético
<b>Cultural</b>	gente obtiene de los ecosistemas.	Recreación y turismo Inspiración para cultura, arte y diseño Experiencia espiritual Desarrollo cognitivo

Fuente: UNEP-WCMC, 2011. Tomado de IDEAM 2012. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la Estructura Ecológica Nacional.

***Servicios de Provisión o Suministro:*** Las áreas que mantienen la funcionalidad de los ecosistemas para cubrir las necesidades de la población en términos de servicios de provisión asociados con ecosistemas naturales se garantizan. “Son los que se pueden consumir directamente, conocidos también como recursos naturales, incluyen los alimentos, agua, fuentes de energía, materiales de construcción o medicinas, entre otros” (Balvanera, P., 2012, p. 137; IDEAM, 2012).

***Servicios de Regulación:*** Las áreas que mantienen la funcionalidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos fundamentales para el bienestar humano y el desarrollo económico. Son los que regulan las condiciones en las que habitamos y en las que llevamos a cabo nuestras actividades productivas y económicas, permiten que las condiciones tiendan a cambiar poco y a oscilar dentro de rangos que nos permiten vivir, cultivar alimentos o regular los impactos de eventos extremos, entre otros. Estos servicios incluyen la regulación climática, la regulación de inundaciones y la protección costera. (Balvanera, P., 2012, p. 137; IDEAM, 2012,).

***Servicios Culturales:*** Las áreas socialmente valoradas por sus cualidades escénicas, culturales e investigativas que ofrezcan beneficios a la sociedad a través de un uso no extractivo. Pueden ser tangibles o no tangibles, pero que surgen de la contribución de los ecosistemas a experiencias que son placenteras o benéficas abarcan beneficios recreativos y estéticos, así como aquellos asociados a la identidad, el legado cultural y el sentido de pertenencia. (Balvanera, P., 2012, p. 137, IDEAM, 2012).

***Servicios de Soporte Ecológico:*** Son aquéllos “que permiten que puedan suministrarse los anteriores servicios; estos en realidad son procesos ecosistémicos básicos”, como los que prestan las áreas naturales, importantes para el mantenimiento de procesos ecológicos (Balvanera, P., 2012, p. 137).

### ***Principios, Criterios e Indicadores de las Áreas a Incorporar en la EEP del Departamento del Quindío.***

Es importante determinar si los ecosistemas o áreas de interés prestan adecuadamente un servicio y de esta manera basar dentro del proceso de planificación las condiciones, tendencias y

cambios que se puedan identificar a los dos principios ya mencionados: biodiversidad y servicios ecosistémicos:

*Tabla 5.* Principios, criterios e indicadores de los servicios ecosistémicos a incorporar en le EEP.

<b>Principio</b>	<b>Criterios</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Variables para la priorización</b>
Biodiversidad	Estructura y composición del ecosistema	Estado de Conservación de los ecosistemas	Nivel de transformación
		Ecosistemas relictuales y singulares	Relictualidad
		Prsencia de especies objeto de conservación	Índice de vulnerabilidad de especies
		Representatividad de los ecosistemas	Representatividad
Servicios Ecosistémicos	Funcionalidad de ecosistemas	Conectividad estructural	Índices de conectividad
		Aprovisionamiento de alimentos	Sostenibilidad de unidades productivas
	Aprovisionamiento	Aprovisionamiento de productos forestales	Oferta y demanda de productos forestales
		Aprovisionamiento de agua superficial	Rendimiento hídrico (l/s/km <sup>2</sup> )
Regulación y soporte	Regulacion hidrica	Índice de rendimiento hídrico	
	Moderación de eventos extremos	Indice de aridez	

	climáticos por precipitación	
	Moderación de eventos de inundaciones y avenidas torrenciales	Susceptibilidad a la inundación
	Moderación de movimientos en masa	Susceptibilidad a movimientos en masa
	Almacenamiento de carbono en biomasa aérea	Índice de almacenamiento
	Regulación de la calidad del aire	Concentración de partículas y contaminantes, ruidos.
	Estéticos y paisajísticos	Puntos de vista, diversidad paisajística, rasgos específicos
Culturales	Recreación y turismo	Locaciones, actividades que permite el lugar, infraestructura, accesibilidad.
	Educación e investigación	Número de investigaciones, objetivos de conservación

Fuente: Estructura Ecológica de la región centro sur, CORPOCALDAS, 2014.

## 5.5. Los Sistemas de Información Geográfico en la Planificación Ambiental Territorial

### 5.5.1. *Sistemas de Información Geográfico.*

Un sistema de información es definido como aquel que tiene la capacidad de interrelacionar un conjunto de elementos para convertir datos asociados a un interés general o particular. Dicho sistema se compone de: datos de entrada, almacenamiento, procesamiento, modelamiento, información de salida y retroalimentación.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han ido consolidando como una herramienta para trabajar con información geográfica con un sistema de coordenadas asignado, dentro del cual se permite trabajar una serie de operaciones asociadas a la lectura, edición, almacenamiento y gestión de datos espaciales, lo que lo define como un sistema de información diseñado para el procesamiento de datos con ubicación geográfica, convirtiéndolo en una herramienta integradora de información para un área determinada (Geoinnova. Formación y consultoría ambiental).

En este sentido, un SIG es un sistema que permite describir y categorizar un área en específico, con el objetivo de delimitar y analizar información espacial a través de mapas, los cuales representan el territorio mediante capas temáticas que permiten modelar y organizar la información geográfica, no solo en mapas estáticos, si no que el desarrollo de los SIG hoy en día permite el uso de mapas interactivos a través de diferentes aplicativos, a través de los cuales se logra (ArcGis Resources):

- Dar a conocer y compartir el SIG
- Compilar y mantener el contenido del SIG
- Diseñar y organizar la información geográfica por medio de capas temáticas
- Obtener nueva información mediante geoprocésamiento y, posteriormente, visualizar, resumir, analizar, comparar e interpretar los resultados analíticos
- Compartir la información geográfica para su uso en la Web

Los SIG permiten a partir de mapas temáticos comunicar y transmitir información e manera organizada, identificar patrones para interpretar el comportamiento de datos, realizar análisis con resultados muy completos y modelos, compilar información geográfica en

geodatabase, comunicar ideas, conceptos, planes y diseños y compartir abiertamente información geográfica (ArcGis Resources).

### **5.5.2. Modelos Espaciales**

López, F. R. (2008) define a un modelo como aquella representación simplificada de un objeto de investigación con un propósito, ya sea para describirlo, explicarlo, pronosticarlo o planearlo, el cual, al correlacionarlo como un modelo de datos, se entiende entonces como una colección de herramientas utilizadas para describir los datos, las relaciones de los datos y su semántica, por lo que un modelo de datos se integra de: objetos, atributos y relaciones.

Por su parte, Martínez, Diego (2010) define a los modelos espaciales como aquellas representaciones del mundo real de elementos físicos, a través de los modelos de elevación digital. Así mismo, clasifica a los modelos espaciales de acuerdo a la resolución y extensión en el espacio, tiempo y atributos desde un rango microscópico a uno macroscópico, a través de una representación de objetos: cero dimensión (puntos), una dimensión (líneas) y dos dimensiones (polígonos) o tres dimensiones (volúmenes).

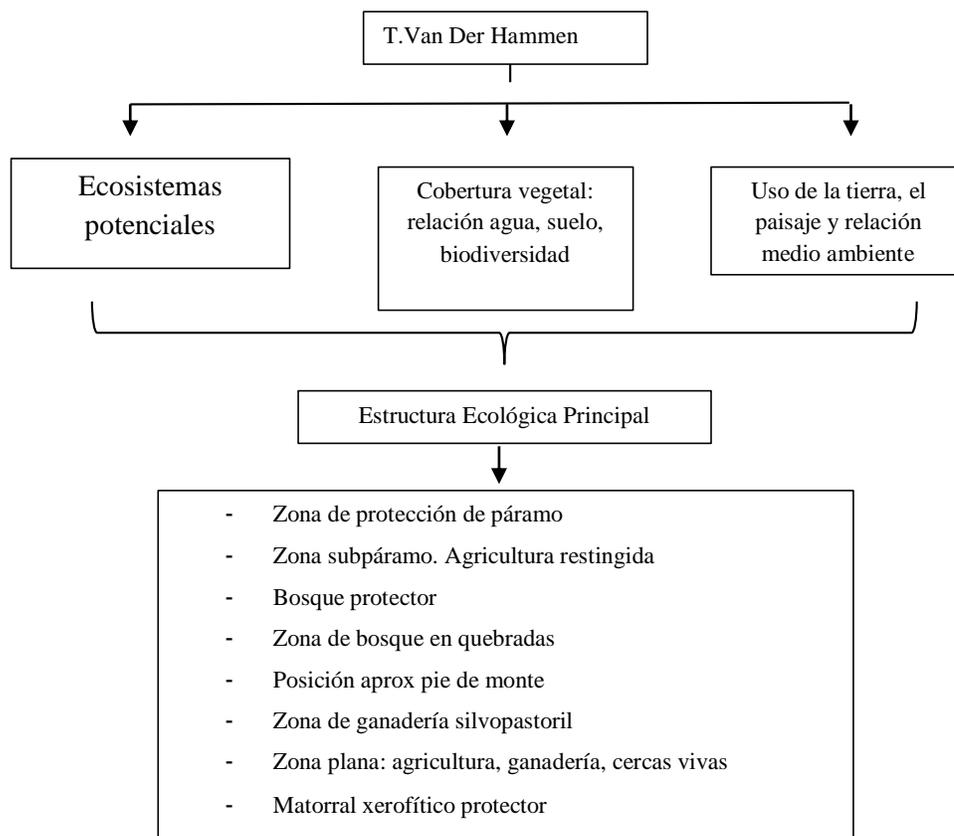
En este sentido, Posada, N., & Sol, D. (1999) asocian a estas dimensiones como aquellos objetos geográficos, donde cada uno (puntos, líneas, polígonos) son un tipo de modelado abstracto de datos en el contexto objeto/relacional, convirtiéndose en un modelo de representación de tipo vectorial para visualizar objetos geográficos.

## **5.6. Modelos Metodológicos Aplicados a la Estructura Ecológica Principal**

El modelo metodológico que ha sido referente para muchos estudios relacionados con la Estructura Ecológica Principal ha sido el propuesto por Thomas Van Der Hammen (1998), el cual propuso que la relación de las variables ambientales conforman un sistema en constante

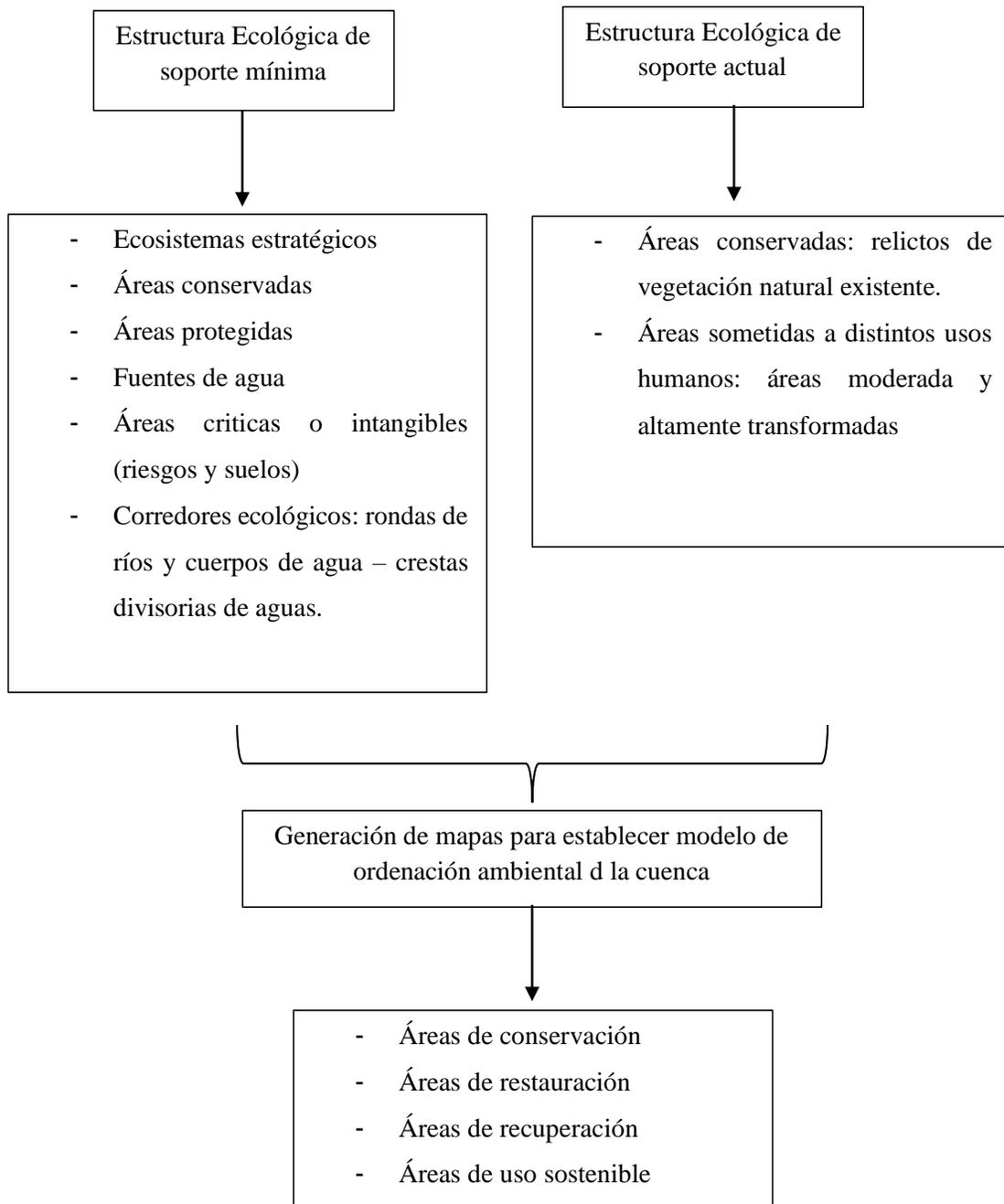
interacción con el hombre, derivando todo un esquema metodológico que ha permitido en la actualidad aplicarlo y adaptarlo a las condiciones de cada territorio. Dicho esquema se relaciona a continuación:

Figura 11. Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por Tomas Van Der Hammer, 1998.



Márquez & Valenzuela (2008) propusieron una aproximación conceptual y metodológica a partir del procesos de ordenación de cuencas para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal y ordenamiento territorial ambiental, donde se expone una metodología mediante el uso de herramientas SIG para identificar la Estructura Ecológica de Soporte Mínima para la prestación de servicios, generando una comparación con la Estructura existente en el territorio, como se relaciona a continuación:

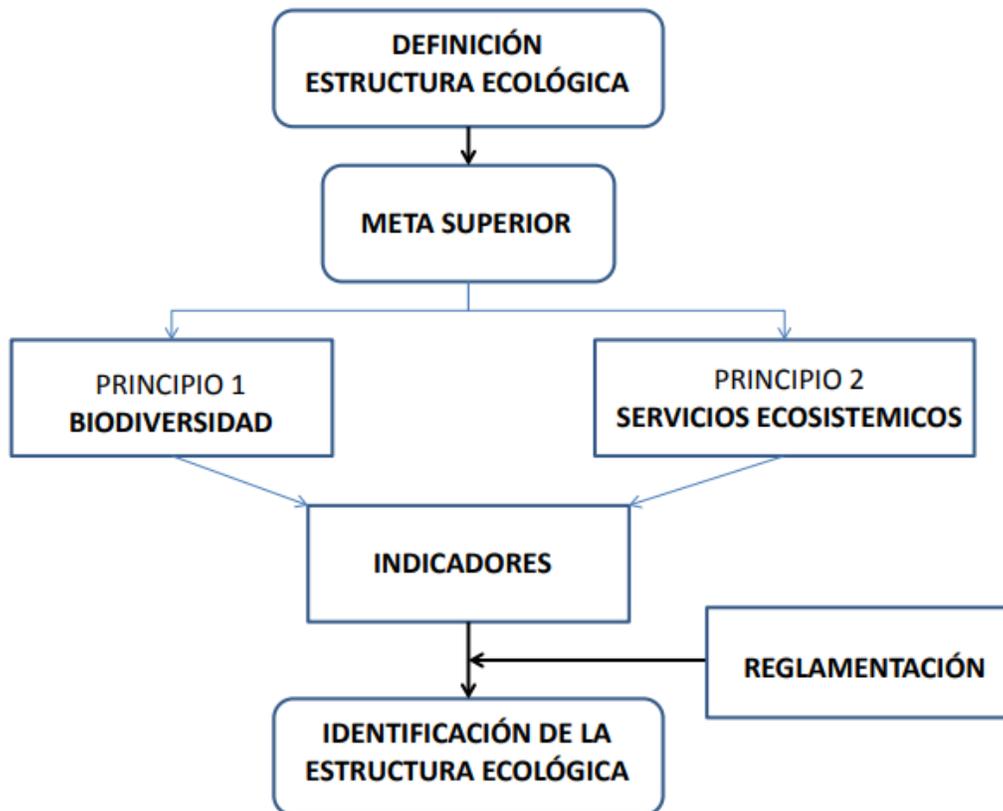
Figura 12. Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por Márquez & Valenzuela (2008).



Es así como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011), adapta lo planteado por Tommas van der Hammen (1998), van der Hammen y Andrade (2003

para el IDEAM), y Márquez y Valenzuela (2008) y Valvuená et al., (2008), donde sintetiza el marco conceptual para la definición de la Estructura Ecológica Principal del país, como se relaciona a continuación:

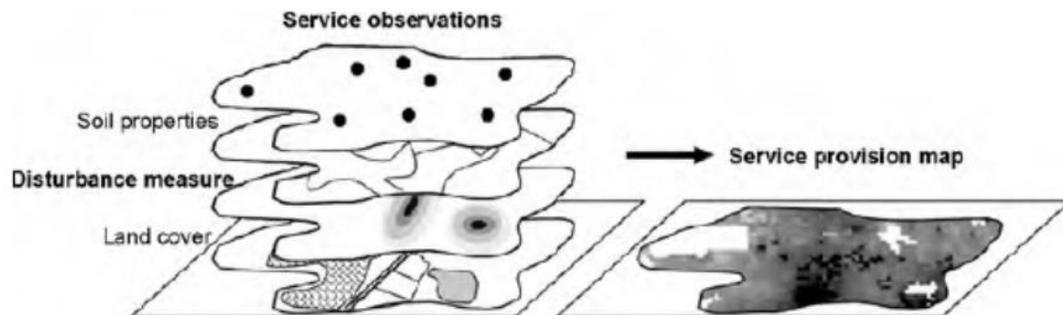
Figura 13. Esquema conceptual general para la definición de la Estructura Ecológica.



Fuente: Estructura Ecológica Principal de Colombia. IDEAM, 2011.

Así mismo, dentro del planteamiento para la generación de la cartografía de servicios ecosistémicos, el IDEAM (2011) siguió los procedimientos empleados a nivel internacional con el fin de facilitar los procesos de álgebras de mapas de acuerdo a cada servicio ecosistémico, los cuales se generaron en formato ráster, con tamaño de celda de 270 metros a corde a la escala 1:500.000, como se relaciona a continuación:

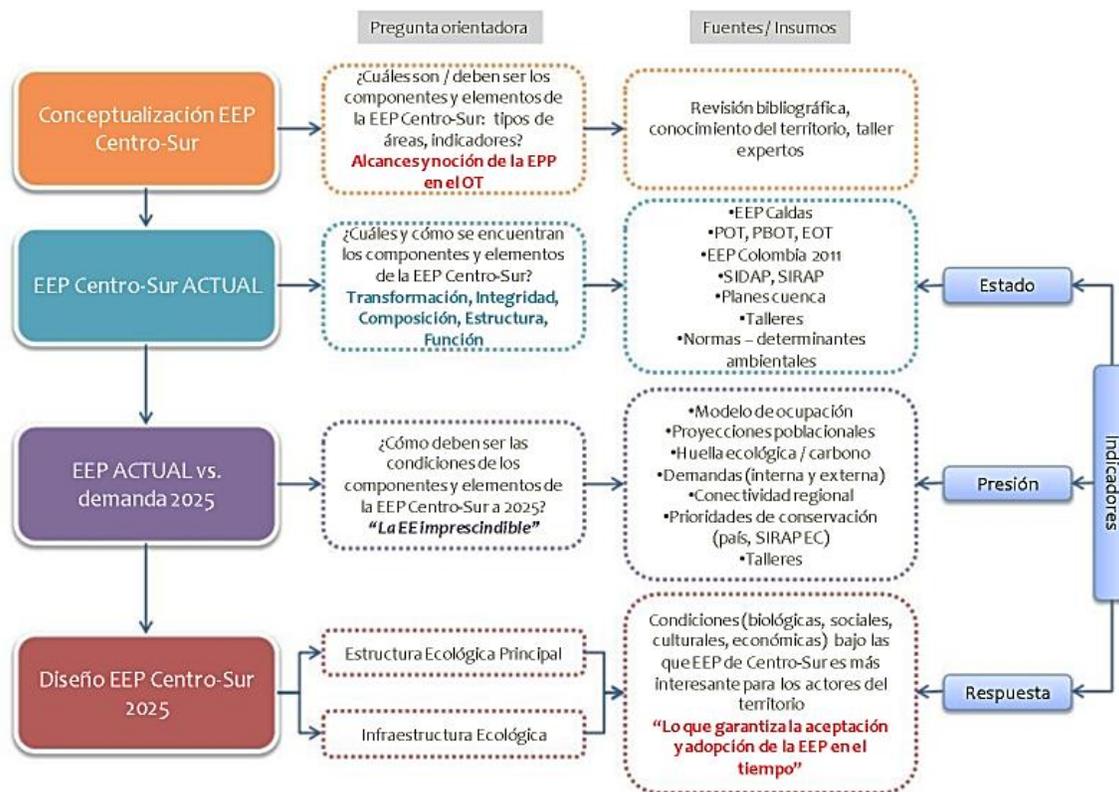
Figura 14. Ejemplo cartográfico del mapeo de un servicio ecosistémico (tomado de de Groot et al., 2010a), planteado por el IDEAM, 2011.



Fuente: Estructura Ecológica Principal de Colombia. IDEAM, 2011.

Otro trabajo importante que se resalta es el realizado por CORPOCALDAS (2014) denominado “Estructura Ecológica de la región centro sur” en el departamento de Caldas, quienes plantearon un modelo metodológico desarrollado en cuatro momentos: el primero donde se realizó la conceptualización de los componentes y elementos que se deben incorporar en el EEP, el segundo donde se hace un reconocimiento de la EEP actual a través del cual se buscaba establecer donde y como se encuentran los elementos y las determinantes ambientales que cumplen funciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos; el tercero donde se realizó la valoración de la EEP actual relacionada con la visión y el modelo de ocupación esperado en el largo plazo y finalmente donde se elaboró el diseño de la EEP proyectada, como se relaciona a continuación:

Figura 15. Modelo metodológico para la aplicación de la EEP planteado por CORPOCALDAS, 2014.



Fuente: Estructura Ecológica de la región centro sur, CORPOCALDAS, 2014.

Finalmente, la construcción del marco teórico permitió conocer el planteamiento realizado por el Minsiterio de Ambiente (2022) respecto a la definición y actualización de las determinantes ambientales, donde articula para la EEP tres grandes componentes de acuerdo al reporte generado por el Instituto Alexander von Humboldt (2019), como se relaciona a continuación:

Figura 16. Elementos de la estructura Ecológica Principal articulados al ordenamiento territorial.

<b>NÚCLEOS</b>	<b>CORREDORES</b>	<b>ÁREAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mosaicos de hábitats o ecosistemas con una alta calidad ecológica en relación a un paisaje más amplio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquellos que unen y mantienen las conexiones ecológicas o ambientales indispensables para el flujo de materia y energía y facilitan el intercambio entre los organismos a través del paisaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios de producción y asentamientos que permiten el mantenimiento de la mayoría de los servicios ecosistémicos bajo criterios de manejo sostenibles.</li> </ul>

Fuente: Cartilla determinantes ambientales, Minambiente, 2022. modificado del reporte Humboldt (2019).

De acuerdo con lo anterior, se encontró que el Instituto Alexander Von Humboldt (2019) plantea dentro de su modelo conceptual respecto a la Estructura Ecológica Principal para el ordenamiento Territorial, la definición de las áreas núcleos con el fin de identificar áreas que hagan parte de aquellas que ya han sido declaradas con el fin de definir los diferentes procesos de restauración y articular los núcleos de áreas de deberían tenerse en cuenta para su incorporación como nuevas áreas o ampliación de las existentes.

Así mismo, respecto a los corredores se resalta la necesidad de generar estrategias de conectividad los cuales deben definirse como suelos de protección para su incorporación en los Planes de Ordenamiento Territorial, adicionalmente a los ya definidos en el decreto 1449 de 1977 sobre rondas hídricas; así como la recuperación y restauración de áreas potenciales para la conectividad.

Respecto a las áreas de desarrollo sostenible se contemplan aquellas áreas que componen la infraestructura verde y aquellas áreas productivas, las cuales deberán estar encaminadas hacia

la producción sostenible. Estas áreas también serán incorporadas dentro de las herramientas para la aplicación de la estructura Ecológica Principal.

## **6. Hipótesis de Investigación**

Construir un modelo de datos espaciales que permita delimitar la Estructura Ecológica Principal con fines de articulación al Ordenamiento Territorial Ambiental, implementando métodos de análisis espacial, que permita construir una herramienta necesaria para los municipios del departamento del Quindío.

Este análisis espacial, se relaciona directamente con la dinámica del territorio y con la plataforma ambiental disponible para el departamento y teniendo en cuenta esta interrelación del territorio, se puede analizar el estado actual de los elementos que integran la Estructura Ecológica Principal, como se encuentran en su interior en términos funcionales y ecosistémicos, las necesidades de conexión de aquellas áreas que prestan bienes y servicios ecosistémicos y actualmente se encuentran aisladas (fragmentos, islas o parches), el grado de fragmentación del ecosistema, las presiones externas que insiden en la dinámica interna de los elementos naturales al interior de las áreas.

El IDEAM elaboró una metodología para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal a escala 1:500.000, sin embargo, no considera análisis espacial de la información, puesto que se limita puntualmente a delimitar las áreas naturales declaradas y la asociación de ecosistemas a la misma, sin embargo no se analiza el estado actual de las áreas naturales y la necesidad de conexión entre ellas. Es por esto que, con el presente trabajo se pretende, no solo crear un modelo de datos geoespaciales, si no que, se busca aplicar un análisis espacial con el fin de evaluar el estado de integridad que presenta la Estructura Ecológica principal y dejar planteado las necesidades de conservar y mejorar las áreas naturales, como también, las

propuestas para ser artuclada su inclusión en los Planes de ortdemamiento Territorial, siendo el componente natural el eje estructurante del territorio.

## **7. Metodología**

Este proyecto se enmarcó en la creación de un modelo de datos espaciales para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal a escala 1:25.000, integrando variables de análisis espacial, con el fin de no solo delimitar la Estructura Ecológica Principal, si no que, con el modelo se pueda evaluar el estado de la misma.

### **7.1. Enfoque Metodológico**

El tipo de estudio en el cual se basa el presente trabajo es de carácter cualitativo y se utilizararon variables asociadas a: tipo de servicio ecosistémico que presta el área de estudio, datos, unidades de los datos, homlogaciones, recategorizaciones, entre otros y con base en estas variables, se realizó la respectiva valoración y aplicación de la Estructura Ecológica Principal.

### **7.2. Tipo de Estudio**

Como ya se mencionó, este trabajo es un estudio de tipo cualitativo, con carácter descriptivo que recurre a técnicas y modelos de datos espaciales con el fin de generar características descriptivas y análisis de los resultados, para finalmente construir un modelo de datos espacial para el departamento asociados a la delimitación de la Estructura Ecológica Principal a proyectar para el departamento del Quindío.

### **7.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación para este estudio se abordó de la siguiente manera:

### 7.3.1. *Recopilación y Revisión de Información*

Para la creación del modelo que permita delimitar la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío, se realizó la recolección y revisión de la información, estandarizando las bases de datos y la información consultada en consideración a los criterios técnicos definidos para ejecutar esta investigación y los geoprosesamientos necesarios.

La información cartográfica y bases de datos espaciales utilizadas para este trabajo fueron obtenidas a través de las siguientes fuentes oficiales y de libre descarga (Corporación ambiental, RUNAP, SIRAP, IDEAM, IGAC, entre otros), como se relaciona a continuación (tabla 6):

Tabla 6. Información cartográfica disponible consultada.

<b>CARTOGRAFÍA</b>	<b>TIPO DE DATO</b>	<b>GEOMETRÍA</b>	<b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>	<b>FUENTE</b>
Coberturas y usos del suelo	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	IGAC
Coberturas y usos del suelo	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	POMCA
Ecosistemas	Shapefile	Polígono	MAGNA	SIRAP Eje Cafetero
Estudio semidetallado de suelos	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	IGAC
Red hídrica	Shapefile	Línea	Magna_Colombia _Oeste	IGAC
Estrategias Complementarias de Conservación	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	SIRAP Eje Cafetero

Zonas de riesgo (susceptibilidad, amenaza)	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	POMCA
Delimitación y zonificación páramo Los Nevados	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	MADS
Delimitación páramos Chili - Barragán	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	MADS
Humedales	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	CRQ
Áreas RAMSAR	Shapefile	Polígono	MAGNA	
Zonificación Ley 2da 1959	Shapefile	Polígono	MAGNA	MADS
Áreas del SINAP	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	RUNAP
Municipios	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	IGAC - SIGOT
Departamentos	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	IGAC - SIGOT
Reserva forestal central	Shapefile	Polígono	Magna_Colombia _Oeste	MADS

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo anterior, se revisó la cartografía disponible referente a las áreas naturales declaradas que integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas a escala 1:100.000 donde se encontró la delimitación de: Parque Nacional Natural los Nevados, Distritos de Manejo Integrado, Distrito de Conservación de Suelo, Reservas Naturales de la sociedad Civil, así como

en menor jerarquía las áreas que integran el Sistema Regional de Áreas Protegidas y Estrategias Complementarias de Conservación.

En segundo lugar se revisó la Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000 generada por el IDEAM (2010), del cual también se encuentra las coberturas y usos del suelo para el departamento del Quindío a escala 1:10.000 (IGAC, 2012) y a escala 1:25.000 (POMCA río La vieja, 2018), generada bajo la misma metodología.

En tercer lugar, se revisó la zonificación del estudio semidetallado de suelos del departamento del Quindío a escala 1:25.000, estudio que se caracteriza por zonificar las clases agrológicas de los suelos, su vocación, aptitudes, propiedades y capacidades.

En cuarto lugar se reunió y revisó la información correspondiente al mapa de Ecosistemas continentales y marinos a escala 1:100.000 (IDEAM, 2017) y a menor escala para el departamento del Quindío, a escala 1:25.000 (SIRAP Eje Cafetero) en el cual se delimitan los ecosistemas según las características ambientales con su respectiva clasificación de los ecosistemas. Sin embargo, se encontró que esta información presenta grandes vacíos respecto a los ecosistemas para el municipio de Salento y Génova.

Posteriormente se revisó la información ambiental cartográfica contenida en los 12 Planes de Ordenamiento Territorial del departamento del Quindío: 1 Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2 Planes Básicos de Ordenamiento Territorial y 9 Esquemas de ordenamiento Territorial, como se relaciona a continuación (tabla 7 – figura17):

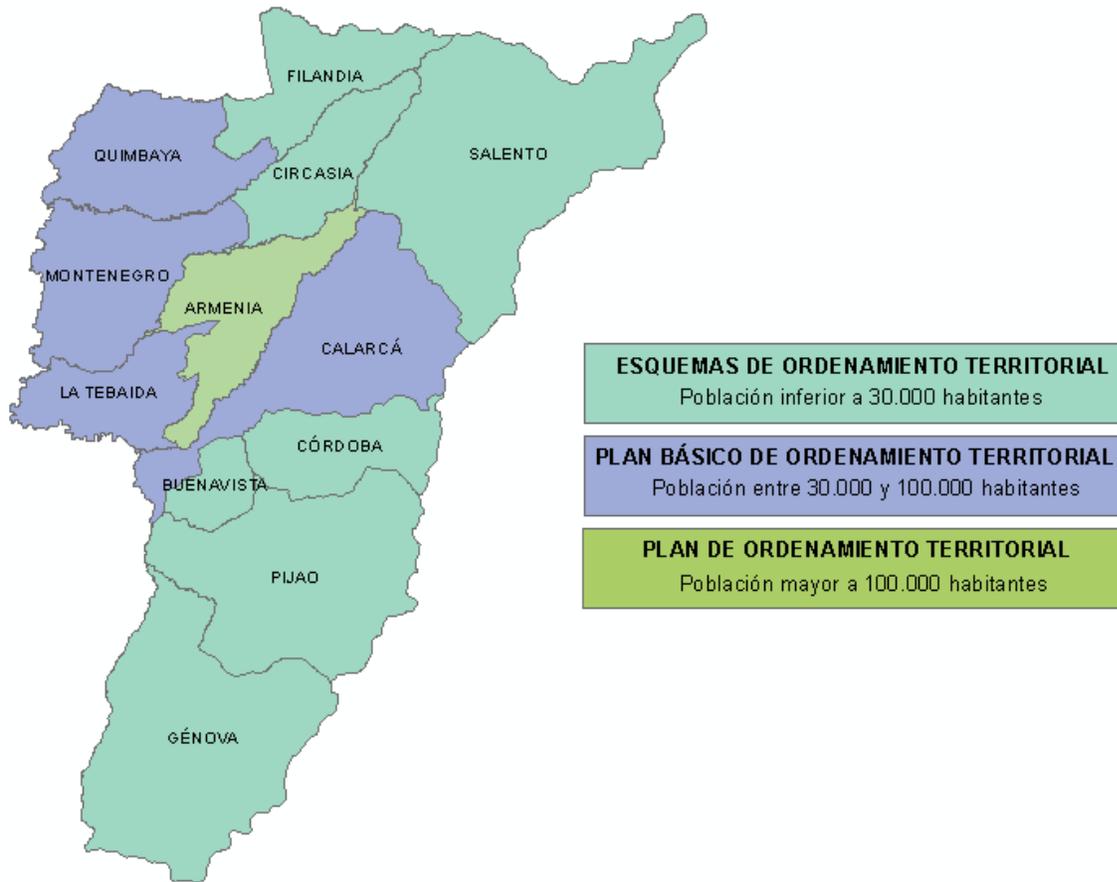
Tabla 7. Planes de Ordenamiento Territorial presentes en el departamento del Quindío.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>PLAN</b>	<b>AÑO FORMULACIÓN</b>	<b>CARTOGRAFÍA</b>
Armenia (Capital)	Plan de Ordenamiento Territorial	2009	Formato shapefile Incluye algunos elementos del medio natural. Con referencia espacial
Buenavista	Esquema de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Calarcá	Plan Básico de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Circasia	Esquema de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Córdoba	Esquema de Ordenamiento Territorial	1999	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Filandia	Esquema de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Génova	Esquema de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural.

			Sin referencia espacial
La Tebaida	Plan Básico de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Montenegro	Plan Básico de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Pijao	Esquema de Ordenamiento Territorial	2001	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Quimbaya	Plan Básico de Ordenamiento Territorial	2000	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial
Salento	Esquema de Ordenamiento Territorial	2001	Formato DWG Incluye algunos elementos del medio natural. Sin referencia espacial

Fuente. Elaboración propia.

Figura 17. Identificación de los POT en los municipios del departamento del Quindío.



Fuente. Elaboración propia.

Según el estudio *“La Estructura Ecológica Principal como eje articulador del ordenamiento territorial de los municipios del departamento del Quindío: un aporte teórico”* realizado por Garzón y Londoño (2018), se encontró que a excepción del municipio de Armenia, que ya cuenta con un POT de segunda generación, los demás municipios se encuentran en un estado de atraso de al menos seis años para actualizar dicho instrumento; incluso la gran mayoría de ellos carecen de regulaciones como las que desarrolló el decreto 3600 de 2007 (decreto Único

Compilatorio 1077 de 2015) donde se encuentra incluidas la Estructura Ecológica Principal y otras reglamentaciones importantes para el ordenamiento del suelo rural.

### ***7.3.2. Requerimientos Para el Análisis***

Para el desarrollo del diseño metodológico del modelo de datos espaciales fue necesario establecer la diferencia entre la información y los datos de entrada relevantes para la incorporación al modelo, lo que se traduce al planteamiento inicial de un diseño conceptual que le permitiera al software ejecutar un conjunto de instrucciones y variables espaciales.

Este conjunto de datos espaciales permitió obtener información donde se integran todos estos elementos naturales de la Estructura Ecológica Principal del territorio en forma de estructura de datos, cada uno de ellos interrelacionados con los demás jerárquicamente y en este entendido se integraron aquellos de tipo cualitativo, los cuales pueden caracterizarse a través de la superposición de la información considerada más significativa.

En este sentido, se tomó como referente la metodología establecida por el IDEAM a escala 1:500.000, sin embargo, con las consultas realizadas frente a la disponibilidad de información requerida (índice de retención y regulación hídrica, índice de aridez, estimaciones de biomasa aérea, entre otros), el enfoque del presente estudio está enmarcado en la identificación de la EEP y análisis del estado de conservación de la misma, más no en la valoración de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en línea con ésta metodología, dados los vacíos de información indetificados para el departamento. Por lo anterior, se identificaron aquellas variables que permitan la interoperabilidad de la información y se plantearon algunas otras especificaciones necesarias con el fin de abarcar los aspectos propios de la información considerada como fundamental para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal.

En consecuencia, se realizó una priorización de los datos bases y esenciales que constituyen la ruta para la construcción de la información temática, al ser de gran utilidad para los diferentes análisis espaciales propios de la Estructura Ecológica Principal, como se relaciona en la figura 18:

Figura 18. Desarrollo conceptual y lógico del modelo de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo el desarrollo del marco conceptual y lógico requirió de la integración de las determinantes ambientales del ordenamiento del territorio expedidas por la Corporación Autónoma regional del Quindío, según los lineamientos dados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y los componentes establecidos en la metodología del IDEAM, 2011, donde se identifica la EEP y todos aquellos elementos que la conforman dentro del medio natural.

Bajo este marco descrito, adoptando la meta trazada por la Estructura Ecológica, EE, del IDEAM (2011), a través de la cual se desprende una meta superior que relaciona que la EE “asegura en el tiempo la protección de la diversidad biológica en sus diferentes niveles de organización y de los servicios que proveen los ecosistemas naturales, orientando el manejo adecuado de las mismas” y para hacer cumplir dicha meta, se busca alcanzar dos principios orientadores:

1. . La EE contiene las áreas que aseguran la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica del país.
2. La EE contiene las áreas de mayor significancia en la oferta de servicios ecosistémicos que benefician a la población y soportan el desarrollo económico.

Respecto al principio 1 de la meta marco de la Estructurara Ecológica planteada por el IDEAM (2011), la diversidad biológica fue definida por el “Convenio Marco sobre Diversidad Biológica – Ley 165 de 1994” como aquella *“variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”*. Lo anterior permite entender que la biodiversidad interactúa directamente con los sistemas humanos, puesto que todos aquellos procesos ecológicos y ecosistémicos brindan una serie de beneficios o servicios para el desarrollo de todo tipo de actividades, lo que confirma que el aseguramiento de la diversidad biológica, debe enfocarse en áreas naturales poco o medianamente transformados con el fin de aumentar la representatividad ecosistémica y la protección de especies.

Por lo anterior, para la estructuración del modelo de datos espaciales se tiene en cuenta estos dos principios (biodiversidad y servicios ecosistémicos) de manera muy generalizada, según los objetivos de conservación establecidos en los planes de manejo en el marco de la declaratoria para cada una de las áreas protegidas.

Por su parte, en concordancia con las orientaciones dadas a las Corporaciones Autónomas Regionales respecto a la definición y actualización de las determinantes ambientales expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022), incorpora que la Estructura Ecológica Principal es una determinante cuyo manejo debe darse diferente al resto de las

determinantes ambientales al considerarse como una determinante compuesta e incorporar por un lado figuras de ordenamiento territorial ya establecidas y por el otro, incorporar información de la que se derivan nuevas determinantes, brindando mejores orientaciones a los modelos de ocupación dentro de los procesos de ordenamiento territorial.

De acuerdo con lo anterior, se identificó los elementos naturales para el proyecto del modelo de datos espaciales a partir de la estructuración de la información contenida en los elementos ambientales que contemplan la estructura ecológica actual, los cuales cumplen alguna función como parte inherente del principio de biodiversidad y principio de servicios ecosistémicos, en el que se complementa la Estructura Ecológica proyectada.

Para el proceso de diseño del modelo de datos espaciales para la aplicabilidad de la EEP actual se consideró las siguientes áreas: las declaradas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Áreas definidas como Estrategias Complementarias de Conservación y otras áreas de importancia ecosistémica como humedales, páramos, zonas forestales protectoras, iniciativas de conservación privadas, entre otros; las cuales hacen parte de la EEP Actual, donde se abordó el siguiente mapa conceptual (tabla 8):

Tabla 8. Mapa conceptual para la Estructura Ecológica Principal actual en el departamento del Quindío.

<b>ESTRUCTURA ECOLOGICA PRINCIPAL DE SOPORTE</b>  <b>ESTRUCTURA ECOLOGICA PRINCIPAL PARA EL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO</b>	<b><i>Reserva Naturales de la Sociedad Civil</i></b> <b><i>(RNSC).</i></b>	
	Parque Nacional Natural Los Nevados (P.N.N.N.)	
	Distrito Regional de Manejo Integrado de Paramos y Bosques Alto Andinos de Génova.	
	<b>Áreas del</b> <b>SINAP</b>	
	Distrito Regional de Manejo Integrado de Paramos y Bosques Alto Andinos de Pijao.	
	Distrito de Conservación de Suelos Barbas- Bremen.	
	Distrito Regional de Manejo Integrado de los Recursos Naturales de la Cuenca Alta del Rio Quindío.	
	Ley 2da de 1959	Reserva Forestal Central
	Áreas de especial significanci a objetos de protección especial	Páramos y Subpáramos Zonas de recarga de acuíferos
	Zonas Forestales Protectoras (según decreto 1449 de 1977): - Pendiente Mayor a 45° o 100% - Nacimientos (en un radio de 100 m.)	

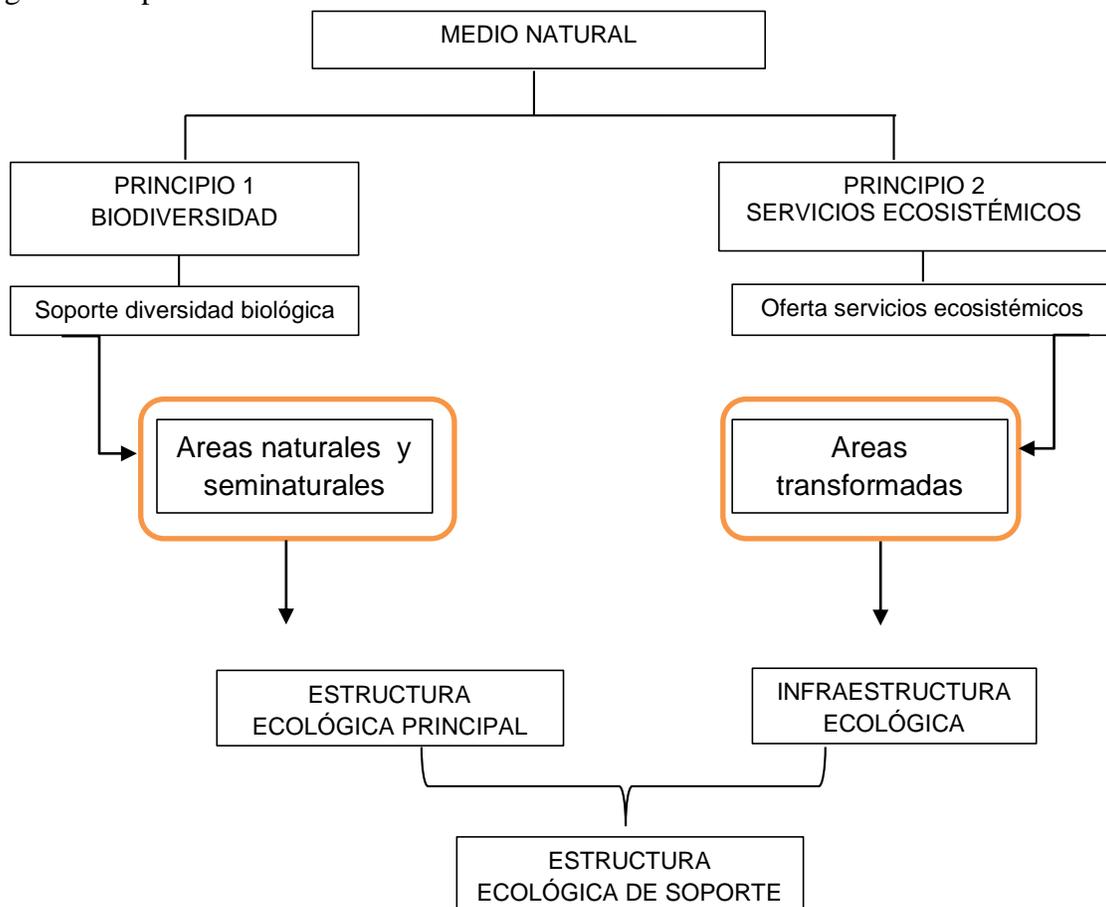
Suelos de protección del Nivel local Territorial y (Estrategias completarias de Conservación, según decreto 2372 de 2010).	- Fajas de retiro de las líneas de Cauce de ríos, quebradas y arroyos (no inferior a 30 m). <hr/> Otras Zonas Forestales Protectoras: Áreas fragmentadas: relictos, fragmentos y corredores de bosque y guadua conectados y/o aislados (se toman del estudio de uso y coberturas del departamento, solo las coberturas naturales). <hr/> - Predios adquiridos en cumplimiento al Art 111 de la ley 99 de 1.993 y decretos reglamentarios. - Predios Priorizados por el municipio y la CRQ para ser adquiridos, dentro del programa de ejecución del (E.O.T, P.B.O.T. P.O.T)
Determinantes por clases agrologicas según el IGAC	- Áreas determinadas por el estudio semidetallado de suelos para el Quindío como clases y subclases tipo VII y VIII. <hr/> Áreas determinadas por el estudio semidetallado de suelos para el Quindío como clases y subclases II y III, reservadas como áreas para la seguridad alimentaria.

Fuente: Determinantes ambientales, CRQ, 2023.

### 7.3.3. Estructuración del Modelo

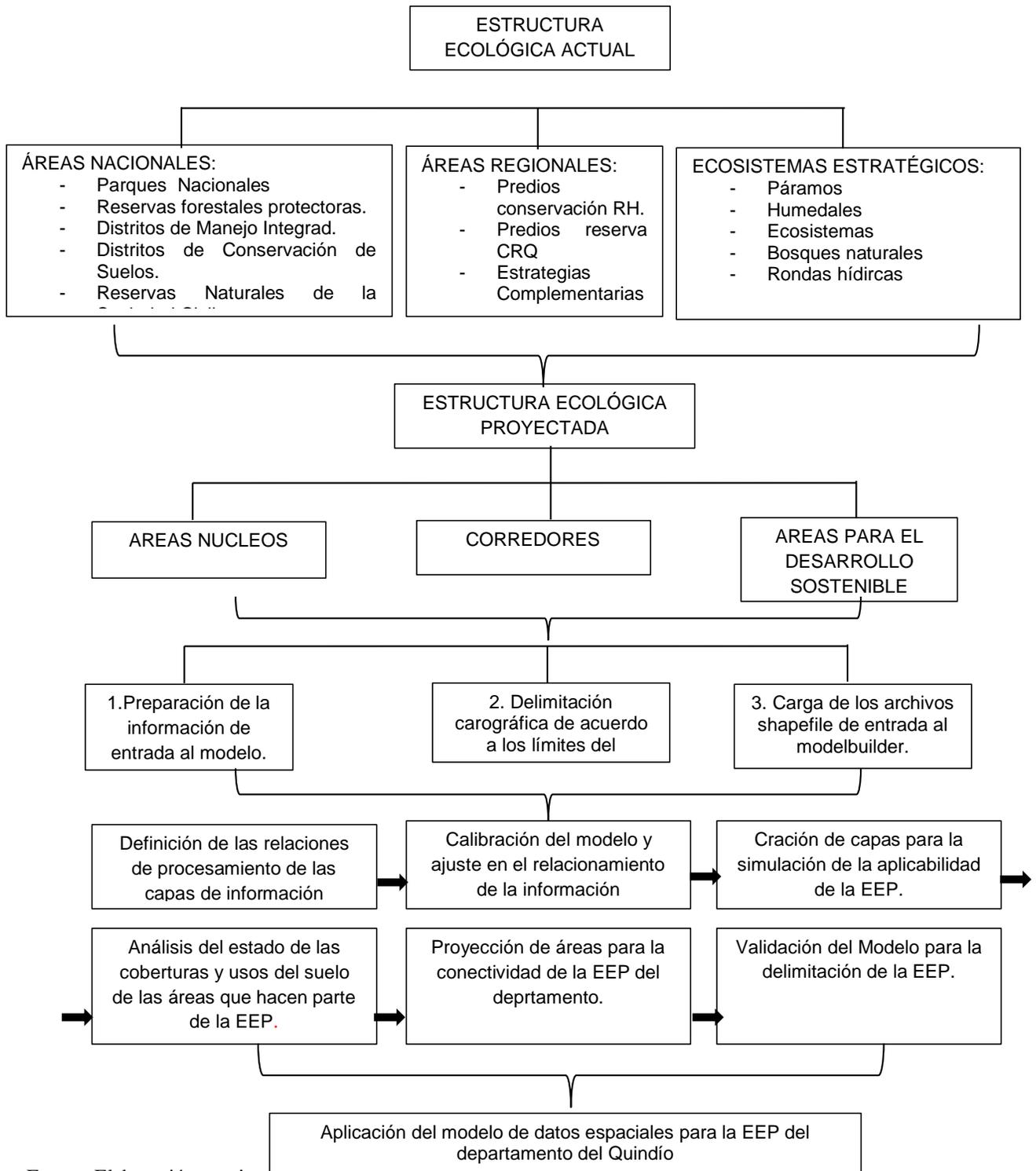
El modelo de análisis para la aplicabilidad de la Estructura Ecológica Principal se construyó y aplicó desde la herramienta ModelBuilder, contenida dentro del software ArcGIS PRO, lo cual permitió la manipulación, análisis y visualización de la información espacial. En tal sentido, en consideración a las consultas bibliográficas realizadas y el alcance de este trabajo, se define el siguiente esquema metodológico para la aplicabilidad del modelo de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío, como se relaciona a continuación (figura 19):

Figura 19. Esquema metodológico adaptado del IDEAM, para la aplicación de la Estructura Ecológica Principal.



Fuente: Elaboración propia, adaptado del IDEAM, 2011.

Figura 20. Desarrollo esquema metodológico de acuerdo a los requerimientos para la aplicación de la Estructura ecológica principal para el departamento del Quindío.



Fuente: Elaboración propia.

#### **7.3.4. Construcción del Modelo en Modelbuilder**

El modelo de datos espaciales que delimita la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío fue desarrollado haciendo uso de la herramienta Model Builder de ArcGIS PRO, en el cual se construyeron 4 modelos preliminares: Modelo de indentificación de la EEP Actual, modelo de delimitación de áreas nucleos, modelo de corredores o conectividad y modelo de las áreas para el desarrollo sostenible, a través de los cuales se integró finalmente la EEP proyecta para el departamento del Quindío.

Inicialmente se realizó la proyección cartográfica al origen único nacional CTM12, con el fin de homogenizar la información para representar los elementos del territorio para cada uno de los componentes a trabajar (IGAC). Lo anterior buscó evitar la discontinuidad de la cartografía, ya que se identificó que la cartografía contempla diferentes sistemas de referencial espacial de acuerdo con la fuente de la información: nacional, regional y local.

#### **7.3.5. Modelo para la Delimitación de la EEP Actual**

El modelo para la delimitación de la EEP Actual en el departamento del Quindío, partió de la relación de las áreas naturales actuales y los datos contemplados en las determinantes ambientales del medio natural de la CRQ, la cual contiene:

<b>DETERMINANTES AMBIENTALES DEL MEDIO NATURAL</b>	
<b>SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS</b>	Parque Nacional Natural Los Nevados
	3 Distritos de Manejo Integrado
	1 Distrito de Conservación de Suelos
	Reservas Naturales de la Sociedad Civil
	Páramos

ÁREAS DE ESPECIAL IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA	Zonas Forestales Protectoras
	Humedales
	Bosques naturales
RESERVA FORESTAL LEY 2 DE 1959	Reserva Forestal Central
OTRAS ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	Reservas de la CRQ Conservación del RH (art 111 Ley 99 – 1993)

Fuente: Elaboración propia.

La Estructura Ecológica Principal en un hecho espacial dependiente de contextos territoriales específicos, pues su consolidación responde a la dinámica particular que comparten estas áreas naturales, pues aquellas de orden nacional, se encuentran delimitadas y compartidas geográficamente entre los departamentos vecinos (Tolima, Risaralda y Valle del Cauca). En este sentido, se tomó como primer criterio la delimitación a nivel departamental con el fin de reconocer los elementos naturales dentro del departamento del Quindío.

La información espacial requerida fue descargada de manera libre por las diferentes autoridades ambientales y catastrales del orden nacional, regional y local, lo que permitió consolidar una base de datos en formato vector de tipo polígono, así como la respectiva división politicoadministrativa. A partir de esta información fue posible identificar todos los elementos naturales, que de acuerdo con las determinantes ambientales de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, conforman los elementos naturales de la Estructura Ecológica actual, es decir, se espacializó la dinámica natural actual del área de estudio.

La segunda variable se enmarca en el reconocimiento del límite de la principal cuenca hidrográfica presente en el departamento, la cuenca del río La Vieja. Nedkov, Bayona y

Burkhard (2015), citado por Tabares & Gaitán, 2018, definen que “las cuencas hidrográficas proporcionan la escala espacial apropiada para las evaluaciones de servicios (ecológicos) debido a que varias funciones de los ecosistemas relacionados con el ciclo del agua se llevan a cabo dentro de sus límites”. Lo anterior se traduce a que la Cuenca hidrográfica del río La Vieja presta Servicios Ecosistémicos relacionados con la regulación y provisión de agua, control de inundaciones, entre otros, identificando que el departamento del Quindío, se encuentra inmerso dentro de esta en el 100% de su extensión.

Los suelos presentes a nivel del departamento inmersos el 100% al interior de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja, están directamente relacionados al comportamiento evolutivo de la misma, desde la parte alta de la cadena montañosa de la cordillera central, hasta el pie de monte en límites con el río La Vieja y el departamento del Valle del Cauca.

En este sentido, se identificó de acuerdo a las determinantes ambientales de la CRQ, las clases agrológicas de suelo VIII necesarias para la conservación del recurso agua, control de la erosión y zonas de protección forestal, delimitadas según el Estudio semidetallado de suelos a escala 1:25.000 realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014), definidas así:

- ***Suelos clase agrológica VIII***

*“En esta clase se agrupan las tierras que presentan limitaciones extremadamente severas para su uso; no reúnen las condiciones mínimas edáficas, de drenaje, de clima o de pendientes requeridas para el establecimiento de actividades agropecuarias o forestales; en consecuencia, deben dedicarse a la conservación de los recursos naturales o a la recuperación. La mayoría de las tierras de esta clase*

*son importantes, principalmente, para la protección y producción de los recursos*

*hídricos, además, por su interés científico, turístico, refugio de fauna y de flora.*

*Abarca una extensión de 36.720,86 ha que representan el 19.03% en departamento del Quindío.*

*Las tierras de esta clase presentan limitaciones muy severas debido a pendientes fuertemente escarpadas, drenaje muy pobre, encharcamientos prolongados, ausencia de suelo y temperaturas extremadamente bajas en algunos casos” (Determinates ambientales, CRQ, 2023).*

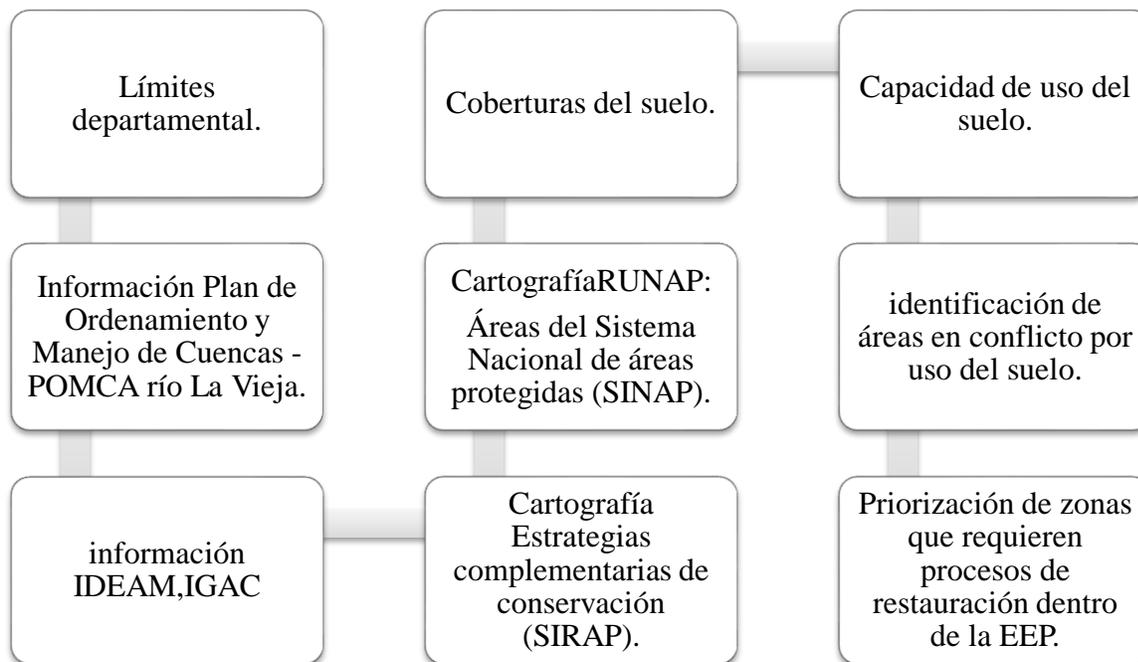
#### ***7.3.5.1. Análisis de las Áreas de la EEP Actual en Conflicto por Usos del Suelo***

Teniendo en cuenta la dinámica socioeconómica del departamento del Quindío, se realizó un análisis de conflictos por uso del suelo al interior de áreas naturales protegidas declaradas, lo cual fue posible identificar, de acuerdo a la aptitud del uso del suelo contenido en el “Estudio semidetallado de suelos y zonificación de tierras del departamento del Quindío a escala 1:10.000,

Con base en la delimitación de las áreas de l SINAP y del SIRAP que hacen parte de la Estructura Ecológica Aactual, se procedió a realizar la integración y discriminación de los datos para la identificación de las áreas que actualmente se encuentran en conflicto por usos del suelo y requieren algún proceso de restauración. En este sentido, se discriminó las áreas de coberturas naturales y agropecuarias intersectadas con las clases agrológicas, donde el IGAC ha generado una serie de linamientos respecto a la aptitud del suelo, sumado al funcionamiento y manejo de cada área en sus respectivos planes de manejo.

El proceso realizado fue el siguiente:

Figura 21. Flujoograma proceso de análisis de áreas de la EEP en conflicto por uso del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo anterior, se realizó una revisión a la cartografía de coberturas y usos del suelo, la cual se encuentra estandarizada bajo la leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, en adelante CLC-Col (IDEAM, 2010). De las 5 unidades contenidas en dicha metodología (1. Territorios Artificializados, 2. Territorios Agrícola, 3. Bosques y Áreas Seminaturales, 4. Áreas Húmedas, 5. Superficies de agua) se priorizó dos unidades claves para analizar el conflicto de uso de suelo (Territorios Agrícolas y Bosques y áreas seminaturales) como se indica a continuación:

Tabla 9. Unidades de coberturas del suelo priorizadas para el análisis de conflictos por uso del suelo en áreas del la EEP.

<b>2. TERRITORIOS</b>	<b>3. BOSQUES Y ÁREAS</b>
<b>AGRICOLAS</b>	<b>SEMINATURALES</b>
2.1 Cultivos transitorios.	3.1 Bosques
2.2 Cultivos permanentes	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2.3 Pastos	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	

Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

Posteriormente se realizó una discriminación de las clases agrológicas de los suelos lo que conllevó una revisión de los usos recomendados, permitidos, restringidos y prohibidos para las 8 clases de suelo, discriminando las clases 6, 7 y 8 para los geoprocesamientos cartográficos por presentar usos recomendados hacia la conservación y protección de los recursos naturales.

En este sentido, se realizó el geoprocesamiento de intersección entre la capa de coberturas y usos del suelo (tierras agrícolas y bosques y áreas seminaturales) y la capacidad de uso del suelo (clases 6, 7 y 8) y un recorte de acuerdo a la delimitación de las áreas del SINAP, SIRAP y zonas forestales protectoras con el fin de calcular las áreas que se encuentran en conflicto por uso del suelo.

Una vez realizado el geoprocesamiento de la información, se estableció las siguientes categorías por conflicto de uso del suelo, utilizando la clasificación tipo semáforo, siendo 5 el conflicto más alto y 1 el más bajo:

Tabla 10. Categorías por conflicto de usos del suelo.

<b>1</b>	<b>Muy Bajo</b>
<b>2</b>	<b>Bajo</b>
<b>3</b>	<b>Moderado</b>
<b>4</b>	<b>Alto</b>
<b>5</b>	<b>Muy Alto</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **7.3.6. Modelo para la Demilitación de Áreas Núcleos**

La primera aproximación de las áreas núcleos presentes en el departamento del Quindío, corresponden a las coberturas de bosques naturales identificadas a través de las “coberturas y usos de la tierra del departamento del Quindío” con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, actualizado y homologado por el Plan de Ordenamiento de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja, a escala 1:25.000. Dicho estudio ha sido de suma importancia para la comprensión de los usos del suelo de la cuenca, donde fue posible conocer la distribución espacial de estas coberturas, las cuales a su vez hacen parte de las EEP Actual para el departamento del Quindío.

### **7.3.7. Modelo de Corredores o Conectividad**

Con el fin de evaluar la aptitud de las áreas potenciales para conectar áreas núcleos de áreas naturales en el departamento del Quindío, fue necesario tomar como referente el reconocimiento de las áreas núcleos descritas anteriormente, pues el ideal se fundamenta en la relación directa de conectividad del paisaje a través del monitorio de especies de fauna y su comportamiento al interior de estas áreas; sin embargo, no fue posible acceder a esta información por temas de políticas de protección de datos de especies en la Corporación Autónoma Regional del Quindío, lo que llevó al planteamiento e identificación de áreas para la conectividad de áreas

nucleos con aquellas directamente relacionadas con la red hídrica en el departamento del Quindío, planteadas como corredores biológicos.

Este reconocimiento de áreas incorporó el análisis de las siguientes variables:

- Coberturas naturales y usos del suelo.
- Red hídrica.
- Conflictos por usos

### **7.3.8. Modelo para la Identificación de Áreas para el Desarrollo Sostenible**

El estudio semidetallado de suelos para el departamento del Quindío a escala 1:25.000, zonificó las clases agrológicas, constituidas en unidades cartográficas con las mismas limitaciones o riesgos que presentan los suelos, de manera que, son fundamentales dentro de los procesos de ordenamiento territorial, permitiendo identificar la aptitud y manejo ambiental apropiados para los diferentes tipos de suelos (ESAP, archivo de internet).

En total existen ocho clases agrológicas, de 1 a 8, para el departamento del Quindío, se identificó 6 clases: II, III, IV, VI, VII y VIII, sin embargo, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 3600 de 2007 compilado en el Decreto 1077 de 2015, establece que hacen parte dentro de la categoría de protección del suelo rural: “**Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales. Incluye los terrenos que deban ser mantenidos y preservados por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales o de explotación de recursos naturales. De conformidad con lo dispuesto en el parágrafo del artículo 3° del Decreto 097 de 2006, en estos terrenos no podrán autorizarse actuaciones urbanísticas de subdivisión, parcelación o edificación de inmuebles que impliquen la alteración o transformación de su uso actual. Dentro de esta categoría se incluirán, entre otros, y de conformidad con lo previsto en el**

artículo 54 del Decreto-ley 1333 de 1986, los suelos que según la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, pertenezcan a las clases I, II y III, ni aquellos correspondientes a otras clases agrológicas, que sean necesarias para la conservación de los recursos de aguas, control de procesos erosivos y zonas de protección forestal”(negrilla y subrayado fuera de texto).

#### **7.4. Operacionalización de Variables**

Las variables a analizar están representadas de forma geográfica en la localización de las áreas que integran la EEP, agrupadas en componentes bióticos y abióticos, para ser llevados posteriormente a un geoprocetamiento con las cuales se generará información vectorial. Las variables bióticas están relacionadas con las características que tienen las coberturas y usos del suelo, ecosistemas (naturales, transformados), páramos, cuencas, áreas naturales declaradas, entre otros; con lo que se busca analizar sus relaciones entre estas y con el recurso hídrico.

Las variables abióticas estarán relacionadas con las características de los suelos, su capacidad de uso, vocación, conflictos, entre otros.

Para la aplicabilidad del modelo de datos con integración de análisis espacial, con los cuales los resultados varían dependiendo del número de variables seleccionadas y los componentes temáticos que a partir de ahí serán construidos.

#### **7.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

La recolección de la información estuvo enfatizada en la cartografía disponible para el área de estudio con sus documentos de soporte, siendo éste método necesario para obtener información de fuentes oficiales documentales para ser empleados en el desarrollo del presente trabajo.

Las fuentes de información oficiales corresponde a las entidades territoriales e institutos públicos, siendo la fuente documental principal la corporación Autónoma Regional del Quindío, al igual que la información de datos abiertos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a través de su Geoportal y datos libres.

Se realizará a partir de los datos oficiales generados por las entidades territoriales competentes, como lo es insumos cartográficos y documentación, los cuales serán obtenidos de manera indirecta en portales y repositorios oficiales de entidades como la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Sistema Regional de Áreas Protegidas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, entre otras fuentes.

#### ***7.5.1. Construcción del Modelo de Geoprocesamiento para el Reconocimiento de la Estructura Ecológica Actual***

Con el ánimo de conocer los elementos que integran la Estructura Ecológica Actual para el departamento del Quindío, este modelo fue construido a partir de datos de áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, otras Estrategias Complementarias de Conservación y Áreas de Especial Importancia Ecosistémica. Dicha información fue incorporada en formato vécitorial, para tener al final una capa tipo polígono que contiene la aplicación de la EEP actual, la cual tuvo que ser estandarizada al sistema de referencia espacial proyección único nacional CTM12 para aquellas capas que no contaran con este sistema de referencia, así como la delimitación de las áreas presentes en el departamento del Quindío, como se muestra a continuación:

*Figura 22.* Modelo empleado para la delimitación de la Estructura Ecológica actual para el departamento del Quindío.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen cada uno de los procesos que se tuvo en cuenta para obtener la aplicación del modelo de la EEP actual:

- **Información requerida:** capas en formato vector de tipo polígono con las categorías de las áreas declaradas como protegidas (orden nacional, regional y local).
- **Proyección de coordenadas:** con el fin de homologar el sistema de referencia espacial, en consideración a las diferentes proyecciones de la cartografía a trabajar, se realizó la homologación al sistema de referencia origen único nacional establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, sistema CTM12.

- **Unión de capas vectoriales:** Cada uno de los polígonos de las áreas a articular el la EEP Actual fueron unidos a través de la herramienta “Merge” con el fin de generar una capa vectorial del área de estudio.
- **Delimitación de áreas:** las áreas naturales protegidas comparten límites territoriales con los departamentos de Risaralda y Tolima, por lo que fue necesario generar un recorte de dichas áreas de acuerdo con el polígono de delimitación para el departamento del Quindío.
- **Selección de coberturas naturales:** con base en la cartografía de tipo polígono asociada a las coberturas y usos de la tierra, se realizó una selección de las áreas que corresponden, según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, a áreas naturales y seminaturales excluyendo las áreas de territorios Artificializados, territorios Agrícolas y superficies de agua, los cuales se clasifican en:

*Tabla 11.* Clasificación de coberturas naturales para la EEP Actual.

<b>COBERTURA NATURAL</b>	<b>CÓDIGO</b>
Arbustal abierto	3.2.2.
Arbustal denso	3.2.2.
Bosque abierto alto	3.1.2.
Bosque abierto alto de tierra firme	3.1.2.
Bosque abierto alto inundable	3.1.2.
Bosque abierto bajo de tierra firme	3.1.2.
Bosque arbolado (latifoliado)	3.1.2.
Bosque denso	3.1.1.
Bosque denso alto de tierra firme	3.1.1.
Bosque denso bajo de guadua	3.1.1.
Bosque denso bajo de tierra firme	3.1.1.
Bosque ripario	3.1.4.

Bosque ripario de guadua	3.1.4.
Bosque ripario mixto	3.1.4.
Vegetación secundaria alta	3.2.3.
Vegetación secundaria baja	3.2.3.

Fuente: POMCA río La Vieja, 2018.

Dentro de dicha clasificación se aplicó el siguiente comando de selección por atributos:

*Tabla 12.* Expresión utilizada para selección de coberturas al interior del modelo:

Expresión: $N3\_COBERT = 311 \text{ Or } N3\_COBERT = 312 \text{ Or } N3\_COBERT = 313 \text{ Or } N3\_COBERT = 314 \text{ Or } N3\_COBERT = 323$
--

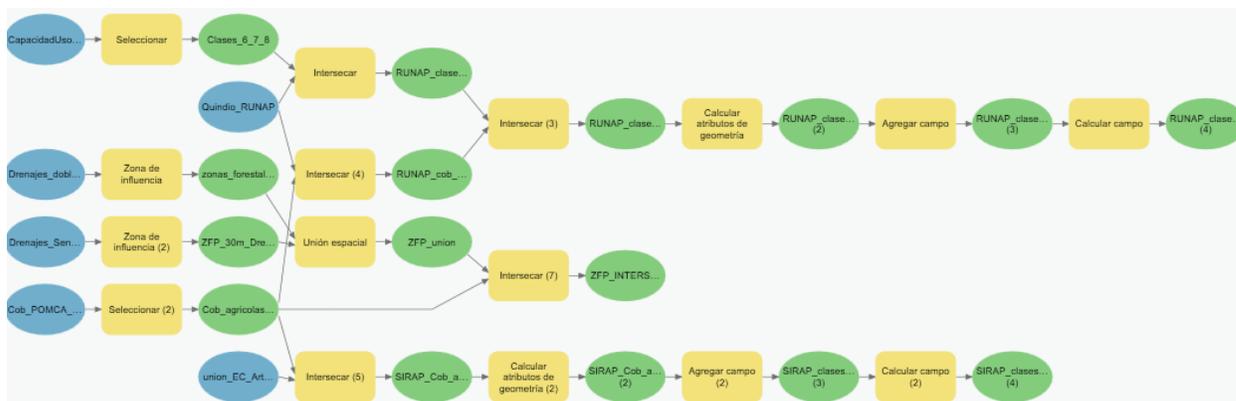
Fuente: Elaboración propia.

- **Resultado de la EEP Actual:** como resultado del modelo se obtuvo una capa tipo polígono, la cual permite identificar la ubicación espacial de cada una de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, otras estrategias complementarias de y las Áreas de Especial Importancia Ecosistémica que integran la EEP Actual.

#### **7.5.1.1. Modelo para la identificación de áreas en conflicto por usos del suelo.**

El modelo para la identificación de áreas en conflicto por usos de suelos en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sistema Regional de Áreas Protegidas y Zonas Forestales Protectora, permitió evaluar las coberturas asociadas a territorios agrícolas y bosques naturales, así como las clases agrológicas 6, 7 y 8; las cuales estaban contenidas en la tabla de atributos de cada capa vectorial, como se relaciona a continuación:

*Figura 23.* Modelo empleado para la identificación de áreas en conflicto por usos del suelo en áreas protegidas.



Fuente: Elaboración propia.

Los geoprocursos adelantados para este modelo fueron los siguientes:

- **Ingreso de información:** EL modelo requirió información de áreas protegidas del SINAP, SIRAP, Zonas forestales Protectoras, coberturas y usos del suelo y clases agrológicas con las variables: coberturas agrícolas, coberturas de bosques y clases agrológicas 6, 7 y 8 en formato vectorial.
- **Intersección de capas vectoriales:** los polígonos de áreas protegidas, fueron intersectados con las coberturas discriminadas y las clases agrológicas 6, 7 y 8 para cada una respectivamente, con el fin de generar una capa vectorial por categoría de protección para la evaluación de los conflictos por usos del suelo.
- **Clasificación:** Con el fin de clasificar los conflictos por uso del suelo, fue necesario asignar el valor de acuerdo al grado de conflicto según la cobertura actual y la aptitud del suelo al interior de áreas protegidas de la EEP actual.

Tabla 13. Áreas del SINAP en conflictos por usos del suelo.

**ÁREAS DEL SINAP EN CONFLCITOS POR USOS DEL SUELO**

SUBCLASES	COBERTURA	PONDERACIÓN CONFLICTO	CLASIFICACIÓN CONFLICTO
<b>Cultivos, pastos adpatados y silvopastoriles. (6C-1)</b>	Arbustal abierto	1	Muy bajo
	Arbustal denso		
	Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy bajo
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	1	Muy bajo
<b>Sistemas agroforestales. (6e-1 Y 6e-2)</b>	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque arbolado (latifoliado)		
	Granadilla	2	Bajo
	Herbazal y arbustal	2	Bajo
	Lulo	2	Bajo
	Mezcla de bosque plantado y natural	1	Muy bajo
	Mora	2	Bajo
	Mosaico de cultivos		
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2	Bajo
	Mosaico de pastos y cultivos		
	Pastos arbolados		
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Plantación forestal		
	Plantación forestal productora de ciprés		
Plantación forestal productora de eucalipto	1	Muy bajo	
Plantación forestal productora de pinos			
Vegetación secundaria alta	1	Muy bajo	
Vegetación secundaria baja			
<b>Sistemas agroforestales (silvopastoriles). (6hs-1, 6hs-2 y 6p-1)</b>	Aguacate	2	Bajo
	Arbustal abierto		
	Arbustal denso	1	Muy bajo

	Banano	2	Bajo
	Bosque abierto alto de tierra firme		
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)	1	Muy bajo
	Bosque denso bajo de tierra firme		
	Bosque ripario mixto		
	Café con semisombra	2	Bajo
	Café con sombra		
	Galpones para ganadería		
	Herbazal y arbustal	2	Bajo
	Mosaico de cultivos		
	Mosaico de cultivos con espacios naturales		
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2	Bajo
	Mosaico de pastos con espacios naturales		
	Mosaico de pastos y cultivos		
	Otros cultivos transitorios	2	Bajo
	Pastos arbolados		
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Pastos y árboles plantados		
	Plantación forestal productora de eucalipto	1	Muy bajo
	Plantación forestal productora de pinos		
	Vegetación secundaria alta	1	Muy bajo
	Vegetación secundaria baja		
	Aguacate	2	Bajo
<b>Cultivos, semibosque, sistemas agroforestales, silvopastoriles. (6p-2)</b>	Bosque arbolado (latifoliado)		
	Bosque ripario de guadua	1	Muy bajo
	Bosque ripario mixto		
	Café a plena exposición	2	Bajo
	Café con semisombra		

	Café con sombra		
	Galpones para avicultura		
	Granadilla	2	Bajo
	Habichuela		
	Herbazal y arbustal	2	Bajo
	Mora	2	Bajo
	Mosaico de cultivos		
	Mosaico de cultivos con espacios naturales	2	Bajo
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales		
	Mosaico de pastos y cultivos		
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Plantación forestal productora de eucalipto	1	Muy bajo
	Vegetación secundaria alta	1	Muy bajo
	Afloramientos rocosos	1	Muy bajo
	Arbustal abierto	1	Muy bajo
	Arbustal denso		
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)	1	Muy bajo
	Bosque denso bajo de tierra firme		
	Herbazal denso de tierra firme arbolado		
<b>Sistemas agroforestales (silvopastoriles).(6pc-1)</b>	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	2	Bajo
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto		
	Herbazal y arbustal		
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Vegetación secundaria alta	1	Muy bajo
	Vegetación secundaria baja		
<b>Cultivos de semibosque (café con sombra),</b>	Arbustal abierto	1	Muy bajo
	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo

<b>sistemas agroforestales, recuperación. (6pe-1 y 6pe-2)</b>	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)		
	Bosque denso bajo de tierra firme		
	Herbazal y arbustal	2	Bajo
	Mosaico de pastos y cultivos	3	Moderado
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Plantación forestal productora de eucalipto	1	Muy bajo
	Plantación forestal productora de pinos		
	Vegetación secundaria alta	1	Muy bajo
Vegetación secundaria baja			
<b>Sistemas agroforestales adaptados a las condiciones ecológicas, recuperación. (6pec-1 y 6pesc-1)</b>	Arbustal abierto	2	Bajo
	Arbustal denso		
	Bosque abierto alto de tierra firme		
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)	1	Muy bajo
	Bosque denso alto de tierra firme		
	Bosque denso bajo de tierra firme		
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3	Moderado
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto		
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Tierras desnudas y degradadas	4	Alto
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
Vegetación secundaria baja			
<b>Sistemas agroforestales (silvopastoriles). (6s-1)</b>	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque arbolado (latifoliado)		
	Herbazal y arbustal	2	Bajo
	Pastos enmalezados	3	Moderado
	Pastos limpios		
	Afloramientos rocosos	2	Bajo

<b>Conservación de la vegetación existente. (7C-1)</b>	Arbustal abierto	3	Moderado
	Arbustal denso		
	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)	2	Bajo
	Bosque denso alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque denso bajo de tierra firme		
	Herbazal denso de tierra firme arbolado		
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3	Moderado
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto		
	Herbazal y arbustal		
	Pastos arbolados		
	Pastos enmalezados	4	Alto
	Pastos limpios		
	Tierras desnudas y degradadas	4	Alto
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
Vegetación secundaria baja			
<b>Bosque protector. (7e-1 y 7e-2)</b>	Arbustal denso	3	Moderado
	Bosque arbolado (latifoliado)	3	Moderado
	Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy bajo
	Herbazal y arbustal	4	Alto
	Pastos enmalezados	4	Alto
	Pastos limpios		
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
<b>Bosques protectores. (7p-1, 7p-2, 7p-3, 7pc- 1, 7pe-1, 7pe-2 y 7pe-3)</b>	Aguacate	4	Alto
	Arbustal abierto	3	Moderado
	Arbustal denso		
	Banano	4	Alto
	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque denso alto de tierra firme		
	Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy bajo
Bosque ripario de guadua			

Bosque ripario mixto		
Café a plena exposición		
Café con semisombra	4	Alto
Café con sombra		
Galpones para avicultura		
Galpones para ganadería		
Granadilla	4	Alto
Habichuela		
Herbazal denso de tierra firme arbolado		
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alto
Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto		
Herbazal y arbustal		
Mezcla de bosque plantado y natural	3	Moderado
Mora	4	Alto
Mosaico de cultivos		
Mosaico de cultivos con espacios naturales		
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4	Alto
Mosaico de pastos con espacios naturales		
Mosaico de pastos y cultivos		
Pastos arbolados		
Pastos enmalezados	4	Alto
Pastos limpios		
Pastos y árboles plantados		
Plantación forestal productora de eucalipto	3	Moderado
Plantación forestal productora de pinos		
Platano	4	Alto
Tierras desnudas y degradadas	4	Alto

	Tomate	4	Alto
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
	Vegetación secundaria baja		
	Afloramientos rocosos	2	Bajo
	Aguacate	4	Alto
	Arbustal abierto	4	Alto
	Arbustal denso		
	Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque abierto bajo de tierra firme		
	Bosque arbolado (latifoliado)	4	Alto
	Bosque denso alto de tierra firme		
	Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy bajo
	Bosque ripario mixto		
	Café con semisombra	4	Alto
	Granadilla	4	Alto
	Herbazal abierto		
	Herbazal denso de tierra firme arbolado		
<b>Bosques protectores. (8p-1 y 8p-2)</b>	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alto
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto		
	Herbazal y arbustal		
	Mezcla de bosque plantado y natural	3	Moderado
	Mora	4	Alto
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales		
	Mosaico de pastos con espacios naturales	4	Alto
	Mosaico de pastos y cultivos		
	Otros cultivos transitorios	4	Alto
	Pastos arbolados		
	Pastos enmalezados	5	Muy Alto
	Pastos limpios		

	Plantación forestal productora de eucalipto	4	Alto
	Plantación forestal productora de pinos		
	Tierras desnudas y degradadas	4	Alto
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
	Vegetación secundaria baja		
	Aguacate	4	Alto
	Arbustal denso	4	Alto
	Bosque arbolado (latifoliado)	4	Alto
	Bosque denso	1	Muy bajo
	Café a plena exposición	4	Alto
	Café con sombra		
	Habichuela	4	Alto
	Herbazal y arbustal	4	Alto
	Mora	4	Alto
	Mosaico de cultivos		
	Mosaico de cultivos con espacios naturales		
<b>Bosque protector, recuperación. (8p-3)</b>	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4	Alto
	Mosaico de pastos con espacios naturales		
	Mosaico de pastos y cultivos		
	Pastos arbolados		
	Pastos enmalezados	5	Muy alto
	Pastos limpios		
	Plantación forestal productora de eucalipto	4	Alto
Plantación forestal productora de pinos			
	Vegetación secundaria alta	2	Alto
	Vegetación secundaria baja		
<b>Conservación. (8pc-1 y 8pc-2)</b>	Afloramientos rocosos	2	Bajo
	Arbustal abierto	4	Alto

	Arbustal denso	
	Bosque abierto alto de tierra firme	
	Bosque abierto bajo de tierra firme	1
	Bosque arbolado (latifoliado)	4
	Bosque denso alto de tierra firme	
	Bosque denso bajo de tierra firme	1
	Herbazal denso de tierra firme arbolado	
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	
	Herbazal y arbustal	
	Pastos arbolados	
	Pastos enmalezados	5
	Pastos limpios	
	Tierras desnudas y degradadas	5
	Vegetación secundaria alta	
	Vegetación secundaria baja	2
	Afloramientos rocosos	2
	Arbustal denso	4
	Bosque abierto bajo de tierra firme	1
	Bosque arbolado (latifoliado)	4
<b>Turismo, conservación, investigación. (8psc-1)</b>	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	5
	Pastos limpios	5
	Tierras desnudas y degradadas	5
	Vegetación secundaria alta	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Áreas del SIRAP en conflictos por usos del suelo.

CATEGORIA	COBERTURA	PONDERACIÓN	CONFLICTO
-----------	-----------	-------------	-----------

**Artículo 111**

Afloramientos rocosos	2	Bajo
Aguacate	5	Muy Alto
Arbustal abierto	4	Alto
Arbustal denso	4	Alto
Bosque abierto alto de tierra firme	3	Medio
Bosque abierto bajo de tierra firme	3	Medio
Bosque arbolado (latifoliado)	4	Alto
Bosque denso alto de tierra firme	1	Muy Bajo
Bosque denso bajo de guadua	1	Muy Bajo
Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy Bajo
Bosque ripario de guadua	1	Muy Bajo
Bosque ripario mixto	1	Muy Bajo
Café a plena exposición	5	Muy Alto
Café con semisombra	5	Muy Alto
Café con sombra	5	Muy Alto
Herbazal abierto	4	Alto
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alto
Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	4	Alto
Herbazal y arbustal	4	Alto
Lulo	5	Muy Alto
Mezcla de bosque plantado y natural	4	Alto
Mosaico de cultivos	5	Muy Alto
Mosaico de pastos con espacios naturales	5	Muy Alto
Mosaico de pastos y cultivos	5	Muy Alto
Naranja	5	Muy Alto
Pastos arbolados	4	Alto
Pastos enmalezados	4	Alto
Pastos limpios	5	Muy Alto
Pastos y árboles plantados	4	Alto
Plantación forestal productora de eucalipto	4	Alto
Plantación forestal productora de pinos	4	Alto
Platano	5	Muy Alto
Ríos (5 m)	1	Muy Bajo
Tejido urbano discontinuo	1	Muy Bajo
Tierras desnudas y degradadas	5	Muy Alto



	Centros vacacionales	3	Medio
	Condominos recreativos	3	Medio
	Fincas recreativas	3	Medio
	Granadilla	3	Medio
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3	Medio
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	3	Medio
	Herbazal y arbustal	3	Medio
	Maiz	3	Medio
	Mezcla de bosque plantado y natural	3	Medio
	Mosaico de cultivos	3	Medio
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	Medio
	Mosaico de pastos y cultivos	3	Medio
	Naranja	3	Medio
	Otras zonas verdes y urbanas	3	Medio
	Otros cultivos permanentes arbustivos	3	Medio
	Pastos arbolados	3	Medio
	Pastos enmalezados	3	Medio
	Pastos limpios	3	Medio
	Pastos y árboles plantados	3	Medio
	Plantación forestal productora de ciprés	3	Medio
	Plantación forestal productora de eucalipto	3	Medio
	Plantación forestal productora de nogal	3	Medio
	Plantación forestal productora de pinos	3	Medio
	Platano	3	Medio
	Ríos (5 m)	1	Muy Bajo
	Tejido urbano continuo	1	Muy Bajo
	Tierras desnudas y degradadas	3	Medio
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
	Vegetación secundaria baja	2	Bajo
	Via pavimentada		
	Via sin pavimentar		
	Yuca	3	Medio
	Zonas comerciales	3	Medio
<b>Reserva CRQ</b>	Arbustal abierto	4	Alto
	Arbustal denso	4	Alto

Bosque abierto alto de tierra firme	1	Muy Bajo
Bosque abierto bajo de tierra firme	2	Bajo
Bosque arbolado (latifoliado)	3	Medio
Bosque denso alto de tierra firme	1	Muy Bajo
Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy Bajo
Bosque ripario de guadua	1	Muy Bajo
Bosque ripario mixto	1	Muy Bajo
Café a plena exposicion	5	Muy Alto
Café con sombra	5	Muy Alto
Condominos recreativos	2	Bajo
Fincas recreativas	2	Bajo
Herbazal denso de tierra firme arbolado	4	Alto
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alto
Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	5	Muy Alto
Herbazal y arbustal	4	Alto
Maiz	5	Muy Alto
Mezcla de bosque plantado y natural	2	Bajo
Mosaico de cultivos	5	Muy Alto
Mosaico de cultivos con espacios naturales	4	Alto
Pastos arbolados	5	Muy Alto
Pastos enmalezados	5	Muy Alto
Pastos limpios	5	Muy Alto
Plantación forestal productora de ciprés	3	Medio
Plantación forestal productora de eucalipto	3	Medio
Plantación forestal productora de pinos	3	Medio
Platano	5	Muy Alto
Ríos (5 m)	1	Muy Bajo
Tejido urbano continuo	1	Muy Bajo
Tierras desnudas y degradadas	4	Alto
Turberas	2	Bajo
Vegetación secundaria alta	4	Alto
Vegetación secundaria baja	3	Medio
Via pavimentada	2	Bajo
Via sin pavimentar	2	Bajo
Zonas comerciales	2	Bajo
Zonas pantanosas	2	Bajo

<b>Resnatur</b>	Arbustal abierto	3	Medio
	Arbustal denso	3	Medio
	Baby blue	2	Bajo
	Banano	3	Medio
	Bosque abierto bajo de tierra firme	1	Muy Bajo
	Bosque arbolado (latifoliado)	3	Medio
	Bosque denso bajo de tierra firme	1	Muy Bajo
	Bosque ripario de guadua	1	Muy Bajo
	Bosque ripario mixto	1	Muy Bajo
	Café a plena exposicion	3	Medio
	Café con semisombra	3	Medio
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3	Medio
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	3	Medio
	Herbazal y arbustal	3	Medio
	Mosaico de pastos y cultivos	3	Medio
	Pastos arbolados	3	Medio
	Pastos enmalezados	3	Medio
	Pastos limpios	3	Medio
	Ríos (5 m)	1	Muy Bajo
	Tejido urbano continuo	1	Muy Bajo
	Tejido urbano discontinuo	1	Muy Bajo
	Tierras desnudas y degradadas	3	Medio
	Vegetación secundaria alta	2	Bajo
	Vegetación secundaria baja	2	Bajo
	Vía pavimentada	1	Muy Bajo
	Zonas industriales	1	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 15. Zonas Forestales protectoras en conflictos por usos del suelo.*

<b>Cobertura</b>	<b>conflicto</b>
Aeropuertos	En conflicto
Afloramientos rocosos	En conflicto
Aguacate	En conflicto
Ahuyama	En conflicto
Arbustal abierto	Sin conflicto

Arbustal denso	Sin conflicto
Áreas culturales	En conflicto
Áreas deportivas	En conflicto
Áreas turísticas	En conflicto
Arenales	En conflicto
Baby blue	En conflicto
Banano	En conflicto
Bosque abierto alto	Sin conflicto
Bosque abierto alto de tierra firme	Sin conflicto
Bosque abierto bajo de tierra firme	Sin conflicto
Bosque arbolado (latifoliado)	Sin conflicto
Bosque denso	Sin conflicto
Bosque denso alto de tierra firme	Sin conflicto
Bosque denso bajo de guadua	Sin conflicto
Bosque denso bajo de tierra firme	Sin conflicto
Bosque ripario	Sin conflicto
Bosque ripario de guadua	Sin conflicto
Bosque ripario mixto	Sin conflicto
Café a plena exposición	En conflicto
Café a plena exposición	En conflicto
Café con semisombra	En conflicto
Café con sombra	En conflicto
Campo de golf	En conflicto
Canales	En conflicto
Caña panelera	En conflicto
Centros vacacionales	En conflicto
Chirimoya	En conflicto
Condominos recreativos	En conflicto
Cuerpos de agua artificiales	En conflicto
Cultivos permanentes arbóreos	En conflicto
Estadios	En conflicto
Estanques para acuicultura continental	En conflicto
Explotaciones piscícolas	En conflicto
Fincas recreativas	En conflicto
Flores y follajes	En conflicto
Flóres	En conflicto

Frijol	En conflicto
Galpones para avicultura	En conflicto
Galpones para ganadería	En conflicto
Granadilla	En conflicto
Guanábana	En conflicto
Guayaba	En conflicto
Habichuela	En conflicto
Herbazal abierto	En conflicto
Herbazal denso de tierra firme arbolado	En conflicto
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	En conflicto
Herbazal denso de tierra firme no arbolado alto	En conflicto
Herbazal y arbustal	En conflicto
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	En conflicto
Lulo	En conflicto
Macadamia	En conflicto
Maiz	En conflicto
Mandarina	En conflicto
Maracuya	En conflicto
Mezcla de bosque plantado y natural	En conflicto
Mora	En conflicto
Mosaico de cultivos	En conflicto
Mosaico de cultivos con espacios naturales	En conflicto
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	En conflicto
Mosaico de pastos con espacios naturales	En conflicto
Mosaico de pastos y cultivos	En conflicto
Naranja	En conflicto
Obras hidráulicas	En conflicto
Otras zonas verdes y urbanas	En conflicto
Otros cultivos permanentes arbustivos	En conflicto
Otros cultivos transitorios	En conflicto

Papaya	En conflicto
Parques cementerios	En conflicto
Pastos arbolados	En conflicto
Pastos enmalezados	En conflicto
Pastos limpios	En conflicto
Pastos y árboles plantados	En conflicto
Piña	En conflicto
Plantación de coníferas	Sin conflicto
Plantación forestal	Sin conflicto
Plantación forestal productora de ciprés	Sin conflicto
Plantación forestal productora de eucalipto	Sin conflicto
Plantación forestal productora de nogal	Sin conflicto
Plantación forestal productora de pinos	Sin conflicto
Platano	En conflicto
Plátano	En conflicto
Ríos (5 m)	En conflicto
Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	En conflicto
Soya	En conflicto
Tejido urbano continuo	En conflicto
Tejido urbano discontinuo	En conflicto
Territorios asociados a vías	En conflicto
Tierras desnudas y degradadas	En conflicto
Tomate	En conflicto
Tomate de árbol	En conflicto
Turberas	En conflicto
Vegetación secundaria alta	Sin conflicto
Vegetación secundaria baja	Sin conflicto
Vía pavimentada	En conflicto
Vía sin pavimentar	En conflicto
Vías pavimentadas	En conflicto
Yuca	En conflicto
Zona de disposición de residuos	En conflicto
Zonas agroindustriales	En conflicto
Zonas comerciales	En conflicto

Zonas de extracción minera	En conflicto
Zonas industriales	En conflicto
Zonas industriales o comerciales	En conflicto
Zonas pantanosas	En conflicto
Zonas quemadas	En conflicto
Zonas verdes urbanas	En conflicto

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultado:** El modelo arroja una capa de tipo polígono, con la asignación ponderada de conflictos muy altos a muy bajos, los cuales, al editar su simbología, permite identificar espacialmente las zonas en conflictos por usos del suelo al interior de cada área protegida de la Estructura Ecológica Principal Actual para establecer acciones de recuperación dentro de la Estructura Ecológica a Proyectar.

## 7.5.2. Construcción del Modelo de Geoprocesamiento para el Reconocimiento de la Estructura Ecológica Proyectada

### 7.5.2.1. Áreas Núcleos

La delimitación de las áreas núcleos se obtuvo a partir de la capa de coberturas y usos del suelo generadas por el POMCA del río La Vieja a escala 1:25.000 (2018), la cual consta de la delimitación de los relictos de bosques generada a partir de la selección de las coberturas naturales (ver tabla 10) necesarias para este proyecto, con el fin de estimar las hectáreas ocupadas en el departamento por bosques naturales. La siguiente figura representa el modelo para la obtención del mapa de coberturas naturales, el cual contiene necesariamente los geoprocesos “proyectar”, “seleccionar” (coberturas naturales) y “calcular atributos de geometría”. Este proceso es viable siempre y cuando se tenga la delimitación del área de estudio.

*Figura 24.* Modelo para la identificación de las áreas núcleos de la estructura ecológica proyectada para el departamento del Quindío.

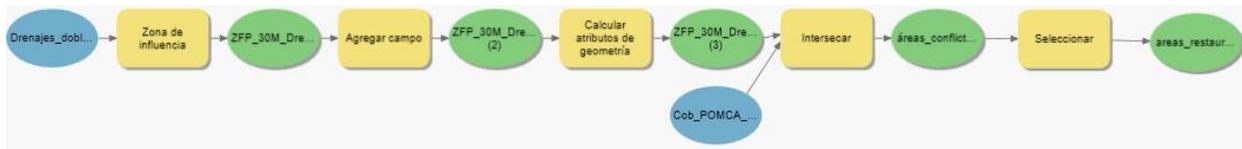


Fuente: Elaboración propia.

### 7.5.2.2. Áreas para Corredores Biológicos

Dentro del proceso de identificación de los corredores biológicos se toma como punto de partida la red de drenajes dobles o principales para el departamento, generando franja paralela a cada lado de 30 metros, los cuales cumplirán la función de conectividad ecosistémica como planetemainto de consolidación del paisaje a través de la EEP Proyectada, así como el análisis espacial de los conflictos por usos del suelo, como se describe en la siguiente figura:

Figura 25. Modelo para la identificación de corredores biológicos de la estructura ecológica proyectada para el departamento del Quindío.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de este modelo se incluyó el geoprocésamiento de selección de coberturas de territorios artificializados y territorios agrícolas, las cuales fueron clasificadas como áreas para la restauración en corredores biológicos.

### 7.5.2.3. Áreas para el Desarrollo Sostenible

Corresponde a estas áreas aquellas destinadas a la producción sostenible, las cuales son importantes para armonizar los modelos de ocupación de los municipios del departamento del Quindío, con el fin darle un manejo sostenible del paisaje y que a su vez permitirán fortalecer estrategias de infraestructura verde al interior del territorio. Los datos de entrada para la

delimitación de estas áreas corresponde a las clases agrológicas 2, 3, 4, 6 y 7, las cuales son las destinadas para dar soporte a las actividades agropecuarias y de explotación de recursos naturales. El modelo empleado fue el siguiente:

*Figura 26.* Modelo para la identificación de las áreas para el desarrollo sostenible de la EEP Proyectada.



Fuente: Elaboración propia.

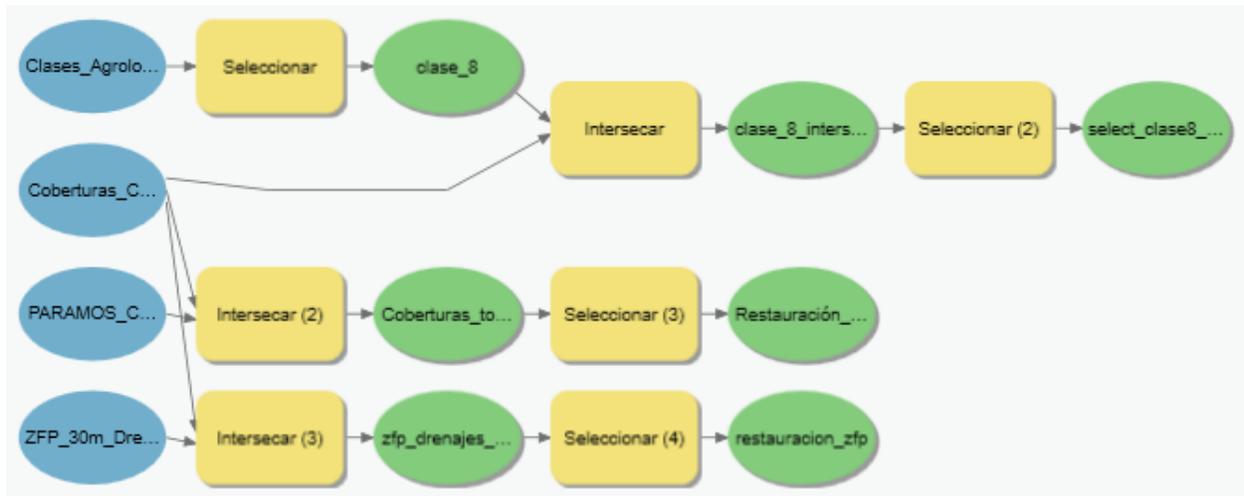
#### ***7.5.2.4. Áreas para la Restauración en Ecosistemas Estratégicos.***

Este análisis busca dar un aporte desde la mirada de la recuperación de ecosistemas degradados con el fin de mejorar la capacidad de soporte de la Estructura Ecológica Principal, para la cual se proyecta restaurar éstas áreas con el propósito de aumentar la oferta de servicios ecosistémicos, principalmente en el aprovisionamiento del agua (rendimiento hídrico, oferta, regulación, calidad), así como el aumento en la captura de carbono y contribuir en la mitigación del cambio climático, disminuir la erosión de los suelos y controlar las actividades productivas en áreas de importancia ecosistémicas con prácticas sostenibles de producción.

Por lo anterior, se analizan las áreas de páramos, clases agrológicas 8 y las zonas forestales protectoras que requieren procesos de restauración ecosistémica y logren convertirse incorporarse a futuro en la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío. La información utilizada en el modelo se asocia a una capa vectorial de tipo polígono correspondiente a las coberturas del suelo, a la cual se le genera geoprocesamientos de intersección entre las áreas de páramos, clase agrológica 8 y zonas forestales protectoras y

selección de las áreas que están en conflicto por usos des suelo, proyectándolas en una nueva capa vectorial clasificada como áreas de restauración, como se relaciona en el siguiente modelo:

Figura 27. Modelo para la identificación de áreas que requieren procesos de restauración en la Estructura Ecológica Principal Proyectada para el departamento del Quindío.

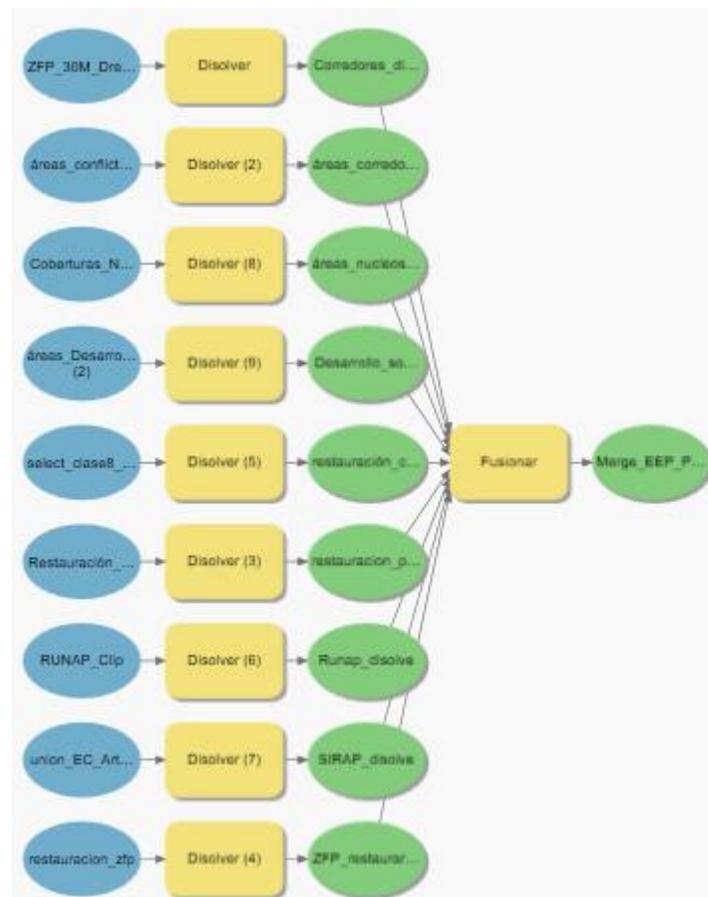


Fuente: Elaboración propia.

### 7.5.3. Modelo de Integración para la EEP Proyectada

Las capas vectoriales obtenidas en los resultados de los modelos anteriormente descritos fueron integradas para obtener la delimitación de la Estructura Ecológica Proyectada para el departamento del Quindío:

Figura 28. Modelo de integración para la delimitación de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío.



Fuente: Elaboración propia.

## 8. Resultados

Al realizar la revisión cartográfica contenida en los 12 Planes de Ordenamiento Territorial concertados con la Corporación Autónoma Regional del Quindío entre los años 1999, 2000, 2001 y 2009; se encontró que dicha cartografía se encuentra en archivos AutoCAD, sin georreferenciación, excepto el municipio de Armenia quien elaboró su cartografía en formato shapefile y con sistema de referencia local Magna\_Colombia\_Oeste; sin embargo, para los 12

municipios en conjunto se identifica similitud temática en la información ambiental, como se relaciona a continuación (tabla 16):

Tabla 16. Cartografía temática ambiental formulada en los planes de ordenamiento territorial vigentes.

TEMATICA IDENTIFICADA EN LOS POT's	MUNICIPOS												
	Armenia	Buenavista	Calarcá	Circasia	Córdoba	Filandia	Génova	La Tebaida	Montenegro	Pijao	Quimbaya	Salento	
Definición suelo de protección					Es escasa la información sobre los recursos naturales y el patrimonio natural con que cuenta el municipio, en especial en la cartografía.								
Zonas de especial significancia ambiental													
Modelo de ocupación													
Zonificación ambiental													
Categorías de protección													
Delimitación microcuencas													
Áreas forestales													
Áreas de protección de recursos naturales													
Zonas de fragilidad ecológica.													
Zonas de riesgo natural													
Áreas de ecosistemas estraticos													
Zonas de recuperación y/o mejoramiento ambiental													
Área de recarga de acuíferos													
Áreas naturales protegidas													
Conservación hídrica													
Humedales													
Páramos													
Relictos de bosques													

Fuente. Elaboración propia.

Con base en lo anterior, el análisis cualitativo de la cartografía de los Planes de Ordenamiento Territorial vigentes, permitió identificar 18 temáticas ambientales, las cuales se

correlacionan entre los municipios y parcialmente representan algunos elementos de la Estructura Ecológica Principal dentro de los modelos de ocupación adoptados en los acuerdos municipales para los componentes general, urbano y rural. Dicha cartografía carece de estándares y referenciación; sin embargo, esto no impide desarrollar la propuesta articulando la información geográfica regional, departamental y municipal para el desarrollo del presente trabajo. Es importante precisar que no fue posible estimar las hectáreas ocupadas por éstas áreas, teniendo en cuenta que la información se encontró en geometría de tipo línea en formato análogo .DWG, lo que impidió la cuantificación del área total, así como los vacíos cartográficos, pues en algunos casos, solo se mencionó de manera general en los documentos.

La Ley 388 de 1997 no incorporó la definición de la Estructura Ecológica Principal teniendo en cuenta que el concepto toma fuerza hasta 1998, pero si estableció que dentro de sus componentes general, urbano y rural, donde se incorpore *“El señalamiento de las áreas de reserva y medidas para la protección del medio ambiente, conservación de los recursos naturales y defensa del paisaje, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 99 de 1993 y el Código de Recursos Naturales, así como de las áreas de conservación y protección del patrimonio histórico, cultural y arquitectónico”* y es una de las clases de suelo dentro de sus modelos de ocupación actuales.

Por su parte, con la entrada en vigencia del Decreto 3600 de 2007 se incorpora por primera vez el término de la Estructura Ecológica Principal como el *“Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de*

*los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones”.*

Esta revisión del componente ambiental de los Planes de Ordenamiento Territorial del departamento del Quindío permitió identificar que si bien los municipios comprenden en sus procesos de planificación algunos elementos naturales, no se desarrollaron de manera ordenada, articulada y estandarizada para todos los municipios, considerando que gran parte de las categorías de protección ambiental son previas a los POT, y comparten territorio en dos o más municipios.

### **8.1. Estructura Ecológica Actual**

Dentro del proceso de análisis cartográfico para la aplicabilidad de la Estructura Ecológica Principal, se tomó como punto de partida la identificación de todos aquellos elementos y áreas que actualmente cumplen funciones dentro de las categorías de protección y conservación ambiental y que a su vez, se suman a los principios (de biodiversidad y servicios ecosistémicos) de la meta superior de la propuesta del IDEAM a escala 1:500.000.

El ordenamiento del territorio del suelo rural, está definido por el decreto 3600 de 2007 donde quedó establecido cinco categorías de protección de carácter estructural:

- Áreas de conservación y protección ambiental.
  - Áreas del SINAP
  - Áreas de reserva forestal
  - Áreas de Manejo Especial
  - Áreas de especial importancia ecosistémica.

- Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de los recursos naturales.
- Áreas inmuebles considerados como patrimonio cultural
- Áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios
- Áreas de amenaza y riesgo.

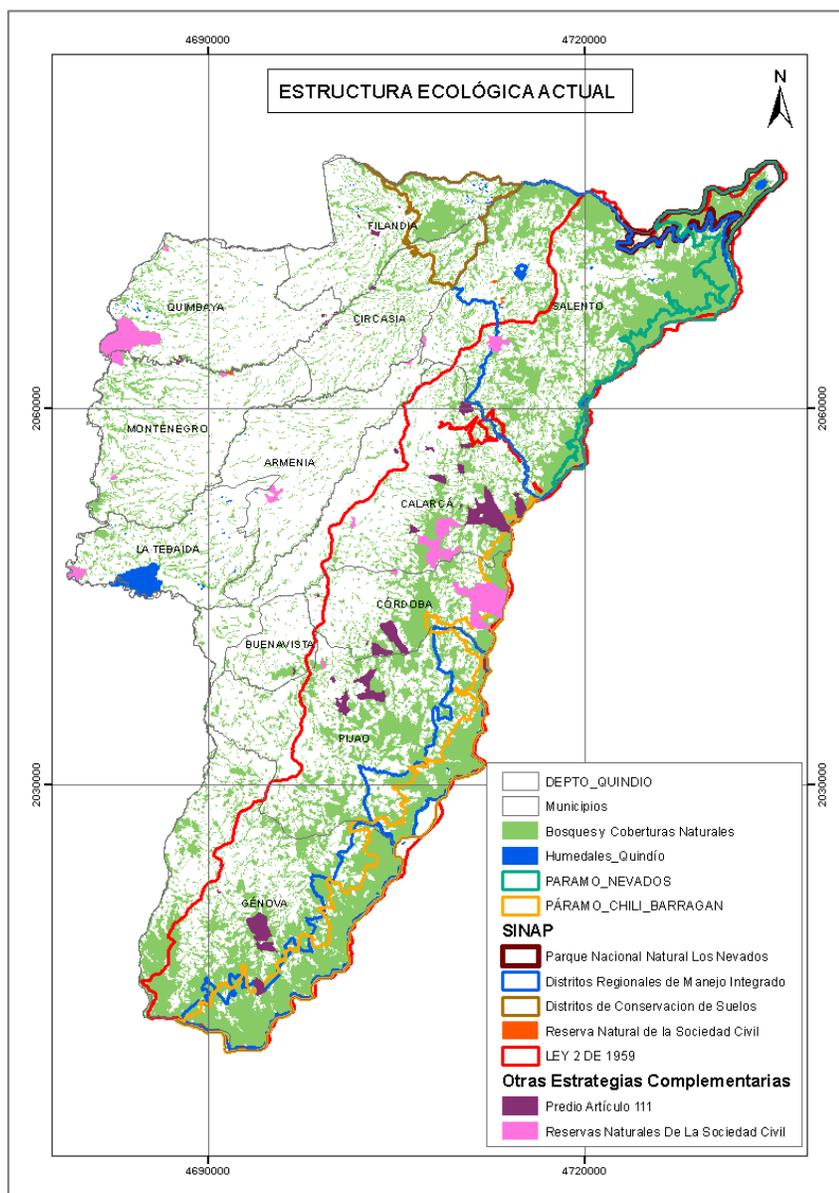
Por su parte, la Corporación Autónoma Regional del Quindío -CRQ- adopta las siguientes categorías de protección ambiental en la totalidad del suelo rural (artículo 2.2.2.2.1.3, decreto 1077 de 2015). En esta categoría se incluyen las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental:

- Las áreas del sistema nacional de áreas protegidas
- Las áreas de reserva forestal
- Las áreas de manejo especial
- Las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hídricas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas y reservas de flora y fauna.
- Las demás incorporadas como determinantes del medio natural (Determinantes Ambientales expedidas por la CRQ a partir de la resolución No 001688 del 29 de junio de 2023).

Por lo anterior, la estructura ecológica se define como uno de los principales elementos que estructura y condiciona el Ordenamiento del Territorio, en la cual se establece la configuración espacial y funcional de la base ecosistémica presente y futura, garantizando la conservación de la biodiversidad, los recursos biológicos y los servicios ambientales necesarios para el desarrollo del municipio.

Las áreas identificadas y reconocidas como parte de la EEP actual fueron las siguientes (figura 29):

*Figura 29.* Estructura Ecológica Actual para el departamento del Quindío.



Fuente: Elaboración propia.

Las áreas de cobertura de bosques naturales representan para el departamento del Quindío, un área de 67.792 hectáreas, las cuales representan el 35% de la ocupación del suelo, de las cuales, el 29% (57.356 hectáreas) se encuentran al interior de las categorías de protección ambiental.

### ***8.1.1. Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas***

Dentro del conjunto de áreas protegidas establecidas por el Decreto 2372 de 2010, compilado en el Decreto 1076 de 2015, se identificó 4 categorías para el departamento del Quindío: Parque Nacional Natural, Distrito de Manejo Integrado, Distrito de Conservación de Suelos y Reservas Naturales de la Sociedad Civil, como se describen a continuación:

#### ***8.1.1.1. Parque Nacional Natural Los Nevados***

Ésta área protegida se localiza entre los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima, en el complejo volcánico del Nevado del Ruiz, el cual fue creado en el año de 1974 cuyo fin es la conservación de ecosistemas importantes de nivel mundial, tal como glaciares, ecosistemas de súper páramo, páramo, humedales y bosques Altoandinos, convirtiéndose en un eje articulador de conectividad biológica a nivel regional (Parques Nacionales, consulta en línea). En el departamento del Quindío, éste se ubica en el municipio de Salento, ocupando un área de 2.420,4 hectáreas. En este sentido, dentro del Plan de Manejo Ambiental del PNN Los Nevados quedaron establecido los “Valores Objeto de Conservación” cuyo fin es proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 17. Objetivos de Conservación y valores objetos de conservación en el PNN Los Nevados.

OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN	VALORES OBJETO DE CONSERVACIÓN
Mantener las dinámicas naturales de áreas de páramos y bosques alto andino del sistema centro andino colombiano, en el marco de la conservación, la diversidad ecológica, recursos genéticos y los valores culturales asociados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Páramo</li> <li>- Humedales Altoandinos</li> <li>- Bosque altoandino</li> </ul>
Conservar poblaciones de fauna y flora endémicas u amenazadas de extinción, asociadas a los ecosistemas del parque, con el fin de mantener la biodiversidad del sistema centro andino colombiano representado en el área protegida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Poylepis serícea</i> (Siete cueros)</li> <li>- <i>Bolborthynchus ferrugineifrons</i> (periquito de los nevados).</li> <li>- <i>Oxyura jamaicensis</i> (Pato Andino)</li> <li>- <i>Cerxylon quinduensis</i> (Palma de cera).</li> </ul>
Proteger las cuencas altas de los ríos Chinchiná, Gualí, Lagunillas, Recio, Totaré, Combeima, Quindío, Otún y Campoalegre, con sus afluentes, en jurisdicción del área protegida, manteniendo su función de regulación y aprovisionamiento de recurso hídrico y climático para la región.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenca alta del río Chinchiná.</li> <li>- Cuenca alta del río Otún.</li> <li>- Cuenca alta del río Quindío.</li> <li>- Cuenca alta del río Combeima.</li> </ul>
Generar estrategias de manejo adaptativo de las unidades de origen glacial y volcánico como escenarios de gran espectacularidad	Volcán nevado del Ruiz, Santa Isabel y Tolima.

---

paisajística e importancia ecológica  
que encierran el complejo  
volcánico Cerro Bravo – Cerro  
Machín.

---

Fuente: Plan de Manejo del PNN Los Nevados, 2017 – 2022.

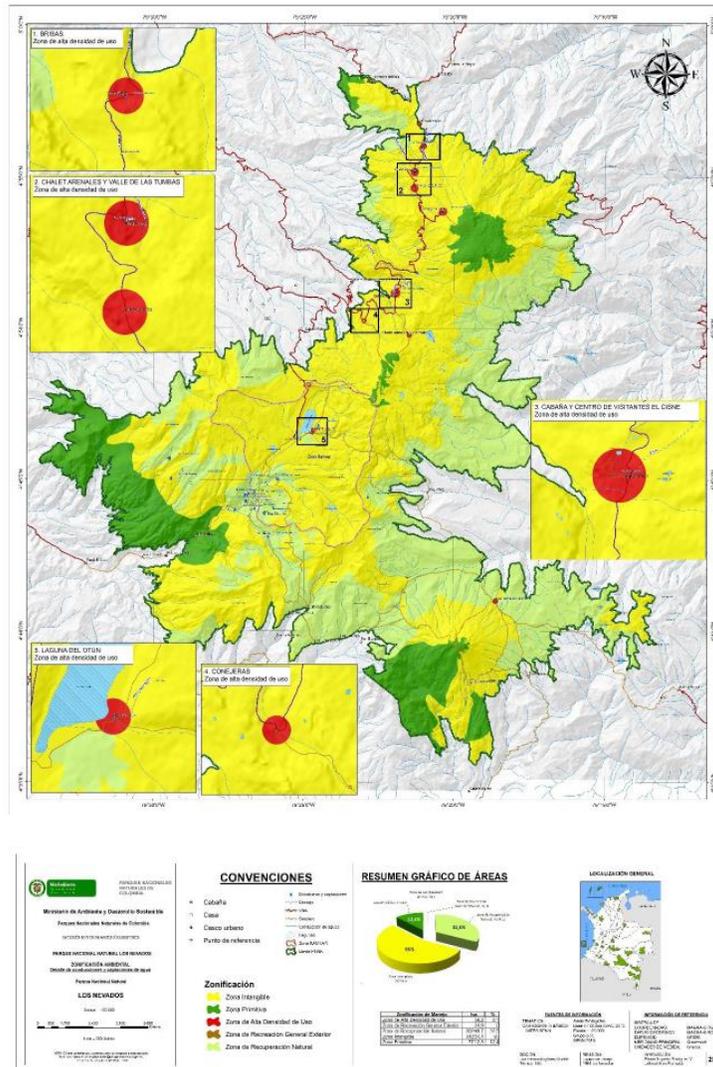
El Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Los Nevados (2017) contiene un componente de ordenamiento, el cual a su vez contiene la zonificación como herramienta para garantizar el cumplimiento de los objetivos de conservación y mantener la integridad ecológica de los valores objetos de conservación, a través del manejo. Se definieron las siguientes tipos de zonas:

- **Zona primitiva.** Zona que no ha sido alterada o que ha sufrido mínima intervención humana en sus estructuras naturales.
- **Zona intangible.** Zona en la cual el ambiente ha de mantenerse ajeno a la más mínima alteraciones humanas, a fin de que las condiciones naturales se conserven a perpetuidad.
- **Zona de recuperación natural.** Zona que ha sufrido alteraciones en su ambiente natural y que está destinada al logro de la recuperación de la naturaleza que allí existió o s obtener mediante mecanismos de restauración un estado deseado del ciclo de evaluación ecológica; lograda la recuperación o el estado deseado, esta zona será denominada de acuerdo con la categoría que le corresponde.
- **Zona histórica-cultural.** Zona en la cual se encuentran vestigios arqueológicos, huellas o señales de culturas pasadas, supervivencia de culturas indígenas, rasgos históricos o escenarios en los cuales tuvieron ocurrencia hechos trascendentales de la vida nacional.

- **Zona de recreación general exterior.** Zona que por sus condiciones naturales ofrece la posibilidad de dar ciertas facilidades al visitante para su recreación al aire libre, sin que esta pueda ser causa de modificaciones significativas del ambiente.
- **Zona de alta densidad de uso.** Zona en la cual por sus condiciones naturales, características y ubicación pueden realizarse actividades recreativas y otorgar educación ambiental de tal manera que armonice con la naturaleza del lugar, produciendo la menor alteración posible.
- **Zona amortiguadora.** Zona en la cual se atenúan las perturbaciones causadas por la actividad humana en las zonas circunvecinas a las distintas áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, con el fin de impedir que llegue a causar disturbios o alteraciones en la ecología o en la vida silvestre de estas áreas.

A cada una de las zonas se les realizó descripción y reglamentación de usos y actividades, como se relaciona en la siguiente figura:

Figura 30. Zonificación del PNNN Los Nevados.



Fuente: Plan de Manejo 2017-2022 Parque Nacional Natural Los Nevados

### 8.1.1.2. Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca Alta del Rio Quindío de Salento

Tiene una extensión de 28.906,8 hectáreas, localizado al interior del municipio de Salento se creó como Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales mediante Acuerdo Nro. 010 de 1998 del Consejo Directivo de la CRQ con base en lo definido en el Decreto 1974 de 1989. Posteriormente, con la expedición del Decreto 2372 de 2010, hoy compilado en el Decreto

1076 de 2015, la Corporación Autónoma Regional del Quindío procedió a realizar el proceso de homologación mediante el Acuerdo Nro. 011 de 2011, del Consejo Directivo. Es una zona montañosa con pendientes mayores al 100% y con una dinámica económica muy variada (actividades agropecuarias, turísticas principalmente); se creó con el objeto de ordenar, planificar y regular el uso y manejo de los recursos naturales y destinarlo a su uso sostenible, de preservación, restauración, conocimiento y disfrute (Decreto 2372 de 2010, compilado en el Decreto 1076 de 2015).

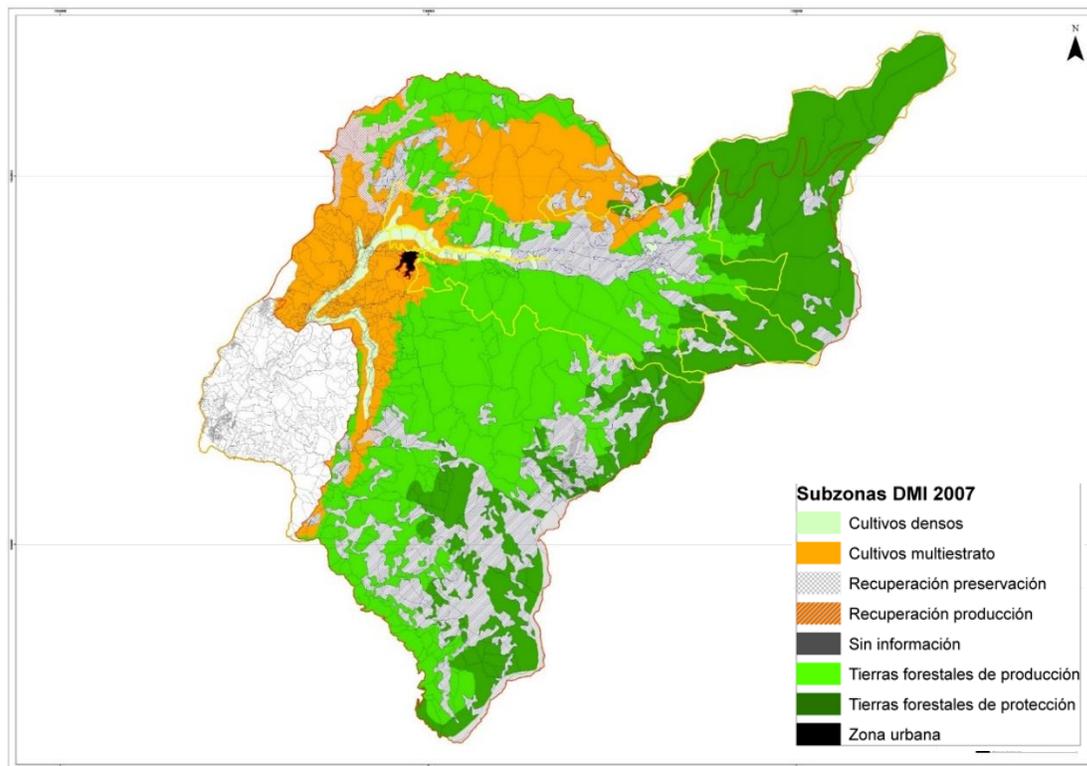
El plan de manejo del año 2007 en el componente de zonificación contiene las siguientes zonas:

- **Preservación.** Acción encaminada a garantizar la intangibilidad y la perpetuación de los recursos naturales. Espacios de preservación que contengan biomas o ecosistemas de especial significación para el país.
- **Protección.** Acción encaminada a garantizar la conservación y mantenimiento de obras, actos o actividades producto de la intervención humana, con énfasis en sus valores intrínsecos e histórico - culturales. Áreas de que incluyen obras públicas, fronteras, espacios de seguridad y defensa, territorios indígenas tradicionales, sitios arqueológicos, proyectos lineales, embalses para la producción de energía o agua para acueductos, espacios para explotaciones mineras.
- **Producción.** Actividad humana dirigida a generar los bienes y servicios que requiere el bienestar material y espiritual de la sociedad; presume un modelo de aprovechamiento racional o de los recursos naturales en un texto de desarrollo sostenible. Zonas enfocadas a la producción ganadera, agrícola, forestal, industrial, turística.

- **Recuperación (para preservación).** Actividades humanas orientadas al restablecimiento de las condiciones primigenias de la zona. Zonas dirigidas a la restauración (volver a las condiciones mínimas naturales) de los componentes ambientales de los ecosistemas degradados (suelo, flora, fauna, agua). Allí se complementan labores de control y evaluación.
- **Recuperación (para producción).** Actividades humanas orientadas restablecimiento de las condiciones naturales que permitan el aprovechamiento sostenible de la zona.

La siguiente figura relaciona cada una de estas zonas:

Figura 31. Zonificación Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca Alta del Río Quindío.



Fuente: Plan de Manejo 2007. DMI Cuenca Alta del río Quindío.

### ***8.1.1.3. Distrito de Manejo Integrado Chili Bosque Alto Andino Pijao***

Creado mediante Acuerdo Nro. 13 de 2015 de la Corporación autónoma Regional del Quindío, cuenta con una extensión de 6.542,3 hectáreas, localizado en el municipio de Pijao, Quindío, con el fin de conservar el páramo de Chili Bosques Alto andinos y complejos de humedales y mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; así como desarrollar sistemas productivos agrícolas, pecuarios, forestales y ecoturísticos con criterios de sostenibilidad ambiental en la parte alta de la subcuenca del río Lejos (CRQ, Acuerdo 013 de 2015).

#### ***8.1.1.4. Distrito de Conservación de Suelos Paramos y Bosques Altoandinos de Génova***

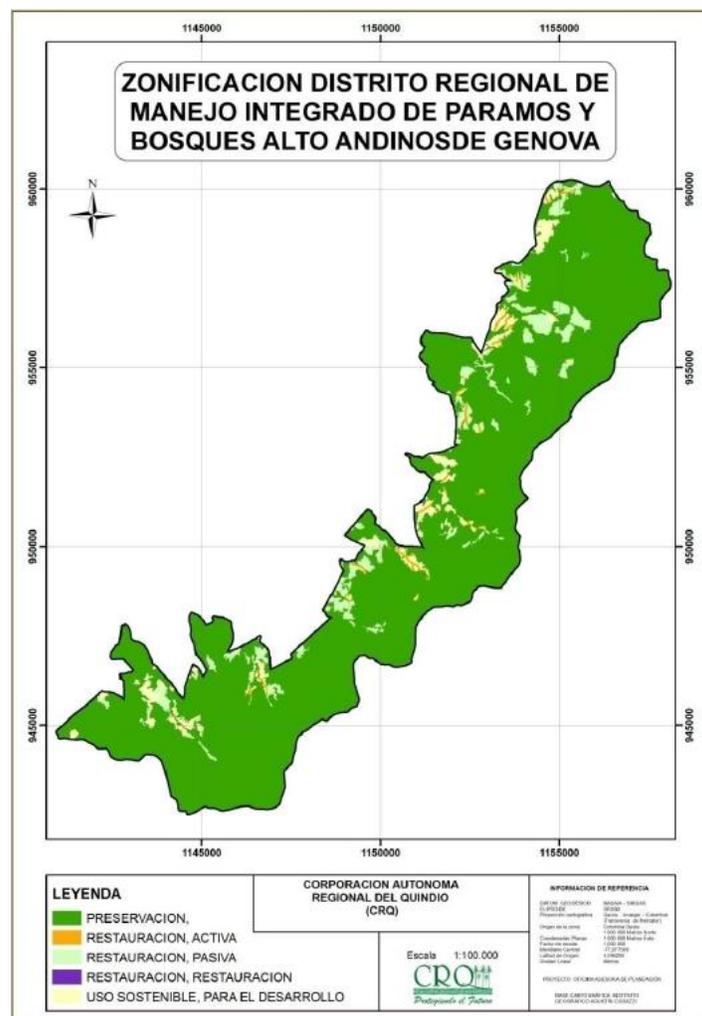
Mediante Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional del Quindío se creó el Distrito Regional de Manejo Integrado Paramos y Bosques Altoandinos de Génova (DRMI de Génova) mediante Acuerdo 010 de junio 30 del 2011, con una extensión de 8.324,8 hectáreas al interior del municipio de Génova con el fin de proteger los siguientes valores ambientales que tiene el área protegida:

- Belleza escénica: arboles, bosques, agua, lagunas.
- Servicios eco sistémicos.
- Hábitat de flora y fauna.
- Regulación hídrica.
- Captura de carbono.
- Investigación (Loro Coroniazul) con nidos exitosos.
- Observación de aves.
- Banco genético, botánicos han determinado esta riqueza.
- Presencia de fauna y flora en vía de extinción.
- Sistemas productivos amigables con el medio ambiente. Cambios de actitud (cercas vivas, desmatonas selectivas).
- Arriería representante a nivel nacional.
- Conectividad y corredores biológicos, zonas interconectada entre el parque y paramo de las hermosas.
- Producción de oxígeno y presencia de carbono.
- Banco genético y banco de germoplasma insitu.

En el proceso de zonificación se definieron las siguientes zonas:

- **Zonas de restauración.** Se dividen en restauración activa (69,09 ha) y pasiva (424,8 ha).
- **Zonas de preservación.** Se identifican 6.346,9 ha.
- **Zonas de uso sostenible.** En subzona para el desarrollo se identifican 278,76 ha.

Figura 32. Zonificación Distrito de Manejo Integrado de Páramos y Bosques Altoandinos de Génova.



Fuente: Plan de Manejo DRMI Páramos y Bosques Altoandinos de Génova.

#### **8.1.1.5. Distrito de Conservación de Suelos Barbas Bremen**

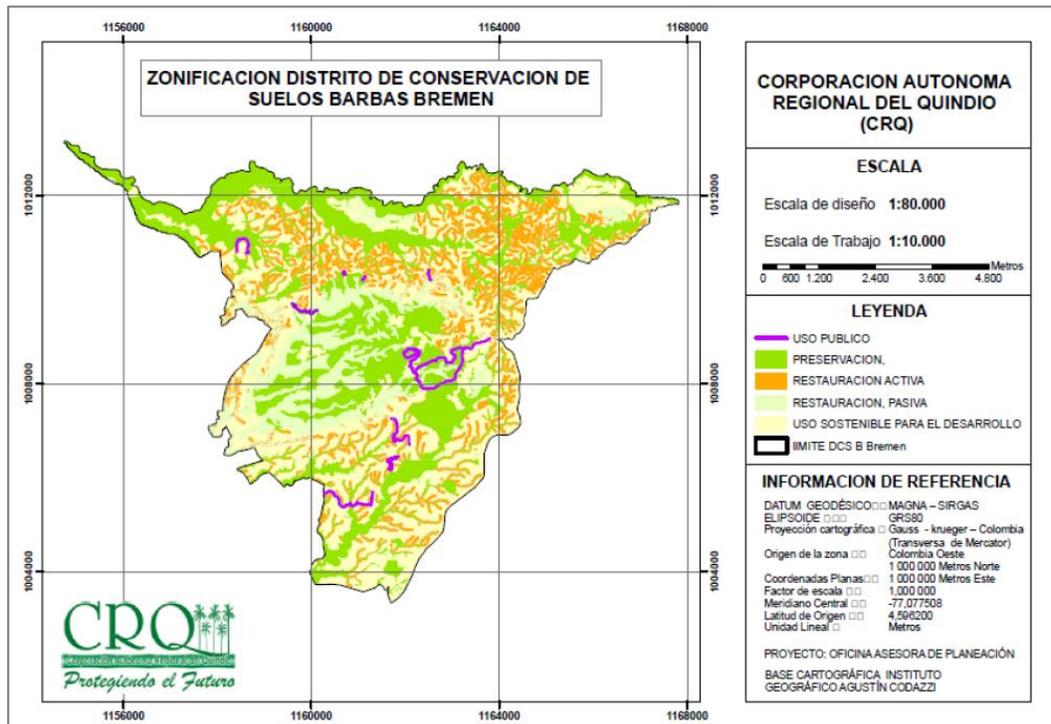
Creado como Parque Regional Natural con Acuerdo del Consejo Directivo CRQ 020 de 2006. Homologado a Distrito de Conservación de Suelos con el Acuerdo del Consejo Directivo CRQ N° 012 de 2011. Tienen jurisdicción en los municipios de Circasia y Filandia.

Mediante Acuerdo de Consejo Directivo CRQ N° 016 de 2014 se aprueba el Plan de Manejo del Distrito de Conservación de Suelos Barbas – Bremen; luego se ajusta el Plan a través del Acuerdo de Consejo Directivo CRQ N° 02 de 2015. El Plan de Manejo contiene la zonificación con fines de manejo.

En el proceso de zonificación se definieron las siguientes zonas:

- **Zonas de restauración.** Se dividen en restauración activa (711,409 ha) y pasiva (596,48 ha).
- **Zonas de preservación.** Se identifican 1.854,2 ha (Bosque de galería arbolado y vegetación secundaria baja).
- **Zonas de uso sostenible.** En subzona para el desarrollo se identifican 1.748,8 ha.

Figura 33. Zonificación Distrito de Conservación de Suelos Barbas Bremen.



Fuente: Plan de Manejo DCS Barbas Bremen.

### 8.1.1.6. Reservas Naturales de la Sociedad Civil

Según lo establecido en el decreto 2372 de 2010, las Reservas Naturales de la Sociedad Civil corresponden a áreas de conservación privada y tienen como objetivo el manejo integrado bajo criterios de sustentabilidad que garantice la conservación, preservación, regeneración o restauración de los ecosistemas naturales contenidos en ellas y que permita la generación de bienes y servicios ambientales. En el departamento del Quindío, estas áreas suman un área de 41 hectáreas y se representan en 5 RNSC registradas ante el RUNAP (registro único nacional de áreas protegidas).

## **8.1.2. Otras Estrategias Complementarias**

### **8.1.2.1. Reserva Forestal Central**

El artículo 1 de la Ley 2ª. de 1959 estableció que para el desarrollo de la economía forestal, protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se establecen con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General", según la clasificación de que trata el Decreto Legislativo No.2278 de 1953, la Reserva Forestal Central, comprendida dentro los siguientes límites: una zona de 15 kilómetros hacia el lado Oeste, y otra, 15 kilómetros hacia el Este del divorcio de agua de la Cordillera Central, desde el Cerro de Bordoncillo, aproximadamente a 20 kilómetros al Este de Pasto, hasta el Cerro de Los Prados a al Norte de Sonsón. En el departamento del Quindío, esta reserva ocupa un área de 94.333.5 hectáreas, es decir el equivalente al 48,7% de todo el territorio.

Posteriormente la Resolución 1922 de 2013, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, determina los tipos de zonas de la Reserva Forestal Central. Para el departamento del Quindío se identificaron, a escala 1:100.000 zonas tipo A y Zonas Tipo B, además de áreas con previa decisión de ordenamiento, correspondiente a áreas naturales protegidas públicas.

### **8.1.2.2. Predio para la Conservación del Recurso Hídrico**

La Ley 99 de 1993 establece que “*Las entidades territoriales deben presentar ante la autoridad ambiental competente, un inventario detallado de los predios adquiridos y de los esquemas de pago por servicios ambientales implementados. Dicho inventario deberá ser actualizado anualmente con corte a 31 de diciembre de cada año*”. En el departamento del

Quindío, fueron identificados 47 predios bajo esta categoría, los cuales ocupan un área de 2.349 hectáreas (1,2%) del área total del departamento del Quindío. De los 47 predios, 21 pertenecen a la CRQ, 7 a la Gobernación del Quindío, 11 al municipio de Calarcá, 1 al municipio de Filandia, 4 al municipio de Génova, 2 al municipio de Montenegro, 1 al municipio de Pijao y 7 al municipio de Armenia.

### ***8.1.2.3. Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) no Registradas***

De acuerdo con el informe final contrato N° 366 de 2018 (CARDER – WCS) “Corresponden a predios privados que tienen un porcentaje en conservación y que se identifican como tales, algunas se encuentran afiliadas a redes de reservas naturales de la sociedad civil y otras no, pero representan en suma un alto número de hectáreas para la conservación, conectividad entre áreas protegidas, entre otras”. En el departamento del Quindío existen 33 RNSC con un área de 2.838.5 (1,5%).

### ***8.1.3. Áreas de Especial Importancia Ecosistémica***

#### ***8.1.3.1. Páramos***

En el departamento del Quindío existen dos complejos de páramos: Los Nevados y Chilí Barragán. Las determinantes ambientales de la CRQ, 2023, describe al páramo de Los Nevados como un área estratégica para la Eco- Región del Eje Cafetero, debido al nacimiento de los principales ríos que suministran agua a la población y a los sistemas de producción de la zona, delimitado mediante Resolución Nro. 1987 de 2016 del MADS. Por su parte, el páramo Chilí

Barragán es asociado como un ecosistema estratégico para la cordillera central y fue delimitado mediante Resolución 1533 de 2016 del MADS.

La distribución de áreas a nivel municipal dentro del departamento del Quindío para los dos complejos de páramos corresponde a:

*Tabla 18.* Áreas de páramo presentes en los municipios del departamento del Quindío.

<b>Áreas de páramo por municipio en el departamento del Quindío</b>	
Municipio	Área (ha)
Calarcá	591,8
Córdoba	1.349,9
Génova	7187
Pijao	3.436,6
Salento	6.794,8
Total	19.360,1

*Fuente: Determinantes ambientales, CRQ, 2023.*

### **8.1.3.2. Humedales**

En el departamento del Quindío, han sido identificados 513 humedales, los cuales se clasifican en: 156 Humedales reconocidos como área forestal protectora., 198 humedales reconocidos como zonas inundables y 159 humedales reconocidos como zonas funcionales. Las determinantes ambientales (CRQ, 2023) definen a estos ecosistemas estratégicos como aquellos que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos, pues “cumplen un papel importante en el ciclo hidrológico al regular los flujos de agua; son fundamentales en la absorción de contaminantes y por ende en la depuración de las aguas; sirven como fuentes de abastecimiento de agua, disminuyen el efecto de las inundaciones; regulan las emisiones de gases

de efecto invernadero a la atmósfera; son hábitat para una gran variedad de especies animales y vegetales, incluyendo un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción; y son lugares clave en las rutas migratorias de numerosas aves, por lo cual, revisten una importancia crítica para conservar la diversidad biológica (Ramsar, 2004, citado por determinantes ambientales, CRQ 2023).

*Tabla 19. Áreas que integran la Estructura Ecológica Actual*

<b>ÁREAS DEL SINAP</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>OTRAS ESTRATEGIAS COMPLEMENTAR IAS</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>ÁREAS DE ESPECIAL IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>
PNN Nevados	2420.40	47 Predios por artículo 11	2349.8	Páramo Chilí - Barragán	12.802
DMI Paramos y Bosques Altoandinos de Génova	8324.85	33 Reservas Naturales de la Sociedad Civil (No reconocidas por el RUNAP)	2838.5	Páramo Los Nevados	4.805
DMI De la Cuenca Alta del Rio Quindío de Salento.	28906.8	Reserva Forestal Central	94333.5	156 Humedales reconocidos como área forestal protectora.	185.4
DMI Chili Bosque Alto Andino Pijao	6542.3			198 humedales reconocidos como zonas inundables.	672.2

RNSC El		159 humedales	
Camino del	4	reconocidos como zonas	64.8
Tesoro		funcionales.	
RNSC	19.6		
Samaria 2			
RNSC El	6		
Paraíso			
RNSC Mina	2		
San Pacho			
RNSC	9.4		
Kasaguadua			

---

Fuente: Elaboración propia, adaptada de la información cartográfica de diferentes fuentes (SIRAP, RUNAP, POMCA, CRQ).

#### **8.1.4. Biodiversidad**

##### **8.1.4.1. Flora**

De acuerdo con el POMCA río La Vieja, para la totalidad del área de la cuenca se registraron 73 familias, 144 géneros, 190 especies y un total de 2.917 individuos (muestreos), la familia más representada es la Asteraceae con 22 especies (11,34%), seguido por las Melastomataceae y Lauraceae cada una con 12 especies (6,19%) y las Poaceae con 9 especies (5,15%). En cuanto a la diversidad, la cobertura de mayor diversidad según el índice de Margalef fueron los Bosques sub andinos con una diversidad alta (11,19), seguidos por los bosques andinos también con una diversidad alta (7,08) y los cultivos con 6,31 también una diversidad alta.

Según el estudio de diversidad de flora para el departamento del Quindío y los Andes Centrales, (Vargas, 2002) se reporta un aproximado de 3.000 especies de flora, representadas en

206 familias, de las cuales 6.1% (180 especies) pertenecen a Helechos o plantas afines, 0.19% a Gimnospermas o 93 Pinos Colombianos, 2.236 especies de Angiospermas Dicotiledóneas (74.55%) y 506 de Monocotiledóneas, (Vargas 2002, citado por la Gobernación del Quindío en su documento de actualización de línea base para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos).

Las familias con mayor número de género son: Asteraceae (200 spp), Orchidaceae (200 spp), Rubiaceae (115 spp), Poaceae (113 spp), Solanaceae (97 spp), Lauraceae (75 spp), Melastomataceae (70 spp), Leguminosae (60 spp), Piperaceae (60 spp), Bromeliaceae (50 spp), Euphorbiaceae (50 spp), Ericaceae (45 spp), Rosaceae (45 spp), Gesneriaceae (35 spp). Con respecto a las Bríofitas, (musgos y hepáticas), en la cuenca alta del río Quindío se registraron 95 especies, en Licopodios 2 especies de Isoetaceae y 3 géneros de Lycopodiaceae, 1 especie de Sellaginellas, y 150 de Helechos (Henaó 2002, citado por la Gobernación del Quindío en su documento de actualización de línea base para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos).

#### ***8.1.4.2. Fauna***

La fauna silvestre provee de una gran diversidad de servicios ecosistémicos (SE). Dentro de los más conocidos se encuentran la polinización, el control de plagas, dispersión de semillas, ciclaje de nutrientes y flujo de energía, los cuales ayudan en la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. El documento de actualización de línea base para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos de la gobernación del Quindío, permitió identificar la siguiente información:

- ***Aves***

Se identificaron e 543 especies, de las cuales 34 tienen alguna categoría de amenaza, 28 son endémicas de Colombia o semi-endémicas, 44 son migratorias y 26 son nuevos registros para esta región. Once especies están representadas sólo por medio de comprobantes de museos de la primera parte del siglo 20 y podría ser considerado supuestamente extinto.

Las 543 especies pertenecen a 59 familias. De ellos, 34 están clasificados en alguna categoría de amenaza UICN, por ejemplo: *Hapalopsittaca fuertesi* (Chapman, 1912), *Andigena hypoglauca* (Gould, 1833), *Andigena nigrirostris* (Waterhouse, 1839) y *Dacnis hartlaubi* (Sclater, 1855). Veintiocho especies son endémicas de Colombia o semi - endémicas, tales como: *Picumnus granadensis* (Lafresnaye, 1847), *Cercomacra parkeri* (Graves, 1997), y *Xenopipo flavicapilla* (Sclater, 1852) y 44 son migrantes Neártico – Neotropical.

- ***Mamíferos***

La estructura jerárquica de los órdenes, familias, géneros y especies de los mamíferos reportados para el área, muestra una gran riqueza e indica que el área tiene una alta representatividad de la mastofauna presente en Colombia. Para el año 2002 se reportan 87 especies de mamíferos, de los cuales 48 son murciélagos. Entre las especies de mamíferos sobresalen los macromamíferos terrestres: Cusumbo (*Nasua nasua*), Lobo (*Cannis thous*), Chuchas (*Didelphis marsupialis*), Ardillas (*Sciurus granatensis*), Armadillos (*Dasyopus novemecintus*), Perro de Monte (*Potos flavus*), Guatín (*Dasyprocta punctata*) y Perezoso (*Choleopus hoffmanni*), en la zona occidental de la Cuenca. Las mismas especies se encuentran también distribuidas en el resto de la cuenca, incrementándose las poblaciones de mamíferos de

mayor porte como venado (*Mazama spp*), danta, puma y oso de anteojos en la zona alta de la Cordillera.

- ***Herpetos y reptiles***

Se tienen registros de un total de 23 especies de anfibios distribuidas en ocho (8) géneros y seis (6) familias taxonómicas, así como nueve (9) especies de reptiles distribuidas en nueve géneros y cuatro familias taxonómicas. Con los muestreos, se logró registrar el 88,5% de las especies esperadas de Anfibios, según la revisión de la información secundaria. En los Reptiles, por el contrario, solo se logró registrar el 69% de las especies esperadas; se encontraron 26 especies de Anfibios, distribuidas en 5 familias taxonómicas y 13 especies de Reptiles, distribuidas en 7 familias taxonómicas.

#### ***8.1.5. Servicios Ecosistémicos***

En el departamento del Quindío existe un alto porcentaje de bosque alto andino o bosque de niebla, que presta servicio de aprovisionamiento de agua a los ríos y quebradas que nacen en la zona de páramo del departamento, así como ser el albergue de un gran porcentaje de biodiversidad (flora, aves, anfibios, mamíferos, entre otros). Este bosque ofrece un sin número de servicios ecosistémicos. De acuerdo los planes de manejo de las áreas protegidas y la importancia de su declaratoria para conservación de los servicios ecosistémicos, a continuación se relacionan algunos de ellos para la EEP actual:

Tabla 20. Relación de algunos servicios ecosistémicos que prestan las áreas de especial importancia ecosistémica.

Nombre del Servicio	Subcategoría	Criterios	Área natural de la EEP
Aprovisionamiento	Provisión de agua	Rendimiento hídrico	Páramo y coberturas de bosques
	Provisión de alimentos	Clase agrológica, aptitud del suelo	Suelos clase I, II y III
Regulación y soporte	Regulación hídrica	Índice de regulación hídrica (IRH) año medio	Páramo, coberturas de bosques, ley 2 (zonas tipo A)
	Regulación del clima	Almacenamiento y ciclo de carbono	
	Almacenamiento de carbono en biomasa aérea	% cobertura natural	Bosque alto andino
	Cultural	Valor paisajístico cultural	Bosque alto andino (palma de cera)

Fuente: Elaboración propia.

Las áreas protegidas que integran el SINAP se enmarcan en objetivos de conservación, generales y específicos. Enseguida se indican los objetivos específicos contenidos en el Decreto 1076 de 2015:

- Preservar y restaurar la condición natural de espacios que representen los ecosistemas del país o combinaciones características de ellos.
- Preservar las poblaciones y los hábitats necesarios para la sobrevivencia de las especies o conjuntos de especies silvestres que presentan condiciones particulares de especial interés para la conservación de la biodiversidad, con énfasis en aquellas de distribución restringida.

- Conservar la capacidad productiva de ecosistemas naturales o de aquellos en proceso de restablecimiento de su estado natural, así como la viabilidad de las poblaciones de especies silvestres, de manera que se garantice una oferta y aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos.
- Mantener las coberturas naturales y aquellas en proceso de restablecimiento de su estado natural, así como las condiciones ambientales necesarias para regular la oferta de bienes y servicios ambientales.
- Conservar áreas que contengan manifestaciones de especies silvestres, agua, gea, o combinaciones de éstas, que se constituyen en espacios únicos, raros o de atractivo escénico especial, debido a su significación científica, emblemática o que conlleven significados tradicionales especiales para las culturas del país.
- Proveer espacios naturales o aquellos en proceso de restablecimiento de su estado natural, aptos para el deleite, la recreación, la educación, el mejoramiento de la calidad ambiental y la valoración social de la naturaleza.
- Conservar espacios naturales asociados a elementos de cultura material o inmaterial de grupos étnicos.

En el caso de las reservas de la sociedad civil, éstas tienen como objetivo el manejo integrado bajo criterios de sustentabilidad que garantice la conservación, preservación, regeneración o restauración de los ecosistemas naturales contenidos en ellas y que permita la generación de bienes y servicios ambientales.

Las reservas de la sociedad civil deben contar con zonificación, en la cual se pueden establecer zonas de conservación, amortiguación y manejo especial, de agrosistemas y de uso intensivo e infraestructura.

### 8.1.6. Áreas de la EEP Actual en Conflicto por Usos del Suelo

Como resultado del geoprocesamiento de análisis espacial de la información cartográfica disponible se obtuvo los mapas de áreas susceptibles a ser restauradas en el departamento. A continuación, se indica las áreas identificadas en conflicto por uso del suelo en áreas del Sistema Nacional y Regional de Áreas Protegidas.

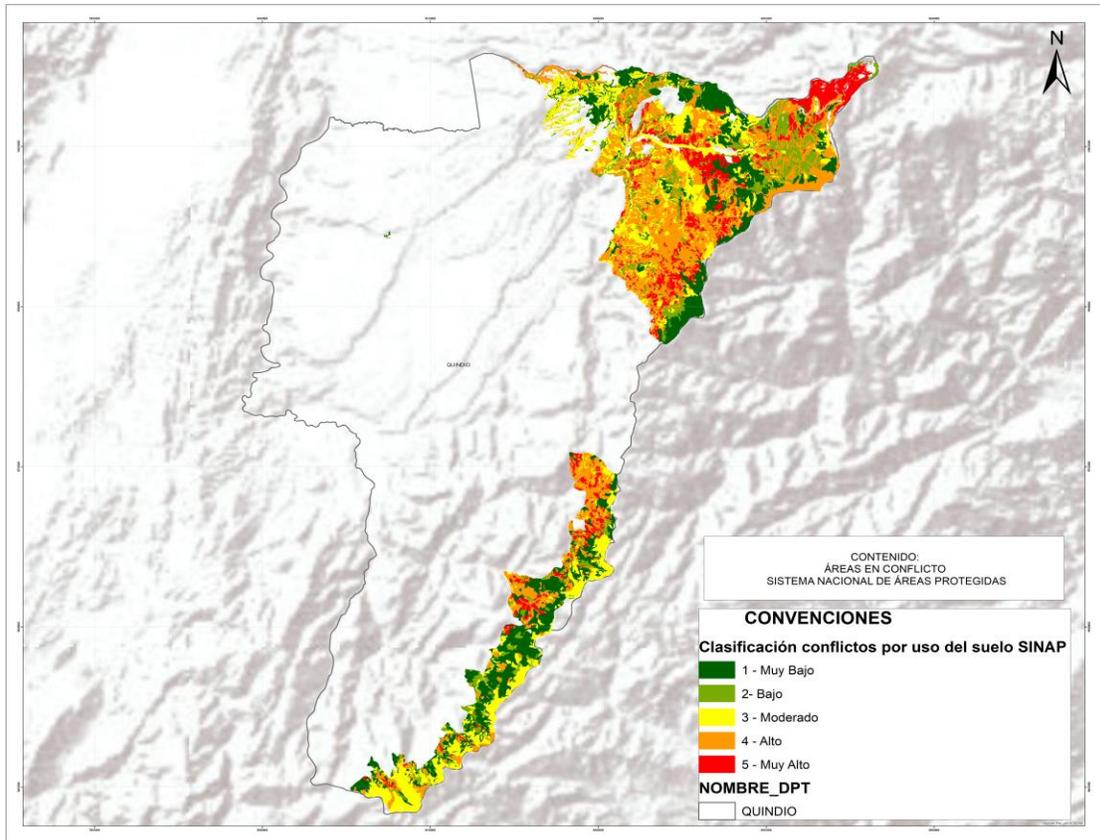
Tabla 21. Áreas protegidas en conflicto por usos del suelo.

<b>Departamento</b>	<b>Área protegida</b>	<b>Conflicto Alto (ha)</b>	<b>Conflicto Muy Alto (ha)</b>	<b>Conflicto ZFP (ha)</b>
Quindío	RUNAP	15.455,59	5.443,70	9.366,56
	SIRAP	5.536,60	3.220,10	3.341,19
	Total	20.992,19	8.663,80	12.707,75

Fuente: Elaboración propia.

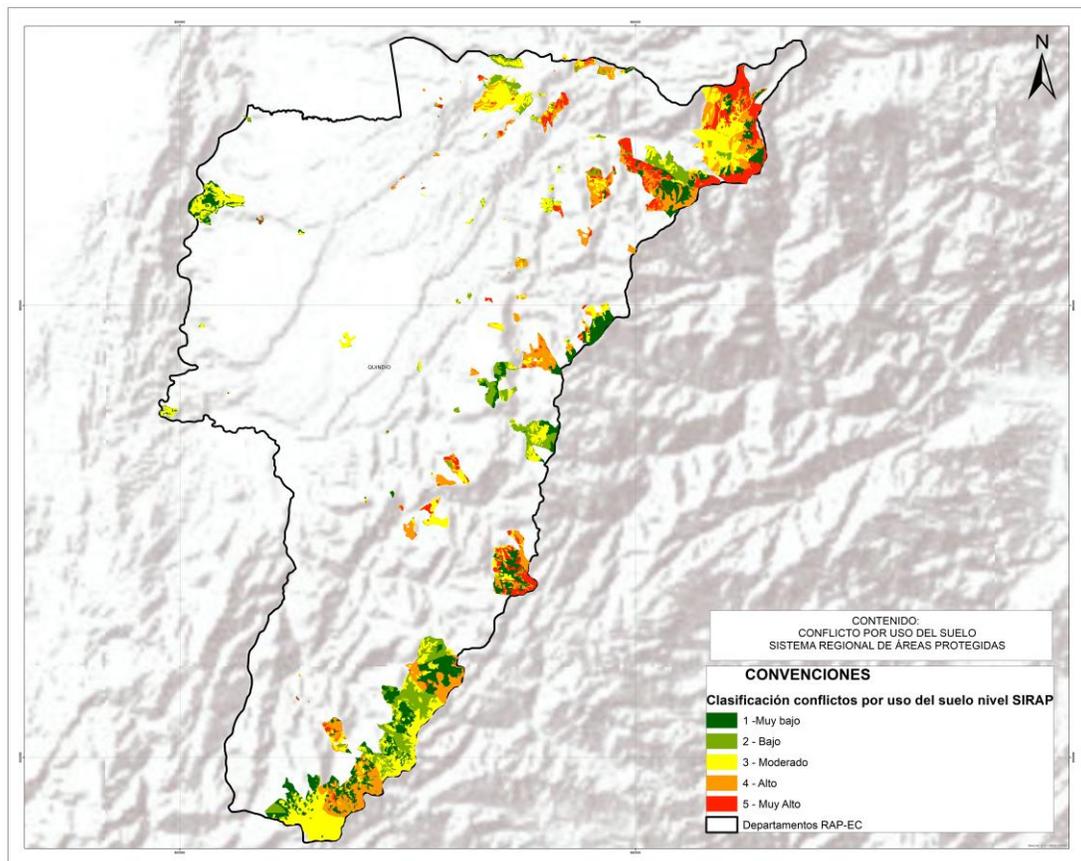
El departamento del Quindío, cuenta con un área total de 193.401 ha, de las cuales 50.186 hectáreas (26%) corresponden a áreas del RUNAP y 25.361 ha (13%) al SIRAP. A partir del análisis espacial se encontró que 15.455 ha (31%) del RUNAP presentan conflicto “Alto” y 5.443 ha (11%) en categoría “Muy Ata”. Respecto a las Áreas del SIRAP para este departamento, 5.536 ha (22%) se encuentran en conflicto “Alto” y 3.220 hectáreas (13%) en conflicto “Muy Alto”.

Figura 34. Áreas del SINAP en conflicto por usos del Suelo.



Fuente: Elaboración propia.

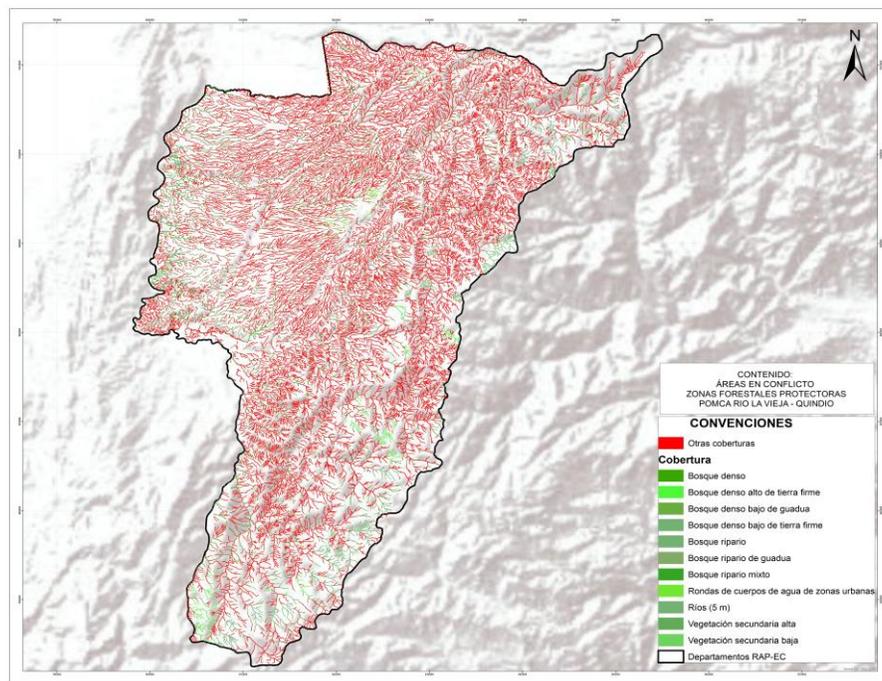
Figura 35. Áreas del SIRAP en conflictos por usos del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis realizado para las zonas forestales protectoras, ZFP, representadas por una franja paralela de 30 metros a cada lado de drenajes permanentes o no, se identificó un total de 47.060.5 hectáreas, de las cuales 25.038.7 hectáreas (53,2%) se encuentran en conflicto por usos del suelo. Del total de dichas áreas, se encontró que 9.366 (20%) hectáreas de zonas forestales protectoras presentes al interior de las áreas del SINAP y 3.341 hectáreas (7%) al interior del SIRAP se encuentran en conflicto por uso del suelo.

Figura 36. Zonas Forestales Protectoras en conflictos por usos del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

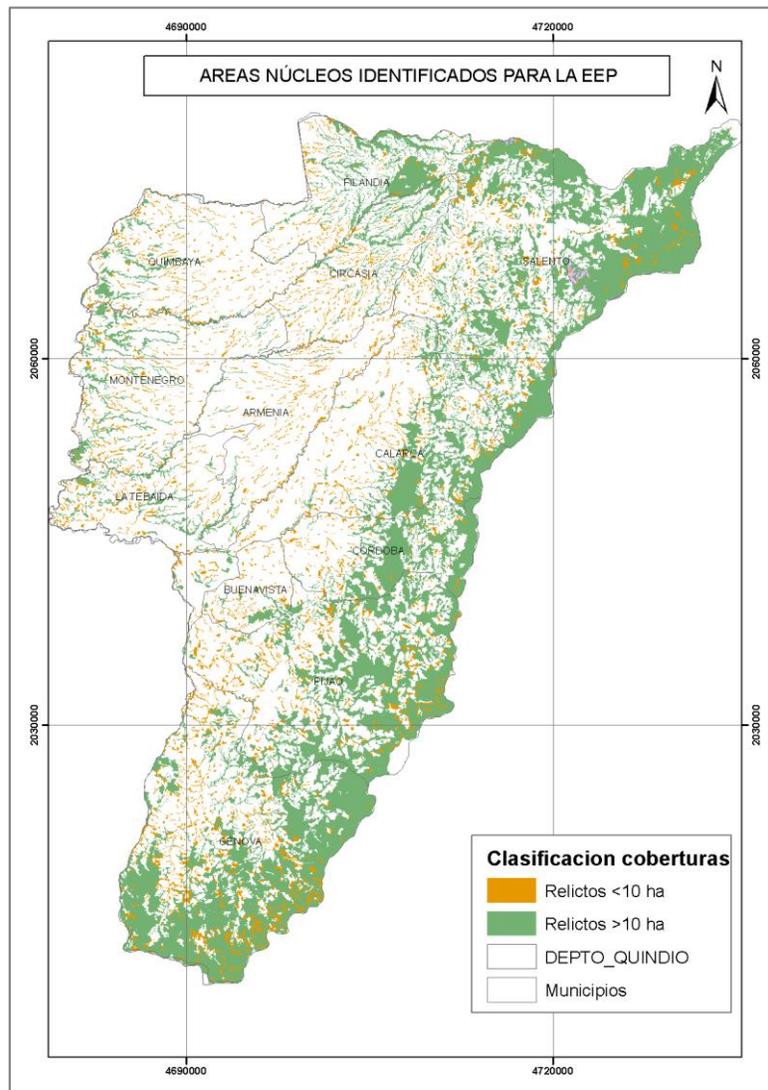
### 8.1.7. Áreas Núcleos

Para la delimitación de las áreas núcleos se realizó un análisis espacial caracterizando los componentes naturales a partir de rasgos de vegetación como bosques, vegetación secundaria y arbustiva, los cuales se constituyen como una determinante ambiental del territorio, con el fin de que cada uno de estos elementos se continúen conservando y se disminuyan los procesos de fragmentación ecológica alrededor de las áreas protegidas, así como ser el soporte para promover la conectividad ecosistémica.

Las áreas núcleos de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío correspondió a aquellas áreas de mosaicos de coberturas naturales que cumplen funciones de hábitats o ecosistemas en relación al resto del paisaje, los cuales actúan en 4937 núcleos (relictos

de bosque que a su vez ha sido fragmentado por las actividades agropecuarias en el departamento), suman un área de 67.792 hectáreas, las cuales representan el 35% del total del suelo del departamento del Quindío y se distribuyen en 3.919 pequeños núcleos menores a 10 hectáreas con un área de 12.320 hectáreas distribuidos en los municipios de Quimbaya, Montenegro, Armenia, La Tebaida y Buenavista principalmente; y 1.018 polígonos de mayor extensión (mayores a 10 hectáreas), con un área de 55.471 hectáreas distribuidos principalmente hacia la zona montañosa sobre la cordillera central en límites de los municipios de Filandia, Salento, Calarcá, Córdoba, Pijao y Génova, como se relaciona en la siguiente figura:

Figura 37. Áreas Núcleos identificados para la Estructura Ecológica Principal



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.8. Áreas de Conectividad

Estas áreas de conectividad se constituyen como una estrategia que permitirá conservar la funcionalidad del paisaje con el fin de conservar la biodiversidad y se mantenga el flujo de organismos así sea en áreas antrópicas. Con esto se busca configurar estructuralmente la

conectividad y representatividad de las áreas núcleos o coberturas boscosas en los diferentes ecosistemas.

Estas áreas fueron establecidas a partir de las diferentes coberturas naturales, las cuales mantienen condiciones de permanencia de especies y organismos vivos. En total se identificó 16 categorías de coberturas naturales descritas según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, las cuales son (tabla 22, figura 39):

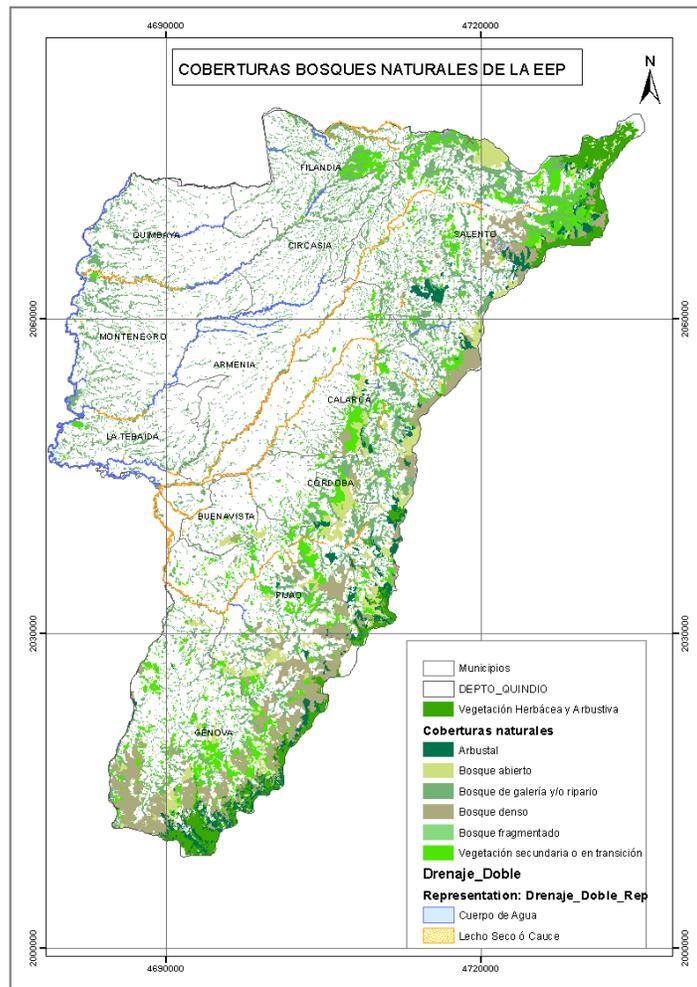
*Tabla 22.* Coberturas naturales identificadas para el departamento del Quindío.

<b>COBERTURA NATURAL</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Arbustal abierto	1340.0	2.2
Arbustal denso	2505.8	4.1
Bosque abierto alto	73.7	0.1
Bosque abierto alto de tierra firme	1658.5	2.7
Bosque abierto alto inundable	1.3	0.0
Bosque abierto bajo de tierra firme	3969.2	6.5
Bosque arbolado (latifoliado)	20117.2	32.9
Bosque denso	0.2	0.0
Bosque denso alto de tierra firme	3332.8	5.5
Bosque denso bajo de guadua	180.7	0.3
Bosque denso bajo de tierra firme	8015.2	13.1
Bosque ripario	0.1	0.0
Bosque ripario de guadua	6088.7	10.0
Bosque ripario mixto	2589.1	4.2
Vegetación secundaria alta	3428.2	5.6
Vegetación secundaria baja	7798.3	12.8
<b>Total</b>	<b>61099.03</b>	<b>100.0</b>

Fuente: POMCA, 2018.

Esta identificación fue de suma importancia para la comprensión de la dinámica del territorio frente a la distribución espacial de estos usos del suelo y el reconocimiento de áreas núcleos, como se muestra en la figura 39.

Figura 38. Distribución espacial de las coberturas de bosques naturales en el departamento del Quindío.

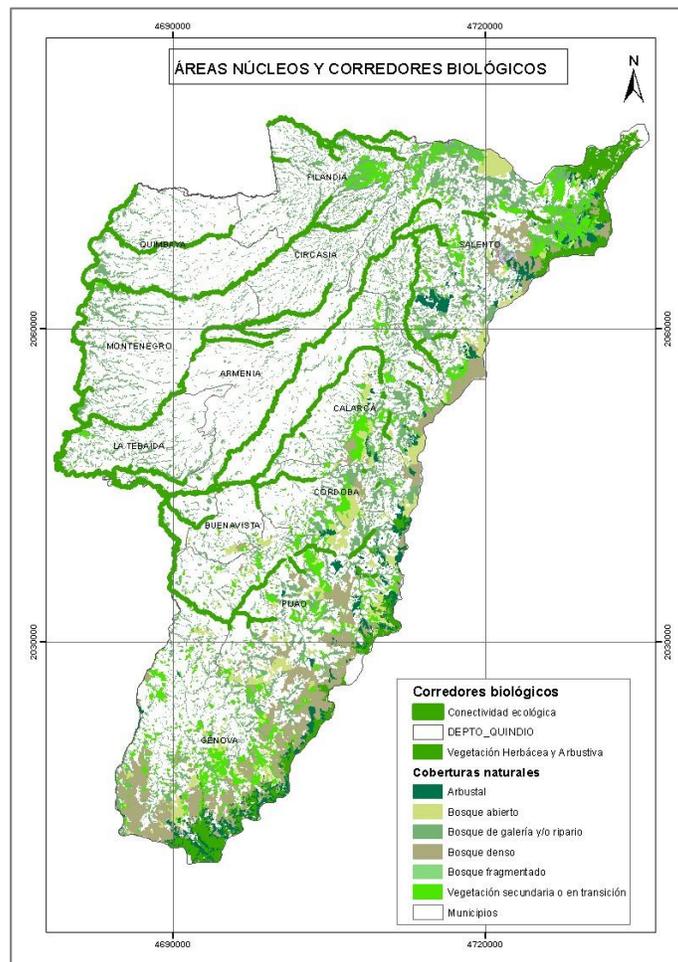


Fuente: Elaboración propia.

Los relictos de bosques presentes en el departamento han sido categorizados como las áreas núcleos debido a su configuración espacial y la influencia que tienen al interior de las

diferentes categorías de áreas protegidas identificadas en la EEP Actual. Así mismo, el sobreponer la capa de drenajes de los principales ríos del Departamento del Quindío, se identificó que estos enlazan estas áreas núcleos por todo el territorio Quindiano, lo que motivó a generar un buffer de 60 metros a cada lado de la red de drenajes dobles del departamento, asignándoles la categoría de corredores biológicos o áreas de conectividad ecosistémicos, como se relaciona a continuación:

*Figura 39. Áreas núcleos y corredores biológicos para la conectividad del paisaje.*



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.9. Áreas para el Desarrollo Sostenible

Correspondió a éstas áreas aquellos espacios de producción y asentamientos que bajo criterios de manejo sostenibles, permiten el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. El estudio semidetallado de suelos zonificación de tierras del departamento el Quindío, generado a escala 1:25.000 (IGAC, 2013) permitió identificar la agrupación de las diferentes unidades de suelos que presentan las mismas aptitudes y limitaciones, así como para identificar aquellas zonas que requieren la mayor protección y conservación. Lo anterior se obtuvo al combinar variables como el clima, relieve, tipos de suelos, erosión, entre otros, generando un total de 8 clases, de las cuales, se identificó para el departamento del Quindío seis clases: 2, 3, 4, 6, 7 y 8, como se relacionan a continuación:

Tabla 23. Capacidad de Uso y Manejo de la Tierra por Clases Agrológicas para Quindío.

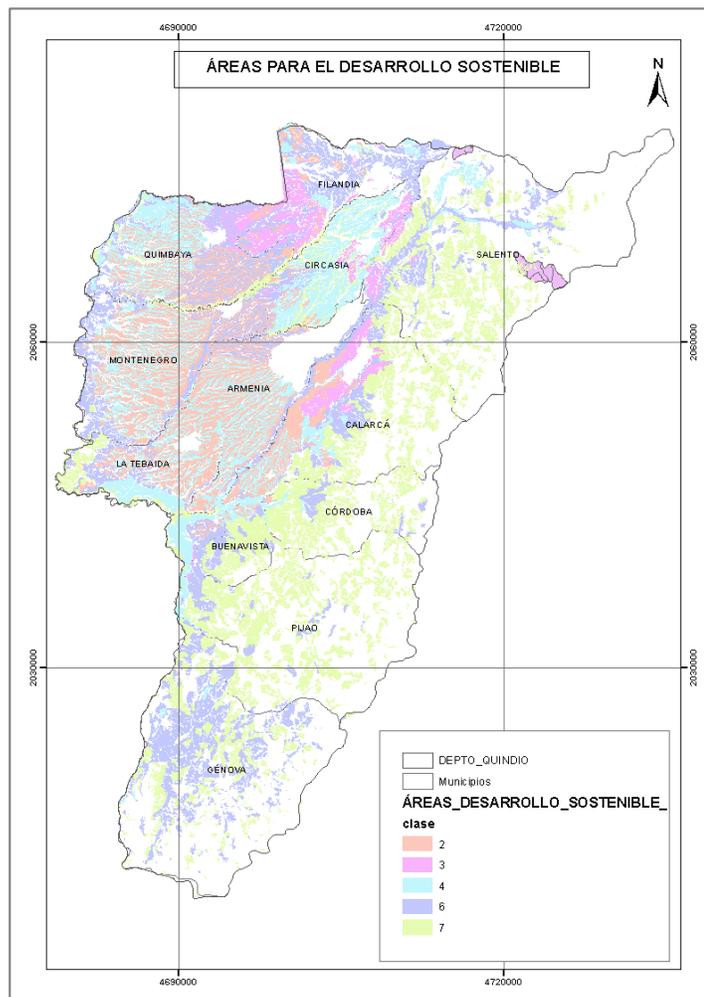
Clases	Área (Ha)	% Área	Características
<b>Clase 2</b>	20.547,38	10,6%	Son tierras con aptitud para cultivos de alto rendimiento (híbridos o variedades) con materiales adaptados a las condiciones climáticas; variedades de pastos introducidos o mejorados.
<b>Clase 3</b>	6.164,06	3,19%	Son aptas para cultivos semi limpios, densos y de semibosque; pastos introducidos adaptados a las condiciones climáticas.
<b>Clase 4</b>	24.145,67	12,51%	Su utilización se debe concentrar en cultivos limpios, semilimpios, densos y de semibosque de profundidad radical superficial, adaptados a las condiciones climáticas; pastos introducidos.

<b>Clase 6</b>	41.840,67	21,67%	Con aptitud para cultivos de semibosque; sistemas agroforestales (silvopastoriles).
<b>Clase 7</b>	58.138,83	30,11%	Aptos para sistemas forestales y bosque de carácter protector productor.
<b>Clase 8</b>	36.720,86	19,02%	Son tierras ubicadas en sectores de topografía fuertemente escarpada, con suelos severamente erosionados y/o con abundante Pedregocidad y algunas áreas hacen parte, adicionalmente, de ecosistemas estratégicos para la preservación de las aguas y para la conservación de la belleza escénica y la biodiversidad.

Fuente: IGAC. Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de Tierras del Quindío. 2013.

De acuerdo con la tabla anterior, son suelos aptos para la incorporación de actividades de desarrollo sostenible aquellos suelos aptos para la producción y de asentamientos que bajo criterios de manejo sostenible, permiten el mantenimiento de la mayoría de servicios ecosistémicos. En este sentido, se identificó para esta categoría las clases agrológicas II, III, IV, VI y VII, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Figura 40. Áreas para el desarrollo sostenible.



Fuente: Elaboración propia.

Los suelos de mayor extensión para el departamento corresponden a la clase 7 aptos para sistemas forestales y bosque de carácter protector productor, con una ocupación del 30,11% (58.138,83 hectáreas), que se distribuyen principalmente hacia el paisaje montañoso sobre la cordillera central, en los municipios de Salento, Calarcá, Córdoba, Buenavista y Pijao, mientras que las clases de suelos 2 y 3, que corresponden a las categorías de protección para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales y que son determinantes del ordenamiento del territorio que se deben concertar con la autoridad ambiental, ocupan tan solo el

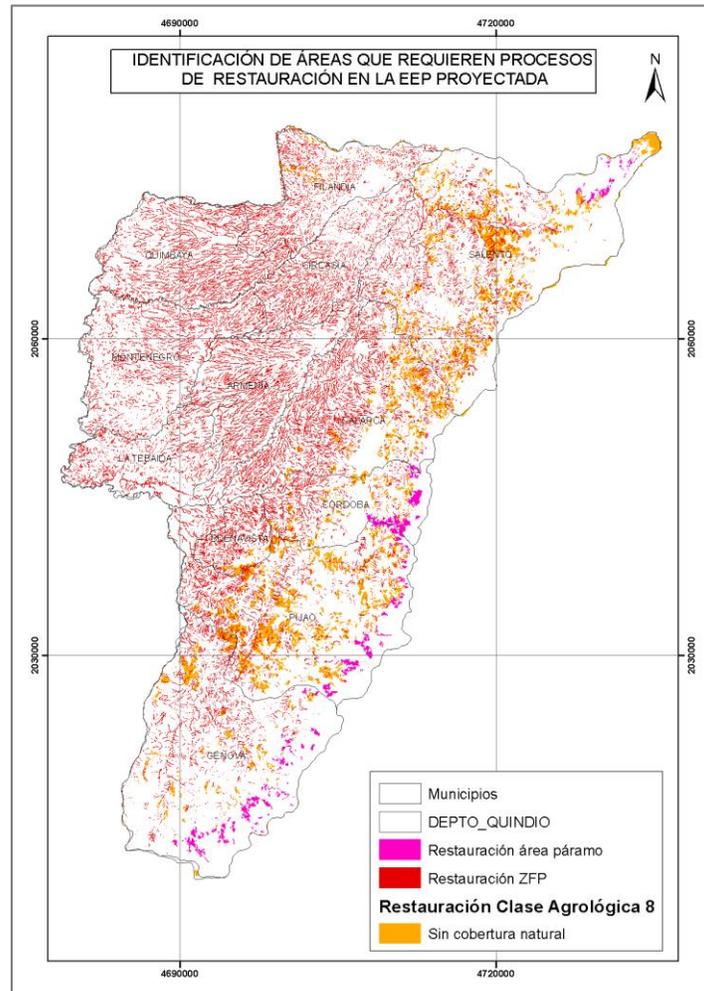
10,6% (20.547,38 hectáreas) y 3,19% (6.164,06 hectáreas) respectivamente. Dichas clases de suelos se ubican hacia la zona de piedemonte del departamento, en los municipios de Filandia, Quimbaya, Armenia, Montenegro y La Tebaida principalmente.

#### ***8.1.10. Áreas para la Restauración***

Estos ecosistemas están actualmente amenazados por la expansión de la frontera agrícola, la deforestación y la presencia de cultivos ilícitos afectando en gran manera la provisión de servicios (la captura de gases de efecto invernadero y el suministro de servicios culturales, espirituales y de recreación) y el equilibrio ambiental y la biodiversidad local y regional.

El principal conflicto presente de manera generalizada se debe al cambio en vocación o aptitud de uso del suelo, además es evidente una alta pérdida de la cobertura boscosa con alto impacto sobre los suelos con su progresiva pérdida de capacidad de regulación hídrica, como se muestra la siguiente figura:

Figura 41. Identificación de áreas prioritizadas para procesos de restauración ecológica.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se identificó que, para las zonas de páramo, de las 17.607 hectáreas, 1.839 hectáreas (10,5%) se encuentran en conflicto por uso del suelo. Para las áreas correspondientes a clase agrológica 8, la cual es una determinante ambiental de protección, se identificó que 13.151 hectáreas (36%) de las 36.720 hectáreas requieren procesos de restauración y de las zonas forestales protectoras, el 95% (23.848 hectáreas) de las 25.038 hectáreas se

encuentran en otros usos que afectan los procesos ecosistémicos propios de éstos suelos de protección, generando conflictos y necesidades de restauración ecológica.

La recuperación de estas coberturas naturales degradadas es el primer paso y el más importante para que se empiece a equilibrar la balanza entre demanda de recursos naturales y bienes y servicios ambientales y la oferta que debemos garantizar respetando un mínimo ecológico como base del capital y activo ambiental. Los ejercicios de reforestación y restauración son esenciales y necesarios para asegurar bienestar a su población y la conservación de los ecosistemas estratégicos que además proporcionan los servicios básicos y vitales para los habitantes de la región.

En términos generales, el escenario deseable para la gestión integral de los recursos y la recuperación de áreas frágiles y degradadas se encamina hacia la articulación de esfuerzos propiciando alianzas que creen sinergias gubernamentales, empresariales, académicas, investigativas y sociales en beneficio de la sostenibilidad con el propósito de incrementar la capacidad de respuesta frente a grandes retos como el efecto del cambio climático sobre los páramos y bosques de montaña o sobre la disponibilidad del recurso hídrico en la región.

#### ***8.1.11. Estructura Ecológica Principal Proyectada***

Para la Estructura Ecológica Principal se identifican los tres grandes componentes descritos anteriormente: áreas núcleos, corredores biológicos y áreas para el desarrollo sostenible, que a su vez consideran los elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, la localización, extensión, conexiones y estado de salud de los ecosistemas naturales y seminaturales.

Los elementos bióticos corresponden con las diversas formas de expresión de la biodiversidad: genes, especies, poblaciones y comunidades. Los elementos físicos son el suelo, el agua, el aire y el clima. En combinación los elementos bióticos y abióticos definen otras formas de expresión de la biodiversidad, los ecosistemas y los paisajes naturales.

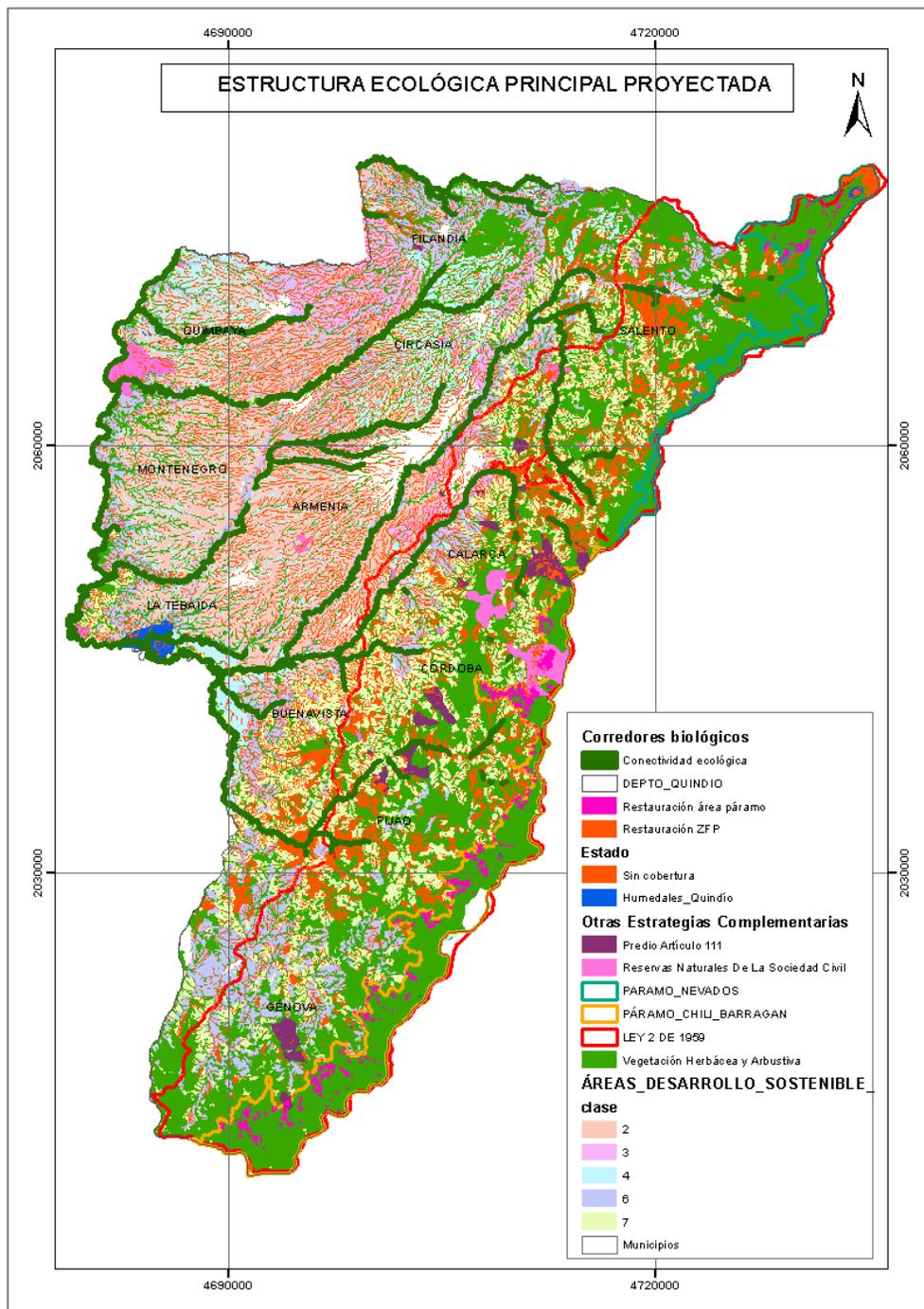
Adicionalmente, según el concepto de infraestructura ecológica se deben incluir los relictos de vegetación natural y seminatural, corredores y áreas a restaurar en los agroecosistemas y otras áreas intervenidas (centros urbanos y otros sistemas construidos) que tienen una funcionalidad en la conservación de la biodiversidad, la productividad y la calidad de la vida de la población.

La Estructura Ecológica Principal proyectada agrupa entonces tres (3) grandes componentes:

- Núcleos
- Corredores
- Áreas para el desarrollo sostenible

Así mismo, se incorporó todos aquellos elementos definidos e identificados para la Estructura Ecológica Principal Actual, los cuales ya fueron descritos anteriormente, de lo que se obtuvo finalmente la delimitación de la Estructura Ecológica principal para el departamento del Quindío:

Figura 42. Estructura Ecológica Principal Proyectada.



Fuente: Elaboración propia.

## 9. Discusiones

La delimitación de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío, permitió identificar que, adicional a la valoración de los principios de Biodiversidad y servicios ecosistémicos establecidos en la metodología del IDEAM a escala 1:500.000, existen otros elementos que son relevantes para el ordenamiento del territorio, como lo es la tendencia de ocupación del suelo, donde se identificó dinámicas muy marcadas que configuran el paisaje, y por ende, a la Estructura Ecológica Principal, en todos aquellos procesos de conservación de las áreas naturales que se ubican en la parte más alta del departamento, hacia la zona montañosa sobre la cordillera central, ubicándose ahí todas las áreas declaradas del Sistema Nacional de Áreas protegidas, los predios para la conservación del recurso hídrico, las áreas de páramo, los distritos de manejo integrado, nacimientos de ríos principales en el departamento, reserva forestal central, entre otras figuras legalmente reconocidas y que presentan un alto grado de fragmentación de bosques por conflictos de usos del suelo.

La guía metodológica del IDEAM a escala 1:500.000, estableció las hojas metodológicas para la valoración de los servicios ecosistémicos, lo cual no fue posible aplicar en este estudio, teniendo en cuenta la poca disponibilidad de indicadores puntuales necesarios para su valoración, por lo que la relación de los servicios ecosistémicos que brinda cada una de las áreas de la EEP, se tomó de los planes de manejo de cada una de ellas, identificando que claramente sus funciones en la declaratoria principales están ligadas a proteger y conservar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

Respecto a la oferta y disponibilidad del recurso hídrico, se evidenció un alto conflicto por uso del suelo en las áreas forestales protectoras (30 metros a cada lado), cuyo único uso

permitido es la conservación de bosques y las actividades incompatibles son las agropecuarias. En los procesos de ordenamiento territorial de los municipios, se deberán implementar estrategias orientadas a recuperar y restaurar las coberturas de bosques naturales para mejorar el estado de conservación de las rondas hídricas, cuyo factor es fundamental para aumentar la oferta en calidad y cantidad a futuro del recurso.

Finalmente, el análisis espacial realizado a la Estructura Ecológica Principal del departamento, permitió evidenciar que, la EEP no solo se compone de la armonización de las áreas naturales existentes en el territorio, sino que, es importante conocer el estado de conservación y los conflictos presentes, para que los diferentes tomadores de decisiones incorporen procesos de monitoreo, gestión, planificación de los recursos naturales y ordenamiento de sus territorios.

## 10. Conclusiones

- El uso de tecnologías de la Información Geográfica, permitió generar el modelo para el geoprocesamiento de la Estructura Ecológica Principal en ModelBuilder, con la cual se buscó automatizar los procesos, obteniendo un modelo por cada conjunto de elementos que integra la EEP.
- La generación de la EEP actual y proyectada permitió generar nuevos insumos cartográficos para el departamento del Quindío, tales como las áreas núcleos, corredores biológicos y áreas de desarrollo sostenible; aportando un insumo importante para la gestión del ordenamiento territorial.
- La EEP permitirá direccionar apropiadamente los modelos de ocupación territoriales para cada uno de los municipios del departamento del Quindío como herramienta de soporte para la toma de decisiones.
- El desarrollo metodológico del presente trabajo permitió incorporar un análisis espacial con el cual se evidenció el estado de conservación en el que se encuentran las áreas naturales presentes en el departamento.
- Se encontró, como resultado del análisis espacial que las áreas forestales protectoras, encargadas de mantener la oferta y regulación hídrica, presentan altos conflictos de uso del suelo, lo cual afecta directamente el aprovisionamiento y soporte hídrico para el departamento, por lo que los municipios deberán incorporar dentro de sus procesos de ordenamiento territorial, estrategias para su recuperación, restauración y conservación.
- Uno de los aportes fundamentales del presente trabajo para el departamento del Quindío es servir de soporte para que los municipios trabajen articuladamente entre sus vecinos, pues la EEP no reconoce límites territoriales, lo que la convierte en una herramienta de

planificación a nivel supramunicipal y necesariamente debatible en procesos de planificación conjunta.

- Es importante que la Corporación Autónoma Regional del Quindío incorpore instrumentos de gestión y financiación para la Estructura Ecológica Principal, a través de la cual se logre administrar, recuperar y restaurar las áreas que conforman la EEP, en especial las áreas protegidas (áreas núcleos y corredores) en su jurisdicción, para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos de la biodiversidad y servicios ecosistémicos garantizando su existencia en el tiempo.
- Las áreas del SINAP y SIRAP presentan un alto porcentaje de áreas en conflicto por uso del suelo, por lo que, se deberán incorporar procesos de recuperación de estas zonas.
- El análisis espacial realizado a las áreas naturales que componen la EEP, evidenció que si bien es cierto existen importantes áreas del SINAP en el departamento, gran parte de ellas presentan altos porcentajes de áreas en conflictos por usos del suelo, lo cual demuestra que no basta con declarar un área protegida, si no que se necesita una gestión adecuada para lograr objetivos y metas de conservación que podrán estar sujetos a los lineamientos aportados con el presente trabajo.
- Con la delimitación de la Estructura Ecológica Principal para el Quindío, la Corporación Autónoma Regional del Quindío podrá aportar elementos que se consideran determinantes ambientales para los Planes de Ordenamiento Territorial, estableciendo un lenguaje común, dentro de los procesos de actualización, revisión y/o modificación de dichos instrumentos.
- Finalmente este trabajo se constituye como el primer marco de referencia de la Estructura Ecológica Principal para el departamento del Quindío.

## **11. Recomendaciones**

- El uso de los Sistemas de Información Geográficos son una importante herramienta para generar modelos de análisis para la delimitación de la Estructura Ecológica Principal, pero también para generar otros modelos fundamentales para el ordenamiento territorial.
- En la medida en que se logren incorporar otras variables se podrá delimitar con mayor precisión la Estructura Ecológica Principal, como por ejemplo, buscar la forma de evaluar puntualmente los indicadores y variables para valorar los servicios ecosistémicos, análisis de la integridad y conectividad de los ecosistemas con monitoreo de especies de fauna, delimitando de manera más precisa las áreas de corredores y conectividad ecosistémica para el departamento del Quindío, por lo que se hace la invitación a continuar optimizando el proceso de investigación que fortalezca la EEP.
- Los resultados obtenidos en la delimitación de la Estructura Ecológica Principal permitirá a la Corporación Autónoma Regional del Quindío, integrarla en sus determinantes ambientales de para armonizar con los modelos de ocupación los Planes de Ordenamiento Territorial.
- Se recomienda en especial a la Corporación Autónoma Regional del Quindío la adopción e incorporación de esta herramienta que da soporte al componente ambiental frente al manejo de los bienes y servicios ecosistémicos necesarios para el desarrollo de las poblaciones en su territorio.
- Se recomienda a los municipios del departamento del Quindío que en los procesos de actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial se incorpore la EEP aquí proyectada al igual que la integración conjunta con sus circunvecinos.

- Se recomienda que los análisis desarrollados en este trabajo puedan ser transformados en futuros trabajos que involucre el componente social en procura de alcanzar efectivamente el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

## Referencias bibliográficas

- Márquez C, Germán, & Valenzuela, Elizabeth (2008). ESTRUCTURA ECOLÓGICA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL AMBIENTAL: APROXIMACIÓN CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA A PARTIR DEL PROCESO DE ORDENACIÓN DE CUENCAS. *Gestión y Ambiente*, 11(2) ,137-148 URL:  
<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420291010.pdf>
- VAN DER HAMMEN, T., (1998), Plan ambiental de la Cuenca Alta del río Bogotá (Análisis y Orientaciones para el Ordenamiento Territorial), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, Bogotá, 142 pp. URL  
<http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33796/28263.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Informe Agrícola del Quindío. Secretaria de Desarrollo Económico, Rural y Ambiental, 2006.
- Ideam (T. van der Hammen & G. Andrade), 2003. Estructura Ecológica Principal de Colombia (Primera aproximación), 74 pp. Ministerio de Ambiente e Ideam, Bogotá. URL:  
<https://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/pub-Estructuraecologicaprincipal.pdf>
- Morales, P. A., Cardona, D., Álvarez, C.M. & Corredor, D.R. (2019). Estructura ecológica principal para el ordenamiento territorial. En: Moreno, L. A. & Andrade, G. I. (Eds.). Biodiversidad 2019. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 92p. URL: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35569>

Aguilar, M. & Isaacs, P. 2014. El análisis espacial en la restauración ecológica. En: Cabrera, M. y W. Ramírez (Eds). Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación: 99-109 pp. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Reynaldo-Linares-Palomino/publication/319269728\\_Analisis\\_espacial\\_y\\_su\\_importancia\\_para\\_la\\_restauracion/links/59a01abd45851508f105a995/Analisis-espacial-y-su-importancia-para-la-restauracion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Reynaldo-Linares-Palomino/publication/319269728_Analisis_espacial_y_su_importancia_para_la_restauracion/links/59a01abd45851508f105a995/Analisis-espacial-y-su-importancia-para-la-restauracion.pdf)

Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de tierras del Departamento del Quindío, escala 1:25.000. Año 2014. URL: <https://www.agronet.gov.co/desarrollo-rural/Paginas/CalidadVida/Estudio-semidetallado-de-suelos-y-zonificaci%C3%B3n-de-tierras-del-departamento-del-Quind%C3%ADo.aspx>

Romero, M., Flantua, S. & Rodríguez, N. (2011). Definición de un marco conceptual y metodológico para la construcción de la estructura ecológica principal en la cuenca de la Orinoquía colombiana. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 120p. URL: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31276/11-11-020-220PS-..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Posada-Arrubla, A., Cano-Espinel, L.A., Osorio-Quimbayo, P.J., Pardo-Cortés, A.P. y Sánchez-Corredor, L.P. (2018). SIG-nificados para un modelo de ordenamiento territorial. Aplicación en un caso local de Colombia. UD y la Geomática, 13, 28-39. Bogotá, Colombia. URL: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/UDGeo/article/view/14648>

Sánchez-Díaz, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. *Revista Científica*, 33(3), 243-253. URL: <https://doi.org/10.14483/23448350.13370>

Camacho O., J., & Burgos S., J. D. (2006). Metodología para diseñar y calcular el Índice de Presión Social Ambiental como herramienta para el ordenamiento territorial ambiental: El caso de Cundinamarca. *Gestión Y Ambiente*, 9(3), 129-146. URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/51957>

Cabello, J., Paruelo, J.M. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. *Ecosistemas* 17(3):1-3. URL: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/77/74>

Posada, A. (2017). Diseño de modelos prospectivos de ordenamiento territorial, utilizando SIG. Una propuesta metodológica. *Revista de Topografía Azimut*, (8), 25-40. URL: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/azimut>

Ley 388 de 1997, Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. URL: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. Plataforma de Territorios Inteligentes – Ordenamiento Territorial. URL: [http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/contexto-general/es/#:~:text=El%20ordenamiento%20territorial%20\(OT\)%20puede,proyecci%C3%B3n%20espacial%20de%20las%20pol%C3%ADticas](http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/contexto-general/es/#:~:text=El%20ordenamiento%20territorial%20(OT)%20puede,proyecci%C3%B3n%20espacial%20de%20las%20pol%C3%ADticas)

Massiris Cabeza, A. Ordenación del territorio en América Latina. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Universidad de Barcelona, vol. VI, núm. 125, 1 de octubre de 2002. URL: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-125.htm>

Méndez Vergara, Elías. Ordenamiento territorial-ambiental: desarrollo responsable y sostenible.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Mérida-Venezuela. Rev. Geog. Venez. Vol 41(2) 2000, 281-301. URL: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24538>

Zoido, Florencio (1998). Geografía y ordenación del territorio. Scripta Vetera, Universidad de Barcelona, núm. 77. Reproducido de: Íber, Didáctica de las ciencias sociales. Geografía e Historia, Barcelona: núm. 16, abril 1998, p. 19-31. URL: <http://www.ub.edu/geocrit/sv-77.htm>

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, El Rejuvenecer de La Vieja, 2008.

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Colom. Ci. Exact. 10 (40): 221–268.

Rangel–Ch., O. J. 1995 A. La diversidad Florística en el espacio Andino de Colombia. 187-205. Biodiversity and conservation of neotropical montane forests Edited by S. P, Churchill, H. Balslev, E. Forero, J. Luteyn. The New York Botanical Garden.

Pedraza–Peñaloza, J. Betancur & P. Franco. 2004. Chisacá, Un Recorrido Por Los Páramos Andinos. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 340.

Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Citado en González Naranjo, J. & O, Martínez Arenas (Eds.). 2009.

Odum, EP (1971) Fundamentals of ecology, third edition, Saunders New York

Posada, N., & Sol, D. (1999). Modelado de datos orientado a objetos para un sistema de información geográfica. Universidad de las Américas-Puebla, Mexico. URL:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32118829/SolPosada\\_ModeladoOO\\_SIG-libre.pdf?1391524339=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DModelado\\_De\\_Datos\\_Orientado\\_a\\_Objeto\\_Pa.pdf&Expires=1703738938&Signature=CWh931r6DSLdvne5GKpTjZjOXKqvc-Ucp20fRPI3-vHcDsXuxdm3X8AX9F3vgLyINyW3NpJWhA165hAXmPmKoaPktDFWETakgAD8a7EIPi0n9Der9M8DwJxkLa7ebqe76zNEqykK8UPK-KY6bMqogfRwJ1vwYzc1f64ROmXJugdG7Yte6n1IE3B8KI6eEeJ9GkxOEtKwI2pG1yyw4jiAlzcO429R9CVGaoQLCLm4Kqiz6563uyJVDivhWPppA~I9kkioUgK7-w6zQ8GREV69e-mFAt0OCmemL~KB99qj0nIQGN97IKybiB23yAYGCcHYXuiD5Wbv5dZoRaioMUHJA\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32118829/SolPosada_ModeladoOO_SIG-libre.pdf?1391524339=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DModelado_De_Datos_Orientado_a_Objeto_Pa.pdf&Expires=1703738938&Signature=CWh931r6DSLdvne5GKpTjZjOXKqvc-Ucp20fRPI3-vHcDsXuxdm3X8AX9F3vgLyINyW3NpJWhA165hAXmPmKoaPktDFWETakgAD8a7EIPi0n9Der9M8DwJxkLa7ebqe76zNEqykK8UPK-KY6bMqogfRwJ1vwYzc1f64ROmXJugdG7Yte6n1IE3B8KI6eEeJ9GkxOEtKwI2pG1yyw4jiAlzcO429R9CVGaoQLCLm4Kqiz6563uyJVDivhWPppA~I9kkioUgK7-w6zQ8GREV69e-mFAt0OCmemL~KB99qj0nIQGN97IKybiB23yAYGCcHYXuiD5Wbv5dZoRaioMUHJA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

López, F. R. (2008). Modelado de datos para base de datos espaciales. Caso de estudio: sistemas de información geográfica (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional). México, D.F.

WCS Colombia (2018). Informe final contrato n° 366 de 2018 (Carder – WCS). SIRAP Eje Cafetero.

Informe Agrícola del Quindío. Secretaria de Desarrollo Económico, Rural y Ambiental, 2006.

Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de tierras del Departamento del Quindío, escala 1:25.000. Documento no oficial, en proceso de edición final.

C RQ, CARDER, CVC, 2008. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Rio La Vieja, El Rejuvenecer de La Vieja, 2008.

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Colom. Ci. Exact. 10 (40): 221–268.

Pedraza–Peñaloza, J. Betancur & P. Franco. 2004. Chisacá, Un Recorrido Por Los Páramos Andinos. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 340

Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Citado en González Naranjo, J. & O, Martínez Arenas (Eds.). 2009

Rangel–Ch., O. J. 1995 A. La diversidad Florística en el espacio Andino de Colombia. 187-205. Biodiversity and conservation of neotropical montane forests Edited by S. P, Churchill, H. Balslev, E. Forero, J. Luteyn. The New York Botanical Garden.

Coberturas y Uso de La Tierra del Departamento del Quindío, Escala 1:10.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi y otras instituciones del departamento, 2010.

Análisis de Representatividad Ecosistémica, Identificación de Vacíos Y Prioridades De Conservación En El Departamento Del Quindío. Convenio 061 Corporación Autónoma Regional del Quindío – Fundación Las Mellizas, 2012.

ESAP. Subsistema Ambiental – E.O.T, municipio de Málaga. URL:

<https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9808/2859-16.pdf>

Plan de Desarrollo Departamental, Quindío Unido, 2008 – 2011.

Plan de Ordenación y Manejo Ambiental UMC Rio Quindío, CRQ, 2008.

Ley 388 de 1997

Decreto 3600 de 2007

UNEP-WCMC, 2011. Tomado de IDEAM 2012. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la Estructura Ecológica Nacional

Departamento Nacional de Planeación, DNP. URL:

<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Paginas/ordenamiento-territorial.aspx>.

Estructura Ecológica de la región centro sur. Contrato de Actividades Científicas y Tecnológicas No. 275 de 2013. Corpocaldas – HTM. URL:

[https://issuu.com/mariaisa8a/docs/oatcorpocaldas\\_htm\\_infofinal\\_p2\\_eep](https://issuu.com/mariaisa8a/docs/oatcorpocaldas_htm_infofinal_p2_eep)

Cartilla determinantes ambientales, Minambiente, 2022. Modificado del reporte Humboldt (2019). URL: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/12/VF-CARTILLA-DETERMINANTES-AMBIENTALES-2022.pdf>

Origen Nacional. Proyección cartográfica para Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

URL: <https://origen.igac.gov.co/>

Documento de actualización de línea base para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Gobernación del Quindío. 2017. URL:

<https://quindio.gov.co/home/PDGIB.pdf>

PLAN DE MANEJO LOS NEVADOS <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-los-nevados.pdf>