

**Establecimiento de la vulnerabilidad por inundación del río Soacha en tres comunas del municipio de Soacha, Cundinamarca.**

Edward Andres Vergara Cuervo.

Trabajo final de opción de grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental

Director:

Ing. Giovanni Sanchez Rojas

Master en desarrollo sostenible y medio ambiente

Especialista en gestión ambiental urbana

Ingeniero agrónomo

Codirector:

Doctor David Esteban Aperador Rodriguez

Facultad de Ingeniería Ambiental

Universidad Antonio Nariño.

Bogotá DC, Colombia

2020.

## **Agradecimientos**

Con fructosa gratitud escribo hoy al lector de esta tesis, y a quienes fuesen partícipes de la misma, Dios e ingenieros, maestros, familiares y amigos, quienes con su apoyo hicieron de esto una realidad.

*Para la familia cuervo*

"Toda pregunta que pueda responderse debe responderse  
o, al menos, analizarse.  
Es necesario enfrentarse a los procesos mentales  
ilógicos cuando se presenten.  
Las respuestas incorrectas deben corregirse.  
Las respuestas correctas deben afirmarse."

–Manifiesto de Erudición

## Tabla de Contenidos

1.	Introducción	9
1.1.	Planteamiento del problema	10
2.	Objetivos de investigación	12
2.1.	Objetivo general	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	Antecedentes y Justificación de la investigación	12
3.1.	Pertenencia social	13
4.	Revisión de la literatura	14
4.1.	Peligros, desastres y vulnerabilidad	14
4.2.	Factores de vulnerabilidad a las inundaciones	17
4.3.	Indicadores para medir la vulnerabilidad	18
4.4.	Dimensión económico-productiva	19
4.5.	Dimensión sociocultural	19
4.5.1	Educación	19
4.5.2	Salud	19
5.	Metodología de investigación	20
5.1.	Metodología para el índice de vulnerabilidad de inundación	21
5.1.1	Categorías y pesos utilizados para la evaluación de vulnerabilidad	22
5.2.	Metodología para la elaboración de mapas	24
5.3.	Cuestionarios	24
5.3.1	Formulario de encuestas	26

5.3.2	Ficha técnica	26
5.4.	Localización	27
5.5.	Suelo urbano	28
5.6.	Suelo rural	30
5.7.	Ubicación y tamaño	31
5.8.	Dimensión ambiental	31
5.8.1	Paisaje	31
5.8.2	Geología	32
5.8.6	Geomorfología	32
5.9.	Clima e Hidrología	33
5.9.1	Clima	33
5.9.2	Presipitación	33
5.9.3	Hidrología	35
5.10.	Ecosistema	36
5.10.1	Humedales	36
5.10.2	Humedal Neuta	37
5.10.3	Humedal Tierra Blanca	37
5.10.4	Humedal Tibanica	38
5.10.5	Otros humedales no declarados	38
5.11.	Caudales	38
5.11.1	Caudales de periodo de retorno	39
5.12.	Materiales y herramientas	41
5.13.	Conjunto de datos y adquisición	41

5.14.	Mapeo del riesgo de inundaciones	41
5.14.1	Modelo de elevación digital.	42
5.14.2	Red de transmisión.	42
5.14.3	Simulación de inundaciones.	42
5.14.4	Superposición de capas y producción de mapas de riesgo de inundaciones.	43
5.15	Plan de emergencia municipio de Soacha.	43
6.	Resultados	19
6.1.	Mapeo del riesgo de inundaciones	44
6.1.1	Perfil de elevación del río soacha	44
6.1.2	Modelo de elevación digital (DEM) del área de estudio	46
6.1.3	Red Triangular Irregular (TIN) del Área de Estudio	47
6.1.4	Elevación zona de estudio	47
6.1.5	Dirección del flujo	48
6.2.	Superposición de capas y elaboración del mapa de riesgo de inundaciones	49
6.3.	Simulación / modelado de inundaciones	50
6.3.1	Red Triangular Irregular (TIN) del Área de Estudio	51
6.3.2	Zona de inundación urbana	53
6.4.	Zona soacha central afectación urbana	54
6.5.	Resultados de encuestas	56
6.5.1	Características demográficas	56
6.5.2	Caracterización del grado de vulnerabilidad	57
6.5.3	Vulnerabilidad total	57
6.5.4	Vulnerabilidad económica	59

6.5.5	Vulnerabilidad Social	59
6.5.6	Vulnerabilidad organizacional	60
6.5.7	Vulnerabilidad física	61
6.6.	Evaluación del plan de emergencia municipio de Soacha	62
7.	Conclusión.	63
8.	Recomendaciones	64
	Lista de Referencias	66
	Anexos	70

**Lista de tablas**

Tabla 1. Rangos para Evaluación de la Vulnerabilidad (VT) – según Guía Metodológica UNGRD	22
Tabla 2. Indicadores para determinar la vulnerabilidad Física	22
Tabla 3. Indicadores para determinar la vulnerabilidad Económica	23
Tabla 4. Indicadores para determinar la vulnerabilidad Social	23
Tabla 5. Indicadores para determinar la vulnerabilidad Organizacional	23
Tabla 6. Indicadores para determinar la vulnerabilidad de educación y percepción del riesgo	24
Tabla 7. Información general del municipio de Soacha	28
Tabla 8. Estaciones climatológicas seleccionadas para la precipitación	34
Tabla 9. Estaciones climatológicas seleccionadas para los caudales	39
Tabla 10. Caudales máximos de retorno río Soacha	40
Tabla 11. Caudales de Retorno generados	40
Tabla 12. Puntos de toma de profundidad del río Soacha	45
Tabla 13. Resultados Vulnerabilidades- metodología URGR	57
Tabla 14. Rangos de vulnerabilidad total (VT)	57
Tabla 15. Rangos de vulnerabilidad económica (Ve)	58
Tabla 16. Rangos de vulnerabilidad social (Vs)	59
Tabla 17. Rangos de vulnerabilidad organizacional (Vo)	59
Tabla 18. Rangos de vulnerabilidad física (Vf)	60

### Lista de figuras

Figura 1. Vs inundación barrio satélite Soacha.	11
Figura 2. Diagrama Metodológico	20
Figura 3. Localización de Soacha en Cundinamarca. <b>¡Error! Marcador no definido.</b> Figura 4. Delimitación por comunas del municipio de Soacha.	29
Figura 5. Mapa ubicación ciudad Verde.	30
Figura 6. Precipitación promedio anual estación San Jorge.	34
Figura 7. Mapa Hídrico de Soacha.	36
Figura 8. Ubicación de humedales en Soacha.	37
Figura 9. Histograma de caudales perdido 1961 -2003	39
Figura 10. TIN de área de estudio.	47
Figura 11. DEM área de estudio.	46
Figura 12. Mapas de elevación en zona de estudio.	48
Figura 13. Mapa de dirección de flujo.	49
Figura 14. Mapa de zonas de riego de inundación.	50
Figura 15. Perspectiva de secciones transversales.	51
Figura 16. Superposición de zonas de inundación.	52
Figura 17. Superposición de inundaciones zona de estudio	53
Figura 18. Perfil río Soacha.	45
Figura 19. Perfiles topográficos Límite entre comunas Compartir y Soacha central.	54
Figura 20. Género y nivel de educación de los encuestados.	56
Figura 21. Resultado de las vulnerabilidades.	61
Figura 21. Geometría del Río Soacha área de estudio.	51

### Lista de Anexos

Anexo 1. Cuestionario virtual Google formatos.	69
Anexo 2 Vista resultados encuesta Google formatos	15
Anexo 3 Indicadores	15
Anexo 4 Vulnerabilidad total por encuestado	15
Anexo 5 Localización del municipio	15
Anexo 6 Fotografías toma de profundidades	15

## 1. Introducción

Las inundaciones son un problema mundial grave que atrae la atención y la investigación de la academia, los medios de comunicación y otros discursos internacionales. En consecuencia, se han convertido en problemas nacionales críticos, especialmente con los países que carecen de los recursos financieros y los conocimientos técnicos para mitigar sus impactos. El municipio de Soacha (Cundinamarca), situada en el área central del país, sobre la Cordillera Oriental, al sur de la sabana de Bogotá, se ha vuelto vulnerable a los efectos de las inundaciones en los últimos tiempos debido al cambio climático, el aumento exponencial de la población y la rápida urbanización. Para revertir esta tendencia y disminuir los impactos de las inundaciones en esta comunidad, existe la necesidad de desarrollar un estudio de vulnerabilidad del municipio de Soacha Cundinamarca, a través de una visión sistémica del territorio, mapa de riesgo de inundaciones que constituirá la base de cualquier actividad futura de gestión y planificación de inundaciones.

Para crear una representación digital del área de estudio, se creó un Modelo de Elevación Digital (DEM). El análisis hidrológico necesario para determinar la dirección del flujo y el flujo acumulado (resultante de, por ejemplo, la lluvia, las corrientes circundantes) se realizó en el DEM sin depresión del área de estudio. Se agregaron ángulos de pendiente reclasificados (es decir, áreas de alta pendiente, áreas de pendiente media y áreas de baja pendiente) y zonas de amortiguación de flujo en el entorno ArcGIS para generar mapas de riesgo de inundación. Los mapas de riesgo de inundación mostraron tres zonas de riesgo: zona de alto riesgo, zona de riesgo medio y zona de bajo riesgo. Para demostrar el riesgo potencial de inundación en estas tres zonas, se adoptó un enfoque basado en la simulación hidráulica, por medio del programa HECRAS versión 5.0.7 . Se utilizó un método simple basado en vectores donde fue necesario la

extensión de los niveles de inundación para simular la extensión de la inundación en función de las líneas de drenaje derivadas, su profundidad y su capacidad para contener la escorrentía de lluvia. Con la ayuda de la medida de elevación, se seleccionaron los niveles de inundación. Los contornos de inundación mostraron la extensión de la inundación en un nivel de inundación dado. La extensión del modelo de inundación se superpuso en una imagen de Google Earth georreferenciada del área de estudio que demostró visiblemente las áreas en riesgo en caso de inundaciones. Con base en la literatura existente, se administraron cuestionarios a la Comunidad y a las partes interesadas para investigar la vulnerabilidad de los habitantes.

La investigación demostró claramente que la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) a través del análisis hidrológico, la realización de simulaciones de inundaciones y la administración de cuestionarios con las partes interesadas, es muy esencial para proporcionar pautas para el mapeo del riesgo de inundación.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Muchos países del mundo, están experimentando fuertes lluvias, desbordamientos de ríos, huracanes, tifones, tsunamis que causaron inundaciones inesperadas que perjudican total o parcialmente algunas zonas en todo el mundo. Las inundaciones se encuentran entre los peligros naturales más frecuentes y devastadores, que afectan la vida humana y causan graves daños económicos. (Y. Hong, 2011).

Una de las mayores afectaciones a las que puede estar expuesto el municipio de Soacha es el de inundación a causa de niveles de subida de los ríos Soacha y Bogotá, debido a que en los últimos años se han incrementado las lluvias, afectando las zonas residenciales, causando daños materiales y dejando a decenas de familias afectadas. (Alcaldía de soacha, 2020- 2023)

La situación por la que pasan los habitantes de las comunas de las zonas urbanas del municipio de Soacha año tras año, demuestra que el problema reside en que algunas viviendas se encuentran por debajo del nivel del río dejándolas en riesgo debido a la falta de decisiones y acciones para mitigar este tipo de emergencias. Creando la necesidad de un proceso de sensibilización entre un entorno peligroso y la interrelación del individuo, mediante un diagnóstico que comprenda todas las interacciones sistémicas del territorio, valorando el municipio desde una perspectiva ambiental, sociocultural y económico productivo, para determinar la vulnerabilidad y qué acciones se pueden tomar para disminuir dicha vulnerabilidad. En la Figura 1 se evidencia río Soacha en un día seco versus día de lluvia.

### **Figura 1**

*Vs inundación barrio satélite Soacha*



*Nota.* Fotografía 1 del río Soacha tomada por Edward Vergara en un día seco comparada con la fotografía 2 del Periódico Extra en un día de lluvias fuertes.

## **2 Objetivos de investigación**

### **2.1. Objetivo general**

Establecer la vulnerabilidad por inundación del río Soacha en tres comunas del Municipio de Soacha Cundinamarca.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar las zonas de riesgo por inundación cercanas al río Soacha de acuerdo al ordenamiento territorial del municipio de Soacha.
- Determinar el índice de vulnerabilidad del territorio de acuerdo a las metodologías de la UNGRD y del IDEAM
- Evaluar la eficacia del plan de emergencias del municipio de Soacha ante inundaciones de las zonas de estudio en comparación con la vulnerabilidad calculada.

## **3. Antecedentes y Justificación de la investigación**

Colombia es un país que, por su localización geográfica, por su particularidad topográfica, geo-ambiental, y por su abundancia hídrica, por tal razón vive propensa a amenazas naturales de gran importancia (Banco mundial, 2012). Razón por la cual algunos sectores de la ciudad cuentan con servicios públicos apropiados sobre desarrollos urbanos con una adecuada planificación, a pesar de ello otros están establecidos por desarrollos urbanos ilegales sin contemplar el plan de desarrollo territorial pues se han ocupado en lugares de alto riesgo sin contemplar presencias geológicas, geomorfológicas e hidrométricas, añadidas a la alta vulnerabilidad social de los residentes, ocasionando un mayor nivel de riesgos por manifestaciones como inundaciones.

El establecimiento de viviendas en áreas cercanas al lecho de los diferentes cuerpos de agua establece una problemática de riesgo para los habitantes de la zona, porque mientras los incrementos de precipitaciones de lluvia pueden ocurrir desbordamientos más allá de los límites habituales normalmente, entonces, en el caso de zonas urbanizadas que presentan sistemas de drenaje deficiente, es común el desarrollo de inundaciones.

Ante el incremento de la población y el aumento en la recurrencia de eventos como las inundaciones, el municipio de Soacha requiere un estudio por el riesgo de desastre por inundaciones que perjudican a los habitantes y su territorio de mayor vulnerabilidad; por medio del diseño de un indicador de vulnerabilidad social a comenzando de datos socioeconómicos y geográficos cuyo diagnóstico ayudará en la prevención, gestión y control del riesgo de catástrofes por inundaciones.

#### **1.4. Pertenencia social**

Esta investigación busca ser una contribución para la población e instituciones del municipio de Soacha-Cundinamarca. En ella se presentan diferentes diagnósticos del grado vulnerabilidad por inundación en la zona, lo que permitira tomar decisiones dirigidas a la disminución de riesgos y desastres, que afectan de manera social, ambiental, económicos a las poblaciones afectadas por inundaciones del municipio.

## **4. Revisión de la literatura**

### **4.1. Peligros, desastres y vulnerabilidad**

Los conceptos de peligro, desastre y vulnerabilidad se han utilizado ampliamente en varias disciplinas con diferentes significados. Incluso para peligros naturales, como inundaciones, no definiciones únicas y procedimientos de evaluación han sido ampliamente aceptados (Tsakiris, .2007). Peligro es la posibilidad de ocurrencia dentro de un momento determinado de tiempo y dentro de un área determinada de un fenómeno potencialmente dañino (Maiti, 2007). Esta definición agrega componentes espaciales y temporales al concepto de peligros mientras que la (UNISDR, 2009) refiere el peligro a "un fenómeno peligroso, Sustancia, actividad o condición humana que puede causar la pérdida de vidas, heridas u otros problemas de salud, impactos, perjuicios a los bienes, pérdida de medios de vida y servicios, trastornos sociales y económicos, o daño ambiental ". El peligro es, en el caso de inundaciones de ríos, un evento natural que es percibido como una amenaza y no como un recurso para los humanos (Fekete, 2010). Para el autor, el peligro se revela en el estado de exposición, cuando el evento natural realmente golpea elementos vulnerables en entornos técnicos, los peligros se describen cuantitativamente por la probable probabilidad de ocurrencia de los análisis de frecuencia.

El peligro se transforma en un desastre cuando afecta a una comunidad vulnerable. Causa desastre cuando un gran número de personas son muertas, heridas o afectadas de alguna manera (Maiti, 2007) En otras palabras, la (FAO, .2008) señala que ocurren desastres de todo tipo cuando los peligros afectan seriamente a las comunidades y destruyen temporalmente o por muchos años la seguridad de sustento de sus miembros. Otra definición de la UNISDR refiere el desastre a "una interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o una sociedad que está

causando pérdidas ambientales, económicas o materiales que rebasan la capacidad del perjudicado, habitante o comunidad para afrontar con sus propios recursos. Un desastre es el resultado de la exposición a un peligro en combinación con la vulnerabilidad socio ecológica presente y las competencias limitadas de los hogares o comunidades para reducir o hacer frente al potencial negativo a los impactos del peligro.

Evaluar y medir la vulnerabilidad en el contexto de los peligros naturales y el cambio climático requiere, ante todo, una comprensión clara de los conceptos de vulnerabilidad (Birkmann, 2013). La vulnerabilidad es un concepto importante en la investigación del ambiente humano, su conceptualización ha sido interpretada de diferentes maneras, de acuerdo con la percepción de los investigadores. La palabra "vulnerabilidad" ha creado vínculos importantes entre diferentes comunidades de investigación, en particular la gestión del riesgo de desastres, la adaptación al cambio climático, el desarrollo y la investigación de resiliencia (Birkmann, 2013).

(Cannon, 1990) Refiere la vulnerabilidad solo a la exposición biofísica, donde la vulnerabilidad se describe como una medida del grado y tipo de exposición al riesgo generado por diferentes sociedades en relación con los peligros. Algunos estudios encontraron que la vulnerabilidad solo se refiere a la susceptibilidad de un sistema dado; (UN/ISDR, 2004) el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD, 2004) consideran la vulnerabilidad como una condición o proceso humano resultante de factores físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de un sistema a sufrir daños por el impacto de un peligro dado.

La gestión del riesgo de desastres se ocupa de la organización de recursos y responsabilidades para hacer frente a aspectos de emergencias, incluida la prevención de riesgos, desastres y su mitigación. El riesgo es la posibilidad de una pérdida que depende de tres

elementos; peligro, vulnerabilidad y exposición (Crichton, 1999). La gestión del riesgo de inundación implica la preparación antes del desastre, la respuesta durante las inundaciones y los recursos de recuperación después de la ocurrencia (Hobeika, 1985). Los estudios de riesgo incluyen la identificación y estimación del riesgo, la evaluación, el monitoreo y la gestión de riesgo (Gerrard, 1995).

La gestión del riesgo de inundación se considera uno de los medios más efectivos para abordar los problemas de control de inundaciones. Se compone de gestión de llanuras de inundación, actividades de mantenimiento de control de inundaciones, protección de áreas propensas a inundaciones, y otras actividades de mitigación de riesgos de inundación y preparación para desastres de inundación donde las actividades de mitigación no pueden frenar totalmente las inundaciones de su ocurrencia.

La similitud entre todos estos estudios es que coinciden en los tres factores que definen la vulnerabilidad. Por lo tanto, la vulnerabilidad de un sistema no es solo una función de la exposición a peligros, perturbaciones y tensiones, sino que también reside en la sensibilidad o susceptibilidad y en la capacidad de recuperación o capacidad del sistema que experimenta tales peligros. (Birkmann, 2013) revisa el concepto de vulnerabilidad de varios investigadores concluye que el concepto de vulnerabilidad enfatiza la importancia fundamental de examinar las condiciones previas y el contexto de las sociedades y comunidades y los elementos en riesgo para promover eficazmente la disminución del riesgo y el acomodo al cambio climático.

Sobre la base de los diversos puntos de vista sobre la vulnerabilidad mostrados anteriormente, la vulnerabilidad a las inundaciones en el estudio actual se considera el grado de daños por inundaciones experimentados bajo ciertas condiciones de exposición, susceptibilidad y

factores de resiliencia dentro de los sistemas ambientales. Por lo tanto, la vulnerabilidad a las inundaciones se toma aquí en función de la exposición, susceptibilidad y resiliencia.

#### **4.2 Factores de vulnerabilidad a las inundaciones**

La vulnerabilidad de cualquier sistema y nivel, es una función de la exhibición y susceptibilidad de ese sistema a condiciones peligrosas y la habilidad, capacidad o resiliencia del sistema para resistir, adaptarse y / o recuperarse de los efectos de esas circunstancias (J. Wande, 2006). Los factores centrales de vulnerabilidad abarcan la exposición, la susceptibilidad o la sensibilidad y resiliencia o capacidades de adaptación y afrontamiento. La exposición generalmente se refiere al valor de la una unidad o a un sistema de valoración (comunidad, ciudad, edificio) que se encuentre dentro del rango geográfico de un evento de peligro. (Birkmann, 2013)

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la exposición describe la presencia de individuos, medios de vida, servicios ambientales, recursos e infraestructuras u otros elementos valiosos que podrían verse afectados. La exposición a inundaciones podría deducirse, entonces, como la representación de elementos valiosos del medio ambiente humano o de los elementos socio ecológicos que existen dentro de las zonas vulnerables a inundaciones. Los indicadores de este componente se pueden catalogar en dos clases; el primero cubre la exposición de diferentes elementos en riesgo y el segundo da detalles sobre las características habituales de la inundación. Mientras que la primera categoría de indicadores proporciona información sobre la ubicación, elevación, densidad de población, uso de la tierra, su proximidad al río, su cercanía a las áreas de inundación, la segunda categoría

proporciona información sobre la frecuencia de las inundaciones en las llanuras aluviales, su duración y magnitud (Balica, 2009)

### **4.3. Indicadores para medir la vulnerabilidad**

Un indicador de vulnerabilidad puede ser determinado como una variable que es una representación activa de una característica o eficacia de un objeto o sujeto preparado de proporcionar información sobre la susceptibilidad, resistencia, adaptación y capacidad de resiliencia de un sistema (Birkmann, 2013). Los indicadores de vulnerabilidad se utilizan ampliamente en la valoración de la vulnerabilidad. El primer paso en una estimación de la vulnerabilidad basada en indicadores es la selección de la zona de estudio; segundo, uno tiene para elegir indicadores establecidos en criterios, como la disponibilidad de datos, juicio personal o investigación previa. Los procedimientos para la selección de indicadores siguen dos perspectivas generales.

Estas son perspectivas deductivas e inductivas (Nick Brooks, 2004). En el enfoque deductivo, los indicadores se seleccionan con base en relaciones establecidas a partir de teorías y marcos, mientras que en el enfoque inductivo se involucran procedimientos estadísticos para relacionar un gran número de variables de vulnerabilidad con el fin de identificar los factores estadísticamente significativos. Las condiciones reales que determinan la vulnerabilidad a las inundaciones son, hasta cierto punto, muy específicas del sitio, de la ubicación y del peligro (Müller, 2011). Puede expresarse en términos de relaciones funcionales entre los daños esperados con respecto a todos los sistemas y la exposición, susceptibilidad y características de resiliencia del sistema afectado, refiriéndose a todos los diferentes tipos de posibles peligros de inundaciones (Balica, 2009).

#### **4.4. Dimensión económico-productiva**

Soacha evidencia una falta de oportunidad laboral de la cual se pueda suplir las necesidades de la comunidad, convirtiendo la ciudad en “ciudad dormitorio” por su cercanía a la capital colombiana ofreciendo vivienda a menor costo, generando un déficit de generación de empleo formal el cual se evidencia en los datos generados por el DANE su último censo el cual presenta el nivel de pobreza en 67%, de la población desempleada 20% , empleo informal.(POT.2019)

#### **4.5. Dimensión sociocultural**

##### **4.5.1 Educación**

El nivel educativo de los habitantes de Soacha está muy por debajo del promedio nacional, con coberturas en preescolar con 59%, primaria 90,35% ,secundaria 80%, educación media 51% . (MinEducacion.2016)

Así mismo cuenta con un total de 166 instituciones educativas 22 oficiales y 146 no oficiales, de los cuales el 8% de la población estudia fuera del municipio. (EMB,2014)

##### **4.5.2 Salud**

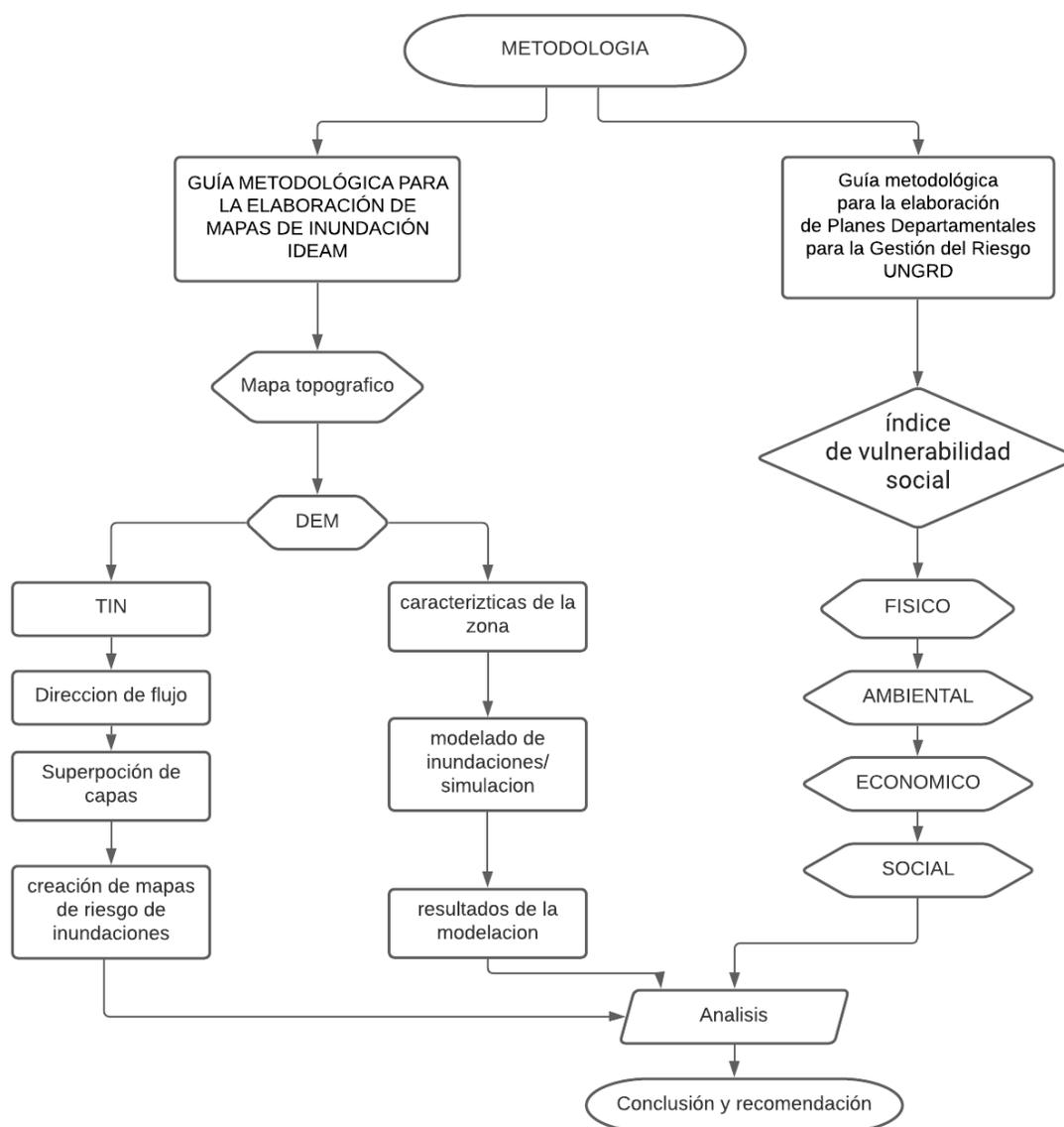
En cuanto a salud el 70% de la población cuenta con seguridad social. (sisben,2005), la infraestructura está conformada por 1 hospital de tercer nivel , 2 hospitales de primer nivel, 1 centro de salud I-2, 7 puestos de salud I-3 y 28 IPS privadas, los cuales suplen básicamente las necesidades de la población suachuna y la población migrante.(POT,2019)

## 5. Metodología de investigación

Se efectuaron dos metodologías teniendo en cuenta las recomendaciones de la UNGRD y el IDEAM, la figura 2 describe las características, técnicas y métodos utilizados en la producción de un mapa de riesgo de inundación, junto con el índice de vulnerabilidad del área de estudio.

**Figura 2**

*Diagrama Metodológico*



Fuente: Elaboración propia (2020)

### 5.1. Metodología para el índice de vulnerabilidad de inundación

Los índices de vulnerabilidad son expresiones numéricas que proporcionan una medida estadística de los cambios de valor que puede experimentar la vulnerabilidad. Estos índices se basan en indicadores. Un indicador es una variable que refleja el estado de una situación o alguna de sus características en un lugar en un momento determinado. Se expresa cuantitativamente como información estadística que sintetiza los datos que brindan las variables que se pretenden analizar. En la presente investigación, todos los indicadores se agrupan semánticamente en factores seleccionados como los más representativos de todos los componentes que conforman la vulnerabilidad.

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) mediante la guía metodológica para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo, estableciendo los distintos tipos de vulnerabilidad para su cuantificación y posterior sumatoria adaptados para el tema de estudio. La vulnerabilidad total, se encuentra realizando la sumatoria de vulnerabilidades establecidas, definida por la ecuación:

$$V_t = V_f + V_o + V_e + V_s$$

Vulnerabilidad total ( $V_t$ )

vulnerabilidad física ( $V_f$ )

vulnerabilidad organizacional ( $V_o$ )

vulnerabilidad económica ( $V_e$ )

vulnerabilidad social ( $V_s$ )

La asignación de pesos a los indicadores se realizó mediante la aplicación de un método cualitativo, cada categoría y con el fin de evaluar cada vulnerabilidad en función del impacto que este genere, en una escala de 0 a 1 cuya sumatoria sea 1 para cada categoría, evaluando los indicadores descritos en el método de la guía de la UNGRD.

Tabla 1

*Rangos para Evaluación de la Vulnerabilidad (VT) – según Guía Metodológica UNGRD*

RANGOS DE VULNERABILIDAD		
ALTA	2.80	4.00
MEDIA	1.40	2.70
BAJA	0.00	1.30

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del seguimiento de la guía metodológica para la vulnerabilidad de la UNGRD, elaboración propia (2020)

### 5.1.1 Categorías y pesos utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad

Indicadores de vulnerabilidad Física Vf siguiendo la guía metodológica se le dio un valor de peso (w) a cada uno de los indicadores a tomar la muestra descritos en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Indicadores para determinar la vulnerabilidad Física*

INDICADORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA	W
Distancia al Río	0.3
Tipología	0.3
Estado de Conservación	0.2
Cantidad de Pisos	0.3

Fuente: Cristo García (2019)

Indicadores de vulnerabilidad Económica Ve siguiendo la guía metodológica se le dio un valor de peso (w) a cada uno de los indicadores a tomar la muestra descritos en la tabla 3.

**Tabla 3***Indicadores para determinar la vulnerabilidad Económica*

INDICADORES DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA	W
Cantidad de Personas que Trabajan	0.2
Ingresos Económicos	0.2
Origen de los Recursos en el Predio	0.3
Vivienda 0.3	0.3

Fuente: Cristo García (2019)

Indicadores de vulnerabilidad Social Vs siguiendo la guía metodológica se le dio un valor de peso (w) a cada uno de los indicadores a tomar la muestra descritos en la tabla 4 .

**Tabla 4***Indicadores para determinar la vulnerabilidad Social*

INDICADORES DE VULNERABILIDAD SOCIAL	W
Cantidad de Personas que habitan el Predio	0.3
Acceso al Sistema de Salud	0.25
Nivel de Educación	0.15
Menores de Edad o Adultos Mayores en el Predio	0.3

Fuente: Cristo García (2019)

Indicadores de vulnerabilidad Organizacional siguiendo la guía metodológica se le dio un valor de peso (w) a cada uno de los indicadores a tomar la muestra descritos en la tabla 5.

**Tabla 5***Indicadores para determinar la vulnerabilidad Organizacional*

INDICADORES DE VULNERABILIDAD ORGANIZACIONAL	W
Planes de Emergencia y Contingencia	0.2
Distancia a Puntos de Atención	0.5
Presencia Organismos de Socorro	0.3

Fuente: Cristo García (2019)

Indicadores de vulnerabilidad de educación y percepción del riesgo siguiendo la guía metodológica se le dio un valor de peso (w) a cada uno de los indicadores a tomar la muestra descritos en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Indicadores para determinar la vulnerabilidad de educación y percepción del riesgo*

INDICADORES DE VULNERABILIDAD DE EDUCACIÓN Y PRECEPCIÓN DEL RIESGO	
	W
Formación en Gestión del Riesgo	0.4
Nivel de Educación	0.3
Origen de los Desastres	0.3

Fuente: Cristo García (2019)

## 5.2. Metodología para la elaboración de mapas

La metodología que se adoptó para el diagnóstico de vulnerabilidad por inundación, mediante una revisión de distintas fuentes de información, encontrando una significativa investigación realizada por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, para el IDEAM en 2010 y guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017, en donde se demuestran metodologías que se destacan en Colombia y así optando por la metodología que cobre nuestro nivel de información recopilada.

Método Hidrológico e Hidráulico: plantean, estimar los caudales generados en una cuenca o flujo y calcular las velocidades y niveles con los que circularían por un determinado tramo fluvial. Los métodos hidrológicos encuentran los valores máximos de los caudales para distintos periodos de retorno, mediante una evaluación estadística de información histórica de

caudales o mediante caudales adquiridos a partir de modelos hidrometeorológicos que dependen de la precipitación y escorrentía. El método hidráulico proviene de diferentes suposiciones, simplificaciones o aproximaciones al flujo del agua para hacer uso de las ecuaciones físicas que lo modelan permitiendo evaluar diferentes parámetros (profundidad, velocidad, energía) logrando obtener el grado de vulnerabilidad. Estas metodologías son las más utilizadas para determinar amenaza por inundación fluvial puesto tienen presentes los procesos físicos que crean la inundación y conjuntamente permiten relacionar un valor de período de retorno a la inundación. (UNAL, 2010)

### **5.3 Cuestionarios**

Debido al estado de emergencia declarado por el gobierno nacional en el Decreto 637 del 6 de mayo de 2020, mediante el cual se declara el Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio nacional el 6 mayo del 2020, por causa de la pandemia del coronavirus covid-19. (decreto 637, 2020) y entrando en estado de cuarentena estricta el 13 de abril por el Decreto 531 del 8 de abril de 2020, el cual ordena el Aislamiento Preventivo Obligatorio o Cuarentena Nacional “de todas las personas habitantes de la República de Colombia”, a partir de las cero horas del 13 de abril. (Decreto 531, 2020) La encuesta se realizó de manera virtual mediante la plataforma libre de “Formularios” de Google drive, enviada a 50 habitantes mediante email, mensaje de texto directo a su teléfono celular o llamada telefónica mediante preguntas distribuidas en los habitantes midiendo la visión sistémica del territorio a través de indicadores de vulnerabilidad Alta, Media, Baja.

### 5.3.1 Formulario de encuestas

Formulario para la evolución de vulnerabilidad a desastres en el margen del río Soacha mediante el método de la UNGRD, para trabajo de grado de la Universidad Antonio Nariño programa de Ingeniería Ambiental, preguntas seleccionadas de especialización Juan Pablo Cristo García (2019). Encuesta completa en anexo 1.

### 5.3.2 Ficha técnica de la encuesta

Título del estudio	Establecimiento de la vulnerabilidad por inundación del río Soacha en tres comunas del municipio de Soacha, Cundinamarca.
Organismo promotor	Estudiante Edward Andres Vergara para la universidad Antonio Nariño facultad de ingeniería ambiental, Bogotá. Años 2020
Universo	10000 personas aledañas al rio Soacha de las comunas, Despensa, Centro, Ciudad verde.
Tamaño muestra	40 encuestas realizadas
Error muestra	Para un nivel de confianza del 75%, $p= q= 0.5$ , el error muestra es del 8%
Método de recogida	De manera virtual mediante la plataforma libre de "Formularios" de Google drive, enviada a 50 habitantes mediante email, mensaje de texto directo a su teléfono celular o llamada telefónica
periodo de recogida	1 de octubre a 20 de octubre
Trabajo realizado por	Edward Andres Vergara cuervo mediante plataforma de formatos google

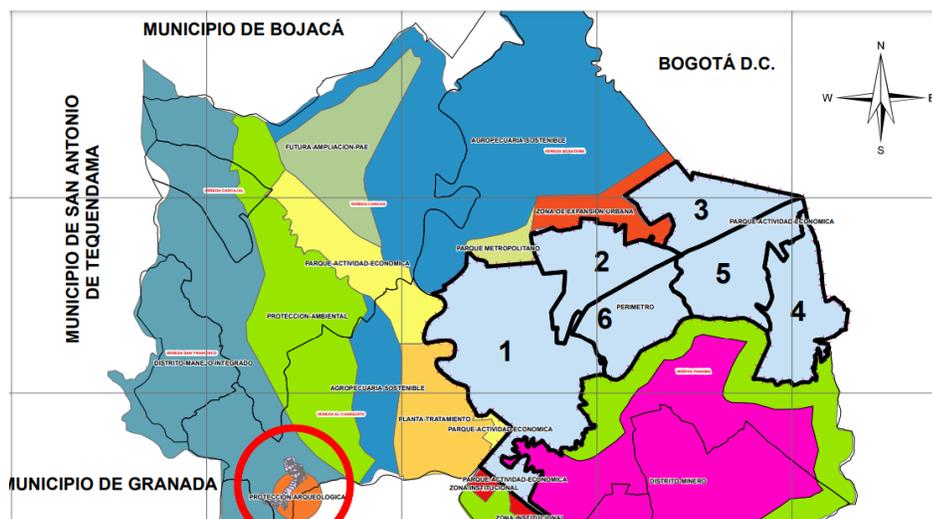
## 5.4. Localización

Soacha Cundinamarca es uno de los municipios de mayor población del departamento, se encuentra ubicado en la zona central del país, limita con Mosquera al sur y Sibate, al norte con Bojacá y Pasca, al este Bogotá con las localidades de Ciudad Bolívar y Bosa y al oeste con el municipio de san Antonio del Tequendama y Granada, descripción general del municipio en la tabla 7. (alcaldía soacha,2020)

En la figura 3 se muestra la localización del municipio con respecto al departamento de Cundinamarca, para la visualización completa del mapa ver anexo 5.

### Figura 3

*Localización de Soacha en Cundinamarca.*



*Nota.* La figura 3 muestra la localización del municipio de Soacha con respecto al departamento de Cundinamarca, para su visualización completa ver anexo 5. Fuente: Cartografía Alcaldía

Municipal de Soacha (IGAC, 2005)

**Tabla 7***Información general del municipio de Soacha*

Nombre del municipio	Soacha
NIT	800094755-7
Código Dane	25754
Gentilicio	Soachuno
Precipitación media anual	698 mm
Extensión total	184.45 Km <sup>2</sup>
Extensión área urbana	19 Km <sup>2</sup>
Extensión área rural	165.45 Km <sup>2</sup>
Altitud de la cabecera municipal	2.256 m.s.n.m
Temperatura media	11.5°C
temperatura máxima	23°C
temperatura mínima	8°C
Distancia de referencia	1 Km de Bogotá

Fuente: (Alcaldía Soacha,2020)

**5.5. Suelo urbano**

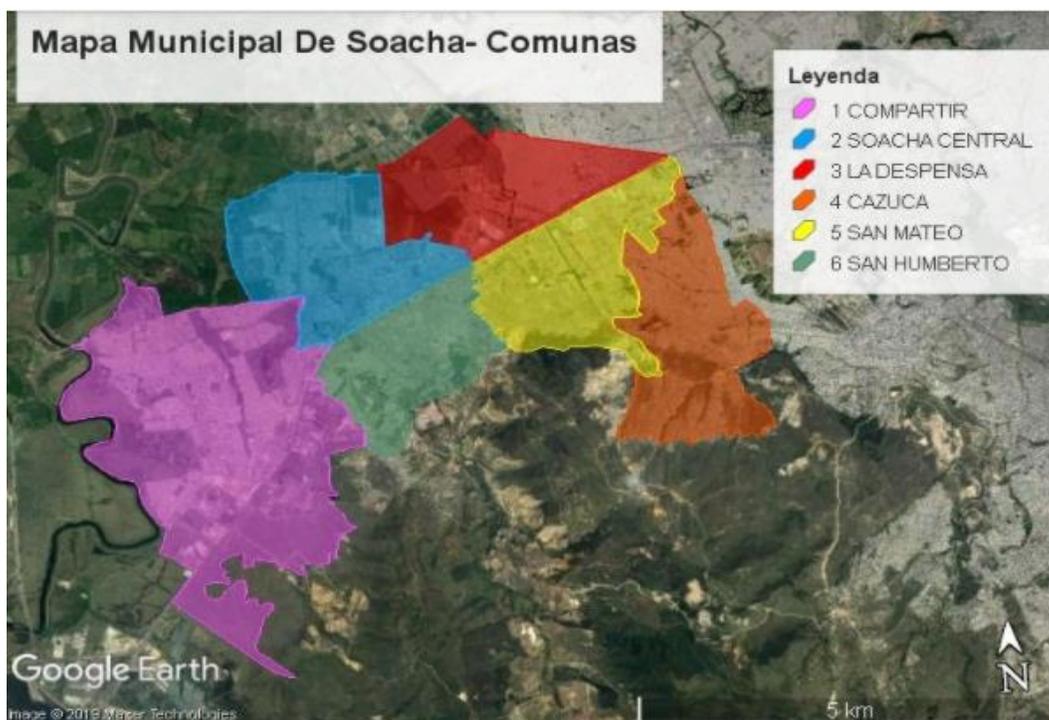
El municipio cuenta con una extensión aproximada de 19 km<sup>2</sup> de los cuales se encuentra dividida en 6 comunas: Comuna 1 (Compartir), Comuna 2 (Centro), Comuna 3 (Despensa), Comuna 4 (Casuca), Comuna 5 (San Mateo), Comuna 6 (San Humberto) se puede observar cada una de las comunas en la figura 4. (Alcaldía Soacha,2020)

El municipio acoge con más de 300 barrios, los más representativos son: Alto del Cabra, Portalegre, , Santa Ana ,Nueva Granada, Quintanares, El Nogal, El Palmar, Los Olivos, El Bosque, San Bernardino, Tequendama, San Nicolás, El Mirador, Llano Oriental, Los Olivares, Santillana, Compartir Ducales, Quintas de la laguna, San Humberto, Ciudad Satélite, Chusaca, Camilo Torres, Ciudad Latina, San Carlos, San Mateo, Ricaurte, el municipio de Sibaté y el

corregimiento de El Muña que pertenecen administrativamente a la misma provincia y Soacha es la cabecera municipal, igualmente cuenta con varias veredas y barrios marginales como Ciudadela Sucre y Altos de Casuca .También se ubican dos corregimientos: Las veredas que conforman el Corregimiento 1 son : Fusungá, San Jorge, El Vínculo, Romeral, Villanueva, Panamá y Hungría. El Corregimiento 2 conformado por las veredas: Alto de la Cruz, Canoas, El Charquito, Bosatama y San Francisco. (Comercio Cámara de Bogotá, 2010)

#### **Figura 4**

*Delimitación por comunas del municipio de Soacha.*



Fuente:(Digitalización Google Earth-Pro -Edward vergara,2019).

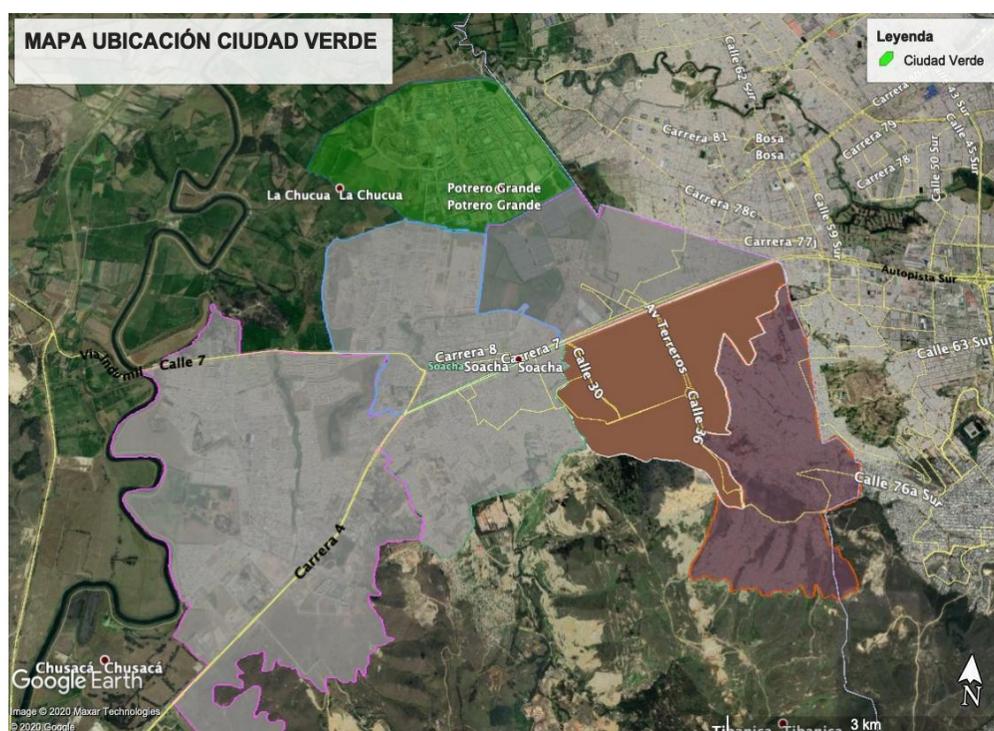
## 5.6. Suelo rural

El municipio está cercado por 165.45 Km<sup>2</sup> de grandes franjas agroindustriales de la sabana de Bogotá, el cultivo de flores, fresa y extensiones lecheras. (Asocolflores ,2005)

Con la expansión urbana de suelo Mediante la Ley 1151 de 2007, artículo 79, de Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010, fue modificada por la adopción del macro-proyectó de Ciudad verde. Localizado en la conurbación Soacha- Bogotá. especialmente Ciudad Verde, ha ignorado criterios fundamentales del ordenamiento territorial y generado impactos desfavorables sobre el territorio, apartándose de una visión de sostenibilidad urbana, la figura 5 enseña la localización de ciudad verde.

**Figura 5**

*Mapa ubicación ciudad Verde.*



Fuente:( Digitalización Google Earth-Pro -Edward vergara,2019).

## **5.7. Ubicación y tamaño**

Para la selección de la zona de estudio se llevó a cabo la indagación en entidades de la gobernación, alcaldía municipal, eventos e información existente de zonas amenazadas por inundación, donde se encontraron diferentes mapas cartográficos que fueron fundamentales para la determinación del polígono de estudio el cual cubre las comunas de Despensa, Soacha centro y la zona de expansión urbana donde se encuentra el macro proyecto Ciudad Verde.

## **5.8. Dimensión ambiental**

### **5.8.1 Paisaje**

Debido a la interrelación humana en el medio ambiente los matices verdes de la parte alta, chocan los tonos claros de las canteras, con una vista de desolación debido al deterioro morfológico por explotaciones mineras que han removido la capa vegetal. El paisaje montañoso es el resultante de actividad tectónica sobre los sedimentos dando origen a crestas, crestones, cuestras y espinazos. Cuenta con una parte del páramo de Sumapaz, donde nacen fuentes hídricas, esta parte tiene una gran afectación por la intervención del hombre cultivando papa incentivando la deforestación, así como el bosque alto andino, este siendo nativo sufre afectaciones por la ampliación de la ganadería y agricultura. De las montañas el material erodado forma superficies planas onduladas haciendo un paisaje coluvial constituidos principalmente por materiales sueltos y sedimentos arenosos-francos. (Alcaldía Soacha, 2019)

### **5.8.2 Geología**

Soacha se puede entender precisamente a sus características al altiplano boyacense en su geomorfología, geología, topografía e interrelación natural comparable con diferencias en la corteza terrestre, de gran importancia por los distintos usos del suelo.

Las formaciones se extienden en una sucesión ordenada situadas desde el cretáceo hasta el cuaternario, las montañas estructurales están formadas en su mayoría por materiales del cretáceo, en el lomerío la formación de guaduas o materiales terciarios, en la planicie fluvio-lacustre y planicie de inundación del río Bogotá se compone por sedimentos del cuaternario. (CAR - Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales, Resolución 157 de 2004)

### **5.8.2 Geomorfología**

Soacha se sitúa en una zona de estructura geológica sedimentaria, encuentra por en la provincia fisiográfica de la cordillera oriental a una altura entre 2535 y 3120 m, en la vértice occidental de los cerros de la parte sur de la sabana de Bogotá , con un relieve montañoso e irregular, la parte plana surge del rebajamiento de las zonas montañosas, deposición de flujos lacustres, dando la forma característica del municipio en un 85%, la interacción del hombre ante la naturaleza de la zona forman alrededor del 10% de la superficie de Soacha los ambientes morfo genéticos están distribuidos hacia los sectores montañosos con un gran predominio de las pendientes hacia el oriente, cerros asilados al occidente y sierras homoclinales con tendencia de buzamiento al noroeste. (CAR, 2004)

## **5.9. Clima e Hidrología**

### **5.9.1 Clima**

La Extensión del municipio exhibe un clima categorizado por Holdridge como bosque seco montano bajo, la parte central norte y oriental (alrededor del 74% del área); el sur oriente y occidente las circunstancias climáticas varían haciéndose más húmedo alcanzando la designación de bosque húmedo montano, bosque húmedo montano bajo y bosque muy húmedo montano. Este estado se interpreta en una biotemperatura entre 12 y 18 grados y lluvias promedio anual entre 500 y 1000 mm para el primer tipo; el segundo tipo de clima que encuentra en la cuenca media del río Soacha tiene como particularidad principales, precipitaciones totales anuales de 500 a 1000 mm junto de una biotemperatura entre 6 y 12 grados; el tercer climático presenta una biotemperatura entre 12 y 18 C y precipitaciones anuales totales entre 1000 y 2000 mm. y pertenece a la zona adyacente entre el municipio de Soacha y el municipio de Sibaté (la mayor parte municipio de Sibaté presenta este tipo de clima) el último tipo climático se entiende como un clima con precipitaciones entre 100 y 2000 mm. y climas entre 6 y 12 C y percibe la zona de subpáramo donde está la cuenca alta del río Soacha. (Alcaldía de Soacha, 2020- 2023)

### **5.9.2 Precipitación**

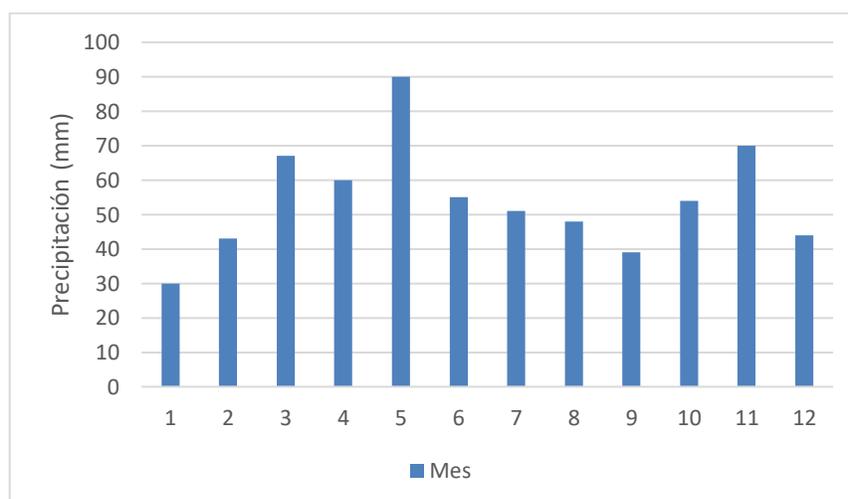
En los alrededores y la subcuenta se hallan ubicadas las estaciones climatológicas ordinaria Granja San Jorge y climatológica principal Doña Juana, la tabla 8 muestra la información de la estación seleccionada.

**Tabla 8***Estaciones climatológicas seleccionadas para la precipitación*

Código	cat	Nombre Estación	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud	Elev	instalación
2120572	CO	San Jorge	SOACHA	SOACHA	4°31'N	74°12'W	2900	15/04/1960

Fuente: IDEAM

El municipio de Soacha presenta a lo largo del año una distribución bimodal, siendo húmedo el primer semestre entre marzo, abril y mayo, el mes con mayor humedad fue el mes de mayo con una precipitación de 90 mm, octubre y noviembre con una precipitación de 55mm y 70 mm respectivamente, evidenciando noviembre como el mes de mayor humedad del segundo semestre (IDEAM.,2019). El período de mayor sequía se encuentra en el primer semestre, enero con 30 mm y febrero con 43 mm, para el segundo semestre septiembre es el mes con menor humedad con 39 mm. Como se puede evidenciar en la figura 6. El promedio anual es de 698 mm para el municipio de Soacha. (POT,2019)

**Figura 6***Precipitación promedio anual de la estación San Jorge.*

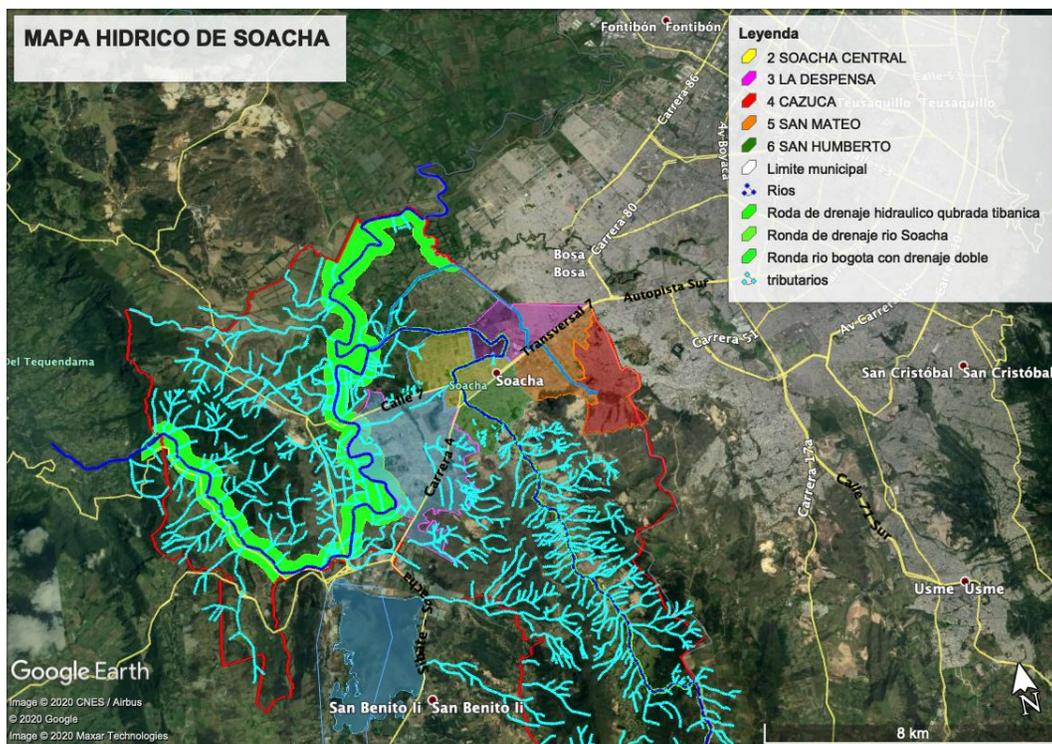
Fuente: Elaboración a partir de información del IDEAM (2020)

**Nota:** El promedio de precipitación elaborado a partir de la información registrada por la estación san Jorge en los períodos 1989 a 2002.

### **5.9.3 Hidrología**

Los ríos que conforman el municipio son: el río Soacha con su desembocadura en el río Bogotá el cual a su vez tiene nacimiento en el páramo del Sumapaz, en su camino pasa por las veredas Fusuga y Panamá, contando con una longitud de 17 km naciendo a una altitud de 3400 m.s.n.m y un caudal promedio de 1.9 m<sup>3</sup>/seg, siendo la cuenca más grande del municipio; el río aguas claras, quebrada Tibanica, quebrada chorreros, quebrada Hungría, quebrada las mirlas y quebrada honda. (Alcaldía Soacha, 2019)

El flujo del río Soacha desemboca la cuenca alta del río Bogotá, recibiendo por el municipio de Soacha el afluente del río Soacha y quebrada Tibanica, en el último tramo del río Tunjuelo se sitúa en la frontera de Soacha con la localidad de Bosa; cuenca medio del río Bogotá se encuentra en un valle profundo compuesto por las veredas alto del charco, canoas Gómez y San Francisco, es una zona de mayor influencia de niebla; cuenca del Muña, es un embalse el cual se encuentra en el municipio de Sibate, donde se bombea el agua del río Bogotá para hacer funcionar el sistema de generación eléctrica de El Charquito. El río aguas claras es otro de los principales cuerpos de agua que nutre el embalse, éste naciendo en el páramo de Sumapaz a una elevación de 3700 m.s.n.m, las quebradas Chacua, Grande, Honda y San Antonio son sus cabeceras las cuales están en el área rural de Soacha; cuenca del Sumapaz, está formado por las cuencas de las quebradas El Chuscal y aguas claras la figura 7 la red hídrica del municipio de Soacha. (Alcaldía Soacha, 2019)

**Figura 7***Mapa Hídrico de Soacha.*

Fuente: (digitalización a partir de información de la alcaldía -Edward vergara,2019)

## 5.10. Ecosistema

Las definiciones de los ecosistemas se especifican en los componentes de cobertura vegetal y uso actual del suelo, siguientes coberturas:

Bosques de las Reservas Forestales del Mochuelo, El Carraco, y San Jorge. Sabanas con pastizales: en las veredas San Jorge, Susunga y Tunduque.

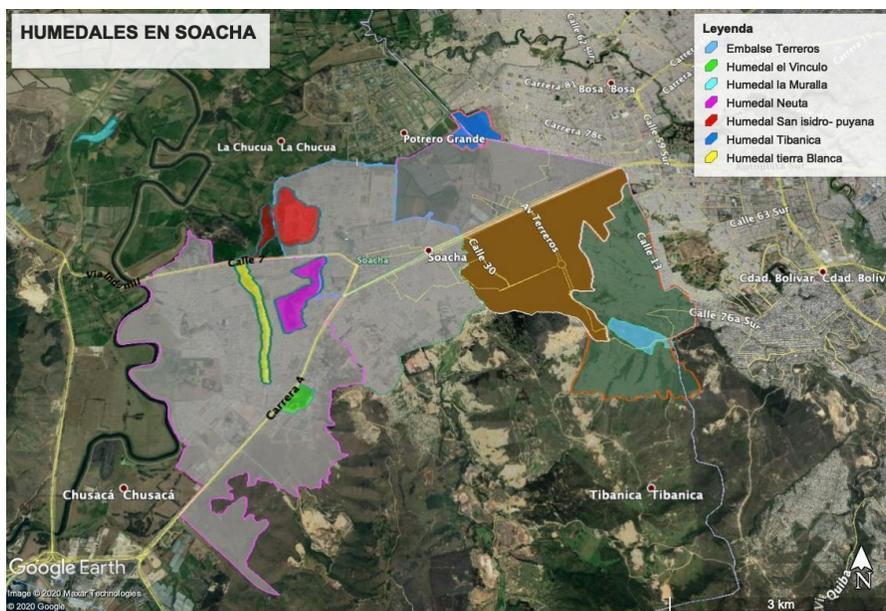
### 5.10.1 Humedales

Soacha cuenta con una gran variedad de humedales que han subsistido después del acelerado transcurso urbanístico, hábitat importante fundamentalmente por ser ecosistemas de

especies acuáticas, de flora, fauna y son resguardo de aves migratorias, en la figura 8 como ubicación de los humedales en el municipio de Soacha. (William J. Mitsch, 2011)

**Figura 8**

*Ubicación de humedales en Soacha.*



Fuente: (digitalización a partir de información de la alcaldía -Edward vergara,2020)

### 5.10.2 Humedal de Neuta

Declarado por el acuerdo CAR 037 de 2006, se encuentra ubicado en el nororiente del municipio de Soacha en la comuna Compartir, perteneciente a los humedales de la subcuenca del río Soacha, abastece por el río Soacha mediante el canal de Canoas. (POT,2019)

### 5.10.3 Humedal Tierra Blanca

Declarado por medio de acuerdo car 033 de 2006 y la Car 033 de 2008, se encuentra a una altura aproximada 2550 m.s.n.m al nororiente del municipio de Soacha en la comuna Compartir, gran parte del humedal se ha perdido por procesos de relleno y conexiones erradas de aguas negras. (POT,2019)

#### **5.10.4 Humedal Tibanica**

Ubicado al nororiente del municipio compartido con la capital de país, en la resolución No.194 de 1995, y declarada área protegida por medio del decreto 190 de 2004 POT artículo 95, el área ubicada en Soacha aún se encuentra en proceso de discusión con la CAR.(POT,201383

#### **5.10.5 Otros humedales no declarados**

- Humedal de san isidro.
- Humedal de la muralla.
- Humedal del vínculo.
- Humedal el cajón.
- Humedal santa Ana.
- Embalse terreros. (CAR, 2004)

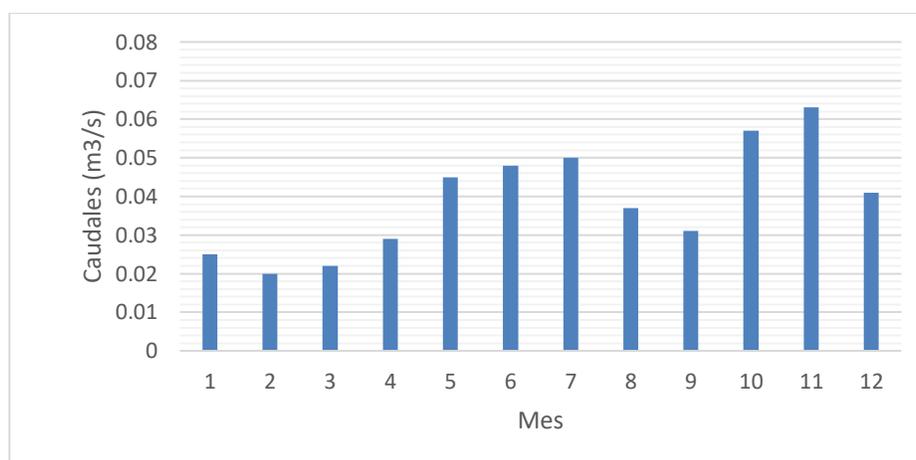
#### **5.11. Caudales**

Las estaciones hidrométricas localizadas en la subcuenta, muestran el comportamiento hidrológico, y teniendo en cuenta que se encuentran ubicadas en puntos distantes a la zona de estudio, se tiene como referencia los caudales registrados en la estación Granja San Jorge del río Soacha, ubicada al sur en la parte alta de la sub cuenca, la tabla 9 se encuentra la información de la estación de monitoreo, la cual cubre alrededor de 20% del área total. En la figura 9 se evidencia el histograma de caudales entre los los periodos de los años 1961- 2003. (IDEAM, 2019) Se evaluaron los valores proporcionados a la totalidad de la sub cuenca.

**Tabla 9***Estaciones climatológicas seleccionadas para los caudales*

Código	Cat	Nombre Estación	Corriente	Municipio	Latitud	Longitud	Elev	instalación
2120572	CO	san Jorge	SOACHA	SOACHA	4°31'N	74°12'W	2900	15/04/1960

Fuente: IDEAM (2020)

**Figura 9***Histograma de caudales promedio 1961 -2003*

Fuente: Elaboración propia (2020)

**Nota:** El promedio de los caudales mes a mes en un año es elaborado a partir de la información registrada por la estación san Jorge el período comprendido entre el año 1989 a 2003.

### 5.11.1 Caudales de periodo de retorno

La magnitud de un incidente extremo está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, los eventos muy severos ocurren con menos frecuencia que los eventos más moderados (Maiti, 2007). El objetivo de frecuencia de ocurrencia se obtiene mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Algunas de las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas son: distribución de Gumbel o de valor extremo tipo 1; Distribución logarítmica

normal; Distribución LogPearson tipo III y Método de posición de trazado. (John Gerrard, 2002)

Para este estudio, el análisis del período de retorno proporciona más información sobre la frecuencia de las inundaciones dando como resultado los valores de la tabla 10.

**Tabla 10**

*Caudales máximos de periodos de retorno río Soacha*

Años	2	5	10	20	50	100
normal	0.7	1.3	1.6	1.8	2.1	2.3
Gumbel	0.6	1.3	1.7	2.2	2.8	3.2
pearson	0.4	1	1.5	2.1	2.8	3.4
Log-pear	0.4	1.1	1.6	2.1	2.9	3.5
log-normal	0.5	1	1.4	1.9	2.7	3

Fuente: Elaboración a partir de información del IDEAM (2020)

Nota: los caudales están calculados en m<sup>3</sup>/s.

Es necesario ajustar una distribución de los datos, mediante el método de momentos asumiendo que los datos se ajustan a la distribución de Gumbel, haciendo posible encontrar el flujo resultante para un intervalo de recurrencia promedio dado que está más allá de la duración de su serie temporal. (John Gerrard, 2002), dando como resultado los caudales de retornos de la tabla 11.

**Tabla 11**

*Caudales de periodos de Retorno generados del Río Soacha*

Años	Caudal m <sup>3</sup> /s
2	1.3
5	3.1
10	4.6
20	6.3
50	8.5
100	10.3

Fuente: Elaboración propia (2020)

## **5.12 Materiales y herramientas**

Los siguientes materiales, software y herramientas fueron seleccionados para ayudar en la recopilación y análisis de información y datos para el propósito del estudio.

- Modelización hidráulica HEC-RAS
- Google Earth Pro
- Se utilizó ArcGIS 10.1 de ESRI para el procesamiento y análisis de datos espaciales.
- Página oficial Alaska Satellite Facility (UAF)
- Cámara fotográfica

## **5.13. Conjunto de datos y adquisición**

A partir de la búsqueda de plataformas web de datos abiertos geospaciales desarrolladas por entidades públicas y privadas nacionales e internacionales como lo son : datos abiertos Bogotá, Datos Abiertos de la Cámara de Comercio de Bogotá , Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), Sistema de Información Geográfica para la Planificación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá (IDECA, Portal de Datos Abiertos de Esri Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Geoportal Acueducto de Bogotá.

## **5.14. Mapeo del riesgo de inundaciones**

El mapeo del riesgo de inundaciones es muy importante para el uso y la planificación de la tierra en áreas propensas a inundaciones. Crea gráficos y mapas de fácil lectura y acceso rápido que ayudan a identificar más fácilmente las áreas de riesgo de inundaciones y priorizan sus efectos de mitigación (Forkuo, 2011).

La aplicación de SIG, la realización de análisis y la realización de simulaciones puede ser una herramienta muy útil en el Mapeo de Riesgos de Inundaciones porque proporciona

información vital en el caso de planificación y en los eventos de emergencia. El mapeo de riesgos de inundaciones ayuda además a analizar las características de la naturaleza del terreno del área de estudio y el sistema de red de drenaje. Estos contribuyen enormemente a estrategias de intervención precisas y oportunas y a frenar los impactos a partir de entonces (Fava et al, 2010).

#### **5.14.1 Modelo de elevación digital (DEM)**

Se creó un modelo de elevación digital (DEM) utilizando los contornos del intervalo de 2 m de la hoja topográfica digitalizada. Un DEM es una representación digital de la superficie del suelo, topografía o terreno (ESRI, 2012). El modelo de red irregular triangular (TIN) se generó primero y luego se generó posteriormente el DEM (Forkuo, 2008). La operación Topo to Raster en ArcGIS se utilizó para interpolar los valores de elevación para el área de estudio utilizando los datos de contorno como entrada. El resultado de esta operación fue un DEM del área de estudio y se muestra en la Figura 11

#### **5.14.2 Red de transmisión**

Se delineó una red de arroyos aplicando un valor umbral a los resultados de la Acumulación de flujo (Orok, 2011). Sobre la base de los datos de acumulación de caudal, se las áreas asumidas donde el flujo acumulado, son áreas de captación. Para la red de arroyos, un conjunto de entidades lineales ráster se representó como 1, sobre un fondo de Sin datos (0) (ESRI, 2014).

#### **5.14.3 Simulación de inundaciones**

La simulación de inundaciones ayuda a proporcionar una solución interactiva y estimulante para crear conciencia sobre el creciente riesgo de inundaciones. También ayuda en la

toma de decisiones y formulación de políticas de defensas contra inundaciones, la autorización de la construcción de edificios y cómo crear conciencia pública.

modelos hidráulicos populares de una, dos y tres dimensiones que incluyen HEC-RAS. Sus métodos y los resultados posteriores mostraron las capacidades, fortalezas y deficiencias de estos modelos (Fosu, 2012)

(Fosu, 2012) utilizaron un Sistema de Información Geográfica, tecnología espacial y el modelo hidráulico HEC-RAS como herramientas para lograr el objetivo del modelado de ríos y mapeo de peligros. Los resultados del modelo se mostraron y analizaron en el entorno ESRI ArcGIS. El área inundada fue geoméricamente superpuesta en el mapa topográfico para delimitar los edificios afectados.

El resultado de esta investigación ayuda a obtener información sobre inundaciones para la planificación de respuesta a emergencias y también la evaluación de la cantidad de riesgo para la comunidad y sus residentes.

#### **5.14.4 Superposición de capas y producción de mapas de riesgo de inundaciones**

Los ángulos de pendiente reclasificados y las áreas de amortiguación de corriente creadas se agregaron utilizando la calculadora ráster en ArcGIS. Se consideraron los dos factores y se le dio más influencia al ángulo de la pendiente. Luego, el conjunto de datos de salida se clasificó en 3 zonas. La capa resultante dio como resultado la producción de mapas de riesgo de inundaciones que muestran tres zonas: alto riesgo, zona de riesgo medio y zona de bajo riesgo.

#### **5.15. Plan de emergencia municipio de Soacha**

El elemento clave de la preparación para emergencias es la planificación municipal de gestión de emergencias. Al desarrollar un programa de emergencia, se necesita el compromiso de los funcionarios locales, el aporte y el apoyo de la Unidad Nacional para la gestión del riesgo de

desastres y otras agencias de apoyo que participarán en una respuesta de emergencia. Una vez que se desarrolla el plan, es fundamental que se ejecute para garantizar que funcione según lo previsto y para familiarizar al personal de emergencia con sus funciones.

Comité local para la prevención y atención de desastres (CLOPAD) ofrece formación y asistencia en todas las actividades del espectro de la gestión de emergencias. Trabajando directamente con todos los departamentos del país, vinculándose con agencias voluntarias y coordinando con las organizaciones de gestión del riesgo, CLOPAD puede proporcionar la orientación y la experiencia necesarias a los municipios. (Alcaldía Soacha,2007)

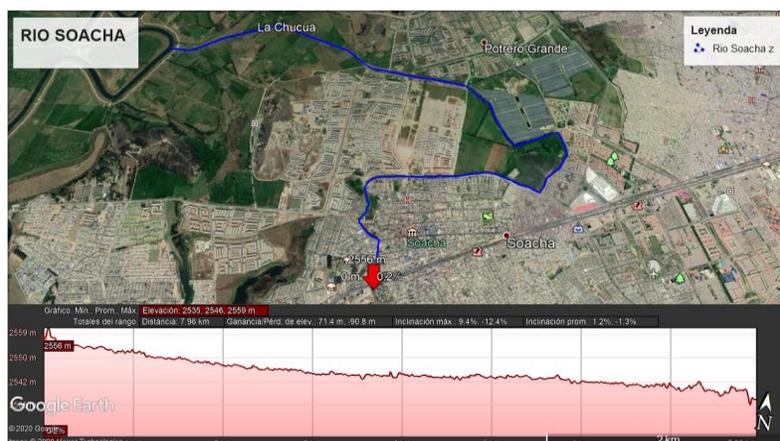
## **6. Resultados**

### **6.1. Mapeo del riesgo de inundaciones**

Este capítulo presenta los hallazgos del estudio. Esta información fue recopilada a través de varios métodos tales como análisis hidrológico, modelado de inundaciones, observaciones de campo.

#### **6.1.1. Perfil de elevación del río Soacha**

Se realizó un trazo lineal en toda la ruta del río Soacha para calcular el perfil de elevación del mismo, la figura 18 representa el perfil de elevación del río desde su inicio en la zona de estudio hasta su desembocadura en el río Bogotá

**Figura 18***Perfil río Soacha.*

Fuente: (Digitalización -Edward vergara,2020)

El modelo de elevación digital no presenta información de profundidades para el río Soacha para lo cual se realizaron visitas a campo donde se realizó la toma de datos de profundidades en sectores relevantes o de cambios abruptos de profundidad o de elevación de jarillones, datos obtenidos en la tabla 12 , donde se muestran las coordenadas del punto de toma de datos, la profundidad registrada y evidencia fotográfica .

**Tabla 12***Puntos de toma de profundidad del río Soacha*

Coordenada	Profundidad (m)	Fotografía (anexo 6)
4.580547, -74.221501	3.5	A
4.579799, -74.221393	2.4	B
4.580852, -74.221440	1.89	C
4.582309, -74.223295	2.8	D
4.585323, -74.223330	3.89	E
4.586923, -74.220196	1.2	F
4.587941, -74.211740	0.9	G
4.587603, -74.210878	1.8	H
4.587221, -74.209495	2.4	I
4.593159, -74.208298	2.89	J
4.591748, -74.210878	2.3	K
4.596579, -74.216576	1.5	L

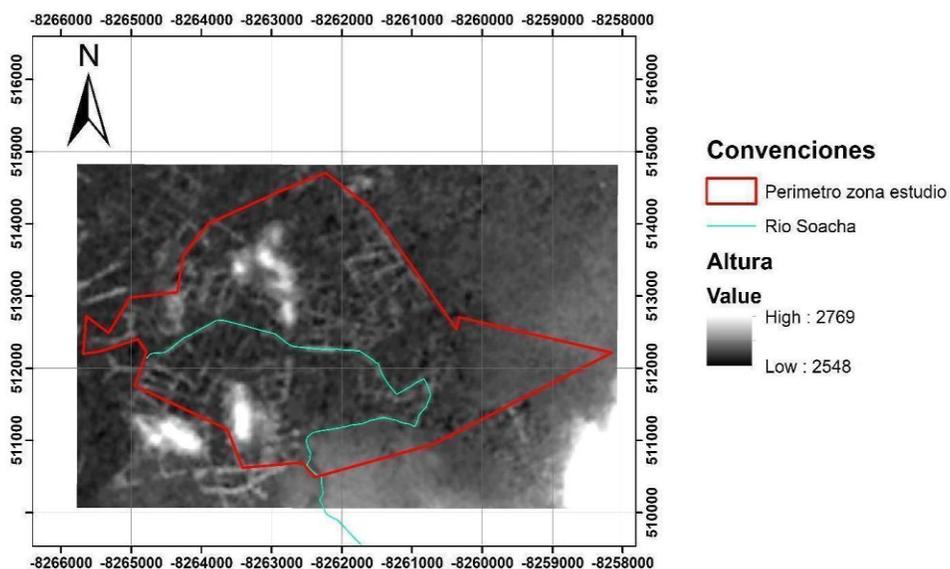
Los perfiles de profundidad se digitalizaron en un shpfile en el Software Arcgis transformados en formato raster para realizar el complemento de la información del modelo de elevación digital DEM mediante la herramienta mosaico, dando como resultado el DEM de la figura 11.

### 6.1.2 Modelo de elevación digital (DEM) del área de estudio

El flujo de agua en la superficie generalmente está determinado por el terreno del área de estudio. El DEM fue creado principalmente para el análisis de procesos hidrológicos. Desde el DEM como se puede observar en la Figura 11, la elevación más baja del área de estudio es 2548 m y la elevación más alta fue de 2769 m.

**Figura 11**

*DEM área de estudio.*



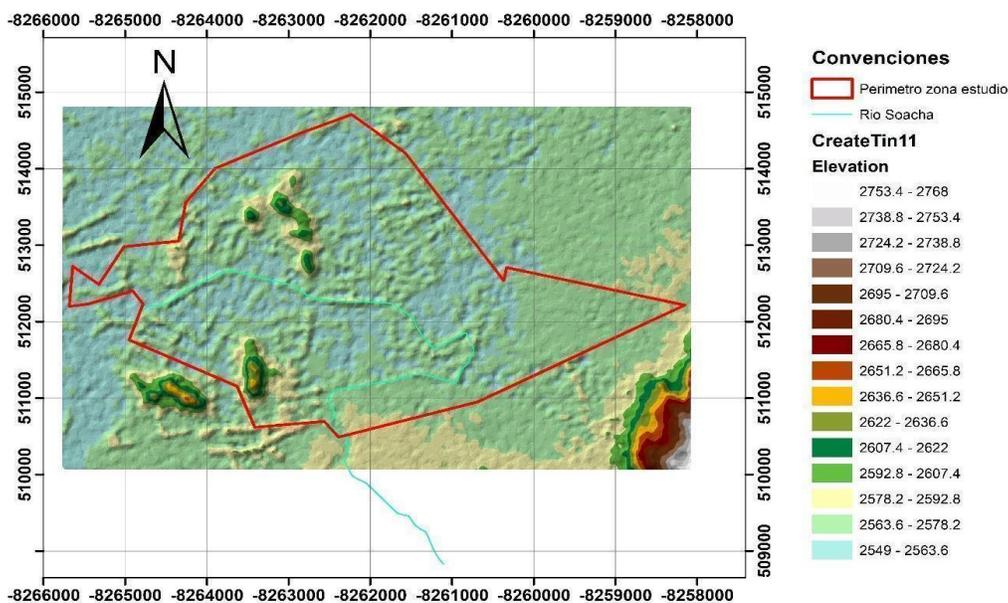
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

### 6.1.3 Red Triangular Irregular (TIN) del Área de Estudio

El TIN se utilizó para representar la superficie del terreno del área de estudio. Representaba la forma y estructura de la superficie y ofrecía una visión general del terreno del área de estudio. La figura 10 mostró áreas de la misma elevación representadas por un color particular desde la más baja, 2549 m hasta la elevación más alta en el área de estudio, 2768 m.

**Figura 10**

*TIN de área de estudio*



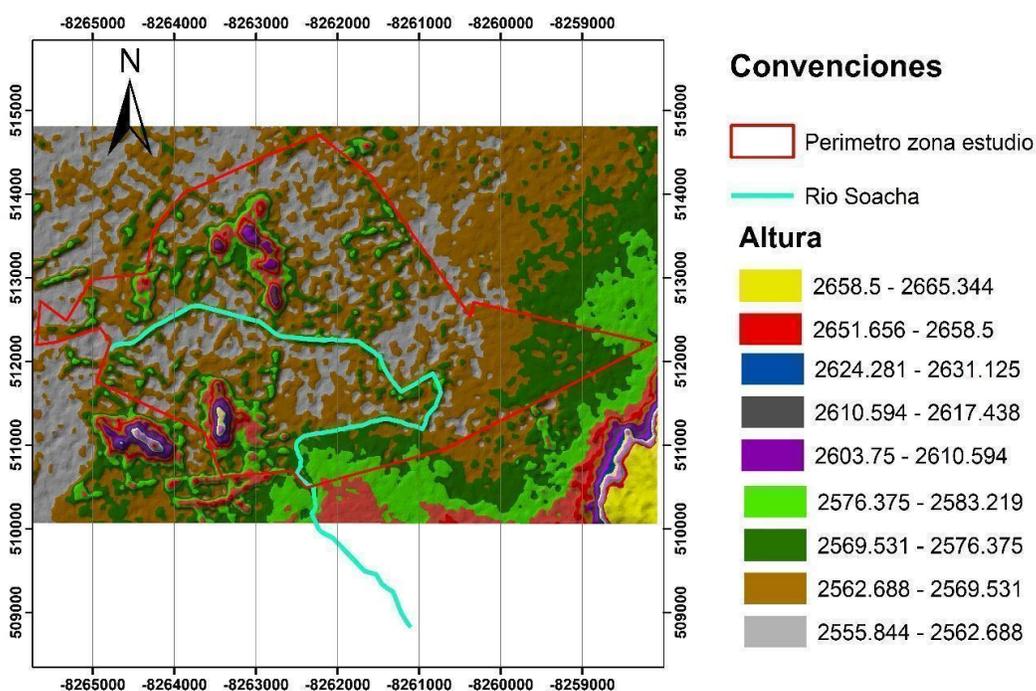
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

### 6.1.4 Elevación zona de estudio

Apartar del modelo de elección digital y con la ayuda de la herramienta de superficie se generó un mapa de elevación el cual se evidencia en la figura 12.

**Figura 12**

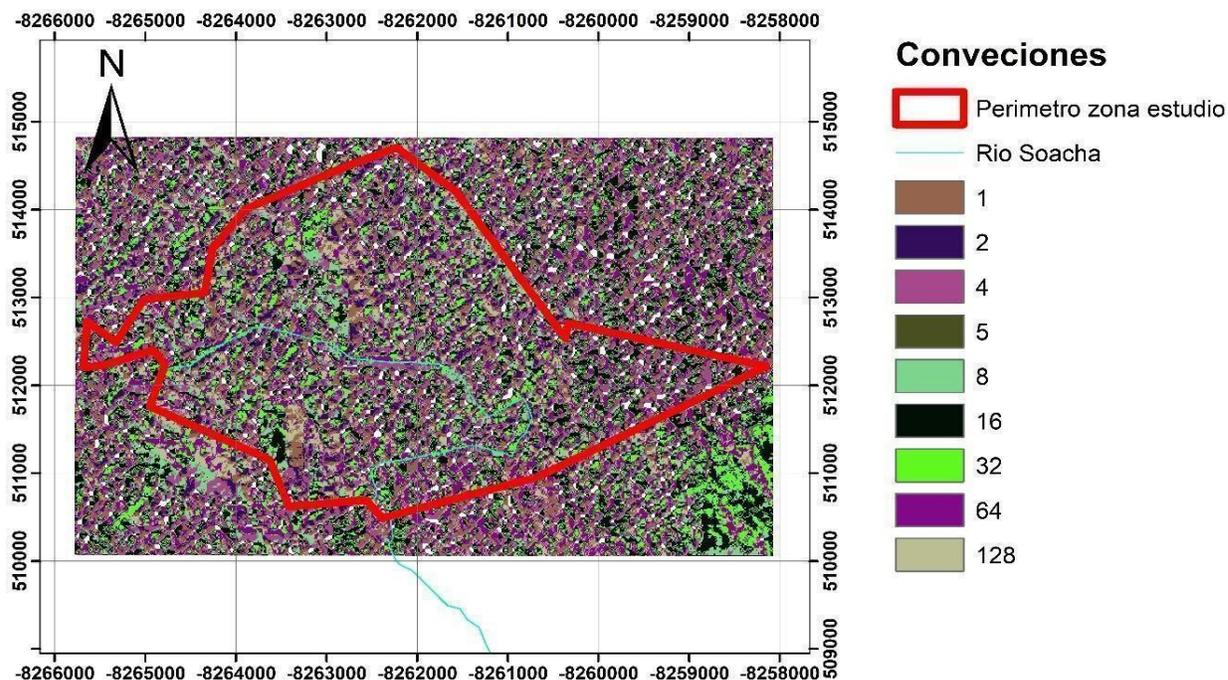
*Mapas de elevación en zona de estudio.*



Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

### 6.1.5 Dirección del flujo

La dirección del flujo identificó la dirección de la pendiente para cada celda. El análisis de la dirección del flujo permitió determinar la acumulación de flujo en diferentes celdas dentro del área de estudio. La Figura 13 muestra los resultados de la Dirección del flujo en el DEM del área de estudio.

**Figura 13***Mapa de dirección de flujo.*

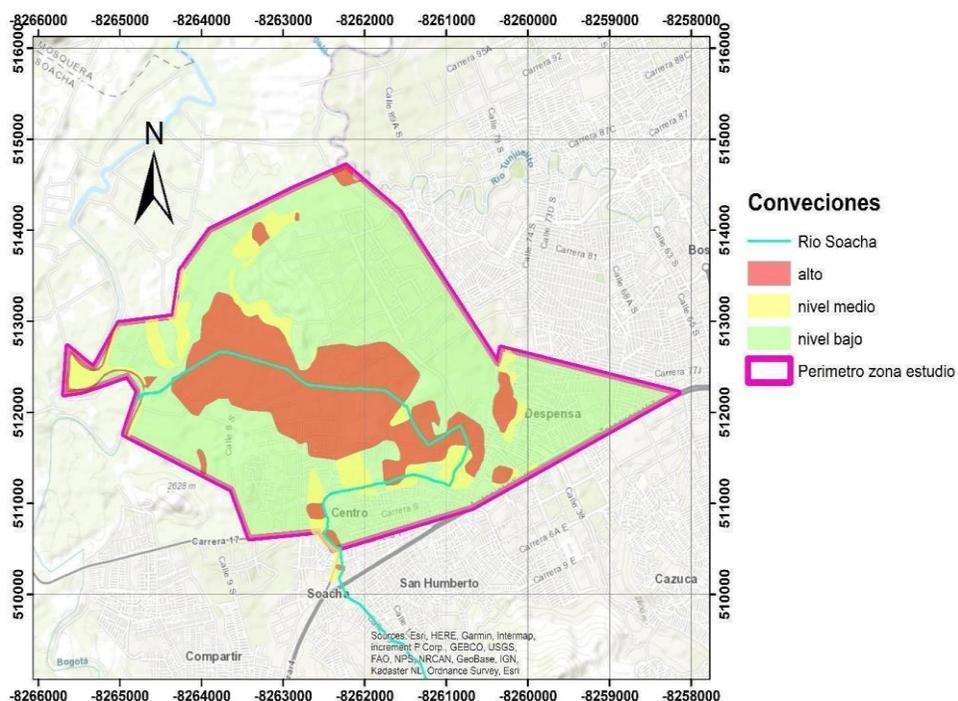
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

## 6.2. Superposición de capas y elaboración del mapa de riesgo de inundaciones

Los mapas de riesgo de inundación mostraron tres zonas de riesgo: zona de alto riesgo, zona de riesgo medio y zona de bajo riesgo. Para demostrar aún más el potencial de inundación en estas tres zonas de riesgo, se adoptó un enfoque basado en la simulación, resultados en la figura 14.

**Figura 14**

*Mapa de zonas de riesgo de inundación.*



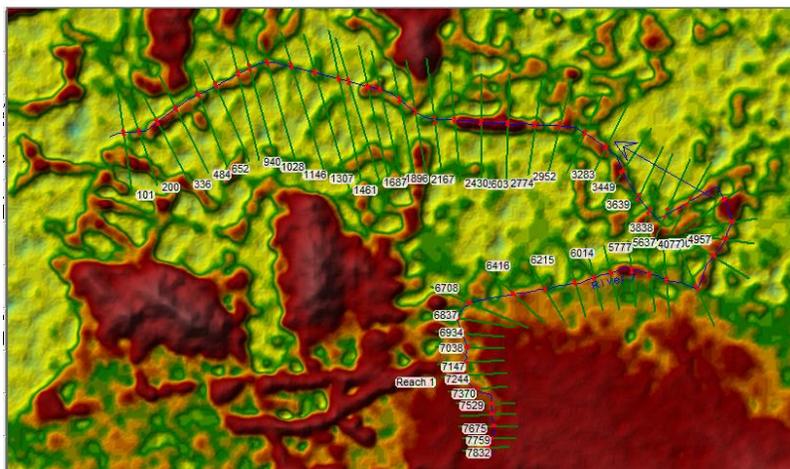
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

### 6.3. Simulación / modelado de inundaciones

Para realizar una simulación empleando HEC-RAS, es necesario determinar el tipo de flujo con el que se va a trabajar y establecer las condiciones iniciales y de frontera para ejecutar la simulación. Secciones transversales determinadas a lo largo de la línea de drenaje con la elevación media del fondo tal como se presenta en la figura 22.

**Figura 22**

*Geometría del Río Soacha área de estudio.*



Fuente: (Geometría del río por Hec Ras -Edward vergara,2020)

### 6.3.1 Calibración del modelo hidráulico HEC-RAS

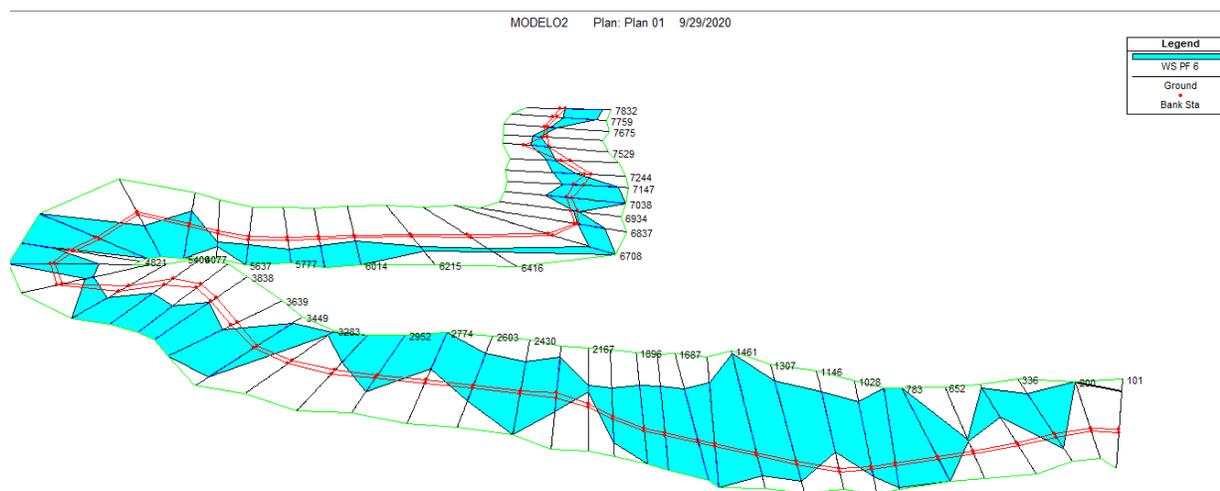
Generalmente se acostumbra calibrar los modelos caudales aforados en una determinada sección. No es recomendable calibrar el modelo acomodando la rugosidad a valores irreales. Es importante saber que una buena modelación depende en gran parte de la calidad de los datos de las secciones transversales y de un estudio sedimentológico detallado. Es aconsejable calibrar el modelo para diferentes condiciones hidrológicas tanto de niveles de agua como de caudales, es decir, para situaciones de niveles o caudales bajos, medios y altos. Anterior a la modelación hidráulica del tramo de estudio del río Soacha, se llevaron a cabo una serie de consultas con el objetivo de establecer el valor de la rugosidad del cauce del río Soacha.

Los valores de rugosidad estimados fueron introducidos al modelo HEC-RAS. La calibración consistió en transitar los caudales aforados para las condiciones topográficas y los valores de rugosidad estimados en campo. Los niveles resultantes en una sección particular del modelo, debían coincidir con los niveles de agua investigados para el caudal aforado en la misma sección. Si los niveles medidos eran mayores que los niveles modelados entonces se incrementaba el valor de la rugosidad dentro de un rango aceptable y acorde a las características del río Soacha.

La figura 15 muestra la vista superior y lateral de las posiciones de la sección transversal a lo largo de la línea de drenaje de la cuenca / cuenca en estudio.

**Figura 15.**

*Perspectiva de secciones transversales.*



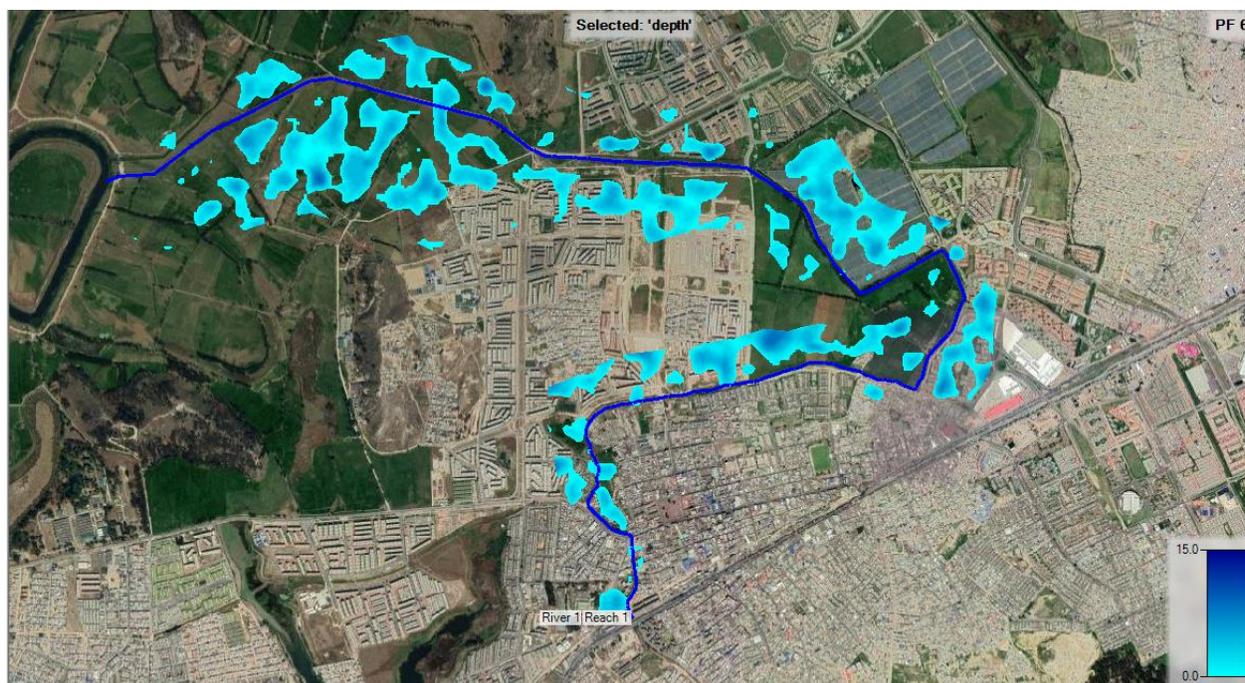
Fuente: (Simulación -Edward vergara,2020)

Los contornos del nivel de inundación derivados para los niveles de agua de inundación seleccionados indicaron áreas que probablemente enfrentarán inundaciones en caso de cualquier inundación en los niveles de agua especificados.

Los contornos del nivel de inundación se convirtieron en polígonos en ArcGIS. Los contornos de la inundación indicaron la extensión de la inundación a un nivel de inundación determinado. Las extensiones del modelo de inundación se superpusieron aún más en una imagen de Google Earth georreferenciada del área de estudio que ilustró visiblemente las áreas en riesgo en caso de inundaciones. Las figuras 16 muestran áreas del área de estudio que serán inundadas a los niveles de agua de inundación especificados.

**Figura 16**

*Superposición de zonas de inundación.*



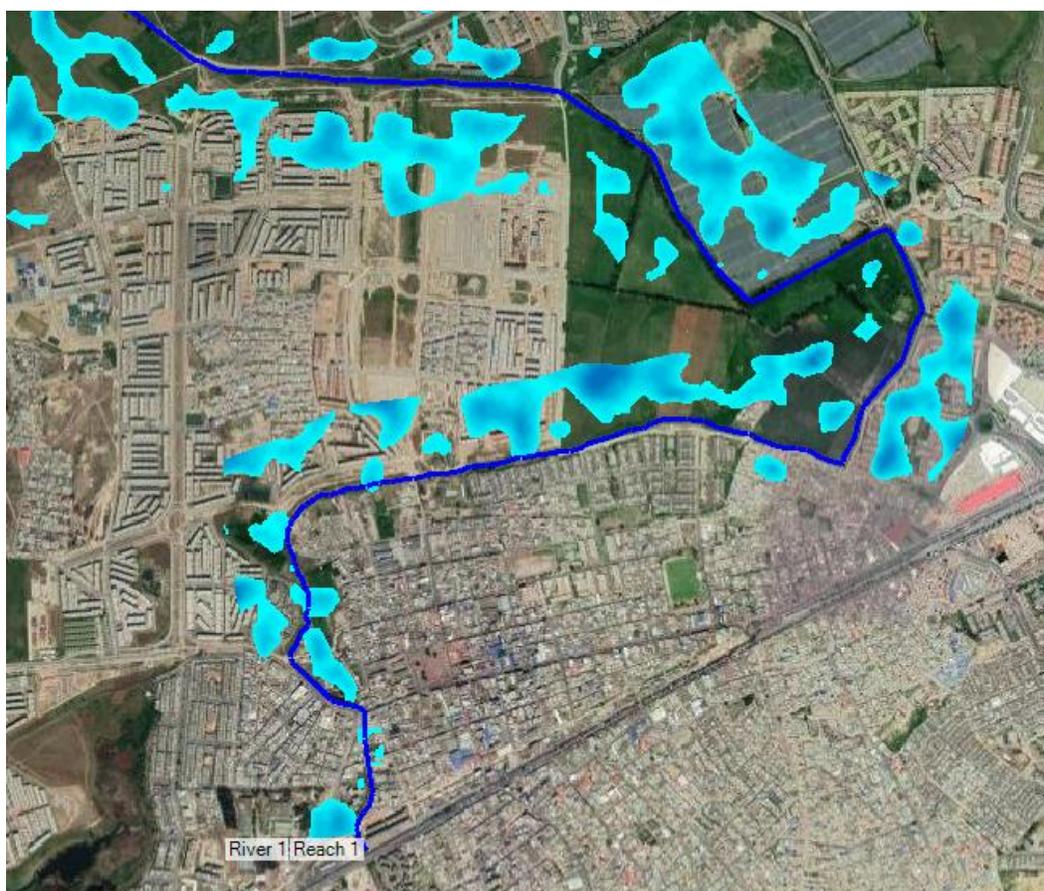
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

### **6.3.2 Zona de inundación urbana**

La simulación mediante el programa de Hec Ras nos permite evidenciar en la figura 17 la zona inundable, en donde se encuentran zonas rurales o de amortiguamiento y zonas urbanas con afectaciones que se verían sería mienta afectadas en caso de inundaciones.

**Figura 17**

*Superposición de inundaciones zona de estudio.*



Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

#### 6.4. Zona Soacha central afectación urbana

Se trazaron perfiles de elevación para analizar las zonas de límites entre comunas Compartir y Soacha central donde se evidencian inundaciones, por depresión topográfica generando afectaciones a los barrios circundantes. La figura 1 evidencia la problemática de un día normal y un día de lluvias fuertes que generan inundaciones en el barrio SATELITE en zona centro de la ciudad de Soacha.

#### **Figura 1**

*Vs inundación barrio satélite Soacha*



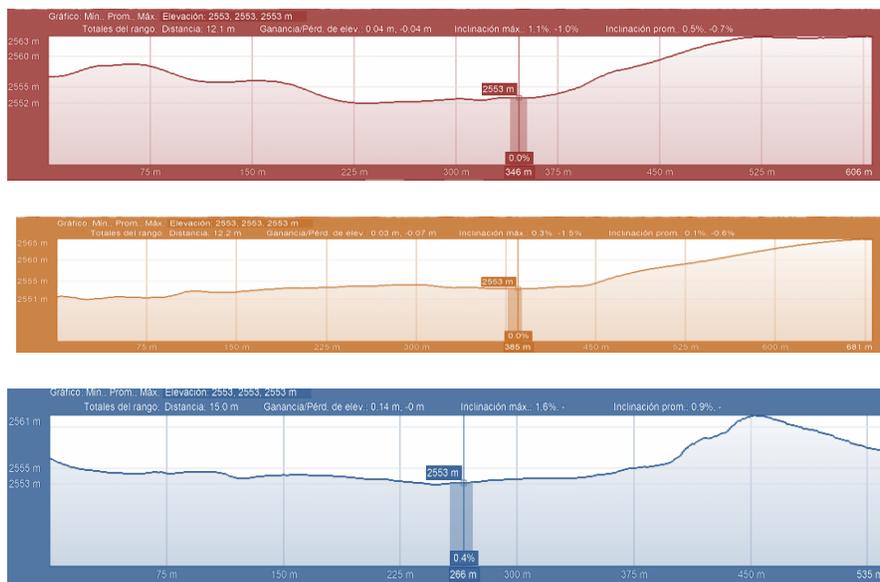
Fuente: Edward Vergara –foto 2 Periódico Extra ,2016

En la figura 19 Perfiles topográficos límite entre comunas compartir y Soacha central identificamos que el rio pasa por una zona de depresión o hundimiento en la topográfica generado en temporadas de fuertes lluvias inundaciones que afectan directamente la movilidad, infraestructura y viviendas como en es el caso del barrio SATELITE

### Figura 19

*Perfiles topográficos Límite entre comunas Compartir y Soacha central.*





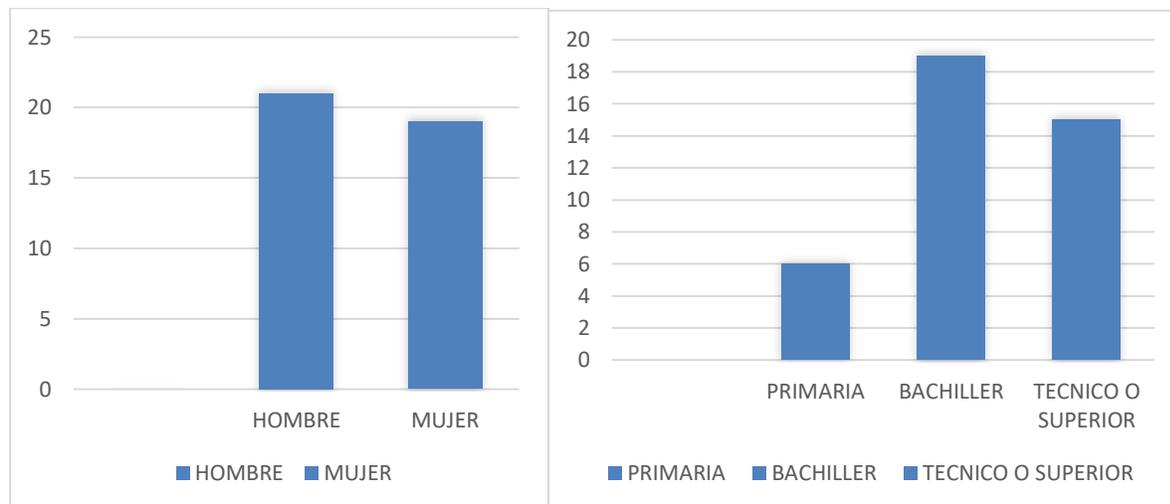
Fuente: (digitalización -Edward vergara,2020)

## 6.5. Resultados de encuestas

Los resultados se descargaron de la plataforma Google formatos en extensión xls o hoja de cálculo la cual nos permitió realizar el análisis según la guía metodológica de vulnerabilidad de la UNGRD.

### 6.5.1. Características demográficas

Se administró el cuestionario mediante la plataforma de google formatos y 40 respondieron. La mayoría de los encuestados fueron seleccionados de la extensión de estudio en las comunas de Soacha central, Despensa y Ciudad Verde, debido a la información recopilada de reconocimiento que indica los efectos frecuentes y severos de las inundaciones en sus áreas. Hubo respuestas de 21 hombres y 19 mujeres. Todos los encuestados son mayores de edad. El 15% de la población de la muestra tenía sólo educación primaria, el 47% tenía hasta la educación secundaria y el 38 % había alcanzado el nivel técnico o superior. Estos resultados se ven evidenciados en la figura 20.

**Figura 20***Género y nivel de educación de los encuestados*

Fuente: Elaboración propia (2020)

**6.5.2. Caracterización del grado de vulnerabilidad en la zona de estudio.**

La caracterización se realizó mediante la recopilación de datos en las encuestas y los recorridos, accediendo a la realidad que se vive próxima a los barrios en el municipio de Soacha, captando información, que permita la evaluación de la vulnerabilidad.

**6.5.3 Vulnerabilidad Total (Vt)**

La vulnerabilidad Total (Vt) siguiendo la metodología de la UNGRD, concierne a la sumatoria de las vulnerabilidades evaluadas para la zona de estudio del municipio de Soacha Cundinamarca en un nivel de Vulnerabilidad Total, demostrando que el mal uso del territorio genera que las comunidades se agrupan en zonas de alto riesgo, edificaciones ilegales que en temporadas torrenciales se verán seriamente golpeadas. Realizado mediante la Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la Gestión del riesgo de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres Colombia, a continuación, los resultados obtenidos en la tabla 13. Para ver los resultados completos en anexo 3.

**Tabla 13***Resultados Vulnerabilidades- metodología URGR*

	Ve	Vs	Vo	Vf	VT
prom total	0.372	0.449875	0.455	0.28525	1.562125

Fuente: Elaboración propia (2020)

Mediante el guía metodológico se obtienen los rangos de riesgo por vulnerabilidad para la zona de estudio los cuales se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14***Rangos de vulnerabilidad total (VT)*

RANGOS DE VULNERABILIDAD TOTAL (VT)		
ALTA	1.38	2.09
MEDIA	0.69	1.37
BAJA	0	0.68

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del análisis de vulnerabilidad total elaboración propia (2020)

#### 6.5.4 Vulnerabilidad Económica (Ve)

La evaluación de la vulnerabilidad económica se obtuvo tomando valor mínimo 0 y valor máximo 0.519, los rangos se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15***Rangos de vulnerabilidad económica (Ve)*

RANGOS DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA		
ALTA	0.347	0.519

MEDIA	1.174	0.346
BAJA	0	0.173

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del análisis de vulnerabilidad económica, elaboración propia (2020)

El 70% de las personas encuestadas, se encuentra en el rango alto y el 30% de los sujetos en el rango medio, estableciendo la predominancia de una alta vulnerabilidad económica en la zona de estudio. La mayor parte de los encuestados cuentan con 1 o menos de 1 salario mínimo generando la necesidad de vivir en zonas de menor costo la mayoría de estas en zonas de alto riesgo. El cual se puede evidenciar en los resultados de la vulnerabilidad en la figura 21.

### 6.5.5 Vulnerabilidad Social (Vs)

La evaluación de la vulnerabilidad económica se obtuvo tomando valor mínimo 0 y valor máximo 0.544, los rangos se muestran en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Rangos de vulnerabilidad social (Vs)*

RANGOS DE VULNERABILIDAD SOCIAL		
ALTA	0.363	0.544
MEDIA	0.182	0.362
BAJA	0	0.181

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del análisis de vulnerabilidad social, elaboración propia (2020)

Un 77% de las personas encuestadas se encuentra en el rango de Vulnerabilidad alta, un 23% se encuentran en el rango de Vulnerabilidad media. Revelando que la zona de estudio del municipio de Soacha se encuentra en una propensión a media-alta de vulnerabilidad social. Un rasgo común es el bajo nivel de empleo formal de los habitantes, puesto que la mayoría cuentan

con trabajos informales o independientes generando que un alto porcentaje en el régimen subsidiado. Resultados de la vulnerabilidad en la figura 21.

### 6.5.6 Vulnerabilidad organizacional (Vo)

La evaluación de la vulnerabilidad económica se obtuvo tomando valor mínimo 0 y valor máximo 0.6, los rangos se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Rangos de vulnerabilidad organizacional (Vo)*

RANGOS DE VULNERABILIDAD ORGANIZACIONAL		
ALTA	0.4	0.6
MEDIA	0.2	0.39
BAJA	0	0.19

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del análisis de vulnerabilidad organizacional, elaboración propia (2020).

La vulnerabilidad organizacional se enfoca en el apoyo que genera la gobernabilidad o las intuiciones municipales en la prevención, mitigación de desastres y atención de emergencias. La percepción que tiene la comunidad encuestada tiene como resultado una vulnerabilidad alta, pues los organismos de socorro presentes en el municipio no son suficientes o de conocimiento de ellos, así mismo se tienen que ver apoyados por organismos de socorro de la ciudad de Bogotá por su insuficiencia en la zona. . Resultados de la vulnerabilidad en la figura 21.

### 6.5.7 Vulnerabilidad física (Vf)

La evaluación de la vulnerabilidad económica se obtuvo tomando valor mínimo 0 y valor máximo 0.53, los rangos se muestran en la tabla 18.

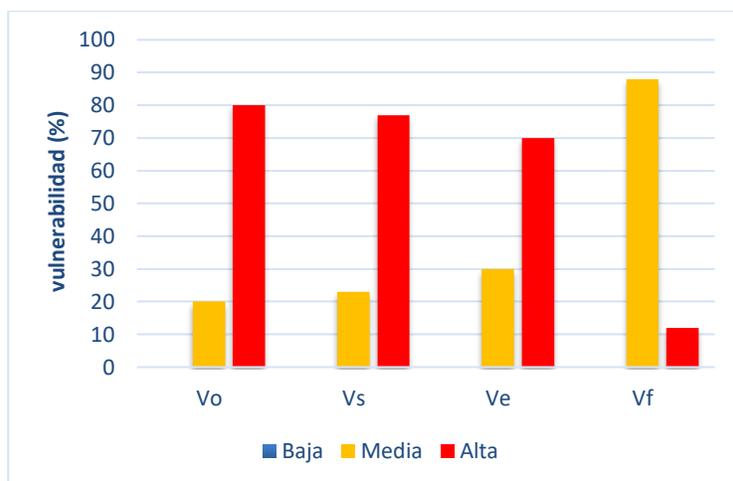
**Tabla 18***Rangos de vulnerabilidad física (Vf)*

RANGOS DE VULNERABILIDAD FÍSICA		
ALTA	0.33	0.53
MEDIA	0.17	0.32
BAJA	0	0.16

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron el resultado del análisis de vulnerabilidad física elaboración propia (2020)

La vulnerabilidad Física se evaluó teniendo en cuenta la infraestructura de los predio, cercanía al río y la cantidad de pisos, la variable de mayor valor fue la cercanía al río puesto que al análisis territorial su gran mayoría no respetan la roda hídrica es este generando un mayor riesgo de inundación en temporadas de lluvias, el 88% de la población se encuentra en riesgo medio puesto que la infraestructura de sus edificaciones es nueva y de buena calidad, con más de 2 pisos lo que permite que en momentos de inundaciones se resguarden en los pisos superiores. El 12% restante pertenece al riesgo alto ya que son habitantes de bajos recursos con hogares de fabricación artesanal generalmente recicladores. Resultados de la vulnerabilidad en la figura 21.

**Figura 21***Resultados de vulnerabilidades*



Fuente: elaboración propia (2020)

*Nota.* Los gráficos son el resultado del análisis de vulnerabilidades a partir de los resultados de las encuestas. vulnerabilidad organizacional (Vo), vulnerabilidad social (Vs), vulnerabilidad económica (Ve), vulnerabilidad física (Vf) .

### 6.6. Evaluación del plan de emergencia municipio de Soacha

El objetivo del plan de emergencia es reducir la incidencia de las amenazas y riesgos que pueden afectar a las personas, los entes gubernamentales y privados son los responsables de generar los protocolos de respuesta de emergencia mediante el comité local para la prevención y atención de desastres (CLOPAD), los protocolos se fundamentan en el estudio de amenazas del municipio de Soacha, e instituyen los pasos a seguir al generarse un suceso de inundación.

Este plan de emergencia fue elaborado en el año 2007 y no contempla un estudio detallado de las zonas vulnerables a inundaciones, los protocolos son una guía metodológica para realizar durante la emergencia, no cumple con un plan de prevención o mitigación de inundaciones.

## 7. Conclusión

Se determinó el índice de vulnerabilidad del territorio de acuerdo a las metodologías de la UNGRD y del IDEAM , donde se encuentra que el 59.75 % de la zona de estudio se encuentra en riesgo alto y el 40.25% en riesgo medio, no se evidencio riesgo bajo debido a la cercanía de los predios al río Soacha y el nivel de conocimiento de riego de la comunidad.

Se caracterizó las zonas de riesgo por inundación cercanas al río Soacha de acuerdo al ordenamiento territorial del municipio de Soacha, evidenciando la falta de planeación de uso del suelo, la falta de protección de humedales, ríos, rondas hídricas, las cuales se ven seriamente afectadas por urbanizaciones ilegales propensas a ser vulnerables a inundaciones futuras.

Se estableció la vulnerabilidad por la inundación del río Soacha en las comunas centro, despensa y ciudad verde del Municipio de Soacha Cundinamarca, se utilizó sistemas de información geográfica y datos de estudios de campo para generar mapas de riesgo de inundaciones. El desarrollo del mapa de riesgo de inundaciones se inició con el uso de DEM para realizar análisis hidrológico del área de estudio. A esto le siguió el análisis de la dirección del flujo, la acumulación de flujo, red de arroyos y las cuencas de drenaje en el área de estudio. Creados en el entorno de ArcGIS para producir los mapas de riesgo de inundación que muestran tres zonas; Zona de alto riesgo, medio riesgo y bajo riesgo del área de estudio. Además, se utilizó una simple simulación para demostrar el potencial de inundaciones en las zonas identificadas con riesgo de inundación. Con base en la respuesta de la encuesta cualitativa y el análisis de simulación.

La evaluación de la eficacia del plan de emergencias del municipio de Soacha ante inundaciones de las zonas estudio son ineficientes ya que el plan de emergencia se presenta como un protocolo de emergencia de inundaciones, sin un estudio detallado de las inundaciones del municipio, no contempla acciones de mitigación o prevención de inundaciones, en

comparación con la vulnerabilidad calculada que dio como resultado que las zonas de estudio las comunas centro, despensa y ciudad son de riesgo alto, el municipio necesita un plan de emergencias que contemple estudios detallados de las zonas vulnerables a inundación que permitan la toma de decisiones que prevengan y mitiguen afectaciones futuras .

Esta investigación buscó identificar las causas y los impactos socioeconómicos de las inundaciones en los habitantes de las comunas de Soacha central, despensa y la zona de expansión urbana donde se encuentra el macro proyecto ciudad verde en el municipio de Soacha Cundinamarca y desarrollar mapas de riesgo de inundaciones que ayudarán a mitigar sus efectos catastróficos ayudando a identificar las causas y efectos de las inundaciones, se enviaron formatos de encuesta a 40 residentes de la comunidad con cercanía al río Soacha, mediante la plataforma Google formatos debido al estado de emergencia declarado por el gobierno nacional en el Decreto 637 del 6 de mayo de 2020, lo que arrojó una tasa de respuesta de aproximadamente el 80%.

## **8. Recomendaciones**

Los mapas de riesgo de inundaciones permitirán la identificación precisa de zonas de alto, medio y bajo riesgo de inundación en una comunidad, sobre las cuales se pueden llevar a cabo actividades adecuadas de planificación y gestión de inundaciones. Esto ayudará a las organizaciones de gestión de inundaciones como UNGR a planificar con anticipación sus esfuerzos de socorro, así como también ayudará a las agencias de ingeniería a diseñar sistemas de drenaje apropiados y garantizar una planificación adecuada de las comunidades.

Las simulaciones ofrecen un medio preciso para demostrar el potencial de inundaciones en las comunidades. Como resultado, los ingenieros / planificadores del territorio podrían usar herramientas de simulación para identificar áreas dentro de sus jurisdicciones que son

vulnerables a las inundaciones. Esta información les ayudará a tomar decisiones precisas sobre dónde invertir efectivamente los recursos destinados a la mitigación de inundaciones.

Implementar con conocimiento de la gestión del riesgo de inundaciones y apoyar la toma de decisiones al involucrar a la Asamblea Municipal y la Comunidad en el análisis participativo de la gestión del riesgo de inundaciones y en la recopilación de toda la información necesaria para fundamentar la planificación y otros cursos de acción.

Soluciones de ingeniería el diseño de planificación y la construcción de canalización adecuada en las zonas urbanizadas para mejorar la capacidad de carga del sistema de red de drenaje. Los edificios y estructuras deben elevarse muy por encima del nivel del río para evitar que las aguas de la inundación entren afectan y destruyen las propiedades en caso de una inundación. Las regulaciones relativas a la construcción también deben cumplirse en los nuevos desarrollos de infraestructura.

Este trabajo se puede tomar como guía para establecer la vulnerabilidad de zonas específicas permitiendo evaluar el nivel de riesgo y la toma de decisiones acertadas del uso del suelo del territorio.

## Lista de referencias

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2002).
- Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002, GEO 3 “Pasado, presente y futuro” Nairobi, Kenya, publicado en español. Capitulo II, Agua Dulce. Ediciones MundiPrensa. Madrid, España 2002.
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales (2002). Perfil del estado de los recursos naturales y el medio ambiente en Colombia 2001. Tomo III. Bogota, Colombia.
- Cardona, Omar Darío (1991). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. “Taller regional de capacitación para la administración de desastres”. NAD/PNUD/OPS/UNDRO. La RED, Bogotá, 1991.
- Jimenez Francisco, y otros (2004). Análisis Integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. VI Semana científica 2004.
- Chardón A (2008). Amenaza, Vulnerabilidad y sociedades urbanas. Una visión desde la dimensión institucional. Revista Gestión y Ambiente, Volumen 11, No, 2, Pág 123-136. Bogotá, Agosto 2008.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2007). Documento complementario a la política sobre gestión del riesgo de desastres. Washington, mayo 2007.
- Departamento Nacional de Planeación (2010). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos” Sostenibilidad Ambiental y Prevención del riesgo. Bogotá Colombia.
- Presidencia de la República de Colombia.( 2011). Ley 1450 de 2011 “Por medio de la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Prosperidad para Todos”. Bogota, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Seguimiento sobre Cuencas Hidrográficas. (2010). Bogota, Diciembre
- Pistrika Aimilia y George Tsakiris.2007. Evaluación del riesgo de inundación: una metodología Centro Marco para la Evaluación de Peligros Naturales y Planificación Proactiva, Nacional,Grecia: Universidad Técnica de Atenas.
- Maiti, Sreyasi. 2007. Definición de un procedimiento de evaluación de riesgos de inundación utilizando la comunidad Enfoque basado en la integración de teledetección y SIG: basado en el Orissa 2003 Inundación, tesis de maestría inédita, India Institute of Remote Sensing.

- Fekete, A.2010. Evaluación de la vulnerabilidad social de las inundaciones fluviales en Alemania, graduado Serie de Investigación vol. 4, UNU-EHS: Bonn.
- FAO .2008. Análisis de sistemas de gestión de riesgos de desastres, Una guía, Roma: Italia. (consultado el 16 de febrero de 2014).
- Birkmann J. .2013. Medición de la vulnerabilidad a los peligros naturales: hacia la resiliencia ante desastres Sociedades, Universidad de las Naciones Unidas (segunda edición)
- Cannon, T. .1990. Análisis de vulnerabilidad y la explicación de los desastres naturales. En un. Varley, Desastres, Desarrollo y Medio Ambiente, Nueva York: John Wiley and Sons Ltd.
- Crichton, D. (1999). El triángulo de riesgo. Manejo de desastres naturales, 102-103.
- Hobeika, A. G., Radwan, A. E. y Jamei, B. (1985). Acciones de transporte para reducir tiempos de evacuación bajo condiciones de inundación por huracanes: un estudio de caso de Virginia Playa de la ciudad. Reunión anual de la Junta de Investigación del Transporte.
- Gerrard, S. (1995). Gestión de riesgos ambientales. En T. O'Riordan (Ed.), Ciencia ambiental para la gestión ambiental (1ª Edición). Londres: Longman Ltd.
- Alcaldía de Soacha 2020- 2023 pagina web oficial del municipio  
<https://www.alcaldiasoacha.gov.co/component/rssearch/view-results/module-288/searchterm-inundaciones.html?Itemid=0>
- UNISDR, Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres 2009 para los conceptos de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo.  
[https://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)
- Hong ,Sadiq I. K., J. Wang, K. Koray, J. Yilmaz, J. Gourley, F. Robert, G. Adler, R. Brakenridge, P. Fritz, H. Shahid, and D. Irwin .2011. Teledetección satelital y modelización hidrológica para el mapeo de inundaciones en la cuenca del lago Victoria: implicaciones para la predicción hidrológica en cuencas no medida Transacciones sobre geociencia y teledetección.
- Carter, W. N. .1991. Gestión de desastres, Manual de administradores de desastres, Manila, Filipinas: publicación del Banco Asiático de Desarrollo International Geographical Union. Commission on Geography in Education, 1975; Geografía de América Latina; métodos y temas monográficos.
- UN/ISDR . 2004. Viviendo con riesgo, una revisión global de las iniciativas de reducción de desastres, Ginebra: Naciones Unidas.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI , 2005, [igac.gov.co](http://igac.gov.co) , biblioteca de mapas.alcaldía soacha(2019) plan ordenamiento territorial, mapas, soacha-cundinamarca. <http://www.alcaldiasoacha.gov.co/>
- CAR -2004 Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales ,Resolucion 157 de 2004
- Pistrika Aimilia y George Tsakiris 2007. Evaluación del riesgo de inundaciones: una metodología centro Marco para la Evaluación de Riesgos Naturales y Planificación Proactiva, Nacional,Grecia: Universidad Técnica de Atenas.
- Decreto 637 de 2020 , Por el cual se declara un Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio Nacional PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.
- Decreto 531 de 2020 , Por el cual se imparten instrucciones en virtud de la emergencia sanitaria generada por la pandemia del Coronavirus COVID-19PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA
- J. Wandel y Smit, B. 2006. Adaptación, capacidad y vulnerabilidad. Cambio ambiental global 16: 282-292 Departamento de Geografía, Universidad de Guelph, Guelph, Ontario, Canadá
- Nick Brooks, W Neil Adger ,Graham Bentham, Maureen Agnew and Siri Eriksen 2004, New indicators of vulnerability and adaptive capacity, 3 School of Environmental Sciences, University of East Anglia
- Müller, A., Reiter, J. y Weiland, U .: Evaluación de la vulnerabilidad urbana a las inundaciones utilizando un enfoque basado en indicadores: un estudio de caso para Santiago de Chile, Nat. Peligros Earth Syst. Sci., 11, 2107–2123, <https://doi.org/10.5194/nhess-11-2107-2011>, 2011
- John Gerrard,2002,, routledge fundamentals of physicalgeography series, 2002 by Routledge 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN
- ArcGIS Resources. (2012). Conceptos. ArcGIS Help 10.1. ESRI. Retrieved septiembre 19, 2020, from <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//018p00000008000000>
- Forkuo, E. K. (2008).Modelado digital del terreno en un entorno GIS. Los Archivos internacionales de fotogrametría, teledetección y espacial Ciencias de la información, XXXVII (Parte B2)
- Fosu, C., Forkuo, E. K. y Asare, M. Y. (2012). Mapeo de inundaciones y peligros de ríos: un estudio de caso del río Susan, Kumasi. En Actas de la Conferencia Geoespacial Global (págs. 14-17). Ciudad de Québec, Canadá

Opolot, E. (2013). Aplicación de los sistemas de información geográfica y de teledetección en la gestión de inundaciones: una revisión. REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE CIENCIAS APLICADAS, 6 (10), 1884–1894.

## Anexos

### A. Resultados cuestionarios

Este proyecto tiene como objetivo principal investigar las causas de las inundaciones y la vulnerabilidad en el municipio de Soacha Cundinamarca, así como los efectos y el impacto socioeconómico como peligro para la vida, la propiedad y las actividades diarias de los residentes. También tiene como objetivo sugerir recomendaciones para mitigar el problema.

Esta es una investigación puramente académica y el anonimato de los encuestados está asegurado. La información proporcionada por los residentes se utilizará exclusivamente con fines de investigación académica.

#### Anexo 1. Cuestionario virtual Google formatos



**Evaluación de vulnerabilidad frente a desastres**

Formulario para la evolución de vulnerabilidad a desastres en el margen del río Soacha mediante el método de INGRD, para trabajo de grado de la Universidad Antonio Nariño programa de Ingeniería Ambiental, preguntas seleccionadas de especialización Juan Pablo Cristo García (2019).

\*Obligatorio

NOMBRE \*

Tu respuesta

## B. Resultados cuestionarios

### Anexo 2. Vista resultados encuesta Google formatos



## C. FORMULACIÓN - MÉTODO UNGRD

### Anexo 3. Indicador económico

id	Identificacion	CANTIDAD DE PERSONAS QUE TRABAJAN		INGRESOS ECONÓMICOS		VIVIENDA	
1	1016085845	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
2	1023485396	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
3	1014085457	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
4	79819103	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
5	45819203	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
6	80920072	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
7	1073719634	1	0.4	< 1M	0.5	PROPIA	0.7
8	1012418035	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
9	29815445	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
10	1022964072	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
11	1012377285	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
12	1013660427	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
13	1071914444	1	0.4	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3
14	80254747	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
15	1013660427	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
16	80254747	1	0.4	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3
17	41404736	2 a 3	0.3	< 1M	0.5	PROPIA	0.7
18	79216064	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
19	46819587	2 a 3	0.3	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3
20	1052950256	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
21	52447415	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
22	20583631	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
23	29233126	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
24	51626660	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
25	79801209	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
26	1026264771	2 a 3	0.3	> 3M	0.2	PROPIA	0.7
27	1023867292	1	0.4	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
28	1030657694	1	0.4	< 1M	0.5	PROPIA	0.7
29	28465664	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
30	1007116506	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
31	1000858182	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
32	1012402535	MAS DE 3	0.2	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
33	1032819203	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	ALQUILADA	0.3
34	1069766447	1	0.4	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3
35	1012412903	MAS DE 3	0.2	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3
36	79824322	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
37	79824322	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
38	51688555	MAS DE 3	0.2	> 3M	0.2	PROPIA	0.7
39	1026564568	2 a 3	0.3	1 a 3 M	0.3	PROPIA	0.7
40	1106392610	2 a 3	0.3	< 1M	0.5	ALQUILADA	0.3

## Anexo.3 Indicador Social

id	Identificación	CANTIDAD DE PERSONAS QUE HABITAN EL PREDIO		ACCESO AL SISTEMA DE SALUD		NIVEL DE EDUCACIÓN		MENORES O ADULTOS MAYORES PR
1	1016085845	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	Sí
2	1023485396	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	Sí
3	1014085457	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	Sí
4	79819103	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
5	45819203	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
6	80920072	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
7	1073719634	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	Sí
8	1012418035	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
9	29815445	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
10	1022964072	2 a 3	0.3	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	No
11	1012377285	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
12	1013660427	2 a 3	0.3	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
13	1071914444	2 a 3	0.3	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	Sí
14	80254747	2 a 3	0.3	0	0.5	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
15	1013660427	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
16	80254747	1	0.2	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	No
17	41404736	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
18	79216064	2 a 3	0.3	PREPAGADO	0.2	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
19	46819587	2 a 3	0.3	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	Sí
20	1052950256	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
21	52447415	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
22	20583631	2 a 3	0.3	SUBSIDIADO	0.5	TECNICO O SUPERIOR	0.3	No
23	29233126	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
24	51626660	2 a 3		CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
25	79801209	> 3	0.5	PREPAGADO	0.2	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
26	1026264771	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	No
27	1023867292	1	0.2	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	No
28	1030657694	2 a 3	0.3	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
29	28465664	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	No
30	1007116506	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
31	1000858182	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
32	1012402535	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
33	1032819203	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	BACHILLER	0.3	Sí
34	1069766447	1	0.2	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	No
35	1012412903	0	0.2	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	Sí
36	79824322	> 3	0.5	SUBSIDIADO	0.5	PRIMARIA	0.4	Sí
37	79824322	2 a 3	0.3	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	Sí
38	51688555	> 3	0.5	PREPAGADO	0.2	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
39	1026564568	> 3	0.5	CONTRIBUTIVO	0.3	TECNICO O SUPERIOR	0.3	Sí
40	1106392610	2 a 3	0.3	CONTRIBUTIVO	0.3	BACHILLER	0.3	No

## Anexo.3 Indicador Social

id	Identificacion	CONOCE PLANES DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA DEL MUNICIPIO		DISTANCIA A PUESTOS DE ATENCIÓN		PRESENCIA ORGANISMOS DE SOCORRO	
1	1016085845	NO	0.7	< 0,5 KM	0.2	SI	0.7
2	1023485396	NO	0.7	< 0,5 KM	0.2	SI	0.7
3	1014085457	NO	0.7	< 0,5 KM	0.2	SI	0.7
4	79819103	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
5	45819203	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
6	80920072	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
7	1073719634	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
8	1012418035	NO	0.7	> 1 KM	0.5	SI	0.7
9	29815445	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
10	1022964072	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
11	1012377285	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
12	1013660427	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
13	1071914444	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
14	80254747	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
15	1013660427	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
16	80254747	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
17	41404736	NO	0.7	< 0,5 KM	0.2	NO	0.3
18	79216064	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
19	46819587	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
20	1052950256	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
21	52447415	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
22	20583631	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
23	29233126	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
24	51626660	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
25	79801209	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
26	1026264771	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
27	1023867292	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
28	1030657694	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
29	28465664	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
30	1007116506	SI	0.3	> 1 KM	0.5	NO	0.3
31	1000858182	NO	0.7	> 1 KM	0.5	SI	0.7
32	1012402535	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
33	1032819203	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
34	1069766447	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
35	1012412903	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
36	79824322	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3
37	79824322	NO	0.7	> 1 KM	0.5	0	0.3
38	51688555	SI	0.3	0,5 a 1 KM	0.3	SI	0.7
39	1026564568	NO	0.7	0,5 a 1 KM	0.3	NO	0.3
40	1106392610	NO	0.7	> 1 KM	0.5	NO	0.3

## Anexo.3 Indicador físico

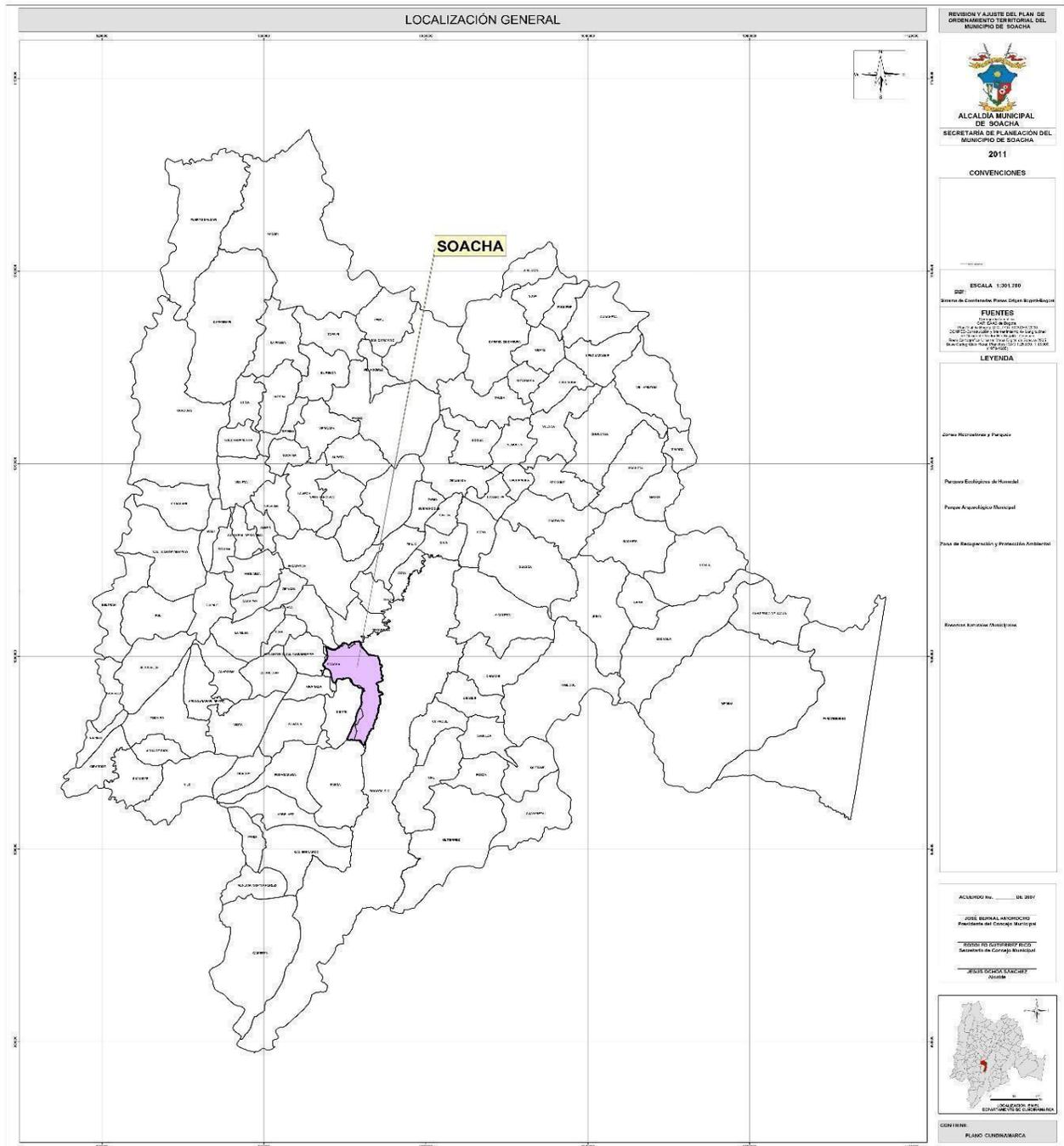
id	Identificación	DISTANCIA AL RÍO		ESTADO DECONSERVACIÓN		CANTIDAD PISOS	
				DE LA VIVIENDA			
1	1016085845	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	2	0.3
2	1023485396	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	2	0.3
3	1014085457	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	2	0.3
4	79819103	> 300	0.2	Regular	0.3	2	0.3
5	45819203	> 300	0.2	Regular	0.3	2	0.3
6	80920072	> 300	0.2	Regular	0.3	> 3	0.2
7	1073719634	< 50 M	0.5	Malo	0.6	1	0.5
8	1012418035	100 a 300 M	0.2	Regular	0.3	> 3	0.2
9	29815445	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	> 3	0.2
10	1022964072	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	> 3	0.2
11	1012377285	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	> 3	0.2
12	1013660427	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	> 3	0.2
13	1071914444	50 a 100 M	0.3	Malo	0.6	1	0.5
14	80254747	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	2	0.3
15	1013660427	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	> 3	0.2
16	80254747	< 50 M	0.5	Regular	0.3	2	
17	41404736	< 50 M	0.5	Malo	0.6	1	0.5
18	79216064	100 a 300 M	0.2	Regular	0.3	1	0.5
19	46819587	50 a 100 M	0.3	0	0.3	> 3	0.2
20	1052950256	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	2	0.3
21	52447415	100 a 300 M	0.2	BUENO	0.1	> 3	0.2
22	20583631	50 a 100 M	0.3	0	0.3	2	0.3
23	29233126	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	> 3	0.2
24	51626660	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	2	0.3
25	79801209	100 a 300 M	0.2	BUENO	0.1	> 3	0.2
26	1026264771	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	> 3	0.2
27	1023867292	< 50 M	0.5	BUENO	0.1	2	0.3
28	1030657694	50 a 100 M	0.3	Regular	0.3	> 3	0.2
29	28465664	< 50 M	0.5	Regular	0.3	2	0.3
30	1007116506	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	> 3	0.2
31	1000858182	100 a 300 M	0.2	BUENO	0.1	> 3	0.2
32	1012402535	50 a 100 M	0.3	Regular	0.3	> 3	0.2
33	1032819203	100 a 300 M	0.2	Regular	0.3	> 3	0.2
34	1069766447	100 a 300 M	0.2	Regular	0.3	1	0.5
35	1012412903	100 a 300 M	0.2	Malo	0.6	1	0.5
36	79824322	50 a 100 M	0.3	Regular	0.3	2	0.3
37	79824322	50 a 100 M	0.3	Regular	0.3	2	0.3
38	51688555	100 a 300 M	0.2	BUENO	0.1	> 3	0.2
39	1026564568	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	> 3	0.2
40	1106392610	50 a 100 M	0.3	BUENO	0.1	> 3	0.2



### Anexo.4 Vulnerabilidad total por encuestado

Identificación	Ve	Vs	Vo	Vf	VT
1016085845	0.3	0.48	0.45	0.32	1.55
1023485396	0.3	0.48	0.45	0.32	1.55
1014085457	0.3	0.48	0.45	0.32	1.55
79819103	0.26	0.53	0.5	0.26	1.55
45819203	0.26	0.53	0.5	0.26	1.55
80920072	0.38	0.53	0.48	0.23	1.62
1073719634	0.52	0.545	0.5	0.53	2.095
1012418035	0.38	0.48	0.6	0.23	1.69
29815445	0.42	0.48	0.48	0.29	1.67
1022964072	0.3	0.3	0.48	0.29	1.37
1012377285	0.38	0.53	0.38	0.29	1.58
1013660427	0.42	0.47	0.5	0.29	1.68
1071914444	0.4	0.485	0.5	0.45	1.835
80254747	0.38	0.47	0.3	0.32	1.47
1013660427	0.42	0.48	0.5	0.29	1.69
80254747	0.4	0.335	0.5	0.29	1.525
41404736	0.48	0.53	0.33	0.53	1.87
79216064	0.26	0.395	0.42	0.32	1.395
46819587	0.36	0.42	0.38	0.27	1.43
1052950256	0.38	0.53	0.48	0.24	1.63
52447415	0.3	0.48	0.48	0.17	1.43
20583631	0.42	0.35	0.42	0.3	1.49
29233126	0.42	0.48	0.38	0.21	1.49
51626660	0.42	0.33	0.48	0.24	1.47
79801209	0.42	0.455	0.42	0.17	1.465
1026264771	0.39	0.36	0.38	0.21	1.34
1023867292	0.34	0.27	0.48	0.32	1.41
1030657694	0.52	0.42	0.42	0.27	1.63
28465664	0.26	0.36	0.38	0.38	1.38
1007116506	0.42	0.48	0.4	0.21	1.51
1000858182	0.42	0.48	0.6	0.17	1.67
1012402535	0.26	0.53	0.5	0.27	1.56
1032819203	0.3	0.53	0.48	0.23	1.54
1069766447	0.4	0.335	0.48	0.32	1.535
1012412903	0.32	0.455	0.48	0.41	1.665
79824322	0.42	0.545	0.48	0.3	1.745
79824322	0.42	0.42	0.48	0.3	1.62
51688555	0.35	0.455	0.42	0.17	1.395
1026564568	0.42	0.48	0.38	0.21	1.49
1106392610	0.36	0.3	0.48	0.21	1.35

## Anexo.5 Localización del municipio



**Anexo.6 Fotografías toma de profundidades**

A.



D.



B.



E.



C.



F.



G.



J.



H.



K.



I.



L.



