

**ZONIFICACIÓN FORESTAL EN EL ORIENTE DE CALDAS, APOYADO EN
HERRAMIENTAS SIG**

STEFANY SOTO MACHADO



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2017**

**ZONIFICACIÓN FORESTAL EN EL ORIENTE DE CALDAS, APOYADO EN
HERRAMIENTAS SIG**

STEFANY SOTO MACHADO

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2017**

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Mi familia, en especial mis padres y mi hermano por brindarme su apoyo incondicional, proporcionarme los medios para cumplir mis sueños y confiar en mis capacidades para llevar a cabo este proyecto y otros que he emprendido durante mi camino.

A la Fundación Árboles para la Vida, que lidera proyectos ambientales y sociales que propenden por el desarrollo sostenible y sociocultural, que con los diferentes procesos que han desarrollado, me dieron la oportunidad de ejecutar este proyecto como un aporte a la conservación de los bosques en el Oriente de Caldas y un inicio para la formulación del Plan de Ordenamiento Forestal del departamento.

A la Corporación Autónoma Regional del departamento de Caldas -CORPOCALDAS-, autoridad ambiental en la región; en especial al interventor del proyecto Hugo León Rendón Mejía, a la profesional SIG Luz Adriana Ramírez López de la subdirección de planificación ambiental del territorio y a su subdirector Wilford Rincón Arango, quienes me proporcionaron la información para desarrollar el proyecto y no dudaron en autorizar su uso para la obtención de los resultados aquí expuestos.

Finalmente, a Ingrid Tatiana Monsalve Lugo, Ingeniera Catastral y Geodesta, compañera y amiga de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica, que me guio durante la ejecución de este proyecto y durante la especialización de manera incondicional.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 <i>OBJETIVO GENERAL</i>	15
2.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 <i>ORIGEN DE LA ORDENACIÓN Y MANEJO DE LOS BOSQUES</i>	17
4.1.1 Las Reservas Forestales.....	17
4.1.2 Áreas Forestales Productoras.....	17
4.1.3 Criterios e Indicadores para la Ordenación Forestal Sostenible.....	17
4.2 <i>ORDENACIÓN FORESTAL</i>	18
4.3 <i>SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</i>	19
4.4 <i>TELEDETECCIÓN</i>	20
4.4.1 Teledetección Pasiva.....	20
4.4.2 Teledetección activa.....	20
4.4.3 Sensores remotos.....	20
4.4.4 Imágenes Satelitales de Google Earth.....	21
4.4.5 Imágenes del programa SAS Planet.....	21
4.5 <i>ANTECEDENTES</i>	21
4.5.1 Contexto de ordenamiento forestal en Colombia.....	21
4.5.2 Contexto de ordenamiento forestal en el departamento de caldas.....	32
5. METODOLOGÍA	33
5.1 <i>TIPO DE TRABAJO</i>	33
5.2 <i>PROCEDIMIENTO</i>	33
5.2.1 Fase 1. Exploratoria.....	33
5.2.2 Fase 2. Delimitación de la zona de estudio.....	34
5.2.3 Fase 3. Categorizar las zonas boscosas para las Unidades de ordenación Forestal.....	34

5.2.3 Fase 3. Estrategias Sostenibles de ordenación de los bosques, en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente de Caldas.....	35
6. RESULTADOS.....	37
6.1 DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37
6.1.1 Organización de información cartográfica y estructuración de la Base de Datos Espaciales.	37
6.1.2 Delimitación del Área de Estudio.....	41
6.1.3 Categorización de las Unidades de Ordenación Forestal.	44
6.1.4 Estrategias Sostenibles de ordenación de los bosques, en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente de Caldas.....	55
7. CONCLUSIONES.....	63
8. RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
LISTA DE ANEXOS	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo para la obtención del mapa de Zonificación Forestal.....	23
Figura 2. Esquema para la espacialización de variables y factores usando los valores reales de las variables y los pesos relativos.	24
Figura 3. Modelo de conservación	25
Figura 4. Esquemmatización del Proyecto.....	26
Figura 5 Mapa de áreas de exclusión para las plantaciones Forestales en el Departamento de Caldas	29
Figura 6 Mapa de las Zonas con Potencial Forestal Comercial en el departamento de Caldas	30
Figura 7 Modelo Entidad Relación	38
Figura 8 Modelo Relacional	39
Figura 9 Estructura de la File Geodatabase	40
Figura 10 Modelo de Procesamiento	42
Figura 11 Área de Estudio	43
Figura 12 Mapa Base World Imagery.....	45
Figura 13 Utilización de Programas: A la derecha Google Earth y SAS Planet.....	46
Figura 14 Implementación de Buffer de 300 m	46
Figura 15 Puntos de Muestreo en Zona de Estudio	47
Figura 16 Aplicación de herramientas al Modelo Digital en Terreno	51
Figura 17 Mapa de Zonificación Ambiental de las UOF	53
Figura 18 Mapa Propuesta de Uso y Manejo de las UOF	57
Figura 19 Figuras de Ordenamiento Ambiental.....	59
Figura 20 Uso Potencial del Suelo en el Oriente de Caldas	61
Figura 21 Conflicto de Uso en el Oriente de Caldas	62

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación de los Bosques de acuerdo a su estructura paisajística ...	44
Cuadro 2 Porcentaje de área de acuerdo a su clasificación.....	48
Cuadro 3 Categorización de los Bosques	50
Cuadro 4 Área de Bosque de acuerdo a su categorización	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de área de bosque por municipio	49
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Mapa Cuencas Hidrográficas de la UOF	69
Anexo B Unidades de Ordenación Forestal	70
Anexo C Categoría de Manejo de los Bosques de la UOF	71

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito generar una estrategia de uso y manejo de los bosques en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente del Departamento de Caldas. Su realización parte de la necesidad de la Corporación Autónoma Regional del departamento -CORPOCALDAS-, para iniciar el proceso de regulación del recurso forestal, que se encuentra excluido de las figuras ambientales destinadas para conservación, que se manejan actualmente en Colombia.

Por lo anterior, el estudio se enmarca en una investigación aplicada, cuya finalidad es generar alternativas que se puedan implementar a problemáticas de la realidad, a través de técnicas y herramientas utilizadas en el ámbito académico, como son los Sistemas de Información Geográfica SIG, el Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS y el Sistema de Posicionamiento Global GPS; así mismo este tipo de investigación, permiten su interacción con instrumentos normativos, que ofrece las políticas públicas en el país.

En primer momento, la metodología es desarrollada en 2 fases: una exploratoria que busca realizar una revisión general de la información disponible para el desarrollo del proyecto, y otra que facilitó la delimitación del área estudio, donde se utilizó cartografía base de CORPOCALDAS y del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC. Del mismo modo, existe dos últimas fases, que permitieron llegar a la zonificación forestal como propuesta para la ordenación de los bosques, estableciendo 3 categorías de manejo.

Los principales resultados de este proyecto, se consolidaron en una serie de mapas temáticos, donde se muestran las características biofísicas relevantes para determinar la zonificación forestal, así como salidas gráficas de las categorías de manejo a las que se llegaron, como una propuesta preliminar de los requerimientos o medidas regulatorias, que podrían implementarse por parte de la autoridad ambiental en el oriente del departamento.

PALABRAS CLAVES: Zonificación Forestal, Sistemas de Información Geográfica, Categoría de Manejo.

ABSTRACT

The present work aims to generate a strategy use and management of forests in the units of sorting forest of the East of the Department of Caldas. Its realization is based on the need of the Regional Autonomous Corporation of the Department - CORPOCALDAS-, to start the process of regulation of the forest resource, which is excluded from environmental figures referred to conservation, which are currently handled in Colombia.

Therefore, the present study is part of applied research, which aims to generate alternatives that they can be implemented to problems of reality, through different procedures, techniques and tools universally used in academia, such as the Geographic Information Systems (GIS), Global Positioning System (GPS) and Remote Sensing; also this type of research allow interaction with policy instruments, offering the public policies in the country.

At first time, the methodology is developed in 2 phases: an exploratory who are looking for a general review of the available information for the development of the project, and another that facilitated the delimitation of the area study, using base mapping of CORPOCALDAS and Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC-. Similarly, there is two latest phases, which led to the forest zoning as a preliminary proposal for the management of the forests, through the establishment of 3 management categories.

The main results of this project, were consolidated into a series of thematic maps, showing the biophysical characteristics relevant to determine the forest zoning, as well as maps of categories of management which came, as a preliminary proposal requirements or regulatory measures, which might be implemented by the enviromental authority on the the eastern of department.

KEYWORDS: Forest Zoning, Geographic Information Systems, Management Category.

INTRODUCCIÓN

El uso inadecuado de los suelos en Colombia, han acarreado grandes pérdidas de bosques naturales y de biodiversidad. De acuerdo al Ideam (2010) se estima que el área aproximada de pérdida de bosques naturales en el país, equivale a 336.000 hectáreas al año y una pérdida neta en promedio de 290.000 ha/año, considerando el ritmo de restauración y de reforestación comercial.

Por consiguiente, entre las razones del conflicto de uso como factor determinante para la deforestación, se tiene el crecimiento poblacional y las actividades antrópicas relacionadas con la expansión de la frontera agrícola, la extracción de madera para usos comerciales y explotación minera, así como los incendios forestales provocados o no.

De lo anterior, surgen alternativas de investigación, gestión y planificación que apuntan a la conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible de los bosques. Aparecen instituciones, organizaciones mundiales como la FAO (*), así como iniciativas públicas y privadas que propenden por la búsqueda de nuevas herramientas tecnológicas, que permitan conocer, ordenar y tomar decisiones frente al territorio, para mitigar la pérdida de la biodiversidad y la preservación de la especie humana.

En consecuencia, se han creado medidas institucionales para afrontar la problemática generada por la deforestación en Colombia, como la formulación de la Política Pública Forestal con su Plan Nacional de Desarrollo Forestal -PNDF- (Ministerio de Ambiente, 2000) y la normatividad que se desprende de ella. Así mismo, las aproximaciones conceptuales y metodológicas de docentes como Alejandro Copete de la Universidad Distrital en 1994 (Copete, 1994), han facilitado el desarrollo de herramientas de investigación para la ordenación, como es la *Zonificación Forestal*.

En ese orden de ideas, el planteamiento de una zonificación forestal en un área como el oriente del departamento de Caldas, debe tener en cuenta no solo el enfoque, los requisitos, las ventajas y los criterios para su delimitación, sino el uso de herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica -SIG-, que faciliten realizar los análisis que llevarán a una alternativa acertada que se pueda implementar en campo y se convierta en un instrumento clave para los tomadores de decisiones.

* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; se le conoce como FAO por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization. Es un organismo mundial que desarrolla actividades para erradicar el hambre, velando por el acceso a los alimentos de forma equitativa y de calidad, para la población en general y en especial la más pobre en el mundo.

Con respecto a la utilización de la Zonificación Forestal como medida de ordenación y la aplicación de los diferentes procedimientos, como herramientas propias del desarrollo de los SIG; a menos que se articule con el concepto de ambiente y a lo que su complejidad con lo social se refiere, no sería suficiente el método de superposición de mapas temáticos, puesto que no obedecerían necesariamente a los propósitos y las realidades específicas del territorio. De esa manera podría concluirse que la zonificación ambiental, no posee una aplicación universal, lo que hace fundamental partir del contexto en el que se desea trabajar como lo plantea Copete (1994).

Cabe resaltar, que la iniciativa de hacer el procesamiento de los datos no solo como lo plantea la metodología *Corine Land Cover** que contempla cartografía a escala 1:100.000, sino a partir de puntos de muestreo recolectados en campo; facilitan la veracidad, la confiabilidad y el detalle de la información que se genera en los estudios de caso. Además, la oportunidad de interactuar en campo con poblaciones de campesinos, organizaciones y empresarios de la zona, proporcionan una mirada más crítica a la hora de plantear medidas de mejoramiento o para esto caso específicas categorías de manejo de los bosques, que sean socialmente aceptadas y no se vean como “soluciones” arbitrarias en su implementación.

Para terminar, resaltar que los estudios que puedan desarrollarse para enriquecer las aplicaciones de los SIG, en lo referente a la planificación y al establecimiento de zonas de conservación, son insumos valiosos al momento de manipular, procesar y generar nueva información, que puedan servir como base para las gestiones específicas que puedan darse en un área determinada; lo anterior reconociendo sus aportes, pero al mismo tiempo sus limitaciones como técnica.

* CORINE Land Cover” 1990, metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra, promovida por Comisión de la Comunidad Europea. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas (IDEAM, 2007). [consulta: 22/04/2017]. Disponible en: <<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>>.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Colombia está catalogado como uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo. De acuerdo a un informe realizado por el Instituto Alexander Von Humbolt (Romero, Cabrera, & Ortiz, 2007), el país alberga el 10% de la biodiversidad del planeta y en cuanto a sus ecosistemas forestales, de la extensión total del territorio que son alrededor de 114 millones de hectáreas, 64 millones corresponden a bosques naturales (Ministerio de Ambiente, 2000).

Así mismo, el departamento de Caldas cuenta con una extensión de 743.63 ha, de las cuales el 10% (75.724 ha) corresponden a Bosques, según el Plan Regional de Gestión Ambiental de Caldas -PGAR-. Una de las zonas más representativas de bosques naturales y de importancia ecológica del departamento, están ubicados en el oriente y en la Cuenca Hidrográfica del río Magdalena, con 2 grandes subcuencas; ríos La Miel, Purnio – Doña Juana – Pontoná, Samaná Sur, Guarinó y aferentes al Magdalena.

Pese a sus riquezas naturales y a su enorme potencial biológico, la presión hacia los bosques y en general hacia los ecosistemas, han producido un detrimento al patrimonio natural. Se identifica una mayor intervención y fragmentación, que el caso de Caldas, se presenta con una pérdida de los bosques secos, bosques húmedos tropicales, bosques muy húmedos y húmedos premontanos, donde predominan actividades productivas como la ganadería y la caficultura.

En consecuencia, se ha perdido conectividad ecosistémica, como el intercambio y dispersión de las especies, sin mencionar los efectos de la variabilidad climática y la pobreza generalizada, que han ocasionado una reducción de los bosques de manera drástica y en algunos casos irreversible.

Sumado a los anterior, el conocimiento del estado de los recursos forestales es precario; no se tiene cuantificada el área y la cantidad de relictos boscosos conservados en la actualidad, así como las características generales de los mismos; esto dificulta la creación de estrategias de manejo y gestión del territorio, convirtiéndose en un factor determinante para la prevención, mitigación y control de las actividades humanas.

Por lo anteriormente expuesto, el departamento de Caldas, así como las regiones del país y la institucionalidad competente, están aporadas de hacer un replanteamiento de la consolidación y aplicación de los instrumentos de la política pública forestal, para el mejoramiento de instrumentos de planificación y el uso de metodologías; de lo contrario seguirán presentándose las consecuencias de la variabilidad climática y la configuración de escenarios de riesgos, donde se evidencia un atraso en el modelo adecuado de ocupación del territorio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la zonificación Forestal del Oriente de Caldas, que permitan definir criterios de uso y de manejo de conservación en el área de estudio, mediante herramientas SIG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estructurar una Base de Datos Geográfica de las Unidades de Ordenación Forestal del oriente de Caldas.
- Establecer el área de estudio de acuerdo a los criterios establecidos por la autoridad ambiental del departamento de Caldas.
- Categorizar las zonas boscosas para las Unidades de Ordenación Forestal.
- Proponer estrategias sostenibles de ordenación de los bosques, en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente de Caldas.

3. JUSTIFICACIÓN

Una de las preocupaciones que han prendido las alarmas en todo el mundo, es la evidente pérdida de biodiversidad y de los bosques naturales en diferentes regiones del globo terrestre. Partiendo de ese postulado, se han generado una serie de encuentros internacionales, que han dado lugar a la creación de políticas públicas y de la normatividad, que permitan el adecuado manejo de los recursos naturales, en especial los que se encuentran altamente amenazados, como es el caso de los bosques.

Es así como la Zonificación Forestal como mecanismo de ordenación en territorio, recobra mayor importancia porque permite no solo delimitar o zonificar los bosques de acuerdo a sus características de aptitud y a los beneficios que ofrece a la sociedad, sino que exige que su vocación forestal se mantenga, de acuerdo a los lineamientos que se establecieron en el Plan Nacional de Ordenación Forestal.

Los estudios que se han realizado a nivel nacional, son adelantados por la institucionalidad para proteger los bosques que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, o han surgido de iniciativas de personas naturales, que se han encargado de incluir sus predios bajo la figura de Reservas de la Sociedad Civil o con fines de aprovechamiento. En el caso del presente estudio, su relevancia radica en que se desea identificar relictos o zonas boscosas que se encuentran por fuera de las figuras anteriormente mencionadas, con la finalidad por un lado de ser incluidas como una de las categorías de manejo de áreas protegidas, o por el contrario que puedan desarrollarse actividades productivas que sean sostenibles.

Adicionalmente, realizar un diagnóstico del estado actual de los bosques en el Oriente de Caldas, específicamente en las Unidades de Ordenación Forestal – UOF: Guarinó, Samaná Sur – La Miel y Pumio – Doña Juana – Pontoná, y aferentes al río Magdalena, contribuiría a las autoridades competentes para que puedan tomar medidas en los casos donde se evidencia la pérdida de bosques que ofrecen no solo servicios ecosistémicos, sino beneficios a la comunidad; este es el caso de los bosques ubicados en los márgenes de las quebradas y los ríos, que debido a la expansión de la frontera agrícola y a la ganadería, su cobertura se ha ido reduciendo de forma paulatina.

Para terminar, el uso de los Sistemas de Información Geográfico para la zonificación forestal en el Oriente de Caldas, se puede convertir en una herramienta de planificación que apoyaría a la comunidad que vive en la zona y a los entes encargados de tomar decisiones, en la generación propuestas más contextualizadas, que contribuyan a la búsqueda de nuevas alternativas de manejo y de regulación, que puedan implementarse y sirvan como apoyo a para un manejo sostenible de los bosques.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ORIGEN DE LA ORDENACIÓN Y MANEJO DE LOS BOSQUES

De acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), el recurso forestal en Colombia es reglamentado a través de los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Forestal, contemplado bajo 3 aspectos para su debida ordenación y manejo: Las Reservas Forestales, Áreas Forestales Productoras y Los Criterios e Indicadores para la Ordenación Forestal Sostenible, permitiendo darle un manejo tanto de los bosques naturales, como los bosques plantados de uso comercial. Lo anterior obedece a que, en ambos frentes, se busca dar a los bosques un desarrollo sostenible, que facilite la conservación de áreas que lo requieren, pero al mismo tiempo realizar un aprovechamiento que proporcione a las comunidades y al productor, una sostenibilidad económica sin socavar la integralidad de los mismos.

4.1.1 Las Reservas Forestales.

Las reservas forestales fueron creadas por el MADS a partir de la promulgación de la Ley 2ª de 1959. En su artículo 2 establece que las Reservas Forestales son (Congreso de la República, 1959) "...los terrenos baldíos ubicados en las hoyas hidrográficas que sirvan o puedan servir de abastecimiento de aguas para consumo interno, producción de energía eléctrica y para irrigación, y cuyas pendientes sean superiores al 40%, a menos que, en desarrollo de lo que se dispone en el artículo siguiente, el Ministerio de Agricultura las sustraiga de las reservas".

Del mismo modo el Código Nacional de los Recursos Naturales, define en su Título III, Capítulo I, artículo 206; las reservas forestales como "la zona de propiedad pública o privada reservada para destinarla exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales productoras, protectoras o productoras-protectoras"

4.1.2 Áreas Forestales Productoras.

Las áreas forestales productoras, fueron definidas por medio del decreto 2811 de 1974, cuando se promulgó el Código Nacional de los Recursos Naturales. Hace referencia a las áreas forestales productoras (que son para uso exclusivo de aprovechamiento forestal), protectoras (áreas forestales destinadas para la conservación de un recurso natural y que se puede hacer aprovechamiento de productos secundarios como frutos, látex, resinas y semillas) o productoras-protectoras (bosques en los que se puede realizar aprovechamiento condicionado a la renovación y al mantenimiento del mismo).

4.1.3 Criterios e Indicadores para la Ordenación Forestal Sostenible.

Con la participación de Colombia en las diferentes convenciones internacionales para la protección de los bosques, se dio lugar a las primeras iniciativas que tuvieron

en cuenta algunos criterios para la ordenación forestal en el país. Para el año 2002, el MADS en su momento Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en colaboración con la Organización Internacional de Maderas Tropicales – OIMT, ejecutaron un proyecto denominado *Aplicación y evaluación de Criterios e Indicadores para la Ordenación Sostenible de Bosques-PD 8/97 REV2 (F)* que permitió avanzar hacia la construcción de las condiciones necesarias para la ordenación forestal, donde el establecimiento de Unidades de Ordenación Forestal se convierte en un requisito indispensable.

4.2 ORDENACIÓN FORESTAL

Con la promulgación del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y su Decreto regulatorio 2811 de 1974 (Congreso de la República, 1974), se dispone que cualquier intención pública o privada de aprovechamiento en un área de bosque productor, se hace necesario realizar estudios y formular planes de ordenamiento forestal que garanticen la renovación de dichos bosques.

El INDERENA en su Acuerdo 29 de 1975, constituye que la Ordenación Forestal “Consiste en la aplicación de métodos económicos y principios técnicos al tratamiento del bosque, para asegurar la producción máxima y evitar la pérdida de su capacidad productiva”. De la misma manera, instauró el contenido y los objetivos de los Planes de Ordenación Forestal, que tomaron mayor forma en 1996 con la elaboración por parte de la OIMT de un documento de análisis de los contenidos y los enfoques de los planes de ordenación forestal, que interpreta el plan de ordenación como “...un trabajo organizado basado en elementos racionales de manejo y administración, que procuran la persistencia del bosque a partir de un aprovechamiento sustentable” y “...un documento que señala, en primer término, las zonas que deben ser protegidas, así como las que pueden ser utilizadas con fines de producción”.

A partir de 1996 en Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS- ordenó a las Corporaciones Autónomas Regionales -CARs-, formular e implementar los Planes de Ordenación Forestal en su jurisdicción, así como las guías correspondientes del proceso, con el propósito de controlar, regular y contrarrestar los impactos relacionados con la pérdida del recurso forestal.

Ese mismo año se promulga el Decreto 1791 de 1996, que define la ordenación de bosques, de forma más clara: “estudio elaborado por las Corporaciones, fundamentado en la descripción de aspectos bióticos, abióticos, sociales y económicos, el cual tiene por objeto asegurar que el interesado en utilizar el recurso en un área forestal productora, desarrolle su actividad en forma planificada para así garantizar el manejo adecuado y el aprovechamiento sostenible del recurso”. De

esta definición se considera la ordenación forestal desde el enfoque de áreas productoras, pero no de las áreas destinadas a la preservación y la restauración.

Ese inconveniente se logra subsanar con la aprobación del Plan Nacional de Desarrollo Forestal – PNDF por parte del Consejo Nacional Ambiental en el año 2000, donde se planificó una serie de programas estratégicos con una proyección de 25 años, para el desarrollo sostenible del sector forestal. Se menciona como primer programa la “Ordenación, Conservación y Restauración de Ecosistemas” y el Subprograma de Ordenación y Zonificación Forestal.

Este subprograma acoge las siguientes consideraciones: definición de pautas para la planificación de los ecosistemas; definición de categorías de uso para la conservación y la producción; ordenamiento territorial municipal en armonía con la ordenación forestal a nivel regional y nacional; delimitación de las reservas forestales, a partir de la zonificación y ordenación de las áreas forestales del país; definición del régimen de propiedad de los bosques (públicos y de propiedad colectiva); titulación de tierras colectivas y resguardos para comunidades negras e indígenas e inventario forestal de orden nacional y regional.

Finalmente, en el año 2010 el MADS, ha incentivado la implementación de la Ordenación Forestal Integral y Sostenible -OFIS-, la cual incorpora los elementos técnicos y legales de la Política de Biodiversidad, la Política Hídrica, la Política sobre Conocimiento Tradicional, los Lineamientos de la Política de Cambio Climático y los Lineamientos para la Política Nacional de Ordenamiento Ambiental del Territorio.

4.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La aparición de los Sistemas de Información Geográfica, tiene sus inicios en el MIMO (map in–map out) (Olaya, 2011), llevando el computador a una interfaz cartográfica, que está basado en la creación de datos geográficos, su codificación, análisis y representación. El primer software SIG que se creó, fue en Canadá en los años 60’s que tenía la finalidad inventariar los recursos naturales y energéticos del país, el cual fue desarrollado por Roger Tomlinson, considerado el padre de los SIG. Fue un proyecto financiado por el Departamento de Energía y Recursos denominado CGIS (Canadian Geographical Information Systems).

Desde entonces hubo diferentes desarrollos de software tanto de uso comercial como de uso libre, que contribuyeron a la evolución de los SIG en el campo tecnológico, técnico, así como a la evolución de los datos y de los SIG como disciplina.

De acuerdo a las recopilaciones realizadas por Olaya, un SIG puede ser definido como un sistema complejo, en el cual interactúan otros subsistemas para generar resultados e información espacial susceptible de analizar y estudiar. Además, como

sistema está compuesto por tecnología informática, personas e información geográfica, cuya principal función es almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Korte., 2001).

4.4 TELEDETECCIÓN

La teledetección o también llamada detección remota, es una serie de técnicas que se utilizan para observar y capturar información de la superficie de la tierra o de otro espacio geográfico, sin tener contacto directo con el objeto a estudiar. Forma parte de las técnicas geodésicas contemporáneas, que han tenido un desarrollo precipitoso en los últimos años (Chivieco Salinero, 1990).

En un inicio la teledetección fue usada con fines militares por los rusos y los estadounidenses, para contar con una ventaja comparativa frente a sus rivales, mostrando el desarrollo tecnológico al que podían llegar estas potencias. Sin embargo, la teledetección el día de hoy cuenta con una gama muy variada de usos que va desde estudios para medir el nivel de deforestación de los bosques, el control de los efectos del cambio climático, hasta el control de tráfico aéreo.

Anteriormente la teledetección era un campo exclusivo de captura de imágenes aéreas; sin embargo, hoy en día la observación de la superficie de la tierra se ha convertido en una de las técnicas más usadas que se denominan teledetección espacial.

4.4.1 Teledetección Pasiva.

La teledetección pasiva se refiere cuando el sensor capta la radiación natural emitida o reflejada por el objeto o área circundante gracias al sol. La luz solar reflejada es uno de los tipos de radiación más comunes medidos por esta clase de teledetección. Por ejemplo, las imágenes satelitales, son productos de sensores remotos pasivos y se mueven en el rango óptico del espectro electromagnético de 0.4 a 15 μm . Este sistema se asemeja mucho al de captura de una fotografía o de detección electrónica. Adicionalmente, este tipo de imágenes se pueden procesar para mejorar algunas de sus características como por ejemplo el contraste y el brillo (Patiño Narváez, 2015).

4.4.2 Teledetección activa.

Este tipo de teledetección a diferencia de la detección pasiva, es el sensor el que emite radiación, que posteriormente es reflejada por el objeto al cual el teledetector está escaneando. Esta técnica mide el tiempo que tarda una emisión en ir y volver de un punto, lo que permite establecer localización, altura, velocidad y dirección del objeto estudiado (ibíd.).

4.4.3 Sensores remotos.

Puede definirse como un instrumento o sistemas que capta datos o información de los objetos de la superficie terrestre, de forma remota; es decir que su

funcionamiento es a distancia sin tener contacto directo con el objeto de estudio. El sistema está constituido básicamente por 1) Una fuente pasiva o activa, 2) Trayectoria y su interacción con la atmósfera, c) Incidencia en la superficie de la tierra, 3) Satélite, 4) Ciclo de toma y descarga de datos, 5) estación terrena del proceso y 6) Información al usuario.

4.4.4 Imágenes Satelitales de Google Earth.

Las imágenes de Google Earth, son obtenidas a partir de un programa que permite visualizar fotografías satelitales. El programa anteriormente fue creado con fines militares por la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos y posteriormente fue comprada por Google, compañía que lanzó al público su uso, visualización y alimentación del sistema. Funciona por medio de la superposición de diferentes capas provenientes de imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica de procedencia de modelos de datos SIG de todo el mundo y otros modelos creados por computadora, que todo el tiempo interactúan con los usuarios.

4.4.5 Imágenes del programa SAS Planet.

Las imágenes que provienen del programa SAS Planet, también son de tipo satelital, pero el software fue desarrollado por los rusos. El software es de uso libre y permite descargar imágenes que de diferentes servidores como Google Maps, Bing Maps, Here Maps, imágenes disponibles en ArcGis Online y fuentes de Open Street Map. Una de las ventajas con las cuales cuenta el programa, es que es totalmente portable y las imágenes obtenidas son de alta definición.

4.5 ANTECEDENTES

Como el propósito del trabajo es generar una zonificación forestal bajo los criterios establecidos por la normatividad ambiental y los Planes de Ordenación Forestal, se hizo una revisión de otras aplicaciones realizadas en Colombia en otras regiones del país, pero al mismo se identificó otros estudios, que pese a no hacer referencia a una ordenación forestal, realizan una categorización o zonificación de otro tipo, siendo replicables en el presente estudio, por su desarrollo en el campo de la planificación.

4.5.1 Contexto de ordenamiento forestal en Colombia.

De acuerdo al informe sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente emitido por la Contraloría General de la República que comprende los años 2014-2015 (Contraloría General de la República, 2015); en Colombia se han formulado e implementado 13 Planes de Ordenamiento Forestal -POF- de 9 CAR de las 33 que existen en el país. Lo que deja un incumplimiento del 58%, de las metas establecidas por el MADS para el año 2015, en cuanto a los actos administrativos que debían ser firmados y adoptados a la fecha. Cabe resaltar, que las CAR que han adelantado las gestiones necesarias para el cumplimiento del Decreto 1791 de

1996 son CORPOAMAZONIA, CDA, CODECHOCÓ, CORPOCHIVOR, CAS, CORPOBOYACÁ, CARDER, CORTOLIMA, CORANTIOQUIA y CRQ, de las jurisdicciones del Urabá Antioqueño, Tolima, Boyacá, Risaralda, Quindío, Cundinamarca y Chocó (3 POF; de la cuenca del Río Baudó, Cuenca del Río Tagachí-Bue y el Río Quito).

Los Planes de Ordenamiento Forestal más representativos, tuvieron en cuenta la zonificación forestal a partir del uso de herramientas SIG; se destaca el trabajo realizado por la Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ, Corporación Autónoma Regional del Antioquia CORPOANTIOQUIA, Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA y la Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER.

- **Plan de Ordenamiento Forestal de CORPOANTIOQUIA.** CORPOANTIOQUIA para la caracterización, la zonificación y el ordenamiento forestal, estructuraron un Sistema de Información Geográfico a partir de información cartográfica que tenía la entidad de los últimos 5 años, así como información del Atlas Temático de la Reserva Forestal de Colombia, Mapa de ecosistemas, continentales, costeros y marinos del MADS, IDEAM(*), IGAC, SINCHI(**), IIAP(***) y IAVH(****)(IDEAM, 2007), Atlas básico de reservas forestales protectoras nacionales de Colombia e Imágenes de satélite y de radar.

Para el establecimiento de las Unidades de Ordenación Forestal, lo primero que hicieron fue identificar las áreas de bosques productores y protectores, a partir de 9 capas temáticas, referentes a las condiciones físicas y bióticas del territorio. Su modelo para la obtención del mapa de zonificación Forestal se muestra en la Figura 1.

Posteriormente delimitaron las Unidades de Ordenación Forestal, de acuerdo a su división político administrativa y a sus diferencias socioculturales y socioeconómicas.

Verificaron los diferentes estudios de fauna y flora que se habían realizado sobre la zona, recuperando datos de cuánto, dónde y cuál era el estado de los bosques que se deseaban ordenar. Y así generaron una propuesta de manejo, donde primaba aspectos como el área de importancia ambiental, los

* IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

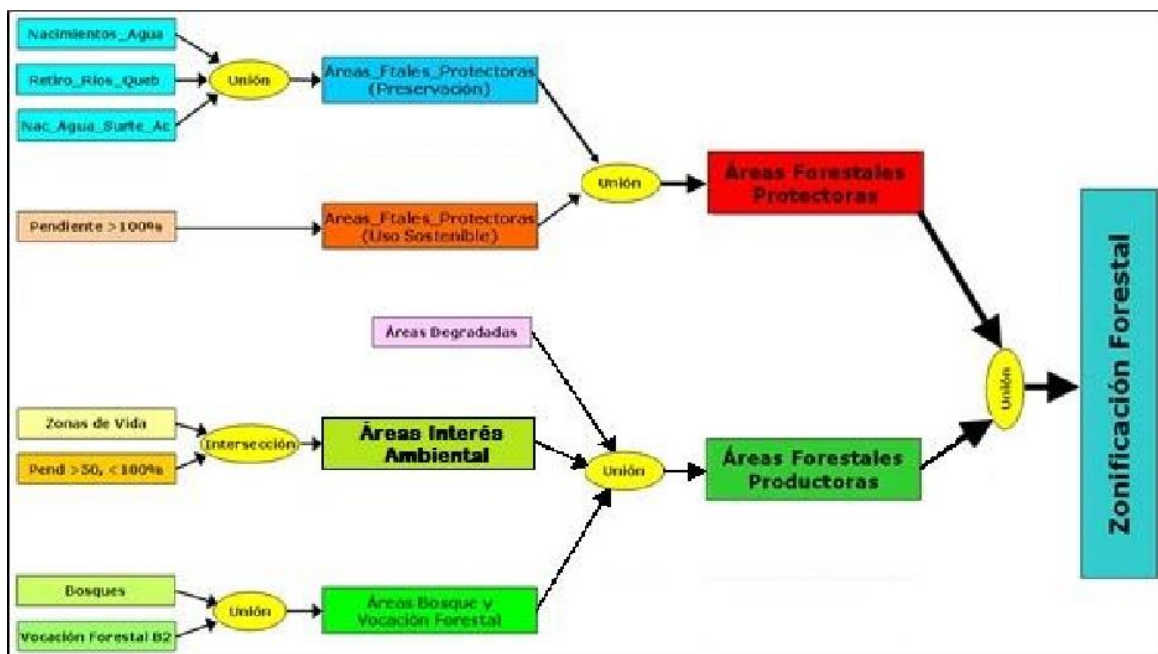
** SINCHI: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas

*** IIAP: Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

**** IAVH: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

objetos de conservación seleccionados, los posibles corredores biológicos y las zonas de reserva campesina que pueden establecerse (CORPOANTIOQUIA, 2013).

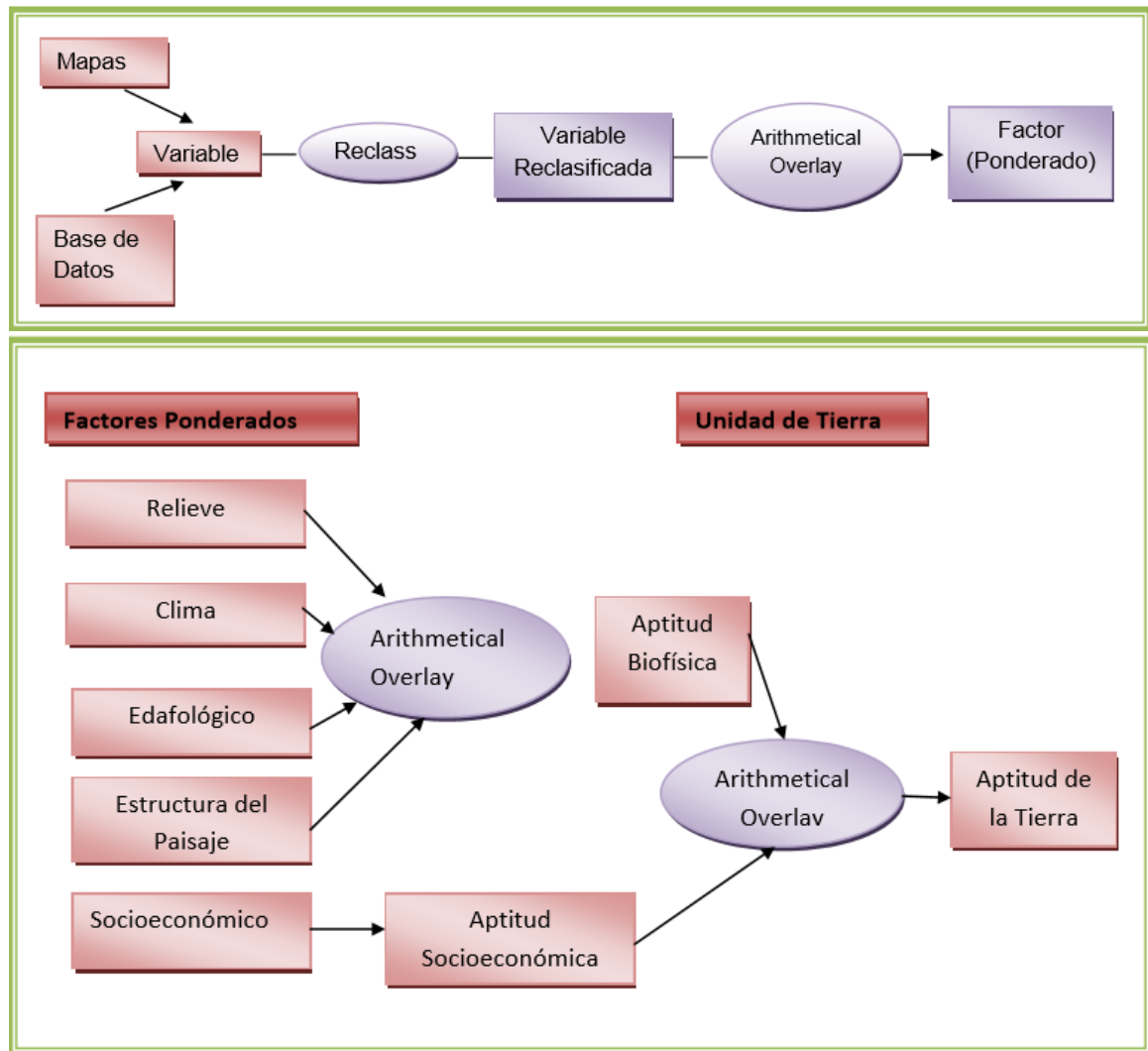
Figura 1. Modelo para la obtención del mapa de Zonificación Forestal



Fuente: CORPOANTIOQUIA. Plan de Ordenación Forestal Zona de Reserva Forestal del río Magdalena Bajo Cauca y Nordeste de Antioquia Municipios de Remedios, Segovia, Zaragoza, el Bagre y Nechí. Medellín. 2013. Fecha de consulta: 29/11/2016. Disponible en: http://www.ito.int/files/itto_project_db_input/2872/Technical/2-3%20Plan%20de%20ordenaci%C3%B3n%20forestal.pdf

- Plan de Ordenamiento Forestal de CRQ.** La Corporación Autónoma Regional del Quindío, a diferencia de los otros POF revisados, retomaron la cartografía base de la Ecorregión eje cafetero; Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. La zonificación que realizaron se basó en zonas ambientalmente homogéneas y el estudio para la formulación del plan, se hizo sobre una sola especie arbórea (la guadua), así como las especies contiguas a ella. Las variables utilizadas para la delimitación de las diferentes zonas fueron las Alturas de los bosques, el relieve, el clima, suelo, la biodiversidad y los aspectos socioeconómicos generales, como se muestra en la Figura 2 y Figura 3.

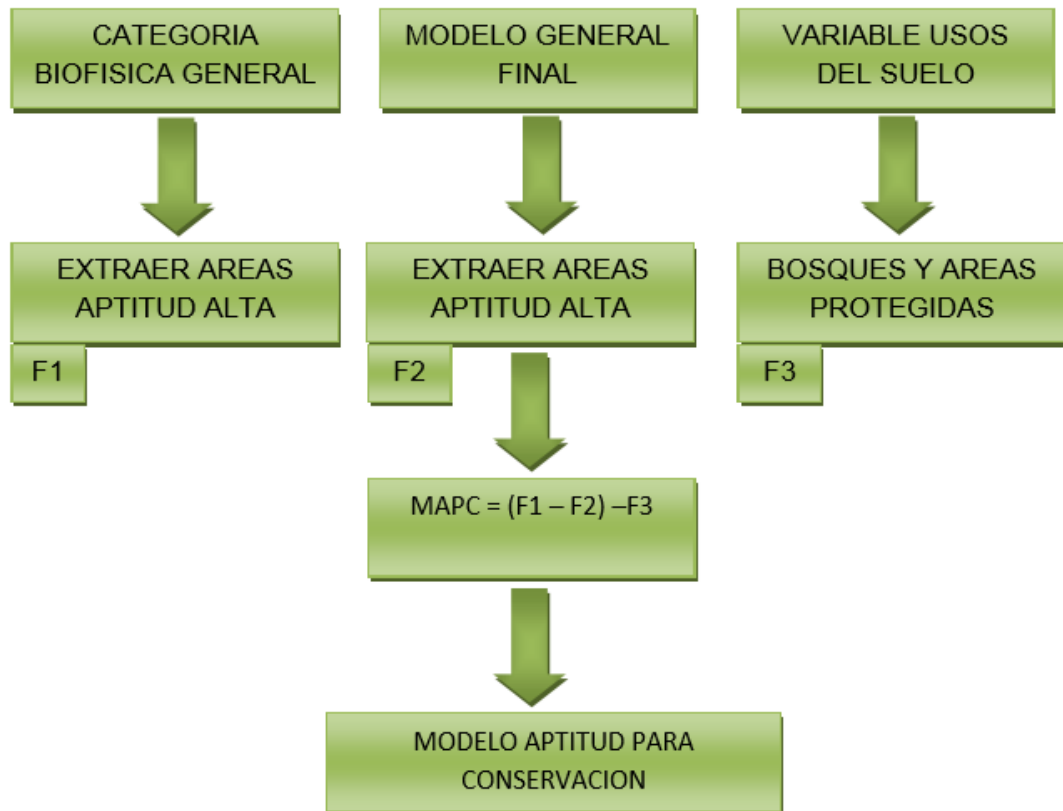
Figura 2. Esquema para la espacialización de variables y factores usando los valores reales de las variables y los pesos relativos.



Fuente: Corporación Autónoma del Quindío. Plan de Ordenación Forestal del Quindío. Armenia. 2011. Fecha de consulta: 29/11/2016. Disponible en: <https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/SECCION%20I%20DIAGNOSTICO%20GENERAL.pdf>

Y por otro lado se tiene el modelo aplicado para delimitar las zonas para conservación

Figura 3. Modelo de conservación



Fuente: Corporación Autónoma del Quindío. Plan de Ordenación Forestal del Quindío. Armenia. 2011. Fecha de consulta: 29/11/2016. Disponible en: <https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/SECCION%20I%20DIAGNOSTICO%20GENERAL.pdf>

- **Plan de Ordenamiento Forestal de CORPOTOLIMA.** El Plan de Ordenamiento Forestal de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, fue un estudio muy completo, que contó con la participación de profesionales especializados para cada componente que se trabajó, incluido un especialista SIG del laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad del Tolima. A diferencia de los 2 anteriores POF expuestos, la aplicación de las herramientas cartográficas de SIG no se limitaron a las operaciones de los softwares comúnmente utilizados, sino que se basaron en la metodología y la leyenda de Corine Land Cover para Colombia.

Fue necesario el uso de 71 planchas de los resguardos indígenas del departamento del Tolima y a partir de la metodología de Corine Land Cover, se lograron identificar 11 clasificaciones de las coberturas que tenían características homogéneas.

Así mismo, se delimitaron 8 Unidades de Ordenación Forestal UOF y se evaluó en cada una de ellas la regeneración natural y su distribución, de acuerdo a los perfiles de índice de existencias y de biodiversidad. Se priorizaron las especies forestales destinadas la conservación e investigación silvicultural. Para la ordenación se tiene en cuenta como en los otros documentos, variables biofísicas, socioculturales y los lineamientos de ordenación.

De acuerdo a lo anterior, se llegó a 3 grandes clasificaciones 1) Aprovechamiento sostenible, 2) Conservación y 3) Restauración ver Figura 4.

Figura 4. Esquematización del Proyecto



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA. Plan General de Ordenación Forestal para el departamento del Tolima. Ibagué. 2008. Fecha de consulta: 29/11/2016. Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/tomo_01.pdf

Al final del POF se establecen los lineamientos o restricciones para cada una de las Unidades de Ordenación Forestal (CORPOTOLIMA, 2008).

- **Plan de Ordenamiento Forestal de CARDER.** La Corporación Autónoma Regional de Risaralda, delimitó 5 Unidades de Ordenación Forestal, partiendo del análisis de las subregiones manejadas al interior del departamento. La calificación de estas unidades se realizó partiendo del principio de armonía de los aspectos sociales, económicos y sociológicos, así como el tipo de bosques y las zonas de vida de Holdridge. La aplicación de las herramientas SIG, fueron complementadas con salidas de campo, donde se verificó las coberturas boscosas, cuál era el estado de los bosques y la conservación de la integralidad del ecosistema. El mismo modo esos muestreos para realizar el diagnóstico exploratorio, se hizo a partir de la identificación de bosques que fueran representativos en cada una de las UOF. La leyenda utilizada para el POF fue la de Corine Land Cover.

El diagnóstico mencionado fue posible realizarlo, a partir de un inventario muy general que se realizó. Los 2 aspectos determinantes para realizar la zonificación, fueron la vocación del suelo o el uso potencial, cortejado con la cobertura o uso actual del suelo (CARDER, 2011).

- **Guía para Plantaciones Forestales Comerciales en Caldas.** Uno de los estudios que se desarrollaron en el departamento de Caldas, fue la *Guía para Plantaciones Forestales Comerciales en Caldas* (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal -CONIF-, 1998).

Al igual que el trabajo que se viene desarrollando en el presente documento, el estudio realizado por CONIF (*) tuvo como propósito realizar una *Zonificación Forestal* como metodología, pero con la diferencia que su objeto de estudio, fueron los suelos aptos con vocación forestal comercial. Es decir que, pese a que varios de los criterios y parámetros utilizados en su investigación son iguales o parecidos a los que se utilizan en el trabajo realizado en el Oriente de Caldas, sus requerimientos son diferentes.

Esta investigación tuvo en cuenta los estudios de suelo realizados por el IGAC, a través del *Atlas Básico de Colombia*, donde se consideraron variables como el uso actual del suelo, geoformología, geología, pendientes, drenajes, clasificaciones taxonómicas y agrológicas, así como datos de variables climáticas obtenidos a través del Sistema de Información Hidroclimatológico del IDEAM y del IGAC.

* Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal

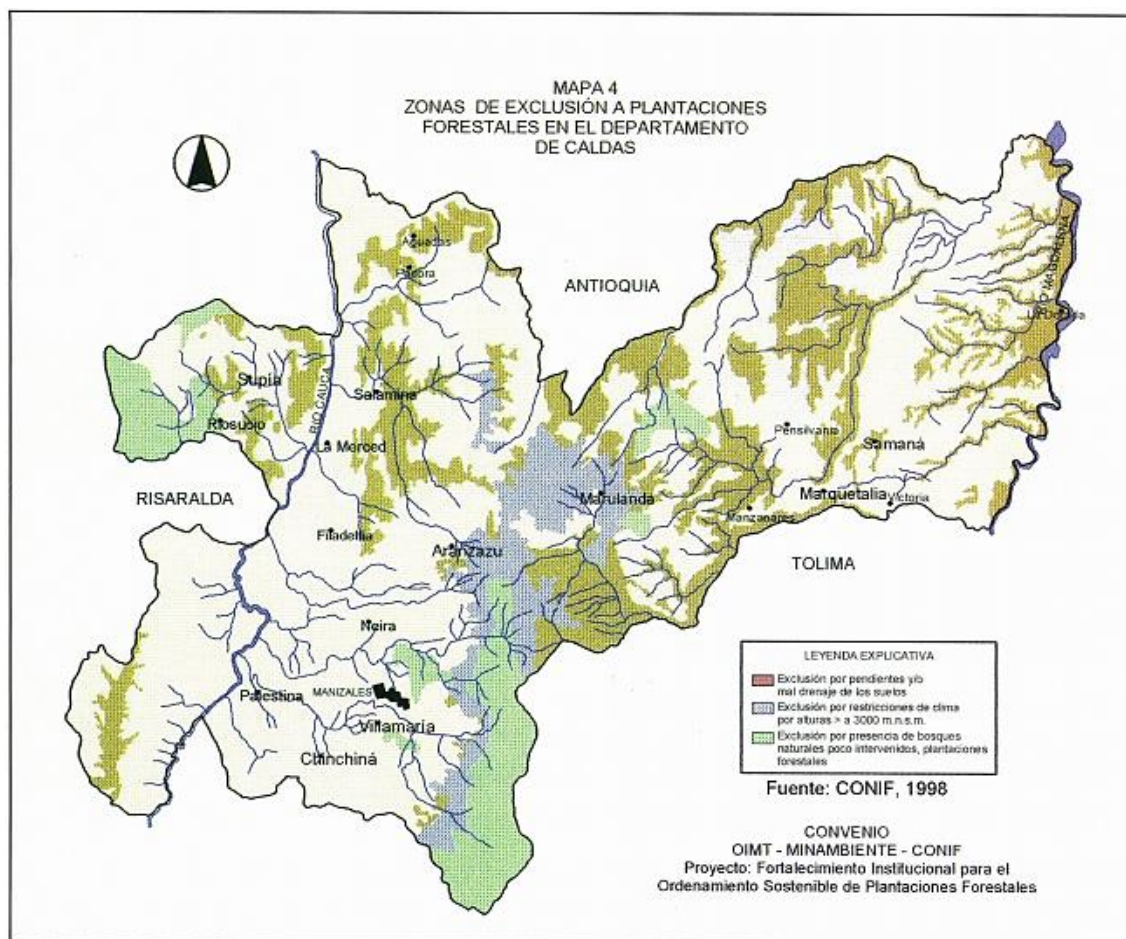
Las unidades o zonas delimitadas para plantaciones forestales comerciales, fueron todas aquellas que cumplieron con los parámetros definidos por la investigación. En el caso por ejemplo de las Áreas Naturales Protegidas, Reservas Forestales Protectoras y Reservas Naturales, fueron excluidas en la investigación.

Estas zonas que no se tuvieron en cuenta, se clasificaron en dos tipos: (1) Exclusión de áreas por restricciones de suelo y uso actual: se incluyen los suelos con fisiografía escarpada, fuertemente ondulados y quebrados, con pendientes superiores al 50%, así como suelos erosionados y con afloramientos rocosos; por otro lado se tiene (2) Exclusión de área por restricciones de clima, que incluyen las zonas de páramo con temperatura promedio anual están alrededor de 3 a 6°C y precipitaciones entre 500 a 1.000 mm; y las zonas de nival con temperaturas de 1.5°C y precipitaciones inferiores a 500 mm; también otros lugares donde la temperaturas son menores a 7°C y superiores a 35°C.

Posterior a realizar la exclusión de estas áreas por medio del software ArcView 3.0 y de Arc-Infoc (Ver Figura 5), caracterizaron al detalle las áreas con vocación forestal que se consideraron con potencial para plantaciones forestales comerciales (Ver Figura 6) y realizaron la selección de especies de acuerdo a sus requerimientos ecológicos. En total se eligieron 18 especies nativas e introducidas, de las cuales se priorizó la especie *Pinus patula* para su implementación, lo que obedece a la disponibilidad de paquetes tecnológicos, adaptabilidad de la especie, disponibilidad y área de los terrenos y su desarrollo industrial.

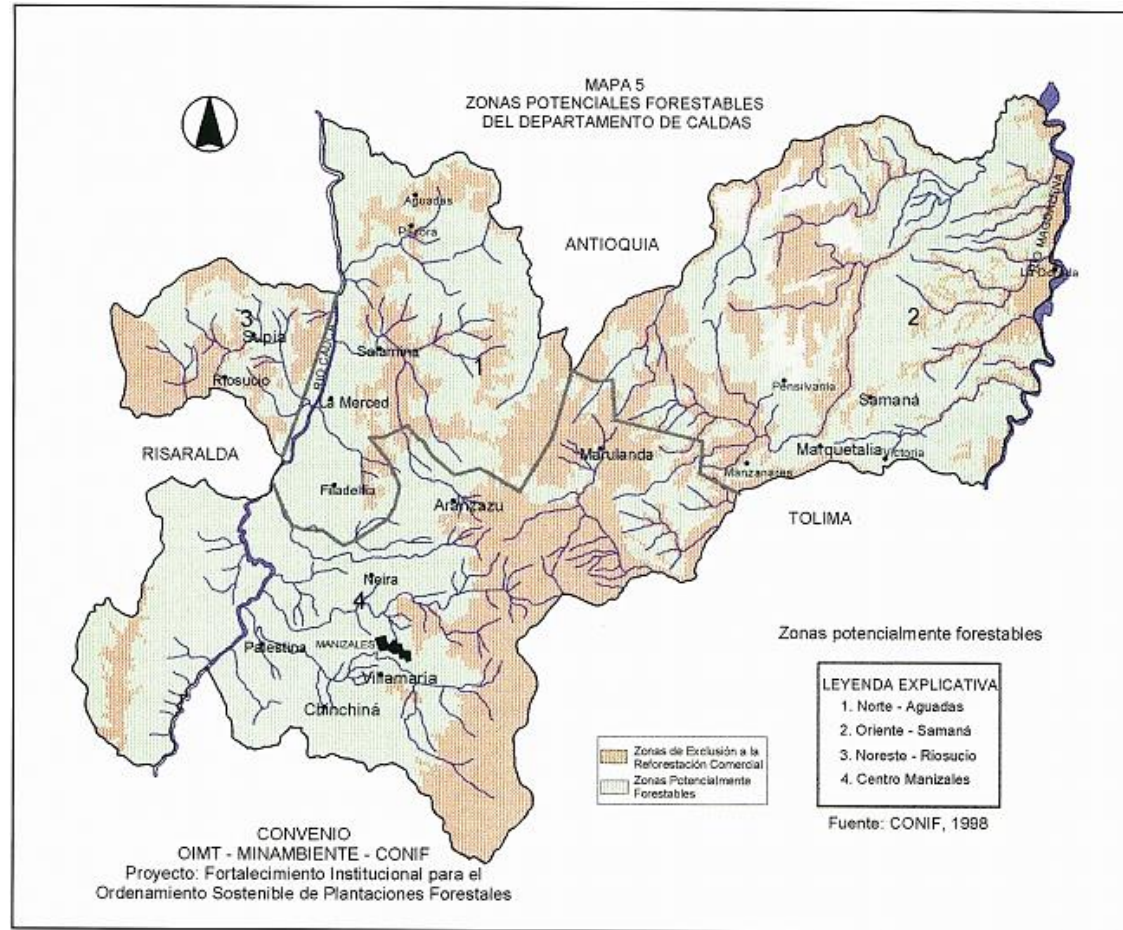
Para terminar, mencionar que CONIF no solo hizo esta investigación que se basa en la metodología de Zonificación Forestal para Caldas, sino que también ha hecho otros estudios en convenio con otras entidades tales como la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CAC- en el 2004 con el proyecto *Zonificación de Áreas por Aptitud Forestal y Lineamientos de Ordenamiento Forestal de La Cuenca Alta del Rio Cauca en el Departamento del Cauca*; acompañó al departamento de la Guajira con la *Zonificación ambiental y forestal de los municipios de Maicao y Manaure, departamento de La Guajira* en el 2009 y 2010 respectivamente; y la propuesta de *Zonificación forestal para los departamento de Santander y El Meta*.

Figura 5 Mapa de áreas de exclusión para las plantaciones Forestales en el Departamento de Caldas



Fuente: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal -CONIF-. Guía para Plantaciones Forestales Comerciales en Caldas. Bogotá. 1998. Fecha de consulta: 23/04/2017. Disponible en: [http://www.ito.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-4%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.ito.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-4%20rev%201%20(F)%20s.pdf)

Figura 6 Mapa de las Zonas con Potencial Forestal Comercial en el departamento de Caldas



Fuente: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal -CONIF-. Guía para Plantaciones Forestales Comerciales en Caldas. Bogotá. 1998. Fecha de consulta: 23/04/2017. Disponible en:

[http://www.ito.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-4%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.ito.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-4%20rev%201%20(F)%20s.pdf)

- **Experiencia Piloto de Zonificación Forestal en el corregimiento de Tarapacá (Amazonas).** La Experiencia piloto de Zonificación Forestal en el corregimiento de Tarapacá (Amazonas) (SINCHI, 2004), es un estudio realizado por el SINCHI* que fue abordado en 3 (tres) momentos. Diagnóstico, Evaluación y Prospección, que se apoyó en la cartografía básica del IGAC.

El primer momento, fue una etapa diagnóstica que abordó características que tienen que ver con el componente Biofísico y Sociocultural de la zona de estudio; el primer componente está relacionado con variables climáticas, geológicas, geomorfológicas, edafológicas, vegetación y uso actual del suelo; mientras que el componente socioeconómico especifica las características sociales, económicas, culturales y tecnológicas de la población.

El segundo momento que corresponde al evaluativo, realizó una valoración de Unidades Homogéneas que se identificaron a partir de las características de la fase diagnóstica, que fueron confrontadas con las categorías de uso que se definen por ley: (1) Zonas Productoras, (2) Zonas Productoras-Protectoras y (3) Zonas Protectoras. Producto de este análisis identificaron 20 Unidades Integrales Homogéneas.

Finalmente, el estudio termina con el último momento prospectivo, que analiza la viabilidad social, económica, ecológica, política y técnica de las Unidades de Manejo Forestal.

- **Propuesta para desarrollar una plantación forestal de la especie *Jatropha curcas* para extracción de biodiesel en el municipio de Guaduas, Cundinamarca.** Este trabajo al igual que el realizado por CONIF en el departamento de Caldas, utiliza alguno de los elementos de la *Zonificación Forestal* para identificar áreas donde sea factible tener plantaciones forestales con fines productivos. Dentro del trabajo que se desarrolló, se identificaron las condiciones ambientales mínimas para establecer la especie y se tuvo en cuenta los lineamientos del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio (Arévalo Méndez, Rojas Gutiérrez, & Linares Prieto, 2010).

Lo anterior, se realizó a través de la superposición y procesamiento de información cartográfica de las variables que se tuvieron en cuenta para obtener las zonas con potencial productivo y que cumplieran con los requerimientos agroecológicos de la especie. Algunos de los criterios de selección están relacionados con la Altitud (0 A 1500 msnm), Precipitación (300 a 1800 mm) y la Temperatura media (18 a 28°C e inclusive 34°C).

* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas

4.5.2 Contexto de ordenamiento forestal en el departamento de caldas.

Después de establecido el Plan Nacional de Desarrollo Forestal -PNDF- por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- en el año 2000 y anteriormente ordenaba en 1996 a las Corporaciones Autónomas Regionales -CAR- regular el aprovechamiento del recurso forestal que estuviesen bajo su jurisdicción por medio de guías para el mismo fin. Así mismo desde el año 2010, el -MADS-, viene promoviendo la implementación de la Ordenación Forestal Integral y Sostenible -OFIS-, que incorporan otros componentes técnicos y legales de la Política de Biodiversidad, la Política Hídrica, la Política sobre Conocimiento Tradicional, los Lineamientos de la Política de Cambio Climático y los Lineamientos para la Política Nacional de Ordenamiento Ambiental del Territorio.

Como se menciona en el Plan de Gestión Ambiental Regional -PGAR- de Caldas (CORPOCALDAS, 2007), el departamento tiene identificado que la mayor concentración de bosques naturales que existen, están localizados en la cordillera central y occidental; mientras que al oriente del departamento existen relictos boscosos fragmentados. Así mismo otros bosques que se tiene inventariados, ya forman parte de algunas de las figuras de conservación existentes como son las Reservas de la Sociedad Civil o los Parques Nacionales Naturales.

Otro de los aspectos a considerar son las plantaciones forestales que existen en el departamento, que comparadas con otras regiones del país no son relevantes; diferentes estudios realizados en territorio, determinan que Caldas, no es un departamento considerado con aptitud forestal; por el contrario, predomina culturalmente el sector agropecuario. Sin embargo, existen varias compañías con plantaciones forestales, donde las especies más representativas son de *Pinus patula* y *Cupressus lucitanica*.

Actualmente CORPOCALDAS, no cuenta con un Plan de Ordenamiento Forestal del departamento, pero si ha desarrollado estudios que le han permitido tener un inventario exploratorio de los bosques en territorio, los cuales es necesario actualizar y ordenar como lo exige la normatividad ambiental. Para el año 2001 se ejecutó un proyecto denominado *Manejo Sostenible de Bosques en Colombia*; que tuvo el apoyo de la Cooperación Alemana al Desarrollo -GTZ, que permitió que el departamento de Caldas fuera elegido como una de las áreas prioritarias de ordenación forestal; aunque el énfasis era la especie Guadua, esto le permitió realizar un diagnóstico general del estado de sus bosques.

Es por esto que Corpocaldas decide realizar la zonificación ambiental de bosques en las unidades de Ordenación Forestal – UOF: Guarinó, Samaná Sur – La Miel y Purnio – Doña Juana – Pontoná, y aferentes al río Magdalena en el Oriente del departamento de Caldas, con el fin de regular el manejo y uso del recurso forestal, ante la evidente pérdida de cobertura boscosa y la degradación del estado de los bosques, todo la normatividad vigente y los lineamientos expedidos por el gobierno nacional para buscar alternativas sostenibles para su manejo.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

El presente trabajo se inscribe bajo el marco de investigación aplicada de los Sistemas de Información Geográfica en el campo de la planificación ambiental, específicamente de la ordenación forestal. Para llegar a la zonificación forestal de las UOF, fue necesario aplicar una serie de procedimientos y funciones propios de los Sistemas de Información Geográfica SIG, del Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS y Sistema de Posicionamiento Global GPS.

Su realización parte de la necesidad de la Corporación Autónoma Regional de Caldas -CORPOCALDAS- de iniciar el proceso de regulación del recurso forestal que se encuentra excluido de las figuras ambientales establecidas para conservación que se manejan en Colombia. Lo anterior facilitó la obtención de la información básica, para llegar a la zonificación de uno de sectores menos exploradas en el departamento, como es el Oriente de Caldas.

Adicionalmente, la información que se generó, al igual que los resultados obtenidos, se integrarán al Sistema de Información Regional SIAR de la Corporación, como uno de los insumos más importantes que buscan ser pioneros a la hora de formular el Plan de Ordenación Forestal del departamento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para la Zonificación de las Unidades de Ordenación Forestal, fue necesario recopilar la información cartográfica, revisar los datos y ajustarlos, analizar los resultados o escenarios que arrojaba el sistema y proponer las alternativas que se ajustaran mejor a los lineamientos de la normatividad ambiental.

Se contó con 4 fases, las cuales se describen a continuación:

5.2.1 Fase 1. Exploratoria.

En esta fase, se buscó estructurar la Base de Datos Geográfica de las Unidades de Ordenación Forestal del oriente de Caldas.

- **Revisión de información documental y cartográfica disponible.** La información para realizar el trabajo se facilitó por parte de Corpocaldas y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en formato shape file. Fue necesario revisarla y ajustarla, lo que implicó hacer cambios en la proyección de las coberturas. De igual forma, los puntos recolectados en campo, se debían revisar para verificar si estaban tomados correctamente y hacer las correspondientes transformaciones de coordenadas geográficas a planas para que se pudiesen trabajar el software, que para este caso fue Qgis versión 2.14.3 y ArcGis en su

versión 10.2.2. En esta actividad también fue necesario hacer una depuración de información que no era relevante para el proyecto, así como fue necesario verificar el metadato de la información que proporcionó la entidad, para saber su procedencia y la escala en la que fue creada cada una de las coberturas. Todos los cambios que se realizaban, se documentaban en una ficha creada para ese fin.

- **Creación de la Base de Datos Espacial y selección de la Cartografía Base.** Con el fin de tener la información organizada, almacenada y de fácil acceso, se creó una base de datos espacial, en el programa Arcgis, a través de la herramienta de Geodatabase personal (.mdb), que permite la organización de los datos en datasets que contienen los featureclass. La cartografía base que se utilizó en el proyecto, fue retomada de la información proporcionada por Corpocaldas y algunas coberturas del IGAC como fueron los límites municipales, los drenajes y los ríos, que se incorporaron a la Geodatabase.

5.2.2 Fase 2. Delimitación de la zona de estudio.

Establecer el área de estudio de acuerdo a los criterios establecidos por la autoridad ambiental del departamento de Caldas.

- **Creación del Modelo de Datos.** Para delimitar la zona de estudio primero se planteó un modelo de datos, que muestra cuáles son los componentes o aspectos a tener en cuenta para determinar el área de estudio. Es así, como se plantearon todas las operaciones o funciones aplicar en el modelo, para evitar consecutivos errores derivados del ensayo y error.
- **Delimitación de Zona de Estudio.** Ya organizado el modelo de datos, se pasó aplicar todas las funciones requeridas para obtener el área de estudio. Cabe aclarar que en el momento en que se formuló el proyecto, se había planteado un modelo de datos con el personal de Corpocaldas, el cual fue ajustado a las necesidades del proyecto. En esta actividad se sustrajo de las Unidades de Ordenamiento Forestal ya determinadas por la autoridad ambiental, todas las figuras de ordenamiento ambiental, que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, así como otras figuras de conservación que son avaladas por las autoridades regionales y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

5.2.3 Fase 3. Categorizar las zonas boscosas para las Unidades de ordenación Forestal.

En la fase de categorización se realizó varias actividades que implicaron digitalizar información y descargar imágenes satelitales.

- **Descarga de Imágenes Satelitales.** Previo a la digitalización, era necesario buscar un mapa base que permitiera identificar los parches de bosque que fueron caracterizados en campo. De tal modo que se utilizó el navegador terrestre de Google Earth, para subir los puntos a formato KML y digitalizar algunos de los parches de bosque, que no fueron posibles de digitalizar con el mapa base visualizado en el programa Arcgis. Del mismo modo, como no se pudo ver algunos sectores por la alta nubosidad, se descargaron algunas imágenes satelitales por medio del programa SAS Planet, para posteriormente cargarlas al software del Arcgis y terminar de digitalizar los puntos de muestreo. En total se digitalizaron 133 parches de bosque, que fueron caracterizados en campo por el personal técnico del proyecto que cumplían esa labor.
- **Elaboración de productos derivados de la base topográfica que representen la superficie del terreno.**
Partiendo del Modelo de Digital de Elevación DEM, se obtuvo las curvas de nivel de las Unidades de Ordenación Forestal, cada 20 m. Esto permitió generar una capa de pendientes, necesaria para el establecimiento de uno de los condicionamientos para la categorización de los bosques localizados en el área de estudio.
- **Categorización de los bosques localizados en el área de estudio.** Ya teniendo georreferenciados los puntos de muestreo con su respectivo atributo descriptivo, los parches de bosques digitalizados y la capa de pendientes de las UOF, se generó 3 categorías resultantes de la intersección de la capa de pendientes, las zonas de vida de Holdridge y la capa de parches de bosque que se identificaron tenían un área mayor a 5 Ha, las cuales fueron: a) bosques destinados para conservación, b) bosques con restricción y c) bosques para el Aprovechamiento Sostenible o en Desarrollo.

5.2.3 Fase 3. Estrategias Sostenibles de ordenación de los bosques, en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente de Caldas.

- **Propuesta de Alternativas de Manejo.** Posterior a tener categorizados el área forestal, como los parches boscosos susceptibles para ordenación, se realizó una tarea conjunta con el coordinar del proyecto, donde se estableció algunos criterios para determinar las opciones de manejo y de restricción de los diferentes bosques y predios que se encuentran localizados en el área de estudio. Un ejemplo, son las zonas cercanas a cuerpos de agua o fuentes abastecedoras de agua potable, que independiente de que tuviesen bajo una categoría de aprovechamiento o de uso restrictivo; debían de ser bosques de uso exclusivo para conservación, por la importancia que tiene para los seres humanos.

Básicamente se llegó a 3 opciones de manejo; 1) Zonas para corredores biológicos/conservación, 2) Compra de predios y 3) Estrategias de manejo de paisaje.

- **Elaboración de Salidas Gráficas**

Terminado el proceso del uso de las herramientas SIG y de las operaciones necesarias para el proyecto, se procedió a elaborar las salidas gráficas a por medio del software Arcgis 10.2.2. Los mapas generados fueron: Unidades Ordenamiento Forestal, Figuras Ordenamiento Ambiental, Cuencas hidrográficas, Aptitud uso suelo, Conflicto Uso Suelo, Delimitación zona de estudio, Categorías de Manejo, Zonificación UOF, Zonas Protección Parches de Bosques, Zonas Ordenación Forestal, Muestreo GPS de la UOF y Zonificación UOF Bosques Nuevos. Todos ellos exportados a formato .pdf y .jpg para facilitar su visualización. Los mapas cuentan con su respectiva Rosa de los vientos la cual indica el norte, grilla, proyección del sistema de coordenadas y otros datos relevantes en la elaboración de las salidas gráficas.

6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación de la metodología permitió llegar al cumplimiento de los objetivos planteados en un inicio, aunque se presentaron cambios en el uso de algunas técnicas y en los resultados finales obtenidos.

6.1.1 Organización de información cartográfica y estructuración de la Base de Datos Espaciales.

Para el cumplimiento de la primera fase, la revisión de la información proporcionada por Corpocaldas, se ajustó y permitió pasar de 89 shape file que no se encontraban organizados, a 36 shape file depurados y reproyectados de diferentes sistemas de coordenadas, al sistema de coordenadas *Colombia Bogotá Zone* utilizado en el Sistema de Información Geográfico del departamento de Caldas que tiene las siguientes características:

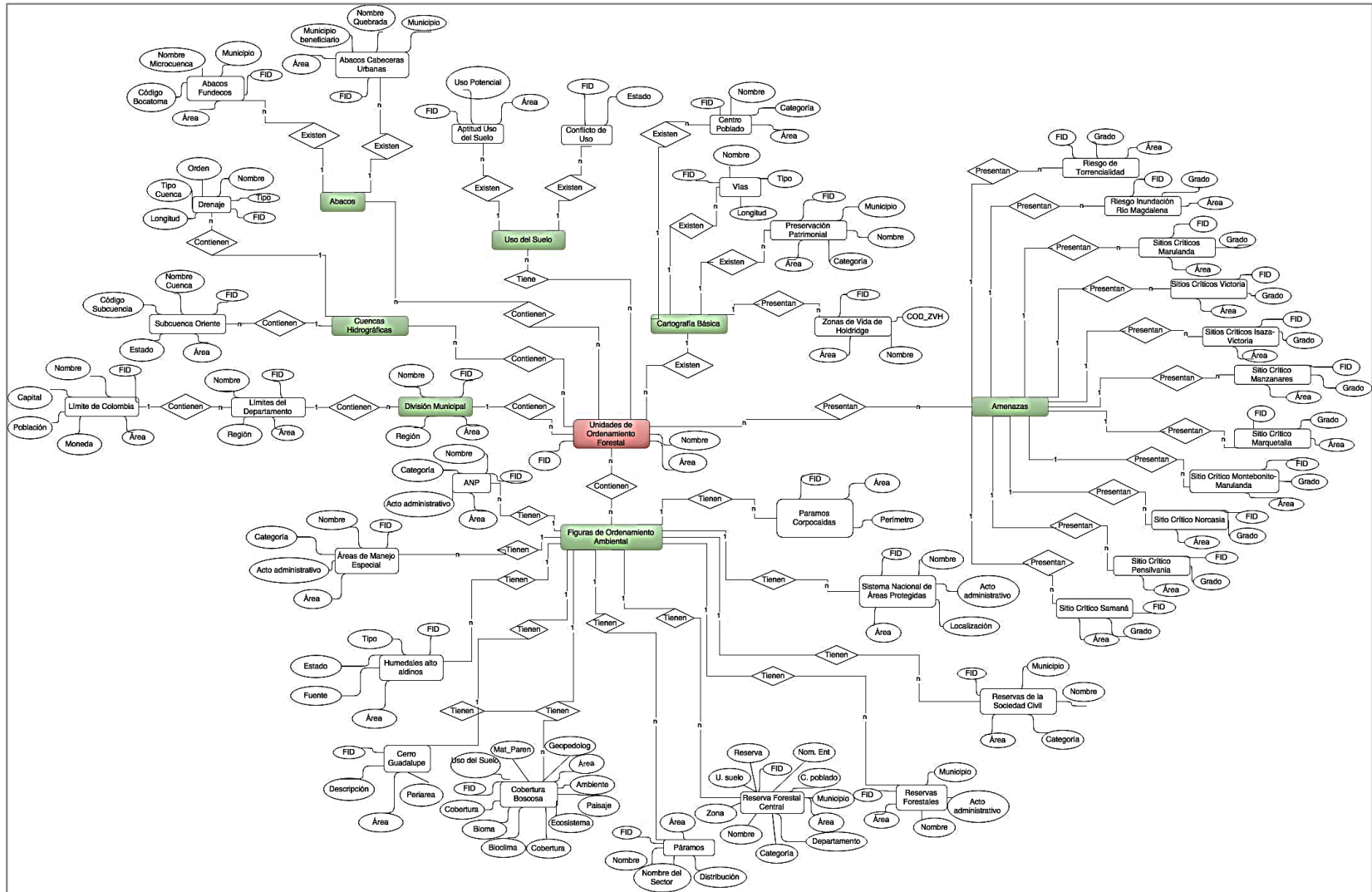
Projected Coordinate System: Colombia_Bogota_Zone
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 1000000,00000000
False_Northing: 1000000,00000000
Central_Meridian: -74,08091667
Scale_Factor: 1,00000000
Latitude_Of_Origin: 4,59904722
Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS_Bogota
Datum: D_Bogota
Prime Meridian: Greenwich
Angular Unit: Degree

Después de revisados los 131 puntos que se tomaron con GPS por parte del personal en campo, se organizaron los datos y se pasaron de coordenadas geográficas a coordenadas planas en el programa.

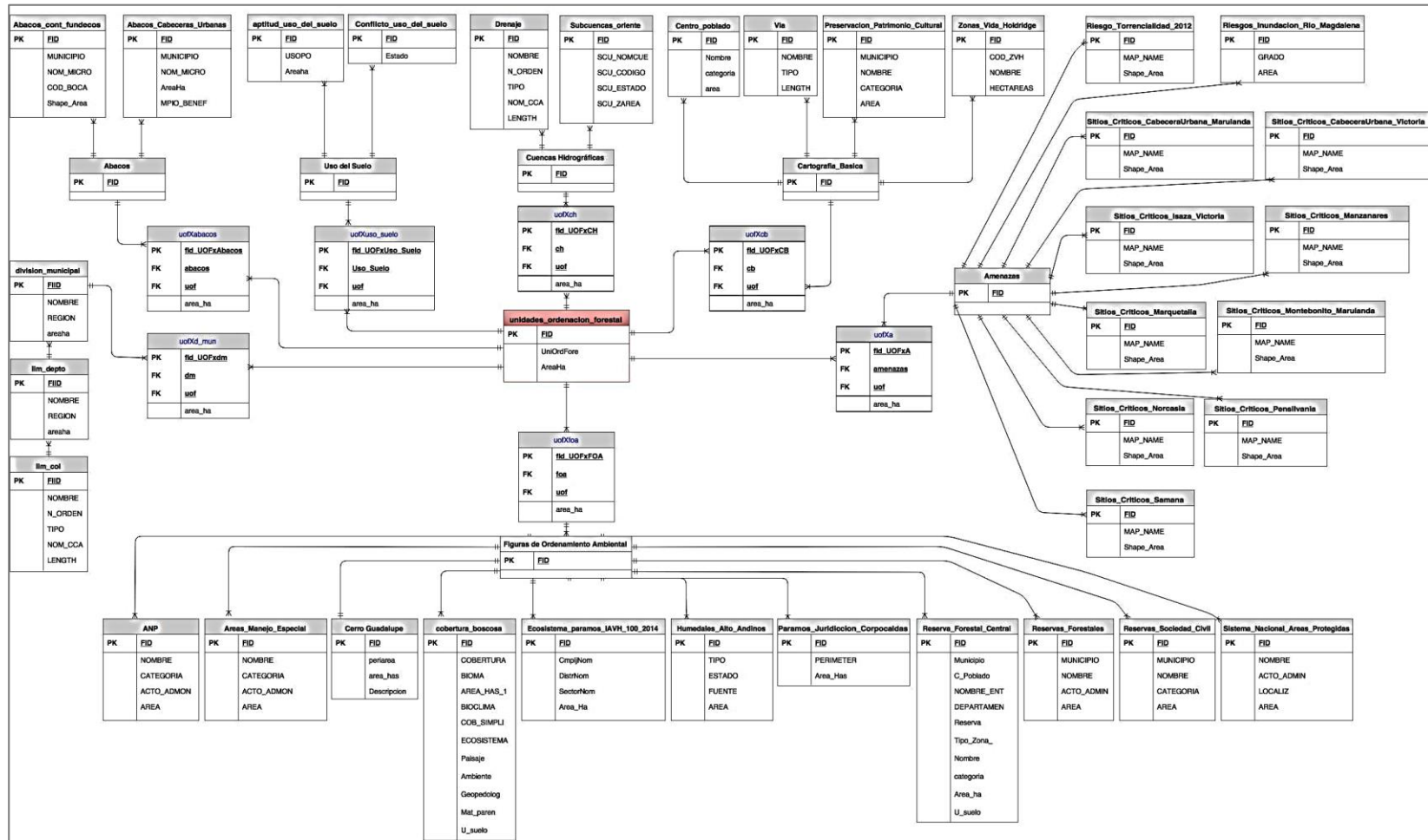
Previo a estructurar la Base de Datos Espacial, se planteó el Modelo Entidad Relación (Ver Figura 7) y el Modelo Relacional (Ver Figura 8), con el fin de establecer de qué forma se podía generar nuevos Shape file, que dieran respuesta a los bosques que se encontraban en el área de estudio.

Figura 7 Modelo Entidad Relación



Fuente: Elaboración Propia con base en la aplicación online Draw io

Figura 8 Modelo Relacional



Fuente: Elaboración Propia con base en la aplicación online *Draw io*

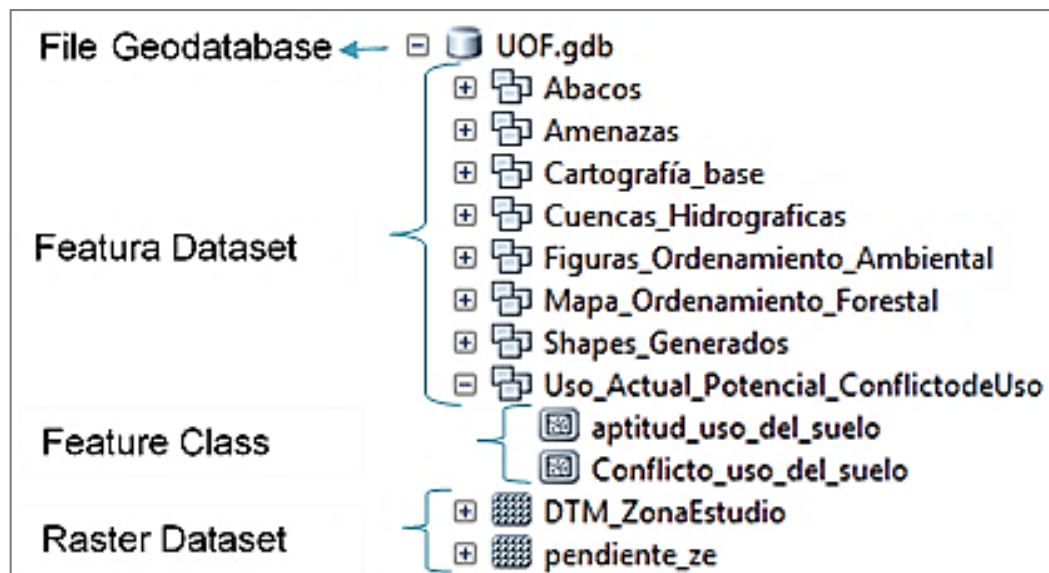
La información se clasificó de acuerdo a las temáticas manejadas que requería el proyecto, las cuales constituyeron los *Feature Dataset* de la Geodatabase.

- Ordenamiento Forestal
- Figuras de Ordenamiento Forestal
- Cuencas Hidrográficas
- Uso del suelo
- Abacos (Fuentes de abastecimiento de agua potable)
- Cartografía Básica
- Amenazas
- Shape Generados

Del mismo modo cada shape file que forma parte de las temáticas que se clasificaron, se integraron a la base de datos como un *Feature Class*. En el caso de las imágenes raster que se tuvieron en cuenta para el presente trabajo: el Modelo de Elevación de la zona de estudio -DTM- y el de Pendientes; formaron parte de la estructura de la Geodatabase como un *Raster Dataset*.

La *File Geodatabase* está conformada por 8 *Feature Dataset*, 36 *Feature Class* y 2 *Raster Dataset*, como se muestra en la Figura 9 a continuación:

Figura 9 Estructura de la File Geodatabase



Fuente: Elaboración Propia con el uso del Software *ArcGis 10.2.2*

6.1.2 Delimitación del Área de Estudio.

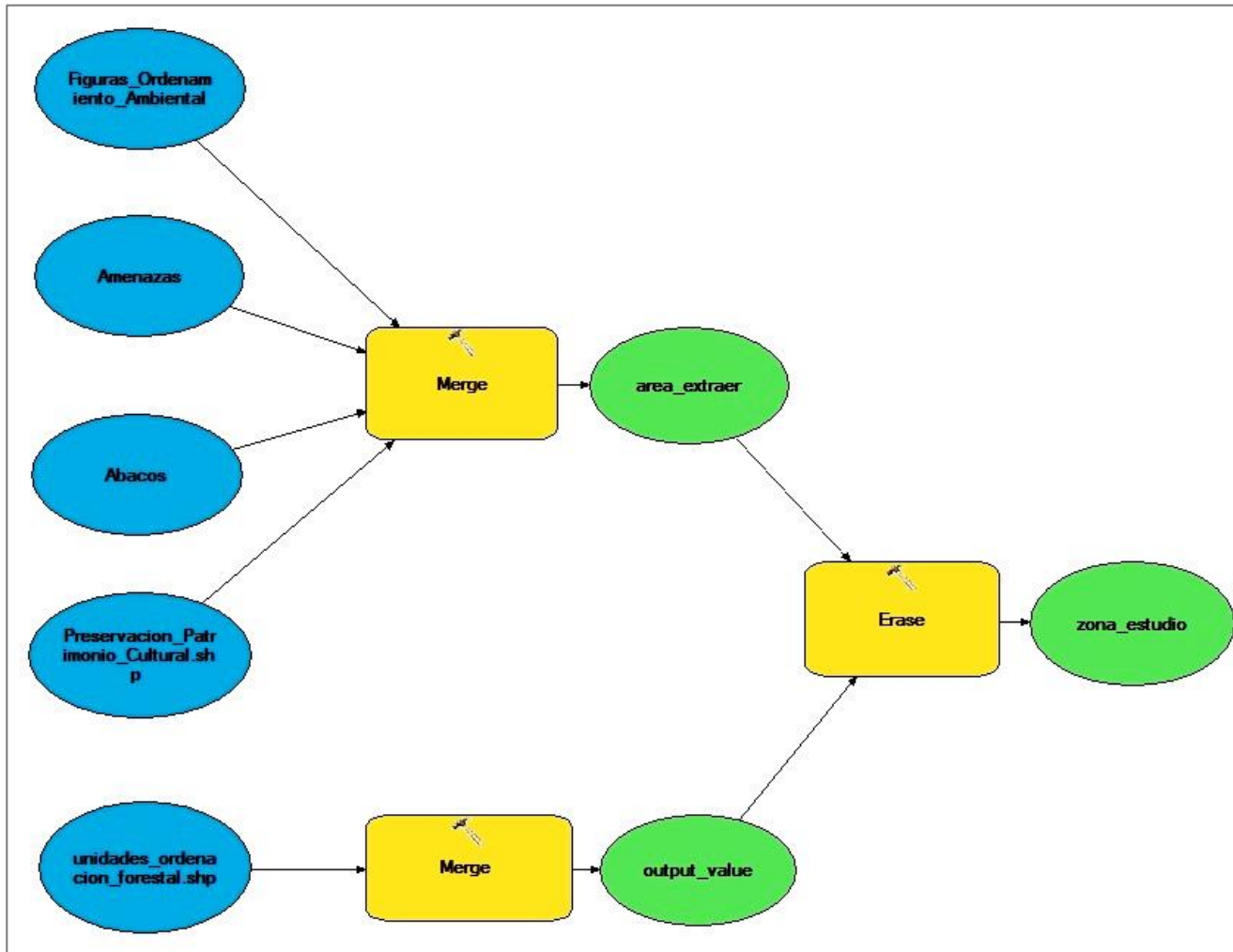
El área problemática se definió sobre las unidades de ordenación forestal -UOF- (Ver Anexo *B* Anexo *B* Unidades de Ordenación Forestal), que comprenden el Guarinó, Samaná Sur – La Miel y Purnio – Doña Juana – Pontoná, y aferentes al río Magdalena en los municipios de Marulanda, Manzanares, Pensilvania, Samaná, Marquetalia, Victoria, Norcasia y La Dorada del Oriente del departamento de Caldas.

En esta zona, predominan dos grandes relictos boscosos; el Bosque de Florencia de la parte alta del municipio de Pensilvania, en límites con el municipio de Manzanares, así como la Reserva del Río Manso. La zona está también influenciada por el parque nacional natural de los nevados, reservas de la sociedad civil, humedales, zonas de páramo y reservas forestales. Adicional a lo anterior, hay bosques naturales distribuidos en la zona oriental del departamento, que no están incluidos en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, pero que tienen especial interés en el presente estudio, pues no cuentan con una regulación que permita su conservación

El área de estudio como tal, se delimitó de acuerdo a los requerimientos realizados por la Corporación Autónoma Regional de Caldas -Corpocaldas-, que consistía en extraer las zonas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), como son los Humedales, Reservas Forestales, Parques Regionales y municipales, Reservas Naturales y de la Sociedad Civil, así como los Bosques Secos Tropicales. También fueron excluidos los Suelos de Protección determinados por los Planes de Ordenamiento Territorial -POT's-: zonas susceptibles de riesgos naturales por amenazas de avenidas torrenciales, inundaciones o por actividad volcánica. Tampoco se tuvo en cuenta áreas de importancia cultural y arqueológica para la preservación del patrimonio cultural y las zonas de influencia de microcuencas abastecedoras de acueductos para consumo humano -ABACOS- (Ver Anexo A).

De lo anterior se realizó el modelo que se muestra en la Figura 10 para la determinación de la zona de estudio (Ver Figura 11).

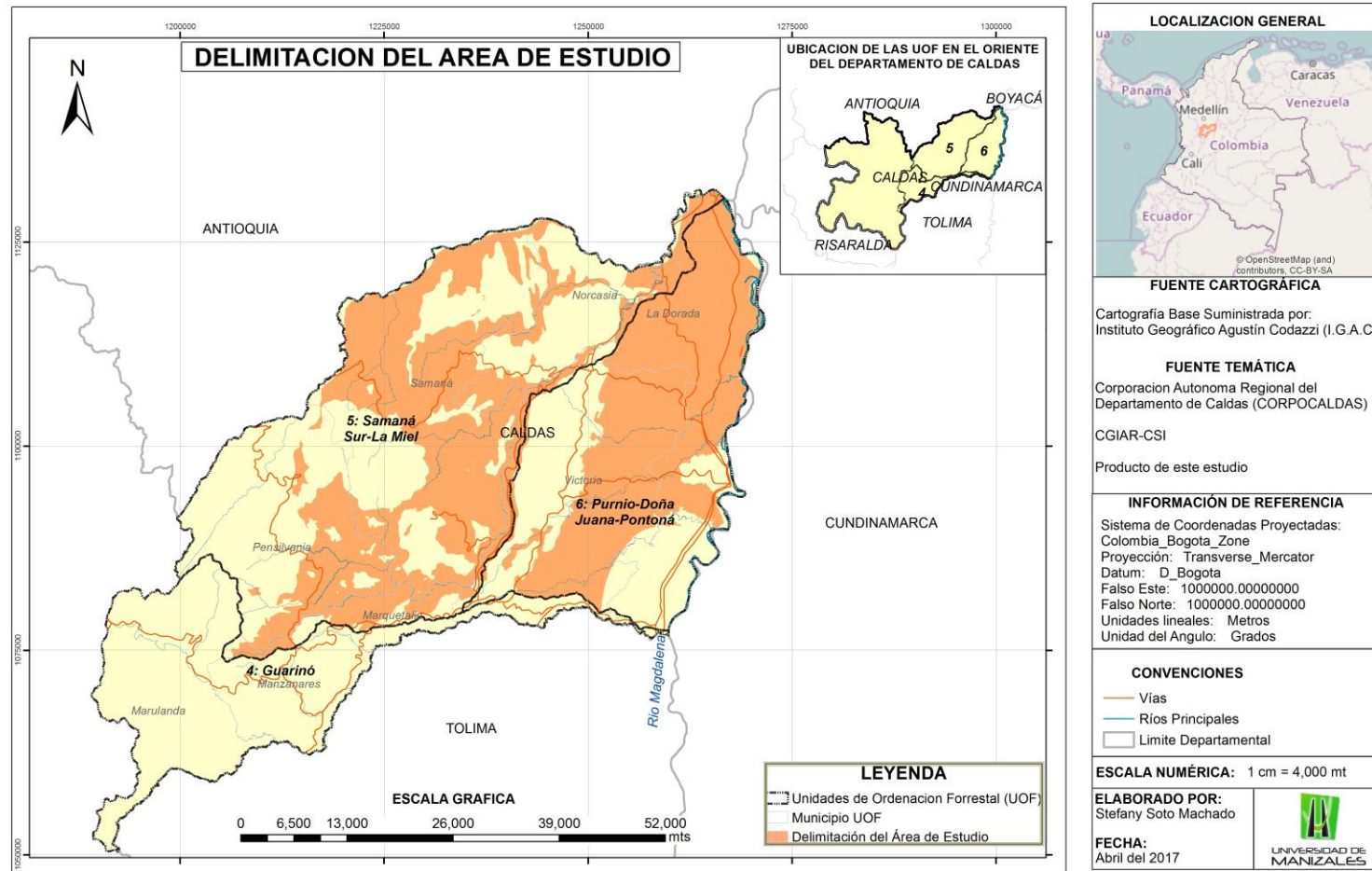
Figura 10 Modelo de Procesamiento



Fuente: Elaboración Propia con el uso del Software ArcGis 10.2.2

Se obtuvo el área de trabajo, sobre el que se realizaron los posteriores procesamientos.

Figura 11 Área de Estudio



Fuente: Producto de este estudio con el uso del Software ArcGis 10.2.2

6.1.3 Categorización de las Unidades de Ordenación Forestal.

Para llegar a categorizar los bosques que no forman parte de ninguna figura de protección ambiental a nivel nacional, regional y municipal; fue necesario realizar una conversión de coordenadas geográficas a coordenadas planas. Así mismo georreferenciar los 131 puntos de muestreo (Ver Figura 15), para identificar y digitalizar los bosques que se identificaron y clasificaron en 14 categorías como se muestra en el Cuadro 1 a continuación.

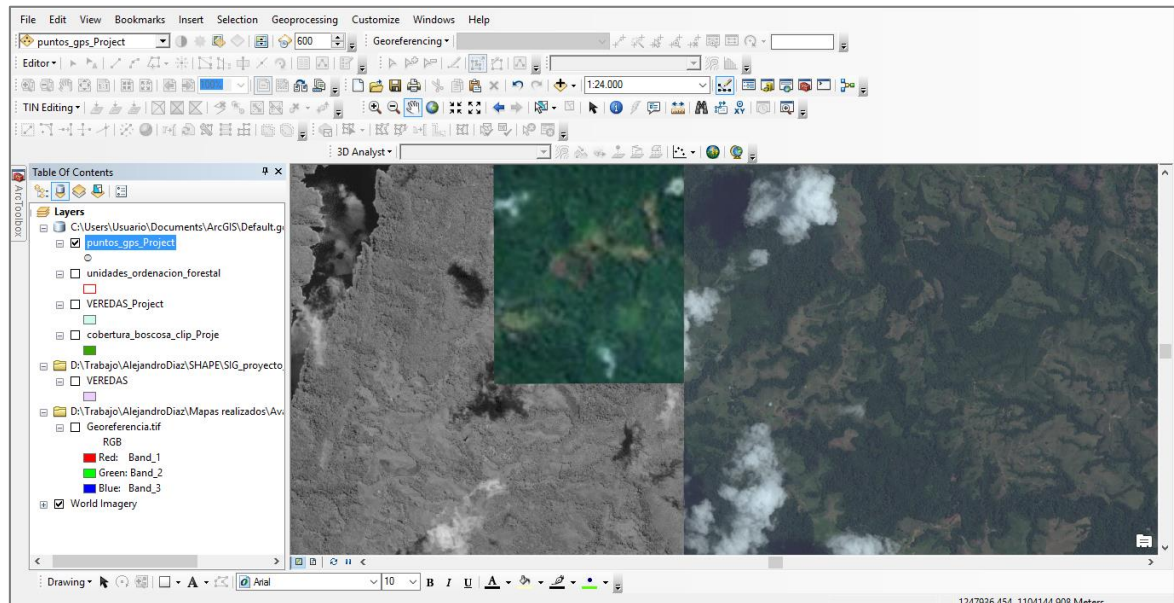
Cuadro 1 Clasificación de los Bosques de acuerdo a su estructura paisajística

Sigla	Descripción
BDA-I-IPG-PAA	Bosque denso abierto, intervenido, influenciado con pastos para ganadería, de protección para abastecimiento de agua
BS-DAD-VS-IC	Bosque secundario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de caña panelera
BS-DM-A-VS	Bosque secundario, de dosel medio, abierto, con vegetación secundaria.
BS-F-DAD-VS-ICCP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera y pastos.
BS-F-DAD-VS-ICP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pasto y caña panelera
BS-F-DAD-VS-IP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pastos.
BS-F-DMAD-VS-ICP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel medio alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pastos.
BS-R-DAD-VS-IC	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café
BS-R-DAD-VS-ICC	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café y caña panelera
BS-R-DAD-VS-ICCaP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, cacao y pasto
BS-R-DAD-VS-ICCCaP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera, cacao y pasto
BS-R-DAD-VS-ICCP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera y pastos.
BS-R-DAD-VS-ICP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café y pasto
BS-R-DAD-VS-IPP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pino y pastos.

Fuente: CORPOCALDAS. Zonificación Ambiental en las Unidades de Ordenación Forestal – Uof: Guarinó, Samaná Sur – La Miel Y Purnio – Doña Juana – Pontoná, y Aferentes al Río Magdalena en los Municipios de Marulanda, Manzanares, Pensilvania, Samaná, Marquetalia, Victoria, Norcasia y la Dorada en el Oriente Del Departamento de Caldas – Colombia. 2016

- **Descarga y digitalización por medio de imágenes satelitales.** En el momento de digitalizar, se utilizaron 3 programas para la descarga y/o digitalización de los bosques identificados en campo. En primer momento fue usado el mapa base de ArcMap, *World Imagery*; sin embargo, fue necesario utilizar otros programas de apoyo debido a la nubosidad y la disponibilidad de las imágenes como se muestra en la Figura 12 Mapa Base World Imagery; visualizándose solo 18 puntos de muestreo en el oriente de la zona de estudio.

Figura 12 Mapa Base World Imagery

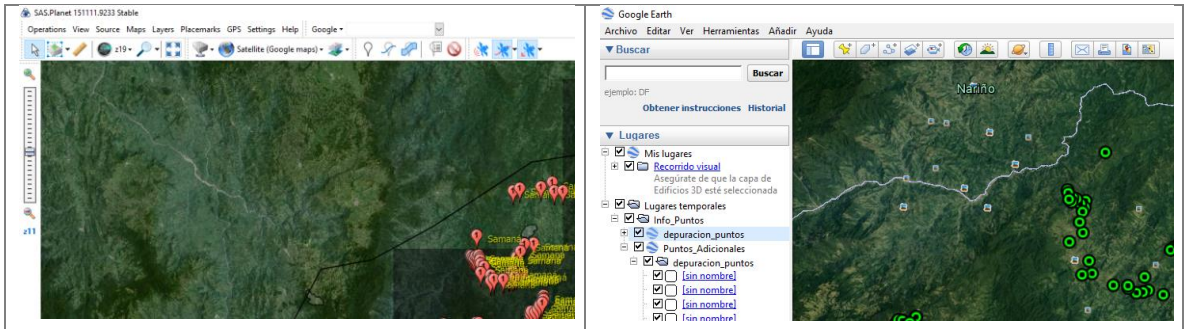


Fuente: El presente estudio con el uso del Software *ArcGis 10.2.2*

Los puntos restantes, 33 fueron identificados en el programa ruso *SAS Planet versión 11.0.*, descargando 5 imágenes en formato. ecw para ser importadas ArcGis para la digitalización de los bosques en dicho programa; mientras que 80 fueron digitalizados en el programa *Google Earth* en formato. Kml, que posteriormente fueron importados al ArcMap (Ver Figura 13).

En el momento de digitalizar los bosques, se identificó que 7 puntos de muestreo, no se intersectaban con ningún bosque caracterizado, debido a que su tamaño era igual o menor a 5 Ha (Hectáreas) por lo que no son visibles a escala 1:25.000; la existencia de esos bosques obedece iniciativas por parte de la comunidad y Corpocaldas, para la protección de microcuencas abastecedoras de agua para acueductos comunitarios.

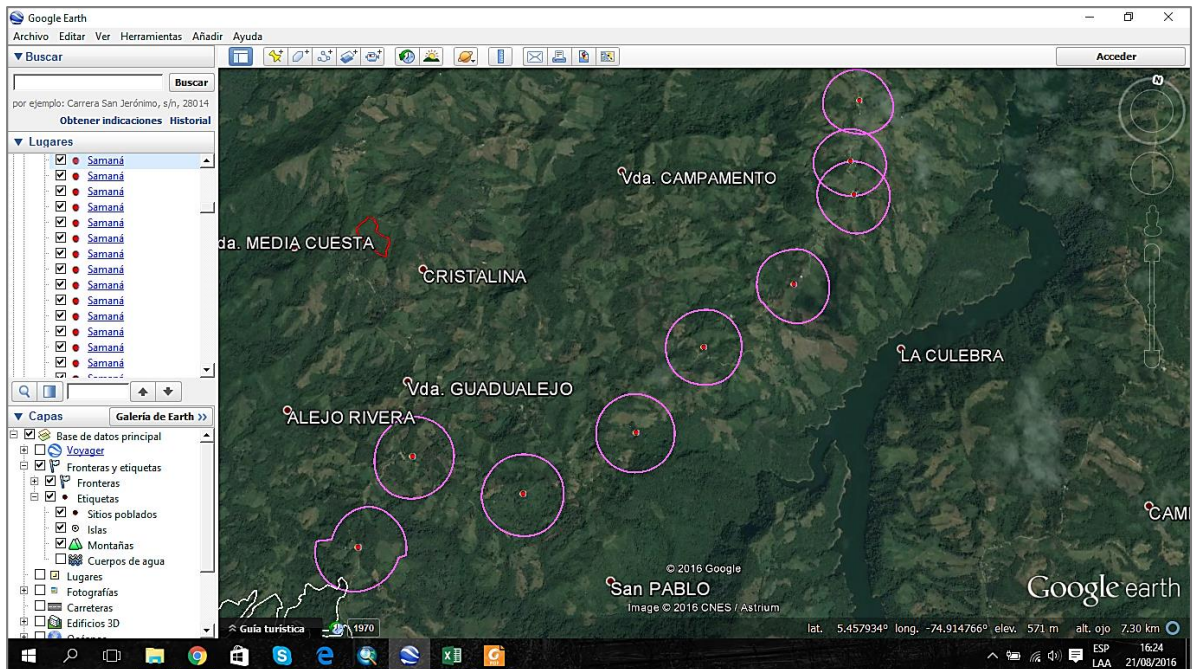
Figura 13 Utilización de Programas: A la derecha Google Earth y SAS Planet



Fuente: El presente estudio con base en el visualizador del software *Google Earth* y *SAS Planet*

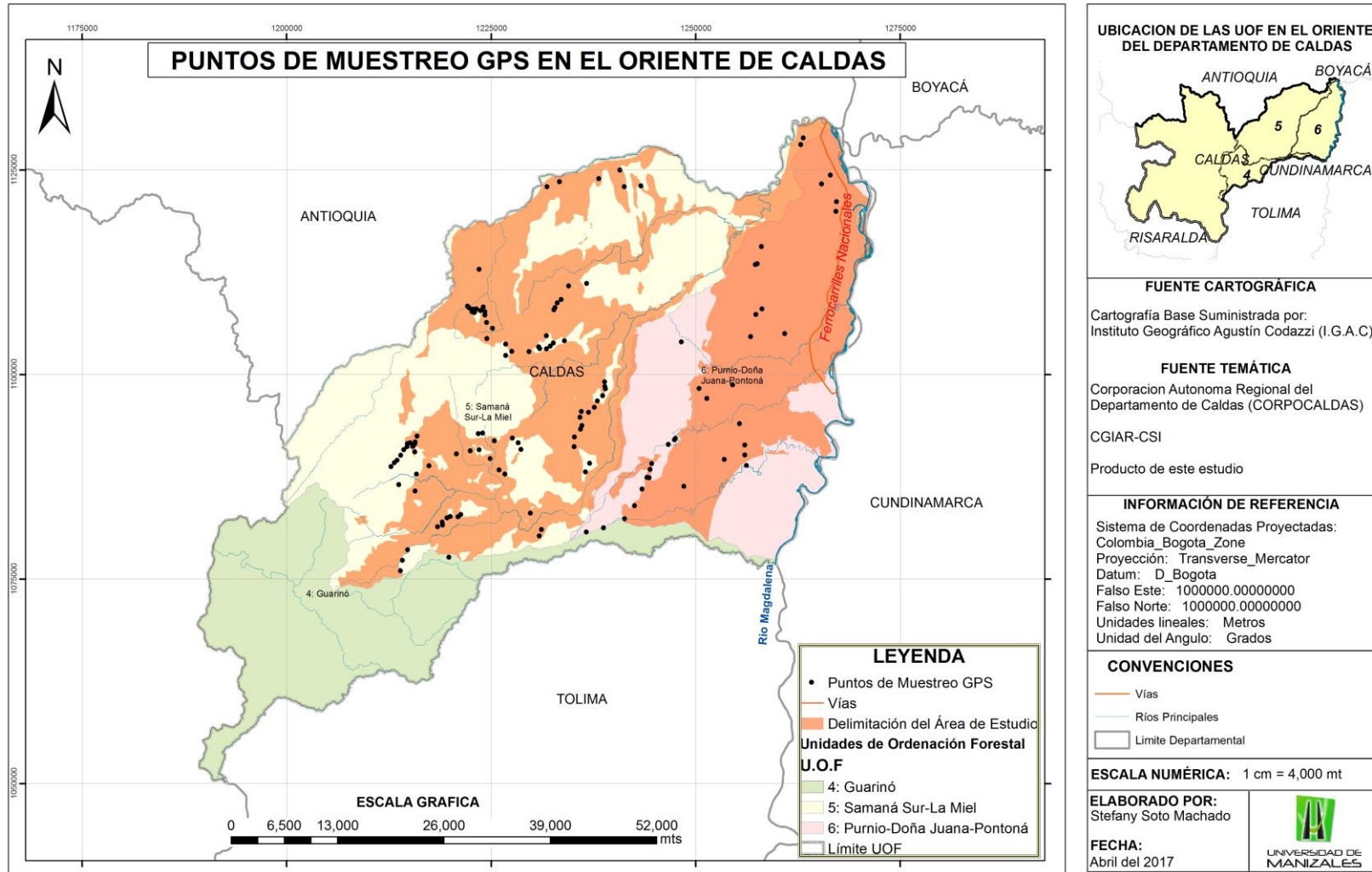
Para la digitalización de los bosques tanto en el programa de ArcGis como en Google Earth, inicialmente se ejecutó la función de *Buffer* para delimitar el área de influencia de los puntos recolectados en campo. Se estableció un *buffer* de 300 m (metros), indicando la distancia máxima desde donde se tomó el punto con GPS y la observación del bosque por parte del personal en campo como puede verse en la Figura 14.

Figura 14 Implementación de Buffer de 300 m



Fuente: El presente estudio con base en el visualizador del software *Google Earth*

Figura 15 Puntos de Muestreo en Zona de Estudio



Fuente: Producto de este estudio con el uso del Software ArcGis 10.2.2

Los bosques que se consideraron en el presente trabajo, fueron aquellos relictos que tuvieran un área igual o mayor a 5 ha, que pueden visualizarse a escala 1:25.000. De acuerdo a la clasificación, se obtuvieron las áreas por clasificación (Ver Cuadro 2 y Anexo C) y por municipio (Ver Tabla 1).

Cuadro 2 Porcentaje de área de acuerdo a su clasificación

SIGLA	DESCRIPCION	AREA (Ha)	%
BDA-I-IPG-PAA	Bosque denso abierto, intervenido, influenciado con pastos para ganadería, de protección para abastecimiento de agua	17.74	0.27%
BS-DAD-VS-IC	Bosque secundario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de caña panelera	69.20	1.05%
BS-DM-A-VS	Bosque secundario, de dosel medio, abierto, con vegetación secundaria.	1,124.41	17.00%
BS-F-DAD-VS-ICCP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera y pastos.	6.52	0.10%
BS-F-DAD-VS-ICP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pasto y caña panelera	56.41	0.85%
BS-F-DAD-VS-IP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pastos.	1,831.80	27.69%
BS-F-DMAD-VS-ICP	Bosque secundario, fragmentado, de dosel medio alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pastos.	1,623.21	24.53%
BS-R-DAD-VS-IC	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café	81.16	1.23%
BS-R-DAD-VS-ICC	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café y caña panelera	9.44	0.14%
BS-R-DAD-VS-ICCaP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, cacao y pasto	1,151.65	17.41%
BS-R-DAD-VS-ICCaP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera, cacao y pasto	100.44	1.52%

SIGLA	DESCRIPCION	AREA (Ha)	%
BS-R-DAD-VS-ICCP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café, caña panelera y pastos.	276.24	4.18%
BS-R-DAD-VS-ICP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de café y pasto	72.88	1.10%
BS-R-DAD-VS-IPP	Bosque secundario, ripario, de dosel alto denso, con vegetación secundaria. Con influencia de cultivos de pino y pastos.	194.97	2.95%
		6,616.08	100%

Fuente: Elaboración propia posterior al procesamiento y con información base de CORPOCALDAS. Zonificación Ambiental en las Unidades de Ordenación Forestal – Uof: Guarinó, Samaná Sur – La Miel Y Purnio – Doña Juana – Pontoná, y Aferentes al Río Magdalena en los Municipios de Marulanda, Manzanares, Pensilvania, Samaná, Marquetalia, Victoria, Norcasia y la Dorada en el Oriente del Departamento de Caldas – Colombia. 2016

Tabla 1 Porcentaje de área de bosque por municipio

Municipio	Parches de Bosque a considerar > a 5 Ha	Área (Ha)	Área (m ²)	(%) Bosque
Marquetalia	2	17.74	177,448.66	0.27
Pensilvania	9	317.09	3,170,941.04	4.79
La Dorada	7	1,187.32	11,873,195.84	17.95
Victoria	13	1,806.06	18,060,584.54	27.30
Samaná	50	3,287.86	32,878,597.76	49.70
		6,616.08	66,160,768	100

Fuente: Elaboración Propia posterior a procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

De acuerdo a lo anterior, se tiene que las clasificaciones que predominan en la zona de estudio corresponden al *Bosque secundario fragmentado de dosel alto denso asociado con vegetación secundaria (rastrojo) y cultivo de pastos* con un 27.69% y al *Bosque secundario, fragmentado, de dosel medio alto denso, asociado con vegetación secundaria y cultivo de pastos* con un 24.53%, especialmente en la unidad de ordenación forestal Purnio – Doña Juana – Pontoná y aferentes al río Magdalena, que constituyen los municipios de Victoria y la Dorada.

- **Productos derivados de la base topográfica que representen la superficie del terreno.** El oriente de Caldas forma parte de la vertiente oriental de la Cordillera Central, caracterizándose por tener topografía montañosa de grandes pendientes; las rocas metamórficas hacen que sus suelos sean susceptibles a procesos erosivos y que son mitigados gracias a la presencia de grandes áreas boscosas; además la fertilidad de sus suelos, obedece en gran medida a su cercanía con el valle del río Magdalena, lo que facilita una topografía muy variada que va desde colinas altas hasta terrazas altamente disectadas (Corporación Autónoma Regional del Departamento de Caldas, 2016).

Una de las principales razones para utilizar el Modelo Digital de Terreno -DTM- del departamento de Caldas, es que la categorización estaba sujeta a las pendientes en las zonas donde están ubicados los bosques y a su ubicación con respecto a las Zonas de Vida de Holdridge. Se tendría entonces las categorías que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Categorización de los Bosques

Pendientes %	Categoría	Identificador
>=40	Conservación	A1
20-40	Restricción	A2
<=20	Aprovechamiento Sostenible o en Desarrollo	A3

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Adicional a lo anterior, se estableció otro criterio a tener en cuenta. Pese a que los bosques en pendientes iguales o menores al 20% corresponden a categoría para aprovechamiento Sostenible o en Desarrollo y los que están en pendientes del 20% al 40% a la categoría de Restricción; si su área es mayor a 20 ha, su categoría será de *Conservación*, puesto que se considera de importancia paisajística y ecológica.

Aparte de la pendiente y las zonas de vida de Holdridge, debían considerarse la distancia de los bosques con respecto a los cuerpos de agua, el área del núcleo forestal o relicto de bosque, así como la cercanía a ecosistemas de la estructura ecológica principal.

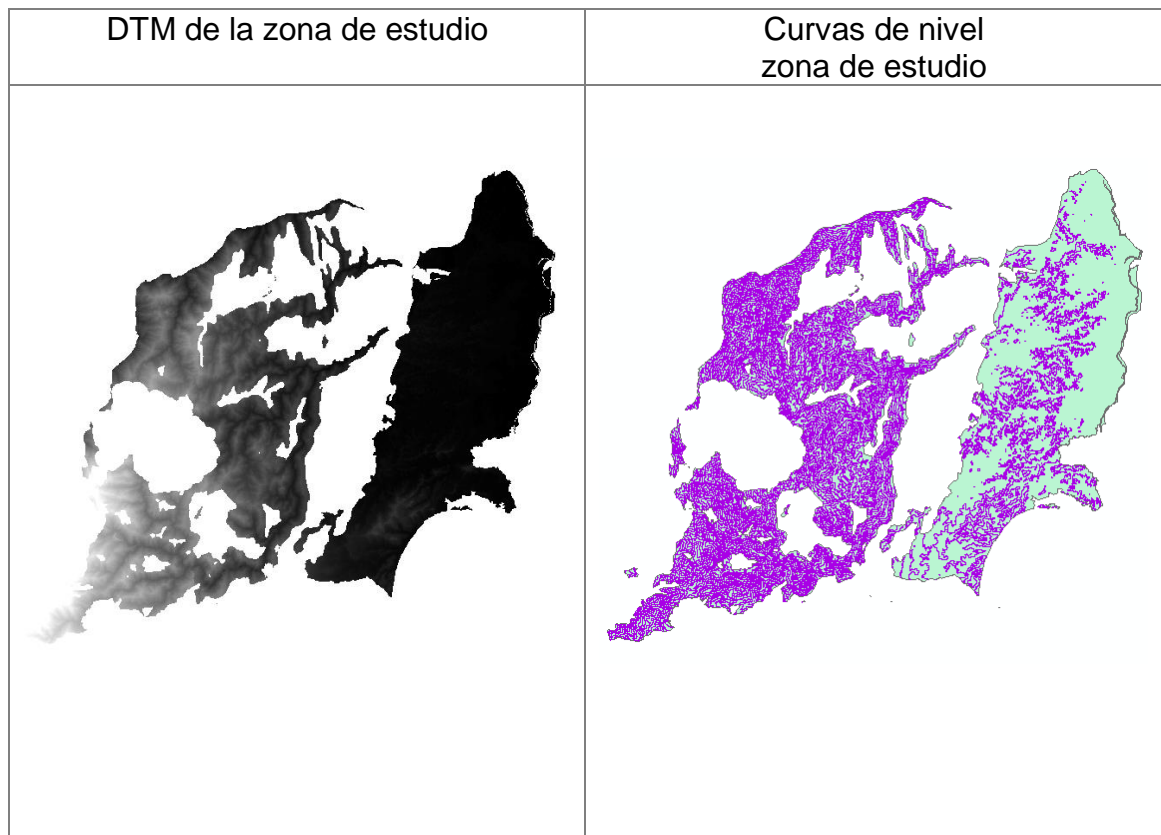
El Modelo Digital del terreno -DTM-, fue descargado en la página CGIAR-CSI, permitiendo a partir de él obtener las curvas de nivel del oriente del departamento de Caldas cada 20 msnm (metros sobre el nivel del mar). Lo anterior se hizo utilizando la herramienta *Raster 3D / Raster Surface / Contour* de ArcGis 10.2.2. y su finalidad fue seleccionar los bosques que estuvieran


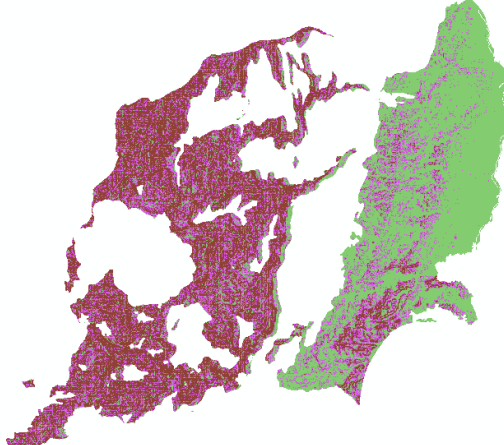
por debajo de los 900 msnm, que se denominaron en una nueva capa como Bosque_Seco_ZE.shp.

Previo a este procedimiento, se aplicó una unión espacial por medio de la herramienta *Analyst Tools / Overlay / Spatial Join* entre la capa de curvas de nivel y los bosques digitalizados, para consolidar los atributos de los bosques y las alturas de la zona de estudio.

- **Categorización de los bosques en el área de estudio.** Así mismo, el DTM se procesó para obtener la capa de pendientes, que al aplicar la herramienta de *Spatial Analyst Tools / Surface / Slope* y al seleccionar la opción de pendiente porcentual, el software lo clasificó por defecto, lo que hizo necesario hacer una reclasificación manual a través de la herramienta *Spatial Analyst Tools / Reclass / Reclassify* (Ver Figura 16). Allí se seleccionó 3 categorías, retomando la información del Cuadro 3 acerca de la categorización de los bosques y la salida gráfica que resulto del procesamiento (Ver Figura 17).

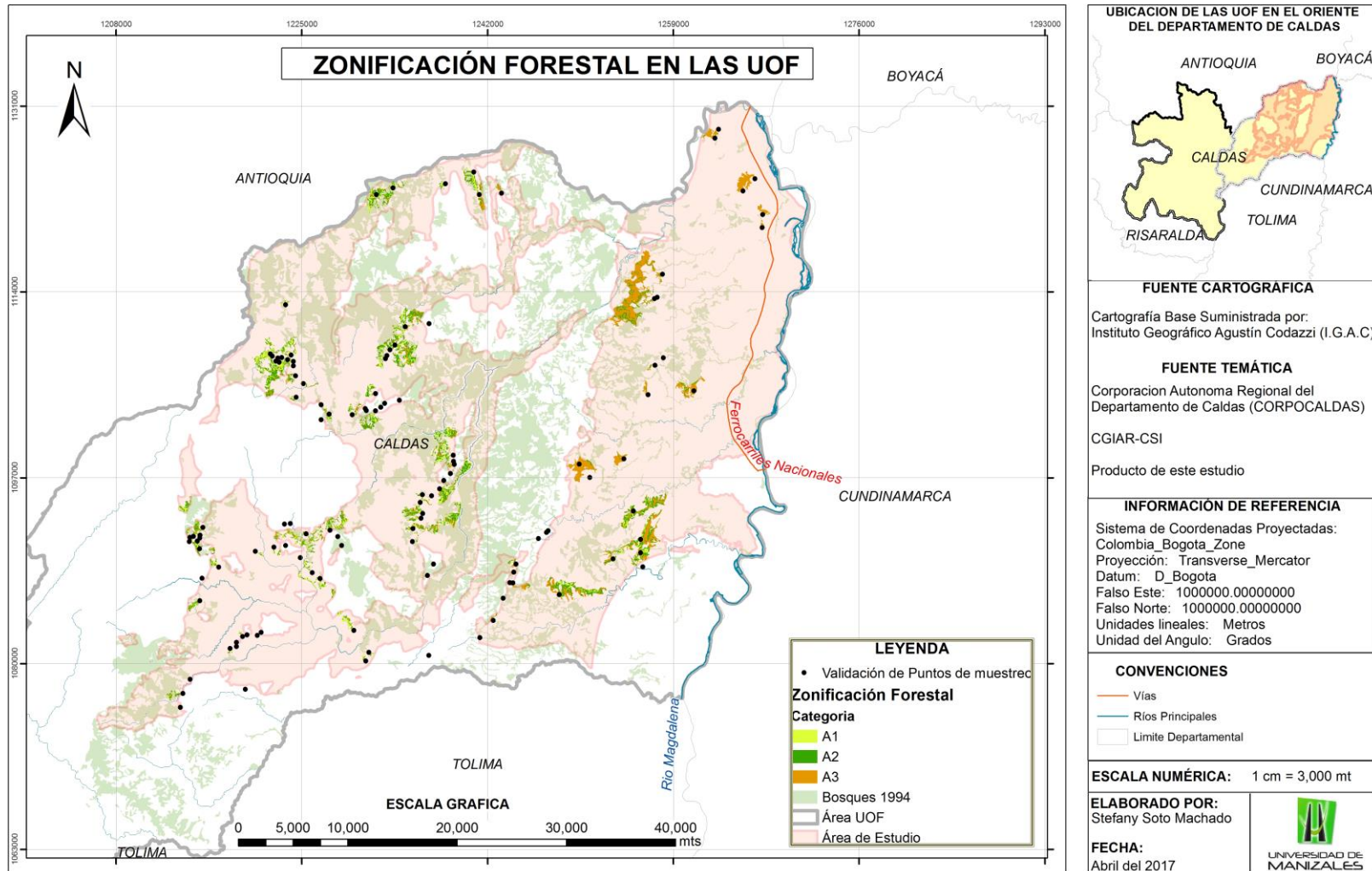
Figura 16 Aplicación de herramientas al Modelo Digital en Terreno



Pendientes de la zona de estudio	Pendientes de la La zona de estudio de acuerdo a la nueva zonificación
	

Fuente: Elaboración Propia resultado del procesamiento en el Software *ArcGis 10.2.2*

Figura 17 Mapa de Zonificación Ambiental de las UOF



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

De acuerdo al cálculo de áreas, de las 6,616.08 ha de bosque que fueron caracterizadas, existe un alto porcentaje de bosques identificados que deben destinarse para uso de conservación (3,178 ha) de categoría A1 (Ver Cuadro 4); esto se debe a que son bosques ubicados en zonas donde predominan pendientes de más del 40%, que están cercanos a los cuerpos de agua, como también a zonas declaradas para protección ambiental a nivel regional y nacional. Su riqueza ecosistémica, así como su ubicación estratégica donde se registran precipitaciones por encima de los 3.000 mm al año y donde prevalece la zona de vida de bosques húmedos y muy húmedos, son áreas donde puede existir gran biodiversidad y beneficios de los servicios ecosistémicos que pueden perdurar, siempre y cuando se tomen las medidas para su protección. De acuerdo a la Figura 15 y la Figura 17, puede inferirse que los bosques que forman parte de esta categoría, en su mayoría están ubicados en la Unidad de Ordenación Forestal Samaná Sur – La Miel.

En ese mismo orden, la categoría A2 de Uso de los Bosques con restricción y los de A3 correspondientes uso de Aprovechamiento sostenible o en desarrollo; poseen áreas muy similares, con tan solo 358,29 ha de diferencia (Ver Cuadro 4). Son bosques con pendientes que oscilan entre 40% y 0% consideradas como moderadas a suaves. Estos bosques se encuentran en zonas que en general presentan alto grado de fragmentación, debido al uso de suelo ya sea para ganadería o monocultivos de gran impacto. Adicionalmente por estar por debajo de los 900 msnm, de acuerdo a las visitas realizadas en campo y al cruce de información con el uso de suelo actual, se refiere a relictos de bosque seco tropical, los cuales constituyen ecosistemas muy frágiles y que deben tener la atención inmediata de los entes territoriales para su conservación y protección. Gran parte de estos parches de bosque, se encuentran ubicados en las Unidades de Ordenación Forestal de Purnio – Doña Juana – Pontoná y aferentes al río Magdalena.

Cuadro 4 Área de Bosque de acuerdo a su categorización

Identificador	Zonificación Opción 2 todas las condiciones	Área Ha
A1	Conservación	3,178.00
A2	Uso con Restricción	1,963.50
A3	Aprovechamiento sostenible o en desarrollo	1,605.21

Fuente: Elaboración propia resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

6.1.4 Estrategias Sostenibles de ordenación de los bosques, en las Unidades de Ordenación Forestal del Oriente de Caldas.

- **Propuesta de Alternativas de Manejo.** Para la formulación de una estrategia sostenible para el manejo de los bosques en las unidades de ordenación forestal, se tuvo en cuenta algunos de los criterios antes mencionados en el momento de categorizar los bosques como fueron las características biofísicas del territorio, esto es pendientes, zonas de amenaza, cercanía a zonas de protección ambiental, zonas de vida de Holdridge y área de los relictos boscosos.

Pese que en un inicio se excluyeron los bosques que formaban parte de la estructura ecológica principal como las áreas que pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, los suelos de protección definidos por los Planes de Ordenamiento Territorial de los diferentes municipio de influencia, las fuentes Abastecedoras de Acueductos Comunitarios, humedales, así como los bosques secos y las diferentes figuras de reserva forestal, son áreas colindantes que tienen gran incidencia en la regeneración de estos bosques, así como poseen importancia en el flujo de especies de fauna y de flora, que pueden garantizar la permanencia o protección de las zonas antes mencionadas. Lo anterior obedece a que los bosques, aunque pueden verse aislados unos de los otros, crean en su interior corredores biológicos que no solo sirven para la preservación de especies, sino que pueden convertirse en una propuesta que aporte a la mitigación del cambio climático, al crecimiento económico de la región y en un referente nacional para la ordenación forestal del territorio.

De acuerdo al estudio que realizó Fundación Árboles para la Vida, que responde a una necesidad de la Corporación Autónoma Regional del Departamento de Caldas, se llegó a unas propuestas puntuales con respecto a los bosques que lograron caracterizarse.

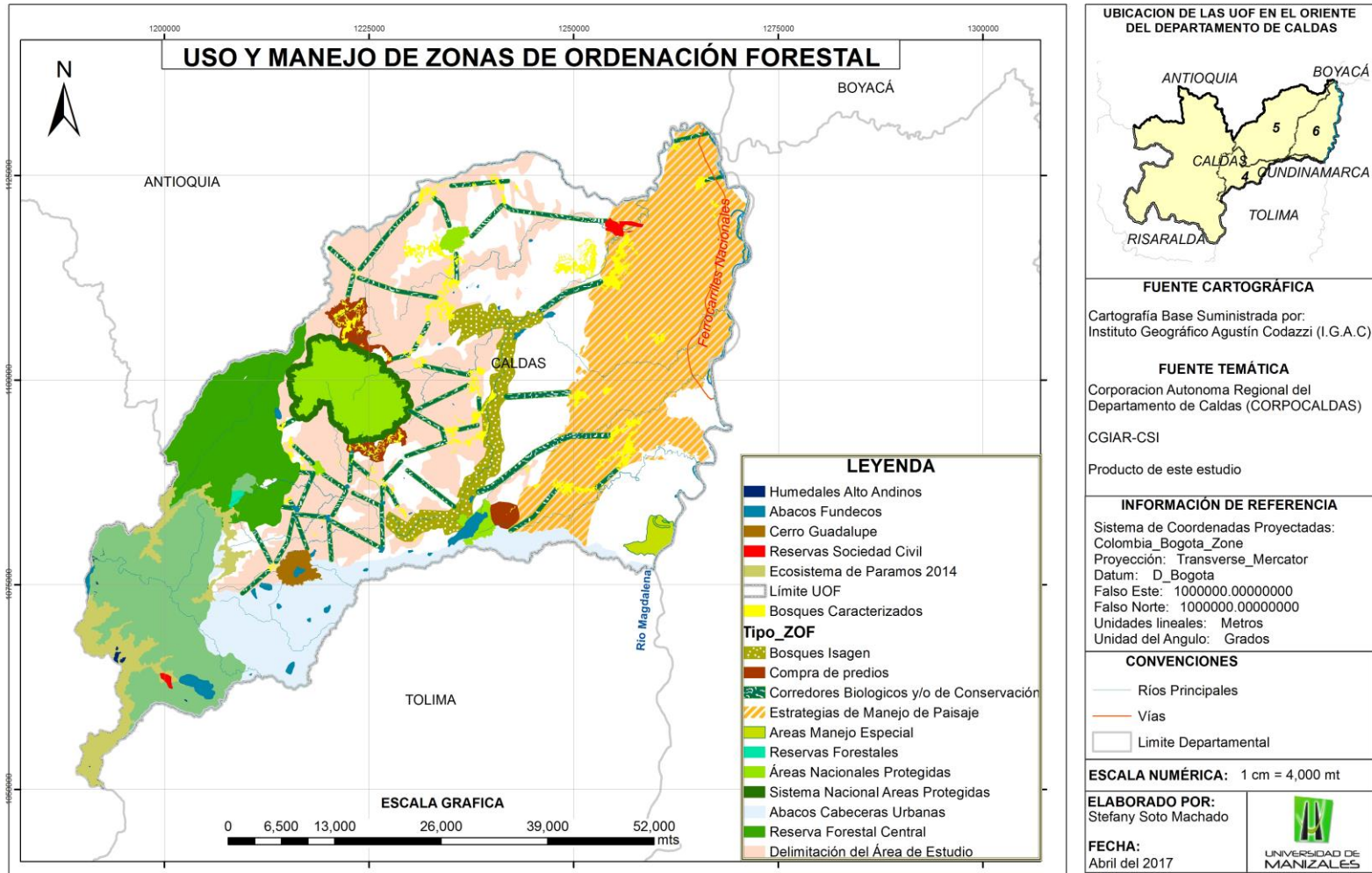
Algunas de ellas están relacionadas con la protección de las franjas de los espejos de agua, zonas cercanas a las áreas de amortiguación de Parques Nacionales Naturales y a las microcuencas que sirven como fuentes de abastecimiento de acueductos comunitarios. Basados en el contexto en el que trabajó se planteó:

- Compra y legalización de predios que no están regulados. Aplica para las cabeceras de las microcuencas, y en las zonas aferentes o de amortiguación del Parque Nacional Natural Selva de Florencia en la UOF Samaná Sur – La Miel, como también en la cabecera de la quebrada Doña Juana, abastecedora del acueducto del municipio de Victoria, utilizando las herramientas financieras del Decreto 1640 de 2012.

- Control en la expansión de la frontera agrícola en zonas donde haya ecosistemas estratégicos para la región o cercanos a las áreas declaradas para protección.
- Reducción de impuesto y entrega de incentivos para los hogares o comunidades ubicadas en zonas donde haya relictos boscosos, para que prevalezca su conservación, como los aplicados en los municipios de Victoria y La Dorada, pero que no esté dirigido solo a los propietarios con grandes extensiones de tierra.
- Implementación de estrategias de manejo de paisaje o implementación de sistemas productivos sostenibles, como los sistemas silvopastoriles, el ecoturismo o implementación de principios de agroecología, sobre todo en la UOF Purnio – Doña Juana – Pontoná y aferentes al río Magdalena. y sistemas agrosilvopastoriles y núcleos para la conservación de la biodiversidad en la UOF Samaná Sur – La Miel. En el caso de la UOF Samaná Sur – La Miel, implementación de sistemas agrosilvopastoriles y núcleos para la conservación de la biodiversidad.
- Programas de reforestación con apoyo de las comunidades que viven cerca de los bosques y con la articulación de las instituciones públicas.
- Investigación acerca de la fauna y flora que se encuentra en estos ecosistemas que no forman parte de ninguna figura de protección ambiental.
- Implementar el pago por servicios ambientales como BanCO2 y REDD+.

Partiendo de lo anterior, se tiene una propuesta cartográfica que está basada en las estrategias antes mencionadas y que se muestran en la Figura 18.

Figura 18 Mapa Propuesta de Uso y Manejo de las UOF

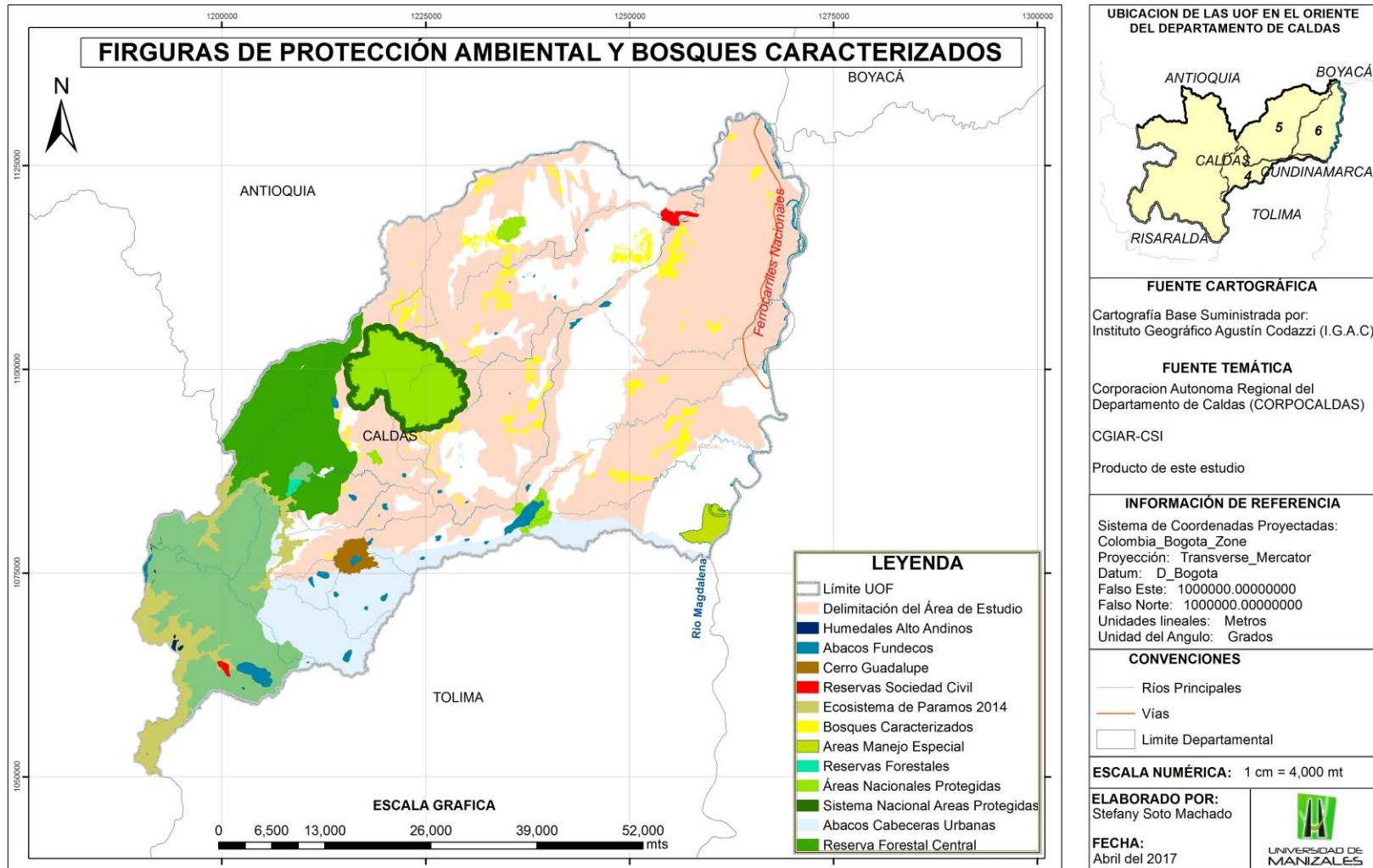


Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

- **Salidas Gráficas del oriente del Departamento de Caldas.** Como se ha venido desarrollando en el documento, se generó inicialmente salidas gráficas que tenían que ver con a) la delimitación del área de estudio, b) los puntos de muestreo en campo, c) la zonificación forestal y d) la propuesta de manejo, de acuerdo a las realidades del territorio que se cortejaron con la información cartográfica disponible.

Otras salidas gráficas se generaron para entender las características biofísicas y productivas del oriente de Caldas; en el caso de las e) figuras de ordenamiento ambiental (Ver Figura 19), tienen gran incidencia las que hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas como son el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Las Reservas Forestales de Río Blanco, El popal y La Linda; así como la Reserva Forestal Central, que cubren la mayor área en los municipios de Marulanda, Pensilvania y una pequeña porción del municipio de Samaná. Con excepción del *Cerro Guadalupe* que está ubicado en el municipio de Manzanares, el *Área de Manejo Especial Madre Vieja - Guarinocito* del municipio de la Dorada y el *Distrito Integrado de Bellavista* en el municipio de La Victoria; el municipio de Marquetalia, no cuenta con ningún tipo de figura ambiental susceptible de protección. Así mismo, la mayor parte de áreas destinadas para conservación están localizadas en el costado occidental del Oriente de Caldas, mientras que la zona oriental está desprovista de áreas de protección significativas, como se puede ver en la Figura 19.

Figura 19 Figuras de Ordenamiento Ambiental



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software *ArcGis 10.2.2*

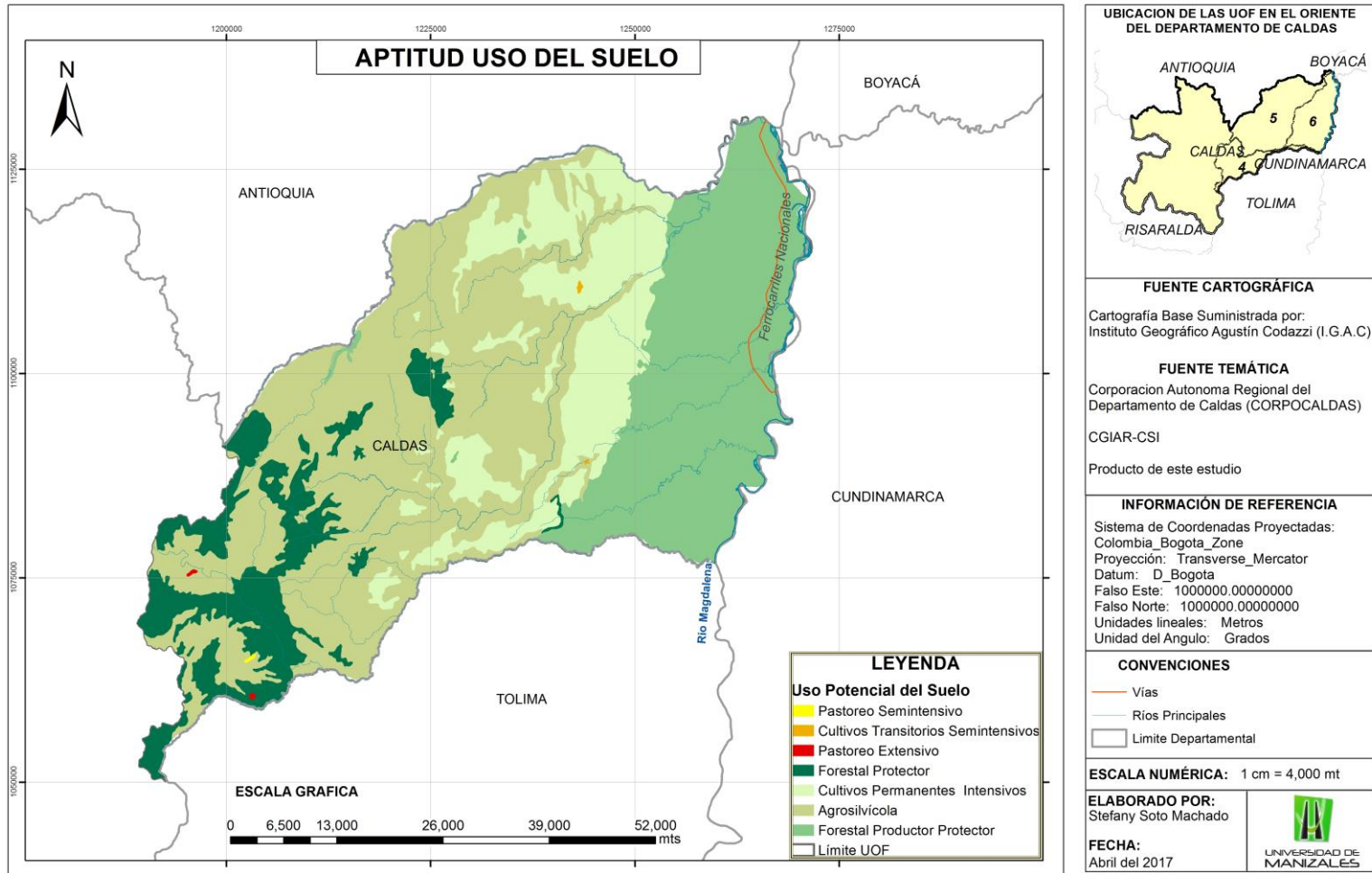
Cabe resaltar que la Corporación Autónoma Regional de Caldas, maneja información de grandes extensiones de territorio que cuentan coberturas boscosas, pero que aún no se han caracterizado y actualizado, puesto que para su inventario implica realizar nuevos estudios en terreno o un análisis de coberturas a través de imágenes satelitales.

Otro de los aspectos que se tuvieron en cuenta para la zonificación forestal, fue el uso actual del suelo y el conflicto de uso. Como se observa en la Figura 20, el oriente de la zona de estudio tiene un uso potencial *Forestal Productor Protector*, lo que contrasta con el muestreo que se realizó en campo, puesto que se pudo determinar que es una zona muy fragmentada, que en la actualidad cuenta con muy pocos relictos de bosque ya sea para conservación o uso productivo, lo que es consistente con lo que se muestra en la Figura 21, mostrándose como la zona que presenta mayor conflicto de uso en el oriente de Caldas. De igual forma, en el estudio de las Unidades de Ordenamiento Forestal realizado por Funarboles, se hace referencia a la extracción ilegal de especies de fauna y flora, en las Unidades de Ordenación Forestal Purnio – Doña Juana –Pontoná y Aferentes al Magdalena (Corporación Autónoma Regional del Departamento de Caldas, 2016).

Así mismo, en la zona centro que corresponde a las Unidad de Ordenación Forestal de Samaná Sur – La Miel, predomina el uso potencial *Agroforestal y los Cultivos Permanentes*; en este caso se pudo determinar en campo, que la fragmentación de los bosques no es tan pronunciada, se verifica que hay bosques secundarios con dosel alto, donde hay protección de fuentes abastecedoras de agua potable y una ampliación de los pastos para ganadería (Ver Figura 21).

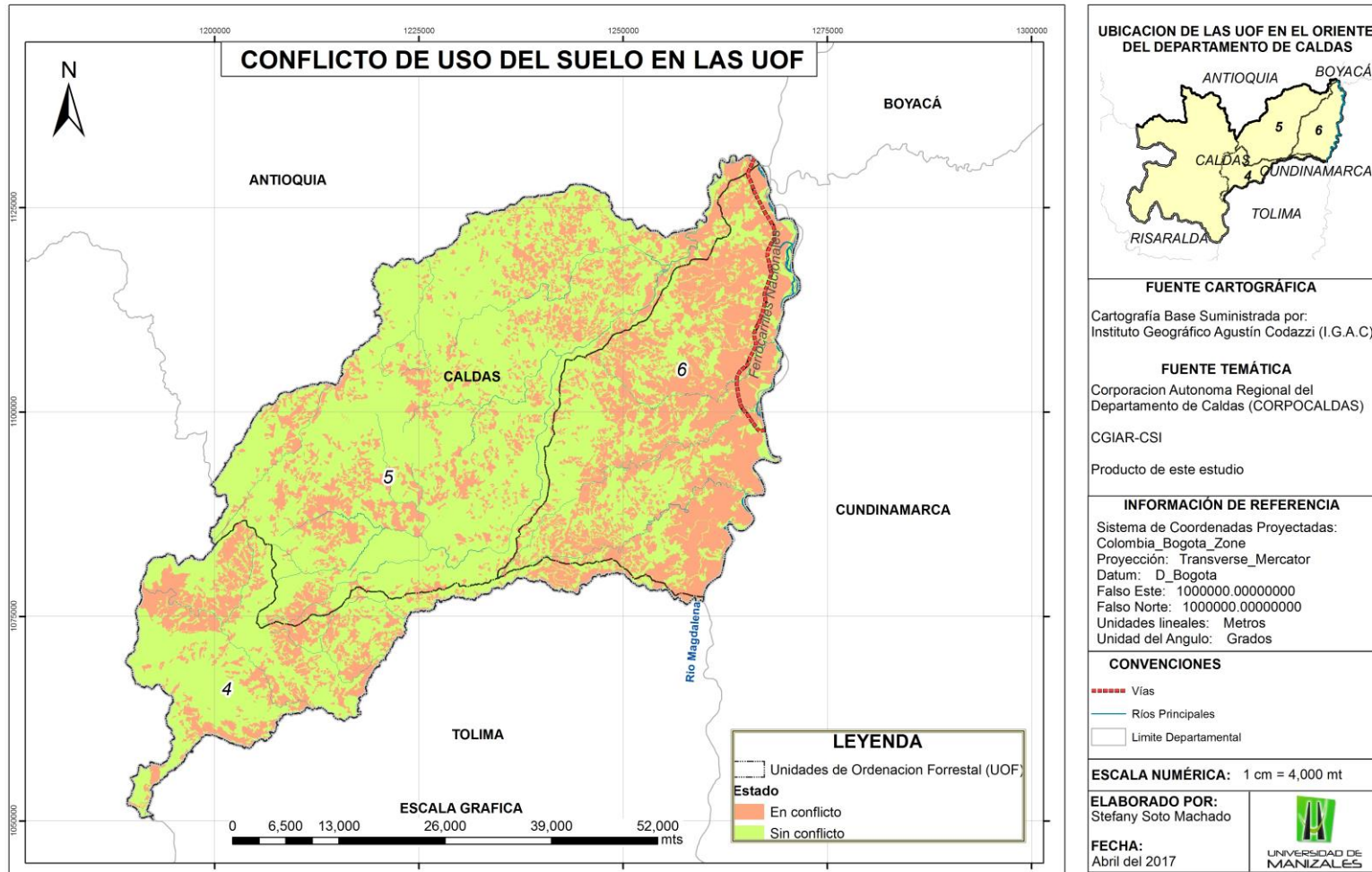
Ya en el costado occidental, lo que comprende las Unidades de Ordenación Forestal Guarinó y Samaná – Sur La Miel, el uso potencial es *Agroforestal y Forestal Protector* (Ver Figura 20); aquí se encuentran concentradas la mayoría de las figuras de Ordenación Ambiental que forman del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y de otras figuras de protección que fueron excluidas en el presente trabajo. Aunque no son objeto de estudio, se puede inferir que pese a las restricciones que tiene esa área del oriente de Caldas, es importante tomar medidas por parte de los entes territoriales, en especial la Autoridad Ambiental como encargada de garantizar el control en el uso y aprovechamientos de los suelos que se dan en esta parte del territorio. La Figura 21, muestra como existe un conflicto de uso que requiere atención inmediata, para evitar las amenazas o detrimento del patrimonio natural en el departamento de Caldas.

Figura 20 Uso Potencial del Suelo en el Oriente de Caldas



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software *ArcGis 10.2.2*

Figura 21 Conflicto de Uso en el Oriente de Caldas



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software *ArcGis 10.2.2*

7. CONCLUSIONES

- Con el presenta trabajo se evidencia la importancia que tiene los SIG y las aplicaciones de percepción remota, como una herramienta poderosa para la producción de información de gran utilidad al momento de tomar decisiones que tienen que ver con el ordenamiento territorial y en el caso específico el ordenamiento forestal en Colombia. También es de considerarse, que la estandarización de la información cartográfica base, se convierte en un procedimiento vital, para la producción de información espacial de calidad y con menor margen de error.
- La utilización de Software comerciales que requieren pago de licencias por parte de las entidades públicas estatales; son una práctica que es necesario reevaluar. Si bien es cierto que los paquetes de los Software comerciales son muy completos y universalmente utilizados, tienen un costo muy alto, comparado con el presupuesto que manejan sus usuarios finales, lo que hace que los procesos que se llevan a cabo en esas instituciones, sean muy lentos, en comparación con los cambios y las innovaciones que se dan día tras día en el mercado de la informática. Es necesario seguir explorando y promoviendo el uso de Softwares libres, que pueden llegar a ser poderosos y complementarse con otros Softwares y que son perfectamente funcionales.
- De acuerdo a la clasificación de los bosques caracterizados en campo en el oriente de Caldas, es evidente la pérdida de bosques nativos, su biodiversidad y la fragmentación de los mismos; lo anterior obedece a que de 6,616.08 ha de bosques que se identificaron, el 52,22% corresponde a *Bosques secundarios, fragmentados, de dosel alto y medio alto denso, con vegetación secundaria; con influencia de cultivos de pastos*; el 26,73% son bosques influenciados por cultivos transitorios y perennes, mientras que tan solo el 17,27% está asociado al *Bosque secundario, de dosel medio, abierto, con vegetación secundaria*.
- El estudio determinó, que el municipio con mayor área de bosques en el Oriente de Caldas corresponde a Samaná, el cual está ubicado en el la Unidad de Ordenación Forestal de Samaná Sur – La Miel. Pese a su influencia de cultivos perennes y transitorios como la caña panelera, el Cacao, el café y los pastos; fue el municipio donde se identificó mayor cantidad de parches de bosques, donde pueden generarse procesos de conservación y producción sostenible.
- De acuerdo al procesamiento que se realizó y a las variables de pendiente, cercanías a cuerpos de agua y las zonas de vida de Holdrigh; se determinó que, del total de bosques identificados en el área de estudio: 47,1% deben ser destinados a un uso de conservación que en su mayoría estaban concentrados

en el municipio de Samaná en el la Unidad de Ordenación Forestal de Samaná Sur – La Miel. Por otro lado, el 29,1% deberá tener un uso con restricción, que al igual que la zonificación anterior, los bosques están concentrados en el municipio de Samaná en el la Unidad de Ordenación Forestal de Samaná Sur – La Miel. La última zonificación relacionada con el Aprovechamiento Sostenible o en desarrollo, el porcentaje de bosques es menor, con un 23,8% localizados en los municipios de la Dorada y la Victoria de la Unidad de Ordenación Forestal Purnio – Doña Juana –Pontoná y Aferentes al Magdalena. En el caso particular de esta última UOF, pese a que tiene menor cantidad de parches de bosques identificados en campo, requiere mayor atención por parte de los entes territoriales, puesto que su uso potencial es *forestal protector*. Evidentemente ha sido la que mayores cambios de uso del suelo a sufrido, debido a la ampliación de la frontera agrícola, el uso indiscriminado para ganadería extensiva y la extracción ilegal de especies de fauna y flora.

- De acuerdo a las propuestas que surgieron de la cartografía producida, están orientadas a la protección tanto de los bosques, como de las fuentes hídricas priorizadas para el consumo humano; en ese orden de ideas, es necesario implementar diferentes mecanismos que garanticen la ampliación de área de bosques a conservar como son la compra de predios para que sean destinados a la protección de franjas forestales protectoras; iniciar una transformación agropecuaria en los pequeños predios; reforestar en zonas donde se requiera, siempre y cuando sean especies nativas y propias de la zona; empoderamiento de las comunidades sobre los procesos que se adelanten en territorio, garantizando su sostenibilidad en el tiempo, lo anterior ligado a posibles propuestas de ecoturismo o conocimiento de los ecosistemas y especies en las zonas donde se ubica dicha población, con el objetivo de sensibilizar la conservación. Así mismo, se requiere realizar un acercamiento a los ganaderos y propietarios de grandes extensiones de tierra, para que implementen estrategias agropecuarias sostenibles como los sistemas silvopastoriles que, si bien diversifican la actividad productiva, generan menores impactos que la ganadería intensiva y extensiva.

8. RECOMENDACIONES

- Al extraer de la zona de estudio las figuras de protección ambiental y los requerimientos de ABACOS como de zonas de alto riesgo reglamentados por los Planes de Ordenamiento Territorial en el oriente de Caldas, el área fue reducida de forma considerable. Sin embargo, es necesario que para futuros estudios el muestreo que se realice en campo, debe responder a la necesidad de inventariar los bosques presentes en la zona; en ese mismo orden de ideas la muestra utilizada para digitalizar los bosques en el sector fue insuficiente, lo cual se pudo corroborar al momento de descargar y digitalizar los parches de bosque por medio de las imágenes satelitales que provenían de diferentes orígenes o programas. Podría inferirse que la cantidad de parches de bosques presentes en el área de estudio, se redujeron a la mitad; por tanto, los análisis derivados del estudio realizado por Funarboles no son concluyentes y presentan margen de error.
- Así mismo, se propone que como hizo Corpotolima con su plan de ordenamiento forestal, se aplique la metodología de Corine Land Cover, para identificación de coberturas; esto permitiría ampliar el área de estudio no solo para el oriente de Caldas, sino para todo el departamento. Adicionalmente, se hace necesaria la articulación con otras entidades públicas y empresarios privados, para la producción cartográfica, que visibilicen la situación real de los bosques en la zona, partiendo del hecho que existen múltiples plantaciones de bosques para su aprovechamiento, que no fueron consideradas en el presente estudio.
- Es necesario que las entidades públicas como privadas del estado colombiano, emprendan un proceso de modernización hacia la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS, el cual fue formulado y materializado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y adoptado por medio de la Resolución 068 de 2005 del IGAC; mediante el Decreto 411.0.20.0728 sancionado el 29 de septiembre de 2015. Las instituciones, siguen utilizando el antiguo Datum Bogotá, como punto de referencia el observatorio astronómico de Bogotá, el cual se encuentra desplazado del geocentro aproximadamente 530 metros. Lo cual indica que hay un atraso de más de 10 años, con respecto a lo que establece la autoridad del IGAC frente a este tema (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004).
- Se hace cada vez más urgente, la unificación de criterios en datos e información geográfica en Colombia. En ese orden de ideas, se requiere actualizar en el caso del departamento de Caldas los datos que se refieren a inventarios de bosques, fauna flora, características socioeconómicas del territorio y todo lo que tenga que ver con su espacialización. Para realizar los análisis espaciales que pueden darse en el territorio, deben partir de información verídica y confiable,

para que los estudios derivados de los mismos, generen propuestas contextualizadas, basados en la realidad y no en supuestos que ya no son aplicables al día de hoy. Ejemplo de lo anterior, fue el uso de coberturas que tenían las instituciones y que, al cortejarse con imágenes satelitales, mostraban cambios significativos en cuanto al área y extensión de los bosques, haciendo imperativo una actualización en dicha información.

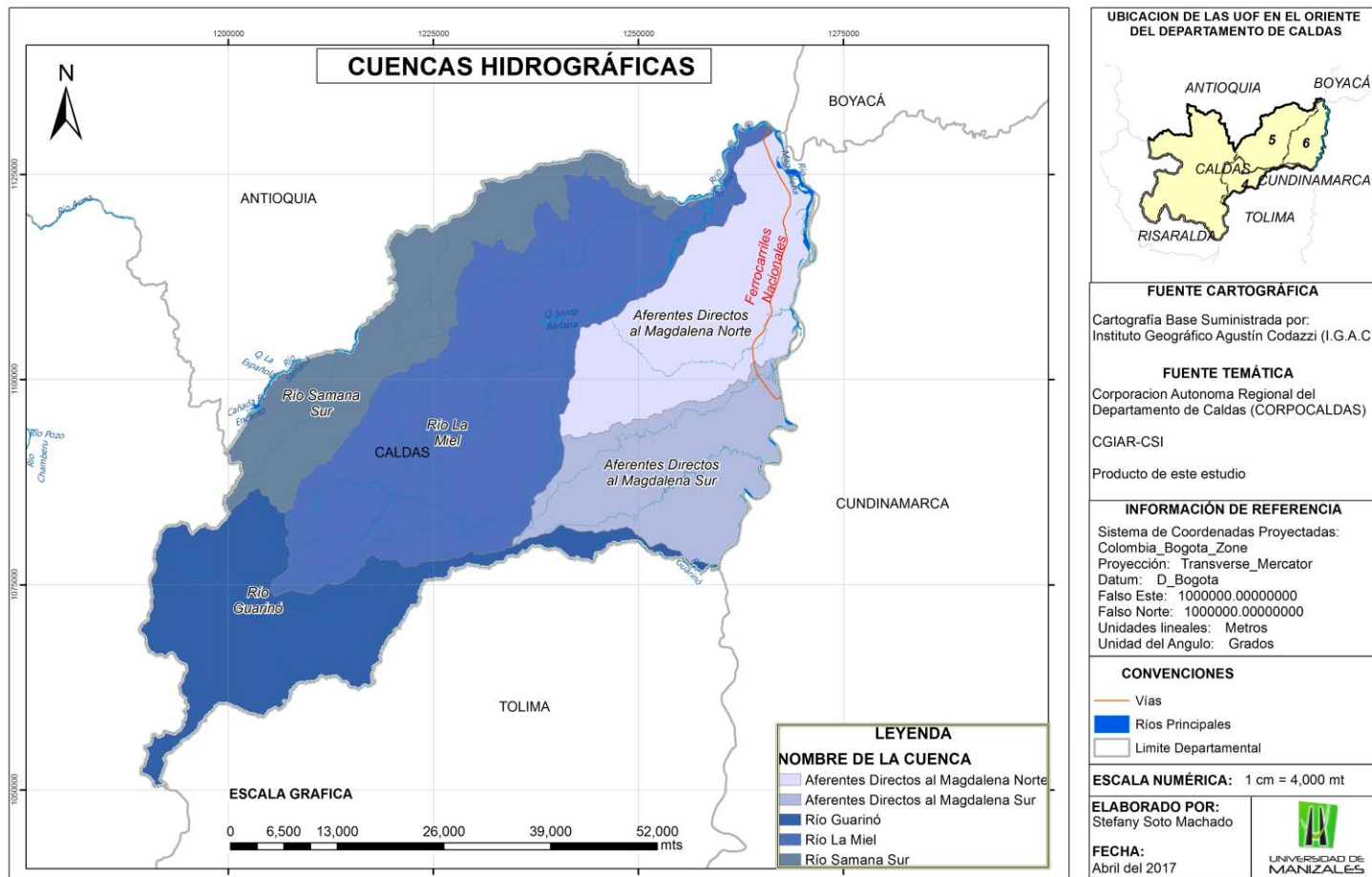
BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo Méndez, L. P., Rojas Gutiérrez, P. A., & Linares Prieto, R. (2010). *Propuesta para desarrollar una plantación forestal de la especie Jatropha Curcas para extracción de biodiesel en el municipio de Guaduas, Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- CARDER. (2011). *Plan General de Ordenamiento Forestal del departamento de Risaralda*. Pereira.
- Chivieco Salinero, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección*. Madrid: Ediciones RIALP S.A.
- Congreso de la República. (16 de Diciembre de 1959). LEY 2 DE 1959. Bogotá, Colombia: Diario Oficial.
- Congreso de la República. (1974). Decreto 2811 de 1974. *Artículo 217*. Colombia: Diario Oficial.
- Contraloría General de la República. (2015). *Informe de Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente*. Bogotá: Oficina de Comunicaciones y Publicaciones.
- Copete, A. (1994). Zonificación Ambiental. *Aproximación a la definición de criterios para la zonificación y el ordenamiento forestal en Colombia*, 64-71.
- CORPOANTIOQUIA. (2013). *Plan de Ordenación Forestal Zona de Reserva Forestal del río Magdalena Bajo Cauca y Nordeste de Antioquia Municipios de remedios, Segovia, Zaragoza, el Bagre y Nechí*. Medellín. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2872/Technical/2-3%20Plan%20de%20ordenaci%C3%B3n%20forestal.pdf
- CORPOCALDAS. (2007). *Plan de Gestión Ambiental de Regional*. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional del Departamento de Caldas. (2016). *Zonificación Ambiental en las Unidades de Ordenación Forestal UOF del Oriente del departamento Caldas*. Manizales.
- Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ. (2011). *Plan de Ordenación Forestal del Quindío*. Armenia. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/SECCION%20%20DIAGNOSTICO%20GENERAL.pdf>
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal -CONIF-. (1998). *Guía para Plantaciones Forestales Comerciales en Caldas*. Bogotá.
- CORPOTOLIMA. (2008). *Plan General de Ordenación Forestal para el departamento del Tolima*. Ibagué. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/tomo_01.pdf
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS, como Datum Oficial de Colombia*. Bogotá.

- Korte., G. (2001). *The GIS Book (5th Ed. Rev.)*. Autodesk Press.
- Ministerio de Ambiente. (2000). *Plan Nacional de Desarrollo Forestal*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/desarrollo-sostenible-de-bosques>
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Patiño Narváez, N. A. (2015). Clasificación de la cobertura de la tierra en el suelo rural del municipio de Pupiales – Nariño mediante aplicación de herramientas SIG . Manizales, Colombia: Universidad de Manizales.
- Romero, M., Cabrera, E., & Ortiz, N. (2007). *Informe sobre la biodiversidad en Colombia 2006-2007*. Bogotá: Instituto de Investigación Alexander Von Humbolt.
- SINCHI. (2004). *Experiencia Piloto de Zonificación Forestal en el corregimiento de Tapará (Amazonas)*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.

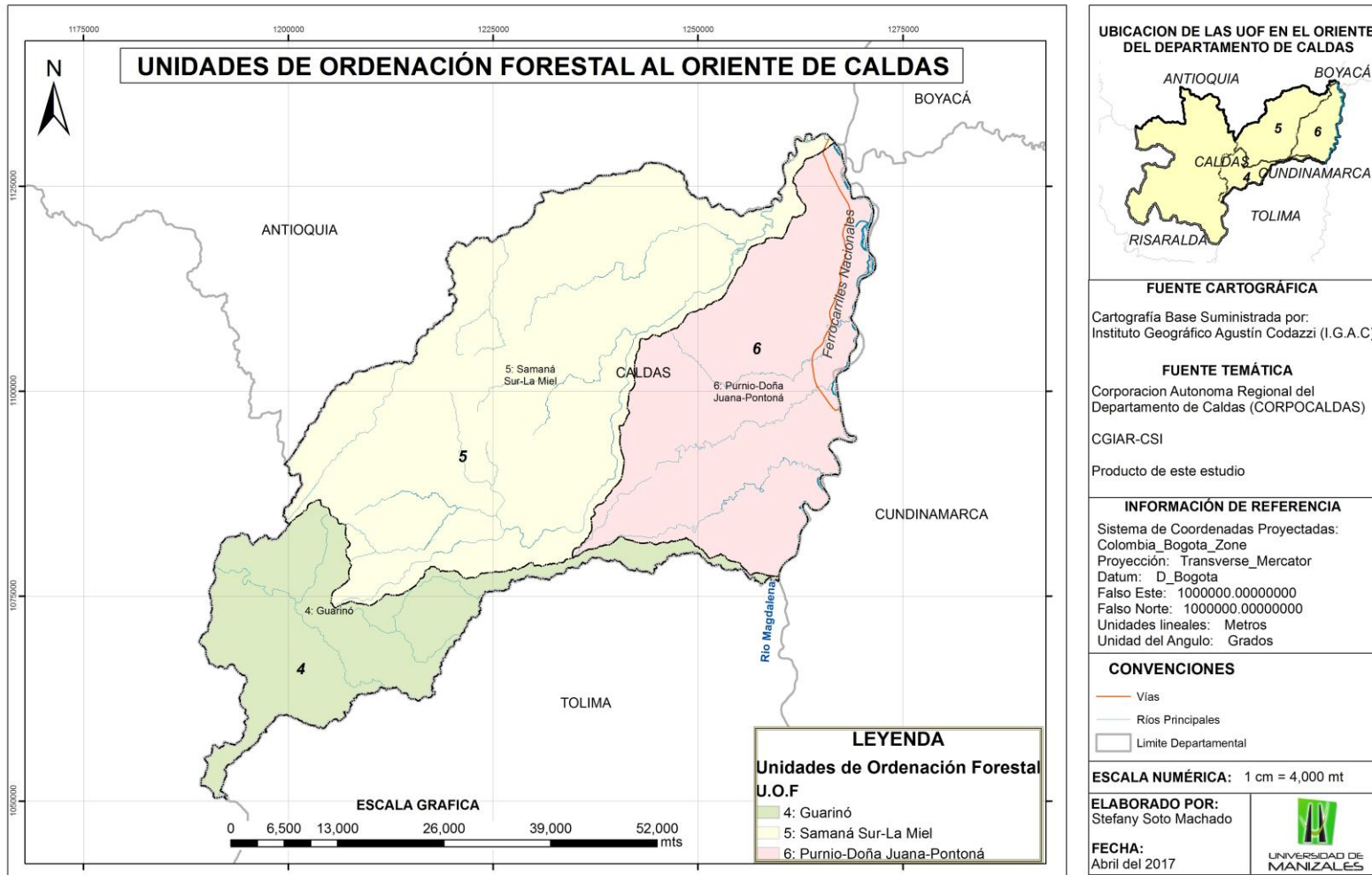
LISTA DE ANEXOS

Anexo A Mapa Cuencas Hidrográficas de la UOF



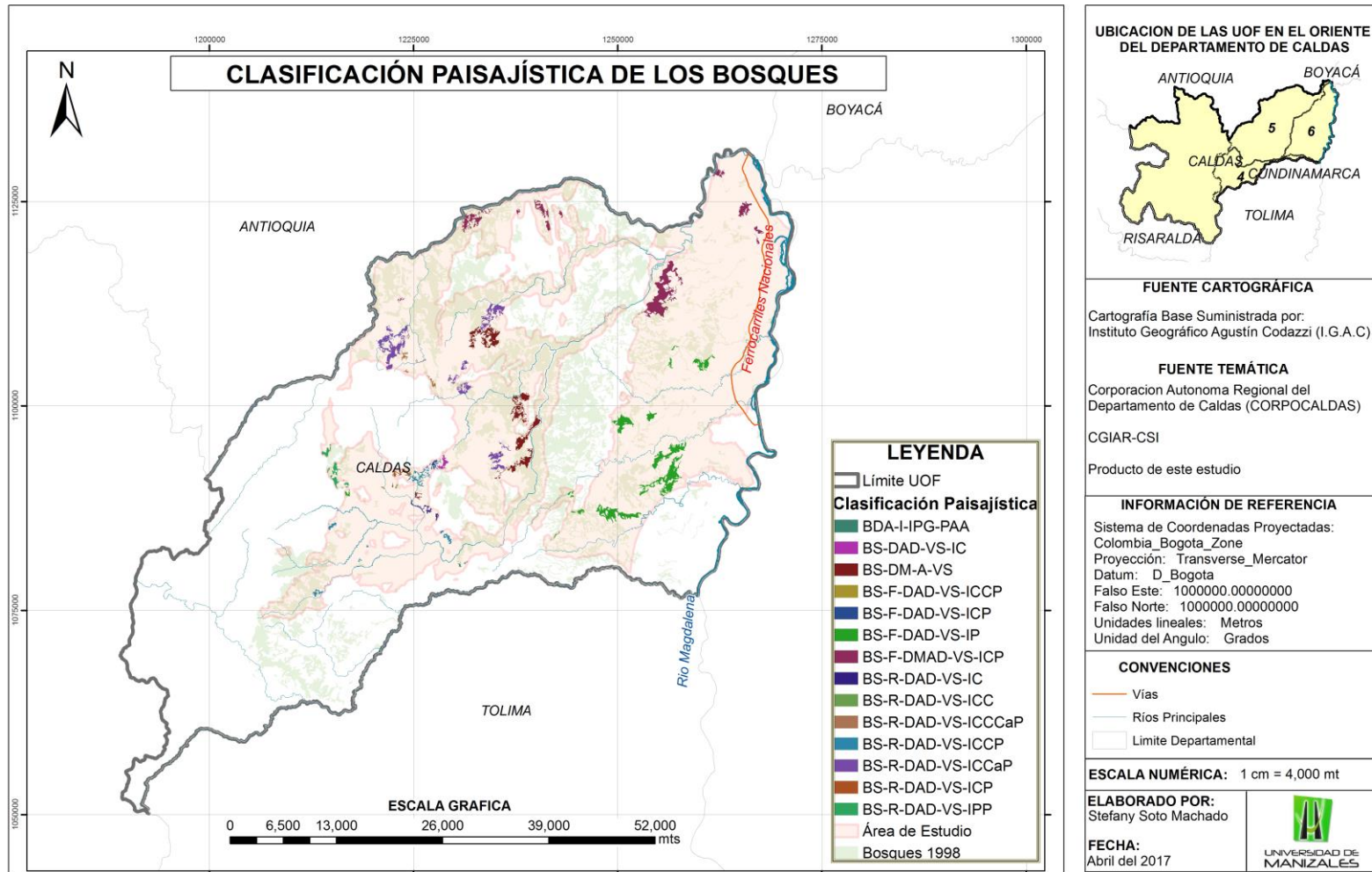
Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

Anexo B Unidades de Ordenación Forestal



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2

Anexo C Categoría de Manejo de los Bosques de la UOF



Fuente: Producto de este estudio resultado del procesamiento en el Software ArcGis 10.2.2