

ORDENACIÓN FORESTAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

***ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN FORESTAL COMO PARTE DE LA
ORDENACIÓN DE 12 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL VALLE DEL
CAUCA.***

PABLO ANDRÉS MEDINA MERA



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMATICA
SANTIAGO DE CALI
2011**

**ORDENACIÓN FORESTAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS
ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN FORESTAL COMO PARTE DE LA
ORDENACIÓN DE 12 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL VALLE DEL
CAUCA.**

PABLO ANDRÉS MEDINA MERA
CÓD.: 0531234

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Topográfico

Director:
JUAN CARLOS CHACÓN MOLINA
Ing. Forestal
Co-Director:
ANDRÉS FELIPE ASTUDILLO BROCHERO
Ing. Topográfico

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMATICA
SANTIAGO DE CALI
2011

RESUMEN

Para apoyar la FORMULACION DEL PLAN GENERAL DE ORDENACION FORESTAL DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL VALLE DEL CAUCA, se implemento un Sistema de Información Geográfica (Conformación de bases de datos graficas y alfanuméricas), el cual, al realizar un proceso de algebra de mapas y desarrollo de cartografía temática con variables biofísicas del área de estudio, permite zonificar y clasificar la zona, resultado que se consolida como la base fundamental para la planificación ordenada del territorio.

La metodología usada para el procesamiento de datos geográficos de las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, consistió en el modelamiento de diferentes variables geográficas y de uso del territorio, que inciden directamente sobre el área de estudio determinando la áreas de actitud forestal objeto de ordenación.

Inicialmente, se consolida una zonificación biofísica de las cuencas hidrográficas con la interrelación por algebra de mapas de las variables climatológicas, fisiográficas y edáficas. Los resultados por cuenca son interrelacionados con la legislación ambiental vigente, las funciones y los servicios ambientales de los ecosistemas forestales, para lograr la definición de las áreas de actitud forestal o la zonificación forestal que contiene cada una de las cuencas hidrográficas.

Finalmente, se desarrolla cartografía temática útil en los procesos de formulación de la ordenación para este caso; de tipo forestal, con las variables de uso del territorio y se consolidan reportes estadísticos de las interrelaciones realizadas y se suministran al personal experto en ordenación forestal del territorio, los cuales son parte primordial en la generación del ultimo proceso cartográfico, el modelo de ordenación el cual muestra el futuro deseado a treinta años de nuestros bosques.

ABSTRACT

To support the formulation of the FOREST OF GENERAL WATERSHED of the Cauca Valley, was implemented a Geographic Information Systems (Conformation database alphanumeric and graphic), which, when performing a mapping process algebra and development thematic mapping biophysical variables in the study area allows the area zoning and classification, a result that is established as the fundamental basis for the orderly planning of the territory.

The methodology used for processing geographic data of the watershed in the Cauca Valley, was in the modeling of different geographic variables and land use that directly affect the study area by determining the areas of forest under management attitude.

Initially, consolidated zoning biophysical watershed with the relationship of algebra maps of climatic variables, physiographic and soil. Results for basin are interrelated with environmental legislation, functions and environmental services of forest ecosystems, in order to define the areas of attitude forestry and forest zoning that contains each of the watersheds.

Finally, develop thematic maps useful in the formulation of management in this case, forest type, with the variables of land use and statistical reports are consolidated the interrelations made and supplied by expert personnel of the territory in forest management, which are primordial in the last generation of the mapping process, the management model which shows the desired future thirty years of our forests.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	11
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. OBJETIVO GENERAL	13
4.1 ESPECÍFICOS	13
5. MARCO DE ANTECEDENTES	14
5.2 MAPA DE NÚCLEOS FORESTALES	15
5.3 ÁREAS DE EJECUCIÓN DEL PLAN	16
6. MARCO TEÓRICO	17
6.1 ZONIFICACIÓN FORESTAL	17
6.2 <i>DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974</i>	18
6.3 <i>DECRETO 877 DEL 10 DE MAYO DE 1976</i>	19
7. MARCO CONCEPTUAL	22
8. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN	24
8.1 MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL CVC	24
8.2 ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DEL MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN.....	25
8.3 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS FORESTALES (ZONIFICACIÓN)	27
8.4 CRITERIOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN FORESTAL.....	28
8.5 FACTOR CLIMATOLÓGICO: TEMPERATURA + PRECIPITACIÓN	29
8.6 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE RANGOS DE TEMPERATURA (F11) Y PRECIPITACIÓN (F12)	33
8.7 FACTOR FISIOGRAFICO: PORCENTAJE DE PENDIENTE + LONGITUD DE PENDIENTE.....	36
8.8 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE RANGOS DE GRADO DE PENDIENTE (F21) Y LONGITUD DE PENDIENTE (F22)	39

8.9	FACTOR EDÁFICO: GRADO DE EROSIÓN + PROFUNDIDAD DEL SUELO + FERTILIDAD DEL SUELO	42
8.10	CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE GRADOS DE EROSIÓN (F31) Y PROFUNDIDAD DEL SUELO (F32)	49
8.11	CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE GRADOS DE EROSIÓN (F31), PROFUNDIDAD DEL SUELO (F32) Y FERTILIDAD (F33)	51
8.12	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS FORESTALES SEGÚN INTERACCIÓN DE FACTORES BIOFÍSICOS	53
9.	EDICIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	57
10.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
11.	GENERACIÓN DE REPORTES ESTADÍSTICOS	67
12.	CONCLUSIONES	69
13.	RECOMENDACIONES	70
14.	BIBLIOGRAFIA	71

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Generación Modelo TIN Temperatura	30
Gráfico 2:	Generación Modelo TIN Temperatura	31
Gráfico 3:	Modelo Generado a partir de las curvas de	31
Gráfico 4:	Curvas de Precipitación clasificada	32
Gráfico 5:	Modelo Generado a partir de las curvas de Precipitación	33
Gráfico 6:	Cruce de variables Temperatura y Precipitación	35
Gráfico 7:	Resultado clasificación cruzada variable Clima	36
Gráfico 8:	Modelo Digital de Elevación a generado a partir de las curvas de nivel	37
Gráfico 9:	Raster reclasificado Grado de Pendiente	38
Gráfico 10:	Raster reclasificado Longitud de Pendiente	39

Gráfico 11: Resultado Grado de Pendiente + Longitud de Pendiente.	40
Gráfico 12: Resultado clasificación cruzada variable Clima.....	42
Gráfico 13: Raster generado de la variable Grado de Erosión.	43
Gráfico 14: Resultado reclasificación Grado de Erosión	44
Gráfico 15: Estado del archivo Profundidad y fertilidad del suelo.	45
Gráfico 16: Estado del archivo Profundidad.....	46
Gráfico 17: Resultado Raster reclasificado de Profundidad.....	47
Gráfico 18: Variable Fertilidad.....	48
Gráfico 19: Fertilidad reclasificada.	48
Gráfico 21: Resultado cruce de variables Grado de Erosión y Profundidad del Suelo	50
Gráfico 22: Resultado cruce de variables Grado de Erosión, Profundidad del Suelo y Fertilidad....	53
Gráfico 23: Clasificación de Áreas Forestales según factores Biofísicos (Zonificación Biofísica).....	55
Gráfico 24: Clasificación de Áreas Forestales según factores Biofísicos (Zonificación Forestal).....	56
Gráfico 25: Zonificación Forestal en formato Raster.	57
Gráfico 26: Zonificación Forestal de Raster a polígono con información depurada.....	58
Gráfico 27: De la forma irregular del píxel a la forma regular del Polígono.....	58
Gráfico 28: Áreas de Aptitud Forestal.....	60
Gráfico 29: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Tulúa.....	60
Gráfico 30: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Amaime....	61
Gráfico 31: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Desbaratado.	61
Gráfico 32: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Gachal (Bolo –Fraile).....	62
Gráfico 33: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Cerrito.....	62
Gráfico 34: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Sabaletas..	63

Gráfico 35: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Guabas.	63
Gráfico 36: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Sonso.	64
Gráfico 37: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Guadalajara.	64
Gráfico 38: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río San Pedro.	65
Gráfico 39: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Morales....	65
Gráfico 40: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Bugalagrande.	66

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación cruzada de Clima.....	34
Tabla 2. Clasificación cruzada Factor Fisiográfico.....	40
Tabla 3. Áreas CRP (con restricciones por pendiente).	41
Tabla 4. Áreas SRP (sin restricciones por pendiente).....	41
Tabla 5. Tipos de Relieve.	41
Tabla 6. Clasificación cruzada Grado de erosión y profundidad del suelo.....	49
Tabla 7. Matriz Grado de Erosión, Profundidad del Suelo y Fertilidad.	52
Tabla 8. Criterios de Clasificación Factor Edáfico.	52
Tabla 9. Clasificación de las Áreas Forestales según la interacción de los factores biofísicos.	54
Tabla 10. Mapa conceptual camino a la Zonificación Biofísica.....	54
. Tabla 11. Consolidado Áreas de Aptitud.	59
Tabla 12. Temáticos desarrollados por cuenca hidrográfica.....	67
Tabla 13. Consulta a las bases de datos de las cuencas.	68
Tabla 14: Construcción de reportes estadísticos por cuenca y temática.....	68

1. INTRODUCCIÓN

La declarada inexecutable ley forestal 1021 de 2006, la cual, “tiene por objeto establecer el Régimen Forestal Nacional, conformado por un conjunto coherente de normas legales y coordinaciones institucionales, con el fin de promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. A tal efecto, la ley establece la organización administrativa necesaria del Estado y regula las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales”. Regidas bajo esta norma, anteriormente fueron zonificadas las cuencas hidrográficas de los ríos Desbaratado, Guachal (Bolo-Fraile), Amaime, Cerrito, Sabaletas, Guabas, Sonso, Guadalajara, San Pedro, Tulúa, Morales y Bugalagrande ubicadas en la cordillera Central, en la cual se excluía la categoría de área forestal protectora-productora; debiéndose incorporar nuevamente en las tierras de aptitud forestal, esta clasificación.

De acuerdo a lo anterior, para la clasificación de las áreas de aptitud forestal se retoma lo establecido en el DECRETO-LEY 2811/74 y DECRETO 877/76, donde se establecen los criterios para clasificar áreas forestales, teniendo en cuenta la vigencia de estas normas la universidad del Tolima mediante un convenio inter administrativo, elaboró para la CVC un Modelo de Zonificación Forestal, el cual une todas estas leyes convertidas en categorías, y a partir del álgebra de mapas se interrelacionan las variables edáficas, climáticas y fisiográficas, para tal fin se utilizan datos cartográficos pertenecientes alguno de ellos al 2002 y otros al 2006, los cuales son el resultado del convenio entre la CVC y la Universidad.

Este Modelo será empleado para obtener la zonificación forestal y así tener el insumo principal para la generación de todo el material de apoyo para el plan de ordenación forestal, que según el Decreto 1791 de 1996 lo define como el estudio elaborado por las Corporaciones que, fundamentado en la descripción de los aspectos bióticos, abióticos, sociales y económicos, tiene por objeto asegurar que

el interesado en utilizar el recurso en un área forestal productora, desarrolle su actividad en forma planificada para garantizar el manejo adecuado y el aprovechamiento sostenible del recurso.

Como resultado de aplicar este modelo se generó la zonificación forestal, de donde se obtuvieron los insumos necesarios condensados en datos estadísticos, obteniéndose finalmente el Modelo de Ordenación Forestal para las cuencas.

2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Durante la vigencia de la ley 1021 de 2006 la CVC realizó un proceso Cartográfico para la zonificación de las tierras de aptitud forestal en doce cuencas hidrográficas de la cordillera central que drenan a la cuenca mayor del río cauca. En este proceso solo se reconocieron dos áreas de aptitud forestal presentes en dicha ley, estas son: áreas forestales protectoras y áreas forestales productoras, excluyéndose las áreas clasificadas como protectoras-productoras.

Dicha ley fue declarada inexecutable por la corte constitucional, a partir de esta derogatoria nuevamente entra en vigencia lo establecido en el DECRETO-LEY 2811/74 y el DECRETO REGLAMENTARIO 877/76 en donde se consideran los tres tipos de áreas para la zonificación forestal.

Siendo la zonificación forestal uno de los principales instrumentos para la ordenación de los bosques y las tierras forestales, las CVC adelantó dicha zonificación para treinta y seis cuencas hidrográficas que drenan a la cuenca mayor del río cauca; no obstante veinticuatro cuencas fueron zonificadas aplicando los criterios de los de los decretos hasta ese momento en vigencia (2005), mientras que las doce cuentas restantes fueron zonificadas bajo la vigencia de la ley 1021 de 2006.

Esta diferencia presentada en los criterios de Zonificación se convierte en la mayor dificultad para lograr los procesos de planificación y ordenación para el uso de los bosques y tierras forestales en el Valle del Cauca.

3. JUSTIFICACIÓN

La ordenación forestal toma como apoyo el proceso de zonificar para determinar la aptitud de las tierras y bosques forestales, y determinar el número de hectáreas a ser intervenidas; proceso mediante el cual se dictan lineamientos de manejo de acuerdo a la actividad presente en la zona, y así promover políticas de conservación q ayuden a generar un desarrollo sostenible en la explotación, conservación y recuperación del producto forestal.

Es imprescindible generar procesos de Ordenación forestal, utilizando como herramientas los Sistemas de Información Geográfica – SIG, para pasar, de este modo a crear herramientas de mitigación para que las tierras forestales que se aprovechan sin ordenar, sean tierras que mantengan la oferta de los bosques y por consiguiente, aseguren paulatinamente los servicios que ofrecen para la población humana.

Por lo anterior, es necesario actualizar la Zonificación Forestal de las doce cuencas para homologar la informaron de acuerdo a lo establecido en los decretos vigentes.

4. OBJETIVO GENERAL

Actualizar y homologar la zonificación de los bosques y tierras forestales de las 12 cuencas hidrográficas de la cordillera central, correspondiente a los ríos Desbaratado, Guachal (Bolo-Fraile), Amaime, Cerrito, Sabaletas, Guabas, Sonso, Guadalajara, San Pedro, Tulúa, Morales y Bugalagrande, y generar el Modelo de Ordenación Forestal para dichas cuencas.

4.1 ESPECÍFICOS

- Actualizar la zonificación biofísica de las tierras forestales de las doce cuencas hidrográficas de los ríos.
- Obtener el déficit de bosque a partir del cruce de la zonificación y el uso actual presente en las 12 cuencas hidrográficas de la cordillera central.
- Formular el modelo de ordenación forestal para las 12 cuencas hidrográficas de la cordillera central.

5. MARCO DE ANTECEDENTES

5.1 PLAN DE DESARROLLO FORESTAL DEL QUINDÍO 2025

Como resultados de la zonificación se obtuvieron los siguientes mapas:

- Forestal: En este mapa se encuentra la información sobre la cobertura forestal actual y la potencial, es decir aquella área que no posee cobertura forestal y que se encuentra en otros usos que son compatibles con la actividad forestal (ver mapa zonificación).

Cuantificando lo anterior se tiene:

-	Área con cobertura forestal	:	49.501, 31 Has
-	Área forestal potencial	:	63.403, 53 Has
-	Total	:	112.904,84 Has

- Área de Conservación: Para seleccionar el área de conservación se consideraron fundamentalmente dos criterios: En el mapa de zonificación de los suelos se definió como conservación la zona que presentaba capacidad de uso baja, además se consideró una franja de 10 mts al lado y lado de las principales fuentes hídricas del departamento. Como resultado de la anterior información se obtuvieron las siguientes áreas:

-	Área de conservación con cobertura forestal actual	:	30.215,35 has
-	Área de conservación sin cobertura forestal	:	37.402,61 Has.
-	Total área de conservación	:	67.617, 96 Has.

- Área de producción forestal: El área considerada para producción es aquella que la zonificación física de suelos no estaba considerada como de capacidad de uso restringido y especial, de la cual una fracción tiene cobertura forestal y otra sin

cobertura pero está en usos compatibles con la actividad forestal (ver Mapa producción forestal).

Área de producción con cobertura forestal	:	19.285,96 Has
Área de producción sin cobertura forestal	:	26.000,92 Has
Total área de producción forestal	:	45.286,88 Has

Finalmente y con base en el mapa de área de producción forestal, se definieron los núcleos forestales (ver Mapa de núcleos) los cuales se identificaron como:

5.2 MAPA DE NÚCLEOS FORESTALES

- Núcleo Agroforestal: Este núcleo está conformado por las áreas de producción forestal que no poseían cobertura forestal y que se encuentran cultivados con café y plátano, actividades que son compatibles con la producción forestal en sistemas agroforestales. El área de ese núcleo es de 7832,97 Has.
- Núcleo Guadua: conformado por los rodales de guadua ubicados en el área de producción forestal, su área corresponde a 4.831,15 Has.
- Núcleo de plantaciones homogéneas: Corresponde a las plantaciones establecidas en el área de producción forestal, su área corresponde a 3.485,15 Has.
- Núcleo productivo no maderable: Está conformado por el Bosque Natural y Bosque natural secundario ubicado en el área de producción forestal, el área es de 12.544,62 Has.
- Luego de definidas los núcleos forestales Esta un área de 16.592,93 Has que no poseen cobertura forestal y su uso es diferentes al de café y plátano.
- En resumen el Plan de Desarrollo Forestal del Quindío se ejecutará en 112.904,84 Has, que corresponde al 58% del área total del departamento de las cuales 67.517,96 Has se trabajaran para conservación y 45.286,88 en producción forestal.

5.3 ÁREAS DE EJECUCIÓN DEL PLAN

Acción	Con Cobertura Forestal Actual (Has)	Sin Cobertura Total Actual (Has)	Total
Conservación	30.215,35	37.402,61	67.617,96
Producción	19.285,96	26.000,92	45.286,88
Total	49.501,31	63.403,53	112.904,84

De acuerdo con lo anterior, del área total de ejecución del PDFQ el 59,9% se dedicará a la conservación y el 40,1% en la producción forestal.

En el campo de la ordenación se conocen las realizadas en los departamentos de:

- Amazonas (CORPOAMAZONIA)
- Tolima (CORTOLIMA)
- Choco (CODECHOCO)
- Risaralda (CARDER)

6. MARCO TEÓRICO

6.1 ZONIFICACIÓN FORESTAL

La zonificación forestal es un ordenamiento sistemático que tipifica y delimita las áreas forestales existentes, bajo un marco legal que las define y diferencia de otros usos posibles.

Se entiende por áreas de vocación forestal aquellas en las cuales la vegetación natural o el bosque deben ser mantenidos como cobertura permanente en razón de sus características naturales (aptitud) o por su beneficio social (función).

La aptitud de la tierra se considera como la adaptabilidad de un área para una utilización definida. Las diferencias en el grado de aptitud se determinan mediante la relación existente o prevista entre los beneficios y los insumos necesarios para ese uso específico.

Cuando se relacionan las áreas de vocación forestal con su función o conveniencia, las consideraciones a tener en cuenta comprenden los aspectos sociales, biológicos, ecológicos, geopolíticos, etc. (parques nacionales, bancos de germoplasma, diversidad de genes, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas, embalses y cuencas aportantes, páramos, líneas de fronteras político-administrativas).

La naturaleza de las áreas a zonificar, en líneas generales, se circunscribe a las denominadas Áreas Forestales, referidas por el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, promulgado por Decreto Ley 2811 de 1974. En sus artículos 202 y 203 se definen las áreas forestales y las subdivisiones establecidas de Áreas Forestales Productoras, Áreas Forestales Protectoras y Áreas Forestales Protectoras - Productoras. Esta

clasificación regula el manejo de los suelos por su naturaleza y de los bosques que contienen y que se determinan según estudios ecológicos y económicos.

Ventajas. La zonificación ofrece las siguientes ventajas:

- Define la jurisdicción y competencia de las diferentes entidades del sector forestal, responsables de la administración y manejo del uso de las tierras.
- Facilita la reglamentación de las áreas y recursos naturales en función de su naturaleza y capacidad de uso.
- Sirve como soporte técnico y conceptual a las disposiciones legales que se expidan para la ordenación forestal.

6.2 *DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974*

TITULO III: *DE LOS BOSQUES*

Artículo 202: El presente Título regula el manejo de los suelos forestales por su naturaleza y de los bosques que contienen, que para los efectos del presente Código, se denominan áreas forestales. Las áreas forestales podrán ser **productoras, protectoras y protectoras-productoras**. La naturaleza forestal de los suelos será determinada según estudios ecológicos y socioeconómicos.

Artículo 203: Es **área forestal productora** la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales para obtener productos forestales para comercialización o consumo. El área es de producción directa cuando la obtención de productos implique la desaparición temporal del bosque y su posterior recuperación. Es área de producción indirecta aquella en que se obtienen frutos o productos secundarios, sin implicar la desaparición del bosque.

Artículo 204: Se entiende por **área forestal protectora** la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora

debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque.

Artículo 205: Se entiende por **área forestal protectora-productora** la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales para proteger los recursos naturales renovables y que, además puede ser objeto de actividades de producción sujeta necesariamente al mantenimiento del efecto protector.

6.3 *DECRETO 877 DEL 10 DE MAYO DE 1976*

CAPITULO II: DE LAS PRIORIDADES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL (CRITERIOS DE CLASIFICACION)

Artículo 2: En las **áreas de reserva forestal** solo podrá permitirse el aprovechamiento persistente de los bosques.

Artículo 7: Se consideran como **áreas forestales protectoras**:

- Todas las tierras ubicadas en regiones cuya precipitación sea superior a ocho mil milímetros (8.000 mm.) por año y con pendiente mayor del 20 % (formaciones de bosques pluvial tropical);
- Todas las tierras ubicadas en regiones cuya precipitación esté entre cuatro mil y ocho mil milímetros (4.000 y 8.000 mm.) por año y su pendiente sea superior al treinta por ciento (30%) (formaciones de bosques muy húmedo-tropical, bosque pluvial premontano y bosque pluvial montano bajo);
- Todas las tierras, cuyo perfil de suelo, independientemente de sus condiciones climáticas y topográficas, presente características morfológicas, físicas o químicas que determinen su conservación bajo cobertura permanente;
- Todas las tierras con pendiente superior al ciento por ciento (100 %) en cualquier formación ecológica;

- Las áreas que se determinen como de influencia sobre cabeceras y nacimiento de los ríos y quebradas, sean estos permanentes o no;
- Las áreas de suelos desnudados y degradados por intervención del hombre o de los animales, con el fin de obtener su recuperación;
- Toda área en la cual sea necesario adelantar actividades forestales especiales con el fin de controlar dunas, deslizamientos, erosión eólica, cauces torrenciales y pantanos insalubres;
- Aquellas áreas que sea necesario declarar como tales por circunstancias eventuales que afecten el interés común, tales como incendios forestales, plagas y enfermedades forestales, construcción y conservación de carreteras, viviendas y otras obras de ingeniería;
- Las que por la abundancia y variedad de la fauna silvestre acuática y terrestre merezcan ser declaradas como tales, para conservación y multiplicación de esta y las que sin poseer tal abundancia y variedad ofrecen en cambio condiciones especialmente propicias al establecimiento de la vida silvestre.

Artículo 8: Cuando con anterioridad a la vigencia del presente decreto el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, hubiere dado aprobación a un Plan de Ordenación Forestal en áreas que presenten las características señaladas en los literales a y b del artículo 7 tales áreas podrán ser objeto de aprovechamiento forestal persistente, siempre y cuando el usuario del recurso de cumplimiento a las prácticas protectoras previstas en el concepto técnico aprobatorio del Plan de Ordenación Forestal.

Artículo 9: Se consideran **áreas forestales protectoras-productoras:**

- Todas las tierras ubicadas en regiones cuya precipitación sea superior a ocho mil milímetros (8.000 mm.) por año y su pendiente esté comprendida entre el 10% y el 20%;

- Todas las tierras ubicadas en regiones cuya precipitación esté entre cuatro mil y ocho mil milímetros (4 .000 y 8.000 mm.) por año y su pendiente esté comprendida entre el 10% y el 30% (formaciones de bosques muy húmedo tropical, bosque pluvial pre montano y bosque pluvial montano bajo);
- Todas las tierras ubicadas en regiones cuya precipitación esté entre dos mil y cuatro mil milímetros (2.000 y 4.000 mm.) por año y su pendiente esté comprendida entre el 51% y el 100% (formaciones de bosques húmedo tropical, bosque muy húmedo pre montano, bosque pluvial montano y bosque muy húmedo montano bajo);
- Las áreas que se determinen como de incidencia sobre embalses para centrales hidroeléctricas, acueductos o sistemas de riego, lagos, lagunas y ciénagas naturales o artificiales, y
- Todas las tierras que por sus condiciones de suelo hagan predominante el carácter protector del bosque, pero admitan aprovechamientos por sistemas que aseguren su permanencia.

Artículo 10: Se consideran **áreas forestales productoras:**

- Las áreas cubiertas de bosques naturales, que por su contenido maderable sean susceptibles de un aprovechamiento racional y económico siempre que no estén comprendidas dentro de las áreas protectoras-productoras a que se refieren los artículos 7 y 9 de este decreto;
- Las áreas cubiertas de bosques artificiales establecidas con fines comerciales;
- Las áreas que estando o no cubiertas de bosques, se consideren aptas para el cultivo forestal por sus condiciones naturales.

7. MARCO CONCEPTUAL

Existen diferentes definiciones relacionadas con la ordenación y con los planes de ordenación forestal, sin embargo, todas tienen como elementos comunes la sostenibilidad de las tierras forestales y los bosques naturales con el fin de entender las necesidades sociales, económicas, ecológicas, culturales y espirituales de las generaciones presentes y futuras.

La FAO (2001) determina que la ordenación forestal se ocupa de los aspectos administrativos, económicos, jurídicos, sociales, técnicos y científicos de la conservación y utilización de los bosques y aspira lograr que los bienes y servicios obtenidos de los bosques cubran las necesidades presentes y extiendan su disponibilidad y cubrimiento a las necesidades del desarrollo a largo plazo.

La OIMT (1999) define la ordenación forestal sostenible como “el proceso de manejar tierras forestales permanentes para lograr uno o más objetivos de ordenación claramente definidos con respecto a la producción de un flujo continuo de productos y servicios forestales deseados, sin reducir indebidamente sus valores inherentes ni su productividad futura y sin causar indebidamente ningún efecto indeseable en el entorno físico y social”.

La ordenación forestal sostenible busca garantizar la presencia de las áreas boscosas con cuanto a su extensión, composición y características, que permita de una parte, adelantar el manejo y aprovechamiento forestal sin reducir significativamente la posibilidad económica de producción permanente de bienes y servicios, conservar la estabilidad del ecosistema natural, la biodiversidad y el patrimonio forestal. También permite responder en forma flexible a las variaciones presentes y futuras de las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas que inciden en el recurso forestal bajo el objetivo general de asegurar la sostenibilidad del mismo. Implica además de la evaluación científica de los recursos forestales,

de la biodiversidad y del entorno social y económico, procesos de consulta por parte de autoridad ambiental con las comunidades y otros actores locales y la adopción de un escenario de planificación, participación y de responsabilidades de las partes para el logro de los objetivos propuestos.

El POF es un instrumento de planificación de los recursos forestales que compendia entre otros aspectos, la información científica sobre la base de la caracterización y descripción de los aspectos bióticos, abióticos, socioculturales y económicos de las tierras y los recursos forestales y que sirve de guía para administrar, manejar y asegurar la adecuada utilización de los bosques naturales de tal manera que contribuya al desarrollo económico, social y ambiental regional y nacional.

8. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN

La metodología de este proyecto será ajustada al siguiente modelo:

8.1 MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL CVC

La conceptualización del modelo de zonificación se basó en el documento que se referencia a continuación, el cual fue ampliado y ajustado de acuerdo a las necesidades y a la información obtenida en el proyecto y a la disponible en la CVC.

La operacionalización o aplicación del modelo, fue completamente desarrollada en forma original en la ejecución del estudio.

Referencia:

PNUD, Ministerio del Medio Ambiente, Universidad Distrital. “Zonificación, ordenación forestal, silvicultura, manejo forestal, seguimiento y control al aprovechamiento forestal – curso taller”. Sasaima, Cundinamarca, 2002.

Se consideran 2 fases, una primera correspondiente a la consideración y aplicación de los factores biofísicos del territorio, mediante los cuales se obtiene una clasificación de las tierras forestales en productoras y protectoras y en áreas de uso múltiple. Una segunda fase corresponde al análisis de las interacciones de las clases biofísicas, obtenidas en la primera fase, la existencia y estado de los bosques naturales y las plantaciones.

Con el modelo y los instrumentos de aplicación se simularon diferentes escenarios que permitieron análisis concretos de previsible resultados, seleccionándose la que se presenta en este documento.

8.2 ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DEL MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN

La zonificación forestal, es la base para determinar el mejor uso del territorio, de una forma armónica entre quienes lo habitan y la oferta de bienes y servicios que provee el mismo territorio. Para la elaboración de la zonificación, es necesario utilizar un Software como herramienta de Sistemas de Información Geográfica “SIG”, para el plan de ordenación forestal se utilizó el Software ARCGIS 9.3, que permite desarrollar los modelamientos cartográficos con los que se delimitan cada una de las unidades de zonificación forestal.

El proceso de zonificación considera dos (2) etapas: una primera correspondiente a la clasificación de las tierras según factores biofísicos (clima, relieve y suelos), mediante la cual se obtiene la clasificación de las tierras forestales en productoras, protectoras-productoras y protectoras.

Una segunda etapa corresponde a la inclusión de áreas de interés especial, donde se incluyen áreas de reserva declaradas y zonas de paramo, áreas con presencia de cobertura boscosa.

El proceso de identificación y clasificación de áreas forestales, se desarrollo en dos etapas de la siguiente manera:

Etapas 1.

Para la clasificación de las tierras forestales dentro de los factores biofísicos clima, relieve y suelos, se utilizaron los siguientes atributos y rangos:

Atributos

Temperatura y precipitación para el factor clima

Grado de pendiente y longitud de la pendiente para el factor relieve

Grado de erosión, profundidad del suelo y nivel de fertilidad para el factor suelo.

Rangos

F1: CLIMA

F11: TEMPERATURA

COD	VALORES
1	0 a 6 °C
2	6,01 a 12 °C
3	12,01 a 18 °C
4	18,01 a 24 °C
5	>24 °C
	Dato faltante

F12: PRECIPITACIÓN

COD	VALORES
1	0 a 250 mm
2	250,01 a 500 mm
3	500,01 a 750 mm
4	750,01 a 1000 mm
5	1000,01 a 1500 mm
6	1500,01 a 2000 mm
7	2000,01 a 2500 mm
8	2500,01 a 3000 mm
9	3000,01 a 3500 mm
10	3500,01 a 10000 mm
11	> 10000 mm
	Dato faltante

F2: RELIEVE

F21: GRADO DE PENDIENTE

COD	VALORES
1	0 a 25 %
1.1	0 a 3 %
1.2	3, 01 a 7 %
1.3	7, 01 a 12 %
1.4	12,01 a 25 %
2	25,01 a 50%
3	50,01 a 75%
4	75,01 a 100%
5	100,01 a 125%
6	> 125
	Dato faltante

F22: LONGITUD DE PENDIENTE

COD	VALORES
1	0 a 50 m
2	50,01 a 100 m
3	100,01 a 200 m
4	200,01 a 300 m
5	300,01 a 400 m
6	> 400
	Dato faltante

F3: SUELOS (FACTOR EDÁFICO)

F31: GRADO DE EROSIÓN

COD	CATEGORÍAS
1	Ligera
2	Moderada
3	Severa
4	Muy severa
10	Natural
11	Urbano
12	Sin evaluar
	Dato faltante

F32: PROFUNDIDAD DEL SUELO

COD	CATEGORÍAS	
5	Muy superficial	0 – 25 cms
4	Superficial	25 – 50 cms
3	Moderadamente profundo	50 – 100 cms
2	Profundo	100 – 150 cms
1	Muy profundo	>150 cms
	Dato faltante	

Nota: Estas categorías corresponden al estudio de suelos del IGAC y CVC

F33: GRADO DE FERTILIDAD

COD	CATEGORÍAS
4	Muy baja
3	Baja
2	Moderada o media
1	Alta
	Dato faltante

Etapas 2.

En esta etapa se incorporan dentro de las áreas protectoras independientemente de sus condiciones biofísicas; las zonas declaradas como Áreas de Reserva Forestal o Áreas protegidas; Zonas de Páramo que son las áreas superiores a los 2300 msnm; las zonas con presencia de bosques de Guadua se incorporan dentro de la clasificación de productoras-protectoras.

8.3 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS FORESTALES (ZONIFICACIÓN)

El INDERENA en el año 1994, definió la zonificación forestal como el ordenamiento sistemático que tipifica y delimita las áreas forestales existentes, bajo un marco legal que las define y las diferencia de otros usos posibles.

Las Guías Técnicas Ministerio del Medio Ambiente, ACOFORE, OIMT (2002), definen la zonificación como la unidad de manejo, debidamente cartografiada que deberá mostrar, describir, cuantificar y delimitar, las zonas que con base en criterios de accesibilidad y áreas de especial interés que conviene destinar para la protección o producción.

8.4 CRITERIOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN FORESTAL

Los criterios empleados en el proceso de actualización de la zonificación de las tierras forestales de las cuencas hidrográficas de los ríos Desbaratado, Bolo – Fraile, Amaine, El Cerrito, Sabaletas, Guabas, Sonso, Guadalajara, San Pedro, Tulúa, Morales y Bugalagrande, fueron suministrados en términos de referencia, la legislación ambiental vigente, las funciones y los servicios ambientales de los ecosistemas forestales.

Dichos criterios tienen en cuenta tres (3) factores que inciden directamente en el cálculo de la zonificación de las tierras forestales de las cuencas hidrográficas; los cuales son:

- **Factor climatológico:** Temperatura + Precipitación.
- **Factor fisiográfico:** % de pendiente + Longitud de pendiente.
- **Factor edáfico:** Grado de erosión + Profundidad del suelo + Fertilidad del suelo.

Los componentes de cada factor, se denominan variables unidimensionales que son procesadas y mutuamente relacionadas para obtener una clasificación acorde con la legislación ambiental vigente; tales como, temperatura, precipitación, longitud de pendiente y demás.

Para el procesamiento de cada factor se emplearon herramientas tecnológicas de vanguardia conocidas como Sistemas de Información Geográfica (SIG); complemento vital de la cartografía de un área de estudio determinada, empleada para analizar la relación que existe entre las diferentes variables que inciden en el territorio en una temática especial; que para este caso, es la zonificación forestal de las cuencas de la zona andina del Departamento del Valle del Cauca.

A continuación se presenta la descripción de dichos procesos realizados en ArcGis 9.3:

8.5 FACTOR CLIMATOLÓGICO: TEMPERATURA + PRECIPITACIÓN

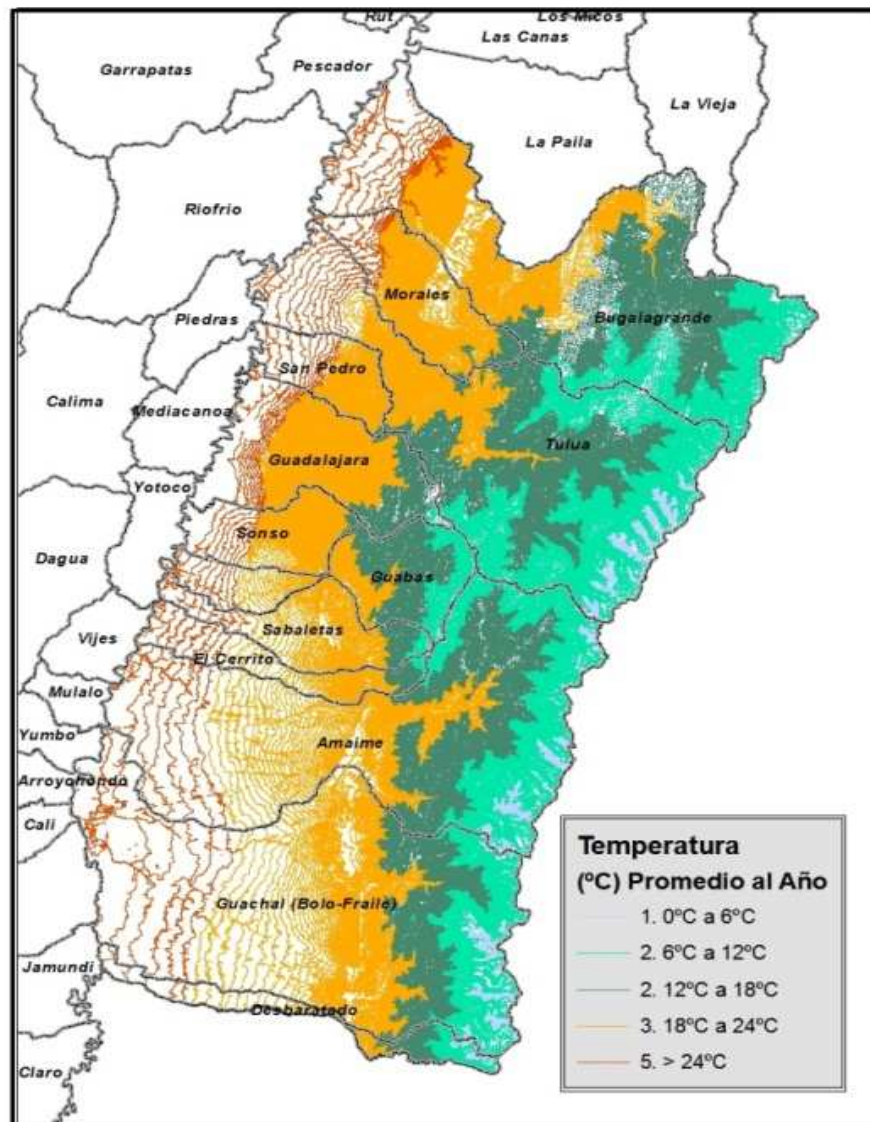
Para obtener la cartografía con el factor climatológico debidamente clasificado según el MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL, se parte de la información contenida en los archivos de alturas llamados contas de elevación para la temperatura e isioyetas que son las que contienen las unión de los puntos de igual precipitación formando curvas entre estos.

Temperatura. La variable unidimensional Temperatura, se procesa a partir del archivo tipo shape el cual contiene las curvas de nivel pertenecientes a las 12 cuencas, del cual se obtiene la temperatura a partir de la aplicación de la **ecuación de la temperatura** correspondiente a esta parte del territorio nacional y la posterior modelacion modelar con la siguiente ecuación:

$$T^{\circ}\text{C} = 30.03 - 0.0062 * \text{elevación}$$

Con esta ecuación, las cuencas se clasifican por los rangos de temperatura antes descritos. A continuación se muestra la variable de entrada con información de Temperatura en el área de estudio:

Gráfico 1: Generación Modelo TIN Temperatura.



Los parámetros de clasificación fueron ajustados, de acuerdo con los criterios del Modelo de Zonificación Forestal. Seguidamente, se genera un archivo TIN a partir de la herramienta 3D Analyst>Create/Modify TIN>Create TIN From Features... el cual consiste en la generación de una superficie de interpolación ajustada a las

curvas contienen la información de temperatura, a continuación se presenta el resultado obtenido:

Gráfico 2: Generación Modelo TIN Temperatura.

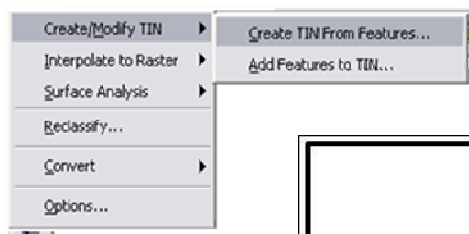
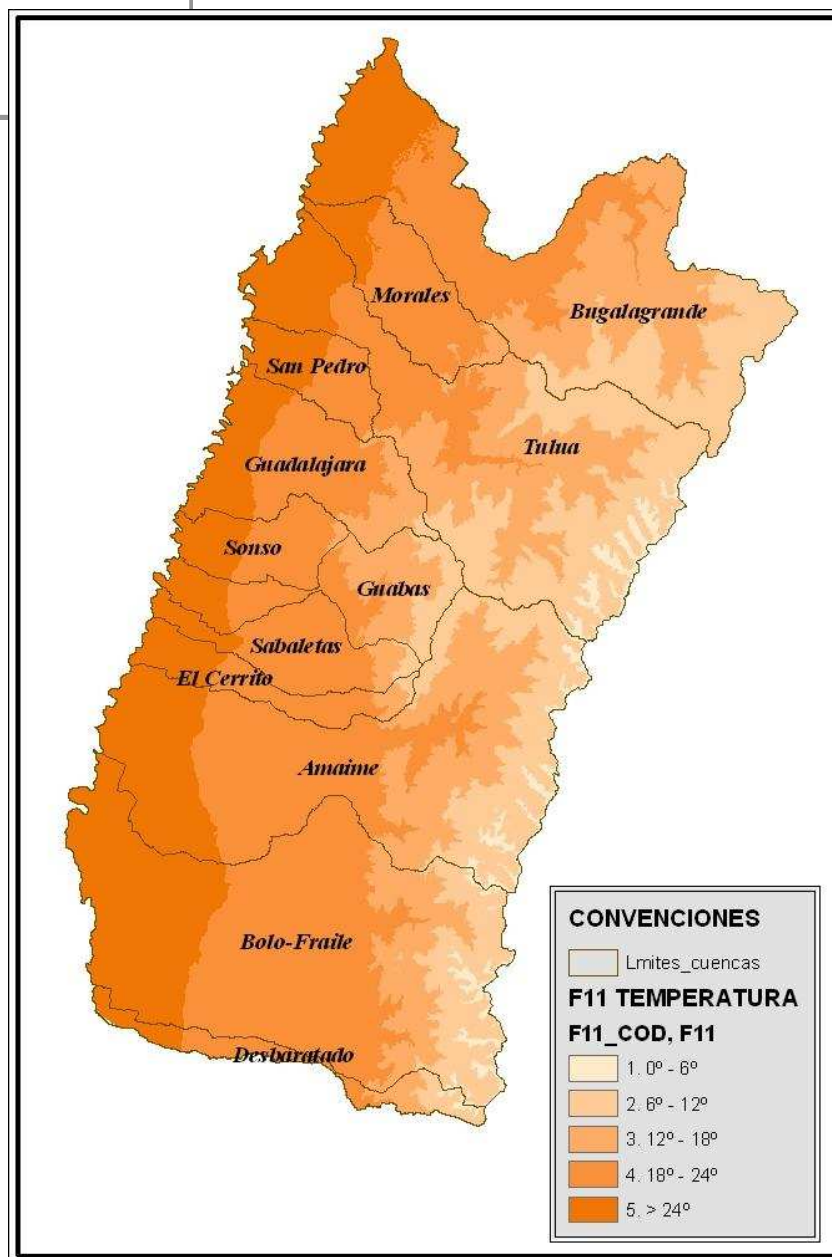


Gráfico 3: Modelo Generado a partir de las curvas de Temperatura.



Precipitación. Para generar el modelo de precipitación se utilizó el archivo correspondiente a las **Isoyetas** de esta parte del municipio, las cuales al igual que la temperatura se presentan como entidad curva puesto que estas se forman a partir de la union de los puntos de igual precipitación, con ellas se realizó el mismo procedimiento que con la variable temperatura:

Gráfico 4: Curvas de Precipitación clasificada

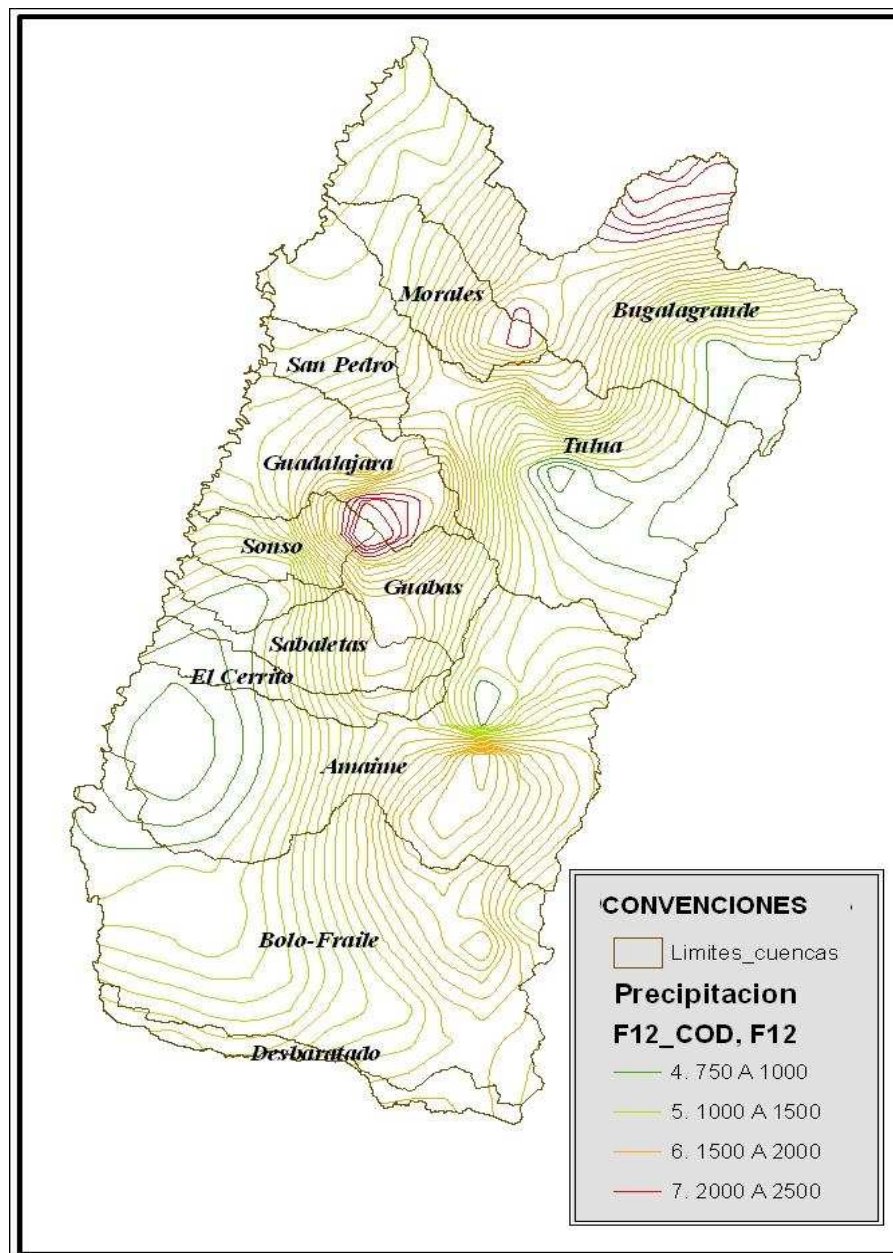
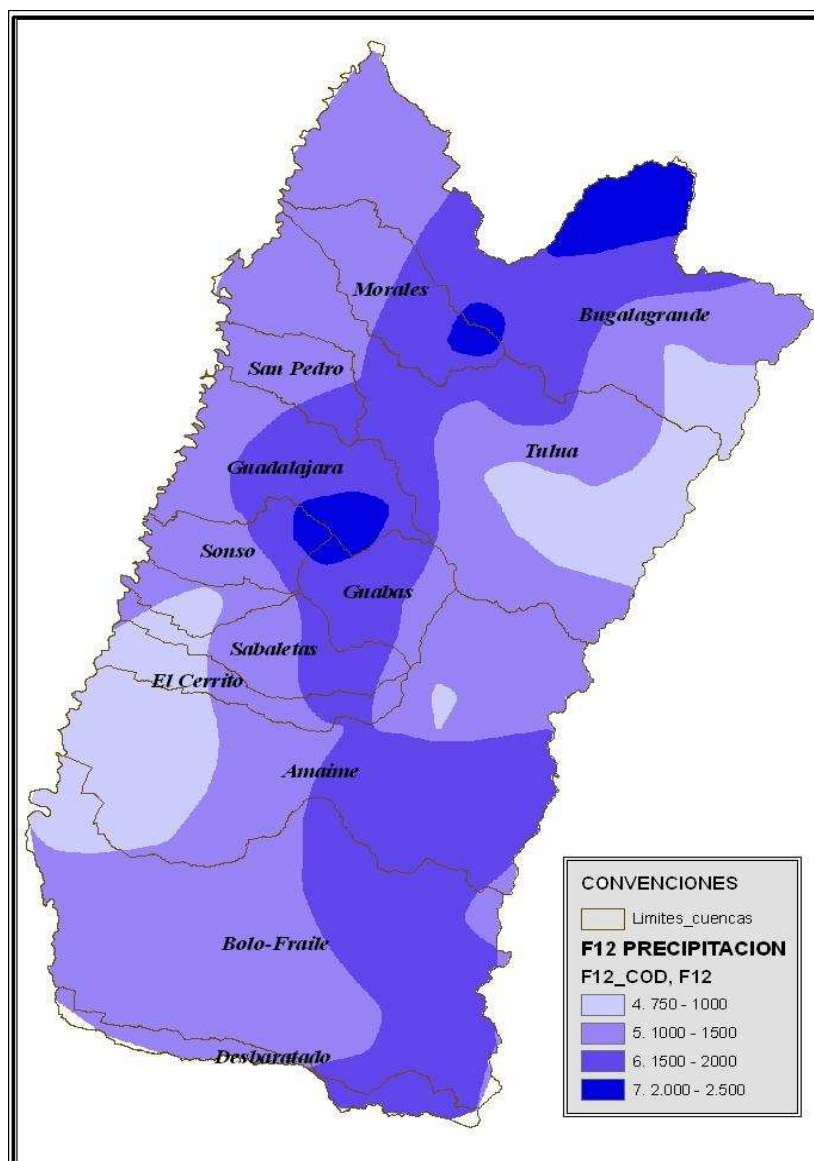


Gráfico 5: Modelo Generado a partir de las curvas de Precipitación.



8.6 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE RANGOS DE TEMPERATURA (F11) Y PRECIPITACIÓN (F12)

Para el cruce de la información se emplean los criterios de identificación de áreas según la clasificación cruzada de rangos de temperatura (F11) y precipitación (F12) que se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Clasificación cruzada de Clima.

X	CE	Clima Extremo
	CM	Clima Moderado

FAJA ALTITUDINAL	TEMPERATUR A: F11	CÓDIGO	PRECIPITACIÓN: F12										
			0- 250	250- 500	500- 750	750- 1000	1000- 1500	1500- 2000	2000- 2500	2500- 3000	3000- 3500	3500- 4000	>400 0
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tropical	>24 °C	5	X	X								X	X
Premontano	18 °C – 24 °C	4	X	X							X	X	X
Montano bajo	12 °C – 18 °C	3	X							X	X	X	X
Montano	6 °C – 12 °C	2	X						X	X	X	X	X
Subalpino	menos de 6 °C	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Donde:

Para este proceso fue necesario que el resultado de los modelos digitales generados para las variables temperatura y precipitación, se pasaran a formato raster para su posterior cruce de variables, para las cuales fue necesario que las variables se multiplicaran por 100 para que los parámetros de clasificación cruzada no sufran duplicaciones, obteniendo los siguientes resultados (Gráfico 6):

Luego de este cruce de variables se procedió a reclasificar los resultados de acuerdo al MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL que rige el proyecto en los dos grandes grupos de Clima Extremo y Clima Moderado (Gráfico 7):

Gráfico 6: Cruce de variables Temperatura y Precipitación.

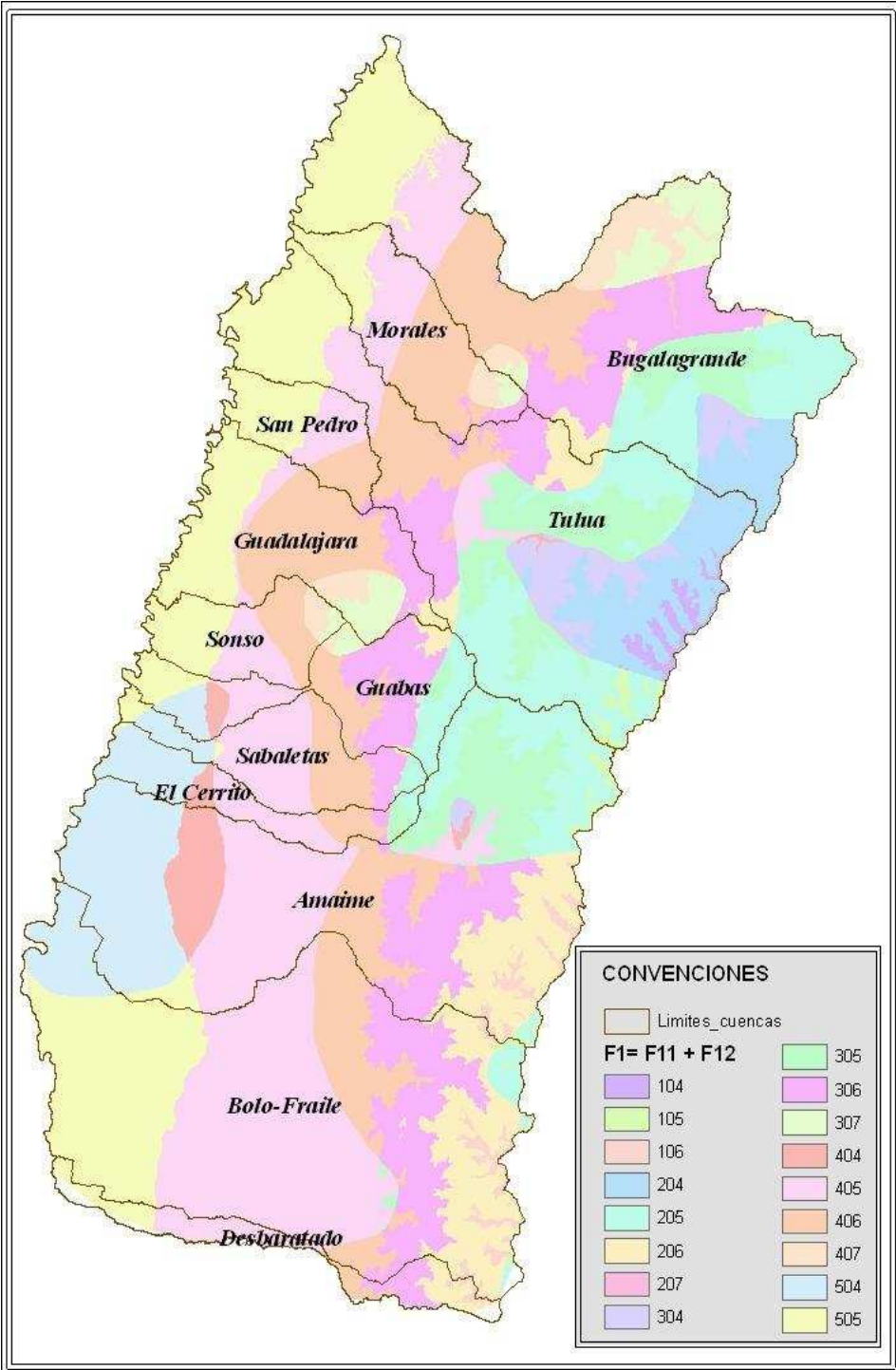
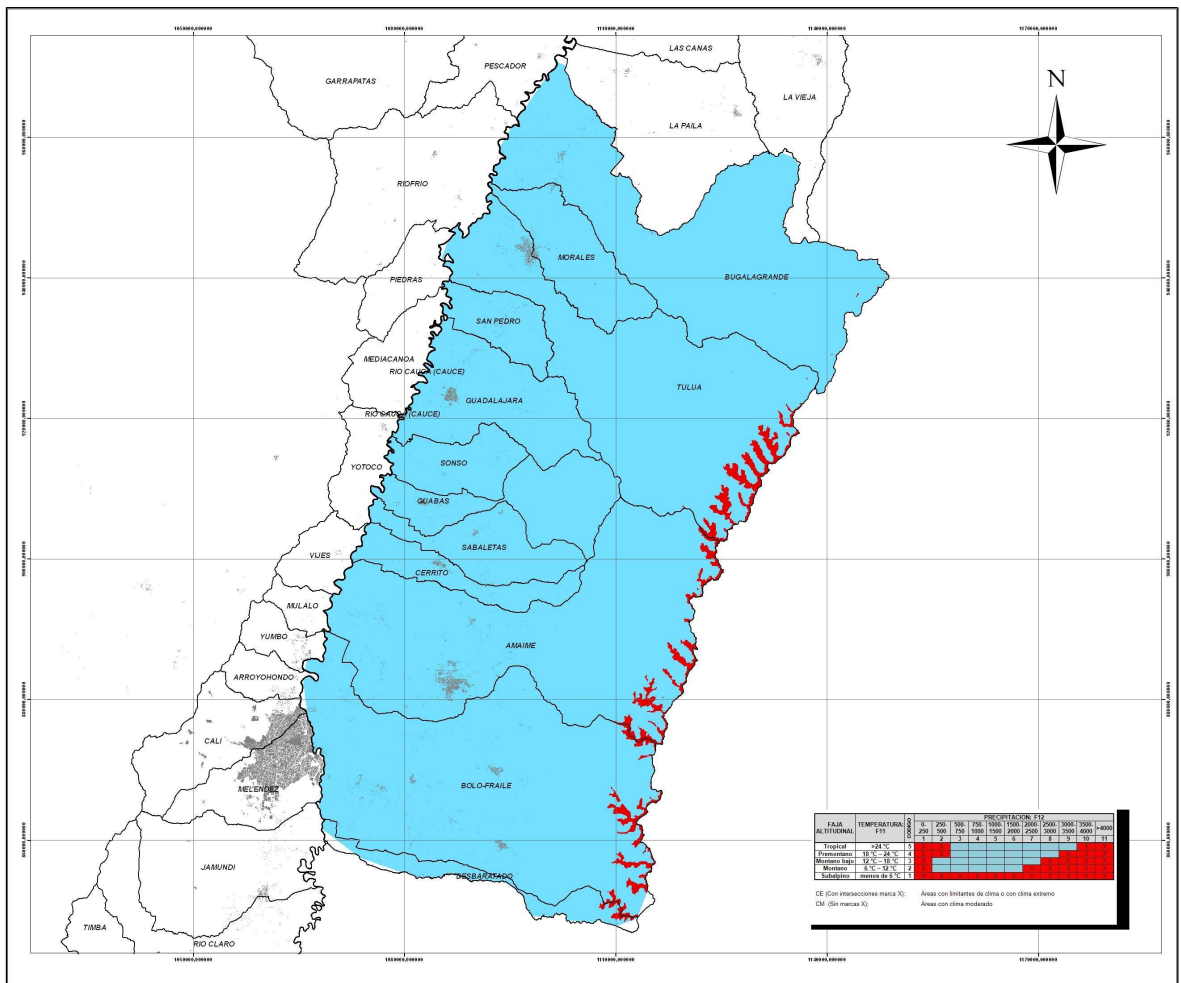


Gráfico 7: Resultado clasificación cruzada variable Clima.



8.7 FACTOR FISIAGRÁFICO: PORCENTAJE DE PENDIENTE + LONGITUD DE PENDIENTE

Para obtener la cartografía con el factor fisiográfico debidamente clasificado según el MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL, se parte de las variables unidimensionales GRADO DE PENDIENTE Y LONGITUD DE PENDIENTE, las cuales se obtuvieron a partir de un Modelo digital de elevación para las dos variables a partir de la información de las curvas de nivel para de las doce cuencas (Gráfico 8).

Grado de Pendiente. Se obtiene a partir del modelo de elevación, luego se genera el raster y este es reclasificado bajo los parámetros y ubicación por rangos (Gráfico 9).

Longitud de Pendiente. Este mapa es generado a partir del grado de pendiente y se reclasifica luego de generar el Raster bajo los parámetros y ubicación por rangos del modelo (Gráfico 10).

Gráfico 8: Modelo Digital de Elevación a generado a partir de las curvas de nivel.

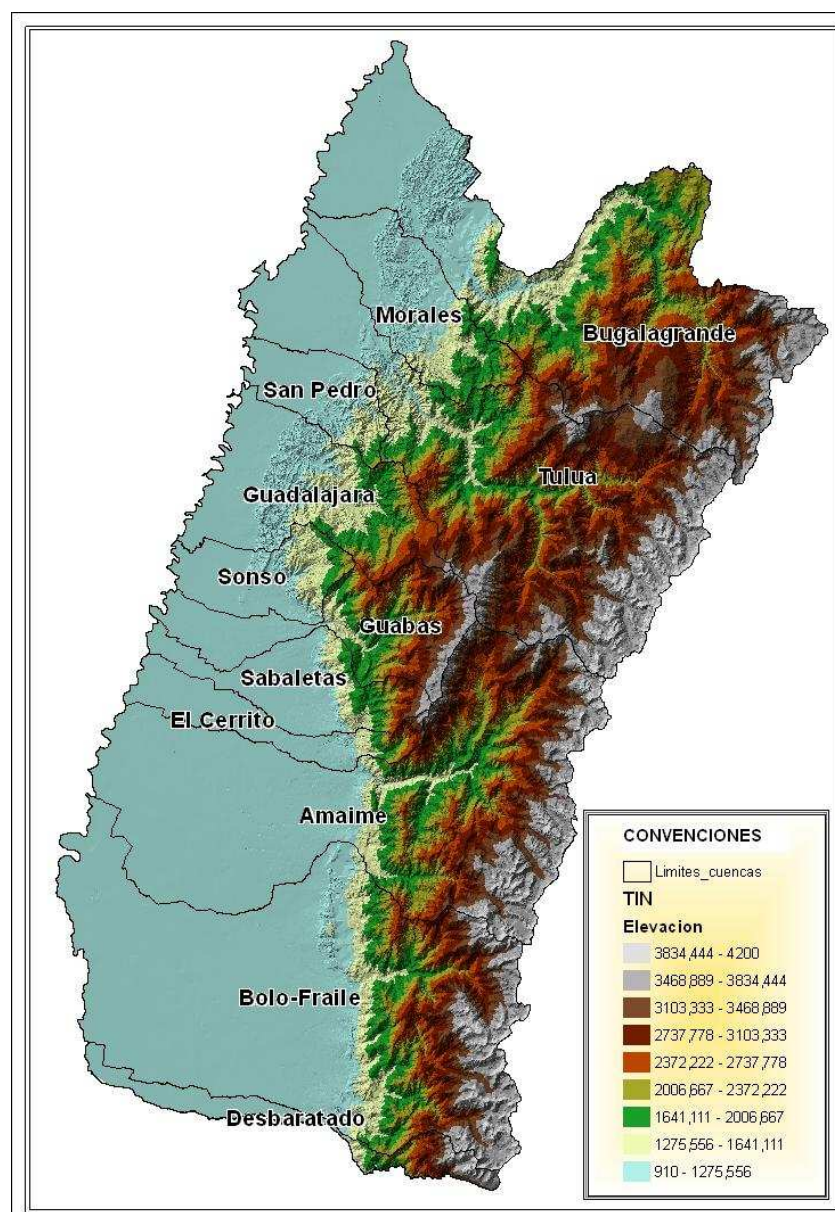


Gráfico 9: Raster reclasificado Grado de Pendiente.

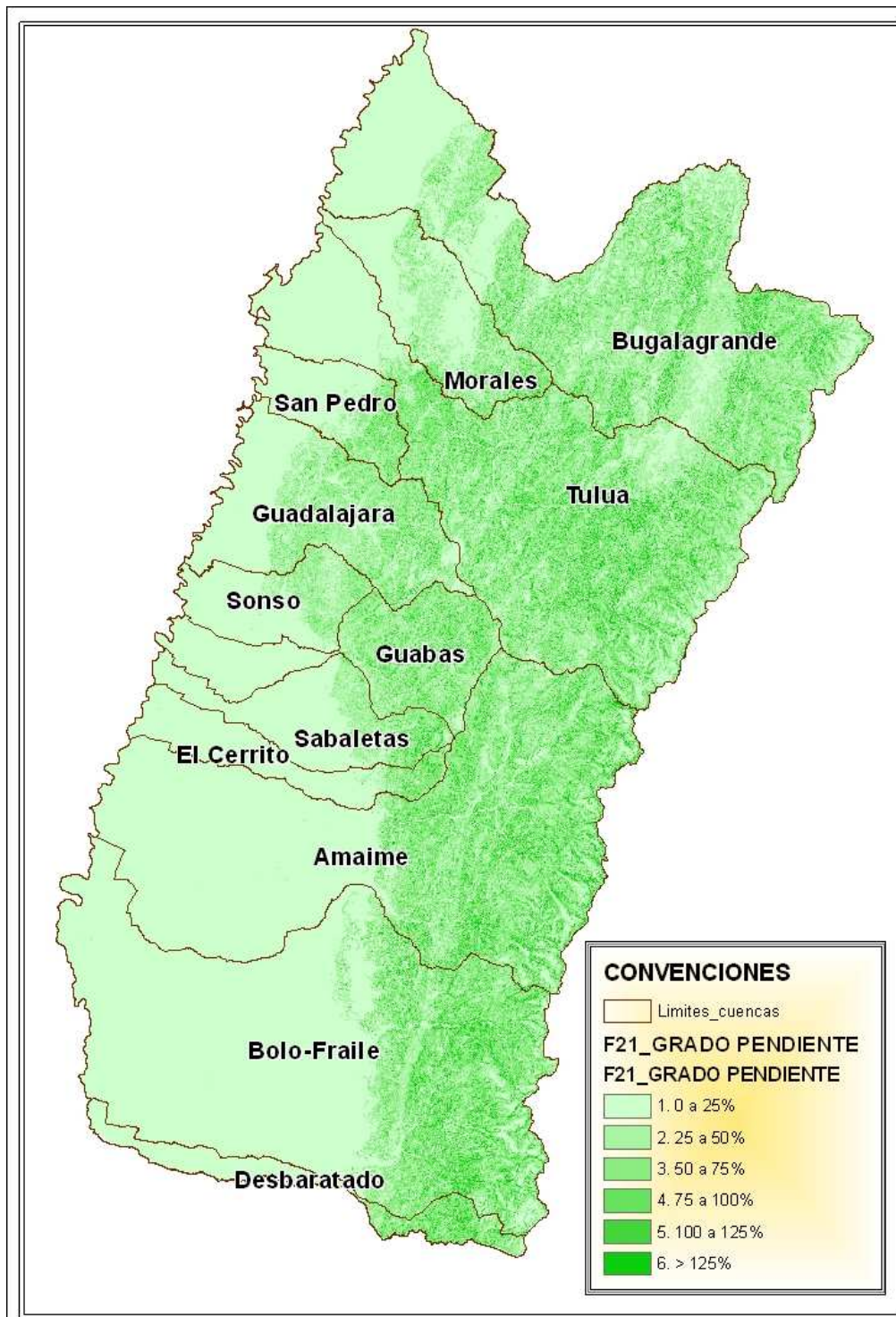
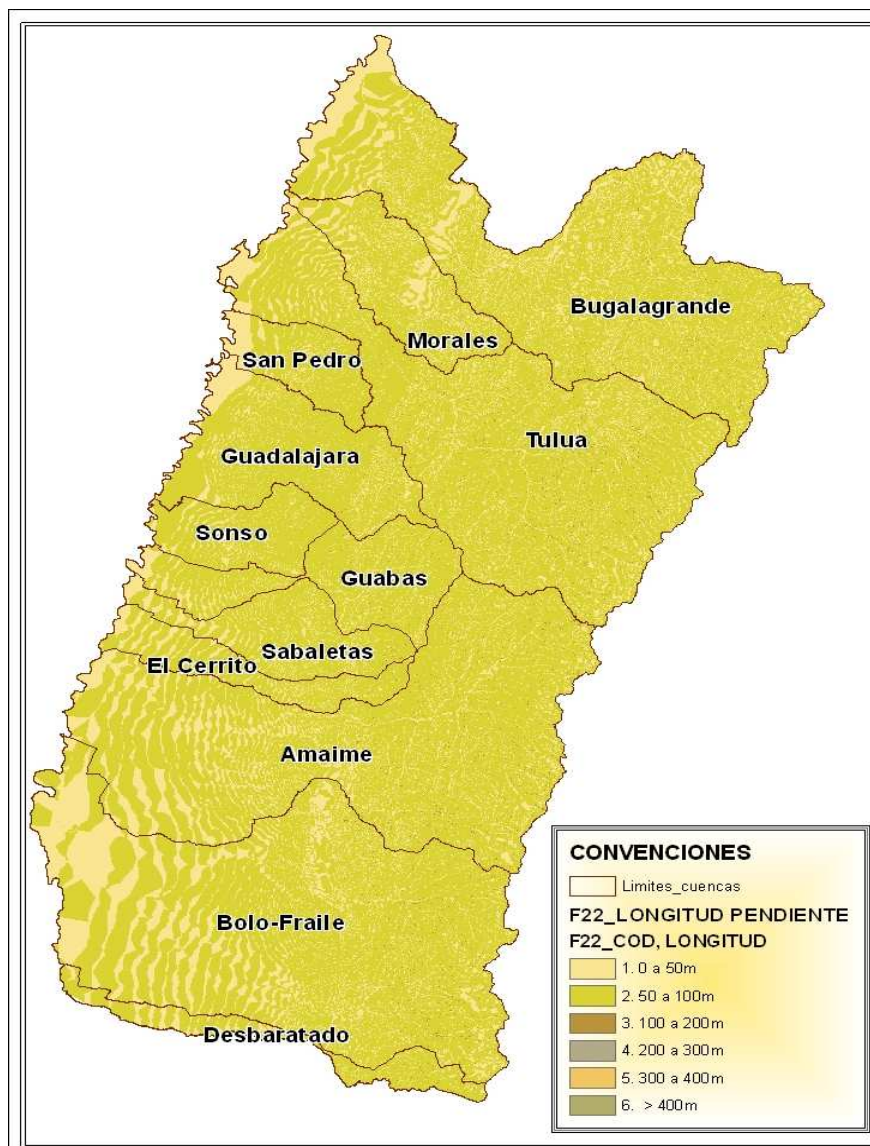


Gráfico 10: Raster reclasificado Longitud de Pendiente.



8.8 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE RANGOS DE GRADO DE PENDIENTE (F21) Y LONGITUD DE PENDIENTE (F22)

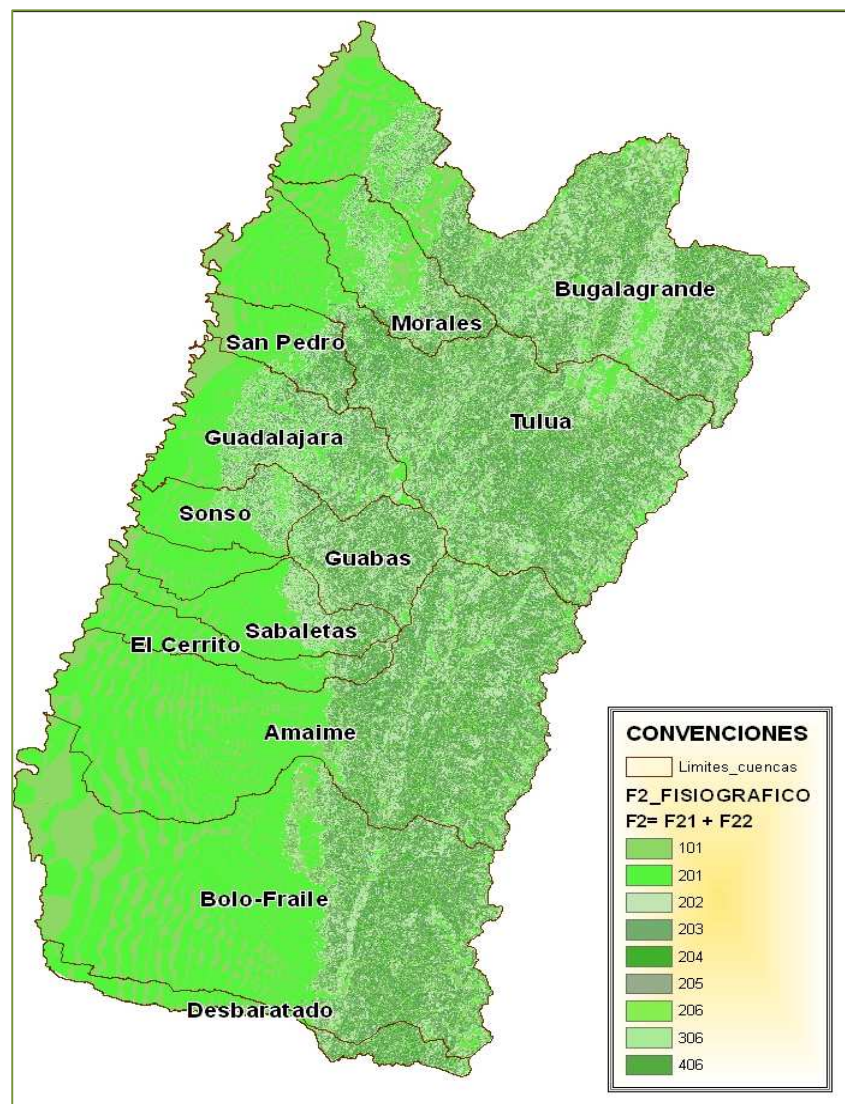
Para el cruce de la información se emplean los criterios de identificación de áreas según la clasificación cruzada de rangos de grado de pendiente (F21) y longitud de pendiente (F22) que se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación cruzada Factor Fisiográfico.

	% PENDIENTE: F21	CÓDIGO	LONGITUD DE LA PENDIENTE: F22					
			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	50 - 100	0 - 50
			6	5	4	3	2	1
CRP1	> 125	6	X	X	X	X	X	X
	100 - 125	5	X	X	X	X	X	X
	75 - 100	4	X	X	X	X	X	X
CRP2	50 - 75	3	+	+	+			
CRP2 y SRP	25 - 50	2	+	+				
SRP	0 - 25	1						

El resultado de la clasificación cruzada se muestra a continuación “Gráfico 11”:

Gráfico 11: Resultado Grado de Pendiente + Longitud de Pendiente.



Transformación de la variable bidimensional a variable unidimensional (Códigos de la variable unidimensional transformada con base en la interacción de las variables correspondientes al

FACTOR DE RELIEVE: $F2 = F21 \times F22$

$F2 = (11, \dots, 13)$: ÁREAS CRP (con restricciones por pendiente)

Tabla 3. Áreas CRP (con restricciones por pendiente).

F2	F21	F22
11 CRP 1	4 ó 5 ó 6	1 ó 2 ó 3 ó 4 ó 5 ó 6
12 CRP 2	3	4 ó 5 ó 6
13 CRP 2	2	5 ó 6

$F2 = (14, \dots, 16)$: ÁREAS SRP (sin restricciones por pendiente)

Tabla 4. Áreas SRP (sin restricciones por pendiente).

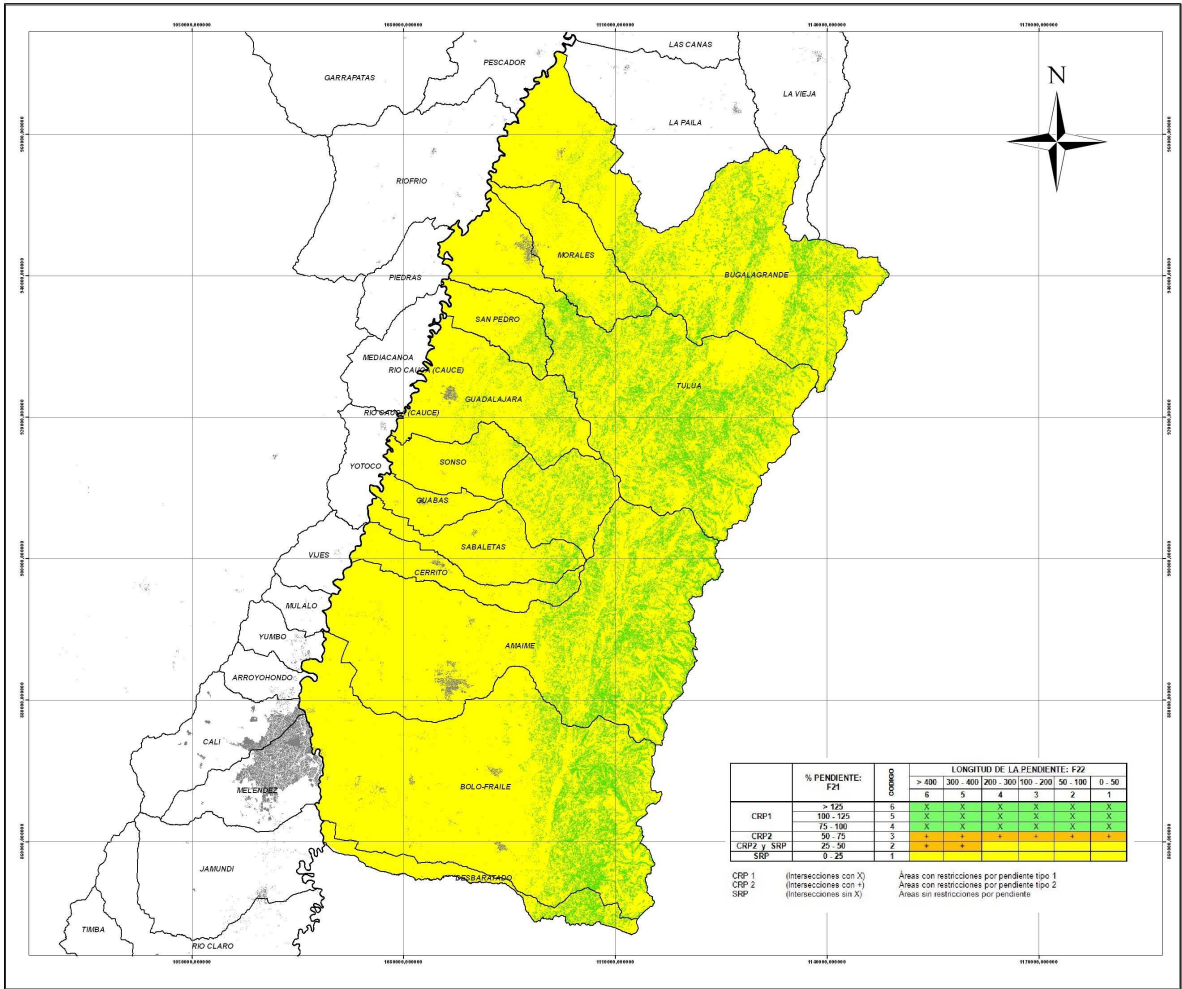
F2	F21	F22
14 SRP	1	1 ó 2 ó 3 ó 4 ó 5 ó 6
15 SRP	2	1 ó 2 ó 3 ó 4
16 SRP	3	1 ó 2 ó 3

Como resultado se obtuvieron las siguientes clasificaciones de la tabla 5, y gráficamente se muestra a continuación (Gráfico 12):

Tabla 5. Tipos de Relieve.

CRP1	Áreas con restricciones por pendiente tipo 1 (intersecciones con X).
CRP2	Áreas con restricciones por pendiente tipo 2 (intersecciones con +).
SRP	Áreas sin restricciones por pendiente (intersecciones sin X).

Gráfico 12: Resultado clasificación cruzada variable Clima.



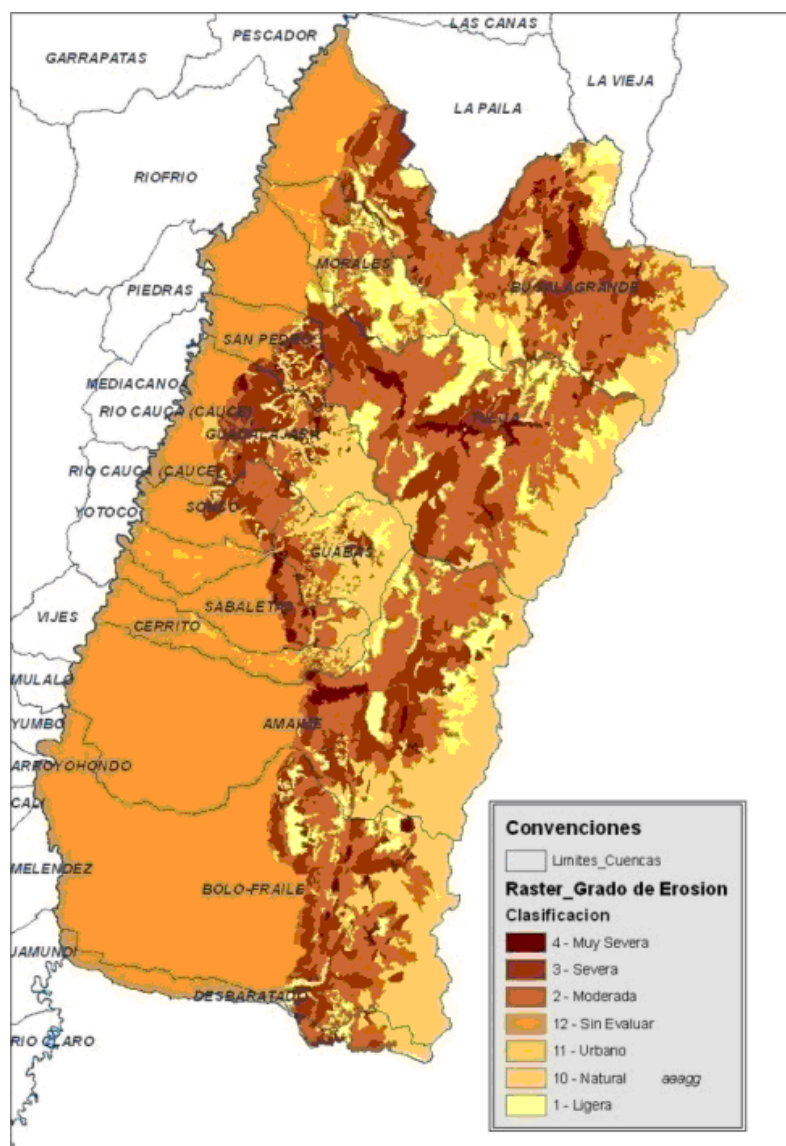
8.9 FACTOR EDÁFICO: GRADO DE EROSIÓN + PROFUNDIDAD DEL SUELO + FERTILIDAD DEL SUELO

Para obtener la cartografía con el factor edáfico debidamente clasificado, se parte de las variables unidimensionales GRADO DE EROSIÓN, PROFUNDIDAD Y FERTILIDAD DEL SUELO. A continuación se puede observar el procesamiento de los datos, encaminado al cálculo de áreas forestales en el área de estudio.

Grado de erosión. La variable unidimensional Grado de erosión, se proceso por medio de la clasificación determinada en el MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL.

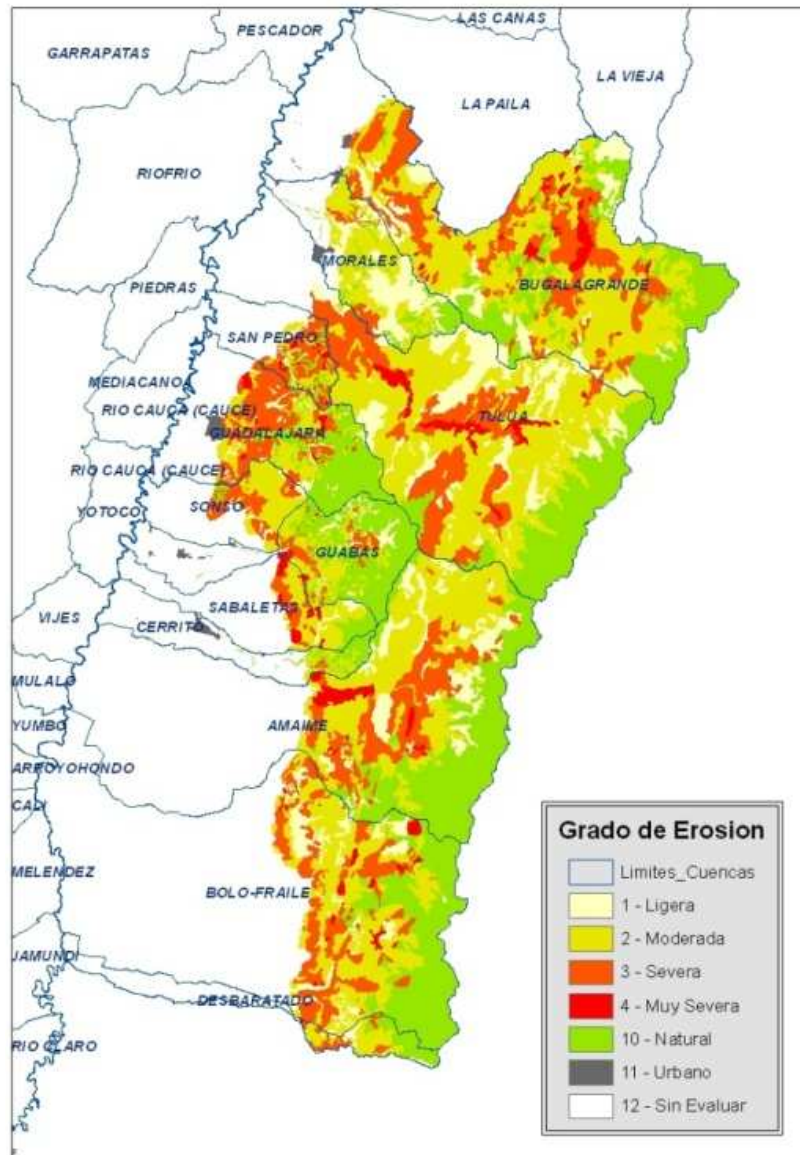
El primer paso fue pasar a raster el archivo Grado de Erosión para la posterior reclasificación y así poder realizar las respectivas operaciones entre los componentes del suelo como lo dicta el modelo, estos procesos se muestras a continuación:

Gráfico 13: Raster generado de la variable Grado de Erosión.



Reclasificación de los valores con los cuales se genero el Raster:

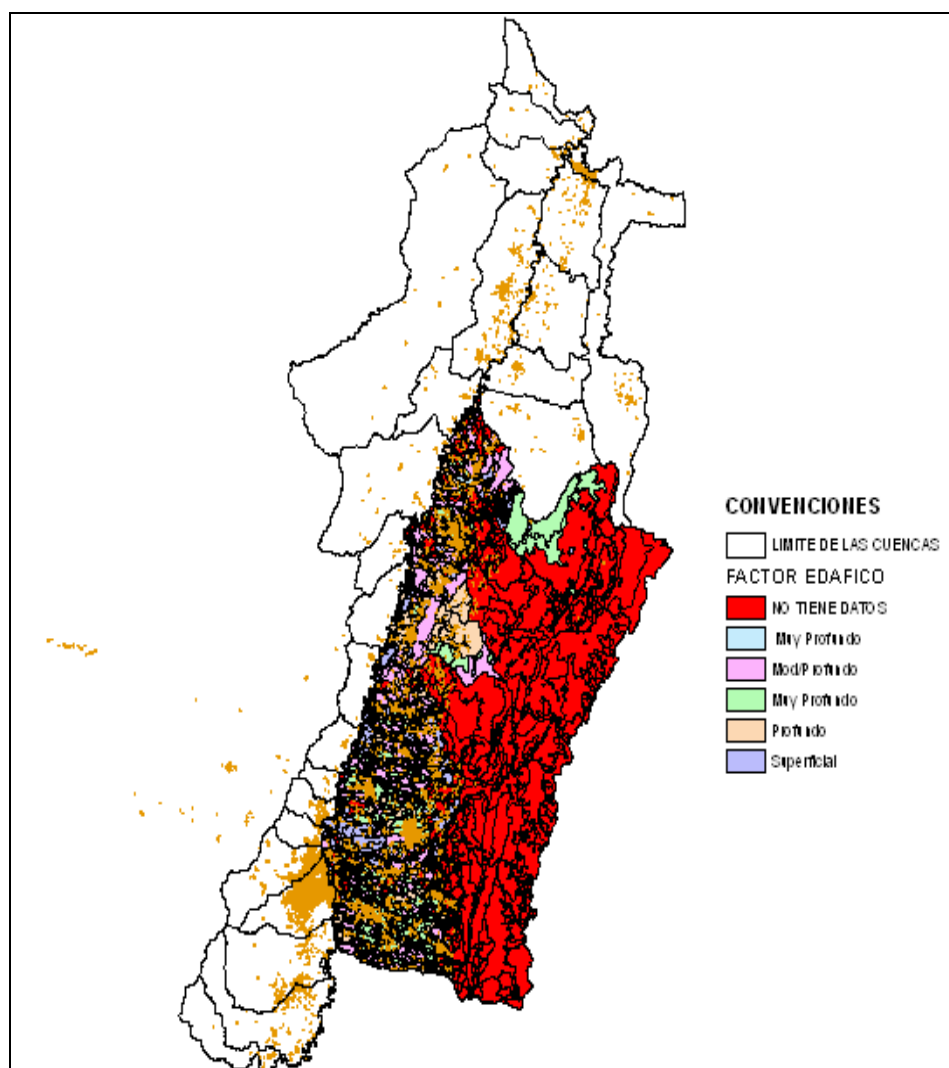
Gráfico 14: Resultado reclasificación Grado de Erosión



Profundidad. Dentro de la información cartográfica suministrada por la CVC, la variable unidimensional Profundidad no estaba detallada al 100% en el área de estudio. Dado lo anterior, se hizo necesario realizar una revisión al LEVANTAMIENTO DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS DEL

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA¹ y realizar una homologación cartográfica con los estudios de suelos a escala semidetallada (1:50.000) y general (1:100.000), para lograr complementar a información y optimizar los pos procesos de clasificación cruzada. A continuación se presenta una visualización del estado de la información al momento de su recepción:

Gráfico 15: Estado del archivo Profundidad y fertilidad del suelo.

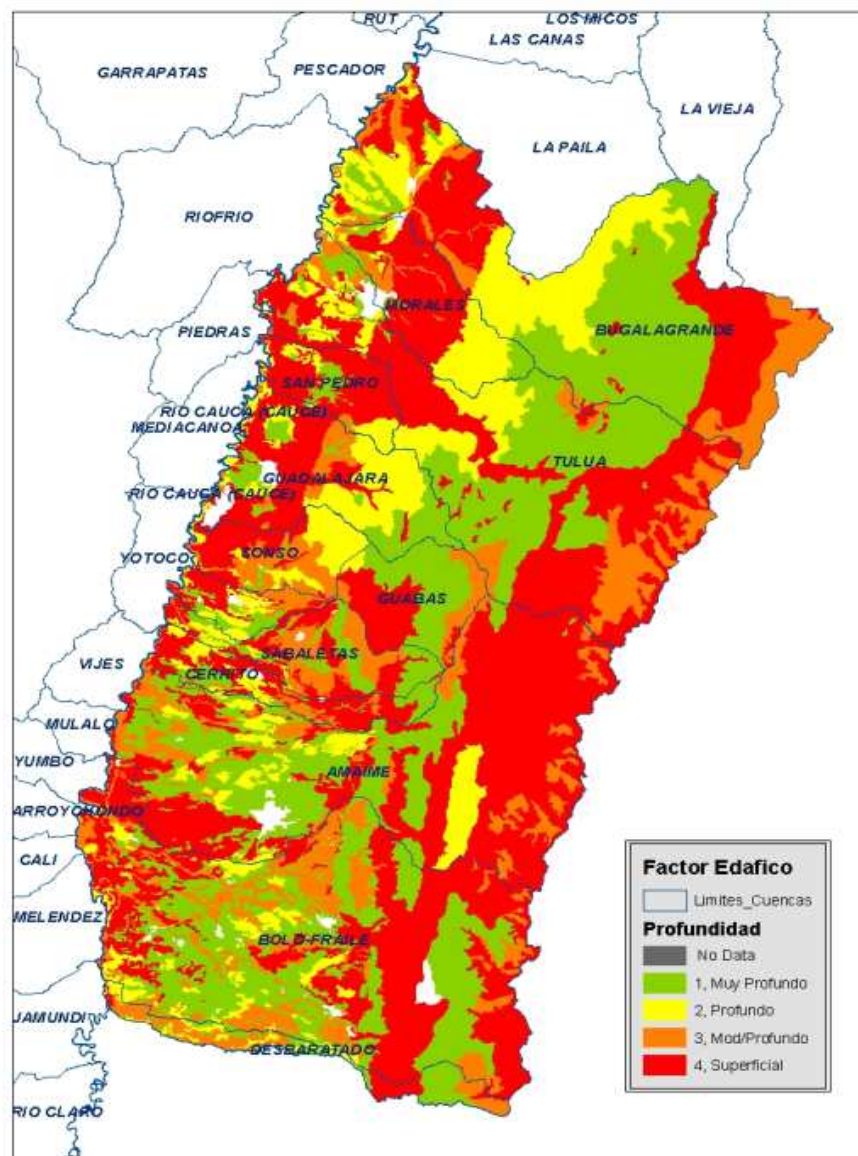


El proceso de homologación consistió en validar la información cartográfica digital suministrada por la CVC con la cartografía análoga del estudio de suelos. De esta

¹ Publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Año 2004.

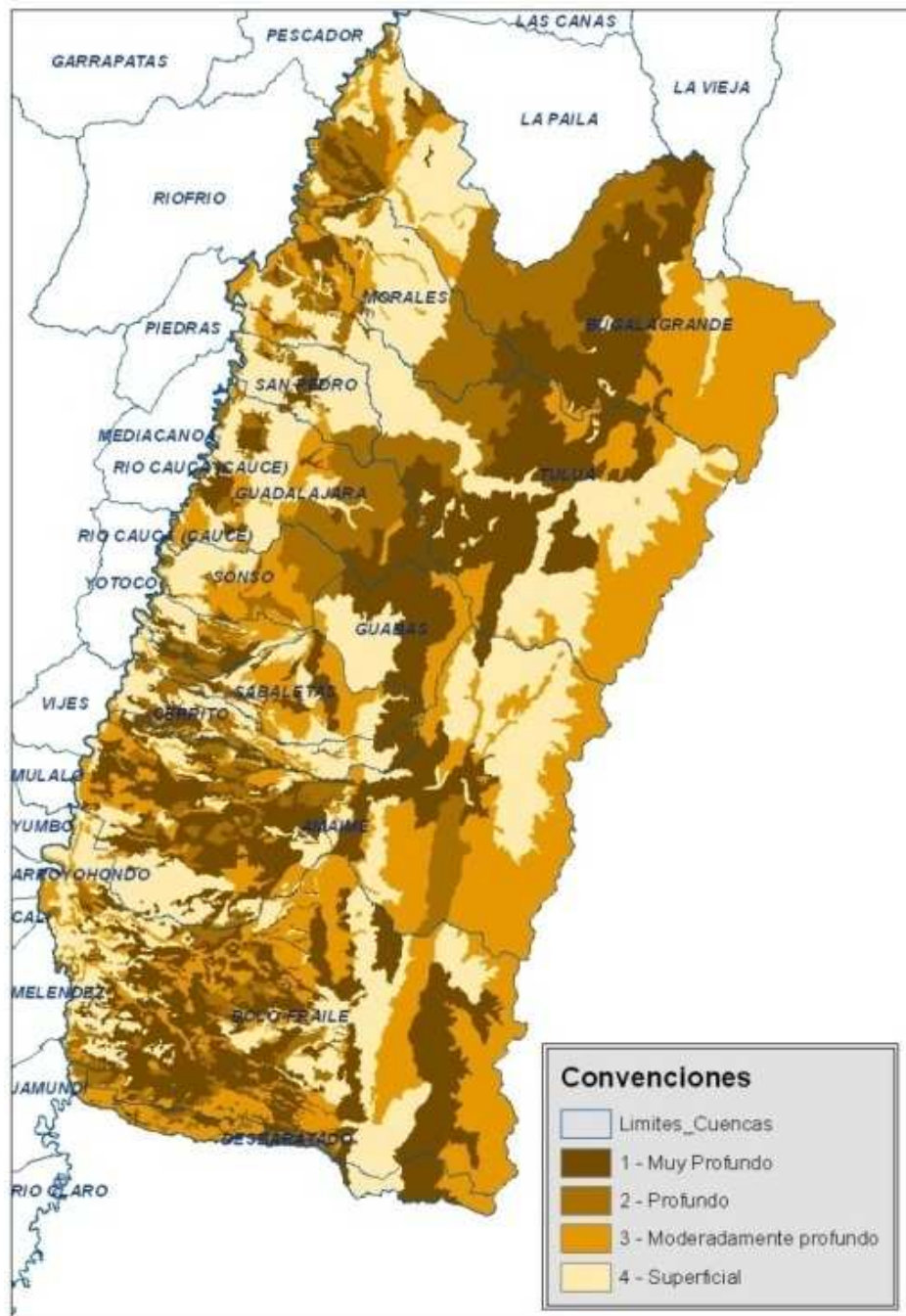
manera, se identificaban los tipos de suelos por cuenca tanto en digital como en análogo y se extraía la información de las variables de profundidad y fertilidad de cada uno de ellos; luego se le incluían como atributos a cada tipo de suelo. Los resultados obtenidos del proceso de homologación de cartografía, en cuanto a la variable Profundidad del suelo, se presentan a continuación:

Gráfico 16: Estado del archivo Profundidad.



Luego la variable profundidad se convirtió de polígono a Raster y se reclasificó al igual que se hizo con el grado de erosión, a continuación se muestra el resultado “Gráfico 18”:

Gráfico 17: Resultado Raster reclasificado de Profundidad



Fertilidad. De la misma manera, que los procesos adelantados anteriormente, se convirtió de polígono a raster y luego fue reclasificada en este caso la variable unidimensional Fertilidad:

Gráfico 18: Variable Fertilidad.

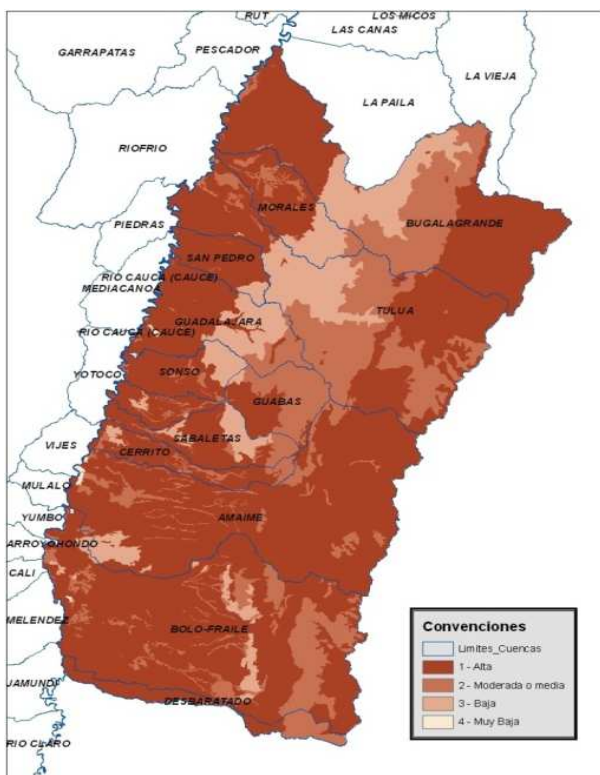
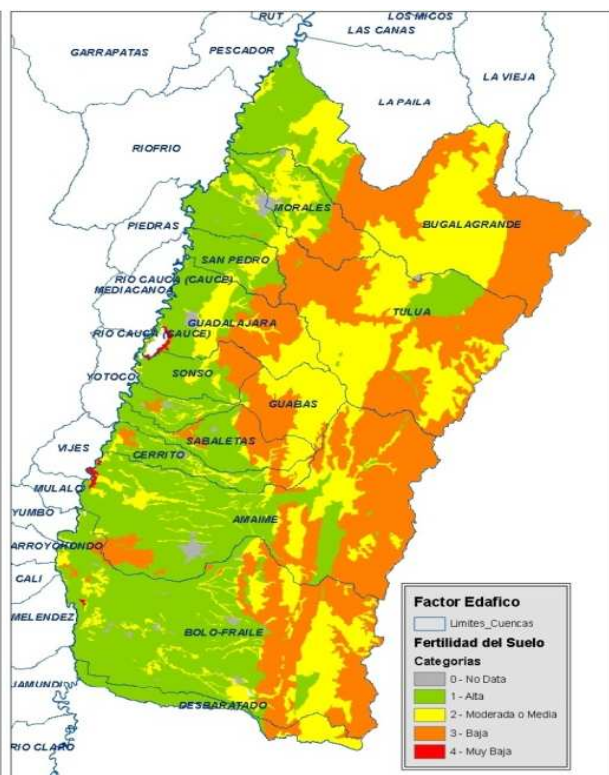


Gráfico 19: Fertilidad reclasificada.



8.10 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE GRADOS DE EROSIÓN (F31) Y PROFUNDIDAD DEL SUELO (F32)

Los códigos y valores de la variable bidimensional $F3 = F31 \times F32$ se rigen por la siguiente matriz de clasificación:

Tabla 6. Clasificación cruzada Grado de erosión y profundidad del suelo.

GRADOS DE EROSIÓN: F31	CÓDIGO	PROFUNDIDAD DEL SUELO: F32			
		Superficial	Moderadamente profundo	Profundo	Muy profundo
		4	3	2	1
Muy severa	4	A	A	A	A
Severa	3	A	A	B1	B1
Moderada	2	B2	B3	C	C
Ligera	1	B4	C	C	C
Natural	10	B4	C	C	C

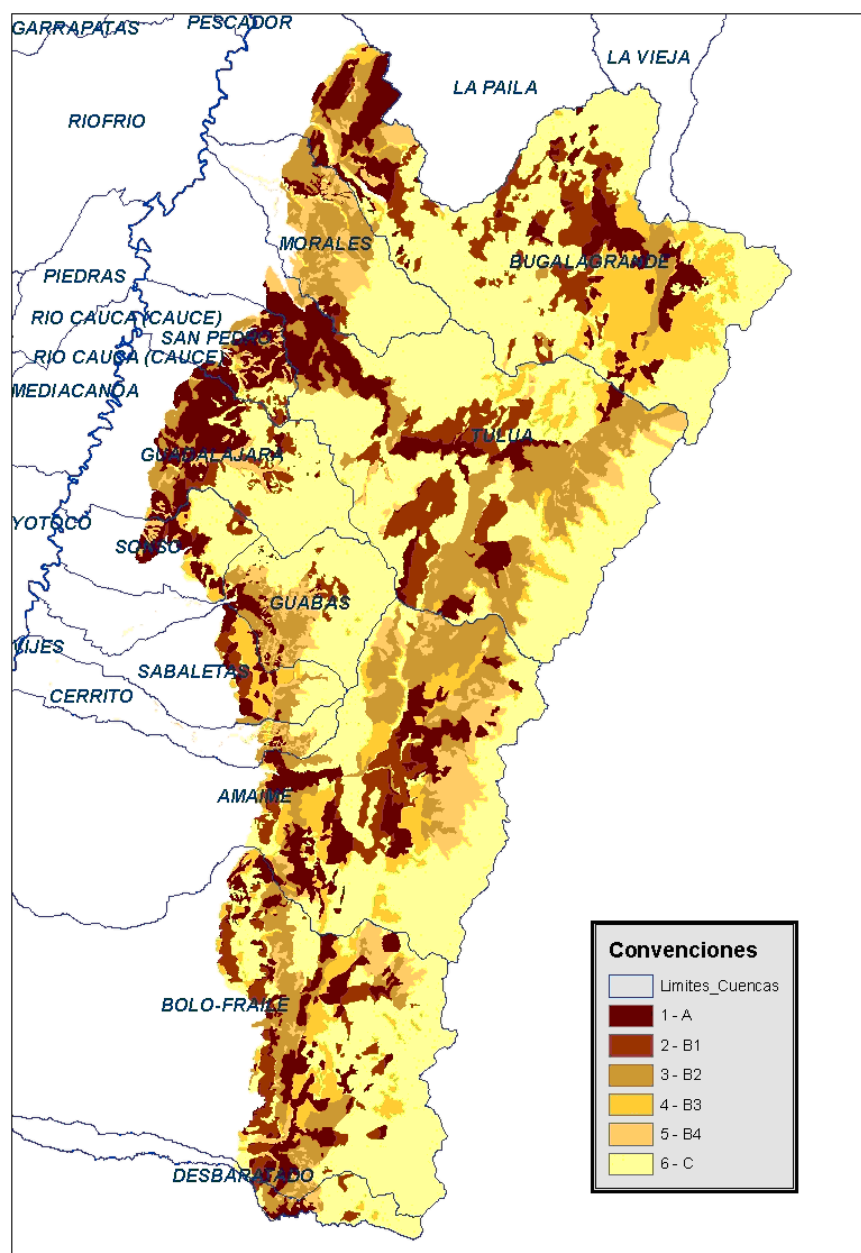
La descripción de esta clasificación cruzada se presenta a continuación, seguidamente del mapa generado “Gráfico 20” con el cruce de información:

A: Áreas con erosión muy severa y cualquier profundidad del suelo, ó con erosión severa y con suelo superficial ó moderadamente profundo.

B: Áreas con erosión severa y con suelo profundo o muy profundo ó con erosión moderada y con suelo superficial ó moderadamente profundo.

C: Áreas con erosión moderada y con suelo profundo o muy profundo, ó con erosión baja y con suelo moderadamente profundo ó profundo ó muy profundo.

Gráfico 21: Resultado cruce de variables Grado de Erosión y Profundidad del Suelo



8.11 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN CRUZADA DE GRADOS DE EROSIÓN (F31), PROFUNDIDAD DEL SUELO (F32) Y FERTILIDAD (F33)

Los valores de la variable tridimensional $F3 = F31 \times F32 \times F33$ se rigen por la matriz que se presenta a continuación:

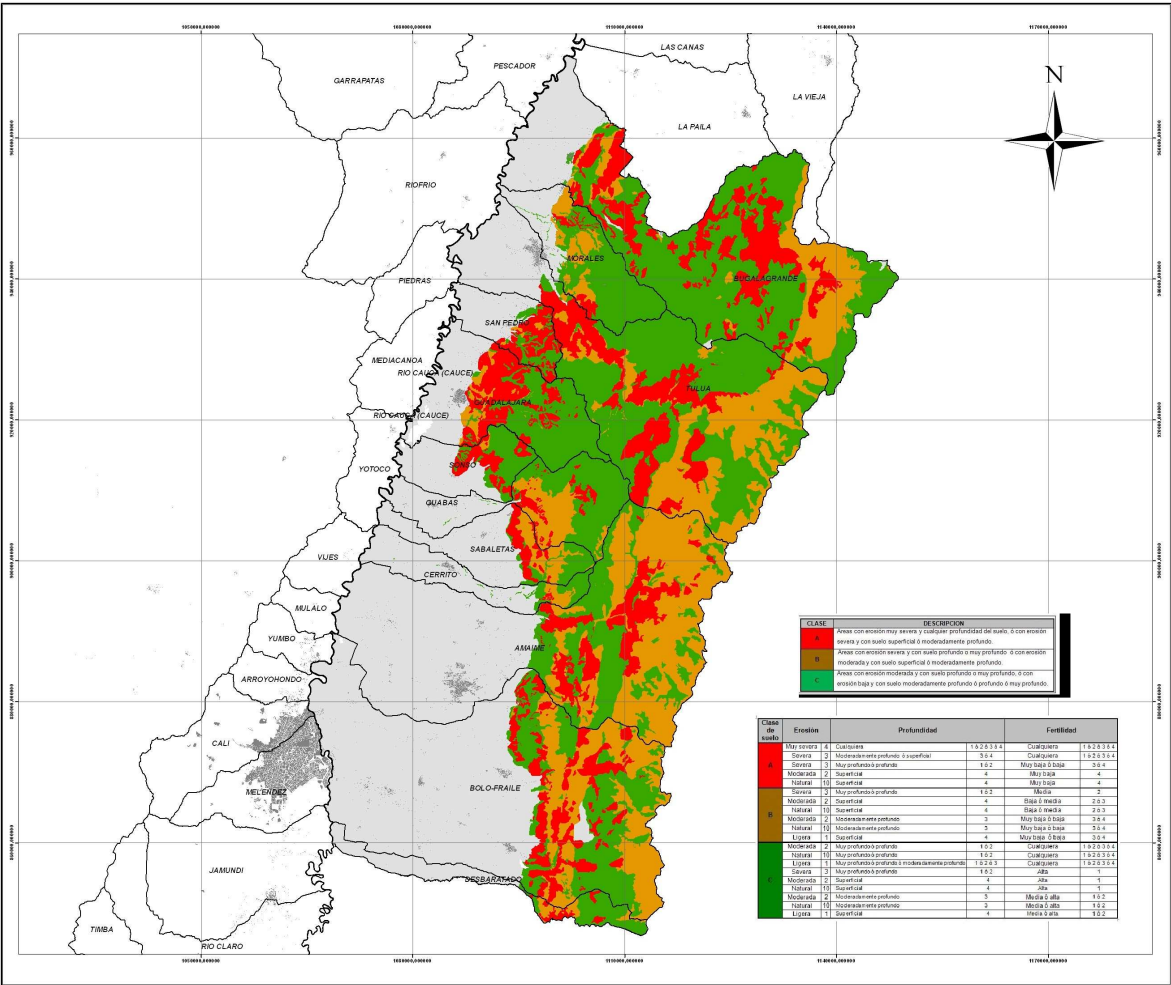
Tabla 7. Matriz Grado de Erosión, Profundidad del Suelo y Fertilidad.

Erosión		Código	Profundidad	Código	Fertilidad: F33			
					Muy baja	Baja	Media	Alta
					4	3	2	1
B1	Severa	3	Profundo o muy profundo	1 ó 2	A	A	A	C
B2	Moderada	2	Superficial	4	A	B	B	C
B3	Moderada	2	Moderadamente profundo	3	B	B	C	C
B4	Ligera	1	Superficial	4	B	B	C	C

Tabla 8. Criterios de Clasificación Factor Edáfico.

Clase de suelo	Erosión		Profundidad		Fertilidad	
A	Muy severa	4	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4
	Severa	3	Moderadamente profundo ó superficial	3 ó 4	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4
	Severa	3	Muy profundo ó profundo	1 ó 2	Muy baja ó baja	3 ó 4
	Moderada	2	Superficial	4	Muy baja	4
	Natural	10	Superficial	4	Muy baja	4
B	Severa	3	Muy profundo ó profundo	1 ó 2	Media	2
	Moderada	2	Superficial	4	Baja ó media	2 ó 3
	Natural	10	Superficial	4	Baja ó media	2 ó 3
	Moderada	2	Moderadamente profundo	3	Muy baja ó baja	3 ó 4
	Natural	10	Moderadamente profundo	3	Muy baja ó baja	3 ó 4
	Ligera	1	Superficial	4	Muy baja ó baja	3 ó 4
C	Moderada	2	Muy profundo ó profundo	1 ó 2	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4
	Natural	10	Muy profundo ó profundo	1 ó 2	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4
	Ligera	1	Muy profundo ó profundo ó moderadamente profundo	1 ó 2 ó 3	Cualquiera	1 ó 2 ó 3 ó 4
	Severa	3	Muy profundo ó profundo	1 ó 2	Alta	1
	Moderada	2	Superficial	4	Alta	1
	Natural	10	Superficial	4	Alta	1
	Moderada	2	Moderadamente profundo	3	Media ó alta	1 ó 2
	Natural	10	Moderadamente profundo	3	Media ó alta	1 ó 2
	Ligera	1	Superficial	4	Media ó alta	1 ó 2

Gráfico 22: Resultado cruce de variables Grado de Erosión, Profundidad del Suelo y Fertilidad.



8.12 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS FORESTALES SEGÚN INTERACCIÓN DE FACTORES BIOFÍSICOS

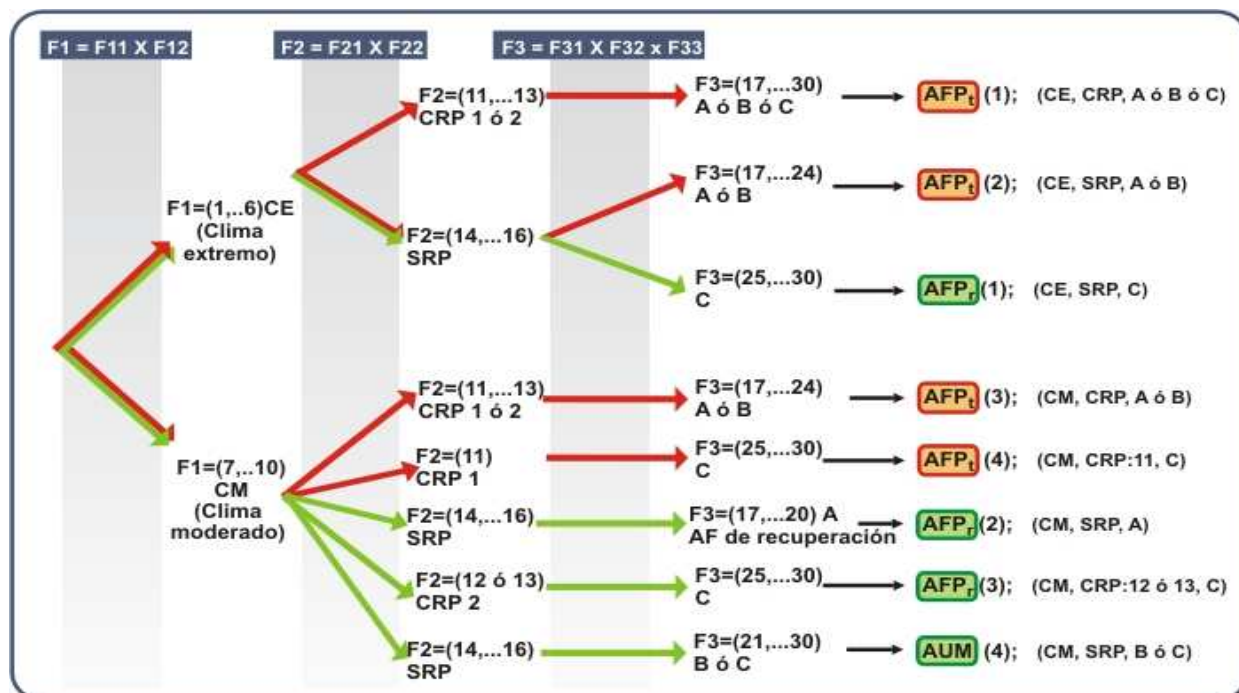
Los factores biofísicos que inciden en la determinación de las áreas forestales; como se ha estudiado hasta el momento son: factor climatológico (F1), factor fisiográfico (F2) y el factor edáfico (F3). En la tabla a continuación se presenta la clasificación final en la que se determinan las áreas forestales resultado de la aplicación de los criterios del MODELO DE ZONIFICACIÓN FORESTAL:

Tabla 9. Clasificación de las Áreas Forestales según la interacción de los factores biofísicos.

	CA	F1	F2	F3	Observaciones
1	AFPt (1)	CE	CRP 1 ó CRP 2	A ó B ó C	Áreas forestales protectoras tipo 1, con clima extremo, con restricciones de pendiente (tipo 1 o tipo 2) y con cualquier clase de suelo.
2	AFPt (2)	CE	SRP	A ó B	Áreas forestales protectoras tipo 2, con clima extremo, sin restricciones de pendiente y con suelos clase A ó B.
3	AFPt (3)	CM	CRP 1 ó CRP 2	A ó B	Áreas forestales protectoras tipo 3, con clima moderado, con restricciones de pendiente (tipo 1 o tipo 2) y suelos clase A ó B.
4	AFPt (4)	CM	CRP 1	C	Áreas forestales protectoras tipo 4, con clima moderado, con restricciones de pendiente tipo 1 y suelos clase C.
5	AFPrt (1)	CE	SRP	C	Áreas forestales protectoras-productoras tipo 1, con clima extremo, sin restricciones de pendiente y suelos clase C.
6	AFPrt (2)	CM	SRP	A	Áreas forestales protectoras-productoras tipo 2, (para recuperación de suelos) con clima moderado, sin restricciones de pendiente y suelos clase A.
7	AFPr	CM	CRP 2	C	Áreas forestales productoras, con clima moderado, con restricciones de pendiente tipo 2 y suelos clase C.
8	AUM	CM	SRP	B ó C	Áreas de uso múltiple (agrícola, pecuario, forestal) con clima moderado, sin restricciones de pendiente y suelos clase B ó C. Para uso forestal excluye suelos superficiales y muy superficiales, lo mismo que suelos con fertilidad muy baja.
10	Áreas con dato faltante				

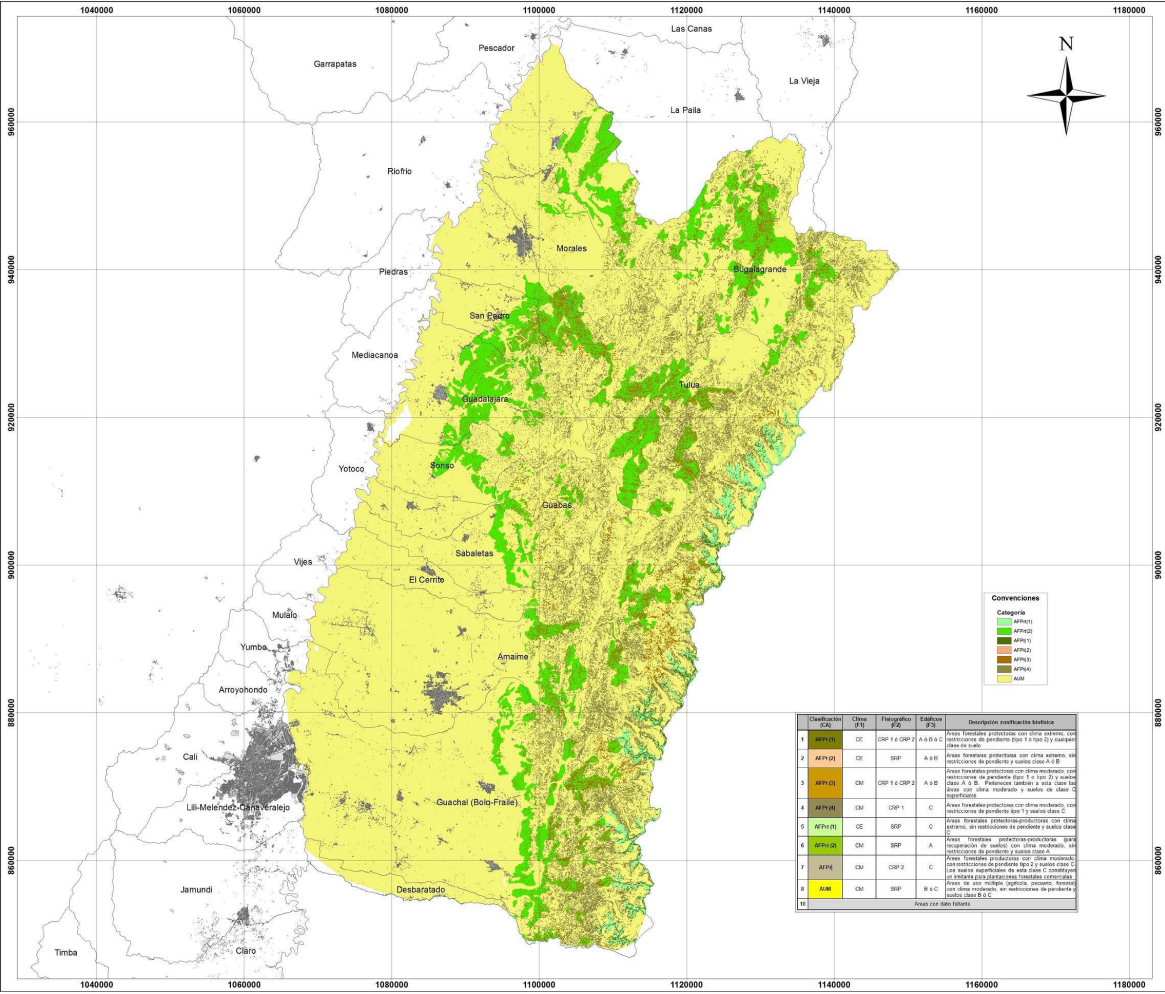
Los caminos para la clasificación de las áreas forestales (modelamiento de factores):

Tabla 10. Mapa conceptual camino a la Zonificación Biofísica.



El resultado del modelamiento espacial y el cruce de todas las variables para la generación de la Zonificación Biofísica se puede observar a continuación “Gráfico 23”:

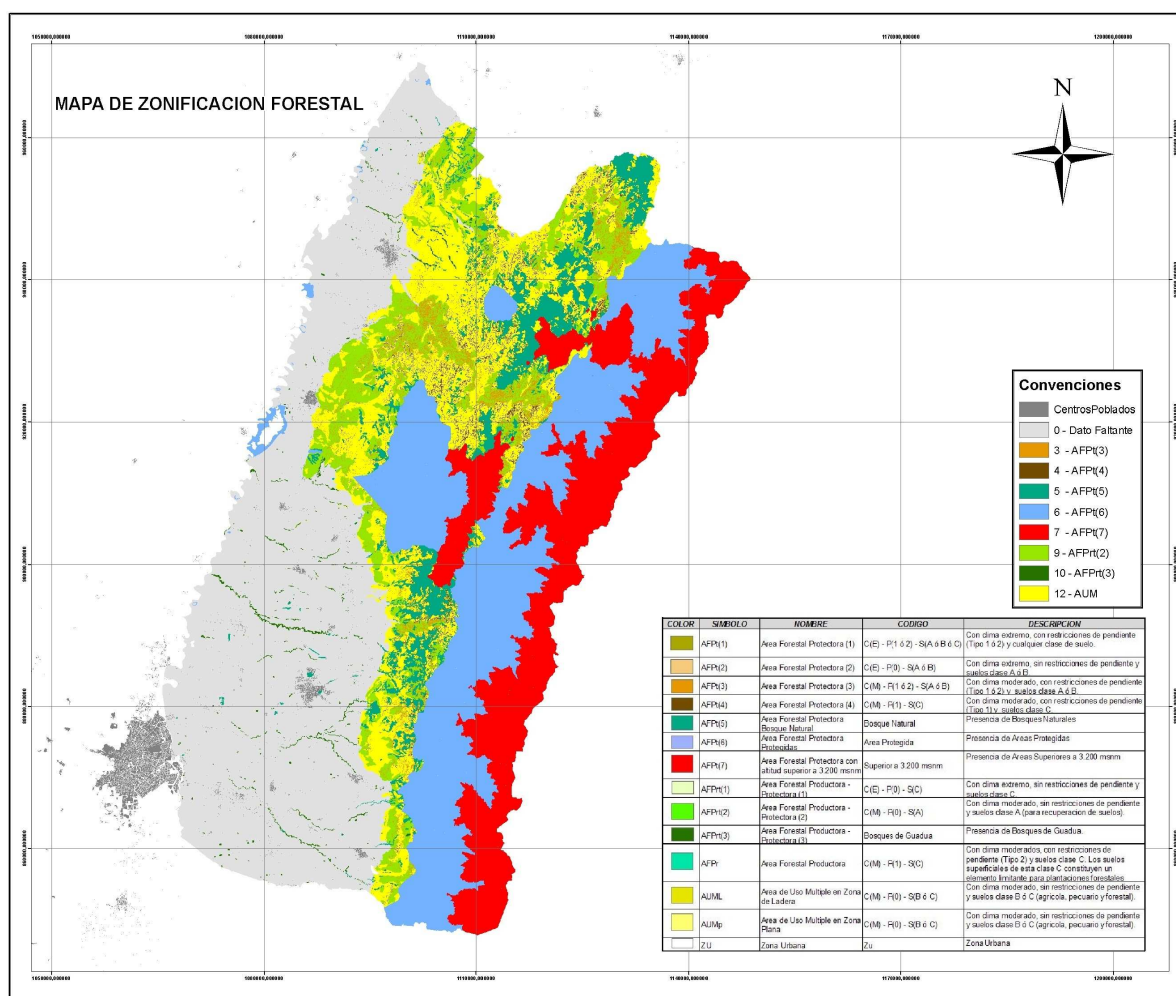
Gráfico 23: Clasificación de Áreas Forestales según factores Biofísicos (Zonificación Biofísica).



Con la categorización de cada área forestal, se establecen interacciones entre sus respectivas variables, con las cuales se crean o clasifican 7 tipos de áreas protectoras, 3 de áreas forestales protectoras-productoras y un área productora. De las 7 áreas protectoras, 4 corresponden en orden de prioridades a tierras con climas extremos y moderados básicamente por el volumen de precipitación anual con limitaciones por pendientes, grados de erosión y profundidad de los suelos.

Para obtener la zonificación forestal definitiva fue necesario realizar una interrelación de factores normativos previamente establecidos por la CVC; dos se declaran protectoras por el hecho de estar cubiertas de bosques naturales y pertenecer a Áreas de Protección declaradas por Ley y una “zona de paramos” clasificada también como área forestal protectora, por corresponder a terrenos ubicados por encima de los 3.200 m de altura sobre el nivel del mar”. La jerarquía de estas variables prioriza a las áreas protegidas sobre todas las demás, por la cual el primer cruce se realizó con las áreas de páramo que llevarán el nombre de *AFPt(7)*, luego los bosques naturales que llevarán el nombre *AFPt(5)* y por ultimo las áreas protegidas con su nombre *AFPt(6)*, lo que nos da como resultado la ZONIFICACIÓN FORESTAL “Gráfico 24”:

Gráfico 24: Clasificación de Áreas Forestales según factores Biofísicos (Zonificación Forestal).



9. EDICIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

El resultado obtenido como Zonificación Forestal es presentado en formato raster por lo cual este mismo debió ser pasado a formato shape, lo cual implica un trabajo de depuración, puesto que la forma y tamaño de los polígonos no es la adecuada para su presentación.

Este proceso dio como resultado inicial, aproximadamente 60 mil polígonos, muchos de estos inferiores a 0,1 hectáreas, por lo cual según normativa CVC deben ser incluidos al polígono inmediatamente cercano a estos, subsistiendo el de mayor tamaño y luego se procede a arreglar la forma en que son presentados. Este proceso metodológico de depuración es mostrado a continuación:

Gráfico 25: Zonificación Forestal en formato Raster.

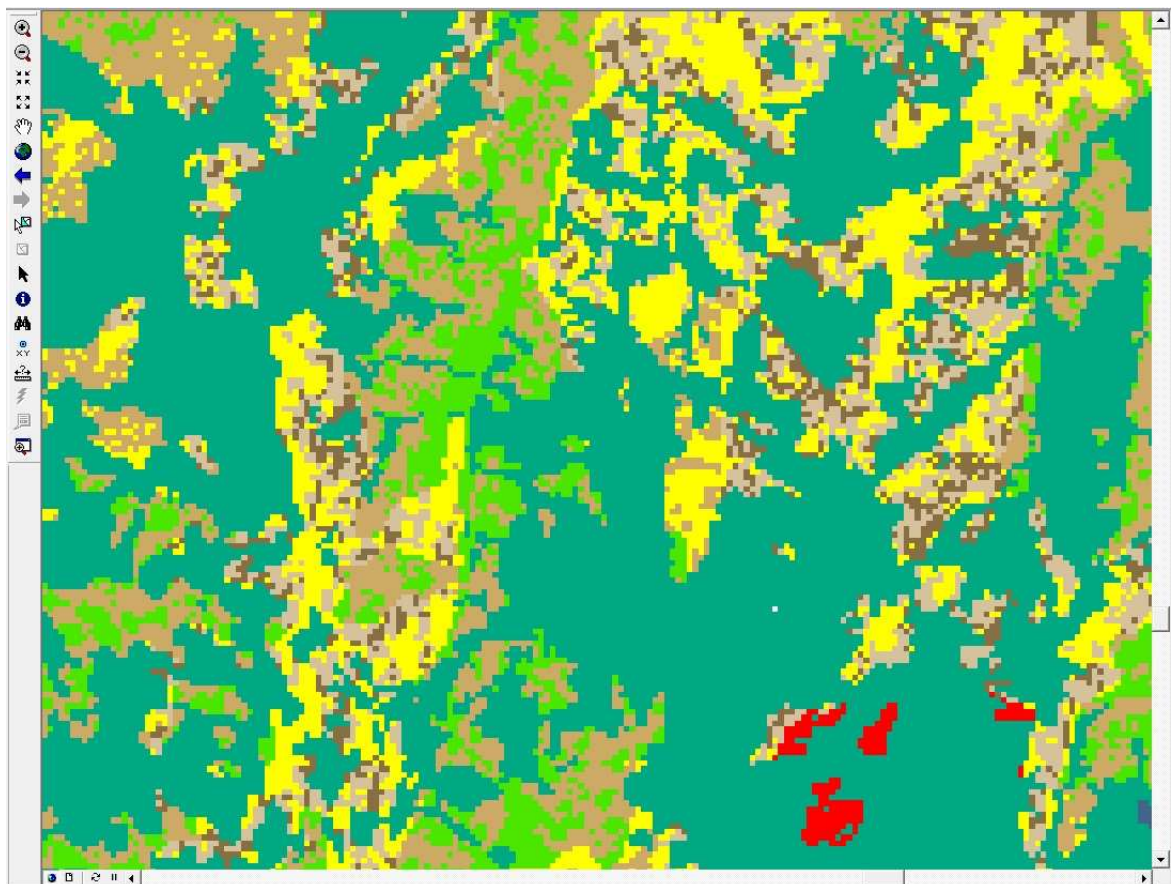


Gráfico 26: Zonificación Forestal de Raster a polígono con información depurada.

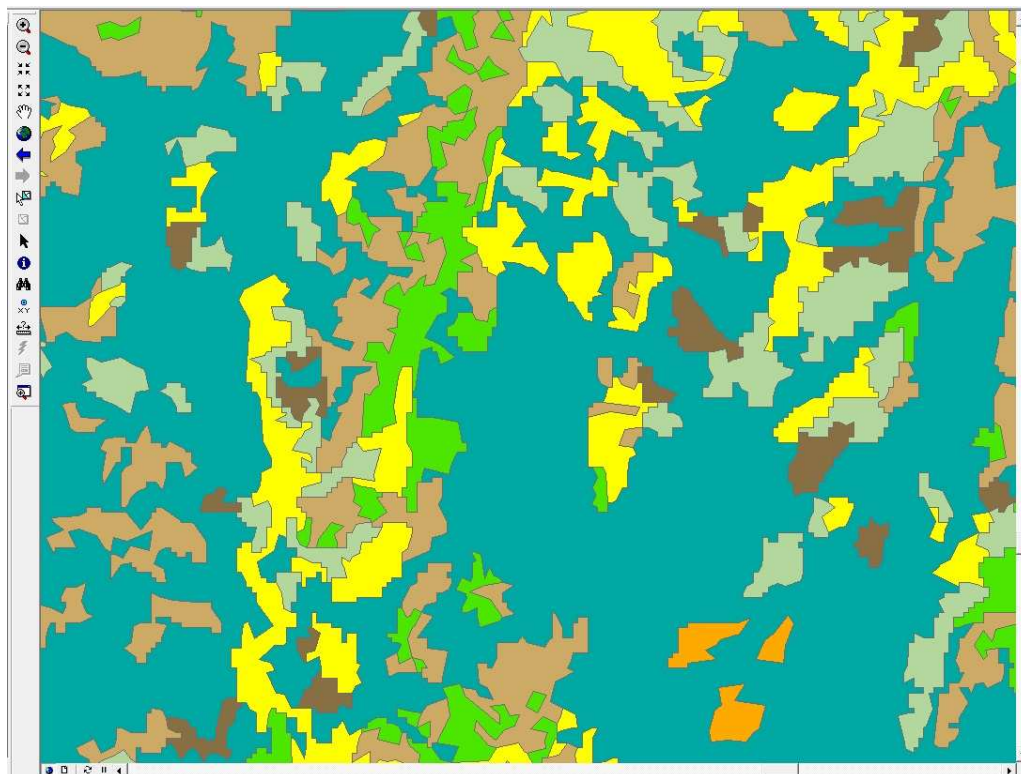
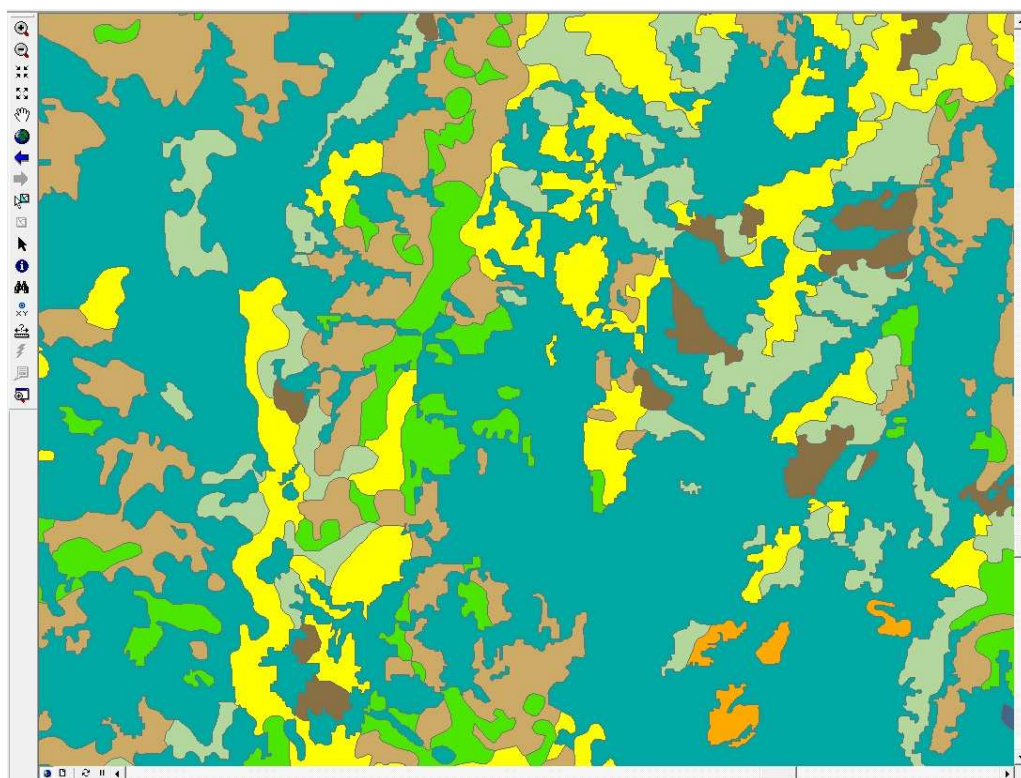


Gráfico 27: De la forma irregular del píxel a la forma regular del Polígono.



10.RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como resultado del proceso de depuración, de los aproximadamente 60 mil polígonos irregulares, solo quedaron aproximadamente 10 mil, los cuales quedaron con forma regular que se asemejan a la forma real de los polígonos en campo.

Después del proceso antes descrito, se obtuvieron los valores en hectáreas presentes en cada una de las cuencas de acuerdo a su categoría dentro de la zonificación, estos resultados se presentan en la tabla 11, a continuación:

. Tabla 11. Consolidado Áreas de Aptitud.

CONSOLIDADO AREAS DE APTITUD FORESTAL					
Cuenca	AFPt	AFPrt	AFPr	AUM	Area Cuenca
Amaimé	48442,0	3188,5	1772,9	50888,4	104291,9
Bugalagrande	41229,1	9731,5	4374,8	36024,9	91360,2
Desbaratado	4583,2	147,1	46,2	5879,0	10655,5
El Cerrito	1694,3	188,9	107,0	10652,5	12642,7
Guabas	15916,0	513,2	0,2	7370,6	23799,9
Guachal (Bolo-Fraile)	36594,3	5645,7	1635,2	72405,5	116280,7
Guadalajara	11126,2	5034,8	191,5	14802,6	31155,0
Morales	2803,7	1004,0	1007,4	15579,9	20395,0
Sabaletas	2764,0	1793,8	152,0	12540,2	17249,9
San Pedro	1837,3	1716,2	455,1	7683,7	11692,4
Sonso	1349,6	2059,2	119,4	10612,8	14140,9
Tulúa	55145,0	4290,0	4535,9	27523,9	91494,9
Total	223484,6	35312,9	14397,6	271963,9	545159,0

Se puede observar luego de todo el proceso de depuración y limpieza de la información cartográfica, que las cuencas cuentan con una mayor cantidad de Áreas Forestales Protectoras, seguidas por las Áreas Forestales Productoras-Protectoras y por ultimo en una menos cantidad las Áreas Forestales Productoras.

El comportamiento de las Áreas se puede ver a continuación en el “Gráfico 28” seguido por los mapas resultado de la zonificación forestal de cada cuenca objeto de estudio:

Gráfico 28: Áreas de Aptitud Forestal.

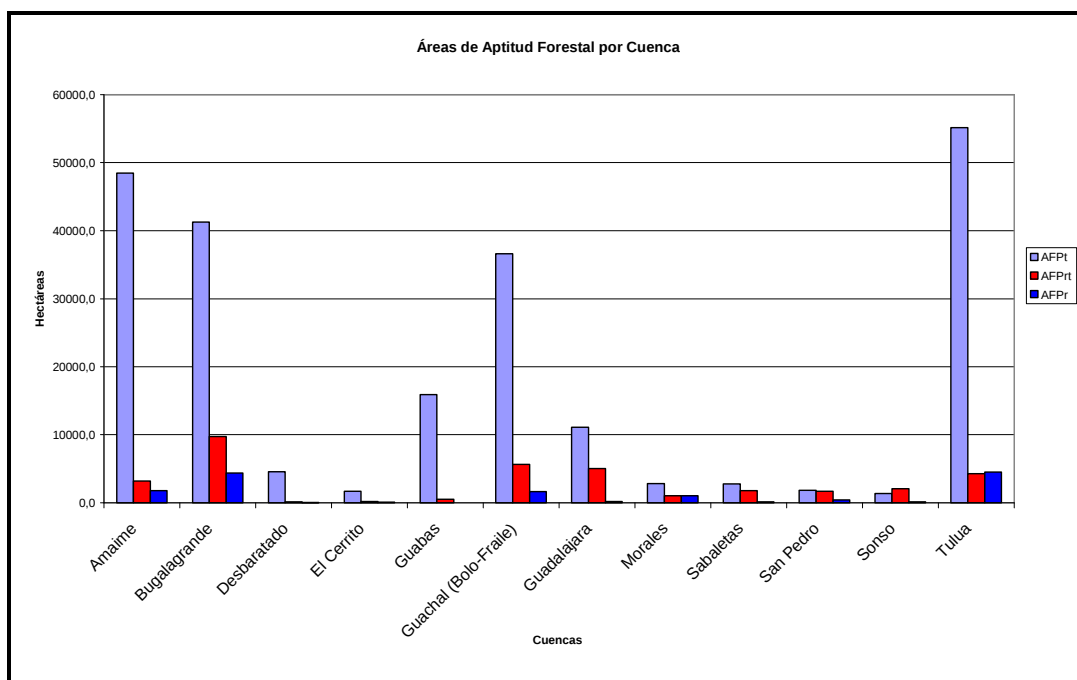


Gráfico 29: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Tulúa.

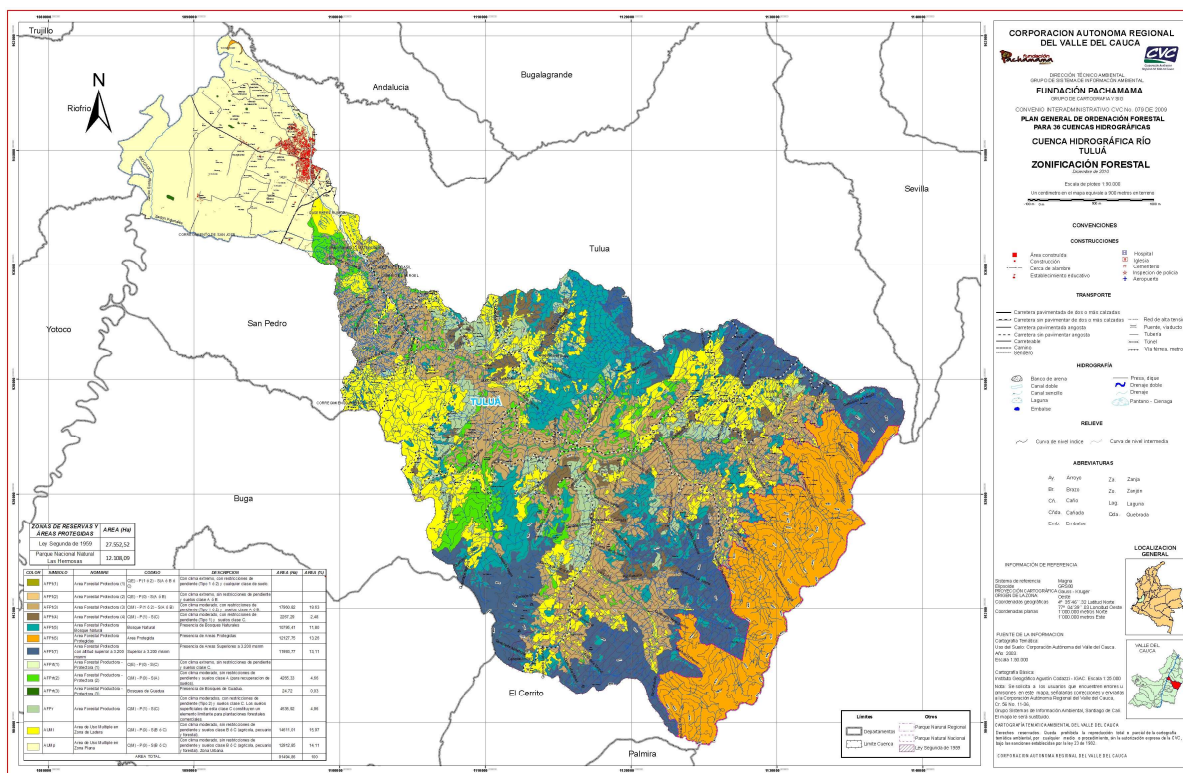


Gráfico 30: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Amaime.

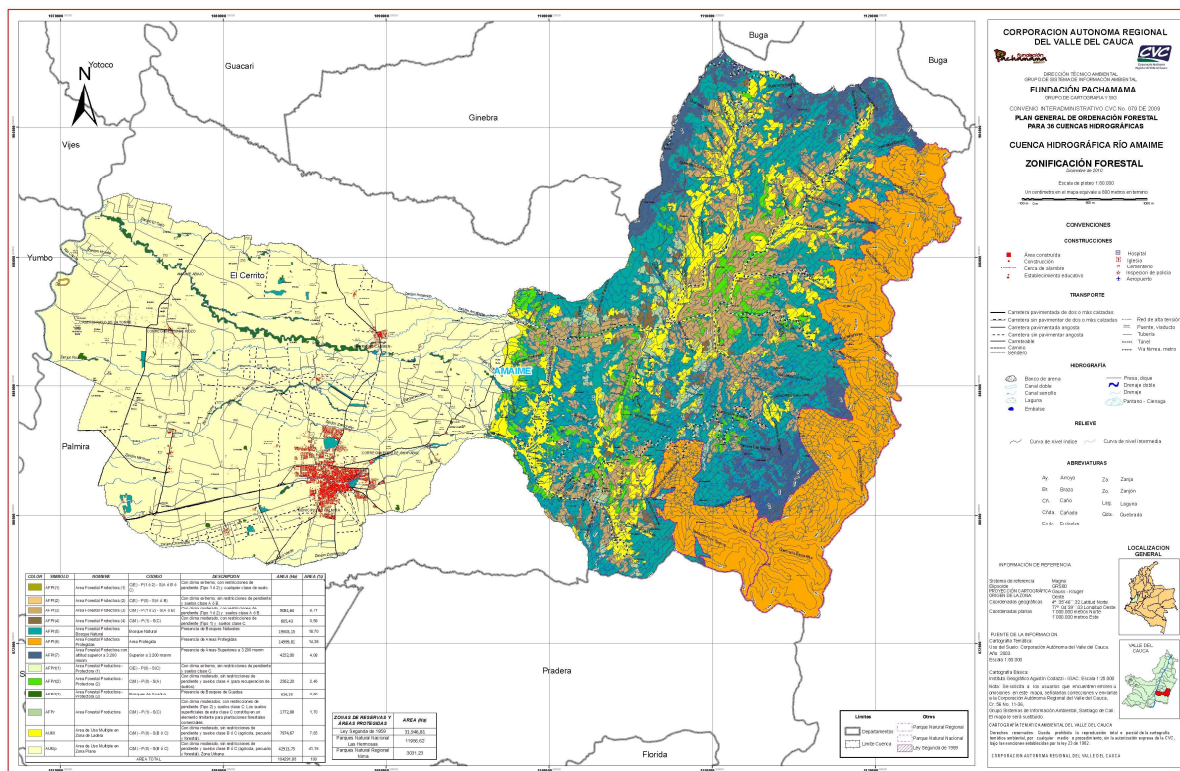
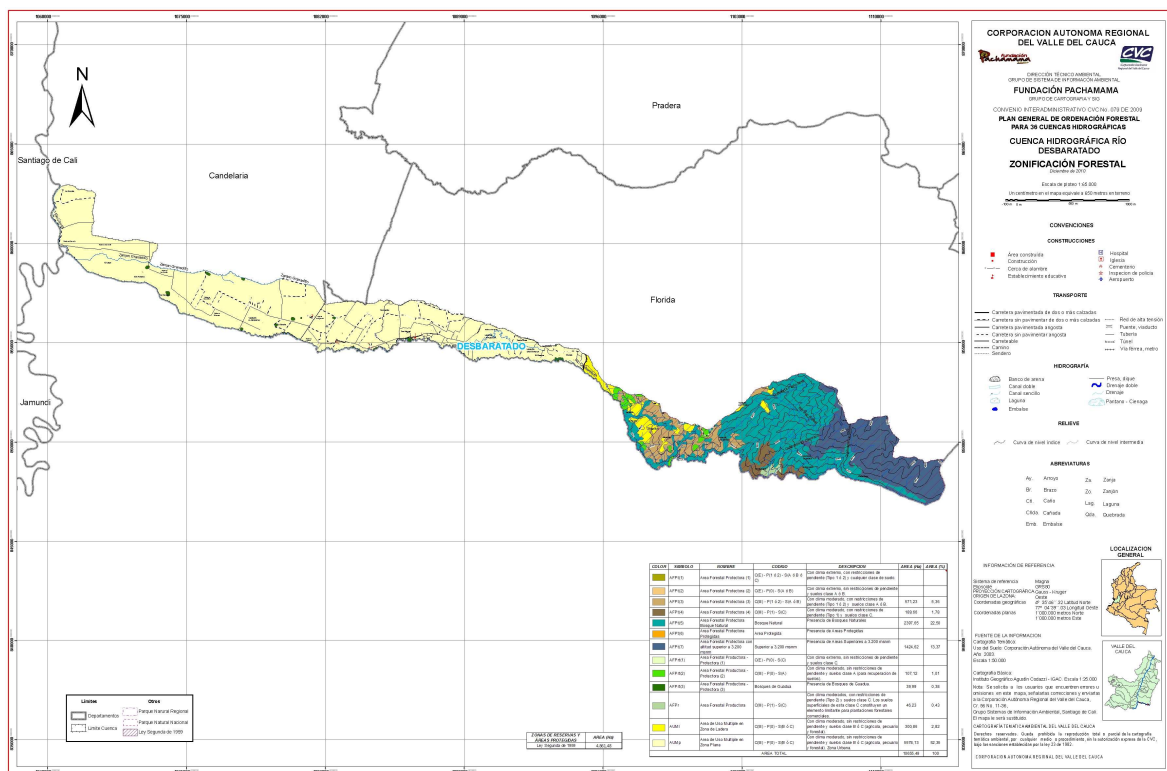


Gráfico 31: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Desbaratado.



[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

Gráfico 38: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río San Pedro.

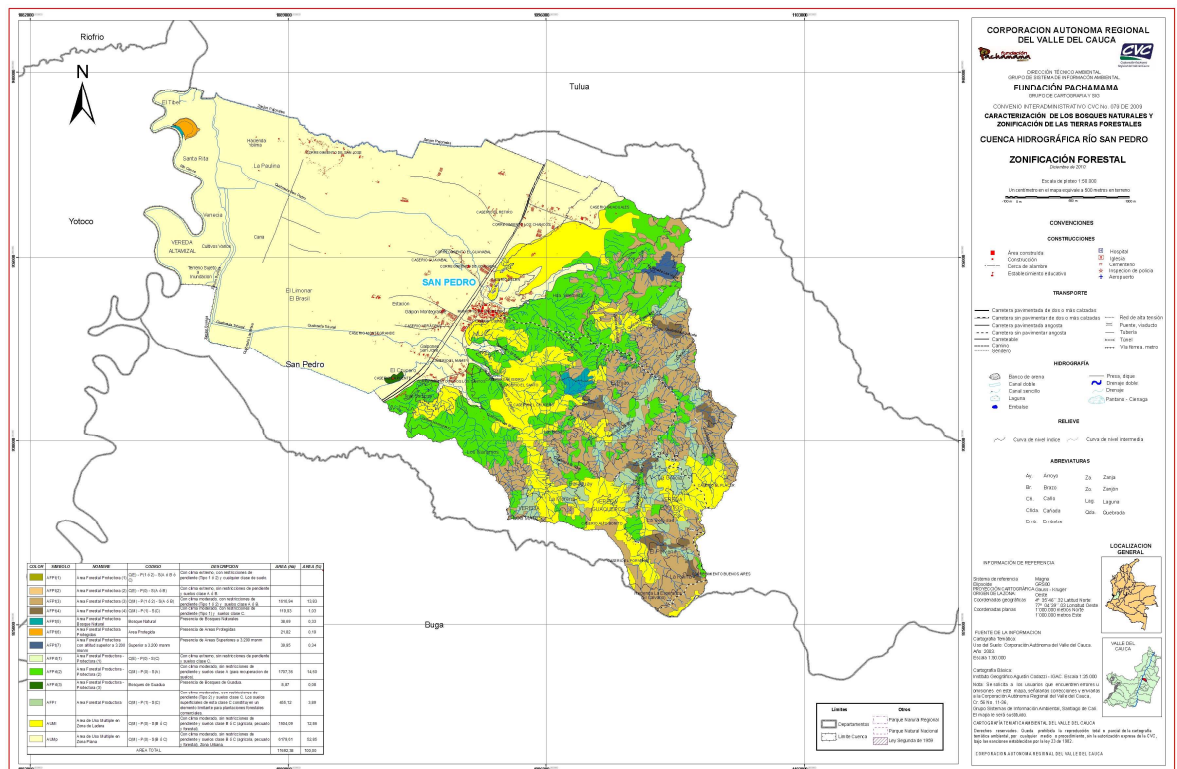


Gráfico 39: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Morales.

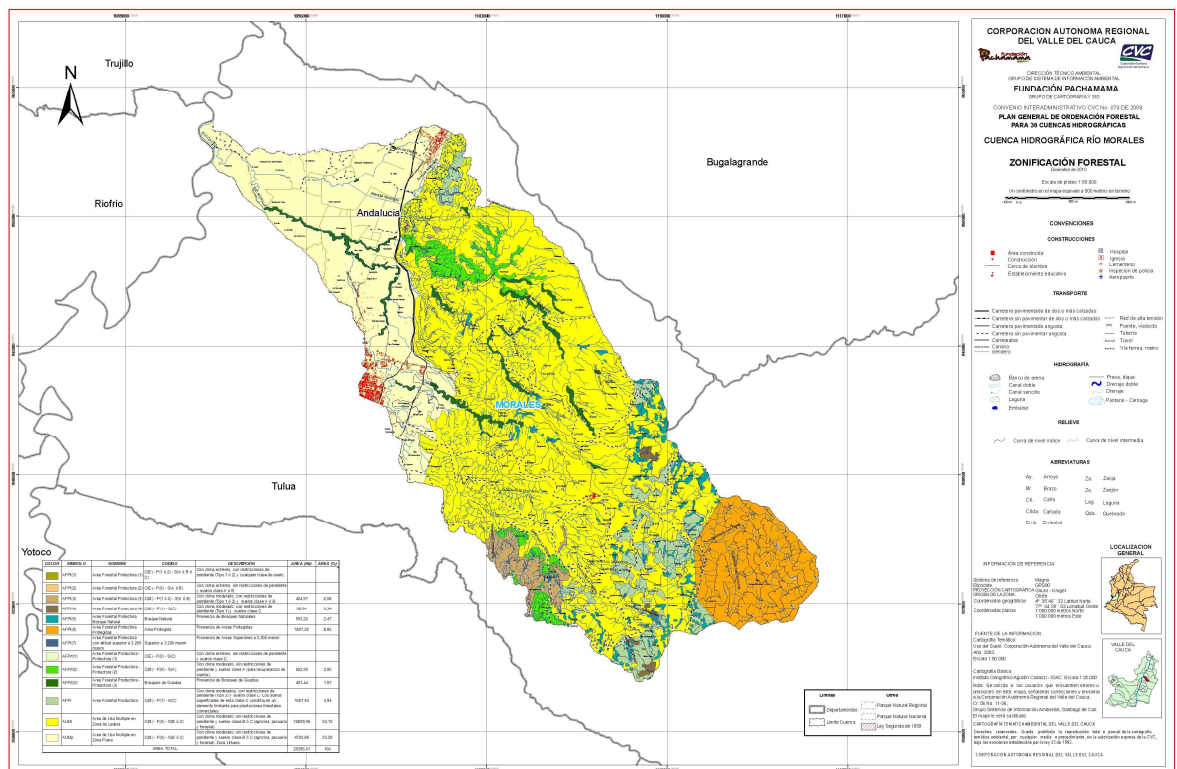
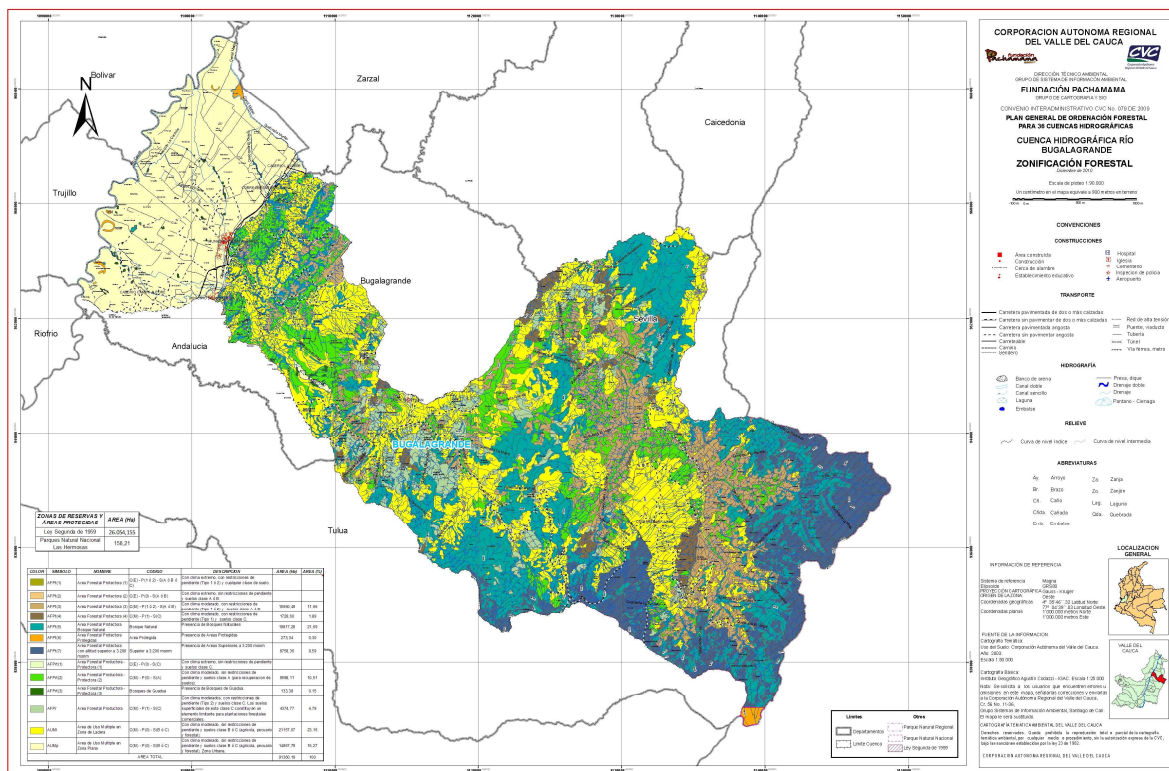


Gráfico 40: Mapa final correspondiente a la zonificación Forestal de la cuenca del río Bugalagrande.

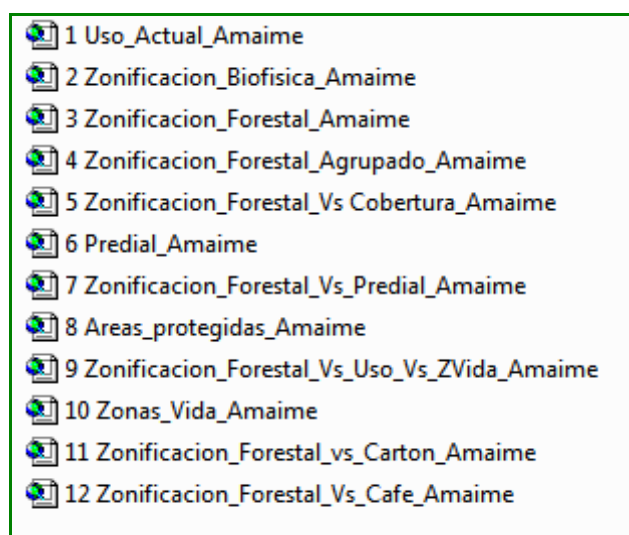


11. GENERACIÓN DE REPORTES ESTADÍSTICOS

Los reportes estadísticos son consultas realizadas a la base de datos conformada por cada una de las cuencas hidrográficas; obteniendo como resultado indicadores útiles para realizar diagnósticos, análisis y demás estudios que apoyaron la formulación del plan de ordenación forestal de las cuencas hidrográficas.

A continuación se presentan las temáticas en las cuales se realizaron las respectivas consultas a las bases de datos del proyecto:

Tabla 12. Temáticos desarrollados por cuenca hidrográfica



1	Uso_Actual_Amaime
2	Zonificacion_Biofisica_Amaime
3	Zonificacion_Forestal_Amaime
4	Zonificacion_Forestal_Agrupado_Amaime
5	Zonificacion_Forestal_Vs Cobertura_Amaime
6	Predial_Amaime
7	Zonificacion_Forestal_Vs_Predial_Amaime
8	Areas_protegidas_Amaime
9	Zonificacion_Forestal_Vs_Uso_Vs_ZVida_Amaime
10	Zonas_Vida_Amaime
11	Zonificacion_Forestal_vs_Carton_Amaime
12	Zonificacion_Forestal_Vs_Cafe_Amaime

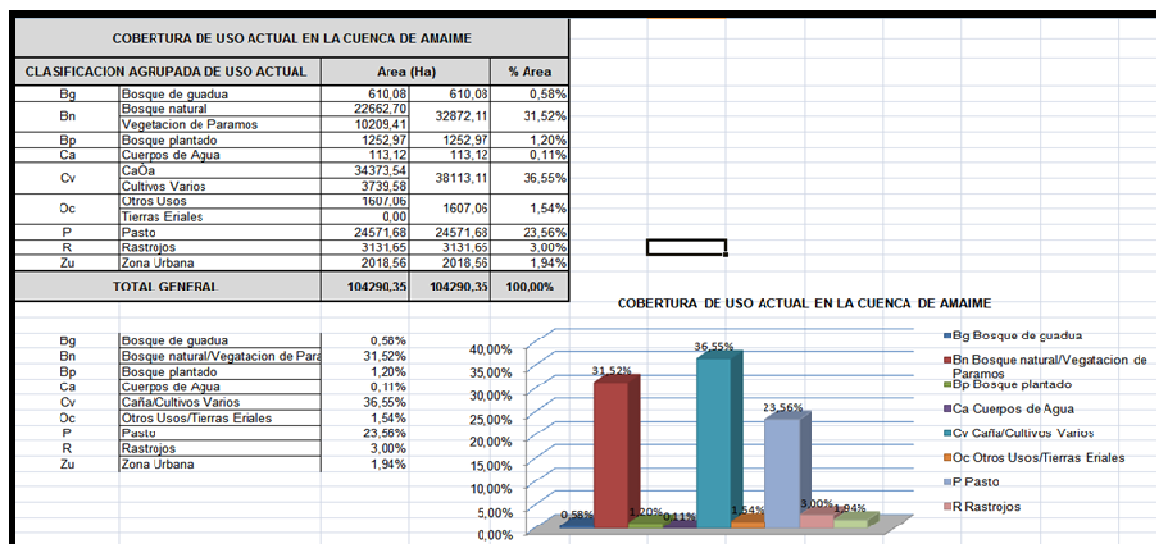
Las consultas se realizaban directamente a las tablas de atributos de la cartografía generada en el proyecto; como se muestra a continuación:

Tabla 13. Consulta a las bases de datos de las cuencas.

FID	Shape	AREA	COD UA	NOM UA	GRUPO UA	CUENCA	CODIGO CC	CODIGO CUE	UA	Nombre UA
0	Polygon	2477,58512	BN	Bosque natural	BN	Canaveral	CC46	26255000000	Bn	Besque Natural
1	Polygon	56,91263	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
2	Polygon	23,7102	CF	Cafe	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
3	Polygon	1271,01181	CF-PL	Cafe-Platano	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
4	Polygon	6,52896	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
5	Polygon	42,08313	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
6	Polygon	7,73025	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
7	Polygon	25,5446	CF	Cafe	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
8	Polygon	7,52332	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
9	Polygon	18,63861	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
10	Polygon	5,23559	CF	Cafe	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
11	Polygon	65,33294	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
12	Polygon	37,50538	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
13	Polygon	14,21906	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
14	Polygon	16,71241	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
15	Polygon	118,44968	CF	Cafe	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
16	Polygon	9,20586	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
17	Polygon	35,69573	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
18	Polygon	7,62274	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
19	Polygon	7,66915	RA	Rastrojo	RA	Canaveral	CC46	26255000000	R	Rastrojo
20	Polygon	40,04694	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
21	Polygon	149,82704	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
22	Polygon	50,30558	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
23	Polygon	8,4323	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
24	Polygon	14,55185	CF	Cafe	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
25	Polygon	9,38096	PN	Pasto natural	PN	Canaveral	CC46	26255000000	P	Pastos
26	Polygon	9,81367	BN	Bosque natural	BN	Canaveral	CC46	26255000000	Bn	Besque Natural
27	Polygon	15,99931	BN	Bosque natural	BN	Canaveral	CC46	26255000000	Bn	Besque Natural
28	Polygon	1,79628	CF-NO	Cafe-Nogal	CF	Canaveral	CC46	26255000000	Cv	Cultivos Varios
29	Polygon	10,36688	ZU	Zona urbana	ZU	Canaveral	CC46	26255000000	Zu	Zona Urbana

De acuerdo con lo anterior, cada tabla de atributos objeto de análisis era exportada y trabajada en Excel para conformar cada uno de los reportes estadísticos (tabla de datos, porcentajes y gráficos):

Tabla 14: Construcción de reportes estadísticos por cuenca y temática.



12. CONCLUSIONES

- La implementación del modelo metodológico permitió cumplir a cabalidad con los objetivos de actualizar, zonificar y determinar el estado biofísico del terreno, para así obtener la Zonificación Forestal, la cual sirvió de base relevante para las siguientes etapas del plan de ordenación forestal.
- Gracias a la zonificación forestal, el plan de ordenación general pudo contar con aproximadamente 11 mapas de reportes así como estadísticas en los cuales se apoyan los ingenieros forestales para la formulación de dicho documento.
- Las cuencas objeto de estudio arrojaron resultados importantes como el hecho de contar con total de 273.195,1 hectáreas en áreas de aptitud forestal, que corresponde al 50,1% del total del área (545159,02 has) de las 12 cuencas, lo que muestra un gran potencial de tierras o áreas para bosques según las características biofísicas de las cuencas, y también arroja un resultado preocupante al momento de realizar el cruce entre la cobertura de uso actual y la zonificación, pues nos muestra un total de 83.814,9 has de déficit que corresponde al 31% del total de las cuencas.
- La zonificación es una excelente herramienta para los profesionales y técnicos que desarrollan labores de campo, pues en tiempo real con ayuda cartográfica les permitirá determinar a que tipo de zona en cuestión se están refiriendo, primero si es zona de aptitud forestal y segundo que tipo de zona forestal están visitando en un determinado momento. Elementos esenciales para formular conceptos técnicos sobre el uso del suelo.
- Las bases de datos usadas para generar los reportes estadísticos fueron el insumo para generar los indicadores y conocer el comportamiento del territorio, el cual dio comienzo y fin al proceso de formulación del plan de ordenación.

13.RECOMENDACIONES

- Se recomienda para las próximas zonificaciones, realizarlas simultáneamente con la zonificación agrícola, pues se integraría las diferentes visiones técnicas, básicas para el desarrollo agrícola, forestal y ambiental.
- Hay necesidad de confrontar las unidades de cobertura logradas con la zonificación con otros intentos de zonificación realizadas a nivel nacional con el fin de perfeccionar la metodología aquí presentada, incorporar variables fundamentales no tenidas en cuenta y ajustarla desde un punto de vista más holístico.
- Este estudio se realizó con datos de la CVC, que corresponden al rango de tiempo entre el 2002 y el 2006, lo cual indica que los resultados obtenidos sean acordes a la realidad de ese momento y no al estado actual de los bosques al menos al año 2010. Sería necesaria realizar un estudio el cual ayudara a la toma de los datos de coberturas actualizado, lo cual con la ayuda de las zonificaciones existentes, evidenciaría los cambios en el territorio, y las zonas que aun siguen siendo afectadas para tener mayor presencia de las autoridades ambientales.
- Dado los avances de la tecnología este tipo de labores se deberían ejecutar no cada 5 años como se hace actualmente, sino anualmente, con el fin de tener elementos reales de seguimiento y control

14. BIBLIOGRAFIA

- Guía metodológica para la elaboración del plan general de ordenación forestal – PGOF, CONIF – Ministerio de Ambiente, Bogotá 2008.
- PNUD, Ministerio del Medio Ambiente, Universidad Distrital. “Zonificación, ordenación forestal, silvicultura, manejo forestal, seguimiento y control al aprovechamiento forestal – curso taller”. Sasaima, Cundinamarca, 2002.
- Evaluación preliminar del estado de los recursos naturales en el Departamento del Quindío, C.R.Q., Villa de Leyva, Quindío 2001.
- Plan de ordenamiento Forestal, año 2004, Corporación Regional del Valle del Cauca CVC. Medio análogo.
- Decreto 1791 de octubre 4 de 1996, Ministerio Ambiente. Republica De Colombia. Bogotá
- DECRETO 877 DEL 10 DE MAYO DE 1976. Republica De Colombia Ministerio De Agricultura. Bogotá
- DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974
- Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento de Valle del Cauca, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". IGAC, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. C.V.C, Colombia 2004.
- Convenio de Asociación CVC No. 079 de 2009. Pág. 5.
- Decreto 1791 de 1996 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Bogotá 2002.
- Formulación de Planes de Ordenación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas en el Valle del Cauca. Metodología. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Planeación, Grupo de Planificación Ambiental. Santiago de Cali, 2003
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE et al. 2001. Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Bogotá. 75p.Caja de Herramientas para la guía técnico científica de ordenación de cuencas hidrográficas. IDEAM, Bogotá 2006

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. Plan de Gestión Ambiental Regional del Valle del Cauca 2002-2012. Participación con compromiso, Santiago de Cali: CVC, 1997.