

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS  
DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE  
DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL  
MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y  
2010**



**MARÍA JOSÉ BAQUERO BELLO**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ  
2018**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS  
DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE  
DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL  
MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y  
2010**

**MARÍA JOSÉ BAQUERO BELLO**

**COD: 190215102**

**DIRECTOR**

**Adrián Alejandro González Rodríguez**

**Ing. Msc. (C) CIC Geomática**

**“Trabajo de grado modalidad pasantía presentado como requisito para  
obtener el título de tecnólogo en cartografía”**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ  
2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**ADRIÁN ALEJANDRO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ**  
**Director de proyecto**

---

**LUIS ANTONIO HERNANDEZ ROJAS**  
**Jurado**

---

**GIOVANNY AVENDAÑO**  
**Jurado**



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS  
QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS  
AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

**AGRADECIMIENTOS**

*Le doy gracias principalmente a DIOS, a mis padres y familia por el apoyo que me brindaron.*

*Agradezco al profesor Adrián Alejandro González Ing. Msc. (C) CIC Geomática director de tesis y al geólogo Edward Salazar por su interés en el desarrollo del proyecto, por su ayuda, aporte de conocimientos y su compromiso.*



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS  
QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS  
AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

**DEDICATORIA**

*Dedico a mis padres, en especial a mi madre y a mi hermana el desarrollo de este trabajo quienes me apoyaron y creyeron en mi desde el principio, que a pesar de sus sacrificios siempre estuvieron ahí, firmes deseándome lo mejor, a los que confiaron en mis actitudes y capacidades, a los que nunca duraron de mí y de lo que podía lograr como persona.*

*De igual manera el logro de este proyecto va dedicado a una persona muy importante para mí, que a pesar de que ya no esté aquí conmigo fue como un padre para mí, alguien que tendré siempre en mi corazón y le dedicare los logros que alcance en mi vida.*



## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	10
LISTA DE MAPAS .....	11
LISTA DE TABLAS.....	12
LISTA DE DIAGRAMAS.....	13
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN .....	16
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 Objetivo General.....	18
1.2 Objetivos Específicos .....	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	20
4. MARCO TEORICO.....	21
5. MARCO LEGAL .....	26
6. MARCO GEOGRÁFICO .....	27
6.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.....	27
7. DESARROLLO METODOLOGICO .....	29
7.1 Universo, población y muestra:.....	29
7.2 Técnicas o instrumentos para la recolección de datos: .....	29
7.3 Infraestructura y Equipos: .....	29
7.4 Método de análisis: .....	29
8. METODOLOGÍA .....	30
8.1 Metodología Empleada Para La Zonificación De Áreas Deforestadas Asociadas A Las Cuencas Activas .....	31



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

8.1.1	Metodología “ <i>Corine Land Cover</i> ” aplicada para la identificación de los tipos de cobertura.	32
8.1.2	Metodología aplicada para generar el modelo de pendientes de la zona de estudio.	34
8.1.3	Integración de la metodología “ <i>Corine Land Cover</i> ” y la de pendientes aplicada para la zonificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales.	35
8.2	Descripción del paso a paso realizado para cumplir los objetivos propuestos en el proyecto.	38
9.	RESULTADOS	57
	Año 1941:	57
	Año 1951:	59
	Año 1988:	61
	Año 1996:	63
	Año 2010:	65
	Análisis por tipo de cobertura	67
	o Bosque de galería y ripario:	67
	o Mosaico de pastos con espacios naturales:	68
	o Pastos limpios:	68
	o Mosaico de cultivos:	69
	o Tejido urbano continuo:	70
	o Tejido urbano discontinuo:	71
	ZONAS SUCEPTIBLES A PRESENTAR RIESGO DEBIDO A LA COBERTURA Y SU PENDIENTE.	72



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS  
QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS  
AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

10. GLOSARIO.....	76
11. CONCLUSIONES .....	77
12. RECOMENDACIONES .....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80



## LISTA DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Mapa de localización general del municipio de Fusagasugá, el cual se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca con coordenadas geográficas: 4º 20' 00" de latitud Norte y 74º 21' 00" de longitud Oeste.	27
<b>Imagen 2:</b> Diagrama Metodológico donde se explica detalladamente los procesos que se realizaron para dar resultado a los objetivos que se plantearon en el proyecto.	30
<b>Imagen 3:</b> Shapefile de quebradas activas del municipio de Fusagasugá (año 2010)	41
<b>Imagen 4:</b> Área de estudio y cuencas hidrográficas activas que fluyen por la parte oriental del municipio de Fusagasugá	42
<b>Imagen 5:</b> Recorte de la zona de estudio a las diferentes fotografías	43
<b>Imagen 6:</b> Dissolve Shapefile Quebradas	44
<b>Imagen 7:</b> Resultado del buffer de 100 Metros el cual abarca aproximadamente 216 Ha	45
<b>Imagen 8:</b> Personal Geodatabase	46
<b>Imagen 9:</b> Digitalización de coberturas fotografía año 1941	46
<b>Imagen 10:</b> Digitalización de coberturas fotografía año 1951	47
<b>Imagen 11:</b> Digitalización de coberturas fotografía año 1988	47
<b>Imagen 12:</b> Digitalización de coberturas fotografía año 1996	48
<b>Imagen 13:</b> Digitalización de coberturas fotografía año 2010	48
<b>Imagen 14:</b> Resultado TIN generado a partir de curvas de nivel	49
<b>Imagen 15:</b> Conversión TIN-Ráster	50
<b>Imagen 16:</b> Resultado SLOPE	50
<b>Imagen 17:</b> Reclasificación de pendientes (IGAC, 2010)	51
<b>Imagen 18:</b> Resultado clasificación pendientes	51
<b>Imagen 19:</b> Resultado recorte pendiente según zona de estudio	52
<b>Imagen 20:</b> Resultado reclasificación con la asignación de peso a los rangos de pendiente ( <b>Tabla 7</b> )	53
<b>Imagen 21:</b> Shapefile de coberturas convertidas en ráster	53
<b>Imagen 22:</b> Resultado reclasificación con la asignación de peso a los tipos de coberturas	55
<b>Imagen 23:</b> Resultado algebra de mapas ráster de pendientes y tipo de cobertura, dando como resultado el mapa de susceptibilidad.	56



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

- Fotografía 1:** Fotografía numero 56 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C-204 a una escala 1: 25.000, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año de 1941 era mínimo. \_\_\_\_\_ 38
- Fotografía 2:** Fotografía número 73 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C382 a una escala 1:25.000, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1951 no presento cambios y en la zona rural la mayor parte poseía cobertura de pastos limpios. \_\_\_\_\_ 39
- Fotografía 3:** Fotografía numero 44 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C2342 a una escala 1: 34.800, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1988 presentó un crecimiento y la zona rural poseía partes boscosas y pastos limpios. \_\_\_\_\_ 39
- Fotografía 4:** Fotografía numero 48 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C2584 a una escala 1:28.650, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1996 ya presentaba un crecimiento considerable y la zona rural presentaba pastos limpios y zonas boscosas. \_\_\_\_\_ 40
- Fotografía 5:** Ortofotomosaico del municipio de Fusagasugá en el año 2010 a una escala 1:10.000, presenta una resolución de 2,5 cm y fue tomada con la cámara vexón, se observa que el casco urbano del municipio creció considerablemente en comparación al año 1941. \_\_\_\_\_ 40



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1:</b> Mapa detallado del cerro Fusacatán, el cual tiene una extensión de 2030 Ha aproximadamente y alcanza alturas hasta los 2.700 metros sobre el nivel del mar. _____	28
<b>Mapa 2:</b> Tipos de coberturas presentes en el año 1941 _____	58
<b>Mapa 3:</b> Tipos de coberturas presentes en el año 1951 _____	60
<b>Mapa 4:</b> Tipos de coberturas presentes en el año 1988 _____	62
<b>Mapa 5:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 1996 _____	64
<b>Mapa 6:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 2010 _____	66
<b>Mapa 7:</b> Zonificación de susceptibilidad alta, media y baja a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales debido al tipo de cobertura y su pendiente _____	73
<b>Mapa 8:</b> Zona 1 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Los Curos y su perfil _____	74
<b>Mapa 9:</b> Zona 2 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Los Curos y su perfil _____	74
<b>Mapa 10:</b> Zona 3 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Coburgo y su perfil _____	75
<b>Mapa 11:</b> Zona 4 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Coburgo y su perfil _____	75



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación tipos de coberturas- método “Corine Land Cover”	33
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de los rangos asignados para la pendiente.	34
<b>Tabla 3:</b> Asignación de pesos a los rangos de pendientes obtenidas a partir del modelo digital del terreno (IGAC, 2010)	36
<b>Tabla 4:</b> Asignación de pesos para cada tipo de cobertura, obtenido por el método Corine Land Cover (IGAC, 2010).	36
<b>Tabla 5:</b> Escala cuantitativa de susceptibilidad producto de la sumatoria de valores de cada una de las dos componentes principales (Pendiente y Cobertura del suelo).	37
<b>Tabla 6:</b> Descripción de los insumos a trabajar para dar cumplimiento a los resultados esperados en el proyecto.	41
<b>Tabla 7:</b> Asignación de peso a los rangos de pendientes (IGAC, 2010).	52
<b>Tabla 8:</b> Descripción y asignación de peso a los tipos de cobertura presentes en la zona de estudio ((IDEAM, Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para, 2010) (IGAC, 2010).	54
<b>Tabla 9:</b> Escala cuantitativa de susceptibilidad resultado de la sumatoria de los valores de los dos componentes.	56
<b>Tabla 10:</b> Análisis por tipo de cobertura -Bosque de galería y ripario	67
<b>Tabla 12:</b> Análisis por tipo de cobertura -Mosaico de cultivos con espacios naturales	68
<b>Tabla 13:</b> Análisis por tipo de cobertura - Pastos limpios	68
<b>Tabla 14:</b> Análisis por tipo de cobertura - Mosaico de cultivos	69
<b>Tabla 15:</b> Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano continuo	70
<b>Tabla 16:</b> Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano discontinuo	71



## LISTA DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama 1:</b> Tipo de coberturas presentes en el año 1941 _____	57
<b>Diagrama 2:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 1951 _____	59
<b>Diagrama 3:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 1988 _____	61
<b>Diagrama 4:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 1996 _____	63
○ <b>Diagrama 5:</b> Tipo de Coberturas presentes en el año 2010 _____	65
<b>Diagrama 6:</b> Análisis por tipo de cobertura -Bosque de galería y ripario _____	67
<b>Diagrama 7:</b> Análisis por tipo de cobertura - Mosaico de cultivos con espacios naturales _____	68
<b>Diagrama 8:</b> Análisis por tipo de cobertura - Pastos limpios _____	69
<b>Diagrama 9:</b> Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano Continuo _____	70
<b>Diagrama 10:</b> Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano discontinuo _____	71



## RESUMEN

El tema que se presenta es de trascendental importancia para la sociedad, ya que el municipio de Fusagasugá ha presentado afectaciones debido a la degradación de suelos presente en los últimos años. Por lo tanto, se realizó el estudio de las zonas que se encuentran asociadas a los cauces de las quebradas: La Parroquia, Los Curos, Pekín y Coburgo, aplicando herramientas de Geomática, cinco fotografías aéreas multitemporales de los años 1941, 1951, 1988, 1996 y 2010, de igual manera implementando la metodología “*Corine Land Cover*” hasta el nivel 3 de detalle para identificar qué tipo de cobertura está presente en la zona. Por esa razón el objetivo del proyecto fue determinar cuanta ha sido la deforestación o en su caso reforestación para el año 2010. Como resultado se generaron mapas temáticos donde se evidencian los tipos de coberturas presentes en cada año, como lo son: los bosques de galería y ripario, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, tejido urbano y mosaico de cultivos, donde se observó que la cobertura boscosa en los años 40 ocupaba un aproximado de 89 Ha y para el año 2010 se vio una disminución significativa de aproximadamente 49 Ha, registrando 40 Ha de cobertura boscosa para ese año, también se realizó una jerarquización de las zonas aplicando el método heurístico, donde se generó la sumatoria algebraica de dos componentes (pendiente y tipo de cobertura), para así poder identificar las zonas que presentan deforestación y que están ubicadas en zonas de altas pendientes, esto con el fin de que sirva como insumo para intervenciones a corto y mediano plazo.

**Palabras claves:** Deforestación, Geomática, Análisis Multitemporal, Fotointerpretación, Cuencas Hidrográficas, Pendiente.



## ABSTRACT

The issue that is presented is of transcendental importance for the society, since the municipality of Fusagasugá has presented effects due to the degradation of soils present in the last years. Therefore, we studied the areas that are associated with the channels of the ravines: the parish, the courses, Beijing and Coburg, applying geomatics tools, five multitemporal aerial photographs of the years 1941, 1951, 1988, 1996 and 2010, The same way implementing the methodology "Corine Land Cover" to level 3 of detail to identify what type of coverage is present in the area. For that reason the objective of the project was to determine how much deforestation has been, or reforestation for the year 2010. As a result, thematic maps were generated showing the types of coverages present in each year, such as: gallery and riparian forests, pasture mosaic with natural spaces, clean pastures, urban fabric and crop mosaic, where it was observed that The forest cover in the years 40 occupied an approximate of 89 ha and by the year 2010 saw a significant decrease of approximately 49 ha, registering 40 ha of forest cover for that year, also a hierarchy of the zones was carried out applying the method heuristic, which generated the algebraic summation of two components (slope and type of coverage), in order to identify the areas that have deforestation and are located in areas of high slopes, this in order to serve as input for Short-and medium-term interventions.

**Key words:** Deforestation, geomatics, multitemporal analysis, photointerpretation, watersheds, slope.



## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas socio- ambientales presentes en la sociedad es el de la deforestación y el cambio de uso de suelo; el hombre a través del tiempo ha sido el principal factor alterador del medio ambiente. Desafortunadamente la mayoría de esas modificaciones están relacionadas con altas tasas de deforestación, contaminación de cauces hídricos, degradación de suelos, pérdida de la biodiversidad y degradación de la atmósfera (Encina & Ibarra, 2000).

La modificación del ambiente, a través de la degradación de la tierra, es un proceso perjudicial que afecta negativamente el desarrollo de la población, debido a que se remplazan grandes áreas de bosque nativo para ganadería extensiva, desarrollo urbanístico, rendimiento de cultivos entre otras, afectando así grandes cantidades de especies de flora y fauna que en ella habitan. Entre los factores más relevantes a dicho fenómeno se encuentra la expansión agropecuaria, seguido de la necesidad del ser humano por la expansión urbana, actualmente consideradas las causas más relevantes para la acelerada pérdida de cobertura vegetal.

El municipio de Fusagasugá con el paso del tiempo se ha vuelto vulnerable a fenómenos naturales como lo son: las avenidas torrenciales que son un tipo de movimiento en masa que se desplazan generalmente por los cauces de quebradas, llegando a transportar gran cantidad de sedimentos y escombros con velocidades peligrosas (Caballero-Acosta, 2011) también fenómenos como remoción en masa, proceso en el que un volumen de material constituido por roca, suelo, escombros o una combinación de cualquiera de estos, se desplaza por una ladera o talud (superficie inclinada) por acción de la gravedad (Highland & Bobrowsky, 2008). Debido a que no se tiene un manejo adecuado de los recursos presentes en el municipio, la cobertura forestal con el tiempo ha presentado grandes cambios, uno de ellos presentes en el cerro Fusacatán, el cual hace algún tiempo fue un bosque de niebla nativo y en el que hoy en día se pueden observar grandes áreas deforestadas y sustituidas por cultivos (papa y granadilla, entre otros) o para pastoreo, este es uno de los motivos o factores detonantes que han generado la ocurrencia de fenómenos naturales como lo son avenidas torrenciales, inundaciones, remoción en masa entre otros.



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010**

El objetivo de este proyecto es el de analizar el cambio en el uso del suelo, los procesos de deforestación y como estos se relacionan con la pendiente y la posible ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, aplicando herramientas de teledetección como: análisis multitemporal y fotointerpretación para poder identificar qué zonas presentan degradación del suelo y deforestación asociadas a cuencas hidrográficas activas que discurren por la margen oriental del casco urbano del municipio, también se espera que el proyecto sea una pieza factible para la toma de decisiones a corto y mediano plazo, en cuanto a procesos de biorremediación, bioingeniería y reforestación enfocados en la estabilización de taludes, mejoramiento de las capacidades físicas del suelo y reducción en las tasas de movimientos masales cercanos a las laderas de los cauces activos que discurren por el cerro Fusacatán.



## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y cuantificar las áreas deforestadas que están asociadas a cuencas activas que fluyen por la parte oriental del municipio de Fusagasugá para los años 1941, 1951, 1988, 1996 y 2010.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar el área de estudio, identificando las cuencas activas que discurren por la parte oriental del casco urbano del municipio.
- Realizar un análisis multicriterio teniendo en cuenta: fotografías aéreas multitemporales, ortofotomosaico (año 2010), la pendiente, mapas de susceptibilidad debido a fenómenos de remoción en masa, cercanía a la ronda hidráulica y por último la metodología “*Corine land cover*” para determinar los usos del suelo.
- Realizar una clasificación aplicando la metodología del “*Corine land cover*” para el área seleccionada y así poder determinar usos y cobertera del suelo, asociada a cultivos, bosques, rastrojos entre otros.
- Analizar y producir mapas temáticos donde se evidencien los procesos de deforestación que ha sufrido el cerro Fusacatán desde la década de los 40 hasta la actualidad.
- Generar un modelo de pendientes y un TIN del área de influencia.
- Realizar una jerarquización de las zonas con mayores procesos de deforestación para que sirva como insumo para intervenciones a corto y mediano plazo.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la gran tasa de deforestación presente en el municipio, la interceptación de lluvias es desfavorable, ya que estas son retenidas por la vegetación presente en la zona, lo cual genera inestabilidad en esas zonas (E.T.S Ingenieros de Caminos, 2013). Fusagasugá no cuenta con información cartográfica actualizada referente a los cambios del uso del suelo, debido a ello fue necesario realizar un análisis multitemporal de estos cambios, tomando como referencia los años 1941, 1951, 1988, 1996 y 2010, para así poder observar la evolución que ha tenido el municipio en cuanto a cambios en la cobertura vegetal, por esa razón se identificaron con polígonos las áreas deforestadas y otro tipo de usos del suelo cerca de la ronda hídrica de las quebradas La Parroquia, Los Curos, Pekín y Coburgo, también se tomó en cuenta la pendiente, ya que las zonas que se ubican en altas pendientes son las más susceptibles a presentar fenómenos de remoción en masa o avenida torrencial, el estudio se realizó con el fin de ser una base para dar inicio a actividades de reforestación en las zonas más vulnerables y así poder mitigar los riesgos de remoción en masa y avenidas torrenciales a futuro en el municipio.

- ✓ **Pregunta Problema** ¿Se hace necesario el estudio de la deforestación que ha presentado el municipio de Fusagasugá?



### 3. JUSTIFICACIÓN

El Municipio de Fusagasugá en los últimos años, debido al incremento en el urbanismo dentro de zonas de alta pendiente, construcciones sin norma NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente), sin cumplir el lleno de los requisitos necesarios para construir, se ha visto vulnerable a fenómenos como remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, estos han generado toda clase de emergencias en el casco urbano. Un ejemplo de ello es la emergencia ocurrida el 30 de octubre de 2014, cuando el municipio se vio afectado por una avenida torrencial debido a la fuerte precipitación y a la gran cantidad de áreas deforestadas en el Cerro Fusacatán, lo cual generó el desbordamiento de la quebrada la Parroquia que transportó escombros y troncos, como consecuencia esto dejó una víctima fatal y numerosos daños en viviendas y establecimientos o también el evento ocurrido el 11 de noviembre de 2017 causado por el desbordamiento de la quebrada los Curos que no dejó víctimas fatales pero sí múltiples afectaciones viales y estructurales.

Los bosques y selvas, además de agrupar biodiversidad considerable, juegan un papel fundamental en la regulación climática, el mantenimiento de las fuentes y caudales de agua y la conservación de los suelos (Greenpeace, 2015), Por esta razón, el proyecto estudió la problemática de deforestación en áreas asociadas a cuencas hidrográficas que fluyen hacia el casco urbano del municipio, dado que este con el paso del tiempo ha mostrado un crecimiento de manera significativa con relación a infraestructura y espacios para factores agropecuarios, generando pérdida en grandes cantidades de cobertura vegetal.



#### 4. MARCO TEORICO

Las problemáticas ambientales se han presentado desde la existencia del ser humano. La tierra al ser una fuente que provee recursos naturales para beneficio de la sociedad no ha sido manejada adecuadamente para protegerla y preservarla (Giannuzzo, 2010).

En la actualidad, uno de los cambios más relevantes en el medio ambiente tiene que ver con la transición física del suelo y la pérdida de cobertura vegetal debido a la acción del hombre para satisfacer sus necesidades materiales. En otro contexto el uso de suelo describe las actividades del hombre que se desarrollan sobre la superficie terrestre y al influir el humano en el ambiente para producir bienes y servicios este uso tiende a transformarse (Pineda, 2011), debido a eso los bosques al cumplir funciones importantes y beneficiosas para la sociedad ejercen un efecto de amortiguación sobre la erosión del viento (atenúa la velocidad del viento), el movimiento de tierras (deslizamientos en masa y caída de rocas) y, en climas fríos, el riesgo de avalanchas, de igual manera ejercen un efecto protector sobre las cuencas hidrográficas (retienen agua en el suelo, regulan los caudales, influyen en las precipitaciones y filtran el agua para beber) (Pinto, 2013), al existir ese factor antrópico genera que se altere el entorno, siendo el reto más grande que enfrentan las entidades ambientales. Se han señalado diferentes procesos como posibles responsables de las causas del cambio del uso del suelo, una de ellas es la del crecimiento poblacional y agrícola que se ha presentado con el paso del tiempo.

La deforestación es uno de los problemas ambientales más notables de los últimos años y es por eso uno de los temas de mayor trascendencia a nivel mundial, ya que la importancia de los bosques es el de suministrar una gran cantidad de servicios para la sociedad, uno de los problemas es el manejo inadecuado del uso del suelo lo cual genera que este no sea óptimo para la sociedad (García, 2014), este fenómeno es mas visible y facil de identificar cuando se ejerce un mal uso del suelo lo cual genera la acelerada perdida de cantidades de bosques como consecuencia de procesos de deforestación. Según el documento de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales define este proceso como la conversión de los bosques para dar otro tipo de uso de la tierra o la reducción de la cubierta de copa, a menos del límite del 10% de la cobertura



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

(FAO, 2010), también se entiende como la conversión directa inducida por el hombre, de tierras forestales a tierras no forestales o también como la eliminación total de la vegetación y su remplazo por otras formas de ocupación no forestales (United -Nations -Conference -on - Environment- and- Development -(UNCED), 1994)

Dicho fenómeno es consecuencia de diversos factores y uno de ellos es definido en El Plan Nacional de Desarrollo Forestal el cual identificó como posibles causas de la deforestación la expansión de las actividades agropecuarias y la expansión en infraestructura, entre otros factores (Minambiente & Minagricultura, 2000). De igual forma existen otras posibles causas para el incremento de la deforestación como lo son la ganadería extensiva, la minería ilegal, la praderización y por último la construcción de infraestructura vial e inmobiliaria, (IDEAM & Minambiente, Lanzamiento cifra de deforestación anual , 2015), Adicionalmente también se pueden asociar a dicho fenómeno factores culturales y ambientales como calidad de suelo, topografía y agentes biofísicos como incendios y huracanes que pueden resultar en la pérdida de cobertura forestal (Armenteras & Rodríguez, 2014). La identificación y análisis de estas causas se pueden presentar de manera directa (relacionadas con actividades que afectan directamente el ambiente) y las causas subyacentes (factores que refuerzan las causas directas), estas generan la pérdida o deterioro de la cobertura boscosa, lo cual hace necesario partir de una base teórica y conceptual sólida para así poder generar un modelo y proyección del fenómeno de la deforestación. (IDEAM & Minambiente, Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia, 2011).

El municipio de Fusagasugá en la actualidad posee 830 hectáreas de bosque de niebla, ubicados en las veredas, San Rafael, los Robles y también en el Cerro Fusacatán, los cuales se encuentran conformados por densos bosques secundarios de vegetación nativa y algunos relictos de especies foráneas como el eucalipto, pino y acacia (Alcaldía de Fusagasugá, 2012).



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

El municipio a su vez presenta dinámicas socioculturales y políticas, en las cuales se reflejan afectaciones antrópicas negativas para los ecosistemas y elementos naturales que en ellos se encuentra. Es un municipio que con el paso del tiempo ha crecido rápidamente y con esto no se han tenido en cuenta los impactos ambientales que se generan a causa de la expansión urbana y rural, para así poder plantear medidas de mitigación de los mismos (Alcaldía de Fusagasugá, 2012).

Hoy en día existen diversas técnicas para ayudar al estudio del fenómeno de deforestación, una es realizar un Análisis Multitemporal el cual permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio, un ejemplo de ello es el estudio realizado en Venezuela para determinar el estado de conservación de la tierra en el Parque Nacional Yacambú para un periodo de 2000 a 2008 (Molina & Albarran, 2013), así mismo (Ruiz & Herrera, 2013) en su estudio evaluaron el cambio de uso del suelo en el Paisaje Terrestre Miraflor Moropotente en el período 1993-2011, a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje con el paso del tiempo y sus posibles causantes.

Por otra parte se encuentra la fotointerpretación, este consiste en el estudio que se da a la imagen donde se identifican aquellos objetos fotografiados y donde posteriormente se realiza la deducción de su significado, la primera vez que se utilizó la fotografía aérea para inventarios forestales fue en 1919 y se llevó acabo en Canadá. Desde entonces hasta la actualidad se han desarrollado en el campo forestal métodos sencillos para recoger información a partir de fotografías aéreas (González & Marey, 2014).

Dentro del ámbito de trabajo forestal, la interpretación de la vegetación por fotografía aérea siempre va a depender de la fisionomía y de las características florísticas de la zona (Murtha, 1997), normalmente se hace más hincapié en la interpretación de fotografías que en la



ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010

fotogrametría propiamente dicha. Así, los principales objetivos de la fotointerpretación son los siguientes:

- Clasificación de superficies forestales y elaboración de mapas de vegetación.
- Estimación de volúmenes y biomasa.
- Planificación y trazado de vías de saca.
- Estudios de cuencas de drenaje y de erosión.
- Delimitación y valoración de áreas afectadas por plagas y enfermedades.
- Planificación de los usos del suelo.
- Valoración de daños por incendios forestales.
- Planes de ordenación forestal.
- Planificación de repoblaciones y áreas recreativas.
- Inventarios forestales.

Con el objetivo de cumplir las metas propuestas en este proyecto se implementó un análisis multitemporal, el cual consiste en un estudio de tipo espacial realizado mediante la comparación de coberturas interpretadas de imágenes satelitales, fotografías aéreas o mapas de una misma zona para diferentes periodos de tiempo ya que permite detectar las coberturas que han presentado un cambio y así poder cuantificar las coberturas que ganan o pierden área, también llamada “dinámica de cambio”, esto permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco, 1990). Constituye uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios que acontecen en un lapso de tiempo (Silva, 2010).



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010**

De igual modo, se aplicó una zonificación por medio del método heurístico, donde se superponen y suman de manera algebraica mapas temáticos donde se les asigna a cada variable un peso, posterior a ello se aplica el álgebra de mapas, el cual incluye un amplio conjunto de operadores para modelado cartográfico, en el que se superponen dos o más capas raster para hacer operaciones algebraicas (+, -, \*,) y así generar varias capas raster de salida (Universidad de Murcia, 2012, UNSE, 2013).



## 5. MARCO LEGAL

En un marco legal las naciones unidas es uno de los entes más importantes del mundo para tratar el tema del medio ambiente, debido a esto, la ONU busca lograr el "desarrollo sostenible". Este concepto quiere decir el hecho de lograr el mayor desarrollo de los pueblos sin poner en peligro el medio ambiente. Para ello se creó, en 1972, el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente (PNUMA), que se encarga de promover actividades medioambientales y crear conciencia entre la población sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, de igual forma se encuentra AIDA (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente).

Legislación Colombiana sobre medio Ambiente (Red por la Justicia Ambiental en Colombia, s.f.):

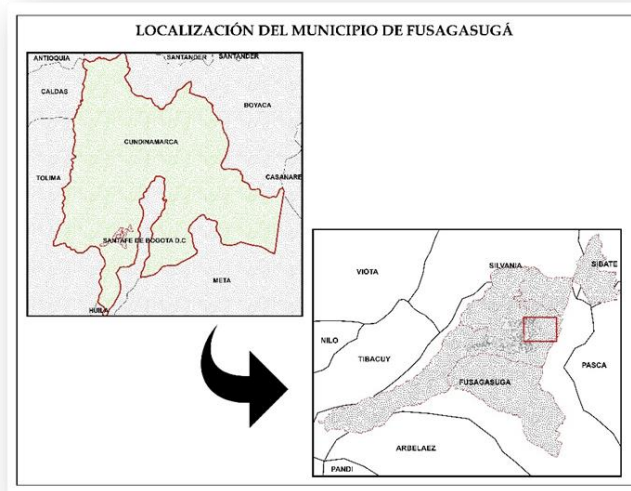
- Ley General Ambiental de Colombia Ley 99 De 1993 (diciembre 22): Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1021 de 2006 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.
- Ley 1021 de 2006. “Por la cual se expide la Ley General Forestal”
- Decreto 2811 DE 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
- Ley Desarrollo Territorial Ley 388 De 1997: Establece un mandato para que todos los municipios del país formulen sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial.
- Ley 1454 De 2011: por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones



## 6. MARCO GEOGRÁFICO

### 6.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.

El municipio de Fusagasugá se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la cordillera oriental de los andes colombianos, al sur–occidente del departamento de Cundinamarca, con coordenadas geográficas: 4° 20´ 00" de latitud Norte y 74° 21´ 00" de longitud Oeste. Cuenta con una extensión total de 204 Km<sup>2</sup>, de los cuales 191 kilómetros cuadrados conforman su área rural y 13 Km<sup>2</sup> su casco urbano. Limita al norte con los municipios de Silvania y Sibaté, al oriente con Pasca y Sibaté, al sur con Arbeláez e Icononzo (Tolima) y por último al occidente con Icononzo (Tolima), Tibacuy y Silvania.



**Imagen 1:** Mapa de localización general del municipio de Fusagasugá, el cual se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca con coordenadas geográficas: 4° 20´ 00" de latitud Norte y 74° 21´ 00" de longitud Oeste.

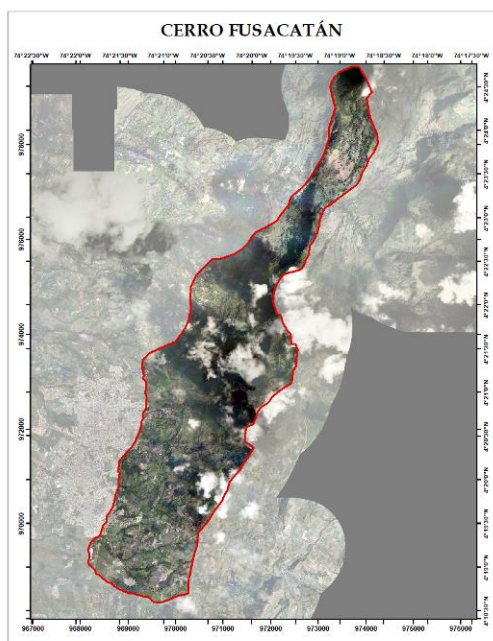
El territorio Fusagasugueños situado en una meseta delimitada por el río Cuja y el río Chocho, el cerro de Fusacatán y el Quininí que conforman el valle de los Sutagaos, y la altiplanicie de Chinauta, la cual está conformada por zonas de terrazas aluviales formadas por los ríos Chocho al



occidente y Cuja al sur-oriente, su inclinación es ascendente hacia el nor-oriente del municipio en donde se encuentra el cerro del Fusacatán.

El cerro Fusacatán, es el más importante sistema montañoso para los Fusagasugueños, debido a que ejerce una gran influencia sobre el clima, la formación de diversas quebradas y por permitir el asentamiento de la población o casco urbano en su base. Este cerro, el Fusacatán alcanza alturas hasta los 2.700 metros sobre el nivel del mar, tiene una extensión de 2030 Ha aproximadamente. Lo acompañan otros que se denominan Cruz Grande, Cruz Chiquita y Aguadita, hacia el nor-oriente, al sur de esta formación montañosa, Fusacatán, se encuentra un sistema bajo, en límites con Pasca, que tiene como nombre Alaska (Lanza, Raíl, & Guzmán, 2003).

Las zonas que se tomaron como muestra para realizar el análisis multitemporal se asocian a las quebradas que fluyen por la margen oriental del municipio desde el cerro Fusacatán hacia en casco urbano dichas quebradas fueron las siguientes: Quebrada los Cueros con una longitud aproximada de 1,4 km, quebrada la Parroquia con una longitud aproximada de 3,8 km, quebrada Pekín con una longitud aproximada de 1,5 km y por ultimo la quebrada Coburgo con una longitud aproximada de 3 km.



**Mapa 1:** Mapa detallado del cerro Fusacatán, el cual tiene una extensión de 2030 Ha aproximadamente y alcanza alturas hasta los 2.700 metros sobre el nivel del mar.



## 7. DESARROLLO METODOLOGICO

**7.1 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA:** El proyecto tomó como población las áreas localizadas al oriente del casco urbano del Municipio de Fusagasugá, en el cual se comprenden los barrios: Cedritos, Pekín, Antonio Nariño, El Tejar, Coburgo las veredas Pekín y los sauces donde se encuentra enmarcado el cerro Fusacatán.

**7.2 TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:** Análisis de fotografías aéreas, implementación de usos del suelo, visitas de campo.

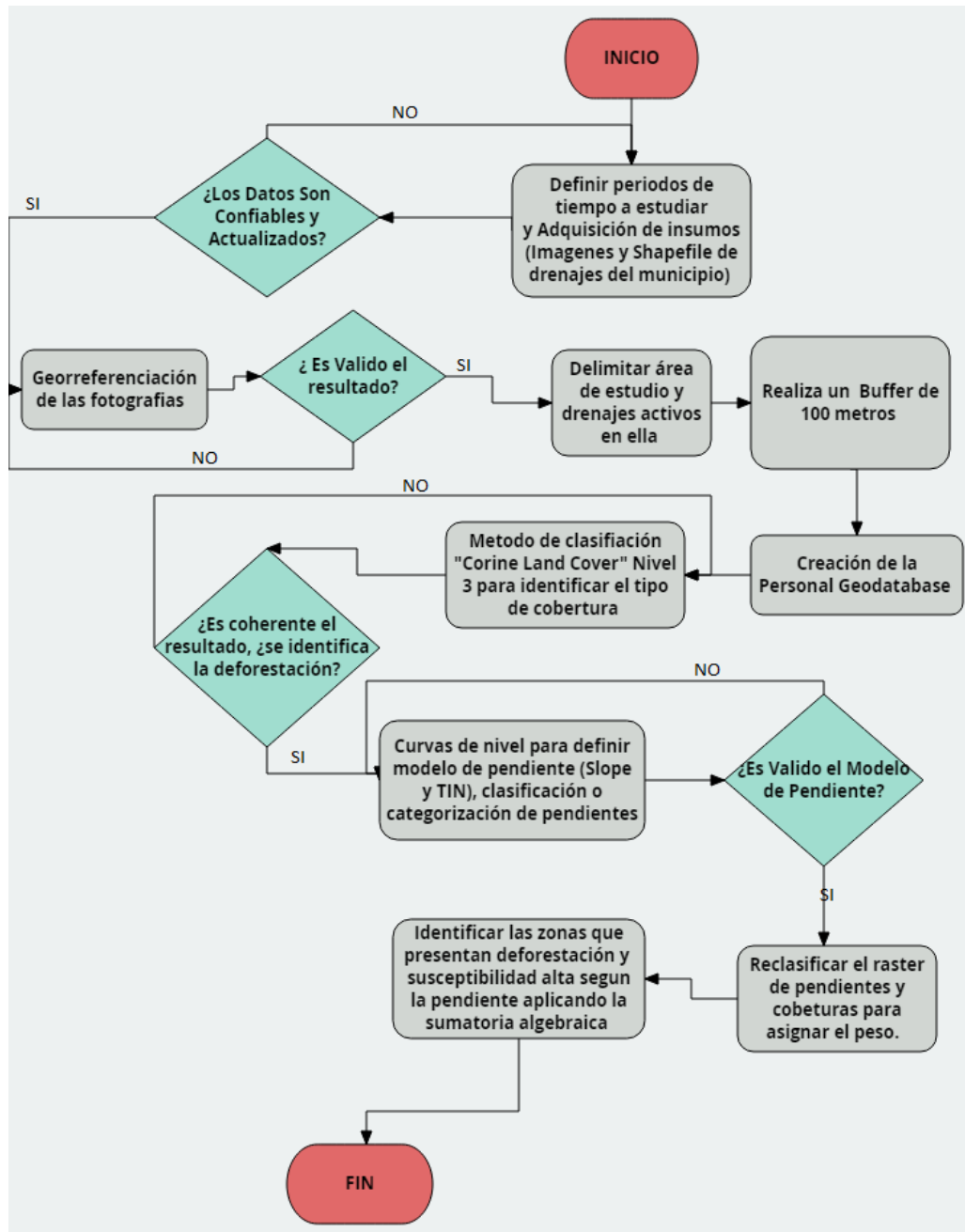
**7.3 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS:** El proyecto se realizó en las instalaciones de la secretaria de Agricultura, Ambiente y Tierras del municipio de Fusagasugá (Diagonal 1a 26-18 Barrio San Jorge), también se dispuso de las instalaciones de la Universidad de Cundinamarca (Cl. 18 #20-29).

Los equipos que se usaron para la realización de este fueron: un computador que tenga entre sus programas ArcGIS, el cual es un software que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Este como plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios (Esri, s.f.).

**7.4 MÉTODO DE ANÁLISIS:** Se realizó un análisis multitemporal y zonificación (**Imagen 2**), el cual tuvo como objetivo identificar las áreas que presentan cambios por pérdida de cobertura forestal debido al fenómeno de deforestación en zonas de influencia a cuencas activas que fluyen por la parte oriental del Municipio, de igual forma se identificaron las zonas más susceptibles a fenómenos de remoción en masa, avenidas torrenciales e inundaciones.

## 8. METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se desarrolló una metodología (**Imagen 2**) de trabajo la cual se explicará en el siguiente diagrama:



**Imagen 2:** Diagrama Metodológico donde se explica detalladamente los procesos que se realizaron para dar resultado a los objetivos que se plantearon en el proyecto.



## 8.1 Metodología Empleada Para La Zonificación De Áreas Deforestadas Asociadas A Las Cuencas Activas

En relación con los objetivos que se plantearon para dar resultado a la investigación de la degradación de suelos que se ha presentado desde la década de los años 40 en las zonas que se encuentran asociadas a cauces activos que fluyen desde el cerro Fusacatán hacia el casco urbano del municipio de Fusagasugá, se realizó un análisis multicriterio el cual (Gómez & Barredo; 2005) definen como “*un conjunto de operaciones espaciales que permiten lograr un objetivo propuesto teniendo en consideración todas las variables que pueden intervenir*”, por lo tanto en el proyecto se consideraron una serie de factores que pueden estar involucrados en la generación de fenómenos naturales tales como: remoción en masa y avenidas torrenciales, causas de diversos factores ya sean los cambios que se han realizado en el suelo, es importante definir no solamente el tipo de vegetación, sino su densidad y características específicas. De igual manera se deben incluir las áreas que se encuentran expuestas o desprovistas de vegetación (Suarez, 2012).

Por otra parte también se encuentra la pendiente, debido a que el aumento de la pendiente incide directamente a que algunas zonas sean propensas a la presencia de fenómenos naturales (Suarez, 2012; IGAC, 2010).

A continuación, se da una descripción detallada a las metodologías implementadas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el proyecto como lo son: la identificación del tipo de cobertura presente en la zona, la generación de un modelo de pendientes y la zonificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales consecuencia del uso que se le ha dado al suelo y también en relación con la pendiente.



### 8.1.1 Metodología “*Corine Land Cover*” aplicada para la identificación de los tipos de cobertura.

La cobertera vegetal actúa como método de protección contra la acción erosiva que producen las lluvias, de igual manera disminuye la energía de las escorrentías y también mejora las capacidades fisicoquímicas del suelo, generando estabilidad a partir de la fijación de las raíces de la cobertura boscosa.

Los métodos de clasificación para identificar el tipo de cobertura presente en la zona de estudio se dieron de acuerdo con la propuesta metodológica “*Corine Land Cover*” aplicada para realizar la caracterización de las coberturas naturales presentes en el territorio colombiano a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica. Esta metodología permite unificar los criterios, conceptos y métodos para conocer cómo está cubierto el país, a partir de la adaptación realizada de la metodología europea CORINE Land Cover a nuestro entorno (IDEAM, 2010).

Para la digitalización de las coberturas se trabajó en relación con el “**Catálogo de patrones de coberturas de la tierra Colombia**” Este catálogo se basa en la Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra a escala 1:100.000 adoptada por Colombia según la metodología *CORINE Land Cover* (CLC). (IDEAM, Catálogo de patrones de coberturas de la tierra Colombia, 2012), donde se generan 3 niveles (**Tabla 1**) que a su vez se encuentran subdivididos según el nivel de detalle que se desee implementar.



**Tabla 1:** Clasificación tipos de coberturas- método “*Corine Land Cover*”

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. <u>Tejido urbano continuo</u> 1.1.2. <u>Tejido urbano discontinuo</u>		
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. <u>Zonas industriales o comerciales</u> 1.2.4. <u>Aeropuertos</u>		
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.1. <u>Zonas de extracción minera</u> 1.3.2. <u>Zonas de disposición de residuos</u>		
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. <u>Zonas verdes urbanas</u> 1.4.2. <u>Instalaciones recreativas</u>		
	<b>2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS</b>	2.1. Cultivos transitorios	2.1.2. <u>Cereales</u> 2.1.4. <u>Hortalizas</u> 2.1.5. <u>Tubérculos</u>	
2.2 Cultivos permanentes		2.2.1. <u>Cultivos permanentes herbáceos</u> 2.2.2. <u>Cultivos permanentes arbustivos</u> 2.2.3. <u>Cultivos permanentes arbóreos</u>		
2.3 Pastos		2.3.1. <u>Pastos limpios</u> 2.3.2. <u>Pastos arbolados</u> 2.3.3. <u>Pastos enmalezados</u>		
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas		2.4.1. <u>Mosaico de cultivos</u> 2.4.2. <u>Mosaico de pastos y cultivos</u> 2.4.3. <u>Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales</u> 2.4.4. <u>Mosaico de pastos con espacios naturales</u> 2.4.5. <u>Mosaico de cultivos y espacios naturales</u>		
<b>3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI-NATURALES</b>		3.1. Bosque	3.1.1. <u>Bosque denso</u> 3.1.2. <u>Bosque abierto</u> 3.1.3. <u>Bosque fragmentado</u> 3.1.4. <u>Bosque de galería y ripario</u> 3.1.5. <u>Plantación forestal</u>	
		3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. <u>Herbazal</u> 3.2.2. <u>Arbustal</u> 3.2.3. <u>Vegetación secundaria o en transición</u>	
		3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1. <u>Zonas arenosas naturales</u> 3.3.2. <u>Afloramientos rocosos</u> 3.3.3. <u>Tierras desnudas y degradadas</u> 3.3.4. <u>Zonas quemadas</u>	
		<b>4. ÁREAS HÚMEDAS</b>	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. <u>Zonas Pantanosas</u> 4.1.2. <u>Turberas</u> 4.1.3. <u>Vegetación acuática sobre cuerpos de agua</u>
			4.2. Áreas húmedas costeras	4.2.1. <u>Pantanos costeros</u> 4.2.2. <u>Salitral</u> 4.2.3. <u>Playones de bajamar</u>
			<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>	5.1. Aguas continentales
		5.2. Aguas marítimas		5.2.2. <u>Mares y océanos</u> 5.2.3. <u>Estanques para acuicultura marina</u>



### 8.1.2 Metodología aplicada para generar el modelo de pendientes de la zona de estudio.

Uno de los elementos básicos para cualquier representación digital de la superficie terrestre es la implementación los Modelos Digitales de Terreno (MDT), usados como base para un gran número de aplicaciones en ciencias de la Tierra, ambientales e ingenierías de diverso tipo, entre otras. Se denomina MDT al conjunto de capas (generalmente ráster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE) (Murcia, 2006).

Para la generación del MDT se trabajaron diferentes Modelos Digitales de Elevación (MDE), estos fueron los siguientes:

- Curvas de nivel, se trata de líneas, definidas por tanto como una sucesión de pares de coordenadas, que tienen como identificador el valor de la elevación en cada uno de los puntos de la línea
- Red Irregular de Triángulos (TIN), a partir de un conjunto de puntos, en los que se conoce la elevación, se traza un conjunto de triángulos, formados por tripletas de puntos cercanos no colineales, formando un mosaico.
- Formato ráster, es el más adecuado para la integración de las elevaciones en un SIG ya que va a permitir la utilización de diversas herramientas para la obtención de nuevos mapas a partir del MDE.

Se definieron cinco rangos o categorías de clasificación para el modelo de pendientes

(Tabla 2).

RANGO
0° - 7°
7° - 15°
15° - 30°
30° - 45°

Tabla 2: Clasificación de los rangos asignados para la pendiente.



### 8.1.3 Integración de la metodología “Corine Land Cover” y la de pendientes aplicada para la zonificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales.

La zonificación es el resultado de la aplicación de un modelo en el que se involucran todos los factores que intervienen en un fenómeno.

La zonificación de susceptibilidad, amenaza y riesgo permite evaluar, parcialmente, esa incertidumbre y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. Un mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable (Suarez, 2012).

Para lograr una correcta zonificación de susceptibilidad que pueden ser generadas por procesos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales debido a la degradación de los suelos presente en zonas que se encuentran asociadas a cauces activos, se empleó una metodología heurística, la cual consiste en la superposición y la sumatoria algebraica de diversos mapas temáticos, proceso en el cual se realiza una asignación de pesos a las variables involucradas, en este caso dichas variables son la pendiente y el uso del suelo, debido a que son uno de los factores que influyen en la presencia de fenómenos naturales. La asignación de pesos o valores a los factores relevantes y a las subclases es subjetiva y se realiza para obtener una suma de susceptibilidad. El criterio con el cual se designan las clases puede variar de polígono en polígono. El análisis se puede hacer, sin embargo, utilizando los valores de peso en cada mapa de parámetros y cada mapa recibe un diferente peso (Suarez, 2012).

La asignación de los pesos a las variables de pendientes y cobertura del suelo se clasifico de la siguiente manera:

- **Pendiente:** los rangos de pendientes se obtuvieron a partir del modelo digital del terreno (DEM), para ello se definieron cinco rangos o categorías de asociación para las pendientes; de 0° a 7°; de 7 a 15°; de 15° a 30 y de 30° a 45°. (**Tabla 3**).



RANGO	PESO
0° - 7°	1
7° - 15°	2
15° - 30°	3
30° - 45°	4

**Tabla 3:** Asignación de pesos a los rangos de pendientes obtenidas a partir del modelo digital del terreno (IGAC, 2010)

- **Cobertura del suelo:** La caracterización de la cobertura vegetal del suelo y el uso que se le dé a esta es importante, debido a que muchos de los desarrollos agrícolas, ganaderos, residenciales, entre otros, implican directamente en la inestabilidad de las zonas asociadas a cauces activos.

La asignación de los pesos para cada tipo de cobertura identificada en la zona de estudio se muestra en la siguiente tabla (**Tabla 4**).

TIPO DE COBERTURA	PESO
Bosque de galería y ripario	1
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	1
Mosaico de pastos con espacios naturales	3
Pastos limpios	3
Mosaico de cultivos	4

**Tabla 4:** Asignación de pesos para cada tipo de cobertura, obtenido por el método Corine Land Cover (IGAC, 2010).



Una vez asignados los pesos a las variables de los dos componentes principales (pendiente y cobertura del suelo) se realiza la suma algebraica de los mapas temáticos, para así generar el mapa de susceptibilidad el cual debe ser preciso, completo, creíble y utilizable (Suarez, 2012).

El resultado de la suma algebraica arrojo valores comprendidos entre 2 y 7 puntos, los cuales fueros agrupados en máximos, intermedios y mínimos generando una escala cualitativa de grado bajo, medio y alto (**Tabla 5**) de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales en zonas asociadas a cauces activos que discurren por la parte oriental del municipio de Fusagasugá.

La integración de los mapas multitemáticos, la reclasificación y la sumatoria algebraica de los pesos de los dos componentes se realizó en el software ArcGIS 10.5.

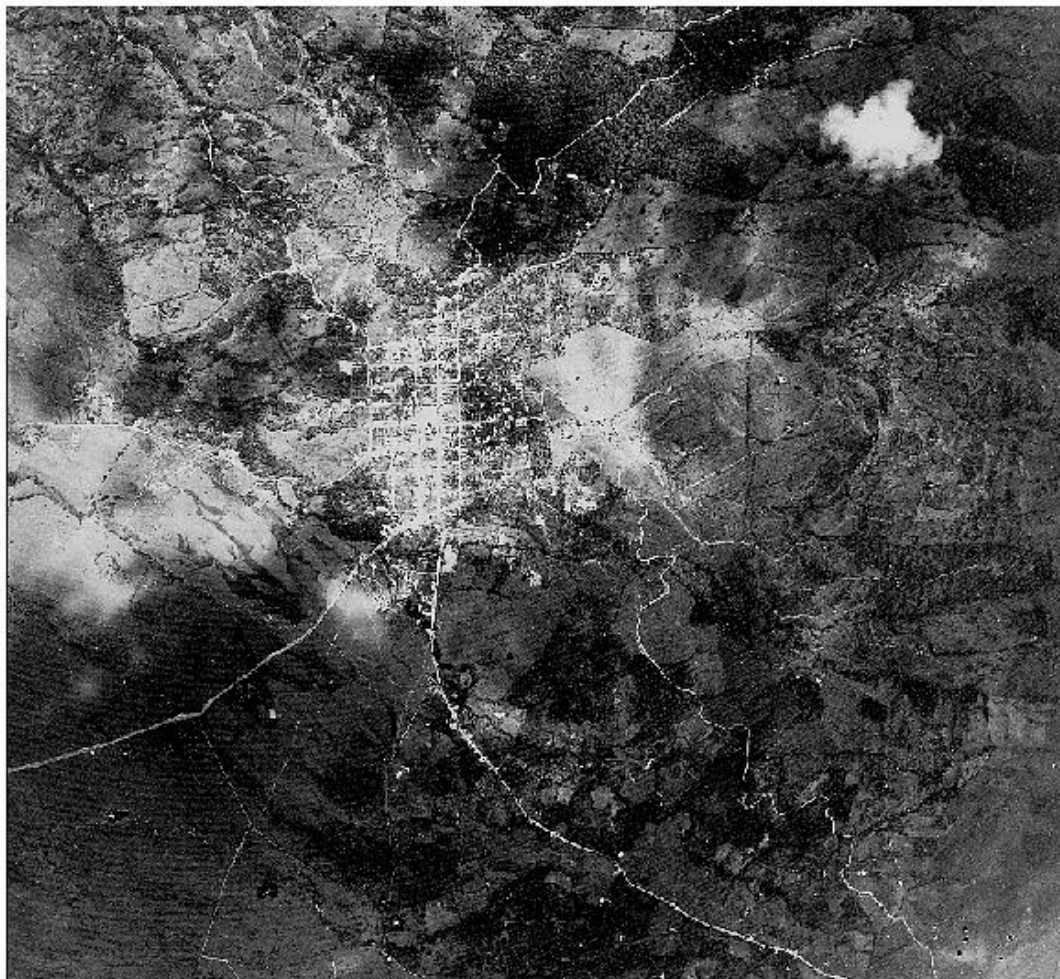
**Tabla 5:** Escala cuantitativa de susceptibilidad producto de la sumatoria de valores de cada una de las dos componentes principales (Pendiente y Cobertura del suelo).

SUSCEPTIBILIDAD	SUMATORIA (Pendiente + Tipo De Cobertura)
<b>Baja</b>	<b>2 a 3</b>
<b>Media</b>	<b>4 a 5</b>
<b>Alta</b>	<b>6 a 7</b>



## 8.2 Descripción del paso a paso realizado para cumplir los objetivos propuestos en el proyecto.

- **Proceso 1:** Se definieron los periodos de tiempo y se adquirieron los insumos (Imágenes, fotografías aéreas y Shapefile de drenajes del municipio) por parte de las entidades encargadas del almacenamiento de la información para la elaboración del proyecto.
- Primer Insumo:



**Fotografía 1:** Fotografía numero 56 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C-204 a una escala 1: 25.000, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año de 1941 era mínimo.



➤ Segundo Insumo:



**Fotografía 2:** Fotografía número 73 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C382 a una escala 1:25.000, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1951 no presento cambios y en la zona rural la mayor parte poseía cobertura de pastos limpios.

➤ Tercer Insumo:



**Fotografía 3:** Fotografía numero 44 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C2342 a una escala 1: 34.800, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1988 presentó un crecimiento y la zona rural poseía partes boscosas y pastos limpios.

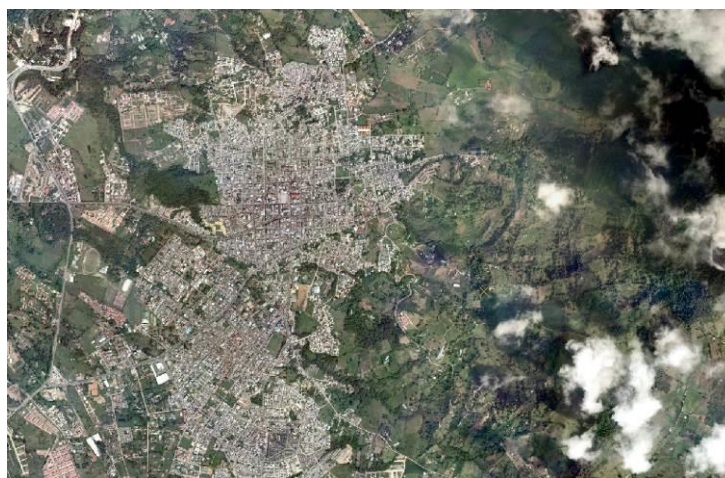


➤ Cuarto Insumo:



**Fotografía 4:** Fotografía numero 48 suministrada por el IGAC tomada en el vuelo C2584 a una escala 1:28.650, donde se observa que el casco urbano del municipio de Fusagasugá en el año 1996 ya presentaba un crecimiento considerable y la zona rural presentaba pastos limpios y zonas boscosas.

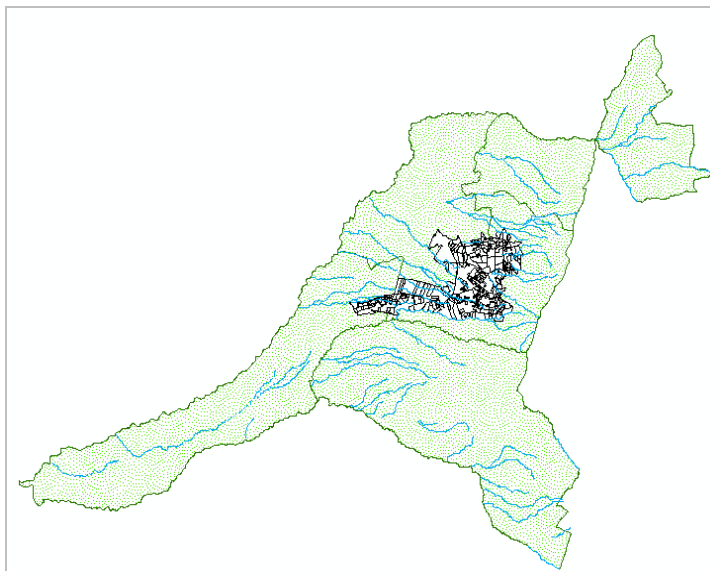
➤ Quinto Insumo:



**Fotografía 5:** Ortofotomosaico del municipio de Fusagasugá en el año 2010 a una escala 1:10.000, presenta una resolución de 2,5 cm y fue tomada con la cámara vexón, se observa que el casco urbano del municipio creció considerablemente en comparación al año 1941.



➤ Sexto Insumo:



**Imagen 3:**Shapefile de quebradas activas del municipio de Fusagasugá (año 2010)

- A continuación, se muestra el total de los insumos que se usaron en el proyecto:

INSUMO	DESCRIPCIÓN
1.	Fotografía numero 56 tomada en el vuelo C-204 a una escala 1: 25.000, donde se observa el municipio de Fusagasugá en el año de 1941
2.	Fotografía numero 73 tomada en el vuelo C382 a una escala 1:25.000, donde se observa el municipio de Fusagasugá en el año 1951
3.	Fotografía numero 44 tomada en el vuelo C2342 a una escala 1: 34.800, donde se observa el municipio de Fusagasugá en el año 1988
4.	Fotografía numero 48 tomada en el vuelo C2584 a una escala 1:28.650, donde se observa el municipio de Fusagasugá en el año 1996
5.	Ortofotomosaico del municipio de Fusagasugá en el año 2010 a una escala 1:10.000
6.	Shapefile de quebradas activas del municipio de Fusagasugá (año 2010)

**Tabla 6:** Descripción de los insumos a trabajar para dar cumplimiento a los resultados esperados en el proyecto.

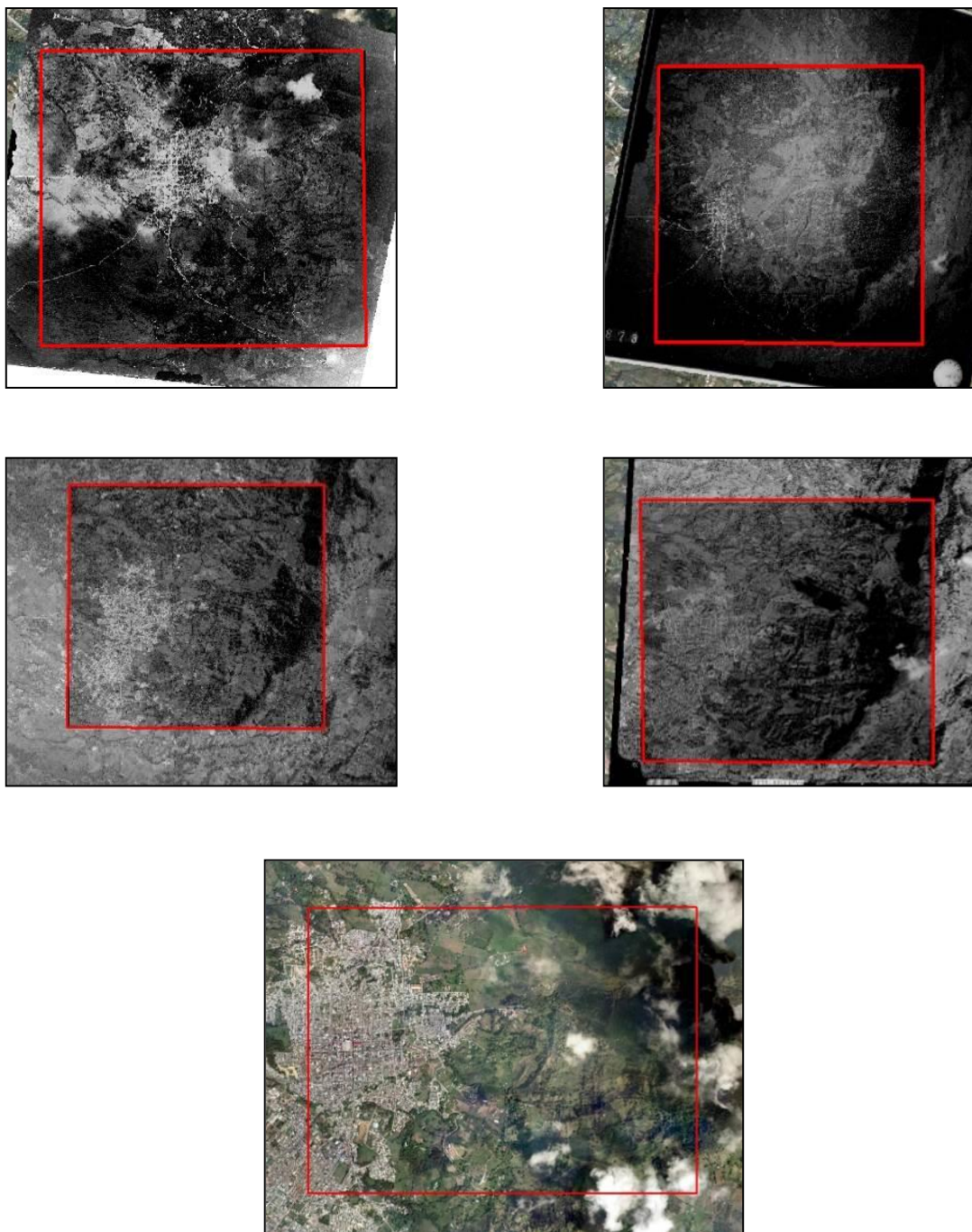
**Proceso 2:** Georreferenciación de las fotografías aéreas se manejaron con el sistema de referencia “MAGNA\_Colombia\_Bogota”, la transformación aplicada a las fotografías fue la “projective transformation”, también se tuvo en cuenta la suma cuadrática media (RMS), dicho valor describe el grado de coherencia de la transformación entre los distintos puntos de control (Esri, s.f.), este se manejó teniendo en cuenta la resolución No. 64 de 1994 suscrita por el I. G. A. C establece la precisión final de un mapa, así:

- - En planimetría el 90% de los puntos deben estar dentro de 0.5 mm. por Em.
- - En altimetría el 90% de los puntos deben estar dentro de ½ intervalo de curva
- **Proceso 3:** Delimitar el área de estudio y seleccionar los drenajes activos que fluyen en la zona de interés, acuerdo con la calidad de la información existente en cuanto a fotografías aéreas. Se tomó la parte oriental del municipio de Fusagasugá esta comprende aproximadamente 788 Ha y abarca las veredas Saucos, Pekín y la Palma, puesto que es la zona del municipio más vulnerable a fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales debido a que se presenta mayor tasa de deforestación en zonas de influencia a los drenajes activos Los Curos, La Parroquia, Pekín y Coburgo, como consecuencia de usos agrícolas, ganaderos o bien sea para uso residencial.



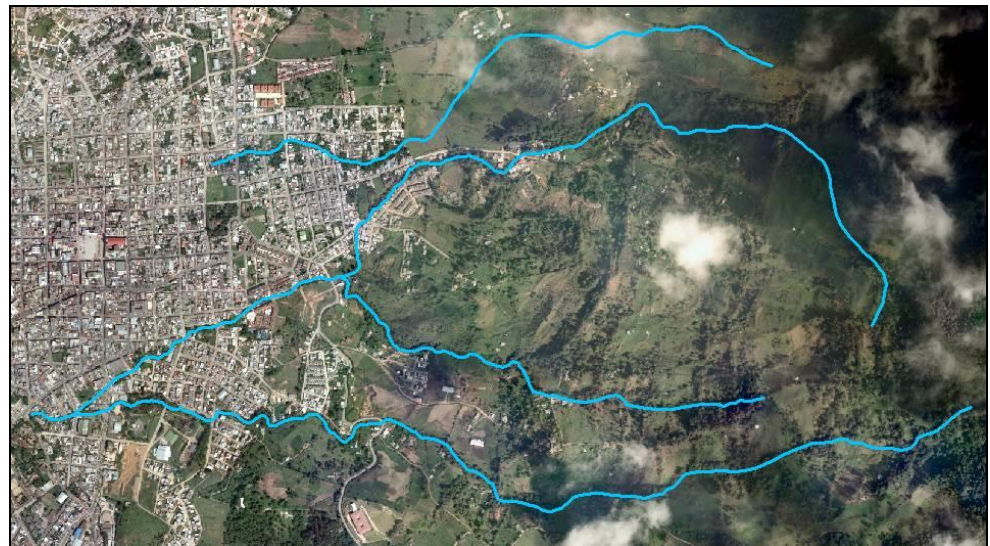
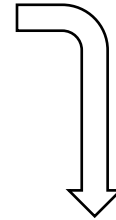
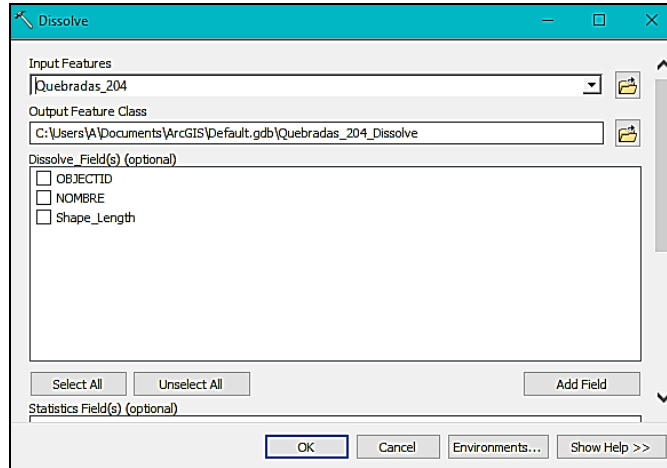
**Imagen 4:** Área de estudio y cuencas hidrográficas activas que fluyen por la parte oriental del municipio de Fusagasugá

- **Proceso 4:** Se realizó el recorte a las fotografías según la zona de estudio que se delimitó para la realización del análisis creando un Shapefile “**Mascara**” que sirviera como límite para realizar el recorte.



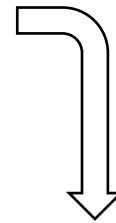
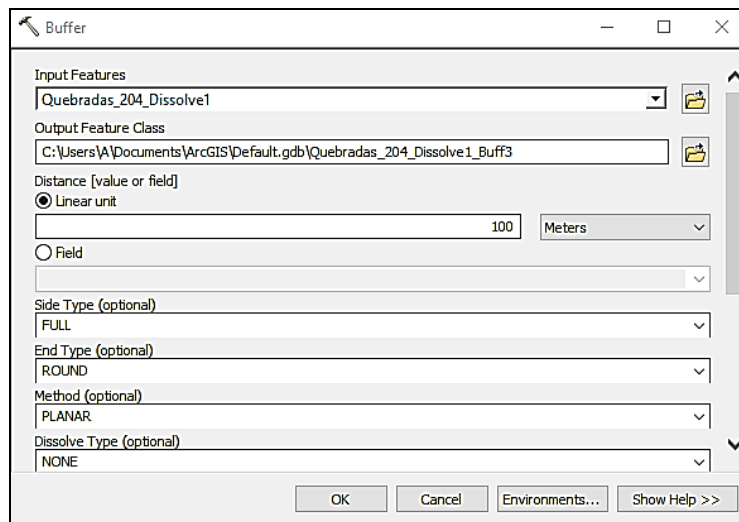
**Imagen 5:** Recorte de la zona de estudio a las diferentes fotografías

- **Proceso 5:** Se realizó un “Dissolve” al Shapefile de las quebradas activas en la zona de estudio, lo cual consiste en crear una nueva cobertura mediante la fusión de regiones, líneas o polígonos adyacentes con el mismo valor para un elemento especificado y así volverlas una sola entidad (Esri, ArcMap, s.f.).



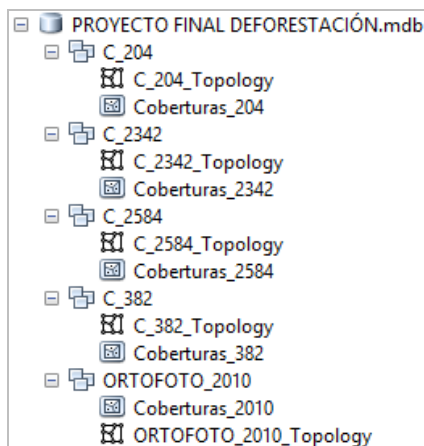
**Imagen 6:** Dissolve Shapefile Quebradas

- **Proceso 6:** Se realizó un “Buffer” de 100 metros y aproximadamente 216 Ha al “Dissolve” creado anteriormente, se trabajaron 100 mts debido a que la ronda hidráulica que se debe mantener a los cauces activos es de 30 mts, de igual modo se dejaron 70 mts como zona de amortiguación, la línea roja delimita el área donde se identificaron los tipos de cobertura, ya sean bosques, pastos limpios, zona urbana, entre otros.



**Imagen 7:** Resultado del buffer de 100 Metros el cual abarca aproximadamente 216 Ha

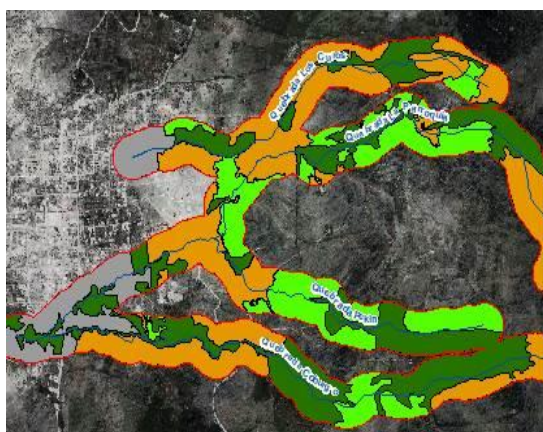
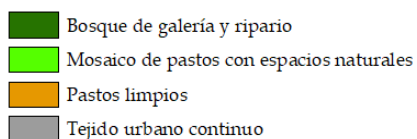
- **Proceso 7:** Creación de una “**Personal Geodatabase**” la cual se generó para tener de manera organizada la información que se recopiló en relación con el tipo de cobertura que se identificaba en las fotografías, esta quedo organizada de la siguiente manera:



**Imagen 8:** Personal Geodatabase

- **Proceso 9:** Se realizó la digitalización de las fotografías aplicando la metodología “*Corine Land Cover*”, donde se identificó el nivel 3 de detalle, posterior a ello se le asignaba el nombre en la tabla de atributos teniendo en cuenta el tipo de nivel.

➤ **Fotografía año 1941:**

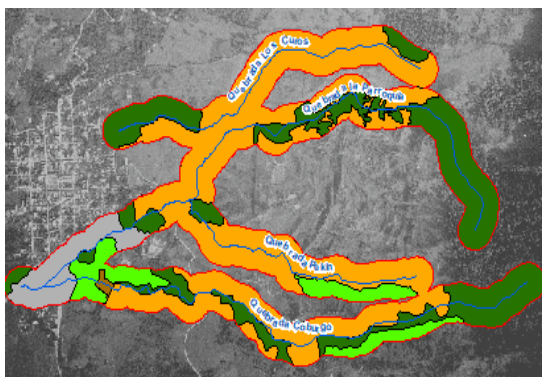


OBJECTID_1 *	Shape *	OBJECTID	TIPO_COBER
10	Polygon	14	Bosque de galería y ripario
29	Polygon	40	Bosque de galería y ripario
14	Polygon	19	Bosque de galería y ripario
13	Polygon	18	Bosque de galería y ripario
12	Polygon	17	Bosque de galería y ripario
1	Polygon	3	Bosque de galería y ripario
11	Polygon	16	Bosque de galería y ripario
9	Polygon	13	Bosque de galería y ripario
8	Polygon	12	Bosque de galería y ripario
7	Polygon	11	Bosque de galería y ripario
6	Polygon	10	Bosque de galería y ripario
5	Polygon	8	Bosque de galería y ripario
4	Polygon	7	Bosque de galería y ripario
3	Polygon	6	Bosque de galería y ripario
2	Polygon	4	Bosque de galería y ripario
42	Polygon	57	Mosaico de pastos con espacios naturales
26	Polygon	37	Mosaico de pastos con espacios naturales
34	Polygon	45	Mosaico de pastos con espacios naturales
47	Polygon	62	Mosaico de pastos con espacios naturales

**Imagen 9:** Digitalización de coberturas fotografía año 1941

➤ **Fotografía año 1951:**

- Bosque de galería y ripario
- Mosaico de pastos con espacios naturales
- Pastos Limpios
- Tejido urbano continuo
- Tejido urbano discontinuo

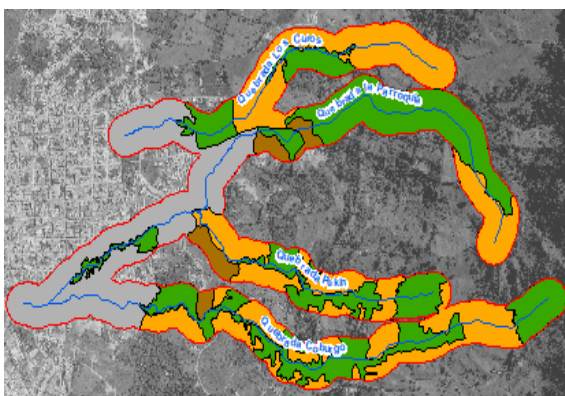


OBJECTID *	Shape *	TIPO_COBERTURA
1	Polygon	Pastos Limpios
2	Polygon	Bosque de galería y ripario
3	Polygon	Bosque de galería y ripario
4	Polygon	Bosque de galería y ripario
5	Polygon	Bosque de galería y ripario
6	Polygon	Pastos Limpios
7	Polygon	Pastos Limpios
8	Polygon	Pastos Limpios
9	Polygon	Pastos Limpios
10	Polygon	Bosque de galería y ripario
11	Polygon	Tejido urbano continuo
12	Polygon	Bosque de galería y ripario
13	Polygon	Bosque de galería y ripario
14	Polygon	Bosque de galería y ripario
15	Polygon	Bosque de galería y ripario
16	Polygon	Bosque de galería y ripario
17	Polygon	Tejido urbano discontinuo
18	Polygon	Pastos Limpios

Imagen 10: Digitalización de coberturas fotografía año 1951

➤ **Fotografía año 1988:**

- Bosque de galería y ripario
- Pastos limpios
- Tejido urbano continuo
- Tejido urbano discontinuo

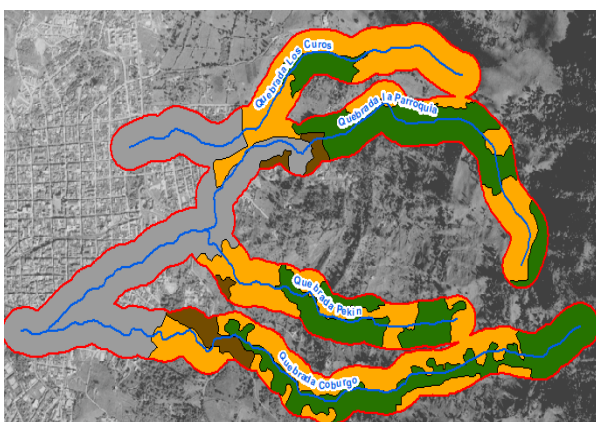


OBJECTID *	Shape *	TIPO_COBERTURA
4	Polygon	Bosque de galería y ripario
5	Polygon	Bosque de galería y ripario
6	Polygon	Bosque de galería y ripario
7	Polygon	Bosque de galería y ripario
8	Polygon	Bosque de galería y ripario
9	Polygon	Pastos limpios
10	Polygon	Tejido urbano continuo
11	Polygon	Bosque de galería y ripario
12	Polygon	Tejido urbano discontinuo
13	Polygon	Bosque de galería y ripario
14	Polygon	Tejido urbano discontinuo
15	Polygon	Pastos limpios
16	Polygon	Pastos limpios
17	Polygon	Bosque de galería y ripario
18	Polygon	Tejido urbano discontinuo
19	Polygon	Bosque de galería y ripario
20	Polygon	Bosque de galería y ripario

Imagen 11: Digitalización de coberturas fotografía año 1988

➤ **Fotografía año 1996:**

- Bosque de galería y ripario
- Pastos limpios
- Tejido urbano continuo
- Tejido urbano discontinuo

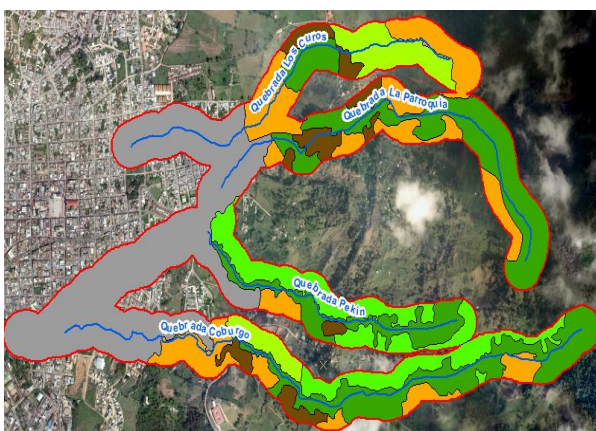


OBJECTID *	Shape *	TIPO_COBER
10	Polygon	Bosque de galería y ripario
2	Polygon	Bosque de galería y ripario
4	Polygon	Bosque de galería y ripario
15	Polygon	Bosque de galería y ripario
7	Polygon	Bosque de galería y ripario
9	Polygon	Bosque de galería y ripario
3	Polygon	Pastos limpios
5	Polygon	Pastos limpios
6	Polygon	Pastos limpios
8	Polygon	Pastos limpios
12	Polygon	Pastos limpios
22	Polygon	Pastos limpios
13	Polygon	Pastos limpios
16	Polygon	Pastos limpios
19	Polygon	Pastos limpios
20	Polygon	Pastos limpios
11	Polygon	Pastos limpios
1	Polygon	Tejido urbano continuo

Imagen 12: Digitalización de coberturas fotografía año 1996

➤ **Fotografía año 2010:**

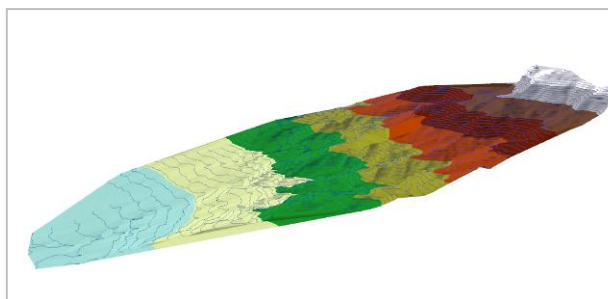
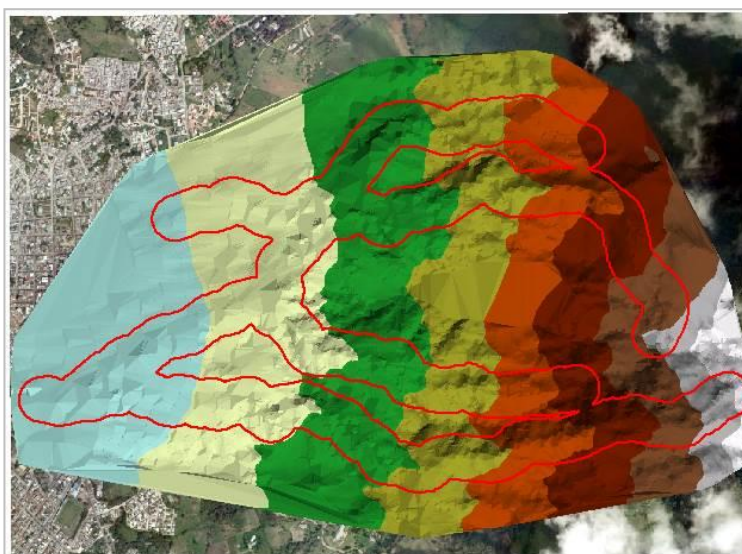
- Bosque de galería y ripario
- Mosaico de cultivos
- Mosaico de pastos con espacios naturales
- Pastos limpios
- Tejido urbano continuo
- Tejido urbano discontinuo



OBJECTID *	Shape *	Id	TIPO_COBER
25	Polygon	0	Bosque de galería y ripario
4	Polygon	0	Bosque de galería y ripario
18	Polygon	0	Bosque de galería y ripario
10	Polygon	0	Bosque de galería y ripario
12	Polygon	0	Bosque de galería y ripario
16	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
28	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
27	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
26	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
23	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
22	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
21	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
1	Polygon	0	Mosaico de pastos con espacios naturales
2	Polygon	0	Pastos limpios
6	Polygon	0	Pastos limpios
14	Polygon	0	Pastos limpios
19	Polygon	0	Pastos limpios
20	Polygon	0	Pastos limpios
29	Polygon	0	Tejido urbano continuo
13	Polygon	0	Tejido urbano discontinuo

Imagen 13: Digitalización de coberturas fotografía año 2010

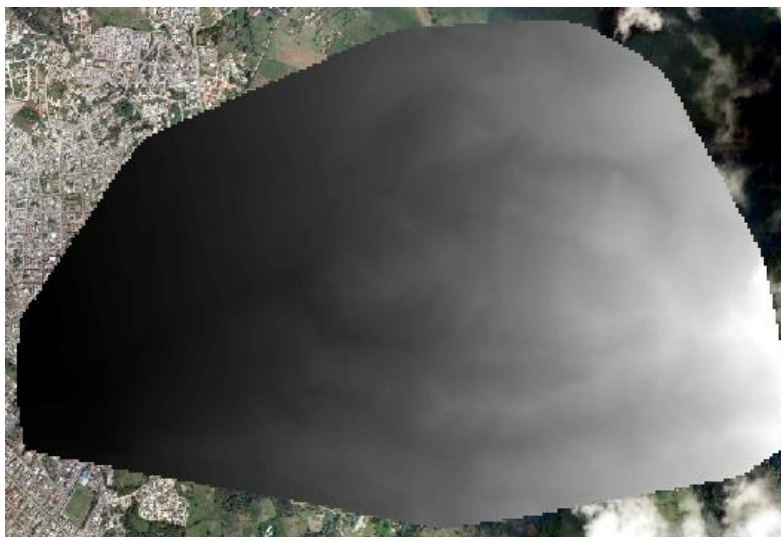
- **Proceso 10:** Se cargan las curvas de nivel para definir un modelo de pendiente, donde posteriormente se generó un TIN el cual es un medio digital que permite representar la morfología de la superficie.



**Imagen 14:** Resultado TIN generado a partir de curvas de nivel

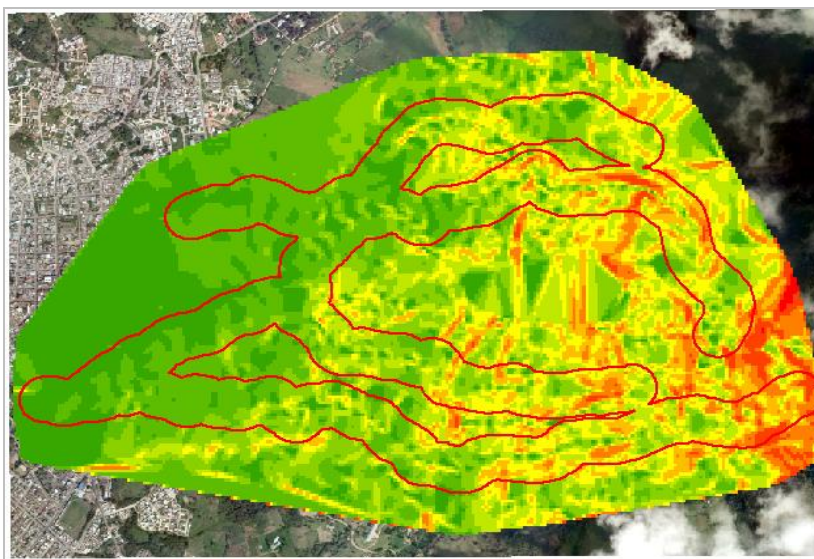


- Teniendo el TIN generado se procedió a convertirlo en tipo ráster, para así poder generar el modelo de pendientes:



**Imagen 15:** Conversión TIN-Ráster

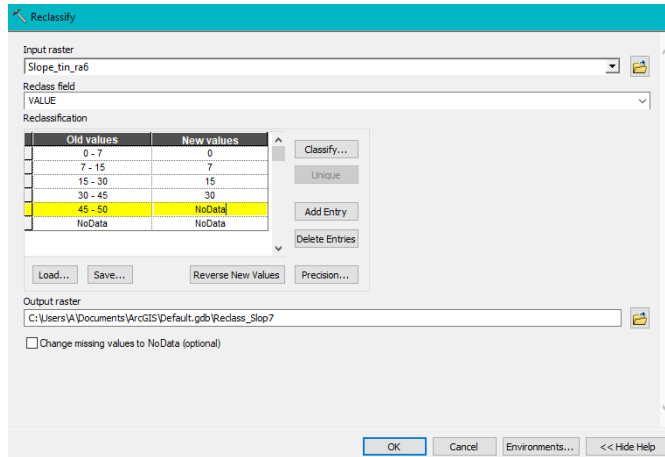
- **SLOPE:** Permite identificar el cambio de elevación, para poder generar la clasificación o categorización de pendientes, ya que las partes más vulnerables son las que se encuentran en partes altas, es por esto por lo que los residentes allí serían los más afectados a presentar algún fenómeno.



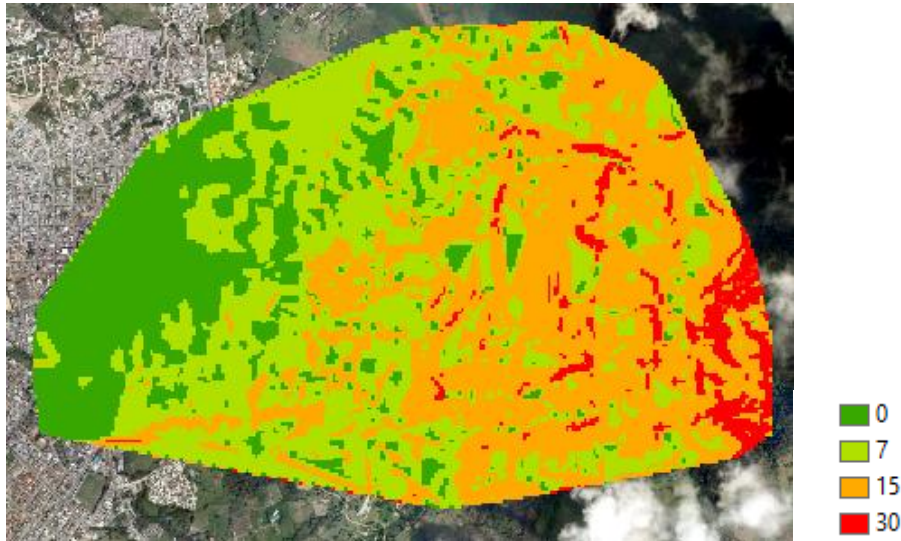
**Imagen 16:** Resultado SLOPE



- Clasificar el nivel de pendientes: Se realizo la reclasificación de los niveles de pendiente donde se definieron 5 rangos para la pendiente: de  $0^{\circ}$  a  $7^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$  a  $15^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  a  $45^{\circ}$  y por último  $> 45^{\circ}$  (IGAC, 2010).

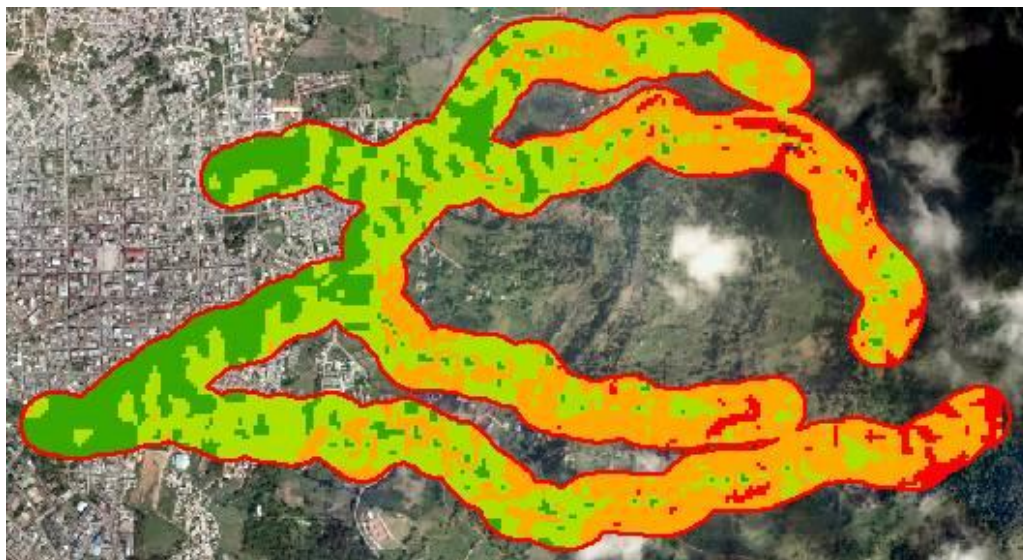


**Imagen 17:** Reclasificación de pendientes (IGAC, 2010)



**Imagen 18:** Resultado clasificación pendientes

- Se realizo un clip del ráster de pendiente teniendo como mascara el límite que se está trabajando (Buffer de 100m)

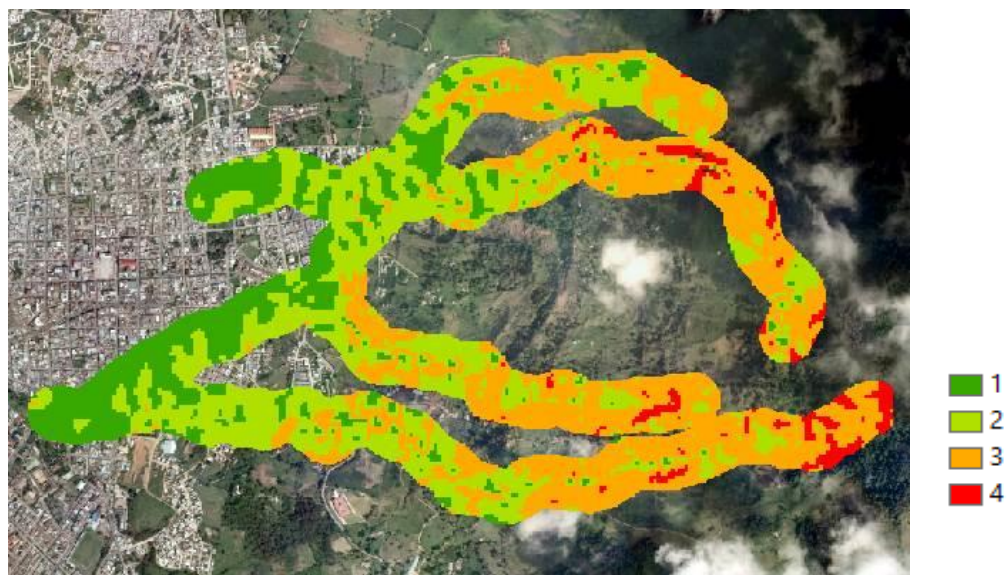


**Imagen 19:** Resultado recorte pendiente según zona de estudio

- **Proceso 11:** Se realizo una reclasificación al modelo de pendientes, donde se le asigno un peso a cada uno de los rangos clasificados (**Tabla 3**) (IGAC, 2010).

RANGO	PESO
0° - 7°	1
7° - 15°	2
15° - 30°	3
30° - 45°	4

**Tabla 7:** Asignación de peso a los rangos de pendientes (IGAC, 2010).



**Imagen 20:** Resultado reclasificación con la asignación de peso a los rangos de pendiente teniendo en cuenta el peso asignado (Tabla 7)

- Se convierte el Shapefile de coberturas del año 2010 a tipo ráster, para así poder realizar la suma algebraica.



**Imagen 21:** Shapefile de coberturas convertidas en ráster



- Se realizó una reclasificación al ráster de coberturas que se identificaron en la zona de estudio, donde se le asignó un peso a cada tipo de cobertura (**Tabla 8**).

TIPO DE COBERTURA	DESCRIPCIÓN	PESO
<b>Bosque de galería y ripario</b>	Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales.	<b>1</b>
<b>Tejido urbano continuo</b>	Son espacios conformados y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno.	<b>1</b>
<b>Tejido urbano discontinuo</b>	Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.	<b>1</b>
<b>Mosaico de pastos con espacios naturales</b>	Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales.	<b>3</b>
<b>Pastos limpios</b>	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios.	<b>3</b>
<b>Mosaico de cultivos</b>	Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes.	<b>4</b>

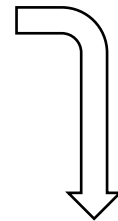
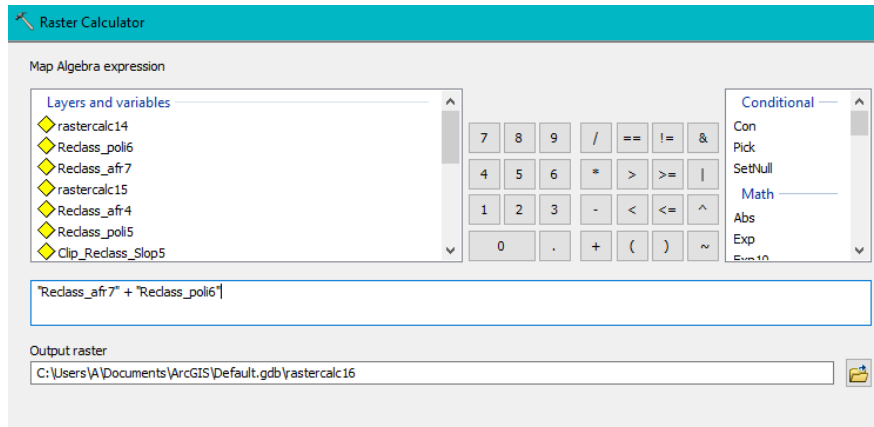
**Tabla 8:** Descripción y asignación de peso a los tipos de cobertura presentes en la zona de estudio ((IDEAM, Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para, 2010) (IGAC, 2010).

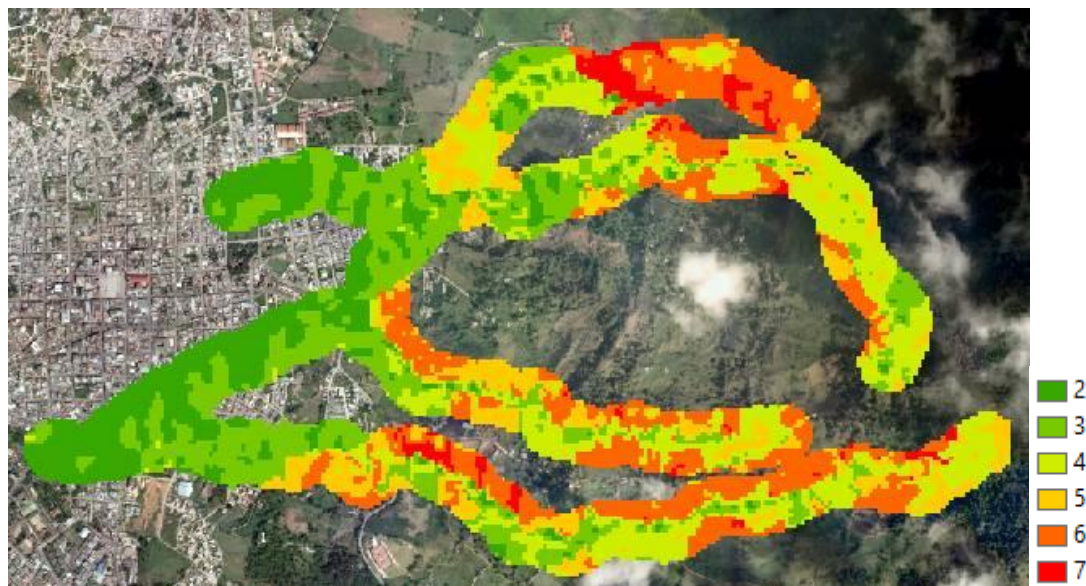


- Tejido urbano discontinuo/Bosque de galería y ripario/Tejido urbano continuo
- Pastos limpios/Mosaico de pastos con espacios naturales
- Mosaico de cultivos

**Imagen 22:** Resultado reclasificación con la asignación de peso a los tipos de coberturas

- **Proceso 12:** Se realizo la sumatoria algebraica de las dos reclasificaciones el de pendientes y tipos de coberturas aplicando el algebra de mapas:





**Imagen 23:** Resultado algebra de mapas ráster de pendientes y tipo de cobertura, dando como resultado el mapa de susceptibilidad.

- Se genero un mapa con valores comprendidos entre 2 y 7 puntos los cuales se agruparon en máximos, intermedios y mínimos dando como resultado una escala cualitativa de grado alto, medio y bajo de susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales (**Tabla 9**).

SUSCEPTIBILIDAD	SUMATORIA (Pendiente + Tipo De Cobertura)
<b>Baja</b>	<b>2 a 3</b>
<b>Media</b>	<b>4 a 5</b>
<b>Alta</b>	<b>6 a 7</b>

**Tabla 9:** Escala cuantitativa de susceptibilidad resultado de la sumatoria de los valores de los dos componentes.



## 9. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con el análisis realizado en zonas asociada a las cuencas activas que discurren por la margen oriental del casco urbano del municipio de Fusagasugá.

**AÑO 1941:** Para el año 1941 se realizó la cuantificación de 216, 1 Ha aproximadamente, donde se observó que el 41% (89 Ha) pertenecía a bosque de galería y ripario, 20% (43Ha) pertenecía a mosaicos de pastos, 32% (69 Ha) pertenecía a pastos limpios, y por último el 6% (13Ha) pertenecía a tejido urbano continuo, por lo tanto, se llega a la conclusión de que los bosques de galería y ripario eran la cobertura que mayor porcentaje ocupaba en la zona para ese año seguido de los pastos limpios.

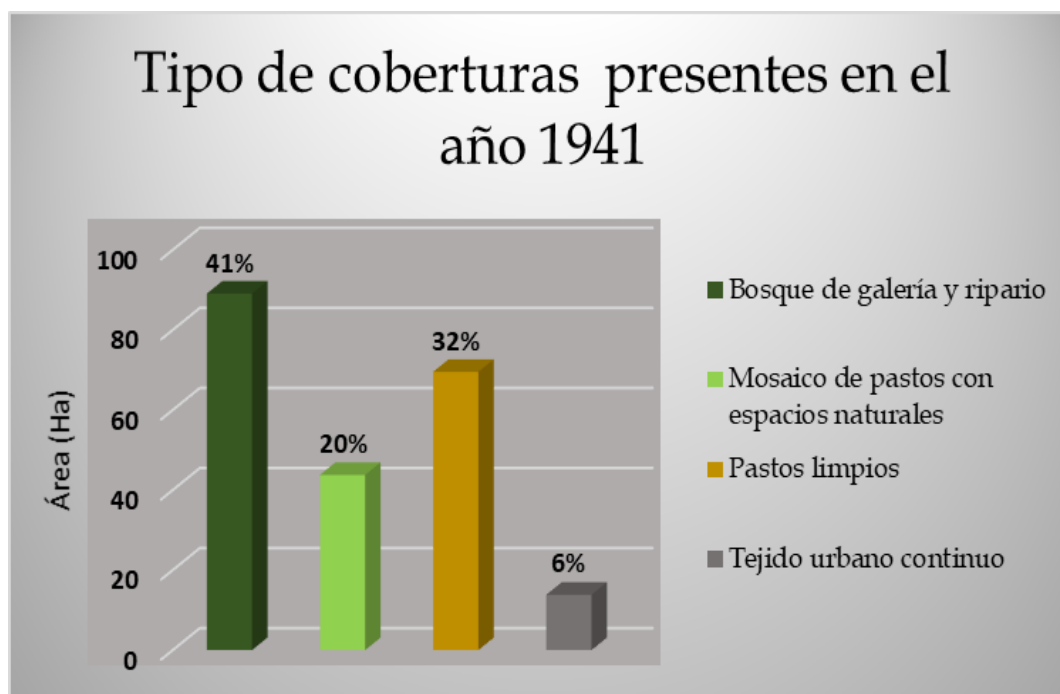
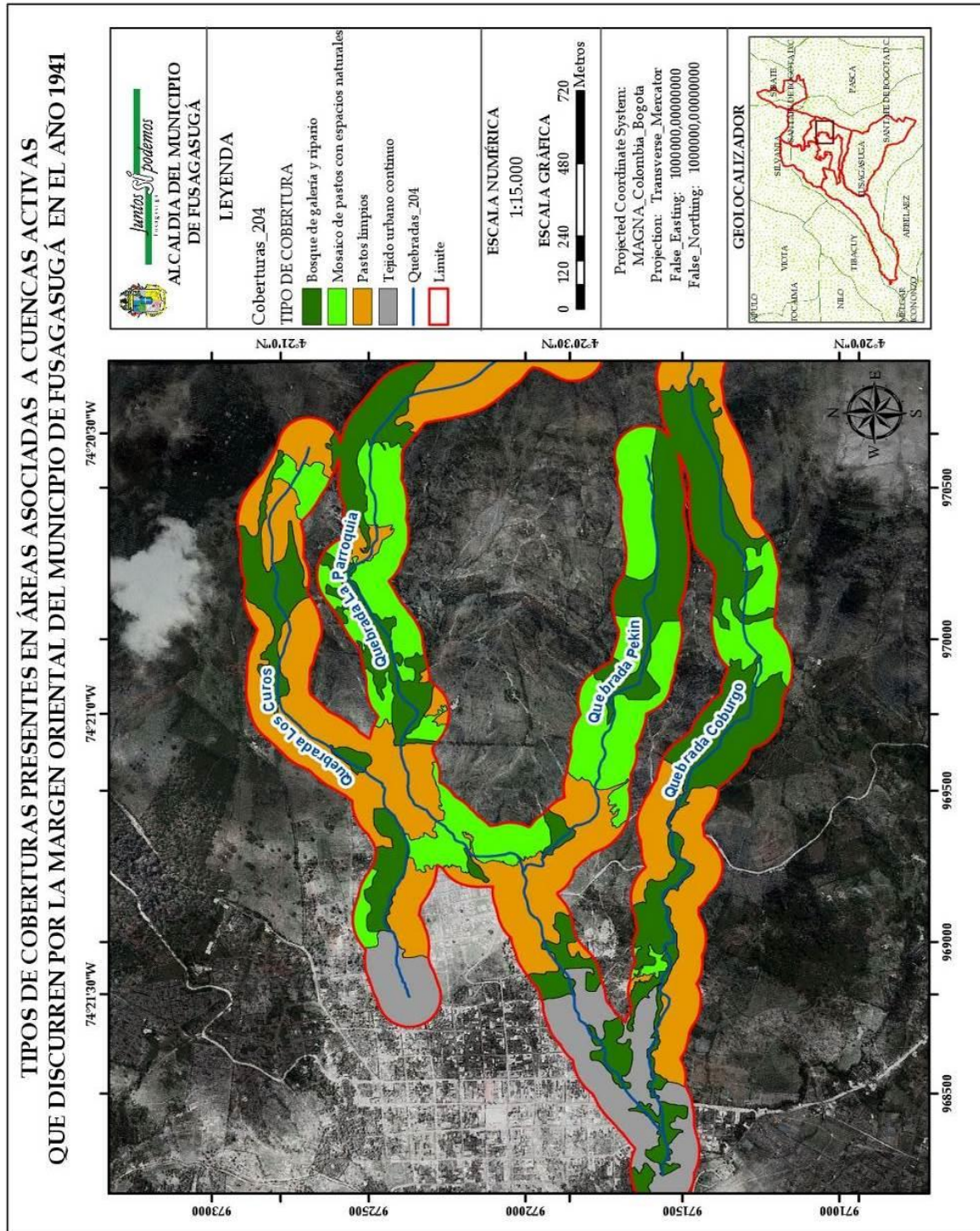


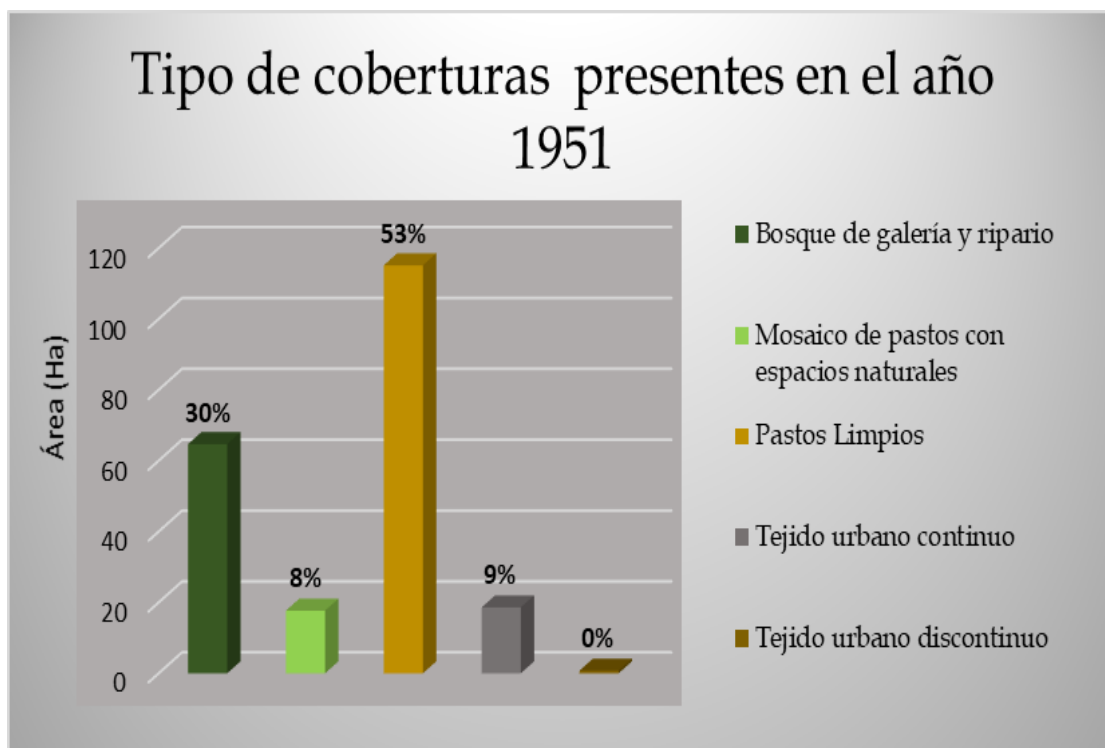
Diagrama 1: Tipo de coberturas presentes en el año 1941



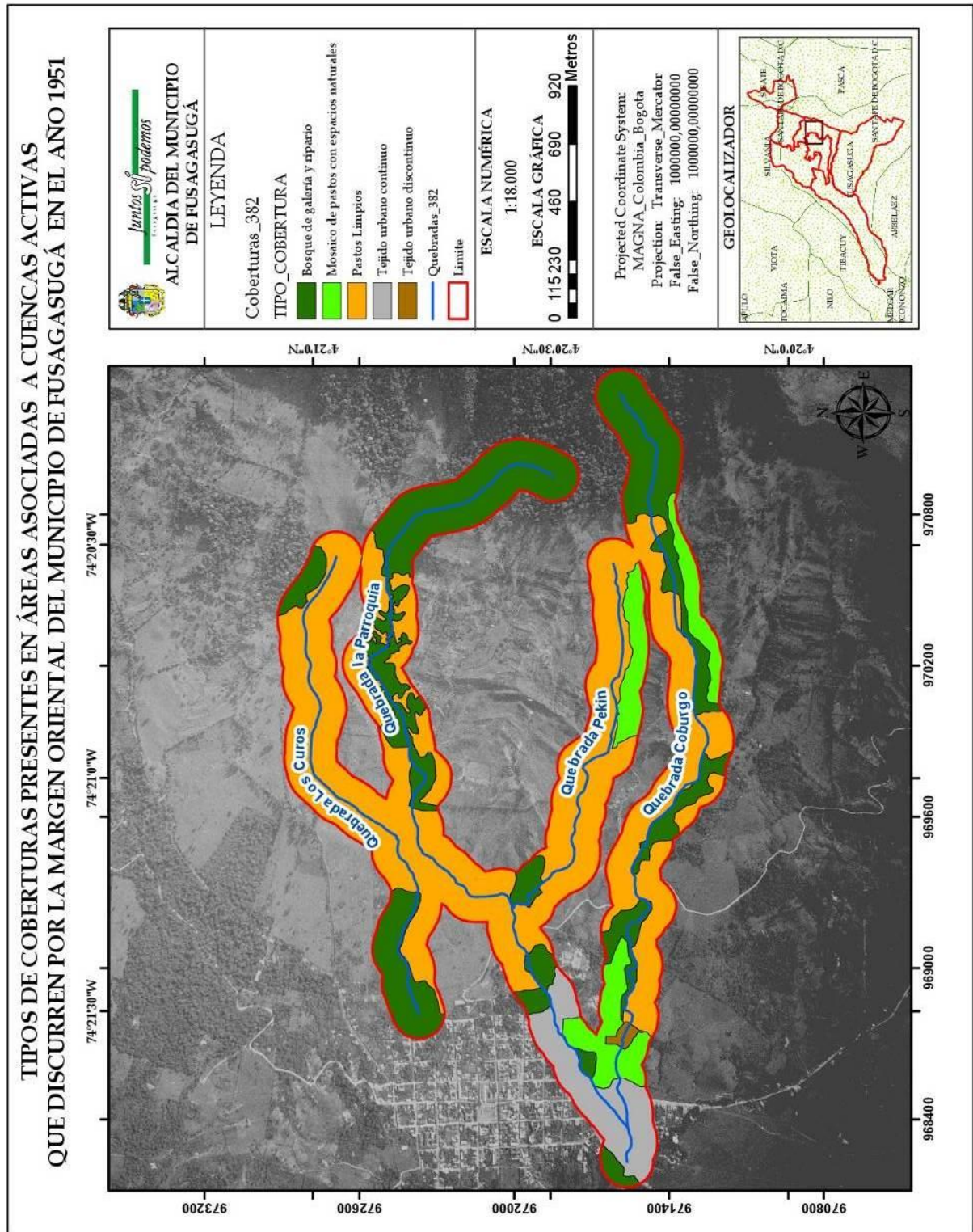
Mapa 2: Tipos de coberturas presentes en el año 1941



**AÑO 1951:** Para el año 1951 se cuantificaron 216,808 Ha, donde se observó que el 53% (115Ha) pertenecía a pastos limpios, 30% (64 Ha) pertenecía a bosque de galería y ripario, un 9% (18 Ha) pertenecía a tejido urbano continuo, 8% (17Ha) a mosaico de pastos y un 0% (0,3 Ha) pertenece a una zona mínima de tejido urbano discontinuo, por lo tanto se llega a la conclusión de que los pastos limpios eran la cobertura que más espacio ocupaba en la zona para ese año.



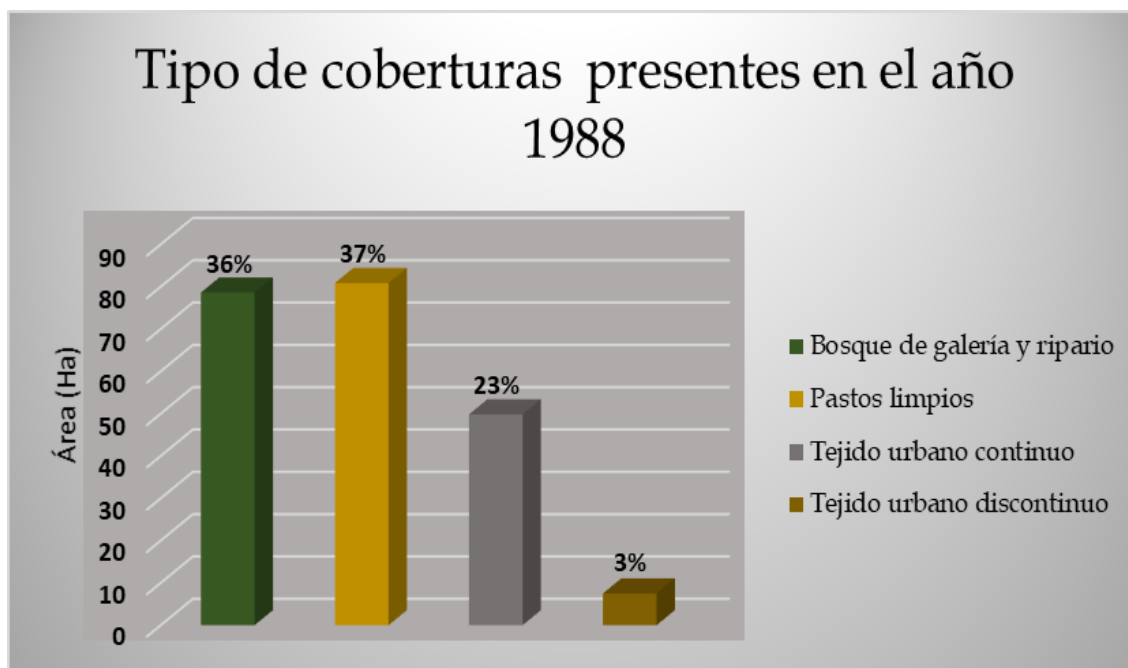
**Diagrama 2:** Tipo de Coberturas presentes en el año 1951



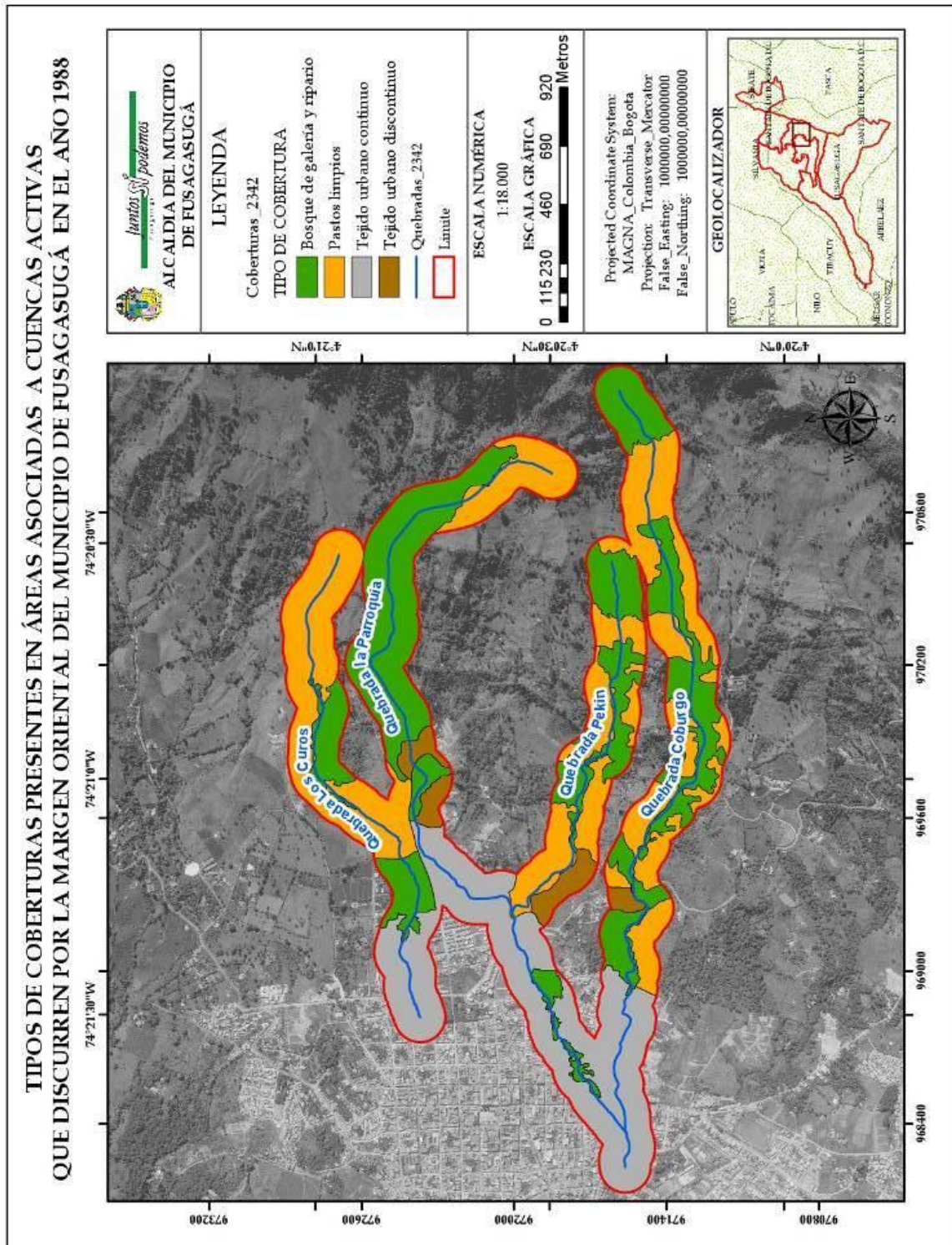
Mapa 3: Tipos de coberturas presentes en el año 1951



**AÑO 1988:** Para el año 1988 se cuantificaron 216,790 Ha, donde se observó que el 37% (80Ha) pertenecía a bosque de galería y ripario, 36% (78Ha) a pastos limpios, 23% (49Ha) a tejido urbano continuo y el 3% restante equivale a 7Ha de tejido urbano discontinuo, por lo tanto se llega a la conclusión de que los bosques de galería ocupaba la mayor parte de la zona, pero de igual manera los pastos limpios también ocupaban una parte considerable en la zona para ese año.



**Diagrama 3:** Tipo de Coberturas presentes en el año 1988



Mapa 4: Tipos de coberturas presentes en el año 1988



**AÑO 1996:** Para el año 1996 se cuantificaron 216,079 Ha, donde se observó que el 38% (81Ha) pertenecía a pastos limpios, 30% (65Ha) a bosque de galería y ripario, 28% (60Ha) a tejido urbano continuo y por último el 4% (8 Ha) a tejido urbano discontinuo, por lo tanto, se llega a la conclusión de que los pastos limpios eran la cobertura que más espacio ocupaban en la zona para ese año.

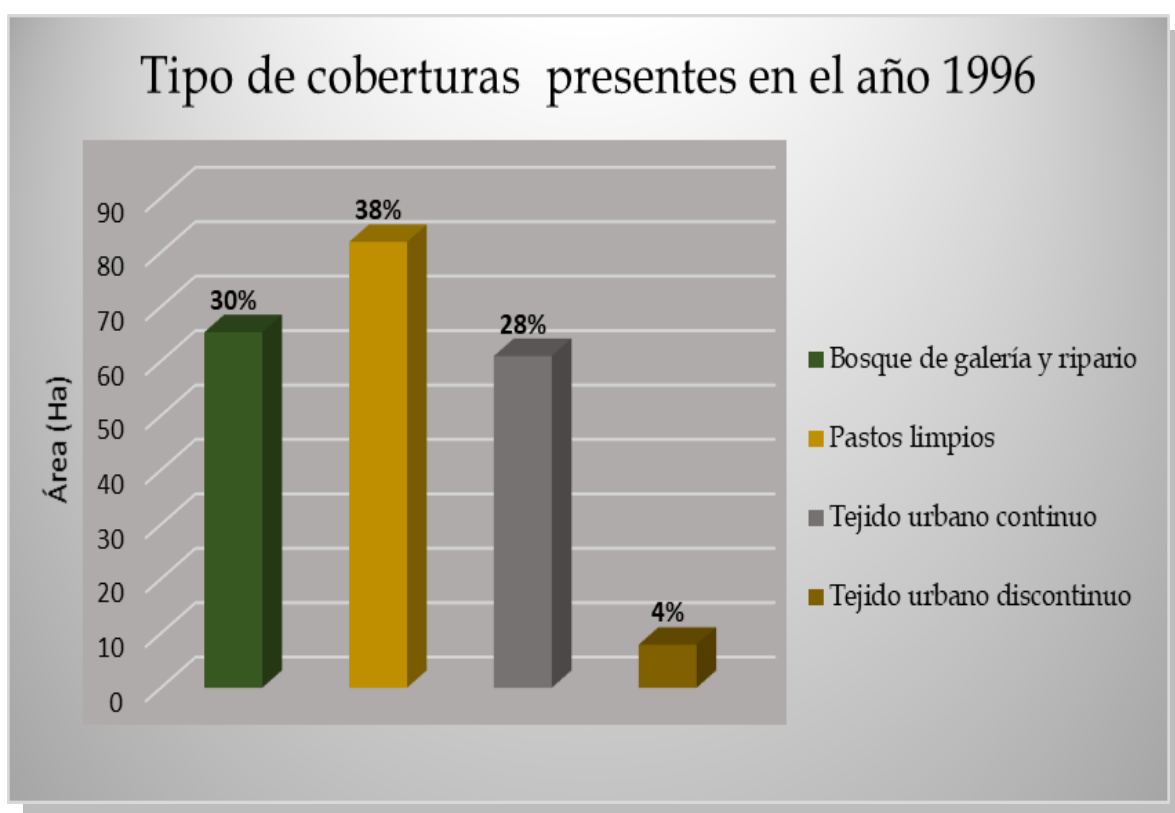
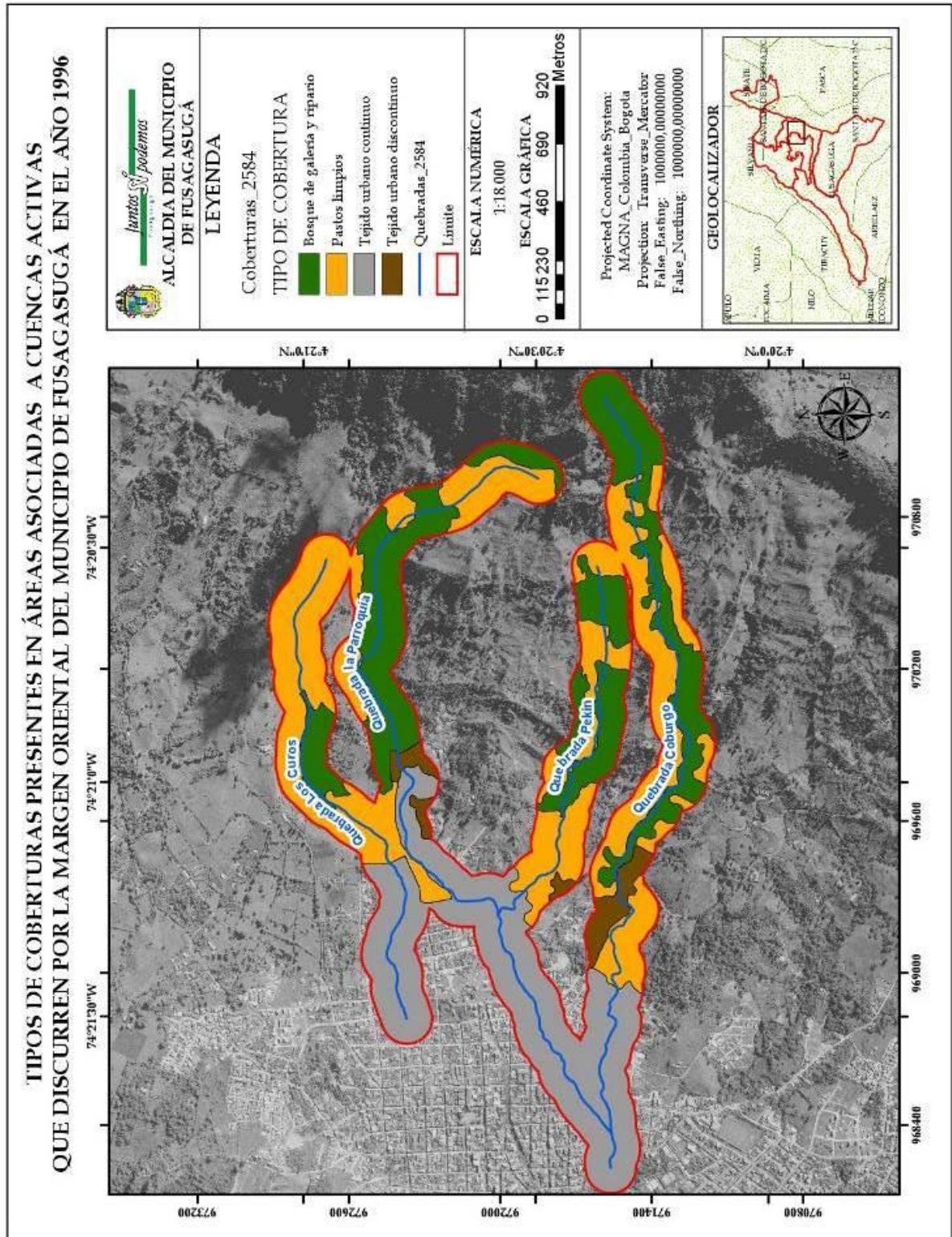


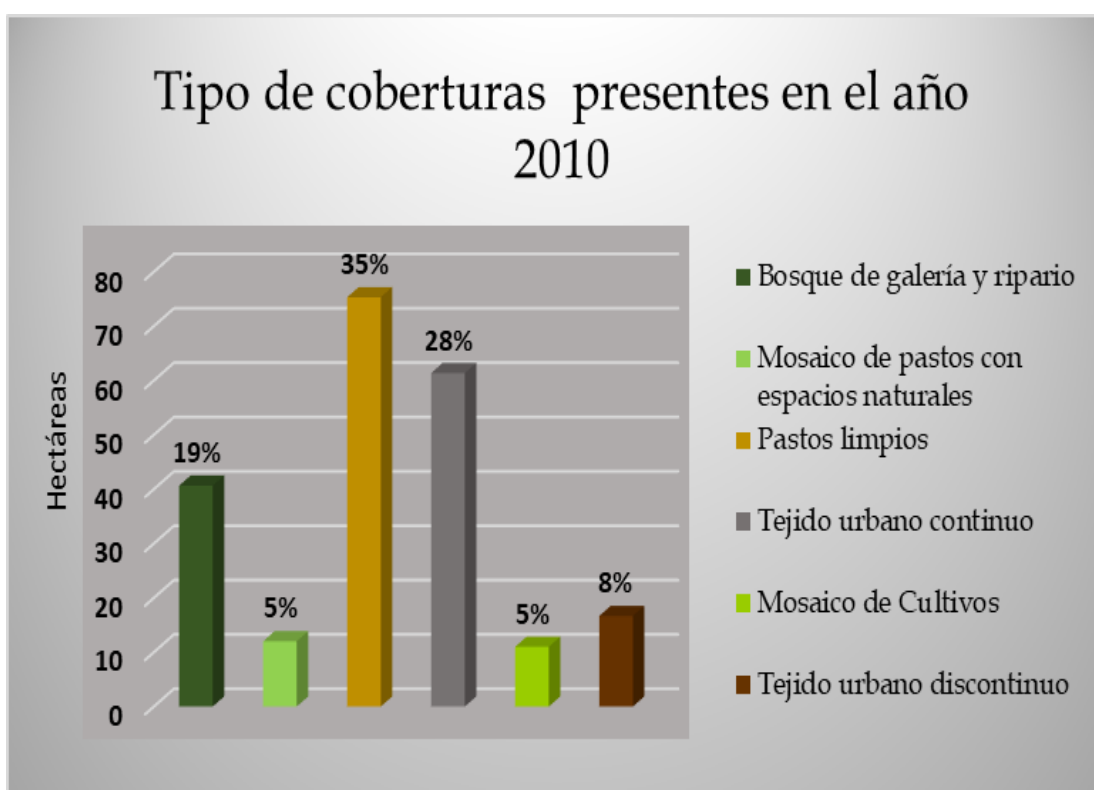
Diagrama 4: Tipo de Coberturas presentes en el año 1996



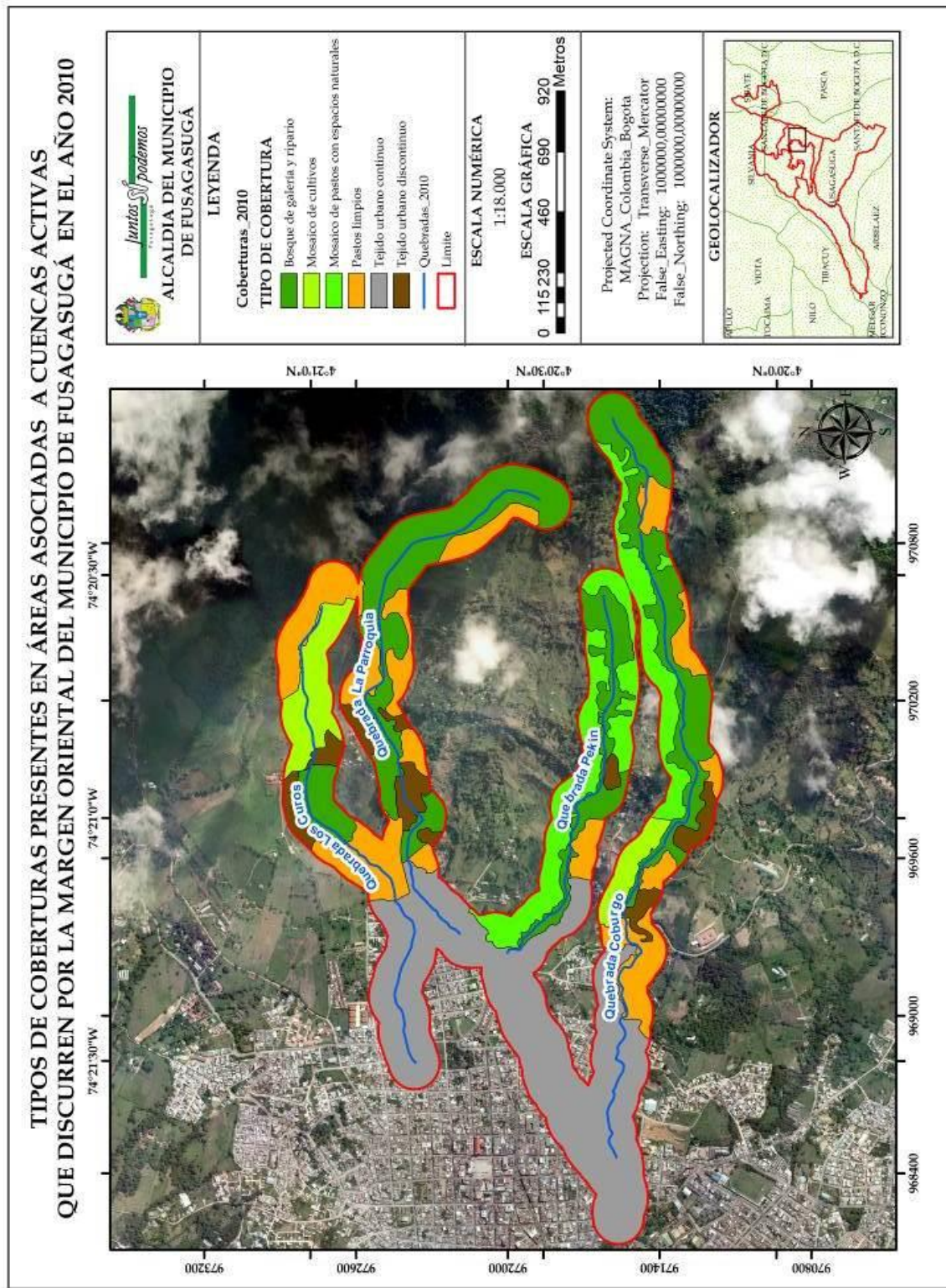
Mapa 5: Tipo de Coberturas presentes en el año 1996



**AÑO 2010:** Para el año 2010 se cuantificaron 216,726 Ha, donde se observó que el 35 % (75Ha) pertenecía a pastos limpios, 28% (61Ha) a tejido urbano continuo, 19% (40Ha) a bosque de galería y ripario, 5% (22Ha) a mosaico de pastos con espacios naturales, 8% (16 Ha) de tejido urbano discontinuo y por ultimo un 5% (22 Ha) a mosaico de cultivos, por lo tanto, se llega a la conclusión de que los pastos limpios ocupaban una gran parte de la zona para ese año.



○ **Diagrama 5:** Tipo de Coberturas presentes en el año 2010



Mapa 6: Tipo de Coberturas presentes en el año 2010



## ANÁLISIS POR TIPO DE COBERTURA

- **Bosque de galería y ripario:**

AÑO	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (Ha)
1941	Bosque de galería y ripario	89,048174
1951	Bosque de galería y ripario	64,677255
1988	Bosque de galería y ripario	78,616679
1996	Bosque de galería y ripario	65,326718
2010	Bosque de galería y ripario	40,64137

Tabla 10: Análisis por tipo de cobertura -Bosque de galería y ripario

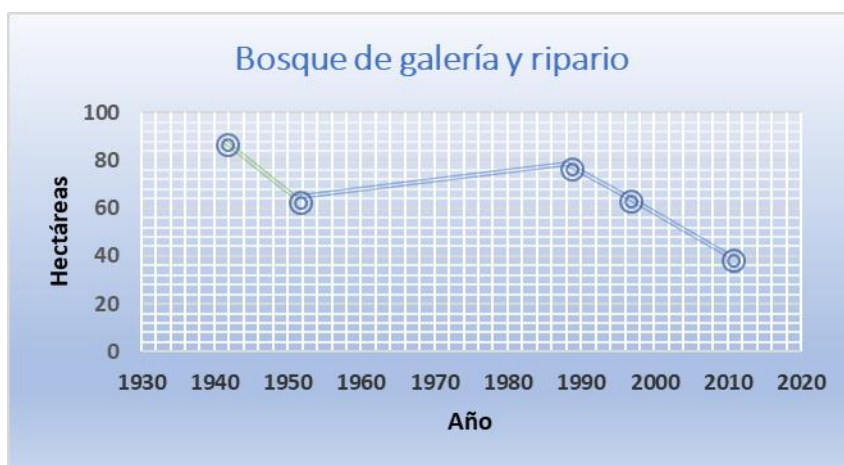


Diagrama 6: Análisis por tipo de cobertura -Bosque de galería y ripario

El análisis multitemporal realizado a la cobertura de bosque de galería y ripario muestra que para el periodo de 1941-1951 se presentó una disminución significativa la cual registró 25 Ha (11%) de pérdida en cuanto a la cobertura boscosa, , ya para el año 1988 habiendo transcurrido 37 años la cobertura presentó una tendencia de incremento la cual registro un aproximado de 14 Ha (6%) de aumento en la cobertura boscosa lo que evidencia un proceso de reforestación, para el año 1996 la cobertura presentó una disminución que registró un aproximado de 13Ha (6%) de pérdida boscosa, esto quiere decir que en ese transcurso de 8 años se presentó el fenómeno de la deforestación, 14 años después ya en el año 2010 se registró una tendencia de disminución que registró 25Ha (11%) de pérdida de cobertura boscosa, llegando a la conclusión de que en el periodo 1996- 2010 las zonas asociadas a las quebradas los Curos, Parroquia, Pekín y Coburgo



presentaron una perdida significativa de bosque de galería y ripario, por lo tanto, a esas zonas deforestadas se les dio un uso agrícola, ganadero o en su caso uso residencial.

○ **Mosaico de pastos con espacios naturales:**

AÑO	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (Ha)
1941	Mosaico de pastos con espacios naturales	43,775536
1951	Mosaico de pastos con espacios naturales	17,674405
2010	Mosaico de pastos con espacios naturales	22,741769

Tabla 11: Análisis por tipo de cobertura -Mosaico de cultivos con espacios naturales

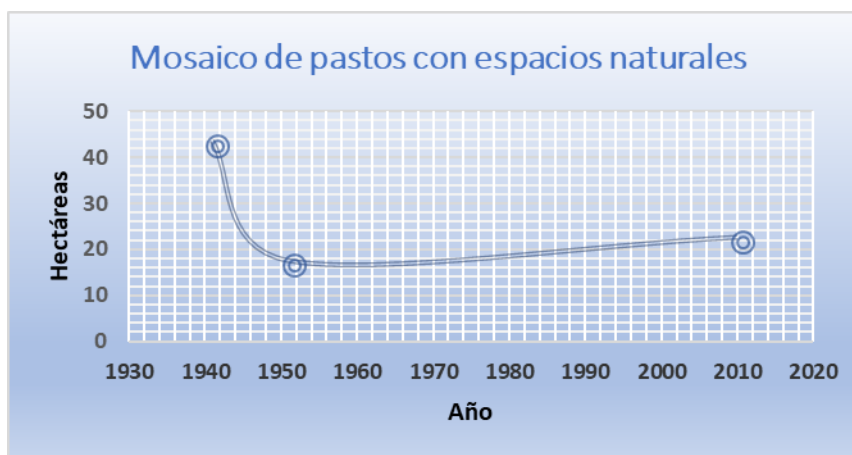


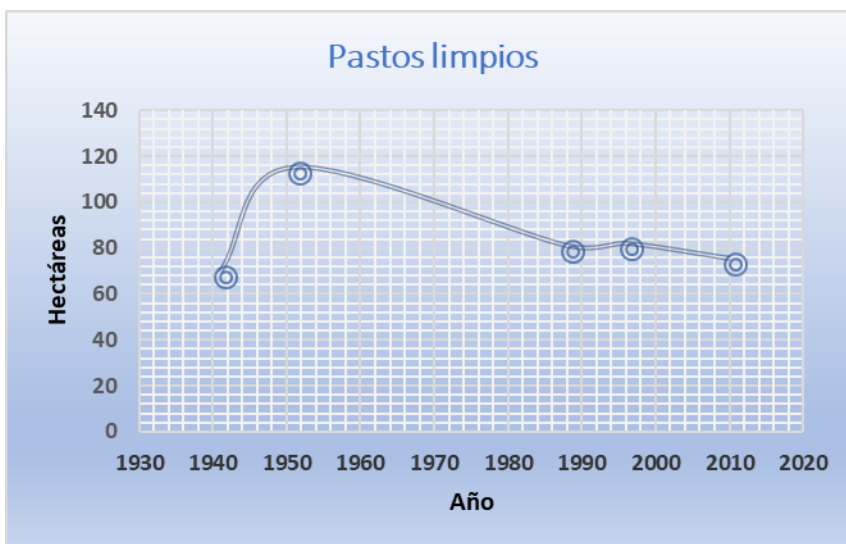
Diagrama 7: Análisis por tipo de cobertura - Mosaico de cultivos con espacios naturales

El análisis multitemporal realizado a la cobertura de mosaico de pastos muestra que para el periodo de 1941 a 1951 habiendo transcurrido 10 años se presentó una disminución aproximada de 26 Ha (12%) de esta cobertura, pasados 60 no se evidencio la presencia de mosaicos de pastos, ya sea por incrementos en otras coberturas o para darle un uso diferente al terreno, pero ya en el año 2010 se observó que la cobertura registró 22 Ha (10%).

○ **Pastos limpios:**

AÑO	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (Ha)
1941	Pastos limpios	69,509805
1951	Pastos limpios	115,120722
1988	Pastos limpios	80,860281
1996	Pastos limpios	81,897433
2010	Pastos limpios	75,308819

Tabla 12: Análisis por tipo de cobertura - Pastos limpios



**Diagrama 8:** Análisis por tipo de cobertura - Pastos limpios

El análisis multitemporal realizado a la cobertura de pastos limpios muestra que para el periodo de 1941- 1951 la cobertura presento un incremento significativo de aproximadamente 49Ha (22%), en relación a ello se puede decir que en ese transcurso de tiempo se evidencio el fenómeno de la deforestación, para el periodo 1951-1988 se observó la disminución de la cobertura que registró 35 Ha (16%), donde se pudo observar que se realizaron actividades de reforestación o en su caso para dar otro uso al suelo, para el periodo 1988-1996 se presentó el incremento de aproximadamente 1 Ha, pero ya para el año 2010 se registró una disminución de aproximadamente 7 Ha (3%), llegando a la conclusión de que en el periodo de 1951 a 2010 la cobertura de pasto limpios ha ido disminuyendo de manera significativa lo cual evidencia que se han realizado actividades de reforestación en la zona o también se les dio un uso diferente.

○ **Mosaico de cultivos:**

Para el año 2010 se observó que algunas zonas empezaron a ser de uso agrícola.

OBJECTID *	TIPO_COBER	Área (Ha)
37	Mosaico de cultivos	13,626286
1	Mosaico de cultivos	9,084441
<b>Total</b>		<b>22,710727</b>

**Tabla 13:** Análisis por tipo de cobertura - Mosaico de cultivos



○ **Tejido urbano continuo:**

AÑO	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (Ha)
1941	Tejido urbano continuo	13,822528
1951	Tejido urbano continuo	18,590184
1988	Tejido urbano continuo	48,807374
1996	Tejido urbano continuo	60,942193
2010	Tejido urbano continuo	61,365996

Tabla 14: Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano continuo

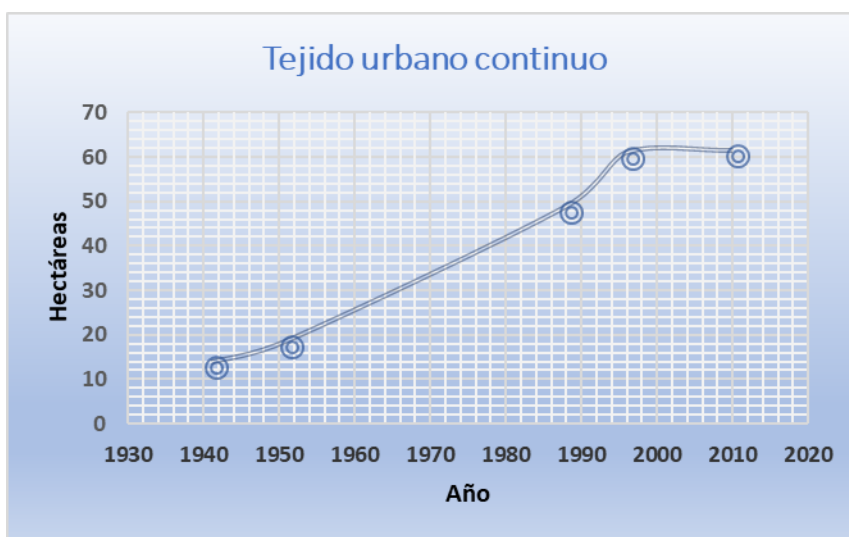


Diagrama 9: Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano Continuo

El análisis multitemporal realizado a la cobertura de tejido urbano continuo muestra que para el periodo de 1941- 1951 la zona urbana tuvo un incremento de aproximadamente 6 Ha (2%), para el periodo 1951- 1988 se vio un incremento significativo de 30 Ha (13%), para el periodo 1988- 1996 se observó un incremento de 28 Ha (12%) y para el año 2010 se vio un incremento mínimo de aproximadamente 1 Ha, llegando a la conclusión de que con el paso del tiempo el municipio ha experimentado un crecimiento considerable en cuanto a la construcción de edificaciones.



○ **Tejido urbano discontinuo:**

AÑO	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (Ha)
1951	Tejido urbano discontinuo	0,746225
1988	Tejido urbano discontinuo	7,506306
1996	Tejido urbano discontinuo	7,913315
2010	Tejido urbano discontinuo	16,668584

**Tabla 15:** Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano discontinuo



**Diagrama 10:** Análisis por tipo de cobertura - Tejido urbano discontinuo

En el análisis realizado para la cobertura de tejido urbano discontinuo, se observó que para el periodo 1951- 1988 se tuvo un incremento de aproximadamente 7 Ha (3%), la cual también se mantuvo para el año 1996 donde solo se registró un aumento de aproximadamente 0,5 Ha, ya para el año 2010 se vio un incremento considerable de aproximadamente 9Ha (4%), con ello se concluye que las viviendas que se han construido en zonas alejadas al casco urbano con el paso del tiempo han tenido un crecimiento significativo. .

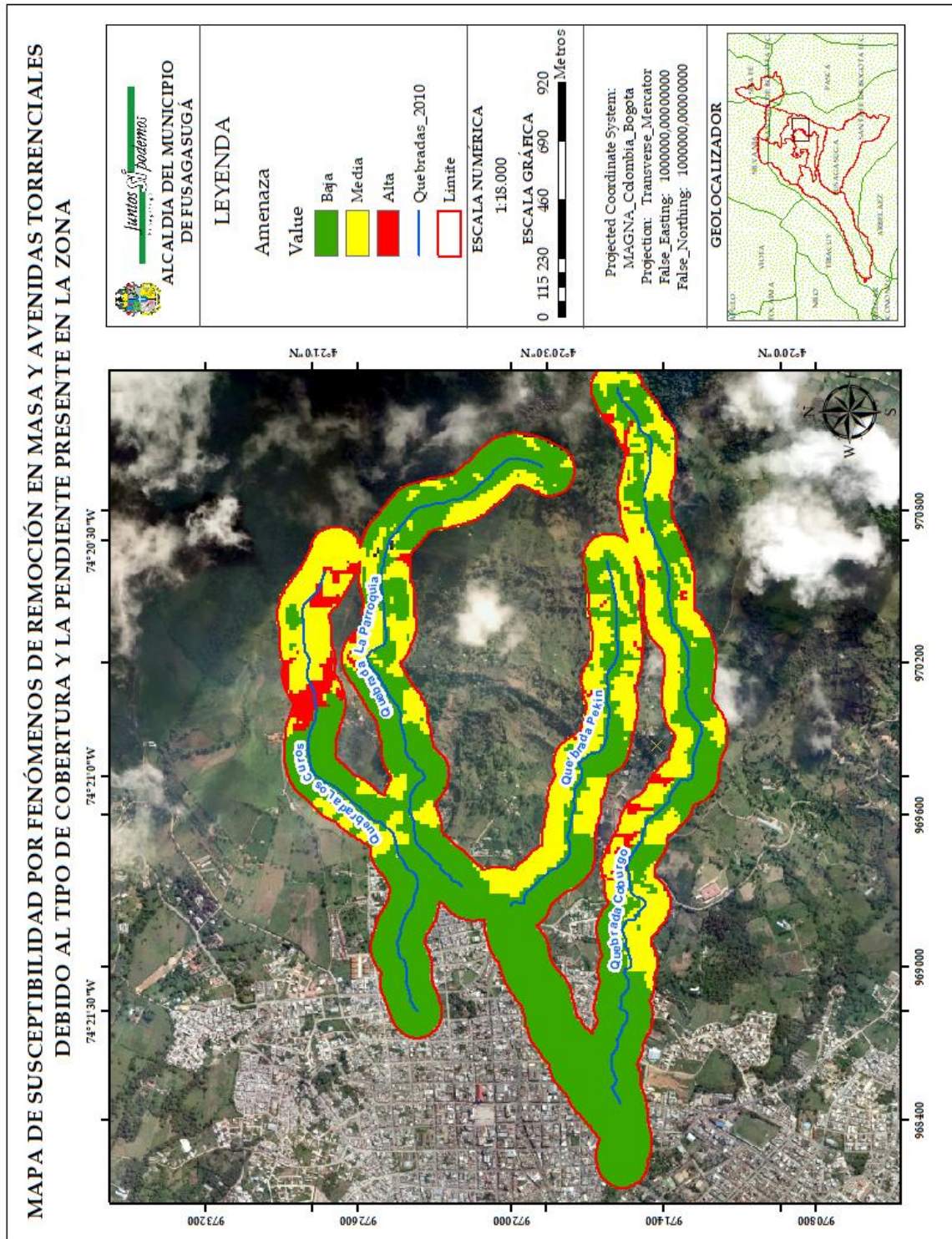


## ZONAS SUCEPTIBLES A PRESENTAR RIESGO DEBIDO A LA COBERTURA Y SU PENDIENTE

En el siguiente mapa (**Mapa 7**) se encuentra la zonificación de susceptibilidad realizada por tipo el tipo de cobertura y la pendiente en la que la zona se encuentra, dando como resultado una escala cualitativa de susceptibilidad alta, media y baja a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales.

Se destacaron las zonas que marcaron susceptibilidad alta, debido a que son las mas propensas a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales a causa de factores como los usos del suelo, debido a que a algunas zonas se les da un uso agrícola, ganadero o algunas veces para la construcción de viviendas, de igual modo se asocia la pendiente en donde estos se encuentren ubicados, ya que este es un factor importante debido a que las zonas en partes altas son más afectadas a la hora de presentar un fenómeno por remoción en masa o en su caso uno por avenida torrencial. Gracias al resultado obtenido se pudo identificar que los sectores más susceptibles se encuentran asociados a la quebrada los Curos (**Mapa 7 y 8**) en la parte alta y otros sectores asociados a la quebrada Coburgo (**Mapa 9 y 10**), ya que estos son de uso agrícolas y también zonas con poca vegetación.

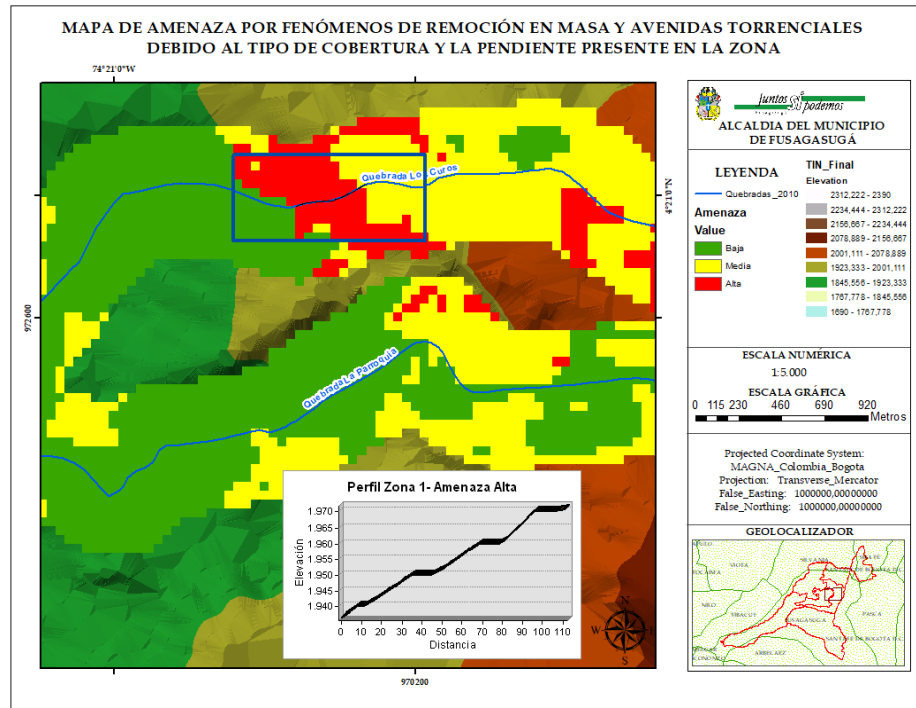
Por otro lado, cabe resaltar que el suelo tiene unos métodos de estabilidad como lo son los bosques, ya que las raíces de los árboles sirven para estabilizar las crestas de las montañas, las colinas y las pendientes de montañas, de igual modo proporcionan a los suelos el apoyo mecánico estructural necesario para impedir movimientos superficiales de tierra (FAO, 2015). Es por ello que se espera que este insumo sirva para futuras actividades de prevención a corto y mediano plazo por causa de la deforestación que se ha presentado en el municipio en los últimos años.



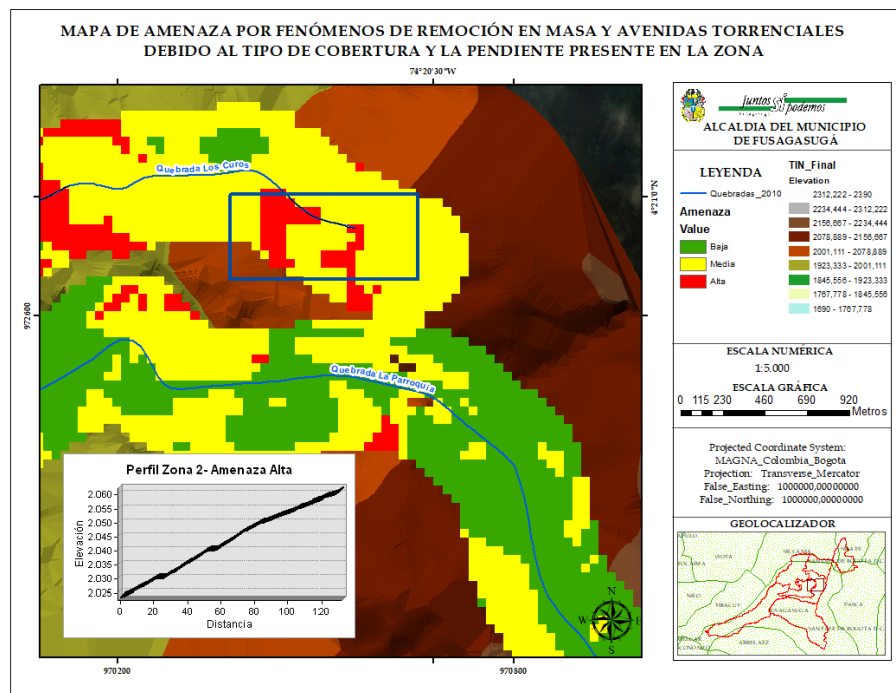
**Mapa 7:** Zonificación de susceptibilidad alta, media y baja a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales debido al tipo de cobertura y su pendiente



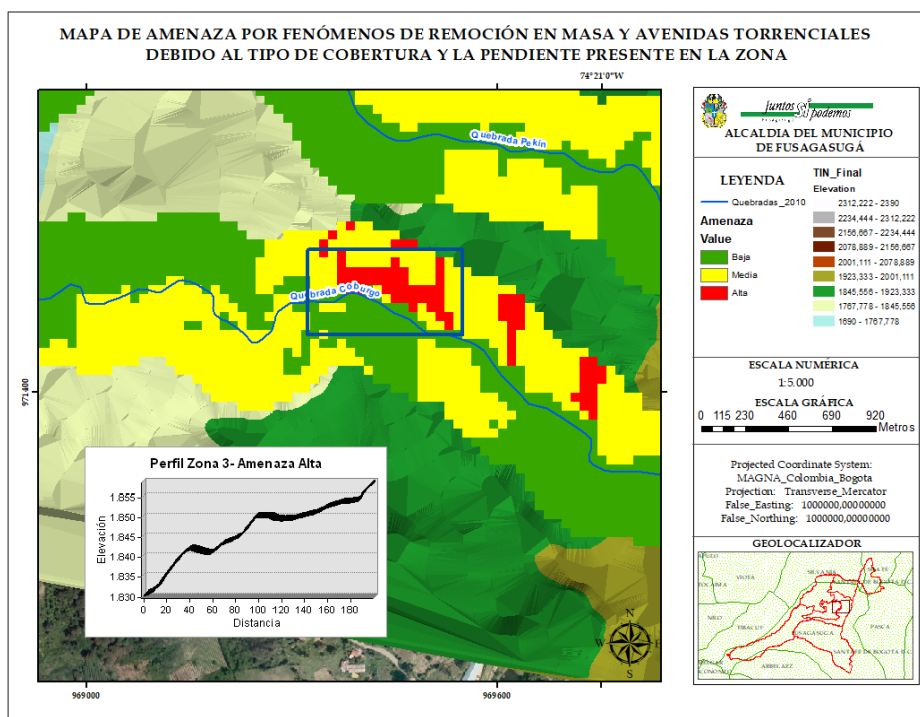
ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DEFORESTADAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS ACTIVAS QUE DISCURREN POR LA MARGEN ORIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ PARA LOS AÑOS 1941, 1951, 1988, 1996 Y 2010



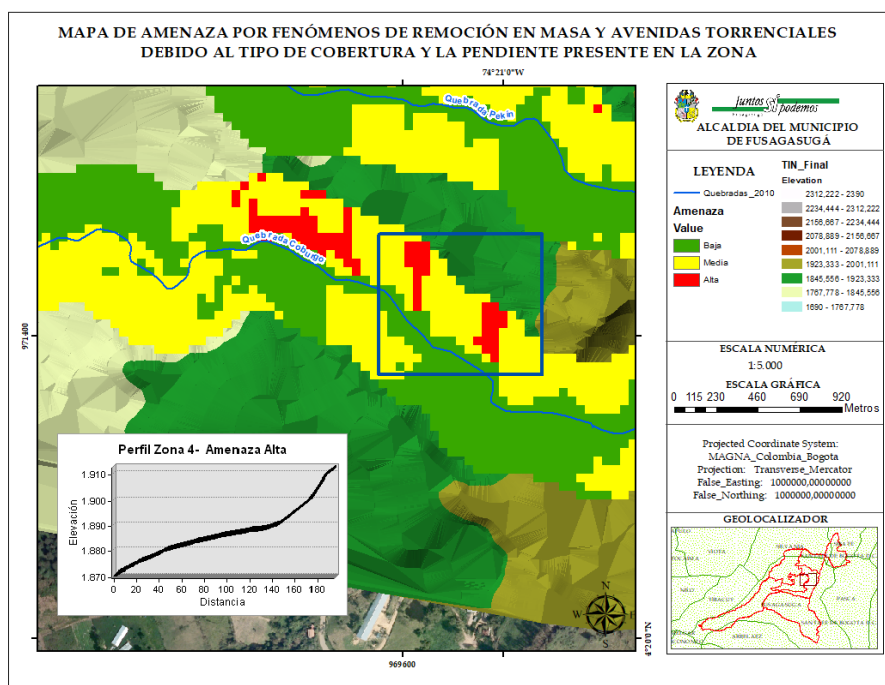
**Mapa 8:** Zona 1 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Los Curos y su perfil



**Mapa 9:** Zona 2 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Los Curos y su perfil



**Mapa 10:** Zona 3 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Coburgo y su perfil



**Mapa 11:** Zona 4 con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales quebrada Coburgo y su perfil



## 10. GLOSARIO

- **AMENAZA:** Según (Cardona, 1991) la define como un factor de riesgo externo de un sujeto o un sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, y/o el medio ambiente. Matemáticamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un periodo de tiempo determinado.
- **VULNERABILIDAD:** Se considera la vulnerabilidad como un factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o a ser susceptible de sufrir una pérdida. Es el grado estimado de daño o pérdida de un elemento o grupo de elementos expuestos como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de una magnitud o intensidad dada, expresado usualmente en una escala que varía desde cero, o sin daños, a uno, o pérdida total (Cardona, 1991).
- **RIESGO:** Podemos considerar que el riesgo corresponde a un valor relativo probable de pérdidas de toda índole en un sitio específico vulnerable a una amenaza particular, en el momento del impacto de ésta y durante todo el período de recuperación y reconstrucción que le sigue (Chardon & González, 2002).
- **SUSCEPTIBILIDAD:** Es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso (CIIFEN, s.f.).



## 11. CONCLUSIONES

El análisis multitemporal permitió observar que el municipio para el periodo de tiempo de tiempo 1941- 2010, ha presentado cambios significativos en cuanto al uso del suelo, ya que estos se han visto reemplazados para usos agrícolas, ganaderos o en su caso para uso residencial.

- La cobertura boscosa para el año 1941 ocupaba el 41% aproximadamente 89 Ha de la zona de estudio, pero para el año 2010 el cambio fue significativo, ya que esta cobertura ocupaba solo el 18% un aproximado de 40 Ha en la zona de estudio, la cual se encuentra asociada a las quebradas los Curos, La Parroquia, Pekín y Coburgo, esto quiere decir que el municipio en ese tiempo presentó el fenómeno de la deforestación, ya sea para darle otro tipo de uso a ese suelo.
- La cobertura de pastos limpios para el periodo de tiempo 1941- 1996 registró valores altos, los cuales estaban comprendidos entre 115 Ha y 81 Ha, pero para el año 2010 este registró un valor de 75 Ha 34% de la zona de estudio, con esto se puede concluir que a esos sectores de les dio otro uso.

Gracias a la zonificación de susceptibilidad realizada se lograron cuantificar 5,4 Ha, las cuales presentan susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales debido a que esas zonas se encuentran asociadas a los cauces de las quebradas los Curos y Coburgo y no cuentan con la cobertura adecuada para estabilizar el terreno ya sea por que presentan pastos limpios o también se les da un uso agrícola, por esa razón es necesario el estudio de dichas zonas y así poder determinar si se hace necesario una actividad de reforestación.



De igual modo cabe resaltar que el tejido urbano en el municipio ya sea continuo o discontinuo desde los 40 hasta el año 2010 tuvo un incremento considerable, ya que paso de ocupar 13 Ha a registrar un aproximado de 90 Ha para ese año, con esto se llega a la conclusión de que el municipio a experimentado un crecimiento significativo en cuanto a edificaciones.

Por otra parte, se identificaron zonas que no cumplen con la ronda hídrica, la cual se define como el espacio que requiere un cuerpo de agua llámese quebrada o río para que cumplan las funciones hidrológicas hidráulicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias de dichos cuerpos de agua" (Cortolima, 2017).



## 12. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis más detallado del municipio, para estudiar las zonas que están asociadas a cauces activos, esto con el fin de tener un adecuado manejo y así poder prevenir fenómenos naturales como lo son: avenidas torrenciales, inundaciones y remoción en masa.

También se recomienda que las entidades encargadas de otorgar las licencias de construcción tengan un adecuado manejo a la hora de aprobar dichas licencias, ya que se observa que no se ha tenido un manejo estricto en relación con ellas.

De igual modo sería necesario realizar campañas para concientizar a la población de los riesgos que pueden presentar al estar ubicados en la ronda hídrica de las quebradas, de igual manera iniciar actividades de reforestación en las zonas más susceptibles, esto con el fin de mitigar riesgos a futuro.



## BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía-de-Fusagasugá. (s.f.). *Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015*. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/fusagasuga-pd-2012-2015.pdf>
- Armenteras, D., & Rodriguez, N. (2014). Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/5382/0>
- Caballero-Acosta, J. (2011). Las Avenidas Torreciales: Una Amenaza Potencial en el Valle de Aburrá. *Gestión y Ambiente*, 1.
- Cardona, O. (1991). *"Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo"*, Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres. Bogotá. Obtenido de <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>
- Chardon, A., & González, J. (2002). *Programa De Información E Indicadores De Gestión De Riesgos*. Manizales.
- Chuvieco, E. (1990). Madrid: RIALP .
- CIIFEN. (s.f.). *Centro Internacional Para La Investigación Del Fenómeno de el Niño*. Obtenido de [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es)
- Cortolima. (15 de Octubre de 2017). *Corporación Autónoma Regional del Tolima*. Obtenido de <https://www.cortolima.gov.co/boletines-prensa/qu-ronda-h-drica>
- E.T.S Ingenieros de Caminos, C. y. (18 de Septiembre de 2013). *E.T.S Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*. Obtenido de [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%203.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%203.pdf)
- Encina, A., & Ibarra, J. (2000). La Degradación del Suelo y sus Efectos sobre la Población. *Población y Desarrollo*, 6.



Esri. (s.f.). *ArcGis Pro*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.htm>

Esri. (s.f.). *ArcMap*. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/coverage-toolbox/dissolve.htm>

FAO. (2010). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>

FAO. (2015). Obtenido de <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>

García, H. (2014). *Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas*. Obtenido de [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/337/KAS%20SOPLA\\_Deforestacion%20en%20Colombia%20retos%20y%20perspectivas.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/337/KAS%20SOPLA_Deforestacion%20en%20Colombia%20retos%20y%20perspectivas.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Giannuzzo, A. (2010). Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Scielo*, 7.

Gómez, M., & Barredo, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid: RA-MA.

González, & Marey. (2014). Obtenido de [http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotointerpretacion/articulo\\_fotointerpretacion\\_metacortex.pdf](http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotointerpretacion/articulo_fotointerpretacion_metacortex.pdf)

Greenpeace. (27 de Diciembre de 2015). Obtenido de [https://www.clarin.com/sociedad/desmonte-deforestacion-crecida-inundacion-desastre-litoral-noreste\\_0\\_rJtx2AOwmg.html](https://www.clarin.com/sociedad/desmonte-deforestacion-crecida-inundacion-desastre-litoral-noreste_0_rJtx2AOwmg.html)

Greenpeace. (2015). Obtenido de <http://www.greenpeace.org/colombia/es/campanas/bosques/>

Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). *Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre derrumbes*. Virginia: Servicio Geológico de los EE.UU.

IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para*.



- IDEAM. (2012). *Catálogo de patrones de coberturas de la tierra Colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153716/Catalogo+Coberturas+Tierra.pdf/f2eafe32-f300-4ae7-9ab7-f90a8670d75e>
- IDEAM, & Minambiente. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Proyecciones.pdf/6cad956b-6b92-4320-a090-2000408a5765>
- IDEAM, & Minambiente. (2015). *Lanzamiento cifra de deforestación anual*. Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset\\_publisher/96oXgZAhhRhJ/content/la-cifra-de-deforestacion-en-colombia-2015-reporta-124-035-hectareas-afectada](http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhhRhJ/content/la-cifra-de-deforestacion-en-colombia-2015-reporta-124-035-hectareas-afectada)
- Lanza, A., Raúl, F., & Guzmán, G. (2003). *Libro de Historia y Geografía de Fusagasugá*. Fusagasugá.
- López, E. (2002). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Redalyc*, 17.
- Minambiente, & Minagricultura. (5 de Diciembre de 2000). *Plan Nacional de Desarrollo Forestal*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=426:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-21#documentos>
- Molina, G., & Albarran, A. (2013). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v22n1/v22n1a03.pdf>
- Murcia, S. y. (Junio de 2006). *SIGMUR*. Obtenido de <http://www.um.es/geograf/sigmur/>
- Murtha, P. (1997). *“Manual of Photographic Interpretation”*. Danvers.
- Pineda, O. (Septiembre de 2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago*. Obtenido de



<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>

Pinto, M. I. (s.f.). Obtenido de <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/7-seminario-ambiente/concurso/Maria%20Ines%20Sanchez%20de%20Pinto.pdf>

Pinto, M. I. (2013). Obtenido de <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/7-seminario-ambiente/concurso/Maria%20Ines%20Sanchez%20de%20Pinto.pdf>

*Red por la Justicia Ambiental en Colombia*. (s.f.). Obtenido de <https://justiciaambientalcolombia.org/herramientas-juridicas/legislacion-ambiental/>

Ruiz, & Herrera. (2013). Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/814/753>

Silva, S. (Febrero de 2010). *issuu-Fundación Arcoiris*. Obtenido de [https://issuu.com/santiagosilva9/docs/estudio\\_cgpsa](https://issuu.com/santiagosilva9/docs/estudio_cgpsa)

Suarez, J. (2012). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*.

*United -Nations -Conference -on -Environment- and- Development -(UNCED)*. (1994).

Universidad-de-Murcia. (2012). Obtenido de [http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_5.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_5.pdf)

UNSE, F.-d.-C.-F. (2013). *Operaciones en los SIG- Algebra de Mapas*. Obtenido de <file:///C:/Users/A/Downloads/406261953.Operaciones%20en%20los%20SIG.pdf>