



**ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN
EL DISTRITO DE RIOHACHA (LA GUAJIRA) UTILIZANDO
HERRAMIENTAS SIG**

MARIA DEL ROSARIO ABELLO MARTINEZ

11792124277

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

**ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN
EL DISTRITO DE RIOHACHA (LA GUAJIRA) UTILIZANDO
HERRAMIENTAS SIG**

MARIA DEL ROSARIO ABELLO MARTINEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

Andrés Felipe Carvajal Vanegas

Asesor:

Mauricio Fernando Rocha Salamanca

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

Tabla de contenido

1. Introducción	11
2. Objetivos	13
2.1. Objetivos generales	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. Marco Teórico y Estado del Conocimiento	13
4. Referentes de estudios similares internacionales y nacionales.	19
5. Metodología	22
5.1. Descripción del área de estudio	22
5.2. Zonificación por avenidas torrenciales	25
5.2.1. Información recopilada	28
5.2.2. Análisis de la información	31
5.2.3. Generación de mapas temáticos	32
5.3. Zonificación.....	40
6. Resultados	46
6.1. Modelo de elevación digital	46
6.2. Litología de la subcuenca.....	46
6.3. Parámetros Fisiográficos de la subcuenca	47
6.4. Curva hipsométrica de la subcuenca	50
6.5. Parámetros de la red hidrográfica de la subcuenca	50
6.6. Perfil Longitudinal de la cuenca	52
6.7. Curvas IDF por método simplificado	53
6.8. Modelamiento hídrico	55
6.9. Generación de mapas temáticos.....	58
6.10. Zonificación.....	61
6.10.1. Mapa de pendientes.....	61
6.10.2. Mapa de volumen de sedimentos	62
6.10.3. Mapa de cobertura superficial	63
6.10.4. Mapa de inundaciones	64
6.11. Mapa de Zonificación por Avenidas Torrenciales	65
7. Discusiones	66
7.1. Pendientes	66
7.2. Sedimentos	67

7.3. Cobertura Superficial	67
7.4. Inundaciones	68
8. Conclusiones.....	68
9. Recomendaciones.....	69
10. Referencias Bibliográficas	71

Listado de Tablas

Tabla 1. Conceptos de avenidas torrenciales	13
Tabla 2. Tipos de flujo - Avenidas torrenciales	14
Tabla 3. Tabla de clasificación de flujos torrenciales.	15
Tabla 4. Parámetros morfométricos de las cuencas	16
Tabla 5. Corregimiento del Distrito de Riohacha	24
Tabla 6. Componentes del suelo con espesor estimado	38
Tabla 7. Clasificación de mapas temáticos	41
Tabla 8. Ponderación mapas temáticos	41
Tabla 9. Tabla de formulas	42
Tabla 10. Factor forma - Horton	43
Tabla 11. Forma de la cuenca - Gravelius	43
Tabla 12. Índice de circularidad de Miller	43
Tabla 13. Pendiente media del cauce principal	44
Tabla 14. Unidad hidrográfica de la cuenca	44
Tabla 15. Densidad de drenaje	44
Tabla 16. Valores de los coeficientes para curvas IDF - INVIAS	44
Tabla 17. Coeficientes de escorrentía - Método racional	45
Tabla 18. Parámetros fisiográficos de una cuenca	48
Tabla 19. Curvas características de una cuenca	49
Tabla 20. Parámetros red hidrográfica de una cuenca	51
Tabla 21. Lado mayor y menor de la cuenca	52
Tabla 22. Perfil longitudinal de la cuenca	52
Tabla 23. Valores máximos de precipitaciones	53
Tabla 24. Intensidad - Duración – Frecuencia (valores en mm/h)	54
Tabla 25. Tiempo de concentración - IDF	55
Tabla 26. Caudal máximo según periodo de retorno	55

Listado de gráficos

Gráfico 1. Elementos del SIG	18
Gráfico 2. Curva hipsométrica	45
Gráfico 3. Curva hipsométrica	49
Gráfico 4. Frecuencias de altitudes	50
Gráfico 5. Perfil longitudinal	53
Gráfico 6. Curva IDF	54

Listado de figuras

Figura 1. Localización general	22
Figura 2 Área de estudio	23
Figura 3 Cuencas Hidrográficas	24
Figura 4 Esquema metodológico	27
Figura 5. Modelo de elevación digital	28
Figura 6. Estaciones meteorológicas activas en el Distrito - ARCMAP	29
Figura 7. Litología del distrito	30
Figura 8. Cobertura del distrito	31
Figura 9. Subcuenca delimitada Ranchería	46
Figura 10. Litología cuenca ranchería	47
Figura 11. Geometría - Modelamiento hídrico	56
Figura 12. Coeficiente de Rugosidad de Manning	56
Figura 13. Inundaciones en tramo	57
Figura 14. Cauce inundaciones 3D	57
Figura 15. Caudales por red de drenaje	58
Figura 16. Volumen del material expuesto a erosión	59
Figura 17. Niveles de pendientes	59
Figura 18. Cobertura superficial de la cuenca	60
Figura 19. Niveles de inundación	60
Figura 20. Mapa de pendientes con clasificación	61
Figura 21. Mapa de Suelo - Volumen sedimentos con clasificación	62
Figura 22. Cobertura superficial con clasificación	63
Figura 23. Mapa de inundaciones con clasificación	64
Figura 24. Mapa zonificación por avenidas torrenciales	65

Resumen

Las avenidas torrenciales descritas como problemáticas de tipo natural o fenómeno tienen como consecuencia una destrucción de espacios debido al transporte rápido y en gran volumen de escombros y/o sedimentos. Por esta razón se generan un conjunto de diferentes eventos en espacios o zonas, principalmente en ríos y quebradas, percibiendo que es una problemática es necesaria de reconocer a nivel nacional, debido a que presenta grandes riesgos de desastres. Este tipo de eventos tiene una capacidad de destrucción a nivel social, económico y humano, debido a sus diferentes eventos como inundación de escombros o crecientes. El estudio se realizó en el Distrito de Riohacha, con el objetivo de proponer una zonificación de amenazas por avenidas torrenciales teniendo en cuenta una herramienta SIG, en este estudio se obtendrá información con detalle a escala 1:25000. La investigación tiene 4 fases o etapas, en la primera se identificó las variables para la zonificación de amenazas torrenciales que se encontraron en el Distrito. En la segunda se realizó un análisis espacial de la información obtenida a través de las variables teniendo en cuenta que esta debe hacerse acorde a escala 1:25000. En la tercera se generaron los mapas temáticos con la herramienta SIG que permitió visualizar los datos y los riesgos muy altos, altos, medios, bajos, muy bajos de la zona en la que se realizó el estudio y en la cuarta se realizó la zonificación de avenidas torrenciales y las conclusiones obtenidas de la investigación para la presentación de este fenómeno natural.

Palabras clave:

cuenca, avenidas, torrenciales, zonificación, amenaza.

Abstract

Torrential floods, described as natural problems or phenomena, result in the destruction of spaces due to the rapid and large volume transport of debris and/or sediments. For this reason, a set of different events are generated in spaces or areas, mainly in rivers and streams, perceiving that it is a problem that needs to be recognized at the national level, since it presents great disaster risks. This type of event has a destructive capacity at a social, economic, and human level, due to its different events such as debris floods or floods. The study was carried out in the District of Riohacha, with the objective of proposing a zoning of threats due to torrential floods considering a GIS tool, in this study detailed information will be obtained at a scale of 1:25000. The research has 4 phases or stages. In the first phase, the variables for the zoning of torrential hazards found in the district were identified. In the second stage, a spatial analysis of the information obtained through the variables was carried out, considering that this should be done at a scale of 1:25000. In the third, the thematic maps were generated with the GIS tool that allowed visualizing the data and the very high, high, medium, low, and very low risks of the area where the study was carried out, and in the fourth, the zoning of torrential floods and the conclusions obtained from the research for the presentation of this natural phenomenon were made.

Keywords:

basin, avenues, torrential, zoning, threat.

1. Introducción

Indagar sobre las avenidas torrenciales descritas como problemáticas de tipo natural o en su defecto, como *fenómeno* que tienen como consecuencia una destrucción de espacios debido al transporte rápido y en gran volumen de escombros y/o sedimentos. Debido a que se consideran eventos que pueden causar no solo pérdidas en la infraestructura, sino también en el ser humano, se ha convertido en un tema de vital importancia por la ciencia (Camacho et al., 2020)

Las avenidas torrenciales hacen referencia al conjunto de eventos que se han generado en diferentes espacios o zonas, principalmente los ríos y quebradas, comprendiendo que es una problemática que es necesaria reconocer principalmente a nivel nacional, debido a que presenta grandes riesgos de desastres. En Colombia, estas se presentan aproximadamente más de 67.789 eventos en zonas como Cundinamarca, Tolima, Meta, Antioquia, Santander (Camacho et al., 2020)

Abarcar eventos torrenciales, es comprender diferentes elementos o aspectos que involucran su capacidad de movimiento rápido y la violencia con la que generan pérdidas o desastres y víctimas humanas. Es importante destacar que, se llevan a cabo principalmente en los cauces, debido a que no tienen canales establecidos. Este tipo de eventos tiene una capacidad de destrucción tanto a nivel social, económico y humano, debido a sus diferentes eventos como lo son la inundación de escombros o crecientes (Aristizábal et al., 2020).

El estudio se realizó en el Distrito de Riohacha, con el objetivo de proponer una zonificación de amenazas por avenidas torrenciales teniendo en cuenta una herramienta

SIG. Cabe destacar que, en este estudio se obtendrá información con detalle a escala 1:25000. Así mismo, se realizó un análisis que permitió generar mapas de zonificación con el fin de observar en qué zonas se encuentran los riesgos altos, medios y bajos.

La investigación es fundamental e importante debido a que se requiere de indagar cuáles son las medidas más eficientes para reducir los riesgos de desastre de las avenidas torrenciales, teniendo en cuenta medidas tanto prospectivas, como correctivas, entre ellas, la zonificación que permite identificar las principales amenazas.

Se llevará a cabo la investigación teniendo en cuenta 4 fases o etapas, en la primera se identificó las variables para la zonificación de amenazas torrenciales que se encontraron en el Distrito de Riohacha.

En la segunda fase se realizó un análisis espacial de la información obtenida a través de las variables teniendo en cuenta que esta debe hacerse acorde a escala 1:25000.

En la tercera fase se generaron los mapas temáticos con la herramienta SIG que permitió visualizar los datos y los riesgos altos, medios o bajos de la zona en la que se realizó el estudio.

En la fase número cuatro finalmente se realizó la zonificación de avenidas torrenciales y las conclusiones obtenidas de la investigación para la presentación de este fenómeno natural.

2. Objetivos

2.1. Objetivos generales

Zonificar las amenazas por avenidas torrenciales en el distrito de Riohacha (La Guajira) utilizando herramientas SIG

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las variables necesarias para la zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en el Distrito de Riohacha.
- Realizar el análisis espacial de las variables necesarias para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el Distrito de Riohacha.

3. Marco Teórico y Estado del Conocimiento

En este apartado se disponen los conceptos o teorías que forman parte de la investigación para mejorar su comprensión, entre los cuales se encuentran las avenidas torrenciales, comprendidas como fenómenos gravitacionales o en su defecto, movimientos en masa que son estudiados desde el ámbito geológico hasta el hidrológico. Diversas Instituciones han conceptualizado al respecto (Tabla 1).

Tabla 1. Conceptos de avenidas torrenciales

Ingeominas (2001)	Fenómenos en los que se presenta una remoción en masa y se aumenta la corriente de agua de manera considerable.
Guía para la Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa en la Región Andina (2007)	Son aquellos flujos o inundaciones de tipo fluvial.

Fondo de prevención y Atención de la ciudad de Bogotá (FOPAE, 2001)

Sinónimo de inundación

Crecientes que se dan de manera repentina

Nota: Información obtenida de (Aristizábal et al., 2020)

En este orden de ideas, las avenidas torrenciales son mezclas de agua y sedimento que se presentan en proporciones diversas. Pueden encontrarse de la siguiente manera (Tabla 2):

1. Flujo de detritos
2. Flujo de lodos.

La causa de que se produzcan son las descomposiciones de masa, sin embargo, también existen varios detonantes, entre estos: 1. Enjambres de movimientos en masa, 2. Sismos, 3. Precipitaciones intensas, 4. Ruptura de presas naturales (Vanegas, 2021)

Tabla 2. Tipos de flujo - Avenidas torrenciales

Flujo de lodos	Flujo de detritos
Es un flujo canalizado extremadamente rápido de detritos saturados plásticos	Flujo extremadamente rápido de detritos saturados no plásticos

Nota: Información tomada de (Vanegas, 2021)

Teniendo en cuenta lo anterior, los flujos torrenciales han sido definidos como un fenómeno de transporte de sedimentos que están compuestos por materiales tanto finos, como gruesos. Este transporte y movimiento de masa se da debido a la velocidad, en el que se transportan las partículas, se presenta debido a la fuerza de gravedad o la velocidad relativa entre las fases (sólida – líquida). Se pueden encontrar dos tipos de flujos: 1. Flujos de dos fases, 2. Flujos de una fase. En los primeros el agua se considera agente principal y en los segundos, se evidencia una mezcla entre sedimentos y agua (Aristizábal et al., 2020)

Cabe resaltar que, las causas que conllevan a los flujos torrenciales son diversas, entre estas: a. movimientos en masa, b. avenidas torrenciales. Se considera que, este fenómeno es un mecanismo de transporte de sedimentos que se de manera rápida o extremadamente rápida y se clasifican de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Tabla de clasificación de flujos torrenciales.

Clasificación de procesos gravitacionales	Clasificación de flujo de escombros	Clasificación de inundaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Flujos como movimientos espacialmente continuos (Cruden y Varnes, 1996). 	<ul style="list-style-type: none"> • Se dividen en: flujos de escombros no canalizados en drenajes, flujos de escombros en cuencas canalizadas, avalanchas de escombros en intercuencas y torrentes de escombros en valles estrechos 	<ul style="list-style-type: none"> • Productas de forma súbita e imponente. • Se deben a factores como las precipitaciones intensas y concentradas, roturas de presas naturales

Nota: Información obtenida de (Aristizábal et al., 2020)

Ahora bien, cuando se realizan seguimientos en derrumbes con la finalidad de evaluar de manera científica y técnica las posibilidades de recuperación de su funcionamiento fluvial; este proceso presenta diferentes efectos, como lo son la rapidez de respuesta y capacidad de movilización o reorganización para alcanzar un equilibrio entre sedimentos, pendientes y caudales circulantes (Ollero et al., et al., 2014).

Conforme a lo anterior, por geomorfología se entiende la ciencia que tiene como función evaluar o estudiar la superficie terrestre desde la dimensión geológica, con la finalidad de comprender factores como la condición climática, geoformas de las acciones fluviales de agua. Por su parte la morfología fluvial se relaciona con la configuración de

elementos como los cauces dependiendo de aspectos como: capacidad de transporte, tipos de suelo, o cuerpos de agua (Alberto et al., 2017)

Por su parte, existen parámetros morfométricos de las cuencas que tienen influencia en la generación de avenidas torrenciales (Tabla 4), como es el caso de la morfometría, considerada como un estudio de propiedades en las cuencas que tiene como finalidad analizar la red de drenaje de manera numérica. Es importante realizarla debido a que ésta es proporcional a cada cuenca. Se establece que, es útil cuando se aplican en diferentes modelos o prototipos, debido a que conllevan a estudios comparativos (Cardona, 2016)

Tabla 4. Parámetros morfométricos de las cuencas

Área (A)	Hace referencia a la proyección de toda superficie de drenaje. Se considera como un sistema dirigido a un mismo cauce natural.
Perímetro (P)	Longitud horizontal de un plano que recorre la divisoria de aguas.
Longitud de la cuenca (L)	Distancia presentada de manera horizontal que va desde la desembocadura a otros puntos aguas arriba
Ancho de la Cuenca (B)	Relación entre longitud y área
Factor de forma	Relación entre cuadrado de longitud y área de la cuenca
Coefficiente de compacidad (kc)	Comparación de la forma de la cuenca con una circunferencia

Parámetros de relieve

+ Pendiente – duración de concentración de las aguas. Se presentan parámetros como:

1. Curva hipsométrica
2. Pendiente media de la cuenca
3. Elevación media
4. Análisis hipsométrico.

Nota: Información tomada de (Cardona, 2016)

Ahora bien, se han implementado diferentes estrategias para obtener información sobre las avenidas torrenciales que tienen en cuenta cada uno de los parámetros mencionados con anterioridad, entre los que se encuentran los Sistema de Información Geográfica (SIG).

El Sistema de Información Geográfico (SIG) se define como un medio diseñado para obtener datos por medio de coordenadas geográficas y/o espaciales. Se considera más que como un sistema, una base de datos que tiene la capacidad de brindar datos georreferenciados. En términos generales, un SIG es un *mapa* de orden superior, caracterizado por realizar procesos avanzados a través de cartografías o mapas (Olaya, 2009).

Es importante mencionar que un SIG a su vez, funciona como un medio para integrar elementos diversos como lo es la información geográfica con informaciones de otras disciplinas científicas como la sociología, pero también, tiene la finalidad de brindar herramientas tecnológicas que hacen posible un análisis exhaustivo y una gestión eficiente de resultados. Para comprender el concepto de SIG se requiere de identificar sus componentes. Olaya (2009) menciona que estos son:

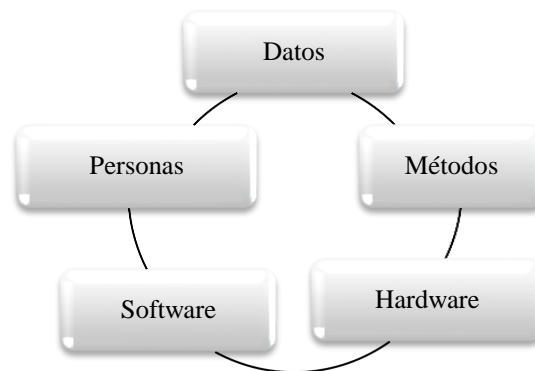
- a. Subsistemas de datos, para la gestión de operaciones de entrada y salida
- b. Subsistema de visualización y creación cartográfica, donde se obtienen mapas por medio de los datos y se logra una interacción con estos
- c. Subsistema de análisis, implementación de los métodos para elaborar datos geográficos.

Además de los componentes, un SIG abarca una variedad de elementos, tales como

(Gráfico 1):

- a. **Datos**, considerados como la materia prima dentro de un SIG
- b. **Métodos**, diferentes modalidades o metodologías de aplicación de datos
- c. **Software**, instrumento tecnológico donde se logra trabajar con los datos obtenidos
- d. **Hardware**, equipo adecuado para ejecutar los datos
- e. **Personas**, se encargan del diseño y uso del software.

Gráfico 1. Elementos del SIG



Nota: Información tomada de Olaya, 2009.

4. Referentes de estudios similares internacionales y nacionales.

Desde el plano internacional y nacional, se han desarrollado diferentes estudios relacionados con la zonificación de amenazas por avenidas torrenciales utilizando herramientas SIG, entre las que se pueden mencionar la que realizaron Giral Patarroyo & Ruiz Rodríguez (2017) la cual se utilizó SIG en escala 1:25000 para realizar una zonificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales de las cuencas de los ríos: Chicamocha, Sogamoso y Suárez.

Los objetivos que persiguieron Giral Patarroyo & Ruiz Rodríguez (2017) se dirigían a zonificar susceptibilidades por medio de un procesamiento de datos SIG, lo cual se realizó a través de la compilación de información primaria y secundaria relacionada con los riesgos geo climáticos presentes en la zona, además, de modelar en ambiente SIG datos tanto espaciales como estadísticos y la elaboración de un modelo hidráulico para periodos de retorno. La metodología implementada para llevar a cabo dicha investigación se basó en el método heurístico bajo seis (6) fases: a. recopilación de información, b. Visita de campo, c. análisis de datos, d. mapas temáticos, e. modelación hidráulica, f. Zonificación por avenida torrencial.

El modelo hidráulico utilizado en la investigación permitió optimizar la construcción de posibilidades de acceso para mejorar las condiciones en la que se encuentra el flujo y los riesgos que afectan la vida humana. Este modelo presenta. Para realizar la zonificación se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) con la finalidad de integrar y relacionar componentes y organizar la información para brindar

información de tipo científica. Las variables que se analizan por medio de la herramienta SIG son: geomorfológica, pendiente, precipitación, cobertura, morfométrica e hidráulica.

Teniendo en cuenta las variables de la herramienta SIG la clasificación se realizó acorde con cinco rangos: muy alto, alto, media, baja y muy baja, los resultados obtenidos fueron: geomorfología muy alta; pendientes, muy altas; precipitación varía de 1 a 5; cobertura superficial varía de 1 a 5. A modo de conclusión, se pudo obtener que, los cauces están propensos a potenciar fenómenos torrenciales debido a su composición.

A nivel internacional, la investigación realizada por Gaeta (2015) en la Universidad Complutense con el fin de evaluar los fenómenos y riesgos como la inundación producto de avenidas torrenciales, donde se ve afectada la población teniendo en cuenta una herramienta como prácticas comunicativas con las cuales se evalúa el territorio para fomentar una intervención.

En este orden de ideas, Pittaluga (2010) en Universidad Nacional de San Juan con el objetivo de evaluar la susceptibilidad a las inundaciones por crecientes estivales y por desbordes en las localidades de Villa Nueva, Puchuzum y Villa Corral se presentan eventos frecuentemente catastróficos, derivados de las características climáticas de la región áridas-semiáridas y de los deshielos andinos, en la Cuenca del Río Castaño es la más vulnerables a sufrir avulsión por las aguas por crecidas ordinarias y extraordinarias, y por eso se ve necesaria la implementación de obras de emergencia para disminuir las consecuencias en las viviendas y la salud de la población.

Por otra parte, Hernández (2018) realizó un estudio que se llevó a cabo en las quebradas El Chulo y el Tablón ubicadas en la zona urbana del municipio de Gachetá,

Cundinamarca, donde se presentan o registran casos de avenidas torrenciales e inundaciones que provocaron semi-destrucción y daños adversos a la población. Debido a estas problemáticas, se diseñaron diferentes medidas para enfrentarlas o alertar de manera temprana a la población a través del monitoreo y medición de las condiciones de riesgo, entre las cuales, se encuentra el CMGRD y el modelo FLO 2D.

La metodología implementada en esta investigación fue de tipo cuantitativa – descriptiva – exploratoria. Se tomó información desde el punto de vista climático, hidráulico, geotécnico, entre otros. Como resultados se obtuvo que, las quebradas tienen una precipitación que retorna en periodos de 20 y 100 años, representando el Chulo un 24% de velocidad de flujo y el Tablón presenta un nivel de amenaza entre el 53 y 75% debido a su zona y las condiciones que la rodean.

Consecuentemente, Ruíz & Salazar (2018) realizaron una investigación en la, cual se llevó a cabo una aproximación a la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales teniendo en cuenta el Sistema de Información Geográfica en el Municipio de Palestina, Caldas, donde se tuvo como objetivo identificar o revisar los riesgos dentro de un plan básico de ordenamiento territorial a partir de las consideraciones del decreto 1807 de 2014, una evaluación de avances de gestión, recopilación de información y avance o desarrollo en materia de guías tecnológicas.

Los resultados evidenciados demuestran que, la clasificación morfométrica presenta un valor de 30%, geomorfología 20%, precipitación 20%, geología 15%, uso y cobertura de la tierra 15% para completar un total de 100%. A modo de conclusión, la

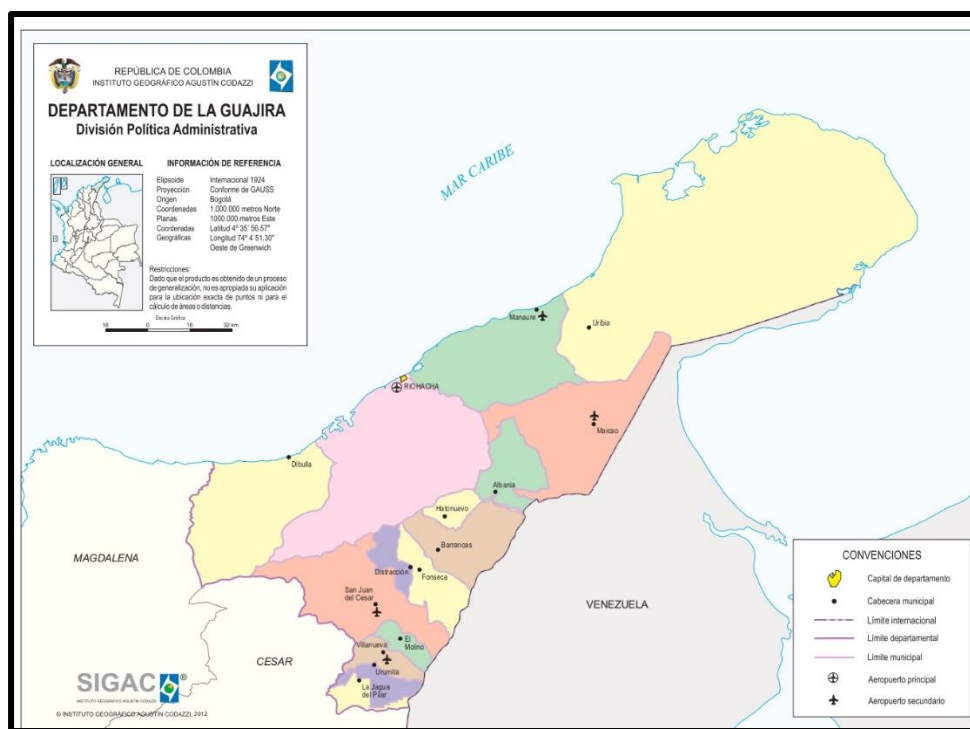
aproximación de amenazas de avenidas torrenciales debe tener en cuenta aspectos como: ocurrencias de la amenaza, problemas de erosivo, relieve, épocas de precipitación.

5. Metodología

5.1.Descripción del área de estudio

Está situado al norte del país y pertenece al grupo de departamentos de la Región Caribe colombiana, La Guajira tiene una extensión de 20.848 km², está localizado a 1.121 km. al norte de Bogotá, a 220 km. al nordeste de Barranquilla y 170 Km. de Santa Marta. Gran parte del departamento (casi toda una península) se encuentra delimitada por una formación geomorfológica que le sirve de barrera natural con el resto del país. (Guzmán, 2011) (Figura 1)

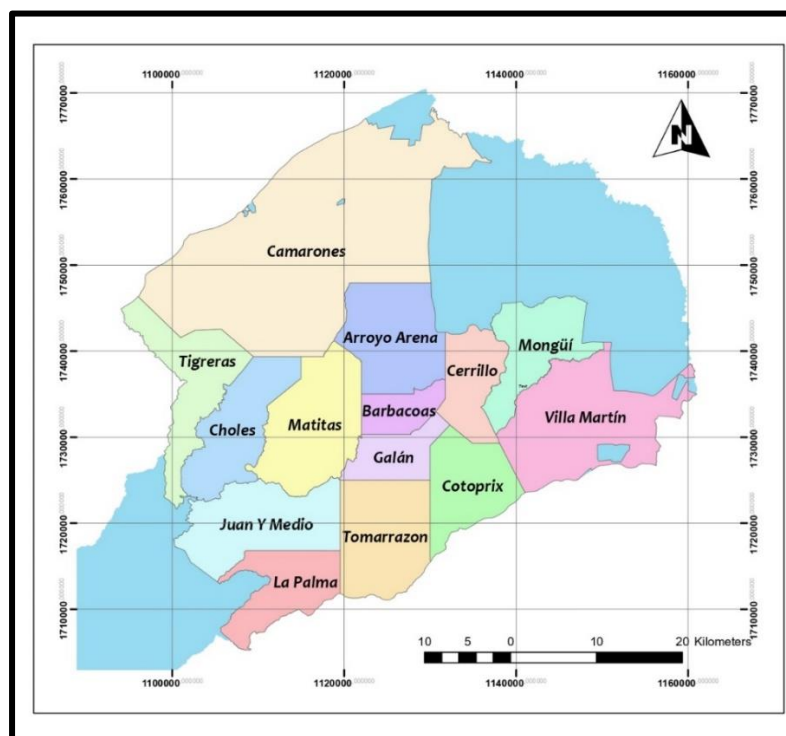
Figura 1. Localización general



Fuente: SIGAC

El estudio se llevó a cabo específicamente en el Distrito Especial, Turístico y Cultural de Riohacha, ubicado en el centro del Departamento de la Guajira, sus límites son: por el norte, el mar Caribe; por el oriente, con el municipio de Albania y el río Ranchería que lo separa del Municipio de Maicao y Manaure; al sur, los Municipios de Hatonuevo, Barrancas, Fonseca, Distracción, San Juan del Cesar; y al occidente el Municipio de Dibulla. Le influyen las cuencas hidrográficas del río Ranchería, Camarones y Tapias (Ramos, 2015) (Figura 2).

Figura 2 Área de estudio



Fuente: Propia del autor.

La división político-administrativa rural del Distrito de Riohacha la conforman 14 corregimientos y algunos de ellos cuentan con centro poblados, a continuación, se describe las hectáreas del área urbana y la expansión de los corregimientos del Distrito (Tabla 5).

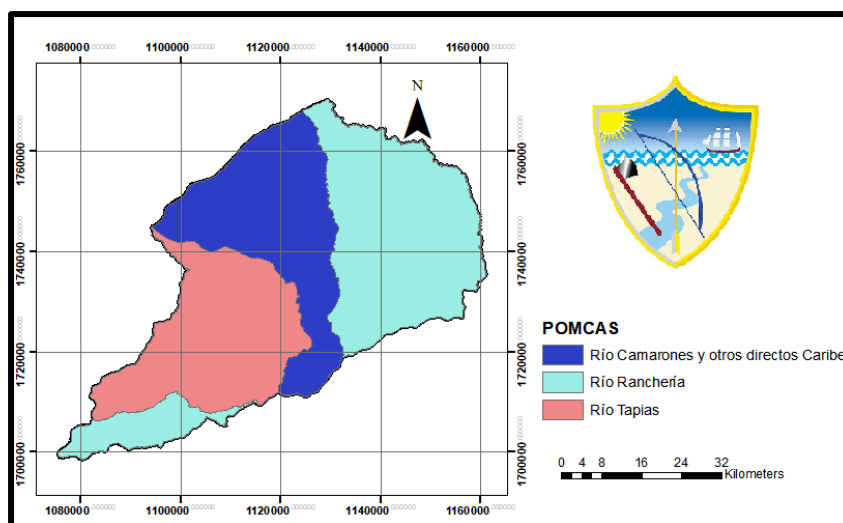
Tabla 5. Corregimiento del Distrito de Riohacha

Corregimiento	Urbano (ha)	Expansión urbana (ha)
Arroyo Arena	10.42	2.56
Barbacoas	20.23	5.49
Camarones	86.79	48.01
Cerrillo	9.59	2.58
Choles	7.57	1.02
Cotoprix	27.22	1.98
Galán	16.27	1.99
Juan y Medio	9.74	2.85
Las Palmas	3.66	1
Matitas	27.97	12.6
Monguí	31	6.44
Tigreras	15.03	1.89
Tomarrazón	37.15	3.58
Villamartín	18.9	2.48

Fuente: Propia del autor

El Distrito Especial, Turístico y Cultural de Riohacha le influyen 3 cuencas hidrográficas, del río Tapias se derivan el acueducto del municipio de Riohacha, el río Camarones atraviesa una gran extensión de tierras aptas para riego y el río ranchería cruza prácticamente todo el departamento de la Guajira, antes de llegar a Riohacha se bifurca y finalmente su desembocadura es el Mar Caribe (Figura 3).

Figura 3 Cuencas Hidrográficas



Fuente: Propia del autor.

5.2. Zonificación por avenidas torrenciales

El siguiente estudio se adaptó a la Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales del Servicio Geológico Colombiano, teniendo en cuenta la caracterización de la escala 1:25000.

Etapa 1: Recopilación de información

Consulta y clasificación de la información geológicas y geotécnicas del área de estudio, localización y otras generalidades, análisis y procesamiento de imágenes de teledetección.

Etapa 2: Análisis de datos solicitados

Se analizaron las precipitaciones y/o estaciones meteorológicas suministradas por el Sistema de Información para la Gestión de Datos de Hidrología y Meteorología - DHIME del Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Modelo de elevación de ALOS-PALSAR ofrecidos por Alaska Satellite Facility que facilita los valores de altura con respecto al nivel medio del mar para caracterizar las formas del relieve y los elementos presentes, la Geología (litología y/o componentes del suelo) ofrecida por el Servicio Geológico Colombiano y la cobertura superficial solicitada al Distrito Especial, Turístico y Cultural de Riohacha perteneciente al Plan de Ordenamiento Territorial del 2002 – 2015.

Etapa 3: Generación de mapas temáticos mediante SIG

Realizar un análisis espacial de la información obtenida a través de las variables teniendo en cuenta que esta debe hacerse acorde a la escala 1:25000, se presentan los siguientes cálculos:

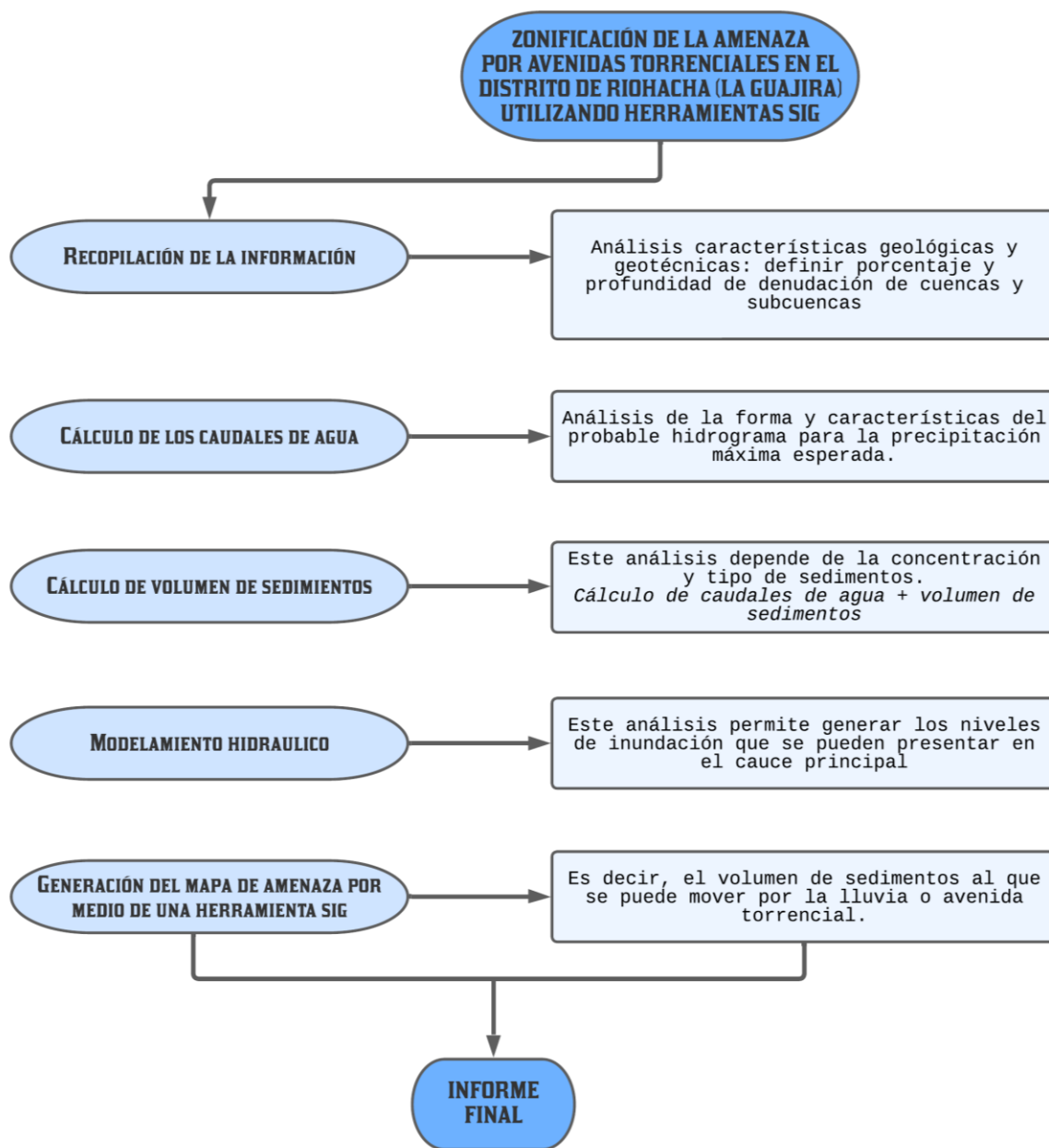
- Mapa de inundaciones (reclasificación de superficie de inundaciones)
- Mapa de la litología del suelo (reclasificación de componentes del suelo)
- Mapa de pendientes (reclasificación de pendientes)
- Mapa del volumen de sedimentos (reclasificación de material que se puede mover por las avenidas torrenciales)
- Mapa de cobertura (reclasificación de cobertura superficial)

Etapa 4: Zonificación

La Zonificación por avenida torrencial, de acuerdo con los parámetros obtenidos durante el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo con la categorización de las zonas más susceptibles (muy alta, alta, media, baja y muy baja).

En este apartado se presenta un esquema metodológico que se adapta a la técnica de trabajo de la Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales, descrito los datos más relevantes para el desarrollo de la presente actividad. (Figura 4)

Figura 4 Esquema metodológico



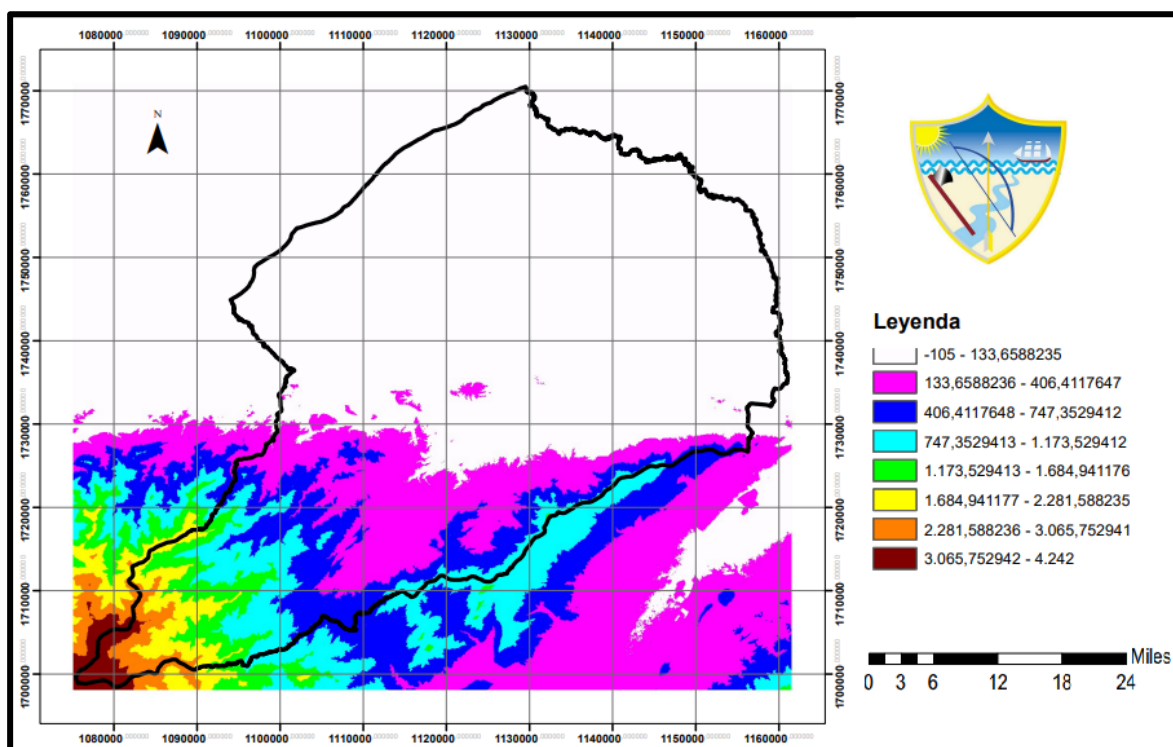
Fuente: Propia del autor.

5.2.1. Información recopilada

- **Modelo de elevación digital**

Es un archivo tipo ráster que permite obtener los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, para caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. (Figura 5)

Figura 5. Modelo de elevación digital



Fuente: Propia del autor.

- **Datos de precipitación**

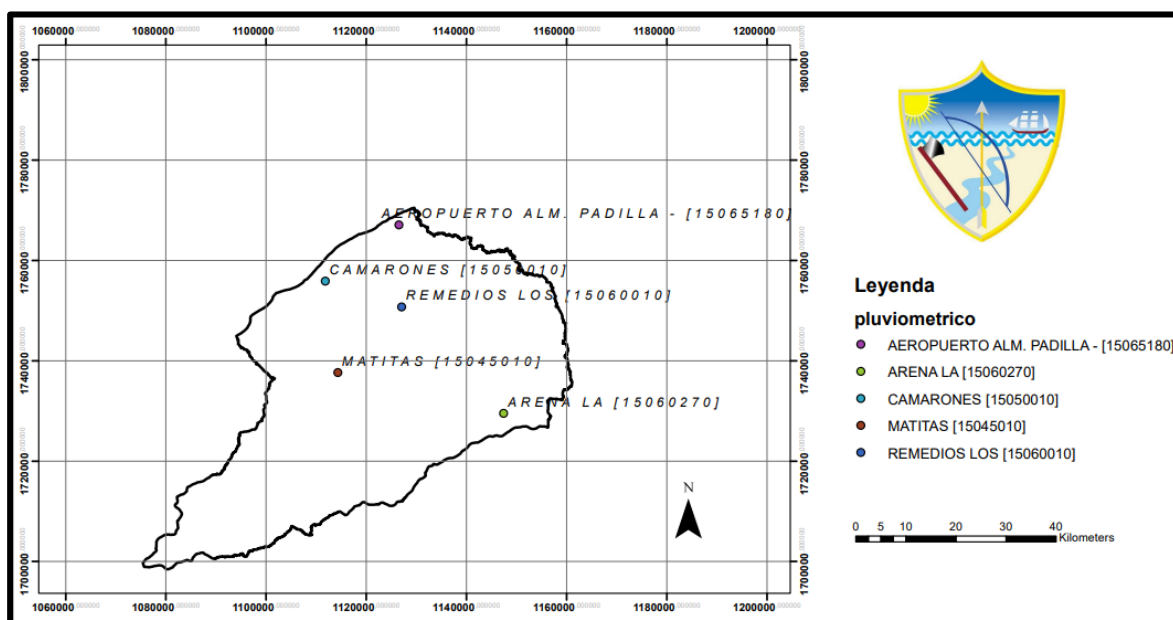
Esta información fue extraída del Sistema de Información para la Gestión de Datos de Hidrología y Meteorología – DHIME del IDEAM. (Figura 6)

Periodo 01/01/2015 – 31/12/2020

Las estaciones que se encuentran activas en el distrito son las siguientes:

- AEROPUERTO ALM. PADILLA - [15065180] – Estándar
- ARENA LA [15060270] – Estándar
- CAMARONES [15050010] – Estándar
- MATITAS [15045010] – Estándar
- REMEDIOS LOS [15060010] – Estándar

Figura 6. Estaciones meteorológicas activas en el Distrito - ARCMAP



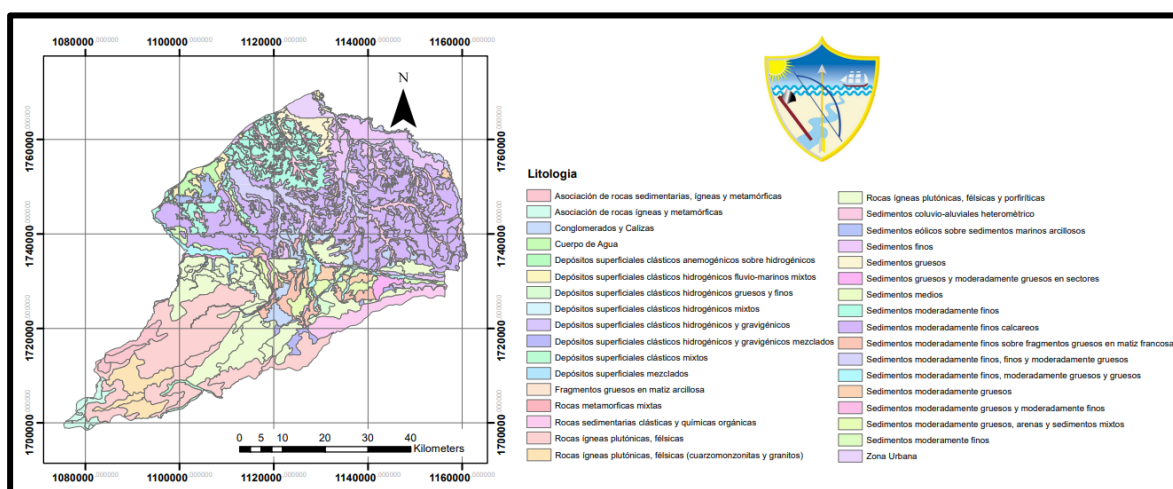
Fuente: Propia del autor.

Es importante mencionar que el distrito cuenta con más estaciones, pero las necesarias para el desarrollo son las de categoría pluviométrica que permiten calcular los caudales de agua según el periodo de retorno.

- **Litología**

Esencial para definir el tipo de relieve, según la naturaleza de las rocas se comporta de un modo concreto ante los empujes tectónicos, agentes de erosión, transporte, y los diferentes climas de la Tierra, cabe precisar que la información de la (Figura 7) fue extraída del Plan de Ordenamiento Territorial de Riohacha 2002 – 2015.

Figura 7. Litología del distrito

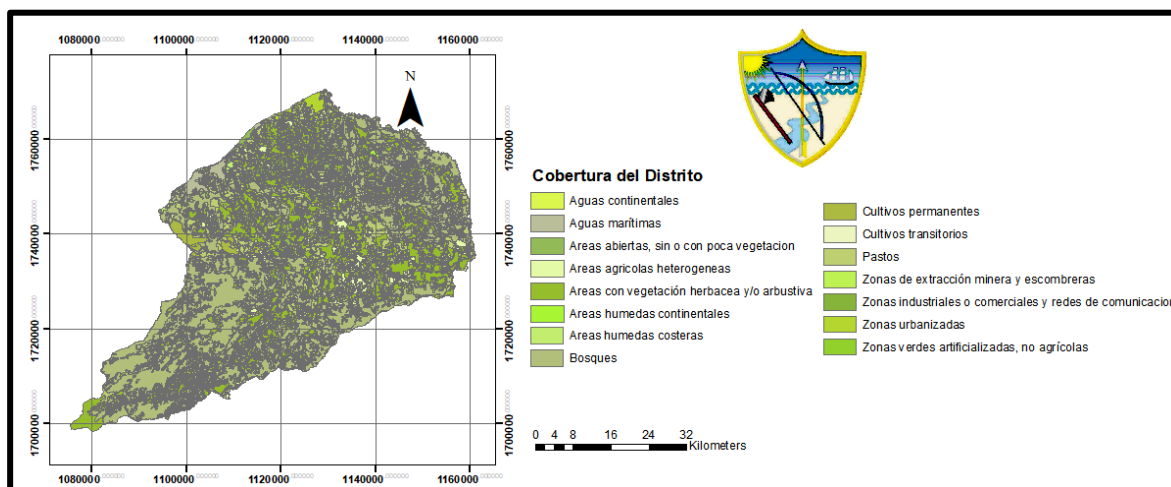


Fuente: Propia del autor.

- **Cobertura superficial**

Es la interacción entre los factores bióticos o abióticos, es decir, es el resultado de la asociación de elementos biológicos vegetales característicos, que conforman unidades estructurales y funcionales, cabe precisar que la información de la (Figura 8) fue extraída del Plan de Ordenamiento Territorial de Riohacha 2002 – 2015.

Figura 8. Cobertura del distrito



Fuente: Propia del autor.

5.2.2. Análisis de la información

Para esta actividad el área de estudio correspondió específicamente con una de las subcuencas del río rancherías, en ese orden de ideas analizaremos los parámetros de la cuenca a delimitar;

- Parámetros de forma de la cuenca
- Curva hipsométrica
- Parámetros de red hidrográfica de la cuenca
- Perfil longitudinal de la cuenca

Luego con los datos suministrados por el DHIME, es decir, los valores descargados de precipitaciones se estudiarán a fin de generar el caudal del río según el periodo de retorno, teniendo en cuenta el Manual de Drenajes para carreteras del INVIAS, se analizarán los siguientes parámetros;

- Cálculo de intensidad de lluvias

- Curvas IDF o Intensidad Duración Frecuencia
- Caudales máximos según periodo de retorno
- Caudales por red de drenaje de la cuenca

Con los datos suministrados por el Plan de Ordenamiento Territorial de Riohacha 2002 – 2015. Se inicia el cálculo de volumetría de la litología del suelo, estos valores se articularon con los caudales de la red de drenaje con el objetivo de identificar cual es el volumen de sedimentos que se puede mover con la lluvia.

- Componentes del suelo y espesor estimado
- Cálculo de volumetría a partir del espesor estimado

Con los datos suministrados por el Plan de Ordenamiento Territorial de Riohacha 2002 – 2015. Se define delimita la cobertura superficial con el area de estudio, con el fin de reclasificar la zona de interés.

- Reclasificar cobertura superficial

Finalmente, mediante el uso de las herramientas de HEC – RAS y HEC – GeoRAS se crea un modelo hidráulico con los parámetros morfométricos de la cuenca que permiten generar un mapa de inundaciones para cumplir el objetivo principal y para generar el mapa de amenaza por avenidas torrenciales.

5.2.3. Generación de mapas temáticos

Este apartado encontrara el paso a paso de cada uno de los enunciados mencionados anteriormente, el objetivo para generar los mapas que permitirían clasificar mediante una ponderación y finalmente generar el mapa de amenazas por avenidas torrenciales.

Delimitación de la subcuenca

Para delimitar la subcuenca fue necesaria hacer uso de las siguientes herramientas del ArcMap a través de la extensión del Arc Hydro Tools;

- Fill Sinks (Optimizar imperfecciones del DEM)
- Flow Direction (Dirección de flujo)
- Flow Accumulation (Calcular flujo acumulado)
- Stream Definition (Corriente – red de drenaje > 1000)
- Stream Segmentation (Segmentar corriente)
- Catchment Gird Delineation (Delinear cuencas)
- Catchment Polygon Processing (Convertir cuencas a formato vector)
- Drainage Line Processing (Línea de drenaje de formato ráster a shapefile)
- Adjoint Catchment Processing (Procesar todas las subcuencas desde formato vector con la línea de drenaje en formato shapefile)
- Point Delineation (Delimitar cuenca, subcuenca o microcuenca)

Parámetros de forma de la subcuenca

Una vez seleccionada la subcuenca se procede hacer uso de la herramienta del ArcMap a través de la extensión del Arc Hydro Tools;

- Longest Flow Path (Longitud del río principal)
- Drainage Area Centroid (Centroide de la cuenca)
- Add XY Coordinate (Agregar coordenadas XY) – ArcMap
- Slope (Pendiente media de la cuenca)

- Raster Calculator (Flujo acumulado) – ArcMap
- Stream Link (Segmentación corriente de la cuenca)
- Stream Order (Orden de corriente)
- Stream to feature (Convertir corriente de orden a formato shapefile)
- Interpolate shape (Interpolar shapefile en función de las alturas para la pendiente media del río principal)

Los siguientes parámetros se pueden calcular mediante la tabla de fórmulas, ancho promedio de la cuenca, coeficiente de compacidad, factor de forma y radio de circularidad (Tabla 9)

Curvas características de una cuenca

Para este proceso fue necesario extraer los datos que arroja el modelo de elevación digital, generando altitudes de la cuenca y las áreas acumuladas según la elevación.

Para cumplir con el propósito se desarrolló un cuadro de áreas entre curvas de nivel, que consiste en el promedio de las cotas máximas y mínimas extraídas del ArcMap al igual que el área parcial y posteriormente se calculó el área acumulada y los porcentajes de área entre las curvas de nivel, este proceso permite obtener los resultados de elevación media de la cuenca y la curva hipsométrica para clasificar el tipo de río de la cuenca (Joven, maduro y viejos) o por el contrario la fase (Juventud, madurez y vejez).

Parámetros de red hidrográfica

En este aspecto se consideran varias opciones que fueron procesadas durante los parámetros de forma:

- Stream Order (Orden de corriente)
- Stream to feature (Convertir corriente de orden a formato shapefile)

Esas funciones permiten clasificar el número de orden y la longitud total de los ríos, el número total de los ríos corresponde a la sumatoria de los mismo y la ramificación al número de orden, por otra parte, la función de:

- Longest Flow Path (Longitud del río principal)

En este shapefile mediante el Calculate Geometry se calcula Z_{min} y Z_{max} que serían las cotas del cauce principal.

Los siguientes parámetros se pueden calcular mediante la tabla de fórmulas, Frecuencia densidad de los ríos, pendiente media del río principal, altura media del río principal, tiempo de concentración, densidad de drenaje, extensión media escurrimiento superficial, elevación media de la cuenca (Tabla 9).

Perfil longitudinal de la cuenca

En este apartado para encontrar el lado mayor y menor de la cuenca, es decir, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estas la primera y la última curva de nivel, se aplican las fórmulas que se presentan en la (Tabla 9). Luego se busca básicamente la diferencia acumulada de cada una de las cotas desde la mayor a la menor, para finalmente generar una representación gráfica de la línea que traza un curso desde su nacimiento hasta su nivel de base, proporcionando una idea de la pendiente del cauce.

Cálculo de la intensidad de las lluvias por el método simplificado.

Para el cálculo de las curvas IDF por el método simplificado fueron necesarios los datos pluviométricos, que permite calcular los caudales en los cauces superficiales a partir de las precipitaciones, teniendo en cuenta el periodo de retorno. En ese orden de ideas, del DHIME se extrajeron las precipitaciones correspondientes al periodo de 01/01/2015 – 31/12/2020 se generó más de 1570 datos por esta razón se utilizó funciones en Excel para resumir la información por medio de un conjunto de conteos y el valor máximo.

Para obtener este resultado se aplica la fórmula para calcular Curvas IDF por método simplificado y en el Manual de Drenaje de Invias los coeficientes según la región (Tabla 16), luego teniendo en cuenta el coeficiente de escorrentía se procede a calcular los caudales máximos según cada periodo de retorno mediante la tabla de formula (Tabla 9)

Caudales por red de drenaje de la cuenca a través de Arc Map

Para esta fase del proceso se tuvo en cuenta el modelo digital de elevación y el sistema de drenaje mediante la extensión de Interpolate Shape y se generó un nuevo shapefile luego se agrega una columna para utilizar la herramienta de calculate geometry de Arc Map y se calcula el Z Max geometry y en la opción de field calculator se describe la siguiente formula, es importante mencionar que se van a invertir los valores de la altitud de la siguiente manera:

$$(Valor\ más\ alto\ del\ Z\ max - Columna_Zmax) + 1 = Z_referencia \quad Ecu\ (1)$$

Para hallar el caudal de la red de drenaje se aplica la siguiente regla de tres:

$$\frac{(Z \text{ referencia} * \text{caudal estimado})}{\text{Valor maximo de Z referencia}} \quad Ecu (2)$$

El caudal estimado para esta fórmula se generó durante el desarrollo de curvas IDF.

Volumetría del suelo a partir de la litología

Calcular el volumen de sedimentos que erosiona por las lluvias, para esta fase del proceso se tuvo en cuenta el modelo digital de elevación y la litología del suelo (componentes del suelo se inicia el proceso mediante la herramienta de Interpolate Shape una vez finalizada esta operación se genera un nuevo shapefile y se le crea una columna para utilizar la herramienta con las herramientas de Calculate geometry de Arc Map se calcula el Z Min geometry (altitud del suelo), para generar la volumetría fue a través de la herramienta *Polygon Volume del ArcToolBox (Area y volumen)* y en la opción de Reference Plane se elige ABOVE, es decir, se calculan sobre la altura del plano de referencia de los polígonos, cabe precisar que todo este material no se erosiona, por eso para cada zona se estableció un espesor, se creó una columna para editar el shapefile teniendo en cuenta los componentes del suelo.

Los valores que se encuentran en el siguiente listado son los componentes del suelo y según su clasificación se le asignó un espesor estimado, el objetivo básicamente fue quitarle al volumen Z_min este valor de espesor creando una nueva columna Z_new_espe con los metros que se le quitaron a la altitud y a partir de la nueva altitud generar una volumetría que sería aproximadamente el espesor que se llevaría el agua, para determinar el valor del espesor se tuvo en cuenta que los suelos superficiales con texturas finas son más susceptibles a erosión y pueden convertirse en sedimentos (Tabla 6):

Tabla 6. Componentes del suelo con espesor estimado

Componentes del suelo	Espesor
Muy superficiales a profundos, texturas medias a finas, bien drenados, reacción moderada a muy fuertemente ácida, fertilidad baja	5
Profundos, texturas moderadamente gruesas a gruesas, bien drenados, reacción neutra, fertilidad alta	3
Muy superficiales a moderadamente profundos, texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, bien drenados, reacción muy fuerte a moderadamente ácida, fertilidad baja a muy alta	5
Muy superficiales a moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, reacción extremadamente ácida a muy fuertemente ácida y fertilidad baja	3
Superficiales a moderadamente profundos, texturas moderadamente finas, bien drenados, reacción extremadamente ácida y fertilidad baja	5
Superficiales a moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, reacción fuerte a moderadamente ácida, fertilidad moderada	2
Áreas dominadas por afloramientos rocosos. Superficiales, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, reacción muy fuertemente ácida y fertilidad muy baja	2

Fuente: Propia del autor.

Luego con el nuevo valor Z_{new_espe} se utilizó la herramienta *Polygon Volume del ArcToolBox (Area y volumen)* y se generó el nuevo campo `volumen_min` abrimos, se creó una nueva columna `vol_sedm` y con el field calculator se restaron los dos volúmenes:

$$Volume_{min} - Volume = Volumen\ movimiento(vol_sedm)$$

Modelo Hidráulico – HEC-RAS

El modelo hidráulico permite estimar el comportamiento de los fluidos o las condiciones reales del flujo, este proceso se analizará mediante una herramienta de software como (**HEC-RAS**), para este caso fue necesario realizar una simulación para la subcuenca del río Ranchería teniendo los periodos de retorno.

Para iniciar esta simulación los insumos del software fueron los siguientes:

Cuencas hidrográficas, modelo de elevación digital, red hídrica, periodo de retorno y caudal estimado y se inicia el procesamiento de la geometría mediante la extensión de ArcGIS **HEC -GeoRAS**:

- Stream centerline (Digitalización cauces principales)
- Banks lines (Orillas del lecho)
- Flow paths centerlines (Zonas de circulación de cauces)
- Xs cut lines (Secciones transversales de los ríos)

Una vez generada la geometría se suministra la altura para convertirlo en 3D, es decir, se van a generar dos archivos que contienen el cauce principal y las secciones transversales para finalmente exportar a HEC -RAS.

En el software de **HEC – RAS** se inicia el modelo hidráulico de la siguiente manera:

- Crear proyecto y asignar unidades en el sistema inglés
- Importar los datos procesados (Geometría)
- Editar opciones de Cross Section Data para configurar las condiciones (Asignar Valores de Manning)

Coefficiente de Rugosidad de Manning (Ven-Te Chow, 1959), se estableció un valor de 0.035 para las laderas teniendo en cuenta que tiene una cobertura pastos cortos, mezclados con bosques y el fondo del canal tiene un valor de 0.04 ya que posee suelos mixtos es decir de gruesos a finos.

- Crear datos de flujo, condiciones de periodos de retorno y la pendiente de la zona (Datos de flujo de caudal Steady Flow data - Condiciones de alcance Reach boundary conditions – Límites a los perfiles Set boundary for all profiles)

Las condiciones de flujo del modelamiento son corridas en flujo mixto teniendo en cuenta que no se cuenta con estudios de aforo de caudal, para determinar el comportamiento del flujo, por lo que se contemplan ambos regímenes subcrítico y supercrítico.

- Crear plan, simulación y desarrollo de cálculos hidráulicos (Simulación – Steady flow analysis configurar plan, short ID – Asignar flujo Flow regime mixed)
- Exportar resultado donde se creó las superficies de inundaciones

Cálculo de pendientes

En el presente procedimiento se pretende generar un mapa de pendientes mediante las curvas de nivel extraídas de un Modelo Digital de elevación en ArcGIS en la caja de herramientas:

- Contour (DEM y seleccionar cada cuanto)
- Topo to raster (curvas de nivel)
- Slope (DEM – porcentaje)
- Reclassify (5 tipos de clasificaciones)

5.3.Zonificación

Para la elaboración del mapa de zonificación por avenidas torrenciales, se utilizaron los mapas generados, se convirtieron a ráster para reclasificar cada producto, basados en los valores que tenía se le asignó una calificación que ayudara a en la

zonificación cuando se disuelven cada ráster convertido a polígono, finalmente se unen todos los mapas temáticos y se genera el Mapa de Zonificación por avenidas torrenciales.

Para la zonificación se generó una tabla de clasificación donde 5 es Muy Alta y 1 Muy Baja (Tabla 7) y la ponderación de cada Mapa temático (Tabla 8).

Tabla 7. Clasificación de mapas temáticos

Rango	Clasificación
1	Muy Baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy Alta

Fuente: Propia del autor.

Se procede a mencionar la ponderación asignada para cada mapa temático según criterios del autor, basados en las condiciones baja del flujo de drenaje.

Tabla 8. Ponderación mapas temáticos

Porcentaje	Mapa temático
15%	Mapa Pendientes
25%	Mapa Suelo – Volumen Sedimentos
10%	Mapa Cobertura Superficial
50%	Mapa Inundaciones

Fuente: Propia del autor.

A continuación, encontrará una tabla de fórmulas y seguidamente los valores interpretativos de algunos datos de la tabla, que le serán útil para clasificar y/o categorización los parámetros de la cuenca durante el proceso de aplicación de metodológico. (Tabla 9).

Tabla 9. Tabla de formulas

Tabla de Formulas	
Factor forma de Horton	$Kf = \frac{A}{L^2}$
Índice de compacidad de Gravelius	$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Ancho promedio de la cuenca	$A_p = \frac{A}{L}$
Radio de circularidad Miller	$Ic = \left(\frac{(4\pi A)}{P^2} \right)$
Tiempo de concentración	$tc (min) = 60 \left(0,87 \left(\frac{Lc^3}{Hm_{\max} - Hm_{\min}} \right) \right)^{0,385}$
Frecuencia de densidad de los ríos	$D_r = \frac{N^{\circ} \text{ ríos}}{A}$
Pendiente media del río principal	$lc = \frac{HM - Hm}{10(L)}$
Altitud media de la cuenca	$Hmed = \frac{\sum(hi * Si)}{A}$
Densidad de drenaje	$Dd = \frac{Li}{A}$
Extensión media de escurrimiento superficial	$Es = \frac{A}{4Li}$
Lado menor de la cuenca	$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$
Lado mayor de la cuenca	$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$
Caudal Máximo	$Q_{max} = \frac{CiA}{360}$
Curvas IDF por método simplificado	$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60} \right)^c}$

Fuente: Propia del autor.

Valores interpretativos de la tabla de formulas

Tabla 10. Factor forma - Horton

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22-0.300	Alargada
0.300-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.475	Ni alargada ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente (HORTON, 1932)

Tabla 11. Forma de la cuenca - Gravelius

CLASE DE FORMA	INDICE DE COMPACIDAD (K)	FORMA DE LA CUENCA
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	mayor a 1.51	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: (Guevara & Cartaya, 1991)

Tabla 12. Índice de circularidad de Miller

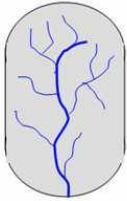
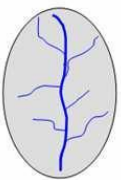
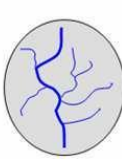
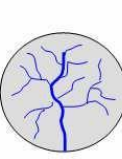
Índice de Circularidad de Miller (Ic)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Oblonga	Ovalada	Oval	Circular
				
Producción sostenida de caudales	Muy alto	alto	moderado	bajo
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Tabla 13. Pendiente media del cauce principal

Pendiente media del cauce principal (%)	Clases
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

Fuente: IBAL, 2009

Tabla 14. Unidad hidrográfica de la cuenca

Unidad hidrográfica	Área (km ²)	Nº de orden del río
Microcuenca (pequeña)	10 - 100	1º, 2º ó 3º
Subcuenca (mediana)	100 - 700	4º ó 5º
Cuenca (grande)	700 - 6000	6º a más

Fuente: DSMC-DGASI / Lima, 1983 – Metodología de Priorización de Cuencas.

Tabla 15. Densidad de drenaje

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Fuente: IBAL, 2009

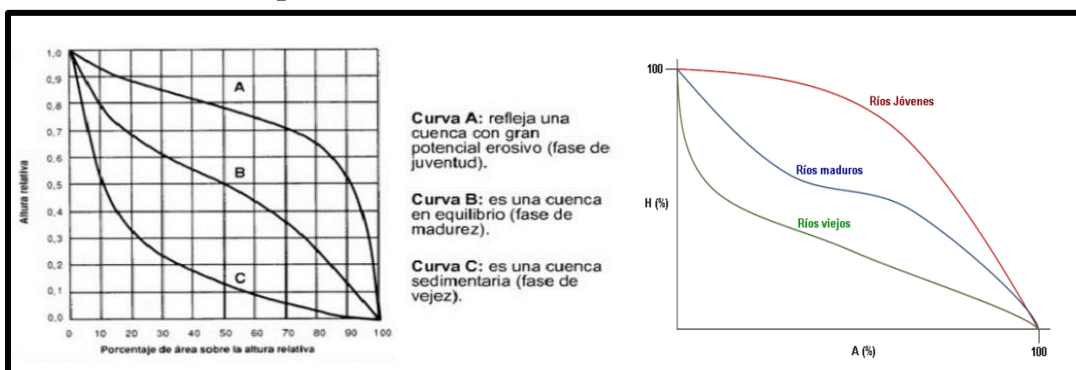
Tabla 16. Valores de los coeficientes para curvas IDF - INVIAS

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 17. Coeficientes de escorrentía - Método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Gráfico 2. Curva hipsométrica

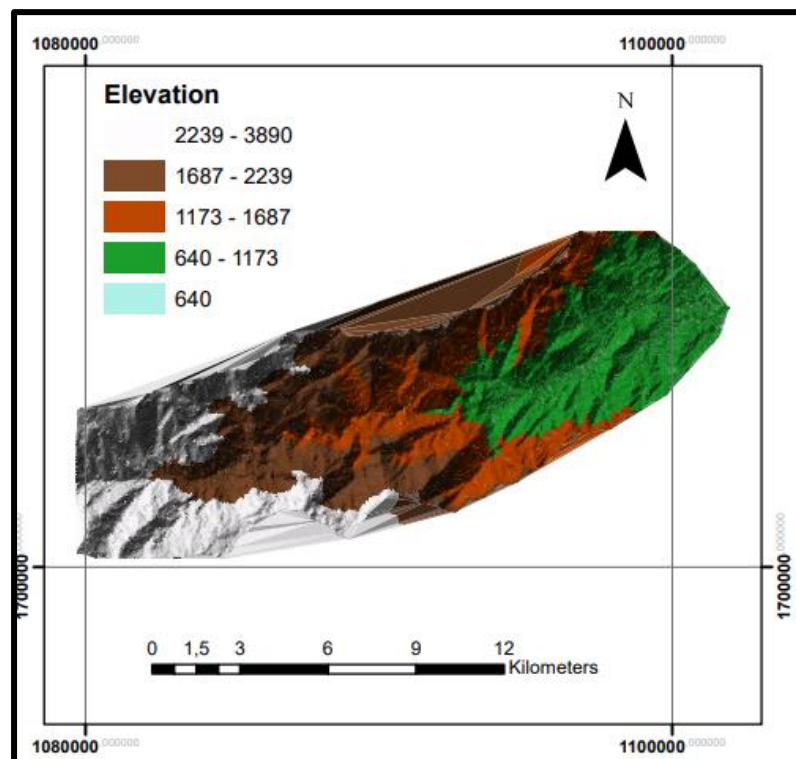


6. Resultados

6.1. Modelo de elevación digital

La imagen corresponde al modelo digital de elevaciones, se observa que la mayor altitud de la subcuenca del río Ranchería corresponde a 3.890 metros sobre el nivel del mar y la menor altitud corresponde a 640 m.s.n.m (Figura 9)

Figura 9. Subcuenca delimitada Ranchería



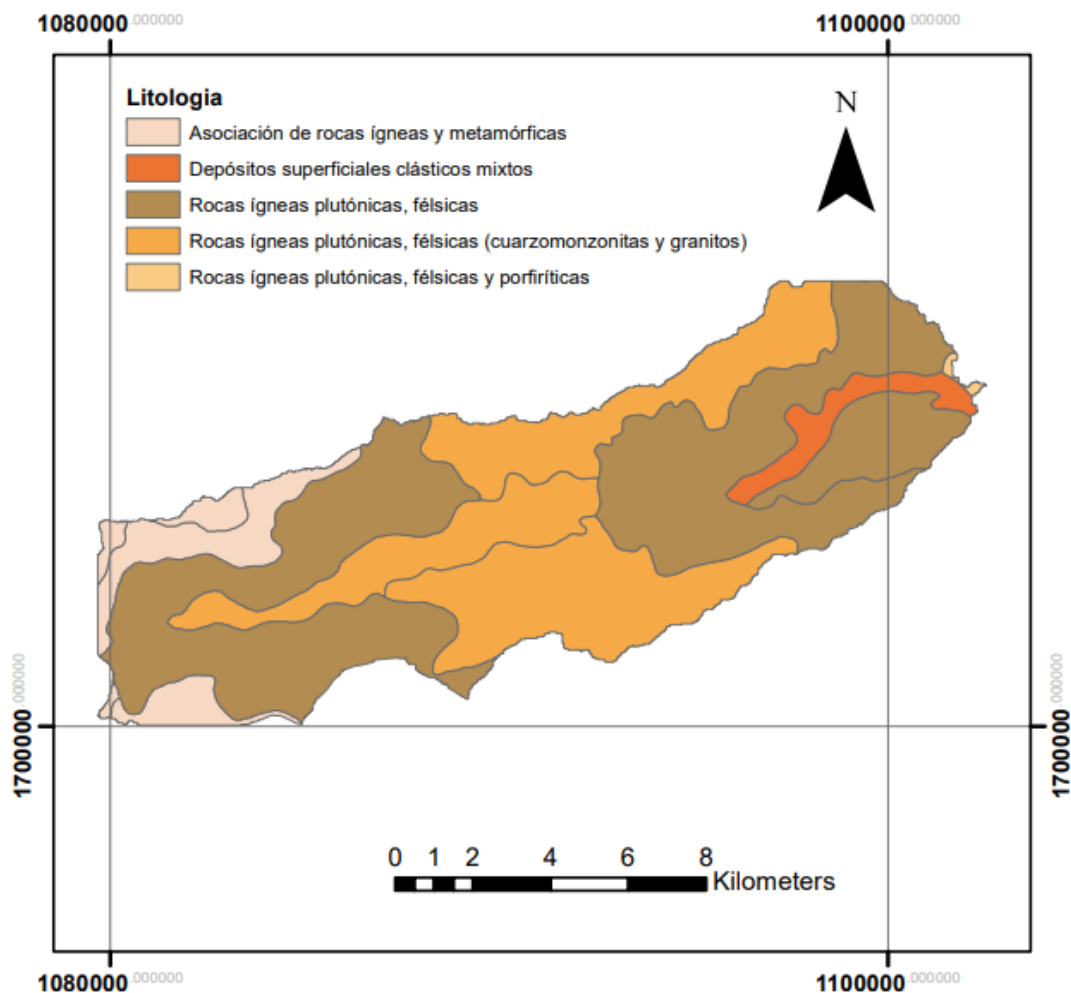
Fuente: Propia del autor.

6.2. Litología de la subcuenca

Con respecto a la litología las rocas ígneas plutónicas, félsicas predominan la subcuenca. Las rocas ígneas son aquellas que se forman en zonas profundas de la corteza, bajo presiones que no permiten el escape de gases, presentan cristales grandes y bien formados (Bedoya, 2014). En la subcuenca existe otra opción de rocas ígneas y es preciso

aclarar que no se encuentra repetida, esta pertenece a la de color salmón que además tiene cuarzo-monzonitas y granitos, es decir, que se localizan hacia la parte norte de la vertiente cordillerana, en este caso la cordillera de la Sierra nevada de Santa Marta (Figura 10)

Figura 10. Litología cuenca ranchería



Fuente: Propia del autor.

6.3. Parámetros Fisiográficos de la subcuenca

Durante el desarrollo de los parámetros fisiográficos de la cuenca del río Ranchería se encontraron los siguientes valores, la descripción de cada uno de estos se puede encontrar en la (Tabla 4). Los datos que se encuentran sombreados los arroja el software de ArcMap,

el resto de los datos de la tabla fueron completados a través de la tabla de fórmulas (Tabla 18).

Tabla 18. Parámetros fisiográficos de una cuenca

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE UNA CUENCA				
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	CUENCA HIDROGRÁFICA	
Parámetros de forma	Área total de la cuenca		km ²	132,7648
	Perímetro de la cuenca		km	79,55
	Longitud de río principal		km	32,76
	Longitud total de los ríos		km	99,55
	Centroides	Este X	m	1090828,34
		Norte Y	m	1705300,62
	Ancho promedio de la cuenca		km	4,05
	Coeficiente de compacidad		-	1,95
	Factor de forma		-	0,1237
	Radio de Circularidad		km	0,2637

Fuente: Propia del autor.

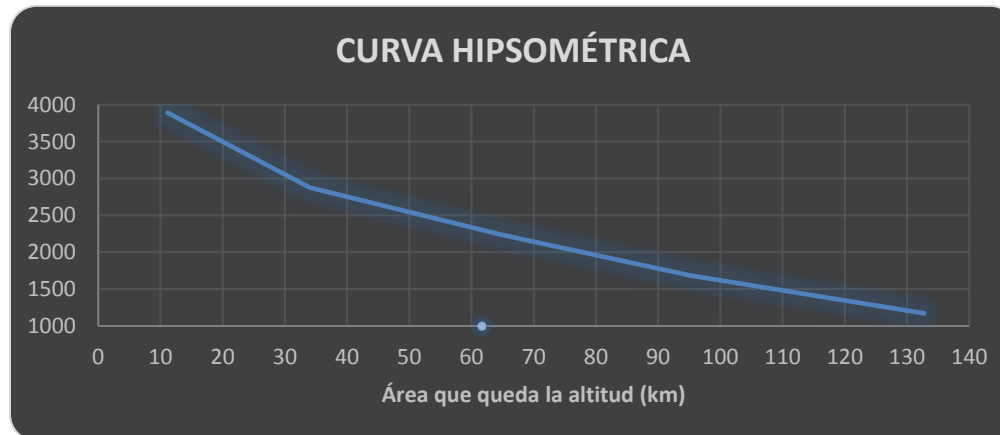
Teniendo en cuenta los autores mencionados en la sección de valores interpretativos de la tabla de fórmulas, se determinó que de acuerdo con los parámetros de forma de la cuenca su área total pertenece a una subcuenca, el coeficiente de compacidad es oval-oblonga a rectangular-oblonga, el factor forma es muy alargada y su radio de circularidad es ovalada las crecientes tienden a ser moderadas, por lo tanto, la subcuenca del río Ranchería predomina ser alargada con baja susceptibilidad a las avenidas torrenciales.

A continuación, se observa el análisis de curvas de nivel que se basa en las elevaciones de una cuenca para obtener la curva hipsométrica de la cuenca hidrográfica (Tabla 19)

Tabla 19. Curvas características de una cuenca

CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL									
N°	COTA (msnm)			Área (km ²)					Σ(hi*Si)
	Mínima	Máxima	Promedio de las cotas "hi"	Área Parcial (km ²) "Si"	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de area entre las Curvas de nivel	Porcentaje de área sobre C.N.	
1	637	1172	904,5	37,523229	37,52	132,76	28,26%	100,0	33939,76
2	1173	1686	1429,5	30,499867	68,02	95,24	22,97%	71,7	43599,56
3	1687	2238	1962,5	30,710841	98,73	64,74	23,13%	48,8	60270,03
4	2239	2875	2557,0	22,896328	121,63	34,03	17,25%	25,6	58545,91
5	2876	3892	3384,0	11,134528	132,76	11,13	8,39%	8,4	37679,24
Fuente: Propia del autor.				132,7648			100%		234034,50

Gráfico 3. Curva hipsométrica



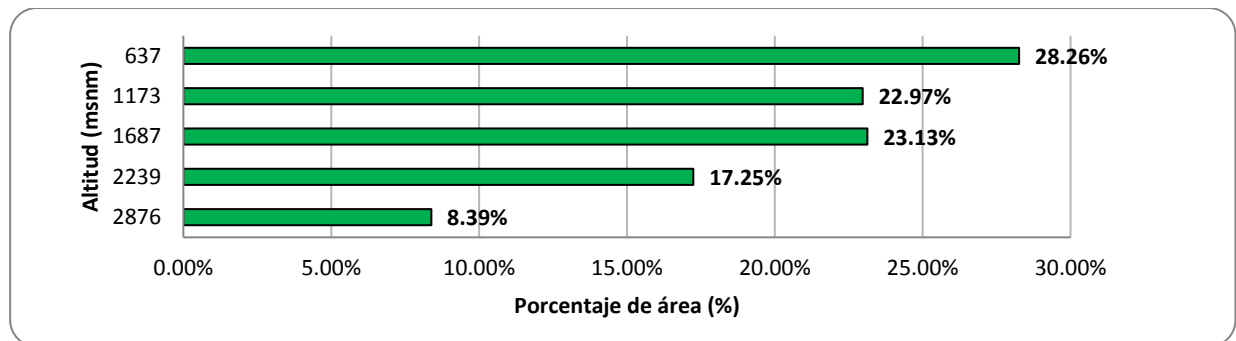
Fuente: Propia del autor.

6.4. Curva hipsométrica de la subcuenca

Según la sección de valores interpretativos pertenece a la *Curva C* se trata de una cuenca sedimentaria (fase de vejez), es decir, es una zona deprimida de la corteza terrestre su origen es tectónico y por lo tanto se acumulan sedimentos. Además, según esta clasificación se ajusta a un río viejo con pendientes poco pronunciadas, por lo que es caudaloso y casi siempre navegable por completo, en algunos casos se ve muy afectados por la contaminación (Grafico 3)

En este grafico predomina el 28,26% de area que pertenece a 637 msnm, es decir, que este valor representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al área total de la subcuenca (Grafico 4).

Gráfico 4. Frecuencias de altitudes



Fuente: Propia del autor.

6.5. Parámetros de la red hidrográfica de la subcuenca

Durante el desarrollo de los parámetros de la red hidrográfica de la subcuenca del río Ranchería se encontraron los siguientes datos, los que aparecen sombreados los arroja el software de ArcMap, el resto de los valores de la tabla fueron completados a través de la tabla de fórmulas (Tabla 20).

Tabla 20. Parámetros red hidrográfica de una cuenca

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE UNA CUENCA				
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica	
Parámetros de la red hidrográfica de la	Tipo de corriente		-	Intermitente
	Número de orden de los ríos	Orden 1	-	43
		Orden 2	-	21
		Orden 3	-	23
		N° Total de ríos (sumatoria)	-	87
		Grado de ramificación	-	3
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		ríos/km ²	0,6553
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	msnm	3809
		Altitud mínima (Hmin)	msnm	649
	Pendiente media del río principal (Sm)		m/m	0,10
	Altura media del río principal (H)		msnm	1580,1259
	Tiempo de concentración (Tc)		horas	2,3975
	Tiempo de concentración (Tc)		min	144
	Densidad de drenaje		km/km ²	0,7498
	Extensión media escurrimiento superficial		km	1,3336
	Elevación media de la cuenca		msnm	1762,78
Diferencia de cotas mayor y menor		msnm	3255	

Fuente: Propia del autor.

Teniendo en cuenta los autores mencionados en la sección de valores interpretativos de la tabla de fórmulas, se determinó que de acuerdo con los parámetros de la red hidrográfica de la cuenca la pendiente media del río principal es moderado, para el

coeficiente de escorrentía se evaluaron todos los periodos de retorno, pero para el análisis final se optó por 50 años, y con respecto a la densidad de drenaje su clasificación es baja. Adicionalmente tiene un total de 87 ríos y 3 ramificaciones, cada una de ella está repartida de la siguiente manera: ríos de primer orden 43, segundo orden 21, y tercer orden 23.

6.6. Perfil Longitudinal de la cuenca

En este apartado se presenta los resultados aplicados, el lado mayor y menor de la cuenca, es decir, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estas la primera y la última curva de nivel (Tabla 21).

Tabla 21. Lado mayor y menor de la cuenca

Lado mayor			Lado menor		
L	36,43	km	I	3,64	km

Fuente: Propia del autor.

Diferencias altimétricas de los perfiles longitudinales de la cuenca, que servirán como reflejo para analizar el comportamiento del terreno. (Tabla 22).

Tabla 22. Perfil longitudinal de la cuenca

Perfil Longitudinal de la cuenca					
COTA MAS BAJA (1)	COTA MAS ALTA (2)	DIFERENCIA DE ELEV. (3)	LONGITUD DEL TRAMO (4) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (5) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (6) (en Km.)
(en msnm)	(en msnm)	(en m.)	(4) (en m.)	(5) (en m.)	(6) (en Km.)
0	637	637	0,00	0,00	0,00
637	1173	536	5998,47	5998,47	6,00
1173	1687	514	5752,27	11750,74	11,75
1687	2239	552	6177,53	17928,28	17,93
2239	2876	637	7128,78	25057,06	25,06
2876	3892	1016	11370,24	36427,30	36,43

Fuente: Propia del autor.

Este grafico permite ver el corte que se produce en el terreno, es decir, un plano vertical que contiene el eje de una obra lineal, o, dicho de otra manera, una línea que traza

un curso desde su nacimiento hasta su nivel de base y se supone es el mínimo gasto de energía. (Grafico 5)

Gráfico 5. Perfil longitudinal



Fuente: Propia del autor.

6.7. Curvas IDF por método simplificado

Los siguientes valores corresponde a las precipitaciones en el distrito de Riohacha en un periodo de 6 años (Tabla 23).

Tabla 23. Valores máximos de precipitaciones

Año	Precipitación (mm)
2015	120
2016	115
2017	130
2018	135
2019	190
2020	135

Fuente: Propia del autor.

Tiempo de concentración en cada uno de los periodos de retorno (Tabla 24), mediante los coeficientes del INVIAS, datos son necesarios para graficar la curva IDF (Grafico 6)

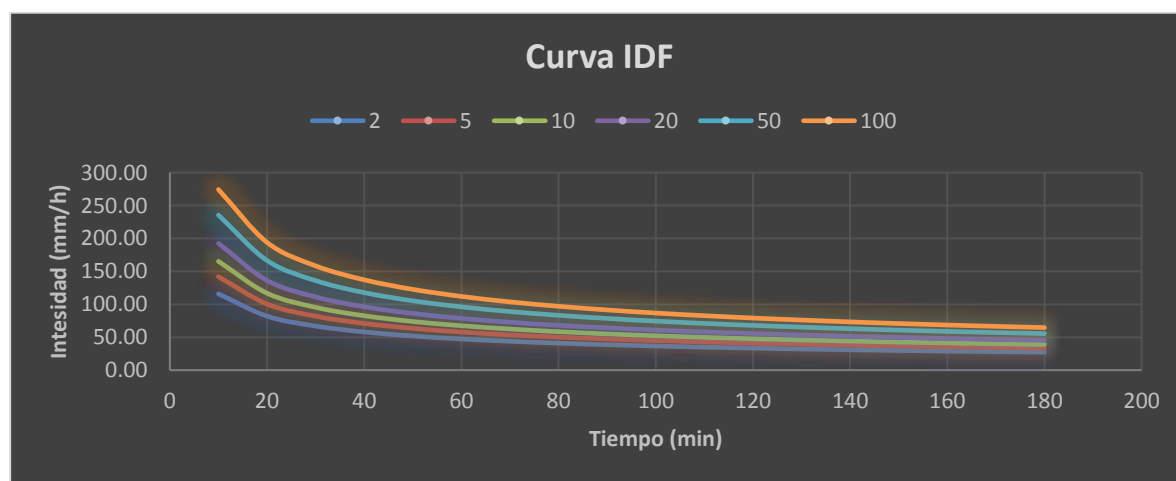
Tabla 24. Intensidad - Duración – Frecuencia (valores en mm/h)

Tiempo (min)	Periodo retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
10	116,00	141,91	165,28	192,51	235,51	274,30
20	82,02	100,34	116,87	136,13	166,53	193,96
30	66,97	81,93	95,43	111,15	135,97	158,37
40	58,00	70,95	82,64	96,26	117,75	137,15
50	51,88	63,46	73,92	86,09	105,32	122,67
60	47,36	57,93	67,48	78,59	96,15	111,98
70	43,84	53,64	62,47	72,76	89,01	103,68
80	41,01	50,17	58,44	68,06	83,26	96,98
90	38,67	47,30	55,09	64,17	78,50	91,43
100	36,68	44,88	52,27	60,88	74,47	86,74
110	34,98	42,79	49,84	58,04	71,01	82,71
120	33,49	40,97	47,71	55,57	67,99	79,18
130	32,17	39,36	45,84	53,39	65,32	76,08
140	31,00	37,93	44,17	51,45	62,94	73,31
150	29,95	36,64	42,68	49,71	60,81	70,83
160	29,00	35,48	41,32	48,13	58,88	68,58
170	28,13	34,42	40,09	46,69	57,12	66,53
180	27,34	33,45	38,96	45,38	55,51	64,65

Fuente: Propia del autor.

El cálculo del tiempo de concentración fue de 144 minutos, (Betancor, 2014) representa el tiempo de viaje de una gota de lluvia que cae en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca y escurre superficialmente hasta su salida.

Gráfico 6. Curva IDF



Fuente: Propia del autor.

El tiempo de concentración para la subcuenca del río Ranchería según la fórmula de Kirprich es de 144 min con el respectivo periodo de retorno (Tabla 25).

Tabla 25. Tiempo de concentración - IDF

Tiempo (min)	Periodo retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
144	31	37	44	51	62	72

Fuente: Propia del autor.

En este apartado se observan los caudales máximos según el periodo de retorno, a partir del coeficiente de escorrentía y el cálculo de intensidad de las lluvias generados anteriormente (Tabla 26).

Tabla 26. Caudal máximo según periodo de retorno

Tiempo (min)	Periodo retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	
144	31	37	44	51	62	72	Intensidad mm/h
	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	Coeficiente de escorrentía
	4,17	5,52	6,75	8,61	11,22	14,14	caudales máximos (m3/s)

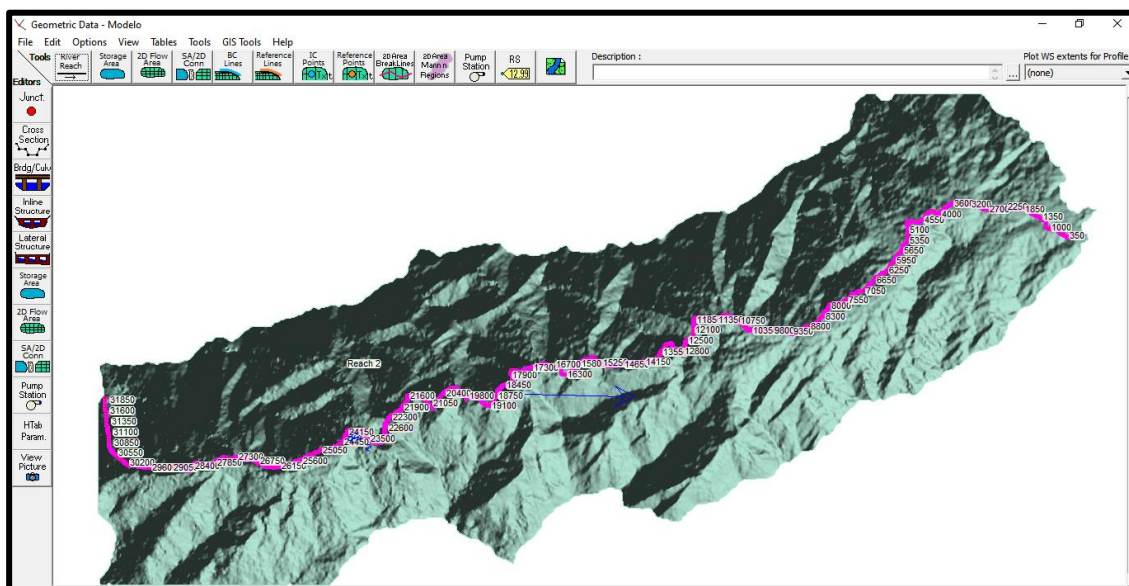
Fuente: Propia del autor.

El caudal que se tomó para realizar la interpolación en el Arc Map fue de 11,22 m³/s que corresponde a 50 años del periodo de retorno, debido a que la fase de la subcuenca es vejez, con un coeficiente de escorrentía de 0,49 de áreas no desarrollada pastizales con pendientes superior a 7%.

6.8. Modelamiento hídrico

La geometría contiene la información de las secciones del cuerpo hídrico desde la abscisa K0 + 600 a K0 + 31850, la cual es la longitud del cuerpo de agua en el área de intervención, es decir, el área de influencia directa; las condiciones del flujo del cuerpo hídrico pertenecen a un flujo permanente ya que la profundidad del flujo no cambia o se supone constante durante un intervalo de tiempo de 100 años. (Figura 11)

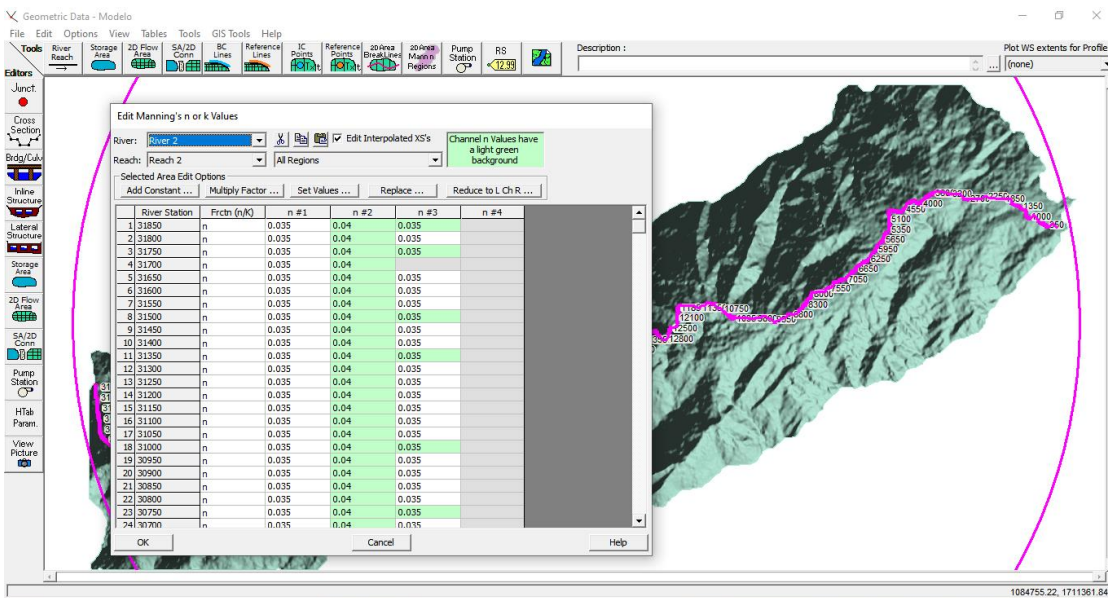
Figura 11. Geometría - Modelamiento hídrico



Fuente: Propia del autor.

Es un drenaje que no ha sido intervenido, es decir, canalizada; tiene cobertura de pastoso cortos, mezclados con bosques y posee suelos mixtos, es decir gruesos a finos. (Figura 12).

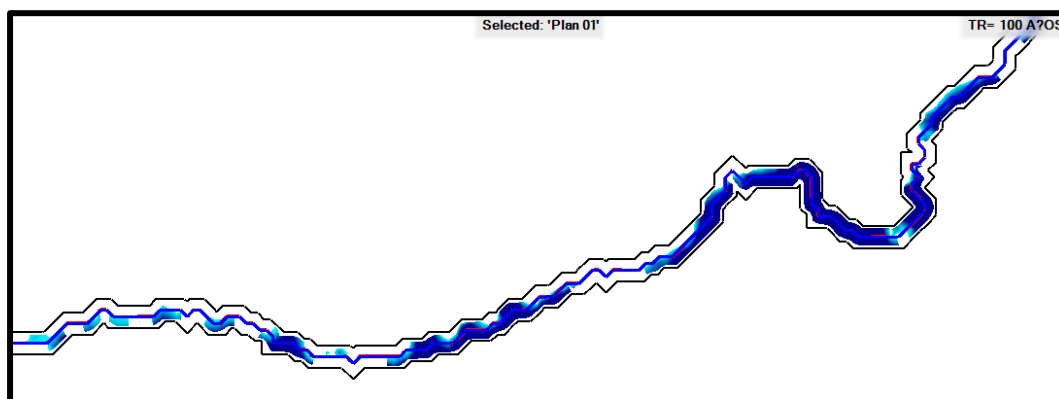
Figura 12. Coeficiente de Rugosidad de Manning



Fuente: Propia del autor.

En este caso el drenaje principal posee una pendiente suave la cual se mantiene constante aguas abajo y aguas arriba de 0.53 m/m, teniendo en cuenta que es el mismo cuerpo hídrico se concluye que las inundaciones no son significativas (Figura 13).

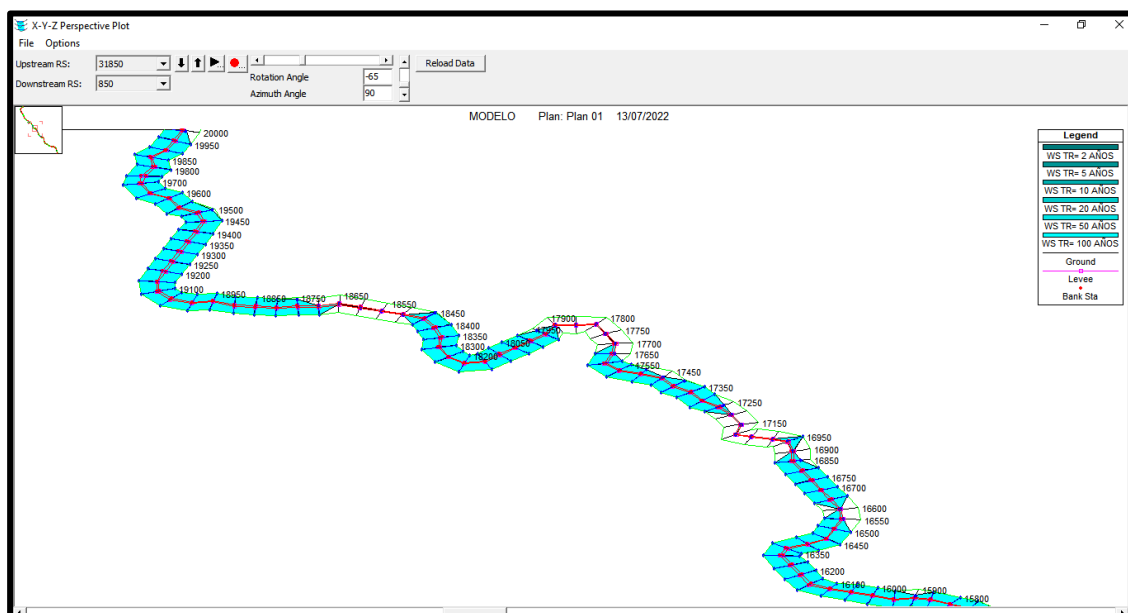
Figura 13. Inundaciones en tramo



Fuente: Propia del autor.

Teniendo en cuenta todos los criterios durante el desarrollo de esta fase del proceso, se evidencia el mapa de inundaciones en 3D (Figura 14).

Figura 14. Cauce inundaciones 3D

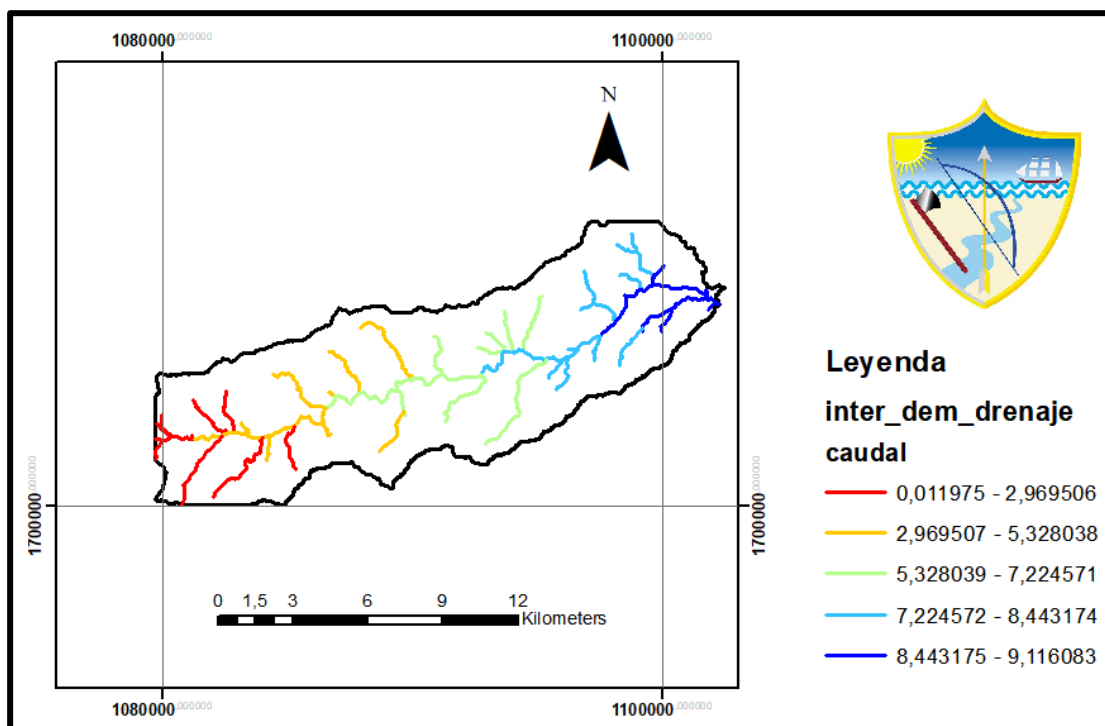


Fuente: Propia del autor.

6.9. Generación de mapas temáticos

Caudal por red de drenaje de la subcuenca del río ranchería, se evidencia mayor cantidad de flujo en la zona baja de la cuenca llegando a $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 15)

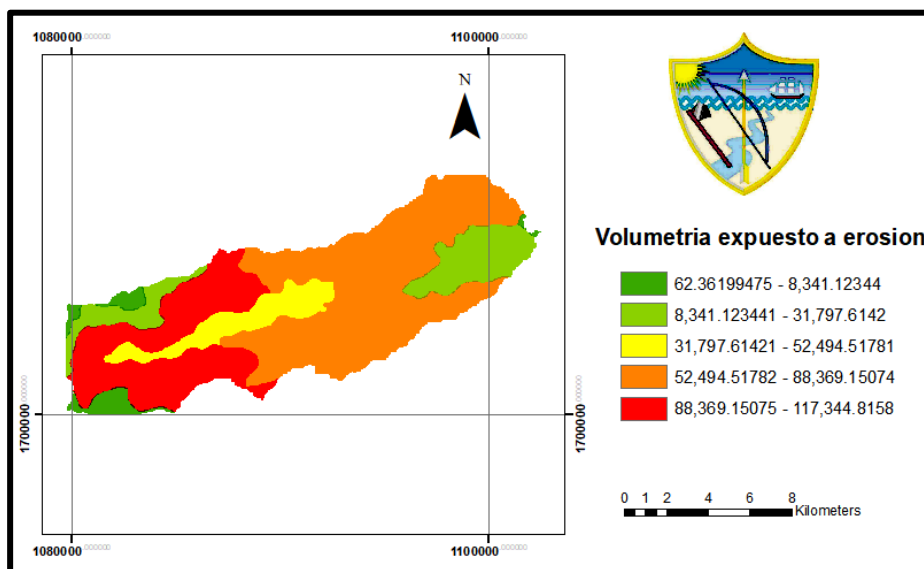
Figura 15. Caudales por red de drenaje



Fuente: Propia del autor.

Por las condiciones morfométricas e hidrográficas de la cuenca se estima que durante un evento por la acción del agua a lo largo del cauce se pueden transportar sedimentos de textura finas ya que son los más susceptibles a erosión durante un evento de avenidas torrenciales. (Figura 16)

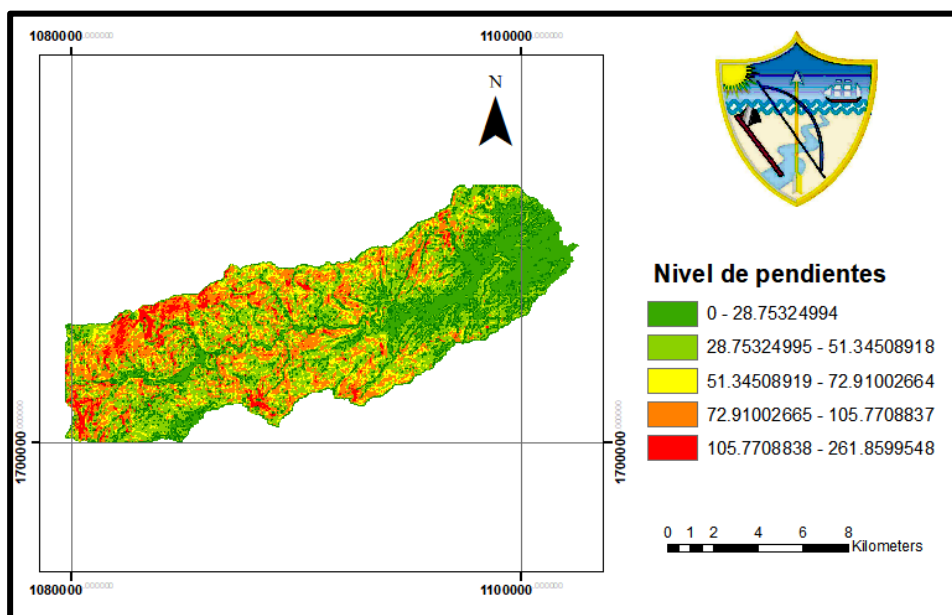
Figura 16. Volumen del material expuesto a erosión



Fuente: Propia del autor.

Se puede observar que la pendiente del cauce principal se encuentra en el rango de 0 a 28, y según las condiciones morfométricas la subcuenca posee una pendiente suave del 10% (Figura 17).

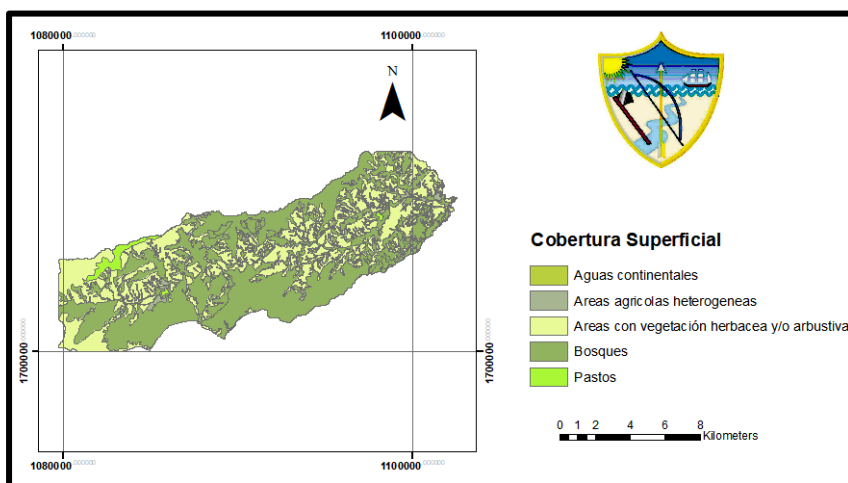
Figura 17. Niveles de pendientes



Fuente: Propia del autor.

Cobertura superficial del area de estudio se observa que existe mayor presencia de bosques y áreas con vegetación herbácea (Figura 18).

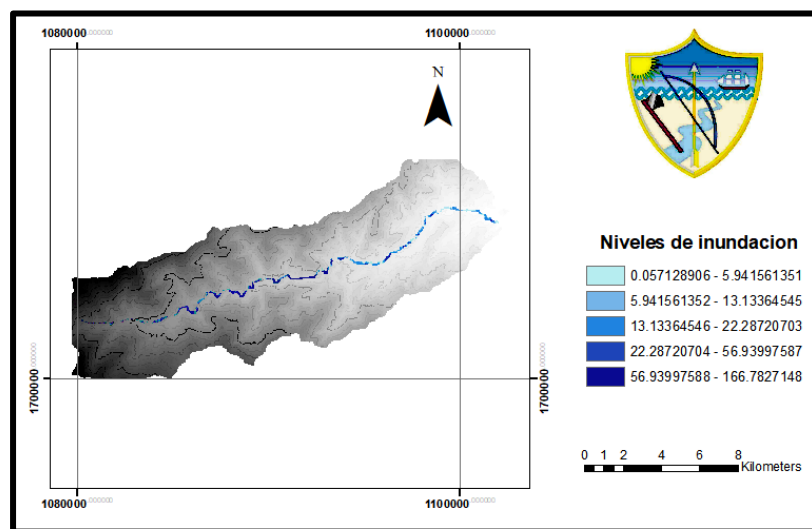
Figura 18. Cobertura superficial de la cuenca



Fuente: Propia del autor.

Se evidencia niveles de inundaciones por encima de lo normal, pero no hay riesgo de avenidas torrenciales en un periodo de retorno de 100 años, porque la variable de precipitación no es constante. (Figura19)

Figura 19. Niveles de inundación



Fuente: Propia del autor.

6.10. Zonificación

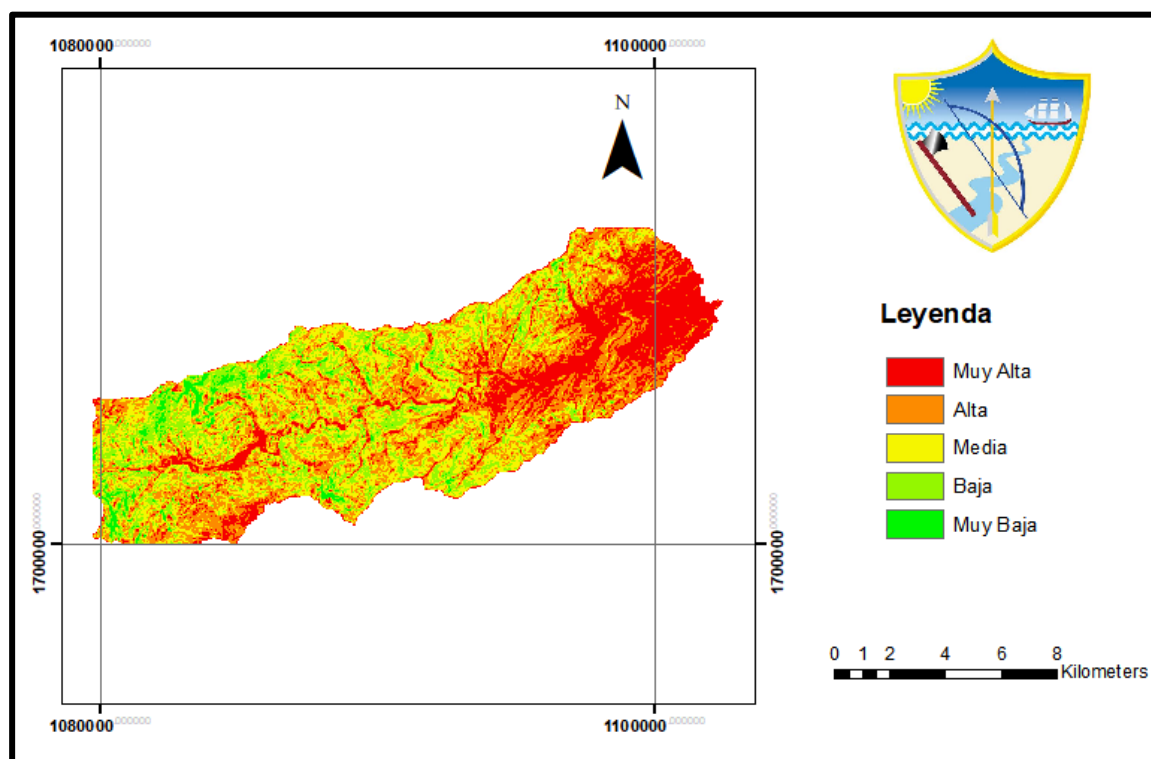
Mapas temáticos con clasificación

A continuación, se presentan los 4 mapas temáticos que serán vinculados para generar el mapa de zonificación.

6.10.1. Mapa de pendientes

Es importante tener en cuenta que durante los eventos de avenidas torrenciales la parte que se encuentra más afectada es la zona baja de la cuenca, porque sus pendientes son mínimas, en este caso se encuentra de color rojo y su clasificación es Muy Alta (Figura 20).

Figura 20. Mapa de pendientes con clasificación

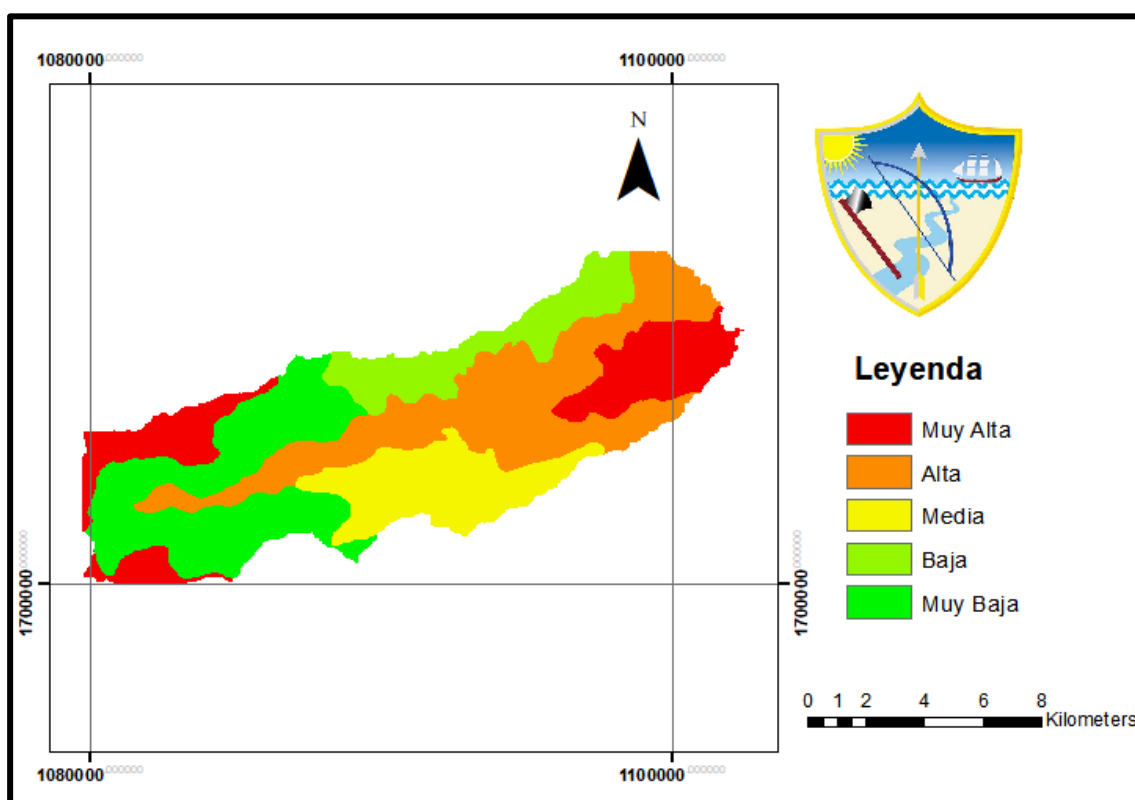


Fuente: Propia del autor.

6.10.2. Mapa de volumen de sedimentos

Durante los eventos de avenidas torrenciales la zona que se encuentra más afectada es la de rojo aguas abajo de la cuenca, porque la acción del agua a lo largo del cauce transportar los sedimentos de textura finas ya que son los más susceptibles a erosión. (Figura 21)

Figura 21. Mapa de Suelo - Volumen sedimentos con clasificación

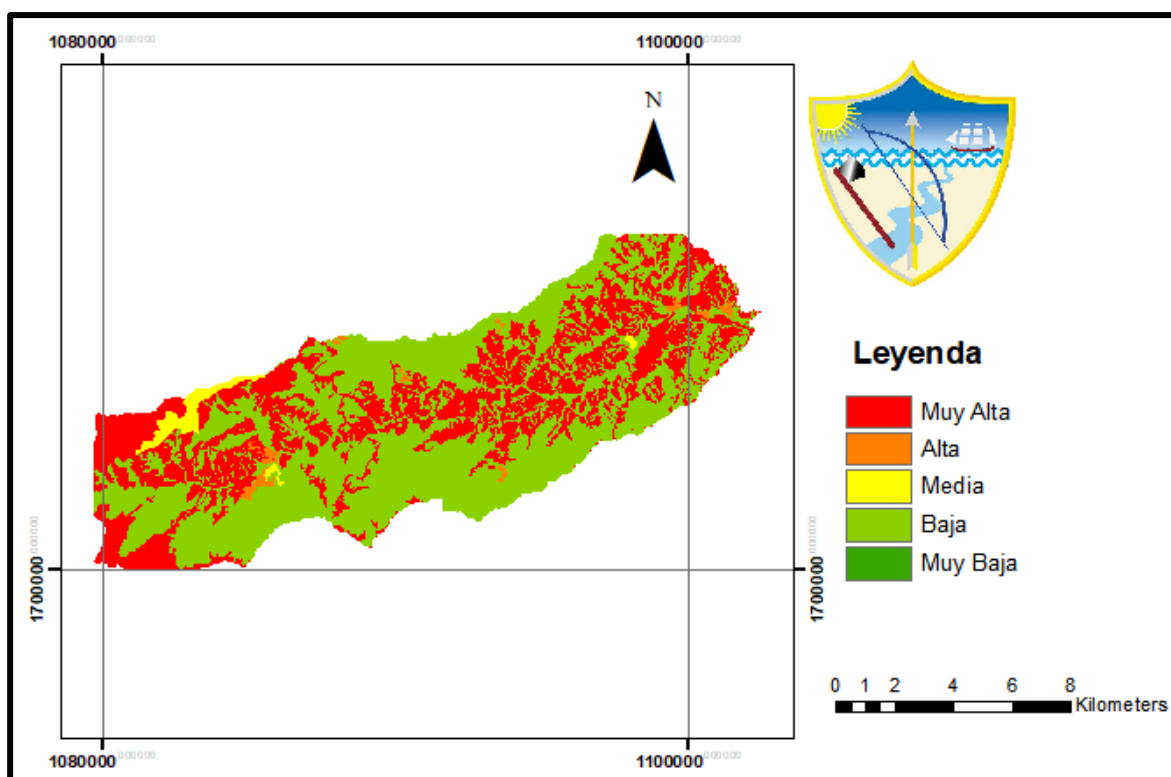


Fuente: Propia del autor.

6.10.3. Mapa de cobertura superficial

Durante los eventos de avenidas torrenciales la cobertura superficial siempre se ve afectada, en este caso la de rojo que pertenece a las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, seguida de los boques. (Figura 22)

Figura 22. Cobertura superficial con clasificación

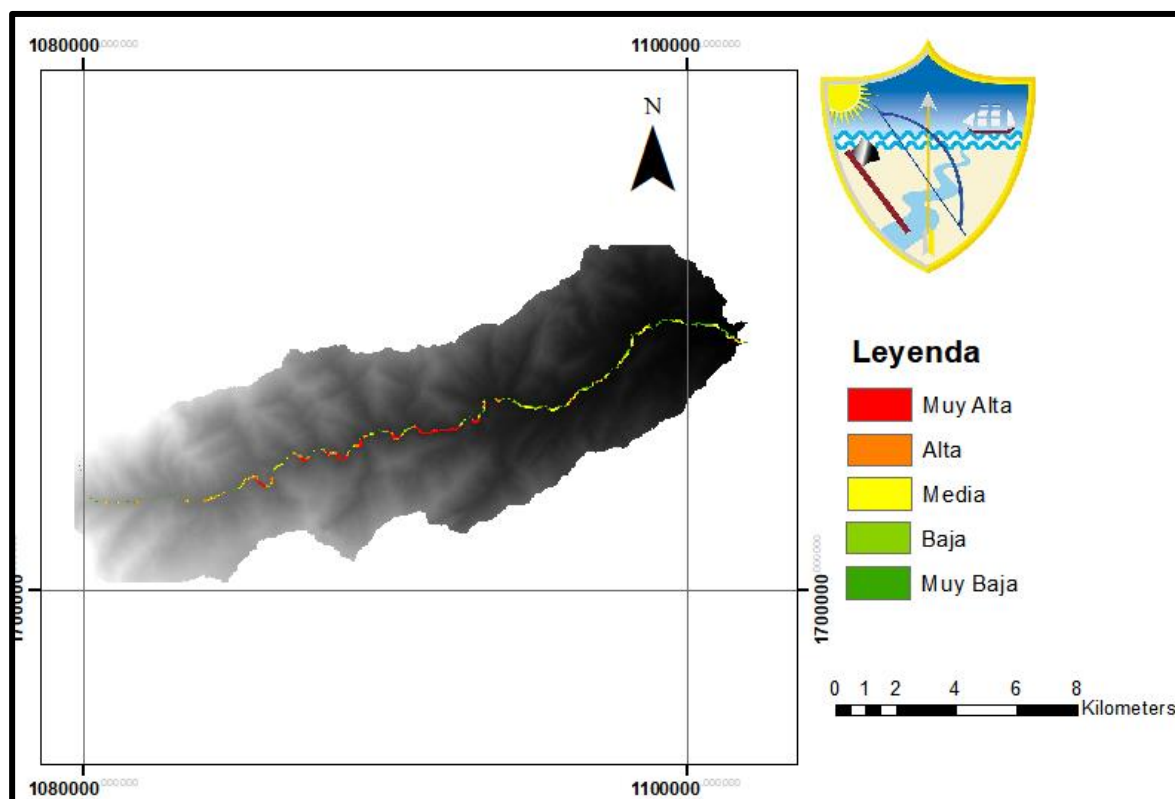


Fuente: Propia del autor.

6.10.4. Mapa de inundaciones

El modelamiento hídrico arrojó que las condiciones del flujo son permanentes, ya que la profundidad del flujo no cambia o se mantiene constante durante un intervalo de tiempo de los 100 años y las inundaciones que se presentaron no comprometen el ecosistema, ya que tiene una pendiente suave y se mantiene constante aguas abajo y aguas arriba (Figura 23)

Figura 23. Mapa de inundaciones con clasificación

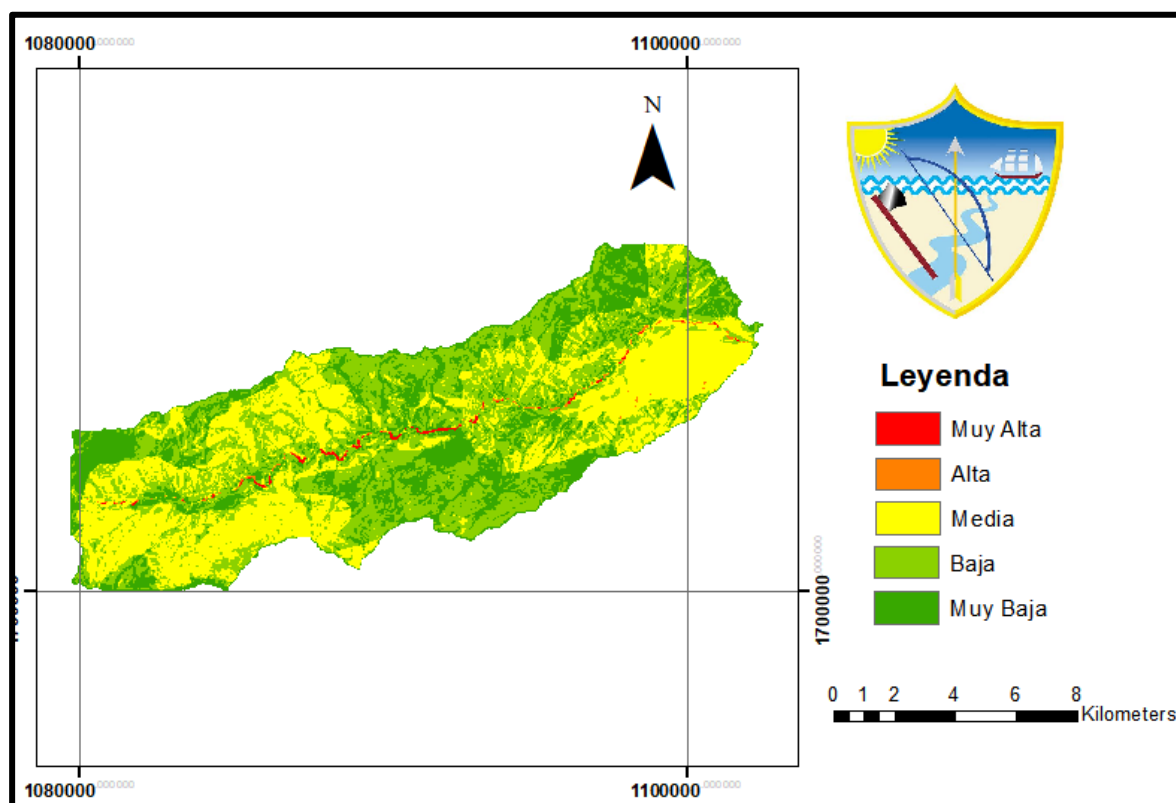


Fuente: Propia del autor.

6.11. Mapa de Zonificación por Avenidas Torrenciales

Para generar el mapa temático se tiene en cuenta los valores de ponderación y la clasificación para conseguir el Mapa de Zonificación por Avenidas Torrenciales de la Subcuenca del río Ranchería del Distrito de Riohacha. (Figura 24)

Figura 24. Mapa zonificación por avenidas torrenciales



Fuente: Propia del autor.

Por las condiciones morfométricas de la cuenca y las condiciones de flujo, se concluye que la zona de la cuenca baja se clasifica como media y la mayor amenaza se presenta en el cauce del río principal, y no es susceptible a avenidas torrenciales.

7. Discusiones

En este apartado se tomará algunos autores que fortalecerán la hipótesis de porque la subcuenca del río ranchería no es susceptible a los eventos de avenidas torrenciales, de igual forma es preciso afirmar que las regiones más susceptibles a avenidas torrenciales tiene mayores precipitaciones durante el año y la pendiente del río es alta lo que facilita las descargas excesivas de los sedimentos, pero en La Guajira las lluvias son escasas y mal distribuidas, adicionalmente se observa en la mayoría de los trabajos que uno de los problemas que se presentan tiene relación con la poca información sobre estaciones meteorológicas o por los datos incompletos suministrados por el IDEAM los cuales son necesarios para encontrar los caudales máximos y realizar el modelamiento hídrico.

En ese orden de ideas, se mencionará algunas variables con respecto a los resultados obtenidos.

7.1.Pendientes

En cuencas de ambientes tropicales con precipitaciones cortas se genera una rápida concentración del flujo en la red de drenajes dando lugar a un flujo torrencial con inundaciones súbitas. Este tipo de eventos suceden comúnmente en cuencas de tamaños pequeños con pendientes relativamente pronunciadas y se caracterizan por una cantidad insuficiente de sedimentos para afectar el comportamiento del agua, la cual comúnmente contiene sedimentos finos en suspensión, aunque la mayoría de ellos se transportan cerca del lecho. (Aristizábal, 2020)

Se evidencia que la pendiente de la subcuenca del río ranchería es suave de 0.53 m/m, por esta razón el cuerpo hídrico no da lugar a flujos torrenciales que provoquen inundaciones súbitas, y las inundaciones de la zona son insignificantes.

7.2.Sedimentos

El Servicio Geológico de los Estados Unidos basado en Crosta et ál. (1990) y Jakob y Hungr (2005), dividen las inundaciones súbitas en tres tipos de flujos: de agua, hiperconcentrados y de escombros. En los flujos de agua, la cantidad de sedimento suspendido es insuficiente para afectar el comportamiento del agua, mientras que en los flujos hiperconcentrados la cantidad de sedimentos cambia significativamente las propiedades del fluido y los mecanismos de transporte; y los flujos de escombros se consideran cuando la mezcla de agua y sedimentos se convierte en una mezcla capaz de soportar partículas de tamaño grava en suspensión incluso a baja velocidad o estático.

Como se mencionó anteriormente las condiciones de flujo de la subcuenca del río Ranchería no dan lugar a flujos torrenciales que provoquen inundaciones súbitas, sin embargo, se pueden presentar arrastre de sedimentos por los flujos del agua, pero son insuficiente para afectar el comportamiento del agua.

7.3.Cobertura Superficial

Con respecto a esta variable tiene dos puntos a tratar, el primero se basa en que durante las avenidas torrenciales las inundaciones súbitas pueden arrasar con la cobertura superficial, pero para el area de estudio, no es significativo, de hecho, se perciben zonas verdes, pero no en grandes cantidades, por las lluvias tienden a coexistir desforestaciones.

7.4. Inundaciones

Los valores de precipitaciones son estimados, debido a que las estaciones meteorológicas están a 27 km de la zona de estudio, como se menciono anteriormente las lluvias de la región son muy mal distribuidas, y escasas por esa razón la variable de inundaciones no es significativa y el flujo es intermitente.

Es preciso mencionar que hasta la fecha no se encontraron estudios disponibles en la red que se adapten a la Guía Metodología para Zonificación de Amenaza por Avenidas Torrenciales debido a que su publicación es muy reciente.

8. Conclusiones

- De acuerdo a los parámetros de la cuenca su area total pertenece a una subcuenca, oval-oblonga a rectangular-oblonga, muy alargada con crecientes moderadas, por lo tanto, la subcuenca del río Ranchería predomina ser alargada con baja susceptibilidad a las avenidas torrenciales, con presencia de rocas ígneas plutónica, se trata de una cuenca sedimentaria, en etapa de vejez, es decir, es una zona deprimida de la corteza terrestre su origen es tectónico y por lo tanto se acumulan sedimentos, dicho de otra manera, un río viejo con pendientes poco pronunciadas, por lo que es caudaloso y casi siempre navegable por completo, en algunos casos se ve muy afectados por la contaminación, por otro lado la pendiente media del río principal es moderado con una densidad de drenaje baja, tiene un total de 87 ríos y 3 ramificaciones, cada una de ella está repartida de la siguiente manera: ríos de primer orden 43, segundo orden 21, y tercer orden 23.

- Durante el desarrollo del trabajo, el mayor problema que se presentó fue la extracción de los datos de las precipitaciones debido a que la zona donde se encuentra la subcuenca no hay estaciones meteorológicas, por tal motivo se tomaron los valores de las estaciones que se encontraban dentro del Distrito de Riohacha, y se encuentran lejos de la subcuenca a más de 27 km. Por esta razón los valores de precipitación y los que se desprenden de esta, son estimados.
- A pesar de las inconsistencias que se presentaron por los datos suministrados del DHIME, se logró seleccionar toda la información para desarrollar el estudio de zonificación por avenidas torrenciales, adaptándose a la Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.
- En los resultados obtenidos de las diferentes variables (pendientes, sedimentos, cobertura superficial e inundaciones) se concluye que, por las condiciones morfométricas y las condiciones de flujo, la subcuenca tiene un área de 48.48 km² de clasificación media y 0.57 km² de área con clasificación muy alta en el cauce del río.
- De acuerdo con las zonas obtenidas por avenidas torrenciales se presenta el área de cada clasificación: Muy alta (0.577438 km²), Alta (0.568489 km²), Media (48.482125 km²), Baja (52.381755 km²), Muy Baja (30.916525 km²).

9. Recomendaciones

- Las estaciones pluviométricas más cercana se encuentra a 27 km, por lo tanto, se recomienda instalar estaciones pluviométricas o convencionales para que los datos de precipitaciones sean más precisos en la cuenca del río Ranchería.

- Se recomienda el uso de sensores remotos o drones para mejorar la resolución del Modelo Digital de Elevaciones esta actividad ayudaría a optimizar algunos aspectos o parámetros para tomar decisiones sin estimaciones y más reales.
- Realizar estudios de suelos para determinar con mayor precisión la cantidad de material que puede ser arrastrado por un fenómeno de lluvias torrenciales.

10. Referencias Bibliográficas

- Alberto, J., Ardila, S., Ángel, M., Pinillos, S., & Sandoval, &. (2017). *Geomorfología y resistencia a la erosión fluvial de los suelos Geomorfología y resistencia a la erosión fluvial de los suelos conformantes del cauce del Río Magdalena Neiva Prado conformantes del cauce del Río Magdalena Neiva Prado Citación recomendada Citación recomendada*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civilhttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/46
- Aristizábal, E., Carmona, M. I. A., & López, I. K. G. (2020). Definition and classification of torrential avenues and their impacto in the Colombian Andes. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 242–258.
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.72612>
- Camacho, E. V., Lizeth, M., & Corredor, V. (2020). *Análisis de metodologías para la evaluación del riesgo por avenidas torrenciales aplicadas a cuencas de alta montaña en Colombia*.
- Cardona, B. L. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/>
- Giral Patarroyo, Y. F., & Ruiz Rodríguez, Y. C. (2017). *Zonificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales de las cuencas de los ríos Chicamocha, Sogamoso y Suárez y modelo hidráulico en el área de confluencia en el departamento de Santander usando SIG escala 1: 25000*. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2237>

Guzmán, M. (2011). Plan de Ordenamiento de la CUENCA DEL RIO RANCHERIA. . .
Coporguajira.

http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/876/Tomo%202-Diagnostico1.pdf

Hernandez, S. (2018). *Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales para las quebradas El Chulo y El Tablón en la zona urbana del municipio de Gachetá, Cundinamarca Zoning of the threat by overflowing to the pimp and creeks plank in the urban area of the municipality of Gachetá in Cundinamarca* (Vol. 39).

Ruíz, D., & Salarzar, Y. (2018). *PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO ORGANIZATIVO EN LA VEREDA COMUNEROS, MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS, DESDE LA PERSPECTIVA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Universidad Tecnológica de Pereira.*
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1b6a662e-f7e3-41ae-a5ab-06622444dab6/content>

Vanegas, M. (2021). *La avenida torrencial es real. Unidad Nacional Para La Comisión Del Riesgo de Desastres.*
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/32902/Bol etinAvenidasTorrenciales.pdf?sequence=32&isAllowed=y>

Branch Bedoya, John Willian , & Jiménez-Builes, Jovani Alberto , & Orozco-Centeno, Wendy Patricia (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada. Boletín de Ciencias de la

- Tierra, (36),5-9.[fecha de Consulta 10 de Julio de 2022]. ISSN: 0120-3630. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169532839001>
- Gaeta Carrillo, N. (2015). La intervención comunicativa para la reducción del riesgo de desastres. Análisis de las políticas y las prácticas comunicativas en tiempos normales.
- Bentancor, Lisette, Silveira, Luis, & García Petillo, Mario. (2014). Incidencia de la intensidad de lluvia en el tiempo de concentración de microcuencas del Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 18(2), 106-116. Recuperado en 18 de julio de 2022, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482014000200012&lng=es&tlng=es.
- Pittaluga, Maria Alejandra, & Suvires, Graciela M. (2010). Susceptibilidad a las inundaciones por crecientes estivales y por desbordes en las localidades de Villa Nueva, Puchuzum y Villa Corral, Cuenca del Río Castaño, Calingasta, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(4), 520-528. Recuperado en 18 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000300009&lng=es&tlng=pt.
- Ramos Escobar, N. A. (2015). INFORME SOCIOECONÓMICO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA 2015. CÁMARA DE COMERCIO DE LA GUAJIRA. Recuperado 2022, de <https://www.camaraguajira.org/publicaciones/informes/informe-socio-economico-la-guajira-2015.pdf>
- Ramos Cañón, A. M., Reyes Merchán, A. A., Munévar Peña, M. A., Ruiz Peña, G. L., Machuca Castellanos, S. V., Rangel Flórez, M. S., Prada Sarmiento, L. F., Cabrera,

M. Ángel, Rodríguez Pineda, C. E., Escobar Castañeda, N., Quintero Ortiz, C. A., Escobar Vargas, J. A., Giraldo Osorio, J. D., Medina Orjuela, M. S., Durán Santana, L., Trujillo Osorio, D. E., Medina Ávila, D. F., Capachero Martínez, C. A., León Delgado, D., Ramírez Hernández, K. C., González Rojas, E. E., Rincón Chisino, S. L., Solarte Blandón, P. A., Castro Malaver, L. C., López Marín, C., Navarro Alarcón, S. del R., & Pérez Moreno, M. A. (Eds.). (2021). Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Recuperado a partir de <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/75>