



UNGRD

Unidad Nacional para la Gestión
del Riesgo de Desastres

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Sistema Integrado de Planeación y Gestión de la UNGRD certificado en:



ESTUDIOS DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL PARA INCORPORAR EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PIJAO (QUINDÍO)

25 / 09 / 2020

Subdirección para el Conocimiento del Riesgo



El futuro
es de todos

Presidencia
de la República

ESTUDIOS DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL PARA INCORPORAR EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PIJAO (QUINDÍO)

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN				
VERSIÓN	FECHA ELABORACIÓN	INFORME	ELABORADO POR	APROBADO POR
01	2020-02-08	ESTUDIOS DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL PARA INCORPORAR EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PIJAO (QUINDÍO)	MIGUEL ANGEL VANEGAS RAMOS	LINA DORADO GONZÁLEZ

Formato preliminar al documento

Título	Estudios de riesgo por avenida torrencial para incorporar en el ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío)
Fecha de Elaboración	2020-02-08
Versión	01
Sumario	Estudios de riesgo por avenida torrencial para incorporar en el ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío)
Estado	Documento para revisión por parte del supervisor del contrato
Autor (es)	Miguel Angel Vanegas Ramos
Revisor (es)	Joana Pérez Betancourt

Control de cambios

Versión	Fecha	Responsable	Descripción
01	2020-02-08	Miguel Angel Vanegas Ramos	Estudios de riesgo por avenida torrencial para incorporar en el ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío)
02	2020-09-25	Miguel Angel Vanegas Ramos	Incorporación de las medidas de intervención

Contenido

1	RESUMEN	11
2	INTRODUCCIÓN	12
3	REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	16
4	METODOLOGÍA	17
4.1	ETAPA 0: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	19
4.2	ETAPA 1: ESTUDIOS BÁSICOS	19
4.2.1	FASE 1: ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES. 20	
4.2.2	FASE 2: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA.....	32
4.2.3	FASE 3: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO 32	
4.2.4	FASE 4: DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	33
4.2.5	FASE 5: DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE.....	34
5	RESULTADOS.....	38
5.1	ETAPA 1: ESTUDIOS BÁSICOS	38
5.1.1	FASE 1: ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES. 38	
5.1.2	FASE 2: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA.....	88
5.1.3	FASE 3: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO 88	
5.1.4	FASE 4: DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	104
5.1.5	FASE 5: DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE.....	104
6	CONCLUSIONES	108
7	BIBLIOGRAFÍA	110
8	ANEXOS	111
8.1	PROYECTO ARCGIS	111
8.2	INFORMACIÓN IDF IDEAM	111
8.3	INFORMACIÓN IDEAM	111
8.4	MODELOS FLO-2D	111
8.5	MODELO PRUEBA HEC-HMS	111
8.6	MODELOS RIVERFLOW2D	111
8.7	PRESENTACIONES	111

Índice de Figuras

Figura 1: Etapas de Incorporación de la Gestión del Riesgo en el Ordenamiento Territorial (Parte de 1 de 2).....	17
Figura 2: Etapas de Incorporación de la Gestión del Riesgo en el Ordenamiento Territorial (Parte de 2 de 2).....	18
Figura 3: Generación cuencas y red de drenaje inicial (Parte de 1 de 2).....	22
Figura 4: Generación cuencas y red de drenaje inicial (Parte de 2 de 2).....	23
Figura 5: Generación cuencas y red de drenaje final (Parte de 1 de 2).....	25
Figura 6: Generación cuencas y red de drenaje final (Parte de 2 de 2).....	26
Figura 7: Generación Información Adicional para Análisis (Parte 1 de 2).....	27
Figura 8: Generación Información Adicional para Análisis (Parte 2 de 2).....	28
Figura 9: Generación Modelo de Elevación Digital para Modelos Fluidodinámicos.....	29
Figura 10: Generación Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales Zona Rural.....	30
Figura 11: Generación Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales Zona Urbana.....	31
Figura 12: Generación Zonas con Condición de Riesgo por Avenidas Torrenciales Zona Rural.....	33
Figura 13: Generación Zonas con Condición de Riesgo por Avenidas Torrenciales Zona Urbana ...	33
Figura 14: Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío).....	40
Figura 15: Unión información Drenaje Doble Municipio de Pijao (Quindío).....	40
Figura 16: Unión información Drenaje Sencillo Municipio de Pijao (Quindío).....	41
Figura 17: Proyección Drenaje Doble a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío).....	41
Figura 18: Proyección Drenaje Sencillo a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío).....	42
Figura 19: Conversión a línea del Drenaje Doble Municipio de Pijao (Quindío).....	42
Figura 20: Unión información Drenaje Sencillo y Drenaje Doble Línea Municipio de Pijao (Quindío).....	43
Figura 21: Unión información Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío).....	43
Figura 22: Proyección del Modelo de Elevación Digital a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío).....	44
Figura 23: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío).....	44
Figura 24: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío).....	45
Figura 25: Calculo de la dirección de flujo Municipio de Pijao (Quindío).....	45
Figura 26: Calculo de la acumulación de flujo Municipio de Pijao (Quindío).....	46
Figura 27: Generación de drenaje tipo ráster Municipio de Pijao (Quindío).....	46
Figura 28: Generación de drenaje tipo ráster vinculada Municipio de Pijao (Quindío).....	47
Figura 29: Generación de cuencas ráster Municipio de Pijao (Quindío).....	47
Figura 30: Generación de cuencas polígonos Municipio de Pijao (Quindío).....	48
Figura 31: Generación de drenaje tipo línea Municipio de Pijao (Quindío).....	48
Figura 32: Generación de cuencas acumuladas polígonos Municipio de Pijao (Quindío).....	49
Figura 33: Punto Cierre Cuencas Municipio de Pijao (Quindío).....	50
Figura 34: Vinculación Punto Cierre Cuencas y Acumulación de Flujo Municipio de Pijao (Quindío).....	50
Figura 35: Generación Cuencas Municipio de Pijao (Quindío).....	51
Figura 36: Convertir Ráster Cuencas a Polígono Cuencas Municipio de Pijao (Quindío).....	51
Figura 37: Genera un Solo Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío).....	52

Figura 38: Extrae Modelo de Elevación Digital con el Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)	53
Figura 39: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío)	53
Figura 40: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)	54
Figura 41: Calculo de la dirección de flujo Municipio de Pijao (Quindío)	54
Figura 42: Calculo de la acumulación de flujo Municipio de Pijao (Quindío)	55
Figura 43: Generación de drenaje tipo ráster Municipio de Pijao (Quindío)	55
Figura 44: Generación de drenaje tipo ráster vinculada Municipio de Pijao (Quindío)	56
Figura 45: Generación de cuencas ráster Municipio de Pijao (Quindío)	56
Figura 46: Generación de cuencas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)	57
Figura 47: Generación de drenaje tipo línea Municipio de Pijao (Quindío)	57
Figura 48: Generación de cuencas acumuladas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)	58
Figura 49: Estaciones con Información de Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	59
Figura 50: Estaciones con Información de Numero de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	59
Figura 51: Estaciones con Información de Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	60
Figura 52: Proyección Estaciones con Información de Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	60
Figura 53: Proyección Estaciones con Información de Numero de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	61
Figura 54: Proyección Estaciones con Información de Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	61
Figura 55: Interpolación Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	62
Figura 56: Interpolación Número de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	62
Figura 57: Interpolación Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	63
Figura 58: Interpolación Temperatura Media Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)	64
Figura 59: Calculo Ráster de Pendientes Municipio de Pijao (Quindío)	64
Figura 60: Calcula el Ráster de Longitud de Flujo Municipio de Pijao (Quindío)	65
Figura 61: Calcula el Ráster de Orden de Corrientes Municipio de Pijao (Quindío)	65
Figura 62: Convierte Ráster de Orden de Corrientes a Líneas de Orden de Corrientes Municipio de Pijao (Quindío)	66
Figura 63: Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)	66
Figura 64: Clip Cobertura Uso de Suelo POMCA con Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)	67
Figura 65: Clip Cobertura Tipo de Suelo POMCA con Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)	67
Figura 66: Mapa Movimientos en Masa con Valores de Concentración Posible de Flujo Municipio de Pijao (Quindío)	68
Figura 67: Mapa Geomorfología Rural Escala 1:25.000 Municipio de Pijao (Quindío)	68
Figura 68: Mapa Geomorfología Urbano Escala 1:5.000 Municipio de Pijao (Quindío)	69
Figura 69: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío)	69
Figura 70: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)	70

Figura 71: Concentración Posible Flujo Municipio de Pijao (Quindío)	71
Figura 72: IACTC por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío).....	72
Figura 73: IACTP por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío).....	72
Figura 74: Tiempo de Concentración por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío).....	73
Figura 75: Tiempo al Pico por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío).....	73
Figura 76: Puntos con Valor de Profundidad Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío).....	77
Figura 77: Puntos con Valor de Velocidad Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío).....	77
Figura 78: Puntos con Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío).....	78
Figura 79: Convertir a Ráster Puntos con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	78
Figura 80: Ajustar el Tamaño de Celda del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	79
Figura 81: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	79
Figura 82: Convertir a Ráster Geomorfología Zona Rural con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío).....	80
Figura 83: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster Geomorfología Zona Rural con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)	80
Figura 84: Calcular Ráster de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	81
Figura 85: Convertir a Polígono el Ráster de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)	81
Figura 86: Extraer Polígono de Amenaza Alta y Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	82
Figura 87: Puntos con Valores Máximos y Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)	82
Figura 88: Puntos con Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío).....	83
Figura 89: Convertir a Ráster Puntos con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío).....	83
Figura 90: Ajustar el Tamaño de Celda del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío).....	84
Figura 91: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)	84
Figura 92: Convertir a Ráster Geomorfología Zona Urbana con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío).....	85
Figura 93: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster Geomorfología Zona Urbana con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)	85
Figura 94: Calcular Ráster de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)	86
Figura 95: Convertir a Polígono el Ráster de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío) .	86
Figura 96: Extraer Polígono de Amenaza Alta y Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)..	87
Figura 97: Extrae Información Capa Construcción Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	89
Figura 98: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	89

Figura 99: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	90
Figura 100: Extrae Información Capa Sector Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	90
Figura 101: Extrae Información Capa Terreno Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	91
Figura 102: Extrae Información Capa Unidad Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	91
Figura 103: Extrae Información Capa Vereda Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	92
Figura 104: Extrae Información Capa Barrio Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	92
Figura 105: Extrae Información Capa Construcción Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	93
Figura 106: Extrae Información Capa Manzana Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	93
Figura 107: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	94
Figura 108: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	94
Figura 109: Extrae Información Capa Perímetro Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	95
Figura 110: Extrae Información Capa Sector Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	95
Figura 111: Extrae Información Capa Unidad Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío).....	96
Figura 112: Extrae Información Capa Construcción Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	96
Figura 113: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	97
Figura 114: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	97
Figura 115: Extrae Información Capa Sector Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	98
Figura 116: Extrae Información Capa Terreno Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	98
Figura 117: Extrae Información Capa Unidad Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	99
Figura 118: Extrae Información Capa Vereda Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	99
Figura 119: Extrae Información Capa Barrio Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío).....	100
Figura 120: Extraer Información Capa Construcción Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío).....	100

Índice de Tablas

Tabla 1: Escala de trabajo estudios de riesgo Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)	14
Tabla 2: Fuentes de Información Secundaria	16
Tabla 3: Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo de concentración (IACTC) (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2014)	70
Tabla 4: Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo al pico (IACTP) (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2014)	71
Tabla 5: Comportamiento del flujo de sedimentos como función de la concentración de sedimentos (O'Brien & FLO-2D Software, 2014)	74
Tabla 6: Esfuerzo cortante y viscosidad como función de la concentración de sedimentos (O'Brien & FLO-2D Software, 2014)	75
Tabla 7: Matriz de amenaza definida por la intensidad del proceso y su probabilidad de ocurrencia. (Mikoš, 2013)	76
Tabla 8: Presupuesto aproximado proyecto estudios de detallados avenidas torrenciales Pijao (Quindío)	106
Tabla 9: Presupuesto aproximado proyecto sistema de alerta temprana avenidas torrenciales Pijao (Quindío)	107

1 RESUMEN

Los estudios de riesgo por avenida torrencial para incorporar en el ordenamiento territorial son una de las herramientas del subproceso de análisis y evaluación del riesgo del proceso de conocimiento del riesgo de desastres. Y con el fin de orientar estos estudios el gobierno nacional ha presentado el decreto 1807 de 2014 por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones. Para el caso del Municipio de Pijao (Quindío) se desarrolló el estudio básico de riesgo por avenida torrencial con el cual se establece la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza, la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados, la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados y la determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas. Se espera que este documento permita incluir en el ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío) las medidas propuestas a fin de lograr el desarrollo seguro del territorio.

Sistema Integrado de Planeación y Gestión de la UNGRD certificado en:



Avenida calle 26 No. 92 - 32 Piso 2º - Edificio Gold 4, Bogotá - Colombia
Línea gratuita de atención: 01 8000 113 200
PBX: (57 - 1) 552 9696
www.gestiondelriesgo.gov.co



El futuro
es de todos

Presidencia
de la República

2 INTRODUCCIÓN

Dentro de los considerandos establecidos en el decreto 1807 de 2014 es importante resaltar los tres siguientes;

1. *“el numeral 10 del artículo 3° de la Ley 1523 de 2012 considera dentro de los principios que orientan la gestión del riesgo el principio de gradualidad, haciendo alusión a que “la gestión del riesgo se despliega de manera continua, mediante procesos secuenciales en tiempos y alcances que se renuevan permanentemente. Dicha gestión continuada estará regida por los principios de gestión pública consagrados en el artículo 209 de la Constitución y debe entenderse a la luz del desarrollo político, histórico y socioeconómico de la sociedad que se beneficia”;*” (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)
2. *“el artículo 39 de la Ley 1523 de 2012 establece que los planes de ordenamiento territorial deberán integrar el análisis del riesgo en el diagnóstico biofísico, económico y socio ambiental y considerar el riesgo de desastres, como un condicionante para el uso y la ocupación del territorio, procurando de esta forma evitar la configuración de nuevas condiciones de riesgo;”* (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)
3. *“el artículo 40 de la Ley 1523 de 2012 reitera que los planes de ordenamiento deben incluir las previsiones de la Ley 9ª de 1989 y de la Ley 388 de 1997, en lo relativo a los mecanismos para el inventario de asentamientos en alto riesgo, el señalamiento, delimitación y tratamiento de las zonas expuestas a amenaza derivada de fenómenos naturales, socio naturales o antropogénicas no intencionales, incluidos los mecanismos de reubicación de asentamientos; la transformación del uso asignado a tales zonas para evitar reasentamientos en alto riesgo; la constitución de reservas de tierras para hacer posible tales reasentamientos y la utilización de los instrumentos jurídicos de adquisición y expropiación de inmuebles que sean necesarios para reubicación de poblaciones en alto riesgo, entre otros;”* (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

Por este contexto, el decreto 1807 de 2014 establece que se hace necesario integrar la gestión del riesgo de desastres en los planes de ordenamiento territorial y para este fin dentro de las disposiciones generales es importante resaltar las siguientes:

Artículo 1°. Objeto y ámbito de aplicación. Las disposiciones contenidas en el presente decreto establecen las condiciones y escalas de detalle para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial municipal y distrital o en la expedición de un nuevo plan.

Parágrafo 1°. Cuando el presente decreto se refiera a los planes de ordenamiento territorial se entenderá que comprende todos los tipos de planes previstos en el artículo 9° de la Ley 388 de 1997.

Parágrafo 2°. De conformidad con lo previsto por la Ley 388 de 1997 y el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012, los estudios básicos de que trata el artículo 3° del presente decreto, deben hacer parte de los proyectos de revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de un nuevo plan. El alcalde municipal o Distrital no podrá someter a

consideración de la Corporación Autónoma Regional o autoridad ambiental correspondiente, los proyectos de revisión referidos sin el cumplimiento de este requisito.

En ningún caso los concejos municipales o distritales podrán conferir autorizaciones con el fin de que los alcaldes condicionen la realización de los estudios de que trata el artículo 3 del presente decreto, con posterioridad a la revisión del Plan, ni sujetos a autorizaciones posteriores del alcalde municipal o distrital. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

Artículo 2°. Estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial. Teniendo en cuenta el principio de gradualidad de que trata la Ley 1523 de 2012, se deben realizar los estudios básicos para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes y en su ejecución se deben realizar los estudios detallados. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

De acuerdo a lo anterior, el presente documento contiene el estudio básico de riesgo por avenidas torrenciales para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo del plan de ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío) y que se realiza con la disposición general establecida en los artículos 3, 4 y 5 del decreto 1807 de 2014. Los cuales se referencian a continuación.

Artículo 3°. Estudios básicos para la revisión o expedición de Planes de Ordenamiento Territorial (POT). De conformidad con lo dispuesto en el artículo anterior para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes, se deben elaborar estudios en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural para los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa, que contienen:

- a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza;*
- b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo;*
- c) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo;*
- d) La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.*

Parágrafo 1°. Para efectos de la aplicación de lo dispuesto en el presente decreto, se adoptan las siguientes definiciones:

Áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.

Áreas con condición de riesgo, corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.

Delimitación, consiste en la identificación del límite de un área determinada, mediante un polígono. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

Zonificación, es la representación cartográfica de áreas con características homogéneas. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

Parágrafo 2°. Aquellos municipios o distritos que se encuentren expuestos a amenazas por otros fenómenos naturales (sísmicos, volcánicos, tsunami, entre otros) o de origen tecnológico, deben evaluarlas con base en la información disponible generada por las autoridades y sectores competentes y de acuerdo con la situación de cada municipio o distrito.

Parágrafo 3°. En los casos en que un municipio o distrito esté expuesto a más de un tipo de fenómeno amenazante y que estos se superpongan o que tengan incidencia uno en otro, se deberá contemplar su efecto en los estudios y zonificaciones respectivas.

Parágrafo 4°. Si al momento de la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de un nuevo POT, se cuenta con un Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas aprobado y el mismo incluye los análisis de amenazas, estos sirven de insumo para la elaboración de los estudios básicos en suelo rural. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

Artículo 4°. Estudios detallados. Los estudios detallados están orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes.

En la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o en la expedición de un nuevo POT, se debe establecer la priorización de los estudios detallados identificados en los estudios básicos y en el programa de ejecución se debe definir la programación de actividades, las entidades responsables y los recursos respectivos de los estudios que se ejecutarán en el período del alcalde que adelanta la revisión del plan o la expedición de uno nuevo. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

Artículo 5°. Escala de trabajo. De conformidad con las clases de suelo establecidas en la Ley 388 de 1997, los estudios se elaboran, como mínimo, en las siguientes escalas:

Tabla 1: Escala de trabajo estudios de riesgo Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA
Estudio Básico	Urbano	1:5.000
	Expansión Urbana	1:5.000

TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA
	Rural	1:25.000
Estudio Detallado	Urbano	1:2.000
	Expansión Urbana	1:2.000
	Rural Suburbano	1:5.000

Parágrafo 1°. Los municipios o distritos que cuenten con información a una escala de mayor detalle deben emplearla para el desarrollo de los respectivos estudios.

Parágrafo 2°. Aquellos municipios o distritos con centros poblados rurales que por su alto grado de exposición a la ocurrencia de fenómenos naturales han sido afectados o tienen la posibilidad de ser afectados, deben adelantar los estudios básicos como mínimo a escala 1:5.000. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

El presente documento en el capítulo 3 realiza una breve descripción de la revisión de información secundaria que ha sido realizada para el estudio básico de riesgo por avenida torrencial, en el capítulo 4 se presenta la metodología que se ha seguido con el fin de lograr los resultados que se presentan en el capítulo 5. Finalmente, en el capítulo 6 se realiza las conclusiones del trabajo realizado.

3 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La información secundaria para el presente trabajo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2: Fuentes de Información Secundaria

Información	Fuente
Cartografía Base Escala 1:25.000	https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia
Información Hidrológica	http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion
Catastro	https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-catastro

4 METODOLOGÍA

La metodología general para los estudios de riesgo por avenida torrencial para incorporar en el ordenamiento territorial del Municipio de Pijao (Quindío) se presenta en la Figura 1 y la Figura 2, allí se observa tres etapas principales; Etapa 0: Análisis de la información disponible, Etapa 1: Estudios básicos y Etapa 2: Estudios detallados. Las etapas 1 y 2 a su vez se dividen en 5 fases.

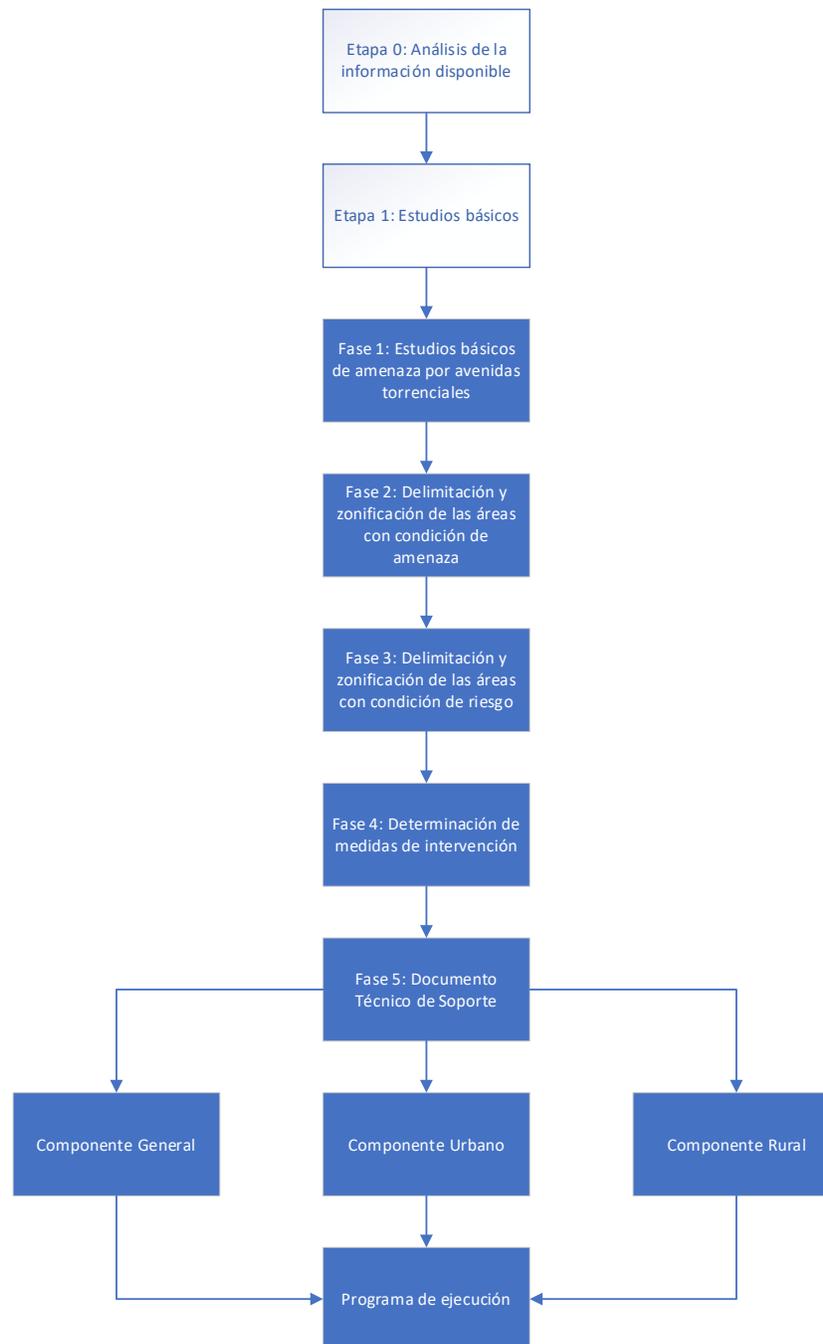


Figura 1: Etapas de Incorporación de la Gestión del Riesgo en el Ordenamiento Territorial (Parte de 1 de 2)

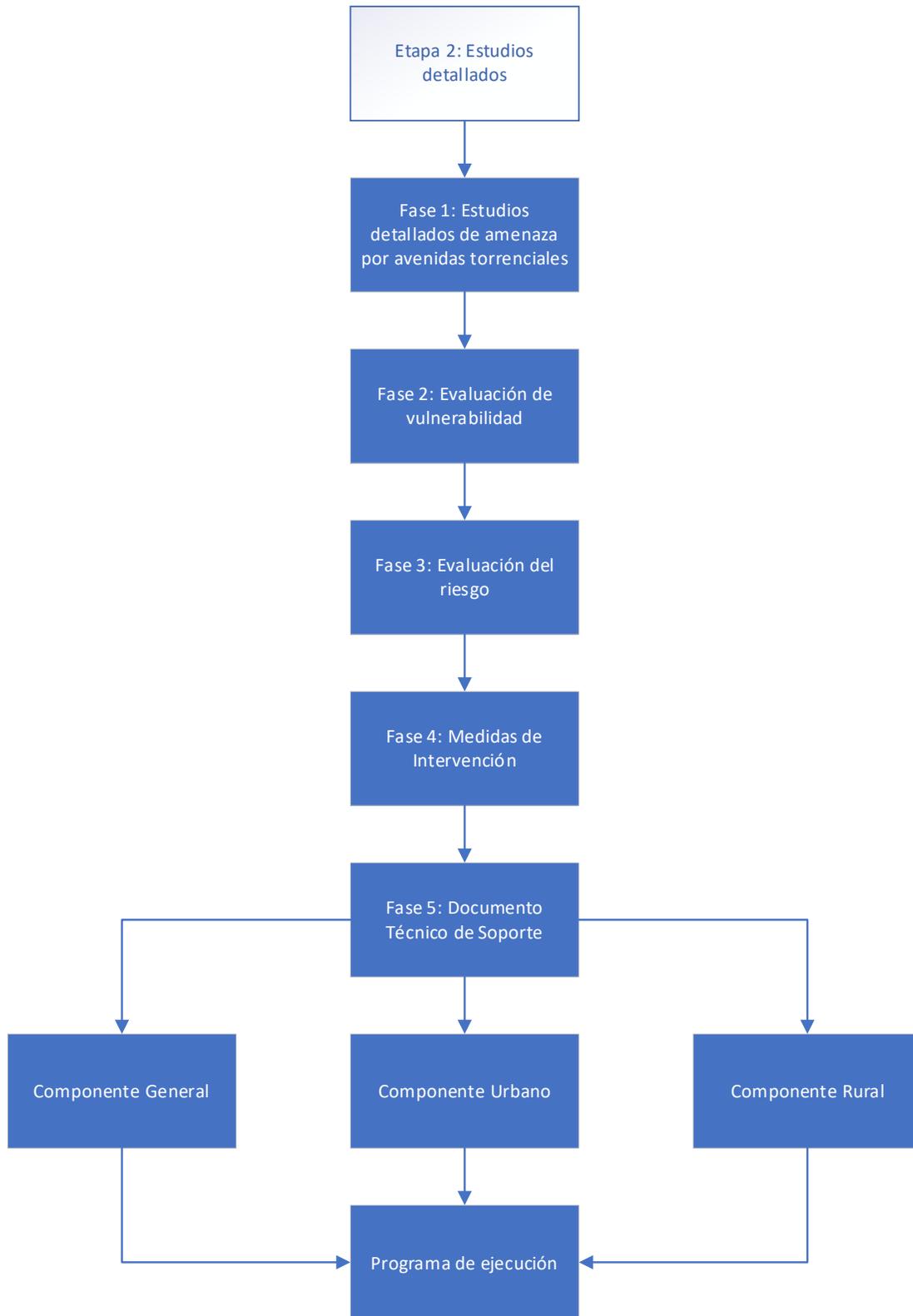


Figura 2: Etapas de Incorporación de la Gestión del Riesgo en el Ordenamiento Territorial (Parte de 2 de 2)

4.1 ETAPA 0: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

La etapa 0 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 6 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 6°. Análisis de la información disponible. Para la elaboración de los estudios básicos y detallados se deben realizar los análisis de la información técnica disponible, considerando entre otros, los siguientes aspectos:

1. Recopilar y analizar la información contenida en el plan de ordenamiento territorial, estudios regionales, técnicos o informes técnicos, cartografía base, la información de las bases de datos institucionales y la información de redes de monitoreo de amenazas existentes.

2. Verificar si se cuenta con la delimitación y zonificación de amenaza y/o riesgo para el municipio o distrito (suelo urbano, expansión urbana y suelo rural) y que la misma cumpla como mínimo con los siguientes aspectos:

a) Que corresponda al análisis del área urbana, expansión urbana y rural del municipio o distrito, se ajuste a las condiciones técnicas establecidas en el presente decreto y esté acorde con su situación actual. La información se podrá emplear siempre y cuando se verifique su pertinencia y se actualice cuando se requiera;

b) Que la información técnica disponible corresponda al análisis de las áreas en las que se hayan evidenciado afectaciones en el municipio o distrito.

3. En caso que se cuente con estudios detallados que permitan establecer el nivel de riesgo, se deberá verificar que los mismos cumplan con las condiciones técnicas establecidas en el presente decreto.

Con base en este análisis se deberá establecer la información técnica disponible correspondiente a la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y de las áreas con condiciones de riesgo. En los casos de ausencia total o parcial de la información, se deben establecer las acciones técnicas, institucionales y financieras necesarias para elaborar esta información. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

Artículo 7°. Los alcaldes municipales podrán solicitar al departamento asesoría sobre los análisis que se deben adelantar para el estudio de los eventos que se presentan en su territorio según lo dispuesto en el presente decreto. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2 ETAPA 1: ESTUDIOS BÁSICOS

La etapa 1 corresponde a los estudios básicos de riesgo y está compuesta por cinco fases que se describen a continuación.

4.2.1 FASE 1: ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES

La fase 1 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 10 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 10. Estudios básicos de amenaza por avenidas torrenciales. Para determinar las condiciones de amenaza por avenida torrencial en suelos urbanos, de expansión urbana y rural, los estudios básicos tienen las siguientes especificaciones mínimas:

1. *Área de estudio: Todos los cauces presentes o con influencia en el municipio o distrito, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial.*

2. *Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:*

a) *Geomorfología;*

b) *Estudio hidrológico de la cuenca, orientado al flujo torrencial, considerando el ciclo de sedimentos;*

c) *Análisis hidráulico del área a zonificar, teniendo en cuenta factores detonantes como precipitación o movimientos en masa;*

d) *La base cartográfica que se emplee en la zonificación corresponderá a una escala 1:2.000.*

3. *Alcance: Para la zonificación de la amenaza, esta se categorizará en alta, media y baja, dependiendo de la frecuencia de presentación de los eventos y sus características: la profundidad de la lámina de agua, los materiales de arrastre y la velocidad del flujo.*

Se utiliza, como mínimo, alguno de los siguientes análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos.

En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.

4. *Productos: Mapa de amenaza por avenidas torrenciales, en el cual se delimitan y zonifican los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo.*

Se deberá elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y los resultados obtenidos. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

La primera fase de la etapa 1 para el estudio de riesgo por avenida torrencial corresponde a los estudios básicos de amenaza. Para este propósito se desarrollan 6 procedimientos, el primero es la generación de cuencas iniciales. El objetivo de este procedimiento es obtener las cuencas aferentes

y la red de drenaje que recorre el municipio. Para lograr este objetivo es importante realizar una revisión previa que permita identificar un área inicial de estudio que puede ser mayor al área del municipio, esto se debe a que en ocasiones los límites municipales no coinciden con los límites de las cuencas hidrográficas superficiales.

En la Figura 3 y Figura 4 se presenta el esquema del procedimiento de generación de cuencas iniciales. El primer paso es la recopilación de información. Como mínimo se requiere la información de modelos de elevación digital que abarque un área que permita generar las cuencas del municipio, adicionalmente se requiere la red de drenaje cartográfica que dependiendo de los cuerpos de agua del municipio y de la escala cartográfica son corrientes en formato tipo línea (Drenaje Sencillo) y en formato polígono (Drenaje Doble). Esta red de drenaje contribuye a realizar correcciones al modelo de elevación digital para poder generar una red de drenaje similar a la red cartográfica. En ocasiones la información puede estar en forma separada ya sea por planchas o tiles, en tal sentido el siguiente paso es la unión de la información inicial con el objetivo de tener un único archivo con la información del modelo de elevación digital otro con la información de la red de drenaje tipo línea y otro con la red de drenaje tipo polígono.

Posteriormente a la unión de la información inicial se debe realizar una proyección a sistemas de coordenadas planas dado que los cálculos que se realizarán requieren que las bases cartográficas se encuentren en este tipo de sistemas de coordenadas. A continuación, se debe convertir la información de los drenajes tipo polígono en información tipo línea con el objetivo de poder unir toda la información de drenaje en un único archivo tipo línea, con este archivo de drenaje tipo línea debe realizarse el ajuste del modelo de elevación digital que permita generar las corrientes a la escala adecuada. Un paso fundamental en la generación de la red de drenaje a partir del modelo de elevación digital es el llenado de pozos el cual contribuye a la generación de la red dendrítica. A continuación, se generan los ráster que permiten generar tanto las corrientes como las cuencas aferentes a estas, los ráster generados son en su orden, ráster de dirección de flujo, ráster de acumulación de flujo, ráster de drenaje, ráster de drenaje vinculado y ráster de cuencas aferentes. Posteriormente la información de la red de drenaje y cuencas aferentes se convierte a tipo Shape, en el caso de los drenajes a tipo línea y en el caso de las cuencas a tipo polígono. El último insumo fundamental de este paso es la generación de las cuencas acumuladas, este polígono permite realizar el cálculo de las cuencas desde su divisoria hasta el inicio del drenaje aferente.

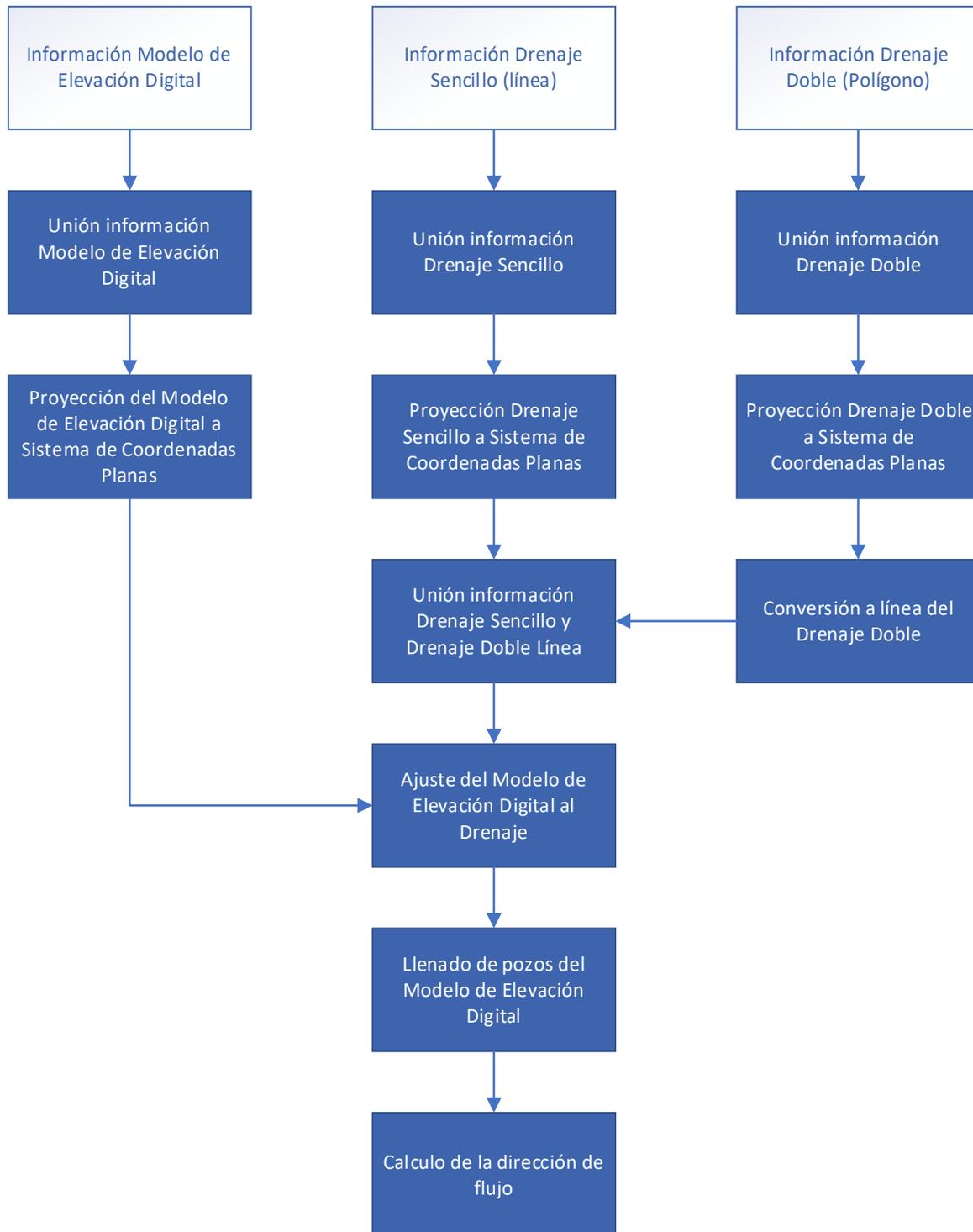


Figura 3: Generación cuencas y red de drenaje inicial (Parte de 1 de 2)

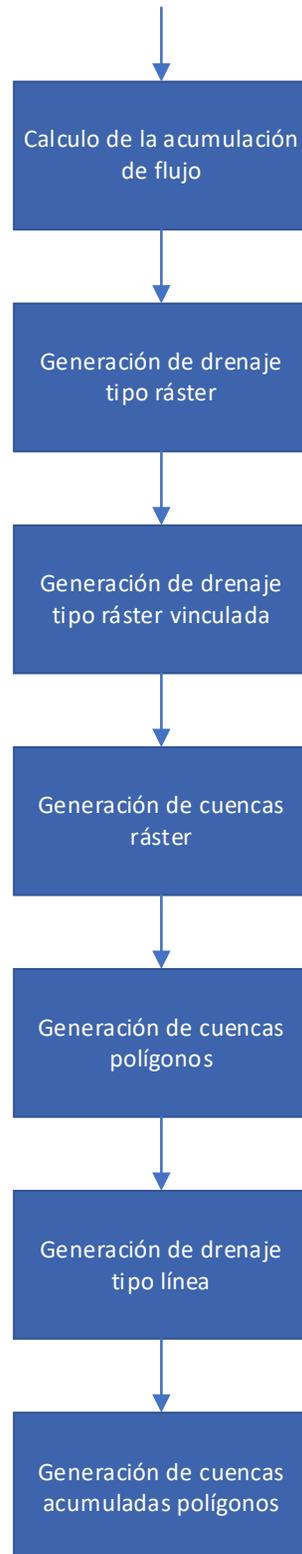


Figura 4: Generación cuencas y red de drenaje inicial (Parte de 2 de 2)

En la Figura 5 y Figura 6 se presenta el esquema del procedimiento de generación de cuencas finales. El primer paso es la identificación de los puntos de drenaje que recogen la escorrentía superficial del área del municipio. Posteriormente se debe vincular estos puntos con la acumulación de flujo que se generó en el paso anterior, esta información junto a la información de dirección de flujo permitirá generar las cuencas tipo ráster aferentes a los puntos de drenaje identificados, estas cuencas se convierten a formato Shape tipo polígono y con este polígono se extrae la información del modelo de elevación digital inicial, el ajuste del modelo de elevación digital se realiza con la información de drenaje que se construyó en el paso anterior y que permita generar las corrientes a la escala adecuada. Un paso fundamental en la generación de la red de drenaje a partir del modelo de elevación digital es el llenado de pozos el cual contribuye a la generación de la red dendrítica. A continuación, se generan los ráster que permiten generar tanto las corrientes como las cuencas aferentes a estas, los ráster generados son en su orden, ráster de dirección de flujo, ráster de acumulación de flujo, ráster de drenaje, ráster de drenaje vinculado y ráster de cuencas aferentes. Posteriormente la información de la red de drenaje y cuencas aferentes se convierte a tipo Shape, en el caso de los drenajes a tipo línea y en el caso de las cuencas a tipo polígono. El último insumo fundamental de este paso es la generación de las cuencas acumuladas, este polígono permite realizar el cálculo de las cuencas desde su divisoria hasta el inicio del drenaje aferente.

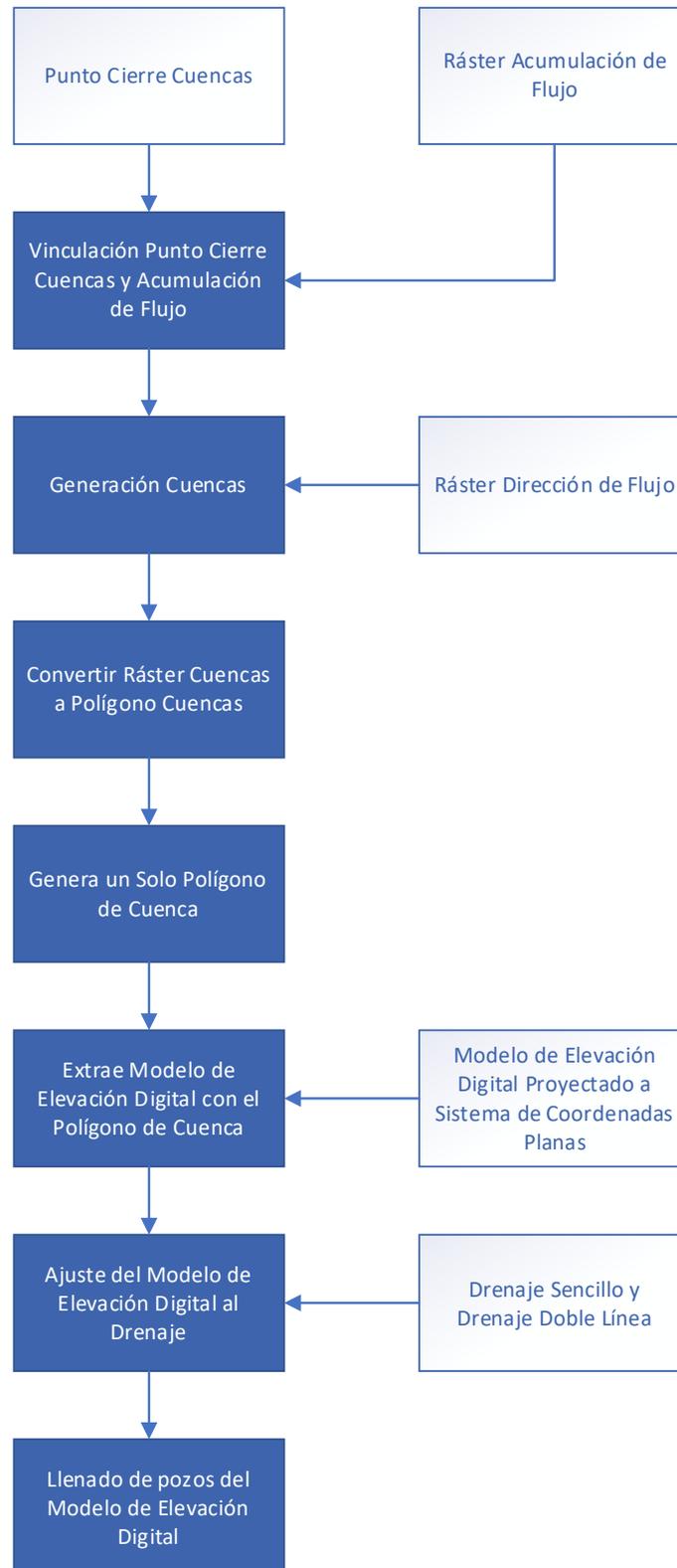


Figura 5: Generación cuencas y red de drenaje final (Parte de 1 de 2)

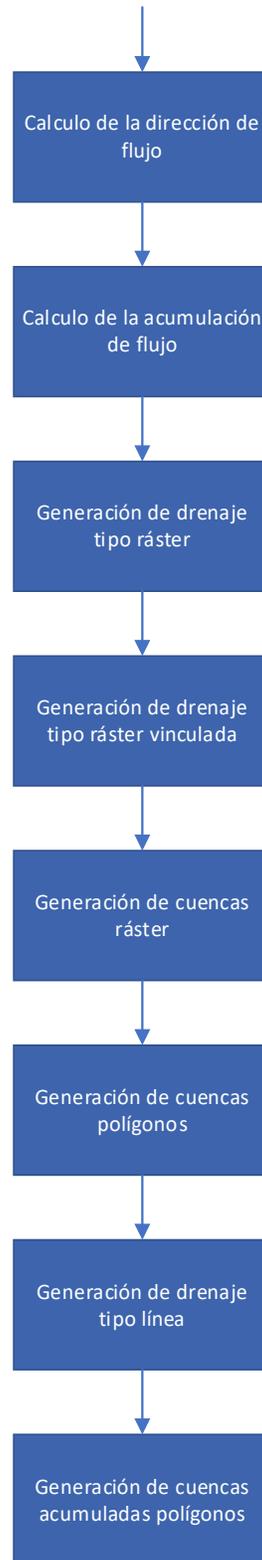


Figura 6: Generación cuencas y red de drenaje final (Parte de 2 de 2)

La Figura 7 y la Figura 8 presenta los pasos para generar información adicional para el análisis, dentro de esta información se encuentra; la precipitación máxima anual multianual, el número de días de precipitación anual multianual, la precipitación total anual multianual, la temperatura media anual multianual, el ráster de pendientes, la longitud de flujo, el ráster de orden de corrientes y el polígono de orden de corrientes. Finalmente, el Shape de movimientos en masa con valores de concentración posible de flujo y la geomorfología con categoría de amenaza son los insumos que permiten la evaluación de la amenaza mediante la modelación fluidodinámica que tiene en cuenta los movimientos en masa aferentes a las cuencas y sus respectivos drenajes y la generación del mapa final de amenaza con la combinación de los resultados de los modelos fluidodinámicos y la geomorfología.

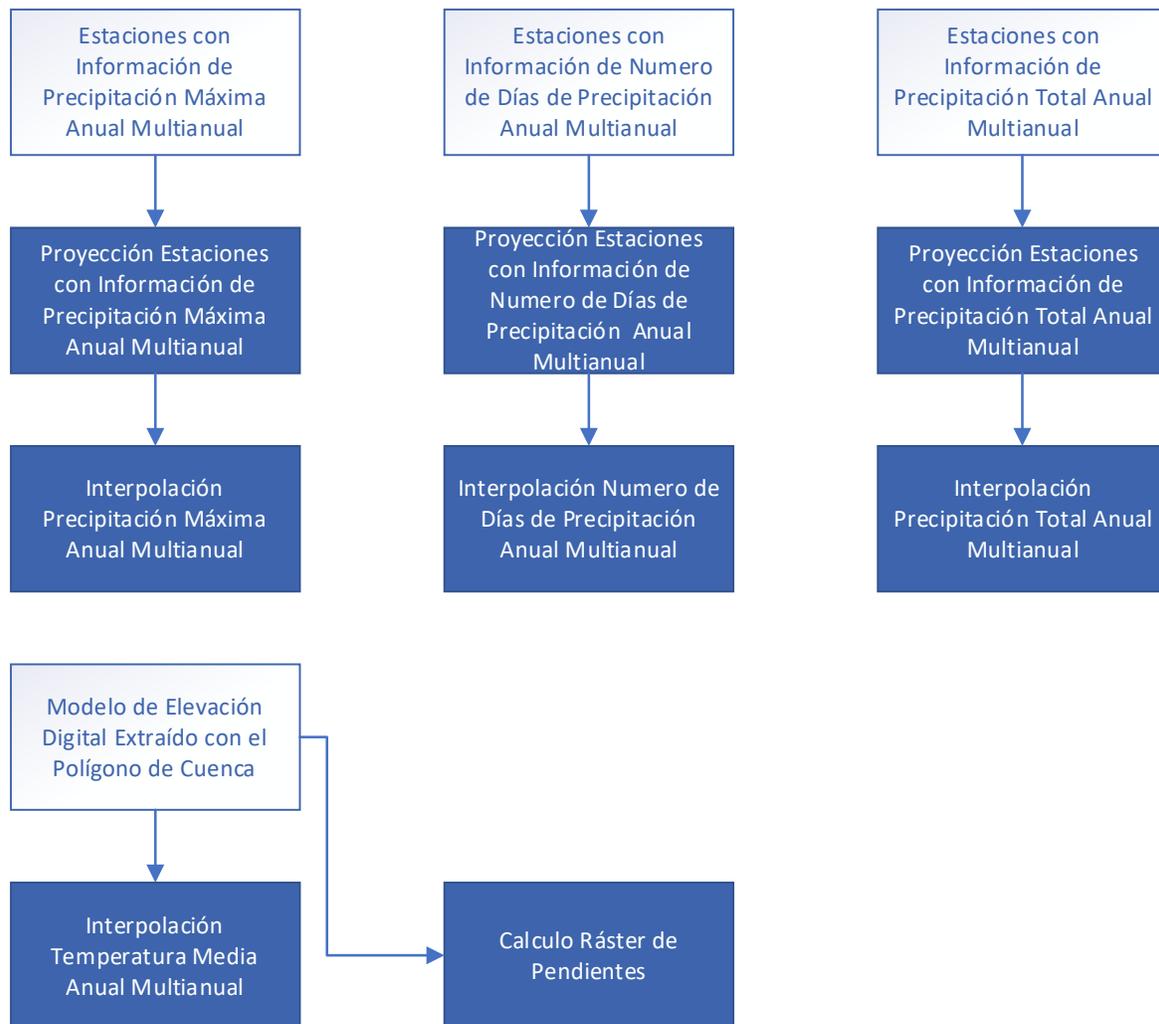


Figura 7: Generación Información Adicional para Análisis (Parte 1 de 2)

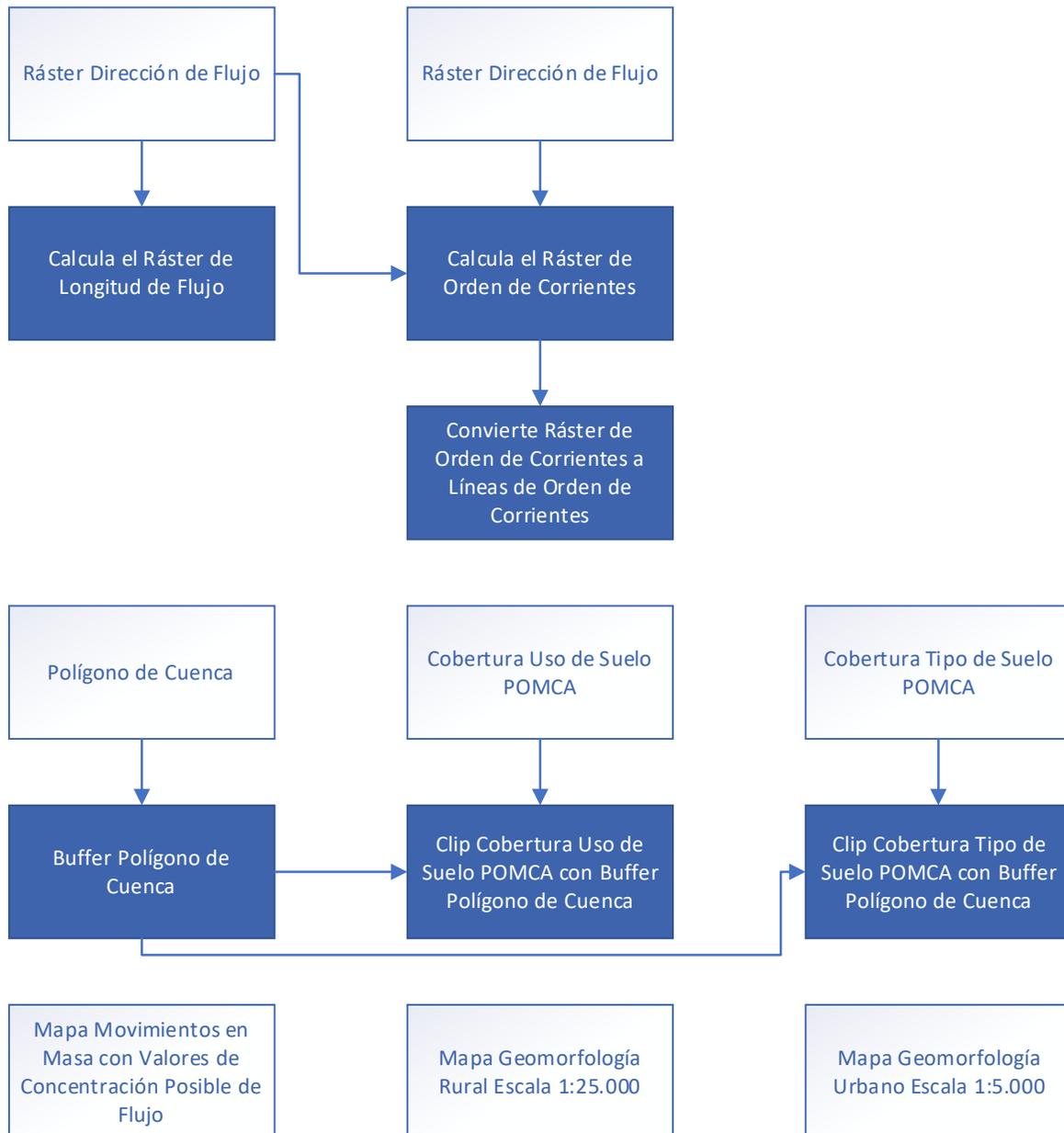


Figura 8: Generación Información Adicional para Análisis (Parte 2 de 2)

El modelo de elevación digital se debe ajustar para los modelos fluidodinámicos, este paso se presenta en la Figura 9.

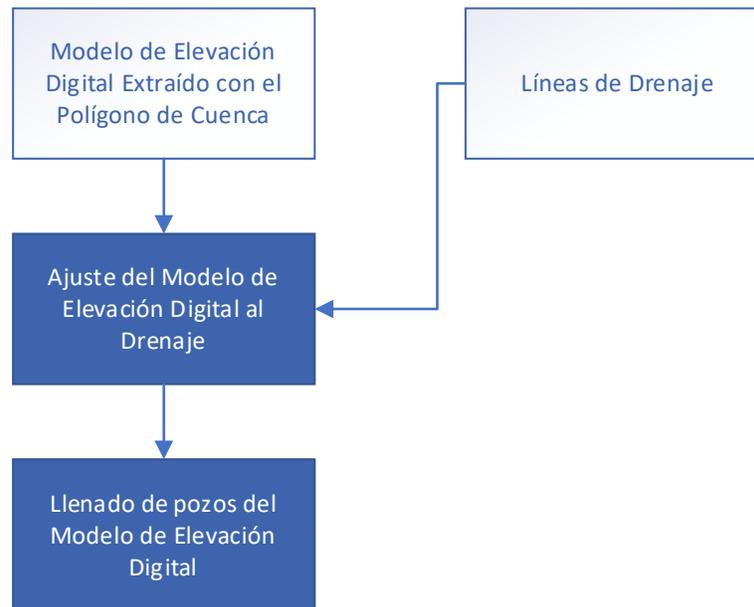


Figura 9: Generación Modelo de Elevación Digital para Modelos Fluidodinámicos

Posterior al paso de modelación fluidodinámica se genera el mapa final de amenaza para la zona rural y para la zona urbana. Este paso se presenta en la Figura 10 y Figura 11 y consiste en la generación del mapa de amenaza a partir de la combinación de los resultados de la modelación fluidodinámica y la categorización de la geomorfología.

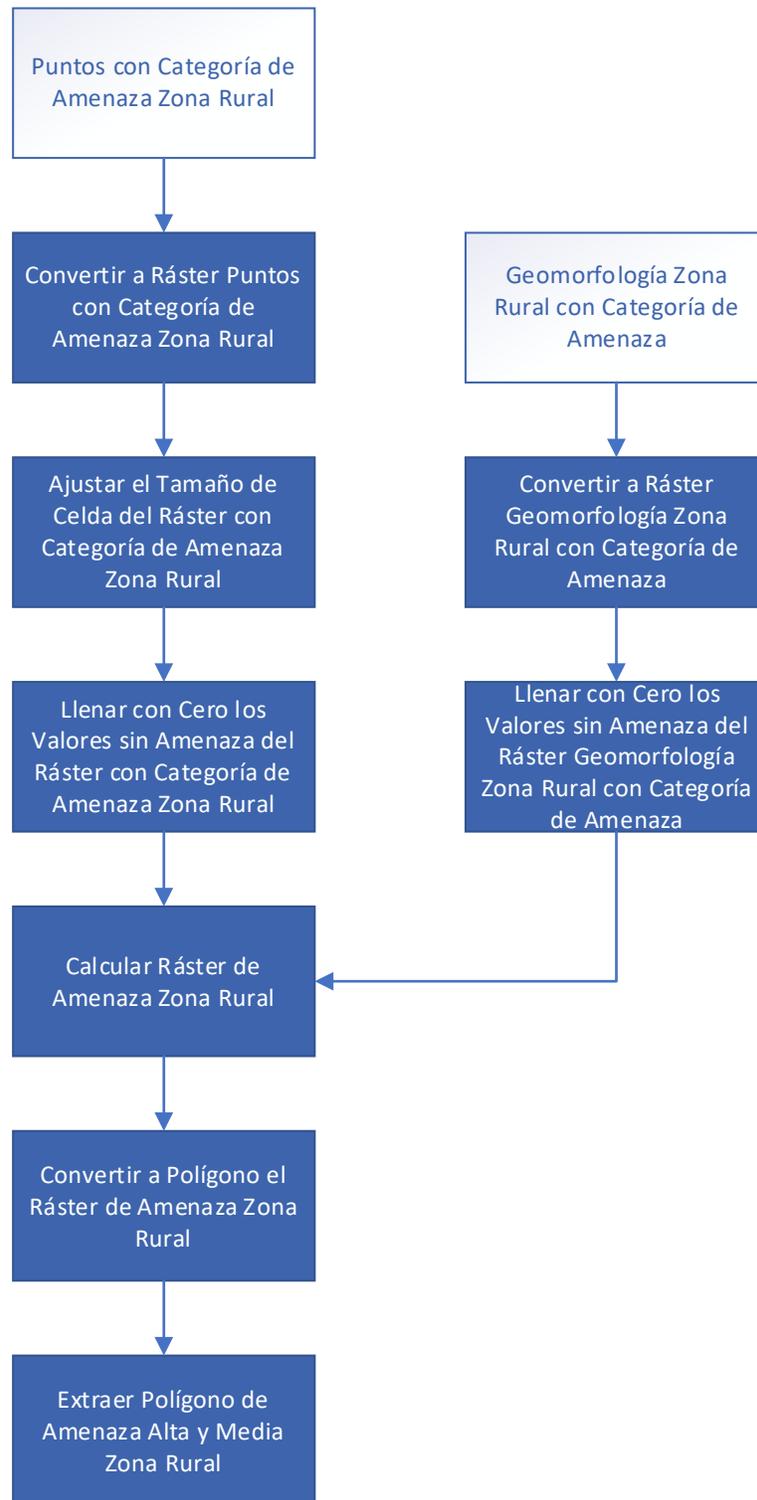


Figura 10: Generación Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales Zona Rural

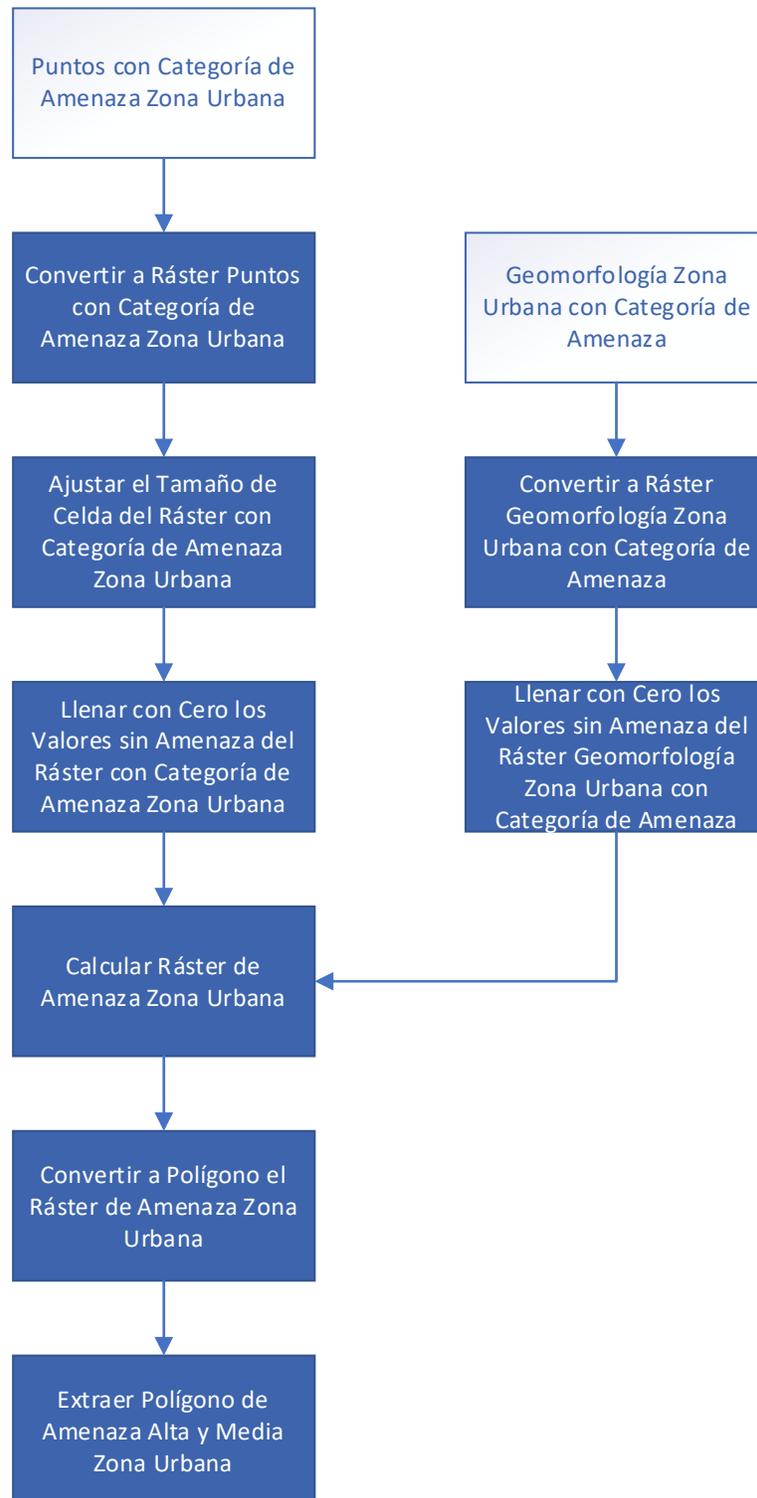


Figura 11: Generación Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales Zona Urbana

4.2.2 FASE 2: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA

La fase 2 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 11 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 11. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza. Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.

La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados.

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.3 FASE 3: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO

La fase 3 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 12 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 12. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo. Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados.

La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis que dependen del fenómeno a estudiar y la priorización para la realización de los estudios detallados que permitirán categorizar el riesgo.

Parágrafo. Las zonas de amenaza media para las cuales en la revisión o expedición de un nuevo POT se proponga el cambio de densidad o un cambio en los usos del suelo que pueda generar o

incrementar el riesgo en la zona, se consideran como áreas con condición de riesgo. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

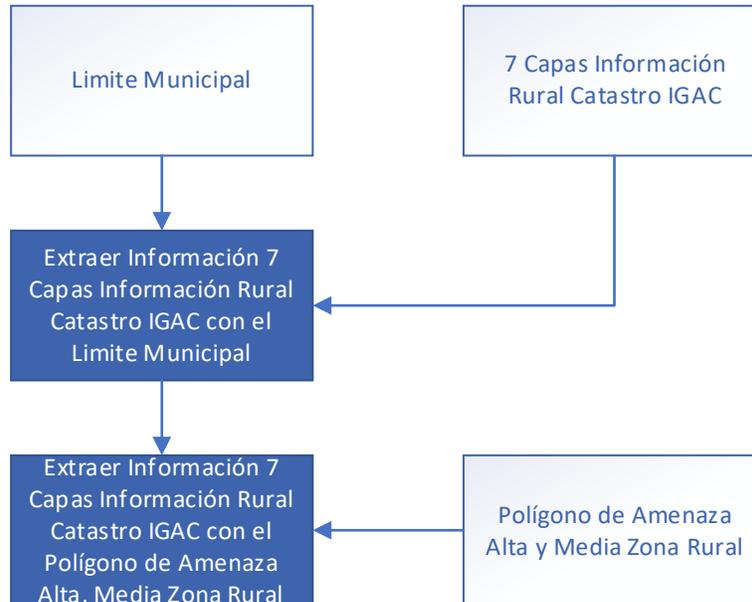


Figura 12: Generación Zonas con Condición de Riesgo por Avenidas Torrenciales Zona Rural

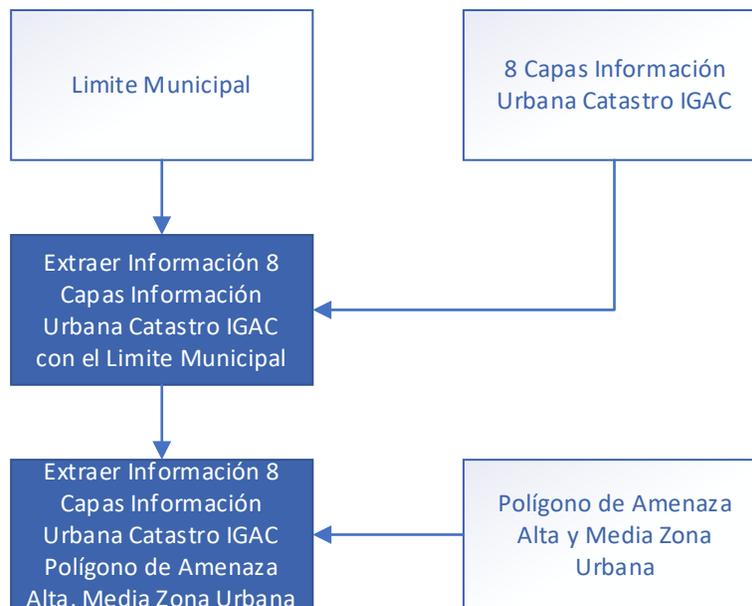


Figura 13: Generación Zonas con Condición de Riesgo por Avenidas Torrenciales Zona Urbana

4.2.4 FASE 4: DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

La fase 4 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 13 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 13. Determinación de medidas de intervención. Con base en los resultados de los estudios básicos, se deben determinar las medidas de mitigación no estructurales orientadas a establecer el modelo de ocupación del territorio y las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.5 FASE 5: DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

La fase 5 desarrolla las actividades expuestas en el artículo 22 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 22. Documento Técnico de Soporte. Los estudios básicos, y cuando se disponga de estudios detallados, deben integrarse al Documento Técnico de Soporte que contiene la justificación, la descripción, el desarrollo y la aplicación de las determinaciones de planificación de los componentes y contenidos del Plan de Ordenamiento Territorial. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.5.1 COMPONENTE GENERAL

El componente general desarrolla las actividades expuestas en el artículo 23 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 23. Componente General. En relación con la gestión del riesgo, en el componente general del POT se deberá considerar como mínimo:

1. Objetivos y estrategias territoriales de mediano y largo plazo. Se deben establecer los objetivos y estrategias de mediano y largo plazo garantizando la incorporación de la gestión del riesgo en el plan de ordenamiento territorial y la definición de medidas para el conocimiento y la reducción (prevención y mitigación) del riesgo, procurando el desarrollo seguro del territorio, de acuerdo con los análisis efectuados en los estudios básicos, así como con los análisis de estudios detallados cuando se disponga de estos.

2. Contenido estructural. En el contenido estructural se deben especificar y ubicar en planos:

2.1. Las áreas con condición de riesgo y con restricción por amenazas identificadas en los estudios básicos y su priorización para la elaboración de los estudios detallados en el corto, mediano y largo plazo, en función de los objetivos, estrategias y prioridades adoptados para la concreción del modelo de ocupación territorial y de acuerdo con la programación prevista en el respectivo plan.

2.2. La determinación y ubicación en planos de las zonas que presenten alto riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas o por riesgos naturales, siempre y cuando se cuente con los estudios detallados que permitan su caracterización.

2.3. En la determinación de los suelos de protección deben considerarse las áreas que cumplan las siguientes condiciones y que por tanto tienen restringida la posibilidad de urbanizarse:

- a) Las áreas sin ocupar zonificadas en los estudios básicos como amenaza alta, en las que la información sobre intensidad y recurrencia o registros históricos de los fenómenos por movimientos en masa, avenidas torrenciales o inundación evidencian que la determinación de las medidas de reducción son insuficientes en el tiempo para garantizar el desarrollo de procesos de urbanización;
- b) Las áreas zonificadas como riesgo alto no mitigable en suelo urbano, de expansión urbana y rural, de acuerdo con los estudios detallados, cuando se cuente con ellos. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.5.2 COMPONENTE URBANO

El componente urbano desarrolla las actividades expuestas en el artículo 24 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 24. El Componente Urbano. En relación al suelo urbano y de expansión urbana, este componente deberá contemplar por lo menos, los siguientes contenidos para adelantar la delimitación de las áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales, de conformidad con lo previsto en el componente general del plan de ordenamiento territorial:

1. Para las áreas con condición de amenaza: La asignación del régimen general de usos y tratamientos que se podrán desarrollar en estas áreas, estableciendo los condicionamientos o restricciones de usos, densidades, ocupación y edificabilidad que eviten la generación de situaciones de riesgo.

El desarrollo de estas áreas se condiciona a la elaboración de los estudios detallados de que trata el presente decreto, para lo cual se deben señalar los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis y para la realización de los estudios detallados.

2. Para las áreas de amenaza media ocupadas. La determinación de las acciones requeridas para estas áreas relacionadas con el manejo de aguas y adecuación de taludes, entre otros, así como de las acciones para realizar seguimiento y monitoreo a fin de garantizar que no se generen condiciones de riesgo.

3. Para las áreas con condición riesgo: La definición de las condiciones técnicas que se estimen convenientes para la elaboración de los estudios detallados que permitan establecer la categorización del riesgo.

La asignación del régimen general de usos y tratamientos, y normas de densidades, ocupación y edificabilidad que se podrán desarrollar condicionados a los resultados de los estudios detallados.

4. Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados:

4.1. La delimitación y zonificación de las zonas de riesgo alto, medio y bajo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto que se consideren como mitigables y no mitigables.

4.2. La definición de las medidas de intervención para el desarrollo de las zonas de riesgo mitigable. Igualmente, se contemplará la asignación de usos y tratamientos y las demás normas urbanísticas de carácter general para el desarrollo de estas áreas (densidades, ocupación y edificabilidad).

4.3. Cuando las zonas de alto riesgo se definan como no mitigables, se establecen las medidas para su manejo y para evitar la ocupación de estas áreas, de acuerdo con el régimen aplicable al suelo de protección.

Parágrafo. El desarrollo urbanístico de áreas con condición de amenaza estará sujeto a la realización de los estudios detallados, así como a la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en los mismos.

Para el efecto, en el plan de ordenamiento territorial o los instrumentos que lo desarrollen y complementen se deben, si es del caso, fijar criterios diferenciales para la caracterización y redelimitación de las unidades de análisis en las áreas objeto de los estudios detallados.

Como mínimo se deben considerar los predios que pueden ser afectados por la ocurrencia del fenómeno natural objeto de análisis y se deben señalar las condiciones y parámetros para la realización de los estudios, de conformidad con lo establecido para el trámite de licencias de urbanización contempladas en el Decreto número 1469 de 2010 o la norma que la adicione, modifique o sustituya.

Los estudios podrán estar a cargo del gestor y/o promotor y/o urbanizador dentro del trámite de los instrumentos de planeamiento intermedio y de licenciamiento urbanístico. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.5.3 COMPONENTE RURAL

El componente rural desarrolla las actividades expuestas en el artículo 25 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 25. El Componente Rural. En relación al suelo rural y rural suburbano, este componente deberá contemplar por lo menos, los siguientes contenidos para adelantar la delimitación de las áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales, de conformidad con lo previsto en el componente general del plan de ordenamiento territorial:

1. Para las áreas de amenaza alta y media: La definición de medidas de manejo especial para las zonas calificadas como de amenaza alta y media en los suelos rurales no suburbanos mediante el desarrollo, entre otros, de usos agroforestales, la implementación de prácticas culturales de conservación y manejo de cultivos, las medidas para el control de erosión y prácticas mecánicas de conservación tales como el manejo de escorrentías, así como determinar la necesidad de adelantar estudios detallados en las áreas de restricción por amenaza.

2. Para las áreas con condición riesgo: La definición de las condiciones técnicas para la elaboración de los estudios detallados que permitan establecer las categorías de riesgo en estas áreas y la asignación del régimen general de usos.

3. Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados: La delimitación y zonificación de las áreas de riesgo alto, medio y bajo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto que se consideren como mitigables y no mitigables.

La asignación de usos y las demás condiciones para orientar la ocupación de las áreas calificadas como de riesgo mitigable y para las clasificadas como de riesgo no mitigable se aplicará el régimen del suelo de protección.

Parágrafo. El desarrollo por parcelación en áreas con condición de riesgo en suelo suburbano y centros poblados rurales que no cuenten con estudios detallados al momento de adoptar la revisión del plan de ordenamiento territorial, estará condicionado a su realización, así como a la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en estos estudios. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

4.2.5.4 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

El programa de ejecución desarrolla las actividades expuestas en el artículo 26 del decreto 1807 de 2014 el cual se cita a continuación.

Artículo 26. Programa de ejecución. En el programa de ejecución se incluyen con carácter obligatorio, los programas y proyectos para el conocimiento y la reducción (prevención y mitigación) del riesgo que se ejecutarán durante el periodo de la administración municipal o distrital correspondiente, de acuerdo con lo definido en el correspondiente Plan de Desarrollo y según la vigencia del plan de ordenamiento territorial, señalando las prioridades, la programación de actividades, las entidades responsables y los recursos respectivos.

Con fundamento en lo establecido en los componentes general, urbano y rural, dentro de los programas y proyectos se deben considerar como mínimo los estudios detallados en las áreas priorizadas, el desarrollo de medidas de mitigación estructurales y no estructurales y las acciones para adelantar reasentamientos. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014)

5 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la implementación que se presentó en el capítulo anterior.

5.1 ETAPA 1: ESTUDIOS BÁSICOS

La etapa 1 corresponde a los estudios básicos de riesgo y está compuesta por cinco fases. Los resultados de esta etapa se presentan a continuación.

5.1.1 FASE 1: ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES

El estudio hidrológico comprende dos etapas, la primera es la delimitación de las cuencas hidrográficas en el área de estudio y la segunda el modelo lluvia escorrentía que permite la estimación de hidrogramas que serán la entrada del modelo hidráulico. A continuación, se presenta los pasos seguidos en las dos etapas y sus respectivos resultados.

Para obtener la delimitación de cuencas se parte del Modelo de Elevación Digital (DEM) de la zona de estudio, en este caso se cuenta con un DEM tamaño de celda 12.5 m proyectado en coordenadas geográficas. Este DEM requiere ser proyectado en coordenadas planas con el fin de tener la geometría plana adecuada para el cálculo de áreas y distancias de las cuencas generadas, la proyección del DEM del área de estudio se puede observar en la Figura 22.

Teniendo como entrada el DEM proyectado se construye el flujo de trabajo de herramientas a utilizar con el fin de generar las cuencas hidrográficas del área de estudio. En este flujo de trabajo se desarrollan los siguientes 9 pasos.

1. El DEM debe ser hidrológicamente apropiado, es decir que todas las celdas del DEM drenen a un punto de salida. Para poder generar un DEM hidrológicamente apropiado se deben rellenar los pozos o celdas que no permiten que se genere adecuadamente la red de drenaje (Figura 24)
2. Teniendo en cuenta la pendiente más favorable para el flujo se genera un valor de dirección de flujo para cada celda del DEM (Figura 25)
3. Teniendo en cuenta la dirección de flujo de cada celda es posible calcular el número de celdas que drenan a determinada celda, con estos valores se genera el Ráster de acumulación de flujo (Figura 26)
4. Un parámetro importante en la definición de corrientes es el número de celdas que generan el inicio de un río, para este análisis hidrológico se tomó el equivalente a 0.25 km² como el valor en el cual se genera una corriente (Figura 27)

5. En este paso se dividen las corrientes teniendo en cuenta que los tramos de las mismas no tengan confluencias con otras corrientes (Figura 28)
6. De acuerdo a los tramos de ríos generados en el paso anterior se genera la delimitación automática de cuencas (Figura 29)
7. El Ráster generado en el paso anterior se debe transformar en formato Shape para cálculos posteriores (Figura 30)
8. La segmentación de corrientes se debe transformar en formato Shape para cálculos posteriores (Figura 31)
9. Las cuencas hidrográficas con área aferente acumulada es el resultado final en la generación de cuencas hidrográficas del área de estudio (Figura 32)

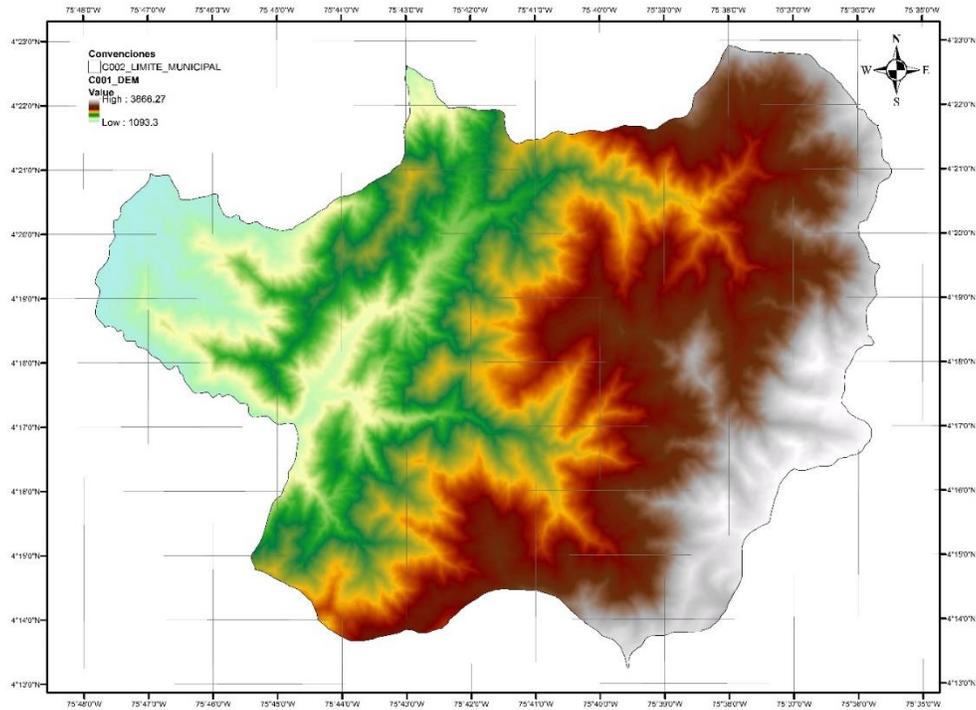


Figura 14: Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)

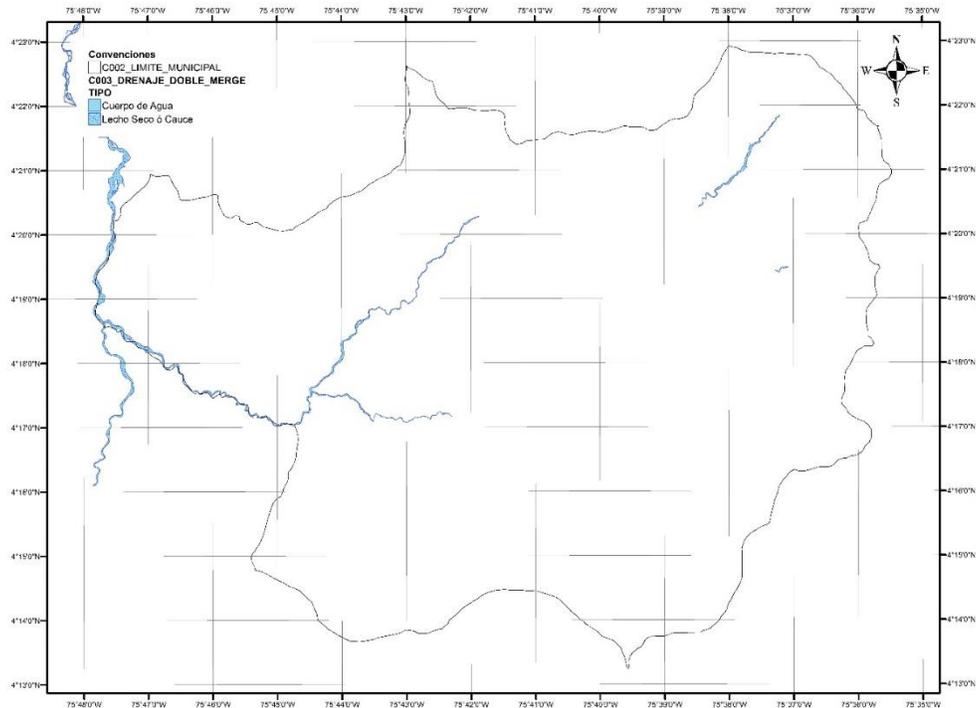


Figura 15: Unión información Drenaje Doble Municipio de Pijao (Quindío)

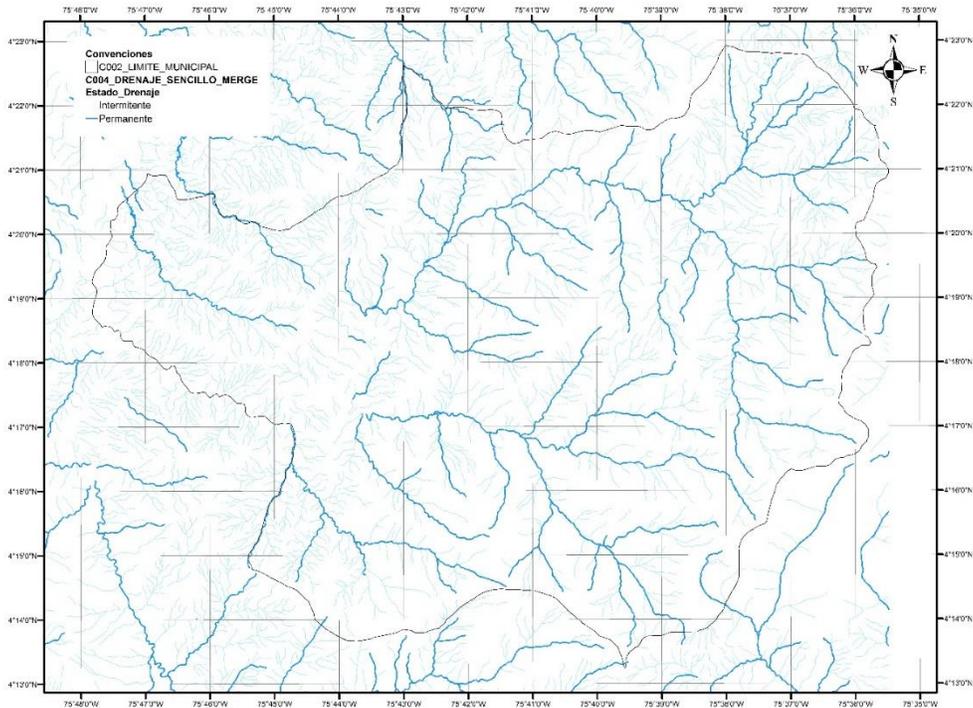


Figura 16: Unión información Drenaje Sencillo Municipio de Pijao (Quindío)

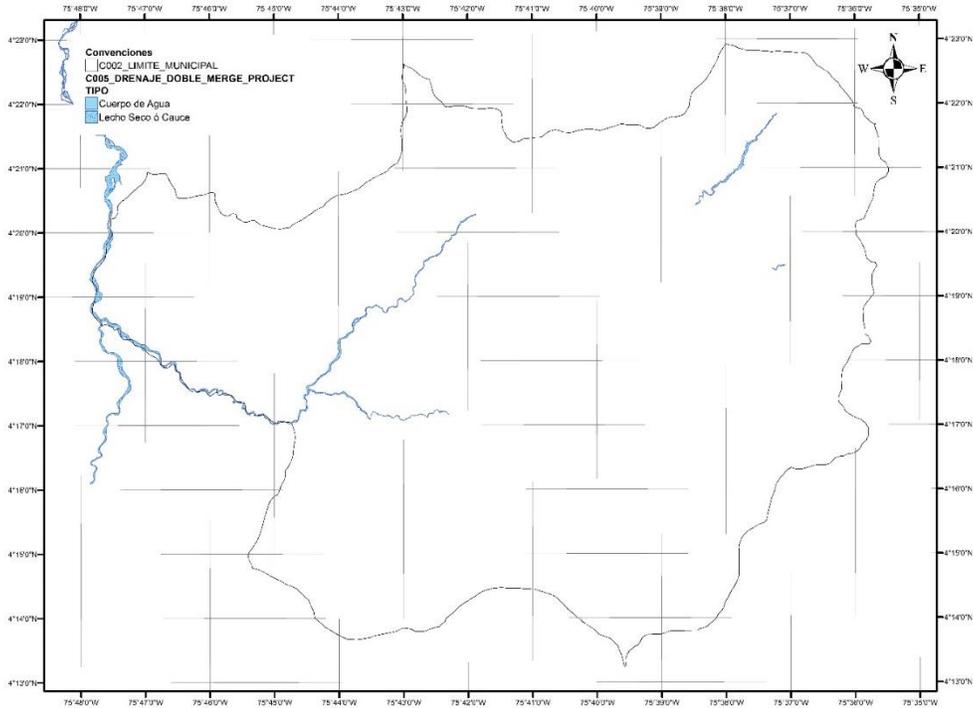


Figura 17: Proyección Drenaje Doble a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío)

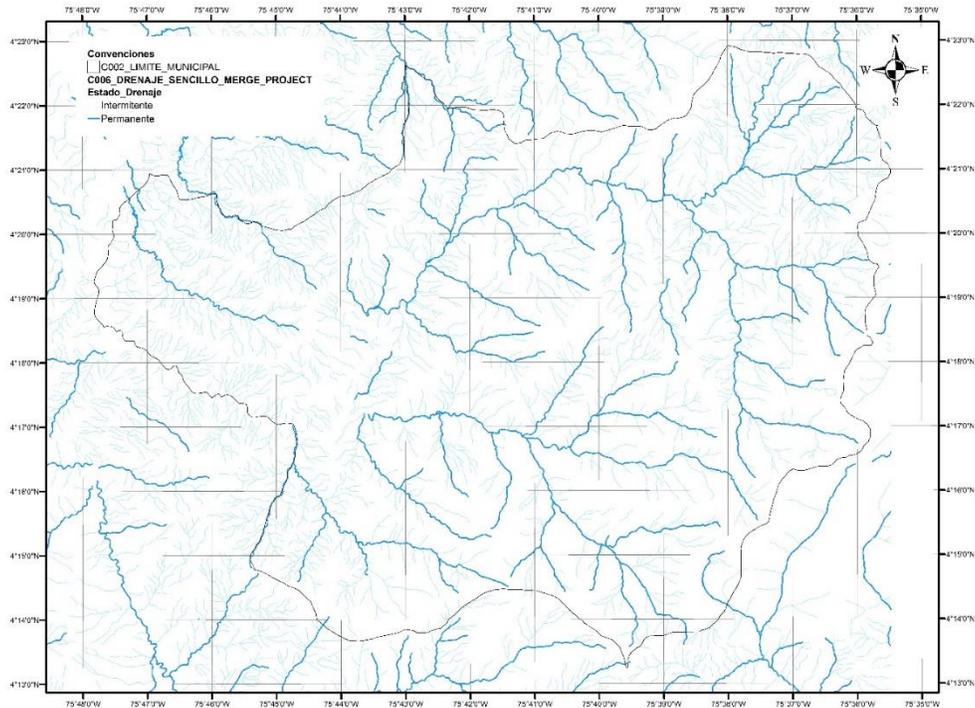


Figura 18: Proyección Drenaje Sencillo a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío)

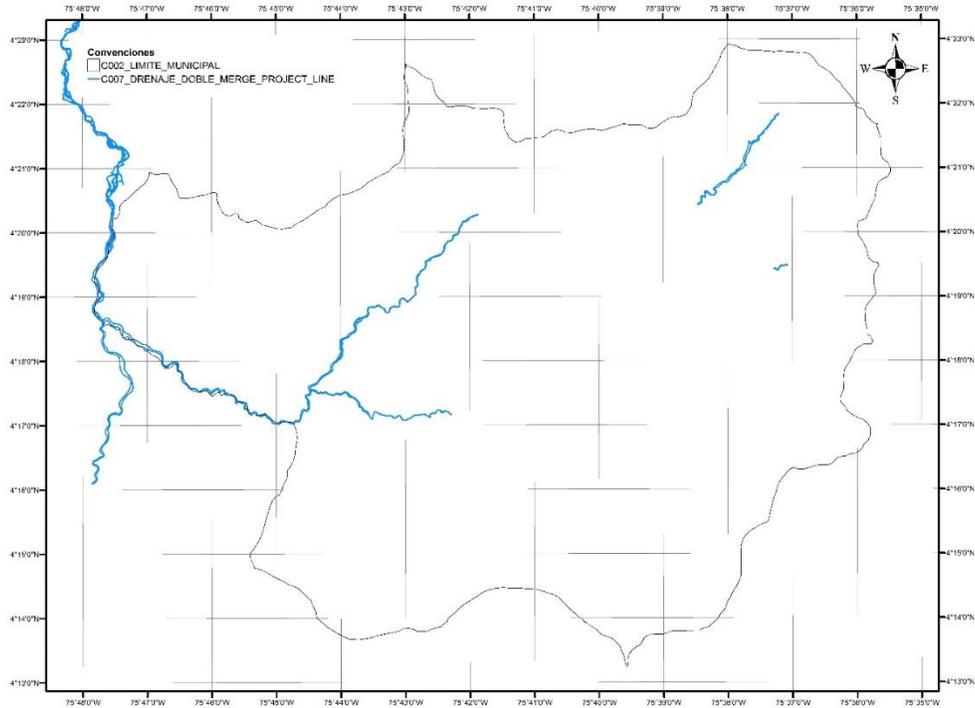


Figura 19: Conversión a línea del Drenaje Doble Municipio de Pijao (Quindío)

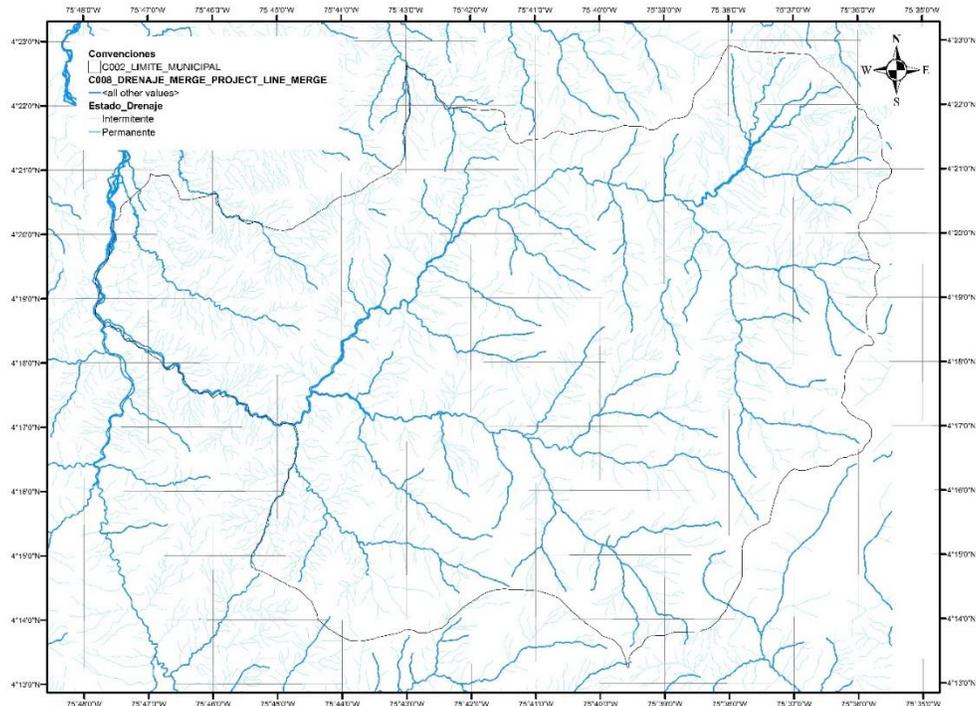


Figura 20: Unión información Drenaje Sencillo y Drenaje Doble Línea Municipio de Pijao (Quindío)

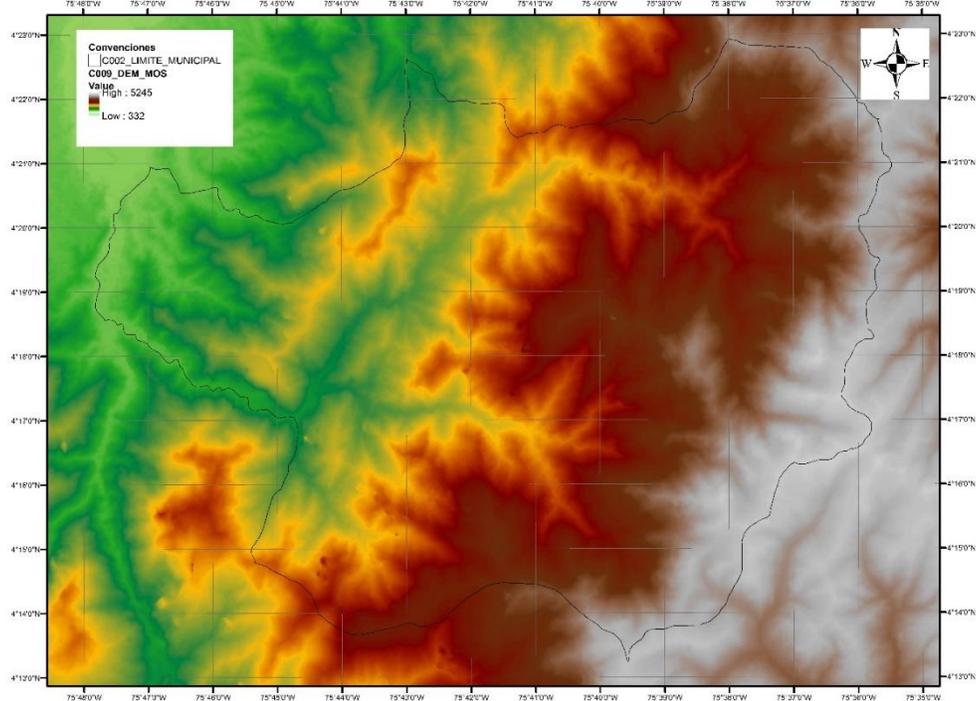


Figura 21: Unión información Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)

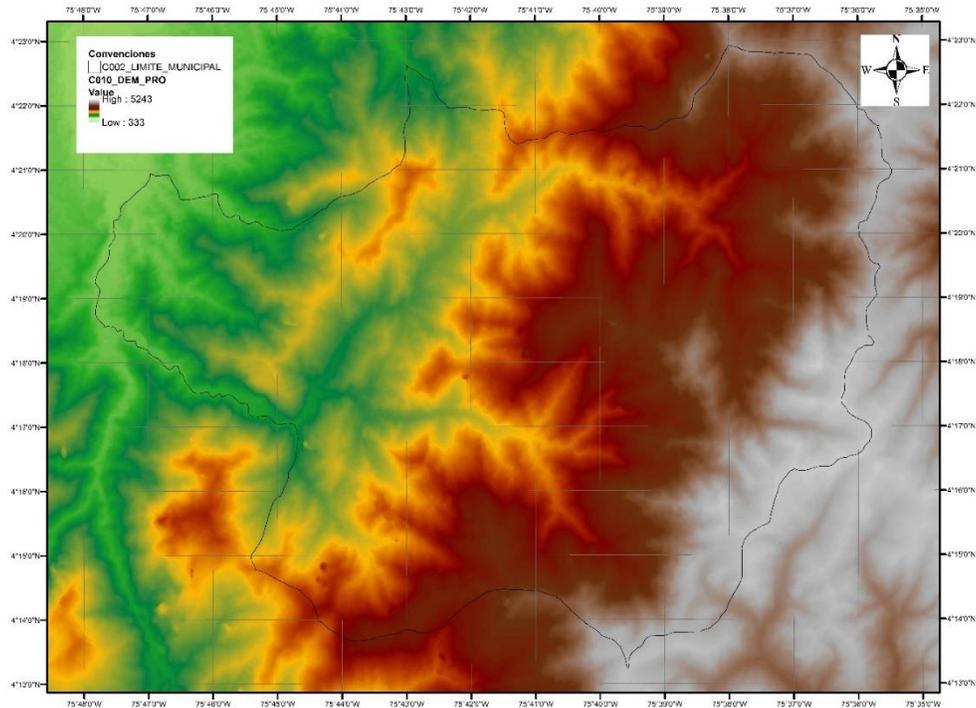


Figura 22: Proyección del Modelo de Elevación Digital a Sistema de Coordenadas Planas Municipio de Pijao (Quindío)

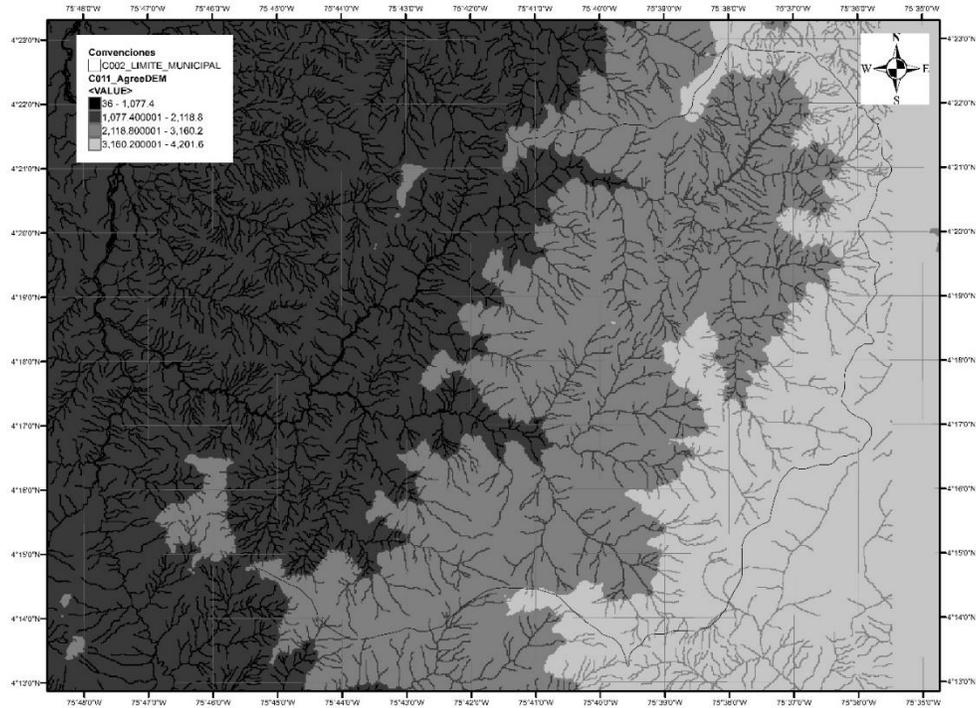


Figura 23: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío)

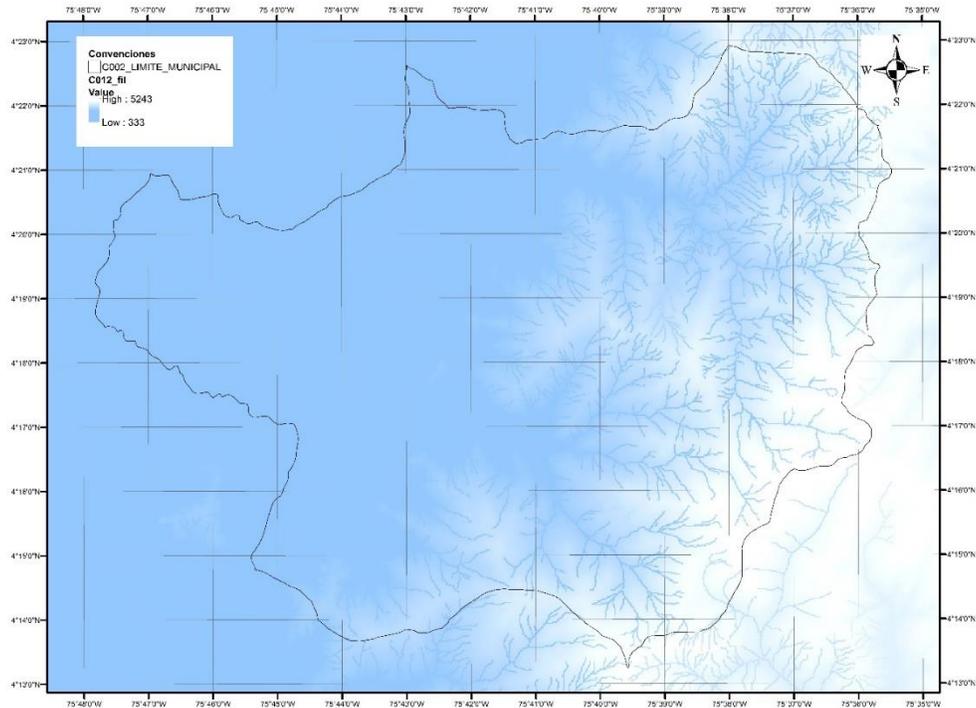


Figura 24: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)

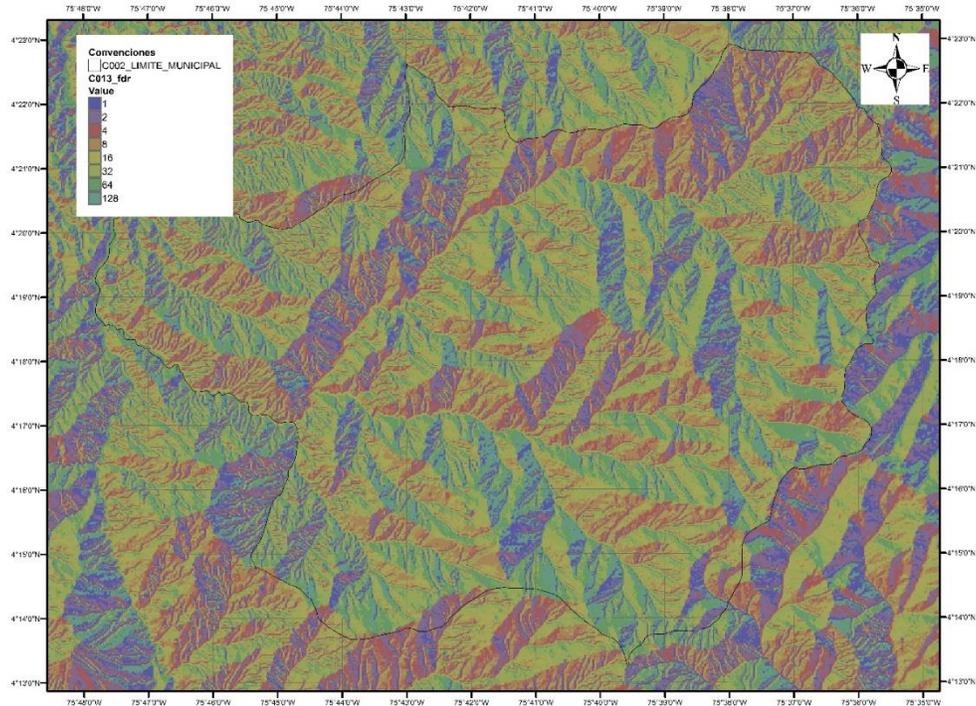


Figura 25: Calculo de la dirección de flujo Municipio de Pijao (Quindío)

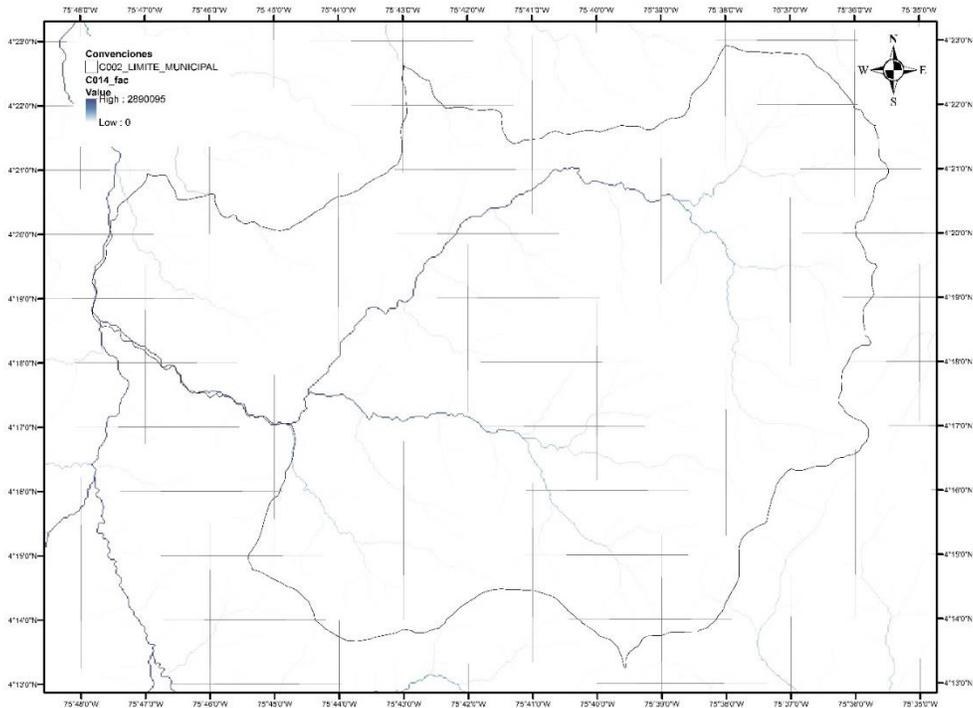


Figura 26: Calculo de la acumulación de flujo Municipio de Pijao (Quindío)

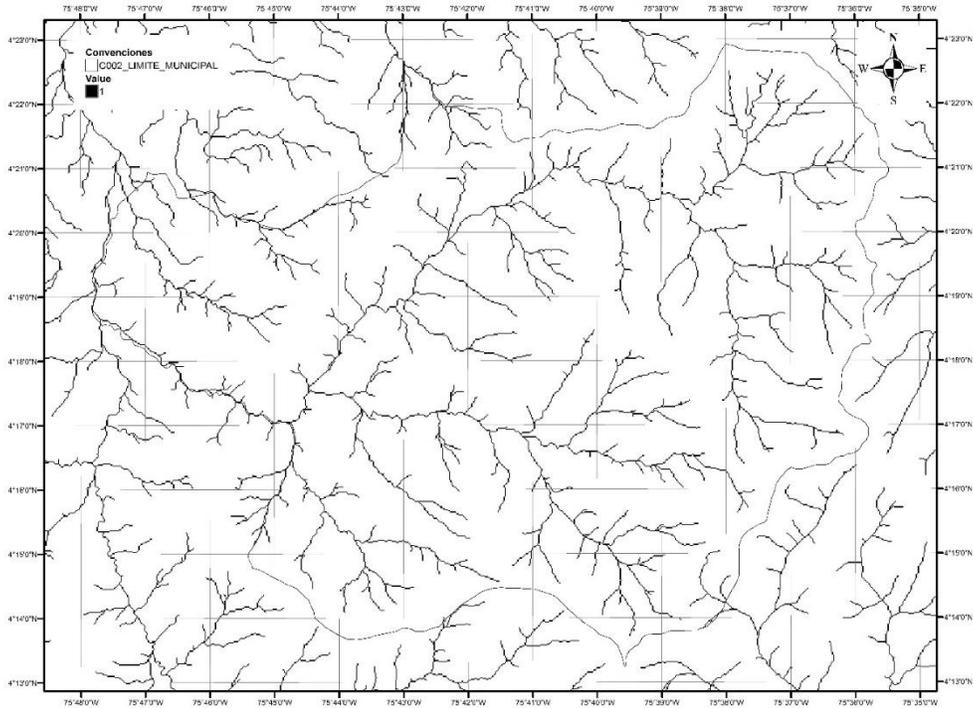


Figura 27: Generación de drenaje tipo ráster Municipio de Pijao (Quindío)

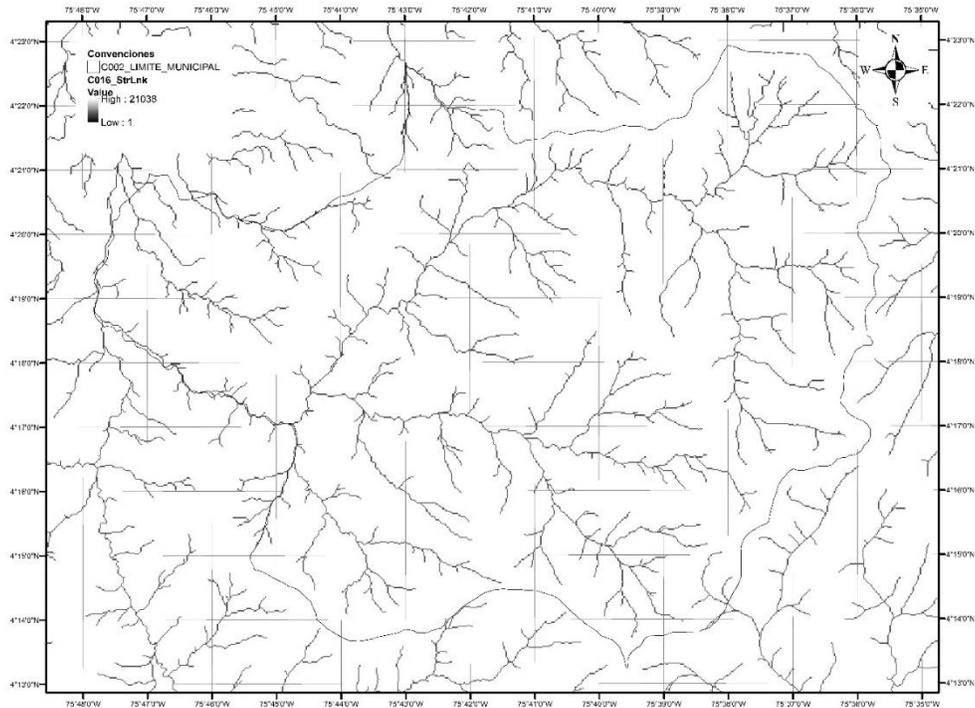


Figura 28: Generación de drenaje tipo ráster vinculada Municipio de Pijao (Quindío)

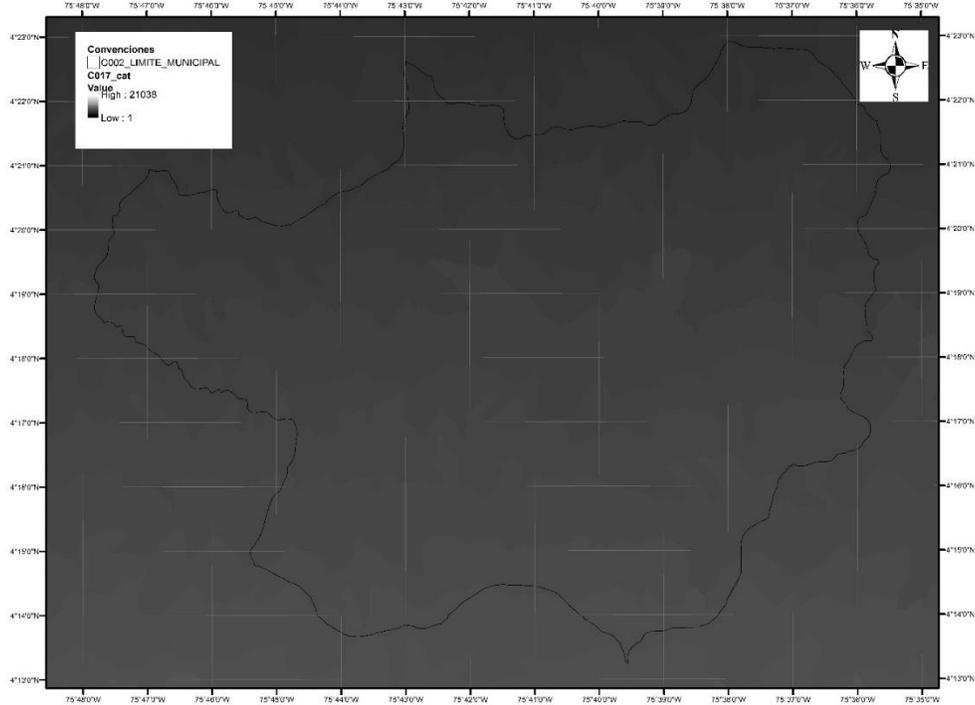


Figura 29: Generación de cuencas ráster Municipio de Pijao (Quindío)

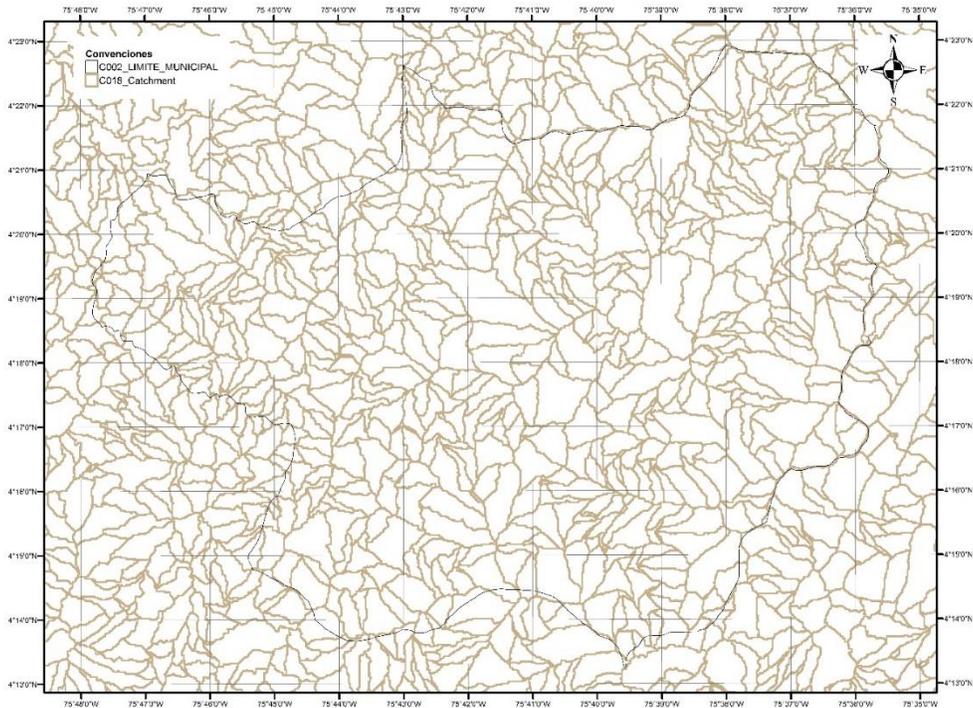


Figura 30: Generación de cuencas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)

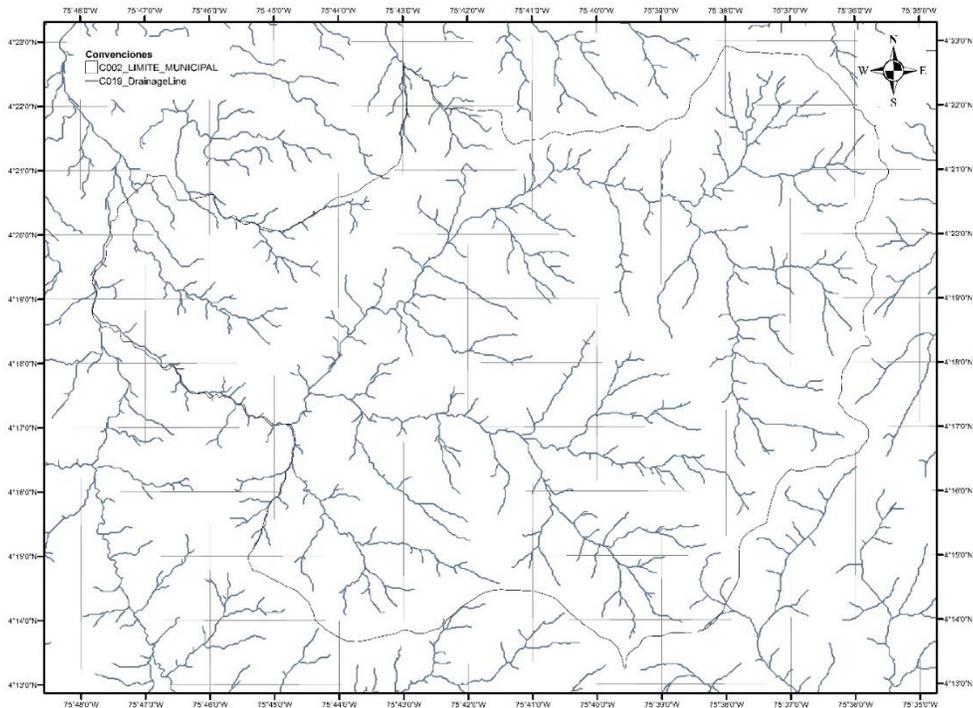


Figura 31: Generación de drenaje tipo línea Municipio de Pijao (Quindío)

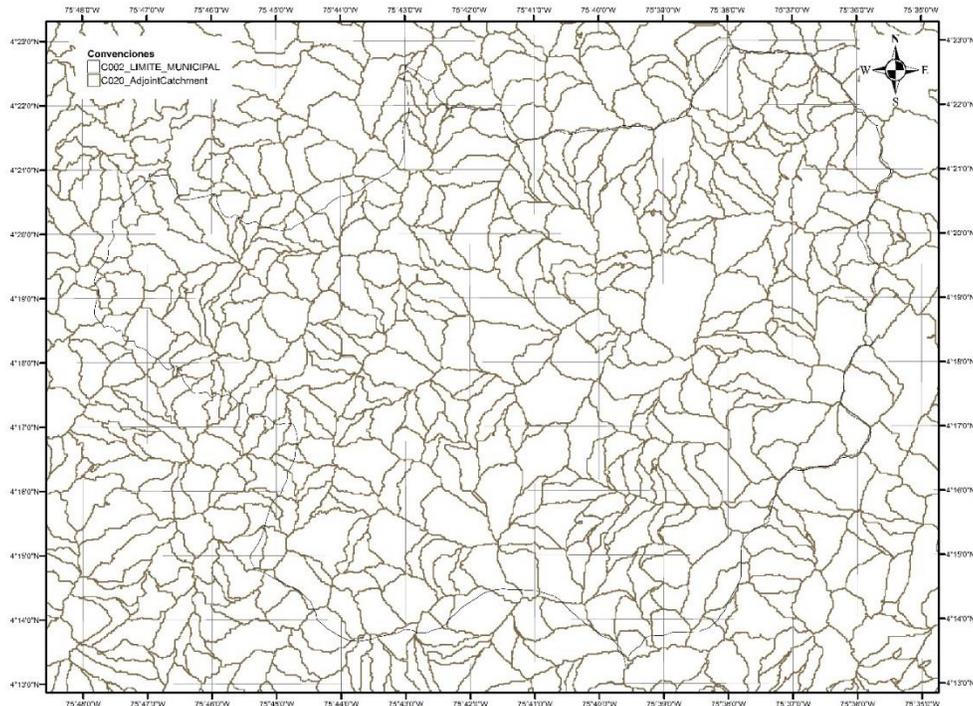


Figura 32: Generación de cuencas acumuladas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)

Para realizar el análisis solo en las cuencas que se encuentran en el perímetro del municipio se determinan los puntos de cierre de cuencas que cubren el perímetro del municipio (Ver Figura 33)

El flujo de trabajo de herramientas a utilizar para la generación de cuencas y delimitar el área de estudio se desarrolla en los siguientes 4 pasos.

1. En el primer paso se vinculan los puntos de cierre de cuencas con el Ráster de acumulación de flujo generado anteriormente (Figura 34)
2. De acuerdo al Ráster de acumulación de flujo se recortan las cuencas tipo Ráster (Figura 35)
3. Las cuencas del paso anterior se convierten en polígonos (Figura 36)
4. El último paso une las cuencas aferentes que puedan quedar separadas al convertir el Ráster de cuencas a polígono (Figura 37).

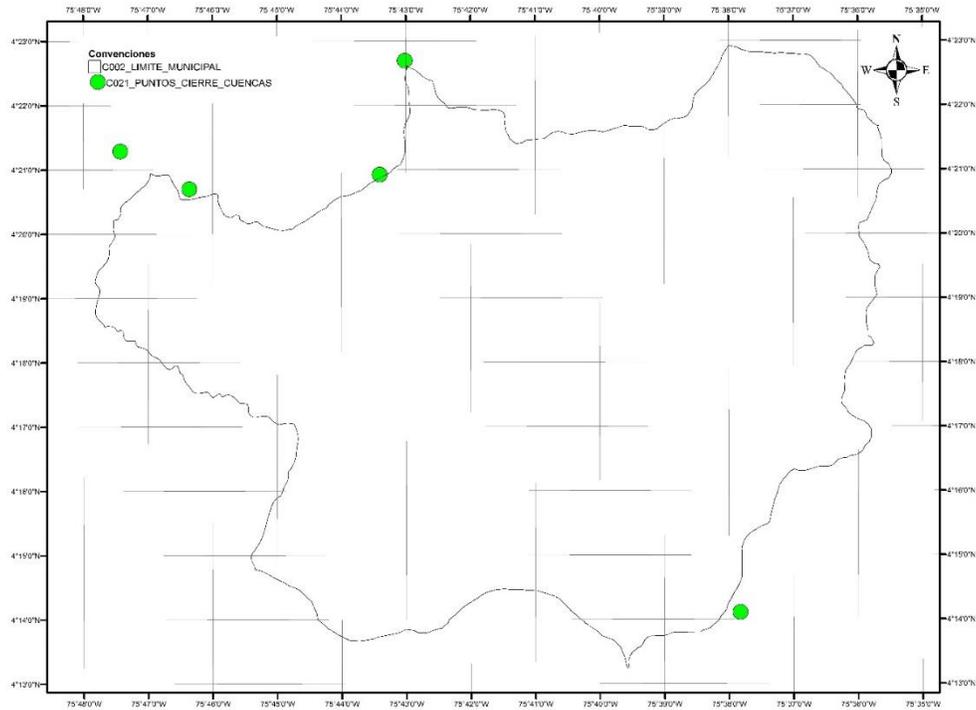


Figura 33: Punto Cierre Cuencas Municipio de Pijao (Quindío)

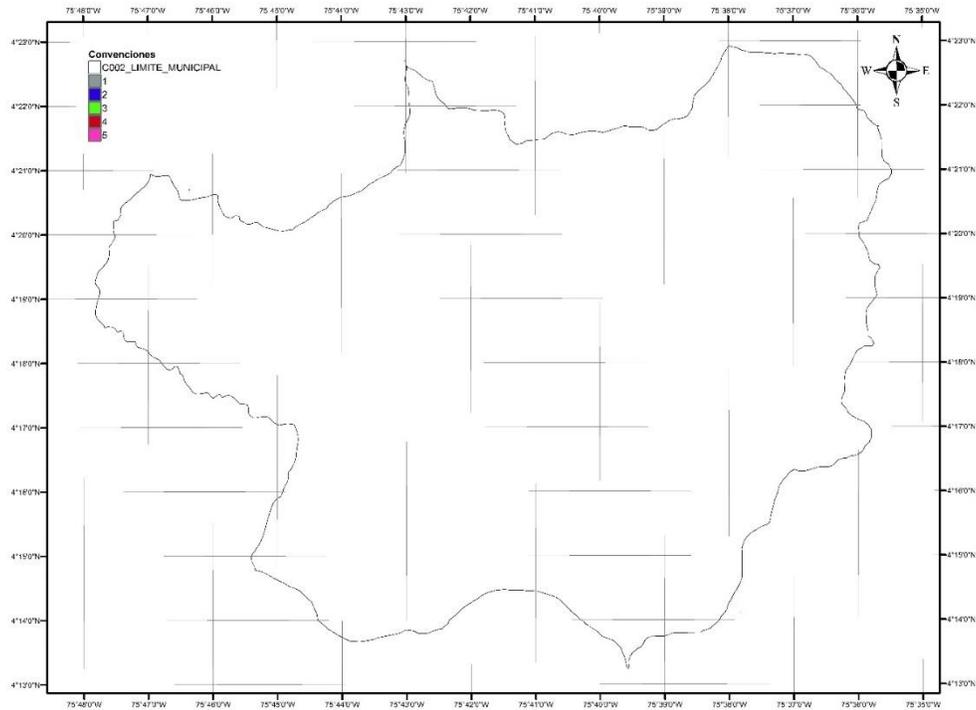


Figura 34: Vinculación Punto Cierre Cuencas y Acumulación de Flujo Municipio de Pijao (Quindío)

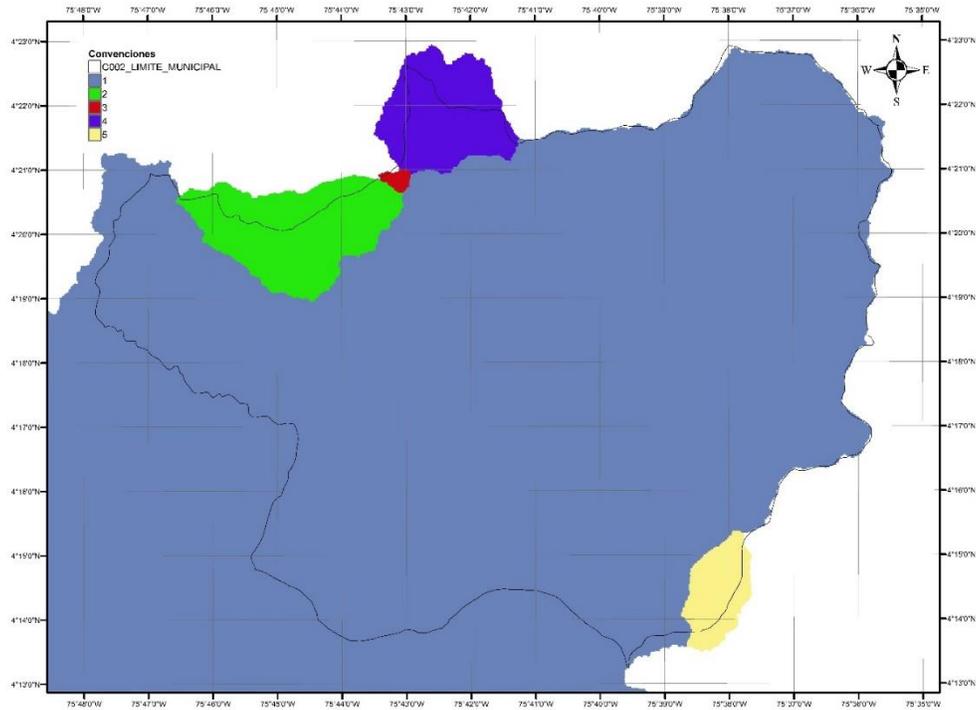


Figura 35: Generación Cuencas Municipio de Pijao (Quindío)

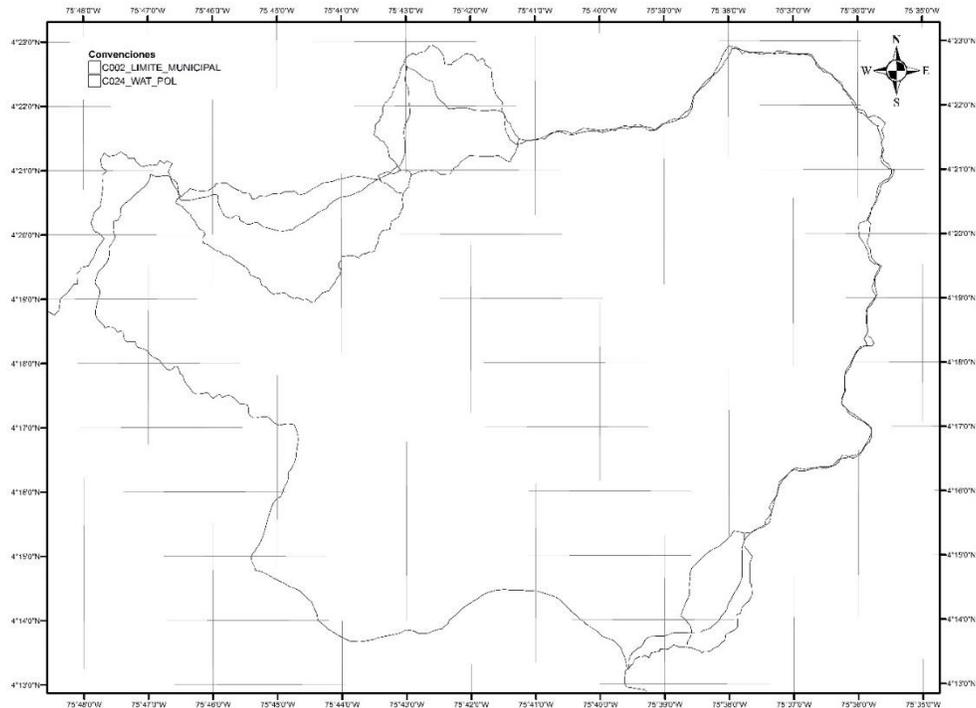


Figura 36: Convertir Ráster Cuencas a Polígono Cuencas Municipio de Pijao (Quindío)

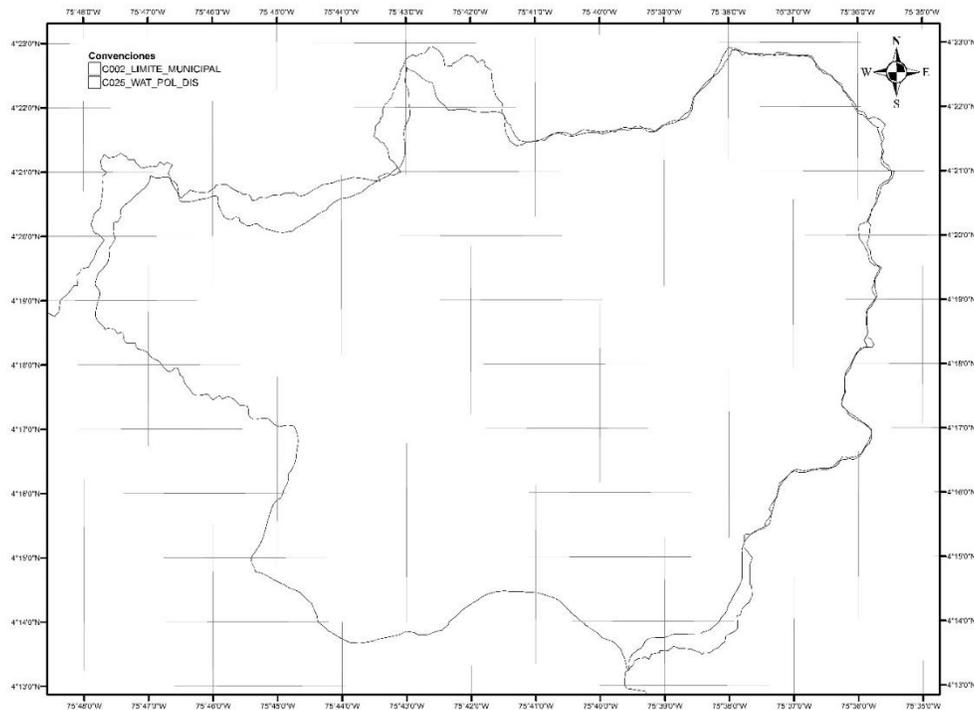


Figura 37: Genera un Solo Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

Teniendo como entrada el modelo de elevación digital tamaño de celda 12.5 m proyectado extraído con las cuencas que abarcan el área de estudio (Figura 38) se construye el flujo de trabajo de herramientas a utilizar con el fin de generar las subcuencas hidrográficas del área de estudio. En este flujo de trabajo se desarrollan los siguientes 10 pasos que son iguales a los descritos anteriormente.

1. Modelo de Elevación Digital Tamaño de Celda 12.5 m Proyectado extraído con cuencas en área de estudio (Figura 39)
2. Modelo de Elevación Digital Hidrológicamente Corregido (Figura 40)
3. Dirección de Flujo (Figura 41)
4. Acumulación de Flujo (Figura 42)
5. Red de Drenaje Generada Tipo Ráster (Figura 43)
6. Red de Drenaje Generada Tipo Ráster Vinculada (Figura 44)
7. Cuencas hidrográficas Tipo Ráster (Figura 45)
8. Cuencas hidrográficas Tipo Polígono (Figura 46)
9. Red de Drenaje Generada Tipo Línea (Figura 47)
10. Cuencas hidrográficas Acumuladas Tipo Polígono (Figura 48)

El resultado del procedimiento anterior es la generación de subcuencas que cubren el área del perímetro del municipio.

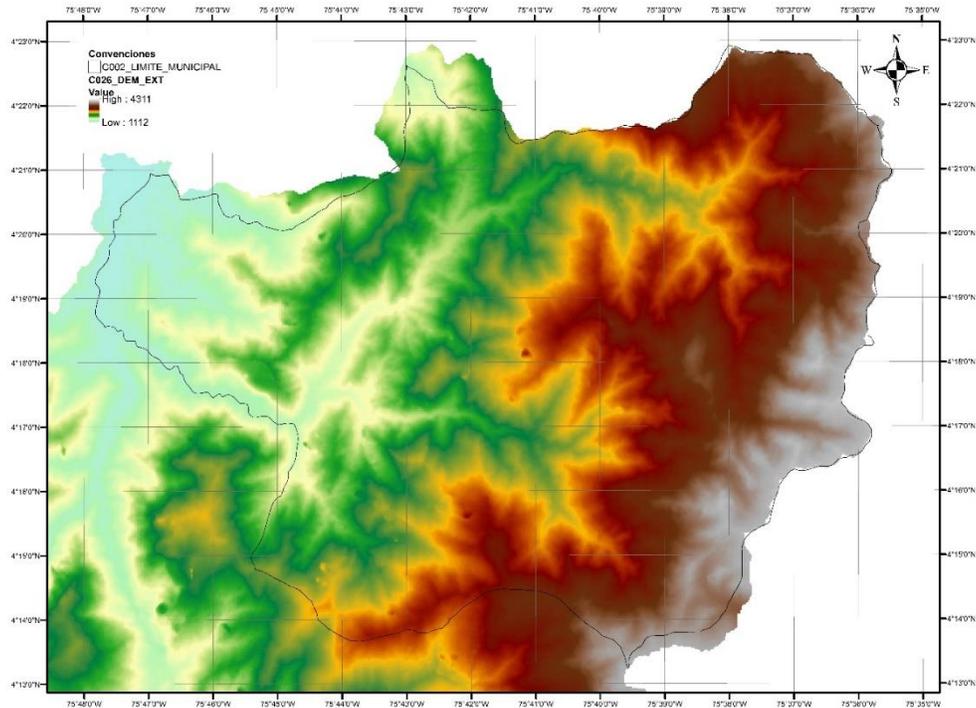


Figura 38: Extrae Modelo de Elevación Digital con el Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

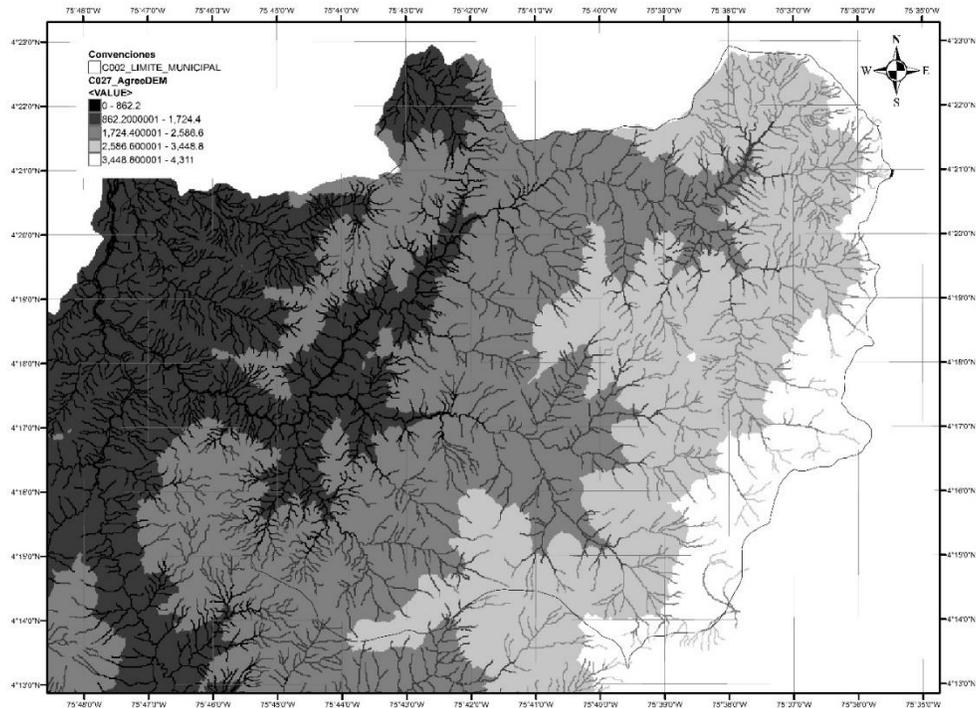


Figura 39: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío)

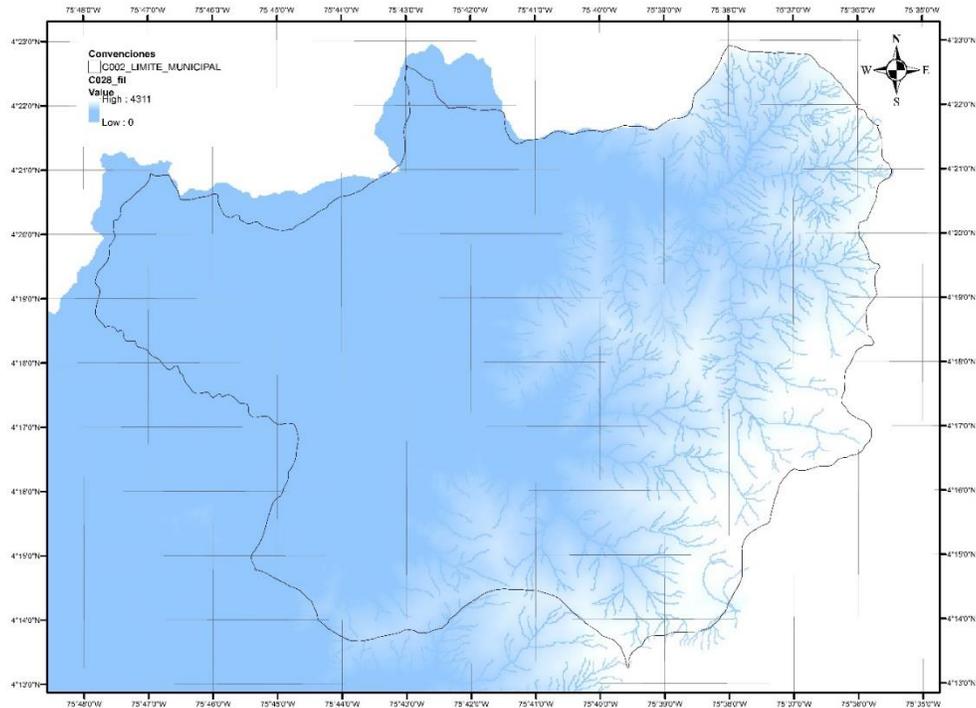


Figura 40: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)

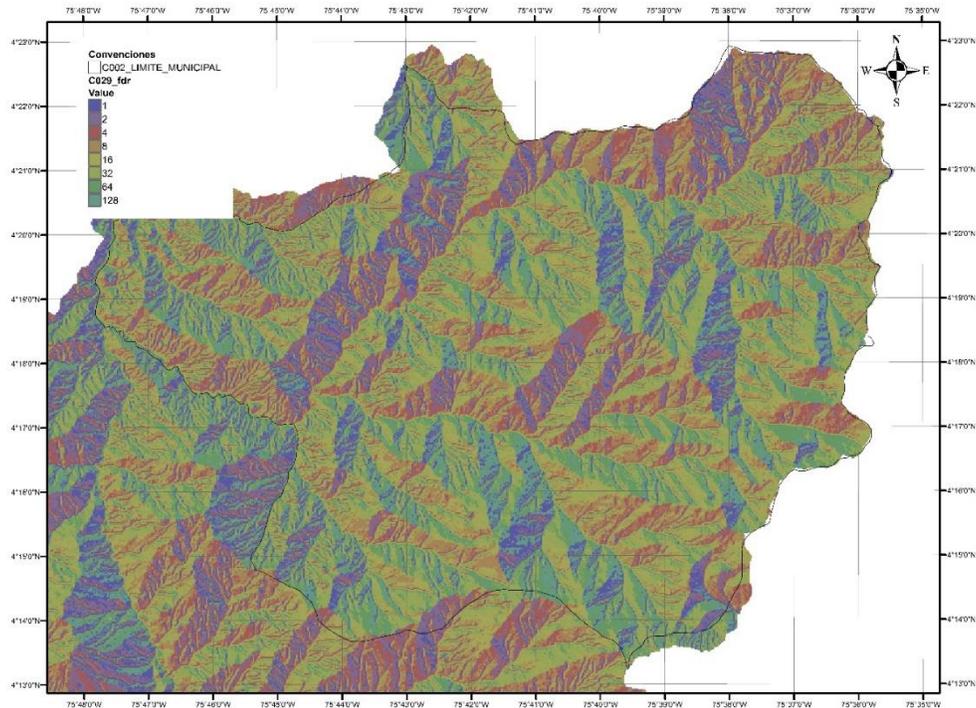


Figura 41: Calculo de la dirección de flujo Municipio de Pijao (Quindío)

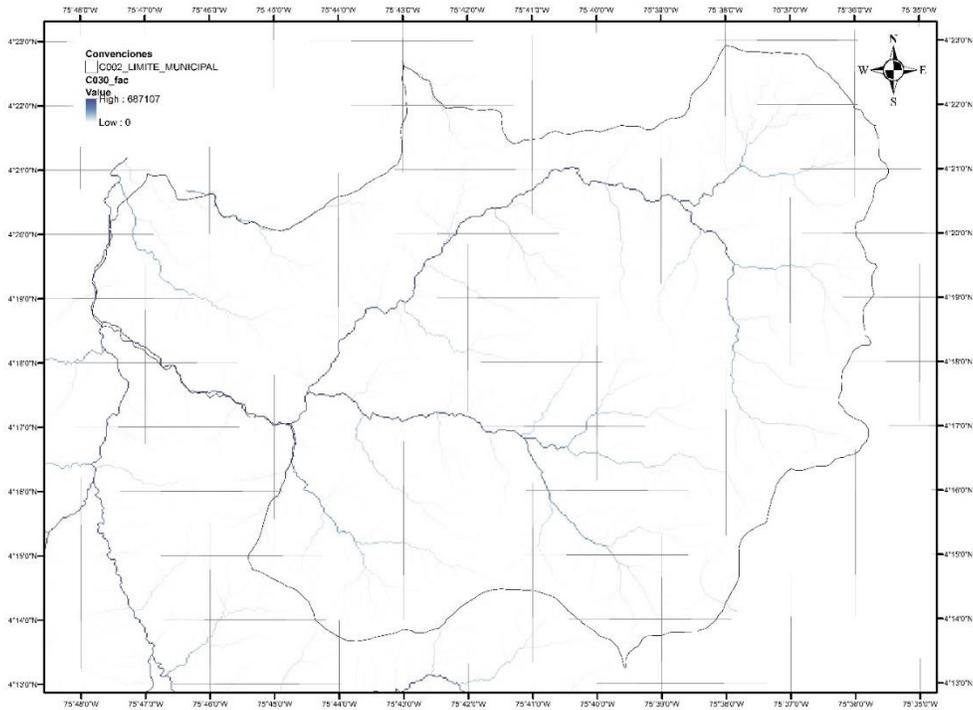


Figura 42: Calculo de la acumulación de flujo Municipio de Pijao (Quindío)

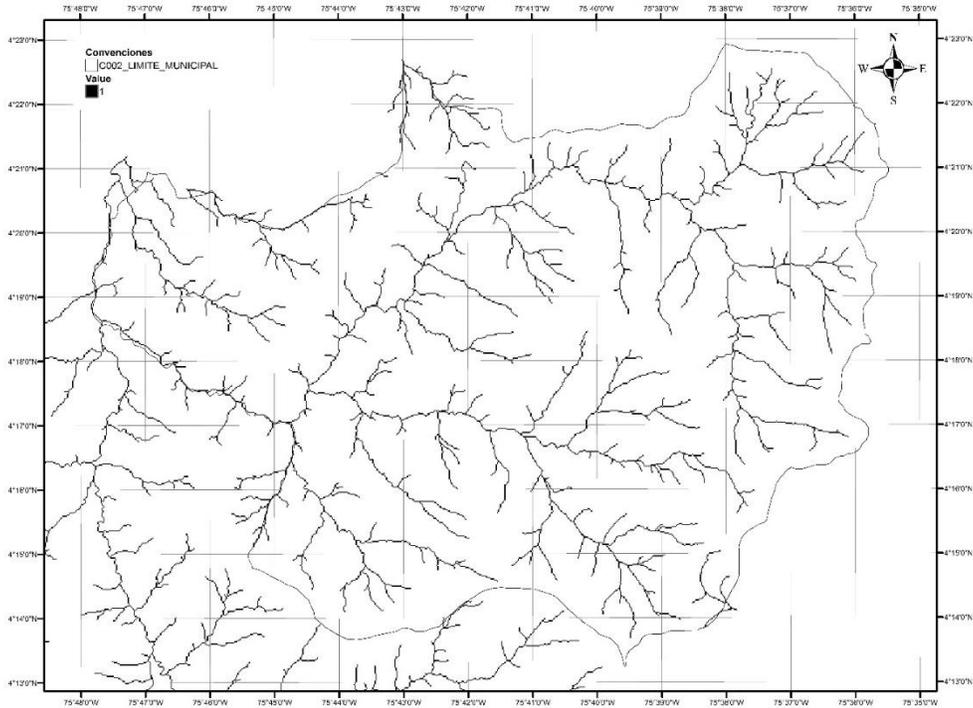


Figura 43: Generación de drenaje tipo ráster Municipio de Pijao (Quindío)

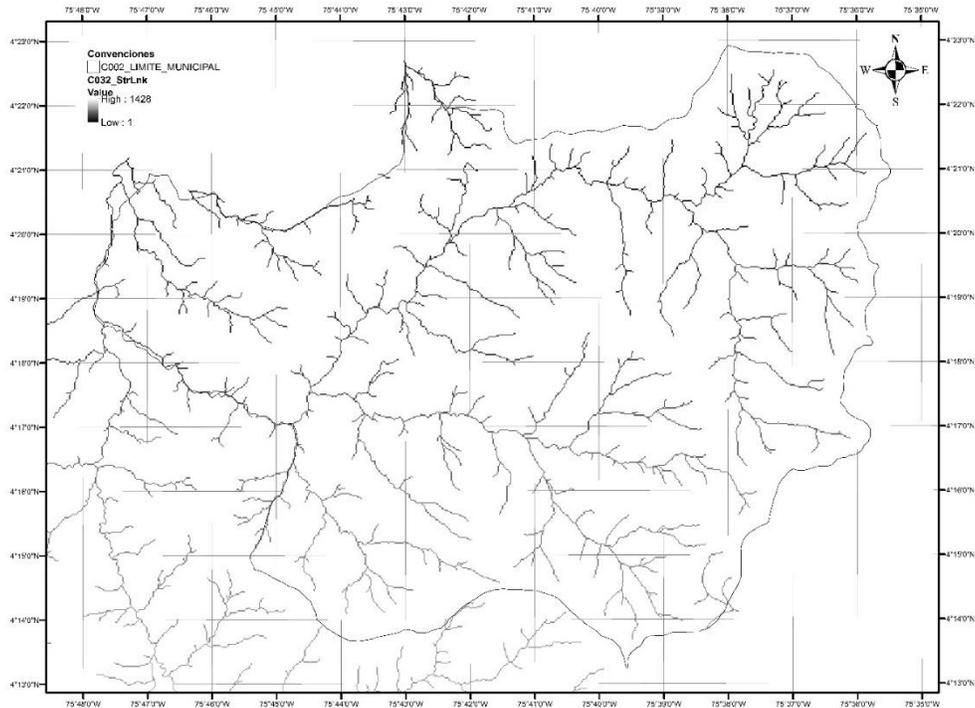


Figura 44: Generación de drenaje tipo ráster vinculada Municipio de Pijao (Quindío)

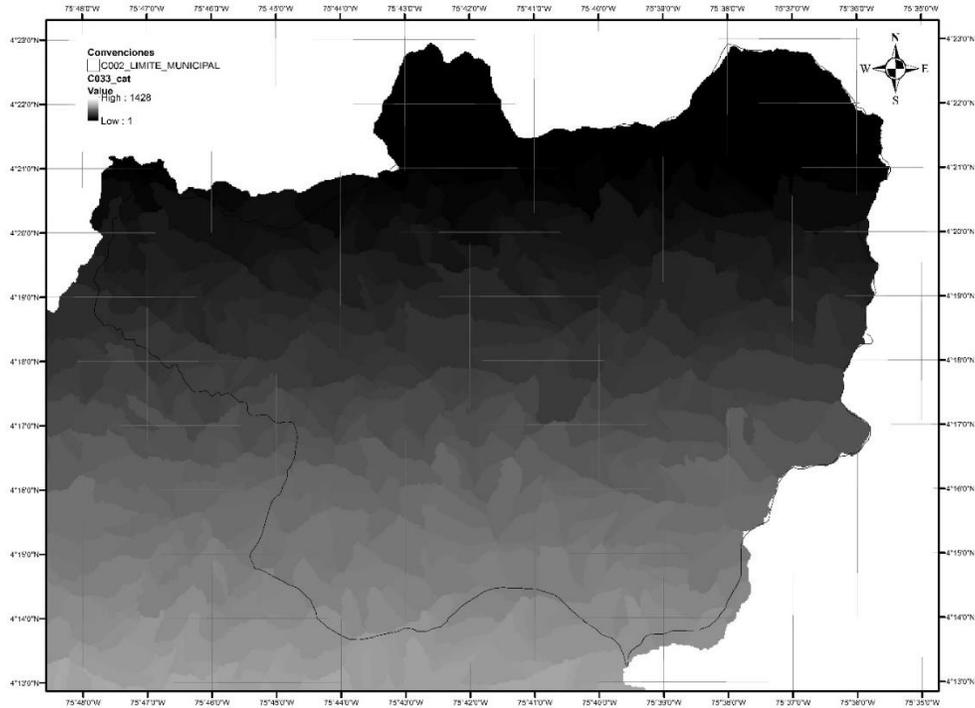


Figura 45: Generación de cuencas ráster Municipio de Pijao (Quindío)

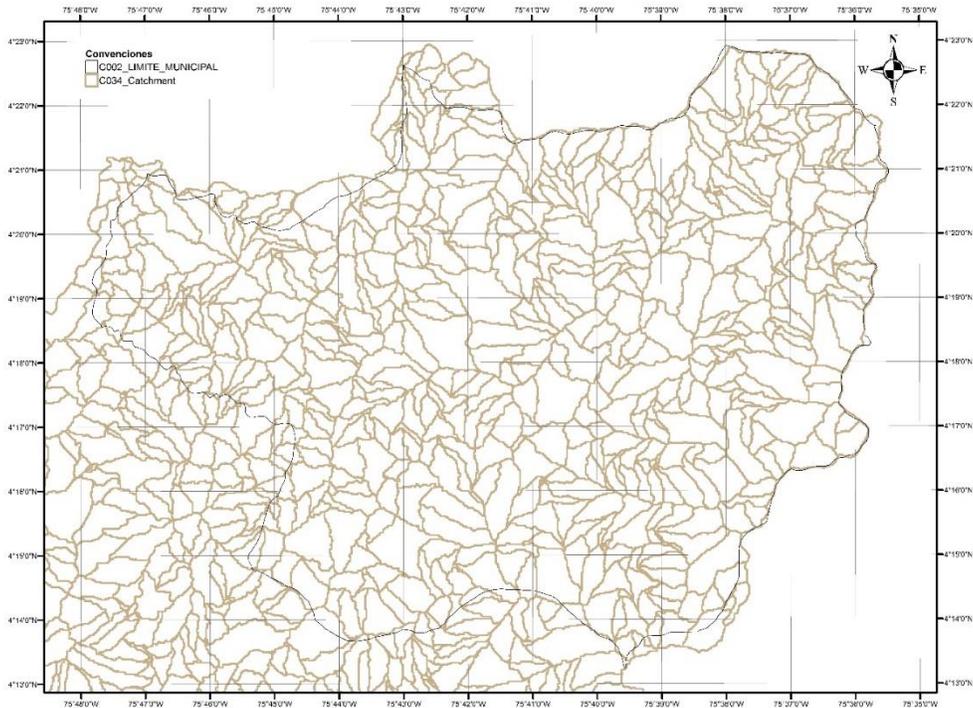


Figura 46: Generación de cuencas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)

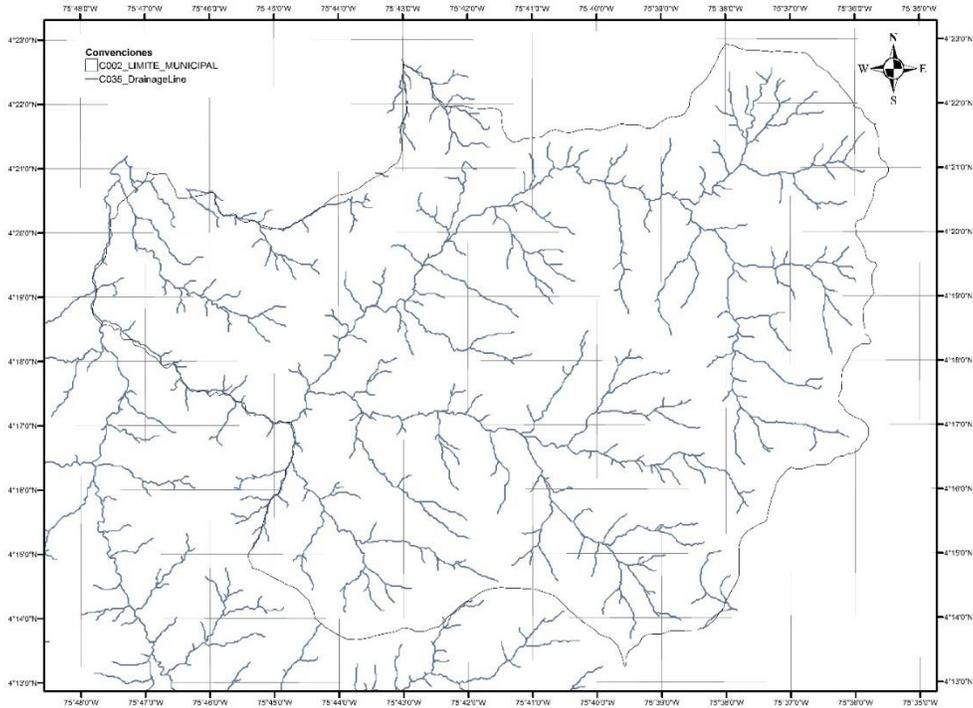


Figura 47: Generación de drenaje tipo línea Municipio de Pijao (Quindío)

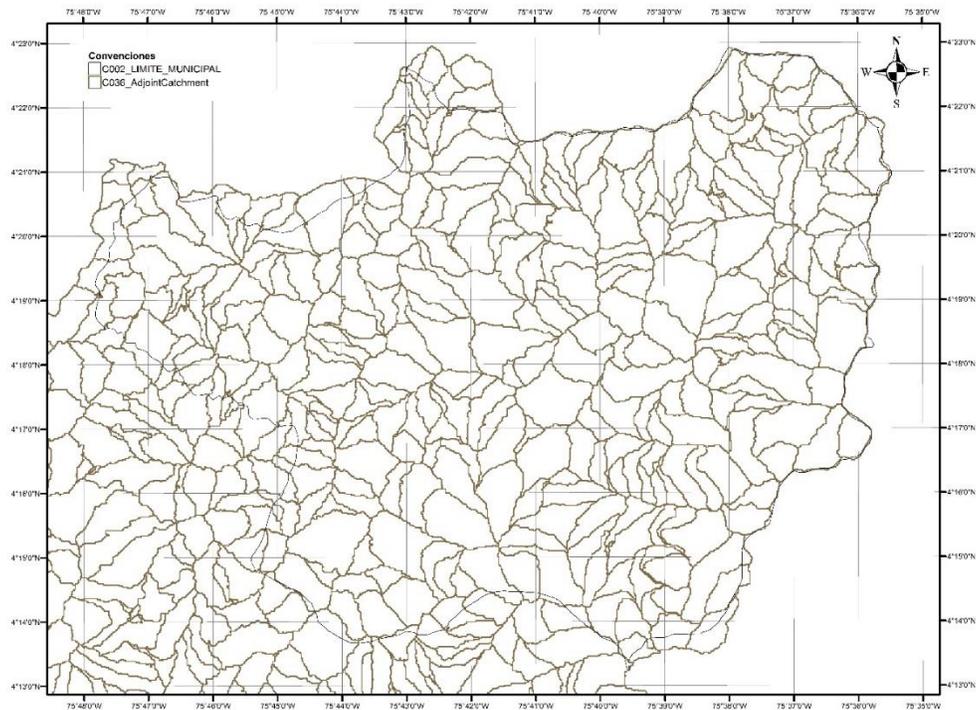


Figura 48: Generación de cuencas acumuladas polígonos Municipio de Pijao (Quindío)

La segunda etapa del análisis hidrológico consiste en el cálculo de los hidrogramas a partir del modelo lluvia – escorrentía, este Hidrograma servirá de entrada al modelo hidráulico. Para obtener los eventos de precipitación se utilizó las curvas sintéticas IDF del centroide de la cuenca a partir del cálculo de la Precipitación Media Anual (Figura 51, Figura 54 y Figura 57) la Precipitación máxima en 24 horas (Figura 49, Figura 52 y Figura 55) y el Número de días de precipitación medio anual (Figura 50, Figura 53 y Figura 56).

Con el evento de precipitación obtenido a partir de las curvas IDF utilizando el método de bloque alterno y las abstracciones calculadas con el método de numero de curva se obtienen los hidrogramas que servirán de entrada al modelo hidráulico.

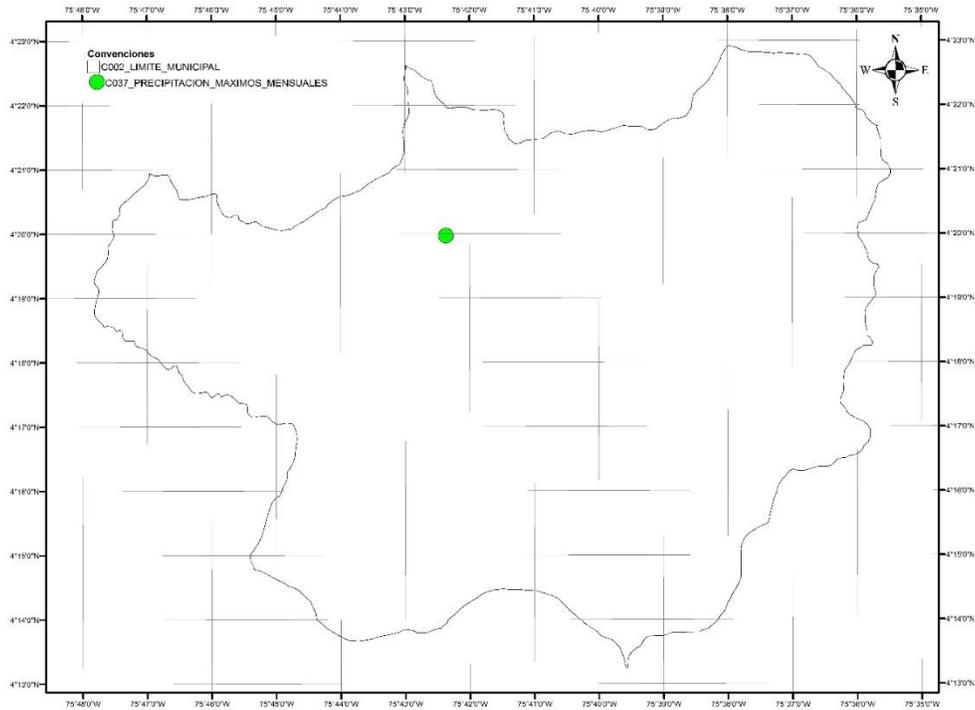


Figura 49: Estaciones con Información de Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

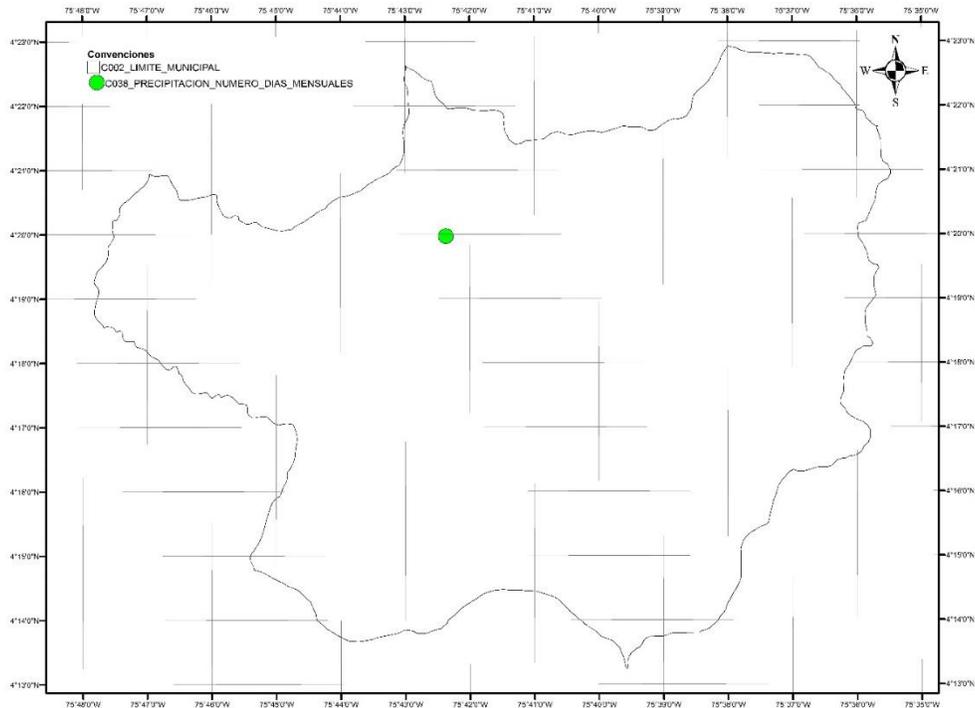


Figura 50: Estaciones con Información de Numero de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

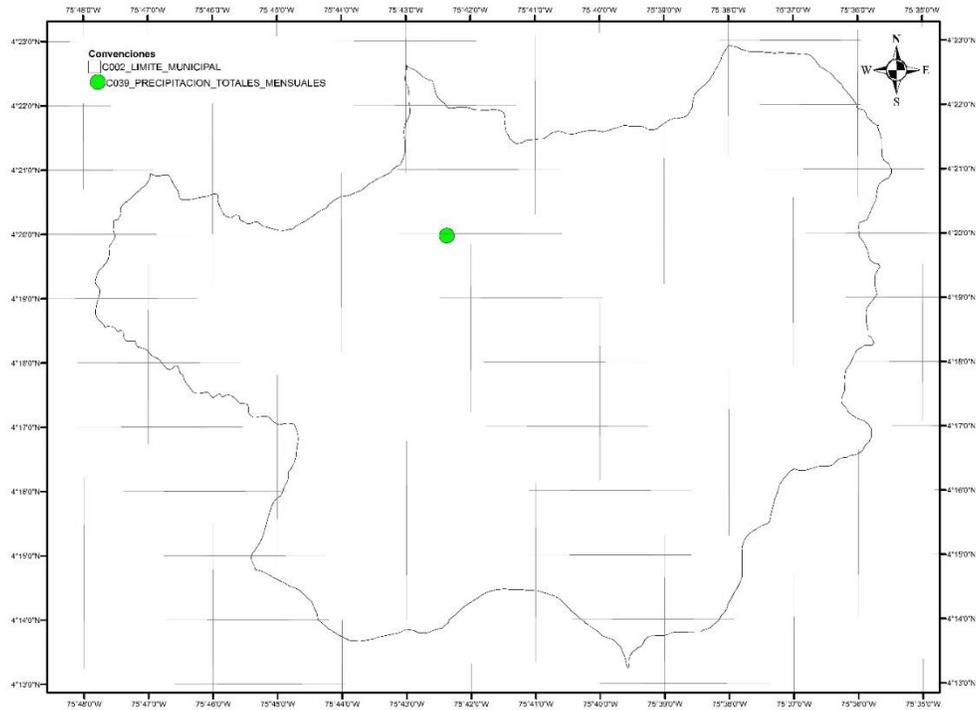


Figura 51: Estaciones con Información de Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

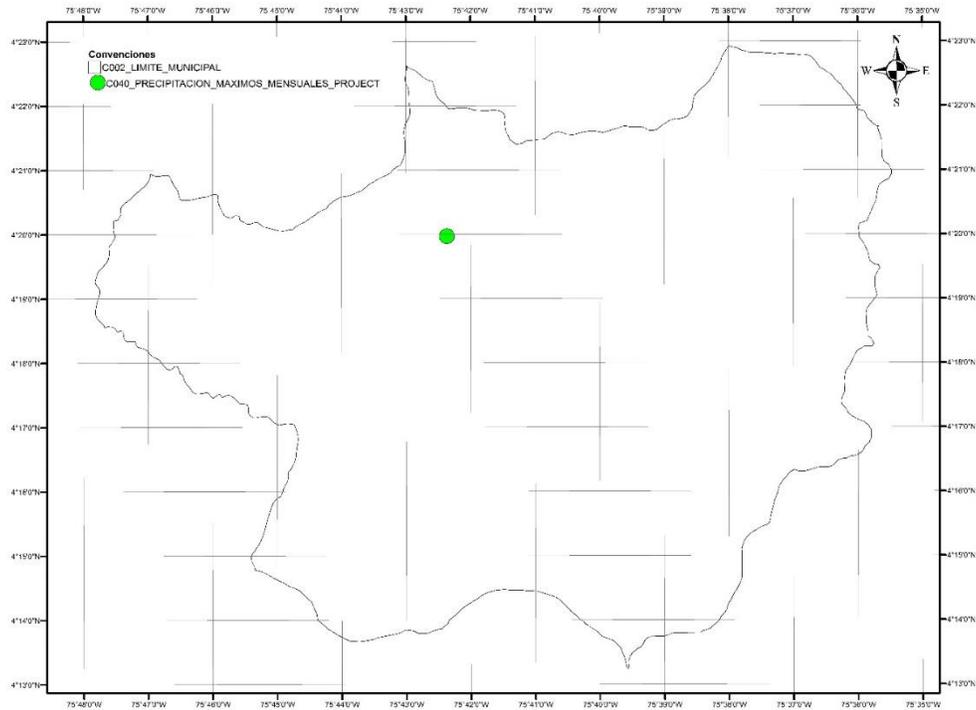


Figura 52: Proyección Estaciones con Información de Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

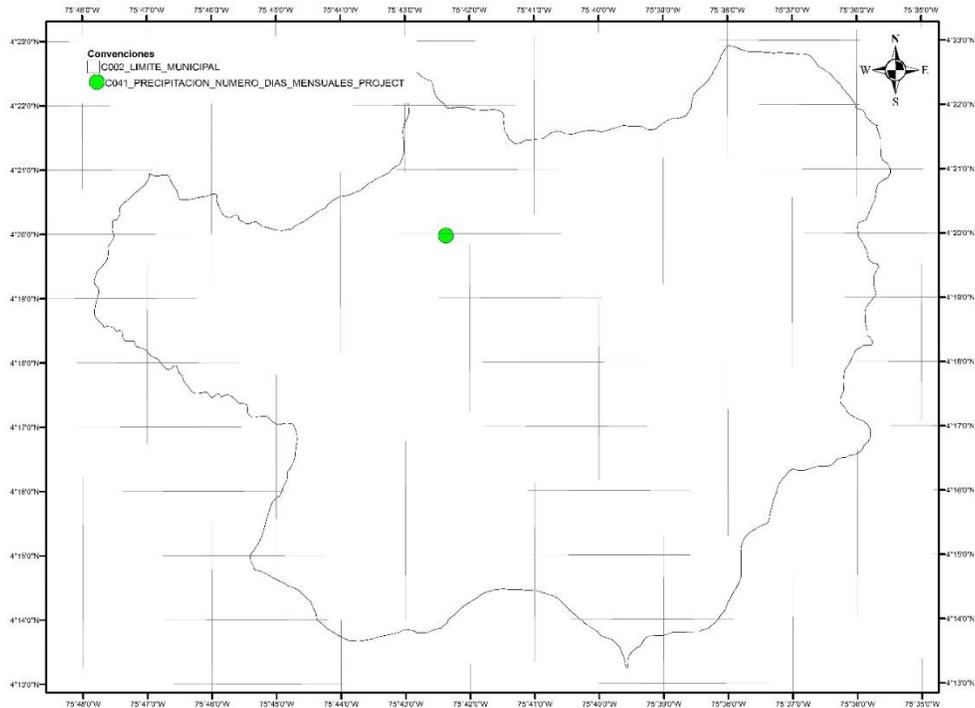


Figura 53: Proyección Estaciones con Información de Numero de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

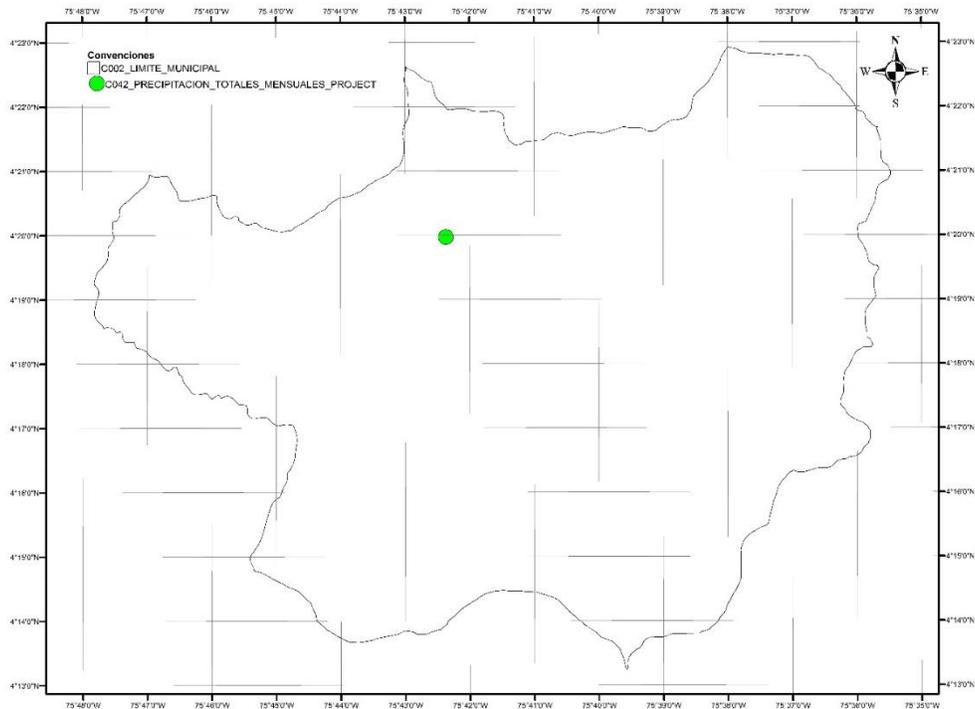


Figura 54: Proyección Estaciones con Información de Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

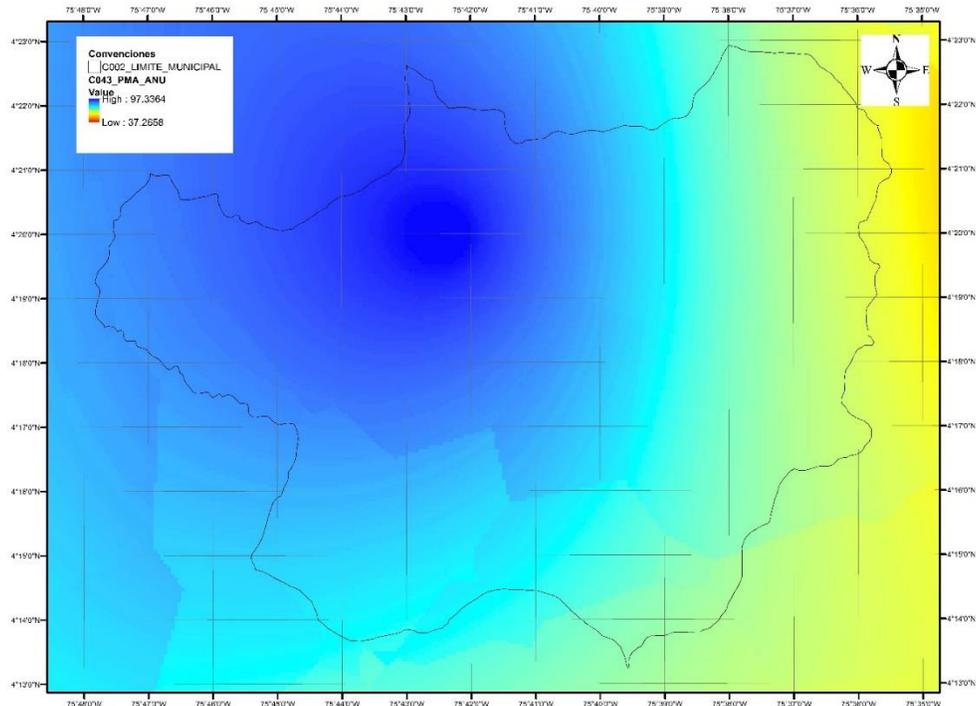


Figura 55: Interpolación Precipitación Máxima Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

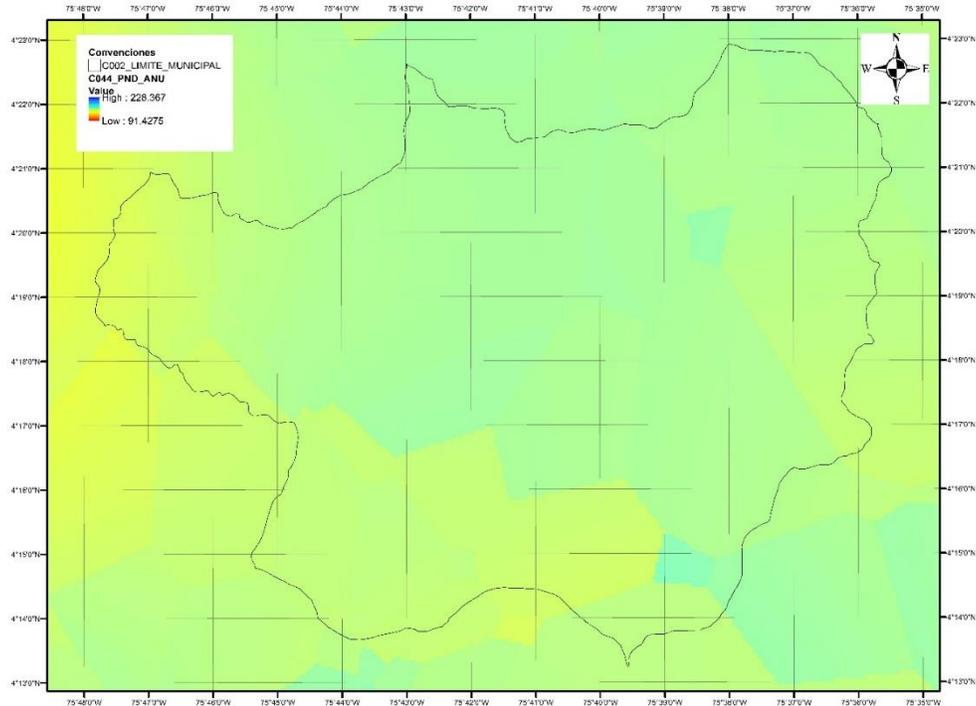


Figura 56: Interpolación Número de Días de Precipitación Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

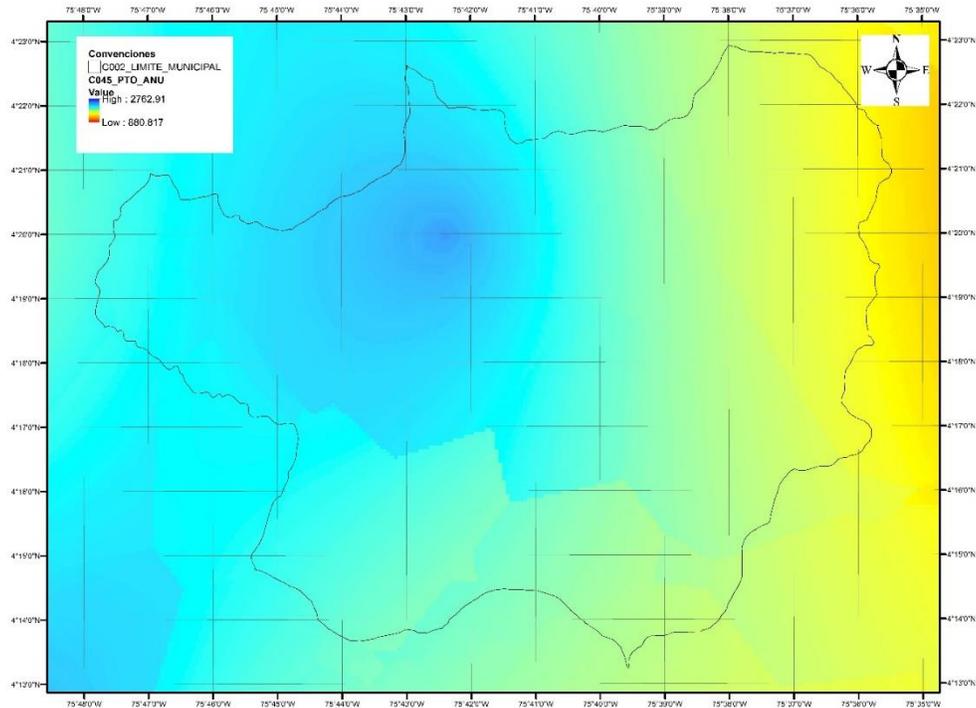


Figura 57: Interpolación Precipitación Total Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

Para obtener los parámetros morfométricos adicionales se obtiene el Ráster de Pendientes (Figura 59) el Ráster de Longitud de Flujo (Figura 60) y el Ráster de Orden de la Corriente (Figura 61) adicionalmente el ráster de Orden de corrientes se convierte en polígono (Figura 62).

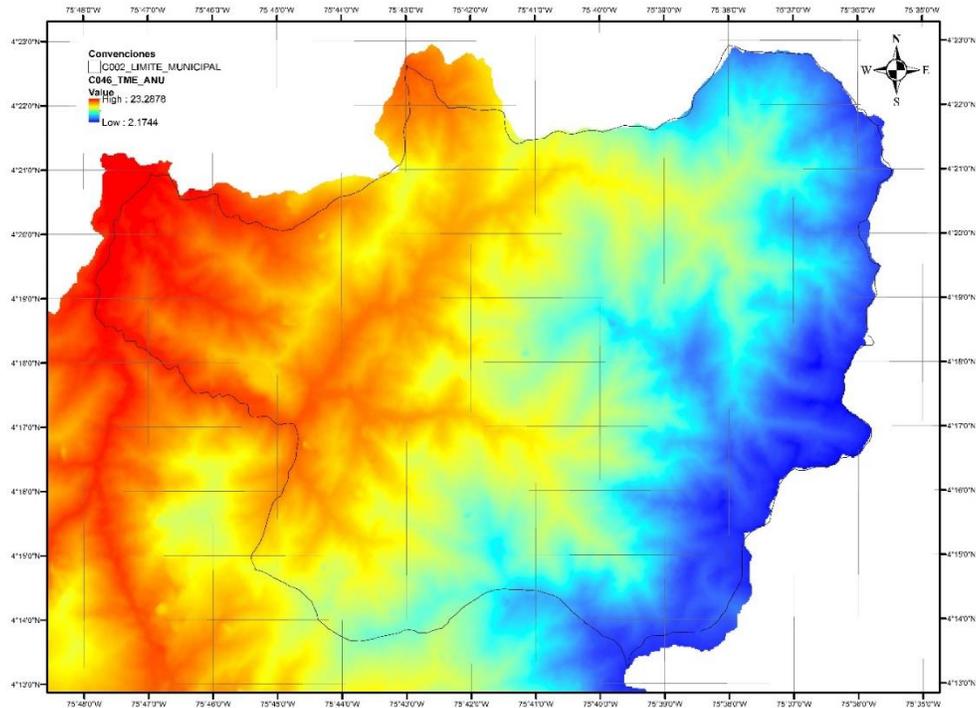


Figura 58: Interpolación Temperatura Media Anual Multianual Municipio de Pijao (Quindío)

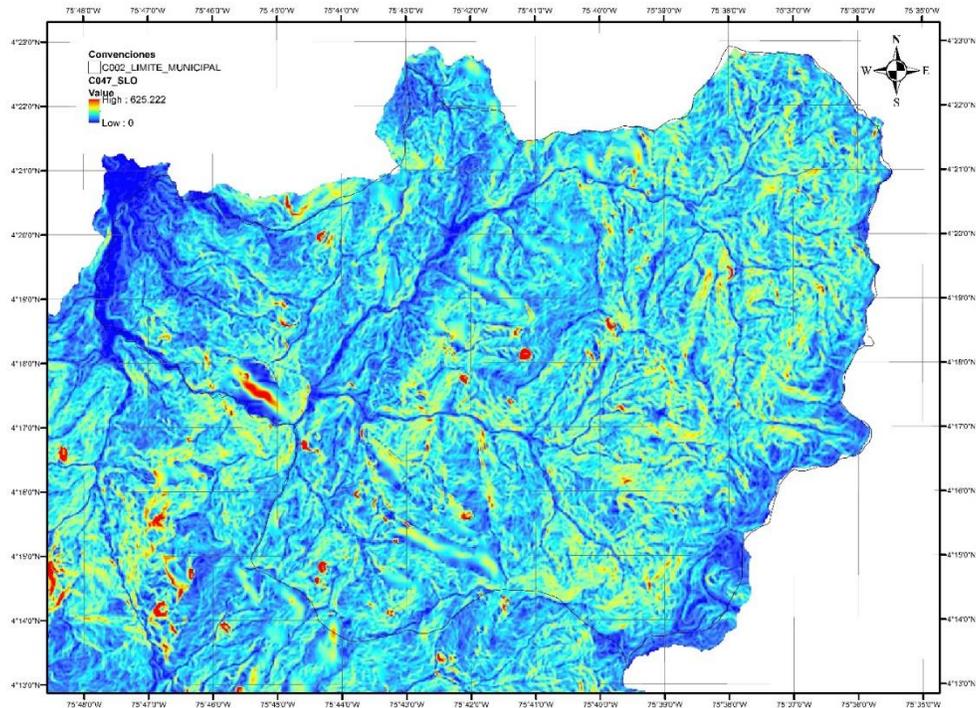


Figura 59: Calculo Ráster de Pendientes Municipio de Pijao (Quindío)

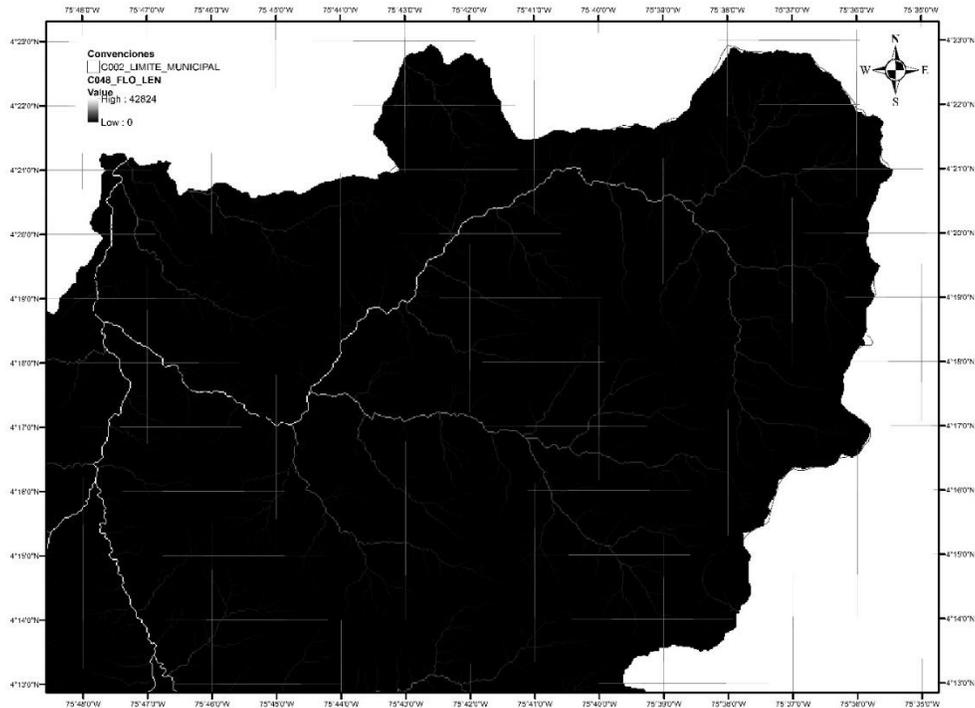


Figura 60: Calcula el Ráster de Longitud de Flujo Municipio de Pijao (Quindío)

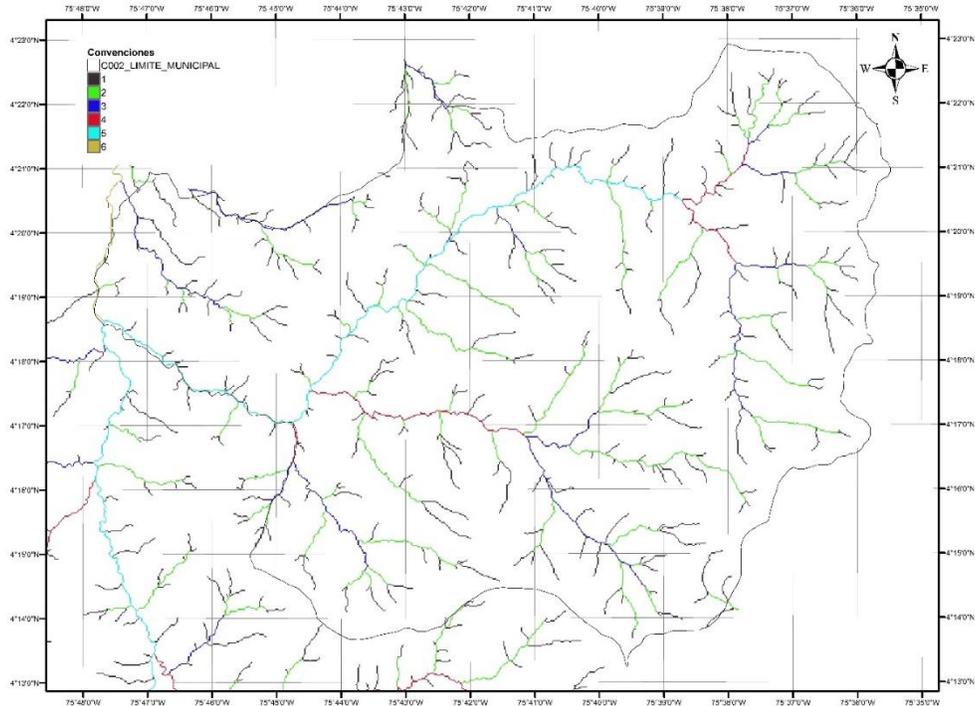


Figura 61: Calcula el Ráster de Orden de Corrientes Municipio de Pijao (Quindío)

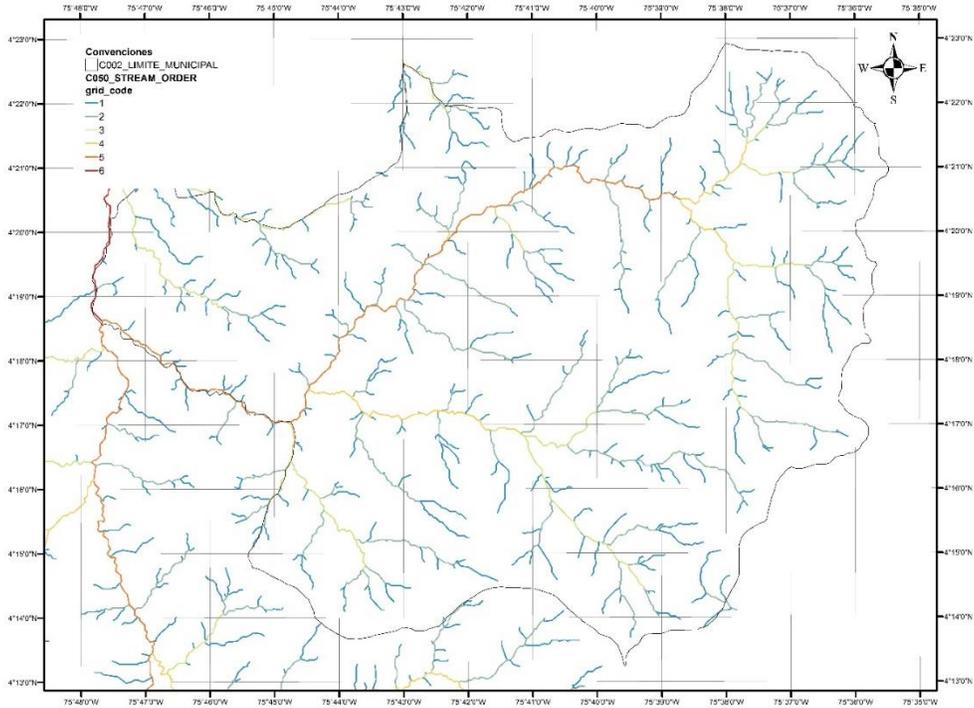


Figura 62: Convierte Ráster de Orden de Corrientes a Líneas de Orden de Corrientes Municipio de Pijao (Quindío)

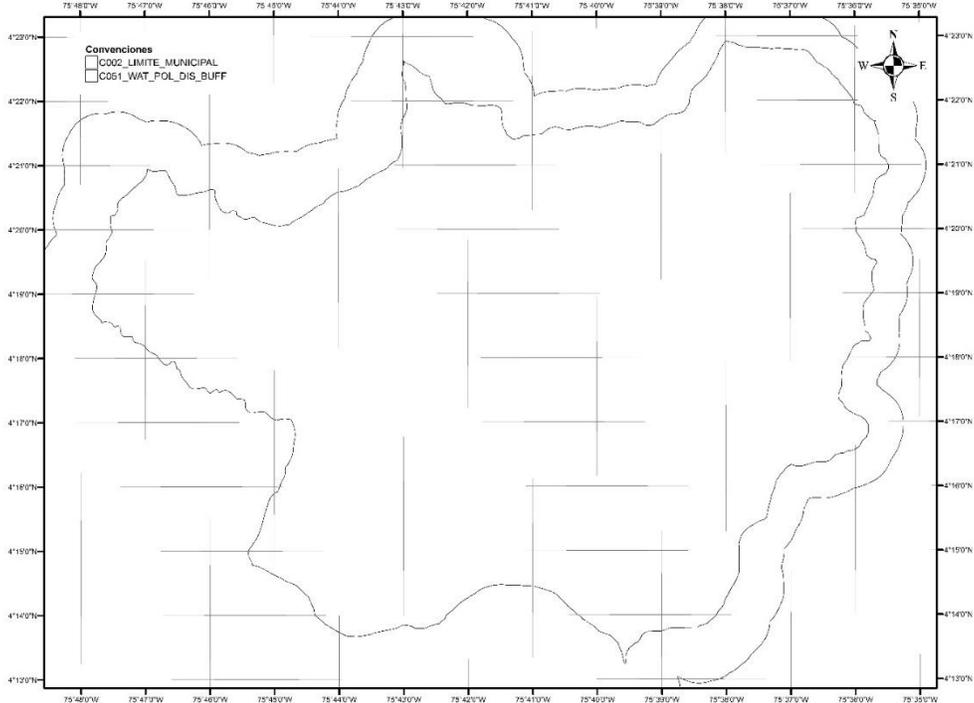


Figura 63: Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

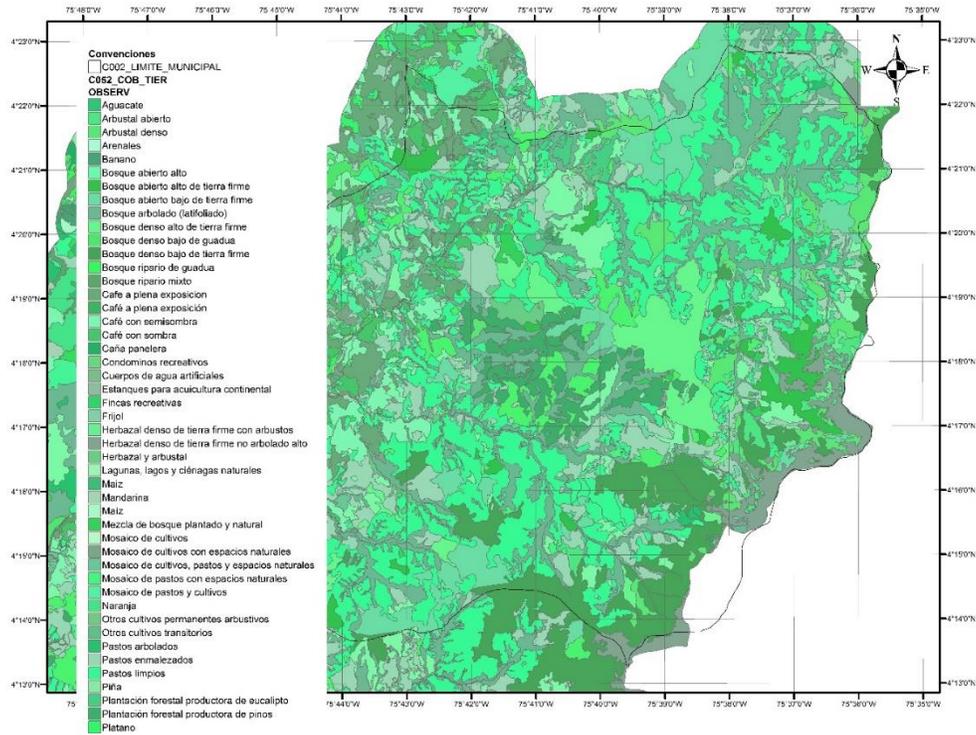


Figura 64: Clip Cobertura Uso de Suelo POMCA con Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

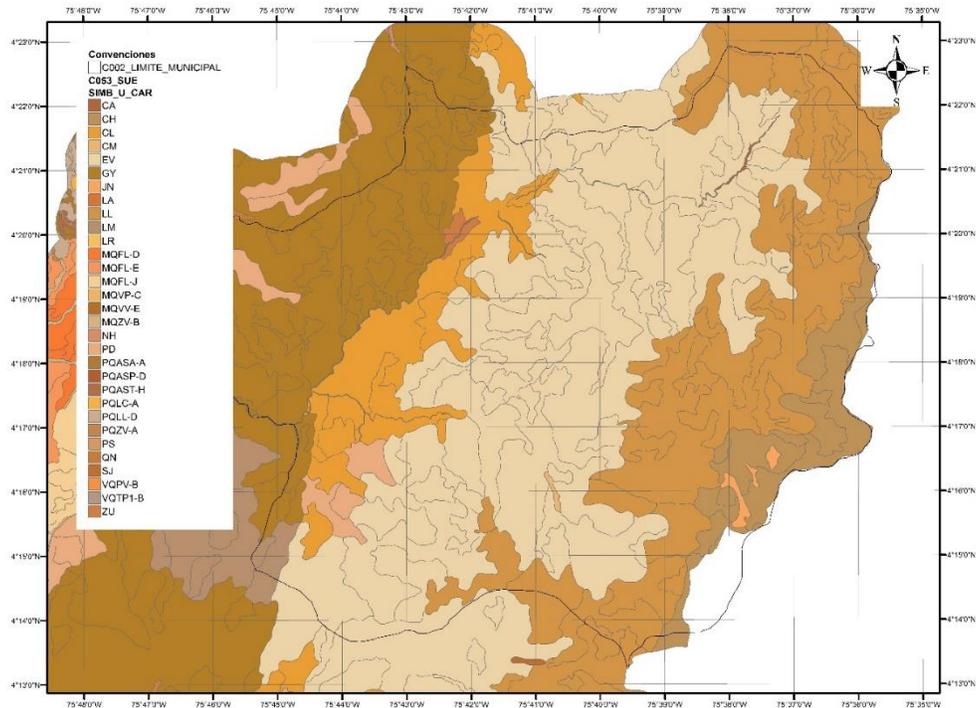


Figura 65: Clip Cobertura Tipo de Suelo POMCA con Buffer Polígono de Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

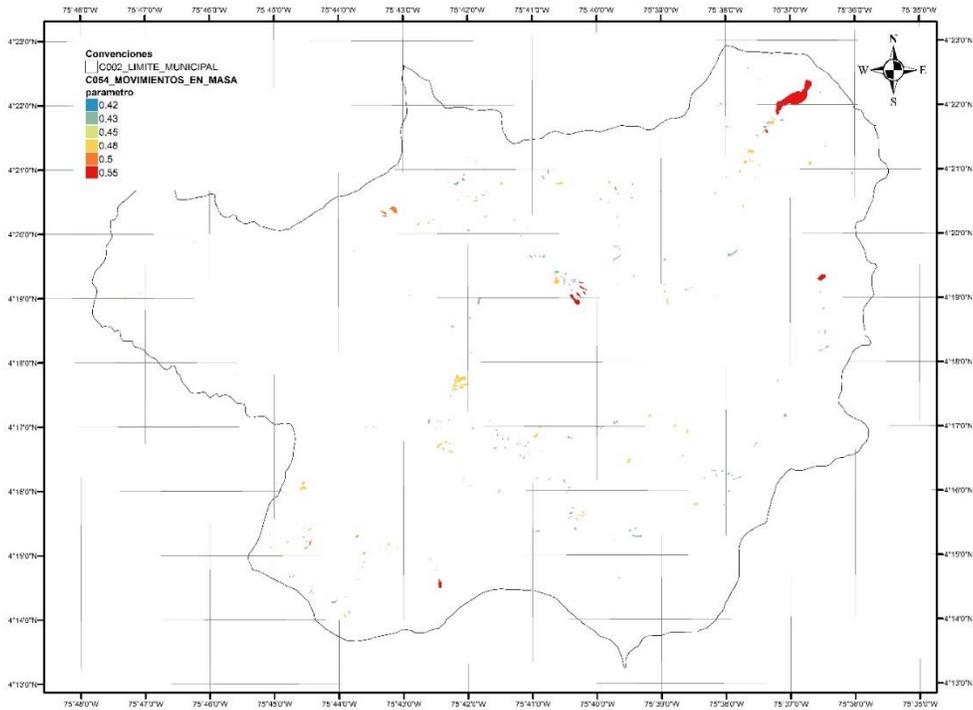


Figura 66: Mapa Movimientos en Masa con Valores de Concentración Posible de Flujo Municipio de Pijao (Quindío)

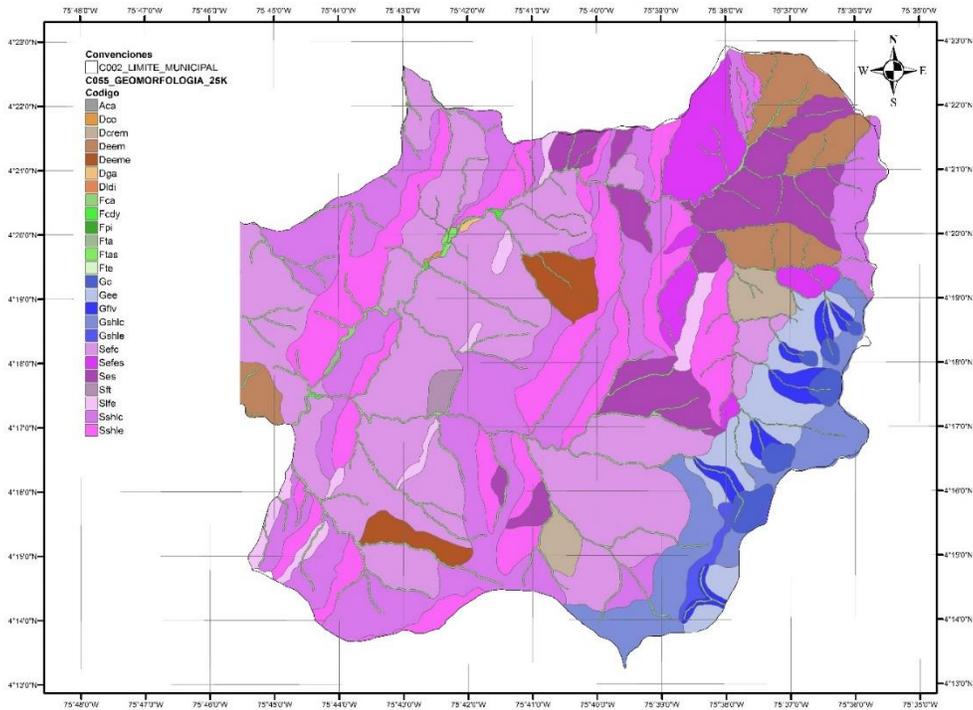


Figura 67: Mapa Geomorfología Rural Escala 1:25.000 Municipio de Pijao (Quindío)

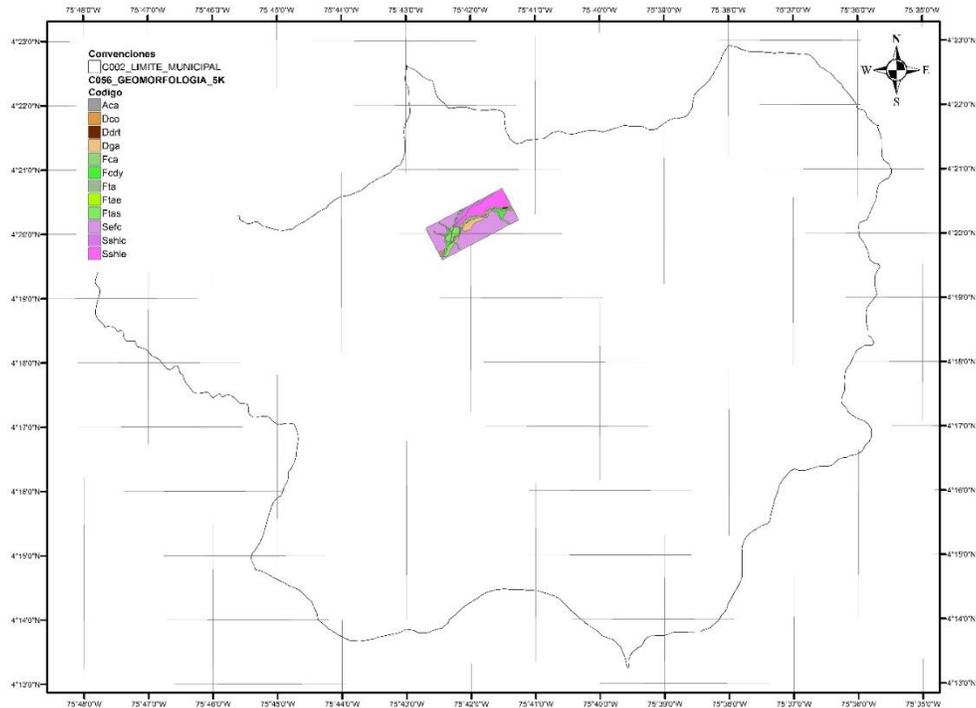


Figura 68: Mapa Geomorfología Urbano Escala 1:5.000 Municipio de Pijao (Quindío)

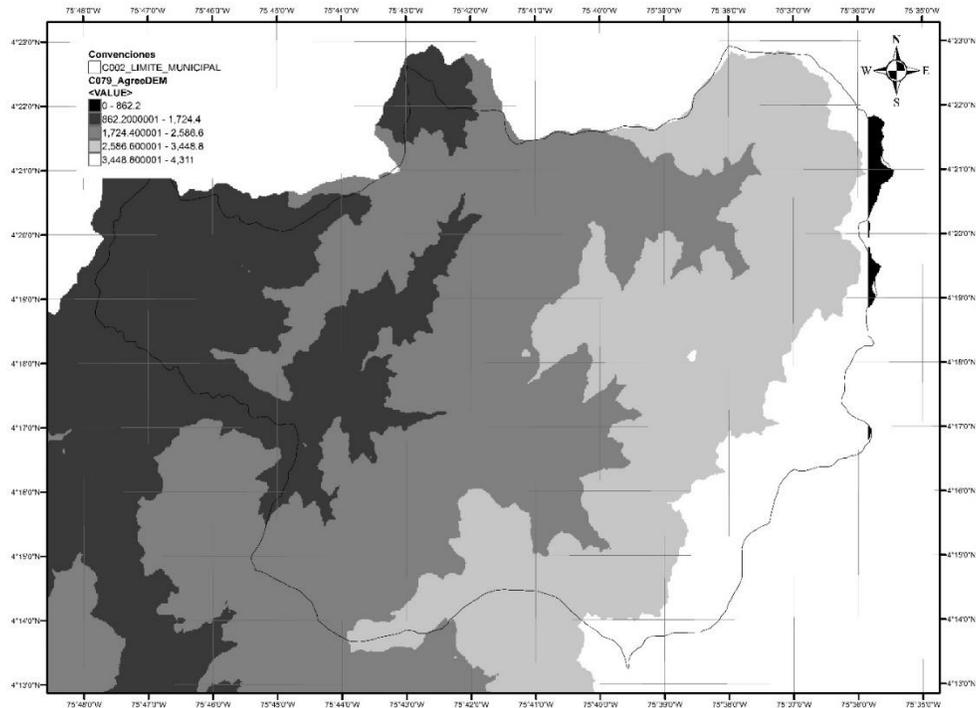


Figura 69: Ajuste del Modelo de Elevación Digital al Drenaje Municipio de Pijao (Quindío)

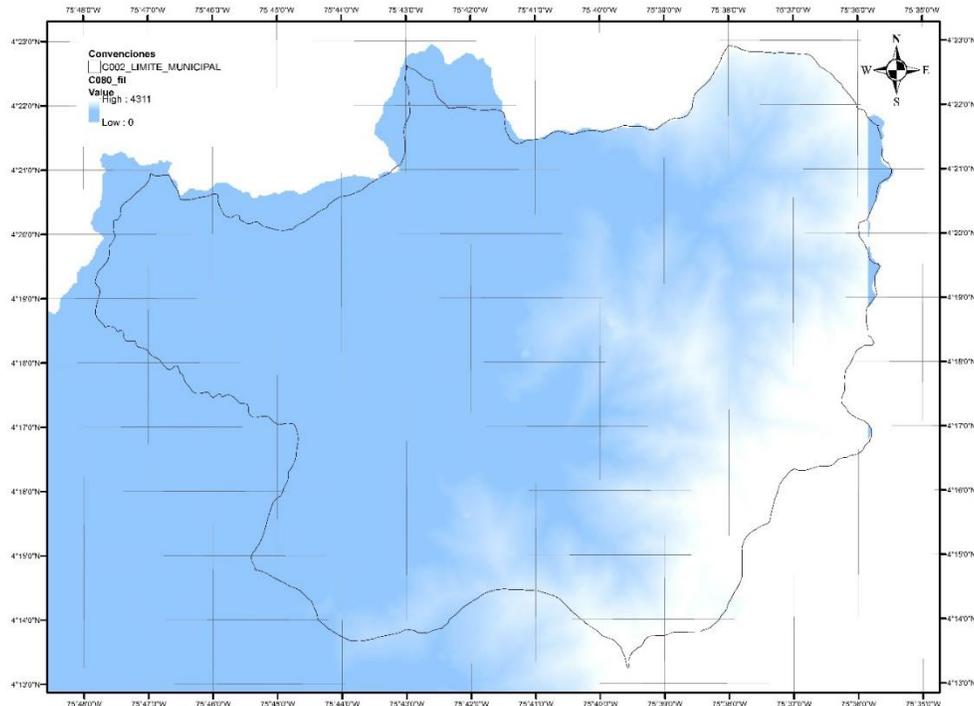


Figura 70: Llenado de pozos del Modelo de Elevación Digital Municipio de Pijao (Quindío)

El tiempo de concentración de las cuencas a modelar se presenta en la (Figura 74) y el tiempo al pico de las cuencas hidrográficas (Figura 75) con estos dos parámetros se obtienen los siguientes indicadores de crecidas torrenciales.

1. Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo de concentración (IACTC) Figura 72

Tabla 3: Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo de concentración (IACTC) (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2014)

Tiempo de concentración	Índice de amenaza IACTC	Amenaza
$T_c \geq 2,0$ horas	$IACTC \geq 1$	Muy Baja
$1,5 \text{ horas} \leq T_c < 2,0$ horas	$0,75 \leq IACTC < 1,0$	Baja
$1,0 \text{ horas} \leq T_c < 1,5$ horas	$0,50 \leq IACTC < 0,75$	Media
$0,5 \text{ horas} \leq T_c < 1,0$ horas	$0,25 \leq IACTC < 0,50$	Alta
$T_c < 0,5$ horas	$IACTC < 0,25$	Muy Alta
Rango	2	

2. Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo al pico (IACTP) Figura 73

Tabla 4: Indicador de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo al pico (IACTP) (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2014)

Tiempo al pico	Índice de amenaza IACTP	Amenaza
$T_p \geq 2,0$ horas	$IACTP \geq 1$	Muy Baja
$1,5 \text{ horas} \leq T_p < 2,0$ horas	$0,75 \leq IACTP < 1,0$	Baja
$1,0 \text{ horas} \leq T_p < 1,5$ horas	$0,50 \leq IACTP < 0,75$	Media
$0,5 \text{ horas} \leq T_p < 1,0$ horas	$0,25 \leq IACTP < 0,50$	Alta
$T_p < 0,5$ horas	$IACTP < 0,25$	Muy Alta
Rango	2	

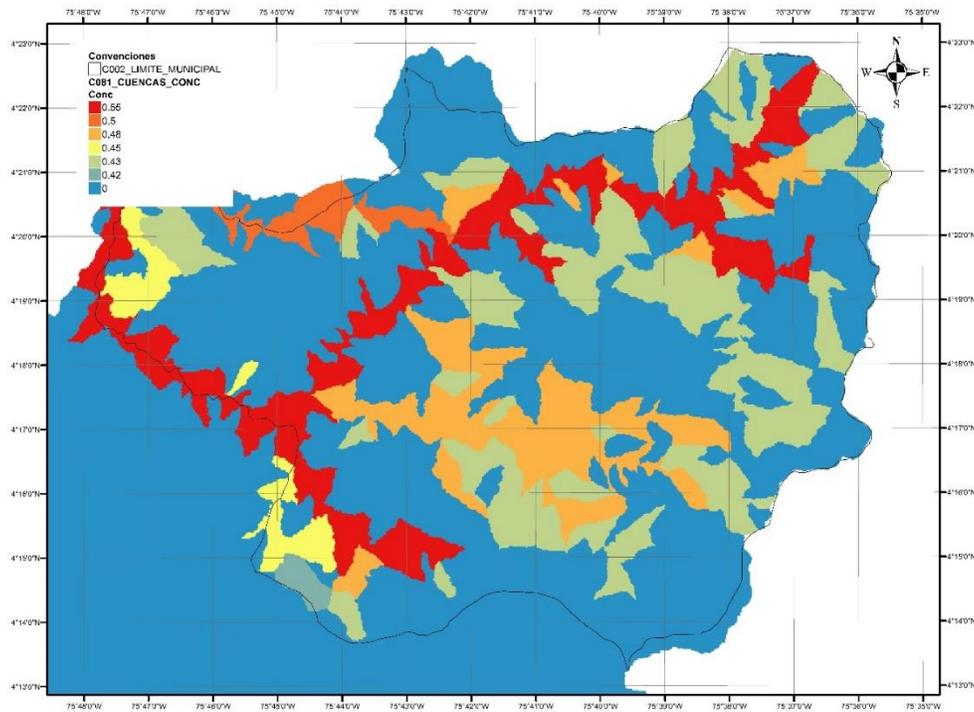


Figura 71: Concentración Posible Flujo Municipio de Pijao (Quindío)

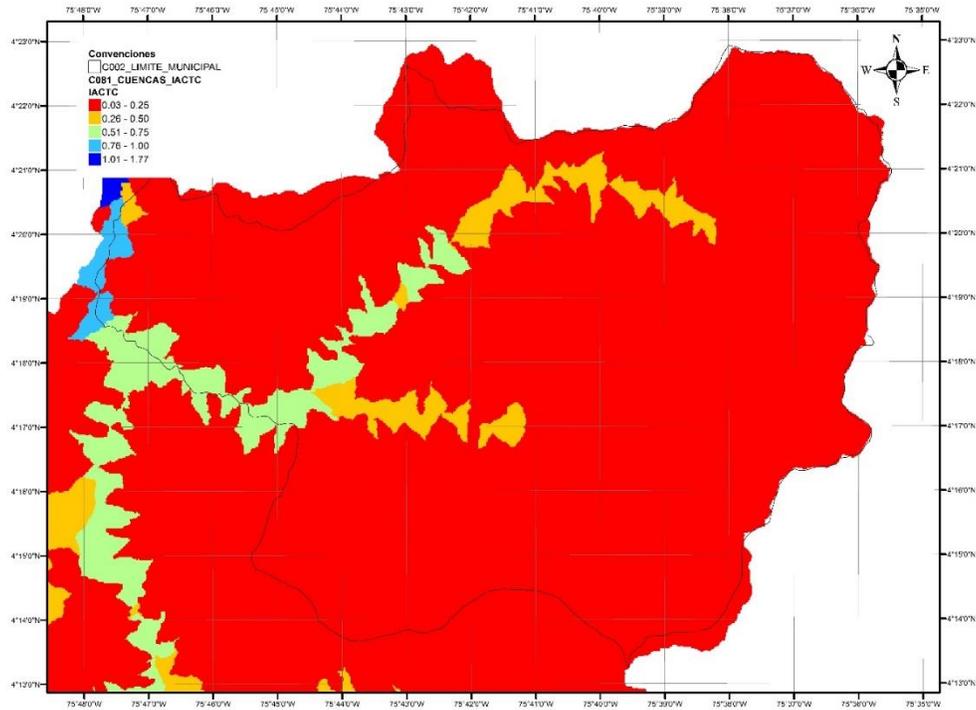


Figura 72: IACTC por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

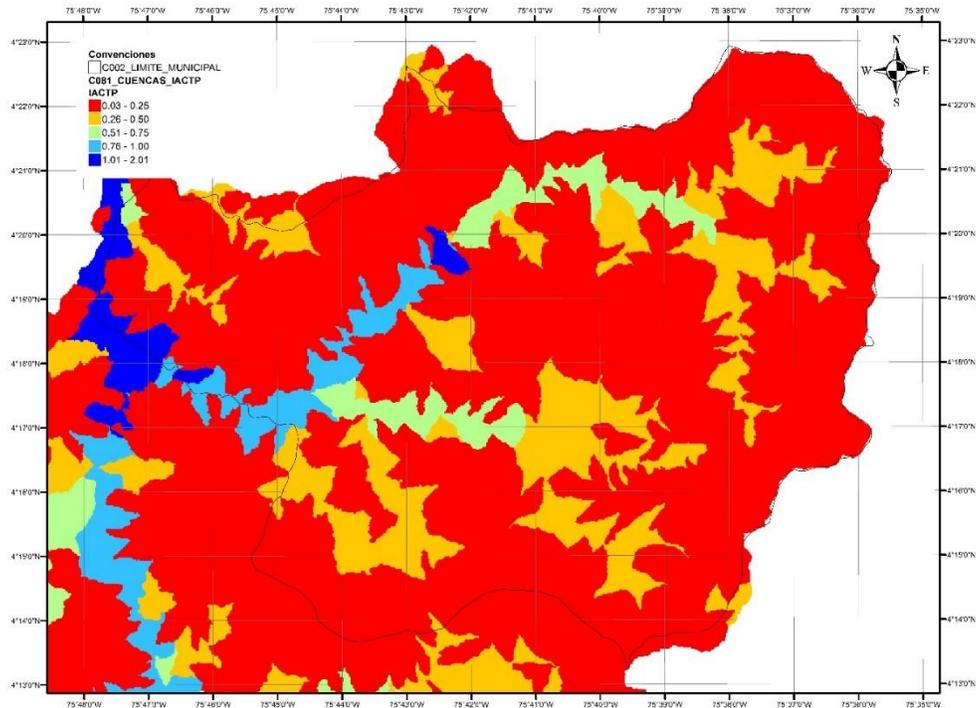


Figura 73: IACTP por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

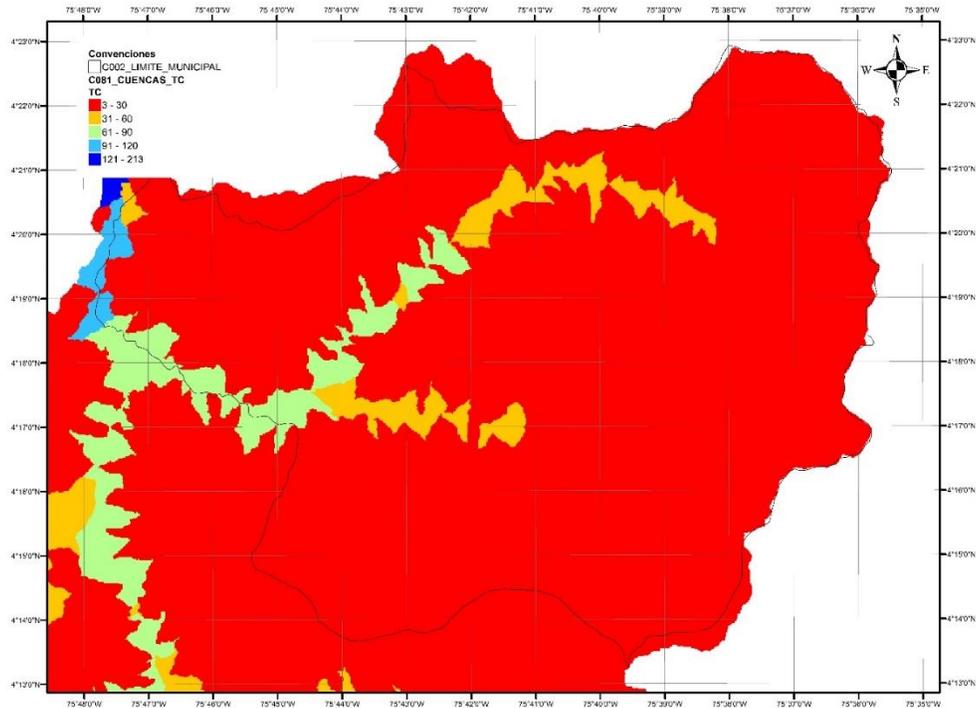


Figura 74: Tiempo de Concentración por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

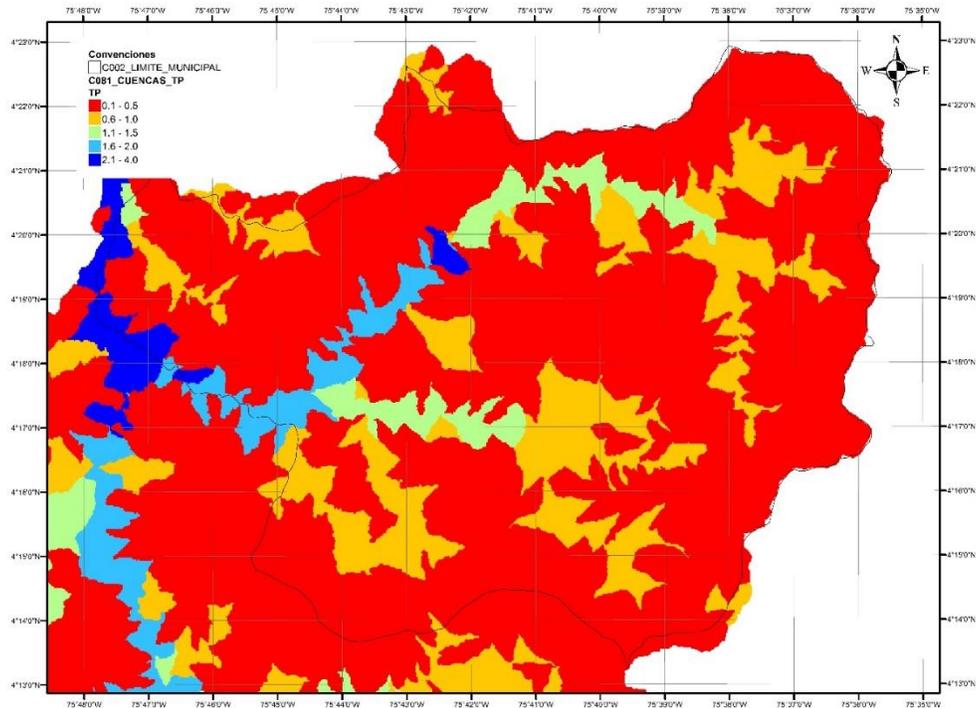


Figura 75: Tiempo al Pico por Cuenca Municipio de Pijao (Quindío)

Dado que el aporte de sedimentos de algunos procesos de movimientos en masa aferentes a los cuerpos hídricos puede contribuir a la carga de sedimentos elevando los volúmenes transportados por la corriente es importante definir los procesos que pueden generar aporte de sedimentos a la creciente súbita. La concentración media asociada a cada tipo de proceso se presenta la Tabla 5. Los parámetros reológicos utilizados en las modelaciones se presentan en la Tabla 6.

Tabla 5: Comportamiento del flujo de sedimentos como función de la concentración de sedimentos (O'Brien & FLO-2D Software, 2014)

Mudflow Behavior as a Function of Sediment Concentration			
	Sediment Concentration		Flow Characteristics
	by Volume	by Weight	
Landslide	0.65 - 0.80	0.83 - 0.91	Will not flow; failure by block sliding
	0.55 - 0.65	0.76 - 0.83	Block sliding failure with internal deformation during the slide; slow creep prior to failure
Mudflow	0.48 - 0.55	0.72 - 0.76	Flow evident; slow creep sustained mudflow; plastic deformation under its own weight; cohesive; will not spread on level surface
	0.45 - 0.48	0.69 - 0.72	Flow spreading on level surface; cohesive flow; some mixing
Mud Flood	0.40 - 0.45	0.65 - 0.69	Flow mixes easily; shows fluid properties in deformation; spreads on horizontal surface but maintains an inclined fluid surface; large particle (boulder) setting; waves appear but dissipate rapidly
	0.35 - 0.40	0.59 - 0.65	Marked settling of gravels and cobbles; spreading nearly complete on horizontal surface; liquid surface with two fluid phases appears; waves travel on surface
	0.30 - 0.35	0.54 - 0.59	Separation of water on surface; waves travel easily; most sand and gravel has settled out and moves as bedload
	0.20 - 0.30	0.41 - 0.54	Distinct wave action; fluid surface; all particles resting on bed in quiescent fluid condition
Water Flood	< 0.20	< 0.41	Water flood with conventional suspended load and bedload

Tabla 6: Esfuerzo cortante y viscosidad como función de la concentración de sedimentos (O'Brien & FLO-2D Software, 2014)

Yield Stress and Viscosity as a Function of Sediment Concentration				
Source	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$		$\eta = \alpha e^{\beta C_v}$	
	α	β	α	β
Field Data				
Aspen Pit 1	0.181	25.7	0.0360	22.1
Aspen Pit 2	2.72	10.4	0.0538	14.5
Aspen Natural Soil	0.152	18.7	0.00136	28.4
Aspen Mine Fill	0.0473	21.1	0.128	12.0
Aspen Watershed	0.0383	19.6	0.000495	27.1
Aspen Mine Source Area	0.291	14.3	0.000201	33.1
Glenwood 1	0.0345	20.1	0.00283	23.0
Glenwood 2	0.0765	16.9	0.0648	6.20
Glenwood 3	0.000707	29.8	0.00632	19.9
Glenwood 4	0.00172	29.5	0.000602	33.1
Relationships Available from the Literature				
Iida (1938)	-	-	0.0000373	36.6
Dai et al. (1980)	2.60	17.48	0.00750	14.39
Kang and Zhang (1980)	1.75	7.82	0.0405	8.29
Qian et al. (1980)	0.00136	21.2	-	-
	0.050	15.48	-	-
Chien and Ma (1958)	0.0588	19.1-32.7	-	-
Fei (1981)	0.166	25.6	-	-
	0.00470	22.2	-	-

Para la zonificación de la amenaza, esta se categoriza en alta, media y baja, dependiendo de la frecuencia de presentación de los eventos y sus características: la profundidad de la lámina de agua, los materiales de arrastre y la velocidad del flujo de acuerdo con la Tabla 7.

A partir de los resultados de altura de lámina de agua y velocidades obtenidos en el modelo hidráulico se realiza la zonificación de la amenaza a partir de la categorización presentada en la Tabla 7.

Tabla 7: Matriz de amenaza definida por la intensidad del proceso y su probabilidad de ocurrencia. (Mikoš, 2013)

				Probability of occurrence, <i>P</i>		
	BUWAL (1997)	Rickenmann (2005b)		High	Medium	Low
Intensity, <i>I</i>	$h > 1.0 \text{ m}$ and $v > 1.0 \text{ m/s}$	$h > 1.0 \text{ m}$ or $v > 1.5 \text{ m/s}$	High	High	High	Moderate
	$h < 1.0 \text{ m}$ or $v < 1.0 \text{ m/s}$	$h < 1.0 \text{ m}$ and $0.4 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$	Medium	Moderate	Moderate	Low
	non existent	$h < 0.4 \text{ m}$ and $v < 0.4 \text{ m/s}$	Low	Low	Low	Very Low
Not affected areas				Very Low	Very Low	Very Low

De acuerdo a lo anterior se define la zona de Amenaza Por Avenidas Torrenciales como el Área donde existe una probabilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales con un periodo de retorno de 100 años, la intensidad del fenómeno se establece a partir de los resultados del modelo hidráulico de los cauces naturales y/o intervenidos que por sus condiciones presentan avenidas torrenciales. El modelo hidráulico desarrollado implementa los resultados de la modelación hidrológica de las cuencas asociadas a estos cauces naturales y cuya área aferente es mayor a 25 ha y la concentración de sedimentos de fenómenos de movimientos en masa que pueden incorporarse a estos cauces. Las categorías de amenaza por avenidas torrenciales se dividen en tres categorías de la siguiente manera.

1. Amenaza Alta: Alturas de lámina de agua mayores a 1 m o velocidades mayores a 1.5 m/s.
2. Amenaza Media: Alturas de lámina de agua menores a 1 m y velocidades mayores a 0.4 m/s y menores a 1.5 m/s.
3. Amenaza Baja: Alturas de lámina de agua menores a 0.4 m y velocidades menores 0.4 m/s.

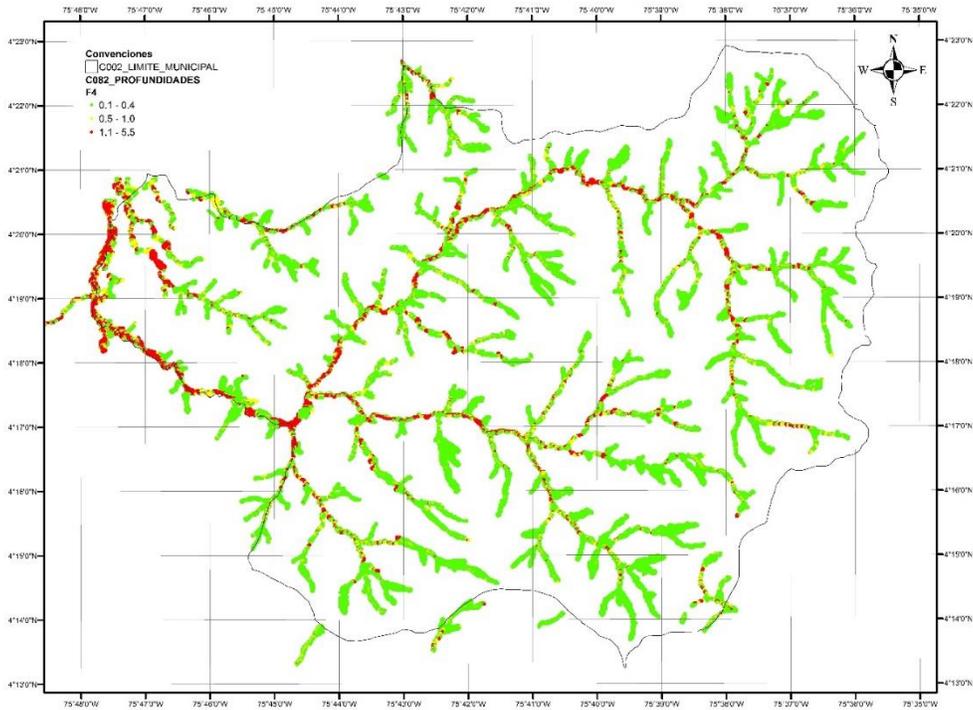


Figura 76: Puntos con Valor de Profundidad Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)

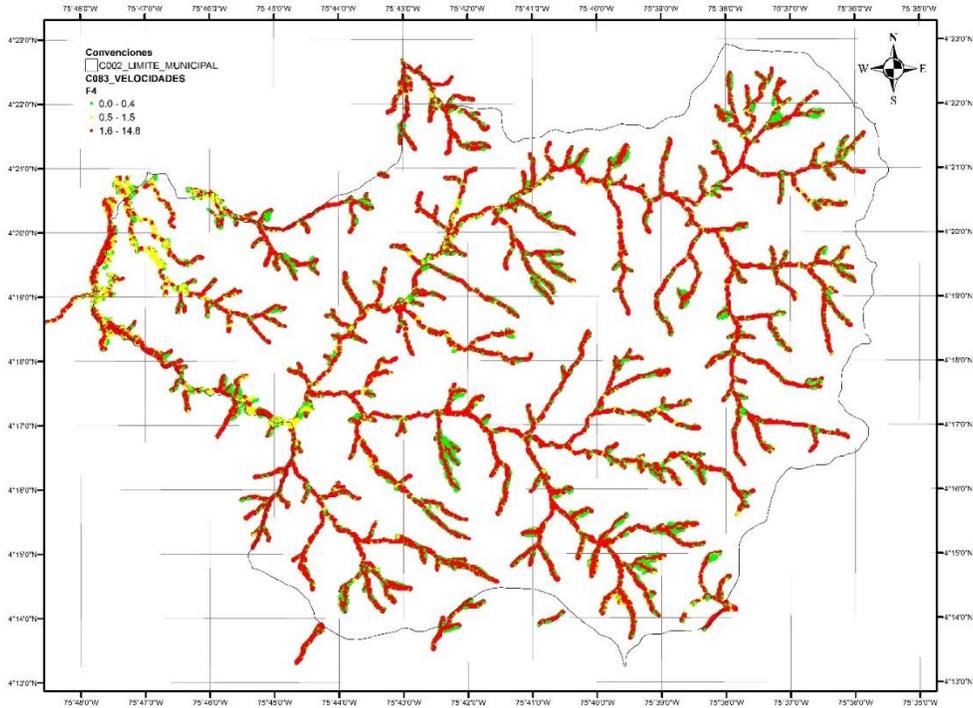


Figura 77: Puntos con Valor de Velocidad Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)

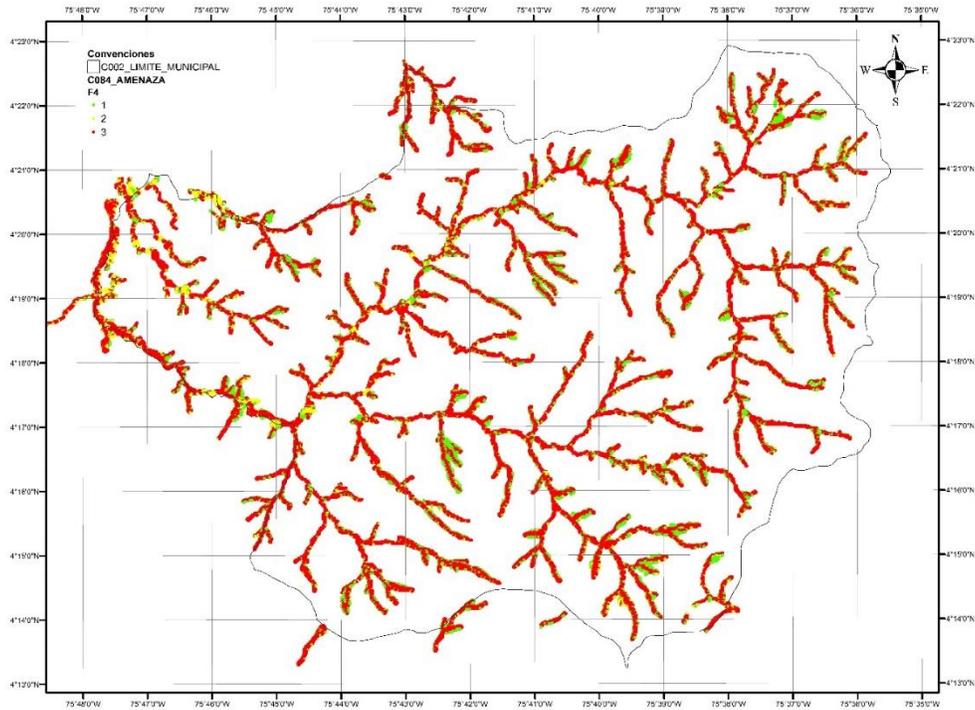


Figura 78: Puntos con Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)

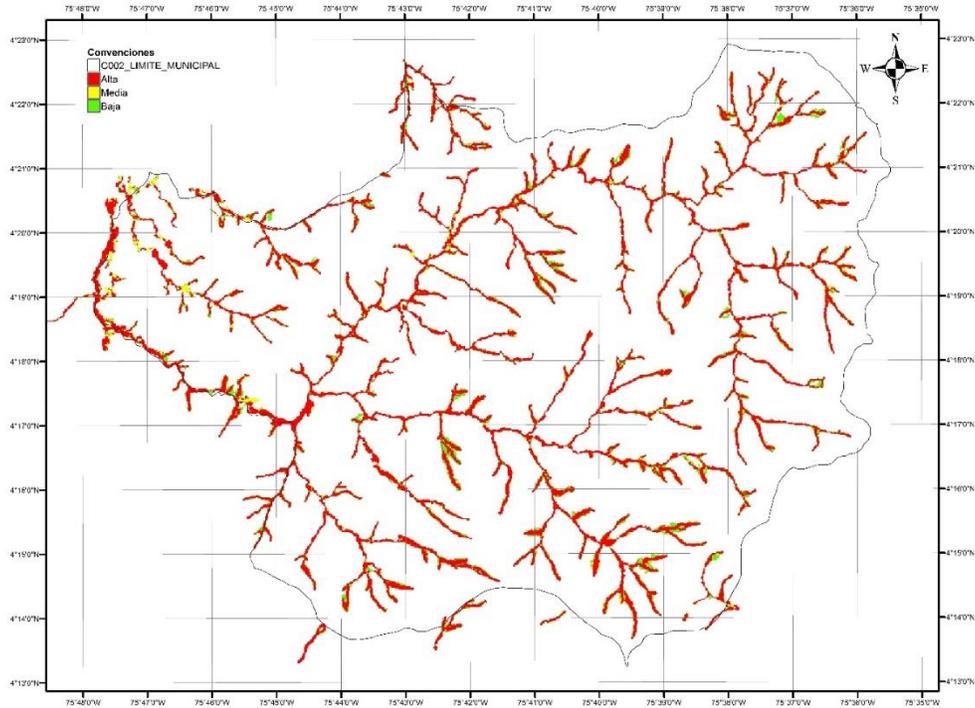


Figura 79: Convertir a Ráster Puntos con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

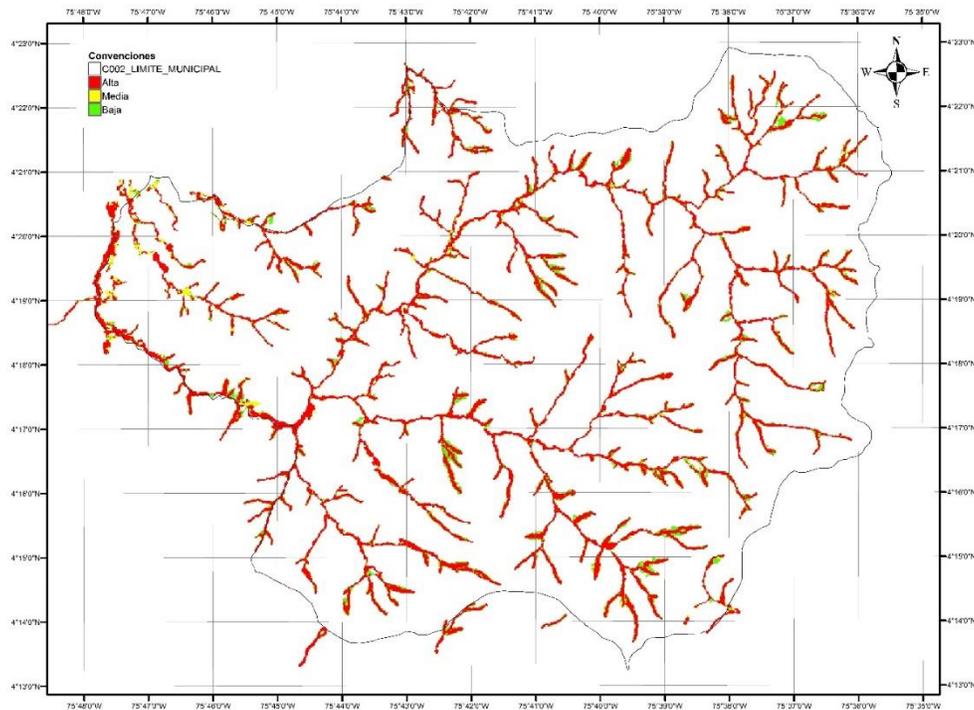


Figura 80: Ajustar el Tamaño de Celda del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

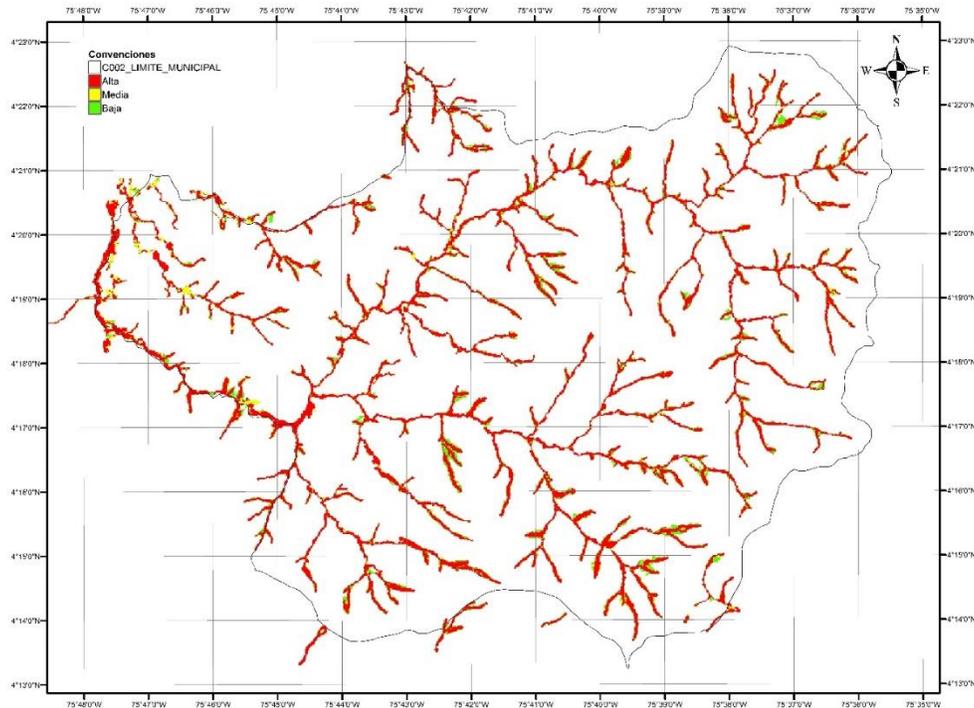


Figura 81: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

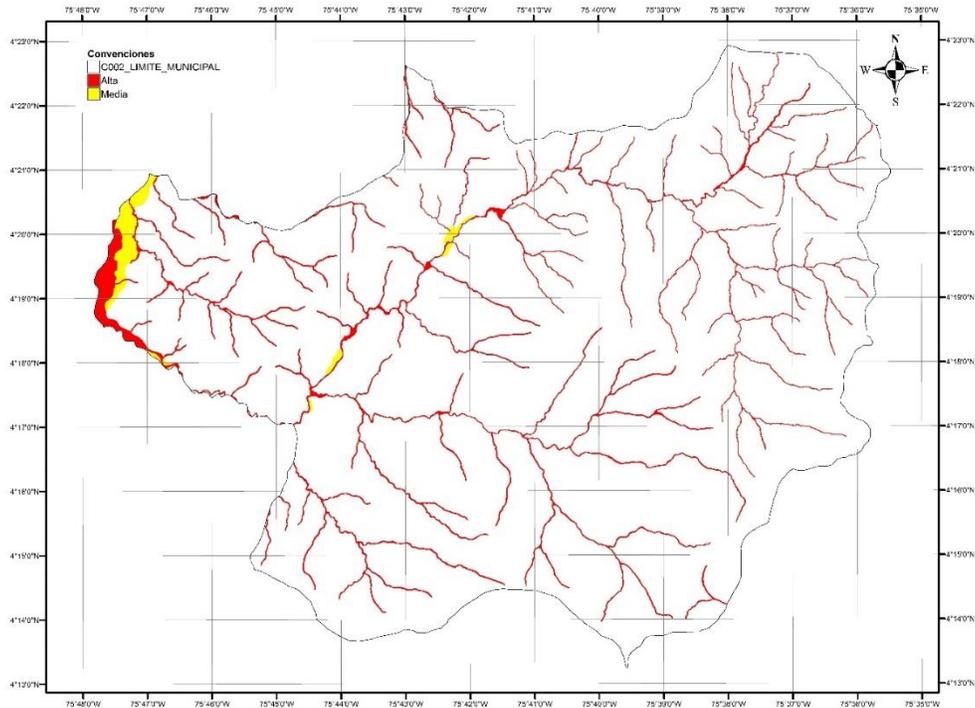


Figura 82: Convertir a Ráster Geomorfología Zona Rural con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)

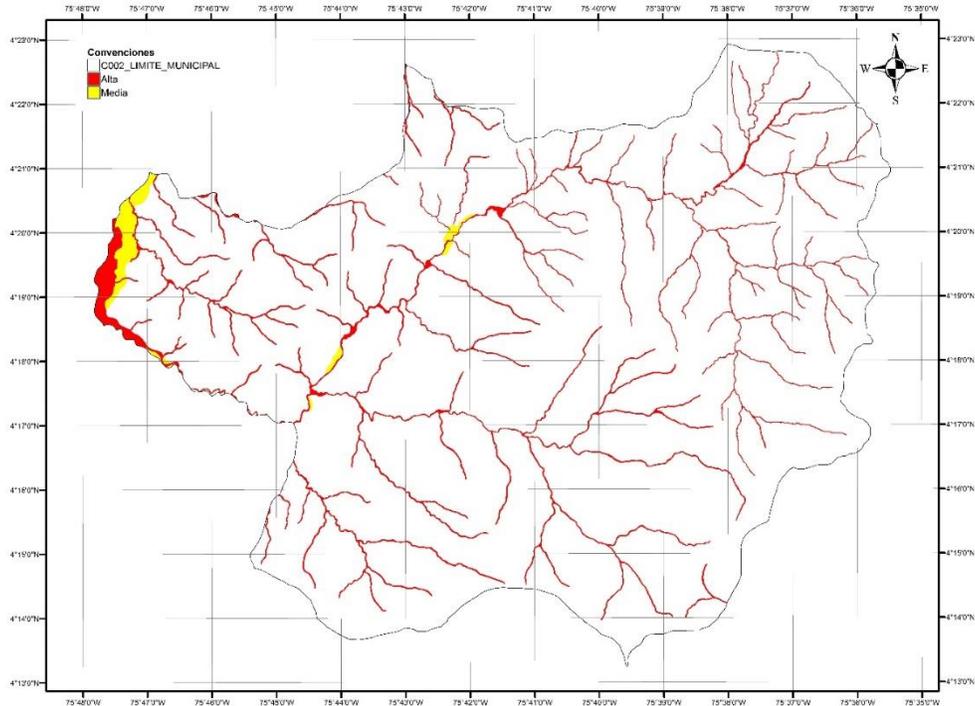


Figura 83: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster Geomorfología Zona Rural con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)

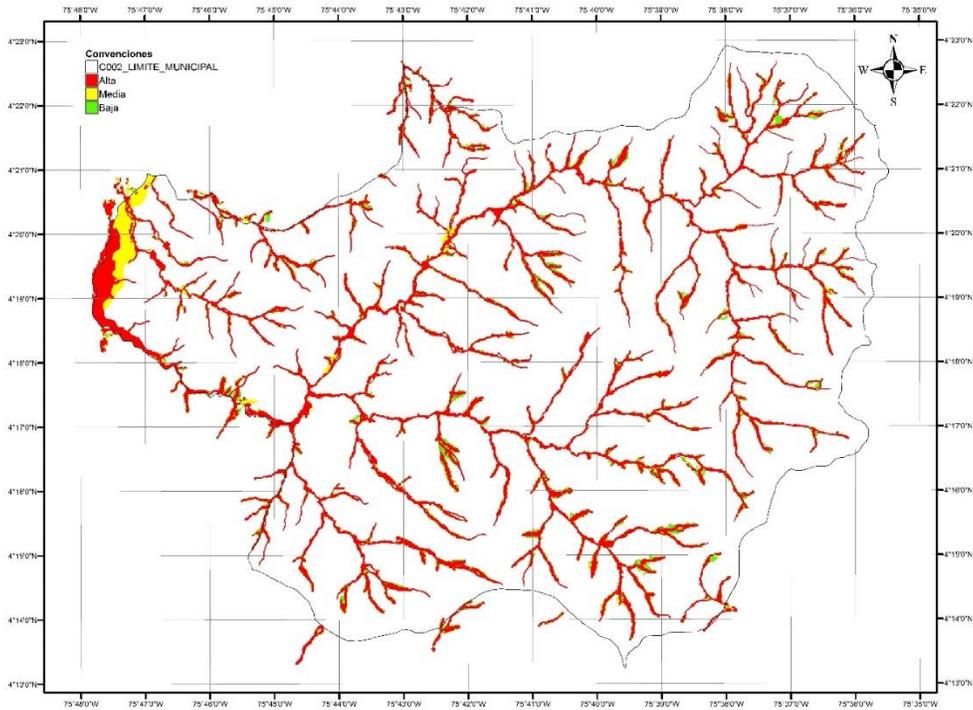


Figura 84: Calcular Ráster de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

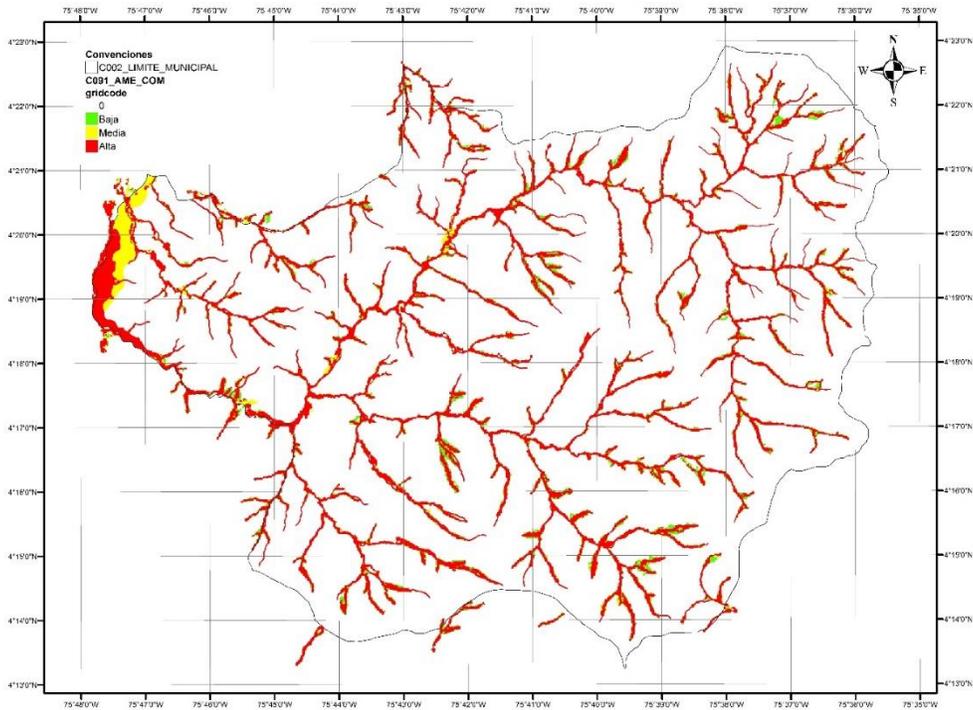


Figura 85: Convertir a Polígono el Ráster de Amenaza Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

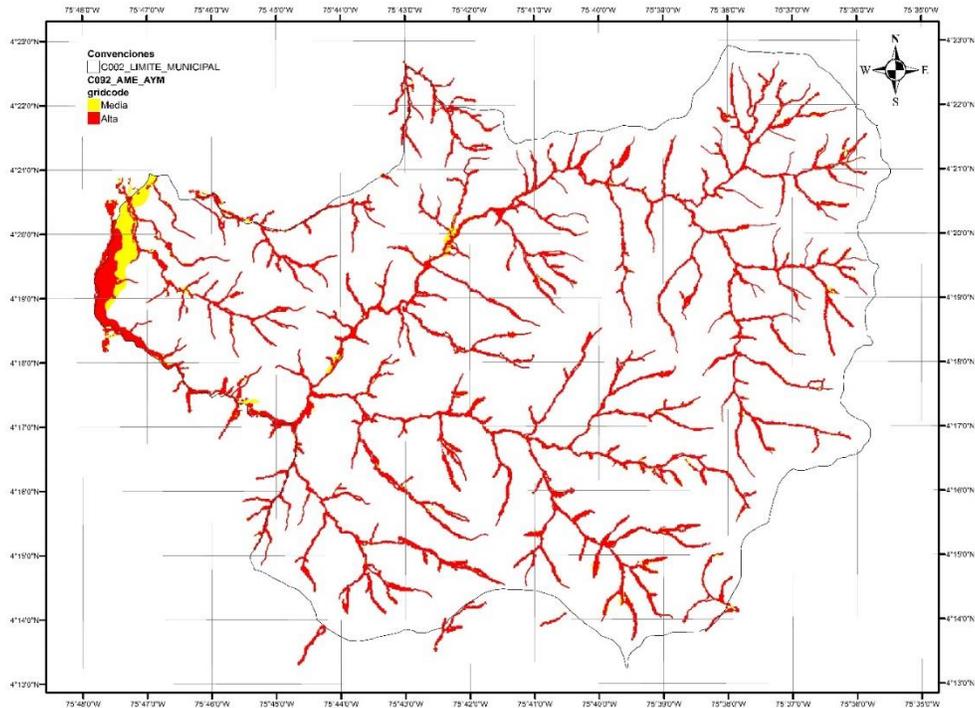


Figura 86: Extraer Polígono de Amenaza Alta y Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

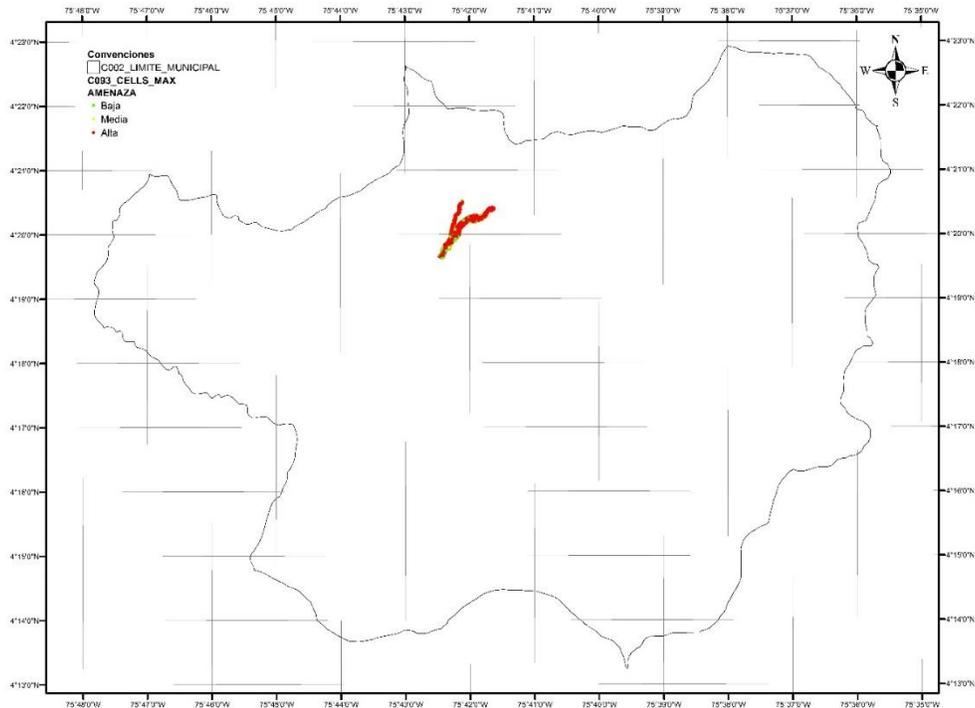


Figura 87: Puntos con Valores Máximos y Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)

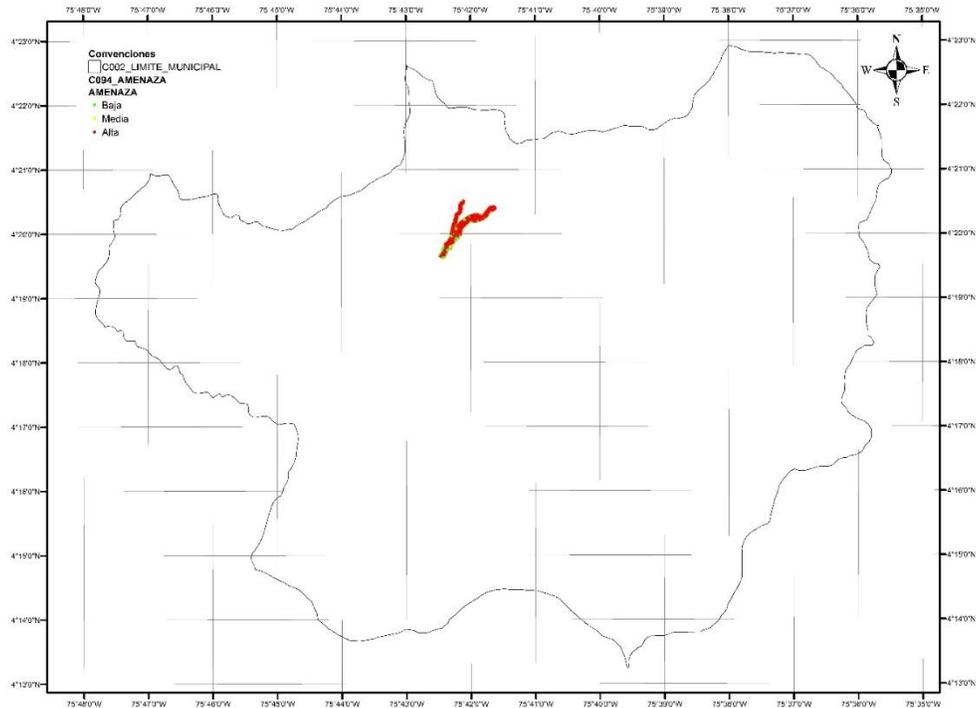


Figura 88: Puntos con Categoría de Amenaza Resultados Modelos Fluidodinámicos Municipio de Pijao (Quindío)

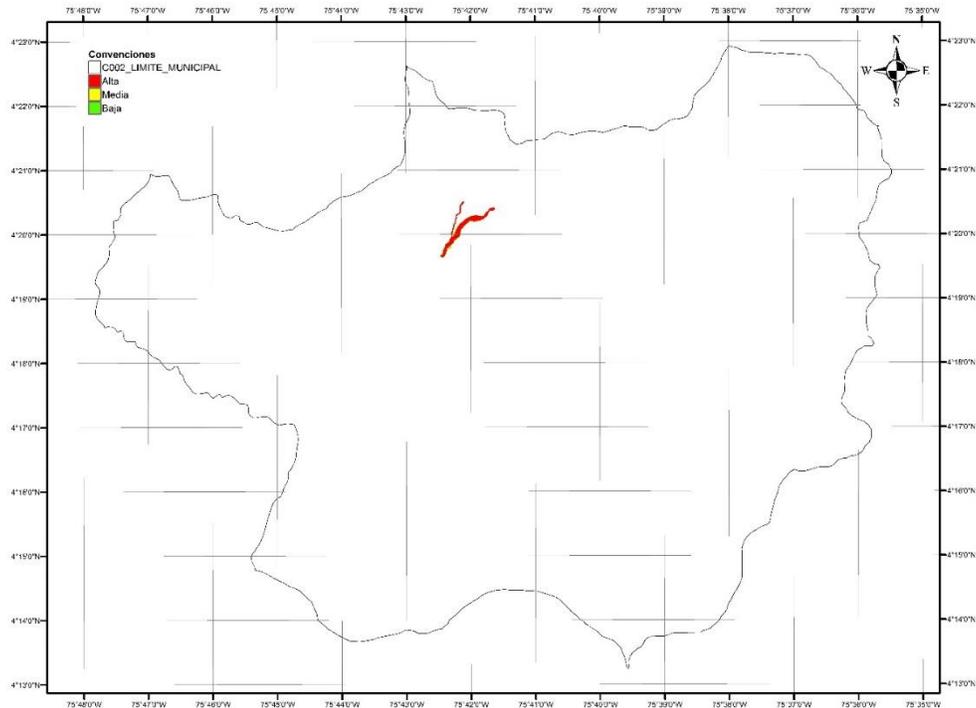


Figura 89: Convertir a Ráster Puntos con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

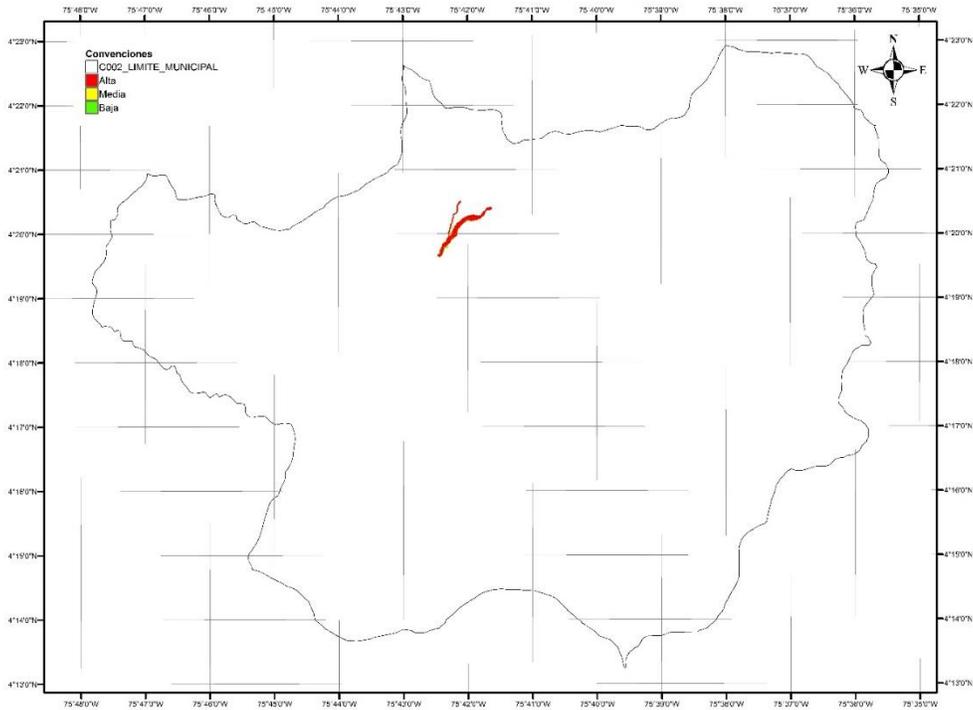


Figura 90: Ajustar el Tamaño de Celda del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

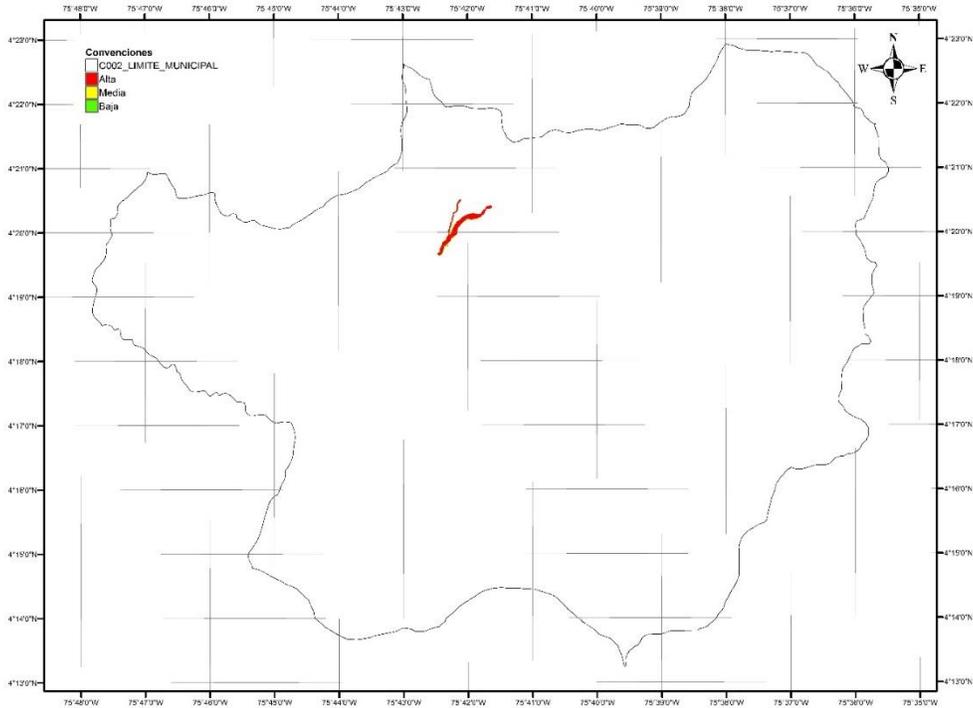


Figura 91: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster con Categoría de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

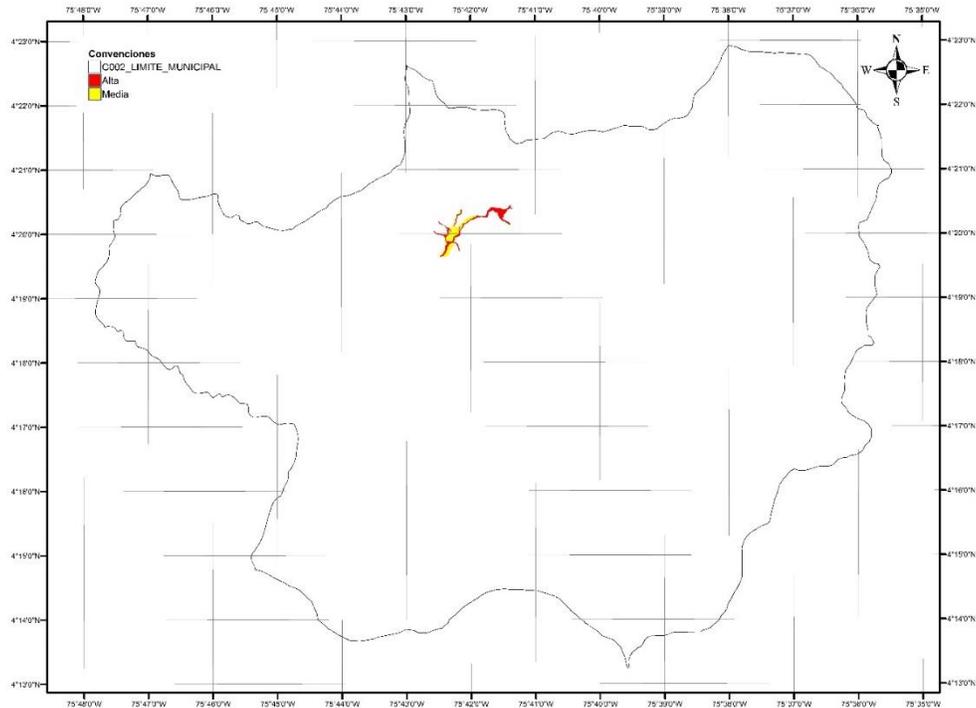


Figura 92: Convertir a Ráster Geomorfología Zona Urbana con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)

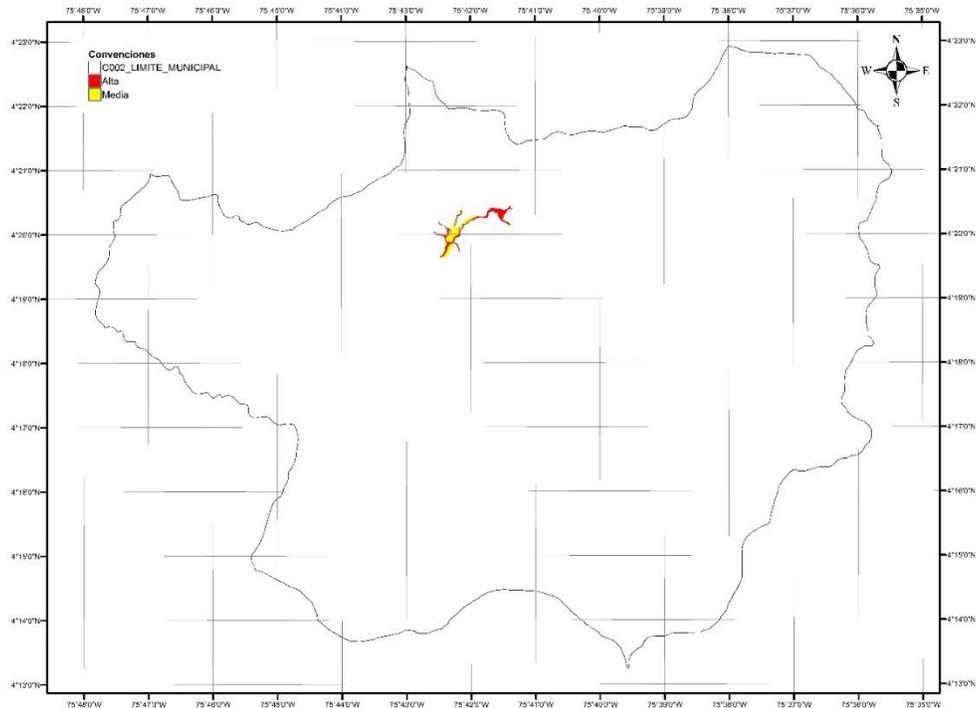


Figura 93: Llenar con Cero los Valores sin Amenaza del Ráster Geomorfología Zona Urbana con Categoría de Amenaza Municipio de Pijao (Quindío)

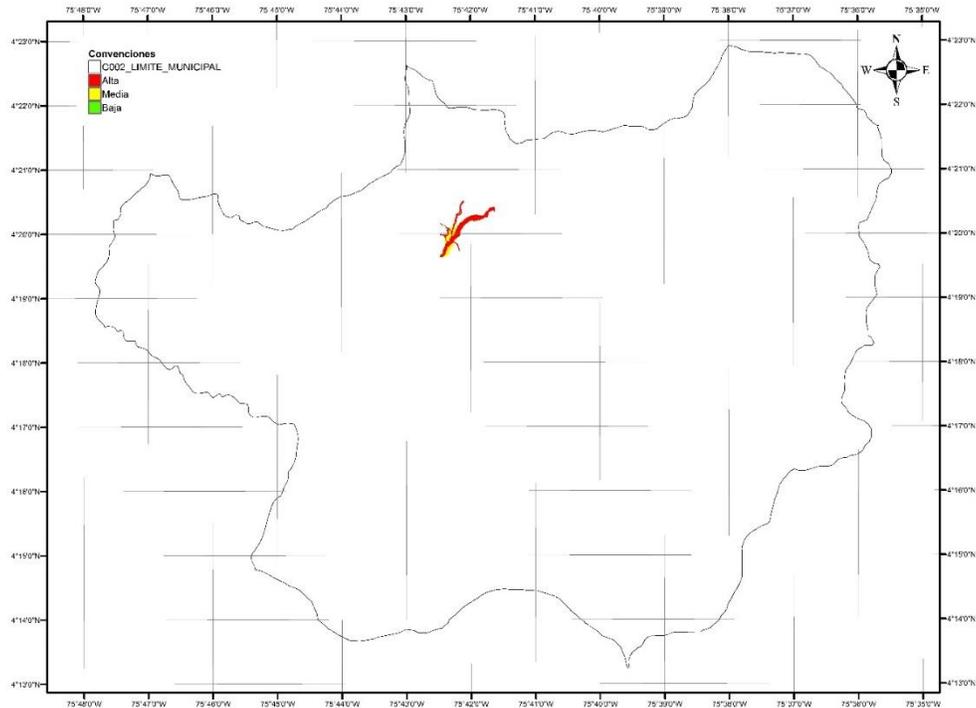


Figura 94: Calcular Ráster de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

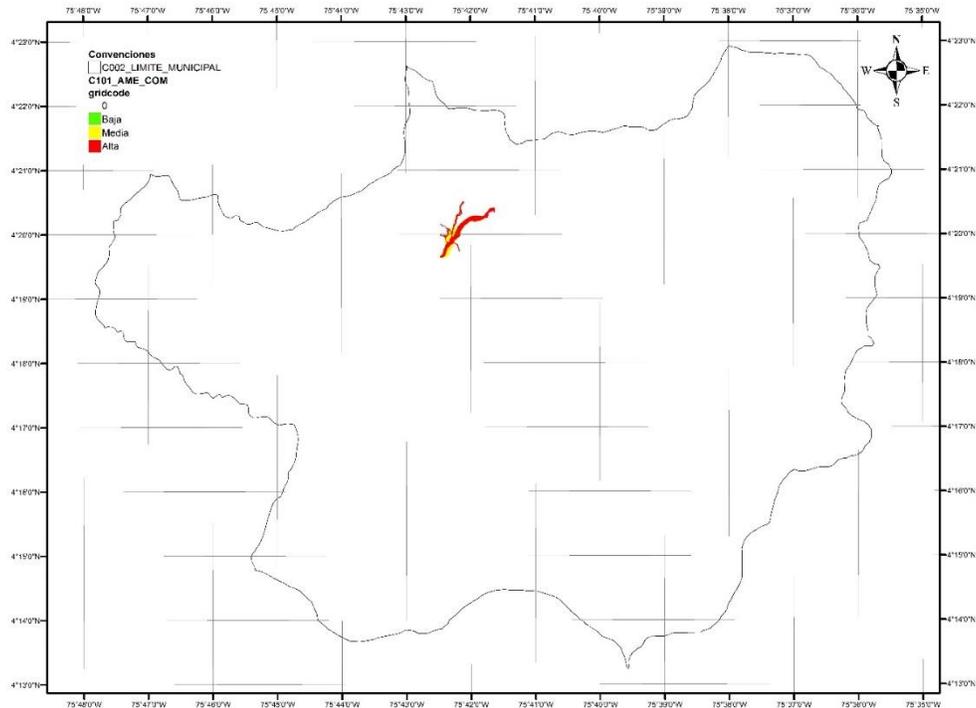


Figura 95: Convertir a Polígono el Ráster de Amenaza Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

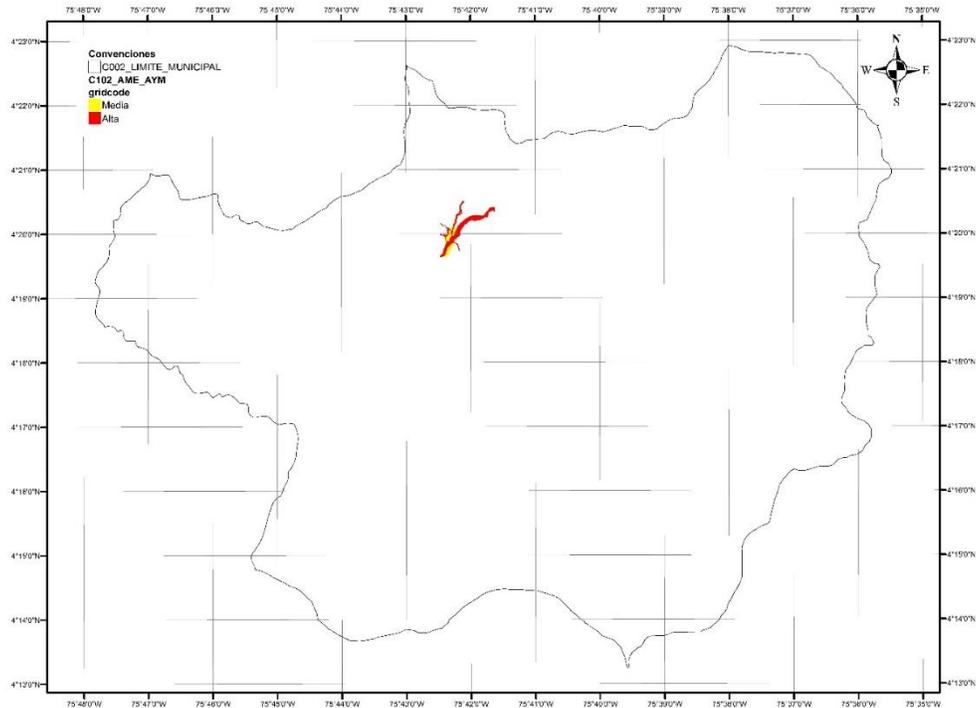


Figura 96: Extraer Polígono de Amenaza Alta y Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

Sistema Integrado de Planeación y Gestión de la UNGRD certificado en:



Avenida calle 26 No. 92 - 32 Piso 2º - Edificio Gold 4, Bogotá - Colombia
 Línea gratuita de atención: 01 8000 113 200
 PBX: (57 - 1) 552 9696
www.gestiondelriesgo.gov.co



**El futuro
 es de todos**

Presidencia
 de la República

5.1.2 FASE 2: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA

Dado que para este estudio no se cuenta con zonas no ocupadas propuestas para nuevos desarrollos el análisis se centra en la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo que se presenta a continuación.

5.1.3 FASE 3: DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO

En la Figura 97 a Figura 126 se presenta la extracción de la información catastral de la base de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), posteriormente se presenta el cruce la información catastral rural con la delimitación de amenaza alta y media rural. Igualmente se presenta el cruce de información catastral urbana con la delimitación de amenaza alta y media urbana.

Como resultado se obtiene que la zona rural del municipio de Pijao (Quindío) cuenta con 115 predios consultados en la base de datos de construcciones del IGAC, con un área total de 0.51 ha. El resultado de las zonas con condición de riesgo de la zona rural del municipio de Pijao (Quindío) arroja 17 predios con un área total de 0.05 ha es decir el 10% del área de predios rurales del municipio. La zona urbana del municipio de Pijao (Quindío) cuenta con 1686 predios consultados en la base de datos de construcciones del IGAC, con un área total de 9.7 ha. El resultado de las zonas con condición de riesgo de la zona urbana del municipio de Pijao (Quindío) arroja 1245 predios con un área total de 6.9 ha es decir el 71% del área de predios urbanos del municipio.

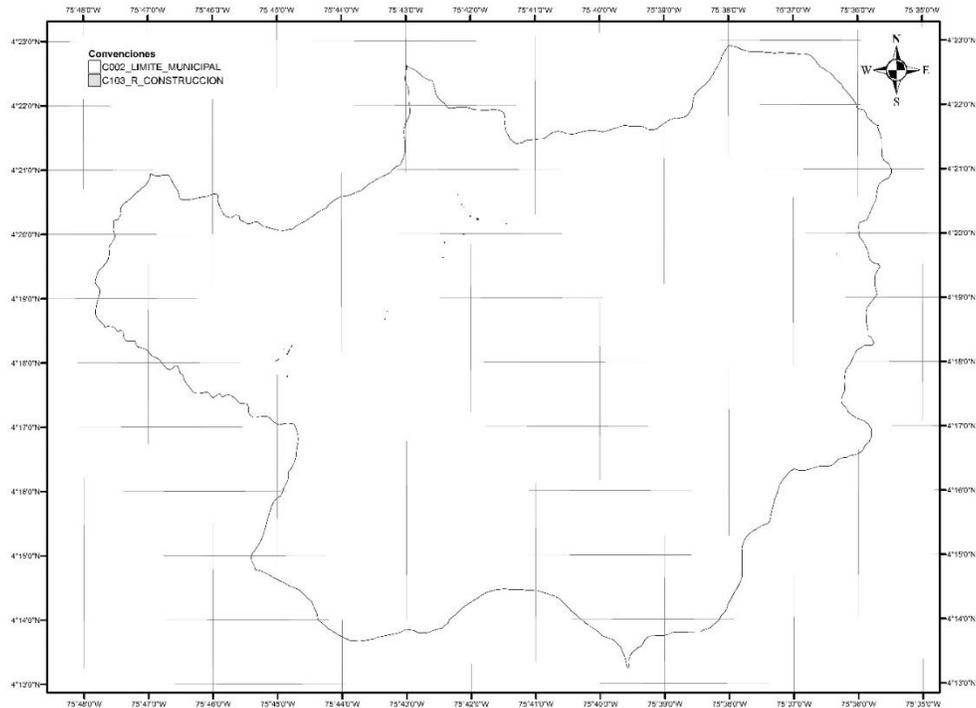


Figura 97: Extrae Información Capa Construcción Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

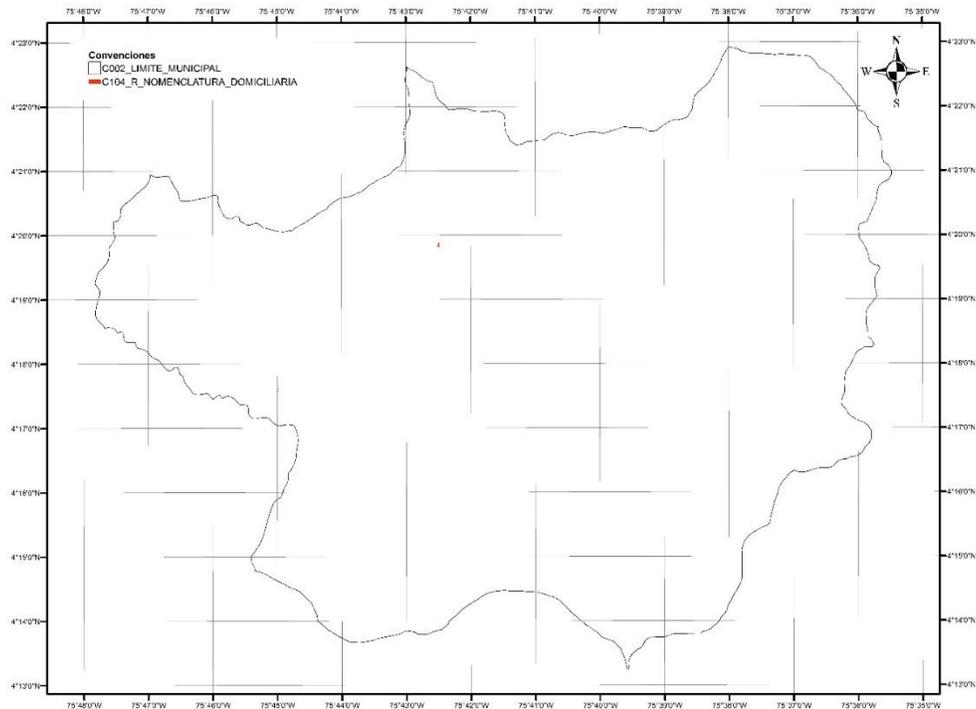


Figura 98: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

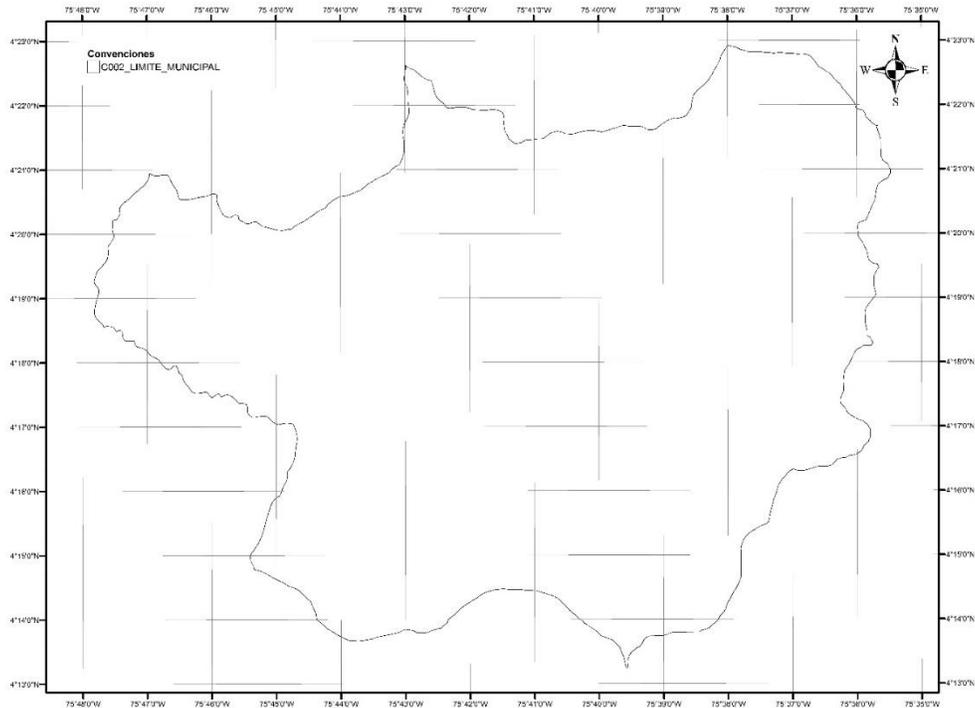


Figura 99: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

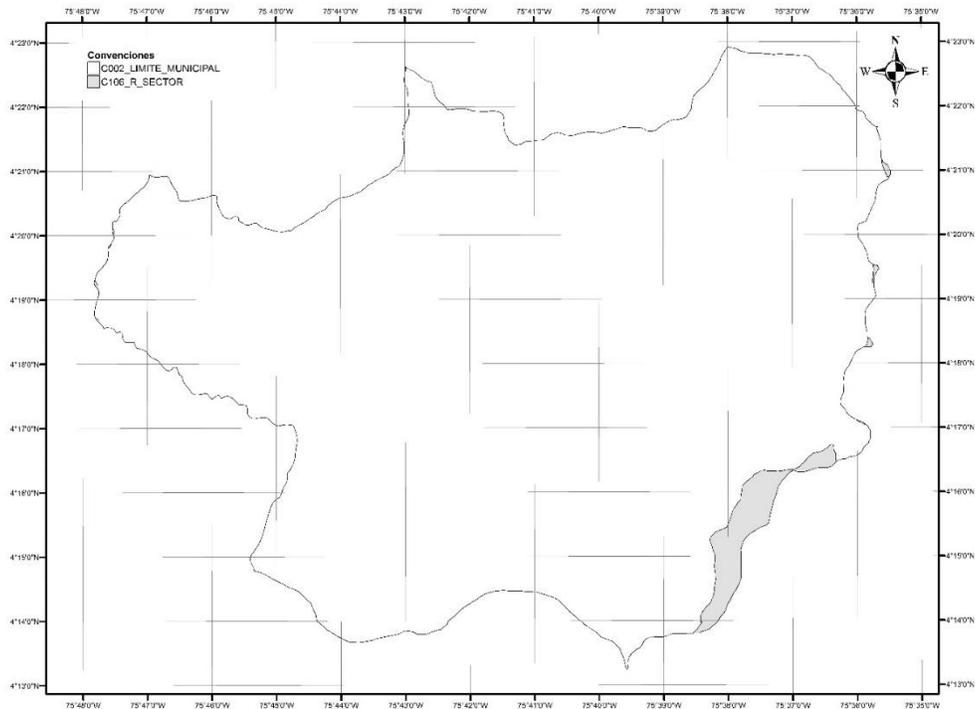


Figura 100: Extrae Información Capa Sector Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

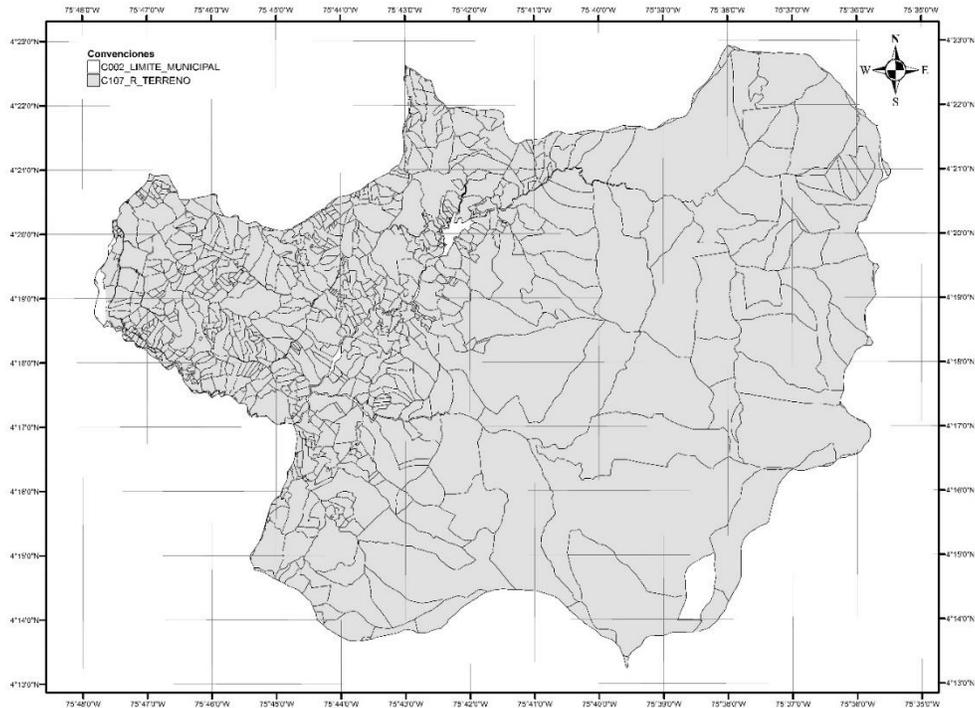


Figura 101: Extrae Información Capa Terreno Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

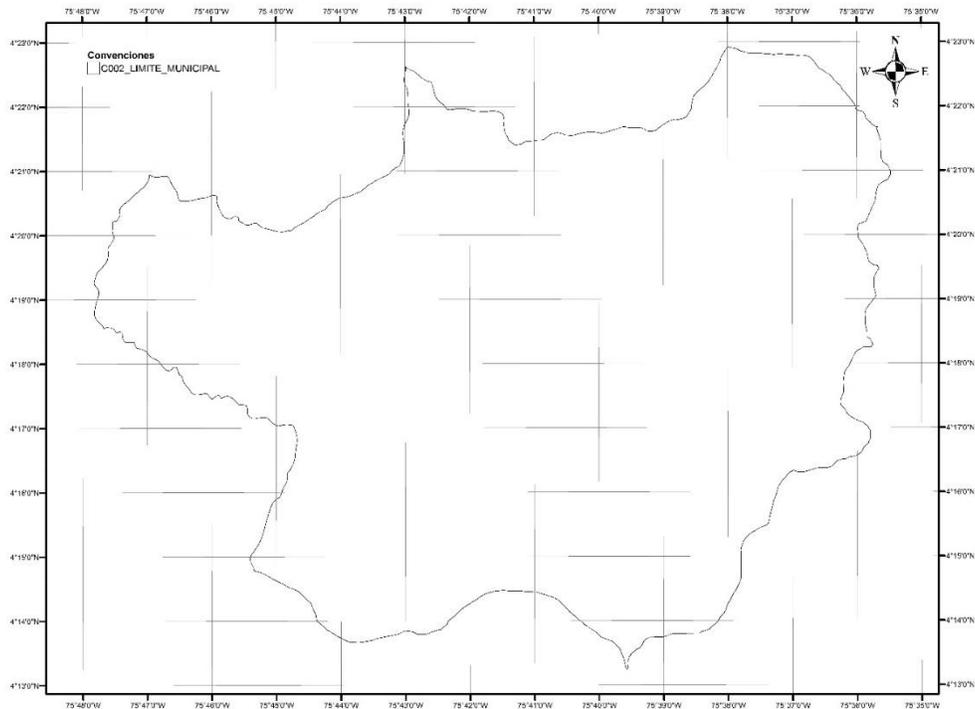


Figura 102: Extrae Información Capa Unidad Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

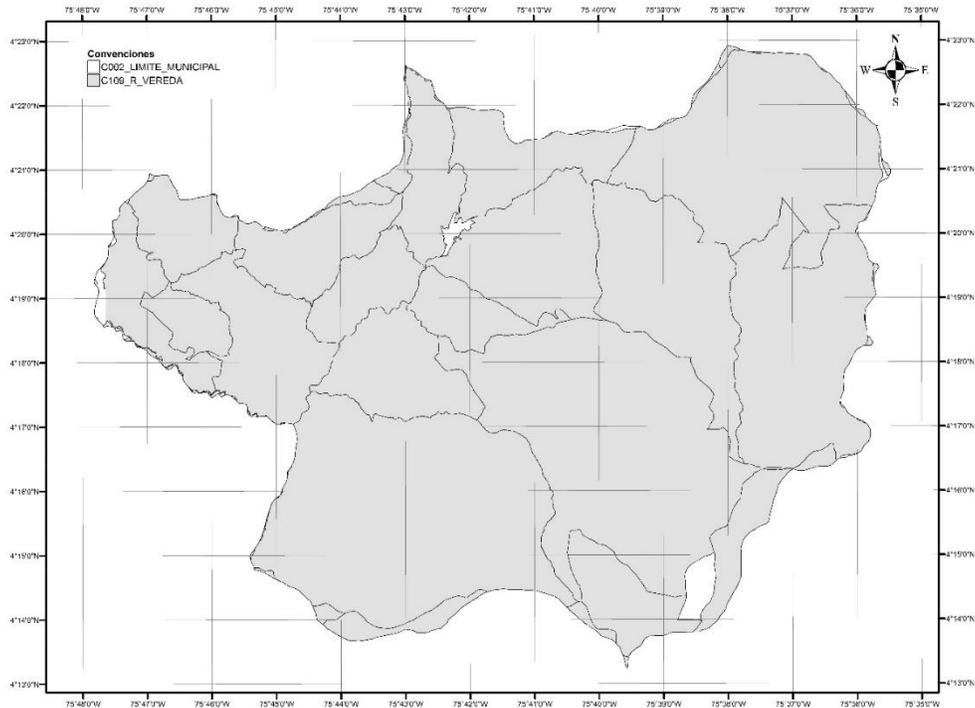


Figura 103: Extrae Información Capa Vereda Información Rural Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

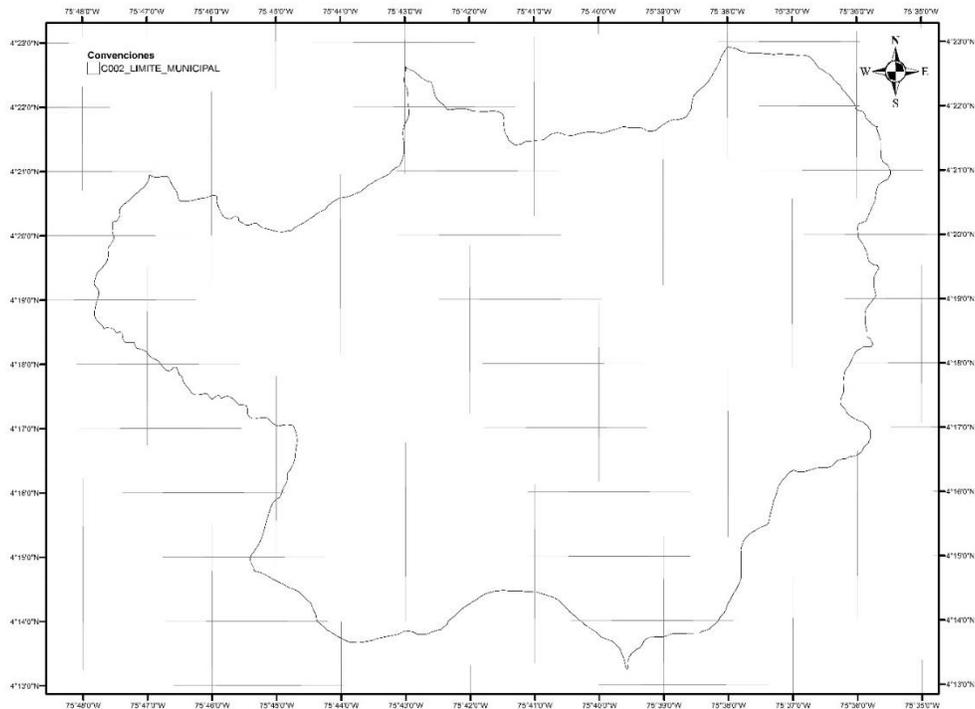


Figura 104: Extrae Información Capa Barrio Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

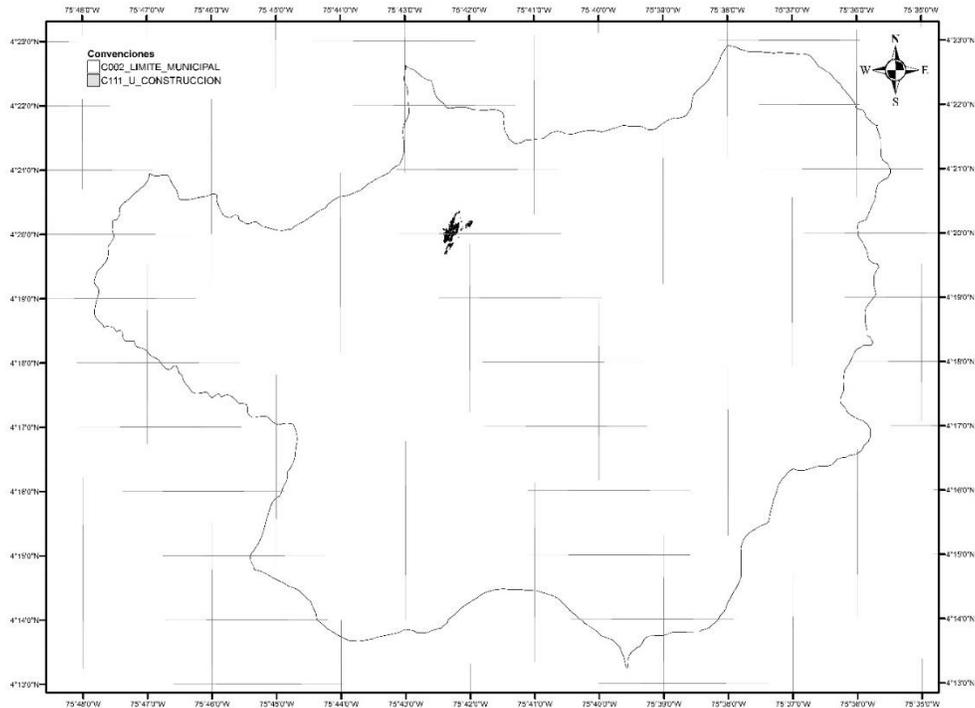


Figura 105: Extrae Información Capa Construcción Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

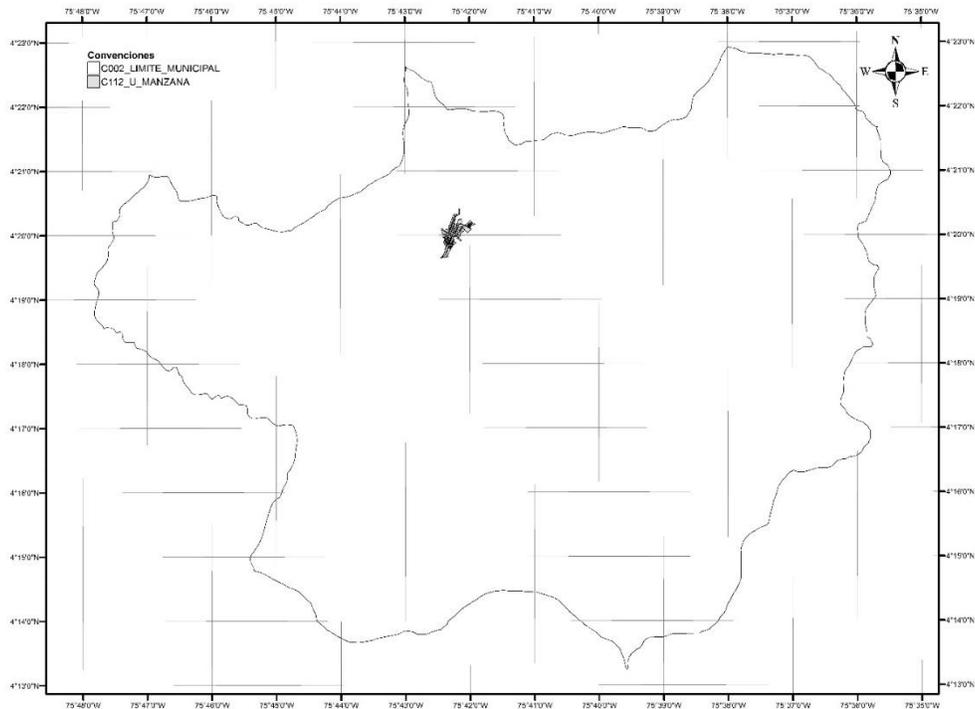


Figura 106: Extrae Información Capa Manzana Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

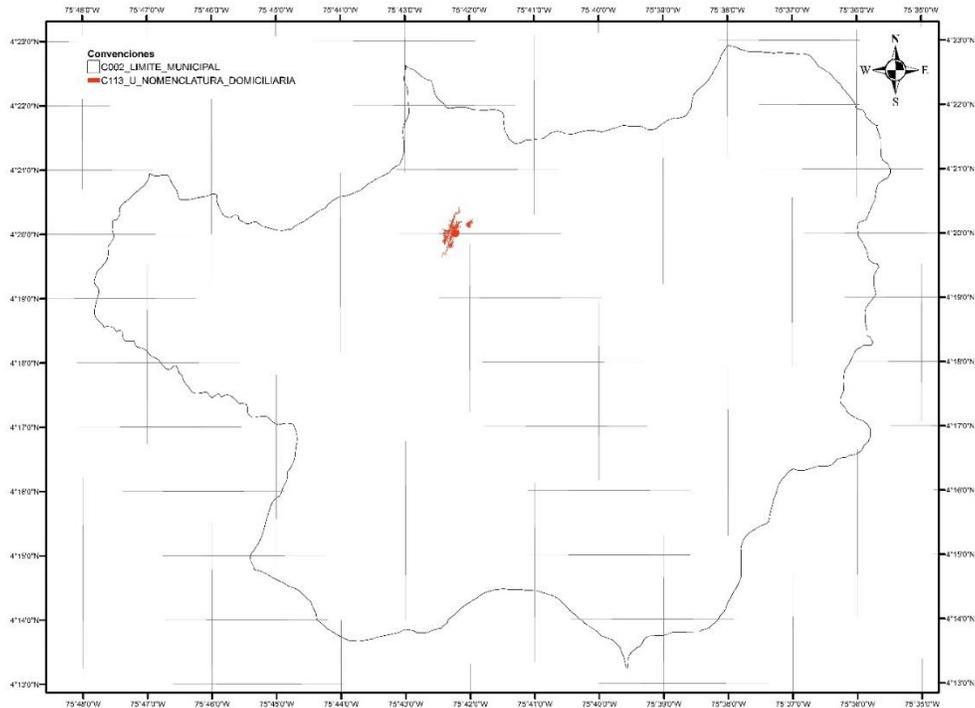


Figura 107: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

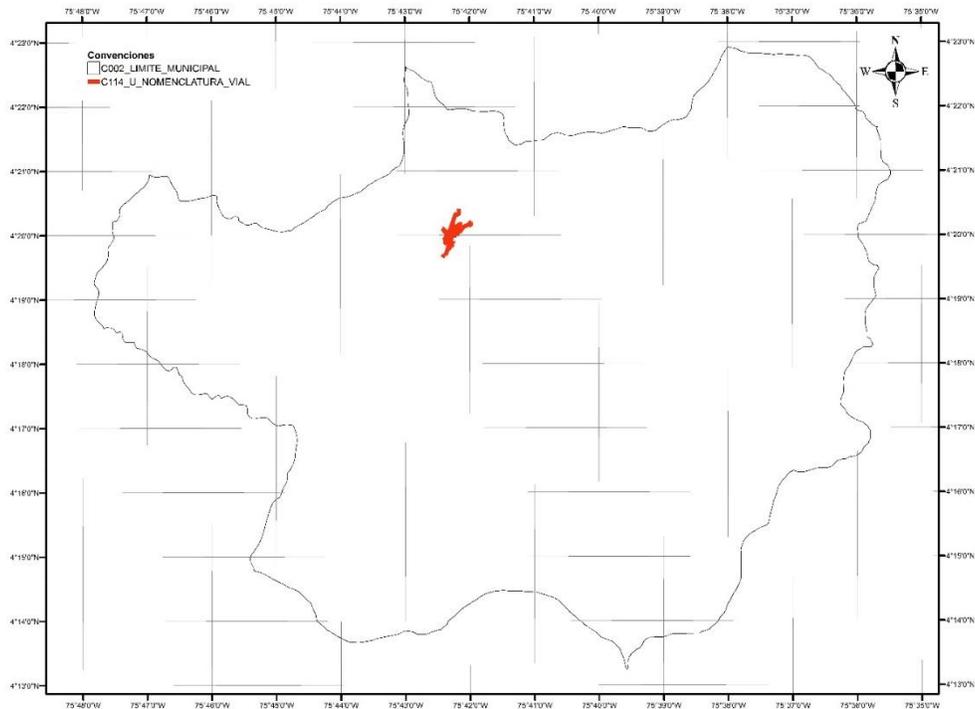


Figura 108: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

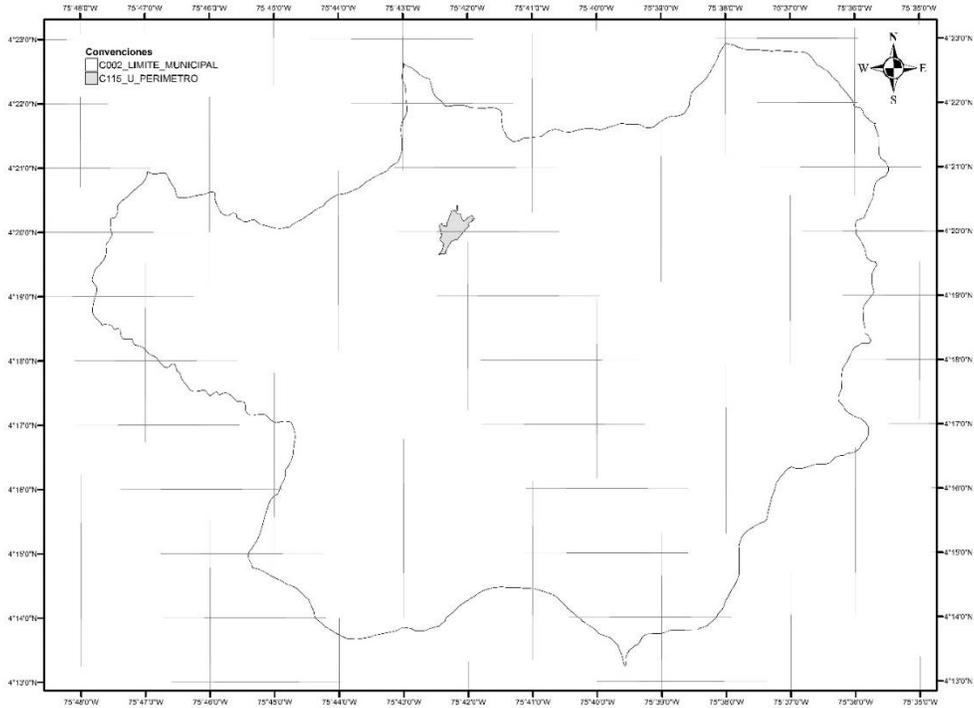


Figura 109: Extrae Información Capa Perímetro Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

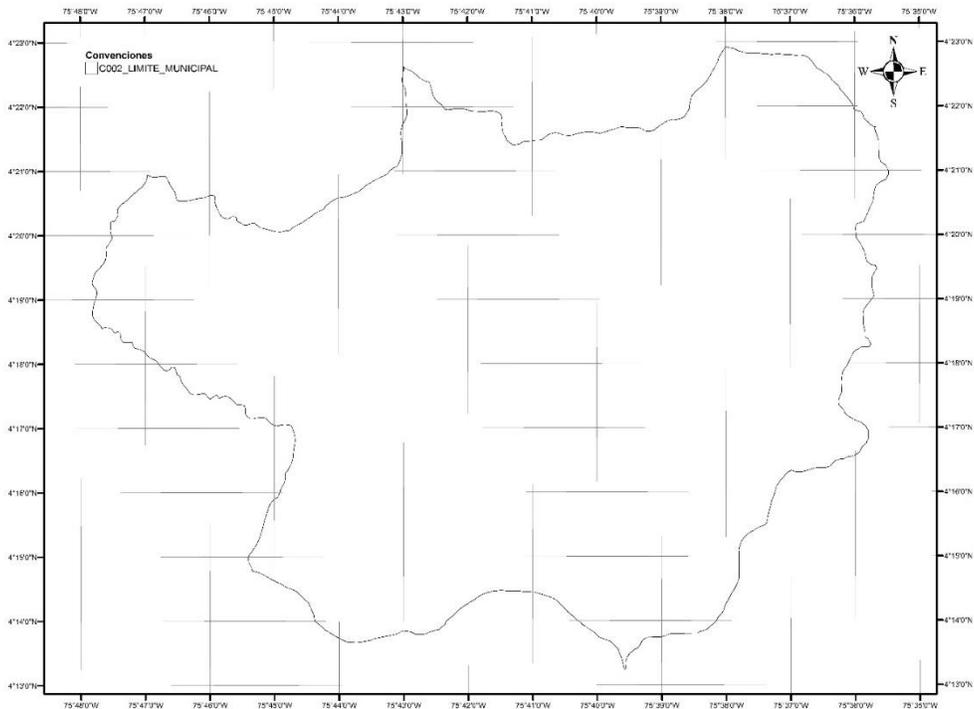


Figura 110: Extrae Información Capa Sector Información Urbana Catastro IGAC con el Limite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

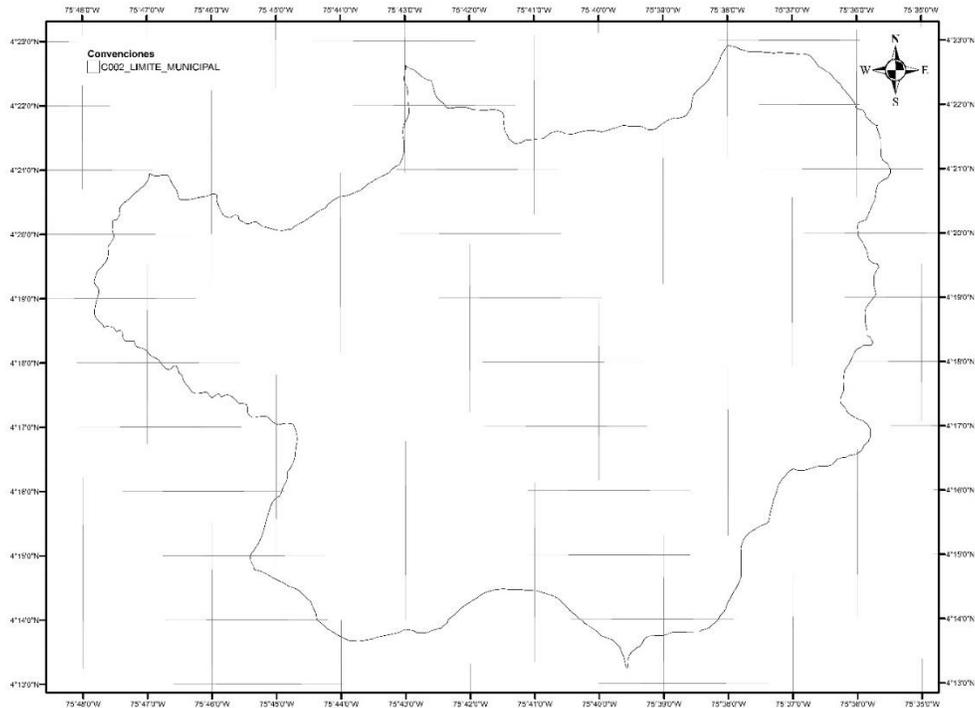


Figura 111: Extrae Información Capa Unidad Información Urbana Catastro IGAC con el Límite Municipal Municipio de Pijao (Quindío)

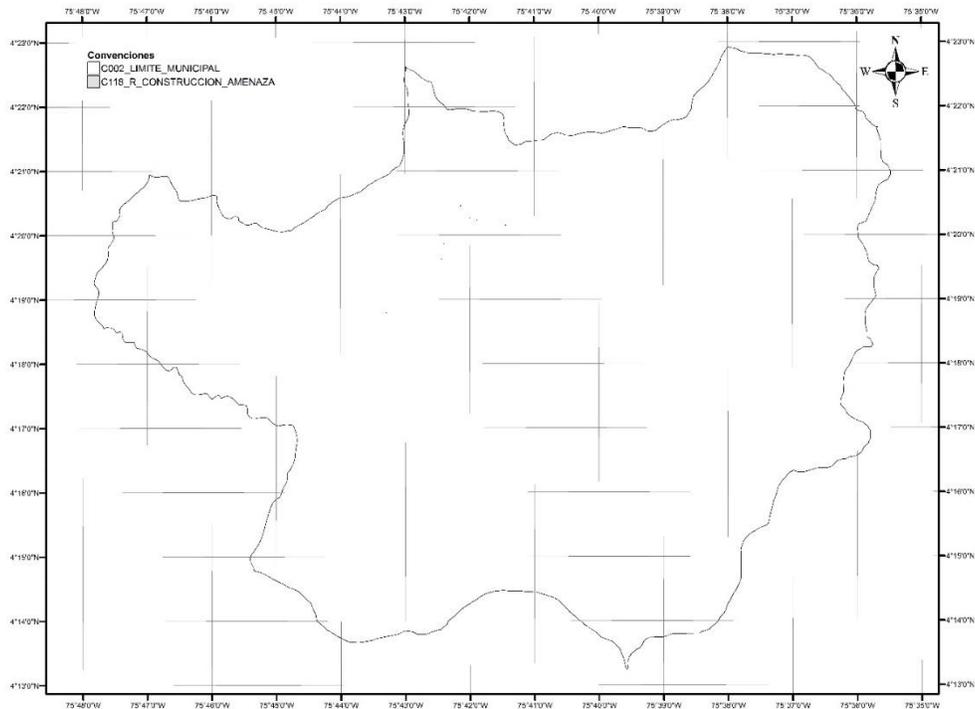


Figura 112: Extrae Información Capa Construcción Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

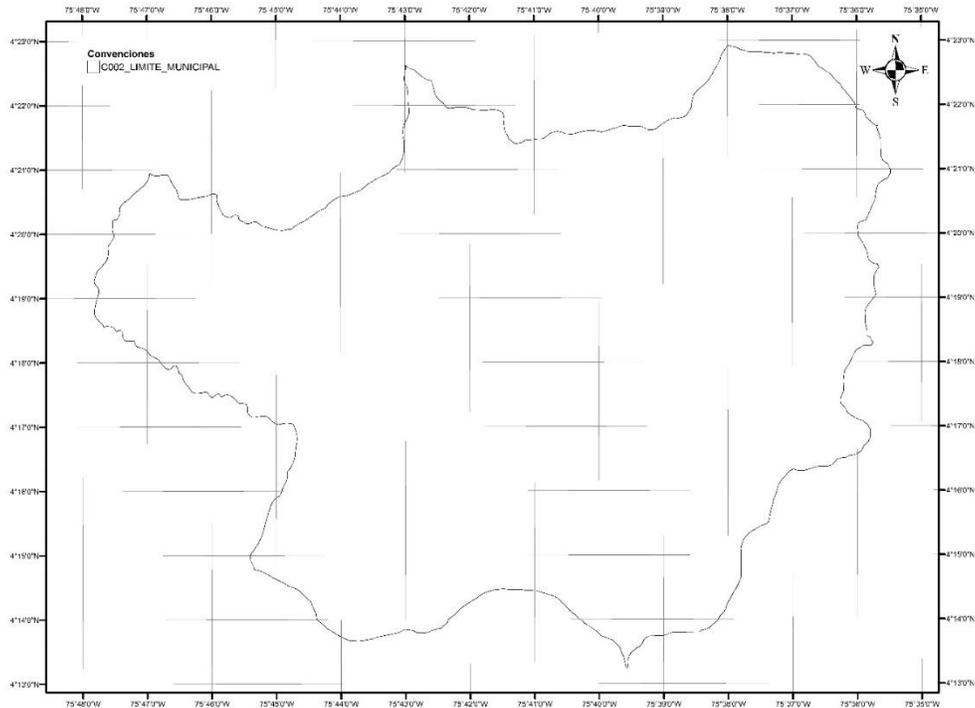


Figura 113: Extrae Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

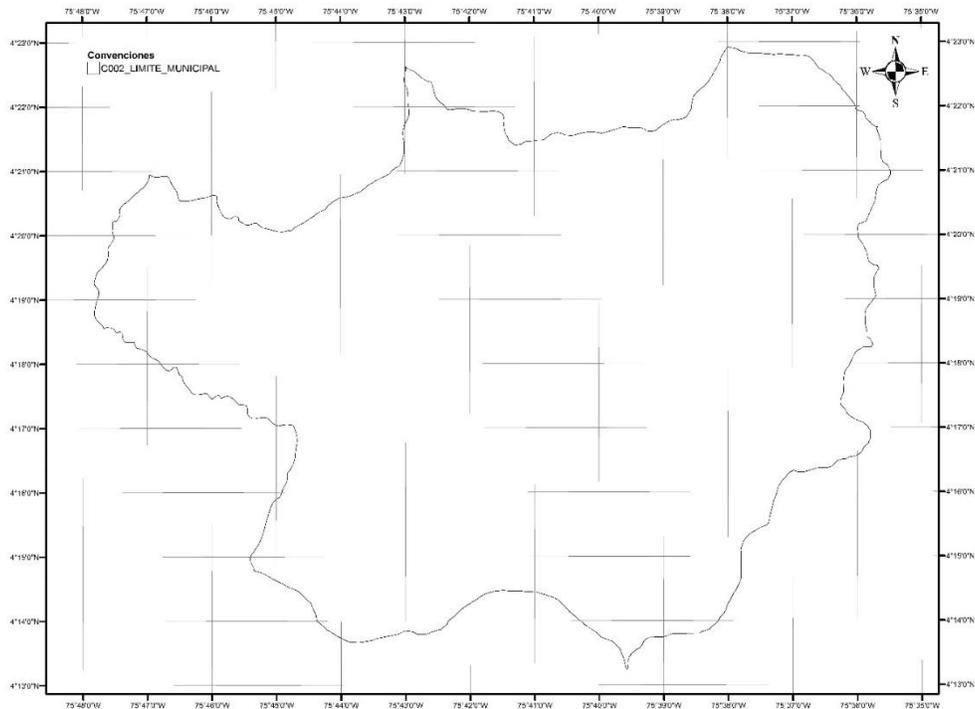


Figura 114: Extrae Información Capa Nomenclatura Vial Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

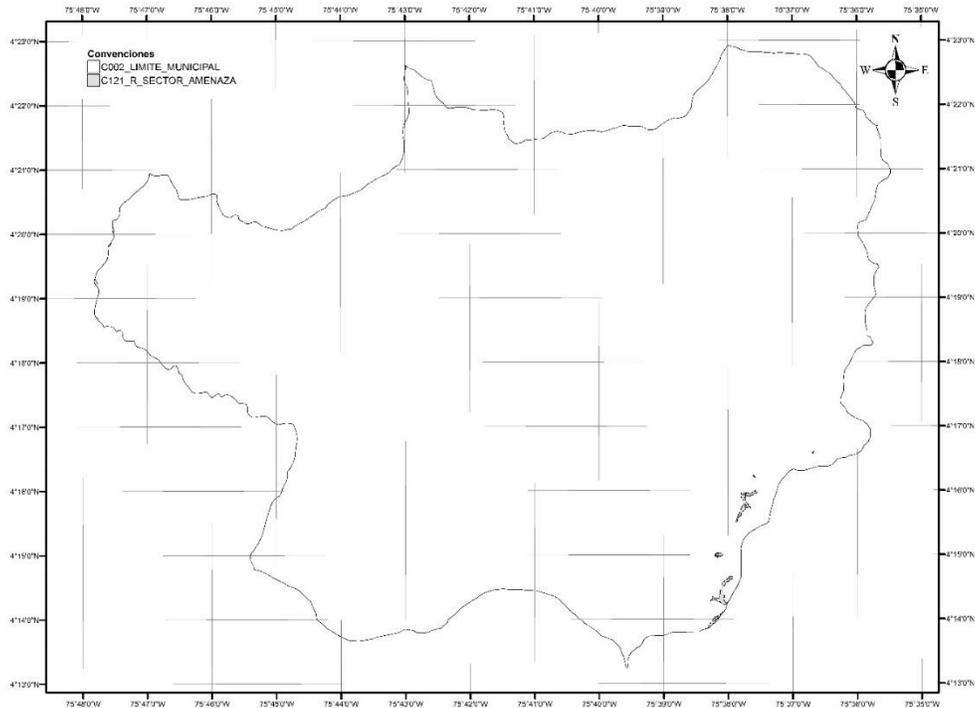


Figura 115: Extrae Información Capa Sector Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

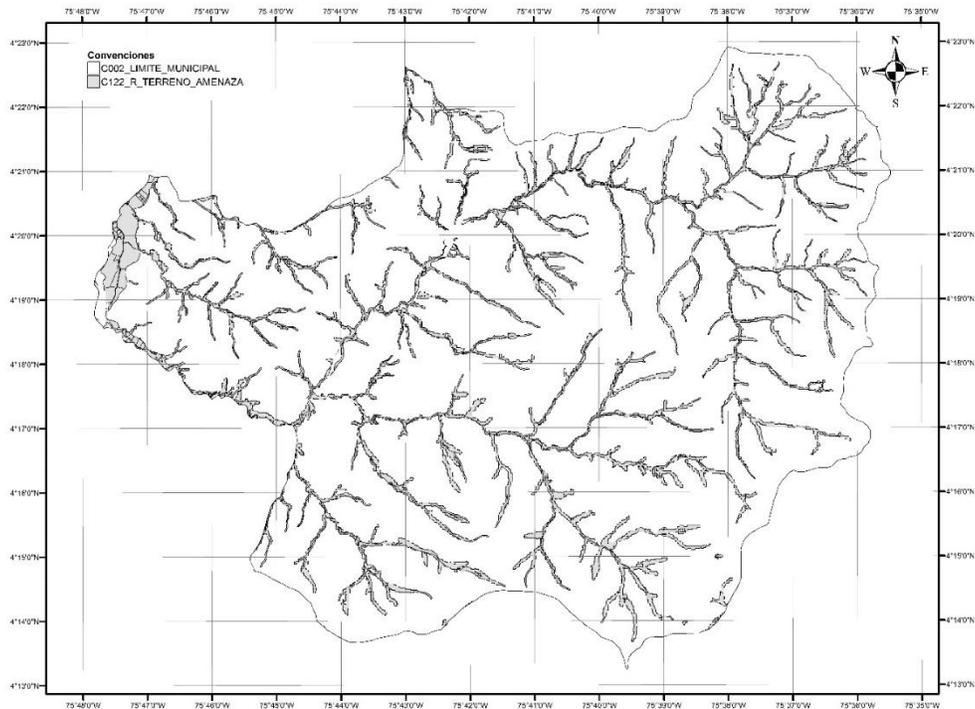


Figura 116: Extrae Información Capa Terreno Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

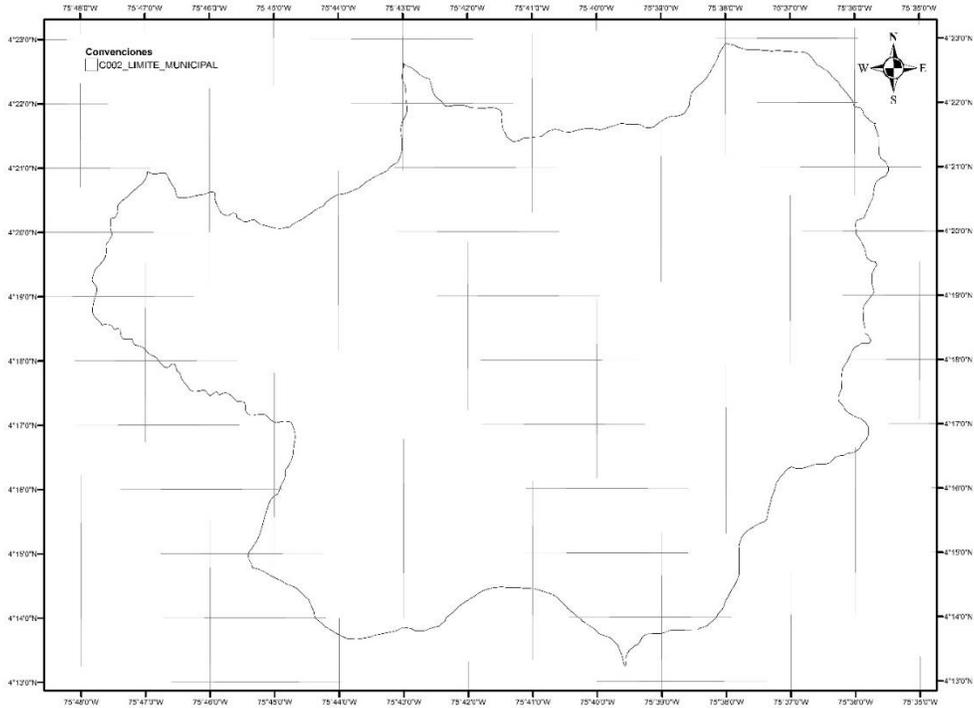


Figura 117: Extrae Información Capa Unidad Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

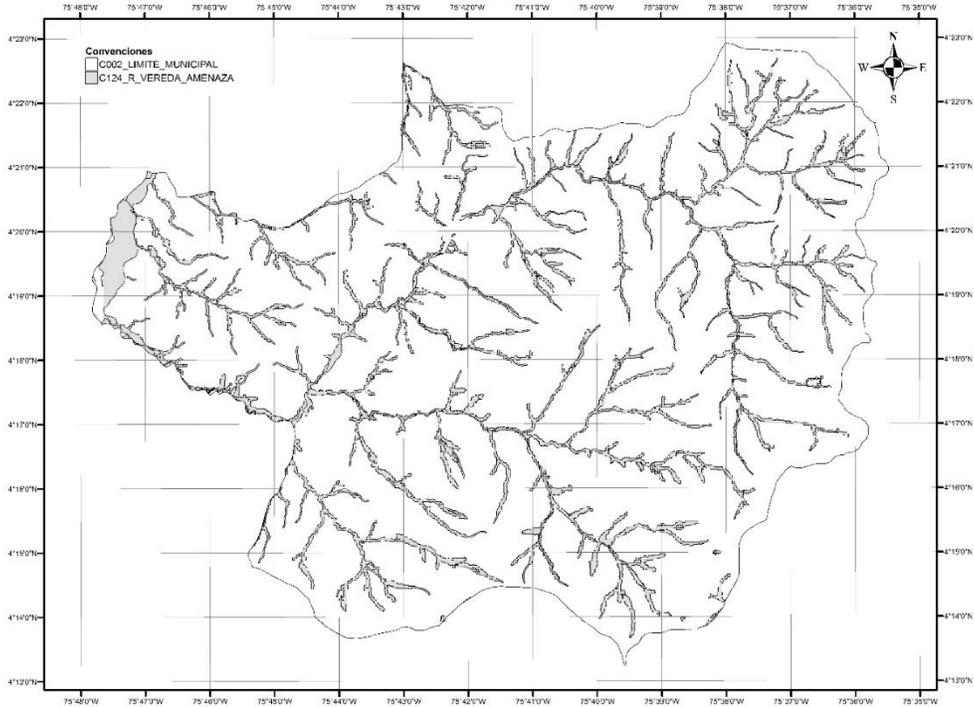


Figura 118: Extrae Información Capa Vereda Información Rural Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

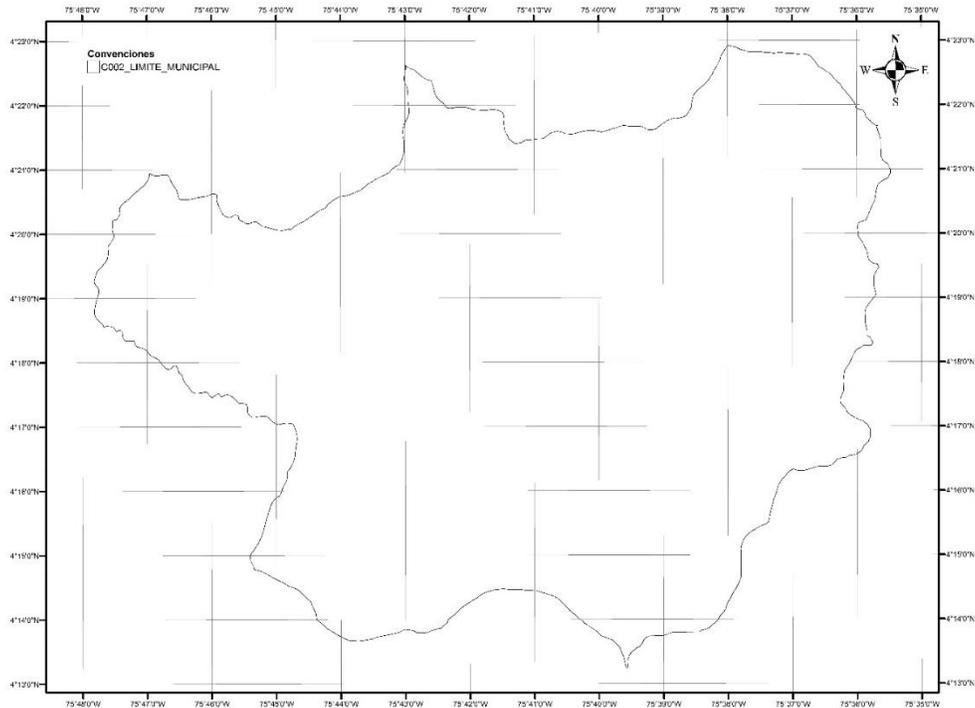


Figura 119: Extraer Información Capa Barrio Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Rural Municipio de Pijao (Quindío)

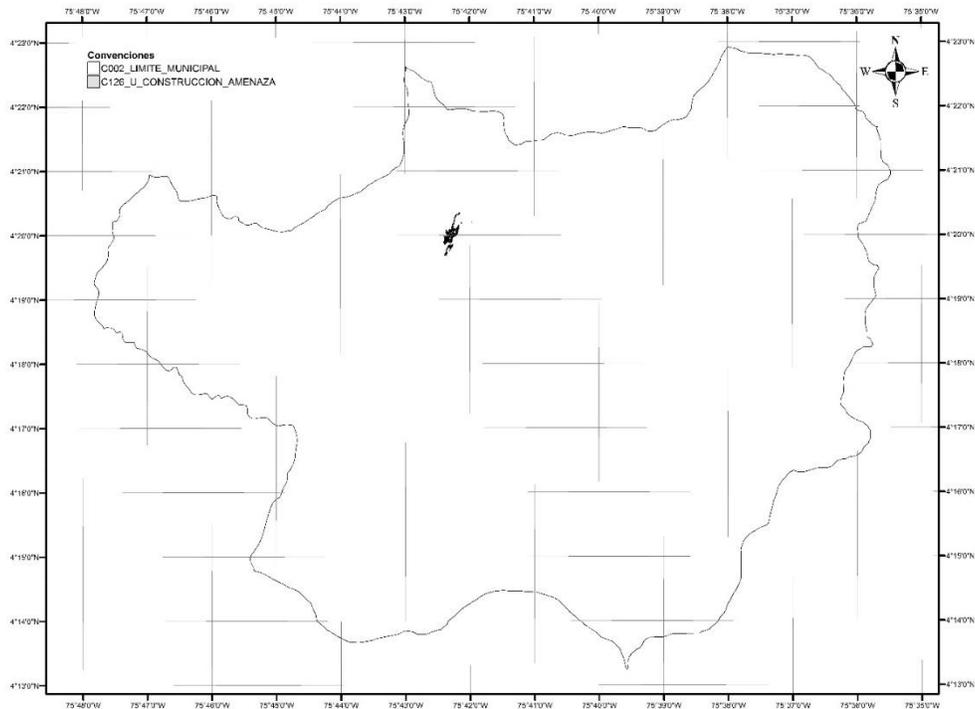


Figura 120: Extraer Información Capa Construcción Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

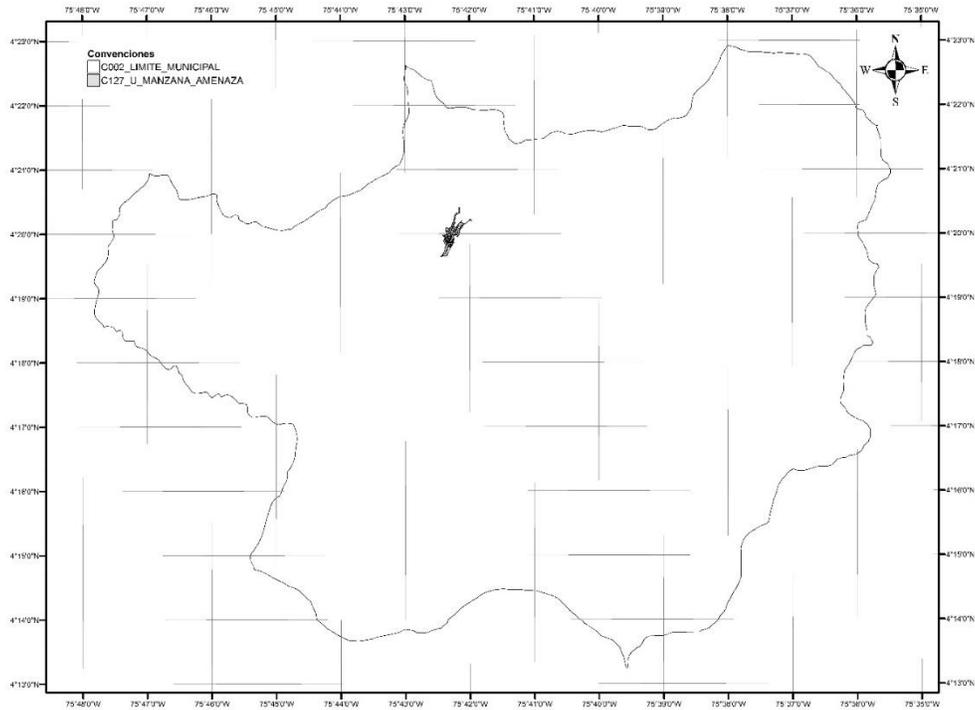


Figura 121: Extraer Información Capa Manzana Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

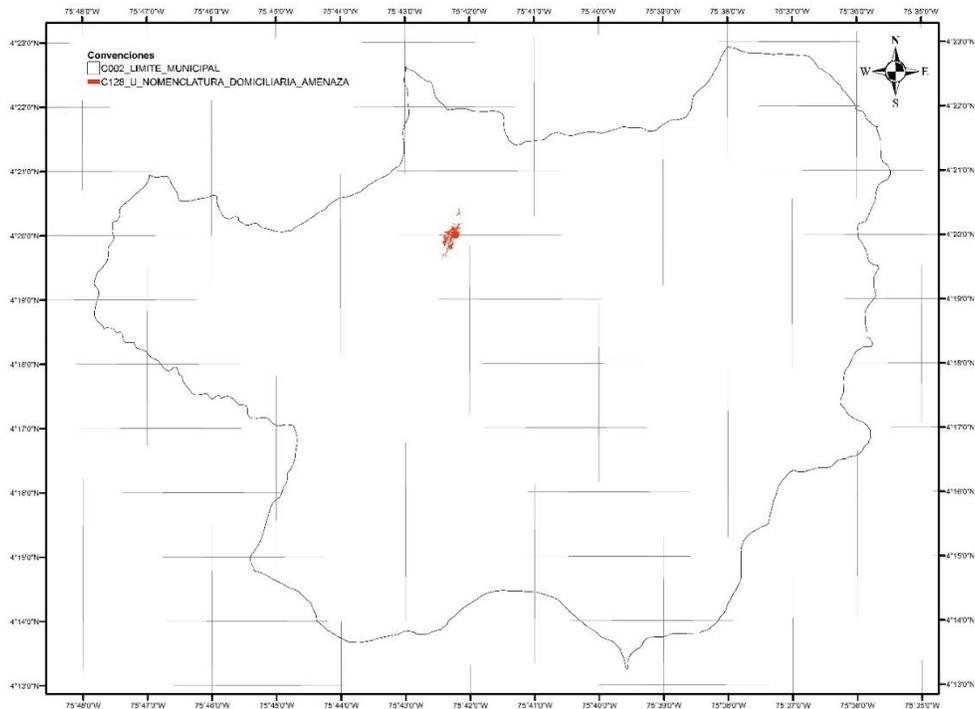


Figura 122: Extraer Información Capa Nomenclatura Domiciliaria Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

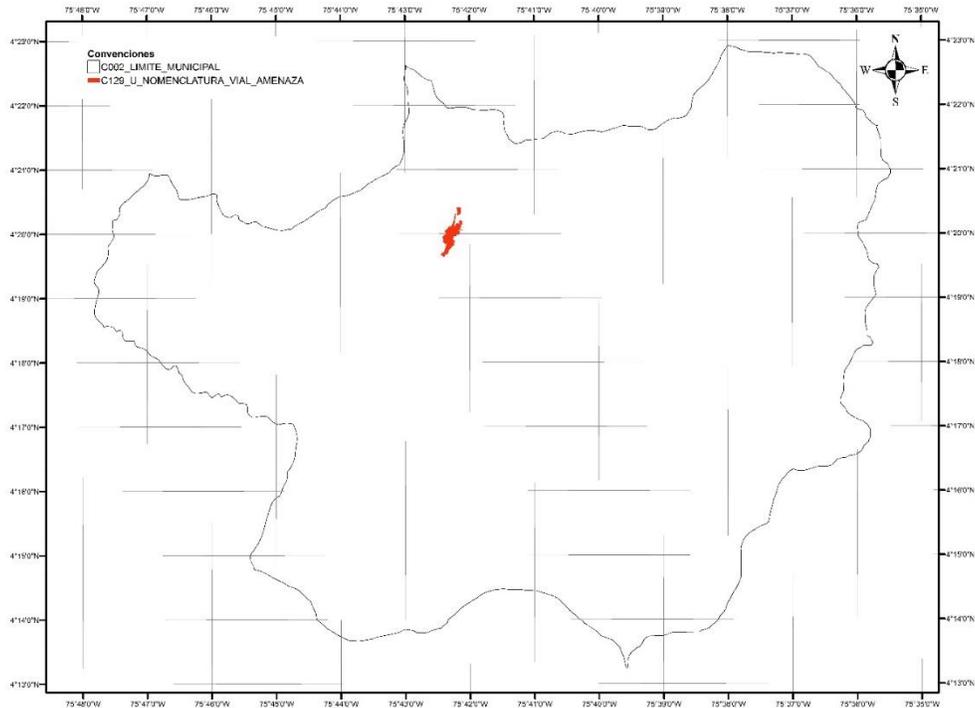


Figura 123: Extraer Información Capa Nomenclatura Vial Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

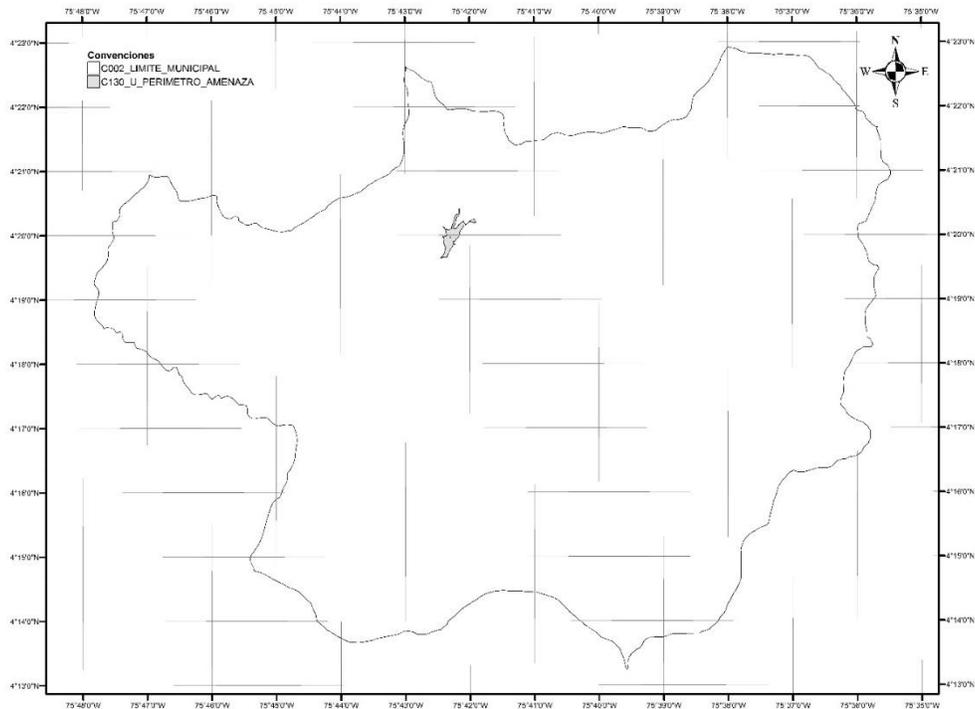


Figura 124: Extraer Información Capa Perímetro Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

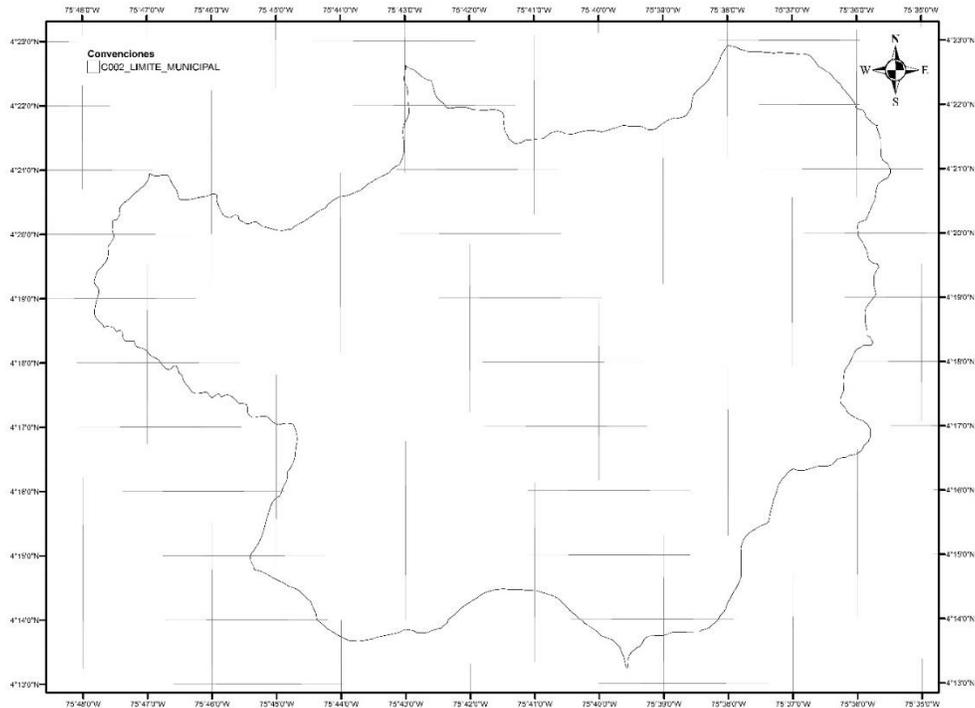


Figura 125: Extraer Información Capa Sector Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

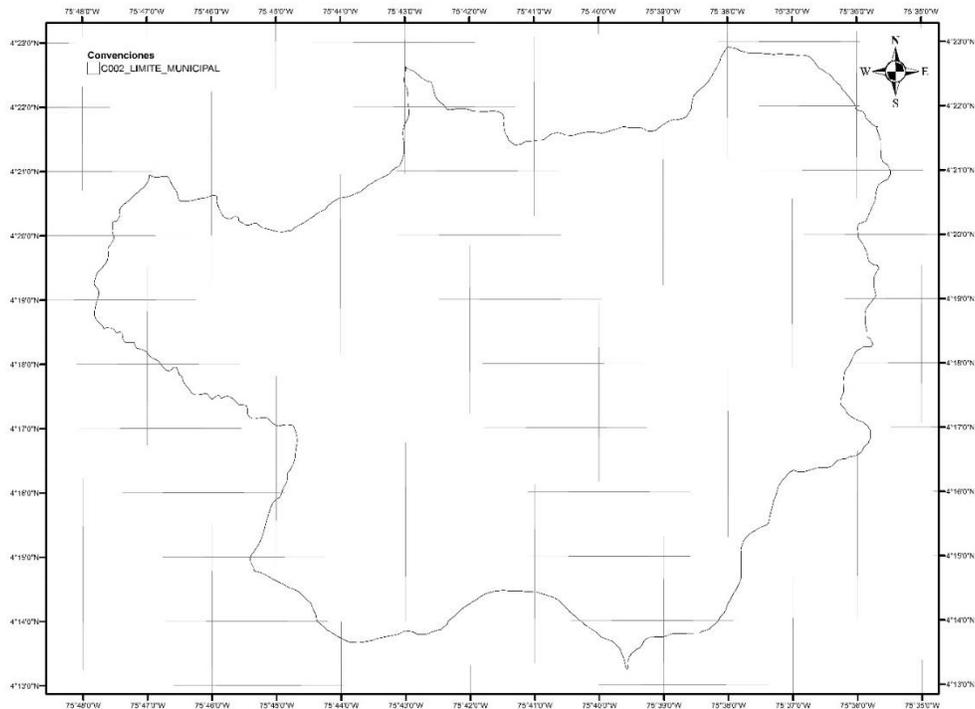


Figura 126: Extraer Información Capa Unidad Información Urbana Catastro IGAC con el Polígono de Amenaza Alta, Media Zona Urbana Municipio de Pijao (Quindío)

5.1.4 FASE 4: DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

Con base en los resultados de los estudios básicos, se determina una medida de mitigación no estructural orientada a establecer el modelo de ocupación del territorio y las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo, mediante la determinación de normas urbanísticas. Esta medida y las normas se desarrollan en la fase 5. Dado que se recomienda se incorporen en el documento técnico de soporte del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio.

5.1.5 FASE 5: DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

Los estudios básicos del presente documento, deben integrarse al Documento Técnico de Soporte que contiene la justificación, la descripción, el desarrollo y la aplicación de las determinaciones de planificación de los componentes y contenidos del Plan de Ordenamiento Territorial.

5.1.5.1 COMPONENTE GENERAL

En relación con la gestión del riesgo, en el componente general del POT se recomienda establecer:

1. Objetivos y estrategias territoriales de mediano y largo plazo que permitirá el desarrollo seguro del territorio.
 - a. Incorporar la gestión del riesgo en el plan de ordenamiento territorial mediante la definición de la medida para el conocimiento del riesgo: Realizar el estudio detallado de riesgo por avenida torrencial a la altura del casco urbano del municipio con los requerimientos técnicos del decreto 1807 de 2014.
 - b. Incorporar la gestión del riesgo en el plan de ordenamiento territorial mediante la definición de la medida no estructural de (prevención y mitigación) del riesgo: Establecer un sistema de alerta temprana de riesgo por avenida torrencial en la cuenca del río Lejos aferente al casco urbano del municipio.
2. Contenido estructural. En el contenido estructural se deben especificar y ubicar en planos:
 - a. Áreas con condición de riesgo identificadas en estos estudios básicos.

5.1.5.2 COMPONENTE URBANO

En relación al suelo urbano:

1. Para las áreas con condición de amenaza: Dentro del alcance de los estudios básicos del presente documento no se consideró áreas sin desarrollar con posible desarrollo futuro, sin embargo, se deben garantizar que el desarrollo de estas áreas se condicione a la elaboración de los estudios detallados que trata el decreto 1807 de 2014.
2. Para las áreas de amenaza media ocupadas. Dadas las características del fenómeno de avenidas torrenciales estas áreas fueron consideradas en las áreas de condición de riesgo que se presentan en el siguiente numeral.
3. Para las áreas con condición riesgo: Se debe garantizar que el desarrollo de estas áreas se condicione a la elaboración de los estudios detallados que trata el decreto 1807 de 2014.

4. El desarrollo urbanístico de áreas con condición de amenaza estará sujeto a la realización de los estudios detallados, así como a la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en los mismos.

5.1.5.3 COMPONENTE RURAL

En relación al suelo rural y rural suburbano:

1. Para las áreas de amenaza alta y media: Para las zonas prediales rurales en amenaza alta y media se recomiendan usos agroforestales, implementación de prácticas culturales de conservación y manejo de cultivos, medidas para el control de erosión y prácticas mecánicas de conservación tales como el manejo de escorrentías.
2. Para las áreas con condición riesgo: Se debe garantizar que el desarrollo de estas áreas se condicione a la elaboración de los estudios detallados que trata el decreto 1807 de 2014.
3. El desarrollo por parcelación en áreas con condición de riesgo en suelo suburbano y centros poblados rurales que no cuenten con estudios detallados al momento de adoptar la revisión del plan de ordenamiento territorial, estará condicionado a su realización, así como a la ejecución de las medidas de reducción (prevención y mitigación) que se determinen en estos estudios.

5.1.5.4 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

Se recomienda la realización de las siguientes actividades dentro del programa de ejecución.

Programa de Conocimiento: Realizar el estudio detallado de riesgo por avenida torrencial a la altura del casco urbano del municipio con los requerimientos técnicos del decreto 1807 de 2014.

El tiempo de ejecución estimado de este proyecto es de 6 meses y el presupuesto aproximado es de 695.411.968.60 y se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8: Presupuesto aproximado proyecto estudios de detallados avenidas torrenciales Pijao (Quindío)

PROYECTO ESTUDIOS DETALLADOS AVENIDAS TORRENCIALES PIJAO (QUINDÍO)				
RECURSO HUMANO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MESES	VALOR	TOTAL
DIRECTOR	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA GEOMORFOLOGÍA	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA GEOTECNIA	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA HIDROLOGÍA	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA HIDRÁULICA	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA ESTRUCTURAL	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ESPECIALISTA RIESGO	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
ADMINISTRATIVO	1.00	6.00	9,359,480.90	56,156,885.40
I. TOTAL RECURSO HUMANO				505,411,968.60
TRABAJO DE CAMPO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
LEVANTAMIENTO HIDROMÉTRICO	Global	1.00	30,000,000.00	30,000,000.00
LEVANTAMIENTO GEOTÉCNICO	Global	1.00	30,000,000.00	30,000,000.00
LEVANTAMIENTO CATASTRAL	Global	1.00	30,000,000.00	30,000,000.00
II. TOTAL TRABAJO DE CAMPO				190,000,000.00
TOTALES				
IV. TOTAL (I+II)				695,411,968.60

Programa de Reducción (prevención y mitigación): Establecer un sistema de alerta temprana de riesgo por avenida torrencial en la cuenca del río Lejos aferente al casco urbano del municipio.

Se propone un Sistema de Alerta Temprana con 4 estaciones meteorológicas automáticas y 2 estaciones hidrológicas automáticas, ubicadas así;

Estaciones Meteorológicas:

1. Cuenca Alta Vereda Las Palmeras
2. Cuenca Alta Vereda Argentina
3. Cuenca Alta Vereda Rio Lejos
4. Cuenca Alta Vereda Las Pizarras

Estaciones Hidrológicas:

1. Confluencia Rio Lejos - Camelias
2. Confluencia Pizarras – Rio Lejos

El tiempo de ejecución estimado de este proyecto es de 6 meses y el presupuesto aproximado es de 750.000.000 de pesos y se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 9: Presupuesto aproximado proyecto sistema de alerta temprana avenidas torrenciales Pijao (Quindío)

PROYECTO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AVENIDAS TORRENCIALES PIJAO (QUINDÍO)				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
PASO 1: ORGANIZACIÓN COMUNITARIA				
CAPACITACIONES COMUNITARIAS Y SELECCIÓN DE RESPONSABLES COMUNITARIOS	Mes	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
PASO 2: RECONOCIMIENTO DE LA CUENCA				
CARTOGRAFÍA SOCIAL Y COMUNITARIA	Mes	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
PASO 3: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MONITOREO				
ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CUENCA ALTA VEREDA LAS PALMERAS	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CUENCA ALTA VEREDA ARGENTINA	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CUENCA ALTA VEREDA RIO LEJOS	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CUENCA ALTA VEREDA LAS PIZARRAS	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
ESTACIÓN HIDROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CONFLUENCIA RIO LEJOS - CAMELIAS	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
ESTACIÓN HIDROLÓGICA AUTOMÁTICA SATELITAL CONFLUENCIA PIZARRAS - RIO LEJOS	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
PASO 4: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALERTA				
CAPACITACIONES COMUNITARIAS Y SELECCIÓN DE RESPONSABLES COMUNITARIOS	Global	1.00	10,000,000.00	10,000,000.00
PASO 5: EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN, DIFUSIÓN DE LA ALERTA Y PLAN DE EMERGENCIA				
GENERACIÓN DE UMBRALES E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DIFUSIÓN Y PLAN DE EMERGENCIA	Global	1.00	100,000,000.00	100,000,000.00
PASO 6: REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA				
SIMULACROS	Global	1.00	20,000,000.00	20,000,000.00
I. TOTAL				750,000,000.00

6 CONCLUSIONES

La zona rural del municipio de Pijao (Quindío) cuenta con 115 predios consultados en la base de datos de construcciones del IGAC, con un área total de 0.51 hectáreas. Según el resultado de la modelación las zonas con condición de riesgo de la zona rural del municipio de Pijao (Quindío) arroja 17 predios con un área total de 0.05 hectáreas, es decir, el 10% del área de predios rurales del municipio.

La zona urbana del municipio de Pijao (Quindío) cuenta con 1686 predios consultados en la base de datos de construcciones del IGAC, con un área total de 9.7 hectáreas. Según el resultado de la modelación las zonas con condición de riesgo de la zona urbana del municipio de Pijao (Quindío) arroja 1245 predios con un área total de 6.9 hectáreas, es decir, el 71% del área de predios urbanos del municipio.

Se recomienda tener en cuenta los resultados de este estudio en la actualización del esquema de ordenamiento territorial del municipio.

Se recomienda realizar el estudio detallado de riesgo por avenida torrencial a la altura del casco urbano del municipio asociado a la Quebrada el Inglés y río Lejos (área: 93 km²) con los requerimientos técnicos del decreto 1807 de 2014. El tiempo de ejecución estimado de este proyecto es de 6 meses y el presupuesto aproximado es de \$695.411.968.60.

Como medida de intervención no estructural se sugiere la implementación de un Sistema de Alerta Temprana que incluye los cuatro componentes de un SAT (conocimiento, monitoreo, difusión de la alerta y preparación comunitaria y de los organismos operativos). Un SAT sin la preparación comunitaria no es efectivo, por ello, es clave la participación de las entidades y de la comunidad. Para el componente del monitoreo del SAT se sugieren 4 estaciones meteorológicas automáticas y 2 estaciones hidrológicas automáticas, ubicadas así;

Estaciones Meteorológicas:

1. Cuenca Alta Vereda Las Palmeras
2. Cuenca Alta Vereda Argentina
3. Cuenca Alta Vereda Rio Lejos
4. Cuenca Alta Vereda Las Pizarras

Estaciones Hidrológicas:

1. Confluencia Rio Lejos - Camelias
2. Confluencia Pizarras – Rio Lejos

El tiempo de ejecución estimado de este proyecto es de 6 meses y el presupuesto aproximado es de \$750.000.000.

Otra medida no estructural es revisar la posibilidad por parte del municipio y los habitantes la adquisición de un seguro contra riesgos generados por clima y desastres naturales, así como hacer la socialización al sector privado, especialmente prestadores de servicios públicos para asegurar no solo

la infraestructura sino también el servicio. Los seguros son una herramienta financiera que ayuda a reducir las pérdidas económicas ante un posible desastre.

Sistema Integrado de Planeación y Gestión de la UNGRD certificado en:



Avenida calle 26 No. 92 - 32 Piso 2° - Edificio Gold 4, Bogotá - Colombia
Línea gratuita de atención: 01 8000 113 200
PBX: (57 - 1) 552 9696
www.gestiondelriesgo.gov.co



7 BIBLIOGRAFÍA

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE. (2014). *MODELOS CONCEPTUALES, METODOLOGÍAS E INSUMOS PARA LA DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO, EVENTOS TORRENCIALES Y VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA. SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y PROPUE*. Bogotá D.C.

Mikoš, M. (2013). *Risk Management and Mountain Natural Hazards*. (September 2013).

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2014). *Decreto 1807 de 2014*.

O'Brien, J., & FLO-2D Software, I. (2014). *FLO-2D Webinar Hyperconcentrated Sediment Flows - Mud and Debris Flows*.

8 ANEXOS

- 8.1 PROYECTO ARCGIS
- 8.2 INFORMACIÓN IDF IDEAM
- 8.3 INFORMACIÓN IDEAM
- 8.4 MODELOS FLO-2D
- 8.5 MODELO PRUEBA HEC-HMS
- 8.6 MODELOS RIVERFLOW2D
- 8.7 PRESENTACIONES

Sistema Integrado de Planeación y Gestión de la UNGRD certificado en:



Avenida calle 26 No. 92 - 32 Piso 2º - Edificio Gold 4, Bogotá - Colombia
Línea gratuita de atención: 01 8000 113 200
PBX: (57 - 1) 552 9696
www.gestiondelriesgo.gov.co



El futuro
es de todos

Presidencia
de la República