

**Estudio de los Sistemas de Información Geográfica que ayudan a prevenir las inundaciones
y mitigar los desastres en Colombia**

Óscar J. Portilla y José J. Amaya

Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad de
Pamplona, Norte de Santander

Diciembre, 2021

Tabla de contenido

Introducción	6
CAPITULO I, SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.....	7
1. ¿Que son los sistemas de información geográfica?	7
2. Elementos del SIG	8
3. Aplicaciones del SIG	9
4. Funciones del SIG.....	12
5. Conceptos importantes.....	13
CAPITULO II, LAS INUNDACIONES Y SUS CONSECUENCIAS	15
1. ¿Qué son las inundaciones?	15
2. Tipos de inundaciones.....	15
3. Inundaciones con mayor frecuencia en Colombia	16
4. Origen de las inundaciones en Colombia.....	16
5. Consecuencias de las inundaciones	17
CAPITULO III, EL SIG Y LAS INUNDACIONES.....	18
1. Ventajas y desventajas de los SIG frente a las inundaciones.....	18
2. Información necesaria para la utilización de los SIG	20
CAPITULO IV, LOS SIG Y LOS MAPAS DE INUNDACION	20
1. ¿Qué son los mapas de inundación?	20
2. Tipos de mapas de inundación.....	21

3. Programas utilizados para el estudio de mapas de inundación	22
1. Visualización de mapas.....	22
CAPITULO V, ESTUDIOS EN COLOMBIA.....	43
CAPITULO VI, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
1. Conclusiones	49
2. Recomendaciones	52
Bibliografía	53

Lista de figuras

Figura 1 Mapa de Elevación. Obsérvese la zona de color rojo y la zona de color verde como la elevación mayor a menor respectivamente	23
Figura 2 Curvas de nivel y mapa de elevación. Obsérvese la intercepción entre la capa de elevación y la capa de curvas de nivel	24
Figura 3 Mapa de pendiente. Identificación de las pendientes más altas (la zona de color rojo) y pendientes más bajas (la zona de color verde).....	25
Figura 4 capa de amenaza por inundación. Obsérvese la gran influencia de inundación que existe en el municipio de Chía por la presencia del Río Bogotá, Frío y Teusacá.	26
Figura 5 Línea Proyectada para trazado de Perfil longitudinal. Identificación de la línea trazada que orienta el perfil del terreno.	27
Figura 6 Perfil. Obsérvese el trazado del perfil que permite identificar las variabilidades del terreno en cuestión de pendientes y altitudes.....	27
Figura 7 Mapa hidrológico. Obsérvese la capa hidrológica la cual define la cuenca del Río Bogotá.	28
Figura 8 Mapa de isoyetas. Intercepción del trazado de las isoyetas e hidrología del terreno	29
Figura 9 Inundaciones y Mapa hidrológico. inundaciones del 6 de junio (morado) e inundaciones del 12 de diciembre (rosa).	30
Figura 10 Mapa de Amenaza por Inundación. Sitios afectados por la trayectoria del Río Bogotá.	31
Figura 11 Mapa Colombiano. Obsérvese el mapa departamental de Bolívar y municipal de Mompós	32

Figura 12 Subzona Hidrográfica objeto de estudio. Obsérvese en el mapa la parte de color verde el municipio de Mompós y de color azul las zonas que limitan para la posible inundación.	33
Figura 13 Distribucion DEMS. Identifíquese los 8 modelos DEM que permitieron la obtención de la cuenca hidrográfica	34
Figura 14 Localización de las estaciones hidrométricas. Véase la distribución de las 22 suministradas por el IDEAM	35
Figura 15 Geología subzona hidrográfica. Véase el mapa geológico de la cuenca en estudio.....	36
Figura 16 Coberturas del municipio de Mompós Identifíquese las cubiertas de la cuenca jurisdicción de Mompós.....	37
Figura 17 Subcuencas del departamento de Bolívar Identifíquese las nuevas subcuencas del sitio en estudio	38
Figura 18 Pendientes del municipio de Bolívar. identifíquese el comportamiento del terreno según el color y su pendiente	39
Figura 19 Coeficiente de Manning. Identifíquese las zonas de mayor y menor rugosidad según el color	40
Figura 20 Mapa de inundación del departamento de Bolívar. Identifíquese los sitios de riego de crecida según su color	41
Figura 21 Ubicación Santiago de Cali, Colombia. Identificación cartográfica de la ciudad de Cali.....	42
Figura 22 Planos de amenaza y noticias históricas de crecidas en la comuna 6. Obsérvese las áreas afectadas por inundaciones en la ciudad de Cali, Colombia	42

Introducción

Un sistema de información geográfica (SIG) es una combinación de información y herramientas de diferentes programas que describen y clasifican la tierra y sus regiones geográficas con el fin de ver, visualizar, editar y manipular información de referencia espacial. En la actualidad, los SIG aun presentan diferentes definiciones como lo mencionan Avendaño & Cadena en 2014 donde afirman que los SIG se han convertido para la sociedad en un instrumento útil para el estudio de la cartografía, por lo que la agencia de control puede visualizar las áreas más amenazadas por inundaciones, formando así mecanismos de mitigación y prevención en el próximo invierno. Así mismo, desde 1989 Deuker & Kjerne definían el SIG como un sistema de hardware, programas, datos, personas, empresas y acuerdos institucionales para la colección, almacenamiento, estudio y distribución de información de territorios de la tierra (Citado por Rodriguez & Olivella, 2016).

Los SIG, se han convertido en una nueva tecnología con bases de datos gráficas y descriptivas, estas bases de datos brindan una serie de posibilidades de análisis multiestándar orientadas a la información, con la intención de transformar en factores de entendimiento que faciliten la determinación correcta en una decisión. (Saenz, s.f.). En pocas palabras, ya que el SIG puede tener muchas definiciones por tener aplicaciones en diferentes áreas profesionales uno de los mejores conceptos más general para referenciarlo al mismo sería que el SIG es un sistema donde la información aparece referenciada geográficamente empleando un sistema de coordenadas computarizado generado por proyección cartográfica para incluir su ubicación en el espacio (Sarria, s.f.).

Por otro lado, las inundaciones fluviales o creciente de los ríos en Colombia son conocidas gracias a que son las que más impacto han generado a lo largo de su historia, dado que esta sido

la más constante , la gran expansión territorial involucrada y la cantidad de población que ha resultado afectada (Rodriguez E. , 2016). Ahora bien, El Sistema Ambiental de Colombia menciona que los mapas de inundaciones brindan información sobre los eventos ocurridos en el país o sobre la extensión probable de las inundaciones, así como sus efectos, de manera que toda la información permite la toma de decisiones a nivel local, regional o nacional, mostrando diferentes tipos de mapas para promover la concientización sobre las inundaciones y el uso seguro de las áreas. De manera similar, el ecosistema colombiano desarrolla en vista que en Colombia manejamos un tipo ecosistema tan diverso se dan distintos tipos de cartografía, podemos ver a detalle que son siete tipos los cuales son conocidos como mapa de inundación preliminar, acontecimiento, amenaza, vulnerabilidad, riesgo y estratificación de inundación. Esto nos ayuda a percibir y diferenciar con más precisión los diferentes tipos que se presentan localmente.

CAPITULO I, SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

1. ¿Que son los sistemas de información geográfica?

Los SIG son una composición estructurada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, guardar, operar, estudiar y desplegar en cada una de sus formas la información referenciada geográficamente con la intención de solucionar dificultades de planificación, organización y administración (Espinoza, 2011), asimismo, en Colombia el gran avance de la tecnología ha permitido el desarrollo de diferentes aplicaciones o softwares para el progreso de actividades en otras áreas profesionales para que éstas vayan tomando iniciativa a implementar nuevos programas para facilitar y mejorar su trabajo, por lo que, en el caso de las ingenierías para el estudio de los (SIG) se hace necesario conocer una serie de softwares y hardware para el manejo de la información.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) es el organismo nacional que implementa el uso del Sistema de Información Geográfica del Ordenamiento Territorial Nacional (SIG-OTN) para todo el territorio, con la participación y cooperación directa de los organismos gubernamentales como el Ministerio de Vivienda y del Medio Ambiente, el Observatorio Astronómico de Bogotá, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Agricultura y demás entidades tanto de carácter nacional como descentralizadas (Gutierrez & Urrego, 2011) para la creación y organización de datos georreferenciados. Desde la perspectiva geográfica aplicada en las ingenierías para la detección de los riesgos naturales como inundaciones, terremotos, tsunamis o huracanes que son peligrosos para el hombre se deben tener en cuenta programas del SIG para prevenir y mitigar las consecuencias de los mismos, por esto y más, se menciona que es necesario integrar toda la información en un SIG en el cual en un mapa digital se informa al señalar un objeto sus atributos o propiedades lo cual ayudará a mitigar y dar solución a los problemas de inestabilidad de suelos, alcantarillados y demás futuros proyectos civiles.

Como se señala anteriormente los SIG se han ido involucrando en el ámbito de las ingenierías donde existe la combinación de planos cartográficos realizados con bases de datos de información gráfica, lo que da lugar a: modelar, analizar e investigar a profundidad los campos que comprenden las ingenierías como lo son las vías, los embalses de agua, análisis sociales y económicos, del suelo, la exploración de la materia prima y control territorial. (Deyán, y otros, 2007).

2. Elementos del SIG

los SIG son un instrumento que admite la unión de almacenamiento de información espaciales, integrando diferentes procedimientos en el estudio de información, dando así la

facilidad de sacar provecho a cualquier labor que esté relacionado con el espacio mediante el uso de los SIG

para la toma de decisiones, esto, junto con los elementos son mencionados por Sáenz los cuales divide en:

- Equipos o "hardware": conformado por computadoras que permiten la importación y exportación de datos gráficos como mesa digitalizadora y graficadores de líneas.
- Elemento obrante o "programa": Formada por indicaciones desarrollada mediante inteligencia específica ejerciendo encima de los datos cargados en la nube. Además, también incluye los programas de aplicación diseñados por el cliente.
- Base de datos: esta es ejecutada por las diversas bases de datos geoespaciales y las bases de datos representativas y sus interrelaciones para procesar la base de datos espaciales y sus atributos al mismo tiempo.
- Los procedimientos: manual instructivo que van dirigidas a los operadores o usuarios para la ejecución eficiente y segura de un SIG.
- Los recursos humanos: capacitar a personas que tengan habilidades de administración de datos gráficos para resolver problemas de operación y entrada de datos, para el uso efectivo de bases de datos integradas y modelado basado en el desarrollo de tecnología de estándares múltiples.

3. Aplicaciones del SIG

Flórez y Fernández mencionan que Los programas que ayudan en el desarrollo y entorno SIG, suelen resultar muy diverso, en base a que su evolución y desarrollo pasa más a menudo por las innumerables actualizaciones que se le añaden al software, por lo que el beneficio de los SIG gracias a que su suficiencia ayuda a edificar diseños muy acordes a la realidad desde la creación

de información digital, los cuales simulan el impacto de procesos naturales en escenarios específicos. La cimentación de modelos es una herramienta eficaz para analizar tendencias, determinar factores de influencia eficiente para examinar y detallar la orientación y establecer causas de influencia que me ayuden a considerar los eventos o secuelas que puedan dejar la disposición de proyectar en base a los recursos que existen debido a la zona de interés.

Presentaremos los más importantes funcionamientos de los SIG

- Programación hidrológica: los SIG se han transformado en un elemento para la planeación y organización de los caudales hídricos porque poseen una diversidad de opciones de estudio y valoración. Entre otras características, mediante la utilización de los SIG, es posible gestionar y establecer modelos digitales de altura, delinear y caracterizar cuencas hidrográficas, comprender la colocación espacial de los caudales hídricos o valorar la pérdida de suelo mediante los diferentes modelos de erosión
- Agronomía y ecosistema: Herramientas para planear y gestionar los caudales hídricos ya que poseen diversidad de elementos de estudio y valoración. Con base en otras opciones, mediante la utilización de los SIG, puede gestionar y elaborar modelos digitales de altura, describir y determinar cuencas hidrológicas, examinar la colocación espacial de los caudales hídricos o valorar la merma de suelo a través de programas de erosión.
- Tiendas geográficas: según los requerimientos y la información de los consumidores de explícito beneficio o prestación afín con la investigación espacial resulta precisa para planear una apropiada campaña de ventas y posterior carga de correo promocional.
- Gestión territorial: Apoyo en la producción de técnicas de categorización geográfica, organización de políticas terrestres mediante la utilización de información sobre la

ubicación y comercialización de las acciones mercantiles, turismo, productos estatales, construcciones viales, recursos naturales, uso del suelo e impacto ambiental.

- Procedimientos de emergencia: Producción en un lapso de tiempo real de planos de acción en caso de incendios boscosos, desbordamientos y emergencias de toda clase.
- Estudios sociodemográficos: Comprensión de la distribución de una ciudad para predecir la escasez de recursos de toda clase como (escuelas, puestos de salud, instalaciones deportivas), sitios dispuestos a inminentes enfermedades e ilustraciones de investigación con desenlaces electivos.
- Educación e investigación: El SIG es una herramienta eficaz que anima a los estudiantes a pensar, investigar y comprender las interrelaciones entre los elementos nativos, fructuosos y didácticos de la sociedad desde una perspectiva geográfica. Asimismo, estimula el desarrollo cognitivo, el lenguaje, la lógica, la inteligencia espacial y las habilidades comunicativas.
- Sector salud: Los SIG admiten realizar una investigación detallada para poder dar una evaluación pandémica fundamentalmente a una escala particular sobre los bienes de salud propuestos en un territorio en específico. De la misma manera, se puede prestar atención a la conducta, distribución y elementos de peligro de un acontecimiento de salud no deseado.
- Telecomunicaciones: Los SIG, permite el diseño de planes y técnicas que faciliten la modernización de la investigación de la red a base de esquemas y flujos de información mejorando la programación y gestión de las redes de telecomunicaciones, brindando un mejor servicio al cliente y reduciendo los costos operativos.

4. Funciones del SIG

Los SIG en su afán de cumplir en las diferentes áreas ejecuta diferentes funciones para proporcionar un mejor desarrollo de actividades, como por ejemplo las que menciona Morea y Huerta:

- **Afiliación de la información:** Esto incluye no solo la conversión de datos geográficos en formas analíticas (digitalización), sino también la integración de bases de datos en el sistema. Anteriormente, era necesario analizar la información requerida para la correcta construcción del proyecto lo más detallada posible de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- **Gestión de la investigación:** Toda la información incluida y la exploración temática y espacial debe poder ser manipulada por el sistema teniendo la capacidad de seleccionar múltiples condiciones para un análisis posterior. La gestión se refiere a datos geográficos y alfanuméricos
- **Observación de la investigación:** Esta función es específica de los SIG y es su elemento destacado. Empieza con la preparación de datos usando procedimientos geo-analíticos para obtener resultados. De hecho, son modelos creados por el procesamiento inteligente de información y están limitados por las suposiciones consideradas. Las conclusiones pueden ser más o menos verdaderas, dependiendo de la calidad de los antecedentes y la precisión de los supuestos utilizados.
- **Interrelación con el usuario:** Debe realizarse una relación con destreza e intuitivamente con los usuarios del método que permitan optar por diferentes datos y los resultados idóneos para el propósito que persiguen. El SIG debe poder proporcionar resultados como planos, claros, tablas de resumen, etc. en cualquier medio (papel, pantalla, exportación de datos, etc.).

5. Conceptos importantes

- **Sistema de información:**

Unión de la información mediante instrumentales computacionales, es decir, con programas informáticos o software que generan consultas interactivas, integran, analiza y representa de una forma eficiente cualquier tipo de información (Anónimo, Sistemas de Información Geográfico, 2017).

- **Sistema de Información Geográfico:**

Es una agrupación de software y hardware trazado concretamente para la recopilación, el seguimiento y el uso de datos de mapas, lo que da como resultado la evaluación, exposición y la interpretación de datos del mundo real. (Florez & Fernández, 2017).

- **Riesgo:**

Es la probabilidad de mayor riesgo de amenaza para las personas vulnerables, conociéndose como amenaza un huracán, un terremoto, una inundación o un incendio entre otros, por tanto, el riesgo es la afectación o impacto a la población y sus bienes por los daños producidos al actuar sobre una localidad vulnerable (Renda, 2017).

- **Inundación:**

Las inundaciones son fenómenos naturales totalmente destructivos a nivel socio-económico en su mayoría, esto es dado por los cambios drásticos y repentinos presentados por las corrientes, dadas por los diferentes tipos de lluvias que pueda presentarse, ya sea por constancia o por eventos torrenciales demasiado fuerte, en lechos de ríos que exceden la altura de los bancos naturales o artificiales, provocando desbordes y dispersión de agua sobre llanuras aluviales y áreas circundantes que normalmente no son inundadas por ríos. (Marulanda, 2018).

- **Desastre natural:**

Es la relación entre los eventos naturales peligrosos y las condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables. Se caracteriza por las grandes secuelas de episodios espaciales que requieren ayuda externa y sufren un deterioro económico y social en la región, lo que se suma a la pérdida de vidas (Rojas & Martinez, 2011).

- **Precipitación fluvial:**

Es el producto de la condensación del agua en la atmósfera la cual cae en forma de gotas diametrales de un tamaño aproximado de 0,5-5 mm (Anónimo, Precipitaciones, s.f.).

- **Cartografía:**

El mapeo es la ciencia, la pericia y la práctica de crear y gestionar mapas, siendo una de las primordiales oferta doras de datos para las diferentes Técnicas de Investigación Espacial (Fallas, 2003).

- **ArcGIS:**

El diseño de ArcGIS para programadores es válido interpretarlo como la variación del consumidor de los diversos componentes tecnológicos que hoy en día existen, sin excluir los servidores conectados mediante u modelo de servicio. El desarrollador de este sistema de información es manejado bajo el paradigma de consumidor-empleado. (Anónimo, ArcGIS Resources, s.f.).

- **QGIS:**

Quantum Gis es un Sistema de Información Geográfica de código abierto, el cual es ligero y fácil de trabajar donde se puede visualizar los datos del SIG (Albert, 2014).

CAPITULO II, LAS INUNDACIONES Y SUS CONSECUENCIAS

1. ¿Qué son las inundaciones?

Las inundaciones son presentadas debido a los diferentes tipos de lluvias que pueden presentarse, estas son fenómenos naturales que habitualmente se generan gracias a las corrientes producidas por las mismas, ya sea aguaceros torrenciales o constantes que al rebasar la aforo de suspensión de agua de los suelos y cauces ocasionan este fenómeno en la región aledaña a los cursos de agua. Del mismo modo, este fenómeno tiene la posibilidad de clasificarse con base al sistema de los causes: pausada o de clase aluvial, repentina o de tipo caudaloso y desbordante (Idiger, 2015). Por otro lado, en términos hidrológicos internacionales, la definición oficial de inundación es: “aumento del volumen del agua que eleva el grado habitual del cauce”. En esta situación, “nivel normal” se debería comprender como la altura del área del agua que no crea males, o sea, la inundación es una altura por arriba a la usual en el cauce, por lo cual puede crear pérdidas (OMM/UNESCO, 1974).

2. Tipos de inundaciones

- **Inundación de tipo aluvial (inundación lenta)**

Este tipo de inundación se presenta en el momento una lluvia constante es dado en la parte interior de una enorme cuenca produciendo un acrecentamiento progresivo de los caudales que se presentan en los magnos afluentes, que rebasan el almacenamiento de capacidad máxima; esto produce el rebosamiento de las zonas más llanas al cauce principal, este tipo de crecientes son lentas y llevan un gran lapso de tiempo. (Idiger, 2015).

- **Crecida de tipo caudalosa (crecida repentina)**

Es procedente de los afluentes de altas pendientes del cerro y causada por aguaceros prolongados por lo cual el sector de la cuenca proporcionada es limitada. El crecimiento de los

caudales se origina una vez que la cuenca obtiene la acción de las tormentas a lo largo de determinados periodos anuales, por lo cual las crecidas acostumbran ser imprevistas y de poca persistencia. Estas crecidas son principalmente las que ocasionan las más grandes desgracias en la comunidad por ser extemporáneas. (Idiger, 2015)

- **Encharcamiento**

Es una inundación producida por lluvias normales provocadas por la saturación del suelo y la deficiencia de drenaje que presentan las grandes ciudades. Esta caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones de terrenos en su mayoría ondulados o planos (Idiger, 2015).

3. Inundaciones con mayor frecuencia en Colombia

Colombia es un país que a pesar de que ha ido avanzado en muchos ámbitos, no ha podido evitar ser un sujeto de inundaciones por las diferentes lluvias torrenciales que han sido causadas por el cambio climático, así mismo se ha dicho que los lugares con mayor frecuencia de inundación en Colombia son: En los departamentos totalmente plano como es el llano, la costa pacífica y la costa atlántica por sus cercanías con los ríos, precisando que en la costa pacífica se presentan constantes lluvias fuertes y dado a que colinda con los andes que imposibilita que las nubes formados en el mar se reubiquen para el centro de la nación. (UNGRD, s.f.)

4. Origen de las inundaciones en Colombia

Sin duda algunas las inundaciones son un problema con el cual no solo Colombia tiene que lidiar, ya que esta es una situación que se da en todo el mundo, en algunos países menos que otros, así mismo por las diferentes herramientas que se usan para que estas inundaciones no se den.

Ahora bien, el origen de las inundaciones no es nada más y nada menos que el producto del cambio climático, el cual está siendo cada día más un problema más grande para las naciones, así mismo que es correcto decir que el origen de estas inundaciones son los flagelos que trae el cambio climático, desde grandes sequías, hasta lluvias torrenciales que ocasionan inundaciones en todo el país, pero mayormente en zonas donde el agua no puede buscar un cauce, es por ello que se proporcionan encharcamientos, y así mismo un alto índice de enfermedades por ello, por otro lado están las cuencas urbanas, que debido que se han construido edificaciones, se han reducido estas, y en consecuencia precipitaciones y altos volúmenes de aguas estancadas que buscan donde salir.

Por otro lado, El IDEAM a través del Estudio Nacional del Agua (2018) ha determinado que existen 190.935 km² en el país con condiciones favorables para la crecida, es decir, que alrededor del 17% del espacio continental del espacio nacional. En mencionado estudio se reconoció que en el país se viene mostrando una transformación antrópica de las Zonas Latentemente Inundables (ZPI). En las cuales, 34.792 km² de las ZPI del área hidrográfica de Magdalena– Cauca se han convertido en espacios agrarios o zonas artificiales que representan el 18,2 % de dicha zona. De la misma manera, en el área hidrográfica Caribe, las variaciones del ZPI obtienen aproximadamente hasta un 80 %.

5. Consecuencias de las inundaciones

Las inundaciones son un problema que trae consigo otros problemas más, así mismo se ha evidenciado a lo largo de historia, podría decirse que las consecuencias causadas son:

- **Económicas:** Las inundaciones producen numerosas pérdidas en las que son más comunes las adquisiciones materiales, a lo que hay que añadirle la reestructuración de todo lo afectado, agregándolo a eso, que en ocasiones las pérdidas pueden ser a nivel nacional debido a

los escasos de productos en particular, generando así una menor oferta de este mismo y por lo tanto un alza en sus precios. (Sánchez, 2018).

- Medio ambientales: Así mismo, se ha dicho que las inundaciones también son perjudiciales para el medio ambiente, en razón a ello, Sánchez menciona que el daño a A terrenos dedicados a la agricultura, daños a siembras y producción en la cosecha. También le atribuiríamos a este fenómeno el daño tan descomunal que le hacen a los seres vivos.

- Salud: Las inundaciones es un problema que sigue causando diferentes problemáticas más, así mismo se ha visto como las inundaciones son principales fuentes de enfermedades y por ende afecta la salud de todas las personas. Las inundaciones debido a los pozos de agua que dejan es muy posible que se lleguen a presentar diferentes tipos de enfermedades, unas de las más comunes podrían ser de transmisión fecal y oral como dengue, malaria, fiebre amarilla entre otras, Agregando a todo esto las contusiones que pueden tener las personas por todo el sedimento que llevan estas corrientes. (Sánchez, 2018)

CAPITULO III, EL SIG Y LAS INUNDACIONES

1. Ventajas y desventajas de los SIG frente a las inundaciones

Cuando hablamos de los SIG, automáticamente los asociamos a las ventajas que tenemos a la hora de prevenir, manejar y solucionar una problemática como en este caso son las inundaciones, esto se debe a que nos ofrece una gran variedad de softwares cuyas funciones nos brindan una amplia gama de aplicaciones que hacen imprescindible a utilización de los mismo, para el fortalecimiento de información que permitan generar mecanismo eficientes para la mitigación de estos fenómenos que azotan a las poblaciones más vulnerables de cualquiera de las regiones que conforman el territorio colombiano.

Una de sus principales ventajas puede ser la disponibilidad que brindan estas plataformas pues podemos acceder a su información a cualquier hora del día estemos donde estemos, solo se necesita hacer clic sobre uno de ellos, esto hace de estos programas unas herramientas de gran presencia en nuestros trabajos e incluso en nuestras vidas cotidianas.

Otra ventaja de las cuales podemos disfrutar a la hora de utilizar las herramientas SIG son la facilidad para utilizar sus datos, información precisa y en tiempo real de lo que necesitemos a la cual podemos tener acceso desde cualquier computador o dispositivo electrónico inteligente, además de permitirnos extraer, exportar e importar infinidad de capas de cualquier tipo en diferentes formatos haciendo más fácil la visualización de información geográfica en estudio.

Como ultima ventaja pero no menos importante podemos resaltar su interfaz la cual está bien optimizada en cuanto su fácil manejo y utilización de las herramientas disponibles, puesto que no se necesita mucho tiempo para crear una capa o un mapa de nuestro interés y compartirlo o exportarlo, además que no es necesario saber lenguaje de programación aunque en algunos casos, si queremos realizar la edición, el cálculo y el geoprocésamiento de datos más avanzados si puede llegar a ser necesario saber escribir los códigos, haciendo nuestro trabajo más confiable y eficiente.

Son pocas sus desventajas por no decir que no tienen, pero una de las más relevantes puede ser la de los costos, puesto que se pueden utilizar de forma gratuita, pero no siempre estos planes vendrán con todas la herramientas ni funciones completas, quizá en algún momento necesitemos utilizar o acceder de una forma más precisa y profesional o información más avanzada, lo que nos obliga a adquirir paquetes o planes en los cuales se incluyan estas herramientas.

Otra de sus desventajas es la necesidad absoluta de una red de internet confiable y de calidad que permita el flujo y acceso a la información en tiempo real ya que si carecemos de este

recurso no podremos ingresar a la interfaz de las aplicaciones SIG y pues no nos permitirá utilizar nuestros datos, capas o mapas que tengamos en la nube a esto se le puede sumar una desventaja más, la cual es la falta de espacio o almacenamiento en la nube lo que nos impide tener un número limitado de datos y mapas ya que la mayoría de estos pueden pesar decenas de megas.

2. Información necesaria para la utilización de los SIG

Para elaborar un mapa con herramientas SIG es necesario conocer una sucesión de antecedentes, que ofrezcan información y recursos que puedan ser utilizados e introducidos en cualquiera de estos softwares para así conformar de manera óptima y detallada esta clase de estudios, para esto es necesario la obtención de datos como: recursos naturales presentes en la zona de estudio, poblaciones e infraestructuras vulnerables, comportamiento y peligrosidad de los eventos naturales, para obtener esta clase de información tenemos diversas fuentes como pueden ser: mapas del sitio en estudio, sensores de tipo remoto, observaciones de campo, documento y hechos históricos ocurridos a lo largo del tiempo los cuales nos ayudaran a conformar y diseñar con el apoyo de los SIG mapas y capas cartográficas con atributos y detalles que solo la información anterior nos puede suministrar.

CAPITULO IV, LOS SIG Y LOS MAPAS DE INUNDACION

1. ¿Qué son los mapas de inundación?

Es un documento o archivo gráfico el cual representa de manera fácil y didáctica las distribuciones y características geoespaciales que permiten distinguir el riesgo de inundación de diferentes sitios y zonas vulnerables producidas por eventos naturales o antrópicos, permitiéndole a los organismos de control la adquisición oportuna de disposiciones y la

clasificación de las comunidades más sensibles para poder informar a tiempo c sobre posibles desastres (Renda, 2017).

2. Tipos de mapas de inundación

Para conocer los diferentes tipos de mapas de crecida, nos apoyamos en el IDEAM el cual genera una guía meteorológica para la producción de dichos mapas los cuales pueden identificarse a continuación:

- Mapa de susceptibilidad de inundación: estos mapas se caracterizan por su elaboración a pequeña escala además indican el tipo de inundación la cual se extrae mediante la superposición de diferentes mapas topográficos y cartografías las cuales representan la zona afectada.
- Mapa de evento de inundación: como su nombre lo dice representan evento de inundación tanto recientes como pasados, estos se pueden obtener a raíz de documentos históricos e imágenes satelitales debidamente interpretadas
- Mapa de amenaza de inundación: este se encarga de suministrar información gráfica sobre inundaciones esperadas debido a posibles problemas como son la falta de pendiente, estos mapas se caracterizan por realizarse en zonas pobladas y zonas de desarrollo.
- Mapa de ubicación de amenaza por inundación: se consideran mapas de amenaza por inundación adaptados con fines de organización y planeación de amenazas existentes y de esta forma poderlas clasificar en tres tipos: amenaza baja, media y alta.
- Mapa de vulnerabilidad de información: este mapa es el encargado de proporcionarnos la información suficiente a cerca de las repercusiones y daños potenciales que puede ocasionar a una población tanto en la parte estructural como en la social y económica de

una región en general arrojando resultados de tipo cualitativo y cuantitativo como por ejemplo la clasificación de las personas afectadas según su edad y estado de fragilidad.

- Mapa de peligro de crecida: estos mapas de riesgo se caracterizan por ser una integración mapas de vulnerabilidad y amenazas, este arroja datos como el daño promedio ocasionado por unidad de área. El peligro es quisa el único parámetro que aprueba un balance de los innumerables riesgos y es una prioridad en la valoración económica. Aunque desafortunadamente la pérdida de vidas en muchos casos se debe expresar en términos económicos.

- Mapa de emergencia por inundación: para la elaboración de este tipo de mapa se basa en los anteriores tipos de mapas mencionados como, vulnerabilidad y riesgo, esto de puede crear según sea su propósito. Para dar una oportuna respuesta a las inundaciones es necesario tener una preparación exhaustiva y cuidadora, debido al tiempo muy corto para dar respuesta se convierte en un componente limitante.

3. Programas utilizados para el estudio de mapas de inundación

En la actualidad se cuentan con una gran variedad de softwares que permiten el estudio y tratamiento de datos en conjunto para la determinación e indagación de las posibles sitios con mayor índice de peligro de inundación en cualquier lugar del mundo. Las aplicaciones que mayormente son utilizadas en Colombia por su facilidad y ergonomía al momento de adquirirlas y manejarlas son: ArcGIS, QGIS, Google Earth Pro y ArcMap.

1. Visualización de mapas

La Figura I revela lo que llamamos una capa ráster la cual se compone de píxeles de diferentes colores, esto nos dice que tienen diferentes elevaciones según su color.

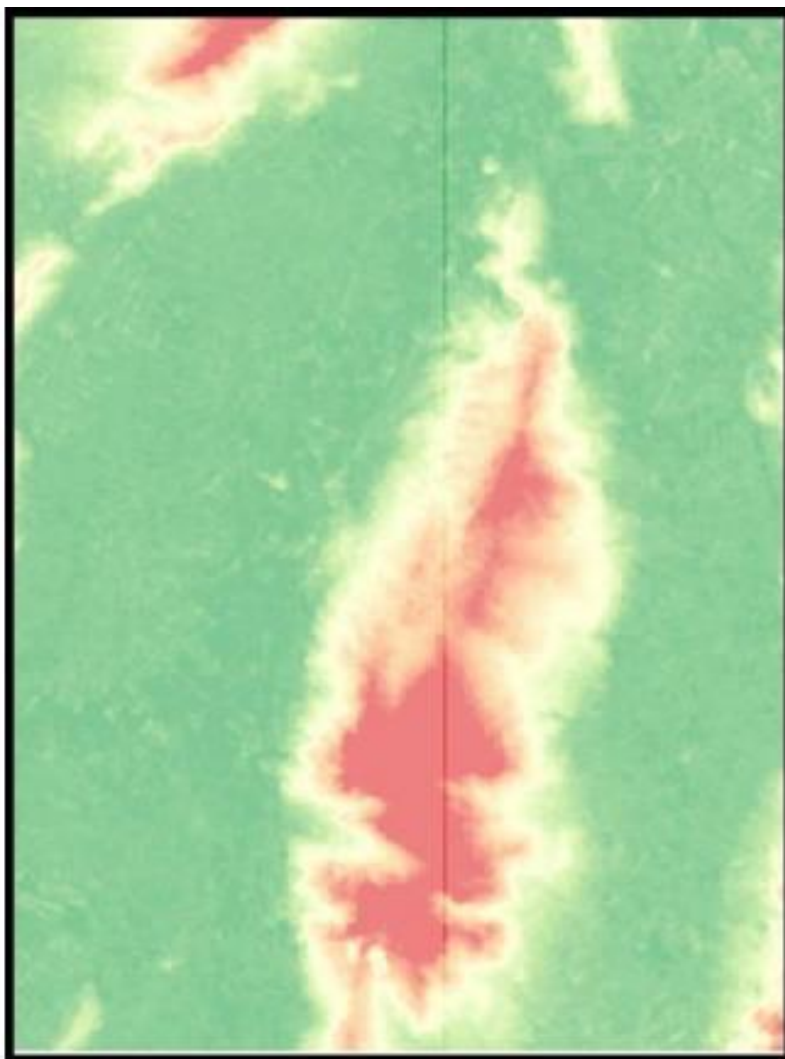


Figura 1 Mapa de Elevación. Obsérvese la zona de color rojo y la zona de color verde como la elevación mayor a menor respectivamente

Nota. Avendaño & Cadena, (2014).

La Figura 2 se puede observar las respectivas capas de elevación y curvas de nivel sobrepuestas una en la otra respectivamente donde las capas permitieron obtener un análisis más detallado de las diferencias de elevación dándole una clasificación de mayor a menor elevación de acuerdo al color.

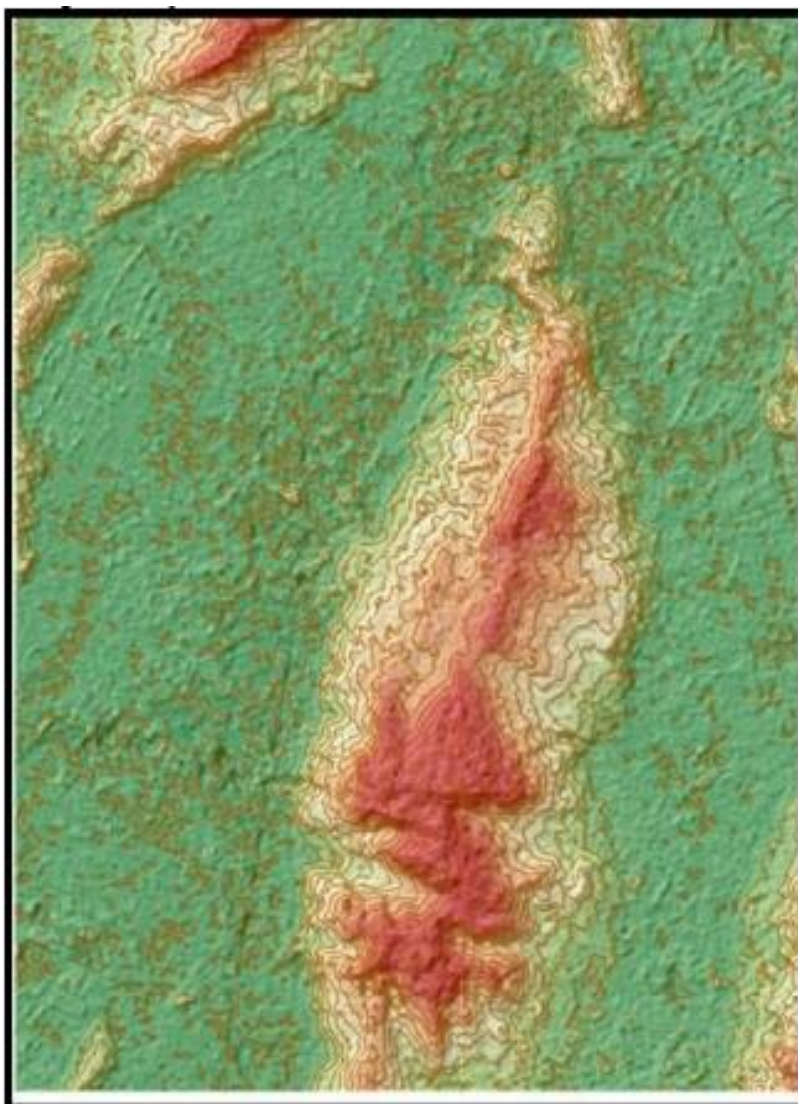


Figura 2 Curvas de nivel y mapa de elevación. Obsérvese la intercepción entre la capa de elevación y la capa de curvas de nivel
Nota. Avendaño & Cadena, (2014).

La Figura 3 nos muestra una nueva capa la cual contiene las pendientes que se obtiene de la anterior imagen

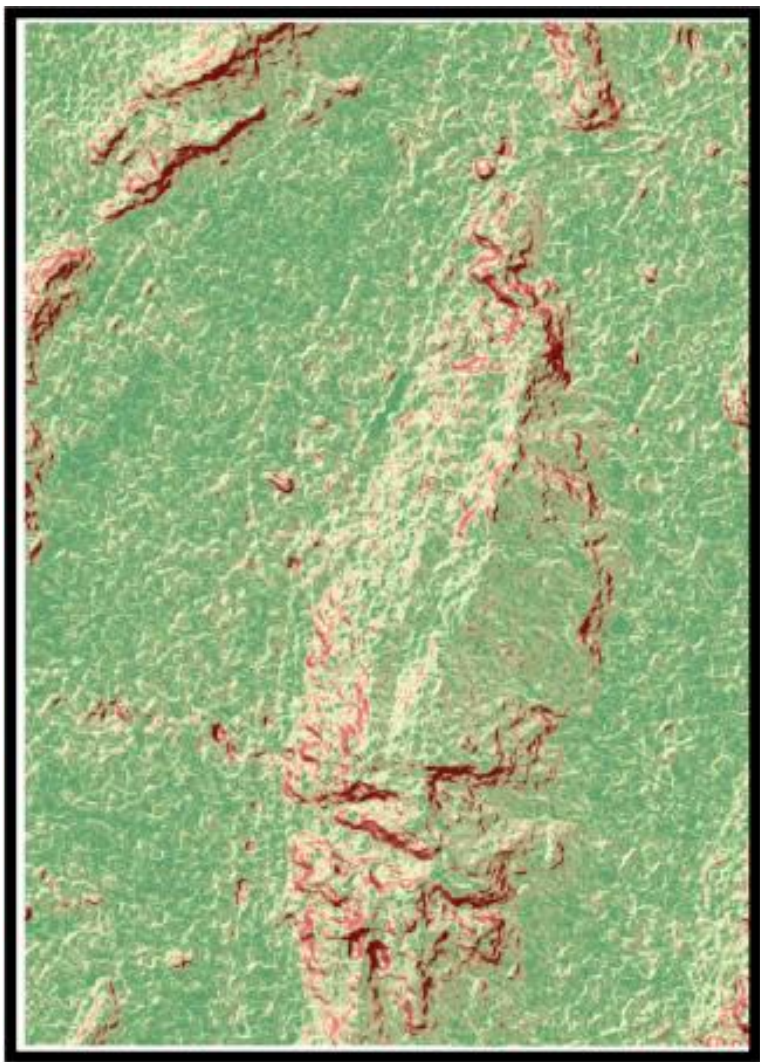


Figura 3 Mapa de pendiente. Identificación de las pendientes más altas (la zona de color rojo) y pendientes más bajas (la zona de color verde)

Nota. Avendaño & Cadena, (2014).

La Figura 4 muestra la intercepción de estas capas dando como resultado una idea detallada de lo que podría ser finalmente el plano de amenazas por crecida.

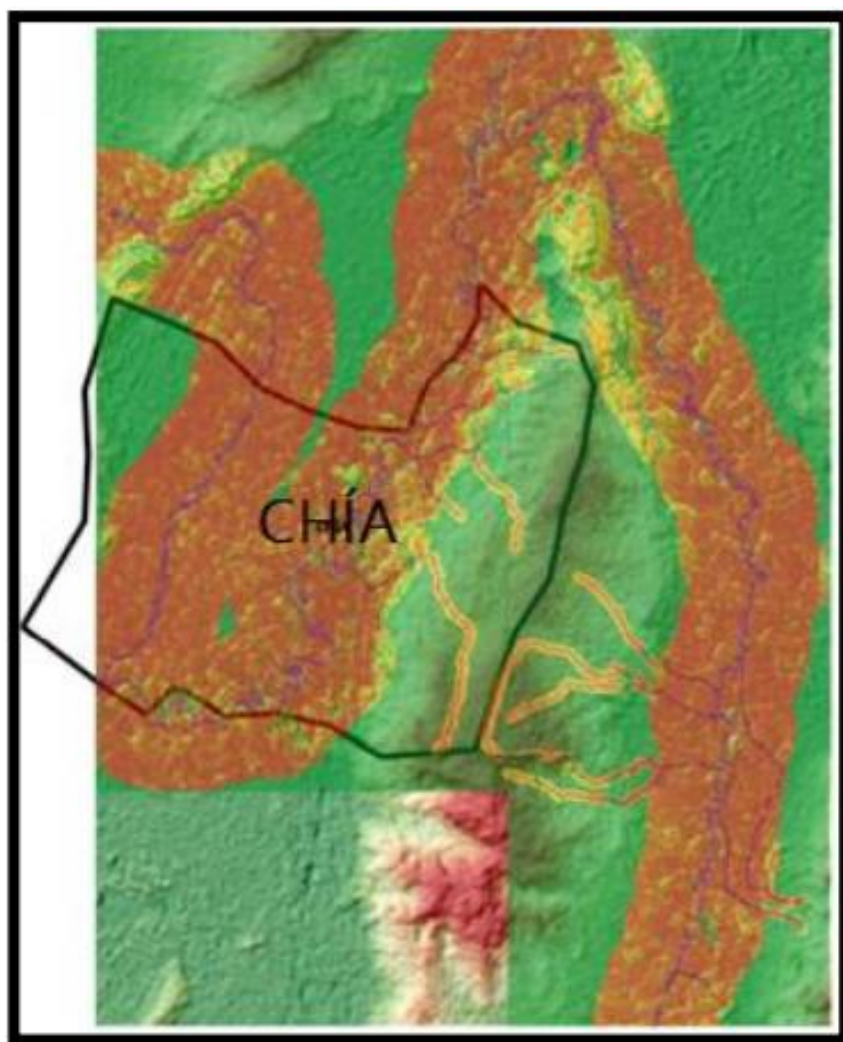


Figura 4 capa de amenaza por inundación. Obsérvese la gran influencia de inundación que existe en el municipio de Chía por la presencia del Río Bogotá, Frío y Teusacá.

Nota. Avendaño & Cadena, (2014).

La Figura 5 muestra el trazado de la línea y la Figura 6 representa el perfil de terreno señalado por la línea respectivamente en el municipio de Cota.

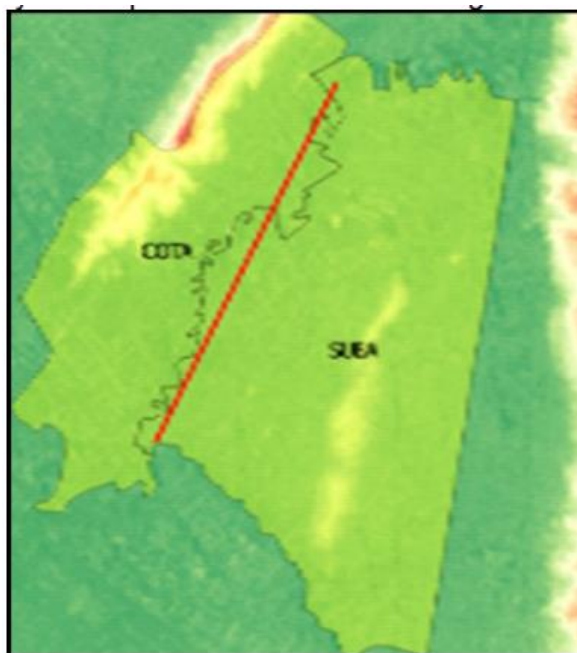


Figura 5 Línea Proyectada para trazado de Perfil longitudinal. Identificación de la línea trazada que orienta el perfil del terreno.

Nota. Alvarado, (2014).

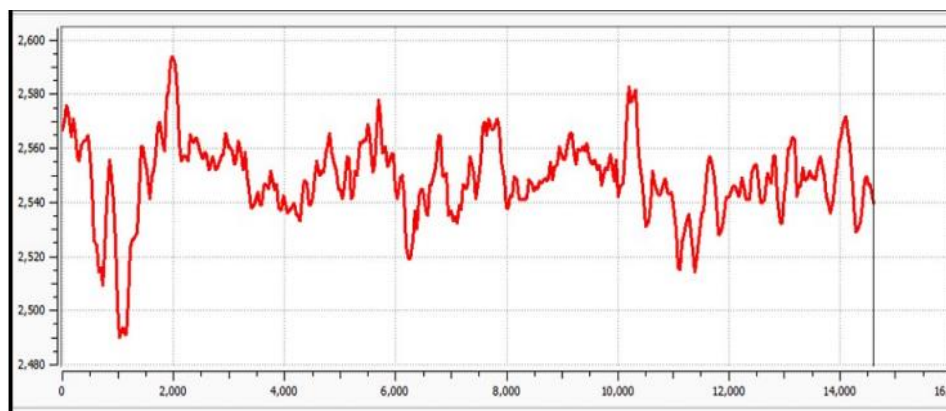


Figura 6 Perfil. Obsérvese el trazado del perfil que permite identificar las variabilidades del terreno en cuestión de pendientes y altitudes.

Nota. Alvarado, (2014).

L a Figura 7 muestra un bosquejo de los afluentes y arroyos que tenían influencia en el sitio de estudio y la delimitación de la cuenca a su alrededor teniendo en cuenta las curvas de nivel, a esta capa le llamaron mapa hidrológico tal como se muestra en la Imagen 7.

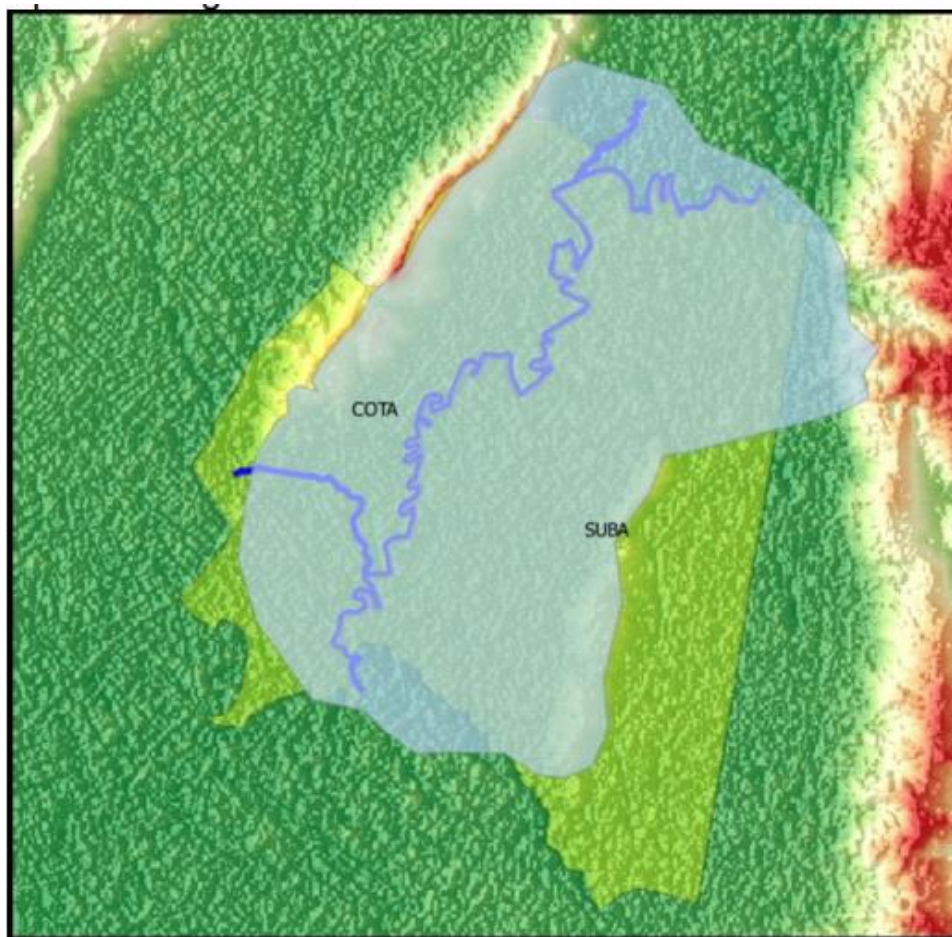


Figura 7 Mapa hidrológico. Obsérvese la capa hidrológica la cual define la cuenca del Río Bogotá.

Nota. Alvarado, (2014).

La Figura 8 muestra el trazado y la distribución de las isoyetas tomando como diferencia intervalos de 50 mm de precipitación tal como se puede observar en la Imagen 8, cabe resaltar que este procedimiento les permitió encontrar la precipitación promedio anual.

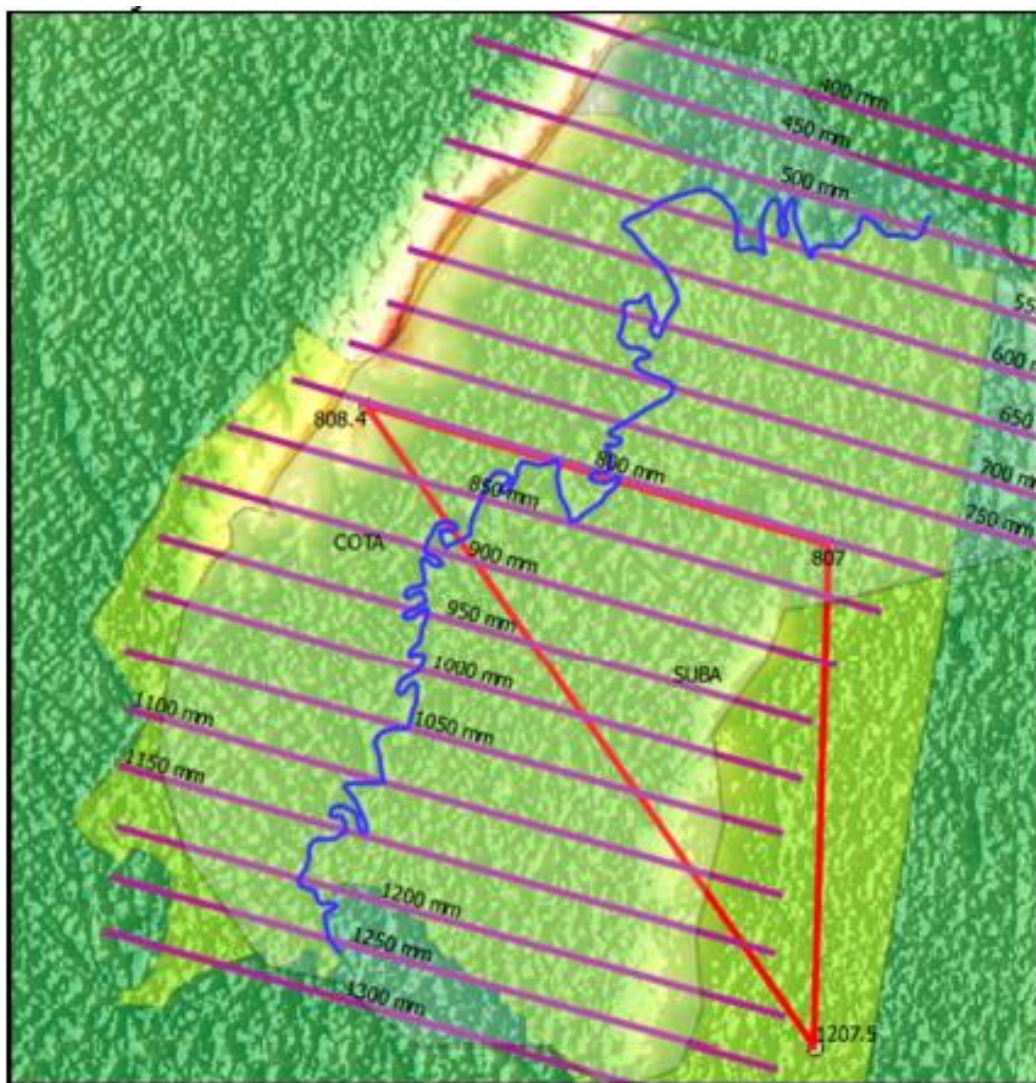
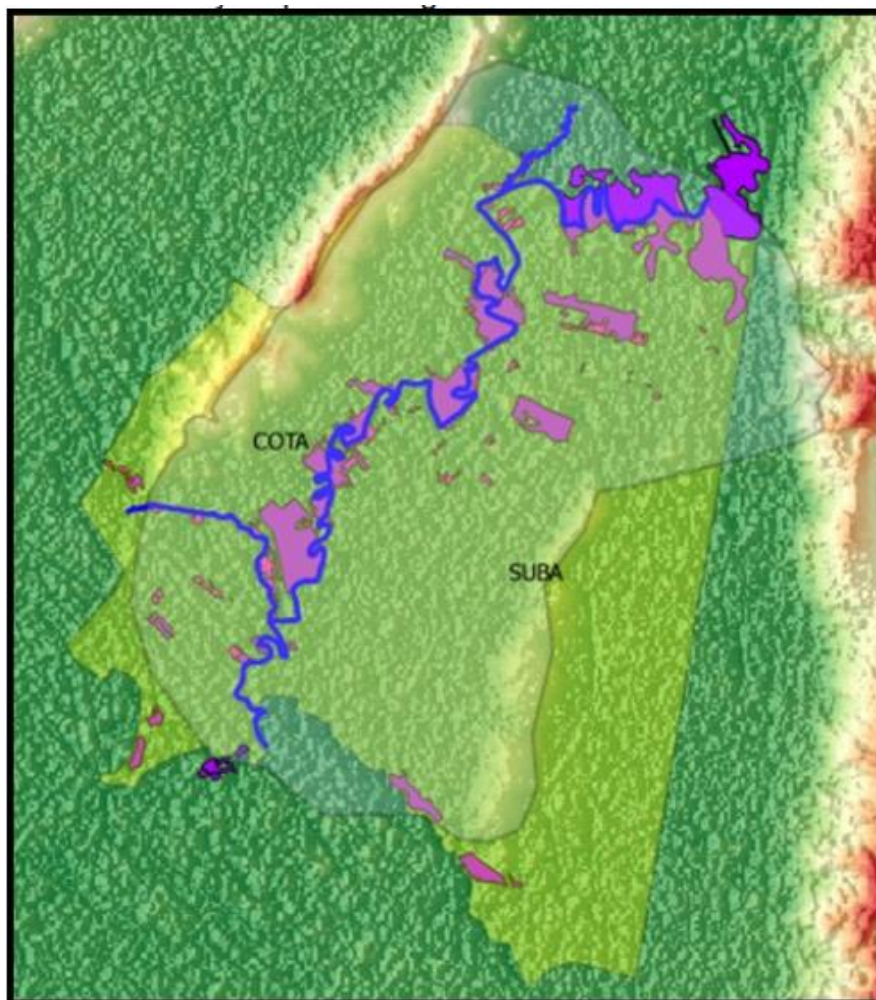


Figura 8 Mapa de isoyetas. Intercepción del trazado de las isoyetas e hidrología del terreno

Nota. Alvarado, (2014).

la Figura 9 muestra como en este caso se escogieron como referencia las crecidas de dos meses en particular presenciadas en el año 2011 teniendo en cuenta que las zonas señaladas con color morado indican las inundaciones del día 6 del mes junio y las áreas de color rosado representan las inundaciones del día 12 del mes de diciembre.



*Figura 9 Inundaciones y Mapa hidrológico. inundaciones del 6 de junio (morado) e inundaciones del 12 de diciembre (rosa).
Nota. Alvarado, (2014).*

La Figura 10 permite observar con base en las imágenes anteriores la utilización de una función de la herramienta de QGIS llamada buffer, esta función se utilizó con la capa de los ríos con el fin de seguir la trayectoria del río Bogotá y así verificar los sitios verdaderamente afectados por este fenómeno natural, dando como resultado un área que posiblemente se verá comprometida de 36,296 Km².

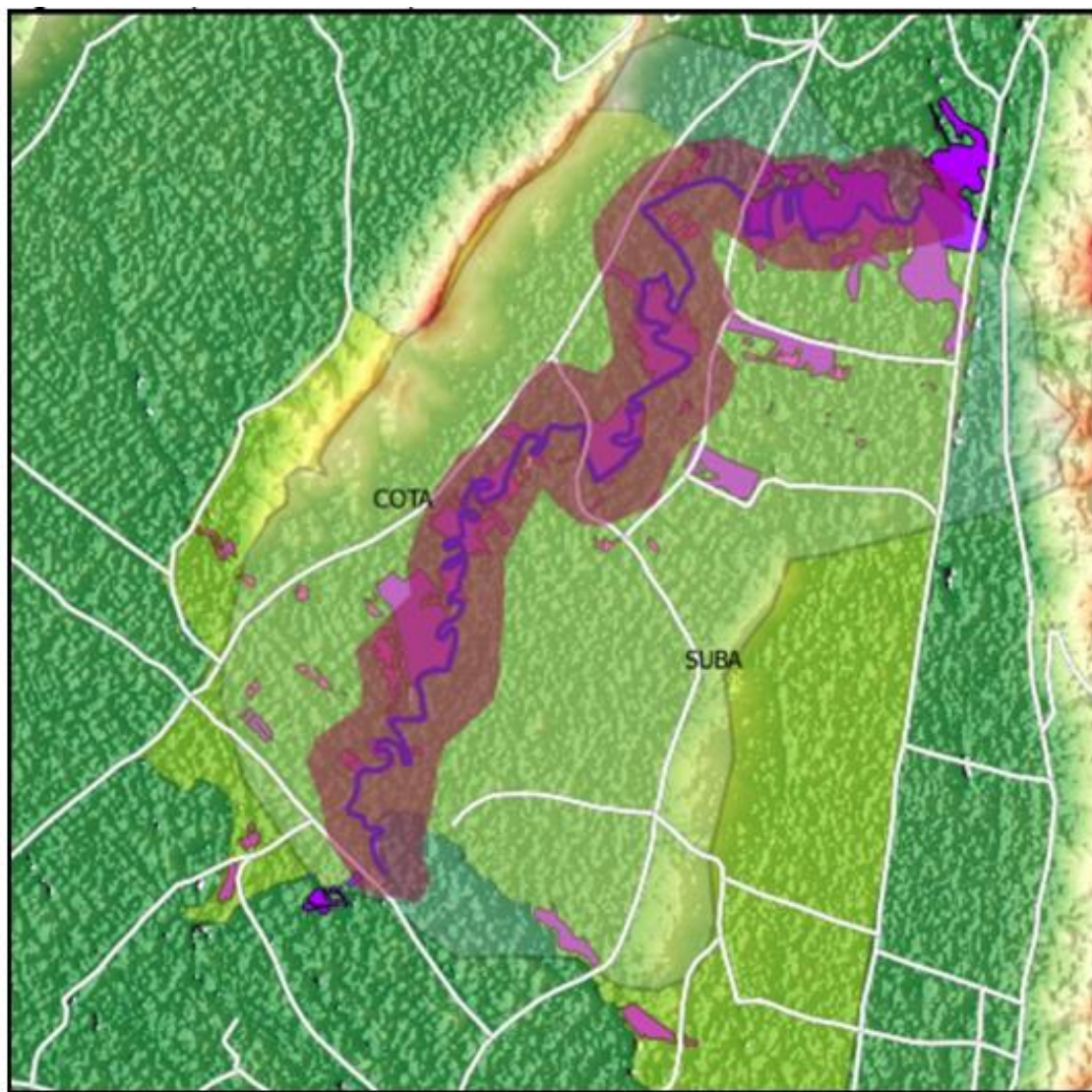


Figura 10 Mapa de Amenaza por Inundación. Sitios afectados por la trayectoria del Río Bogotá.

Nota. Alvarado, (2014).

La Figura 11 muestra el departamento y el municipio de estudio respectivamente.

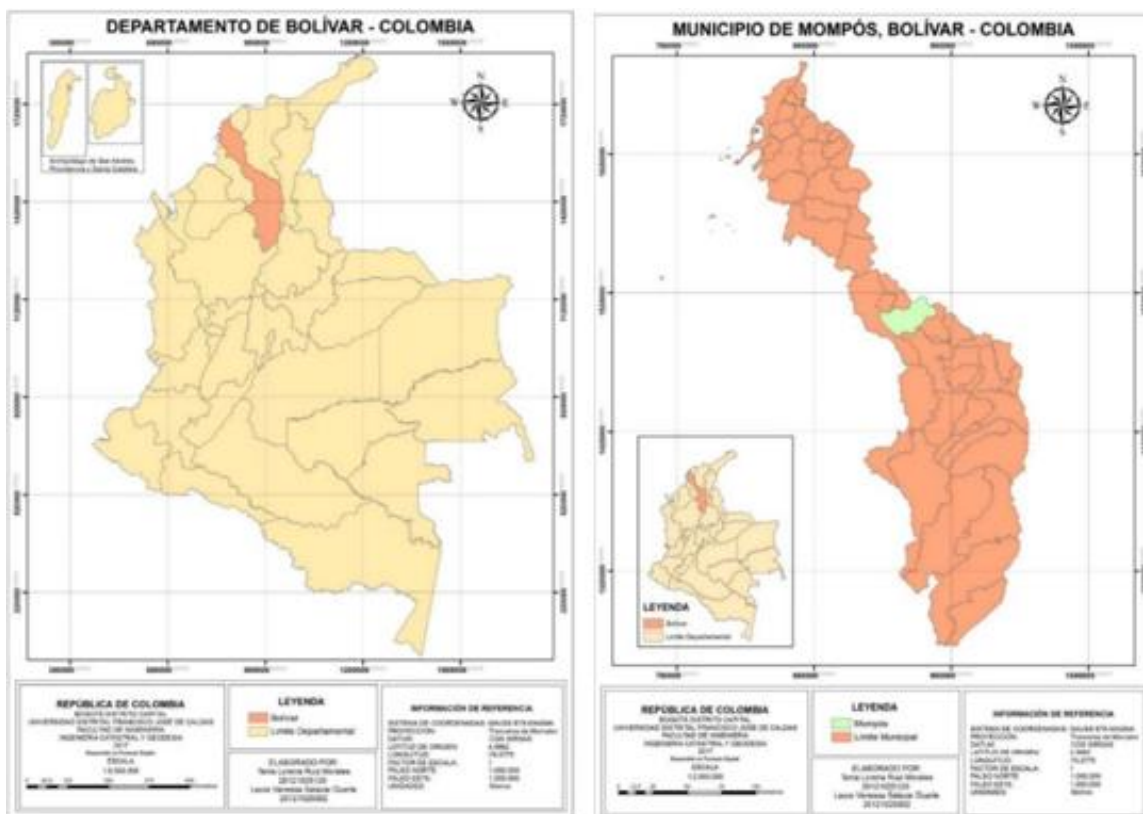


Figura 11 Mapa Colombiano. Obsérvese el mapa departamental de Bolívar y municipal de Mompós

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

La Figura 12 permite observar el mapa o la capa hidrológica de la cuenca, que permite identificar un área aproximada de 7000 km² de la cual hacen parte los departamentos de Bolívar, Magdalena y Cesar.

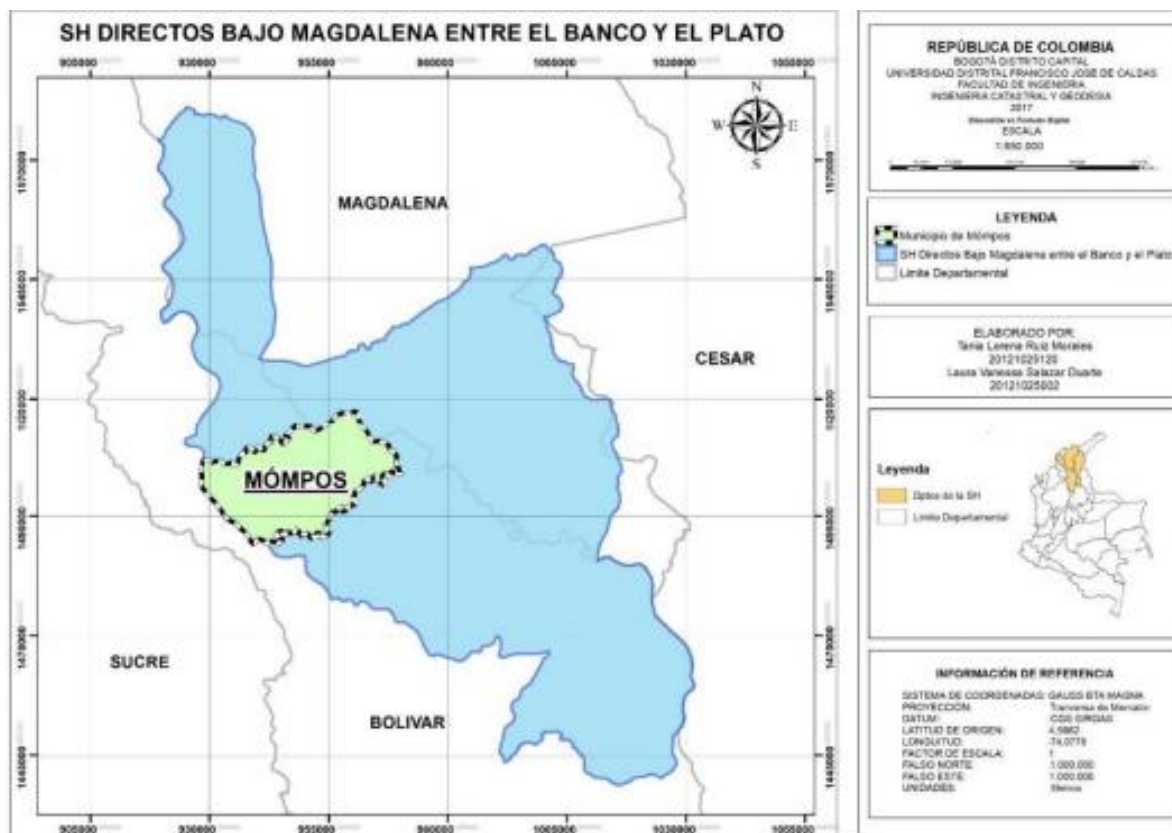


Figura 12 Subzona Hidrográfica objeto de estudio. Obsérvese en el mapa la parte de color verde el municipio de Mompos y de color azul las zonas que limitan para la posible inundación.

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

La figura 13 permite observar más de siete patrones analógicos de altura, los cuales permitieron demarcar y crear una cuenca hidrográfica más pequeña.

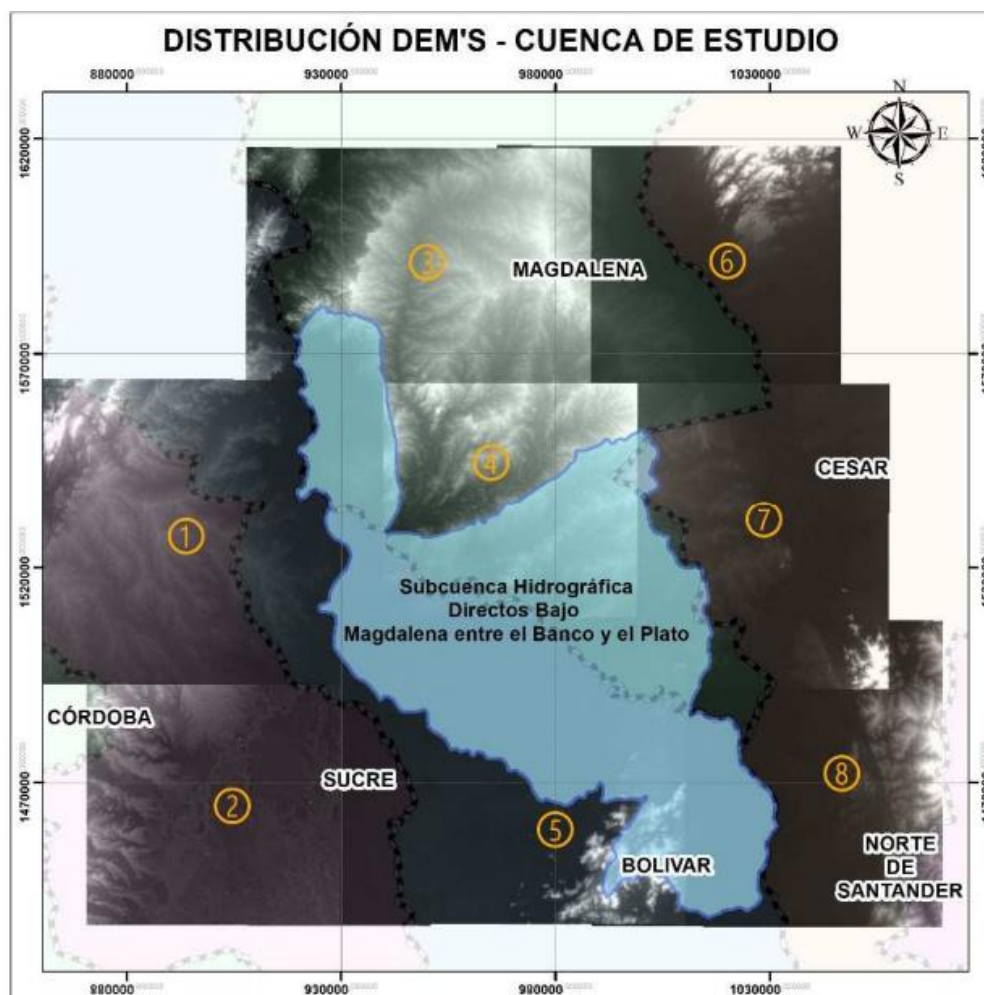


Figura 13 Distribución DEM'S. Identifíquese los 8 modelos DEM que permitieron la obtención de la cuenca hidrográfica

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la Figura 14 se puede ver la distribución de las diferentes estaciones meteorológicas que se ubican en la cuenca hidrográfica.



Figura 14 Localización de las estaciones hidrométricas. Véase la distribución de las 22 suministradas por el IDEAM

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la Imagen 15 se puede observar el plano geológico del municipio de Mompós bolívar

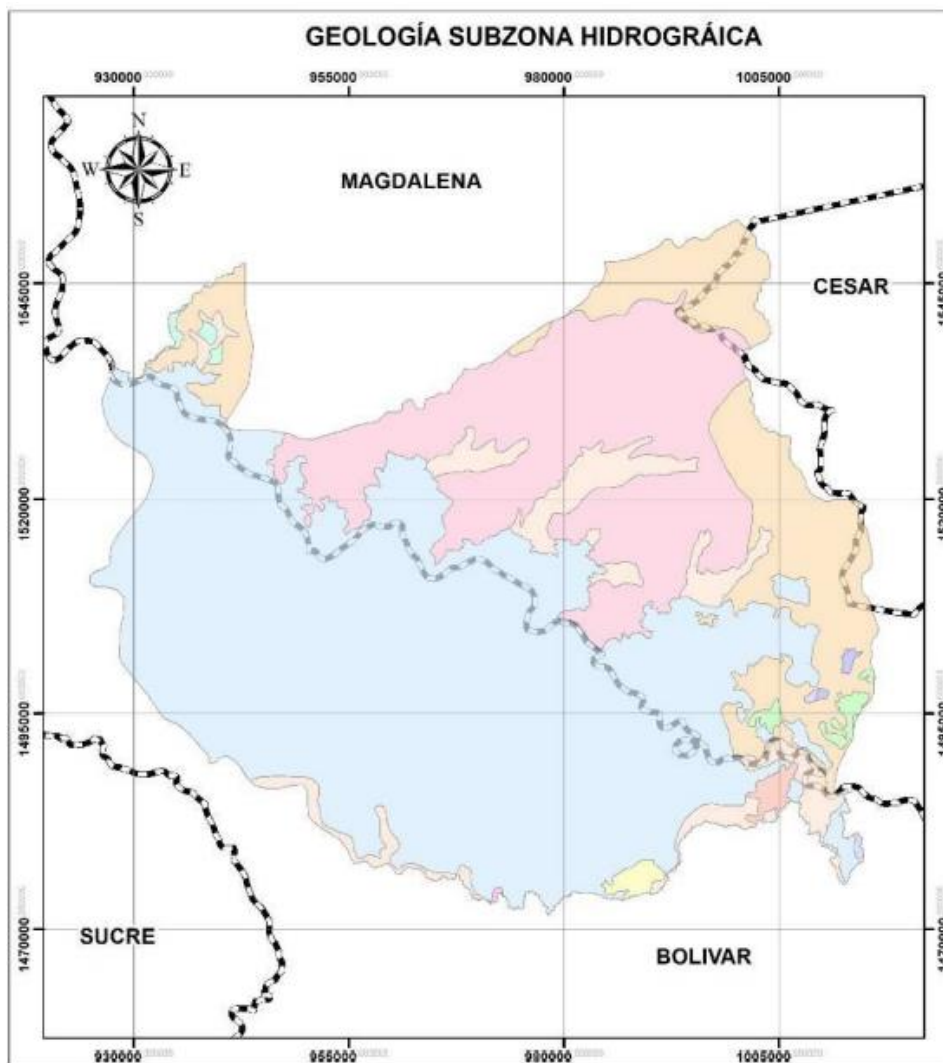


Figura 15 Geología subzona hidrográfica. Véase el mapa geológico de la cuenca en estudio

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la figura 16 se observa la obtención del mapa de coberturas del sitio en estudio del cual se extrajo del IDEAM.

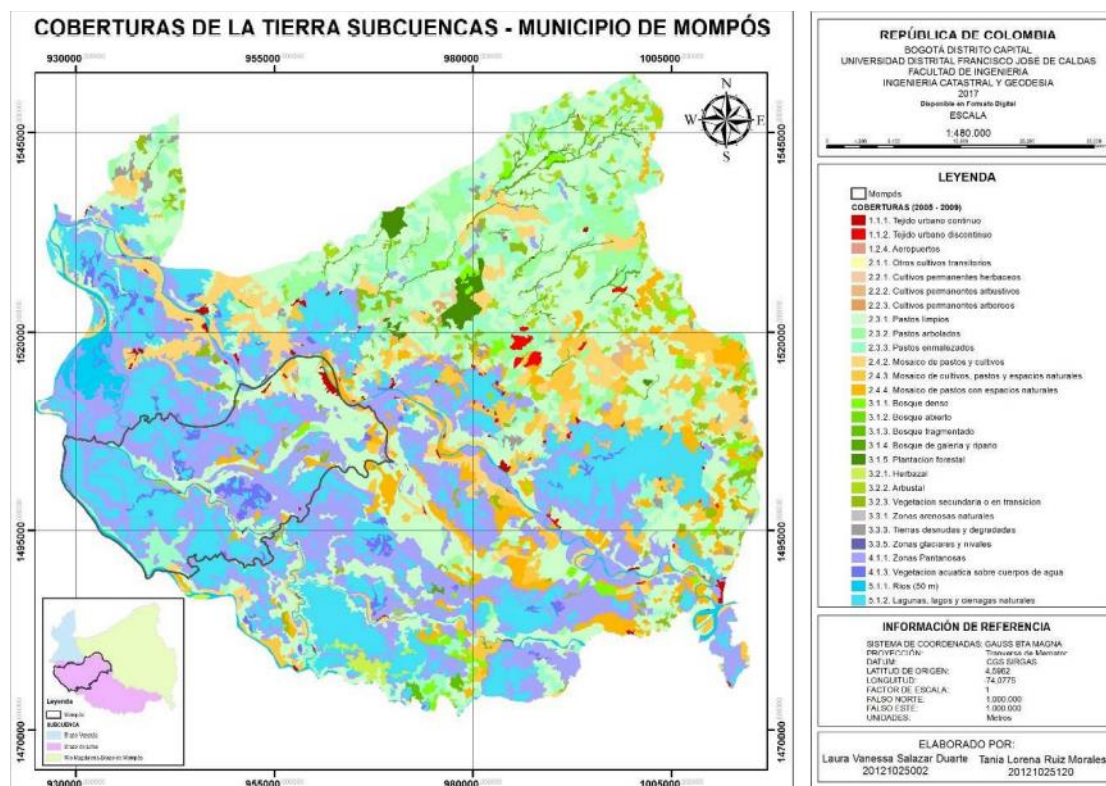


Figura 16 Coberturas del municipio de Mompós Identifíquese las cubiertas de la cuenca jurisdicción de Mompós

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la figura 17 se puede apreciar un mapa el cual consiste en la subdivisión de la cuenca hallada anteriormente.

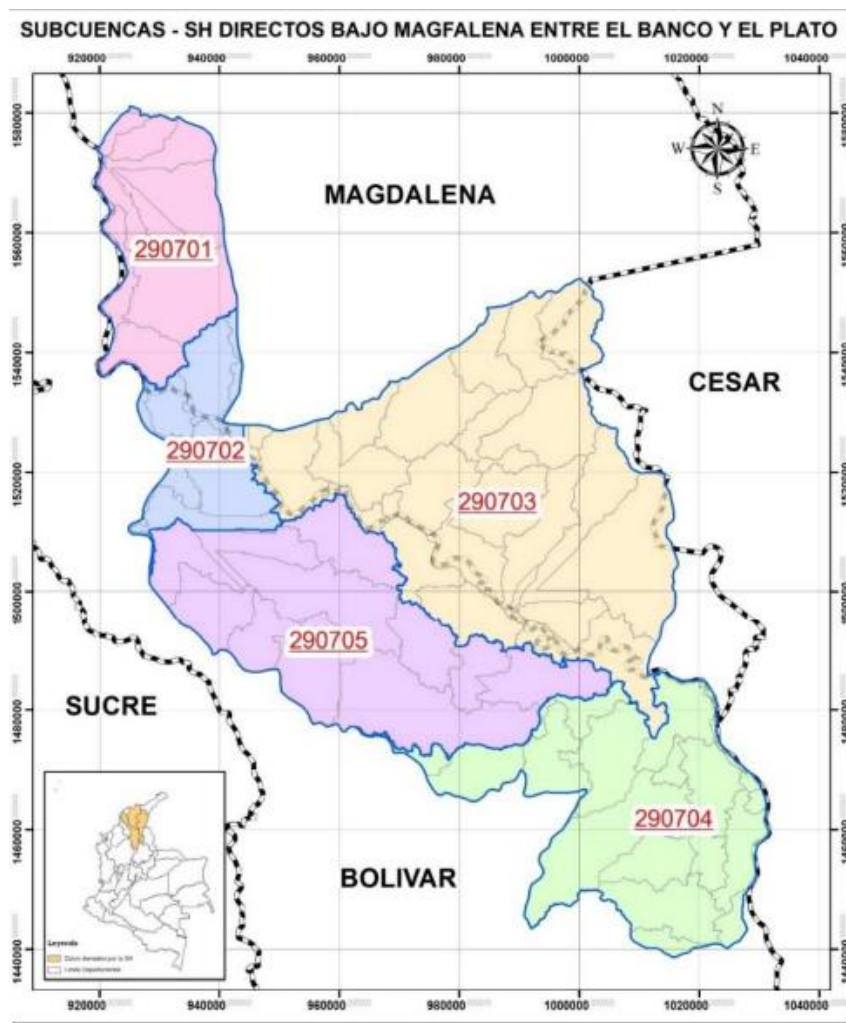


Figura 17 Subcuencas del departamento de Bolívar *Identifíquese las nuevas subcuencas del sitio en estudio*

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la Figura 18 se puede apreciar que las pendientes en la mayoría del terreno estudiado no presentan diferencias muy grandes lo que permite concluir que el terreno es mayormente plano.

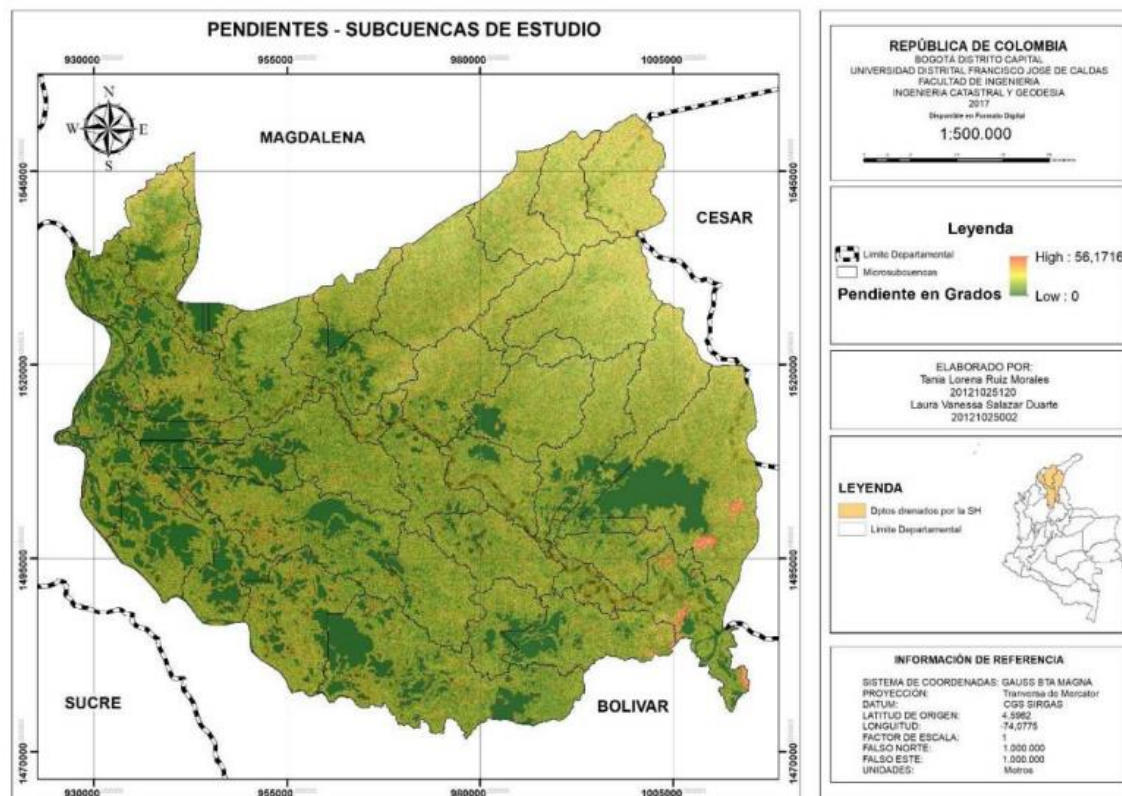


Figura 18 Pendientes del municipio de Bolívar. identifíquese el comportamiento del terreno según el color y su pendiente

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la Imagen 19 nos permite identificar la conducta de la rugosidad según el color.

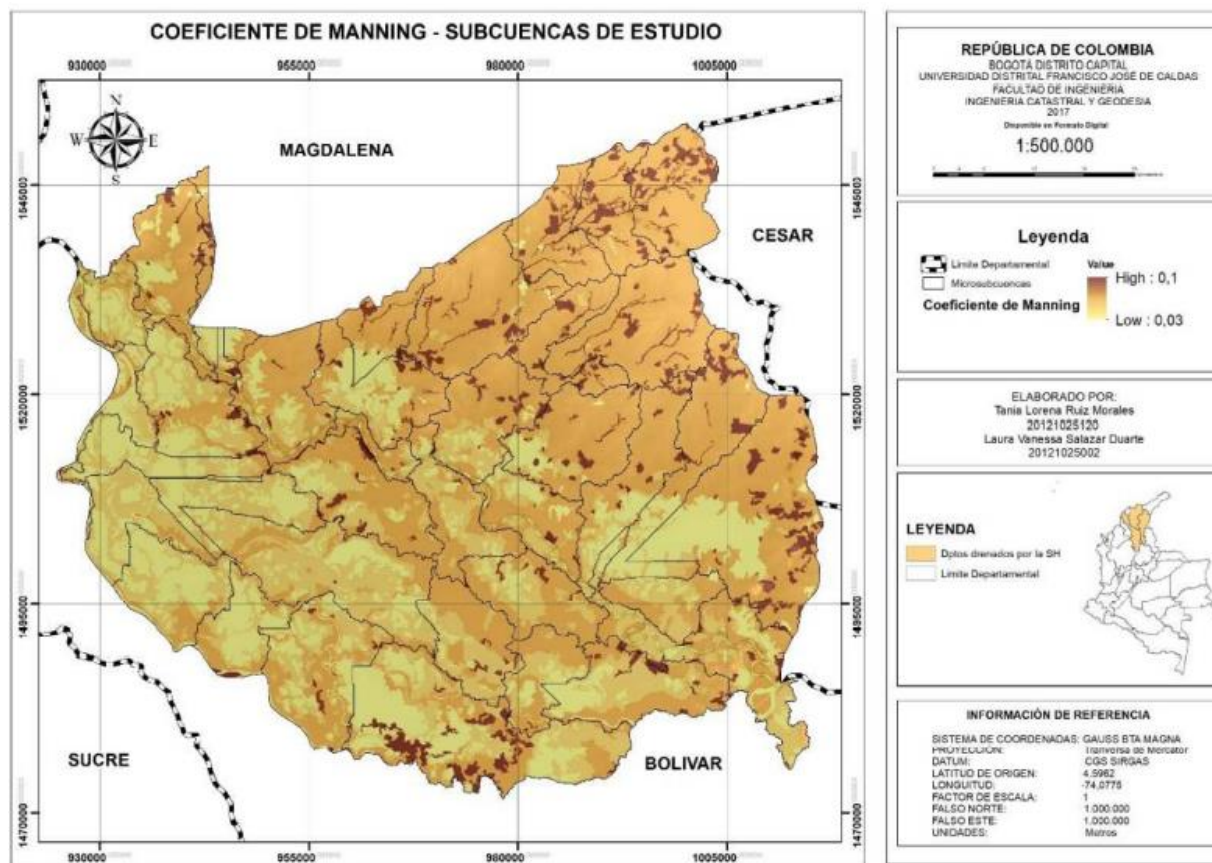


Figura 19 Coeficiente de Manning. Identifíquese las zonas de mayor y menor rugosidad según el color

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la figura 20 se puede observar el plano de peligro por inundaciones en el distrito de Mompós departamento de Bolívar.

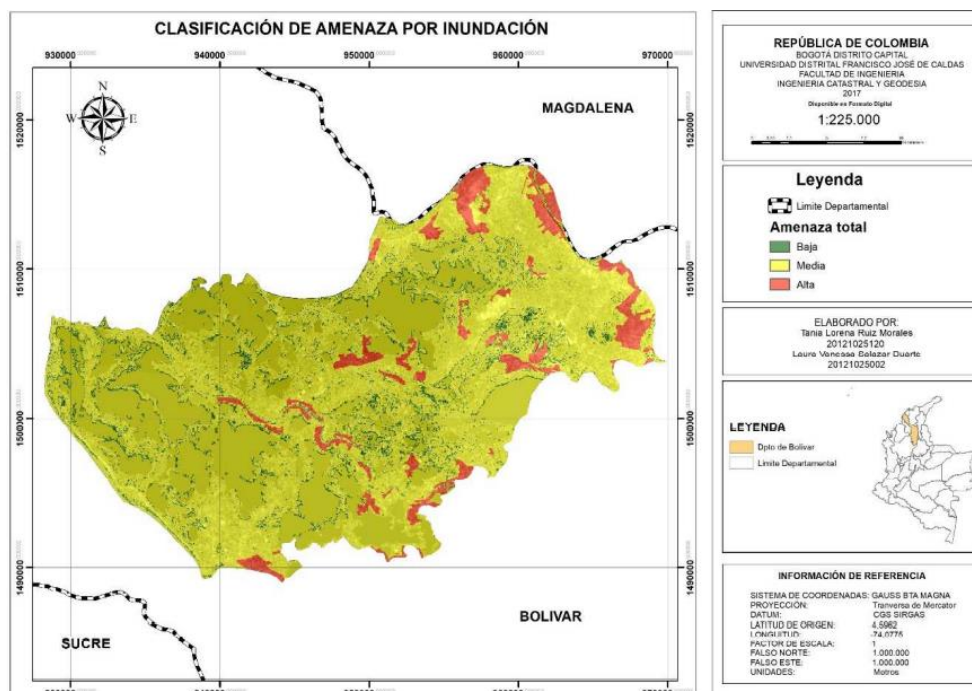


Figura 20 Mapa de inundación del departamento de Bolívar. Identifíquese los sitios de riego de crecida según su color

Nota. Citado por Salazar & Ruiz, (2017).

En la figura 21 se puede apreciar la metrópoli de Santiago de Cali, siendo esta la capital del departamento del Valle del Cauca, para este caso en particular se tuvo en cuenta el espacio metropolitano que se halla intrínsecamente definida por veintidós comunas y trecientos treinta y siete barrios.

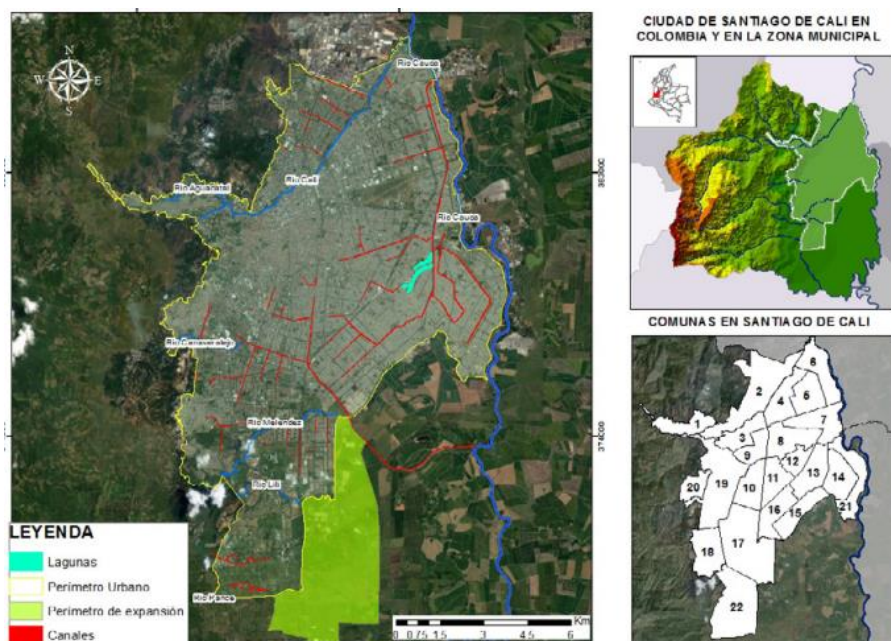


Figura 21 Ubicación Santiago de Cali, Colombia. Identificación cartográfica de la ciudad de Cali.

Nota. Sevillano, Alatorre, Bravo y Salcedo (2020).

En la Figura 22, nos señala y compara el alcance que tiene el mapa realizado por la teledetección de imágenes SAR y los resultados de la obtención de información histórica en una de las comunas más golpeadas por este problema hidroclimático.

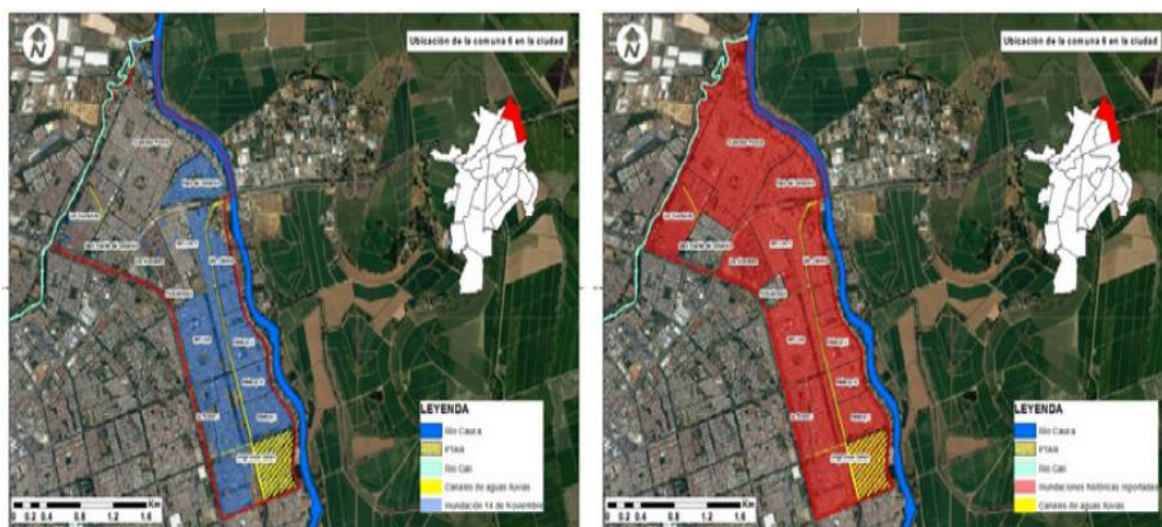


Figura 22 Planos de amenaza y noticias históricas de crecidas en la comuna 6. Obsérvese las áreas afectadas por inundaciones en la ciudad de Cali, Colombia

Nota. Sevillano, Alatorre, Bravo y Salcedo (2020).

CAPITULO V, ESTUDIOS EN COLOMBIA

En Colombia los SIG han ayudado a prevenir las inundaciones y mitigado los desastres, esto mediante todas las consecuencias socioeconómicas que se han reportado en los últimos años, por tanto, es necesario conocer los SIG y más los mapas de riesgo por inundación para contrarrestar los efectos del cambio climático.

Para entrar en contexto debemos saber que Colombia es quisa uno de las naciones de Sur América con mayor influencia de inundaciones por eventos climáticos, lo cual implica que la población se vea directamente expuesta a no solo inundaciones sino también a movimientos de masas, ocasionados en periodos o lapsos de tiempo donde las precipitaciones pueden ser extremas, estos fenómenos naturales se traduce directamente en pérdidas materiales e incluso vidas humana, así mismo la situación no es favorable debido al constante crecimiento de estas ciudades sin nombrar la falta de estudios y mecanismos de prevención que ayuden al fortalecimiento del ordenamiento territorial y así disminuir directamente la relación que existe entre las población vulnerable y el desastre.

En los planos de riesgo de crecida podemos encontrar que están divididos en cinco categorías, donde en primer lugar encontramos los que se podrían designar mapas de sitios inundables; en segundo, los de peligrosidad; en tercero, los mapas de exposición; en cuarto, los mapas de vulnerabilidad a las crecidas, y, en quinto lugar, los que se podrían denominar planos de riesgo de averías por crecida (Ribera, 2004).

Como resultado de los diferentes desastres ocurridos en Colombia, desde 1988 se creó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), como una organización interinstitucional formal que enfrenta estos tipos de problemas, por ello, los SIG de una región contendrá información ambiental y socioeconómica donde se consulte las características de un

determinado espacio convirtiendo este en una herramienta fundamental para llevar a cabo estudios de Ordenación del Territorio o Evaluación de Impacto Ambiental (Sarria, s.f.).

Por otra parte, es de suma importancia tener en cuenta cada una de las investigación que se hayan presentado y desarrollado en todo el territorio colombiano que permitan analizar e interpretar el comportamiento geográfico de cada una de estas zonas que sufren de inundaciones ya sean de tipo natural o inducidas por el hombre, aunque no estamos tan actualizados a nivel de estudios por inundaciones en todas las regiones que componen a nuestro país, si podemos encontrar hallazgos e indagaciones realizados y desarrollados en algunas zonas que poseen un índice alto de riesgo por inundaciones, es por esto que consideramos a los SIG como una herramienta relativamente nueva en el manejo y procesamiento de datos en Colombia pues hace 15 o 20 años era difícil tener acceso a estas fuentes de información ya fuera por la falta de industrialización y equipamiento a nivel nacional como la falta de personal calificado que realizara este tipo de estudios. Por ejemplo, una de las ilustraciones o investigaciones más interesantes a cerca de la utilización de los SIG en posibles zonas de alto riesgo de inundación fue realizada por Avendaño y Cadena en el 2014 fecha no muy antigua en la cual se realizo la zonificación y parametrización de las zonas con mayor índice de vulnerabilidad por crecidas en el distrito de Chía en el departamento de Cundinamarca, esta indagación asumió como intención manejar los SIG como una instrumento de observación de información cartográfica, basándose en una investigación cuantitativa utilizando planos para simbolizar datos que alcanzaran a influir sobre los fenómeno de las crecidas. Dicho esto, definieron el sitio de estudio que efectuaría la geo-referenciación y proporcionaría la distribución de datos analógicos que permitieran emplear los métodos de proyección. El proceso anterior llevó a los autores a la ponderación de planos

para establecer cuál de todos los elementos influyen o poseen mayor jerarquía en los fenómenos de crecida, encontrando las superficies con mayor inminencia de crecidas.

Con el ánimo de dar una solución acertada y objetiva a las inundaciones se tuvo como factores más relevantes o importantes en este estudio, la hidrología de la zona, pendientes y topografía, así como la distribución vial del municipio. Teniendo en cuentas estos elementos y el registro histórico de inundaciones se realizó una comparación mediante el programa Quantum GIS (QGIS) que permitiera hacer la interpretación e intersección de las diferentes capas arrojadas por el estudio y así poder dar una conclusión y determinación de las posibles zonas con más peligrosidad de inundación.

En este caso Avendaño y cadena nos permiten con su estudio la visualización e interpretación de los resultado, llegando a concluir que las principales causas de estas inundaciones en el municipio de Chía son la falta de pendiente que permita la esorrentía y flujo del agua en reposo además de la gran presencia de ríos y quebradas, esta conclusión la podemos respaldar con otro estudio que también es muy interesante puesto que fue realizado en el municipio de Cota limitando con la localidad de Suba elaborado por Alvarado en 2014, el cual tuvo como objetivo la interpretación y análisis de datos suministrados mediante las múltiples herramientas que aporta los SIG en el estudio de amenazas por inundaciones, dando como resultado una investigación detallada de cómo afecta el río Bogotá a el municipio de Cota y los límites de la localidad de Suba.

En este caso, para desarrollar esta investigación se realizó una serie de pasos que pudieran ayudar a corroborar y analizar las zonas más críticas del río con respecto al municipio de Cota y la localidad de Suba con el objetivo de obtener un mapa que contribuya con la clasificación de las zonas más vulnerables para inundarse por la cuenca del río Bogotá.

Partiendo de los resultados que obtuvo Alvarado en este estudio se puede concluir y reforzar nuestro punto de vista acerca de lo delicada que puede llegar a ser esta situación en el municipio de Cota debido a la falta de pendientes lo suficientemente grandes para hacer que el agua fluya en lugar de quedarse estancada, por otra parte el autor de esta investigación nos plantea que el principal factor que influye en esta problemática social, estructural y medio ambiental son las fuertes precipitaciones ocasionadas en el transcurso del año además de la difícil morfología del terreno que impide en algunos casos el drenado y escurrimiento del mismo debido a la poca pendiente y la falta de canalización de la misma ratificando nuestra hipótesis nuevamente.

Otro estudio que nos puede dar la razón o bien podemos argumentar aun mas nuestra perspectiva sobre las inundaciones que pueden ser directamente proporcionales al fuerte lazo que existe entre las cuencas hidrográficas y la poca pendiente, este estudio fue realizado por Salazar y Ruiz en 2017, una fecha un poco más reciente lo que nos indica que los SIG están tomando un gran impacto en el desarrollo y creación de mecanismos que ayuden a la mitigación y prevención de desastres, esta investigación tubo como prioridad el hallazgo de posibles zonas que estuviesen amenazadas por posibles inundaciones en el municipio de Mompós-Bolívar, para esto se usaron diferentes herramientas SIG. El principal objetivo de esta investigación fue generar un mapa de las diferentes zonas que pudieran presentar un alto porcentaje de amenaza por inundación para el municipio, para esto se ejecutó el procesamiento de imágenes satelitales mediante las herramientas que ofrece hoy en día la tecnología o sea las herramientas SIG, cabe aclarar que todo esto se efectuó con el fin de contribuir y brindar un aporte que permitiera tomar decisiones y así optimizar la planificación y organización del territorio el cual permitiera la prevención y mitigación de posibles desastres naturales en un futuro no muy lejano.

Con base en lo anterior y sabiendo que el Sistema de Gestión Nacional de Riesgo de Desastres tiene como definición de inundación “el represamiento estacional de lluvia ya sea fuera de los ríos, lagunas y cualquier espacios de reserva ácuea las cuales pueden ser de forma nativas o edificadas, por tanto se pueden dar debido a que los caudales de escorrentía llegan a superar la capacidad de infiltración y suspensión del suelo lo que repercute en el colapso e incapacidad de transporte de los canales, así mismo, debemos tener en cuenta las propiedades que caracterizan a Colombia, puesto que al ser un país con una abundante riqueza hídrica pero a su vez peligrosa en épocas de invierno, lo que asegura la constante presencia de lluvias torrenciales, las cuales pueden ser directamente proporcionales a las amenaza por inundación, también se puede decir que existe otros factores que influyen en gran medida a que se presenten este tipo de situaciones lamentables como pueden ser el alto impacto que genera la intervención de los ríos y quebradas, la continua y desafortunada manipulación que realizan los humanos sobre las zonas de protección y conservación de las fuentes hídricas, además de la reducción de las zonas de humedales.

A partir de las diferentes capas ráster halladas en el transcurso de la investigación elaborada por Salazar y Ruiz en el 2014 se pudo realizar la intercepción y ponderación de las mismas, obteniendo un resultado aceptable el cual indica que el mayor porcentaje de área en estudio está bajo un índice de amenaza medio (86.19%), el (7.03%) con índice bajo y el (6.78%) con un índice alto, lo que permitirá a los entes de control tomar cartas en el asunto y así poder crear mecanismos de control eficaces y duraderos que ayuden a la población vulnerable a afrontar esta clase de eventos torrenciales, pero que debido a la ubicación geográfica suelen ser muy comunes, es evidente la ayuda de los SIG a la hora de crear diagnósticos y mapas preventivos que de

verdad ayuden directamente a dar soluciones y tomar decisiones efectivas frente a esta problemática.

Con base en los estudios ya mencionados podemos identificar dos cosas: la primera es la importancia y utilidad que tienen los SIG en la planeación y organización regional y nacional, la segunda es que debido al gran impacto que tienen esta serie de estudios es indispensable su buena elaboración y ejecución puesto que una ineficiente toma de datos e interpretación de los resultados puede generar desafortunadas pérdidas tanto materiales como ambientales además de vidas humanas y animales, es por esto que no siempre es suficiente basarse en datos obtenidos por medios espaciales, digitales o de sensores remotos, puesto que en ocasiones la información de este tipo puede ser no tan precisa e incluso insuficiente lo cual nos lleva a contemplar otra serie de procedimientos para la obtención de datos que sirvan y contribuyan en la formación y elaboración de un mapa del nivel de riesgo por inundación de una población.

Para justificar este planteamiento podemos apoyarnos en el estudio realizado por Sevillano, Alatorre, Bravo y Salcedo en 2020 sin duda una investigación más reciente al resto ya mencionadas pero que argumenta que así estemos más actualizados en el mundo de los SIG no siempre será suficiente la interpretación de estos datos en la toma de decisiones de manera precisa. Para este estudio se tuvo como objetivo identificar zonas de inundación en la ciudad de Santiago de Cali Colombia, mediante imágenes de RADAR e información histórica, Para la investigación mencionada se utilizaron imágenes Sentinel 1 del evento y reportes de fenómenos hidrometeorológicos, este tuvo como base un proceso metodológico el cual se desarrolló en ocho etapas en las cuales se describe la zona de estudio, los aspectos generales de la técnica, el procesamiento de imágenes de satélite, las fuentes de revisión documental, el trabajo de campo y la integración de resultados, esto permitió obtener datos no solo de manera remota si no también

mediante recorridos por cada uno de los barrios afectados recopilando información valiosa y verídica de cada evento presenciado por los habitantes, permitiendo la diversidad y fortalecimiento de los resultados los cuales podríamos concluir que son de utilidad y aun mas importante se puede confiar en ellos para así tomar una serie de decisiones que ayuden y contribuyan a crear iniciativas y mecanismos de prevención de desastres por inundaciones

Sin lugar a duda los SIG son una herramienta indispensable en la elaboración de mapas que evidencien cualquier tipo de amenaza, vulnerabilidad o peligro de inundaciones en cualquier lugar del mundo, pero si lugar a duda en nuestro país ha sido y será una pieza clave en la organización territorial y la prevención y mitigación de desastres, lo que nos hace pensar en lo fundamental que se vuelve el estudio de estos procesos y métodos que facilitan la interpretación y manipulación de datos al tal punto que se obtienen mapas detallados de posibles zonas criticas y susceptibles a los eventos hidro climáticos.

CAPITULO VI, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

Con base en lo planteado en las investigaciones anteriores se puede concluir que los SIG son de gran ayuda y utilidad a la hora de diagnosticar y analizar posibles zonas que tengan una alta tasa de peligrosidad por inundaciones ya que según lo planteado por estos autores y lo corroborado en sus estudios se hace fácil definir las áreas que posiblemente se inundaran en eventos hidro climáticos posteriores a estos estudios y no solo eso, también ratifican con los datos de inundaciones históricas que las zonas vulnerables seguirán padeciendo de esta problemática frente a estos fenómenos climatológicos.

Si tomamos en concreto el estudio del municipio de Chía podemos concluir que un gran porcentaje del área metropolitana sufrirá en los próximos años de inundaciones por diferentes

variables ya sean la poca presencia de pendientes que permitan la escorrentía de precipitaciones extremas o desbordamientos de los ríos aledaños, esto se evidencia cuando hacemos la intercepción entre el mapa de amenazas por inundaciones generado por el estudio y las áreas afectada en el evento histórico ocurrido en el año 2011 de lo que les permitirá a los organismos de control tomar acciones para poder mitigar y prevenir posibles desastres tanto ambientales como económicos y perdidas inmateriales, por otra parte debemos resaltar la gran ayuda del SIG implementado en este caso QGIS el cual permitió la visualización y creación ordenada de diferentes capas y mapas que facilitaran y optimizaran la interpretación de los datos y su información, así mismo dando resultados favorables y de gran impacto frente a esta problemática.

Ahora bien, si hablamos del estudio que se realizó en el distrito de Cota que limita con la urbe de Suba, podemos concluir que esta investigación también nos permitió identificar las zonas críticas y ratificar la importancia de los SIG en el estudio, comparación y delimitación de las áreas con mayor índice de inundación, estos resultados no son muy favorables y si los confrontamos con eventos presenciados a lo largo de los años en este municipio pues se puede considerar gracias al mapa generado finalmente por este estudio que las áreas de inundación incluso pueden ser mayores a las inundadas en años anteriores lo que permite diagnosticar y crear posibles mecanismos que le den solución o mejoren el comportamiento de estos terrenos debido a que se podrá hacer el seguimiento en tiempo real del comportamiento geográfico y del impacto que este tendría en dado caso aconteciera un evento climatológico fuerte.

En el tema de la publicación realizada en la metrópoli de Santiago de Cali, se puede decir que no solo las herramientas SIG permiten ayudar a la formulación y recopilación de información adecuada y precisa que ayuden con la visibilidad y delimitación de diferentes zonas

de riesgo por inundación, puesto que en esta investigación se utilizó otra manera de recolección de datos la cual no tenía nada que ver con los SIG, esta se desarrolló mediante el trabajo de campo, el cual consistió en realizar visitas y recorridos haciendo preguntas para obtener datos históricamente correctos de inundaciones en años anteriores, esto hizo interesante y muy apropiado el método puesto que revisando los resultados y comparando los mapas generados tanto por la detección de imágenes SAR y los obtenidos por las comunidades encuestadas que habitan estos barrios y comunas se llega a la conclusión de que no son muy diferentes lo que nos indica es no siempre es suficiente realizar un estudio a base de datos geográficos obtenido de manera remota si no también es importante tener la evidencia y la información del sitio en particular de las personas que han vivido desafortunadamente esta clase de eventos climatológicamente impredecibles.

En definitiva los SIG son una fuente inagotable de información valiosa que nos permiten indagar, analizar, procesar y calcular datos de forma global y práctica en cualquier instante y en cualquier lugar que sea necesario, esto hace de los SIG una herramienta indispensable en la generación de políticas socioeconómicas y medioambientales que permitan el fortalecimiento y la optimización de los recursos geográficos además de facilitar el pronóstico y visualización de posibles problemas frente a eventos climáticos no previstos o de carácter social.

Para concluir este trabajo es necesario resaltar la labor de estos estudios y de cada uno de sus autores, los cuales permiten el fortalecimiento y la interpretación de diferentes lugares y situaciones muy a menudo críticas que repercuten y perjudican a las comunidades más vulnerables de diferentes poblaciones de Colombia, las cuales después de cada uno de estos estudios tienen la capacidad y la oportunidad de seguir profundizando en la captación de información que les permita analizar y caracterizar cada una de las zonas que puedan presentar

este tipo de riego muy común como son las inundaciones ya sea que se presenten por fenómenos naturales o por la incapacidad de las estructuras hidráulicas para captar y transportar el caudal de estos eventos hidro climáticos.

2. Recomendaciones

Se recomienda que al momento de realizar un estudio de esta magnitud y sobre todo la importancia que tiene para un municipio o región se incluya o se investigue más variables con respecto al terreno en estudio el cual puede jugar un papel muy importante como puede ser los coeficientes de infiltración, niveles freáticos, caracterización de los suelos y en su defecto si hay presencia de acuíferos o pozos subterráneos que interfieran de una u otra forma en las inundaciones, también es importante tener en cuenta las estructuras hidráulicas como lo pueden ser canales, recolectores y tuberías de drenaje que ayuden a trasladar y evacuar esos caudales de agua ya sea pluvial o fluvial presentes en cada una de estas zonas de estudio las cuales se ven afectadas en gran medida por inundaciones en diferentes épocas del año.

Otra recomendación que haríamos en este trabajo seria dirigida hacia los entes de control como lo son alcaldías, secretarías de planeación y corporaciones autónomas regionales para que incentiven y promuevan las investigaciones y elaboración de este tipo de documento como pueden ser informes y estudios de gestión de riesgo, estos ayudan al fortalecimiento y optimización de los recurso puesto que en muchos de estos estudios no se tenia una información actualizada de los eventos de inundación o quisa no había cartografías detalladas o mapas georreferenciados que redujeran el trabajo y permitieran profundizar mejor en el análisis de los resultados arrojados por la misma, lo que redice el alcance y efectividad de los estudios en cuestión.

Se recomienda que se haga una nueva base de datos actualizada de todas las regiones de Colombia en las cuales se pueda encontrar los estudios pertenecientes a todas las zonas de alto riesgo de inundación ya sea que colinda con un río, quebrada o canal el cual este expuesto a un posible evento hidro climático extremo, para esto es necesario el apoyo del gobierno nacional en cabeza del ministerio de Salud y Protección Social, para que se trate esta problemática como algo verdaderamente importante y que desarrollándose de manera adecuada puede no solo salvar vidas si no mejorar social y económicamente estas comunidades vulnerables de todo Colombia.

Como ultima recomendación sería la de impulsar el manejo de los SIG en las instituciones de educación superior, para que los nuevos profesionales tengan la destreza y el discernimiento para ayudar y aportar a cada una de sus regiones su conocimiento en el manejo de estas bases de información inagotables y así promover la actualización y generación de nuevas economías que certifiquen una mejor eficacia de la existencia para el ingeniero en formación y un reconocimiento merecido a la universidad que lo condujo a investigar y afianzarse como un verdadero profesional en el mundo y uso de los SIG.

Bibliografía

- Albert. (2014). *Qué es Quantum GIS y por qué utilizarlo*. Obtenido de Pleiades Enginyeria i Consultoria: <https://pleiadesic.com/es/que-es-quantum-gis-y-por-que-utilizarlo/>
- Alvarado, S. (2014). 3.3. *Uso de un sistema de información geográfica para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá, municipio de Cota, límites localidad de Suba*. Bogotá: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- Anónimo. (2017). *Sistemas de Información Geográfico*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html>

Anónimo. (s.f.). *ArcGIS Resources*. Obtenido de introduccion al SIG:

<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>

Anónimo. (s.f.). *Precipitaciones*. Obtenido de

http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%202.pdf

Avendaño, A., & Cadena, Y. (2014). *USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CHIA*. Bogotá, D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Deyán, D., Maita, Y., Manrique, L., Ordenes, M., Reyes, N., Rosales, A., & Villegas, Y. (2007).

Sistemas de Informacion Geográfico. Obtenido de

<https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/el-sistema-informacion-geografico/el-sistema-informacion-geografico.pdf>

Espinoza, G. (2011). *Aplicación de los sistemas de informacion geografica SIG en la ingenieria civil*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/GERARDOHENRY/ponencia-sigok#>

Fallas, J. (2003). *Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://pim.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/sites/14/2019/07/CONCEPTOS-B%C3%81SICOS-DE-CARTOGRAF%C3%8DA.pdf>

Florez, D., & Fernández, D. (2017). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. UNA REVISIÓN. *FAGROPEC, Universidad de la Amazonia*, 11-16.

Gutierrez, J., & Urrego, G. (2011). Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia. *Perspectiva Geográfica*, Vol 6.

- IDEAM. (2018). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de El Estudio Nacional del Agua (ENA): <http://www.ideam.gov.co/web/agua/anexos-estudio-nacional-del-agua-2018>
- Idiger. (2015). *Instituto distrital de gestion de riesgos y cambio climatico*. Obtenido de <http://www.idiger.gov.co/inundacion>
- Marulanda, M. (2018). Atlas de Riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes. En U. N. Desastres.
- Morea, M., & Huerta, J. (s.f.). *Sistema de Información geográfica*. Obtenido de [file:///C:/Users/ACER/Downloads/Ponencia_130%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Ponencia_130%20(1).pdf)
- OMM/UNESCO. (1974). *Glosario hidrológico internacional*. Obtenido de Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza.
- Renda, M. (2017). Manual para la elaboración de mapas de riesgo.
- Ribera, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: Los mapas de riesgo de inundaciones: de las innovaciones tecnológicas. *Doc. Anàl. Geogr.* 43.
- Rodriguez, E. (2016). *Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa*. Medellín: Universidad Nacional.
- Rodriguez, J., & Olivella, R. (Septiembre de 2016). *Introducción a los sistemas de información geográfica*. Obtenido de Universidad de Oberta de Catalunya: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf>
- Rojas, O., & Martinez, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*.

- Saenz, N. (s.f.). *Los sistemas de información geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones*. Ingeniería e investigación.
- Salazar, L., & Ruiz, T. (2017). *Determinación de posibles zonas en amenaza por inundación en el municipio de Mompós – Bolívar, mediante el uso de procesamiento digital de imágenes y herramientas SIG, y su posterior publicación como datos abiertos (open data)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Sánchez, J. (2018). *Causas y consecuencias de las inundaciones*. . Obtenido de ecologiaverde.com. : <https://www.ecologiaverde.com/causas-y-consecuencias-de-las-inundaciones-1282.html>
- Sarria, F. (s.f.). *Sistemas de información geográfica*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Sevillano, M., Alatorre, L., Bravo, L., & Salcedo, E. (2020). *Identificación de zonas de inundación a partir de imágenes (SAR) y de eventos históricos de inundación: caso de estudio Santiago de Cali, Colombia*. Cuadernos Geográficos, DOI: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.9641>.
- UNGRD. (s.f.). *Sistema nacional de información para la gestión del riesgo de desastres*. Obtenido de <http://gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=144>