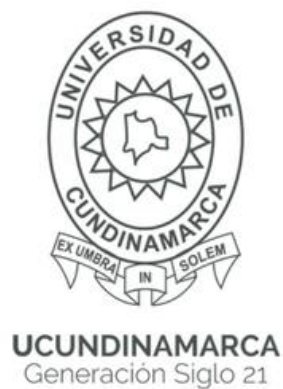


DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA  
EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ CUNDINAMARCA



DAYANNA ANDREA ACOSTA DAZA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA - EXTENSIÓN FACATATIVÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

FACATATIVÁ

2020

DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA  
EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ CUNDINAMARCA

DAYANNA ANDREA ACOSTA DAZA

Trabajo de grado presentado como requisito final para optar al título de Ingeniera Ambiental

JHON JAIRO CASTAÑEDA FANDIÑO

Director

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA - EXTENSIÓN FACATATIVÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

FACATATIVÁ

2020

*“La diferencia entre lo que hacemos y lo que somos capaces de hacer bastaría para resolver la mayoría de los problemas del mundo”*

*Mahatma Gandhi*

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme permitido iniciar y finalizar con éxito mi carrera, por concederme salud y paciencia para superar cada obstáculo presentado y por darme lo necesario para alcanzar cada uno de mis objetivos.*

*A mi familia por haberme forjado como la persona que soy ahora, muchos de mis logros personales se los debo a ellos, entre los que incluye este. Me formaron como una persona perseverante y me motivaron constantemente para alcanzar todas mis metas.*

*Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad de Cundinamarca quien me abrió las puertas desde el primer momento para mi formación ética y profesional, a mi director Jhon Jairo Castañeda, quien me guio con sus conocimientos técnicos y teóricos durante la realización de este proyecto, a mis compañeros quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todas aquellas personas que durante este proceso académico estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional.*

## Tabla de Contenido

RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
3. JUSTIFICACIÓN .....	15
4. OBJETIVOS .....	16
4.1. Objetivo general .....	16
4.2. Objetivos específicos.....	16
5. MARCO REFERENCIAL.....	17
5.1. Marco conceptual .....	17
5.1.1. Rehabilitación Ecológica.....	17
5.1.2. Servicios Ambientales .....	17
5.1.3. Degradación ambiental .....	17
5.1.4. Áreas de Importancia Estrategia.....	17
5.1.5. Coberturas del Suelo.....	18
5.1.6. Pendientes.....	18
5.1.7. Áreas Protegidas .....	18
5.1.8. Áreas de Conservación y Protección Ambiental .....	19
5.1.9. Zonas de Riesgo .....	19
5.1.10. Priorización de áreas.....	19
5.2. Marco teórico .....	19
5.3. Marco legal.....	24
5.4. Marco Contextual.....	26
5.4.1. Ubicación Geográfica .....	26
5.4.2. Distribución territorial .....	27
5.4.3. Características Climatológicas .....	28
5.4.4. Hidrografía.....	30
5.4.5. Clasificación de suelos .....	30
5.4.6. Estructura ecológica principal .....	30
5.4.7. Fauna y Flora.....	32
6. METODOLOGIA .....	33
6.1. Paso 1: Determinación Áreas de Importancia Estratégica .....	33
6.1.1. Recopilación de Información.....	33

6.1.2.	Selección de Atributos.....	33
6.1.3.	Categorización de los Criterios.....	40
6.1.4.	Superposición de capas.....	42
6.1.5.	Zonificación de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico .....	43
6.2.	Paso 2: Identificación de Áreas de Manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental .....	44
6.2.1.	Revisión Bibliográfica.....	44
6.2.2.	Procesamiento digital .....	45
6.2.3.	Categorización del mapa .....	46
6.3.	Paso 3: Determinación de Áreas Prioritarias para rehabilitación ecológica .....	47
6.3.1.	Selección de atributos.....	47
6.3.2.	Categorización de las variables .....	48
6.3.3.	Superposición de capas.....	49
6.3.4.	Zonificación de las áreas prioritarias para rehabilitación ecológica.....	50
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	51
8.	CONCLUSIONES .....	68
9.	RECOMENDACIONES .....	69
10.	BIBLIOGRAFIA .....	70
11.	APÉNDICE.....	74

## Listado de Tablas

Tabla 1. Normativa aplicable al proyecto. ....	24
Tabla 2. Condiciones climáticas mensuales para Facatativá, (Estación IDEAM – Base aérea Madrid) estación completa más cercana al municipio. ....	28
Tabla 3. Criterios seleccionados para la identificación de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico. ....	33
Tabla 4. Coberturas de la Tierra del Municipio de Facatativá. ....	34
Tabla 5. Características imagen satelital. ....	37
Tabla 6. Fuentes abastecedoras de los acueductos de Facatativá. ....	37
Tabla 7. Áreas protegidas de Facatativá declaradas por CAR. ....	39
Tabla 8. Asignación de valores a las variables de estudio. ....	41
Tabla 9. Asignación de valores a la variable capacidad uso de suelo. ....	46
Tabla 10. Criterios seleccionados para la determinación de áreas prioritarias para rehabilitar ecológicamente. ....	47
Tabla 11. Asignación de valores a la variable capacidad uso de suelo. ....	48
Tabla 12. Coberturas categoría alta de las AIE. ....	52
Tabla 13. Pasos para la rehabilitación ecológica según Arias Cascante (2018). ....	58
Tabla 14. Inventario de especies propuestas para rehabilitación ecológica. ....	64

### Listado de Figuras

Ilustración 1. Evolución conceptual del enfoque: Servicios Ecosistémicos. ....	20
Ilustración 2. Enfoques de los servicios ecosistémicos. ....	21
Ilustración 3. Modelos de tratamiento de la información espacial. ....	24
Ilustración 4. Ubicación geográfica Municipio de Facatativá Cundinamarca. ....	27
Ilustración 5. Zona rural Municipio de Facatativá. ....	28
Ilustración 6. Clasificación Climática Caldas Lang Municipio de Facatativá. ....	29
Ilustración 7. Modelo Estructura Ecológica Principal Facatativá. ....	32
Ilustración 8. Área Mínima Cartografiable a diferentes escalas. ....	35
Ilustración 9. Rangos de pendientes (Porcentaje) ....	36
Ilustración 10. Metodología para determinar las pendientes del Municipio de Facatativá. ....	37
Ilustración 11. Proceso zona de influencia rondas hídricas. ....	39
Ilustración 12. Unión de coberturas. ....	40
Ilustración 13. Superposición de capas ....	43
Ilustración 14. Desarrollo sostenible para la zonificación ambiental. ....	44
Ilustración 15. Clasificación ambiental para el ordenamiento de la cuenca alta del rio Bogotá. ....	45
Ilustración 16. Clasificación áreas de aptitud ambiental. ....	46
Ilustración 17. Mapa de riesgo para el Municipio de Facatativá. ....	48
Ilustración 18. Diagrama metodológico para la determinación de áreas prioritarias para rehabilitación ecológica. ....	49
Ilustración 19. Mapa Áreas de Importancia Estratégica para el recurso hídrico. ....	51
Ilustración 20. Mapa áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental. ....	54
Ilustración 21. Mapa áreas prioritarias para rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá. ....	55
Ilustración 22. Los 13 pasos fundamentales para la restauración ecológica. ....	57
Ilustración 23. Ejemplo modelo de nucleación como propuesta de rehabilitación ecológica. ....	59
Ilustración 24. Flujos biológicos del proceso de nucleación. ....	60
Ilustración 25. Propuesta para restauración en la zona de influencia de las rondas hídricas. ....	62
Ilustración 26. Estrategia para rehabilitación en la zona de influencia opción 2. ....	63

### **Listado de Ecuaciones**

Ecuación 1. Promedio de valores de los criterios. ....	43
Ecuación 2. Categorización Mapa de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico. ....	43
Ecuación 3. Promedio de valores de los criterios. ....	50
Ecuación 4. Categorización Mapa de Áreas Prioritarias para Rehabilitación Ecológica. ....	50

## Apéndice

Apéndice a. Distribución Zona Urbana Municipio de Facatativá.....	74
Apéndice b. Modelo de ordenamiento zona Urbana.....	76
Apéndice c. Distribución Veredal Municipio de Facatativá.....	77
Apéndice d. Condiciones climáticas mensuales para Facatativá, (Estación IDEAM – Base aérea Madrid) estación. ....	77
Apéndice e. Usos de suelo Facatativá.....	78
Apéndice f. Fauna de Facatativá.....	79
Apéndice g. Principales Especie de Flora de Facatativá.....	80
Apéndice h. Mapa Coberturas de la tierra del municipio de Facatativá Cundinamarca.....	81
Apéndice i. Mapa de pendiente del municipio de Facatativá Cundinamarca. ....	82
Apéndice j. Mapa Rondas Hídricas del municipio de Facatativá Cundinamarca.....	83
Apéndice k. Humedales de Facatativá. ....	84
Apéndice l. Mapa Zonas de Riesgo del Municipio de Facatativá.....	85
Apéndice m. Mapa Áreas Protegidas del Municipio de Facatativá. ....	86

## Glosario de Términos

**ACPA:** Áreas de Conservación y Protección Ambiental.

**AIA:** Áreas de Importancia Ambiental.

**AIE:** Áreas de Importancia Estratégica.

**CAR:** Corporación Autónoma Regional.

**IDEAM:** Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales.

**IGAC:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

**MADS:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**POMCA:** Plan de Ordenamiento y manejo de Cuencas.

**POT:** Plan de Ordenamiento Territorial.

**RE:** Rehabilitación Ecológica.

**SDAMA:** Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente.

**SE:** Servicios Ecosistémicos.

**SIAC:** Sistema de Información Ambiental de Colombia.

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**SINAP:** Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

## RESUMEN

La presente investigación se lleva a cabo en el Municipio de Facatativá Cundinamarca con el fin de determinar las áreas prioritarias para rehabilitación ecológica con el uso de sistemas de información geográfica SIG. Inicialmente se determinan las Áreas de Importancia Estratégica – AIE para la conservación del recurso hídrico y las áreas de conservación y protección ambiental zonificadas por la CAR en el POMCA del Rio Bogotá, se realizó la superposición de mapas y se determinó un total de 21,31 hectáreas de áreas prioritarias a rehabilitar. Finalmente se plantearon estrategias de rehabilitación ecológica como recomendación para la planificación ambiental del municipio.

**Palabras claves:** Rehabilitación Ecológica, Áreas de Importancia Estratégica, Servicios Ecosistémicos, Conservación y Protección Ambiental

## ABSTRACT

The present investigation is carried out in the Municipality of Facatativá Cundinamarca in order to determine the priority areas for ecological rehabilitation of the areas with the greatest ecosystem vulnerability with the use of GIS geographic information systems. Initially, the Areas of Strategic Importance –AIE for the conservation of the water resource and the areas of conservation and environmental protection zoned by the CAR in the POMCA of the Rio Bogotá were determined, the maps were superimposed and a total of 21.31 was determined hectares of priority areas to rehabilitate. Finally, ecological rehabilitation strategies were proposed as a recommendation for the municipality's environmental planning.

**Key words:** Ecological Rehabilitation, Areas of Strategic Importance, Ecosystem Services, Conservation and Environmental Protection.

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia es considerado uno de los países megadiversos del mundo, lo cual se ve reflejado en la variedad de ecosistemas representados en páramos, bosques andinos, selvas húmedas tropicales, bosques secos, humedales, sabanas y zonas áridas, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Estos ecosistemas proporcionan diferentes bienes y servicios aprovechados por el hombre, algunos de los servicios ambientales con mayor aprovechamiento son el abastecimiento de agua, asimilación de residuos, fertilidad de suelo, captura de carbono y actividades recreativas (Ledezma et al., 2016)

Los ecosistemas tienen características que les permiten responder a las perturbaciones naturales y mantener sus funciones y estructura. Sin embargo, el hombre en su afán por aprovechar los servicios ambientales, acelera los procesos de degradación ecosistémica causando un sin fin de impactos ambientales (Ledezma et al., 2016). Por ello, existen procesos de restauración que buscan devolverle a estas áreas su estructura y composición, una de las principales actividades de la restauración es la delimitación y aislamiento de las áreas degradadas para su pronta intervención (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Es por ello, que el presente proyecto pretende identificar las áreas prioritarias para rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta esencial para tomar medidas de intervención en estos procesos de degradación ambiental y así restablecer los servicios ecosistémicos que son imprescindibles para la supervivencia de la comunidad.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El deseo del ser humano por aprovechar los bienes y servicios ambientales para la satisfacción de sus necesidades ha traído consigo la aceleración de los procesos de degradación de los ecosistemas a nivel mundial. Durante el año 2000 se dio la transformación de un tercio de la superficie terrestre en cultivos y pasturas lo que generó la pérdida de un gran número de hectáreas de bosque natural, la extinción de muchas especies de fauna y flora, degradación de suelos y la disminución en calidad y cantidad del recurso hídrico (Camacho & Galeano, 2015). Según reporte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2015) entre los años 2011 – 2012 Colombia perdió un total de 295.892 hectáreas de bosque natural y para el año 2020 se sumaron siete áreas protegidas al 85% de la deforestación presentada en la amazonia de acuerdo con el boletín número 21 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

El municipio de Facatativá no es ajeno a este deterioro ambiental, de acuerdo con información del IDEAM el municipio llegó a un área deforestada de 130 ha para el año 2005 y una alta disminución de bosques principalmente en las veredas de Mancilla, Prado y la Tribuna; al mismo tiempo, de acuerdo con la información cartográfica de la CAR, sobre estas veredas se encuentra un aproximado de 3.359 ha de área protegida declarada (Cuenca del río Bogotá), en la cual se ha generado una gran contaminación del recurso hídrico debido a vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, malas prácticas agropecuarias e inadecuado manejo de residuos por parte de los habitantes e industrias aledañas a la cuenca (Car, 2014).

Por tanto, se busca responder a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las áreas prioritarias para realizar actividades de rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá Cundinamarca?

### 3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica (Society for Ecological Restoration International) la rehabilitación ecológica es un proceso de intervención para el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (Ledezma et al., 2016).

Para iniciar el proceso de rehabilitación en el municipio de Facatativá se pretende determinar qué áreas se deben intervenir con mayor prioridad, teniendo en cuenta la identificación de Áreas de Importancia Estratégica, para así plantear estrategias como recomendación para la rehabilitación ecológica de estas áreas, lo que aporta al cumplimiento del Artículo 111. De la Ley 99 de 1993 por el cual se declaran de interés público las Áreas de Importancia Estratégica para la conservación del recurso hídrico que surten los acueductos municipales y distritales (Ministerio del Medio Ambiente, 1993). Así mismo, se dan lineamientos base para el cumplimiento de las actividades ambientales planteadas en el Plan de Desarrollo 2020 – 2023 y de la Sentencia del Río Bogotá que busca la protección y recuperación ambiental.

Como resultado, este proyecto aporta al cumplimiento de dos Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS establecidos por la ONU, el primero, Ciudades y Comunidades Sostenibles (Objetivo 11) donde se plantea gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (Naciones Unidas/CEPAL, 2016); y el segundo, Vida de Ecosistemas Terrestres (Objetivo 15) el cual plantea conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Determinar áreas prioritarias para rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá Cundinamarca.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Establecer las Áreas de Importancia Estratégica - AIE para la conservación del recurso hídrico presentes en el municipio.
- Identificar las Áreas de Manejo Ambiental con fines de conservación y protección ambiental en el municipio.
- Proponer estrategias de rehabilitación ecológica como recomendación para la planificación ambiental de las áreas identificadas como prioritarias.

## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. Marco conceptual**

#### **5.1.1. Rehabilitación Ecológica**

Se refiere al restablecimiento parcial de los elementos estructurales o funcionales que ha sido degradado, dañado o destruido (Mola et al., 2018), así como la recuperación de la productividad y los servicios ambientales que provee el ecosistema (Camacho & Galeano, 2015).

#### **5.1.2. Servicios Ambientales**

Los servicios ambientales o ecosistémicos son los beneficios que los diversos ecosistemas ponen a disposición de la comunidad, dada de manera natural o por medio de un manejo sustentable. Estos bienes y servicios ambientales se hallan en los componentes y procesos que integran los ecosistemas (Pérez, 2016).

#### **5.1.3. Degradación ambiental**

La degradación ambiental hace referencia al deterioro progresivo del medio ambiente que se genera por el agotamiento de los recursos naturales (aire, agua, suelo) o cambios en la homeostasis de un sistema; lo cual podrá reducir la productividad de estos sistemas (Rodríguez et al., 2013).

#### **5.1.4. Áreas de Importancia Estratégica**

Las áreas de importancia estratégica son las áreas que se deben conservar para proteger los recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales. Las autoridades ambientales son las encargadas de delimitar y priorizar las áreas de importancia estratégica, que deberán ser adquiridas por parte de las entidades territoriales para su conservación (Hechavarría, 2013).

### **5.1.5. Coberturas del Suelo**

De acuerdo con el IDEAM las coberturas son una unidad delimitable que surge a partir de un análisis de respuestas espectrales determinadas por sus características fisionómicas y ambientales.

Las coberturas de la tierra son las coberturas bio-físicas que se observan sobre la superficie terrestre, estas también incluyen cuerpos de agua, afloramientos rocosos y suelos desnudos (Achicanoy et al., 2018).

### **5.1.6. Pendientes**

Se define pendiente como la inclinación o desnivel del suelo, dado por el ángulo que forma un punto en un plano horizontal con un plano tangente a la superficie del terreno. El instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) estableció las siete categorías de clasificación de las pendientes, siendo las siguientes 0-3%, 3-7%, 7-12%, 12-25%, 25-50%, 50- 75%, >75% (Consortio Río Garagoa & CORPOCHIVOR, 2017).

### **5.1.7. Áreas Protegidas**

Las áreas protegidas son aquellas áreas (terrestres o acuáticas) que tienen el fin de conservar la biodiversidad representativa de los ecosistemas para asegurar el equilibrio y la persistencia de los procesos evolutivos y ecológicos; y que además tienen características que no han sido estructuralmente modificadas (PROFEPA, 2013).

- Reservas de la biosfera
- Parques nacionales
- Monumentos nacionales
- Áreas de protección de recursos naturales
- Áreas de protección de flora y fauna

- Reservas ecológicas estatales
- Parques estatales
- Santuarios
- Jardines históricos

#### **5.1.8. Áreas de Conservación y Protección Ambiental**

De acuerdo con la Zonificación de Ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta del Río Bogotá descrito por la CAR, estas áreas son zonas de especial significancia ambiental. Incluyen sectores de bosques primarios y secundarios poco intervenidos, reservas hidrológicas y naturales, refugios de fauna y flora, zonas de recarga hidrogeológica, áreas de reserva forestal (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011).

#### **5.1.9. Zonas de Riesgo**

El diccionario de la Real Academia Española (1992), define el riesgo como la proximidad de un daño. Las zonas de riesgo son aquellas áreas con mayor susceptibilidad a ocurrencia de riesgos (Suelos, hidrología, clima, vegetación, combustión, entre otros) (Chávez, 2018).

#### **5.1.10. Priorización de áreas**

Se define la priorización como el trabajo de restauración que se enfoca en las intervenciones más urgentes e importantes para el logro de las metas a nivel de todo el sistema, del paisaje terrestre o marino o del área protegida (Ledezma et al., 2016).

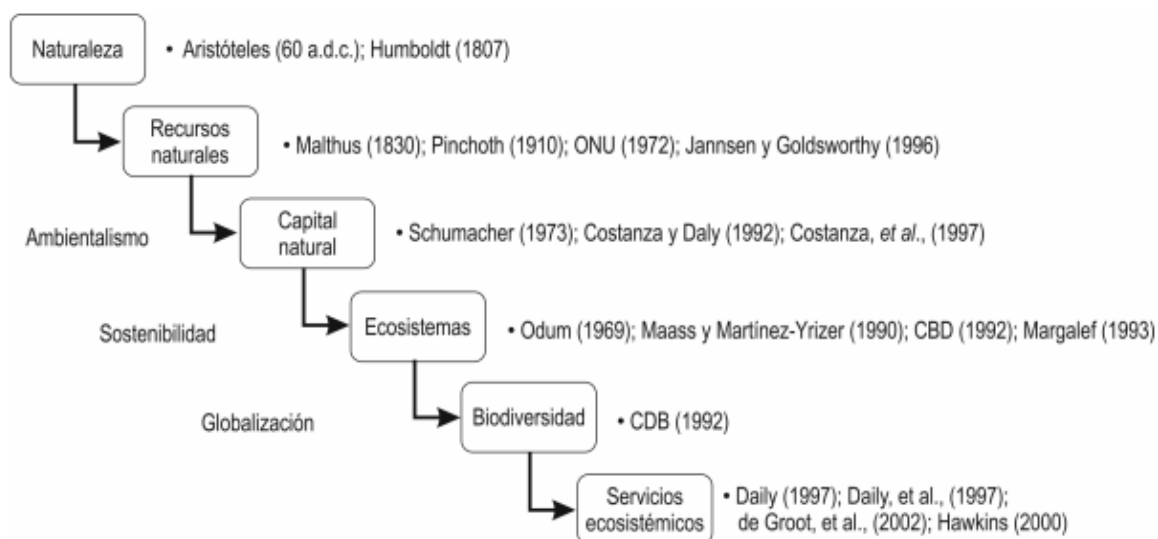
### **5.2. Marco teórico**

La definición de Servicios Ecosistémicos ha trascendido con el paso de los años (Ilustración 1), la primera definición fue dada por el Daily en 1997, refiriéndose a este como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que lo constituyen, sustentan y satisfacen a la vida humana (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012). Años

más tarde fue definido por Groot (2002) como la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente (Groot et al., 2002). De acuerdo con Vandewalle se puede sintetizar la conceptualización de servicios ecosistémicos en tres enfoques: ecológico, económico y ecológico-económico (Ilustración 2).

### Ilustración 1.

#### *Evolución conceptual del enfoque: Servicios Ecosistémicos.*



Fuente: (Caro & Torres, 2015).

Ilustración 2.  
Enfoques de los servicios ecosistémicos.

Enfoque	Definición	Temas desarrollados	Referencia
Ecológico	<i>“un amplio rango de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que hacen parte de ellos ayudan a sostener la vida humana”</i> (Daily, 1997)	Servicios públicos y ambiente global. Biodiversidad y conservación Bienes y servicios ecológicos. Servicios ecosistémicos y bienestar humano. Servicios ecosistémicos y cuantificación ecológica. Biodiversidad y Servicios ecosistémicos.	Holdren y Ehrlich, 1974 Ehrlich y Mooney, 1983 Márquez, 1996 Daily, 1997; Kremen, 2005  Vandewalle et al., 2008  Martín-López y Montes, 2011
Económico	<i>“Los servicios del ecosistema consisten en flujos de materiales, energía e información de reservas de capital natural que se combinan con los servicios de capital manufacturados y humanos para producir el bienestar humano”</i> (Costanza et al., 1997).	Bienes y servicios ambientales Capital natural y bienestar humano. Capital natural y resiliencia Servicios ecosistémicos: son bienes públicos. Servicios ecosistémicos oferta (valoración ecológica) demanda (valoración sociocultural y monetaria).	Costanza y Daly, 1992 Costanza y Folke, 1997  Costanza et al., 1997 Hawkins, 2003 TEEB (2010)
Ecológico Económico	<i>“los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad”</i> (MEA, 2005)	Funciones: regulación, hábitat, producción, información. Marco conceptual y metodológico de servicios ecosistémicos. Valoración de ecosistemas y servicios ecosistémicos - herramienta pragmática. Capital natural y servicios ecosistémicos: sostenibilidad. Gestión de la biodiversidad: garantía de servicios ecosistémicos.	de Groot et al., 2002  MEA, 2003, 2005  Gómez-Baggethun y de Groot, 2007 Montes, 2007  Martín-López y Montes, 2011; MADS, 2012; Rincón-Ruiz et al., 2014

Fuente: (Caro & Torres, 2015).

Con el fin de clasificar los enfoques de los servicios ecosistémicos, los autores seleccionan las 23 funciones básicas de los ecosistemas y las agrupan en cuatro categorías principales, de las cuales se derivan diferentes bienes y servicios.

- Servicios de soporte: necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.
- Aprovisionamiento: productos obtenidos del ecosistema.
- Regulación: beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema.
- Culturales: beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas.

Según la Valoración de los Ecosistemas del Milenio (2005), aproximadamente el 60% de los servicios ecosistémicos son usados insosteniblemente, o se encuentran degradados como consecuencia de acciones que aumentan la demanda de otros bienes o servicios (Borda et al., 2010). El aprovechamiento acelerado de los servicios ecosistémicos y el cambio progresivo de la biodiversidad están relacionados con una variedad de impactos ambientales, lo que se convierte en un fenómeno preocupante teniendo en cuenta la complejidad de ecosistemas y biología que tiene nuestro país (Osorio, 2016). Por ello la implementación de técnicas de restauración ecológica es uno de los objetos de esta investigación.

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente el Plan Nacional de Restauración trabaja sobre tres frentes: Restauración Ecológica, Rehabilitación Ecológica y Recuperación de Áreas Degradadas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

- **Restauración Ecológica:** La restauración ecológica busca un ecosistema autosostenible, garantizando la conservación de las especies y los bienes y servicios. Para este caso el ecosistema debe regresar a una condición similar a la original, no solo en su sistema, sino además replicando su función y estructura.
- **Rehabilitación Ecológica:** Al igual que la restauración, la rehabilitación ecológica busca un ecosistema autosostenible, que preserve algunas especies y preste servicios ecosistémicos, sin la necesidad recuperar la composición original.
- **Recuperación Ecológica:** La recuperación ecológica tiene como objetivo retornar la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio.

El presente proyecto busca determinar las áreas prioritarias para rehabilitación ecológica, teniendo en cuenta que la rehabilitación implica menos inversión en rescatar el ecosistema con toda su estructura y funcionalidad (Mola et al., 2018).

Para la determinación de estas áreas prioritarias a rehabilitar es indispensable identificar los bosques o plantaciones forestales que proveen estos servicios ambientales y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente, denominadas “Áreas de Importancia Estratégica - AIE”. Estas áreas se caracterizan por mantener los procesos ecológicos esenciales tales como la regulación de climas, del agua, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos; la conservación de la biodiversidad (Borrero, 2014).

Según lo considerado en el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas (Sostenible, 2013). De acuerdo con Wunder los pagos por servicios ambientales son una transacción voluntaria, donde el aumento, mantenimiento o provisión de un servicio ambiental es reconocida económicamente por al menos un comprador de ese servicio o proveedor del mismo (Borda et al., 2010).

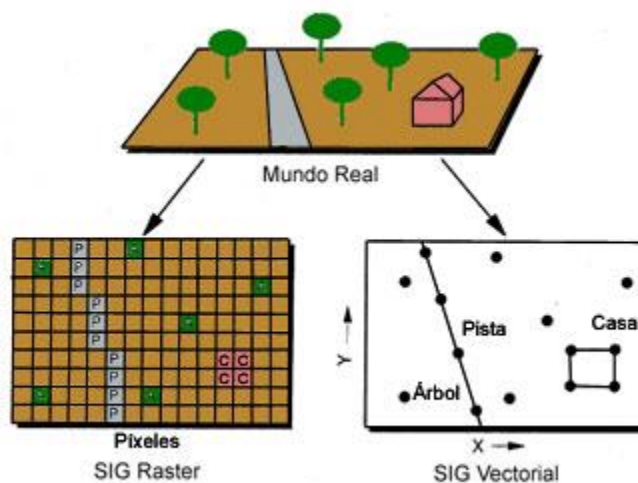
De acuerdo con el artículo 4 del decreto 953 de 2013 *“Identificación, delimitación y priorización de las áreas de importancia estratégica”* las autoridades ambientales deberán previamente identificar, delimitar y priorizar las áreas de importancia estratégica, por ello en cooperación con la alcaldía de Facatativá, se realizará la determinación de estas áreas.

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituye una herramienta potencial para el almacenamiento, gestión, análisis y representación de datos geográficos referidos a la identificación de áreas prioritarias de rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá (Rodríguez et al., 2011). Para esto se utilizaron dos modelos de tratamiento de la información

espacial, según atiendan a las propiedades de cada punto (en función de una variable o propiedad), o a su localización espacial (determinadas coordenadas espaciales) en este caso para las pendientes, denominados vectorial y ráster (Ilustración 3) (Rodríguez et al., 2011).

Ilustración 3.

*Modelos de tratamiento de la información espacial.*



Fuente: (J. Rodríguez et al., 2011).

Este software se utilizará para el manejo de la información espacial, superposición de mapas y análisis y representación de la información cartográfica obtenida.

### 5.3. Marco legal

Tabla 1.

*Normativa aplicable al proyecto.*

Norma	Descripción	Fuente
<b>Ley 99 de 1993</b>	<b>Artículo 107.</b> Utilidad Pública e Interés Social, Función Ecológica de la Propiedad. Declárense de utilidad pública e interés social la adquisición por negociación directa o por expropiación de bienes de propiedad privada, o la imposición de servidumbres, que sean necesarias para la ejecución de obras públicas destinadas a la protección y manejo del medio ambiente y los	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Norma	Descripción	Fuente
	<p>recursos naturales renovables, conforme a los procedimientos que establece la ley.</p> <p><b>Artículo 108.</b> Adquisición por la Nación de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales.</p> <p><b>Artículo 111.</b> Adquisición de Áreas de Interés para Acueductos Municipales. Declárense de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales.</p>	
<b>Decreto 2811 de 1974</b>	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Decreto 3600 de 20070</b>	Por el cual se establecen determinaciones para el ordenamiento en el suelo rural.	Secretaría Distrital del Hábitat
<b>Decreto 2372 de 2010</b>	<p>“Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. ”</p>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Decreto 069 de 2002</b>	<p>“Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Facatativá Cundinamarca”</p>	Alcaldía Municipal de Facatativá
<b>Decreto 953 de 2013</b>	Po el cual se busca la conservación de áreas estratégicas para el suministro de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales a través de la adquisición de predios ubicados en estas áreas o la financiación de esquemas de Pago por Servicios ambientales - PSA.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente</b>
<b>Decreto 263 de 2009</b>	Plan de Acción Local de Facatativá como un instrumento técnico que dicta las líneas estratégicas, programas y proyectos que deben ser ejecutados para fortalecer y mantener el componente ambiental del municipio.	MinJusticia
<b>Decreto Ley 870 de 2017</b>	“Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación” La presente Ley promueve, regula y supervisa los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Ley No. 30215</b>	Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Decreto ley 216 de 2003</b>		Secretaria del Senado

Fuente: Elaboración del autor.

## **5.4. Marco Contextual**

### **5.4.1. Ubicación Geográfica**

El presente proyecto se aplicó hacia el occidente de la sabana de Bogotá más exactamente en el municipio de Facatativá Cundinamarca, ubicado a 36 Km de la capital del país (Ilustración 4). El municipio cuenta con una extensión de 159,60 km<sup>2</sup> de los cuales 154,5 Km<sup>2</sup> pertenecen a la zona rural y 5,1 Km<sup>2</sup> a la zona urbana (4°48'46" N - 74°21'00" W), cuenta con altitudes que oscilan entre los 2.560 m.s.n.m. y los 3.230 m.s.n.m. (Alcaldía de Facatativá, 2019).

Conforme a lo establecido en la Ordenanza número 36 del 31 de Julio de 1945 (Salamina & Soporte, 2001), el municipio limita con:

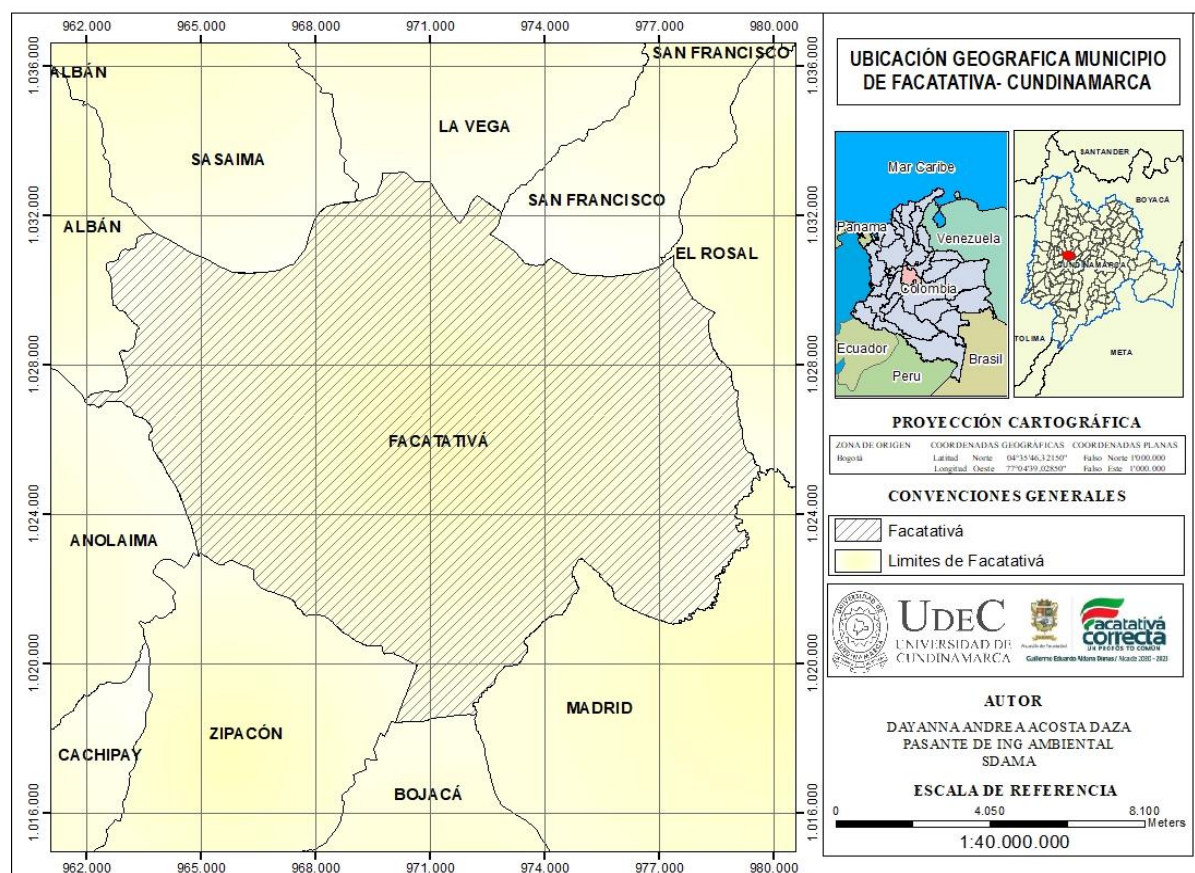
- Por el norte: Con los Municipios de San Francisco, La Vega y Sasaima.
- Por el sur: Con los Municipios de Anolaima, Zipacón y Bojacá.
- Por el oriente: Con los Municipios de Rosal, Madrid y Bojacá.
- Por el occidente: Con los Municipios de Sasaima y Albán.

#### 5.4.2. Distribución territorial

El municipio está integrado por un área de 5,1 Km<sup>2</sup> de zona urbana (Apéndice b), distribuida en áreas funcionales (Apéndice a), y un área de 154,5 Km<sup>2</sup> de zona rural compuesta por 14 veredas (Ilustración 5), distribuidas de acuerdo como se muestra en el apéndice c.

Ilustración 4.

*Ubicación geográfica Municipio de Facatativá Cundinamarca.*



Fuente: Elaborado por el autor.

Ilustración 5.

*Zona rural Municipio de Facatativá.*

VEREDA	AREA (Has)	PORCENTAJE
EL CORZO	540	3.42
MANABLANCA	527	3.34
PUEBLO VIEJO	749	4.74
LOS MANZANOS	582	3.68
LA TRIBUNA	1802	11.41
LA SELVA	940	5.95
SAN RAFAEL	2373	15.02
MANCILLA	1290	8.16
PRADO	2107	13.34
TIERRA MORADA	459	2.91
TIERRA GRATA	97	0.61
CUATRO ESQUINAS	1191	7.53
PASO ANCHO	523	3.31
MOYANO	1997	12.64
CASCO URBANO	623	3.94
<b>TOTAL</b>	<b>15.800</b>	<b>100</b>

Fuente: (Bermúdez, 2010).

### 5.4.3. Características Climatológicas

Facatativá presenta una temperatura media anual de 13,8 ° C, con temperaturas máximas mensuales de 20,8 ° C y temperaturas mínimas mensuales de 2,4 ° C, variando según condiciones climáticas locales (Alcaldía de Facatativá, 2019). En la Tabla 2 se presentan las condiciones climáticas mensuales en el año 2019 para el municipio de Facatativá, (Estación IDEAM – Base aérea Madrid).

Tabla 2.

*Condiciones climáticas mensuales para Facatativá, (Estación IDEAM – Base aérea Madrid) estación completa más cercana al municipio.*

VARIABLE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>TEMPERATURA (°C)</b>	13,4	13,5	13,7	14,0	14,1	13,9	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,7
<b>PRECIPITACIÓN (mm/mes)</b>	19,5	40,5	54,2	70,8	76,2	51,4	42,6	41,2	45,7	80,9	73,5	40,8
<b>HUMEDAD RELATIVA. (%)</b>	80	80	81	82	82	81	79	78	79	81	82	80
<b>EVAPOTRANS. (mm/mes)</b>	94,8	92,8	95,1	85,5	81,8	80,1	86,1	93,0	88,5	87,1	81,6	88,0

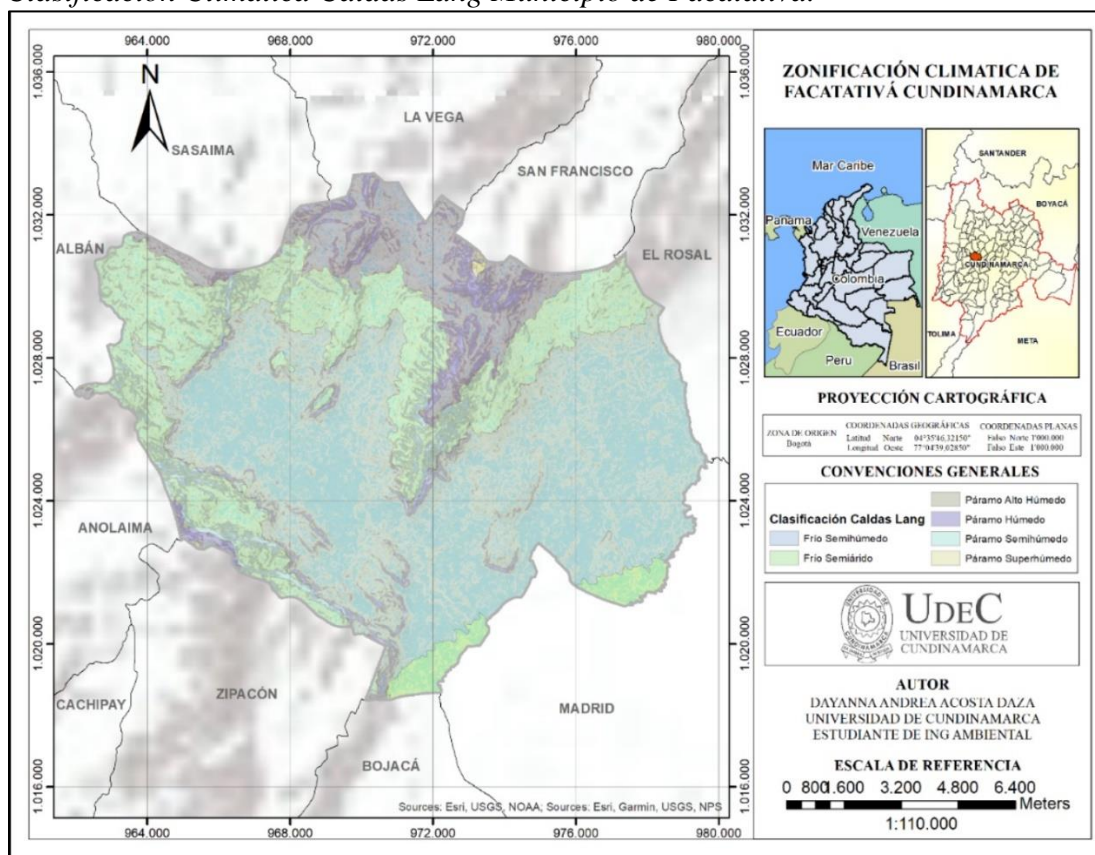
Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM.

De acuerdo con la cartografía descargable libre de la CAR el municipio presenta diferentes condiciones climáticas zonificadas con el modelo Caldas – Lang. De acuerdo con la Ilustración 6, se observa una predominancia de clima Frio Semihúmedo y los demás climas en una menor proporción, entre los que se encuentra:

- Páramo Húmedo
- Páramo Superhúmedo
- Páramo Alto Húmedo
- Páramo Semihúmedo
- Frio Semiárido

Ilustración 6.

*Clasificación Climática Caldas Lang Municipio de Facatativá.*



Fuente: Elaborado por el autor.

#### 5.4.4. Hidrografía

En términos de hidrografía el municipio de Facatativá hace parte de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá y está constituido principalmente por dos subcuencas: Subcuenca del Río Botello y Subcuenca del Río Subachoque (Apéndice d), cada una de ellas formada por numerosas microcuencas que le aportan sus caudales (Bermúdez, 2010).

#### 5.4.5. Clasificación de suelos

De acuerdo con el Artículo 73 del Decreto 069 de 2002 “Por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento territorial del municipio de Facatativá Cundinamarca” (Concejo et al., 1998) se clasifica el suelo de la siguiente manera:

- **Suelo Urbano:** El suelo urbano está constituido por las áreas destinadas a usos urbanos que poseen infraestructura vial, redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso.
- **Suelo de Expansión Urbana:** Corresponde al área que será habilitado para el uso urbano, según se determine en los procesos de ejecución. Estos territorios sólo podrán ser incorporados al perímetro urbano mediante planes parciales.
- **Suelo Rural:** Corresponde a los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

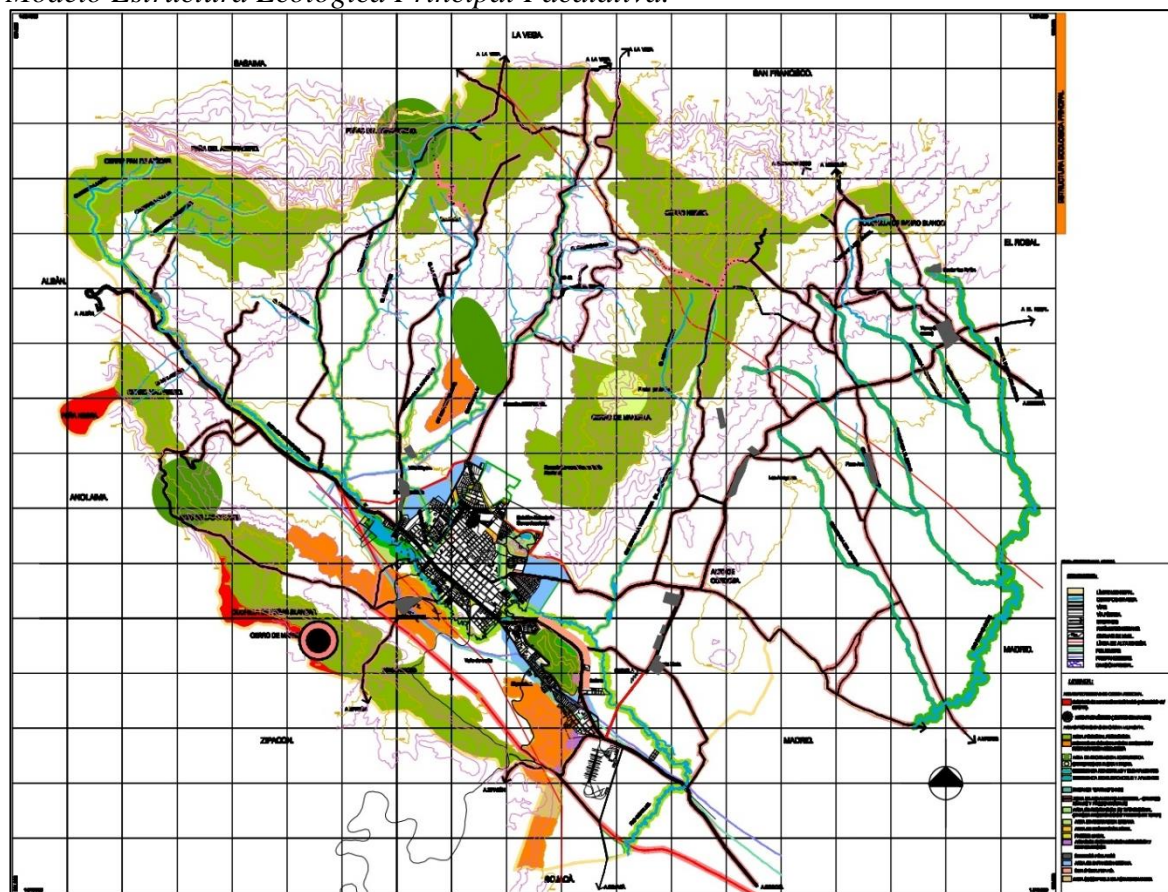
#### 5.4.6. Estructura ecológica principal

La Estructura Ecológica Principal es aquella porción de territorio seleccionada y delimitada para su protección y apropiación sostenible, ya que ella posee elementos tanto naturales como contruidos de carácter principal, que determinan la oferta ambiental del territorio, conformando

un elemento estructurante a partir del cual se organiza el espacio urbano y rural (Salamina & Soporte, 2001). El municipio de Facatativá cuenta con (Ilustración 7):

- Orden Regional: Distritos de Manejo Integrado
- Orden Municipal:
  - Área Forestal Protectora.
  - Área Forestal Protectora Productora.
  - Distrito de Conservación de Suelo y Restauración Ecológica.
  - Plantas de Amortiguación de Áreas Protegidas.
  - Áreas de Bosque Protector.
  - Áreas de Recreación Ecoturística.
  - Áreas de Restauración Morfológica y Rehabilitación de Suelos.
  - Áreas Periféricas a nacimientos, cauces de ríos, quebradas, embalses y humedales.
  - Zona de Aislamiento Ambiental, caminos reales y pasos veredales.

Ilustración 7.  
*Modelo Estructura Ecológica Principal Facatativá.*



Fuente: POT Facatativá 2002.

#### 5.4.7. Fauna y Flora

El estado de conservación y diversidad de la fauna flora del municipio, dependen directamente de la conservación de los bosques que son su hábitat natural, especialmente los nativos. En el apéndice f y g se relacionan las especies de fauna y flora del Facatativá (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, 2017).

## 6. METODOLOGIA

La metodología para la determinación de áreas prioritarias para rehabilitación ecológica se sintetizó en tres pasos; la determinación de áreas de importancia estratégica (Objetivo específico 1), la identificación de las áreas de conservación y protección ambiental (Objetivo específico 2) y la superposición de mapas para determinar el objetivo general y así plantear las estrategias de rehabilitación ecológica (Objetivo específico 3).

### 6.1. Paso 1: Determinación Áreas de Importancia Estratégica

La determinación de Áreas de Importancia Estratégica para la conservación del recurso hídrico se basó en un esquema ordenado y sistemático, que parte con la recopilación de información secundaria, selección de atributos, la categorización de criterios, la superposición de capas y concluye con la zonificación de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.

#### 6.1.1. Recopilación de Información

En cumplimiento a lo establecido en el marco de la normativa vigente y en base al proyecto “Identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico a partir de SIG en la cuenca del río Combeima” se seleccionaron cuatro (4) atributos para la determinación de las AIE del área de estudio (Tabla 3).

#### 6.1.2. Selección de Atributos

Tabla 3.

*Criterios seleccionados para la identificación de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.*

<b>Atributo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Fuente</b>
<b>Coberturas de la Tierra</b>	Shape	1:100.000	IDEAM
<b>Pendientes</b>	Ráster	-	Alaska Satellite Facility
<b>Microcuencas</b>	Shape	1:25.000	Alcaldía de Facatativá
<b>Áreas Protegidas</b>	Shape	1:25.000	Alcaldía de Facatativá

Fuente: Autor.

– **Coberturas de la tierra**

Según el Plan de Ordenamiento Territorial 2002, Facatativá es uno de los municipios de Cundinamarca que conserva su propiedad rural, lo cual ha generado que las acciones administrativas estén encaminada a potencializar la producción agrícola y pecuaria sostenible, teniendo en cuenta la conservación de las zonas definidas para protección de los recursos naturales. Por lo anterior, las coberturas de la tierra fue uno de los atributos seleccionados para la identificación de las AIE para la conservación del recurso hídrico.

Las coberturas se obtuvieron en tipo Shape desde el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC – IDEAM, a una escala 1:100.000 (únicas disponibles), este archivo fue adicionado al programa ArcGis 10.6, se referencio al Sistema de Coordenadas Magna Colombia Bogotá y se recortó al área de estudio (Clip – Analysis Tools), para luego analizar e interpretar las coberturas de la tierra determinadas por el IDEAM (Tabla 4), en el cual se encontraron las siguientes coberturas:

*Tabla 4.*  
*Coberturas de la Tierra del Municipio de Facatativá.*

<b>Cobertura</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>% Cobertura</b>
Tejido Urbano Continuo	474,82	3,07
Tejido Urbano Discontinuo	11,26	0,07
Zonas Industriales o Comerciales	176,11	1,14
Instalaciones Recreativas	80,43	0,52
Hortalizas	25,94	0,17
Cultivos Confinados	672,05	4,34
Pastos Limpios	9369,40	60,55
Pastos Enmalezados	90,70	0,59
Mosaico de Cultivos	374,18	2,42
Mosaico de Pastos y Cultivos	1699,01	10,98
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	51,64	0,33

Cobertura	Área (Ha)	% Cobertura
Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	27,34	0,18
Bosque Denso	146,19	0,94
Bosque Abierto	58,19	0,38
Plantación Forestal	569,79	3,68
Herbazal	103,71	0,67
Arbustal	1332,40	8,61
Vegetación Secundaria	179,62	1,16
Zonas Pantanosas	31,41	0,20
<b>Total</b>	<b>15474,19</b>	<b>100</b>

Fuente: Autor con información cartográfica descargable del SIAC.

Ahora bien, con el fin de dar coherencia en la representación espacial se eliminó el área mínima cartografiable - AMC ( $< 0,16 \text{ km}^2$ ) teniendo en cuenta la escala de trabajo (Ilustración 8), para lo cual se utilizó la herramienta Eliminate (Data Management) (Ver Apéndice h).

Ilustración 8.

*Área Mínima Cartografiable a diferentes escalas.*

Escala	1 cm igual a		1 mm igual a		Área mínima cartografiable (4 x 4 mm)	
	m	km	m	km	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
1:500	5	0.005	0.5	0.0005	4	0.000004
1:1000	10	0.01	1	0.001	16	0.000016
1:2000	20	0.02	2	0.002	64	0.000064
1:5000	50	0.05	5	0.005	400	0.0004
1:10 000	100	0.1	10	0.01	1 600	0.0016
1:20 000	200	0.2	20	0.02	6 400	0.0064
1:25 000	250	0.25	25	0.025	10 000	0.01
1:50 000	500	0.5	50	0.05	40 000	0.04
1:100 000	1000	1	100	0.1	160 000	0.16
1:250 000	2500	2.5	250	0.25	1000 000	1
1:500 000	5 000	5	500	0.5	4000 000	4
1:1000 000	10 000	10	1000	1	16 000 000	16
1:6000 000	60 000	60	6000	6	576 000 000	576

Fuente: (Matoma & Cañas, 2017)

## – Pendientes

La pendiente del terreno es uno de los principales factores geométricos para realizar el análisis de estabilidad del área de estudio (IDEAM, 2012). La construcción del mapa de pendientes se hizo a partir del Modelo de Elevación Digital – DEM satélite Alos Palsar (Tabla 5) que permite obtener modelos con una resolución horizontal de 12,5 metros. Este Raster se cargó en ArcGis en formato .tiff, se referenció al Sistema de Coordenadas Magna Colombia Bogotá y se realizó el recorte para el área de estudio con la herramienta Clip (Analysis Tools), a continuación, se procedió a determinar las pendientes utilizando la herramienta Slope (Raster Surface – 3D analysis Tools) expresadas en grados. Una vez obtenidas las pendientes se hizo la reclasificación de rangos (Ilustración 9) de acuerdo con lo estipulado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Consorcio Río Garagoa & CORPOCHIVOR, 2017) (Ilustración 10).

Ilustración 9.

*Rangos de pendientes (Porcentaje)*

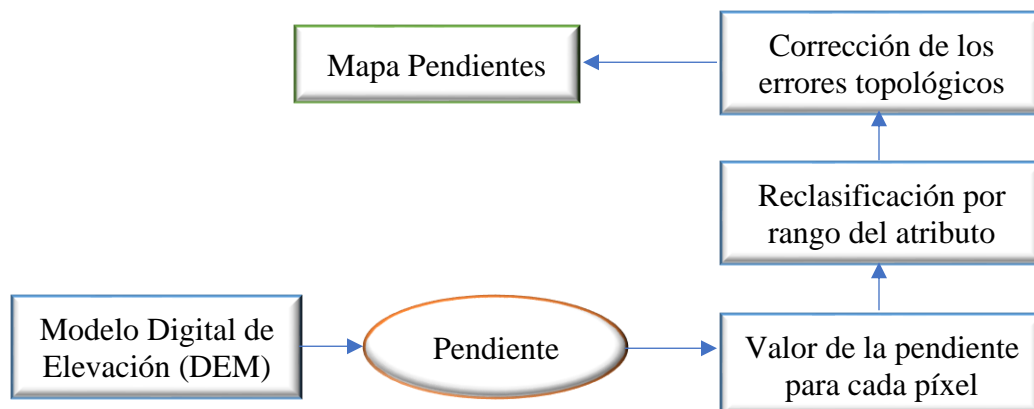
<b>RANGOS (%)</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
0-3	A nivel
3-7	Ligeramente Inclinada
7-12	Moderadamente Inclinada
12-25	Fuertemente Inclinada
25-50	Ligeramente empinada o ligeramente escarpada
50-75	Moderadamente empinada o moderadamente escarpada
75-100	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada

Fuente: *Consorcio Río Garagoa, 2016.*

Reclasificadas las pendientes se modelaron las relaciones geométricas a una mayor precisión y se corrigieron los errores de topología, para lo cual se utilizó la herramienta Align Edge Tools (Select Topology), para finalizar se eliminó el área mínima cartografiable pero esta vez a escala 1:25.000, es decir áreas menores a 0.01 Km<sup>2</sup> (Ver Apéndice i).

Ilustración 10.

*Metodología para determinar las pendientes del Municipio de Facatativá.*



Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 5.

*Características imagen satelital.*

Satélite	Sensor	Operador del satélite	Resolución espacial de la imagen	Ángulo de incidencia	Capacidad de Colección
ALOS	PALSAR	JAXA – Cross Restec	6,25 o 12,5 mts	8°	Escena: 50 km x 70 km

Fuente: Elaboración del autor.

#### – Microcuencas

Para la identificación de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico, uno de los criterios con mayor importancia son los cuerpos de agua que surten los acueductos municipales y distritales, por ello se realizó la identificación de las fuentes abastecedoras de los acueductos pertenecientes al municipio (Tabla 6).

Tabla 6.

*Fuentes abastecedoras de los acueductos de Facatativá.*

Nombre del Acueducto	Vereda	Tipo de fuente abastecedora	Nombre
<b>Asociación de usuarios del servicio de agua potable y alcantarillado vereda Tierra Grata (ASUVEGT)</b>	Tierra Grata el Cruce	Superficial	Q. Colombia

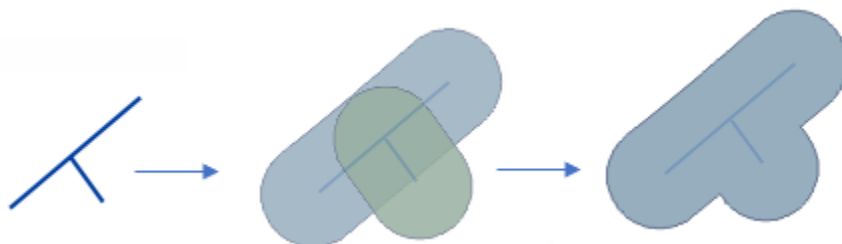
<b>ASUTEMO</b>	Tierra morada	Subterránea	Pozo (Fervan, Dichal)
<b>ASOCIACIÓN USUARIOS ACUEDUCTO VEREDA LA TRIBUNA</b>	La Tribuna PTAP 1	Superficial	Q. El Muña
	La Tribuna PTAP 2	Superficial	Río Botello
<b>ASUBERMEO</b>	Bermeo Paso Ancho Arrayanes Los Moyos	Subterránea	Pozo
<b>USUAR UAS DE MANCILA MORAVIA</b>	San Rafael Medio	Superficial	Q. La Pava
<b>PUENTE PINO MANCILLA KM 46</b>	Sector Moravia	Subterránea	Pozo
	Puente Pino	Superficial	Q. Mancilla
	Mancilla	Superficial	Q. Cerro Negro
<b>Asociación de usuarios del Acueducto y Saneamiento Básico de la Vereda El Prado</b>	Prado alto de Córdoba Prado San Isidro Prado Noruega Prado Juan XXIII	Subterránea	Pozo
<b>ASOPUAVI Aguas de Facatativá</b>	Pueblo Viejo	Subterránea	Pozo (El Alivio)
	Zona Urbana	Superficial	Embalse Gatillo

Fuente: Elaboración del autor.

Una vez identificadas las fuentes abastecedoras se cargó a ArcGis el Shape de rondas hídricas a escala 1:25.000 obtenido por medio de la Alcaldía de Facatativá, con el fin de reconocer las fuentes descritas en la tabla 6 y se referencio al Sistema de Coordenadas Magna Colombia Bogotá.

Ahora bien, según lo establecido en el Decreto 190 de 2004 por medio del cual se define la Ronda Hidráulica como la “Zona de protección ambiental e hidráulica no edificable de uso público, constituida por una franja alrededor de los cuerpos de agua de hasta 30 metros de ancho (cota máxima de inundación), principalmente de manejo hidráulico y de restauración ecológica” (Direcci et al., 2018), se realizó la zona de influencia de 30 metros a las rondas hídricas del municipio, utilizando la herramienta Buffer (Geoprocessing) (Ilustración 11). Por último, se eliminó el área mínima cartografiada a escala 1:25.0000 ( $< 0.01 \text{ Km}^2$ ) (Ver Apéndice j).

Ilustración 11.  
Proceso zona de influencia rondas hídricas.



Fuente: ArcGis Desktop.

### – Áreas Protegidas

El IDEAM establece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP como estrategias de manejo especial para la conservación de los ecosistemas según lo reglamentado por el Decreto 2372 de 2010 (Decreto, 2010). Otras estrategias de manejo especial son las Reservas Forestales establecidas por la Ley 2ª de 1959, Reservas Forestales Protectoras Productoras, la declaración de humedales de importancia internacional RAMSAR, entre otras.

Por lo anterior, se tomaron las áreas protegidas del municipio de Facatativá como un criterio importante para la determinación de las AIE (Tabla 7), además de los humedales descritos en el trabajo “*Caracterización de la avifauna y la flora de los humedales de Facatativá – prioridad para la protección y conservación de los ecosistemas estratégicos*”.

Tabla 7.  
Áreas protegidas de Facatativá declaradas por CAR.

Nombre	Categoría	Área (ha)
Cuenca Alta del Río Bogotá	Reservas Forestales Protectoras Productoras	2900,23
Cuenca Alta del Río Bogotá	Reservas Forestales Protectoras Productoras	459,37
Cuchilla El Chuscal	Distrito de Manejo Integrado	1,10
Peñas el Aserradero	Reservas Forestales Protectoras Productoras	3,70

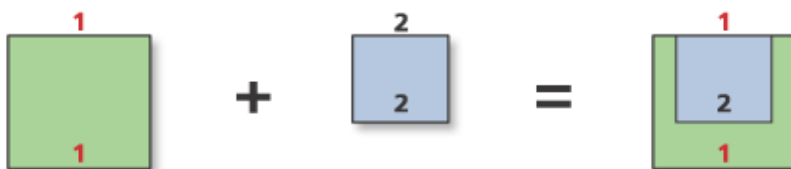
Sector Salto del Tequendama Cerro Manjui	Distrito de Manejo Integrado	106,79
--	------------------------------	--------

Fuente: Elaboración del autor con información de la CAR.

Para la digitalización de los humedales (Apéndice k) se tomaron las coordenadas planas de estos, los puntos se cargaron en Google Earth y se dibujaron utilizando la herramienta “nuevo polígono”, seguido a esto, los polígonos se exportaron en archivo .kmz y se adicionaron en ArcGis con la herramienta KML To Layer (Conversion Tools).

Luego de haber obtenidos los Shapefiles a escala 1:25.000, se referenciaron al Sistema de Coordenadas Magna Colombia Bogotá, se procedió a eliminar el área mínima cartografiable (< 0.01 km<sup>2</sup>) sin tener en cuenta los humedales debido a su importancia para la conservación de ecosistemas y finalmente se realizó la unión de estos dos criterios (Ilustración 12) utilizando la herramienta Union (Analysis Tools) (Ver Apéndice l).

Ilustración 12.  
*Unión de coberturas.*



Fuente: ArcGis Desktop.

### 6.1.3. Categorización de los Criterios

La tabla 8 presenta la categorización de los criterios seleccionados para la determinación de las áreas de importancia estratégica.

Tabla 8.  
Asignación de valores a las variables de estudio.

<b>Criterio/Atributo</b>	<b>Valor Asignado</b>	<b>Justificación</b>
Coberturas de la Tierra	<b>1</b>	
	Cultivos confinados	
	Mosaico de cultivos	
	Instalaciones recreativas	
	Tejido urbano continuo	
	Tejido urbano discontinuo Zonas industriales o comerciales	
	<b>3</b>	
	Bosque denso, Vegetación secundario o en transición, Plantación Forestal, Bosque abierto, Bosque denso, Zonas pantanosas	Según el mapa de uso actual obtenido en este estudio, se asignaron los valores teniendo en cuenta si su uso se puede rehabilitar o es apto a cambios. Dentro del valor 1 se encuentran las coberturas a las cuales no se les puede cambiar su uso actual, las asignadas con el valor de 3 son susceptibles a estos cambios y las categorizadas con el valor de 5 pueden cambiar su uso actual en pro de la naturaleza teniendo en cuenta la normativa vigente sobre el Uso, Manejo y Conservación de Suelos.
	<b>5</b>	
	Mosaico de cultivos con espacios naturales, Mosaico de pastos y cultivos, Pastos limpios, Herbazal, Arbustal, Pastos enmelazados, Mosaico de pastos con espacios naturales	

<b>Criterio/Atributo</b>	<b>Valor Asignado</b>	<b>Justificación</b>
	<b>1</b>	
	Pendientes planas y suaves (0 – 7%)	Los valores para esta variable se eligieron según la “ <i>Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso</i> ” del IGAC, que describe el porcentaje de inclinación aceptable en cada clase de capacidad de uso (IGAC, 2014).
Pendientes	<b>3</b> Pendientes medianas y accidentadas (7 - 35%)	
	<b>5</b> Pendientes fuertes y muy fuerte (35 – 66%)	
	<b>5</b>	El valor máximo de este criterio se determinó teniendo en cuenta el área de amortiguamiento para los ríos, quebradas y cuencas de segundo orden (30 metros), pues este es el área que se interesa proteger de alguna invasión de otros tipos de uso de suelo.
Microcuencas	Ríos, Quebradas y Microcuencas	
	<b>5</b>	El valor dado a las áreas protegidas se determinó teniendo en cuenta que estas áreas son estrategias de manejo especial para la conservación de los ecosistemas.
Áreas Protegidas	Áreas Protegidas y Humedales	

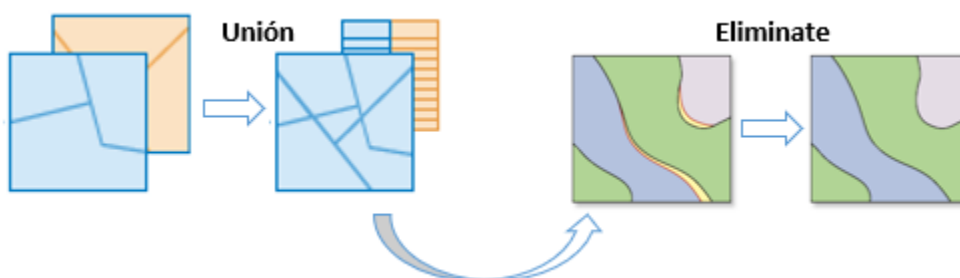
Fuente: Elaboración del autor.

#### **6.1.4. Superposición de capas**

Una vez categorizados los criterios, se procedió a la unión de las capas (Ilustración 13):

- Superposición capa de coberturas con capa de pendientes utilizando la herramienta Union (Analysis Tools). Se elimina el área mínima cartografiable (< 1 ha).
- Superposición capa Cobertura-Pendiente con capa de microcuencas. Se elimina el área mínima cartografiable (< 1 ha).
- Superposición capa Cobertura-Pendiente-Microcuencas con capa de Áreas protegidas. Se elimina el área mínima cartografiable (< 1 ha).

Ilustración 13.  
*Superposición de capas*



Fuente: ArcGis Desktop.

### 6.1.5. Zonificación de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico

Para establecer las AIE para la conservación del recurso hídrico se realizó la zonificación del mapa obtenido, por ello se determinó el promedio de los volares asignados para cada capa (Ecuación 1). Luego de determinar el promedio se zonifico el mapa dividiendo en tres (3) partes iguales (1,67) el rango de los promedios (de 1 a 5), y se les asignó su categoría (Ecuación 2).

$$\text{Promedio} = (VP + VCob + VMc + VAp)/4$$

Ecuación 1. Promedio de valores de los criterios.

$VP = \text{Valor Pendientes}$

$VCob = \text{Valor Cobertura}$

$VMc = \text{Valor Microcuencas}$

$VAp = \text{Valor Áreas Protegidas}$

**Rango 1 (de 1 a 1,67) = Bajo**

**Rango 2 (de 1,68 a 3,34) = Medio**

**Rango 3 (de 3,34 a 5) = Alto**

Ecuación 2. Categorización Mapa de áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.

## 6.2. Paso 2: Identificación de Áreas de Manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental

La identificación de las áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental se basó en una revisión bibliográfica, procesamiento digital y categorización del mapa.

### 6.2.1. Revisión Bibliográfica

De acuerdo con la *“Metodología para la definición de áreas prioritarias para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación, y recuperación de los recursos naturales en la jurisdicción de la CAR”*, como plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Bogotá, se realizó una zonificación ambiental que tuvo como objetivo la planificación del uso y manejo de los recursos naturales renovables, con el fin de restablecer y/o mantener el equilibrio entre los tres componentes del desarrollo sostenible (Ilustración 14) (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011).

Ilustración 14.

*Desarrollo sostenible para la zonificación ambiental.*



Fuente: [Colombiaaprende.edu.co](http://Colombiaaprende.edu.co)

Esta zonificación ambiental se realizó teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

Ilustración 15.

*Clasificación ambiental para el ordenamiento de la cuenca alta del río Bogotá.*

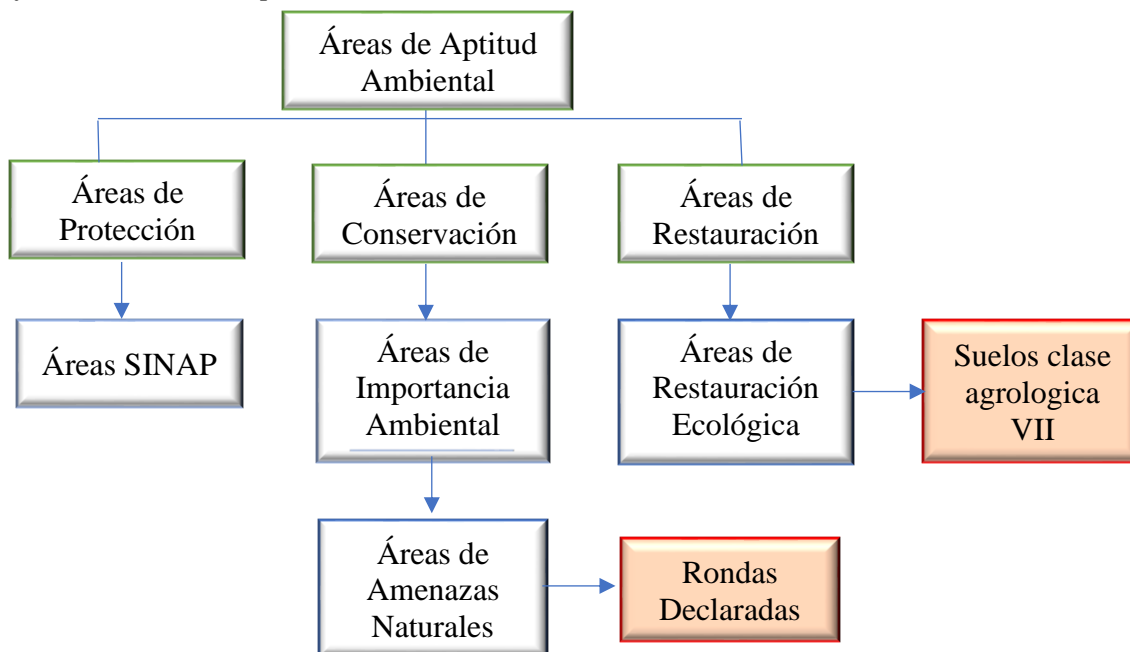
<b>Clasificación</b>
<b>Áreas de aptitud ambiental</b>
Preservación
Conservación
Restauración / Recuperación
<b>Áreas de aptitud de desarrollo socioeconómico</b>
Cualquier categoría

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011)

### **6.2.2. Procesamiento digital**

A través de la base de datos abiertos de la CAR se obtuvo el shapefile de “Zonificación ambiental de la cuenca alta del río Bogotá” a escala 1:25.000, este se cargó a ArcGis y se referenció al sistema de coordenadas Magna Colombia Bogotá. Allí se hizo revisión de la tabla de atributos, en donde se reclasificaron las áreas (Ilustración 15) y se determinó que las áreas de restauración ecológica pertenecen a suelo clase VIII (Agrológicos), estos son suelos que por su importancia ecosistémica para la regulación del recurso hídrico y extrema vulnerabilidad (áreas muy escarpadas) deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas (IGAC, 2014), así mismo las rondas declaradas se describen dentro de las áreas de conservación dándole una mayor importancia para su restauración (Ilustración 16).

Ilustración 16.  
Clasificación áreas de aptitud ambiental.



Fuente: Elaborado por el autor (Ver Apéndice m).

### 6.2.3. Categorización del mapa

La tabla 9 presenta la categorización de los criterios seleccionados para la determinación de las áreas de Manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental.

Tabla 9.  
Asignación de valores a la variable capacidad uso de suelo.

Criterio/Atributo	Valor asignado	Justificación
Capacidad uso de suelo	5 Áreas de Restauración Áreas de Conservación Área de Protección	El área de restauración ecológica (clase VIII), el área de conservación (rondas declaradas) y las áreas de protección se les asignó el valor de 5 ya que estos terrenos no permiten ninguna actividad más que la protección de los recursos.

Fuente: Elaboración del autor.

### 6.3. Paso 3: Determinación de Áreas Prioritarias para rehabilitación ecológica

La determinación de Áreas prioritarias para rehabilitación ecológica se basó en la selección de atributos, categorización de las variables, la superposición de capas y finalmente se realizó la zonificación de estas áreas.

#### 6.3.1. Selección de atributos

Los atributos se determinaron en apoyo al proyecto “*Mapeo de áreas prioritarias para la restauración ecológica en la zona de influencia del centro agrícola cantonal de Oreamuno, Cartago, costa rica*” (Tabla 10), y teniendo en cuenta las AIE para la importancia del recurso hídrico y las áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental identificadas en los objetivos 1 y 2 (Arias Cascante, 2018).

Tabla 10.

*Criterios seleccionados para la determinación de áreas prioritarias para rehabilitar ecológicamente.*

<b>Atributo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Fuente</b>
<b>Área de Importancia Estratégica</b>	Shape	1:25.000	Mapa obtenido en el objetivo 1
<b>Áreas de Conservación y Protección Ambiental</b>	Shape	1:25:000	Mapa obtenido en el objetivo 2
<b>Coberturas de la Tierra</b>	Shape	1:100.000	IDEAM
<b>Pendientes</b>	Ráster	-	Alaska Satellite Facility
<b>Microcuencas</b>	Shape	1:25.000	Alcaldía de Facatativá
<b>Zonas de Riesgo</b>	Shape	1:25.000	POT Facatativá

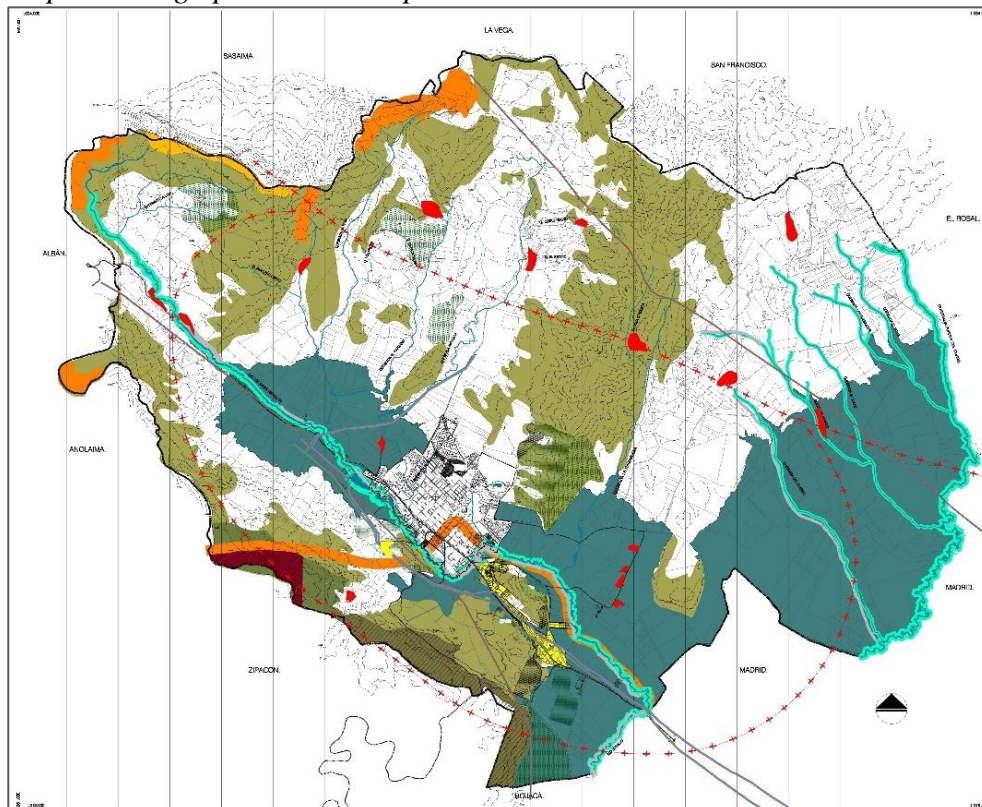
Fuente: Autor.

Una vez identificados metodológicamente los criterios del primer y segundo objetivo, solo queda por determinar las zonas de riesgo del municipio. Para ello se tomo como base el mapa de zonas de riesgo determinado en el POT de facatativa (Ilustración 17), este se cargo al programa y se referencio al Sistema de Coordenadas Magna Colombia Bogota. A continuación, se creo una entidad tipo poligono en la gdb correspondiente, se inicio la edición con la opcion Start Editing

(Editor) y se realizo el dibujo del poligono de las zonas de riesgo (inundación, remosion en masa e incendios forestales) establecidas en el mapa (Ver Apéndice 1).

Ilustración 17.

*Mapa de riesgo para el Municipio de Facatativá.*



Fuente: POT Facatativá 2002.

### 6.3.2. Categorización de las variables

Las variables se categorizaron según lo establecido en las tablas 9 y 11. Para el caso de zonas de riesgo se le asigno el siguiente valor.

Tabla 11.

*Asignación de valores a la variable capacidad uso de suelo.*

criterio/Atributo	Valor asignado	Justificación
<b>Zonas de Riesgo</b>	5	La valoración consistió en el grado de amenaza, en este caso al tratarse de riesgos recurrentes se les asigno un valor de 5.
	Riesgo por Inundación	
	Riesgo por Remoción en Masa	
	Riesgo por Incendios Forestales	

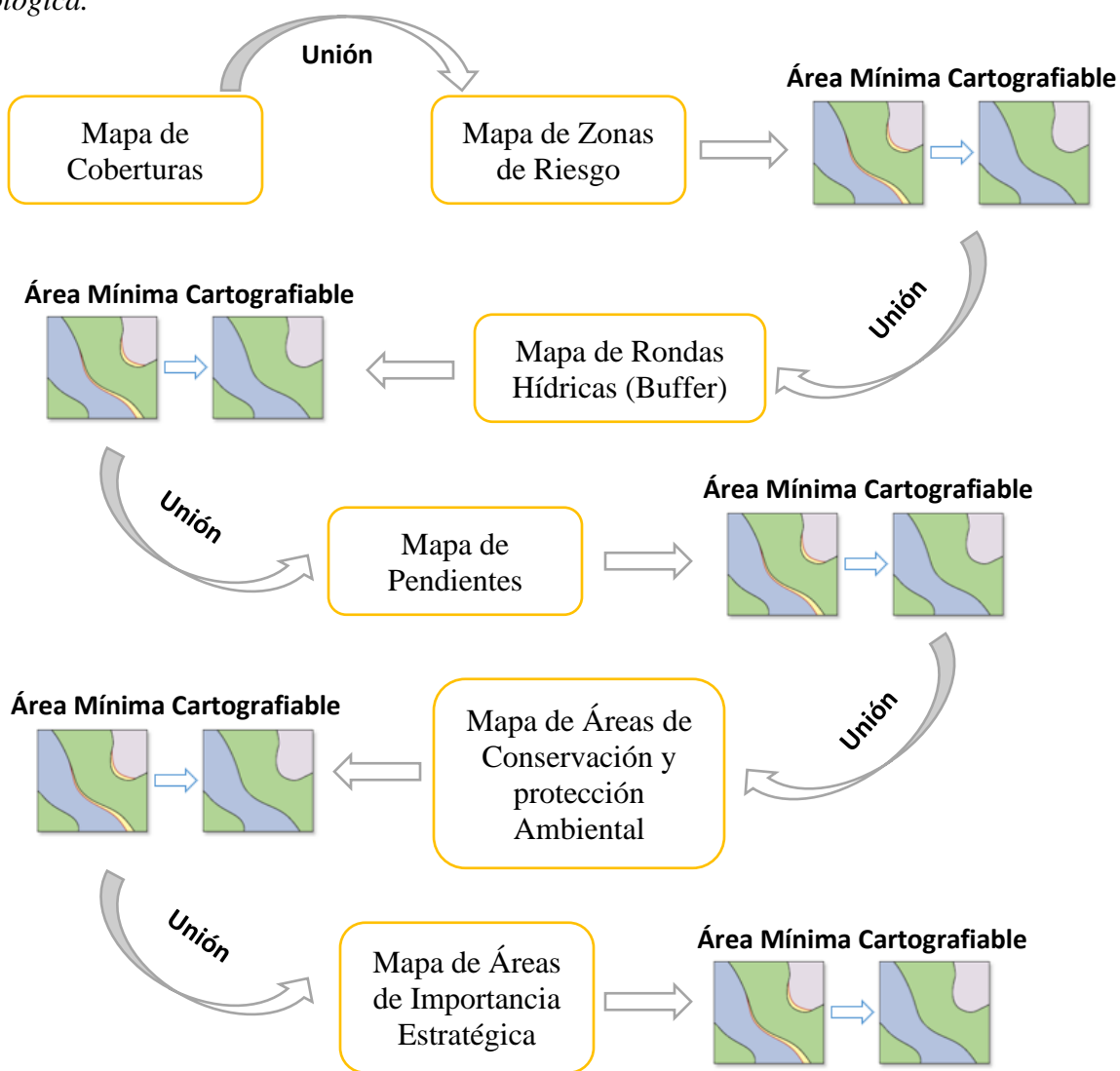
Fuente: Elaboración del autor.

### 6.3.3. Superposición de capas

Una vez categorizados los criterios, se procedió a la unión de las capas teniendo en cuenta la metodología definida en la Ilustración 18. El siguiente diagrama describe de forma gráfica y secuencial el proceso mediante el cual se determinó el mapa de áreas a rehabilitar.

Ilustración 18.

*Diagrama metodológico para la determinación de áreas prioritarias para rehabilitación ecológica.*



Fuente: Elaborado por el Autor.

#### 6.3.4. Zonificación de las áreas prioritarias para rehabilitación ecológica

Una vez obtenido el mapa, se realizó la zonificación de las áreas prioritarias para rehabilitar ecológicamente, para ello se determinó el promedio de los volares asignados para los mapas descritos en la Ecuación 3.

$$\text{Promedio} = (VCob + VZr + VRh + Vp + VCP)/5$$

Ecuación 3. *Promedio de valores de los criterios.*

*VCob = Valor Cobertura*

*VZr = Valor Zonas de Riesgo*

*VRh = Valor Rondas Hídricas*

*VP = Valor Pendientes*

*VCP = Valor Áreas de Conservación y Protección Ambiental*

Este valor se promedió con el obtenido en la Ecuación 1 sobre Áreas de Importancia Estratégica, para determinar el valor promedio general. Finalmente se zonifico el mapa dividiendo en 3 partes iguales (1,67) el rango de los promedios (de 1 a 5), y se les asigno su categoría (Ecuación 4).

*Rango 1 (de 1 a 1,67) = Bajo*

*Rango 2 (de 1,68 a 3,34) = Medio*

*Rango 3 (de 3,34 a 5) = Alto*

Ecuación 4. *Categorización Mapa de Áreas Prioritarias para Rehabilitación Ecológica.*

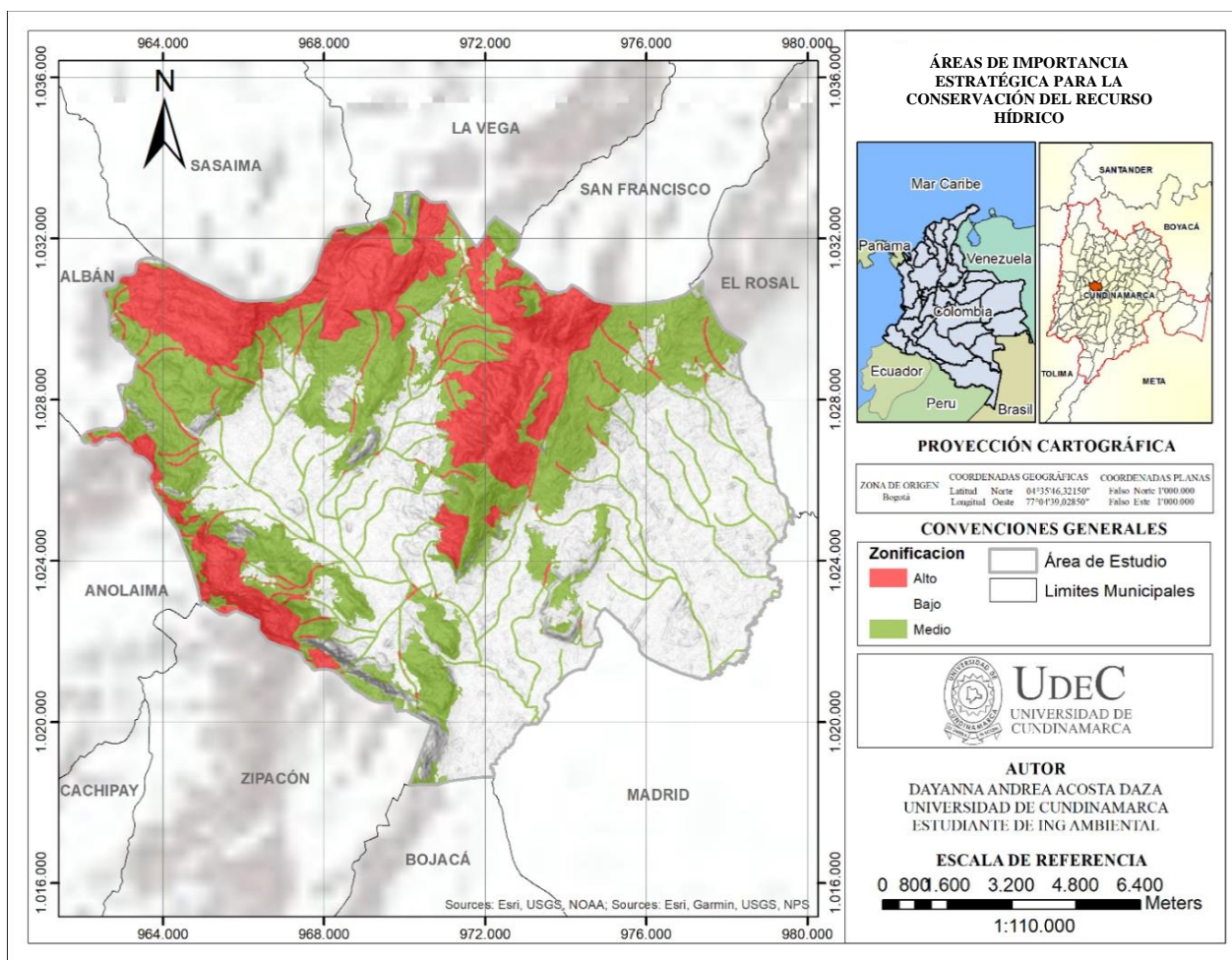
## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### – Áreas de Importancia Estratégica para la conservación del recurso hídrico

Las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico se identificaron de acuerdo con cuatro criterios (coberturas, pendientes, rondas hídricas y áreas protegidas), al realizar la superposición de mapas se categorizaron las zonas según con su importancia ambiental para el recurso hídrico y se logró establecer la jerarquía de prioridad (Ilustración 19).

Ilustración 19.

*Mapa Áreas de Importancia Estratégica para el recurso hídrico.*



Fuente: Elaborado por el autor.

La distribución de áreas según las categorías de priorización determinó que un área de 7019,59 hectáreas tiene una importancia ecosistémica baja o no intervenirle (blanco), un área de 5314,60 hectáreas cuenta con una importancia estratégica media (verde) y un área de 3185,16 hectáreas son de importancia estratégica alta (rojo) lo que corresponde al 21% del área del municipio de Facatativá.

De acuerdo con la tabla de atributos se logró observar que las áreas de importancia estratégica con prioridad alta se encuentran principalmente en las veredas Mancilla, Moyano y La Tribuna; estas zonas presentan pendientes medianas y fuertes (7 – 66%) con un predominio de pastos limpios (Tabla 12) y varios parches de bosque, lo que resulta beneficioso para la conectividad de la parte noroeste del municipio, adyacente a un área protegida que tiene entre sus objetivos la defensa del recurso hídrico en el área de estudio (León, 2019).

Tabla 12.

*Coberturas categoría alta de las AIE.*

<b>Categoría</b>	<b>Coberturas</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>5</b>	Pastos Limpios	3146,43
	Mosaico de pastos y cultivos	3077,79
	Arbustal	3076,89
	Herbazal	3037,45
	Pastos Enmelazados	2593,97
	Mosaico de pastos con espacios naturales	1333,60
<b>3</b>	Plantación Forestal	20,25
	Vegetación secundaria o en transición	4,19
	Bosque Abierto	1,80
	Bosque denso	1,19

Fuente: Elaboración del autor.

Así mismo, se analizó que las fuentes abastecedoras de los acueductos del municipio (Tabla 6) hacen parte de las AIE con prioridad alta, sin embargo, la red hídrica presenta poca conectividad en términos de cobertura vegetal y aunque existen varios parches de bosque, estos presentan un patrón de distribución muy disperso, lo que conlleva a las autoridades ambientales pertinentes a

establecer estrategias que conduzcan al cumplimiento del artículo 111 de la ley 99/93 por el cual el municipio dedicará un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas.

– **Áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental**

Las áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental se determinaron en base a la zonificación ambiental del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Bogotá. Esta zonificación establece las diferentes unidades homogéneas del territorio, las categorías de uso y manejo para cada una de ellas e incluye las condiciones de amenaza identificadas (Cuenca et al., 2017).

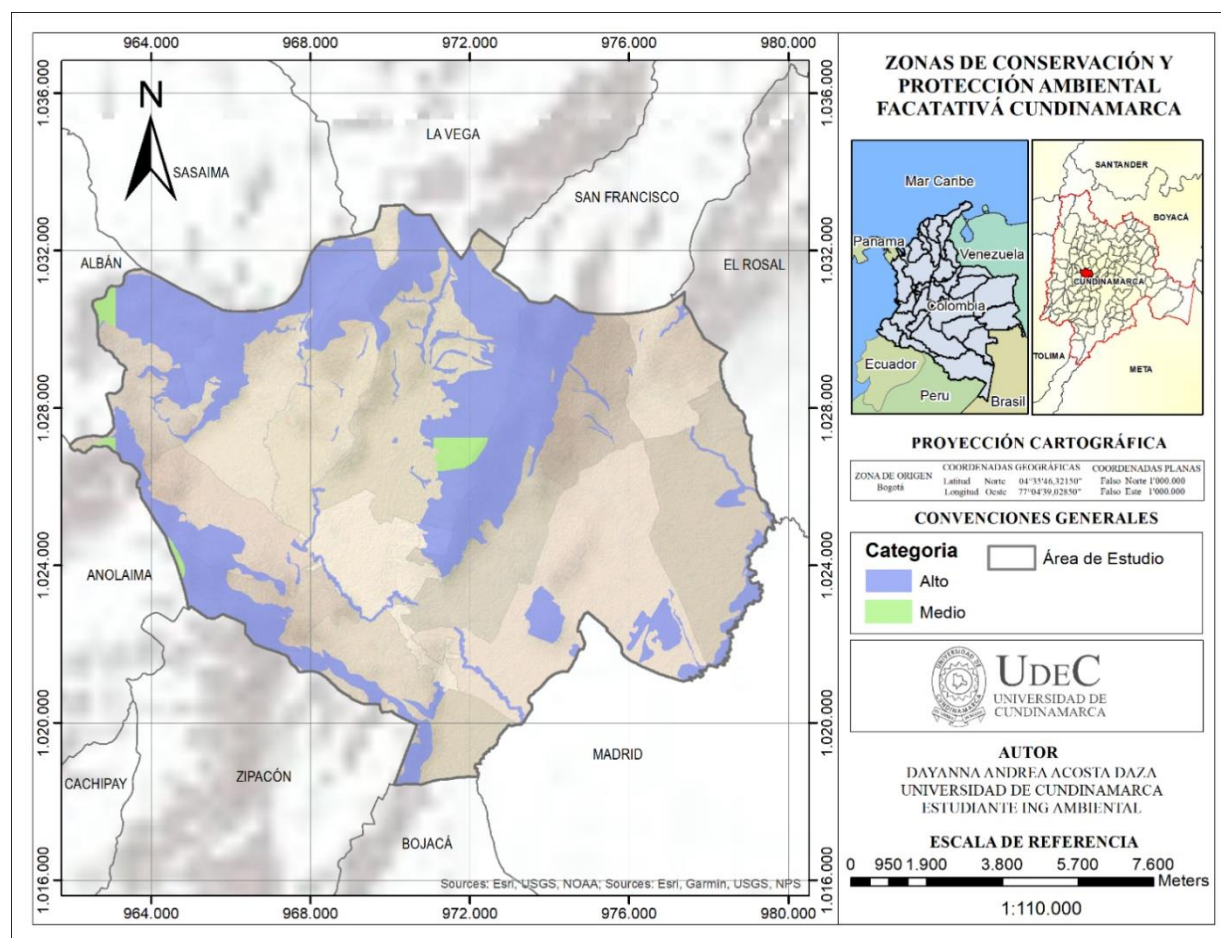
De acuerdo con la Ilustración 21 el municipio de Facatativá cuenta con 2802,25 ha de áreas protegidas, su uso de suelo corresponde únicamente a áreas del SINAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) en las que se relacionan las Reservas Forestales Productoras Protectoras - RFPP (Cuenca Alta de Río Bogotá) y el Distrito de Manejo Integrado - DMI (Cerro de Manjui). Así mismo, cuenta con un total de 9505,05 ha de áreas de conservación, el uso de suelo de estas áreas corresponde a 652,98 ha de áreas de amenaza natural y 8852,06 ha de áreas de importancia ambiental, estas últimas pertenecen a suelos agrologicos Clase VIII, es decir, tierras no aptas para ningún uso agropecuario, puesto que cuentan con fuertes restricciones de clima, estructura del suelo, salinidad o acidez extrema, o drenaje totalmente impedido; estos suelos solo pueden ser utilizados con fines paisajísticos, recreacionales y de conservación (Eugenio, 2015). Por último, se identificaron 4444,73 ha de áreas de restauración, las cuales se determinaron con fines de

restauración ecológica para las rondas hídricas declaradas y áreas de importancia ambiental declaradas (bosque denso y embalse el Gatillo) (Ilustración 20).

Estas áreas se categorizaron con prioridad alta debido a que no permiten ninguna actividad más que la protección y restauración de las áreas más vulnerables de municipio.

Ilustración 20.

*Mapa áreas de manejo ambiental con fines de conservación y protección ambiental.*



Fuente: Elaborado por el autor.

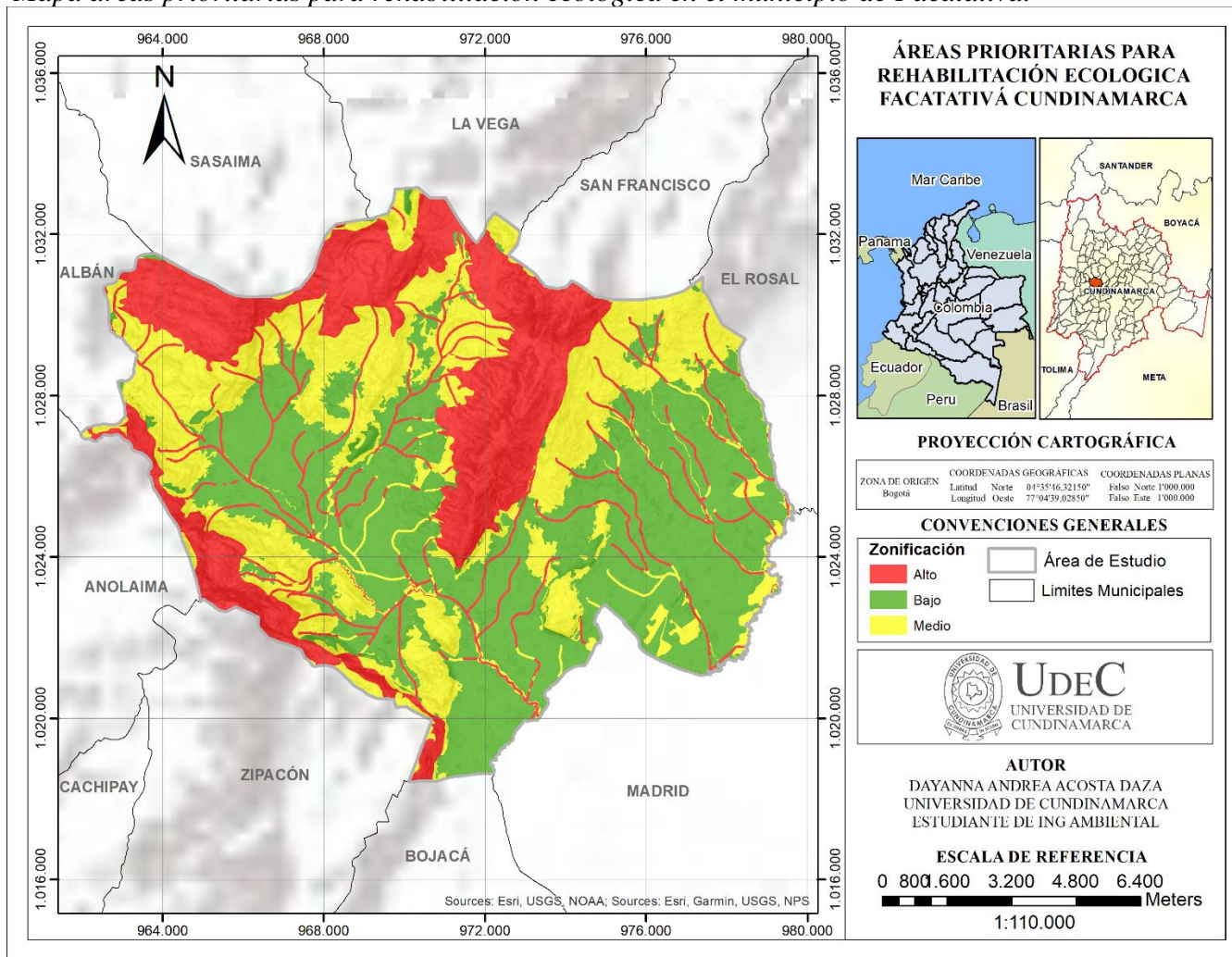
### – Áreas prioritarias para rehabilitación ecológica del municipio de Facatativá

Las Áreas prioritarias para rehabilitación ecológica del municipio de Facatativá se determinaron de acuerdo con seis criterios (coberturas, pendientes, rondas hídricas, zonas de

riesgo, uso de suelo y áreas de importancia estratégica) que se superpusieron para determinar qué áreas se deben intervenir de con mayor prioridad (alto, medio bajo) (Ilustración 22).

Ilustración 21.

*Mapa áreas prioritarias para rehabilitación ecológica en el municipio de Facatativá.*



Fuente: Elaborad por el autor.

Esta priorización determinó que un área de 7289,19 ha no requieren de una intervención ambiental con prioridad (Verde), un área de 8208 ha requieren la implementación de actividades de conservación para minimizar impactos ambientales a largo plazo (Amarillo) y un área de 21,31 ha necesitan ser intervenidas con mayor prioridad (Rojo).

De acuerdo con la Ilustración 21 se puede determinar que las áreas prioritarias a rehabilitar ecológicamente se encuentran principalmente en las veredas Mancilla, Moyano y La Tribuna, estas áreas contemplan toda el área protegida del municipio, así mismo, se visualiza el área de amortiguamiento de las principales rondas hídricas (nacimientos de agua, fuentes abastecedoras de acueductos veredales y humedales). Una vez analizada la tabla de atributos se determinó que estas áreas están compuestas por coberturas de categoría alta y media (arbustal y plantación forestal), con un uso de suelo destinado a restauración ecológica, y pendientes fuertes (35 a 66%), además, abarca el área de importancia estratégica media – alta. Dando como resultado una categoría de intervención alta.

En cuanto a las áreas con priorización intermedia, se determinan coberturas medio – altas (pastos limpios, mosaicos de pastos y cultivos, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque abierto y bosque denso), con pendientes medianas que conducen a zonas de riesgo por remoción en masa al suroeste del municipio. Estas áreas requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos debidas, para disminuir la degradación de los suelos y los procesos erosivos en los mismos.

– **Estrategias de rehabilitación ecológica como recomendación para la planificación ambiental de las áreas identificadas como prioritarias**

De acuerdo con el Biólogo Orlando Vargas de la Universidad Nacional de Colombia, los ecosistemas tienden a regenerarse por sí solos cuando se eliminan los factores tensionantes o las barreras que impiden su regeneración (restauración pasiva); sin embargo, cuando el ecosistema se encuentra muy degradado o su regeneración es muy lenta, es necesario implementar estrategias para ayudarlo en este proceso (restauración asistida) (Vobm & Dp, 2009).

Con el fin de establecer estrategias de rehabilitación ecológica en las zonas más vulnerables del municipio (áreas definidas como prioritarias), se debe establecer un protocolo que sea



Tabla 13.  
*Pasos para la rehabilitación ecológica según Arias Cascante (2018).*

Pasos	Observación
Selección de sitios	<p>Para la selección del área de estudio se recomienda evaluar el estado actual del ecosistema, determinar las zonas de vida de sitio (Clasificación de L. Holdridge), y estudiar los factores limitantes en caso tal de que se pueda recuperar un componente biofísico o eliminar los tensionantes con el fin de permitir una restauración pasiva.</p>
Selección de estrategia de rehabilitación	<p>Si el área a trabajar cuenta con un alto grado de degradación (áreas prioritarias a rehabilitar) se plantean las siguientes estrategias para su restauración:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nucleación de áreas degradadas.</li> <li>2. Plantación de especies nativas en dos técnicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Corredores biológicos.</li> <li>– Sistemas Agroforestales.</li> </ul> </li> </ol>
Selección de especies	<p>La implementación de estrategias de rehabilitación debe tener en cuenta el listado de especies forestales recomendadas para cada sitio (Tabla 14).</p>
Monitoreo	<p>Una vez realizado un proceso de rehabilitación se recomienda realizar un estudio con el fin de establecer los cambios generados por las especies en el suelo restaurado.</p>

Fuente: Modificado y adaptado de Vargas & Díaz 2007.

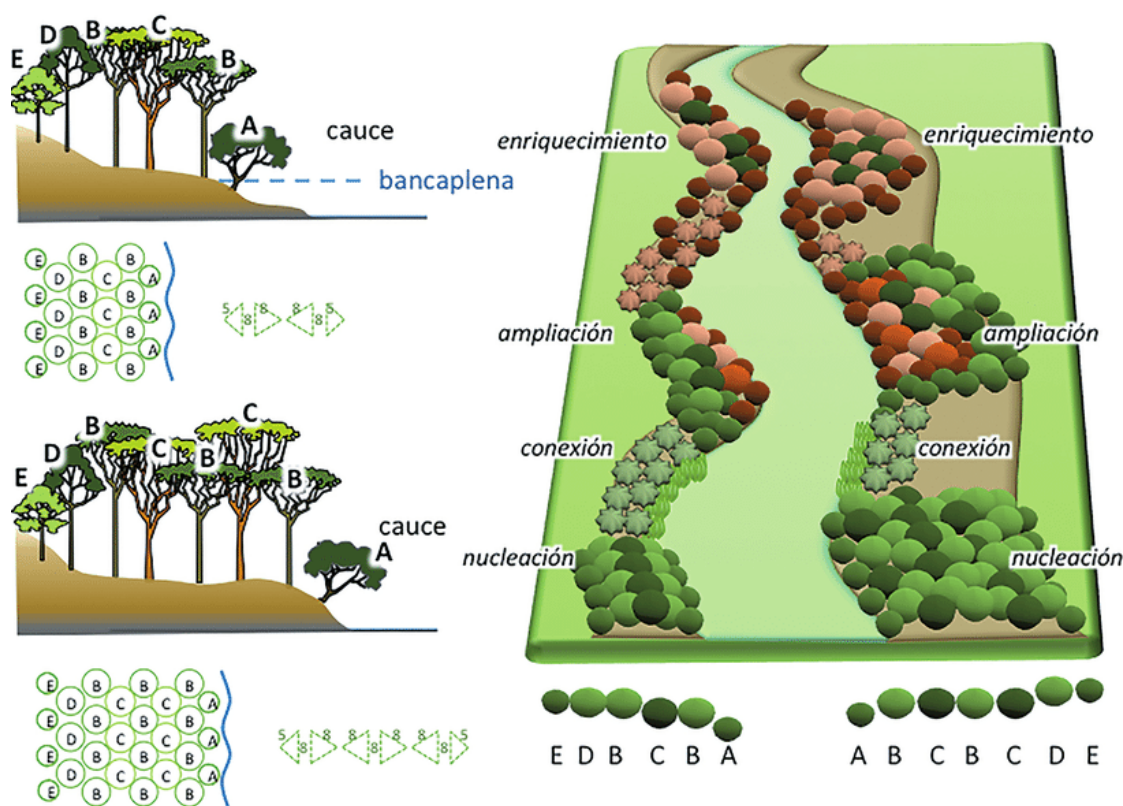
### 1. Nucleación:

La nucleación es un proceso de restauración que consiste en la formación de microhábitats como núcleos que facilitan la llegada de especies de flora y fauna que, en un proceso sucesional, aumentan la probabilidad de las interacciones interespecíficas y la formación de una red interactiva entre los organismos, integrando el ecosistema al paisaje natural que los rodea (Russo, 2001). En otras palabras, es cualquier elemento, biológico o abiótico, capaz de propiciar potencialidades para

formar, nuevas poblaciones a través de la facilitación y creación de nuevos nichos de regeneración/colonización, las cuales generan nuevas situaciones de conectividad en el paisaje (Ilustración 23) (Tres & Reis, 2007).

Ilustración 23.

*Ejemplo modelo de nucleación como propuesta de rehabilitación ecológica.*



Fuente: (Tres & Reis, 2007).

Para que esta estrategia de nucleación sea efectiva, es necesario que los flujos biológicos ocurran en dos sentidos (mecanismo de retroalimentación) (Ilustración 24):

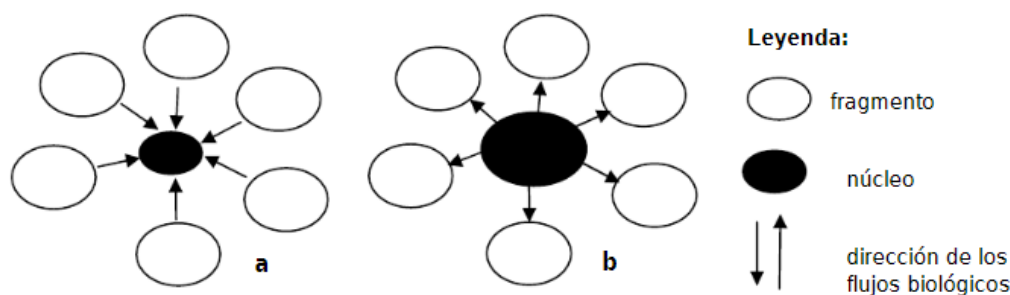
1. **Conectividad local:** La dirección del flujo es de los fragmentos de paisaje para el área a ser restaurada, para ello, se pretende buscar diversos elementos (suelo, semilla, microorganismos, hongos, bacterias, entre otros) dentro de estos fragmentos de paisaje e incorporarlos en las áreas degradadas, dando la formación de un pequeño núcleo de

diversidad, que con el tiempo logra establecer conexiones con las unidades naturales del paisaje (fragmentos, corredores).

2. Conectividad contexto: La dirección del flujo es del área restaurada para el paisaje, una vez el área degradada evolucione, tenga una nueva diversidad y funcionalidad en el paisaje, el núcleo empieza a dar un retorno a los fragmentos de paisaje. En este momento se restaura una red de conexiones esencial para promover la conectividad entre las unidades de paisaje como un todo (Tres & Reis, 2007).

#### Ilustración 24.

*Flujos biológicos del proceso de nucleación.*



Fuente: (Tres & Reis, 2007).

### 3. Plantación de especies nativas:

La plantación de especies nativas busca la creación de comunidades con plantas que se asemejen a la vegetación original, permitiendo la recuperación de algunos servicios ecosistémicos degradados (Cano, I. J. & Zamudio, 2007). Si el disturbio provocó cambios drásticos en el suelo, se contempla la aplicación de nutrientes que puedan generar un rápido crecimiento de la cobertura en estos sitios altamente degradados.

Basado en el estudio *“Propuesta para la implementación de una reforestación protectora en el predio la granja en la vereda valle grande abajo -municipio de Tenza Boyacá”* y *“propuesta del programa ambiental para la reforestación y conservación del medio ambiente en la comunidad*

*rincón de bolonia de la localidad de Usme”* se establecieron las siguientes técnicas de siembra como propuestas de rehabilitación ecológica.

**Opción 1:** Teniendo en cuenta la importancia de los cuerpos hídricos en los ecosistemas, se estableció la reforestación de las rondas de los ríos y quebradas, ya que los remanentes de bosque que se encuentran a lo largo de las rondas, cumplen el papel de corredores biológicos de los sistemas fluviales, facilitando el desplazamiento de fauna silvestre en paisajes fragmentados, lo que resulta fundamental para la biodiversidad y también asegura el intercambio genético y energético a través de una mayor extensión geográfica (García Quiroga & Abad Soria, 2014).

Algunos efectos potenciales de estas áreas de conectividad o corredores biológicos son:

- Facilitan los desplazamientos de la fauna a través de paisajes transformados.
- Favorecen el mantenimiento de mayor riqueza y diversidad de especies nativas en los fragmentos de hábitat.
- Reducen los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad puesto que pueden facilitar la dispersión de muchas especies que precisan cambios en su distribución espacial.
- Proveen de hábitat, refugio y otros recursos necesarios, a numerosas especies silvestres.
- Aumentan la diversidad paisajística.

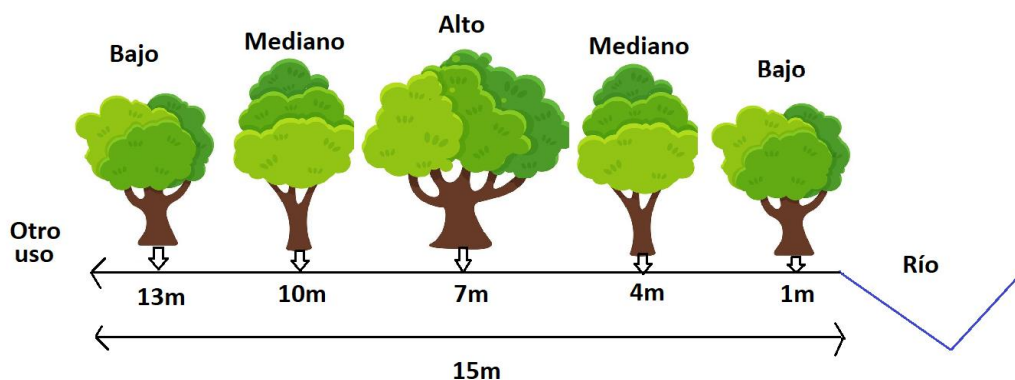
Además, se establece que más allá de la protección aislada de espacios naturales, los corredores son importantes para mantener ecosistemas funcionales y los servicios ecosistémicos que estos brindan (Arias Cascante, 2018).

El autor recomienda utilizar arboles de porte alto, mediano o bajo, que logren formar los tres estratos organizados en cinco filas con una distancia de siembra de 3x3 metros (valor promedio

dado por la ONF) (Ilustración 25) a lo largo del área de protección de 30 metros de las rondas, hasta el inicio de otro uso de la tierra. Esto con el fin de evitar problemas de sombra, goteo o humedad para los cultivos u otros usos de suelo cercanos a las rondas hídricas.

Ilustración 25.

*Propuesta para restauración en la zona de influencia de las rondas hídricas.*



Fuente: Elaborado por el autor.

**Opción 2:** Como segunda opción se establece una combinación de alternativas que permitan articular la conservación y la producción en la misma área a trabajar, por ello, los sistemas agroforestales (SAF) resultan ser una herramienta esencial debido a que conducen al cumplimiento de objetivos como:

- Protección de bosque remanentes.
- Aumento la cobertura de vegetación para mejorar la conectividad entre fragmentos.
- Protección de la biodiversidad.
- Recuperación y conservación de suelos.
- Aumento de la producción de biomasa.
- Almacenamiento de carbono.

De acuerdo con lo anterior, esta opción está definida para terrenos con cultivos o pastos, que no requieren necesariamente de una zona de protección, pero que la implementación de árboles

en hilera en las divisiones internas de los predios, ayudan a diversificar e incrementar la productividad, aumentar la conectividad del paisaje y contribuye a crear una matriz mucho más amigable con el ambiente sin tener que ceder terreno productivo como en otras técnicas (cercas vivas, linderos maderables o cortinas rompevientos) (Arias Cascante, 2018).

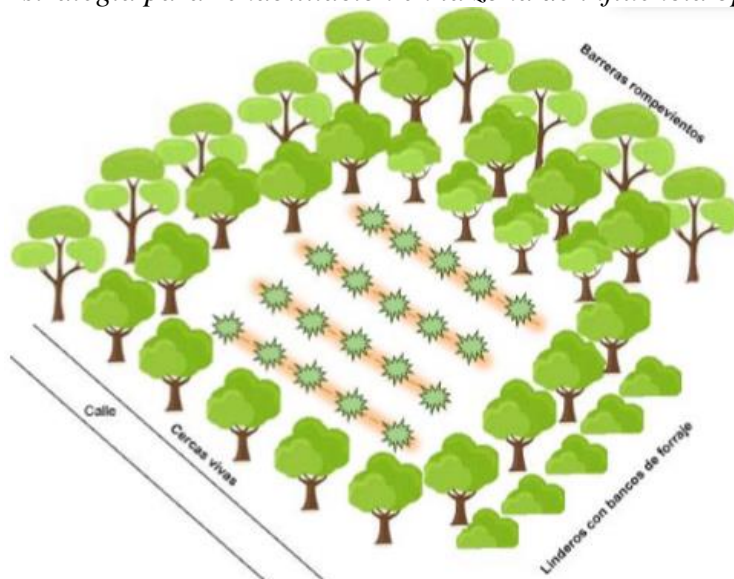
Calle et al (2014) aporta algunas recomendaciones sobre la implementación de sistemas agroforestales que favorecen a la fauna del área de estudio (Ilustración 26):

- Incluir al menos 10 especies de árboles, lo que posibilita y mejora la red de conexiones entre áreas boscosas cercanas a parcelas agroforestales, permitiendo que las especies de fauna hagan cumplimiento de sus ciclos y migraciones (Fernanda & Saborío, 2015).
- Utilizar árboles nativos, incluyendo epífitas y lianas.
- Mantener alturas de 12-15 m, con diferentes estratos a 3 metros cada uno.
- Crear la mayor diversidad posible dentro del SAF.

Estos sistemas se pueden combinar en diferentes alternativas y usos, logrando diversificar la producción y su valor financiero para el propietario.

Ilustración 26.

*Estrategia para rehabilitación en la zona de influencia opción 2.*





Fuente: (Arias Cascante, 2018).

Estas plantaciones además ayudan en la producción agrosilvopastoril sostenible, cuyo objetivo es apoyar actividades de desarrollo sostenible de tipo agrícola, pecuario y forestal con la aplicación de sistemas agroforestales, silvopastoriles y agricultura conservacionista con énfasis en conservación de suelos y aguas en fincas (Arias Cascante, 2018).

Ahora bien, teniendo en cuenta la “*Propuesta de reforestación como alternativa para la conservación de áreas de interés estratégico en la vereda Cuatro Esquinas del municipio de Facatativá, Cundinamarca*” (U. del Bosque, 2019), se describen las especies gramíneas, forestales y arbustivas propuestas para la rehabilitación de las áreas con prioridad alta, seleccionadas debido a que son especies nativas que tienen características propicias para esta propuesta de rehabilitación, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del área de estudio, el tipo de suelo y el potencial de adaptación de las especies para favorecer su óptimo desarrollo.

Tabla 14.

*Inventario de especies propuestas para rehabilitación ecológica.*




Nombre común / Especie	Estrato	Imagen
<p><b>Alcaparro Gigante</b> <i>cassia velutina</i></p>	<p>Árbol</p>	
<p><b>Aliso</b> <i>alnus jorullensis</i></p>	<p>Árbol</p>	

Nombre común / Especie	Estrato	Imagen
<b>Angelito</b> <i>monochoetum myrtoideum</i>	Arbusto	
<b>Arboloco</b> <i>polymnia pyramidalis</i>	Árbol	
<b>Cajeto</b> <i>drimys granadensis</i>	Árbol Mediano	
<b>Caucho Sabanero</b> <i>soatensis</i>	Árbol	

---

Nombre común / Especie	Estrato	Imagen
<b>Chite</b> <i>chusquea sp</i>	Arbusto	
<b>Cororno</b> <i>xylosma spiculifera</i>	Árbol	
<b>Dividi</b> <i>caesalpinia spinosa</i>	Árbol	
<b>Roble</b> <i>quercus humboldti</i>	Árbol	

---

Nombre común / Especie	Estrato	Imagen
<p data-bbox="264 380 529 468"><b>Sauco</b> <i>sambucus peruviana</i></p>	<p data-bbox="760 411 857 443">Arbusto</p>	
<p data-bbox="269 726 524 814"><b>Siete Cueros</b> <i>tibouchina lepidota</i></p>	<p data-bbox="711 747 906 779">Árbol Mediano</p>	
<p data-bbox="256 1068 537 1157"><b>Tibar</b> <i>escallonia paniculata</i></p>	<p data-bbox="760 1098 857 1129">Arbusto</p>	

Fuente: Elaborado por el autor.

## 8. CONCLUSIONES

- Se estableció una ruta metodológica con el fin de determinar las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico del municipio de Facatativá, teniendo en cuenta la relación entre las coberturas-pendientes con áreas protegidas y fuentes abastecedoras de los acueductos veredal a una escala municipal.
- Las fuentes abastecedoras de los acueductos municipales y veredales hacen parte de las áreas prioritarias a rehabilitar ecológicamente.
- La clase agrologica VII (suelos destinados a la conservación y recuperación ambiental) coinciden con la zonificación ambiental del POMCA del rio Bogotá, en cuanto a las áreas de protección, conservación y restauración ecológica del municipio.
- Con este proyecto se generó cartografía para el área de estudio que se puede utilizar como herramienta en la toma de decisiones sobre el manejo de recursos naturales y recuperación de los servicios ecosistémicos principalmente en las veredas Mancilla, La tribuna y Moyano.
- Los SAF (sistemas agroforestales) como propuesta de rehabilitación, es una alternativa que muchos autores recomiendan implementar para controvertir los problemas de degradación, sin embargo, es un sistema de poco interés para las entidades ambientales territoriales.
- La combinación de estrategias de rehabilitación con especies nativas ofrece nuevas alternativas de sostenibilidad ecosistémica, por su recuperación de áreas degradadas, restauración y protección de suelos, conservación y protección de la fauna, fijación de CO<sub>2</sub> para mitigar el efecto invernadero, entre otros.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una segunda fase de ejecución al plan de rehabilitación propuesto para este proyecto, que inicie con el estudio de la incidencia de los predios de conservación ya obtenidos por el municipio (18 predios) para la implementación de estrategias de rehabilitación ecológica y que concluya en la adquisición de predios que se encuentren dentro de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico, de acuerdo con lo establecido el marco jurídico del país (Ley 99/93 art. 111).
- Se recomienda a la entidad competente hacer actividades de educación ambiental, con el fin de analizar con cada propietario sobre las capacidades y limitaciones de su terreno para que el uso este conforme a lo estipulado en la ley.
- Se recomienda al municipio promover acciones de protección y conservación de los recursos naturales que estén articuladas con lo formulado en la sentencia del río Bogotá para la descontaminación de la cuenca hidrográfica y evitar la contaminación a futuro.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Achicanoy, J. A., Rojas-Robles, R., Sánchez, J. E., Rosales, A., & Lamprea, F. (2018). *Zonificación de las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del P.O.T en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: Caso Municipal de Zipaquirá*. *Gestión y Ambiente*, 21(1), 62. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.68285>
- Arias Cascante, J. (2018). *Mapeo de áreas prioritarias para la restauración ecológica en la zona de influencia del centro agrícola cantonal de Oreamuno*, Cartago, Costa Rica, 2018.
- Bermúdez, R. M. R. (2010). *Fortaleza De Piedra*. 1–211.
- Borda, R.P., M.-S., & S., W. (2010). Pagos por Servicios ambientales en marcha: la experiencia en la microcuenca de chaina, Departamento de Boyacá, Colombia. *Pagos Por Servicios Ambientales En Marcha: La Experiencia En La Microcuenca de Chaina*, Departamento de Boyacá, Colombia. <https://doi.org/10.17528/cifor/003339>
- Bosque, U. El. (2019). *Propuesta de reforestación como alternativa para la conservación de áreas de interés estratégico en la vereda Cuatro Esquinas del municipio de Facatativá , Cundinamarca*.
- Camacho, S., & Galeano, S. (2015). *Procesos de restauración ecológica: Prespectivas y alcances de su implementación en el Distrito Capital*. 96.
- Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2012). *Marco Conceptual Y Clasificación De Los Servicios Ecosistémicos*. *Bio Ciencias*, 1, 3–15. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19/17>
- Cano, I. J. & Zamudio, N. (2007). *Ausencia de articulación social en los proyectos de restauración ecológica*. In *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*.
- Car. (2014). *Sentencia Río Bogotá*.
- Caro, C. I., & Torres, M. A. (2015). *Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas*. *Orinoquia*, 19(2), 237. <https://doi.org/10.22579/20112629.338>
- Chávez. (2018). *El Concepto de Riesgo*. *Recursos Naturales y Sociedad*, 4(1), 32–52. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2018.04.04.01.0003>
- Collazos, Sergio, Ordoñez, J. (2013). *Caracterización De La Avifauna Y La Flora De Los Humedales De Facatativá Prioridad para la protección y conservación de los ecosistemas estratégicos*. 1, 1–119.
- Concejo, E., Santiago, M. D. E., Políticas, E. Y., Orientan, Q. U. E., & Ordenamiento, E. L. (1998). *" Por Medio Del Cual Se Adopta El Plan De Ordenamiento Territorial Del Municipio De*

*Santiago De Cali " Ordenamiento Territorial Del Municipio De Santiago (Vol. 069, Issue 069).*

Consortio Río Garagoa, & CORPOCHIVOR. (2017). *Actualización POMCA Río Garagoa*. 100, 1–14. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5c1a9ff24fef0.pdf>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2011). *Metodología para la definición de áreas prioritarias para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales en la jurisdicción de la CAR*.

Cuenca, L. A., Río, D. E. L., Sur, C., & Zonificación, P. Y. (2017). *Fase De Prospectiva Y Zonificación*. 322.

Decreto. (2010). 2372 De 2010. *Diario Oficial No. 47.757*, 23. [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec\\_2372\\_2010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf)

Direcci, L. A., Gesti, D. E., Secretar, A. D. E. L. A., En, D. D. E. A., Ley, D., Distrital, D., & Distrital, D. (2018). *Por medio de la cual se aprueba la modificación del curso del río tunjuelo, se delimita su corredor ecológico de ronda y se toman otras determinaciones*. 1–64.

Eugenio, L. (2015). *Las clases agrológicas no son un instrumento adecuado para definir la capacidad de uso del suelo a condiciones andinas*. 1–7.

Felipe Pérez, B. (2016). *La degradación ambiental, el cambio climático y las migraciones. Encrucijadas: Revista Crítica de Ciencias Sociales*, 11(11), 2.

Fernanda, M., & Saborío, C. (2015). *Agroforestería Y Biodiversidad*. 30, 59–62.

García Quiroga, F., & Abad Soria, J. (2014). *Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia)*. *Observatorio Medioambiental*, 17(0), 253–298. [https://doi.org/10.5209/rev\\_obmd.2014.v17.47194](https://doi.org/10.5209/rev_obmd.2014.v17.47194)

Hechavarría. (2013). *Determinación De Áreas Estratégicas Para El Abastecimiento Hídrico De La Zona Urbana Del Municipio De Ortega-Tolima A Través De Arcgis 10.2.2*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

IDEAM. (2012). *Metodología Para La Zonificación De Susceptibilidad General Del Terreno a Los Movimientos En Masa*. Bogotá, 1(20), 3527110–3527160. [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

IGAC. (2014). *Metodología Para La Clasificación De Las Tierras Por Su Capacidad De Uso Grupo Interno De Trabajo Levantamiento De Suelos*. [http://sofigac.igac.gov.co/files/mod\\_documentos/documentos/M40100-02-14\\_V2/M40100-02-14\\_V2\\_Para\\_la\\_clasificacion\\_de\\_las\\_tierras\\_por\\_su\\_capacidad\\_de\\_uso.pdf](http://sofigac.igac.gov.co/files/mod_documentos/documentos/M40100-02-14_V2/M40100-02-14_V2_Para_la_clasificacion_de_las_tierras_por_su_capacidad_de_uso.pdf)

José Borrero Navia, L. (2014). *Adquisición De Predios Estratégicos Para La Conservación Del*

*Agua Para Los Acueductos Municipales*. Centro de Asistencia Legal Ambiental - CELA FUNDACION, 1. <https://doi.org/10.4324/9781315853178>

Ledezma, M., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O., González-Tagle, M. A., & Molina Guerra, V. M. (2016). *Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(2), 94–105. <http://reibci.org/publicados/2016/jun/1600108.pdf>

León, Y. (2019). *Análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco , Costa Rica : conectando el bosque para proteger el agua Analysis of Forest Fragmentation and Connectivity in the Sub-Basin of the Tapezco River , Costa Rica : Connecting*. *Cuadernos de Geografía*, 28(1), 103. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.67969.1>

Luis Fernando Osorio, D. V. S. (2016). *Biodiversidad Y Servicios Ecosistémicos*. *Colombia Forestal*, 19(1), 5–8. <https://doi.org/10.14483/2256201X.11043>

Matoma, J., & Cañas, J. A. (2017). *Interpretación de Coberturas de la Tierra y Análisis Multitemporal para el Área de Compensación Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico de El Quimbo*. 116. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/11349/6205>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración*. In Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_RESTAURACIÓN\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACIÓN_2.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. (1993). *Ley 99 De 1993*. *Diario Oficial*, 41146, 44. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mola, I., Sopena, A., & de Torre, R. (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Fundación Biodiversidad Del Ministerio Para La Transición Ecológica, 77.

Municipio De Facatativá. (2019). *Plan municipal para la gestión del riesgo de desastres*. 153.

Naciones Unidas/CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Publicación de Las Naciones Unidas, Mayo, 50. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

PROFEPA. (2013). *Introducción en áreas naturales protegidas*.

Rodríguez, A., Fernando, W., & Torres, C. (2013). *Gestión Ambiental Del Riesgo*. [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/gestion\\_riesgos/Gestion\\_del\\_Riesgo/Modulos/Modulo\\_V\\_260913\\_CAM\\_Alta.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/gestion_riesgos/Gestion_del_Riesgo/Modulos/Modulo_V_260913_CAM_Alta.pdf)

Rodríguez, J., González, X., & Arias, P. (2011). *Cartografía de usos del suelo por fotointerpretación mediante Sistemas de Información Geográfica ( SIG ): análisis comparativo de los sistemas ráster y vectorial*. *Ponferrada*, 11, 1513–1523.

- Russo, R. (2001). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. 669.
- Salamina, M. De, & Soporte, D. De. (2001). *Plan De Ordenamiento Territorial*. 12, 1–166. [http://www.salaminacaldas.gov.co/apcafiles/31306330656366386466613663633537/PLAN\\_DE\\_ORDENAMIENTO\\_TERRITORIAL.pdf](http://www.salaminacaldas.gov.co/apcafiles/31306330656366386466613663633537/PLAN_DE_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL.pdf)
- Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente. (2017). *Caracterización y diagnóstico de las cuencas hídricas del municipio de Facatativá*.
- Sostenible, M. de A. y D. (2013). *Decreto Numero 0953*. 1–8.
- Tres, D. R., & Reis, A. (2007). *La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje*. II Simposio Internacional Sobre Restauración Ecológica, II, 11.
- Vanegas, A. J. G. (2014). *Aportes a la Rehabilitación Ecosistémica de Áreas Riparias con Énfasis en Calidad de Suelos y Producción Dendroenergética por Medio de Arreglos Agroforestales en Zonas Ganaderas del Piedemonte Llanero*. 171.
- Vobm, K., & Dp, F. E. V. (2009). *Los pasos Fundamentales En La Restauración Ecológica*. Universidad Nacional De Colombia, 17–29. <https://doi.org/978-958-719-741-9>

## 11. APÉNDICE

Apéndice a.

*Distribución Zona Urbana Municipio de Facatativá.*

<b>Distribución</b>	<b>Barrios</b>
Área Funcional Borde Sur	San Cristobal, Villas de Manjui, Villa Alba, Girardot, La Rivera, Brasilia, Rincón de Faca, Santo Domingo, Villa Riviera, San Benito, Villa Rosita, San Carlos, El Eden, Villa Nueva, Las Mercedes, La Paz, La Pepita, Los Monarkas, Sauzalito, La Convención, El Paraiso, Juan XXII, Portofino, Maria Fernanda, Torres de San Carlos.
Área Funcional Centro	Chapinero y Centro.
Área Funcional Grandes Zonas Verdes	San Rafael Sector II, Simón Bolívar, Juan Pablo II, El Bosque, Siete de Agosto, Dos Caminos, Nueva Holanda, Cóndor Dos Caminos, El Triunfo, La Arboleda, María Angélica, Las Piedras, La Campiña, Villa Ferroviaria, Villa del Prado, San Agustín, San Rafael, Chapinero, El Diamante, Las Lajas, La Esperanza, Los Llanitos, Portal de María, Mirador de la Arboleda, Monteclaro, A.V.C Nuevo Milenio, Villa Valentina, Villa Andrea, San Gerónimo, Zambrano.
Área Funcional Occidente	Berlín, Llano del Tunjo, El Llanito, Santa Isabel, Omnicentro, Llano Popular, Villa Ivonne, Nuevo Copihue, Copihue, Los Cerezos, Pensilvania, Tisquesusa, Maria Paula (Villas del Norte), Maria Paula, Maria Paula (Santa Clara), Los Molinos, Los Robles,

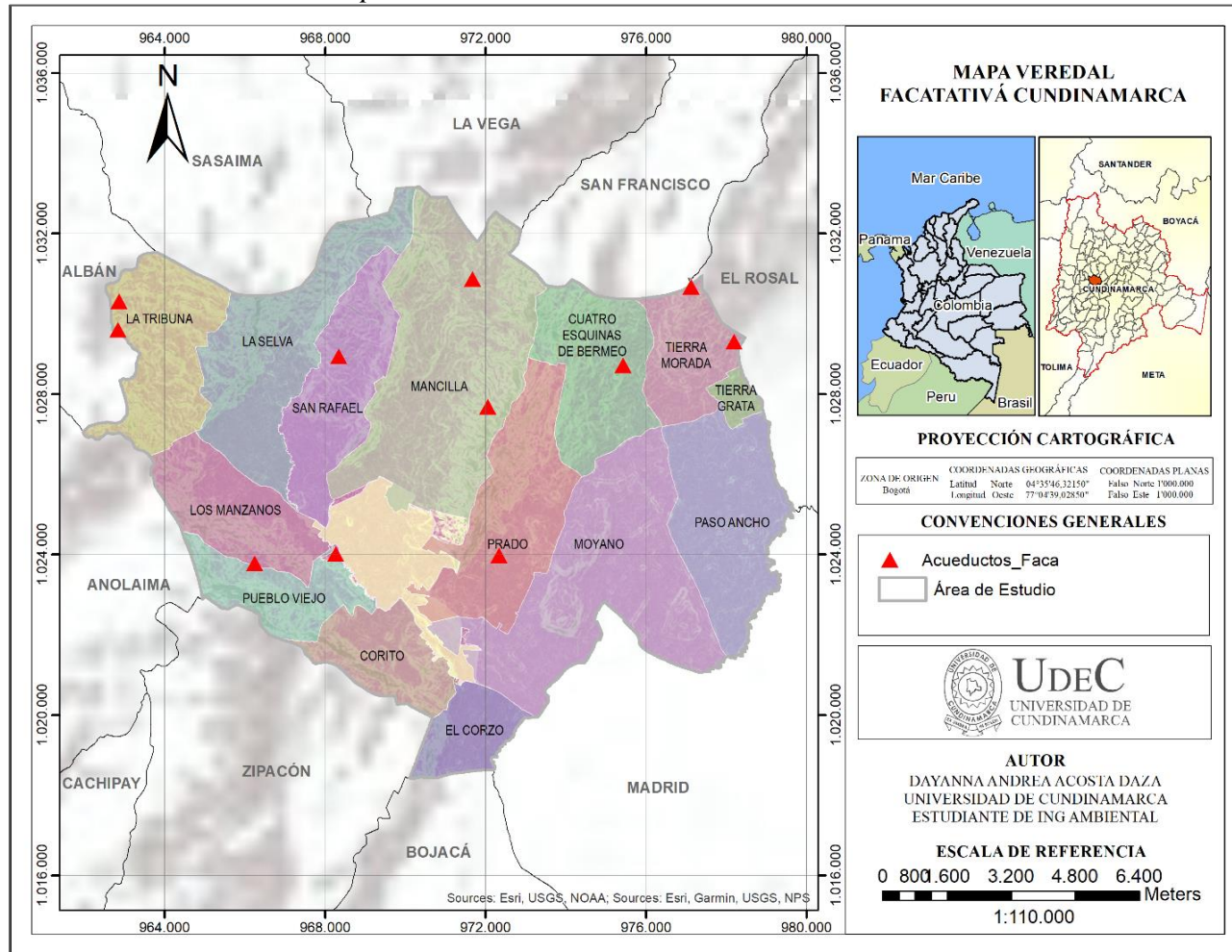
	Chicuaza, Villa Olimpica, Buganvilleas, Alamos, Porvenir, Gibraltar, Remanso del Cacique, La Concepción, San Pedro, Los Laureles, Las Quintas, San Pedro Claver, Berlin II, Las Acacias, Santa Helena, San Juan, Abelardo Forero, Atalaya del Tunjo, Reserva del Llano, Tulipanes, Girasoles, Geranios, Tierra Linda, La Unión, El Manantial.
Área Funcional Periferia Urbana	Chico II, Cadiz, La Florida, Villa Carolina, Villa Carlota, El Jardín, Los Monarcas, El Prado, El Triángulo, Manablanca Sector IV, Manablanca Sector II, Las Palmas, Las Lomas, Mirador Manablanca, Chicó I, Cóndor Manablanca, Manablanca Sector III, Villa del Río, El Portal, La Resebera, Cartagenita, San Antonio Alto, San Antonio Bajo, Altillos del Chicó.
Área Funcional Residencial Tradicional	Villa Sajonia, Diurba, Versailles, Arbeláez, Santa Rita, San Jose, Santa Rosa, La Esmeralda, Los Olivos, Zambrano, Chapinero, Centro, Daniel Ortega

Fuente: Alcaldía Municipal, Nuestro Municipio, Mapas y Territorios

(<http://www.facatativacundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio-mapas-y-territorios>).



## Apéndice c.

*Distribución Veredal Municipio de Facatativá.*

Fuente: Elaborado por el autor.

## Apéndice d.

*Condiciones climáticas mensuales para Facatativá, (Estación IDEAM – Base aérea Madrid) estación.*

<b>Rio Botello (Los Andes)</b>	Quebrada la Pava
	Quebrada Los Micos
	Quebrada los Manzanos
	Quebrada Mancilla
	Quebrada El Vino
<b>Rio Subachoque</b>	Quebrada la Yerbabuena
	Quebrada El Hoyo
	Quebrada el Soche
	Quebrada Bermeo
	Quebrada El Chircal

Fuente: (Municipio De Facatativá, 2019)

## Apéndice e.

*Usos de suelo Facatativá.*

Nº	DENOMINACION	USO DEL SUELO	ÁREA TOTAL
I	AREA DE EXPANSION BERLIN	Vivienda Comunitaria.	6.44 Has
II	AREA DE AMORTIGUACION VIAL Y AMBIENTAL, PARQUE LINEAL TRANSVERSAL 15	Recreativo Espacio Público Efectivo.	1.62 Has
III	AREA DE EXPANSION VIA AL ROSAL	Institucional y Comercial, Cultural, turística y recreativa.	27.12 Has
IV	AREA DE EXPANSION BARRIO LA ARBOLEDA	Vivienda de Interés Social (Banco de Tierras Municipal) Espacio Público Efectivo.	16.20 Has
V	AREA DE EXPANSION PARQUE URBANO SAN RAFAEL	Recreativo Espacio Público Efectivo.	10.66 Has
VI	AREA DE AMORTIGUACION VIAL Y AMBIENTAL CERRO MANABLANCA	Protección.	7.97 Has
VII	AREA DE EXPANSION DE SERVICIOS DE ALTO IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Servicios Técnicos Especializados.</li> <li>o Servicios automotores y venta de combustible.</li> <li>o Servicios de mantenimiento, reparación e insumos a vehículos.</li> </ul>	3.99 Has
VIII	AREA DE EXPANSION EL JARDIN	Vivienda de Interés Social (Banco de Tierras Municipal).	4.12 Has
IX	AREA DE EXPANSION BARRIO MANABLANCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Vivienda Básica Social (Banco de Tierras Municipal)</li> <li>o Vivienda de Interés Social (Banco de Tierras Municipal) Áreas recreativas y equipamiento urbano</li> <li>o Legalización Sector San Antonio.</li> </ul>	24.36 Has
X	AREA DE EXPANSION CALLE 15	Vivienda, Recreativo e Institucional.	37.44 Has

Fuente: (Concejo et al., 1998).

Apéndice f.  
Fauna de Facatativá.

<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>Mamíferos</b>	Armadillo	<i>Dasyopus novemcinctus</i>
	Borugo	<i>Agouti taczanowsii</i>
	Guache, Cusumbo	<i>Nasuela olivacea</i>
	Murciélagos	<i>Sturnira</i> sp.
	Perezoso	<i>Choloepus didactyla</i>
	Zorro	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>
	Ardilla	<i>Sciurus granatensis</i>
<b>Aves</b>	Alverjero	<i>Pheucticus ludovicianus</i>
	Atrapamoscas Sabanero	<i>Tyrannus tyrannus</i>
	Buho Cucurrucu	<i>Otus choliba</i>
	Carbonero	<i>Diglossa humeralis</i>
	Carbonero Hombro Blanco	<i>Diglossa albilatera</i>
	Cardenal Pico de Plata	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>
	Chirlobirlo	<i>Sturnella magna</i>
	Chisga	<i>Spinus psaltria</i>
	Clarinero	<i>Anisognathus igniventris</i>
	Colibri Brillante	<i>Colibri coruscans</i>
	Colibri Raqueta	<i>Coeligena torquata</i>
	Copeton común	<i>Zonotrichia capensis</i>
	Cucarachero	<i>Troglodytes aedon</i>
	Gallina Ciega	<i>Caprimulgus longirostris</i>
	Gavilan Ratonero	<i>Butteo</i> sp.
	Pava de Monte	<i>Penelope montagnii</i>
	Lechuza Blanca	<i>Tyto alba</i>
	Mirla Blanca	<i>Mimus gilvus</i>
	Mirla Negra	<i>Turdus fuscater</i>
	Paloma Torcaza	<i>Colomba fasciata</i>
Perdiz	<i>Colinus cristatus</i>	

<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre científico</b>
	Semillero	Oryzobonus sp.
	Tingua Azul	Porpgirio martinica
	Toche	Icterus chrysater
<b>Peces</b>	Capitan Sabanero	Eremophilus mutisii
	Guapucha	Grundulus bogotensis
<b>Anfibios</b>	Rana Verde	Hyla labialis
<b>Reptiles</b>	Culebra Sabanera	-
	Lagartija Común	Anolis carolinensis
	Lagartija Verde	-

Fuente: Secretaria de desarrollo agropecuario y medio ambiente.

Apéndice g.

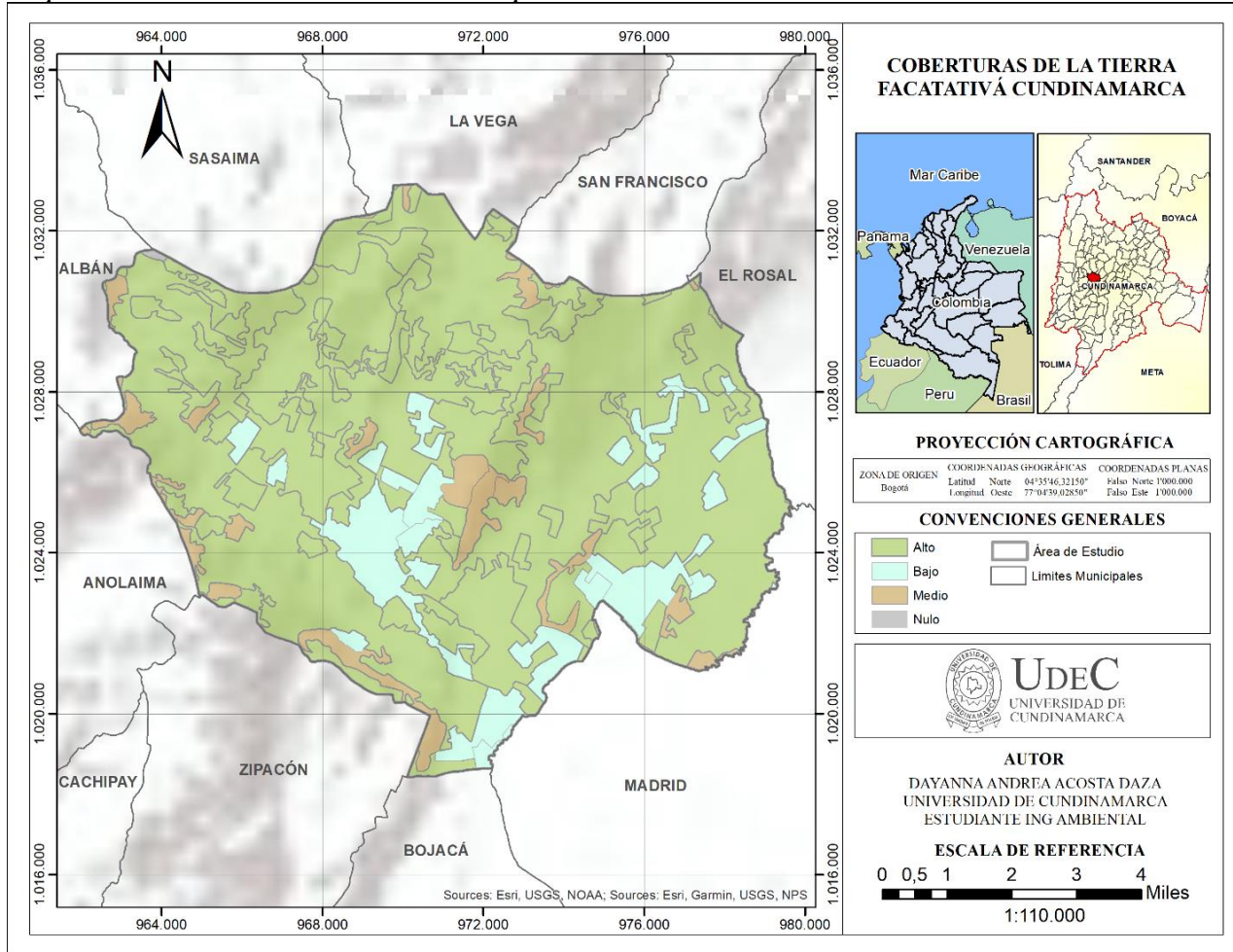
*Principales Especie de Flora de Facatativá.*

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Familia</b>
Aliso	Alnus acuminata	Betulacea
Arrayán - Guayabo	Myrcianthes leucoxylo	Myrtaceae
Caucho lechero	Sapium sp.	Euphorbiaceae
Cedro Nogal	Juglans neotropica	Juglandaceae
Duraznillo	Saurauia ursina	Actinidaceae
Encenillo	Weinmannia tomentosa	Cunoniaceae
Siete Cueros	Tibouchina mollis	Melastomataceae
Roble	Quercus humboldtii	Fagaceae

Fuente: Secretaria de desarrollo agropecuario y medio ambiente.

Apéndice h.

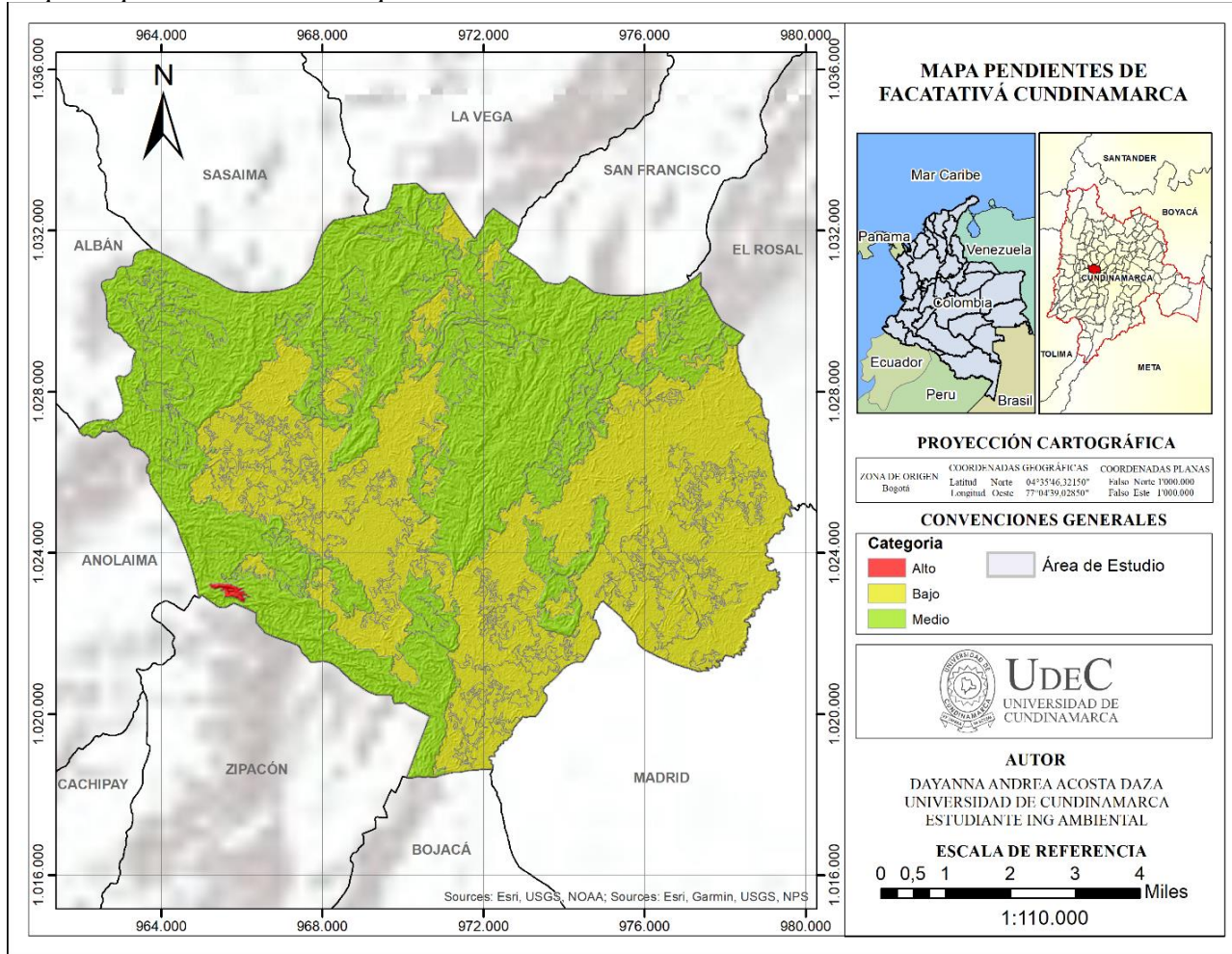
Mapa Coberturas de la tierra del municipio de Facatativá Cundinamarca.



Fuente: Elaboración del autor.

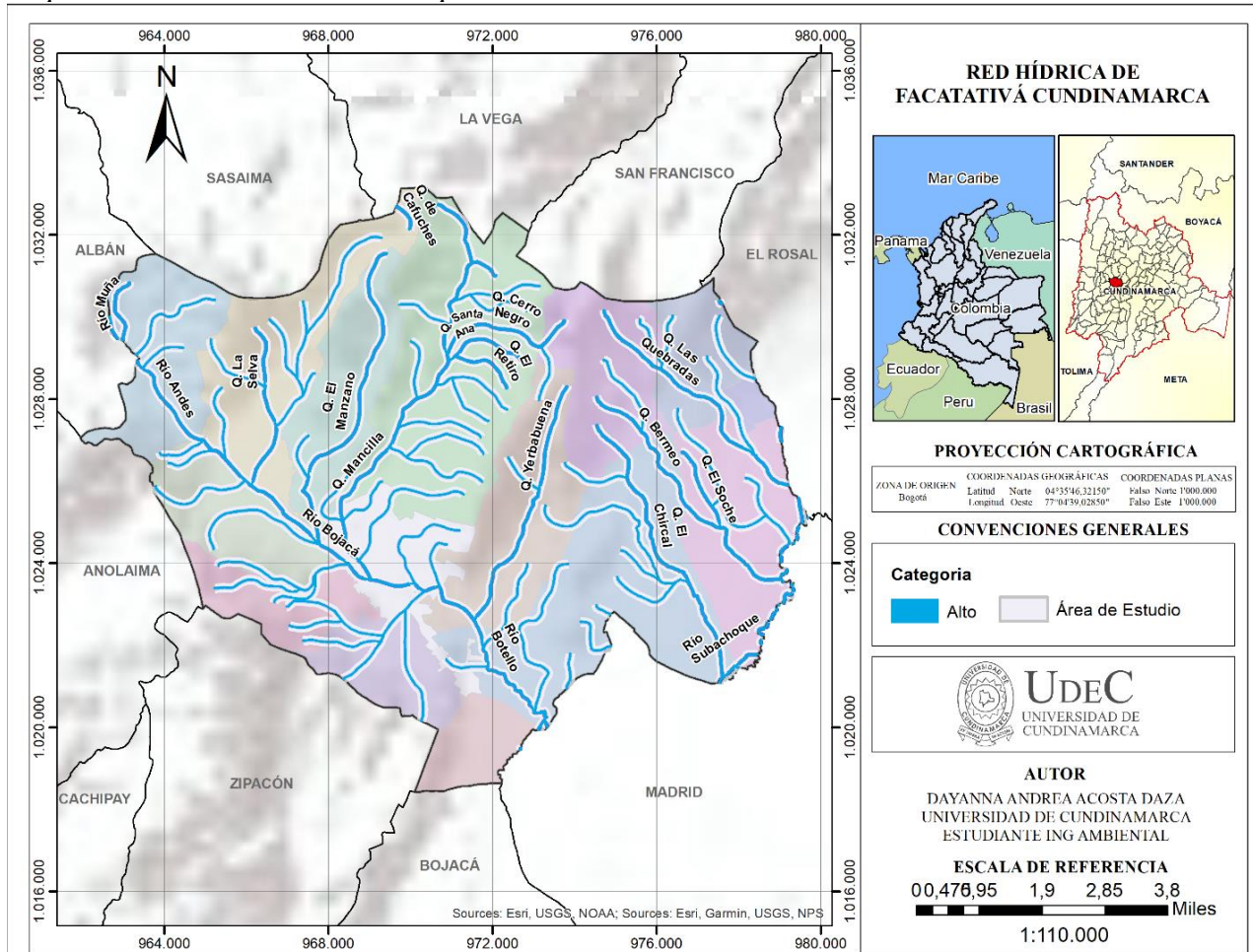
Apéndice i.

Mapa de pendiente del municipio de Facatativá Cundinamarca.



Fuente: Elaborado por el autor.

Apéndice j.  
 Mapa Rondas Hídricas del municipio de Facatativá Cundinamarca.



Fuente: Elaborado por el autor.

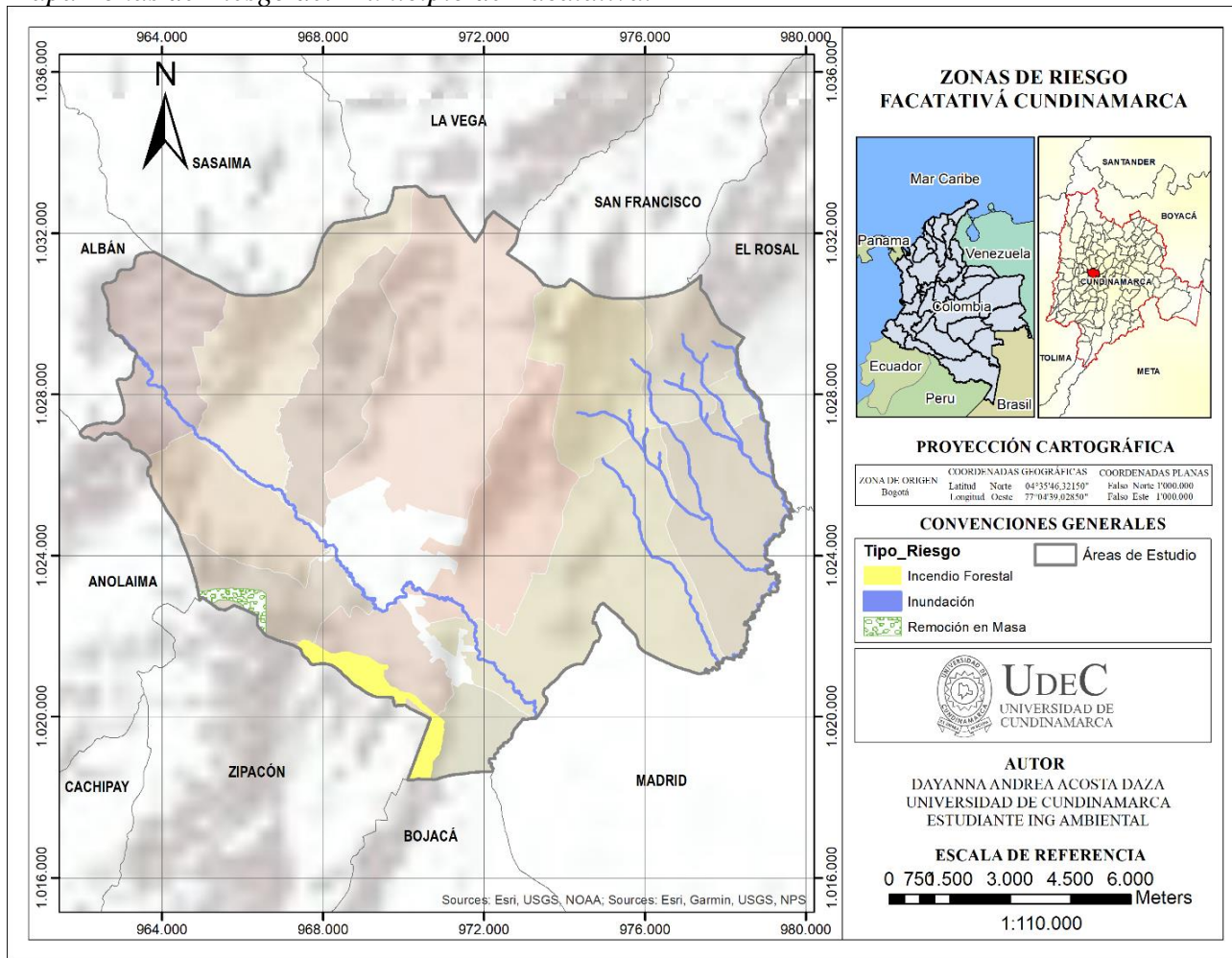
Apéndice k.

*Humedales de Facatativá.*

<b>Nombre Humedales</b>	<b>Área (ha)</b>
Villa Nueva	0,004885
Los micos	0,087909
Fleismann	0,059742
La Guapucha	0,052407
La Chamicera	0,075846
Gatillo	0,023103
Piedras del Tunjo	0,035923
Las Tinguas	0,044302
Cascadas y cuevas	0,128862
El Manantial	0,137015
Covarachía	0,182207
Mancilla	0,102913
San Rafael	0,044457
Corito	1,129411

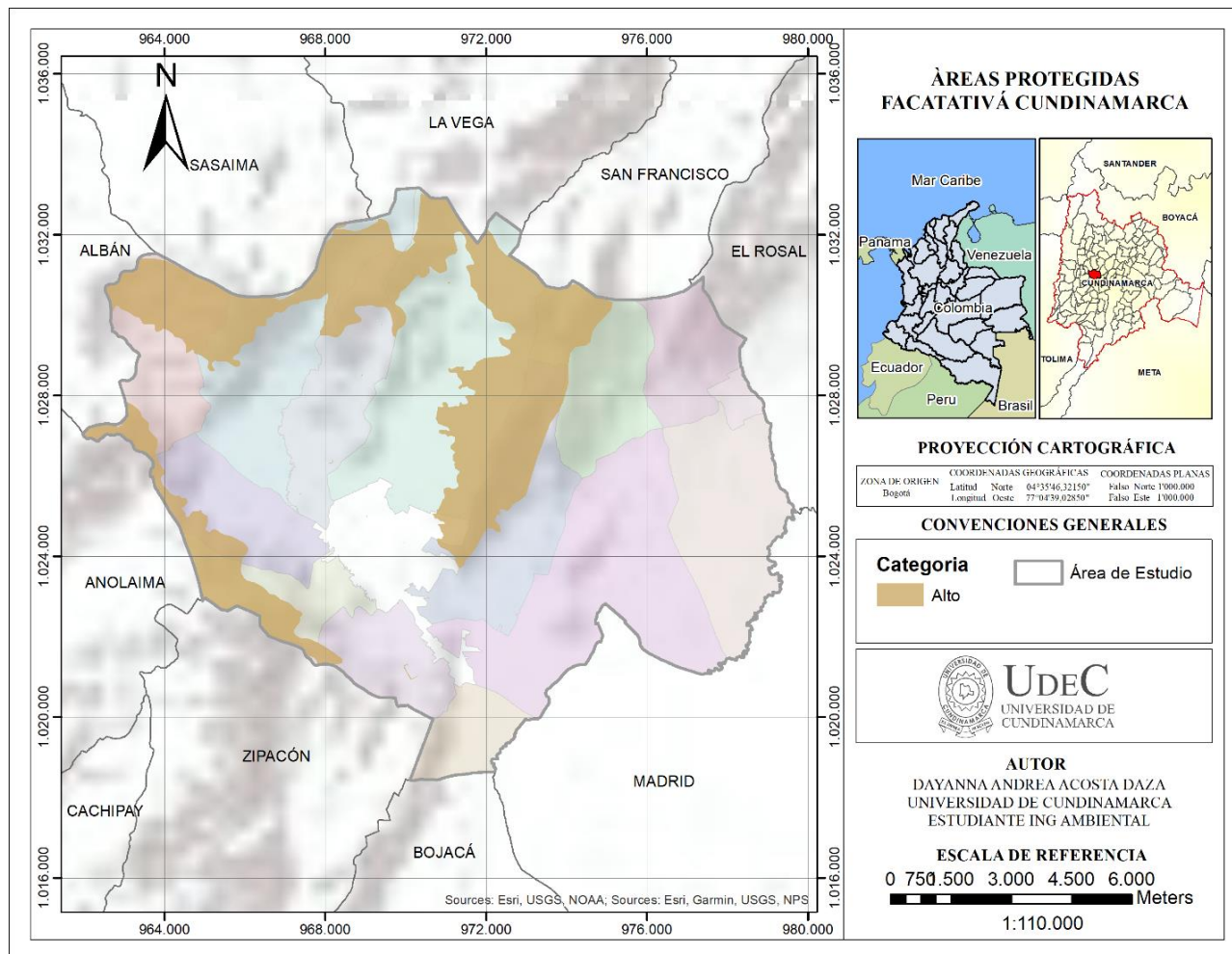
Fuente: (Collazos, Sergio, Ordoñez, 2013)

Apéndice I.  
 Mapa Zonas de Riesgo del Municipio de Facatativá.



Fuente: Elaborado por el autor.

Apéndice m.  
 Mapa Áreas Protegidas del Municipio de Facatativá.



Fuente: Elaborado por el autor.