



MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A LA AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LAS COMUNIDADES COLINDANTES A LA QUEBRADA CHINALERA UBICADA EN LA COMUNA 8 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

INGRID JOHANNA BARRIENTOS MURCIA

PEDRO ALBERTO ORTEGA GALVIS

HUBER HERNANDO PLAZA VILLAMIZAR



**Universidad[®]
Católica
de Manizales**

VIGILADA Mineducación

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



*Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen*

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A LA AMENAZA POR
INUNDACIÓN EN LAS COMUNIDADES COLINDANTES A LA QUEBRADA
CHINALERA UBICADA EN LA COMUNA 8 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE
CÚCUTA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de *Magíster en Cambios
Globales y Riesgos de Desastres*

Modalidad de grado: Proyecto de investigación del estudiante

Gloria Yaneth Flórez Yepes¹

Ingrid Johanna Barrientos Murcia

Pedro Alberto Ortega Galvis

Huber Hernando Plaza Villamizar

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGOS DE DESASTRES
MANIZALES, CALDAS

2023

¹ <https://orcid.org/0000-0003-4185-0178>

DEDICATORIA

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la luz, la fortaleza y la sabiduría que necesitaba para completar este proyecto y alcanzar mis metas; a mi familia, especialmente mis padres y mi hermano, quienes han sido fundamentales en este camino, ofreciéndome amor incondicional, celebrando mis éxitos y ayudándome a superar obstáculos. También agradezco a mis demás familiares por su apoyo constante y por nunca dudar de mis capacidades. Su aliento y compañía han sido invaluable durante todo este proceso.

Ingrid Johanna Barrientos Murcia

Al Eterno por su gracia y bendiciones, a mis padres quienes son dignos de honrar y me motivan con su ejemplo y tenacidad, a la familia Barreneche Molina por la inspiración y su gran apoyo incondicional.

A ustedes, infinitas gracias por soñar conmigo y ayudarme a lograrlo.

Pedro Alberto Ortega Galvis

A Dios trino y uno, por su constante intercesión en mi camino; a María santísima, Virgen y madre por su mirada de amor en cada una de mis peticiones; a mi familia y amigos que inspiraron cada momento vivido.

¡Habla Señor que tu siervo escucha!

Huber Hernando Plaza Villamizar

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Manizales UCM por ser fuente de conocimiento y a todos los docentes de la Maestría en Cambios Globales y Riesgo de Desastres que aportaron a nuestro proceso académico.

A nuestra tutora Gloria Yaneth Flórez Yepes por entregar sus conocimientos en cada etapa del desarrollo de esta investigación, por la disposición a aconsejarnos en cada duda con mucha sabiduría, cariño, humanidad y acompañamiento incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	23
3.1. Objetivo General	23
3.2. Objetivos Específicos.....	23
4. ANTECEDENTES	24
5. MARCO TEÓRICO	29
5.1. Cuenca Hidrográfica	29
5.2. Amenaza.....	30
5.2.1. Amenaza por Inundación	32
5.3. Vulnerabilidad.....	34
5.4. Riesgo de Desastres.....	35
5.5. Gestión del Riesgo de Desastres	35
5.5.1. Susceptibilidad de la Amenaza por Inundación.....	36
5.5.2. Evaluación de la Amenaza por Inundación	37
5.5.3. Acotamiento de la Ronda Hídrica.....	38

5.5.4.	Modelación para la Gestión del Recurso Hídrico	40
5.5.5.	Estimación del Índice de Vulnerabilidad ante la Amenaza por Inundación .	41
5.6.	Tecnologías para Analizar el Riesgo de Desastre.....	42
6.	METODOLOGÍA.....	44
6.1.	Área de Estudio	44
6.2.	Enfoque de la Investigación	45
6.3.	Tipo de Investigación	45
6.4.	Hipótesis de la Investigación.....	46
6.4.1.	Hipótesis Nula [H_0].....	46
6.4.2.	Hipótesis Alternativa [H_1].....	46
6.5.	Fases de la Investigación.....	46
6.5.1.	Reconocimiento de la Afectación Histórica de los Eventos de Inundación tras el Desbordamiento de la Quebrada Chinalera	48
6.5.2.	Caracterización Geográfica de la Quebrada Chinalera.....	49
6.5.3.	Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social Frente a la Amenaza por Inundación	55
6.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	59
7.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	60
7.1.	Etapa 1. Reconocimiento de la Afectación Histórica de los Eventos de Inundación tras el Desbordamiento de la Quebrada Chinalera.....	60

7.1.1.	Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR]	60
7.1.2.	Consolidado de Atención de Emergencias de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD].....	62
7.1.3.	Reportes de Situaciones de Emergencias Contenidos en Bases de Datos Municipales	63
7.1.4.	Base de Datos del Registro Único de Damnificados [RUD]	66
7.2.	Etapa 2. Caracterización Geográfica de la Quebrada Chinalera	72
7.2.1.	Identificación Preliminar de las Formas del Terreno Asociadas al Cauce Permanente	72
7.3.	Etapa 3. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social Frente a la Amenaza por Inundación.....	85
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	101
9.	CONCLUSIONES.....	107
10.	RECOMENDACIONES.....	109
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localización geográfica de la zona bajo estudio	44
Figura 2	Esquema metodológico de la investigación.	47
Figura 3	Número de afectaciones por eventos de inundación en las comunas urbanas del municipio en el periodo 2020-2023	64
Figura 4	Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2020 ...	65
Figura 5	Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2021 ...	65
Figura 6	Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2022 ...	66
Figura 7	Plano No. 07 “Amenazas por inundación” del POT Municipio de San José de Cúcuta, 2019.....	70
Figura 8	Ubicación espacial de la Quebrada Chinalera, levantada mediante observación de campo	71
Figura 9	Estado actual de la Quebrada Chinalera.....	73
Figura 10	Creación de polígono de la Quebrada Chinalera.....	74
Figura 11	Polígono trazado de la Quebrada Chinalera	74
Figura 12	Visita de campo realizada a la Quebrada Chinalera para recolección de información secundaria	75
Figura 13	Verificación de polígono de la Quebrada Chinalera con base en imágenes satelitales del año 2004.....	75
Figura 14	Verificación de polígono de la Quebrada Chinalera a través de imágenes satelitales del año 2014.....	76

Figura 15 Verificación de polígono Quebrada Chinalera a través de imágenes satelitales del año 2023.....	76
Figura 16 Mapa de identificación de la forma principal del cauce de la Quebrada Chinalera a escala 1:5000.....	77
Figura 17 Mapa de identificación de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Chinalera a escala 1:5000	78
Figura 18 Curvas IDF mediante el método simplificado, estación hidrometeorológica Aeropuerto Camilo Daza.....	79
Figura 19 Alineamiento horizontal del cauce principal y secciones obtenido a partir de la modelación.....	81
Figura 20 Secciones transversales y Banks obtenido a partir de la modelación.....	81
Figura 21 Representación Isométrica de cauce existente en la Quebrada Chinalera.....	82
Figura 22 Perfil de flujo del modelo de la Quebrada Chinalera	83
Figura 23 Mancha de inundación del cauce existente de la Quebrada Chinalera y los puntos de desborde	83
Figura 24 Resultados de la modelación del cauce existente de la Quebrada Chinalera	84
Figura 25 Formato de encuesta diseñado para estimación del índice de vulnerabilidad social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera.....	88
Figura 26 Aplicación de la entrevista estructurada a comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera.....	89
Figura 27 Instrumento de recolección de datos diseñado para aplicación de la metodología AHP	90

Figura 28	Aplicación del instrumento a miembros del CMGRD del municipio de San José de Cúcuta, para comparación de pares de variables	91
Figura 29	Asignación de los pesos de las variables seleccionadas, con base en los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a miembros del CMGRD	92
Figura 30	Aplicación del instrumento a expertos de la UCM, para comparación de pares de variables	92
Figura 31	Determinación de pesos de las variables seleccionadas, basado en los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a expertos de la UCM	93
Figura 32	Determinación de pesos de las variables seleccionadas, basado en los resultados obtenidos por los autores	94
Figura 33	Índice de Vulnerabilidad Social de hogares encuestados colindantes a la Quebrada Chinalera.....	99
Figura 34	Mapa del Índice de Vulnerabilidad Social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera a escala 1:5000	100

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de curvas IDF, en Colombia	54
Tabla 2	Registros de DESINVENTAR para Cúcuta relacionados con eventos de inundación...	61
Tabla 3	Consolidado de atención de situaciones de emergencias por inundación para el municipio de San José de Cúcuta.....	62
Tabla 4	Situaciones de calamidad pública declaradas en el municipio por temporada de lluvias, asociada a eventos de inundación	67
Tabla 5	Número de personas damnificadas por barrio durante la segunda temporada de lluvias 2020.....	68
Tabla 6	Ancho sección canalización y Retiro exigible mínimo, definidos en el POT, 2019	71
Tabla 7	Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por el método racional modificado	80
Tabla 8	Criterios definidos para análisis de factores de la vulnerabilidad social que inciden en la condición de riesgo por inundación de la población en el grupo focal seleccionado	90
Tabla 9	Definición de pesos de variables para el estudio	94
Tabla 10	Categorización de las variables de estudio	95
Tabla 11	Rango de IVS delimitados para diferentes niveles de vulnerabilidad	98

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Datos históricos de precipitaciones máximas, Estación Meteorológica Aeropuerto Camilo Daza, identificada como 16015010.....	123
---	-----

RESUMEN

En esta investigación se evaluó la vulnerabilidad social frente a la amenaza por inundación en las comunidades contiguas a la Quebrada Chinalera ubicada en la comuna 8 del Municipio de San José de Cúcuta. El estudio se basó en el análisis de información histórica, evaluación de datos hidrológicos y el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social [IVS]. Inicialmente, se identificaron las zonas afectadas recurrentemente por medio de análisis de reportes históricos, seguido de la delimitación del cuerpo hídrico mediante la interpretación visual de imágenes satelitales de tres momentos históricos, contrastantes en un periodo de tiempo de 20 años, con apoyo de herramientas geoinformáticas como SAS.Planet, Google Earth y ArcGis. Posteriormente, se llevó a cabo el levantamiento topográfico, el cálculo de las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia [IDF] mediante el método racional simplificado y la estimación de caudales máximos para diferentes períodos de retorno. Con base en esta información, se efectuó la modelación hidráulica con el software HEC-RAS 6.4.1, obteniendo una representación isométrica de la Quebrada Chinalera, lo que evidenció las zonas propensas a desbordamientos, especialmente en las secciones con mayor sinuosidad. En la fase final, se dedujo el IVS que incide en la condición de riesgo por inundación, asociado a cinco dimensiones: composición del hogar, el empleo, el nivel de educación, el acceso a recursos y servicios, y la preparación ante riesgos por inundación. Mediante la aplicación de encuestas estructuradas a un grupo focal, análisis de variables a través del Proceso Analítico Jerárquico [AHP] en colaboración con expertos en gestión del riesgo de desastres, el uso de sistemas de información geográfica - SIG y el software estadístico IBM SPSS Statistics 29.0.1.0., se obtuvo un IVS promedio de 2,43, indicando un nivel medio. Los resultados revelaron que el análisis de los datos hidrológicos integrados con la evaluación de los factores sociales y

económicos es esencial para comprender el nivel de vulnerabilidad social. Dada esta condición de vulnerabilidad, es importante la incorporación de enfoques inclusivos y la colaboración interdisciplinaria para lograr que la gestión del riesgo de desastres ante eventos de inundación sea más efectiva y justa.

Palabras clave: vulnerabilidad social, amenaza por inundación, condición de riesgo, gestión del riesgo de desastres, modelación hidráulica.

ABSTRACT

In this research, social vulnerability to the threat of flooding was assessed in communities adjacent to the Quebrada Chinalera, located in the Comuna 8 of the Municipality of San José de Cúcuta. The study was based on the analysis of historical information, evaluation of hydrological data, and the calculation of the Social Vulnerability Index [SVI]. Initially, areas recurrently affected were identified through analysis of historical reports, followed by the delineation of the water body through visual interpretation of satellite images from three contrasting historical moments over a period of 20 years, using geoinformatics tools such as SAS.Planet, Google Earth, and ArcGIS. Subsequently, topographic surveying was conducted, and Intensity-Duration-Frequency [IDF] curves were calculated using the simplified rational method, along with the estimation of maximum flows for different return periods. Based on this information, hydraulic modeling was carried out using HEC-RAS 6.4.1 software, providing an isometric representation of the Quebrada Chinalera, highlighting areas prone to overflow, especially in sections with higher sinuosity. In the final phase, the SVI influencing the flood risk condition was deduced, associated with five dimensions: household composition, employment, education level, access to resources and services, and preparedness for flood risks. Through the application of structured surveys to a focus group, variable analysis using the Analytic Hierarchy Process [AHP] in collaboration with disaster risk management experts, the use of geographic information systems - GIS, and IBM SPSS Statistics 29.0.1.0 statistical software, an average SVI of 2.43 was obtained, indicating a moderate level. The results revealed that the integration of hydrological data with the assessment of social and economic factors is essential to understand the level of social vulnerability. Given this

vulnerability, the incorporation of inclusive approaches and interdisciplinary collaboration is crucial to making disaster risk management for flood events more effective and equitable.

Keywords: social vulnerability, flood threat, risk condition, disaster risk management, hydraulic modeling.

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son fenómenos naturales que han existido desde siempre (Márquez, 2012). Sin embargo, recientemente han aumentado los desastres asociados a este tipo de eventos, producto de las actividades humanas en zonas de riesgo, así como fuerzas de la naturaleza. Esto ha exacerbado las pérdidas y los daños causados, especialmente en áreas inundables donde se asientan un número creciente de personas generando una alta vulnerabilidad socioeconómica (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2014).

Según el informe de evaluación sobre el riesgo regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe, entre 1998 y 2017, las expresiones de riesgo intensivo debido a eventos climáticos fueron predominantes a escala global, siendo las inundaciones el tipo de evento más frecuente. Para la región de Latinoamérica, esta relación también fue observada, destacándose las inundaciones con un 37%, equivalente a 600 eventos registrados. En los últimos treinta años, se ha notado un aumento significativo y un rápido desarrollo de situaciones de riesgo en las zonas urbanas de tamaño mediano y pequeño, con población entre 20.000 y 100.000 habitantes, y 100.000 y 1.000.000 habitantes, respectivamente, comparado con la década de los 90`s, en ocho países como Colombia, asociado a la recurrencia por eventos de inundación (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNDRR], 2021).

De 2011 a 2020, se observó un incremento superior al 50% en las inundaciones a nivel global y en las precipitaciones extremas vinculadas al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] y Organización de Naciones Unidas [ONU]-Agua, 2020). Según el informe "2020: El año de los desastres no relacionados con COVID", se reportaron 201 inundaciones significativas durante ese año, lo que

representó un incremento del 23% en comparación con el promedio anual de 163. Estas inundaciones resultaron en 6.171 muertes, un aumento del 18% en relación con el promedio anual de 5.233 (Centro de Investigaciones sobre la Epidemiología de los Desastres [CRED] & UNDRR, 2021). Colombia sobresalió como la nación con la mayor cantidad de población impactada en la región, superando los 10 millones de personas en los últimos años (ONU, 2020).

A nivel nacional, un ejemplo que destaca la magnitud del impacto de las variaciones climáticas de estos eventos en las viviendas es representado por las inundaciones ocasionadas por la segunda temporada de lluvias del año 2020 en el municipio de San José de Cúcuta, donde resultaron 1.081 familias damnificadas, equivalente a 3.186 personas, ubicadas especialmente en la comuna 8 de la zona urbana; del total de viviendas afectadas por las inundaciones, 8,14% de las viviendas colapsaron, 21,37% de estas en condiciones no habitables y el restante tuvieron afectaciones menores causadas por inundaciones o desencadenados por procesos de remoción en masa como resultado de intensas precipitaciones. Durante esta temporada de lluvias, la situación de emergencia más destacada fue el evento de avenida torrencial con creciente súbita e inundación de la Quebrada Tonchalá, debido al desbordamiento de drenajes naturales como la Quebrada Chinalera (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2022).

Registros históricos destacan que las altas precipitaciones y la ausencia de obras de estabilización y protección de los caudales, aumentan las escorrentías de aguas lluvias, generando crecimiento de los cuerpos hídricos por encima de las proyecciones científicas, y con ello, inundaciones y grandes afectaciones tras el desbordamiento de los caños naturales (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta [CMGRD], 2021). Ante esta situación recurrente, se ha identificado que los drenajes naturales existentes han sido invadidos en su sección hidráulica, producto de la construcción de viviendas, que no han respetado las

distancias requeridas a los cuerpos de agua, según lo estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2010).

De acuerdo con UNESCO y ONU-Agua (2020), las previsiones climáticas señalan que los eventos de precipitaciones extremas serán más frecuentes y severos, incrementando los peligros de inundación. Los hogares de bajos recursos tienden a ser los más expuestos a los impactos de las inundaciones urbanas.

Así las cosas, este proyecto se realiza en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, con la premisa de llevar a cabo una evaluación de la vulnerabilidad social frente a la amenaza por inundación en las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera ubicada en la comuna 8 del municipio; a partir de ello, se realiza la identificación geográfica del drenaje en mención, que sirve como insumo para toma de decisiones en la reducción prospectiva del riesgo de desastres por inundación, y se aplican instrumentos que contribuyen a los procesos de la gestión del riesgo de desastres. Al aplicar estos instrumentos en un grupo focal y realizar su posterior análisis, se evalúan los aspectos sociales que contribuyen a la vulnerabilidad, asociados a cinco dimensiones tales como la composición del hogar, el empleo, el nivel de educación, el acceso a recursos y servicios, y la preparación ante riesgos de inundación. Por lo tanto, este proyecto busca analizar el levantamiento histórico de emergencias asociadas, identificar y delimitar del cauce permanente de la Quebrada Chinalera, que se configura como el principal agente condicionante del riesgo de desastres por inundación en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta y valorar la vulnerabilidad social de un grupo focal.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, se evidencia una creciente manifestación de riesgos intensivos asociados a eventos climáticos, registrándose 7,255 incidentes entre 1998 y 2017. De manera destacada, las inundaciones representan el 43% de estos eventos en las Américas, constituyéndose como la amenaza más frecuente. En este período, se estima que 2.000 millones de personas, equivalente al 45% de la población mundial afectada, se vieron impactadas por este fenómeno amenazante (UNDRR & CRED, 2021).

Al enfocarnos en Colombia, el análisis histórico revela que entre 1912 y 2020, las inundaciones han sido los eventos más recurrentes, totalizando 17.096 casos. Esta cifra coloca a las inundaciones como el suceso más reportado, ocasionando daños significativos con 1.315.803 viviendas afectadas y destruidas (Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR], 2024)

En la región del Norte de Santander, se destaca la prevalencia de inundaciones en el mismo periodo, contabilizándose 409 eventos, lo que representa un 27% de todas las amenazas materializadas. Estas inundaciones han causado estragos, afectando de manera severa a 23.032 viviendas, lo que constituye el 62% de todos los daños ocasionados por amenazas de origen natural y socio-natural en el territorio (DESINVENTAR, 2024).

No obstante, en el municipio de San José de Cúcuta, las transformaciones paisajísticas desencadenadas por la urbanización, industrialización y el crecimiento demográfico han reconfigurado de manera significativa la circulación del agua en las cuencas hidrográficas, subcuencas y drenajes menores, intensificando la amenaza por inundación.

En el ámbito urbano, esta compleja realidad se agrava por la escasa cobertura de alcantarillado pluvial en zonas de riesgo, particularmente cerca de cuerpos de agua cruciales como

el Río Táchira, el Río Pamplonita, la Quebrada Brujas, la Quebrada Tonchalá, la Quebrada Seca, la Quebrada Chinalera, el Canal Bogotá y La Cañada, acentuándose debido al relieve singular de la región (CMGRD, 2021).

La formación de asentamientos humanos ilegales, careciendo de planificación, genera complicaciones para sus habitantes, especialmente en las comunas 7, 8 y 9. La falta de infraestructuras como vías pavimentadas y sistemas de evacuación de aguas pluviales aumenta el riesgo de inundaciones durante las temporadas lluviosas. Los desagües, en su mayoría drenajes naturales, fluyen hacia las pendientes de calles y avenidas, utilizando sumideros y, en algunos casos, dirigiéndose a colectores (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2020).

En este escenario complejo, la vulnerabilidad social emerge como un factor crítico. Las comunidades en riesgo, sin planificación adecuada y con condiciones precarias de infraestructura, están particularmente expuestas a los impactos adversos de eventos hidrometeorológicos. Esta vulnerabilidad social se manifiesta en la falta de acceso a recursos, servicios y empleo, así como en la escasa preparación para enfrentar riesgos de inundación.

Este panorama se ve agravado por el aumento acelerado de asentamientos informales en zonas de alto riesgo, producto de dinámicas fronterizas y crecimiento espontáneo, especialmente en la comuna 8 del municipio. Este crecimiento desordenado en las áreas periféricas, sin planificación adecuada, contribuye al aumento del índice de vulnerabilidad social de las comunidades cercanas a estos cuerpos de agua, resaltando la urgencia de intervenciones planificadas y sostenibles en el contexto urbano (CMGRD, 2021).

Resulta esencial evaluar la vulnerabilidad social de las comunidades frente a la amenaza por inundación, considerando aspectos como la afectación histórica, la caracterización geográfica y el índice de vulnerabilidad social calculado, elementos ausentes en los instrumentos de

planificación y gestión del riesgo de desastres en el municipio. La carencia de esta información dificulta la determinación de acciones para adecuar, reforzar y ampliar los canales improvisados, así como implementar estrategias en estas áreas.

Por tanto, la evaluación de la vulnerabilidad social frente a la amenaza por inundación en las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera, ubicada en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta, no sólo se presenta como una necesidad urgente para la gestión del riesgo de desastres, sino también como un paso fundamental para desarrollar estrategias que aborden la vulnerabilidad social en estas comunidades expuestas. Por lo tanto, es imperativo cuestionarse: ¿Cuál es el índice de vulnerabilidad social ante la amenaza de inundación en las comunidades adyacentes a la Quebrada Chinalera, ubicada en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad social frente a la amenaza por inundación en las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera ubicada en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta.

3.2. Objetivos Específicos

- Reconocer la afectación histórica de los eventos de inundación tras el desbordamiento de la Quebrada Chinalera.
- Caracterizar geográficamente el entorno de esta corriente fluvial²
- Calcular el índice de vulnerabilidad social frente a la amenaza por inundación.

² Esta quebrada se configura como el principal agente condicionante del riesgo de desastres por inundación en la comuna 8.

4. ANTECEDENTES

En relación con la problemática de amenazas y riesgos por inundación se traen aquí las experiencias, investigaciones, metodologías y resultados de algunos expertos. En efecto, Thomas Bohórquez (2013) informó los hallazgos de un Análisis de Componentes Principales [ACP] realizado sobre un conjunto de variables directamente observadas en la ciudad portuaria de Manzanillo. Este análisis posibilitó la creación de un indicador compuesto que evalúa los diversos niveles de vulnerabilidad social de la población frente a amenazas como las inundaciones.

En ese mismo año, Quintero Castro (2013) realizó un análisis de la gestión del riesgo de inundaciones en los ríos urbanos del departamento de Caldas. Esta evaluación se basó en la revisión de datos secundarios, la identificación de fortalezas y debilidades en la gestión del riesgo por inundaciones, así como la creación de un inventario de aspectos técnicos esenciales para el análisis de riesgos. Quintero Castro subrayó la importancia de abordar este análisis considerando los tres procesos fundamentales de la gestión del riesgo, integrando conceptos teóricos relacionados con el riesgo, la hidrología y la hidráulica.

Quintero Morales (2017) analizó las frecuencias de los informes del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, clasificando los eventos de inundación y analizando su conexión con factores de vulnerabilidad. Luego, se incorporó la dimensión espacial de la zona afectada por la inundación al componente de amenaza, junto con variables demográficas, económicas, sociales e institucionales al componente de vulnerabilidad. Esta relación se concretó en la creación de un índice de medición para evaluar el riesgo de desastres, el cual puede ser aplicado en diversos contextos municipales.

Al siguiente año, Cañas y Duarte (2018) analizaron el comportamiento y la dinámica del componente hidrológico de la quebrada Urengue Blonay, en el municipio de Chinácota, departamento Norte de Santander, para determinar cómo podrían afectarse zonas cercanas al cauce, como viviendas, realizando una delimitación del componente hidrológico. Para ello, analizaron datos obtenidos de levantamientos topográficos, determinaron los elementos geométricos que estructuran la cuenca, y determinaron y establecieron la franja de inundación de los caudales característicos con periodos de retorno de 2,33 y 100 años respectivamente, por medio de modelación hidráulica, a través de la metodología definida para la delimitación de rondas hídricas.

Haque et al. (2020) utilizaron un enfoque de sistemas completos para comprender los procesos de adaptación a las inundaciones de los pobres urbanos, identificar nuevos conocimientos sobre cómo los asentamientos de bajos ingresos podrían adaptarse mejor a los riesgos climáticos; y comenzar a desarrollar una guía adecuada al respecto. Por lo cual, adaptaron un enfoque de métodos mixtos y a partir de ello, desarrollaron nuevos sistemas de comprensión de las percepciones y experiencias de la población local sobre los procesos de adaptación en los asentamientos urbanos de bajos ingresos, y cómo estos procesos pueden verse influidos positivamente mediante la integración de perspectivas descendentes y ascendentes.

En ese mismo año, Wan Mohtar et al. (2020) desarrollaron una evaluación de la susceptibilidad a las inundaciones, la vulnerabilidad, el impacto socioeconómico y el índice integrado de inundaciones repentinas, utilizando la información histórica de las inundaciones documentadas en Kuala Lumpur, contenida en informes de los años 2005 a 2015. Posteriormente, se segregó por el lugar de incidencia, proporcionando una recurrencia de inundación basada en puntos en cada ubicación identificada. Los indicadores de evaluación incluyen la frecuencia y el

mes de ocurrencia, las características de la lluvia, de intensidad, duración y profundidad, y categorías de uso de la tierra. Finalmente, obtuvieron mapas completos de puntos críticos, propensos a inundaciones, codificados por colores interactivos, que facilitarán a las agencias relevantes una mejor coordinación en la mitigación, respuesta y alerta temprana de inundaciones repentinas.

Rafiei-Sardooi et al. (2021) evaluaron el riesgo de inundaciones en la ciudad de Jiroft, Irán, utilizando una combinación de aprendizaje automático y métodos de toma de decisiones. Para ello, se crearon mapas de peligro de inundación, mediante el análisis de metadatos de 218 puntos de inundación por inundación y factores derivados. Además de ello, utilizaron la herramienta de toma de decisiones TOPSIS para análisis de la vulnerabilidad de inundaciones urbanas, empleando factores socioeconómicos como densidad de construcción, densidad de población, historia de la construcción y condiciones socioeconómicas. Finalmente, el estudio arrojó que las áreas con alta o muy alta densidad poblacional son las más vulnerables a las inundaciones; cartografía de la amenaza de inundaciones para la planificación prioritaria en la gestión del riesgo, especialmente en áreas con datos hidrológicos limitados.

Por su parte, Barrios-Rodríguez et al. (2021) demostraron la relevancia de los Sistemas de Información Geográfica [SIG] en el análisis social y espacial del desarrollo del riesgo en un asentamiento informal. El método principal se apoyó en el análisis socioespacial mediante SIG para realizar el diagnóstico a nivel urbano, identificando la zona de riesgo de inundación y las condiciones de fragilidad física y social. Los datos de tipo vectorial y alfanumérico obtenidos de variables ambientales y físicas fueron procesados en el software QGis 3.14, utilizando herramientas de geoprocésamiento y modelado hídrico. Esto permitió clasificar los tramos del cauce, definir áreas de alto riesgo e identificar población y viviendas vulnerables por manzana.

Finalmente, el análisis de la información recopilada a través de entrevistas a los participantes clave permitió entender la percepción de los residentes acerca del riesgo de inundación.

Al siguiente año, Castells-Quintana et al. (2022) analizaron el efecto del desplazamiento de la población a áreas urbanas impacta en los conflictos urbanos en naciones en desarrollo. Castells-Quintana y compañía utilizaron datos de más de 3.300 eventos de inundación en todo el mundo junto con observaciones a nivel de ciudad de miles de eventos de desorden social urbano durante el período 1985-2015. Evidenciaron que la exposición a las inundaciones está asociada con una mayor intensidad al desorden social urbano, atribuido a su vez al traslado de la población a áreas urbanas de mayor tamaño por la oportunidad de acceder a servicios públicos, precios y salarios.

Mediante un estudio, Nasution et al. (2022) proponen la implementación del agrupamiento ponderado geográficamente difuso [FGWC] con el algoritmo de polinización de flores caóticas [CFPA] en el análisis de vulnerabilidad urbana de Yakarta a nivel de subdistrito. Nasution et al. encontraron que el CFPA puede mejorar el rendimiento de FGWC. Además, la investigación mostró que la mayor parte de las regiones fuera del centro de Yakarta tienen más problemas de vulnerabilidad, particularmente por la dinámica de la población, el historial de inundaciones y los barrios marginales.

Yin et al. (2022) utilizaron modelos estadísticos para analizar cómo los hogares urbanos en Accra perciben el riesgo de inundaciones y cómo influye en su disposición a abandonar la zona propensa a inundaciones. Los resultados indicaron que las probabilidades de ser amantes del riesgo de inundaciones disminuyen según la cantidad de años de educación formal, el género, el nivel de ingresos del hogar, la movilidad física, los costos incurridos por inundaciones anteriores, la

probabilidad y la gravedad de inundaciones futuras y la percepción del riesgo relacionada con la construcción de viviendas en zonas inundables.

Lagos (2022) realizó un estudio hidrológico de las crecidas y niveles máximos en la quebrada Chimice para control de riesgo en la población del municipio de Guasca, por lo cual elaboró un análisis hidrológico y climatológico como fuente base, junto con una simulación hidráulica con el programa HEC-RAS, y finalmente estimó los niveles máximos de la Quebrada Chimice sobre la población cercana para diferentes periodos de retorno.

Basándose en la revisión de la literatura, Bedoya (2022) examinó la importancia de emplear herramientas de análisis multicriterio [MCDA] y la aplicación del Análisis Jerárquico de Procesos [AHP] como un recurso valioso para definir e identificar áreas amenazadas por inundaciones. A partir de este análisis, propuso un enfoque metodológico para la identificación y delimitación de zonas de riesgo por inundación utilizando SIG, adaptado a las necesidades específicas, características y recursos disponibles en cada caso.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica se define como un área delimitada por su drenaje natural hacia su desembocadura, dividida en tres zonas: la cuenca alta, donde nace el río caracterizada por un fuerte desnivel y una notable capacidad para erosionar; la cuenca media, donde se equilibra el material sólido y se generan erosión y deposición de sedimentos al mismo tiempo; y la cuenca baja, que actúa como depósito del material transportado desde las zonas altas en las áreas llanas inundables (Valverde, 2012, como se citó en López, 2019).

La respuesta a la precipitación se manifiesta a través del escurrimiento en el punto de salida de la cuenca. Este volumen de escurrimiento se ve afectado por factores como la geometría, el tipo y uso del suelo, así como el tiempo de respuesta determinado por la pendiente del terreno, el orden de la corriente y la red de drenaje.

Otras características que influyen en la interacción entre la lluvia y el flujo de agua, que incluye la división natural del agua, la dinámica de los ríos y sus dimensiones. La divisoria de aguas es la región formada por los puntos topográficos más altos, mientras que los ríos, como elementos dinámicos, evolucionan en longitud, anchura y profundidad en respuesta a condiciones climáticas e hidrológicas de la cuenca, presentando dimensiones longitudinales, transversales y verticales.

La dimensión más destacada en los ríos es la longitudinal, que abarca desde el origen hasta la desembocadura, albergando zonas biológicas, hidrológicas y geomorfológicas que se vinculan mediante el corredor fluvial, garantizando la continuidad de espacios y hábitats. Por otro lado, la dimensión transversal se relaciona con el ancho del cauce y su llanura de inundación, que

experimenta ampliaciones y reducciones periódicas durante eventos de avenidas y estiajes. En esta dimensión, se puede identificar suelos y realizar la zonificación de la fauna y flora presentes entre el agua y sus orillas (Franco, 2018). La llanura de inundación, finalmente, es el área donde se disipa la energía tras lluvias intensas que superan la capacidad del suelo para absorber agua y la capacidad de los ríos para transportar carga (como se citó en López, 2019).

Siguiendo lo dispuesto en el Decreto 2811 de 1974, ordenar una cuenca implica la planificación integral del uso del suelo, gestión de recursos hídricos, preservación de la flora y fauna, así como la gestión general de la cuenca. Esta planificación abarca la ejecución de obras y tratamientos. La implementación de estas acciones se lleva a cabo a través del Plan de Ordenación y Manejo de una Cuenca Hidrográfica [POMCA].

Conforme al Decreto 1640 de 2012, el POMCA se erige como una normativa de mayor jerarquía y de gran influencia ambiental para la formulación e implementación de planes de ordenamiento territorial, en concordancia con lo estipulado en la Ley 388 de 1997. Este documento engloba tanto el componente de zonificación ambiental como el componente de gestión del riesgo. En consecuencia, se consideran determinantes ambientales todas las disposiciones relacionadas con el uso y ocupación del territorio, así como la utilización de los recursos naturales, definidas en las categorías de zonificación ambiental, abarcando igualmente el componente de gestión del riesgo del POMCA (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2014a).

5.2. Amenaza

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, una amenaza se describe como la posibilidad inminente de que ocurra un evento físico de origen natural o provocado, ya sea intencional o accidentalmente por la acción humana, con la suficiente gravedad para ocasionar la pérdida de

vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas en bienes, infraestructuras, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales.

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD] (2017) las clasifica como naturales, socio-naturales y antrópicas, como sigue:

i) Amenaza natural, peligro potencial asociado a la posibilidad que se manifieste un fenómeno físico, originado por procesos naturales de cambio en la tierra y el entorno, con la capacidad de causar pérdidas humanas, daños materiales o perturbaciones en el funcionamiento social y económico de manera global.

A su vez, puede clasificarse según su origen en la tierra, la atmósfera o el ámbito biológico dentro de la biosfera, lo que facilita la identificación de amenazas de origen geológico, geomorfológico, climatológico, hidrometeorológico, oceánico y biótico (Lavell, 2007, como se citó en UNGRD, 2017).

ii) Amenaza socio-natural se refiere al peligro inminente relacionado con la posibilidad que se manifiesten fenómenos físicos cuya presencia, intensidad o frecuencia está asociada a procesos de degradación o transformación del entorno y/o a la intervención del ser humano en los ecosistemas. Este tipo de amenazas incluye inundaciones y deslizamientos causados por la deforestación y el deterioro de cuencas, la erosión costera derivada de la destrucción de los manglares, así como inundaciones en zonas urbanas originadas por la falta de sistemas adecuados de drenaje pluvial. Estas amenazas se generan en la intersección entre el entorno natural y la actividad humana, representando un proceso de transformación de los recursos naturales en peligros potenciales (UNGRD, 2017).

iii) Amenaza antrópica, es definida como el peligro inminente derivado de la actividad humana en la fabricación, distribución, movilización y utilización de bienes y servicios, así como en la construcción y utilización de infraestructuras y edificaciones (UNGRD, 2017).

5.2.1. Amenaza por Inundación

El termino inundación es definido, por la UNGRD (2019), como eventos hidrológicos periódicos con capacidad destructiva, que forman parte de la dinámica evolutiva de un curso de agua. Estos eventos son causados por lluvias persistentes que provocan un aumento gradual del nivel del agua dentro de un cauce, superando la altura de las orillas naturales o construidas. Esto resulta en el desbordamiento y la dispersión del agua sobre las llanuras de inundación y áreas adyacentes a cursos de agua que normalmente no están sumergidas.

Un desbordamiento es un evento de tipo natural y recurrente para un río. La magnitud de una inundación originada por procesos hidrometeorológicos se ve influida por la intensidad de las lluvias, su distribución en el espacio y el tiempo, el tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como por las características del suelo y el sistema de drenaje, ya sea natural o artificial, presente en dichas cuencas (UNGRD, 2019).

Las inundaciones se pueden categorizar en tres tipos: naturales, inducidas y antrópicas.

i) Inundaciones naturales, las cuales se subdividen en terrestres y costeras o litorales. Las inundaciones terrestres ocurren cuando las aguas dulces inundan zonas interiores de los continentes, ya sea por el desbordamiento de corrientes fluviales o el encharcamiento de áreas planas o endorreicas no conectadas con la red fluvial. Este último tipo está asociado con la acumulación de precipitación in situ, sin que esta circule sobre la superficie terrestre, o puede tener

un origen hidrogeológico, causado por la elevación de la superficie freática sobre el nivel del terreno.

Por otro lado, las inundaciones costeras o litorales se producen cuando las aguas marinas o lacustres invaden las áreas limítrofes con el dominio terrestre, generalmente como resultado de tormentas, fenómenos ciclónicos como huracanes, tormentas tropicales, tifones, tornados, ciclones, variaciones mareales y barométricas significativas, o tsunamis.

ii) Inundaciones inducidas, originadas por la existencia de elementos que obstaculizan el flujo, impermeabilización del suelo y/o pérdida de cobertura forestal.

iii) Inundaciones antrópicas, se pueden originar debido a la gestión inapropiada de estructuras hidráulicas, liberación de embalses, roturas o filtraciones, almacenamiento y canalizaciones (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2017).

Las inundaciones son causadas principalmente por la ocurrencia de frecuentes e intensas lluvias, acompañada de taponamientos con residuos sólidos, reducción de la sección de los cauces, ruptura de estructuras y capacidad hidráulica insuficiente de las redes de alcantarillado. A lo anterior, se suman las construcciones o asentamientos de viviendas en zonas de ronda hídrica, rellenos de tierra y otras intervenciones en la llanura de inundación. Estas acciones ocupan espacio destinado a los flujos de inundación, provocando impactos en las dinámicas de desarrollo y resultando en personas fallecidas (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER], 2019, como se citó en López, 2019).

5.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es definida como la fragilidad o susceptibilidad física, social, económica, institucional o ambiental de una comunidad para ser afectada o experimentar consecuencias adversas, en caso de que ocurra un evento físico peligroso (Ley 1523 de 2012).

Este constituye un elemento fundamental para llevar a cabo el análisis de riesgo en un área, ya que implica examinar los impactos de un fenómeno amenazante en los componentes cruciales y elementos para el funcionamiento de la sociedad, abordando aspectos sociales, económicos, físicos, políticos, institucionales y ambientales (UNGRD, s.f., como se citó en Cristo y Cruz, 2019).

La guía metodológica para elaborar los planes departamentales para la gestión del riesgo (2012) señala que la vulnerabilidad se conforma de cuatro factores, los cuales se consideran en el análisis, como:

i) Factores físicos, que abarcan la calidad o composición del material utilizado, así como el tipo de construcción de viviendas, empresas o comercios, servicios e infraestructura socioeconómica, que posibilitan enfrentar los impactos de los fenómenos amenazantes.

ii) Factores ambientales, los cuales corresponden a la forma de explotación de los elementos del entorno natural de una comunidad, debilitando tanto a la comunidad como a los ecosistemas y su capacidad para absorber los diferentes eventos amenazantes sin sufrir traumatismo.

iii) Factores económicos, que corresponden a la disponibilidad y utilización de los recursos económicos en una comunidad. Estos incluyen la pobreza, la seguridad alimentaria, el nivel de ingresos, los estratos socioeconómicos, el acceso a servicios públicos, la participación en el mercado laboral y la satisfacción de necesidades básicas.

iv) Factores sociales, son aspectos relacionados con la política, organización, instituciones, sector educativo, y cultura en su evolución histórica, situación actual y perspectivas futuras, como la educación y formación, percepción del riesgo y participación (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] y UNGRD, 2012). Por otro lado, para Aristegui et al. (2017), el concepto de vulnerabilidad social está fuertemente ligada a la precariedad laboral, la fragilidad de los vínculos sociales y la ausencia de acceso a prestaciones sociales.

5.4. Riesgo de Desastres

Según lo establecido en la Ley 1523 de 2013, el concepto de riesgo de desastres se refiere a la posibilidad de sufrir daños o pérdidas potenciales causados por sucesos físicos peligrosos provenientes de fuentes naturales, socio-naturales, tecnológicas, biosanitarias o humanas no intencionales, que pueden ocurrir en un lapso definido y que están condicionados por la vulnerabilidad de los elementos que se encuentran expuestos. En consecuencia, esta probabilidad se origina por la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad.

5.5. Gestión del Riesgo de Desastres

La gestión del riesgo de desastres, según lo establecido en la Ley 1523 de 2013, se define como un proceso colectivo dirigido a desarrollar políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, herramientas, medidas y actividades continuas. Su objetivo principal es adquirir conocimiento y disminuir el riesgo, así como gestionar eficazmente las situaciones de desastre. Este enfoque busca explícitamente contribuir a la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas, así como al desarrollo sostenible.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2014a), la gestión del riesgo en los POMCA se enfoca en tres aspectos clave: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y control de factores de riesgo, con el propósito de respaldar la toma de decisiones. En primer lugar, se destaca el conocimiento del riesgo, que abarca, como mínimo, la evaluación de la susceptibilidad y la amenaza. Dependiendo del alcance de cada caso, este conocimiento puede incluir la definición de niveles de profundidad en los análisis de vulnerabilidad y riesgo, sirviendo como base para establecer y priorizar escenarios de riesgo. En segundo lugar, se abordan alternativas relacionadas con reducir las condiciones de riesgo. Finalmente, se incluye la definición de estrategias y programas destinados a intervenir y disminuir las condiciones de riesgo existentes.

5.5.1. Susceptibilidad de la Amenaza por Inundación

Este término es entendido como la propensión de un área a experimentar ciertos fenómenos amenazantes (MADS, 2014a).

Según la naturaleza de los eventos amenazantes, cada uno tiene un origen específico y una manera particular de manifestarse en un área geográfica. Por lo tanto, un evento no puede ocurrir si no hay condiciones particulares, ya sean de origen geológico, geográfico, meteorológico, atmosférico, ambiental o social, que lo propicien (MADS, 2014a).

En los mapas de susceptibilidad, se definen zonas en función de características específicas que propician la ocurrencia del evento. En el caso de la delimitación de áreas propensas a inundaciones por desbordamiento de ríos, se lleva a cabo mediante la evaluación de la actividad fluvial, fundamentado en el análisis histórico de amenazas y eventos amenazantes previamente realizada (MADS, 2014a, 2014b).

Su evaluación debe abordar factores como la composición del suelo y su uso, la cobertura vegetal, y la dinámica de las laderas adyacentes a los cauces, ya que estos son aspectos cruciales para comprender la dinámica fluvial. Además, se deben identificar las áreas propensas a inundaciones, correspondientes a aquellas con susceptibilidad, y definir el tipo de flujo según la inclinación del terreno desde donde provenga el caudal de agua.

En el marco de los estudios de análisis y evaluación de amenazas, la susceptibilidad sirve como punto de partida fundamental para analizar y zonificar las amenazas (MADS, 2014a).

5.5.2. Evaluación de la Amenaza por Inundación

La evaluación de la amenaza se lleva a cabo en aquellas áreas críticas identificadas a partir de los estudios de susceptibilidad, que incluyen zonas con niveles medio y alto de susceptibilidad (MADS, 2014b).

En este análisis, se detecta, examina y registra la amenaza de inundación, así como sus causas y las consecuencias en cadena que desencadena. Por ende, para calcular y evaluar el nivel de riesgo, así como las características y alcance de los daños posibles, es esencial abordar la identificación y análisis de los eventos detonantes de las amenazas, así como la identificación y la medición de la magnitud o intensidad y frecuencia del fenómeno, además de identificar los factores que afectan a la amenaza.

De manera general, en la valoración de amenazas, se detalla y analiza la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural extremo en condiciones específicas de ubicación, tiempo, intensidad y duración, en relación con la población en situación de vulnerabilidad, sus actividades económicas, la infraestructura crítica, la sostenibilidad ambiental del área y los servicios ecosistémicos susceptibles. Estos estudios requieren de información geológica, geomorfológica,

hidrográfica, uso y cobertura de la tierra y climatológica. Como resultado se obtiene la elaboración de un mapa de amenazas, componente esencial para la planificación territorial en la cuenca y un elemento indispensable para evaluar los riesgos existentes y potenciales (MADS, 2014a).

Por otra parte, la guía para elaborar mapas de inundación (IDEAM, 2017) define las diferentes clasificaciones de mapas de inundación, que dependen de la información disponible, escala de trabajo y objetivo, tales como mapa de susceptibilidad, mapa de eventos, mapa de amenazas, mapa de zonificación de amenazas, mapa de vulnerabilidad, mapa de riesgos y mapa de emergencia por inundación.

5.5.3. Acotamiento de la Ronda Hídrica

Los resultados de estudios de inundaciones son elementos esenciales para llevar a cabo la definición de la zona de protección hídrica. Estos análisis deben ser llevados a cabo por las Corporaciones Autónomas Regionales en la región bajo su responsabilidad, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 1450 de 2011.

La ronda hídrica es definida como una franja que corre de forma paralela a la línea de las mareas máximas o al curso de agua constante de ríos y lagos, con un ancho de hasta 30 metros. Además, el área de protección o conservación asociada también forma parte de la franja hídrica. Para ambas, tanto la franja paralela como el área de protección o conservación asociada, se establecerán pautas para la gestión ambiental, de acuerdo con las disposiciones de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (Decreto 2245 de 2017).

Las riberas son consideradas zonas que se inundan de manera natural con frecuencia; sin embargo, la intervención humana contribuye a la creación de situaciones de vulnerabilidad y riesgo

frente a eventos de inundaciones, ocasionadas por la exposición de personas, propiedades, servicios y/o actividades productivas (Rosgen, 1994, como se citó en MADS, 2018).

Al delimitar las áreas de las rondas hídricas, se toman en cuenta los procesos bio-geofísicos predominantes y la interferencia humana en sus funciones. Los procesos geomorfológicos y fluviales son particularmente relevantes en este contexto.

La operación adecuada del sistema fluvial depende de la continuidad a lo largo del cauce y de la conexión vertical y lateral entre el cauce y la ribera. Es esencial que la ribera sea inundada por agua, sedimentos y nutrientes durante los eventos de inundación para que las funciones geomorfológicas, hidrológico-hidráulicas y ecosistémicas puedan desarrollarse sin restricciones. En este sentido, la ronda hídrica se convierte en el espacio indispensable para facilitar estas funciones (MADS, 2018).

Por tanto, el acotamiento de la ronda hídrica implica establecer los límites del cauce permanente o de la línea de mareas máximas, así como definir el límite físico y las estrategias para la gestión ambiental. La determinación del límite físico resulta de la envolvente generada por la superposición de los tres componentes predominantes de las características físico-bióticas del cuerpo de agua, considerando su funcionalidad desde los puntos de vista geomorfológico, hidrológico y ecosistémico.

El componente hidrológico se encarga de sintetizar las funciones hidrológico-hidráulicas de la ronda hídrica. Se define como el área que abarca la corriente durante los eventos de crecida y de inundación, considerando la variabilidad intra-anual e inter-anual del régimen hidrológico (MADS, 2018).

La configuración del cauce y su entorno se ve significativamente influenciada por la dinámica hidrológica, cuyo perfil morfológico está estrechamente ligado al régimen natural del

flujo. Este último comprende aspectos como el momento, la duración, la frecuencia, la tasa de cambio y la magnitud de los caudales, tanto ordinarios como extraordinarios (MADS, 2018).

En sistemas lóticos que han experimentado alteraciones morfológicas considerables, como las zonas urbanas consolidadas o tramos con asentamientos poblacionales en la llanura inundable, el componente hidrológico de la ronda hídrica puede ser delimitado por las modificaciones en la forma natural del cauce permanente y su conexión con la ribera. En estos casos, este componente se define según el espacio necesario para el flujo en eventos de gran envergadura, con un período de retorno de al menos 100 años (MARM, 2011, como se citó en MADS, 2018).

5.5.4. Modelación para la Gestión del Recurso Hídrico

Para llevar a cabo una administración integral del recurso hídrico, resulta crucial comprender los diversos fenómenos en los que el agua está involucrada en la cuenca. Esto implica progresar en el generación, fortalecimiento y aplicación de herramientas, como la modelación de la dinámica del agua. Esta última es fundamental para evaluar diferentes amenazas de origen hidroclimatológico, como las inundaciones, nivel de recurrencia e intensidad.

Para realizar la valoración del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica, existen múltiples modelos para la modelación hidrológica e hidráulica, dentro de ellos destacan los siguientes (IDEAM, 2018):

- **Modelo lluvia-escorrentía:** Se emplean para simular el ciclo hidrológico y pueden ser tanto agregados como distribuidos, con la capacidad de modelar tanto el régimen de flujo permanente como el flujo no permanente (IDEAM, 2018).

Los resultados son diversos y pueden incluir predicciones de caudales máximos, volúmenes totales de inundación y detalles completos sobre la distribución temporal del agua.

Estos resultados se obtienen a través de secuencias continuas de flujos en modelos continuos o secuenciales, entre otros.

- HEC-RAS, software de modelación hidráulica con un enfoque basado en esquemas de diferencias infinitas.

Este es un sistema de software integrado diseñado para brindar una interfaz interactiva en una variedad de funciones y entornos relacionados con la red de usos múltiples. Este sistema se compone de una plataforma visual para el usuario que permite la separación de componentes esenciales, incluyendo la evaluación hidráulica, retención de datos y la gestión de capacidades gráficas, facilitando así la manipulación de la información.

El sistema HEC-RAS se estructura principalmente en tres componentes fundamentales para análisis hidráulicos unidimensionales, abarcando: *i)* determinación del perfil de la superficie para el flujo continuo, *ii)* modelación de flujo no permanente y *iii)* cálculo del transporte de sedimentos. Este enfoque integral permite llevar a cabo una variedad de análisis hidráulicos de manera eficiente, proporcionando a los usuarios la capacidad de trabajar en distintos escenarios y ambientes con facilidad (Lagos, 2022).

5.5.5. Estimación del Índice de Vulnerabilidad ante la Amenaza por Inundación

Para que se configure una situación de riesgo, es necesario que haya bienes expuestos con una vulnerabilidad asociada a uno o varias amenazas. En este sentido, el análisis de la vulnerabilidad implica la identificación y descripción de los elementos expuestos en una zona geográfica específica, así como los impactos desfavorables de la amenaza. En este proceso, se integra información estadística y científica, en conjunción con el conocimiento existente en la sociedad y otros actores claves en el territorio.

Para determinar la evaluación de la vulnerabilidad frente a la amenaza priorizada, es necesario asignar una calificación al factor de la vulnerabilidad seleccionado, y cuyos valores se clasifican en nivel alto, medio y bajo, con su respectivo valor numérico (UNGRD, 2012).

Existen varios métodos empleados en la actualidad, el más utilizado es el Proceso Analítico Jerárquico [APH]. De acuerdo con Saaty (2006, 2008, como se citó en Rositas y Mendoza, 2013), el APH se emplea para descomponer los elementos de un problema o situación compleja, no estructurada. Posteriormente, se organiza esta descomposición en una jerarquía o estructura, se asignan valores numéricos a los juicios subjetivos que reflejan la importancia relativa de cada componente en la estructura y se sintetizan estos juicios para determinar la ponderación de cada elemento. Con base en estos resultados, es posible seleccionar la mejor alternativa para abordar un problema o dar seguimiento al índice de desempeño resultante.

En resumen, esta es una técnica para la toma de decisiones multiobjetivo, que permite evaluar y comparar alternativas en función de múltiples criterios jerárquicos.

5.6. Tecnologías para Analizar el Riesgo de Desastre

La evaluación socioespacial de la construcción social del riesgo se puede llevar a cabo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica [SIG], los cuales combinan el procesamiento de datos espaciales con la elaboración de cartografía digital. Esto posibilita comparar diversos cambios socio-territoriales y, por ende, inferir la evolución espacial de una región o localidad y las consecuencias humanas sobre el entorno (Ruiz, Savé y Herrera, 2013, como se citó en Barrios-Rodríguez, 2021).

Los SIG posibilidad una mirada a la realidad de una manera específica, basado en una construcción de nivel regional y un enfoque cuantitativo para modelizar el riesgo de desastre. Por

lo cual, procesa datos estadísticos y geográficos, representados en datos tipo ráster y vectorial, y genera cartografía digital, mediante herramientas automatizadas. Esto posibilita la reproducción de la dinámica física de las inundaciones en diversos escenarios e integra los resultados en mapas temáticos (Hernández, Barrios & Ramírez, 2017; Buzai, 2019; como se citó en Barrios-Rodríguez, 2021).

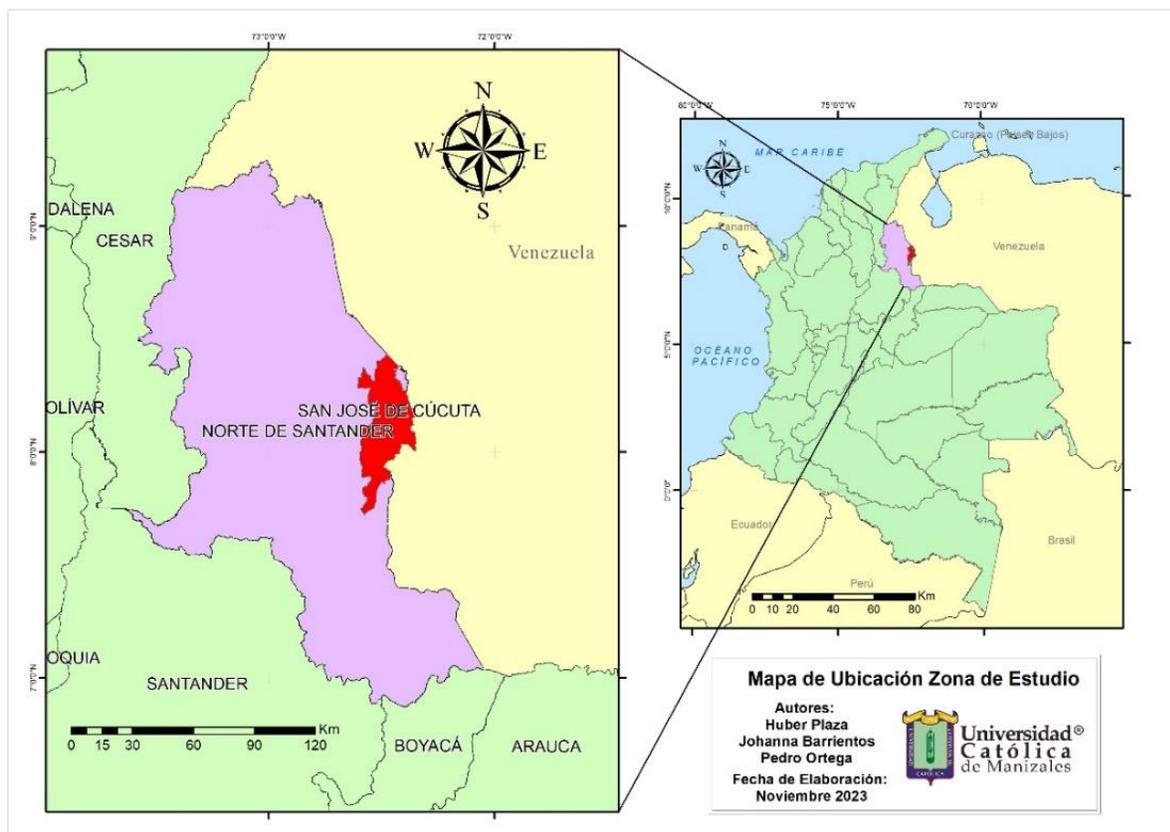
6. METODOLOGÍA

6.1. Área de Estudio

Esta investigación fue realizada en los alrededores de la Quebrada Chinalera ubicada en la comuna 8 de la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta (Ver Figura 1).

Figura 1

Mapa de localización geográfica de la zona bajo estudio



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Enfoque de la Investigación

En el presente estudio, se empleó una metodología mixta que combina enfoques cualitativos y cuantitativos. En este sentido, la recolección de información se realizó para dar alcance al objeto de la investigación.

Para el análisis cualitativo, el proceso de recopilación de información se basó en la recuperación, consulta y documentación de información contextual relevante para los objetivos de la investigación, examinando tanto la información primaria como la secundaria.

Por otro lado, mediante el análisis cuantitativo, se procesaron los datos y la información recopilada asignándoles valores específicos que se incorporarán en un modelo que genera resultados para interpretar y definir el índice de vulnerabilidad social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera frente a la amenaza por inundación.

6.3. Tipo de Investigación

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se optó por un enfoque de investigación de tipo descriptivo con corte exploratorio; el aspecto descriptivo, tiene como propósito proporcionar una descripción detallada del estado, características, factores y procesos inherentes a los fenómenos y eventos naturales, sin profundizar en la explicación de las relaciones identificadas (Lerma González, 2016, como se citó en González, 2017).

Lo anterior, ya que se analizan en primera instancia los datos históricos contenidos en los reportes de las situaciones de emergencia más recientes por inundación ocurridos en las zonas aledañas a la Quebrada Chinalera, así como sus causas, las afectaciones generadas y las acciones de respuesta y recuperación ejecutadas por el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. A partir de allí se pasa a un segundo momento para explorar geográficamente la

Quebrada Chinalera realizando una identificación del esta y las zonas con posible afectación. Al final de este procedimiento, se analizas los elementos relacionados con el índice de vulnerabilidad social.

6.4.Hipótesis de la Investigación

A fin de evaluar la vulnerabilidad social ante la amenaza por inundación en las comunidades cercanas a la Quebrada Chinalera en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta, se plantearon las siguientes hipótesis de la investigación:

6.4.1. Hipótesis Nula [H_0]

Las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera en la comuna 8 del Municipio de San José de Cúcuta presentan un índice de vulnerabilidad social significativo frente a la amenaza por inundación.

6.4.2. Hipótesis Alternativa [H_1]

Las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera en la comuna 8 del Municipio de San José de Cúcuta no presentan un índice de vulnerabilidad social significativo frente a la amenaza por inundación.

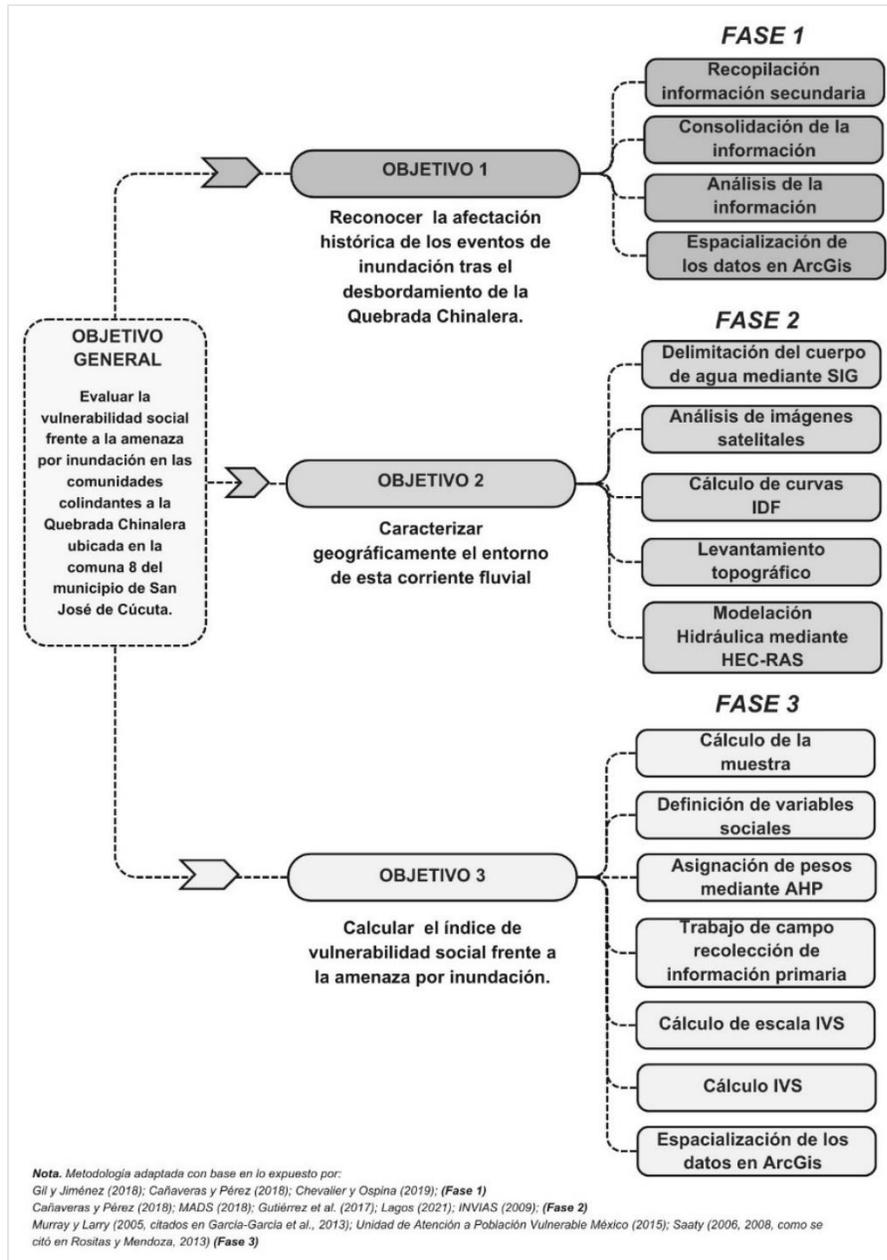
6.5.Fases de la Investigación

En esta sección se expone la estructura metodológica (Ver Figura 2), delineando de manera clara y sucinta cada uno de los pasos seguidos en esta investigación. El propósito es abordar de

manera integral cada uno de los objetivos específicos mediante el desarrollo detallado de cada subcapítulo.

Figura 2

Esquema metodológico de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

6.5.1. Reconocimiento de la Afectación Histórica de los Eventos de Inundación tras el Desbordamiento de la Quebrada Chinalera

La etapa inicial de este estudio implicó la recopilación de información secundaria, el cual abarcó la exploración y revisión exhaustiva de información pertinente al tema de investigación, incluyendo los antecedentes históricos de las situaciones de emergencias ocurridas. A su vez, se identificaron y obtuvieron los datos fundamentales para la investigación, relacionados con la descripción geográfica de los sectores afectados y así como de la población cucuteña, de manera general, se focalizó este análisis a la zona urbana y el área de estudio designada, en las márgenes de la Quebrada Chinalera.

Por lo tanto, la metodología a partir de la búsqueda de datos históricos se basó en lo expuesto por Gil y Jiménez (2018), Cañaveras y Pérez (2018), Chevalier y Ospina (2019).

Inicialmente, se identificaron las zonas afectadas por eventos de inundación en la comuna 8 del área urbana del municipio, considerando el histórico de emergencias causadas por inundaciones debido al desbordamiento de la Quebrada Chinalera, como actividad preliminar para la proyección de drenaje natural objeto de la investigación. Información secundaria proveniente de entidades del municipio de San José de Cúcuta, como bitácoras de emergencias atendidas por el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cúcuta y reportes recibidos por la Sala de Crisis y el Centro de Información y Telemática [CITEL] de la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, así como información contenida en Bases de Datos de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades [EDAN] y Registro Único de Damnificados [RUD]. Esta información fue complementada con la revisión de textos indexados, además, el uso de plataformas como el DESINVENTAR y las bases de datos de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD] sobre situaciones de emergencias y desastres ocurridas.

Dicha revisión bibliográfica tuvo como propósito analizar los eventos históricos en el municipio, con el fin de identificar su frecuencia, áreas afectadas, así como de los posibles daños y pérdidas asociadas.

A partir de la información secundaria disponible y recopilada, se consolidó una base de datos con antecedentes históricos y seguido a esto, se elaboró un listado de sectores, barrios y/o asentamientos humanos ubicados en la comuna 8 del área urbana que se han afectado históricamente tras el desbordamiento de la Quebrada Chinalera, a través de la observación de campo. Estos datos fueron contrastados realizando una revisión de la información documental y cartográfica de los instrumentos de planificación de orden local existentes, listados en el Capítulo III de la Ley 1523 de 2012, tales como el Plan de Ordenamiento Territorial [POT], el Plan de Desarrollo Municipal [PDM], el Plan Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres [PMGRD] y la Estrategia para la Respuesta a Emergencias [EMRE] del Municipio de San José de Cúcuta. Así mismo, se consideró la Clasificación de Barrios y Comunas realizada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, en concordancia con la Ley 2044 del 30 de julio de 2020.

6.5.2. Caracterización Geográfica de la Quebrada Chinalera³

Para este segundo momento, se delimitó el cauce permanente de la ronda hídrica de la Quebrada Chinalera, estableciendo parámetros claros y técnicos que apunten a la protección y conservación del recurso hídrico, reducción del riesgo de desastres y la regulación de la ocupación de los terrenos cercanos a la Quebrada Chinalera. Por ende, la demarcación de la ronda hídrica de este cuerpo de agua pretende ayudar a comprender mejor la ocurrencia de eventos de inundación en la zona.

³ como el Principal Agente Condicionante del Riesgo de Desastres por Inundación en la Comuna 8

Primero, es indispensable mencionar que el sistema de coordenadas que se usó para el desarrollo del trabajo mediante el programa QGis, es el sistema Geographic Coordinate System [GCS], Marco Geocéntrico Nacional de Referencia [MAGNA] y Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas [SIRGAS]. Para esto, se tomó como centro el Punto de Origen Bogotá, dado que se centra en la totalidad de la parte continental del territorio nacional, permitiendo una representación cartográfica precisa y coherente que facilita la implementación de actividades geodésicas.

Conforme al estudio realizado por Cañaveras y Pérez (2018) y la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (MADS, 2018) se partió de una base metodológica mixta como se mencionó anteriormente, cualitativa y cuantitativa. Esta consiste en la identificación y delimitación del cauce permanente de la Quebrada Chinalera. Esto implica examinar las características del relieve, considerando que se refiere al área de terreno por la que fluye la corriente de agua con sus sedimentos en condiciones normales de caudal, sin que se desborde de sus márgenes naturales (MADS, 2018).

Para fines del estudio, se propusieron tres actividades para la delimitación del cauce permanente de este drenaje.

6.5.2.1. Identificación Preliminar de las Formas del Terreno Asociadas al Cauce Permanente.

Para esto se analizó información secundaria para realizar una identificación preliminar de las características del terreno relacionadas con el cauce. Se consideraron distintas tipologías de cuerpos de agua, la configuración principal del cauce y su relación con sistemas lénticos. Se tomaron en cuenta las formas del terreno existentes, como las geoformas aluviales presentes

principalmente en planicies y valles, que dan lugar a terrazas y plano de inundación. También se consideraron las geoformas coluviales típicas del paisaje de piedemonte.

Posteriormente, se llevó a cabo una aproximación a la clasificación geomorfológica con el objetivo de identificar unidades morfológicas asociadas al cauce permanente y a las llanuras de inundación. Se hizo especial énfasis en las unidades geomorfológicas de "cauce a banca llena". Se considera que las unidades de "plano de inundación" desempeñan un papel crucial desde la perspectiva geomorfológica para identificar el límite físico de la ronda hídrica.

Posteriormente, se procedió al análisis de imágenes de sensores remotos, como el programa Landsat 8 OLI y SRTM, así como fotografías aéreas utilizando el programa SAS.Planet Versión 221122.10312 Nightly y Google Earth Pro. Este análisis se realizó en tres momentos históricos contrastantes, aprovechando toda la información disponible y complementando con la comparación de la cartografía antigua y actual. Se implementaron objetos de clasificación supervisada para asegurar la homogeneidad de las zonas de muestreo, técnica y un nivel de precisión documentados.

Una vez identificadas las formas del terreno asociadas al cauce permanente, se procedió a reconocer las geoformas correspondientes a los diques naturales o segmentos de estos, considerando que el conjunto del cauce puede quedar comprendido entre estos rasgos geomorfológicos naturales.

En una fase subsiguiente, se llevaron a cabo los análisis de relaciones de geometría hidráulica, que se refieren a la interdependencia entre las propiedades hidráulicas de una corriente, tales como el ancho superior [W], profundidad hidráulica [H], velocidad media [U] y caudal [Q] de flujo. Estas relaciones se expresaron en forma de ecuaciones potenciales.

$$W = aQ^b; H = cQ^d; U = eQ^f$$

a, c, e = Coeficientes que rigen las ecuaciones de Leopold y Maddock (1953, como se citó en MADS, 2018)

b, d, f = Exponentes presentes en las ecuaciones de Leopold y Maddock, los cuales varían según las características del cauce y la zona de estudio.

Puesto que:

$$Q = U * A = W * H * U$$

Se debe cumplir que:

$$b + d + f = 1$$

$$a * c * e = 1$$

Es importante señalar que la variable caudal [Q] no siempre está disponible debido a la necesidad de instrumentación o la implementación de planes de monitoreo. En cambio, el área [A] de la cuenca ha demostrado ser una sustituta robusta. Con este enfoque, se establecieron relaciones de geometría hidráulica "aguas abajo" en función del área de la cuenca, la cual puede evaluarse fácilmente gracias a la información geoespacial disponible.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, se creó un mapa donde se delimitaron las geoformas asociadas al cauce a banca llena o cauce permanente a lo largo de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica.

6.5.2.2. Evaluación del Comportamiento del Flujo de Agua de la Quebrada Chinalera.

De acuerdo con la investigación llevada a cabo por Gutiérrez et al. (2017) y Lagos (2021), así como el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2009), se inició con la estimación de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia [IDF], las que son fundamentales para conocer la intensidad de la lluvia de diseño en distintos periodos de retorno.

El cálculo de las precipitaciones totales de diseño es esencial para la aplicación de modelos lluvia-escorrentía.

Se asume que la frecuencia de ocurrencia del caudal de diseño es igual a la de la tormenta de diseño, con el propósito de estimar eventos hidrológicos de cierta magnitud en la cuenca.

Gracias a las curvas IDF, se puede asociar un valor de intensidad de precipitación en una estación para la duración de la lluvia de diseño y un periodo de retorno específico. Para llevar a cabo este análisis, se revisaron los registros de precipitación máxima anual en 24 horas de la estación hidrometeorológica activa más cercana a la Quebrada Chinalera.

Posteriormente, los valores de intensidad se calcularon utilizando el método simplificado, dado que no se contaba con datos históricos de precipitación de corta duración ni con datos pluviográficos en la zona de estudio. Por ende, en este estudio se dedujeron las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia mediante la correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, utilizando la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c} \text{ (Díaz – Granados \& Vargas, 1998, como se citó en INVIAS, 2009)}$$

Donde:

i: representa la intensidad de la precipitación, medida en milímetros por hora (mm/h).

T: denota el periodo de retorno, expresado en años.

M: refleja la precipitación máxima promedio anual multianual en 24 horas, medida en milímetros (mm).

t: indica la duración de la lluvia, expresada en minutos (min).

a, *b*, *c*, *d*: son parámetros de ajuste de la regresión, los cuales varían según la región de ubicación de la estación, como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1

Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de curvas IDF, en Colombia

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0,94	0,18	0,66	0,83
Caribe (R2)	24,85	0,22	0,50	0,10
Pacífico (R3)	13,92	0,19	0,58	0,20
Orinoquía (R4)	5,53	0,17	0,63	0,42

Fuente: Adoptado de INVIAS, 2009.

Con base en lo mencionado, se generaron curvas IDF que facilitaron el cálculo de los caudales máximos para distintos periodos de retorno predefinidos. Luego, para reconocer las láminas de agua en el curso fluvial correspondientes a un periodo de retorno específico y producir mapas de inundación, se aplicó una herramienta de modelación hidráulica, siguiendo la metodología empleada por Gutiérrez et al. (2017) y Lagos (2021). En este proceso, se utilizó el software hidráulico HEC-RAS, junto con un software de Sistemas de Información Geográfica [SIG], ArcGIS.

La topografía del modelo se derivó de la topografía levantada a una escala de 1:5000, a partir de la que se generaron secciones transversales cada 10 metros a lo largo de la Quebrada Chinalera.

Es relevante mencionar que, en la modelación hidráulica, se consideró un flujo permanente y uniforme en todo el tramo analizado, aplicando el mismo caudal para todas las secciones transversales. No obstante, esta suposición no refleja completamente la realidad debido a la variabilidad en el caudal a lo largo del curso, influenciada por factores como entradas de agua en varios puntos de la Quebrada Chinalera y vertimientos directos de aguas residuales de viviendas circundantes.

El resultado de la modelación hidráulica incluyó láminas de agua para el periodo de retorno especificado en cada sección analizada y un perfil de flujo del modelo, estableciendo condiciones de borde según los regímenes de flujo existentes: subcrítico, supercrítico o mixto. Posteriormente, mediante el uso de un SIG, se espacializaron estas láminas de agua en un mapa de manchas de inundación, proporcionando detalles acerca de las áreas propensas a ser afectadas en caso de este evento hidrometeorológico.

6.5.3. *Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social Frente a la Amenaza por Inundación*

Después de examinar la información recopilada, que abarca la ubicación geográfica, las características identificadas en el terreno y otros elementos extraídos del registro histórico, como el grado de afectación y las pérdidas ocurridas en el área, se desarrollaron herramientas para analizar los factores de vulnerabilidad social que contribuyen a la condición de riesgo de la población ante inundaciones. A continuación, se procedió a calcular el índice de vulnerabilidad social.

En este contexto, el cálculo del tamaño de la muestra se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas por Murray y Larry (2005, citados en García-García et al., 2013), considerando que la población es finita y que la variable principal es de naturaleza cuantitativa.

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2(N-1) + Z^2\sigma^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población total

σ = Varianza

Z = Nivel de Confianza

e = Límite aceptable de error

En consecuencia, se elaboró un instrumento para recopilar los datos relacionados con los factores de vulnerabilidad social, y se aplicó a un grupo focal equivalente al tamaño de la muestra previamente calculado. Luego, se procedió a la cuantificación del índice de vulnerabilidad social. Sin embargo, al revisar la información bibliográfica, se constató la ausencia de un enfoque universal, ya que la elección de métodos y la definición de indicadores varían según el contexto de estudio y el equipo de investigación, como señalaron Pérez Morales et al. (2021). En ese mismo año, Gayen et al. (2021) resaltaron la dinámica de los indicadores, subrayando la importancia de adaptarlos a las particularidades de cada situación.

Consecuentemente, la estimación del índice de vulnerabilidad social en esta investigación se fundamentó en la metodología propuesta por la Unidad de Atención a Población Vulnerable México (2015), que emplea la siguiente ecuación:

$$IVS = \sum_{i=1}^n V_{S_i} * W_i ; \sum_{i=1}^n W_i = 1.0$$

Donde;

IVS : Índice de Vulnerabilidad Social

V_{S_i} : Variable social

W_i : Peso asignado a la variable social V_{S_i}

n : número de variables sociales consideradas para el estudio

Posteriormente, los factores o variables se seleccionaron considerando la Terminología de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas [UNISDR, por sus siglas en inglés] (2004), que establece que factores como la edad y estado de salud de la

persona, aspectos relacionados con la higiene y el entorno ambiental, y la calidad y estado de las construcciones, así como su relación espacial con las amenazas, influyen en la susceptibilidad a posibles daños. Además, se consideraron las pautas establecidas para evaluar la vulnerabilidad social en los estudios de la gestión municipal del riesgo de desastres (UNGRD e Instituto de Estudios del Ministerio Público [IEMP], 2017).

Una vez definidas estas variables, es necesario asignarles un peso. Por lo tanto, considerando lo propuesto por Saaty (2006, 2008, como se citó en Rositas y Mendoza, 2013), se aplicó la metodología conocida como el Proceso Analítico Jerárquico [AHP, por sus siglas en inglés], en colaboración con expertos en gestión del riesgo de desastres, para examinar los elementos de la vulnerabilidad social que influyen en la situación de riesgo de inundación de la población dentro del grupo focal elegido. Para esto, se consideraron los siguientes pasos:

i) Definición de los criterios, se identificaron los criterios a utilizar para evaluar la vulnerabilidad social, como el acceso a servicios básicos, nivel de educación, ingresos, entre otros.

ii) Estructura jerárquica, se elaboró una estructura jerárquica que represente la relación entre los criterios y subcriterios. Como criterio principal se ubicó la vulnerabilidad social y entre los subcriterios se consideraron el acceso a servicios básicos, el nivel de educación, los ingresos, el factor empleo, entre otros.

iii) Matriz de comparación. En este paso, se creó una matriz de comparación para cada par de criterios, en la cual se evaluó su importancia relativa. Se empleó una escala numérica que va del 1 al 9, donde, por ejemplo, el valor 1 representa igual importancia entre los criterios y el valor 9 denota una importancia extrema de un criterio sobre el otro. A su vez, esta matriz estuvo compuesta por valores recíprocos, por tanto, utilizó la escala que va de 1 hasta 1/9 para indicar la importancia relativa, desde igual importancia hasta menos importancia.

iv) Cálculo de pesos, en este paso se calcularon los pesos relativos de los criterios, realizando cálculos matemáticos basados en las matrices de comparación;

v) Evaluación de alternativas, aplicando los pesos calculados a los datos de la muestra para determinar el índice de vulnerabilidad social en función de los criterios establecidos;

vi) Análisis de resultados, se examinaron los resultados obtenidos y se interpretaron considerando los pesos asignados a cada criterio.

Posteriormente, basado en los resultados derivados de la aplicación de la metodología AHP, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Social y se estableció una escala que va desde bajo, medio, alto y muy alto, considerando la siguiente ecuación:

$$\text{Valor Escala} = \frac{\text{Valor Máximo} - \text{Valor Mínimo}}{\text{Valor Máximo}}$$

Donde;

Valor Escala: Valor que se suma en la escala para establecer el rango

Valor máximo: Valor más alto de Categoría

Valor Mínimo: Valor Mínimo de Categoría

Con la información recolectada se realizó un análisis estadístico mediante IBM SPSS Statistics 29.0.1.0., para determinar la relación entre las variables utilizadas, buscando patrones y tendencias.

Por último, la información recopilada del grupo focal se incorporó en una capa de datos geográficos mediante el uso de la herramienta ArcMap 10.7.1, que hace parte del software ArcGIS. A partir de esta capa, se elaboró el mapa correspondiente y se efectuó el análisis respectivo para evaluar la vulnerabilidad social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera.

6.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En cuanto a las metodologías y herramientas empleadas para recopilar los datos, se subrayó la utilización del Sistema de Posicionamiento Global [GPS] para capturar las coordenadas de los canales y drenajes naturales. Además, se implementaron técnicas como la observación directa, la toma de notas de campo para registrar atributos, la utilización de Google Earth Pro y el procesamiento de imágenes satelitales mediante el software ArcGIS 10.7.1. Estos métodos posibilitaron la identificación geoespacial de atributos relevantes. También se aplicaron cuestionarios mediante encuestas cerradas para evaluar el índice de vulnerabilidad social en la población en cuestión.

Por un lado, el uso de GPS facilitó situar cada uno de los puntos en el espacio mediante dos tipos de técnicas: orientación natural y dispositivos como brújulas o GPS con valores más precisos. Según Martín Calderón (2017), el GPS viabiliza obtener las coordenadas de los lugares que se están seleccionando, lo que posibilita marcar el inicio y el final de un itinerario y realizar la recopilación de datos para su posterior almacenamiento en SIG y su análisis. Según el Departamento de Medioambiente Británico (1987, como se cita en Bosque, Fernández, Martín y Pérez, 2012), un SIG es un sistema que captura, almacena, valida, integra, manipula, analiza y representa datos relacionados con la Tierra.

De otro lado, la técnica de observación en campo se trata del método principal de la observación descriptiva, llevada a cabo en los lugares donde acontecen los hechos o fenómenos investigados (Díaz, 2011). Para obtener los datos de primera mano sobre el drenaje natural en situaciones de amenaza por inundación, esta estrategia fue la más adecuada.

En el marco de la investigación, se estableció la realización de una entrevista estructurada dirigida al grupo focal ubicado en el área de interés de la investigación.

7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En esta sección, se exponen las premisas, los procedimientos y los resultados obtenidos en cada una de las fases de la investigación.

7.1. Etapa 1. Reconocimiento de la Afectación Histórica de los Eventos de Inundación tras el Desbordamiento de la Quebrada Chinalera

La etapa inicial se concentró en identificar las áreas afectadas de forma recurrente en la zona urbana, considerando la configuración de escenarios de riesgo a nivel municipal. Esto se llevó a cabo mediante el análisis de reportes históricos de situaciones de emergencia asociadas a la amenaza de inundaciones. En primer lugar, se examinaron bases de datos a nivel nacional, como el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR], y los registros consolidados de atención de emergencias proporcionados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD].

7.1.1. Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR]

Según la base de datos de pérdidas, daños o efectos generados por emergencias o desastres a nivel nacional, se detectaron los eventos ocurridos en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta durante el período comprendido entre 1981 y 2013 (Tabla 2). A continuación, se proporcionan detalles sobre la fecha y la ubicación de las afectaciones registradas:

Tabla 2

Registros de DESINVENTAR para Cúcuta relacionados con eventos de inundación

Evento	Departamento	Municipio	Fecha	Ubicación
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	16/04/1981	B. Ospina Pérez
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	6/09/1981	Juan Atalaya, San Luis, Carora, Loma de Bolívar y Tucunare
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	11/11/1984	Cto. La Gaira, Urbanización Niza y B. San Luis.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	23/10/1986	Barrio San Martín
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	4/12/1990	B. La Magdalena y Juan Atalaya
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	24/09/1992	Barrios del nororiente de la ciudad.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	3/10/1994	Bs. Bocono, El Cují y Las Margaritas.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	18/11/1996	Sector La Isla
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	17/06/1997	B. El Dorado
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	2/01/2000	B. El Viejo Escobal
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	11/04/2002	Cecilia Castro, Carlos Pizarro, Benjamin Herrera, Rudesindo Soto, Cundinamarca, Cúcuta 75, San Gerardo, Santander, San Miguel, Belén, Isla de la Fantasía, Doña Nidia, Santander, Guaimaral, Tasajero, Colsag, Colpet, Chapinero, Llano, Popular, Las Américas, Portachuelo, Caobos, El Rosal, Ospina Pérez, Sevilla, Pueblo Nuevo, Ceiba, Loma de Bolívar, Motilones, Tucunare, Palmeras, Nuevo Horizonte, El Rodeo, Carmen Tonchalá, Once de Noviembre, El Salado (41 barrios afectados).
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	25/04/2003	San Mateo, San Miguel, 28 de Febrero.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	6/11/2003	Barrios San Miguel, Carlos Pizarro, San Luis, San Mateo, San Martín, Cúcuta 75, Motilones, San Miguel, Niza, Guaimaral, Cundinamarca, López
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	20/04/2004	Cubero Niño, Niza, La Ermita, Motilones, María Paz, Carlos Pizarro, Palmeras, San Mateo, San Martín, Santa Ana, C. Agua Clara, Puerto Villamizar, Puerto Leon, Guamarito, Buena Esperanza.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	26/04/2004	Barrio Brisas de la Ermita
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	12/02/2005	El Salado, San Rafael, Loma de Bolívar, San Miguel, San Luis, Comuneros, Cuberos Niño, Belén, El Cují, Las Margaritas, Miraflores, La Cabrera, San Martín, El Salado, El Cerrito, Avenida Río Niza, El Escobal
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	24/03/2009	La Florida.
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	14/09/2010	Los Almendros, Centro, Alfonso López y Atalaya
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	14/11/2010	Pueblo Nuevo, Doña Nidia, Ospina Pérez y San Mateo
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	3/01/2011	Sector La Magdalena Barrios San Jerónimo; Virgilio Barco
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	7/03/2011	Barrio Santo Domingo; Alfonso López y San Mateo
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	7/05/2012	San Martín

Evento	Departamento	Municipio	Fecha	Ubicación
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	9/02/2013	San Martín, Sevilla y Bellavista
Inundación	Norte de Santander	Cúcuta	7/05/2013	El Rodeo

Nota. Adaptada del Sistema de inventario de efectos de desastres, DESINVENTAR.

Una vez examinados los registros, se documentaron un total de 24 eventos de inundación que tuvieron lugar en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta entre 1981 y 2013. Estos eventos generaron impactos en diversos barrios distribuidos en varios sectores del municipio. Al analizar en el evento con las mayores afectaciones registradas, se destacó la inundación del 11 de abril de 2002, que afectó principalmente áreas de las comunas 5, 6, 7, 8 y 9, impactando a un total de 41 barrios.

7.1.2. Consolidado de Atención de Emergencias de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD]

De esta base de datos, se tomó el reporte de emergencias y del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres por año, donde se especificó la fecha de ocurrencia de eventos de inundación y los daños ocasionados. Este reporte contiene información que va desde el año 2010 al 2020 para el municipio de San José de Cúcuta (Ver Tabla 3).

Tabla 3

Consolidado de atención de situaciones de emergencias por inundación para el municipio de San José de Cúcuta

Fecha	Muertos	Heridos	Desaparecidos	Personas	Familias	Viviendas Destruídas	Viviendas Averíadas
14/09/2010				35	7		7
23/09/2010	1			130	26		26
4/10/2010							
14/11/2010				75	35		35
30/11/2010				20	4		4
7/05/2013				5	1		1
15/01/2014							
6/10/2020				240	60		60

Fecha	Muertos	Heridos	Desaparecidos	Personas	Familias	Viviendas Destruídas	Viviendas Averíadas
31/10/2020				1.350	270		218
10/11/2020				625	125		125
17/11/2020				1.000	200	157	
17/11/2020	5	30		440	110		110

Nota. Adaptada de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD.

Razonando lo mencionado, se observa que las mayores afectaciones se registraron en el año 2020, destacándose especialmente el evento de inundación del 31 de octubre de 2020. Este evento afectó a 9 de las comunas urbanas, siendo la comuna 8 la más impactada con un mayor número de barrios reportados, entre los cuales se encuentran Ceci Parte Baja, María Eugenia Riascos, Nueva Esperanza, La Victoria Parte Alta, Chapinero, Valles de Girón, Antonia Santos, Urbanización La Coralina, Alfonso Gómez, San Gerónimo, Asentamiento La Fe, El Talento y La Fortaleza.

7.1.3. Reportes de Situaciones de Emergencias Contenidos en Bases de Datos Municipales

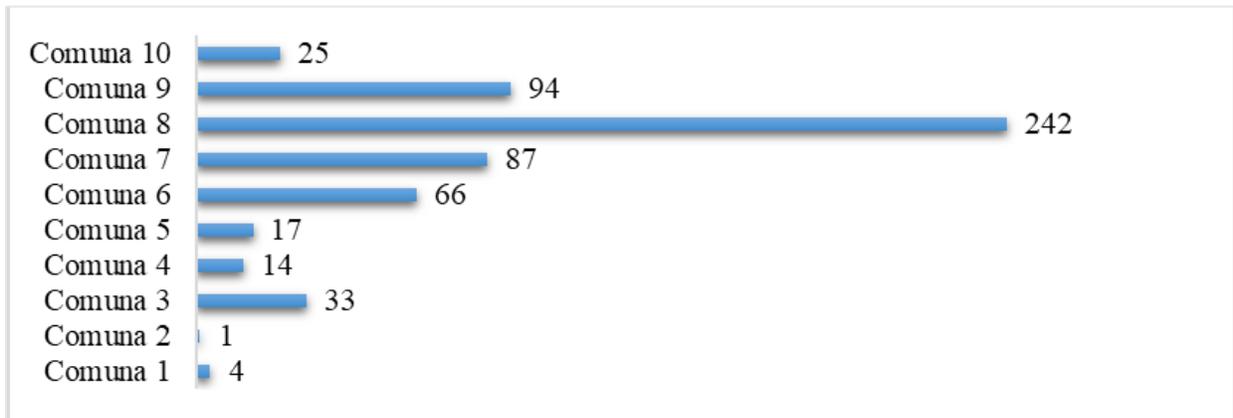
Adicionalmente, a fin de valorar la información relacionada anteriormente con mejores niveles de detalle, se consultaron las bases de datos de emergencias y desastres relacionadas con las afectaciones a nivel de comunas y barrios de la zona urbana, consolidadas por la Sala de Crisis y el Centro de Información y Telemática [CITEL] de la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, con el fin de incorporar información acerca de la magnitud de los impactos causados con los datos de fuentes nacionales oficiales.

En consecuencia, se analizó el patrón de ocurrencia de las inundaciones asociadas a los desbordamientos de drenajes naturales, tales como ríos, quebradas, caños y canales de aguas lluvias, crecientes y avenidas torrenciales en correlación con el Fenómeno de La Niña y las temporadas de lluvias de los años 2020, 2021, 2022 y lo corrido del 2023.

De un total de 2330 reportes de situaciones de emergencia contenidos en esta base de datos, se identificaron que 692 de estos están asociados a eventos de inundación y desbordamiento de los ríos, quebradas, caños y/o canales de aguas lluvias. Realizando un análisis con más detalle se encontró que un 84% de los estos se ubica en la zona urbana. Así mismo, se conoció que la comuna con mayores reportes de afectaciones corresponde a la 8, con 242 registros, destacándose los barrios El Rodeo, Asentamiento Humano 23 de Enero, Asentamiento Humano Campo Alegre, Asentamiento Humano La Fe, Asentamiento Humano Nueva Ilusión, 7 de Agosto, Asentamiento Humano Valles de Girón, Doña Nidia, Los Almendros, Conjunto Cerrado Los Arrayanes y Palmeras (Ver Figura 3).

Figura 3

Número de afectaciones por eventos de inundación en las comunas urbanas del municipio en el periodo 2020-2023

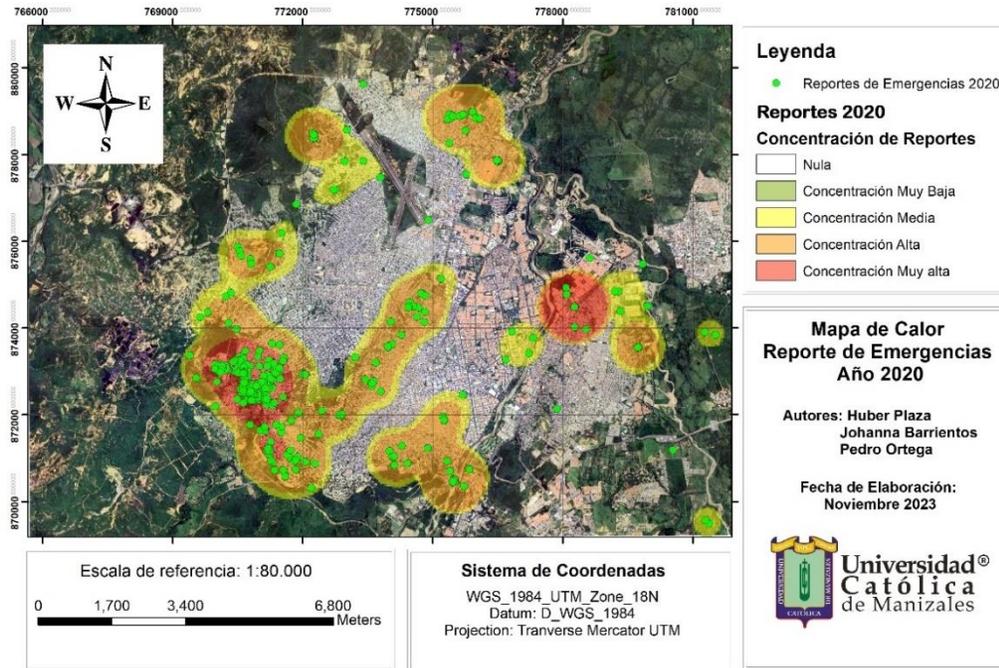


Nota. Adoptado de Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta, 2023.

Con base en esta información, se crearon mapas de calor de las situaciones de emergencias reportadas y atendidas por cada año (Ver Figuras 4, 5 y 6), encontrando que la mayor cantidad de reportes en la zona urbana se registraron en el año 2020, con 333 reportes, es decir un 48,12%, principalmente en la comuna 8.

Figura 4

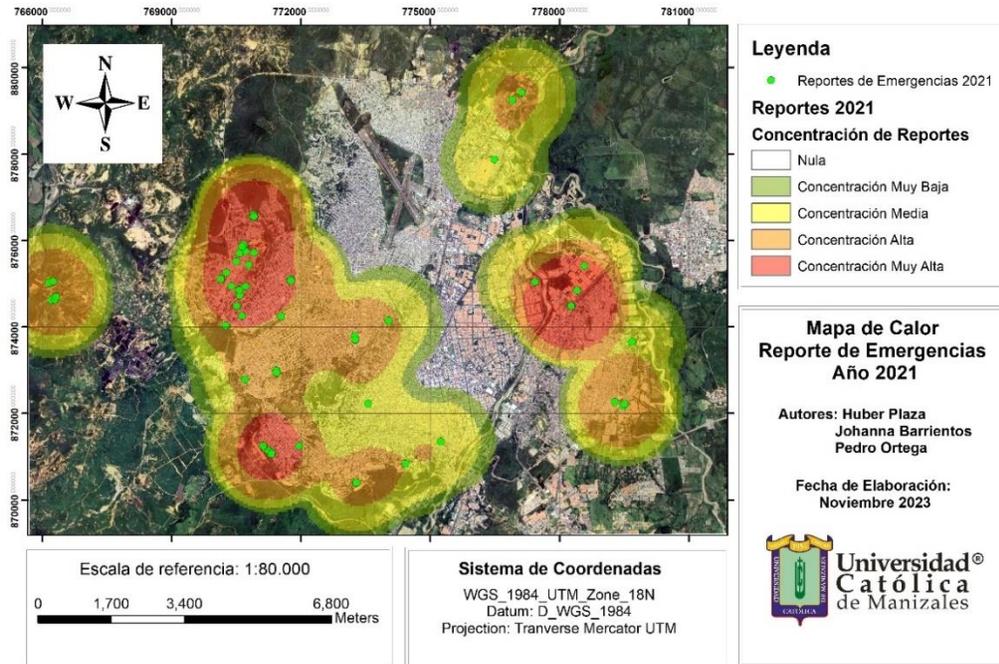
Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2020



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

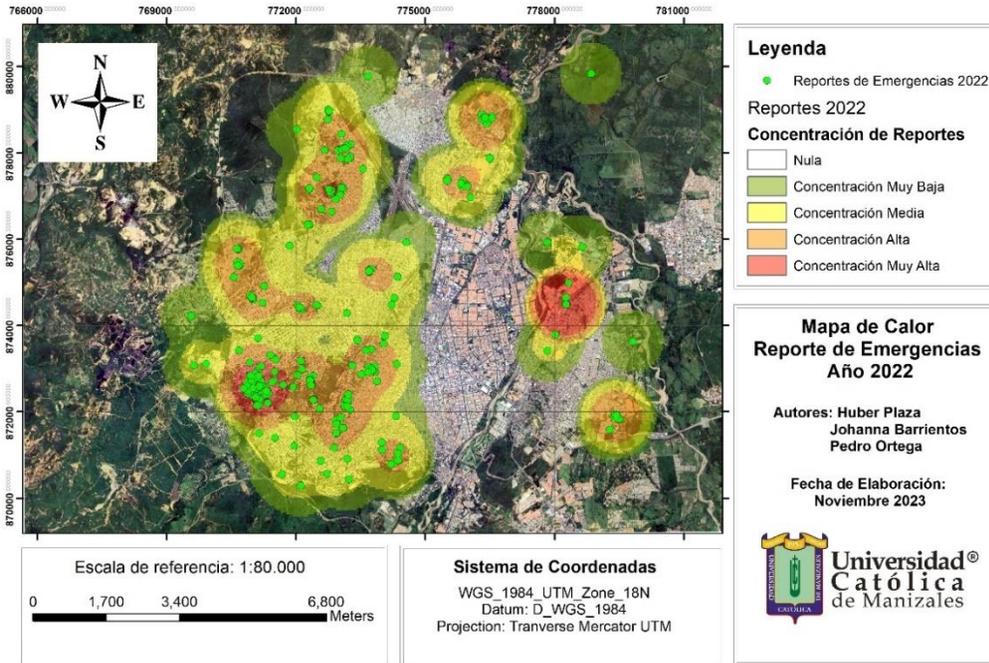
Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2021



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6

Mapa de calor de situaciones de emergencia reportadas y atendidas en el año 2022



Fuente: Elaboración propia.

7.1.4. Base de Datos del Registro Único de Damnificados [RUD]

Con el fin de ampliar la información sobre la cantidad de personas impactadas y perjudicadas por sucesos de inundación, se consultó la plataforma del Registro Único de Damnificados [RUD], realizando un comparativo de número de personas damnificadas en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.

De manera que, en el marco de las situaciones de calamidad públicas declaradas en el municipio tras las afectaciones acaecidas por las temporadas de lluvias durante el periodo 2020 al 2023, se encontró la siguiente información (Ver Tabla 4).

Tabla 4

Situaciones de calamidad pública declaradas en el municipio por temporada de lluvias, asociada a eventos de inundación

Decreto y fecha	Decreto 0496 del 03 de noviembre de 2020	Decreto 0160 del 07 de mayo de 2021	Decreto 0101 del 27 de abril de 2022	Decreto 0112 del 5 de junio de 2023
Descripción	<i>“Por medio del cual se declara existencia de una calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta”</i>	<i>“por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio”</i>	<i>“por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta”</i>	<i>“por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta”</i>
Duración Situación Calamidad	de 6 meses	1 mes	6 meses	6 meses
Decreto Prórroga fecha	y N/A	N/A	Decreto 0301 del 28 de octubre de 2022	N/A
Duración Prórroga	N/A	N/A	6 meses	N/A
Número de familias damnificadas	1.081	123	910	0
Número de personas damnificadas	3.186	373	2.294	0
Número de familias damnificadas zona urbana	886	85	378	0
Número de personas damnificadas zona urbana	2.891	315	1.469	0

Nota. Adoptado de Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta, 2023.

De la tabla 4, se puede ver que la temporada de lluvias que causó mayores afectaciones tras la ocurrencia de sucesos de inundación fue la declarada mediante el Decreto 496 de 2020, dejando registradas 3.186 personas damnificadas, principalmente en la comuna 8, con 2.018 personas. Entre los barrios de la comuna 8 con mayor número de personas damnificadas se encuentra el Asentamiento Humano 23 de Enero, Asentamiento Humano Valles de Girón, Conjunto

Residencial Los Arrayanes, Asentamiento Humano Los Canarios, Asentamiento Humano La Isla, El Rodeo, Asentamiento Humano Campo Alegre, Asentamiento Humano María Eugenia Riascos, Villas de San Diego y Asentamiento Humano La Fe (Tabla 5).

Tabla 5

Número de personas damnificadas por barrio durante la segunda temporada de lluvias 2020

Barrio/ Asentamiento Humano	Número de Personas Damnificadas
Asentamiento Humano 23 de Enero	511
Asentamiento Humano Valles de Girón	446
Conjunto Residencial Los Arrayanes	371
Asentamiento Humano Los Canarios	265
Asentamiento Humano La Isla	136
El Rodeo	46
Asentamiento Humano Campo Alegre	44
Asentamiento Humano María Eugenia Riascos	37
Villas de San Diego	35
Asentamiento Humano La Fe	46
Asentamiento Humano Alfonso Gómez	16
Antonia Santos	11
Asentamiento Humano Juan Pablo II	11
13 de Mayo	10
Doña Nidia	8
Hacienda Los Tamarindos	7
Asentamiento Humano La Fortaleza	5
Asentamiento Humano Valles del Este	4
Niña Ceci Parte Baja	3
Rincón del Rodeo	3
Asentamiento Humano Nueva Esperanza	2
Asentamiento Humano Espíritu Santo	1
Total	2.018

Nota. Adoptado de Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta, 2023.

En este orden de ideas, se consolidó una base de datos con los antecedentes históricos, elaborándose un listado de sectores, barrios y/o asentamientos humanos ubicados en la comuna 8 del área urbana que han sido afectados históricamente por eventos de inundación tras el

desbordamiento de los drenajes naturales. Para esto, se incorporó la Clasificación de Barrios y Comunas realizada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, en concordancia con la Ley 2044 del 30 de julio de 2020.

Posteriormente, se verificaron estos datos mediante la revisión de documentos e información cartográfica de los instrumentos de planificación local disponibles, listados en el Capítulo 3 de la Ley 1523 de 2012, tales como el Plan de Ordenamiento Territorial [POT], el Plan de Desarrollo Municipal [PDM], el Plan Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres [PMGRD] y la Estrategia para la Respuesta a Emergencias [EMRE] del Municipio de San José de Cúcuta.

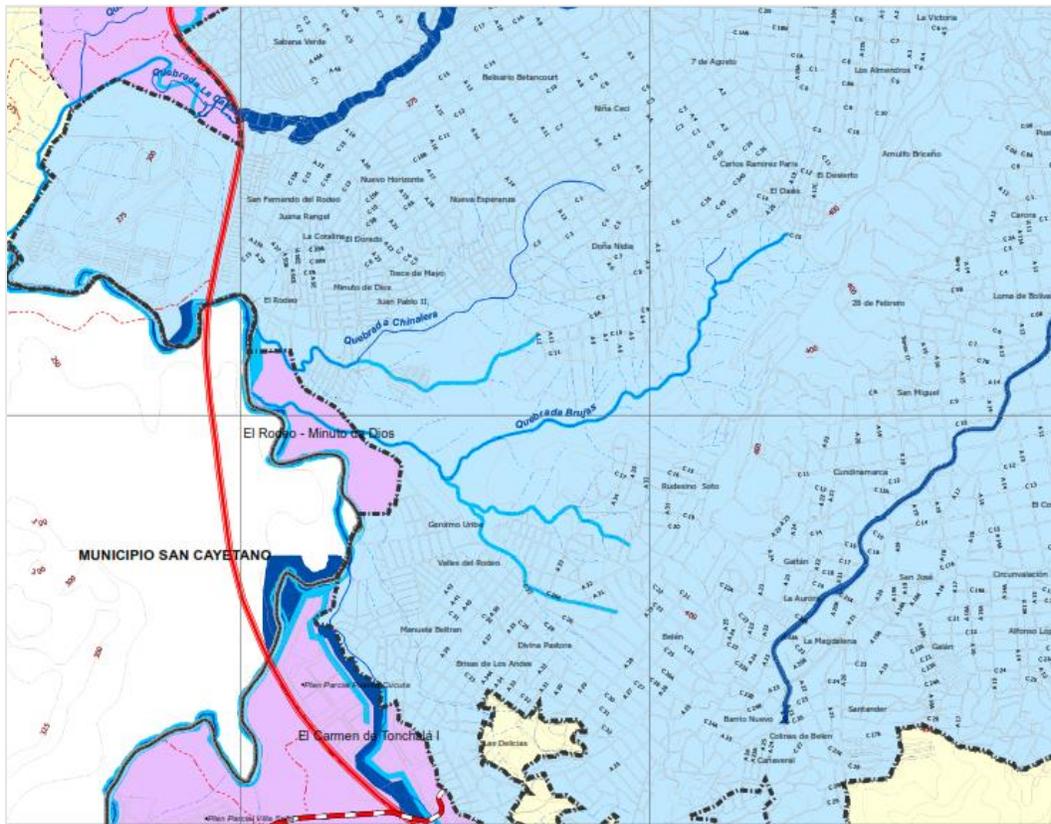
Efectivamente, conforme al Acuerdo No. 022 de 2019, mediante el que se aprueba una revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta [POT], se identificó en el Plano 07 de Amenaza por inundación, la ubicación espacial de la Quebrada Chinalera, la que se une en su trayecto a la Quebrada Tonchalá, junto con otros drenajes menores, como la Quebrada Las Brujas “conocida como el Caño Las Brujas” y otros tres drenajes no identificados (Ver Figura 7).

En lo relacionado con el Plan Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres [PMGRD] y la Estrategia para la Respuesta a Emergencias [EMRE] del Municipio de San José de Cúcuta, no se encontró información relacionada con ubicación espacial de drenajes naturales.

Con base en la estructuración de la base de datos y el análisis preliminar, respaldados por observaciones en el terreno, se lograron identificar los barrios y asentamientos humanos que ocupan la ribera de la Quebrada Chinalera, de conformidad con las disposiciones del Plan de Ordenamiento Territorial.

Figura 7

Plano No. 07 “Amenazas por inundación” del POT Municipio de San José de Cúcuta, 2019



Nota. Adaptado del Acuerdo No. 022 de 2019.

Según el Artículo 185 de este instrumento, que aborda el tratamiento de desarrollo en suelo de expansión urbana, se estipula que las áreas circundantes a los cuerpos de agua más pequeños, es decir, quebradas, arroyos, caños y drenajes naturales en el entorno urbano y suelos de expansión, se designan como ronda hídrica. Estas áreas cumplen funciones esenciales en términos de protección ambiental, restauración ecológica y gestión hidráulica, siendo información de acceso público. Consisten en una franja adyacente a estos cuerpos de agua más pequeños y que requieren intervenciones para asegurar la gestión adecuada de las aguas de escorrentía. Dichas intervenciones pueden incluir obras de canalización, construcción de estructuras de protección, sedimentadores, gradas disipadoras, u otras recomendadas por los estudios técnicos realizados por

los actores interesados en desarrollar suelos urbanos o de expansión urbana. Los retiros mínimos para estas áreas se especifican en la Tabla 6.

Tabla 6

Ancho sección canalización y Retiro exigible mínimo, definidos en el POT, 2019

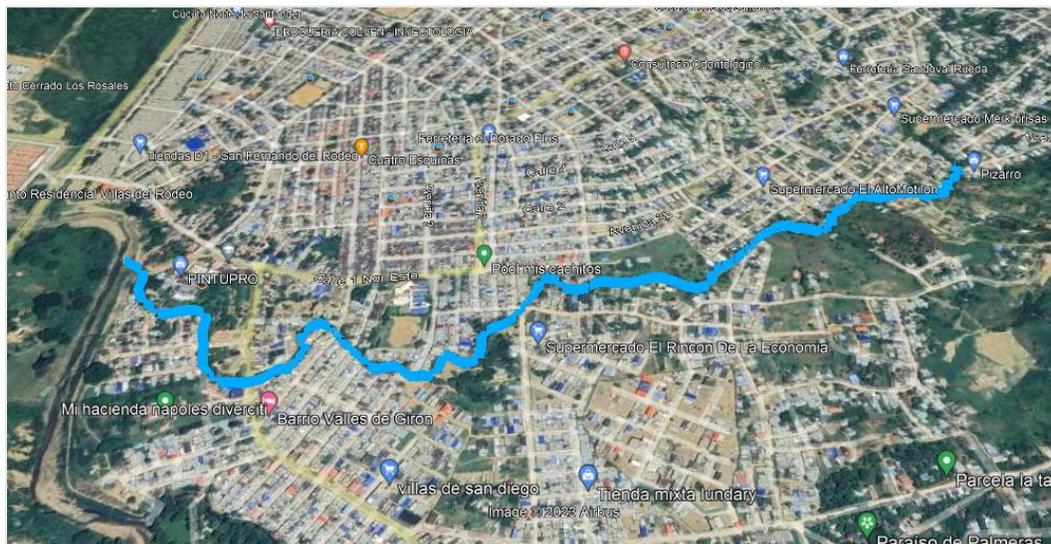
Ancho sección canalización	Retiro exigible mínimo
Menor a dos (2,00) metros	Andenes a cada lado de tres (3) metros
Superior a dos (2,00) metros e inferior a cuatro (4,00) metros.	Andenes a cada lado de tres (3) metros y contiguo a éstos vía vehicular- peatonal o por ciclorruta con ancho mínimo de tres (3,00) metros, seguido de andenes por tres (3) metros.
Superior a cuatro (4,00) metros	Andenes a cada lado de tres (3) metros y contiguo a éstos vías vehiculares con ancho mínimo de seis (6,00) metros a cada lado, seguido de andenes de tres (3) metros

Nota. Adoptado del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta, 2019.

Después de la investigación en el terreno, se pudo determinar que el ancho de la sección hidráulica de la Quebrada Chinalera es superior a los 4 metros. Por consiguiente, los barrios y asentamientos humanos situados a ambos lados de la Quebrada Chinalera no cumplen con el retiro mínimo requerido.

Figura 8

Ubicación espacial de la Quebrada Chinalera, levantada mediante observación de campo



Desde su parte superior hasta la inferior, estos asentamientos incluyen los barrios: Brisas del Sol, La Fe, Juan Pablo II, Campo Alegre, Valles de Jerusalén, María Eugenia Riascos, Valles de San Diego, Minuto de Dios, Valles de Girón, La Isla, El Rodeo, y finalmente se conecta con la Quebrada Tonchalá (Ver Figura 8).

7.2. Etapa 2. Caracterización Geográfica de la Quebrada Chinalera

Durante esta fase, se realizó la delimitación de la ronda hídrica de la Quebrada Chinalera, utilizando como guía las lecciones aprendidas durante las situaciones de emergencia causadas por las lluvias en los años 2020, 2021 y 2022. Este procedimiento simplifica la toma de decisiones respecto al aislamiento de dichas áreas, con el objetivo de asignarles un uso apropiado centrado en su preservación y restauración.

7.2.1. Identificación Preliminar de las Formas del Terreno Asociadas al Cauce Permanente

En una primera instancia, se llevó a cabo un análisis de la información secundaria que se encuentra en el Acuerdo No. 022 de 2019. En este instrumento, se supo que el sector donde se ubica la Quebrada Chinalera corresponde geológicamente a depósitos terciarios de la Formación León, E3N11, Tol. Esta se encuentra conformada por arcillolitas y limolitas de colores variados amarillo, rojo, violeta y gris verdoso. Ocasionalmente se localizan lentes de yeso de pequeño espesor, de 1 a 2 cm, entre los mantos de arcillolitas y limolitas de la formación. Esta formación, en el lugar de interés, se encuentra meteorizada superficialmente en un espesor promedio superior a 1,0 metro, conformando un suelo arcilloso de alta plasticidad, en el cual se han reportado fallas de las estructuras apoyadas sobre él, por efecto de los suelos expansivos.

Posteriormente, mediante visitas en campo, se observaron algunas capas de gravas arcillosas, en espesor variable de 0,5 a 2,0 metros y depósitos de estas gravas sobre el cauce de la Quebrada, lo que corresponde a restos de las terrazas, Q2t, y depósitos de Valle aluvial antiguo local, Q1Q2alo. Conforme a la geoforma general, se puede inferir que esta se atribuye al proceso de drenaje de una ladera, dando lugar a la formación de un cauce por erosión. Este cauce ha generado una cárcava en forma de U, en cuyo lecho fluyen las aguas lluvias y algunas aguas residuales provenientes de viviendas no conectadas al sistema de alcantarillado municipal (Ver Figura 9). A ambos lados de este cauce, se encuentran terrazas con procesos erosivos de socavación por erosión fluvial lateral.

Figura 9

Estado actual de la Quebrada Chinalera

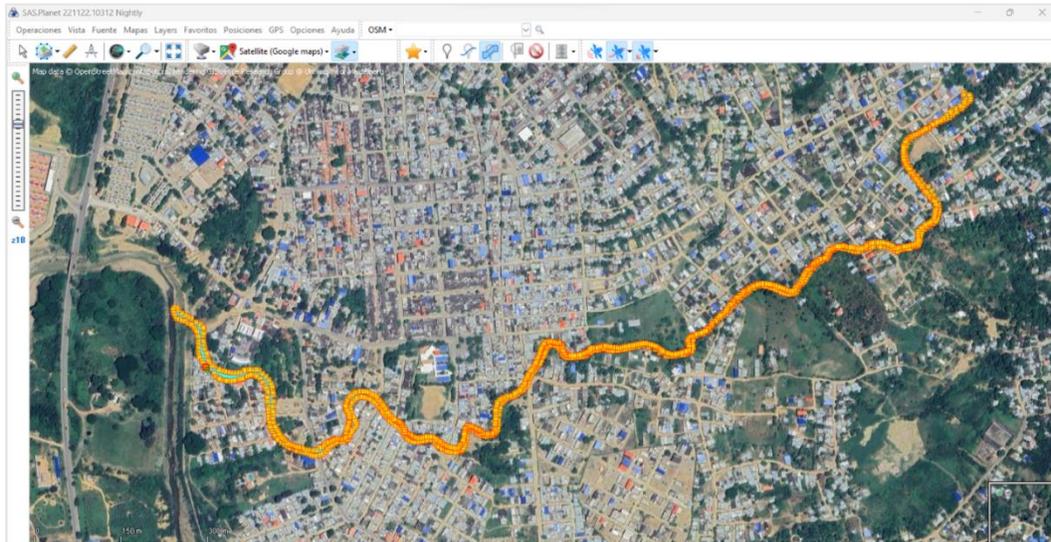


Con base en esto, se procedió a delimitar el ancho de cauce permanente de la Quebrada Chinalera, con base en la interpretación de imágenes satelitales adquiridas de Google Earth, con control de campo directo. Para la identificación de la forma principal del cauce, se contrastó la información cartográfica disponible de los años 2004, 2014 y 2023, conforme a las pautas establecidas en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en

Colombia. Acto seguido, con apoyo del software para el tratamiento de imágenes satelitales denominado SAS.Planet Versión 221122.10312 Nightly, se generó un polígono mediante la interpretación visual, el que se exportó a formato KMZ (Consultar las Figuras 10 y 11).

Figura 10

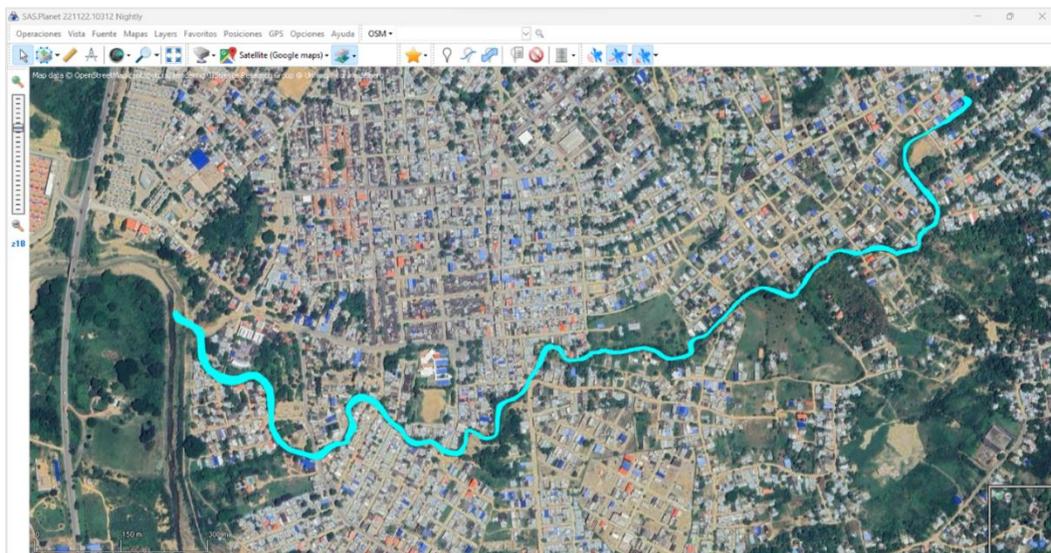
Creación de polígono de la Quebrada Chinalera



Nota. Adoptado de SAS Planet 221122.10312 Nightly.

Figura 11

Polígono trazado de la Quebrada Chinalera



Nota. Adoptado de SAS Planet 221122.10312 Nightly.

Para validar y verificar esta delimitación, se cotejó el polígono con Google Earth, recurriendo a las imágenes históricas anteriormente mencionadas y se compararon con las imágenes tomadas en momentos diversos a lo largo del estudio (Ver Figuras 12, 13, 14 y 15).

Figura 12

Visita de campo realizada a la Quebrada Chinalera para recolección de información secundaria



Figura 13

Verificación de polígono de la Quebrada Chinalera con base en imágenes satelitales del año 2004



Nota. Fecha de la imagen: 19/10/2004. Adaptado de Google Earth Pro 2023.

Figura 14

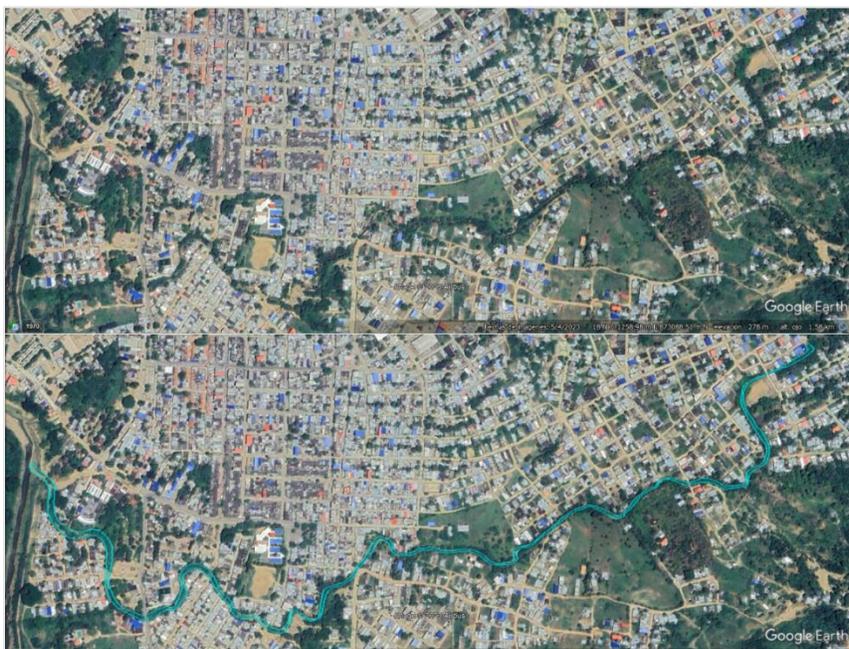
Verificación de polígono de la Quebrada Chinalera a través de imágenes satelitales del año 2014



Nota. Fecha de la imagen: 09/25/2014. Adaptado de Google Earth Pro 2023.

Figura 15

Verificación de polígono Quebrada Chinalera a través de imágenes satelitales del año 2023



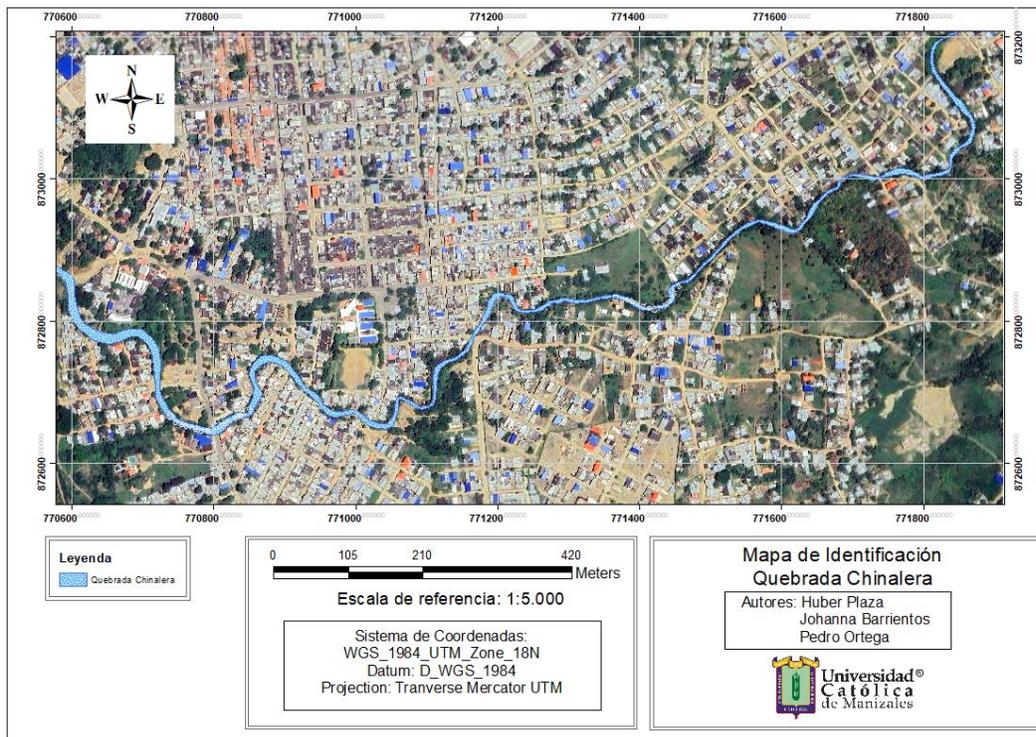
Nota. Fecha de la imagen: 05/04/2023. Adaptado de Google Earth Pro 2023.

Durante las observaciones realizadas, se pudo conocer que la quebrada presenta un ancho promedio de 6 metros y una profundidad media de 3,5 metros, aspectos que se ilustran en la Figura 12 para ofrecer una visión más detallada de sus características.

A continuación, se trabajó en la creación de un mapa utilizando la aplicación ArcMap de ArcGIS 10.7.1, tomando como referencia el polígono previamente generado en SAS.Planet Versión 221122.10312 Nightly (Ver Figura 16). Cuya extensión de la Quebrada Chinalera abarca aproximadamente 4.373 metros, y su curso se conecta con la Quebrada Tonchalá, la que desemboca en el Río Zulia.

Figura 16

Mapa de identificación de la forma principal del cauce de la Quebrada Chinalera a escala 1:5000



Fuente: Elaboración propia.

En seguida, se realizaron los análisis con base en las relaciones de geometría hidráulica, mediante el uso de la variable “A”, ancho de la cuenca, estableciendo estas relaciones *aguas abajo*, dada la carencia de estaciones de monitoreo de caudales a lo largo de la cuenca y, contrariamente, la disponibilidad de información geoespacial. Con esto, se identificó la estructura de desagüe en la cuenca hidrográfica de la Quebrada Chinalera desde el componente geomorfológico, mediante el procesamiento de imágenes satelitales DEM de ALOS PALSAR con una resolución de 12.5 X 12.5 m, mediante el uso del programa ArcMap de ArcGis 10.7.1. Finalmente, se obtuvo un mapa que representa la cuenca hidrográfica objeto de estudio, cuya área total es de 183,2 Ha (Ver Figura 17).

Figura 17

Mapa de identificación de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Chinalera a escala 1:5000



Nota. Adoptado de Google Earth y ArcGis 10.7.1.

7.2.2. Evaluación del comportamiento del flujo de agua de la Quebrada Chinalera

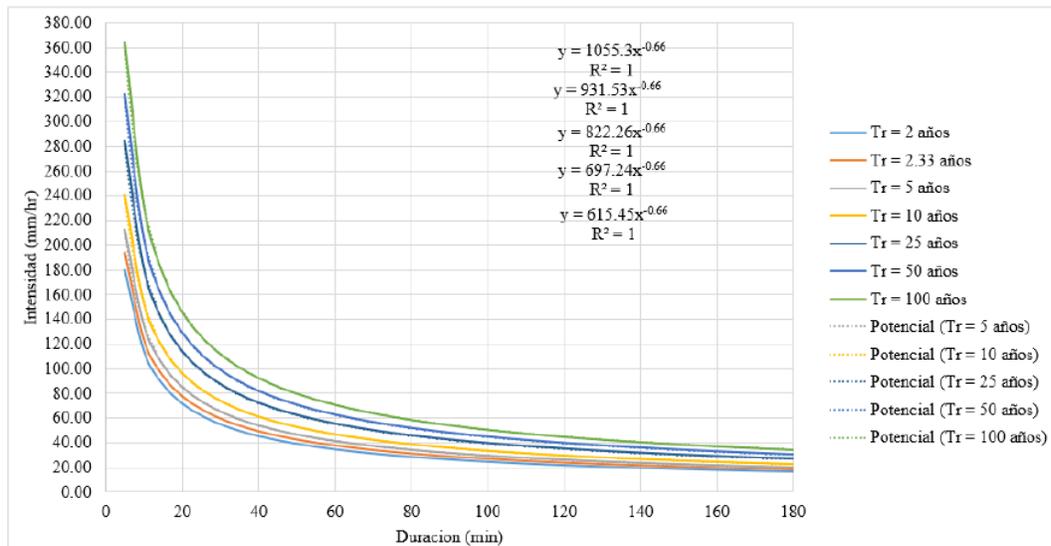
Para obtener este dato, se calcularon los caudales máximos de la cuenca objeto para diferentes periodos de retorno, aplicando el método simplificado para la deducción de las curvas IDF.

Para esto, fue necesario recopilar información disponible de la estación meteorológica del IDEAM, más próxima a la zona analizada. Por ende, se utilizaron los datos históricos de las precipitaciones máximas registradas, provenientes de la estación meteorológica Aeropuerto Camilo Daza (Ver Anexo 1), la que se sitúa en las coordenadas 07° 55' 49.0'' de latitud norte y 72° 30' 33.0'' de longitud oeste y una elevación de 250 metros. Para esta investigación, se definieron periodos de retorno de 2, 2,33, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Con esto, se generaron curvas IDF, las que muestran la relación entre la intensidad de la lluvia en función de la duración y los diferentes periodos de retorno, que se encuentran representadas en la Figura 18.

Figura 18

Curvas IDF mediante el método simplificado, estación hidrometeorológica Aeropuerto Camilo Daza



Nota. Adoptado de Google Earth y ArcGis 10.7.1.

Teniendo en cuenta que el área de drenaje de la cuenca ejerce impacto sobre el zona de estudio con una superficie mayor de 80 Ha, se realizaron los análisis para el cálculo del caudal, empleando el método racional modificado (Ver Tabla 7).

Tabla 7

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por el método racional modificado

Tr (años)	5	10	20	25	50	100
C	0,43	0,48	0,51	0,52	0,54	0,56
i (mm/hora)	19,35	22,04	24,25	24,90	26,75	28,41
Q(m³/s)	4,68	5,90	6,95	7,27	8,18	9,02

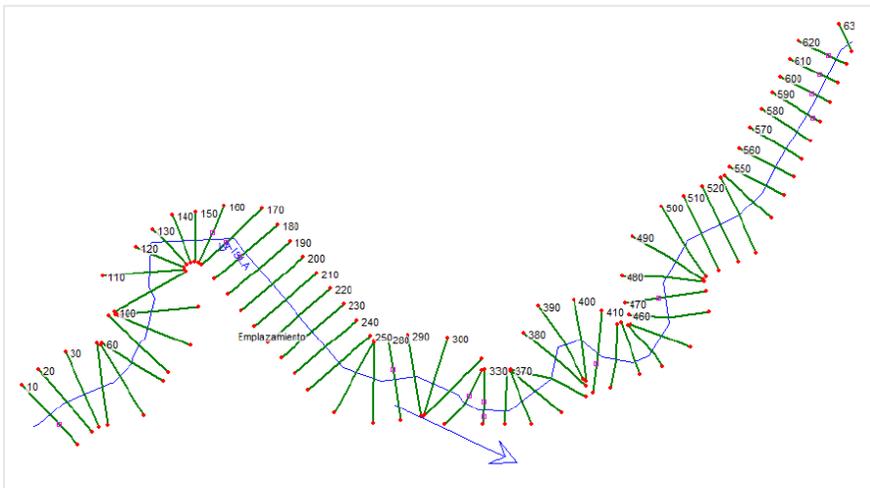
Nota. Adoptado de Google Earth y ArcGis 10.7.1.

Posteriormente, se evaluó el comportamiento del flujo de agua de la Quebrada Chinalera, mediante la modelación por medio del software HEC-RAS 6.4.1, incluyendo las características principales, ajustadas lo mejor posible a la realidad. Esta simulación hidráulica del cauce objeto de estudio, se realizó para un periodo de retorno de 100 años, incorporando la información topográfica recopilada en campo y los caudales máximos de la cuenca.

Con esto, se generaron esquemas de *i*) alineamiento horizontal del cauce principal y secciones y *ii*) secciones transversales y banks (Ver Figura 19 y Figura 20, respectivamente).

Figura 19

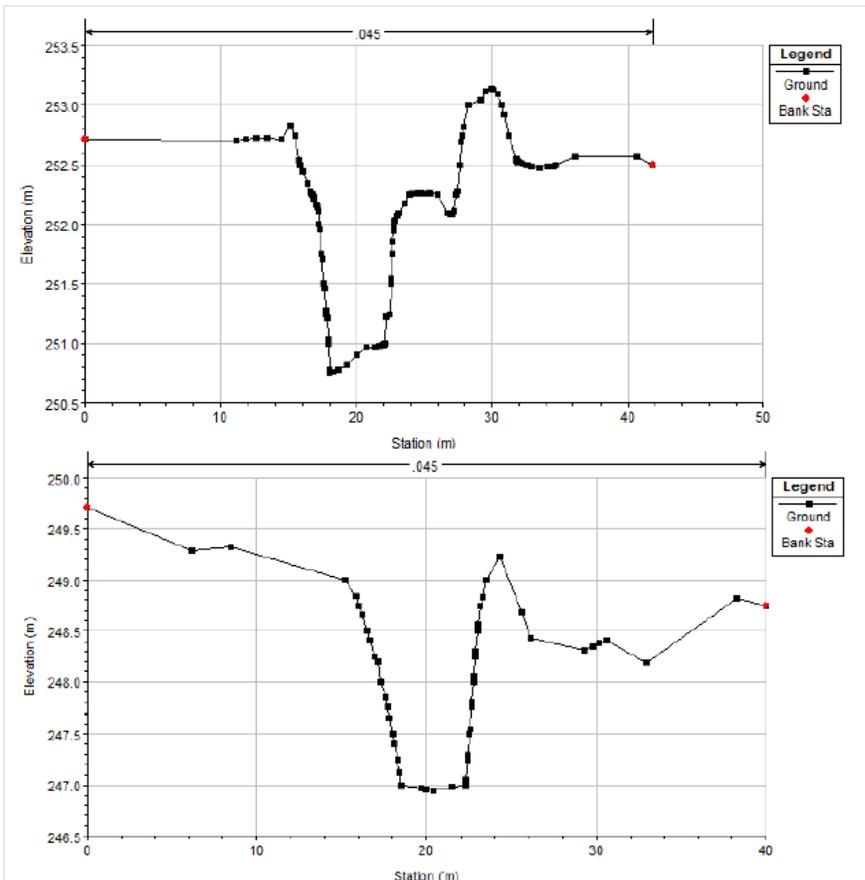
Alineamiento horizontal del cauce principal y secciones obtenido a partir de la modelación



Nota. Adoptado de HEC-RAS 6.4.1.

Figura 20

Secciones trasversales y Banks obtenido a partir de la modelación



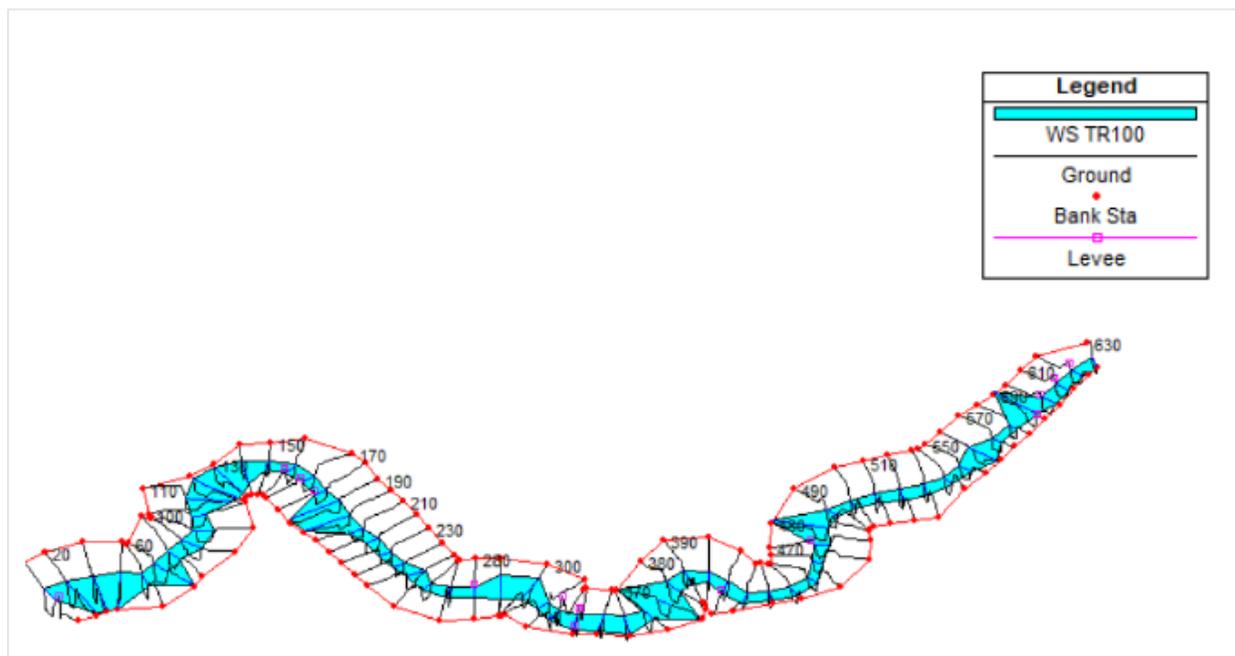
Nota. Adoptado de HEC-RAS 6.4.1.

Conforme con lo anterior, se concluyó que el modelo de flujo es unidimensional y utiliza el método de las diferencias finitas para su cálculo, por tal razón, es necesario contar con las condiciones iniciales o de contorno para su implementación. Dado que el modelo posibilita la simulación de estados de flujo, se encontró que para este caso la condición de borde es un flujo mixto, debido a que el cauce cuenta con pendiente variable por ser natural.

Con las condiciones anteriormente procesadas se corrieron los modelos para el escenario hidrológico establecido, obteniendo como resultado los esquemas de Representación Isométrica de cauce existente, el Perfil de flujo del modelo y la mancha de inundación de la Quebrada Chinalera que se ilustran en las Figuras 21, 22 y 23.

Figura 21

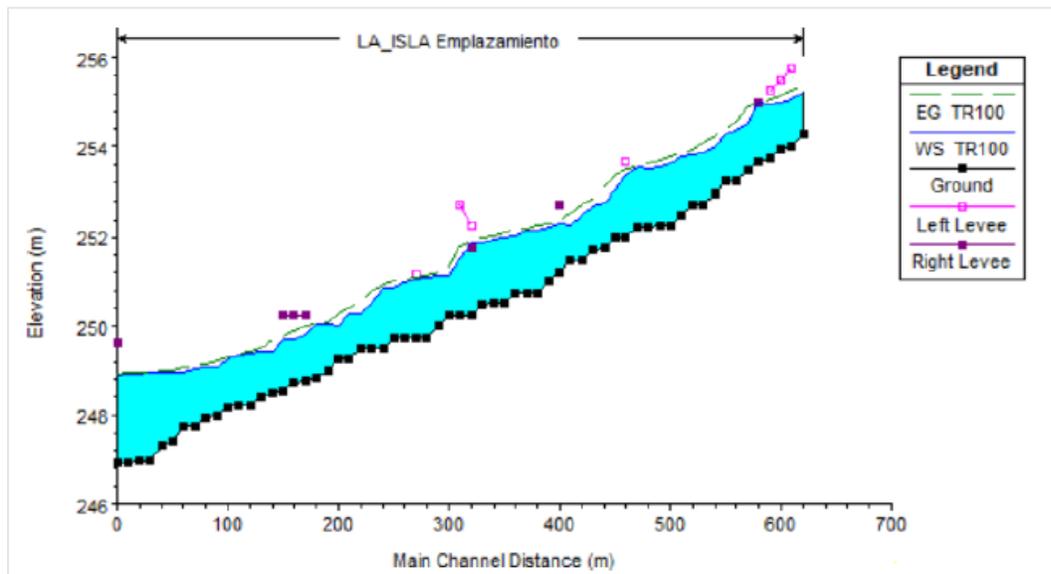
Representación Isométrica de cauce existente en la Quebrada Chinalera



Nota. Adoptado de HEC-RAS 6.4.1.

Figura 22

Perfil de flujo del modelo de la Quebrada Chinalera



Nota. Adoptado de HEC-RAS 6.4.1.

Figura 23

Mancha de inundación del cauce existente de la Quebrada Chinalera y los puntos de desborde



Nota. Adoptado de Google Earth 2023 y HEC-RAS 6.4.1.

Figura 24

Resultados de la modelación del cauce existente de la Quebrada Chinalera

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Emplazamiento	620	TR50	9.02	254.00	255.07	254.85	255.25	0.011408	1.90	4.75	5.73	0.67
Emplazamiento	610	TR50	9.02	253.95	255.00	254.72	255.14	0.008954	1.67	5.41	6.51	0.58
Emplazamiento	600	TR50	9.02	253.75	254.97	254.50	255.06	0.004832	1.36	6.63	6.92	0.44
Emplazamiento	590	TR50	9.02	253.67	254.97	254.46	255.00	0.002955	0.75	11.97	23.04	0.33
Emplazamiento	580	TR50	9.02	253.47	254.51	254.51	254.90	0.031398	2.76	3.27	4.31	1.01
Emplazamiento	570	TR50	9.02	253.25	254.36	254.11	254.55	0.011882	1.95	4.63	5.07	0.65
Emplazamiento	560	TR50	9.02	253.24	254.29		254.40	0.013869	1.46	6.20	14.31	0.71
Emplazamiento	550	TR50	9.02	252.97	254.00		254.24	0.016558	2.13	4.23	5.96	0.81
Emplazamiento	540	TR50	9.02	252.75	253.84		254.08	0.015083	2.15	4.20	5.17	0.76
Emplazamiento	530	TR50	9.02	252.74	253.81		253.94	0.007901	1.61	5.61	6.92	0.57
Emplazamiento	520	TR50	9.02	252.50	253.77		253.86	0.005466	1.31	6.89	8.62	0.47
Emplazamiento	510	TR50	9.02	252.28	253.63		253.78	0.008995	1.75	5.15	5.75	0.59
Emplazamiento	500	TR50	9.02	252.25	253.56		253.70	0.006917	1.64	5.52	5.44	0.52
Emplazamiento	490	TR50	9.02	252.24	253.52		253.63	0.005419	1.47	6.13	6.10	0.47
Emplazamiento	480	TR50	9.02	252.24	253.53		253.56	0.003542	0.80	11.28	22.67	0.36
Emplazamiento	470	TR50	9.02	252.00	253.35	253.05	253.50	0.008809	1.70	5.31	6.30	0.59
Emplazamiento	460	TR50	9.02	252.00	253.05	252.95	253.36	0.020544	2.46	3.66	4.34	0.86
Emplazamiento	450	TR50	9.02	251.75	252.76	252.76	253.11	0.027773	2.63	3.43	4.95	1.01
Emplazamiento	440	TR50	9.02	251.72	252.68	252.50	252.86	0.012644	1.88	4.79	6.58	0.70
Emplazamiento	430	TR50	9.02	251.50	252.50	252.34	252.72	0.014700	2.08	4.33	5.60	0.76
Emplazamiento	420	TR50	9.02	251.47	252.25	252.24	252.52	0.027138	2.31	3.90	6.98	0.99
Emplazamiento	410	TR50	9.02	251.21	252.30	251.85	252.37	0.004118	1.20	7.53	9.10	0.42
Emplazamiento	400	TR50	9.02	251.00	252.21		252.32	0.005809	1.48	6.10	6.21	0.48
Emplazamiento	390	TR50	9.02	250.75	252.15		252.26	0.006343	1.44	6.26	7.04	0.49
Emplazamiento	380	TR50	9.02	250.74	252.15		252.20	0.002818	1.06	8.53	9.01	0.35
Emplazamiento	370	TR50	9.02	250.73	252.05		252.16	0.007106	1.46	6.19	7.98	0.53
Emplazamiento	360	TR50	9.02	250.50	251.98		252.09	0.005799	1.48	6.09	6.38	0.48
Emplazamiento	350	TR50	9.02	250.50	251.97		252.03	0.004190	1.07	8.39	11.70	0.41
Emplazamiento	340	TR50	9.02	250.47	251.89		251.97	0.006269	1.24	7.28	10.98	0.49
Emplazamiento	330	TR50	9.02	250.25	251.86	251.21	251.92	0.003533	1.07	8.46	9.91	0.37
Emplazamiento	320	TR50	9.02	250.25	251.52	251.52	251.81	0.064129	2.37	3.81	6.69	1.00
Emplazamiento	310	TR50	9.02	250.25	251.14	250.95	251.33	0.012139	1.90	4.75	5.95	0.68
Emplazamiento	300	TR50	9.02	249.99	251.14		251.21	0.006187	1.11	8.11	15.13	0.48
Emplazamiento	290	TR50	9.02	249.75	251.11		251.15	0.003945	0.95	9.48	15.75	0.39
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Emplazamiento	290	TR50	9.02	249.75	251.11		251.15	0.003945	0.95	9.48	15.75	0.39
Emplazamiento	280	TR50	9.02	249.75	251.04	250.44	251.11	0.003474	1.18	7.66	7.36	0.37
Emplazamiento	270	TR50	9.02	249.75	250.98		251.07	0.004774	1.35	6.69	6.79	0.43
Emplazamiento	260	TR50	9.02	249.74	250.88		251.01	0.007161	1.61	5.59	5.86	0.53
Emplazamiento	250	TR50	9.02	249.50	250.85		250.93	0.005541	1.28	7.05	8.89	0.46
Emplazamiento	240	TR50	9.02	249.50	250.50	250.44	250.80	0.027014	2.44	3.70	5.00	0.91
Emplazamiento	230	TR50	9.02	249.50	250.29	250.22	250.55	0.021290	2.28	3.95	5.49	0.86
Emplazamiento	220	TR50	9.02	249.25	250.29		250.40	0.006145	1.50	6.03	6.52	0.50
Emplazamiento	210	TR50	9.02	249.25	250.00	249.97	250.28	0.023440	2.35	3.85	6.04	0.94
Emplazamiento	200	TR50	9.02	249.00	250.05		250.10	0.006165	0.98	9.19	21.01	0.47
Emplazamiento	190	TR50	9.02	248.84	250.04		250.06	0.001647	0.64	14.19	22.50	0.26
Emplazamiento	180	TR50	9.02	248.77	249.80	249.61	250.01	0.013346	2.02	4.47	5.21	0.70
Emplazamiento	170	TR50	9.02	248.74	249.71	249.47	249.88	0.010591	1.83	4.94	5.92	0.64
Emplazamiento	160	TR50	9.02	248.54	249.69	249.28	249.79	0.005287	1.41	6.41	6.94	0.47
Emplazamiento	150	TR50	9.02	248.49	249.44		249.68	0.017225	2.19	4.11	5.50	0.81
Emplazamiento	140	TR50	9.02	248.42	249.41		249.50	0.011055	1.32	6.83	15.40	0.63
Emplazamiento	130	TR50	9.02	248.23	249.38		249.42	0.004503	0.92	9.80	19.52	0.42
Emplazamiento	120	TR50	9.02	248.21	249.34		249.38	0.003635	0.84	10.72	21.03	0.38
Emplazamiento	110	TR50	9.02	248.18	249.26		249.32	0.007908	1.10	8.18	18.82	0.53
Emplazamiento	100	TR50	9.02	247.99	249.08		249.23	0.008680	1.70	5.31	6.18	0.58
Emplazamiento	90	TR50	9.02	247.96	249.06		249.14	0.005722	1.32	6.81	8.93	0.48
Emplazamiento	80	TR50	9.02	247.75	249.05		249.10	0.002432	0.99	9.11	9.56	0.32
Emplazamiento	70	TR50	9.02	247.74	248.98		249.06	0.004672	1.29	6.98	7.87	0.44
Emplazamiento	60	TR50	9.02	247.39	248.98		249.01	0.002574	0.84	10.77	15.15	0.32
Emplazamiento	50	TR50	9.02	247.34	248.95		248.99	0.001430	0.87	10.35	7.96	0.24
Emplazamiento	40	TR50	9.02	246.98	248.95		248.97	0.001433	0.72	12.50	13.99	0.24
Emplazamiento	30	TR50	9.02	246.97	248.93		248.96	0.002350	0.70	12.93	23.03	0.30
Emplazamiento	20	TR50	9.02	246.95	248.92		248.94	0.000911	0.52	17.21	22.82	0.19
Emplazamiento	10	TR50	9.02	246.93	248.90	247.70	248.93	0.001001	0.76	11.83	8.90	0.21

Nota. Adoptado de HEC-RAS 6.4.1.

Como se puede ver en las Figuras 21, 22 y 23, se evidencia que el cauce natural existente está propenso a desbordamientos, particularmente en las secciones con alta sinuosidad. Los desbordamientos que están impactando negativamente las viviendas circundantes durante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos súbitos, generan condiciones de inseguridad en la zona.

Finalmente, la síntesis de las variables hidráulicas relacionadas con la evaluación del cauce existente (Figura 24) viabiliza inferir que las velocidades del flujo de agua en ciertos tramos del cuerpo de agua alcanzan valores de hasta 2 m/s.

7.3. Etapa 3. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social Frente a la Amenaza por Inundación

Con base en el análisis de la población afectada llevado a cabo en el año 2020, utilizando la base de datos del Registro Único de Damnificados enmarcada bajo el Decreto 496 de 2020, y la delimitación del cauce de la Quebrada Chinalera, se confirmó la ubicación geográfica de los terrenos afectados a través de visitas in situ. Durante estas visitas en la unidad de estudio, se sostuvieron conversaciones con los residentes de la zona, quienes expresaron que han experimentado un impacto significativo por este tipo de eventos y que, además, estos se están volviendo cada vez más frecuentes.

Con esto, se diseñó un instrumento de recolección de información primaria, con el fin de evaluar la vulnerabilidad social en áreas propensas a eventos de inundación por la Quebrada Chinalera, definiendo varios elementos muy importantes como:

i) **Objetivo específico:** Identificar y comprender las las circunstancias sociales y económicas de los individuos que podrían enfrentar repercusiones a raíz de las posibles inundaciones causadas por el desbordamiento de la Quebrada Chinalera.

ii) **Indicadores establecidos:** Se definieron los elementos sociales que inciden en la susceptibilidad, con la finalidad de ser incluidos en el formato de encuesta, asociado a cinco dimensiones, tales como la composición del hogar, el empleo, el nivel de educación, el acceso a los recursos y servicios, y la preparación ante riesgos de inundación.

iii) **Muestreo representativo:** Luego de identificar las viviendas y terrenos ubicados dentro de la zona delimitada en la Etapa No. 2, se realizó la elección de una muestra significativa de la población cercana a la Quebrada Chinalera. Por ende, se determinó el tamaño de la muestra, denominado como “n”, se aplicó la metodología propuesta por Murray y Larry (2005). Así, la base de datos del RUD reveló que 370 familias ubicadas alrededor de la Quebrada Chinalera resultaron damnificadas tras las afectaciones generadas por las lluvias correspondientes al segundo período del año 2020, lo que estableció el valor de “N”.

El nivel de confianza seleccionado fue del 95%, equivalente a un valor de 1,96, que se considera como el mínimo aceptable para garantizar la confiabilidad de la investigación. La desviación estándar se fijó en 0,5, ya que no se contaba con datos precios y se estableció un nivel de precisión absoluto del 0,5%. En consecuencia, aplicando la ecuación propuesta por Murray y Larry (2005), se encontró que el tamaño de la muestra necesario es de 189, definido como el grupo focal objeto de esta investigación.

iv) **Instrumento de recolección de información estructurado:** De acuerdo con las cinco dimensiones previamente definidas, se elaboró el cuestionario (Ver Figura 25) que incluye un conjunto de 15 preguntas, tales como:

- ¿Cuántas personas viven en su hogar?
- Indique la forma de tenencia de la vivienda
- ¿Cuál es la edad del jefe del hogar?
- ¿Cuántas de las personas que viven en su hogar presentan alguna condición de discapacidad?
- ¿Cuántas de las personas que viven en su hogar son adultos mayores de 60 años?
- ¿Cuántas de las mujeres que viven en su hogar se encuentran en estado de embarazo?
- ¿Cuántas de las personas que viven en su hogar son personas migrantes o personas retornadas en su hogar?
- ¿Cuál es la principal actividad económica del jefe del hogar?
- ¿Cuál es el nivel de educación alcanzado por el jefe del hogar?
- ¿Cuál es el rango de ingresos mensuales totales en su hogar?
- ¿Cuántas de las personas que viven en su hogar poseen acceso a un sistema de salud?
- ¿Cuántos miembros del hogar han sido objeto de desplazamiento forzado y/o víctimas de conflicto?
- ¿Cuál es la composición familiar de su hogar?
- ¿Cuántas de las personas que viven en su hogar han recibido capacitación sobre los riesgos asociados a inundaciones?
- ¿Cuál es el estrato socioeconómico de su vivienda según el servicio de energía?

Figura 25

Formato de encuesta diseñado para estimación del índice de vulnerabilidad social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera

	FICHA TÉCNICA - ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SOCIAL DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA A LA QUEBRADA CHINALERA QUE INCIDE EN LA CONDICIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN		
	<small>La presente encuesta tiene como objetivo la toma de información que permita realizar el cálculo de la vulnerabilidad social de las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera, ubicada en la comuna 8 del municipio de San José de Cúcuta.</small>		
Municipio/Dpto:		Fecha:	
Nombres y apellidos del encuestado:		Dirección de la vivienda:	
Distancia aprox. a la Quebrada Chinalera:		Ubicación geográfica:	
<p>1. Número de Habitantes:</p> <p>¿Cuántas personas viven en su hogar?</p> <p>a) Una sola persona. b) De 2 a 3 personas. c) De 4 a 5 personas. d) Más de 6 personas.</p> <p>2. Forma de vivienda:</p> <p>Indique la forma de tenencia de la vivienda.</p> <p>a) Ocupante b) Poseedor c) Arrendatario d) Propietario</p> <p>3. Edad:</p> <p>¿Cuál es la edad del jefe del hogar?</p> <p>a) Menos de 18 años. b) Entre 18 y 35 años. c) Entre 36 y 59 años. d) 60 años o más años.</p>			
<p>4. Tipo de Discapacidad:</p> <p>¿Cuántas de las personas que viven en su hogar presentan alguna condición de discapacidad?</p> <p>a) Ninguna b) Una (1) persona c) Dos (2) personas d) Tres (3) o más personas</p> <p>5. Adultos mayores:</p> <p>¿Cuántas de las personas que viven en su hogar son adultos mayores de 60 años en su hogar?</p> <p>a) Ninguna b) Una (1) persona c) Dos (2) personas d) Tres (3) o más personas</p> <p>6. Mujeres en Embarazo:</p> <p>¿Cuántas de las mujeres que viven en su hogar se encuentran en estado de embarazo?</p> <p>a) Ninguna b) Una (1) persona c) Dos (2) personas d) Tres (3) o más personas</p> <p>7. Migrantes en el núcleo:</p> <p>¿Cuántas de las personas que viven en su hogar son personas migrantes o personas retornados en su hogar?</p> <p>a) Ninguna b) Una (1) persona c) Dos (2) personas d) Tres (3) o más personas</p> <p>8. Actividad económica:</p> <p>¿Cuál es la principal actividad económica del jefe del hogar?</p>			

v) Recopilación de datos: Se aplicó un total de 191 encuestas a la población cercana a la Quebrada Chinalera utilizando ArcGIS Survey123, como una instrumentos auxiliar en el procedimiento (Ver Figura 26).

Figura 26

Aplicación de la entrevista estructurada a comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera



Luego de esto, se aplicó el enfoque metodológico sugerido por Saaty (2006, 2008, como se citó en Rositas y Mendoza, 2013), utilizada por Bedoya (2022), para la ponderación de pesos en la toma de decisiones multicriterio. Los resultados arrojaron los siguientes aspectos:

i) Estructuración del problema: En primera medida, para estimar el índice de vulnerabilidad social fue necesario evaluar y priorizar las dimensiones y preguntas aplicadas. Lo anterior, como insumo para la toma de decisiones de los lineamientos relevantes y requeridos para efectuar el análisis de elementos que inciden en la vulnerabilidad social, que afectan la condición de riesgo por inundación de la población en el grupo focal seleccionado, de manera sistemática y consistente.

ii) Definición de los criterios y estructura jerárquica: Una vez, identificados los criterios a utilizar para estimar el índice de vulnerabilidad social (Tabla 8), se procedió a diseñar la estructura jerárquica. En esta estructura, la vulnerabilidad social se estableció como el criterio principal, desglosándolo en los criterios previamente definidas y las preguntas aplicadas correspondientes.

Tabla 8

Criterios definidos para análisis de factores de la vulnerabilidad social que inciden en la condición de riesgo por inundación de la población en el grupo focal seleccionado

Variable	ID
Número de Habitantes	NH
Tipo de vivienda	TV
Edad	ED
Tipo de Discapacidad	TD
Adultos mayores	AM
Mujeres en Embarazo	ME
Migrantes en el núcleo	MI
Actividad económica	AE
Nivel de Educación	NE
Ingresos Económicos	IE
Acceso a sistema de salud	AS
Tipología Familiar	TF
Capacitación sobre riesgos por inundación	CR
Estrato Socioeconómico (según servicio energía)	ES

iii) Matriz de comparación: En primer lugar, se creó un instrumento basado en preguntas guía para llevar a cabo la comparación de pares de los criterios establecidos. Este instrumento se aplicó con la ayuda de la herramienta ArcGIS Survey123 (Figura 27).

Figura 27

Instrumento de recolección de datos diseñado para aplicación de la metodología AHP

Análisis de Jerarquía de Procesos para el Cálculo del Nivel de ...

Este instrumento tiene como fin establecer pesos a cada una de las variables que conformarán el Índice de Vulnerabilidad Social frente a la amenaza por inundación en las comunidades colindantes a la Quebrada Chinalera, ubicado en la comuna 8 del Municipio de San José de Cúcuta, a través del Análisis de Jerarquía de Procesos.

Solicitamos muy amablemente de acuerdo a su criterio, calificar la importancia de cada variable frente a otra, de acuerdo a la siguiente escala:

- 9 - Absolutamente importante
- 7 - Demostrablemente más importante
- 5 - Notablemente más importante
- 3 - Ligeramente más importante
- 1 - Igual importancia
- 1/3 - Ligeramente menos importante
- 1/5 - Notablemente menos importante
- 1/7 - Demostrablemente menos importante
- 1/9 - Absolutamente menos importante

Nombres y Apellidos*
Antes de comenzar, solicitamos llenar este campo.

iv) Comparación de pares por miembros del CMGRD: A continuación, el instrumento fue aplicado a miembros del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres [CMGRD] del Municipio de San José de Cúcuta, en una sesión extraordinaria llevada a cabo el 23 de agosto de 2023, con la participación de un panel de 20 expertos (Figura 28), entre Secretarios y Subsecretarios de Despacho, Comandante del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cúcuta, Director de Gestión del Riesgo de la Cruz Roja Colombiana Seccional Norte de Santander, representantes de Empresas Prestadoras de Servicios Públicos Domiciliarios y profesionales de la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo.

Figura 28

Aplicación del instrumento a miembros del CMGRD del municipio de San José de Cúcuta, para comparación de pares de variables



v) Cálculo de pesos y consistencia, fundamentado en los datos recabados a través de las encuestas realizadas a miembros del CMGRD: Los resultados fueron procesados en la matriz de Saaty, cuya consistencia arrojó un valor de 0,2696 (Figura 29). Este valor de consistencia indica la carencia de confiabilidad de los datos y las débiles comparaciones realizadas en la matriz. En este caso, un valor de 0,2696 sugiere que las comparaciones efectuadas no fueron consistentes ni sólidas, consecuentemente fue necesario aplicar nuevamente el instrumento a otro grupo de expertos.

vii) Cálculo de pesos y consistencia, fundamentado en los resultados obtenidos de las encuestas administradas a un conjunto de expertos de la UCM: Los resultados fueron procesados en la matriz de Saaty, cuya consistencia arrojó un valor de 0,2246 (Figura 31). Valor de consistencia similar al anterior, por tanto las comparaciones efectuadas son inconsistentes y débiles.

Figura 31

Determinación de pesos de las variables seleccionadas, basado en los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a expertos de la UCM

DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL MÉTODO DE SAATY (EMC)																W _i	C _i	LAMBDA _i
	NH	FT	ED	TD	AM	ME	MI	AE	NE	IE	AS	TF	CR	ES	DE			
NH	1	7	4	4	4	4	4	3	5	7	4	3	3	4	4	3.70	0.18	0.83
FT	1/7	1	3	3	4	4	4	5	2	7	2	4	3	4	6	2.72	0.13	1.53
ED	1/4	1/3	1	4	5	3	5	4	3	4	4	3	4	4	4	2.57	0.13	1.40
TD	1/4	1/3	2/9	1	8	5	5	7	4	7	5	3	6	4	5	2.55	0.13	1.86
AM	2/7	1/4	1/5	1/8	1	3	4	5	4	4	4	3	4	2	4	1.54	0.08	1.85
ME	1/4	2/9	1/3	1/5	1/3	1	5	6	5	6	6	2	4	4	5	1.59	0.08	1.76
MI	1/4	2/7	1/5	1/5	1/4	2/9	1	6	4	3	3	4	2	4	4	1.11	0.05	1.63
AE	1/3	1/5	1/4	1/7	1/5	1/6	1/6	1	3	6	3	5	3	4	4	0.90	0.04	1.70
NE	1/5	1/2	1/3	1/4	1/4	1/5	1/4	2/7	1	6	3	4	4	4	4	0.87	0.04	1.44
IE	1/7	1/7	1/4	1/7	1/4	1/6	1/3	1/6	1/6	1	4	3	3	4	4	0.56	0.03	1.44
AS	1/4	4/7	1/4	1/5	1/4	1/6	1/3	2/7	2/7	1	4	4	4	4	6	0.63	0.03	1.23
TF	1/3	1/4	2/7	1/3	1/3	4/9	1/4	1/5	1/4	2/7	1/4	1	4	3	5	0.52	0.03	1.07
CR	1/3	1/3	1/4	1/6	1/4	2/7	3/7	2/5	2/9	2/7	2/7	1/4	1	5	5	0.45	0.02	1.00
ES	1/4	1/4	2/7	1/4	1/2	2/7	1/4	2/9	1/4	1/4	1/4	1/3	1/5	1	5	0.36	0.02	0.89
DE	1/4	1/6	1/4	1/5	1/4	1/5	2/9	1/4	1/4	1/4	1/6	1/5	1/5	1/5	1	0.24	0.01	0.78
PT	4.53	11.39	11.05	14.84	24.34	22.49	29.75	38.24	33.82	51.99	39.94	41.67	45.50	50.36	65.10	20.31		20.40
Vulnerabilidad																PESOS		
NH	Número de Habitantes															0.18		NH
FT	Forma de Tenencia															0.13		TV
ED	Edad															0.13		ED
TD	Tipo de Discapacidad															0.13		TD
AM	Adultos Mayores															0.08		AM
ME	Mujeres en Embarazo															0.08		ME
MI	Migrantes															0.05		MI
AE	Actividad Económica															0.04		AE
NE	Nivel de Educación															0.04		NE
IE	Ingresos Económicos															0.03		IE
AS	Acceso Sistema Salud															0.03		AS
TF	Tipología Familiar															0.03		TF
CR	Caracterización Riesgo por Inundación															0.02		CR
ES	Estrato Socioeconómico															0.02		ES
DE	Desplazamiento Forzado															0.01		
																1.00		
C _i	0.38539668															$C_i = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$		
R _{c_i}	1.716															$R_{c_i} = \frac{1.98 * (n - 2)}{n}$		
CR	0.2246															Inconsistente		
																$CR = C_i / R_{c_i}$		

viii) Comparación de pares por los autores: Para llevar a cabo esta etapa, se formó un tercer grupo de expertos, compuesto por los propios autores del estudio. Este grupo llegó a un consenso para realizar las comparaciones necesarias.

ix) Cálculo de pesos y consistencia, basado en los resultados obtenidos por los autores del estudio: Los resultados fueron procesados en la matriz de Saaty, cuya consistencia arrojó un valor de 0,0510 (Ver Figura 32). Este valor de consistencia, indica que las comparaciones

realizadas son altamente confiables y sólidas. Lo que sugiere que las evaluaciones realizadas por los expertos, fortalece la validez de los pesos asignados a los criterios y subcriterios en el marco de la metodología empleada.

Figura 32

Determinación de pesos de las variables seleccionadas, basado en los resultados obtenidos por los autores

DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL MÉTODO DE SAATY (EMC)																			
	NH	FT	ED	TD	AM	ME	MI	AE	NE	IE	AS	TF	CR	ES	DF	Wj	CI	LAMBDAj	
NH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	3	1	1	1	1,03	0,07	1,04	
FT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1,05	0,07	1,01	
ED	1	1	1	1	2	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	0,07	1,03	
TD	1	1	1	1	4	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1,25	0,08	1,06	
AM	1	1	1/2	1/4	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0,95	0,06	1,14	
ME	1	1	1	1/2	1	1	1	2	1	1/2	1	1	1	1	1	0,95	0,06	1,04	
MI	1	1	2	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	0,07	1,03	
AE	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	2	2	1,24	0,08	1,05	
NE	1	1	1	1	1/2	2	1	1/3	1	2	1	2	1	3	1	1,10	0,07	1,15	
IE	1	1/2	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	2	1	1	3	1	0,98	0,06	1,09	
AS	2	1	1	1/2	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1	0,91	0,06	1,06	
TF	1/3	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	0,85	0,06	1,07	
CR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/4	1	0,91	0,06	1,09	
ES	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/3	1/3	1	1	4	1	5	1,01	0,07	1,23	
DF	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1/5	1	0,86	0,06	1,14
Pj	15,33	14,50	15,50	12,75	18,00	16,50	15,50	12,85	15,83	16,83	17,50	19,00	18,00	18,45	20,00		15,69	16,22	
Vulnerabilidad																			
NH	Número de Habitantes															0,07		NH	
FT	Forma de Tenencia															0,07		FT	
ED	Edad															0,07		ED	
TD	Tipo de Discapacidad															0,08		TD	
AM	Adultos Mayores															0,06		AM	
ME	Mujeres en Embarazo															0,06		ME	
MI	Migrantes															0,07		MI	
AE	Actividad Económica															0,08		AE	
NE	Nivel de Educación															0,07		NE	
IE	Ingresos Económicos															0,06		IE	
AS	Acceso Sistema Salud															0,06		AS	
TF	Tipología Familiar															0,06		TF	
CR	Capacidad Riesgos por Inundación															0,06		CR	
ES	Estado Socioeconómico															0,07		ES	
DF	Desplazamiento Forzado															0,06		DF	
																1,00			
Cj	0,08746125																		
Rci	1,716																		
CR	0,0510	Consistente																	

Validada el valor de consistencia requerido, se calculó el peso para cada una de las variables definidas (Ver Tabla 9).

Tabla 9

Definición de pesos de variables para el estudio

Variable	Descripción Variable	Peso Variable
NH	Número de Habitantes	0,07
FT	Forma de Tenencia	0,07
ED	Edad	0,07
TD	Tipo de Discapacidad	0,08
AM	Adultos Mayores	0,06
ME	Mujeres en Embarazo	0,06
MI	Migrantes	0,07
AE	Actividad Económica	0,08
NE	Nivel de Educación	0,07
IE	Ingresos Económicos	0,06
AS	Acceso Sistema Salud	0,06

Variable	Descripción Variable	Peso Variable
TF	Tipología Familiar	0,06
CR	Capacitación Riesgos por Inundación	0,06
ES	Estrato Socioeconómico	0,07
DF	Desplazamiento Forzado	0,06

x) Ponderación final: Conforme al cálculo de los pesos, se obtuvo la ponderación final del Índice de Vulnerabilidad Social para cada uno de los hogares encuestados (Tabla 10), en relación con el objetivo de facilitar la toma de decisiones.

Efectivamente, se valoró cada variable con un número, del 1 a 4, que la clasifica en distintos categorías tales como bajo, medio, alto y muy alto nivel de vulnerabilidad social por variable de estudio.

Tabla 10

Categorización de las variables de estudio

Categorización de Variables				
Variable	1	2	3	4
NH	Una sola persona	De 2 a 3 personas	De 4 a 5 personas	Más de 6 personas
FT	Propietario	Arrendatario	Poseedor	Ocupante
ED	Menor de Edad	Entre 18 y 35 años	Entre 36 y 59 años	60 años o más años
TD	Ninguna	Una (1) persona	Dos (2) personas	Tres (3) o más personas
AM	Ninguna	Una (1) persona	Dos (2) personas	Tres (3) o más personas
ME	Ninguna	Una (1) persona	Dos (2) personas	Tres (3) o más personas
MI	Ninguna	Una (1) persona	Dos (2) personas	Tres (3) o más personas
AE	Jubilado/a pensionado/a	o Empleado/a	Independiente	Desempleado/a
NE	Profesional, especialización, maestría y/o doctorado	Técnico o tecnólogo	Educación secundaria	Sin educación o educación primaria
IE	Más de 1'500.000 pesos	Entre de 1 millón de pesos y 1'500.000 pesos	Entre 500 y 1 millón de pesos	Entre 0 y 500 mil pesos
AS	Tres (3) o más personas (o todo el hogar)	Dos (2) personas	Una (1) persona	Ninguno

Categorización de Variables				
Variable	1	2	3	4
TF	Familia nuclear	Hogar unipersonal	Familia extendida	Familia compuesta
CR	Tres (3) o más personas (o todo el hogar)	Dos (2) personas	Una (1) persona	Ninguna
ES	Estrato 4	Estrato 3	Estrato 2	Estrato 1
DF	Ninguno	Una (1) persona	Dos (2) personas	Tres (3) o más personas (o todo el hogar)

xi) Análisis y toma de decisiones mediante la estimación del Índice de Vulnerabilidad Social: Los datos recopilados fueron analizados mediante el uso de ArcGis y el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales [SSPS, por sus siglas en inglés], denominado software IBM SPSS Statistics 29.0.1.0., conforme al tipo de variable y la valoración por categoría de cada variable. Con ello, se obtuvo un informe de análisis de frecuencias, que arrojó los resultados que se describen a continuación:

- Orientación sexual: La mayoría de los jefes de hogar de este grupo poblacional, pertenecen al género femenino, con un 77,5%, mientras que el 22,5% al género masculino.
- Barrio/Asentamiento Humano: La población se encuentra distribuida en diversos barrios y asentamientos humanos; el Asentamiento Humano Valles de Girón se destaca como el de mayor población encuestada, la cual ha sido afectada por eventos de inundación de la Quebrada Chinalera, representando el 33,0% de los hogares encuestados.
- Distancia a la Quebrada Chinalera: La proximidad de las viviendas encuestas a la Quebrada Chinalera varía desde 1 metro a 150 metros.
- Tamaño del hogar: La mayoría de los hogares está compuesta por 4 a 5 personas, es decir, un 43,5%, seguidos por hogares con 2 y 3 personas, con un 31,9% con respecto al total encuestado.

- Forma de tenencia de la vivienda: La mayoría de los hogares viven en calidad de arrendatarios, lo que representa un 42,9%. La segunda forma de tenencia que prevalece es la propiedad, con un 19,9% con respecto al total encuestado.
- Edad del jefe del hogar: La mayoría de los jefes de hogar se encuentran dentro del rango de edad de los 36 y 59 años, es decir, un 51,3% con respecto al total encuestado.
- Condición de discapacidad: En la mayoría de los hogares, no existe al menos una persona con condición de discapacidad, con 84,8% con respecto al total encuestado.
- Adultos mayores: La mayoría de los hogares encuestados no poseen adultos mayores de 60 años, con un 75,4% con respecto al total.
- Embarazo en mujeres: La gran mayoría de las mujeres que componen los hogares encuestados no se encuentran en estado de embarazo, con un 95,3% con respecto al total.
- Personas migrantes o retornados: Un porcentaje significativo de hogares se compone de personas migrantes o retornadas, con un 16,8% con respecto al total encuestado.
- Actividad económica del jefe del hogar: La mayoría de los jefes de hogar son trabajadores independientes, con un 41,9%, y los empleados representan el 18,3%, con respecto al total encuestado.
- Nivel de educación del jefe del hogar: La mayoría de los jefes de hogar cuentan con nivel de educación secundaria o inferior, representado en un 62,8% con respecto al total encuestado.
- Rango de ingresos mensuales totales: La mayoría de los hogares poseen ingresos económicos entre \$0 y \$500.000, con un 59,2% con respecto al total encuestado.

- Acceso a un sistema de salud: Los hogares en su mayoría tienen acceso a un sistema de salud, o 3 o más personas cuentan con acceso al mismo, con un 78,0% con respecto al total encuestado.
- Composición familiar: La mayoría de los hogares se organizan como familias nucleares, con un 69,1%, con respecto al total encuestado.
- Capacitación sobre riesgos de inundaciones: La mayoría de las personas en los hogares no han recibido capacitación sobre los riesgos de inundaciones, con un 97,9% con respecto al total encuestado.
- Estrato socioeconómico de la vivienda: Todas las residencias se encuentran categorizadas en el estrato socioeconómico 1.
- Desplazamiento forzado y/o víctimas de conflicto: Al menos un 15,2% de los hogares ha experimentado situaciones de desplazamiento forzado o han sido víctimas de conflicto.

Posteriormente, el índice de vulnerabilidad social se categorizó en niveles: bajo, medio, alto y muy alto, con un valor de escala de 0,75. Con base en ello, se estableció el rango del IVS para cada nivel de vulnerabilidad social. Los resultados revelaron que un 60,7% de los hogares encuestados poseen un índice de vulnerabilidad social de nivel medio (Ver Tabla 11 y Figura 33).

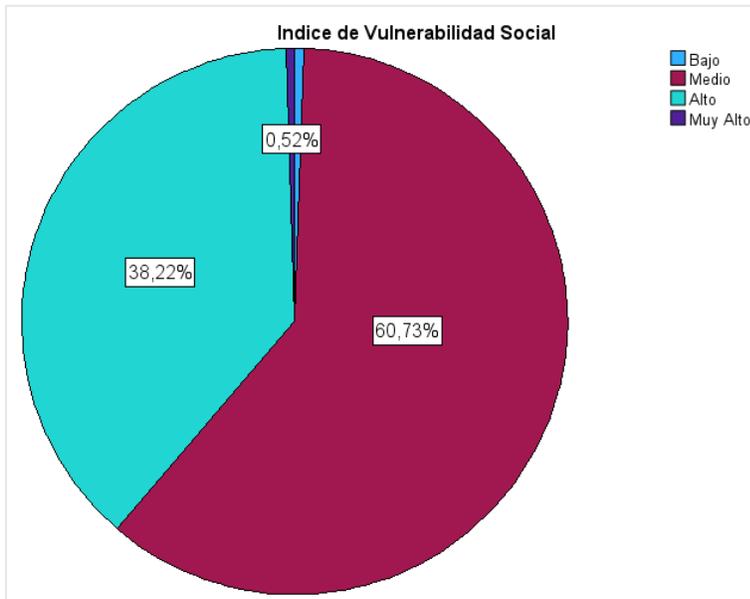
Tabla 11

Rango de IVS delimitados para diferentes niveles de vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad Social	Límite Inferior	Límite Superior	Hogares Encuestados	%
Muy Alto	3,25	4	1	0,0052356
Alto	2,5	3,25	73	0,38219895
Medio	1,75	2,5	116	0,60732984
Bajo	1	1,75	1	0,0052356
Total			191	1
Promedio IVS			2,43	IVS Medio

Figura 33

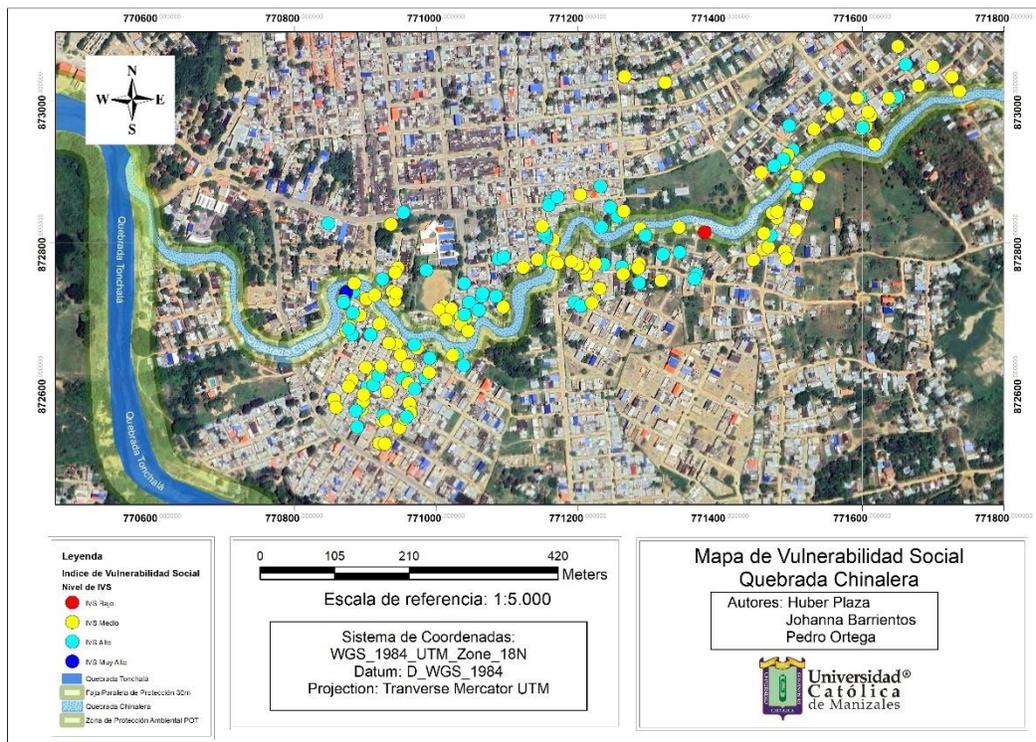
Índice de Vulnerabilidad Social de hogares encuestados colindantes a la Quebrada Chinalera



Finalmente, la información geoespacial se representó en un mapa que ilustró la ubicación de las familias y viviendas encuestadas que se ubican en las proximidades de la Quebrada Chinalera. Estas áreas han experimentado inundaciones debido al desbordamiento de esta fuente hídrica además de localizarse viviendas se sitúan dentro de los retiros mínimos exigibles de acuerdo con el artículo 185 literal E del [POT] del municipio de San José de Cúcuta. Este margen fue representado en el mapa en color verde, de la misma manera se ilustró la faja paralela de la Quebrada Tonchalá con base en el artículo 83 literal D del decreto 2811 de 1974. Además, en este mismo mapa se reflejaron los resultados del indicador de fragilidad social en la unidad de estudio, representado en una escala de 1:5000 y cuyo sistema de coordenadas utilizado fue WGS-1984 UTM Zona 18N (Ver Figura 34).

Figura 34

Mapa del Índice de Vulnerabilidad Social de la población aledaña a la Quebrada Chinalera a escala 1:5000



Fuente: elaboración propia

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de este estudio revelan patrones significativos de ocurrencia de inundaciones asociadas al desbordamiento de drenajes naturales en la comuna 8, zona urbana del Municipio de San José de Cúcuta. A lo largo de este análisis, se analizaron los datos recopilados durante los años 2020, 2021, 2022 y el período transcurrido del 2023, y se compararon con registros históricos de inundaciones en la zona.

En primer lugar, se observó un aumento en la frecuencia de personas damnificadas durante los años 2020 y 2022, con un pico destacado en dos periodos de tiempo de cada año, uno que va desde mediados del mes de marzo, abril, mayo y termina a mediados del mes de junio, y el otro que inicia a mediados del mes de septiembre, octubre, noviembre y finalizada a mediados del mes de diciembre. Esto coincide con las dos temporadas de lluvias anuales en la región, lo que sugiere una fuerte correlación entre las precipitaciones y la ocurrencia de inundaciones. Estos hallazgos respaldan estudios anteriores que han señalado la influencia de las lluvias en los eventos de inundación.

Además, se identificó una marcada diferencia en el comportamiento de las inundaciones en el año 2022 en comparación con el año 2020. A pesar de que las precipitaciones siguieron siendo un factor determinante, se registró una disminución significativa en la cantidad de individuos perjudicados por situaciones de inundación durante este período, pasando de 2.891 personas damnificadas en 2020 a 1.469 en 2022, lo que representa una reducción de aproximadamente del 50%. Este cambio puede atribuirse a la ejecución de acciones de reducción del riesgo, como la ampliación de drenajes y la limpieza de canales de aguas lluvias, llevadas a cabo por las entidades municipales en respuesta a las inundaciones previas. Estos resultados

subrayan la eficacia de las medidas de adaptación y resiliencia en la disminución de los impactos de las inundaciones.

La evaluación exhaustiva del comportamiento del flujo de agua de la Quebrada Chinalera revela una compleja interacción entre sus características geomorfológicas, condiciones climáticas y la vulnerabilidad de las comunidades circundantes. En un primer plano, la delimitación del cauce permanente mediante interpretación visual, respaldada por tecnologías avanzadas como SAS.Planet y Google Earth, establece una base sólida para comprender la dinámica hídrica de la zona. Este enfoque, alineado con el Marco de Sendai, recalca la importancia de la observación directa y la aplicación de tecnologías geoespaciales en la gestión del riesgo de desastres, facilitando una identificación precisa de las áreas propensas a inundaciones.

Por tanto, el resultado de la delimitación de la ronda hídrica de la Quebrada Chinalera posibilita definir los criterios requeridos con el fin de manejar las consecuencias de los eventos de inundación, al mismo tiempo que se busca reducir y resguardar a las comunidades colindantes a dicho sistema hídrico. Así mismo, es fundamental reconocer el papel que posee la ronda hídrica de la Quebrada Chinalera en la protección de la riqueza hídrica del municipio de San José de Cúcuta, donde se producen interacciones entre los entornos terrestre y acuático, como intercambios de agua, nutrientes, sedimentos, materia orgánica y organismos vivos.

En segundo lugar, el análisis geomorfológico y la identificación de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Chinalera, a través de imágenes satelitales DEM proporcionan información esencial sobre la topografía y la extensión del área de estudio. Por ende, teniendo en cuenta que el área de la cuenca es extensa, y es equivalente a 183,2 Ha, se destaca la necesidad de considerar el contexto regional al evaluar el riesgo de inundaciones tras el desbordamiento de la Quebrada Chinalera.

En tercer lugar, la integración de datos meteorológicos de la Estación Meteorológica Aeropuerto Camilo Daza para el cálculo de caudales máximos, utilizando el método racional modificado, refuerza la importancia de incorporar datos locales en modelos hidrológicos, contribuyendo así a una evaluación más precisa del riesgo.

Por último, la simulación hidráulica con HEC-RAS para un periodo de retorno de 100 años revela claramente la susceptibilidad de la Quebrada Chinalera a desbordamientos, especialmente en secciones con alta sinuosidad.

No obstante, el ancho de la sección hidráulica del cuerpo hídrico, el análisis de la información proporcionada y la evaluación de campo ha revelado que los barrios y asentamientos humanos ubicados a ambos lados de la Quebrada Chinalera no cumplen con los retiros mínimos requeridos. Además, se observa que a lo largo de la quebrada se identifican asentamientos humanos que se han consolidado de manera ilegal. Este hallazgo tiene implicaciones significativas en términos de planificación urbana.

Al analizar los resultados obtenidos por autores como Cetre (2019), se observa que en la zona urbana del Municipio de San José de Cúcuta, en particular en la comuna 8, la deficiente planificación urbana ha dado lugar a la consolidación ilegal de asentamientos humanos en las cercanías de la Quebrada Chinalera. Estos problemas pueden atribuirse a la falta de implementación de medidas efectivas de planificación urbana que regulen el crecimiento del Municipio de San José de Cúcuta. Como consecuencia, se ha producido la ocupación no autorizada de terrenos baldíos, la construcción de viviendas de baja calidad y la ausencia de servicios básicos domiciliarios, como agua potable, saneamiento básico y electricidad.

Aunado a esto, los datos estadísticos obtenidos revelan la complejidad de la vulnerabilidad social ante eventos por inundación en la zona estudiada, identificando los aspectos demográficos,

económicos y sociales que son esenciales para entender y abordar los riesgos asociados a este fenómeno amenazante. En primer lugar, la distribución de género es un elemento importante en la planificación de la gestión del riesgo de desastres, ya que puede influir en la percepción y la respuesta ante la materialización de fenómenos amenazantes. La predominancia de individuos de género femenino, con un porcentaje del 77,5% del total, debería requerir una atención especial en términos de empoderamiento y participación en la implementación de medidas de mitigación y la ejecución de acciones de respuesta.

En segundo lugar, la variable de distancia a la Quebrada Chinalera es crítica para la evaluación del riesgo asociado a eventos por inundación. La ubicación de las viviendas y personas a diferentes distancias de la Quebrada Chinalera denota la necesidad de estrategias de control urbano para la planificación territorial, así como la implementación de mecanismos de evacuación y sistemas de alertas tempranas eficaces que aborden estas variaciones espaciales en la condición de riesgo por eventos de inundación. Además, la composición del 16,8% de los hogares con personas migrantes o retornadas revela la necesidad de analizar el nivel de vulnerabilidad de este grupo en el contexto de situaciones de emergencias y desastres a nivel local, por su condición de territorio transfronterizo, ya que estos grupos poblacionales pueden carecer de conocimientos locales y redes de apoyo para la ejecución de acciones de respuesta y posterior recuperación.

En tercer lugar, el nivel de educación del jefe de hogar y su situación laboral son factores que influyen en la resiliencia comunitaria frente a la amenaza por inundación. Además, prevalece un porcentaje del 62,8% de jefes de hogar con educación secundaria o inferior y un alto porcentaje de personas desempleadas, con un 39,3%, lo que plantea desafíos para aumentar la capacidad de respuesta, la recuperación económica y el bienestar general del hogar en situaciones de emergencia, calamidad pública o desastre. Esto destaca la necesidad de implementar programas

educativos y económicos bajo el enfoque de la gestión del riesgo de desastres. Además, la falta de capacitación sobre los riesgos asociados a eventos de inundación en el 97,9% de la población también denota la importancia de la educación en gestión del riesgo con el desarrollo de campañas de concienciación que informe a los residentes sobre cómo prepararse y responder adecuadamente ante la ocurrencia de estos eventos.

En cuarto lugar, la población que ha sufrido las consecuencias del desplazamiento forzado y la victimización por conflictos requiere de medidas específicas de atención y apoyo para la recuperación, ante la ocurrencia de situaciones de emergencia, calamidad pública o desastre. Posiblemente estas personas sean más frágiles, debido a la condición de revictimización tras sus secuelas de situaciones de conflicto aunada a otro tipo de vulnerabilidad y con exposición a amenazas socio-naturales de origen hidrometeorológico.

En quinto lugar, la definición del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) posibilitó categorizar los hogares en diferentes niveles de vulnerabilidad. La mayoría de los hogares encuestados se ubicaron en el nivel medio de vulnerabilidad, lo que resalta la importancia de desarrollar estrategias de gestión del riesgo que aborde el análisis de factores socioeconómicos y culturales que afectan el nivel de vulnerabilidad de esta población. Por tanto, resulta esencial considerar las desigualdades en la capacidad de respuesta y recuperación para la planificación e implementación de medidas de reducción del riesgo de desastres, adaptadas a esta categoría predominante.

En resumen, los datos estadísticos proporcionados ofrecen una visión integral de la población en términos de sus características demográficas y socioeconómicas que revelan el nivel de vulnerabilidad social ante la amenaza por inundación. Pues, estos datos deben ser utilizados para diseñar estrategias de mitigación del riesgo, adaptación, preparación de la respuesta, ejecución

de la respuesta y de la recuperación, que sean sensibles a la diversidad de población existente en esta zona y que aborde las desigualdades sociales, con el fin de garantizar una gestión efectiva del riesgo de desastres en la comunidad estudiada ante la amenaza por inundación.

9. CONCLUSIONES

En resumen, esta investigación subraya la importancia de aplicar estrategias de gestión del riesgo de desastres bajos enfoques interdisciplinarios y holísticos. Por tanto, es esencial que la evaluación de los datos hidrológicos sea integrada con los análisis sociales y económicos para comprender mejor el funcionamiento del sistema hídrico ante eventos extremos frecuentes, así como el nivel de vulnerabilidad social y la preparación de la respuesta ante estos eventos de inundación. Por ende, la resiliencia de las comunidades no se limita solo a la existencia de una infraestructura de protección contra las inundaciones, sino que también está fuertemente condicionada por las características socioeconómicas que posee la población aledaña a la Quebrada Chinalera, como la composición del hogar, el empleo, el nivel de educación, el acceso a los recursos y servicios, y la preparación ante riesgos de inundación, así como la equidad de género.

Por su parte, la evaluación detallada del comportamiento del flujo de agua de la Quebrada Chinalera, aplicando simulaciones hidráulicas, revela la susceptibilidad significativa de la Quebrada Chinalera a los desbordamientos durante los eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente en secciones con alta sinuosidad, representando una amenaza para las comunidades colindantes. En este orden de ideas, la delimitación precisa del cauce, el cálculo de caudales máximos y la identificación de áreas propensas a las inundaciones proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informada y la implementación de medidas de gestión del riesgo de desastres.

La relación entre el nivel de vulnerabilidad social y la exposición a eventos de inundación en la zona urbana del Municipio de San José de Cúcuta, especialmente en la comuna 8, es un tema crítico que requiere atención urgente. Al analizar los resultados del estudio, se ha constatado que las áreas propensas a inundaciones suelen ser habitadas por familias en condiciones de pobreza, lo que revela un llamado a la acción. Su proximidad a fuentes hídricas, como la Quebrada Chinalera, las ubica en una posición delicada, ya que pueden ser afectadas de manera más recurrente y severa por la ocurrencia de estos eventos hidrometeorológicos, aunado a las condiciones socioeconómicas existentes que agravan aún más la situación a la hora de recuperarse.

Para desarrollar estrategias efectivas en la gestión del riesgo de desastres ante eventos de inundación, es necesario incluir la población que presenta mayor condición de vulnerabilidad y definir las estrategias de abordaje de las desigualdades en aspectos como exposición y capacidad de recuperación. En consecuencia, es evidente que se requiere efectuar medidas de mitigación del riesgo y adaptación específicas y urgentes en áreas colindantes a la Quebrada Chinalera.

Por último, esta investigación acentúa la necesidad de planificar y tomar decisiones bajo enfoques participativos que involucre a las comunidades afectadas y los grupos poblaciones vulnerables, las autoridades locales, los expertos, las entidades privadas y las organizaciones de la sociedad civil, lo que redundará para que se implementen medidas de mitigación y respuesta más efectivas y equitativas. La colaboración interdisciplinaria es muy importante para lograr que la gestión del riesgo de desastres ante eventos de inundación sea más efectiva y justa, promoviendo la resiliencia de las poblaciones vulnerables en el contexto de las inundaciones.

10. RECOMENDACIONES

Es crucial implementar políticas de planificación territorial que incluyan la variable crítica de la distancia de las viviendas ubicadas alrededor de la Quebrada Chinalera. Esto implica establecer zonas de riesgo y aplicar medidas de control urbano para regular la construcción en áreas propensas a inundaciones, asegurando una planificación resiliente y segura, considerando los resultados obtenidos en la delimitación de la ronda hídrica y las manchas de inundación.

Es necesario diseñar y aplicar estrategias de gestión del riesgo de desastres de manera oportuna en las que se incorpore la evaluación de la vulnerabilidad social de la población, incluyendo las dinámicas de asentamiento de población en áreas propensas a inundarse alrededor de la Quebrada Chinalera. Por tanto, se recomienda diseñar e implementar programas educativos en gestión del riesgo de desastres y campañas de concienciación a nivel comunitario, adaptados a las poblaciones vulnerables, como hogares con migrantes o retornados, personas que han sufrido desplazamiento forzado y victimización por conflictos, jefes de hogar con niveles educativos secundarios o inferiores, lo que contribuirá a mejorar la resiliencia.

Es imperativo integrar un enfoque de género en todas las estrategias y programas, reconociendo las diferencias de género en la experiencia y la gestión del riesgo. Así mismo, se debe fomentar la colaboración entre organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y la comunidad local para una gestión integral del riesgo de desastres, promoviendo la participación de todas las partes interesadas.

Se recomienda la implementación de medidas estructurales, como la modificación del cauce y la construcción de estructuras de protección, para reducir la probabilidad de desbordamientos de la Quebrada Chinalera, considerando los resultados de la simulación hidráulica detallada, los datos topográficos levantados y las características específicas del cuerpo hídrico.

Dada la dinámica cambiante de las condiciones ambientales, se sugiere realizar un monitoreo continuo del cauce y la cuenca hidrográfica de la Quebrada Chinalera, mediante la instalación y operación de un Sistema de Alertas Tempranas [SAT], que facilite medir las variables hidrológicas más significativas. La implementación del SAT, alineada con los principios del Marco de Sendai, promoverá la resiliencia y la adaptabilidad de la comunidad local frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo No. 022 de 2019 [Concejo Municipal de San José de Cúcuta]. Por medio del cual se adopta una revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta. 19 de diciembre de 2019.
<https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/normatividad/acuerdo-022-del-19-de-diciembre-de-2019-plan-de-ordenamiento>.
- Alcaldía de San José de Cúcuta (14 de septiembre de 2022). *Informe de atención a la calamidad pública por la emergencia generada por la segunda temporada de lluvias 2020 en el Municipio de San José de Cúcuta*. Recuperado de Archivo Digital de la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta.
- Alcaldía de San José de Cúcuta (2010). *Ajuste y revisión del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta: Documento Técnico de Soporte*.
<https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/20144/24137-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía de San José de Cúcuta (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 “Cúcuta 2050, Estrategia de Todos”*.
http://ie.u.unal.edu.co/images/Planes_de_Desarrollo_2020/C%3%BAcuta_37396_3--pdm-san-jose-de-cucuta-2020--2023-v31-07052020.pdf
- Aristegui, I., Beloki, U., Díez, A., & Silvestre, M. (2017). Vulnerabilidad social percibida en contexto de crisis económica. *Revista Española de Sociología*, 26(3-SUP).
<https://doi.org/10.22325/fes/res.2017.33>

- Banco Interamericano de Desarrollo [BID] (2016). *Ocurrencia y gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe: factores claves y experiencia adquirida*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Ocurrencia-y-gesti%C3%B3n-de-inundaciones-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Factores-claves-y-experiencia-adquirida.pdf>
- Barrios-Rodríguez, U., Salgado-Montes, S. y Flores-Lucero, M. (2021). Análisis espacial para la prevención de riesgo de inundación en la colonia Encinal, Xicotepec. *Revista Arquitectura* +, 6(12), 72–85. <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v6i12.12884>
- Bedoya, C. (2022). *Análisis de metodologías para la determinación de zonas de riesgo por inundación en Latinoamérica a partir de SIG* [Trabajo de grado especialización, Universidad de Antioquia]. Biblioteca Digital Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/32232/4/BedoyaCatalina_2022_MetodologiasZonasRiesgo.pdf
- Bosque, I., Fernández, C., Martín, M. y Pérez, E. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica y la Investigación en Ciencias Humanas y Sociales*. Confederación Española de Centros de Estudios Locales. <http://hdl.handle.net/10261/64940>
- Cañas, C. y Duarte, O. (2018). *Delimitación del componente hidrológico de la ronda hídrica en la Quebrada Urengue Blonay del municipio Chinácota, departamento Norte de Santander* [Trabajo de grado Pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander]. Repositorio Digital Universidad Francisco de Paula Santander. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/2553>
- Castells-Quintana, D., Lopez-Uribe, M. del P., & McDermott, T. K. J. (2022). Population displacement and urban conflict: Global evidence from more than 3300 flood events.

Journal of Development Economics, 158, 102922.
<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102922>

Centro de Investigaciones sobre la Epidemiología de los Desastres [CRED] & UNDRR. 2020: *The Non-COVID Year in Disasters*. Brussels: CRED; 2021.
https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2020.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2014). *Manual para la Evaluación de Desastres*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df2fa48c-418c-4b2a-957c-0bdd97181d27/content>

Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta [CMGRD] (2021). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado de Archivo de la Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de San José de Cúcuta.

Cristo García, J. P., y Cruz Rodríguez, O. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad frente a la amenaza por inundación en los predios ubicados en la margen del Río Ariari en la vereda La Camachera del municipio de San Martín - Meta*. [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Católica de Manizales]. Biblioteca Virtual de ODUCAL.
<http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl/vufind/Record/oai:localhost:10839-2493>

Decreto 0101 de 2022 [Alcalde del Municipio de San José de Cúcuta]. Por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta. 27 de abril de 2022.

Decreto 0112 de 2023 [Alcalde del Municipio de San José de Cúcuta]. Por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta. 5 de junio de 2023.

Decreto 0160 de 2021 [Alcalde del Municipio de San José de Cúcuta]. Por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio. 7 de mayo de 2021.

Decreto 0301 de 2022 [Alcalde del Municipio de San José de Cúcuta]. Por el cual se declara la situación de calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta. 28 de octubre de 2022.

Decreto 0496 de 2020 [Alcalde del Municipio de San José de Cúcuta]. Por medio del cual se declara existencia de una calamidad pública en el municipio de San José de Cúcuta. 3 de noviembre de 2020.

Decreto 1640 de 2012 [Presidente de la República de Colombia]. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. 2 de agosto de 2012. Diario Oficial No. 48510.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49987>

Decreto 2245 de 2017 [Presidente de la República de Colombia]. Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas. 29 de diciembre de 2017.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85056>

Decreto 2811 de 1974 [Presidente de la República de Colombia]. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974. Diario Oficial No. 34243.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

- Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR] (consultado el 18 de febrero de 2024). Base de Datos en Línea. <https://db.desinventar.org/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=col&continue=y>
- Díaz, L. (2011). *La observación*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- García-García, J., Reding-Bernal, A., López-Alvarenga, J. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, vol. 2, núm. 8, octubre-diciembre, 2013, pp. 217-224. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733226007.pdf>
- Gayen, S., Vallejo-Villalta, L. & Mafizul Haque, Sk. (2021). Assessment of Social Vulnerability in Malaga Province, Spain: A Comparison of Indicator Standardization Techniques. *Revista de Estudios Andaluces*, 41, 87–108. <https://dx.doi.org/10.12795/rea.2021.i41.05>
- González Delgado, M. (2017). *Seminario de investigación I*. Bogotá: AREANDINA. Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/1349>
- Gutiérrez, L., Gutiérrez, Y., Noriega, O., Rangel, N., Fonseca, C., Ortega, E. y García, H. (2017). *Capítulo 5: Caracterización, diagnóstico y análisis de vulnerabilidades y amenazas en el Departamento del Magdalena*. Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Universidad del Atlántico. https://www.corpamag.gov.co/archivos/riesgosAmbientales/2017_Doc05_Inundaciones.pdf

- Haque, A. N., Bithell, M., & Richards, K. S. (2020). Adaptation to flooding in low-income urban settlements in the least developed countries: A systems approach. *The Geographical Journal*, 186(3), 314–326. <https://doi.org/10.1111/geoj.12348>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023774/GUIA_METODOLOGICA_MAPAS_INUNDACION_MARZO_2018.pdf
- IDEAM (2018). *Protocolo de modelación hidrológica e hidráulica*. <https://es.scribd.com/document/407457677/Protocolo-de-Modelacion-Hidraulica-e-Hidrologica>
- IDEAM (2023). *Base de Datos Hidrometeorológicos de la Estación Hidrometeorológica Aeropuerto Camilo Daza*. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras/file>
- Lagos, M. (2022). *Estudio hidrológico de crecientes y cálculo de niveles máximos en la quebrada Chimice para control de riesgo en la población del municipio de Guasca* [Trabajo de grado de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/30871/LagosGuerreroMar%C3%ADaAlejandra2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ley 1450 de 2011 [Congreso de la República de Colombia]. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. 16 de junio de 2011. Diario Oficial No. 48102. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>
- Ley 1523 de 2012 [Congreso de la República de Colombia]. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. 24 de abril de 2012. Diario Oficial No. 48411. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Ley 388 de 1997 [Congreso de la República de Colombia]. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. 18 de julio de 1997. Diario Oficial No. 43.091. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0388_1997.html
- López-Vásquez, C. (2019). *Estudio comparativo del componente hidráulico en la determinación de la ronda hídrica, desde las perspectivas nacional e internacional* [Trabajo de Grado Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77480>
- Márquez, G. (06 de noviembre de 2012). *Doble historia de las inundaciones entre la fertilidad y la catástrofe*. Tomado de Repositorio Biblioteca Digital Carlos Meléndez. <https://repositorios.cihac.fcs.ucr.ac.cr/cmelenendez/bitstream/123456789/1253/1/Doble%20historia%20inundaciones.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2014a). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/guia-tecnica-formulacion-pomcas/>
- MADS (2014b). *Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. <https://www.minambiente.gov.co/wp->

content/uploads/2021/10/Anexo-26.-Protocolo-para-la-incorporacion-de-la-gestion-del-riesgo-en-los-POMCA.pdf#page4

MADS (2018). *Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia*.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/GUIA-PARA-EL-ACOTAMIENTO-DE-LAS-RONDAS-HIDRICAS-VF.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2014). *Guía metodológica para inventario de asentamientos en zonas de alto riesgo* (1ra. Ed.). Banco Mundial (Ed.)

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-aplicacion-asentamientos.pdf>

Nasution, B. I., Saputra, F. M., Kurniawan, R., Ridwan, A. N., Fudholi, A., & Sumargo, B. (2022).

Urban vulnerability to floods investigation in jakarta, Indonesia: A hybrid optimized fuzzy spatial clustering and news media analysis approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83, 103407. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103407>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNDRR, por sus siglas

en inglés] (2021). *Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR)*. <https://www.undrr.org/media/76541/download?startDownload=true>

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas [UNISDR, por

sus siglas en inglés] (2004). Spanish Campaign. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page8-spa.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] y

ONU-Agua (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los*

Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, UNESCO.
<https://www.andi.com.co/Uploads/Agua%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>

Organización de Naciones Unidas [ONU] (3 de enero de 2020). América Latina y el Caribe: la segunda región más propensa a los desastres. *Noticias ONU: Mirada global Historias humanas*. <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501>

Pérez Morales, A., Gil Guirado, S. y Quesada García, A. (2021). ¿Somos todos iguales ante una inundación? Análisis de la vulnerabilidad social en el litoral mediterráneo español. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (88). <https://doi.org/10.21138/bage.2970>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] y Unidad Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD] (2012). *Guía Metodológica para la Elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo*. <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20871?>

Quintero Castro, J. J. (2013). *Diagnóstico de la gestión integral del riesgo por Inundaciones y avenidas torrenciales en ríos urbanos del Departamento de Caldas* [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Católica de Manizales]. Repositorio Institucional UCM. <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/770/1/John%20Jairo%20Quintero%20Castro.pdf>

Quintero Morales, E. G. (2017). *Metodología para el análisis del riesgo de desastre por inundación en fase de Fenómeno de La Niña: Mecanismos de integración a la gestión del riesgo de desastres a nivel territorial* [Trabajo de Grado Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional Universidad Tecnológica de Pereira. <http://hdl.handle.net/11059/8349>

- Rafiei-Sardooi, E., Azareh, A., Choubin, B., Mosavi, A. H., & Clague, J. J. (2021). Evaluating urban flood risk using hybrid method of TOPSIS and machine learning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102614. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102614>
- Rositas, J. y Mendoza-Gómez, J. (Abril, 2013). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método innovador en la toma de decisiones grupales* [Sesión de conferencia]. 2013. XVII Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas: Las Ciencias Administrativas ante Los Retos del Empleo y la Crisis Laboral, Jalisco, México. Mundial <https://www.researchgate.net/publication/320991297>
- Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2021). *Base de datos de Plataforma del Registro Único de Damnificados [RUD] en el marco del Decreto 0496 de 2020*. Alcaldía de San José de Cúcuta.
- Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2022). *Base de datos de Plataforma del RUD en el marco del Decreto 0160 de 2021*. Alcaldía de San José de Cúcuta.
- Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2023a). *Base de datos de reportes comunitarios de emergencias ocurridas en el Municipio en los años 2020, 2021, 2022 y 2023*. Alcaldía de San José de Cúcuta.
- Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2023b). *Informes de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades [EDAN] de los años 2020, 2021, 2022 y 2023*. Alcaldía de San José de Cúcuta.

Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2023c). *Base de datos de informes técnicos de inspección visual desarrollados por el equipo de reducción del riesgo*. Alcaldía de San José de Cúcuta.

Secretaría Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San José de Cúcuta (2023d). *Base de datos de Plataforma del RUD en el marco del Decreto 0101 de 2022 y Decreto 301 de 2022*. Alcaldía de San José de Cúcuta

Thomas Bohórquez, J. E. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima): Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas*, (81), 79-93.
<https://www.redalyc.org/pdf/569/56928293007.pdf>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD] (1998 - 2020). *Consolidado anual de emergencias* [Archivo Excel].
<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx>

UNGRD (2017). *Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes*.
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/20761/2/Terminologia-GRD-2017.pdf>

UNGRD (2019). *Atlas de Riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes*.
<http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/27179>

Unidad de Atención a Población Vulnerable México (2015). *Indicé de Vulnerabilidad Social Extraído*.
https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/Indice_Vulenrabilidad_Social_DIF_CONEV_AL_2021.pdf

- UNGRD e Instituto de Estudios del Ministerio Público [IEMP] (2017). Lineamientos para el Análisis de la Vulnerabilidad Social en los Estudios de la Gestión Municipal del Riesgo de Desastres. Repositorio de Gestión del Riesgo. http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/24756/LAVS_Web-.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wan Mohtar, W., Abdullah, J., Abdul Maulud, K. & Muhammad, N. (2020). Urban flash flood index based on historical rainfall events. *Sustainable Cities and Society*, 56 (102088). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102088>.
- Yin, Q., Ntim-Amo, G., Xu, D., Gamboc, V. K., Ran, R., Hu, J., & Tang, H. (2022). Flood disaster risk perception and evacuation willingness of urban households: The case of Accra, Ghana. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78, 103126. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2022.103126>

12. ANEXOS

Anexo 1

Datos históricos de precipitaciones máximas, Estación Meteorológica Aeropuerto Camilo Daza, identificada como 16015010

Precipitación máxima en 24 horas													
Mes Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Max
1941		32	3	15	10,2								32
1944		0	7,3	23,4	52	22,6	8,2	4,7	22,3	80,7	102,3	10,3	102,3
1945	19,1	44,6	18,3	50,3	30,1	12,3	6,3	24,4	15,7	32	28	5	50,3
1946	22	0,2	21,5	46	16	0,8	1	9	10	57	50,3	11,7	57
1947	1	10	0,8	3,2	11,3	10	11,5	1,5	2,7	11,7	22	7,9	22
1948	10	5,1	4,7	15,6	11,8	12,2	28	25	6	10,2	12	7	28
1949	4,3	0,7	9,9	13,5	14	15,6	5,3	5,5	14	108,3	11	22	108,3
1950	86	24,5	1,3	0,5	65,2	18,2	20,5	15,1	38,2	71,2	61,2	10,5	86
1951	40,5	54,2	6,6	60,2	50	2,4	1,2	0,1	18	17,6	8,7	40,6	60,2
1952	15	0,1	58	60,6	15,2	10,4	17,5	6,5	2	3,3	1,9	2,4	60,6
1953	0,8	0,6	0,6	1	0,7	0,5	0,7	1,2	30	13	2	30	30
1954	0,6	0,3	0,1	20	11	1	0,8	6	0,4	8	10	3	20
1955	15,5	10,1	14	12	10	8	0,6	2,4	2	8	0,4	6,1	15,5
1956					20,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8	4	20,1
1957	0,1	1,5	0,5	0,2	3	2	1	0,1	2	3	2	4	4
1958	4	6	6,5				5	4		18	10	35	35
1959	2	0,1	0,1	3	20	2	4,7	0,7	2	5,6	2,5	0,1	20
1960	0,7	2	5	30	3	0,2	2,1	25	0,3	3	2	23	30
1961	3	1	3	9	0,4	3	5	10	3	4	6	5,1	10
1962	9	8	8	4,6	8	1	6	0,3	12,5	35	41,6	8	41,6
1963	90	7	8	13,5	42,6	0,2	5,8	11	0,2	22,5	50,1	30	90
1965	11	25	0,5	28	35,5	4	15,5	11	45	49	27	20	49
1966	0	1,5	13	32	24,6	16,5	5	2,2	14	32	43	60	60
1967	14,5	18	44,5	93	40,4	17,5	10	5	16	5	35	32	93
1968	40	10	5	43	70	33	12	11,5	23	35	20	21	70
1969	5	15	51	33	17	11	3	44,5	76	20	60	10,5	76
1970	5,6	11	19	4	46	3	4	6	53,3	51	61	27	61
1971	33	43,5	19	12	58,2	19,2	10,2	15,1		64,4	23,5	39,4	64,4
1972	84,2	20,9	67		54	20	38	6	22	101	46	20	101
1973	20	40	6,8	95,2	21,8	14,3	12,7	3,2	65	28,1	28,7	77,3	95,2
1974	10,7	9,4	16,7	42	73,2	10,3	11,3	46,7	43,1	16,5	47,1	76	76
1975	9	3,1	8,3	53,1	20,7	26,1	10,1	7,3	19,6	57,5	94,2	43,1	94,2
1976	38,5	11,9	29,2	39,5	28,6	9,8	6,6	27,7	31,2	54,7	26,8	9,5	54,7

Precipitación máxima en 24 horas													
Mes Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Max
1977	20	2,6	41,9		20,2	12,4	19,4	14,7	17,3	42,8	43,2	14,8	43,2
1978	0,6	5,7	31,4	43,8	18	6,3	12,7	13,9	22,1	34,8	74,6	14,9	74,6
1979	13,2	15,6	41,7	23	38	68,1	3,8	13,2	11	83,7	38,4	19	83,7
1980	41,9	13,6	20,4	12,3	25	7,7	4	7,5	60	22,8	65	56,5	65
1981	4,4	35,6	11,3	73,3	73,7	18,2	6,2	21,6	52,7	19,8	21,6	21,2	73,7

Nota. Adaptado de IDEAM, 2023.



Universidad®
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6)8 93 30 50 - www.ucm.edu.co