

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGO DE
DESASTRES**

**EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN ASOCIADA
AL RIO SAN JUAN EN LA ZONA RURAL, COMPRENDIDA
ENTRE LOS CORREGIMIENTOS DE LA PRIMERA MOJARRA Y
PRIMAVERA DEL MUNICIPIO DE ISTMINA-CHOCÓ.**

JHON FREDDY CASTILLO HURTADO



**Universidad[®]
Católica
de Manizales**

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



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

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN ASOCIADA AL RIO SAN JUAN EN LA ZONA RURAL, COMPRENDIDA ENTRE LOS CORREGIMIENTOS DE LA PRIMERA MOJARRA Y PRIMAVERA DEL MUNICIPIO DE ISTMINA-CHOCÓ.

Trabajo de grado presentado para optar al título de
Magister en Cambios Globales y Riesgo de Desastres

Tutor. PhD. ALEJANDRO RINCÓN¹
Cotutor. MsC. FABER MOSQUERA ÁLVAREZ²

Autor

JHON FREDDY CASTILLO HURTADO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN CAMBIOS GLOBALES Y RIESGO DE DESASTRES.
MANIZALES
2023

1. ORCID 0000-0002-7381-0560

2. ORCID 0000-0003-0539-4769

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Aprobado por el Comité de Grado en
cumplimiento de los requisitos exigidos por
la Universidad Católica de Manizales
para optar al título de Magíster en Cambios Globales y
Riesgo de Desastres.
“CGRD I COHORTE”

Jurado _____

Jurado: _____

Manizales, agosto de 2023.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi luz y guía en el camino, a mi Madre por su apoyo incondicional, a mis Hermanos por ser mi motor, a mis Amigos por esa voz de aliento en momentos de tribulaciones, a Docentes e Institución, gracias por ser parte de este proceso tan importante en el ámbito profesional y proyecto de vida.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. ANTECEDENTES.....	18
CORREGIMIENTO DE LAS MOJARRAS.....	24
CORREGIMIENTO DE SAN ANTONIO.....	25
CORREGIMIENTO DE PRIMAVERA.....	27
3. OBJETIVOS.....	41
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	41
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	41
4. MARCO TEÓRICO.....	41
4.1 REFERENCIAL.....	43
4.2 TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	43
4.2.1 CATEGORIAS DE ANÁLISIS PARA EL MARCO TEÓRICO.....	43
CONCEPTOS TÉCNICOS.....	43
<input type="checkbox"/> Gestión del Riesgo:.....	43
<input type="checkbox"/> Inundación:.....	44
<input type="checkbox"/> Amenaza:.....	44
<input type="checkbox"/> Vulnerabilidad:.....	44
<input type="checkbox"/> Reducción del Riesgo:.....	44
<input type="checkbox"/> Resiliencia:.....	45
<input type="checkbox"/> Cambio Climático:.....	45
<input type="checkbox"/> Variabilidad del Clima:.....	45
<input type="checkbox"/> Adaptación:.....	45
<input type="checkbox"/> Desarrollo Sostenible:.....	45
<input type="checkbox"/> Desarrollo Rural:.....	46
<input type="checkbox"/> Seguridad Alimentaria:.....	46
<input type="checkbox"/> Objetivos de Desarrollo Sostenible:.....	46
<input type="checkbox"/> Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica -POMCA-:.....	46

4.3. MARCO LEGAL	47
4.3.1 POLÍTICA PÚBLICA A LA QUE SE DA RESPUESTA CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	47
4.3.2. INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.	48
5. METODOLOGÍA.	49
5.1 ANÁLISIS METODOLÓGICO.	50
5.2 DISEÑO METODOLÓGICO.	51
5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	51
5.4 MÉTODO.....	52
ACTIVIDADES DE LOS OBJETIVOS.....	52
<input type="checkbox"/> Primer objetivo específico:	52
<input type="checkbox"/> Segundo objetivo específico:	53
<input type="checkbox"/> Tercer objetivo específico:	53
6. RESULTADOS.	54
GENERALIDADES DEL AREA DE INFLUENCIA: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN COMO INSUMO PARA LA APLICACIÓN DE LOS SOFTWARE HEC – HMS / HEC - RAS	60
LOCALIZACIÓN.	60
CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	64
CARACTERIZACIÓN FÍSICA.	67
PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS SEGÚN OBJETIVOS DE ESTUDIO.	68
DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CORRESPONDIENTE AL RIO SAN JUAN.....	69
CÁLCULO DE CAUDALES PARA LOS DIFERENTES EVENTOS DE PRECIPITACIÓN.	70
OBTENCIÓN DE LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN ASOCIADA A LOS CAUDALES CALCULADOS.....	70
ESPACIALIZACIÓN DE LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DEL RIO SAN JUAN.	71
ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	72
Curvas IDF	72
ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN, ZONA CASO DE ESTUDIO.	80
7. RECOMENDACIONES O ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.	96

PERCEPCIÓN DE LAS COMUNIDADES SOBRE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA ZONA CASO DE ESTUDIO.....	98
8. CONCLUSIONES.....	103
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	25
<i>Inundación en el corregimiento de las Mojarras, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.</i>	25
Figura 2.	26
<i>Inundación en el corregimiento de San Antonio, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.</i>	26
Figura 3.	27
<i>Inundación en corregimiento de San Antonio, con afectación en viviendas y pérdida de cultivos.</i>	27
Figura 4.	28
<i>Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.</i>	28
Figura 5.	29
<i>Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.</i>	29
Figura 6.	30
<i>Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.</i>	30
Figura 7.	31
<i>Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan, en el barrio San Agustín (2016).</i>	31
Figura 8.	32
<i>Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan, en el barrio Camellón (2016).</i>	32
Figura 9.	32
<i>Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan. (2016)</i>	32
Figura 10.	35
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 2 de mayo 2016. Afectación en viviendas y pérdida de enseres.</i>	35
Figura 11.	36
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 2 de mayo 2016. Afectación en viviendas y pérdida de cultivos.</i>	36
Figura 12.	36

<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 18 octubre 2016. Afectación en viviendas y pérdida de cultivos.</i>	36
Figura 13.	37
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 18 octubre 2016. Afectación en la institución educativa.</i>	37
Figura 14.	37
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera en el año 2019. Afectación viviendas.</i>	37
Figura 15.	38
<i>Inundación en el Corregimiento de la Primera Mojarra el 20 octubre 2022. Afectación en parcelas y pérdida cultivos.</i>	38
Figura 16.	39
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 12 noviembre 2022, afectación en viviendas, pérdida de enseres y cultivos.</i>	39
Figura 17.	40
<i>Inundación en el Corregimiento de Primavera el 12 noviembre 2022. Afectación en viviendas y parcelas</i>	40
Figura 18.	48
<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible.</i>	48
Figura 19.	60
<i>Plano uso del suelo zona rural fluvial del Municipio de Istmina, comprendido entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.</i>	60
Figura 20.	61
<i>Localización de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.</i>	61
Figura 21.	63
<i>Localización de la cuenca dentro de la zona hidrográfica del río San Juan.</i>	63
Figura 22.	64
<i>Cuenca hidrográfica del río San Juan con cierre en el corregimiento de Primavera.</i>	64
Figura 23.	66
<i>Distribución espacial de precipitación media anual de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.</i>	66
Figura 24.	67
<i>Temperatura media de la cuenca del tramo de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.</i>	67
Figura 25.	69

<i>Desarrollo metodológico de la zonificación de inundación mediante uso de mapas.....</i>	69
Figura 26.	70
<i>Barra de menú de la interface SWAT en ArcGis.</i>	70
Figura 27.	71
<i>Barra de menú de la interface Hec – GeoRas en ArcGis</i>	71
Figura 28.	73
<i>Parámetros para la construcción de las curvas IDF.....</i>	73
Figura 29.	77
<i>Muestra las curvas IDF sintéticas de la estación Istmina.</i>	77
Figura 30.	78
<i>Hietograma periodo de retorno 2.33 años del área de estudio.</i>	78
Figura 31.	79
<i>Hietograma periodo de retorno 10 años del área de estudio.</i>	79
Figura 32.	82
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno de Istmina cabecera.</i>	82
Figura 33.	83
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Istmina cabecera.....</i>	83
Figura 34.	84
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno de Istmina cabecera.</i>	84
Figura 35.	85
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Istmina cabecera.....</i>	85
Figura 36.	86
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2,33 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.</i>	86
Figura 37.	87
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2,33 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.....</i>	87
Figura 38.	88
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.</i>	88

Figura 39.	89
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.</i>	89
Figura 40.	91
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.</i>	91
Figura 41.	92
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.</i>	92
Figura 42.	93
<i>Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.</i>	93
Figura 43.	94
<i>Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.</i>	94
Figura 44.	99
<i>Imágenes socialización comunidad de la Primera y Segunda Mojarra en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.</i>	99
Figura 45.	100
<i>Imágenes socialización comunidad de San Antonio en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.</i>	100
Figura 46.	101
<i>Imágenes socialización comunidad de Primavera en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.</i>	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	24
<i>Delimitación zona caso de estudio.</i>	24
Tabla 2.	34
<i>Antecedentes históricos de inundaciones zona de estudio.</i>	34
Tabla 3.	55
<i>Análisis de metodología del trabajo ‘Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa’</i>	55
Tabla 4.	57
<i>Análisis de metodología del trabajo ‘Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación’.</i>	57
Tabla 5.	58
<i>Análisis de metodología del trabajo ‘Metodología para la zonificación de la amenaza, evaluación de la Vulnerabilidad y valoración de riesgo para eventos de inundación Caso piloto municipio de Choachí’.</i>	58
Tabla 6.	62
<i>Corregimientos localizados en el tramo de estudio con coordenadas geográficas y planas.</i>	62
Tabla 7.	68
<i>Resumen parámetros físicos, morfométricos y tiempos de concentración de la cuenca del río San Juan a la altura del corregimiento de Primavera.</i>	68
Tabla 8.	72
<i>Características básicas de la estación meteorológica utilizada.</i>	72
Tabla 9.	73
<i>Determinación de los valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia, IDF, para el territorio Colombiano.</i>	73
Tabla 10.	74
<i>Datos de precipitación, estación 54010010 ISTMINA</i>	74
Tabla 11.	76
<i>Valores del tiempo de retorno y la duración</i>	76
Tabla 12.	80
<i>Resultados de las simulaciones en el modelo HEC-HMS para la cuenca del río San Juan hasta el sitio de interés.</i>	80
Tabla 13.	85

<i>Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en Istmina cabecera</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 14.</i>	<i>90</i>
<i>Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en el corregimiento de San Antonio.</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 15.</i>	<i>94</i>
<i>Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en el corregimiento de Primavera.</i>	<i>94</i>

RESUMEN

Las inundaciones son los desastres más frecuentes, este tipo de desastres ha producido pérdidas en términos de vidas humanas y materiales incalculables e incluso daños psicológicos a lo largo de la creación. A pesar de su terrible impacto, afortunadamente existen buenas prácticas para enfrentar estos eventos a través de políticas públicas e instrumentos de planificación, para avanzar en materia de una prevención y respuesta adecuada y oportuna.

Teniendo en cuenta el historial de inundaciones en el municipio de Istmina, para la zona caso de estudio, esta evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, tuvo como propósito utilizar los sistemas de información geográfica (SIG) como una herramienta de análisis de información cartográfica útil, para que la comunidad, entidades públicas y privadas, y los organismos de control puedan visualizar las áreas con mayor amenaza de inundación y así generar mecanismos de prevención y mitigación frente al cambio climático y su impacto en el territorio. Este trabajo tiene como finalidad la generación del mapa de amenaza por inundación para zonificar los puntos críticos de inundación y poder tener el criterio para proponer alternativas de intervención en la zona de estudio.

ABSTRACT

Floods are the most frequent disasters, this type of disaster has caused incalculable losses in terms of human and material lives and even psychological damage throughout creation. Despite their terrible impact, fortunately there are good practices to deal with these events through public policies and planning instruments, to advance in terms of prevention and adequate and timely response.

Taking into account the history of floods in the municipality of Istmina, for the case study area, this evaluation of the threat of flooding associated with the San Juan River in the rural area, between the districts of Primera Mojarrá and Primavera, had the purpose of using geographic information systems (GIS) as a tool for analyzing useful cartographic information, so that the community, public and private entities, and control agencies can visualize the areas with the greatest threat of flooding and thus, generate prevention and mitigation mechanisms against climate change and its impact on the territory. The purpose of this work is to generate the flood hazard map to zone the critical flood points and to have the criteria to propose intervention alternatives in the study area.

El proyecto **“EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN ASOCIADA AL RIO SAN JUAN EN LA ZONA RURAL, COMPRENDIDA ENTRE LOS CORREGIMIENTOS DE LA PRIMERA MOJARRA Y PRIMAVERA DEL MUNICIPIO DE ISTMINA-CHOCÓ”**. para su desarrollo de estudio seguirá los lineamientos contemplados a continuación:

Grupo de Investigación: GIDTA

Línea de Investigación: Gestión del Riesgo de Desastres.

Área de conocimiento a la que aplica:

1. Sublíneas de Políticas Públicas de Desarrollo y la Gestión del Riesgo.
3. Sublínea de investigación en Reducción del Riesgo de Desastres.

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos 40 años, una serie de inundaciones relacionadas con el cambio climático global se han cobrado miles de vidas y destruidos servicios esenciales de la ciudad y la comunidad; la mayoría de ellos son provocados por eventos de lluvias extremas que aumentan constantemente cada año.

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD 2021), manifiesta que en el territorio Colombiano, los eventos meteorológicos e hidroclimáticos asociados al fenómeno de variabilidad climática La Niña, han presentado registros históricos en los departamentos del Valle del Cauca, Antioquia, Bolívar, con una frecuencia severa en los departamentos de Cundinamarca, Cesar, Magdalena, Chocó y Santander con una frecuencia fuerte, por ende, cerca del 75% de sus Municipios, reportan diariamente eventos relacionados con el aumento de precipitaciones durante la época de lluvias, con precipitaciones escasas y atípicas; afectando la población, vías, hectáreas de cultivos, equipamientos de educación y salud. Además, personas fallecidas y desaparecidas, viviendas destruidas y averiadas, animales muertos. Quintero (2017).

En consecuencia, con la necesidad sentida de los corregimientos entre la Primera Mojarra y Primavera en materia de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) por eventos hidroclimáticos y su imperiosidad de adaptación al cambio climático, hace que sea factible el análisis de la amenaza por inundación; teniendo en cuenta insumos veraces como la cantidad de agua represada por altas precipitaciones y el total de eventos de inundación en la zona caso de estudio generadas por las mismas, el número de familias afectadas, la proporción respecto del total de pérdidas en los sectores productivos agropecuarios, ambientales, socio-culturales, económicas y político-institucionales. Lo anterior para su integración armónica en los instrumentos de GRD, y posiblemente, en otros instrumentos de planificación territorial, de adaptación y mitigación del cambio climático, de gestión del desarrollo, de cooperación y demás pertinentes.

2. ANTECEDENTES

En las últimas décadas, los fenómenos hidrometeorológicos han incrementado considerablemente su frecuencia en muchas partes del mundo, siendo las inundaciones uno de los principales fenómenos extremos, y debido a su intensidad causando afectaciones en zonas urbanas como rurales; repercutiendo importantemente en la productividad de los agroecosistemas y, a su vez, en la utilidad agrícola y la seguridad alimentaria. Pakistán es uno de los países más afectados negativamente por fenómenos extremos relacionados con el clima, como las inundaciones, debido a sus condiciones geográficas y climáticas. En consecuencia, el análisis de la vulnerabilidad del sistema agrícola a las propiedades desempeña un papel importante en la producción de alimentos y la salud de los agroecosistemas; en donde estudian y establecen sistemas de indicadores para evaluar la vulnerabilidad agrícola en las regiones, fundamentándose en la sensibilidad y adaptabilidad de las personas expuestas, los niveles de precipitaciones y concurrencia, el uso de la tierra y sus haberes; el cambio climático ha sido un factor tangencial en la aparición de escenarios de riesgo y las pérdidas económicas a su paso, donde las inundaciones en la tierra agrícola, su hábitat y medios de vida han socavado la permanencia digna en los territorios. Wu, Sun, Sun, Wu y Zhang (2017).

Los autores De Silva y Kawasaki (2020) basan su investigación en las relaciones entre los factores socioeconómicos y los desastres relacionados con el agua, como las inundaciones, es bastante compleja. La práctica general es realizar un análisis cualitativo del impacto de los factores socioeconómicos en la pérdida económica en desastres, mientras que los impactos climáticos y estructurales se investigan cuantitativamente. Ellos a través de encuestas y entrevistas con los agricultores recopilan datos para comprender las influencias socioeconómicas en cuanto a las pérdidas de hogares, infraestructuras, cultivos, y su impacto en la economía entre los diferentes grupos sociales. Estos resultados indican que las inundaciones graves aumentan la brecha económica entre las comunidades pobres y no pobres. De igual manera los autores Posthumus, Hewett, Morris y Quinn. (2008) en su documento refieren los cambios recientes en las políticas agrícolas y de defensa contra las inundaciones, crean nuevas oportunidades para implicar el uso de la tierra rural, en particular la agricultura, en la gestión del riesgo de inundación, presentando los resultados de un estudio de caso sobre la gestión de la tierra y las

inundaciones en las cuencas de Laver y Skell en North Yorkshire, donde exploraron por medio de entrevistas con agricultores la percepción de la gestión del riesgo por evento de inundaciones con el apoyo de herramienta de la de la Matriz de Riesgo de Inundaciones y Agricultura (FARM).

Las inundaciones son uno de los principales desafíos mundiales en la actualidad y detonante a grandes desastres, es el cambio climático con graves consecuencias no sólo a nivel local, regional, sino también a escala mundial. Las afectaciones a los territorios debido a los factores hidrometeorológicos y a la intervención del hombre causando no solo pérdida y afectaciones en infraestructuras y bienes, sino pérdidas humanas (muertes). Además, dejando personas sin hogar, obligando centenares de comunidades a emigrar a tierras desconocidas y empezar de cero.

Colombia es un país particularmente propenso a sufrir inundaciones en gran parte de sus departamentos y su agricultura un sector especialmente vulnerable. En efecto, la variabilidad climática a la que estamos sometidos y expuestos, junto con la orografía del país en general y la estructura de las explotaciones y las producciones agrícolas, hace que la agricultura sea muy sensible a este riesgo. Además, la tendencia a que se produzcan fenómenos extremos es cada vez mayor en un entorno donde el cambio climático se hace patente y las inundaciones serán manifestaciones cada vez más frecuentes. Los daños que provocan afectan tanto a las zonas rurales como a las urbanas. En las áreas rurales, los agricultores no pueden ver la pérdida de cultivos e infraestructura agrícola, la imposibilidad de ingresar a las parcelas para los tratamientos necesarios y la propagación de enfermedades relacionadas con la humedad y al desarrollo de los cultivos como consecuencia de desbordamientos; y ello ocurre en la zona de estudio, zona rural fluvial del Municipio de Istmina, comunidades ubicadas en la ribera del río San Juan.

El país a lo largo de los años ha presentado en los territorios eventos de inundaciones lentas y súbitas a raíz de las temporadas de lluvias, tragedias por inundaciones como las ocurridas en Repelón, Manatí, Santa Lucía, Campo de la Cruz y Candelaria, al sur del departamento del Atlántico (2010), Salgar Antioquia (2015), Girón y Bucaramanga (2016),

Mocoa (2017), y Rosas Cauca (2019); estos son algunos de los ejemplos de desastres por fenómenos hidrometeorológicos “avenidas torrenciales, inundaciones”, que afectan cada año nuestras poblaciones, sin que exista un manejo integral de atención más allá de los alimentos, frazadas, hamacas, entre otros; lo que genera mayores dificultades en la planeación y en la búsqueda de prevención o reducción del riesgo frente a estos actos de la naturaleza.

Los autores Castro, Jiménez, Rojas, Lascarro y Manco (2023) fundamentan la investigación en determinar la dinámica fluvial del Brazo de Mompo, ubicado en el corregimiento de Cantera en el Departamento de Bolívar, mediante análisis multitemporales de imágenes satelitales, como método utilizan revisiones bibliográficas, así como también un análisis del caudal medio, mínimo y máximo en las estaciones hidrometeorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), ubicadas en el entorno inmediato de la zona de estudio.

Luego se configuró una geomorfología empleando imágenes satelitales de los años 1960, 1969 y 1977 (en periodos húmedos), y 2009, 2014 y 2017 (en periodos secos); del cual concluyen que el Brazo de Mompo enseña un aumento en sus meandros, debido a su transformación por eventos erosivos, lo cual muestra una evolución en el río que se comporta con una geometría en la que no tiene un canal principal, sino que el cauce fluye como la suma de varios canales con trazos meándricos en algunos sectores. Todo esto es determinante en los periodos de lluvias por los altos volúmenes de agua, iniciando así el proceso de inundación.

El autor Quintero (2017) en su investigación para optar a título de Magister en Ciencias Ambientales, profundiza en la GRD por medio de una metodología para el análisis del Riesgo de Desastre (RD) por inundación en fase de fenómeno de la niña para el periodo 2012 - 2015, buscando mecanismos de integración a la GRD a nivel territorial; cuyo objetivo es generar una propuesta metodológica para la caracterización y evaluación del RD por eventos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos en los departamentos y municipios. Teniendo en cuenta el Cambio Climático y la Variabilidad Climática como un tema de desarrollo económico y social, por lo que no se ha integrado dicha problemática de manera tangible y evidenciable dentro de los procesos de planificación e inversión de los sectores productivos y los territorios.

Se instrumentalizaron y materializaron conocimientos de las ciencias naturales y exactas en el mismo nivel que se integraron conocimientos de las ciencias sociales para la estimación de elementos de medición en la esfera de la interdisciplinariedad requerida para abordar la gestión del riesgo de desastres. Ello implicó liberar prejuicios extremistas por un lado del correcto uso de las matemáticas y la estadística y por el otro lado de la capacidad de integración entre ciencias duras y blandas en un solo instrumento de medición. Pretender desarrollar instrumentos de gestión del riesgo sin involucrar el rigor científico es correr el riesgo de desarrollar productos de alcance y utilidad muy limitados. Con base en esto, se han determinado 27 Entidades Territoriales de 11 departamentos, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Magdalena, Santander, Norte de Santander, Sucre y Valle del Cauca, con una alta amenaza tanto por área de inundación en territorio municipal como por recurrencia o frecuencia de reporte de los eventos de inundación. Los municipios de Buenaventura (Val.), Cúcuta (Nor.), Montería (Cór.), Puerto Wilches (Cun), Majagual (Suc.), Ayapel (Cor.), Magangué (Bol.), Sucre (Suc.), San Benito Abad (Suc.), Caucasia (Ant.), Puerto Salgar (San.), Achí (Bol), El Banco (Mag.), Pinillos (Bol.), La Gloria (Ces.), Mompós (Bol.) y Quibdó (Cho.), al igual que el Distrito de Barranquilla, han sido los estimados con mayor valoración usando este método. Quintero (2017).

Los desastres y sus consecuencias han tomado cada vez mayor importancia en la planificación del territorio. Está suficientemente documentado que los desastres generan mayores impactos en los países latinoamericanos, debido, entre otras causas, a las altas vulnerabilidades por fenómenos naturales, que muchas veces no se contemplan a la hora de organizar el territorio. Catullo (1992).

Las consecuencias que conllevan el desastre han instado a los gobiernos a contemplar dentro de sus actividades, normativas para la reglamentación que busca la disminución del riesgo por desastres naturales; esto ha permitido que la gestión y prevención de desastres se haya justificado política, social, institucional y académicamente. Cardona (1996).

Sin embargo, Colombia pese a que cuenta con criterios claros y objetivos en cuanto a la priorización de inversiones en la GR de inundaciones y más allá de la obvia priorización que genera la ocurrencia de emergencias en el marco del Manejo de Desastres (la atención y obras de emergencias), en lo que compete a la identificación y eficacia de proyectos referente al Conocimiento y la Reducción del Riesgo, no existe una metodología o procedimiento trascendental en cuanto a las acciones en el territorio; actualmente la priorización se realiza con base en la evaluación de impactos generados por las afectaciones históricas, criterios socioeconómico (categoría del municipio o su índice de necesidades básicas insatisfechas), generando así la radicación de proyectos por los municipios y departamentos de acuerdo a sus necesidades, junto con las acciones judiciales que gestan la obligatoriedad de actuación por parte de las instituciones del Gobierno Nacional.

Dicha problemática también se presenta en el Departamento del Chocó y por ende en sus Municipios, la ausencia del gobierno nacional; aunado a la carencia de políticas públicas, falta de gobernanza y gobernabilidad en los territorios y sobre todo el poco interés de los mandatarios de paso y su poca gestión administrativa, incrementan considerablemente las brechas entre el deber ser y la realidad existente; aumentando cada día la probabilidad de emergencia, sumado la variabilidad climática y cambios en el medio ambiente.

Tradicionalmente el manejo de la amenaza de inundación se ha realizado a partir de medidas estructurales basadas en datos hidrológicos. Una aproximación ha sido el diseño hidrológico a partir de la magnitud máxima probable para un evento hidrológico, ésta se basa en que el agua es un recurso finito, por lo tanto, cada evento extremo tiene un límite superior de magnitud finita. Igualmente, supone que se elimina toda amenaza hidrológica, no obstante, lo anterior implica grandes costos por la aplicación medidas o estructuras de tamaños importantes.

Otra aproximación es a partir de la escogencia de un periodo de retorno de un evento hidrológico a partir del análisis probabilista de frecuencia de ocurrencia. En este caso se determina que un caudal de determinada magnitud o un aguacero de cierta intensidad se presenta cada cierta cantidad de tiempo (por ejemplo, se habla de un caudal con periodo de retorno de 100

años lo que significa que un evento con esa magnitud estadísticamente solo iguala o se supera una vez en ese periodo). Es así como se estudia toda la información pasada del evento y suponiendo estacionalidad de los datos se toman estos el mejor indicador o forma de predicción para el futuro. Es así como se determina cada cuanto un evento de características extremas se presenta.

En la capital del país se realizó un estudio de investigación, por medio del proyecto “uso de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá en el Municipio de Cota, límites con la localidad de Suba”, en donde el autor, debido al crecimiento poblacional y expansión territorial que se ve afectada por diferentes fenómenos naturales, uno de ellos, y quizás el más recurrente, las inundaciones tomo como objetivo general, desarrollar por medio de SIG, una modelación analítica predictiva, con amenaza de inundación en la zona anteriormente mencionada; identificando las áreas sujetas a inundaciones, almacenando todos los datos de referencia geográfica y atributos existentes respecto a la amenaza y realizando un mapa con contenidos claros de la zona afectada, para luego referir a una producción o a una toma de decisiones.

Su alcance es establecer las áreas sujetas a inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá. El autor usa como metodología para lograr los objetivos propuestos los siguientes procedimientos: Investigación cuantitativa, delimitación, recopilación de información, clasificación y digitalización, georreferenciación, análisis y resultados. Aquí es donde el autor luego de tener georreferenciada la información, la procesa por el software e identifica el plano de amenazas, determinando los procedimientos a seguir en una toma de decisiones.

La problemática en la zona caso de estudio es por el desbordamiento del río San Juan, un fenómeno que corresponde a inundaciones lentas producidas por precipitaciones persistentes y generalizadas, generando incremento paulatino de los caudales hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento, inundando los corregimientos de la zona rural fluvial del Municipio, especialmente el área delimitada entre la Primera Mojarra y Primavera, que son poblaciones ubicadas en zonas aledañas a los cauces principales; más específicamente en las márgenes del afluente aguas abajo. Causando afectaciones recurrentes en el sector productivo

agropecuario, principalmente en la agricultura (pérdida del pan coger como es el Maíz, Arroz, Achín, Caña, Plátano, Yuca, Limón, entre otros), afectación en viviendas y edificaciones públicas, en industria y comercialización de productos, aspectos de accesibilidad y transporte fluvial, aspectos de telecomunicaciones, causando impactos sociales, físicos.

Los estragos del cambio climático y la variabilidad climática se han evidenciado en los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, en donde en las temporadas de lluvias, menos lluvias y atípicas, el evento de inundación protagoniza con sus repentinas apariciones mayor afectación cada vez en las parcelas, dejando pérdidas abismales y cada día más difíciles de superar. Pese a que las comunidades son resilientes por naturaleza, la capacidad de sobreponerse se dificulta precisamente por la situación actual del país, la economía, el conflicto armado, entre otros.

Tabla 1.

Delimitación zona caso de estudio.

Tipo de Área	Cabecera Municipal	Corregimientos
Zona Rural Fluvial	Istmina	Primera Mojarra Segunda Mojarra San Antonio Primavera

Nota: Fuente propia

CORREGIMIENTO DE LAS MOJARRAS.

Se ubican a orillas del río San Juan en la parte nororiente del municipio, limita al norte con el municipio de Medio San Juan, al occidente con Istmina Cabecera municipal y Suruco San José zona rural carretable, al oriente con el municipio de Tadó y al sur con el vecino municipio de Río Iró; abarca un área de 7.961,4 hectáreas equivalentes al 4,2% del territorio municipal.

Este corregimiento se comunica por vía fluvial con la cabecera municipal, presenta grandes deficiencias en sus sistemas de equipamientos, encontrando que no existe ningún servicio de saneamiento básico, se encuentran en mal estado el centro educativo, el puesto de salud (faltándoles inmobiliarios), la capilla y la cancha de fútbol.

Figura 1.

Inundación en el corregimiento de las Mojarras, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

CORREGIMIENTO DE SAN ANTONIO.

Se encuentra ubicado al nororiente del municipio, limítrofe con el municipio de Río Iró, limita al norte con el corregimiento de Suruco San José zona rural carretable, al oriente con Istmina Cabecera municipal, al occidente con los corregimientos de Basurú y Paitó zona rural carretable y al sur con el municipio de Río Iró. Ocupa un área de 1.702,07 Hectáreas,

equivalentes al 0,9% del territorio municipal. El corregimiento de San Antonio cuenta con equipamiento en escuela, iglesia, planta eléctrica y telefonía social comunitaria.

Figura 2.

Inundación en el corregimiento de San Antonio, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 3.

Inundación en corregimiento de San Antonio, con afectación en viviendas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

CORREGIMIENTO DE PRIMAVERA.

Está localizado en el oriente del municipio y sirve de límite con el municipio de Río Iró, al norte con el corregimiento de Río Iró, al occidente con el corregimiento de Guinguini, al oriente con el municipio Río Iró y al sur con el vecino municipio de Novita; abarca un área de 627,9 hectáreas equivalentes al 0,3% del territorio municipal. Este corregimiento posee equipamientos representados en un (1) puesto de salud y una (1) escuela, colegio, y telefonía social comunitaria.

Figura 4.

Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 5.

Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 6.

Inundación en el corregimiento de Primavera, con afectación en parcelas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 7.

Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan, en el barrio San Agustín (2016).



Nota: Fuente propia

Figura 8.

Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan, en el barrio Camellón (2016).



Nota: Fuente propia

Figura 9.

Inundación en la cabecera Municipal de la ribera del río San Juan. (2016)



Nota: Fuente propia

En la siguiente tabla, se reseñan eventos de inundación en la zona de caso de estudio, en los periodos comprendidos entre el año 2016 y 2022.

Tabla 2.

Antecedentes históricos de inundaciones zona de estudio.

Año	Fecha	Corregimiento	Afectación Sector. Agropecuario	Afectación Edif. Públicas	Pérdida Cant / Has	# Viv.	#Fam.	# Personas
2016	2 mayo	Mojarra 2	Agricultura		30 Has	15	20	100
2016	2 mayo	Mojarra 1	Agricultura/Porcícola		75 Has/250 Und	42	50	245
2016	2 mayo	San Antonio	Agricultura		138 Has	53	69	265
2016	2 mayo	Primavera	Agricultura	I. Educ y P. Salud	103 Has	95	110	543
2016	10 octubre	Mojarra 1 y 2	Piscícola/Agricultura		350 Kg /105 Has	57	70	345
2017	8 enero	Primavera	Agricultura	I. Educativa	103 Has	95	110	543
2017	11 diciembre	San Antonio	Agricultura/Avícola		96 Has/1920 Und	47	64	212
2017	11 diciembre	Primavera	Agricultura/Piscícola	I. Educativa	103 Has/ 550 Kg	95	110	543
2017	11 diciembre	Mojarra 1 y 2	Agricultura		105 Has	57	70	345
2019	23 febrero	Primavera	Agricultura	I. Educativa	103 Has	95	110	543
2019	23 febrero	Mojarra 1 y 2	Piscícola/Agricultura		350 Kg/105 Has	57	70	345
2019	23 febrero	San Antonio	Agricultura		179 Has	53	69	265
2021	25 noviembre	Mojarra 1 y 2	Agricultura/Avícola		105 Has/1750 Und	57	70	345
2021	25 noviembre	Primavera	Agricultura	I. Educativa	103 Has	95	110	543
2021	25 noviembre	San Antonio	Porcícola/Agricultura		483 Und/138 Has	53	69	265
2022	20 octubre	Primavera	Agricultura	I. Educativa	103 Has	95	110	543
2022	20 octubre	Mojarra 1 y 2	Agricultura		105 Has	57	70	345
2022	20 octubre	San Antonio	Agricultura		96 Has	47	64	212

Nota: Información obtenida a partir de la consulta realizada en el archivo de emergencias del CMGRD Municipio de Istmina.

“censo EDAN 2016 - 2022” Elaboración Propia

Figura 10.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 2 de mayo 2016. Afectación en viviendas y pérdida de enseres.



Nota: Fuente propia

Figura 11.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 2 de mayo 2016. Afectación en viviendas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 12.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 18 octubre 2016. Afectación en viviendas y pérdida de cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 13.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 18 octubre 2016. Afectación en la institución educativa.



Nota: Fuente propia

Figura 14.

Inundación en el Corregimiento de Primavera en el año 2019. Afectación viviendas.



Nota: Fuente propia

Figura 15.

Inundación en el Corregimiento de la Primera Mojarra el 20 octubre 2022. Afectación en parcelas y pérdida cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 16.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 12 noviembre 2022, afectación en viviendas, pérdida de enseres y cultivos.



Nota: Fuente propia

Figura 17.

Inundación en el Corregimiento de Primavera el 12 noviembre 2022. Afectación en viviendas y parcelas.



Nota: Fuente propia

3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del municipio de Istmina - Chocó, usando sistemas de información geográfica.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

3.2.1 Revisar y evaluar las metodologías disponibles para evaluación de amenaza por inundación y seleccionar la más adecuada de acuerdo a las condiciones de la zona de estudio, usando sistemas de información geográfica.

3.2.2 Zonificar los puntos críticos de inundación mediante el uso de mapas.

3.2.3 Proponer una alternativa de intervención o mitigación de la amenaza por inundación en la zona de estudio.

4. MARCO TEÓRICO.

La Nación ha tenido una notoria y satisfactoria transformación en gobernanza y gobernabilidad a lo largo de los años, obedeciendo a los eventos calamitosos de ocurrencia en los territorios, que no sólo generan pérdida de enseres, sino también pérdidas humanas, en infraestructuras, medio ambiente, entre otros. 1972 fue un año relevante a nivel mundial, donde las normativas fijaron su mirada hacia el ambiente en la Cumbre de Estocolmo, y se dio un giro que emprendió un camino de gestión en el desarrollo de la política internacional ambiental como punto de partida.

En Colombia este efecto se tradujo en el Decreto 2811 de 1974, conocido como el código de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, lo que encauzo a un proceso de urbanización llamativo, que modificaba suelos para construir

infraestructuras sin hacer estudios de aptitud, de amenazas o de riesgos. Ya en 1979 la ley 9° generó un mecanismo de protección y restricción de uso sobre los recursos naturales y las actividades que ponían en riesgo la salud humana, priorizando la necesidad de proteger cursos de agua, humedales, suelos con problemas geológicos, y demás zonas de fragilidad ambiental. De aquí en adelante fueron surgiendo cambios y estrategias relevantes con la aparición de nuevas normas, leyes, decretos y acuerdos pactados en cumbres importantes a nivel mundial; volcando esfuerzos comunes para contrarrestar los efectos del cambio climático y la variabilidad climática en aras de proteger la vida humana y preservar el medio ambiente. El 24 de abril del año 2012 se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la Ley 1523; donde a través de una estructura sistemática se busca que las políticas públicas y privadas en materia de riesgo de desastres salvaguarden los territorios.

La GRD y su incidencia en los procesos de política pública y administración estatal en el Municipio de Istmina se puede decir que van a pasos lentos, aunando la constante problemática en la zona de caso de estudio debido a la variabilidad climática y cambio climático; que devasta recurrentemente con los centros poblados y sus medios de subsistencia. En el entendimiento de que el riesgo es dinámico y para los eventos meteorológicos y climáticos extremos la tendencia es el incremento de frecuencias e intensidades, por lo que se presume que el riesgo futuro será mayor al riesgo presente y es pertinente comenzar a indagar en esos cambios.

En la zona de caso de estudio, a pesar de las condiciones geomorfológicas y las limitantes en materia de gobernabilidad y gobernanza, lo que se pretende a través de la evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del Municipio de Istmina - Chocó; es facilitar la toma de decisiones para las administraciones municipales en todo lo concerniente a la GRD, el aprovechamiento de estas herramientas como insumo para incorporación a instrumentos de planificación, que sean guías o lineamientos metodológicos para lograr alcances beneficiosos a las comunidades del ente territorial.

De acuerdo con Salaz y Jiménez (2013), citado por Abanto, C. M. (2013, p. 43), asegura que una inundación es un evento en el cual la precipitación, las olas, las marejadas ciclónicas o la falla de las estructuras hidráulicas elevan el nivel del agua libre y provocan la intrusión o invasión en lugares que normalmente no están presentes. a la población, la agricultura, la ganadería y la infraestructura en general. Las inundaciones por fuertes lluvias son causadas directamente por las lluvias en áreas de baja permeabilidad, generalmente tienen pendientes bajas o no tienen sistema de drenaje, intrusión de agua donde normalmente no existe agua y daños generales a la población, la agricultura, la ganadería y la infraestructura.

4.1 REFERENCIAL.

Está enfocado en evaluar la amenaza por inundación de la zona rural fluvial del Municipio de Istmina comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, el comportamiento hidrológico del río San Juan para su mitigación y adaptación a los cambios climáticos como componente de riesgo de desastres; teniendo en cuenta referencias de artículos, documentos o tesis, con estudios de casos similares.

4.2 TEÓRICO - CONCEPTUAL.

Este documento realiza una descripción de la fundamentación teórica de cada uno de los aspectos utilizados para la evaluación de amenaza por inundación en donde se pretende articular elementos en el marco de GRD, con herramientas para valorar el comportamiento hidrológico y agrícola, la resiliencia de las comunidades a los cambios climáticos, la vulnerabilidad de los medios de vida y el contexto político-institucional.

4.2.1 CATEGORIAS DE ANÁLISIS PARA EL MARCO TEÓRICO.

CONCEPTOS TÉCNICOS.

- **Gestión del Riesgo:** Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y

promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. (Ley 1523 de 2012).

- **Inundación:** Acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o la capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial, por oleaje y encharcamiento. (Terminología GRD 2017).
- **Amenaza:** Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (Ley 1523 de 2012).
- **Vulnerabilidad:** Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. (Ley 1523 de 2012).
- **Reducción del Riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevos riesgos en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la

vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera. (Ley 1523 de 2012).

- **Resiliencia:** Capacidad de adaptación de un ser vivo, de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido. (Ley 1523 de 2012).

- **Cambio Climático:** Se le llama a la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a muy diversas escalas de tiempo. (Ley 1523 de 2012).

- **Variabilidad del Clima:** La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). IPCC (2013).

- **Adaptación:** Comprende el ajuste de los sistemas naturales y humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas. (Ley 1523 de 2012).

- **Desarrollo Sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación, promueve el desarrollo económico, la equidad social, la modificación constructiva de los ecosistemas y el mantenimiento de la base de los recursos naturales, sin deteriorar el medio ambiente y sin afectar el derecho de las

generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades. MADS (2012).

- **Desarrollo Rural:** Hace referencia a acciones e iniciativas llevadas a cabo para mejorar la calidad de vida de las comunidades no urbanas. Estas comunidades humanas, que abarcan casi la mitad de la población mundial, tienen en común una densidad demográfica baja. Las actividades económicas más generalizadas son las agrícolas y ganaderas, aunque hoy pueden encontrarse otras muy diferentes al sector primario.
- **Seguridad Alimentaria:** Se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable. FAO (1996).
- **Objetivos de Desarrollo Sostenible:** Los Objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030. (PNUD).
- **Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica -POMCA-:** Instrumento a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca entendido como la ejecución de obras y tratamientos, en la perspectiva de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico biótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico. (Decreto 1640 2012).

4.3. MARCO LEGAL

4.3.1 POLÍTICA PÚBLICA A LA QUE SE DA RESPUESTA CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

Para el desarrollo del documento se siguen lineamientos normativos y jurídicos, en aras de hacer cumplimiento a las políticas públicas del país y los territorios, en consecuencia, las cito a continuación:

- ✚ **Ley 1523 de 2012.**
- ✚ **La Constitución Política de Colombia de 1991.**
- ✚ **Decreto 1743 de 1994.**
- ✚ **La Resolución 7550 de 1994.**
- ✚ **Ley 115 de 1994.**
- ✚ **La ley 1931 del 27 de julio de 2018.**
- ✚ **Ley orgánica 152 de 1994 – Planes de desarrollo y plan de ordenamiento territorial.**
- ✚ **Ley 388 de 1997 o ley de Desarrollo Territorial. POT.**
- ✚ **Ley 1454 de 2011 Orgánica de ordenamiento territorial.**
- ✚ **Objetivos de Desarrollo Sostenible “ODS”.** En este documento también es imperativo abordar la problemática del área de estudio con los siguientes objetivos: **ODS 2 (Hambre 0), ODS 3 (Salud y bienestar), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 12 (Producción y consumo responsable), ODS 13 (Acción por el clima).**

Figura 18.

Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Nota: Fuente Google

4.3.2. INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

✚ **Artículo 22. Documento Técnico de Soporte.**

✚ **Artículo 23. Componente General.**

- ✓ Objetivos y estrategias territoriales de mediano y largo plazo.
- ✓ Contenido estructural.

✚ **Artículo 24. El Componente Urbano.**

- ✓ Para las áreas con condición de amenaza
- ✓ Para las áreas de amenaza media ocupadas.
- ✓ Para las áreas con condición, riesgo.
- ✓ Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados.

✚ **Artículo 25. El Componente Rural.**

- ✓ Para las áreas de amenaza alta y media.
- ✓ Para las áreas con condición riesgo.
- ✓ Para las áreas de riesgo que cuenten con estudios detallados

Artículo 26. Programa de ejecución.

5. METODOLOGÍA.

Se trata de una aplicación de conceptos y desarrollo de metodologías ya definidas por otros autores, lo cual trata de un proceso principalmente práctico. En una etapa inicial, se delimita la extensión de las zonas inundables en el área de estudio, donde se contempla la búsqueda y análisis de información aplicable al proyecto y consulta bibliográfica con reconocimiento de estas; y conocer la historia de las inundaciones a través del trabajo con las comunidades, incorporando el conocimiento local y la elaboración de cartografía social mediante el uso de herramientas participativas, simultáneamente se desarrolla el estudio hidrológico de la subcuenca de la zona comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del municipio de Istmina, esto con el fin de determinar el comportamiento de los caudales producidos de acuerdo con los registros de precipitación en la zona.

Se realiza una caracterización climatológica de la zona de estudio a partir de información secundaria obtenida de la base de datos de la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Departamento del Chocó (CODECHOCÓ), donde se utilizaron registros históricos (2000 a 2020), con disponibilidad de descarga de variables climatológicas, todas ellas pertenecientes a la red de monitoreo del IDEAM; arrojando como producto final, la variabilidad espacial de las variables climatológicas representada en archivos Raster. También se realiza una caracterización física, en donde la cuenca delimitada no tiene mediciones ni registros continuos de caudal en el sitio de interés, por lo que no se dispone de información directa para estimar los caudales, por lo cual, los parámetros físicos más relevantes de la cuenca hidrográfica delimitada se encuentran a la altura del corregimiento de Primavera.

Luego de identificar y analizar las zonas inundables en relación al cauce que demarca la cuenca de la zona de estudio, se procesa la información con la finalidad de hacerla útil y aplicarla en el proyecto caso de estudio. Ya procesada la información, se carga el modelo computacional representado por HEC-RAS / HEC-HMS. Estos softwares

proporcionan resultados a partir de los cuales se pueden emitir análisis, conclusiones y recomendaciones, que permitan resolver el caso de interés.

Se realiza una caracterización física de la cuenca delimitada a la altura del corregimiento de Primavera, definiendo los parámetros físicos y morfométricos más relevantes. De igual manera se realiza el cálculo de caudales usando el software HEC-HMS para la estimación de caudales máximos.

La realización de curvas de intensidad-duración-frecuencia (Curvas IDF) en el área de estudio para la estimación de la esorrentía, empleando la formulación de “Curva Sintética de Intensidad - Duración – Frecuencia para Colombia” Vargas (1998).

Realización de hietogramas para periodo de retorno de 2.33 y 10 años en el área de estudio.

Generación de mapas de valores de profundidades de lámina de agua y mapas de velocidades de flujo, usando el software ArcGis para el sitio de interés.

Proposición de alternativas de intervención, con base en: i) los mapas de lámina de agua y velocidades de flujo, ii) el conocimiento del territorio; iii) el diálogo con las comunidades.

5.1 ANÁLISIS METODOLÓGICO.

Las imágenes de satélite constituyen una fuente de información de gran relevancia para el seguimiento y evaluación de los recursos terrestres y suponen una base de información, en ese entendido se utiliza como información de partida para la realización de estudios de interés ambiental, como los cambios de usos y coberturas vegetales del suelo, la evaluación de los recursos hídricos, la evaluación de daños por inundaciones, entre otros, desarrollando, a través de la cartografía derivada de su tratamiento, diversos indicadores que permiten evaluar la situación y ofrecer una visión global del estado de los recursos.

Además, recopilar información de datos de series hidrológicas (temperatura, precipitaciones, etc.) con el apoyo de instituciones que se dedican a hacer seguimiento y monitoreos de los territorios como la CODECHOCÓ, el IDEAM, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP).

De este análisis se generan mapas de las zonas de inundación para el área de estudio, a partir de los resultados obtenidos en las modelaciones hidrológicas e hidráulicas, utilizando software especializados. Para el procesamiento de imágenes se digitalizan los datos usando ArcGIS, generando mapas de los puntos críticos de inundación, con periodos de retorno de 2.33 y 10 años con la obtención de valores de profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo y se da en metros) y los valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo y se da en metros por segundos), el cual tiene como prioridad proveer información de eventos pasados y sus respectivos impactos.

5.2 DISEÑO METODOLÓGICO.

La incidencia del cambio climático en el comportamiento hidrológico para su mitigación y adaptación, en áreas agrícolas de la zona rural fluvial del Municipio de Istmina, comprendidas entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera es una iniciativa que tiene como interés fundamental, consolidar información primordial de las afectaciones causadas por los recurrentes eventos de inundación en cultivos de la zona y centros poblados, que sirva para lograr el fortalecimiento de la gobernanza, las políticas públicas y el engranaje institucional, a través de la participación de las comunidades por medio de mecanismos sólidos con el sector público y privado; para que se traduzcan en mayor bienestar y desarrollo para nuestra región, velar por la seguridad y supervivencia en la relación con las acciones y relaciones con el entorno, la protección del medio ambiente y prevención ante los desastres. En la tabla 3 observamos análisis de metodologías para la evaluación de la amenaza por inundación.

5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El estudio de caso es de tipo cualitativo investigativo, cuya misión se encamina a la revisión de metodologías para la evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del Municipio de Istmina, identificar el comportamiento del afluente hídrico a través de recopilación de datos usando sistemas de información geográfica, que nos permitan identificar la frecuencia de las inundaciones y su magnitud, los daños a los centros poblados y sus medios de vida; y así plantear estrategias o alternativas de intervención o mitigación de la amenaza por inundación.

5.4 MÉTODO.

Para el estudio de caso se trabaja con una estrategia metodológica, en la cual se evalúa la amenaza por inundación y consiste en obtener un mapa de la zona de inundación para el área de estudio, a partir de los resultados obtenidos en las modelaciones hidrológicas e hidráulicas, utilizando software especializados.

ACTIVIDADES DE LOS OBJETIVOS.

- ✓ **Primer objetivo específico:** Revisar y evaluar las metodologías disponibles para evaluación de amenaza por inundación y seleccionar la más adecuada de acuerdo a las condiciones de la zona de estudio, usando sistemas de información geográfica. Las actividades sugeridas incluyen:

- Obtener información cartográfica del área de estudio, incluyendo el área de río y área de inundaciones.

- Recopilación de información de imágenes satelitales (de diferentes años) (se tienen identificadas imágenes ladsat e imágenes STR).

- Recopilación de información de datos de series hidrológicas (temperatura, precipitaciones, caudales, etc.). Esto son características de la amenaza por inundación; y forma parte del estudio de la amenaza por inundación.

- Analizar y comparar al menos 3 metodologías, identificación de sus características, ventajas y limitaciones.

- Seleccionar la metodología más adecuada para el caso de estudio.

✓ **Segundo objetivo específico:** Zonificar los puntos críticos de inundación mediante el uso de mapas. Las actividades planteadas son las siguientes:

- Diagnostico sobre los sucesos ocurridos y comparar con las precipitaciones (Analizar los resultados).

- Aplicar la metodología con procesamiento de imágenes (digitalizar los datos, etc., usando ArcGIS, etc.)

- Generación de mapas de los puntos críticos de inundación, mediante imágenes satelitales para diferentes eventos de lluvias.

✓ **Tercer objetivo específico:** Proponer una alternativa de intervención o mitigación de la amenaza por inundación en la zona de estudio. Las actividades planteadas son las siguientes:

- Socializar y discutir con la comunidad y autoridades competentes (Alcaldía, consejos comunitarios, juntas de acción comunal, etc.).

- Identificar la percepción de las comunidades en cuanto a las amenazas y los factores que la causan. (Charlas comunitarias).

- Formular estrategias de intervención, adaptación o de manejo ante los eventos de inundación.

6. RESULTADOS.

Los eventos por inundación desempeñan un papel importante en el ordenamiento de los sistemas de agua, por lo tanto, ingresar a la llanura aluvial del río San Juan puede producir desastres y, en última instancia causando pérdidas de vidas humanas, económicas y ambientales; de ahí la importancia de la ejecución de este documento, con la evaluación por la amenaza por inundación en la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, en aras de explorar en la prevención y el control de la misma.

La zona caso de estudio, se ve constantemente afectada por la cantidad de agua que se represa debido a las fuertes e incesantes precipitaciones de las temporadas de lluvias, las cuales al aumentar el nivel del caudal y superar su máxima capacidad de acopio, generan inundaciones con afectaciones recurrentes y perjuicio en la subsistencia diaria; dejando a su paso pérdida de alimentos, animales domésticos y enseres.

Además, una gran problemática social en estos centros poblados, por las afectaciones en viviendas, infraestructuras públicas, la comercialización de productos de sus pequeñas cooperativas y los aspectos de accesibilidad, que se obstaculizan por el peligro ante la probabilidad de inmersión y ataques de animales peligrosos. En la evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del Municipio de Istmina - Chocó, se emplearon diferentes herramientas como estudio de documentos, mapas y encuestas, entre otros; para la obtención de datos de fuentes confiables. Lo cual permitió adquirir información basada en las circunstancias que viven las comunidades, la falta de conocimientos y oportunidades, el cómo actuar ante los recurrentes eventos de inundaciones y las pérdidas que llevan consigo; sobre todo darle una buena orientación en esa resiliencia que los caracteriza.

Para el desarrollo de la evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, del Municipio de Istmina-Chocó, luego de realizar una minuciosa revisión de documentos y escoger, en la tabla 3 se ilustra el análisis la tesis para optar al título de

Doctorado “Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa” por Edna Margarita Rodríguez-Gaviria de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente - Medellín, Colombia; donde la autora maneja tres (3) diferentes metodologías para la ejecución de su documento. También se analizó la guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM, Centro Nacional de modelación (CNM). Además, se realizó el análisis de la Metodología para la zonificación de la amenaza, evaluación de la vulnerabilidad y valoración de riesgo para eventos de inundación Caso Piloto Municipio de Choachí, Cundinamarca. “Universidad Santo Tomás”.

A continuación, se enseñan las tablas 3, 4 y 5 con el análisis de metodologías para la evaluación de la amenaza por inundación.

Tabla 3.

Análisis de metodología del trabajo ‘Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa’

Sección	Descripción General	Características	Limitaciones o Desventajas
Parte 1. Evaluación de la amenaza a partir de datos históricos aportados por las comunidades	Esta metodología propone hacer el reconocimiento de las zonas inundables y conocer la historia de las inundaciones a través del trabajo con las comunidades.	Incorpora el conocimiento local y la elaboración de cartografía social mediante el uso de herramientas participativas	La toma de datos en las comunidades requiere de un arduo trabajo en campo. Solo se pueden identificar eventos pasados.
		Utilizar fuentes de información como: planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión del riesgo, archivos históricos y todos los documentos disponibles	Se requiere de herramientas tecnológicas para la captura de información en campo y posteriormente procesarlas en oficina.
		Se pueden visualizar los datos recolectados en campo en plataformas como Google Earth.	Gastos en transporte, personal para la toma de datos y para toda la logística que se requiere para realizar las salidas de campo.
		Para construir la mancha de inundación se tienen en cuenta los puntos o lugares informados, cada uno con unas coordenadas.	Recopilación de datos a través de formulario.
Parte 2. Construcción de la mancha de inundación a través del	Esta metodología consiste en delimitar la extensión de las zonas inundables en el área de estudio usando la información	Se emplean mosaicos de cartografía básica, MDE y mapas geomorfológicos de macro unidades	Se requiere de profesionales como los geólogos, para hacer la caracterización geomorfológica de las unidades de estudio

Sección	Descripción General	Características	Limitaciones o Desventajas
uso de información geográfica	que contienen los MDE, la cartografía básica y los mapas geomorfológicos de microcuenca disponibles	preexistentes para la delimitación de zonas inundables. Se utiliza un Modelo Digital de Elevaciones MDE, obtenido a partir de imágenes ASTER Y SRTM o de imágenes LIDAR.	Se requiere de información multitemporal digitalizada, georeferenciada por fechas y escala, información topográfica (curvas de nivel), mapas catastrales, ortofotos o imágenes satelitales según la disponibilidad
Parte 3. Estudios hidrológico-hidráulico	Esta metodología consiste en obtener un mapa de la zona de inundación para el área de estudio, a partir de los resultados obtenidos en las modelaciones hidrológicas e hidráulicas, utilizando software especializados.	Determinación de las manchas de agua para diferentes periodos de retorno.	Las manchas se obtienen para eventos futuros
		Se puede escoger la escala de trabajo	Comparación y validación de las manchas de inundación con las obtenidas con otras metodologías.
		Existen diferentes métodos dependiendo de la disponibilidad de la información que alimenta los modelos	Se requiere de series históricas de datos limnimétricos o limnigráficos.
		Se obtienen manchas de inundación para eventos con diferentes probabilidades de ocurrencia.	

Nota: Fuente propia

Rodríguez (2016)

Para el desarrollo de la evaluación de la amenaza por inundación en la zona caso de estudio, luego del análisis de esta tesis y las metodologías empleadas por el autor, se tiene en cuenta las siguientes actividades:

- Delimitar la extensión de las zonas inundables en el área de estudio.
- Recopilación de información incorporando el conocimiento local y la elaboración de cartografía social mediante el uso de herramientas participativas.
- Determinación de las manchas de agua para diferentes periodos de retorno.
- Series históricas de datos limnimétricos o limnigráficos.
- Generar mapas de las zonas de inundación para el área de estudio, a partir de los resultados obtenidos en las modelaciones hidrológicas e hidráulicas, utilizando software especializados.

Tabla 4.

Análisis de metodología del trabajo ‘Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación’.

Descripción General	Características	Limitaciones o Desventajas
<p>Contiene algunos enfoques metodológicos para el análisis de inundaciones, con el fin de suministrar una herramienta útil para investigadores, entidades responsables del manejo de las emergencias, entidades encargadas de la gestión integral del recurso hídrico y en general para todas aquellas personas o entidades encargadas de la planeación y administración territorial.</p>	<p>Se incluyen en esta metodología, métodos y/o modelos para el análisis de inundaciones orientado a proveer los resultados específicos para el mapa de inundación requerido, así como los datos disponibles, a partir de un enfoque multimodelo y multidisciplinario, con el fin de que el mapa así elaborado se convierta en una herramienta fundamental para los usuarios finales en los diferentes campos de aplicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medidas Predictivas (diseño de redes y sistemas de alerta temprana e información hidro-meteorológica) - Medidas Preventivas (diseño de obras, ordenación del territorio, sistemas de aseguramiento, protección civil, educación en el riesgo). - Medidas Correctivas (planificación de atención de emergencias, implementación de sistemas de ayuda a los damnificados, declaración de zonas de desastre). 	<p>Limitaciones en la articulación entre los entes territoriales y las comunidades para difundir la guía como herramienta de conocimiento práctico, su debilidad en la GR, Gobernanza y Gobernabilidad.</p> <p>Limitaciones ambientales (nubes, viento, condiciones climáticas peligrosas, otras restricciones ambientales).</p> <p>Limitaciones de procesamiento (algoritmos, errores artificiales).</p> <p>Los errores de entrada se pueden propagar en el tiempo.</p>
	<p>Cabe aclarar que esta guía no es un compendio exhaustivo de todas las metodologías, técnicas de análisis y representación de la amenaza por inundación, sino más bien una selección práctica de aquellas más útiles y frecuentemente empleadas a nivel mundial, abordadas desde una perspectiva técnica y no científica.</p> <p>Pretende ser una recopilación que permite tener múltiples opciones y alternativas de métodos y técnicas.</p>	
	<p>Este documento aborda análisis de las inundaciones con fines de elaboración de mapas de inundación a través de las siguientes temáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición de inundación y tipos de inundaciones. - Clasificación de mapas de inundación. - Metodologías y fuentes de información disponibles para la elaboración de los mapas de susceptibilidad, evento, amenaza y zonificación de la amenaza por inundación. - Casos de estudio para mapas de susceptibilidad, de evento, de amenaza y zonificación de amenaza por inundación. <p>Existen distintas etapas en el proceso de elaboración de un mapa de Inundación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del objetivo del mapa. - Información necesaria para su elaboración. - Selección del método de elaboración. - Productos o salidas gráficas. 	

Nota: Fuente propia, Vargas, Verdugo, Arbeláez, Caicedo y Triana (2017)

Las actividades que se tienen en cuenta de esta metodología para el desarrollo de la evaluación de la amenaza por inundación en la zona caso de estudio, son las siguientes:

- Análisis de inundaciones orientado a proveer los resultados específicos para generar mapas de inundación, así como los datos disponibles, a partir de un enfoque multimodelo y multidisciplinario, con el fin de que el mapa así elaborado se convierta en una herramienta fundamental para los usuarios finales en los diferentes campos de aplicación.

Tabla 5.

Análisis de metodología del trabajo ‘Metodología para la zonificación de la amenaza, evaluación de la Vulnerabilidad y valoración de riesgo para eventos de inundación Caso piloto municipio de Choachí’.

Descripción General	Características	Limitaciones o Desventajas
<p>Se generó un marco metodológico para la zonificación de la amenaza, evaluación de la vulnerabilidad y valoración de riesgo para eventos de inundación, derivada del estudio y análisis de diversas metodologías realizadas en diferentes casos piloto desarrollados tanto en el ámbito nacional como en el internacional.</p>	<p>A partir de ello se definieron los procedimientos y variables que presentaron mayor funcionalidad en cuanto a su adaptación y practicidad para su ejecución e implementación en estudios de casos similares.</p> <p>El método generado fue aplicado para determinar el riesgo por fenómeno amenazante de inundación para el Municipio de Choachí, basado en el principio de transversalidad de la gestión del riesgo para el ordenamiento territorial y la gestión integral de los recursos naturales.</p>	<p>La articulación de la gobernanza y la gobernabilidad, antes de control y la comunidad.</p> <p>La variabilidad geomorfológica y de caudales de las zonas de caso de estudio.</p>
	<p>Se realizó la zonificación de la amenaza en función de información secundaria disponible de entidades gubernamentales y no gubernamentales encargadas del estudio y monitoreo del territorio.</p> <p>(NASA, IGAC, INCLAM, IDEAM, DANE, SIAC, Corporaciones Autónomas Regionales, universidades.</p>	<p>Traumatismo en los procesos por disponibilidad de funcionarios de entidades de sectores privados y públicos.</p> <p>Dificultad en la consecución de información, por debilidad en la base de datos de los entes territoriales.</p>
	<p>Obteniendo la caracterización base del municipio objeto de estudio; conjuntamente se desarrolló el estudio hidrológico de la subcuenca a la que pertenece el municipio (Río</p>	<p>Se genera un incremento en el presupuesto inicial, debido a que la dinámica de los caudales varía en cada zona de estudio.</p>

Blanco – Negro – Guayuriba), esto con el fin de determinar el comportamiento de los caudales producidos de acuerdo con los registros de precipitación en la zona.	Limitaciones con respecto a niveles extremos de nubosidad, viento y la evidente variabilidad de las condiciones climáticas.
En busca de identificar y analizar el territorio inundable en relación al cauce que demarca la subcuenca y las corrientes de las microcuencas principales del municipio, se procesó la información obtenida para la zona de estudio por medio de los programas ArcGis, HEC-HMS y GUAD2D	La disponibilidad de profesionales para realizar la caracterización de los causes en las zonas de estudio.
Posteriormente se utilizó información estadística de índole social y económica para definir la susceptibilidad que presentan los elementos expuestos, en caso de la ocurrencia del evento; para lo cual se asignaron categorizaciones (Alta, Media y Baja) que permitieron calificar el grado de vulnerabilidad para la totalidad del municipio. Finalmente, para la valoración del riesgo, se realizó la yuxtaposición del mapa de amenaza por inundación y el mapa de vulnerabilidad total, obteniendo la clasificación de riesgo valorado como alto, medio y bajo.	Falta de compromiso de la comunidad en las convocatorias para las caracterizaciones de información estadística. Limitaciones en los cambios drásticos de la dinámica de los afluentes en cada zona de estudio, lo que hace variar la valoración de riesgo.

Nota: Fuente propia

Olivera, Agudelo y Duarte (2017).

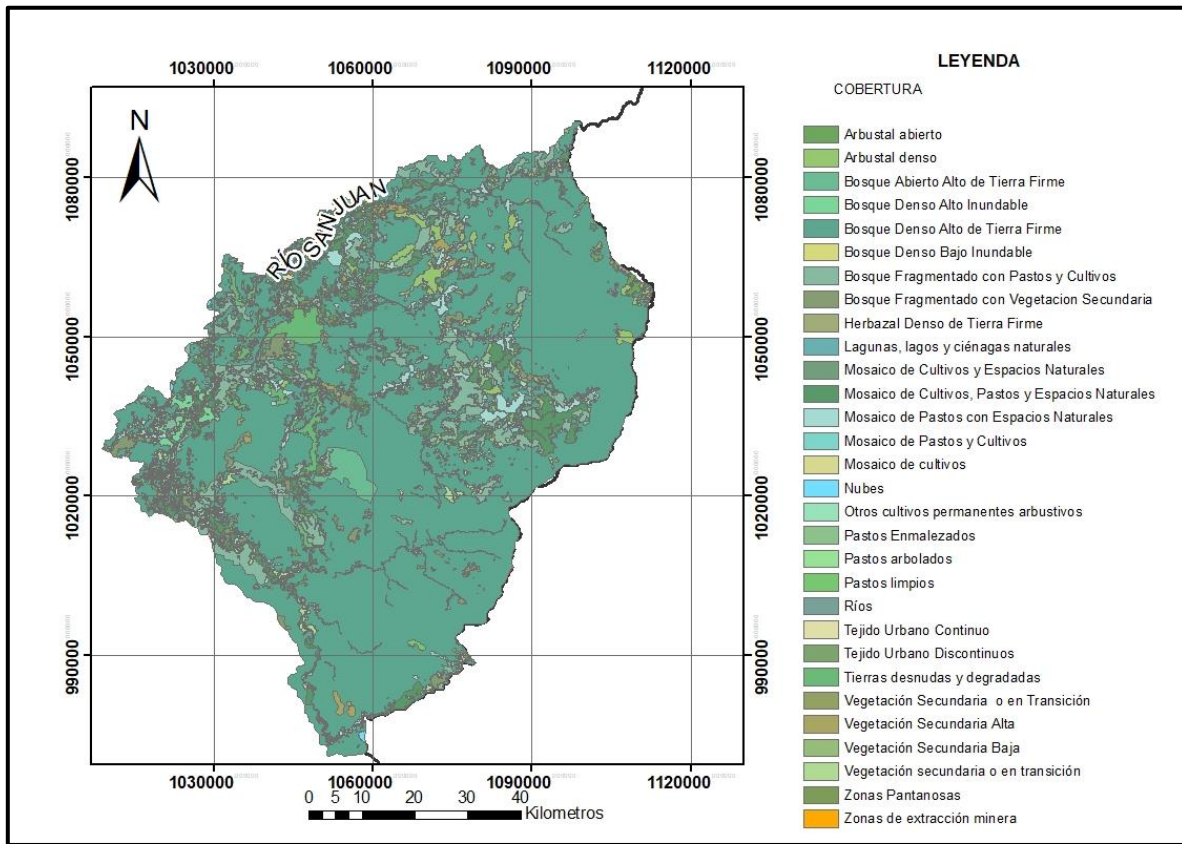
De esta metodología se utilizan las siguientes actividades para el desarrollo de la evaluación de la amenaza por inundación en la zona caso de estudio:

- Se realiza la caracterización base del municipio o zona objeto de estudio; conjuntamente se desarrolla el estudio hidrológico de la subcuenca a la que pertenece, esto con el fin de determinar el comportamiento de los caudales producidos de acuerdo con los registros de precipitación en la zona.
- Identificar y analizar las zonas inundables en relación al cauce que demarca la cuenca de la zona de estudio, se procesa la información obtenida para la zona de estudio por medio de los programas ArcGis, HEC-HMS y GUAD2D.

GENERALIDADES DEL AREA DE INFLUENCIA: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN COMO INSUMO PARA LA APLICACIÓN DE LOS SOFTWARE HEC – HMS / HEC - RAS

Figura 19.

Plano uso del suelo zona rural fluvial del Municipio de Istmina, comprendido entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.



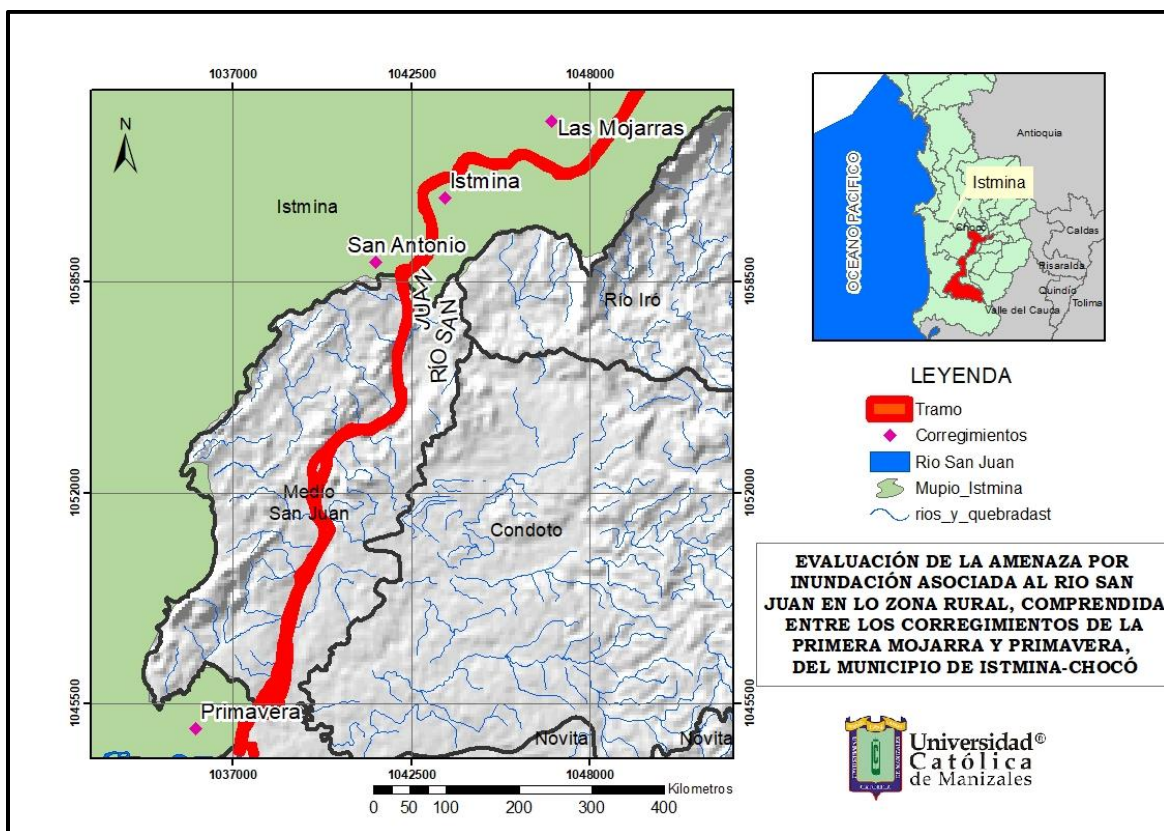
Nota: Fuente propia

LOCALIZACIÓN.

El tramo de estudio objeto de este trabajo se localiza sobre el rio San Juan en la zona rural fluvial del Municipio de Istmina, comprendido entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.

Figura 20.

Localización de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.



Nota: Fuente propia

El tramo del rio San Juan escogido tiene una longitud de aproximadamente de 90 kilómetros y en sus márgenes aguas abajo se localizan en 4 centros poblados (Mojarra 1, Mojarra 2, San Antónío y Primavera).

A continuación, se ilustra en la tabla 6, los corregimientos localizados dentro del tramo escogido, con sus respectivas coordenadas geográficas y planas.

Tabla 6.

Corregimientos localizados en el tramo de estudio con coordenadas geográficas y planas.

Tramo de Estudio	CORREGIMIENTOS	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
	Primera Mojarra	4,523423	-77,159890	990857,66525	991952,64329
	Istmina cabecera	5,283202	-76,751497	1036138,40429	1075979,87827
	San Antonio	5,212967	-76,523960	1061368,42236	1068230,46364
	Primavera	4,379276	-76,704487	1041404,31287	976022,59691

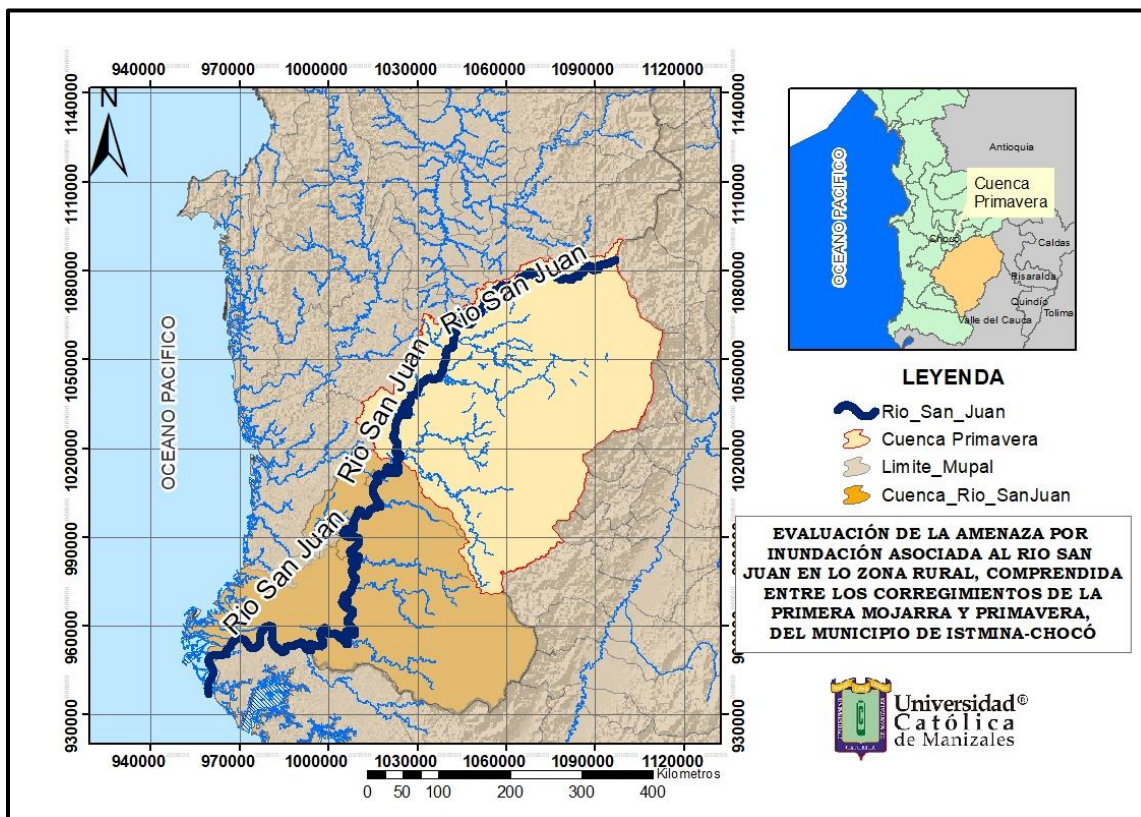
Nota: Fuente propia

De acuerdo con las definiciones del proyecto y las necesidades de determinar caudales máximos para diferentes periodos de retorno en el tramo definido entre Primera Mojarra y Primavera en el municipio de Istmina, se estableció un punto de cierre a la altura de la comunidad de Primavera y se delimitó la cuenca o área de drenaje hasta este punto.

El área determinada pertenece a la zona hidrográfica del río San Juan, la cual está localizada en el occidente del país en los departamentos de Chocó, Risaralda y Valle del Cauca, naciendo en las estribaciones de la cordillera occidental, en territorio del municipio de Mistrató (Risaralda).

Figura 21.

Localización de la cuenca dentro de la zona hidrográfica del río San Juan.

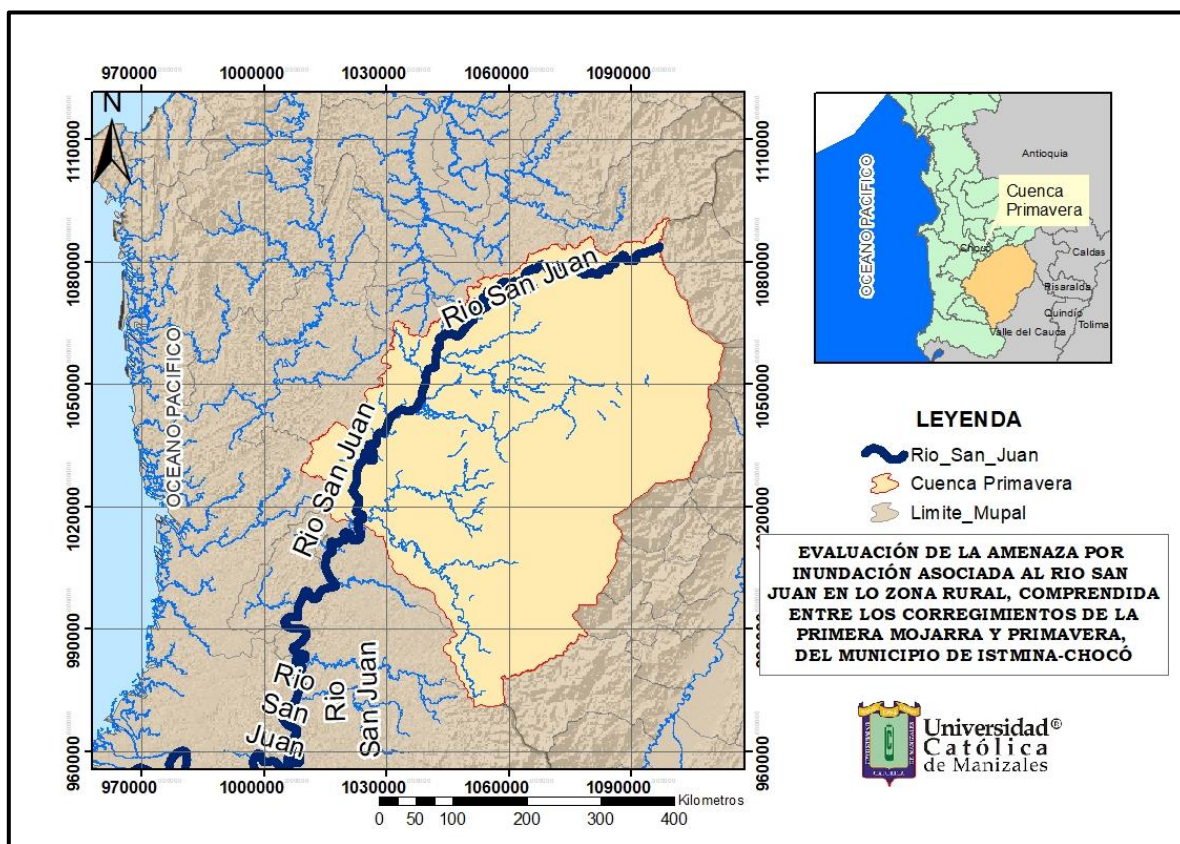


Nota: Fuente propia

Una vez trazada la cuenca hidrográfica hasta el corregimiento de Primavera, se obtiene un área que abarca una superficie de 6599.19 km². La cuenca trazada se muestra en la imagen que se presenta a continuación:

Figura 22.

Cuenca hidrográfica del río San Juan con cierre en el corregimiento de Primavera.



Nota: Fuente propia

CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.

Para la caracterización del clima se analizaron variables climatológicas como temperatura media anual y precipitación media anual, describiendo la variabilidad en el tiempo y espacio de estas.

Las siguientes figuras ilustran la distribución espacial a nivel anual de las variables de precipitación media (mm) y la temperatura media (°C) en la cuenca delimitada.

La caracterización climatológica de la zona de estudio se realizó a partir de información secundaria obtenida de la base de datos de CODECHOCÓ.

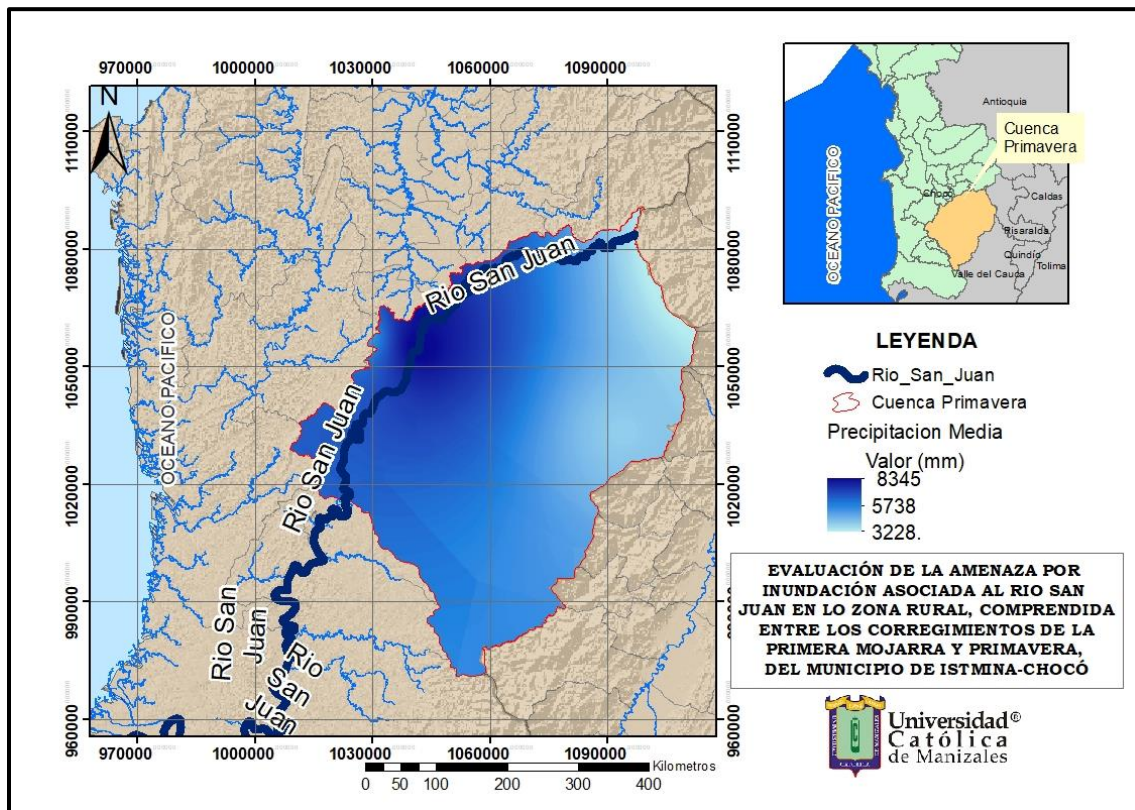
Para esta caracterización climatológica, se utilizaron registros históricos (2000 a 2020) de diferentes estaciones localizadas en el departamento del Chocó, como también en departamentos vecinos (Valle del Cauca, Risaralda y Antioquia), con disponibilidad de descarga de variables climatológicas, todas ellas pertenecientes a la red de monitoreo del IDEAM.

Como producto final se obtuvo la variabilidad espacial de las variables climatológicas mencionadas anteriormente, representada en archivos Raster.

Para este caso en particular se utilizaron esos archivos Raster y se hizo el recorte para la zona de estudio (cuenca con cierre en la comunidad de Primavera), y así se obtuvo la caracterización climatológica en el área de interés.

Figura 23.

Distribución espacial de precipitación media anual de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.

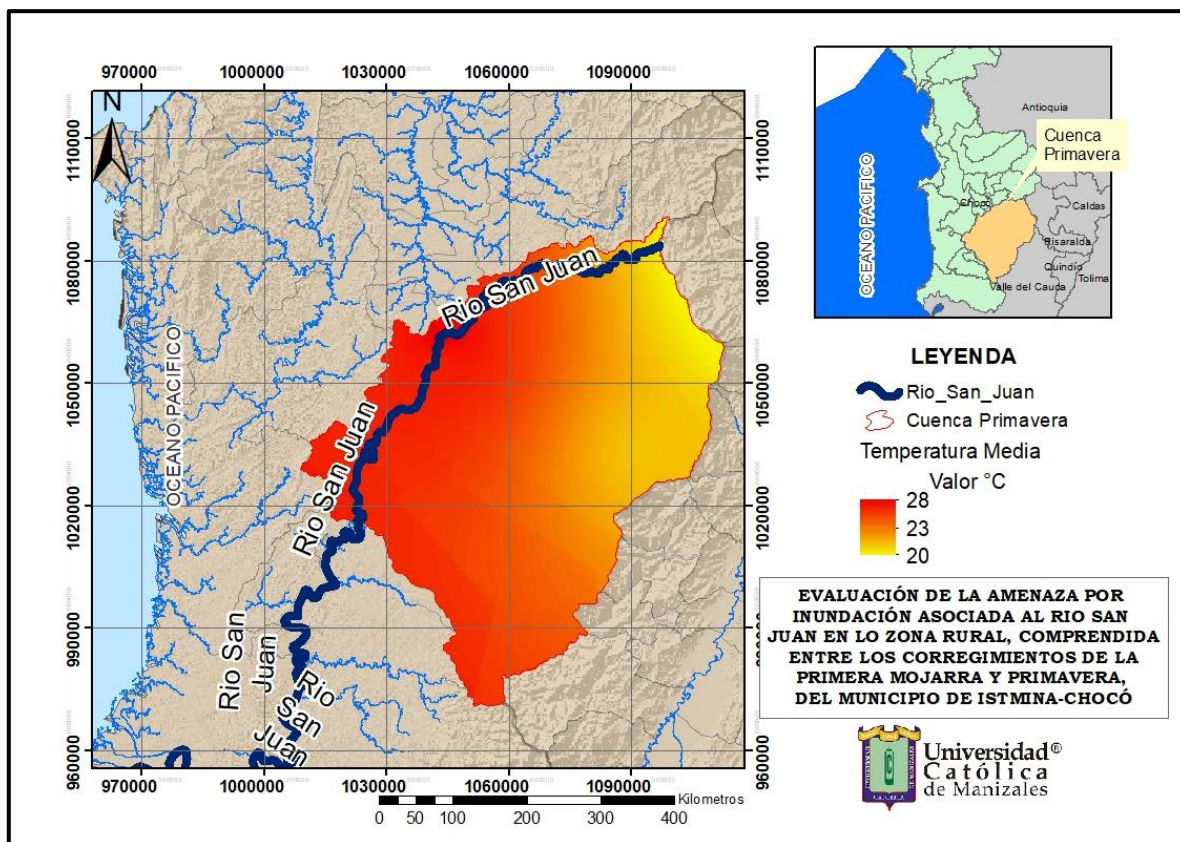


Nota: Fuente propia

La precipitación media anual tiene una variabilidad entre 3000 mm a 8400 mm anuales, los valores más bajos se localizan en las zonas límite con el Departamento de Risaralda y aumenta hacia el occidente de esta.

Figura 24.

Temperatura media de la cuenca del tramo de la zona rural comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera.



Nota: Fuente propia

La temperatura media tiene una variabilidad entre 21 °C a 28 °C, presentando las temperaturas más bajas en inmediaciones al departamento de Risaralda y los valores más alto al sur occidente de ésta.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA.

Los parámetros físicos más relevantes de la cuenca hidrográfica delimitada a la altura del corregimiento de Primavera, se resumen en el siguiente tabla.

Tabla 7.

Resumen parámetros físicos, morfométricos y tiempos de concentración de la cuenca del río San Juan a la altura del corregimiento de Primavera.

PARÁMETRO O MÉTODO	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
Parámetros de Forma			
Área	6599.00	Km ²	
Perímetro	450.30	Km	
Longitud Máxima de la Cuenca	126.78	Km	
Ancho promedio Cuenca	52.1	Km	
Coefficiente de Gravelius o Índice de Compacidad	1.55	Adimensional	Forma oval oblonga a rectangular oblonga, torrencialidad ligera
Lados Rectángulo Equivalente	190.5	Km	
	34.6	Km	
Índice de forma o Índice de Horton	0.45	Adimensional	Cuenca alargada, con baja susceptibilidad a crecientes
Índice de alargamiento	2.44		Cuenca alargada
Coefficiente de Masividad	0.01	Adimensional	Moderadamente Montañosa
Relación de Elongación	0.72	Adimensional	
Parámetros de Relieve			
Cota nacimiento cauce principal	2629.53	msnm	
Cota sitio de interés	65.00	msnm	
Altitud Media	1239.63	msnm	
Pendiente ponderada de la cuenca	56.38	%	Escarpado
Parámetros Relativos a la Red Hidrográfica			
Longitud del cauce principal sitio interés a nacimiento	120.847	Km	
Longitud línea recta sitio interés a nacimiento	93.510	Km	
Sinuosidad hidráulica	1.29	Adimensional	Baja
Pendiente media ponderada del cauce	0.68	%	
Tiempo de Concentración			
Kirpich	18.17	horas	
Cuerpo de Ingenieros	29.60		
Californiana	18.07		
Ven Te Chow	20.91		
Promedio Tiempo de Concentración	21.7	horas	

Nota: Fuente propia

La cuenca delimitada no tiene mediciones ni registros continuos de caudal en el sitio de interés, por lo que no se dispone de información directa para estimar los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno.

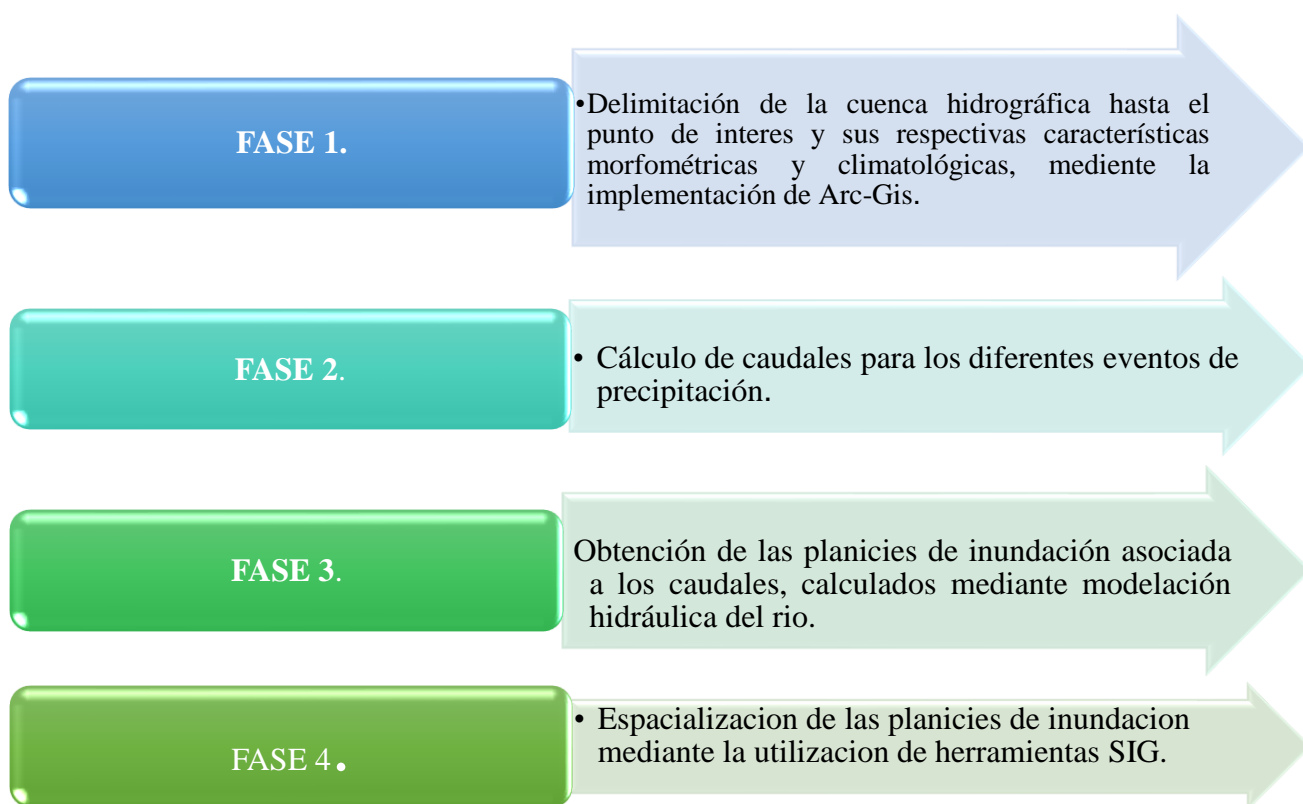
PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS SEGÚN OBJETIVOS DE ESTUDIO.

Una vez analizado el documento anteriormente descrito sobre diferentes metodologías para realizar la evaluación de amenazas por inundación, se escogió como mejor alternativa para este caso la implementación de modelaciones hidrológicas e hidráulicas, por ser las que mejores resultados pueden garantizar si se tiene en cuenta la información y los insumos que se requieren para su desarrollo.

A continuación, se describen los pasos realizados para el desarrollo de la metodología escogida:

Figura 25.

Desarrollo metodológico de la zonificación de inundación mediante uso de mapas.



Nota: Fuente propia

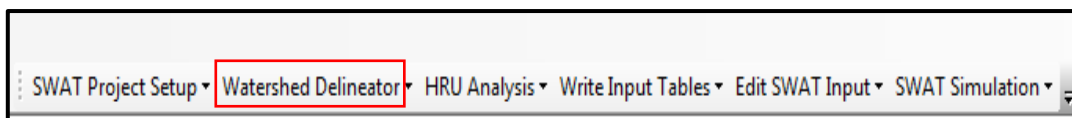
DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CORRESPONDIENTE AL RÍO SAN JUAN.

Como el objetivo principal de esta metodología se centra en la evaluación de la amenaza de inundación en el municipio de Istmina, asociada al río San Juan en el tramo comprendido entre el corregimiento de la Primera Mojarra y el corregimiento de Primavera, es necesario delimitar la cuenca hidrográfica aportante a nuestro tramo de interés.

La delimitación de la cuenca hidrográfica asociada al río San Juan se determinó a partir de un modelo digital del terreno de 12.5 m y apoyados del modelo SWAT como extensión del software ArcGis 10.7.

Figura 26.

Barra de menú de la interface SWAT en ArcGis.



Nota: Fuente propia

CÁLCULO DE CAUDALES PARA LOS DIFERENTES EVENTOS DE PRECIPITACIÓN.

Para el cálculo de los caudales se elaboró un modelo precipitación-escorrentía mediante el software HEC-HMS (modelo agregado de análisis de crecientes), para estimación de caudales máximos instantáneos a partir de tormentas de diseño, derivadas de la información intensidad-duración-frecuencia de la estación Istmina (54010010) perteneciente a la red de monitoreo del IDEAM.

OBTENCIÓN DE LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN ASOCIADA A LOS CAUDALES CALCULADOS.

Para obtener las planicies de inundación se implementaron los modelos HEC-RAS y Hec – GeoRas como extensión de ArcGis 10.7.

La extensión Hec – GeoRas es básicamente un conjunto de procedimientos, herramientas utilizadas especialmente diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten en el entorno de los SIG, facilitar y complementar el trabajo con HEC – RAS.

Con esta extensión se creó un archivo para importar a HEC–RAS datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río, secciones transversales. Posteriormente los resultados obtenidos de calados y velocidades se exportaron desde HEC–RAS a ArcGis y fueron procesados para obtener mapas de inundación y riesgo.

Figura 27.

Barra de menú de la interface Hec – GeoRas en ArcGis



Nota: Fuente propia

El esquema de trabajo para la modelación de los caudales fue el siguiente:

- ✓ Procesamiento (trabajo previo en ArcGis y Hec – GeoRas), para generar un archivo de importación para HEC–RAS que va a contener la información geométrica de las secciones transversales.
- ✓ La modelación del flujo con HEC–RAS y generación del archivo de exportación para ArcGis.
- ✓ Y un postproceso, nuevamente con ArcGis y Hec – GeoRas, que genera los resultados finales: superficies de inundación para cada periodo de retorno.

ESPACIALIZACIÓN DE LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DEL RIO SAN JUAN.

La espacialización de las planicies se hizo con la implementación del software ArcGis sobre la fotografía aérea de los corregimientos que contaban con ella.

Esta espacialización no se realizó en todo el tramo de estudio, pues son aproximadamente 90 km de río, por tanto, los mapas de riesgo de inundación se generaron para los centros poblados, esto permitió hacer un mejor análisis de los efectos de las inundaciones en los sitios donde mayor asentamiento poblacional hay.

ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Ante esta situación y tomando en cuenta las características de la cuenca, se decidió emplear un modelado precipitación-escorrentía mediante el software HEC-HMS (modelo agregado de análisis de crecientes), para estimación de caudales máximos instantáneos a partir de tormentas de diseño, derivadas de la información intensidad-duración-frecuencia de la estación 54010010 Istmina.

Tabla 8.

Características básicas de la estación meteorológica utilizada.

Entidad	Tipo	Latitud N	Latitud W	Elevación
IDEAM	SP	5°09''	76°41''	90 msnm

Nota: Fuente propia

Curvas IDF

La estimación de la escorrentía en cuencas hidrográficas que no utilizan mediciones fulviográficas o fulbiométricas generalmente recurre a modelos de precipitación-escorrentía que permiten el cálculo de hidrogramas de inundación o la escorrentía máxima a partir de las características de precipitación del área de estudio. Estos modelos requieren una definición de 'tormenta de diseño' o 'resistencia de diseño'. Esto generalmente se hace usando curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) que son representativas del área de

estudio y derivadas de los registros de precipitación. Tenga en cuenta que se creó una curva sintética para este caso particular.

Para la construcción de las curvas IDF se empleó la formulación de “Curva Sintética de Intensidad - Duración – Frecuencia para Colombia” Vargas (1998).

Figura 28.

Parámetros para la construcción de las curvas IDF

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Nota: Fuente Vargas (1998)

Dónde el autor bautiza cada uno de los elementos de la siguiente manera:

I: Es la intensidad de la precipitación, calculada en milímetros por hora (mm/h).

T: Es el periodo de retorno que se da en años.

M: Es la precipitación máxima promedio anual dada en 24 horas a nivel multianual.

t: Es la duración de la lluvia, calculada en minutos (min).

a, b, c, d: Estos son los parámetros de ajuste de la regresión y fueron regionalizados como se presenta en la figura 28 y sus valores se presentan en la tabla 9.

Tabla 9.

Determinación de los valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia, IDF, para el territorio Colombiano.

REGIÓN	a	b	c	d
Región Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Región Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Región Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20

Región Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42
-----------------------	------	------	------	------

Nota: Fuente propia adaptado del autor Vargas (1998)

La cuenca con cierre en la comunidad Primavera se encuentra ubicada en la región Pacífica (R3), cuyos parámetros son los siguientes: **a** = 13.92, **b** = 0.19, **c** = 0.58, **d** = 0.20. Con estos valores aplicados a la ecuación anterior se calcularon las curvas IDF para la estación 54010010 ISTMINA.

La siguiente tabla muestra los datos para la estación 54010010 ISTMINA.

Tabla 10.

Datos de precipitación, estación 54010010 ISTMINA

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1971	143
1972	155
1973	117
1974	123
1975	180
1976	123
1977	205
1978	100
1979	96
1980	123
1981	144
1982	120
1983	106
1984	155
1985	100

1986	127
1987	129
1988	100
1989	150
1990	133
1991	110
1992	130
1993	130
1994	53
1995	122
1996	134
1998	135
1999	149
2000	112
2001	202
2009	132
2010	136
2011	122
2012	120
2013	113.6
2014	132.6
2015	128.9
2016	126.4
2017	139.8
2018	139.8
2019	135.2
2020	132

Número de datos	42
Media	130.10
Desviación Media	26.14
Coefficiente de Asimetría	0.50

Nota: Fuente propia

Al remplazar los valores del tiempo de retorno y la duración se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 11.

Valores del tiempo de retorno y la duración

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO (Años)			
	10	25	50	100
10	172.91	211.53	246.38	286.96
20	115.67	141.51	164.82	191.97
30	91.43	111.85	130.28	151.74
40	77.38	94.66	110.26	128.42
50	67.99	83.17	96.87	112.83
60	61.16	74.82	87.15	101.51
70	55.93	68.42	79.70	92.83
80	51.76	63.33	73.76	85.91
90	48.35	59.14	68.89	80.23
100	45.48	55.64	64.80	75.48
110	43.03	52.65	61.32	71.42
120	40.92	50.05	58.30	67.90
130	39.06	47.78	55.66	64.82
140	37.42	45.77	53.31	62.10
150	35.95	43.98	51.22	59.66

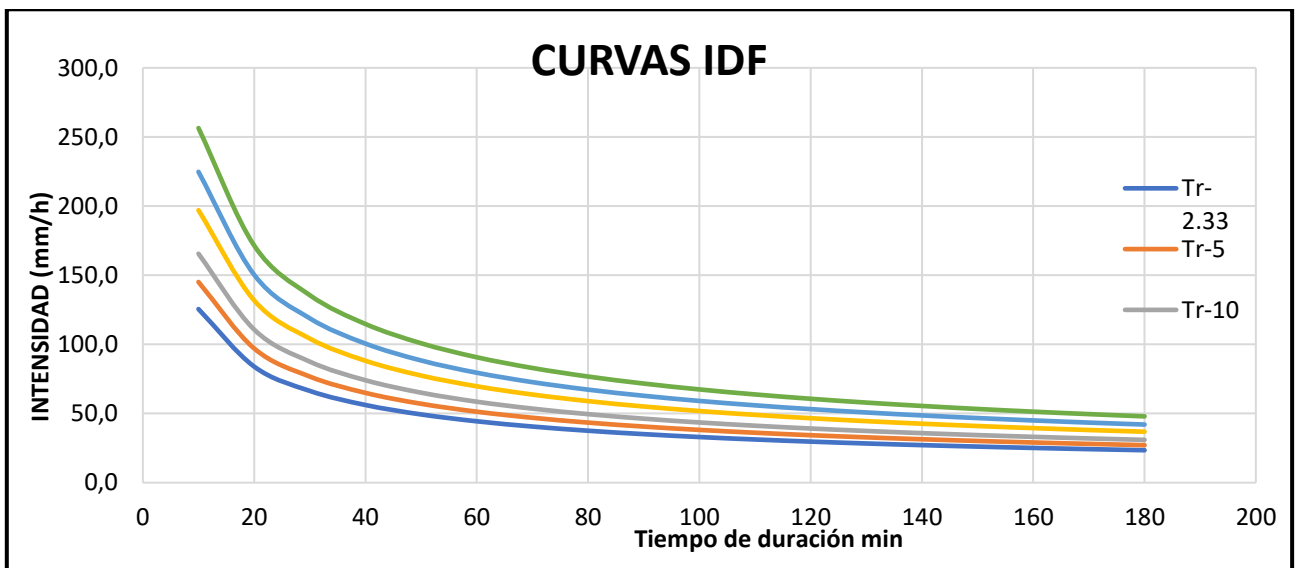
160	34.63	42.36	49.34	57.47
170	33.43	40.90	47.64	55.48
180	32.34	39.57	46.08	53.67

Nota: Fuente propia

A partir de esos datos se obtienen las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, para diferentes periodos de retorno.

Figura 29.

Muestra las curvas IDF sintéticas de la estación Istmina.



Nota: Fuente propia

El modelo HEC-HMS permite la estimación agregada de hidrogramas de inundación resultantes de eventos de precipitación (tormentas de diseño) en cuencas asociadas con recurrencias específicas.

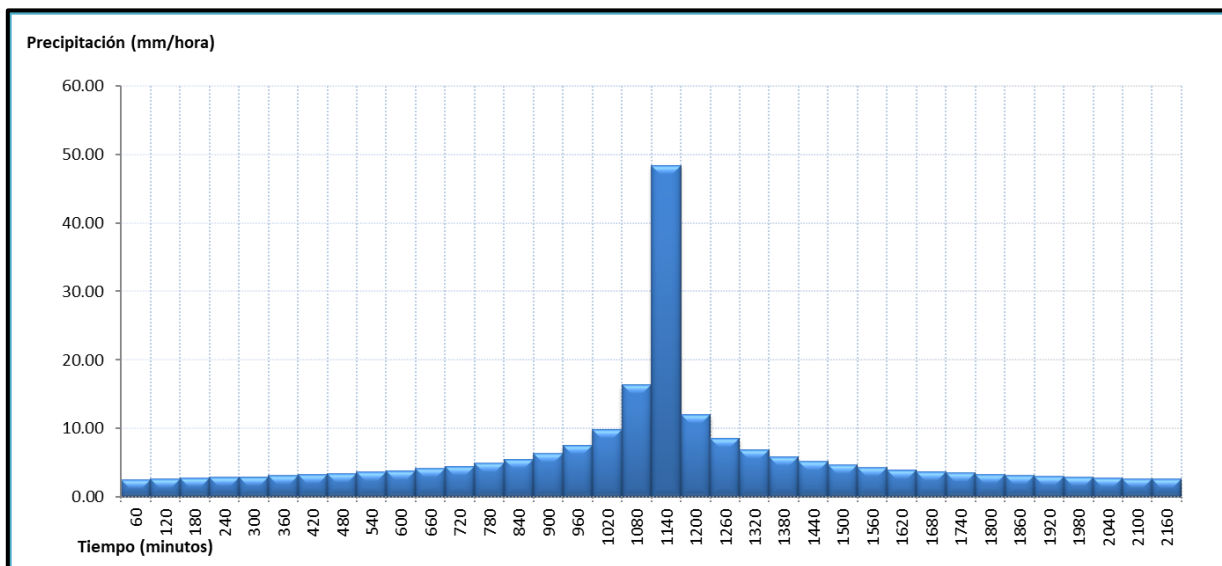
Para definir las tormentas de diseño como entradas para los modelos hidrológicos de escorrentía de precipitación, es importante tener información sobre el patrón temporal, la magnitud y la frecuencia de los eventos de precipitación extrema que ocurren en la cuenca.

Este modelo requiere de la distribución temporal de la precipitación, hietograma característico del área de estudio, figuras 30 y 31, representan los hietogramas para los periodos de retorno establecidos.

El hietograma característico, debe reflejar la distribución temporal de la precipitación para la cual se dispone de información de intensidad-duración-frecuencia. Chow (1994).

Figura 30.

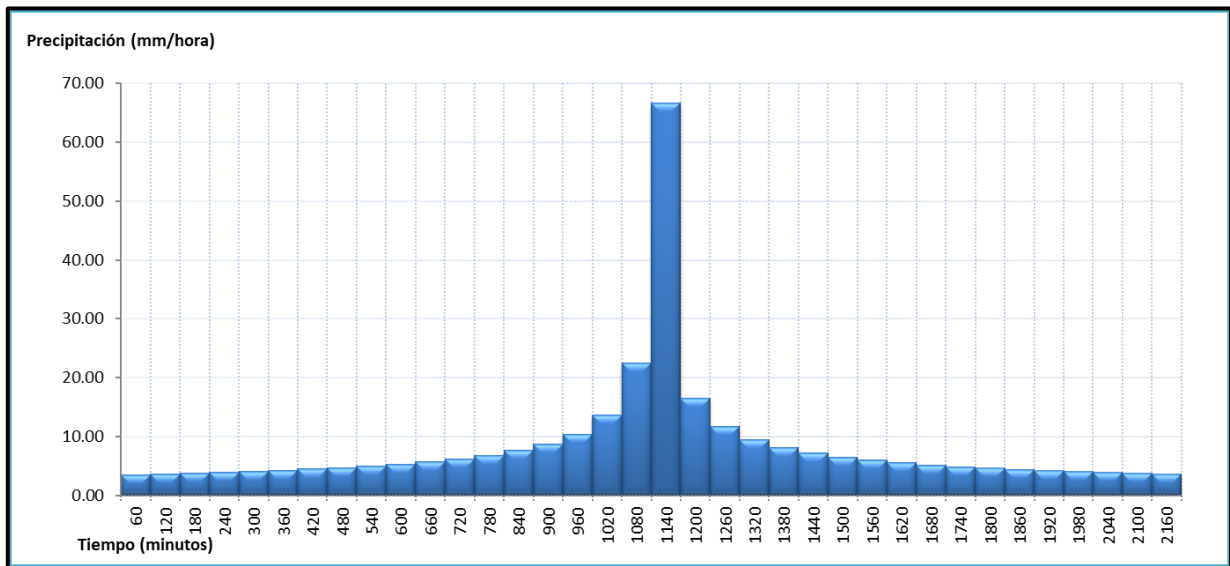
Hietograma periodo de retorno 2.33 años del área de estudio.



Nota: Fuente propia

Figura 31.

Hietograma periodo de retorno 10 años del área de estudio.



Nota: Fuente propia

Con la información de lluvia de los hietogramas, mediante la implementación del software HEC-HMS se obtuvieron los valores de los caudales picos correspondientes a los periodos de retorno de 2.33 y 10 años del área de estudio.

El periodo de retorno representa la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado en un periodo determinado. Y es muy útil para el análisis del riesgo cuando se trata de estimar la probabilidad de que el valor de una variable extrema, en este caso el caudal máximo instantáneo, sea superado.

Tabla 12.

Resultados de las simulaciones en el modelo HEC-HMS para la cuenca del río San Juan hasta el sitio de interés.

Punto de descargue		Punto de descargue	
Istmina Cabecera		Primavera	
TR (años)	Caudal (m3/s)	TR (años)	Caudal (m3/s)
2.33	436.0	2.33	548.0
10	711.3	10	803.3

Nota: Fuente propia

Para la espacialización de las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2.33 y 10 años del río, se hizo uso de la herramienta SIG ArcGis, además se utilizó una fotografía aérea del Municipio.

Al superponer las manchas de inundación generadas en la modelación hidráulica en el software Hec – Ras con la fotografía aérea de los corregimientos se pudieron determinar las áreas afectadas para cada evento de inundación.

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN, ZONA CASO DE ESTUDIO.

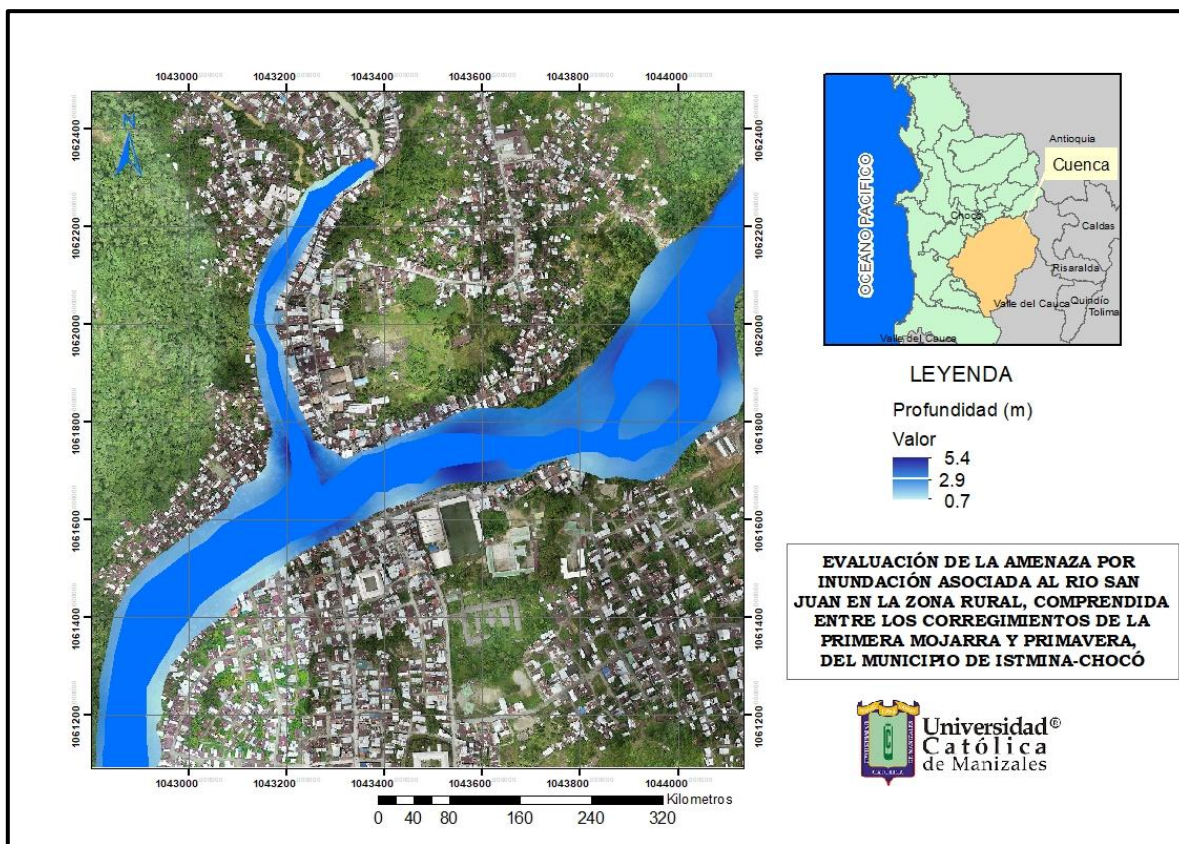
En la tierra, la lluvia es uno de los factores más importantes para la vida, pero en ciertos lugares, la precipitación puede ser un símbolo único que permite la conservación de ecosistemas y biodiversidad. Eso sucede en la zona caso de estudio, ubicada relativamente cerca a uno de los lugares más lluviosos del planeta. La climatología afecta vidas, animales, plantas, etc., pero los habitantes han sabido acoplarse a los cambios, en una constante incertidumbre que forma parte de su rutina diaria convirtiéndolos en resilientes por naturaleza.

Las afectaciones que se presentan en el Municipio de Istmina en la zona rural, asociada al río San Juan comprendida entre la Primera Mojarra y Primavera, se originan básicamente a consecuencia de las fuertes lluvias de cada temporada, por ello a través de este estudio se pretende generar mapas de amenaza por inundación. Esta información puede provenir de diferentes tipos de fuentes, que incluyen documentos históricos o imágenes satelitales correctamente interpretadas y validadas, tal como se ilustra en la tabla 2 (antecedentes históricos de inundaciones zona de estudio), la cual indica los eventos suscitados en la zona caso de estudio desde el año 2016 a 2022, donde a raíz de las fuertes e incesantes precipitaciones en las temporadas de lluvias, que dejan a su paso un desgarrador escenario con pérdidas en el sector Agropecuario (cultivos de Pancoger, Avícola, Porcícola, Piscícola), afectación en instituciones educativas, puestos de salud, pérdida y afectación en viviendas, situación que se presenta con una periodicidad de dos veces mínimo en el año.

Corresponde a la identificación de las zonas o puntos críticos donde existe la probabilidad de ocurrencia de inundaciones, con pérdidas de cultivos, enseres y afectaciones en infraestructuras. Esta zonificación tiene como finalidad generar mapas de inundaciones de acuerdo a periodos de retorno de 2.33 y 10 años en la zona caso de estudio y la obtención de valores de profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo y se da en metros) y los valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo y se da en metros por segundos), prioriza el suministro de información sobre eventos pasados, o la probabilidad o la magnitud potencial y los impactos respectivos de las inundaciones, y la planificación futura sobre varios aspectos de la gestión integrada de riesgos relacionados con los peligros de inundación, ayuda a los tomadores de decisiones.

Figura 32.

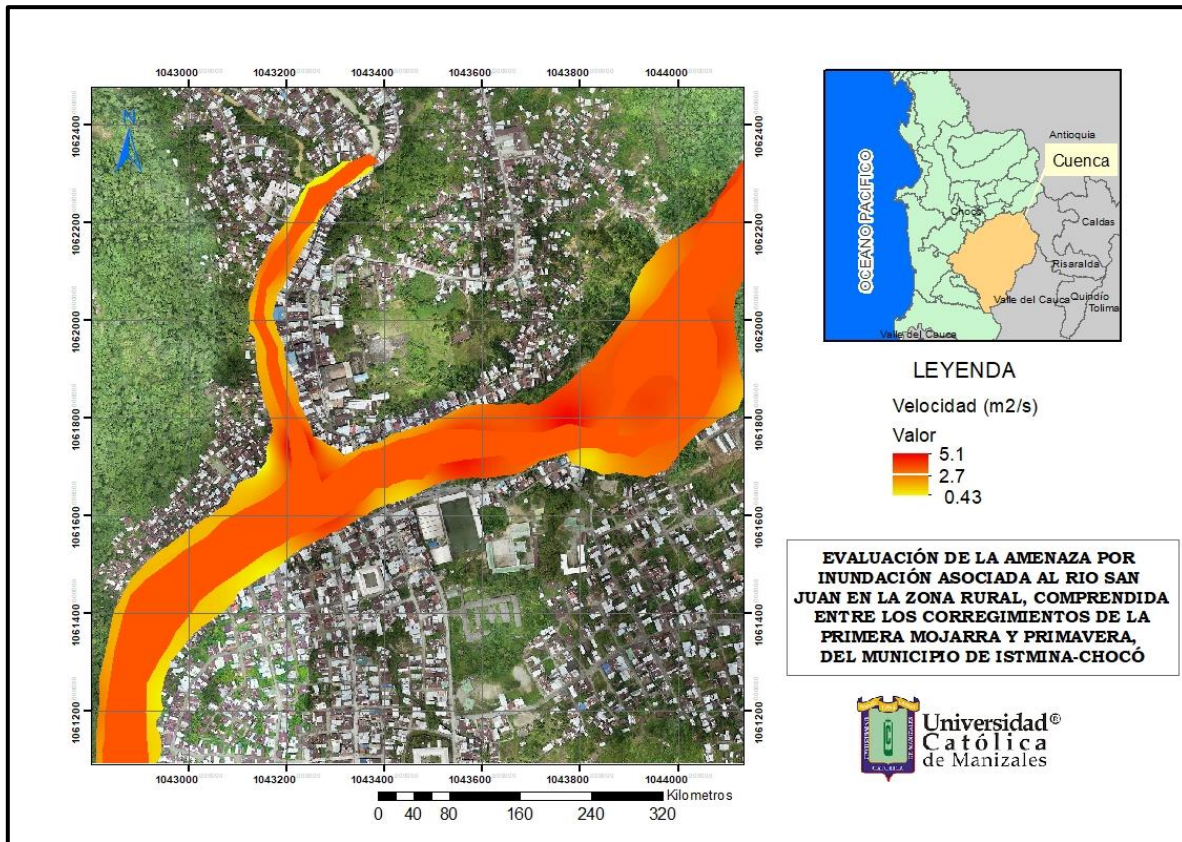
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno de Istmina cabecera.



Nota: Fuente propia

Figura 33.

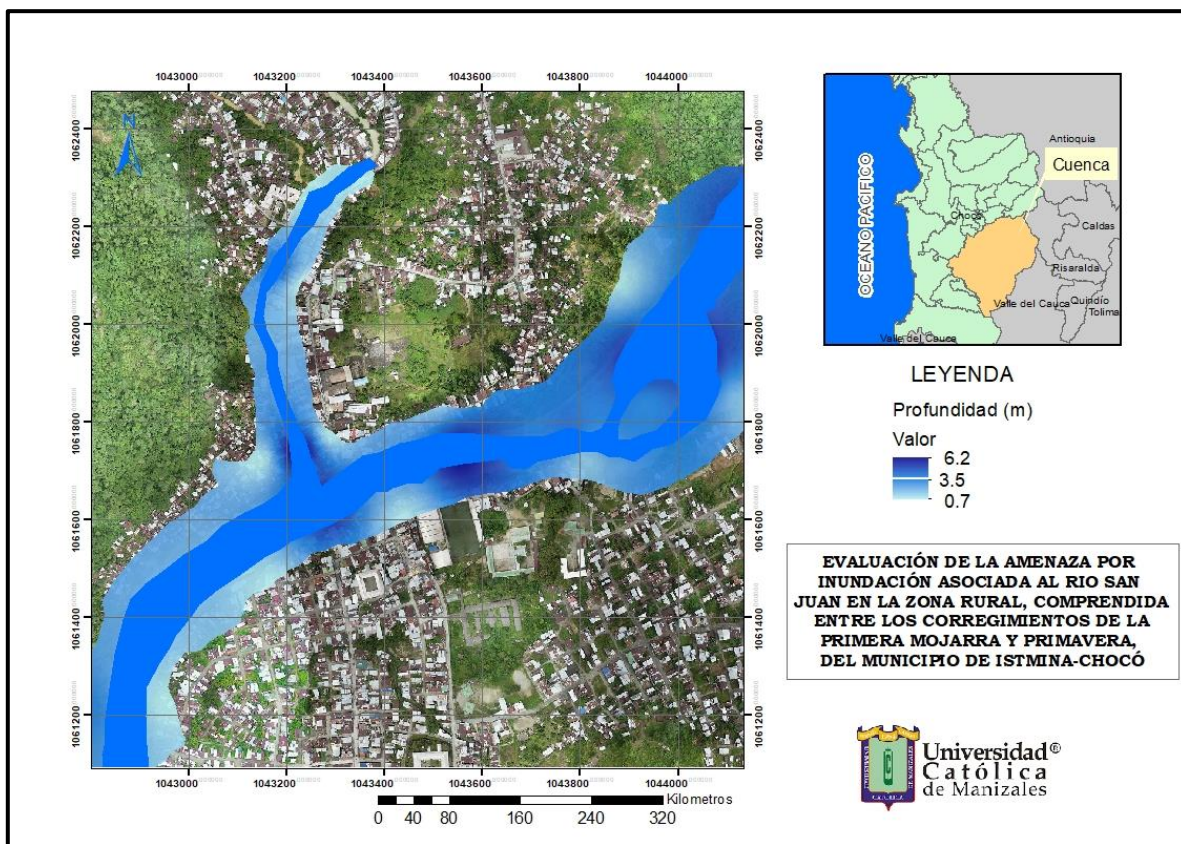
Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Istmina cabecera.



Nota: Fuente propia

Figura 34.

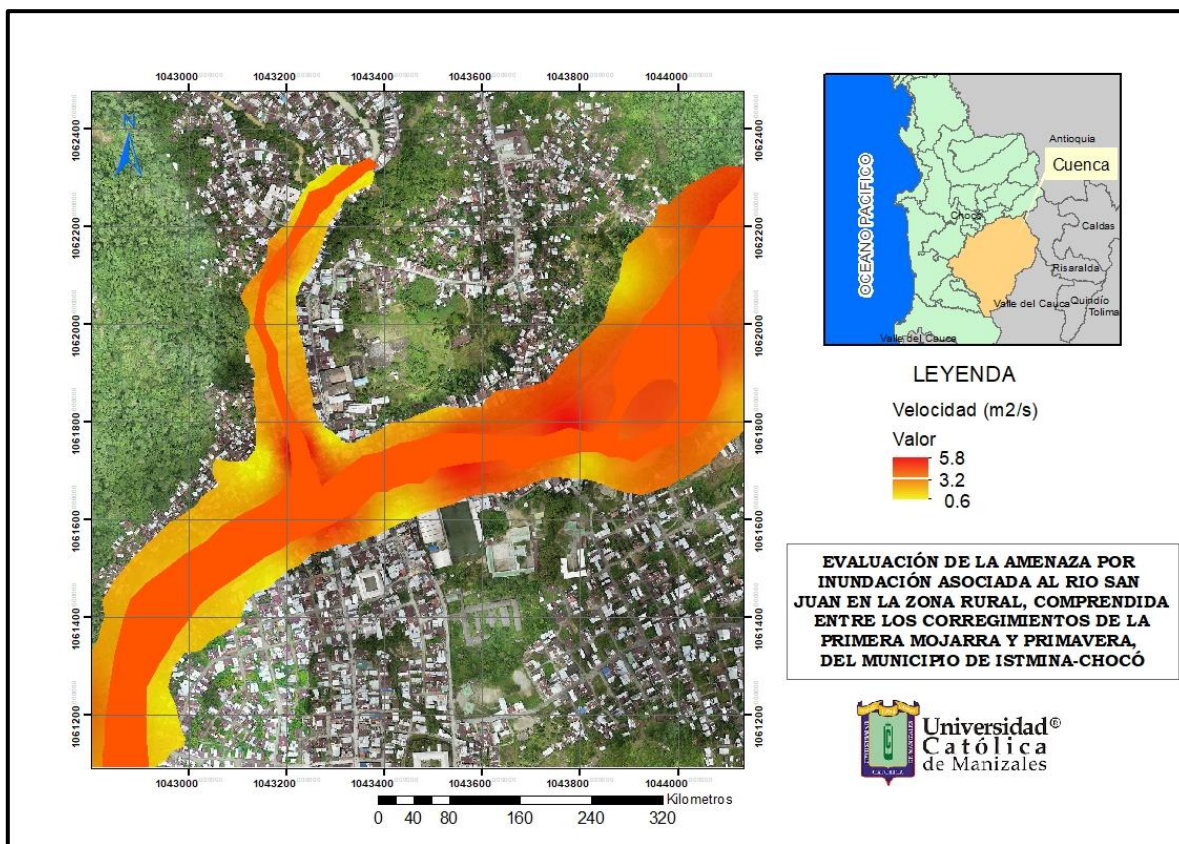
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno de Istmina cabecera.



Nota: Fuente propia

Figura 35.

Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Istmina cabecera.



Nota: Fuente propia

Tabla 13.

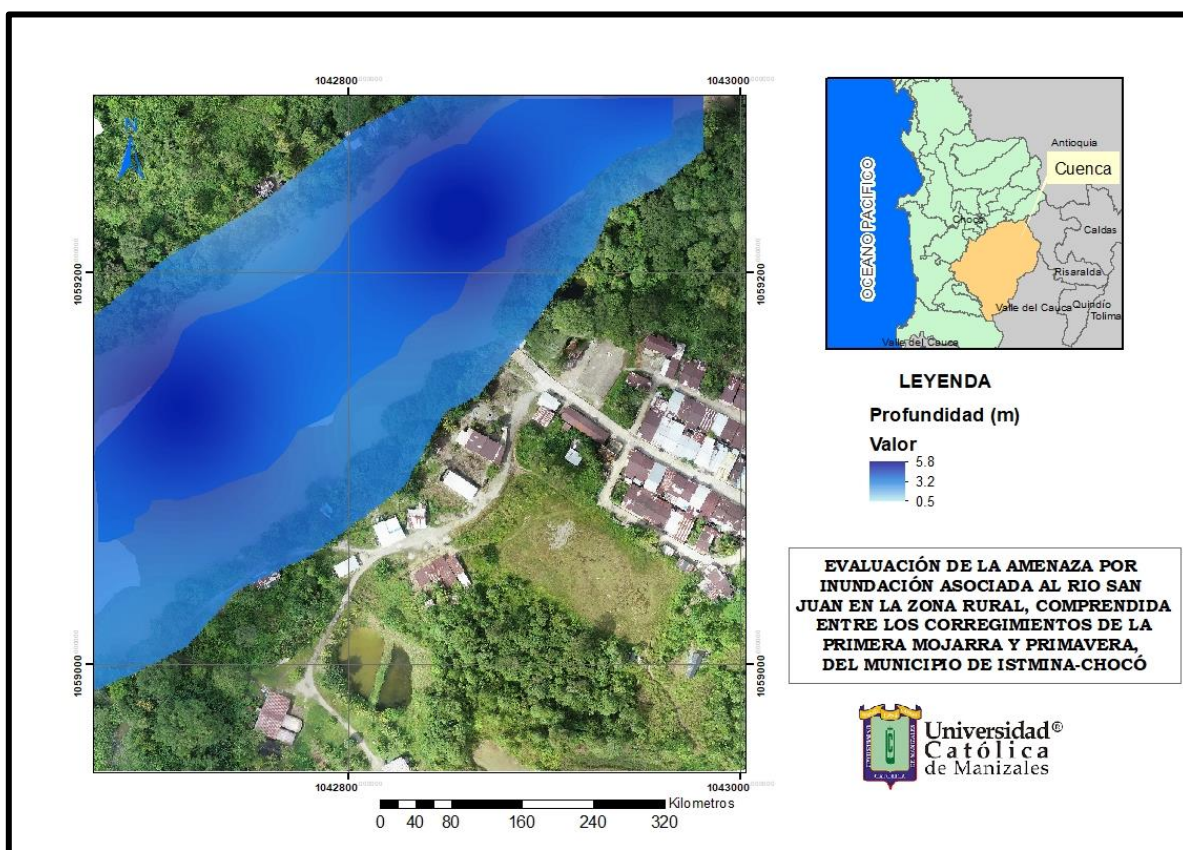
Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en Istmina cabecera

	Profundidad de lámina de agua		Velocidad de flujo	
	T= 2.33	T= 10	T= 2.33	T= 10
	mts		mts/s	
Máxima	5.4	6.2	5.1	5.8
Media	2.9	3.5	2.7	3.2
Mínima	0.7	0.7	0.43	0.6

Nota: Fuente propia

Figura 36.

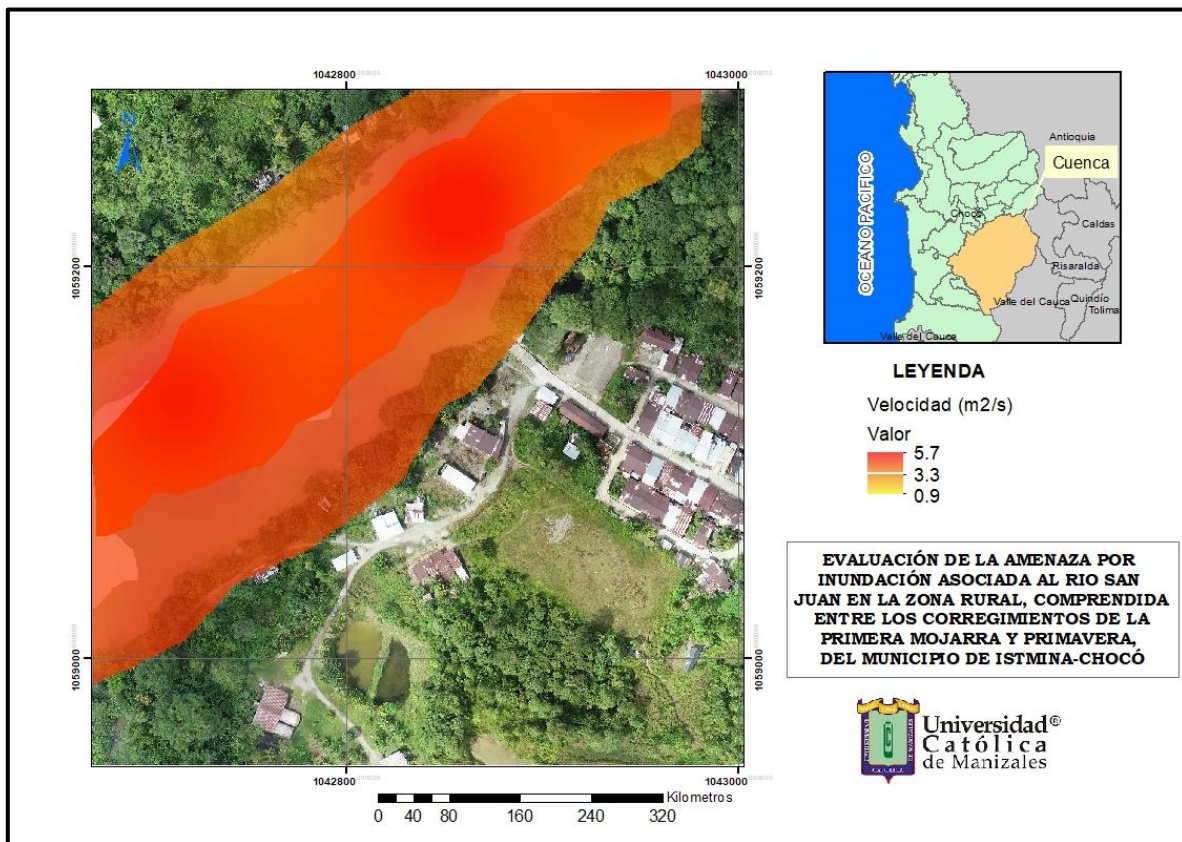
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2,33 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.



Nota: Fuente propia

Figura 37.

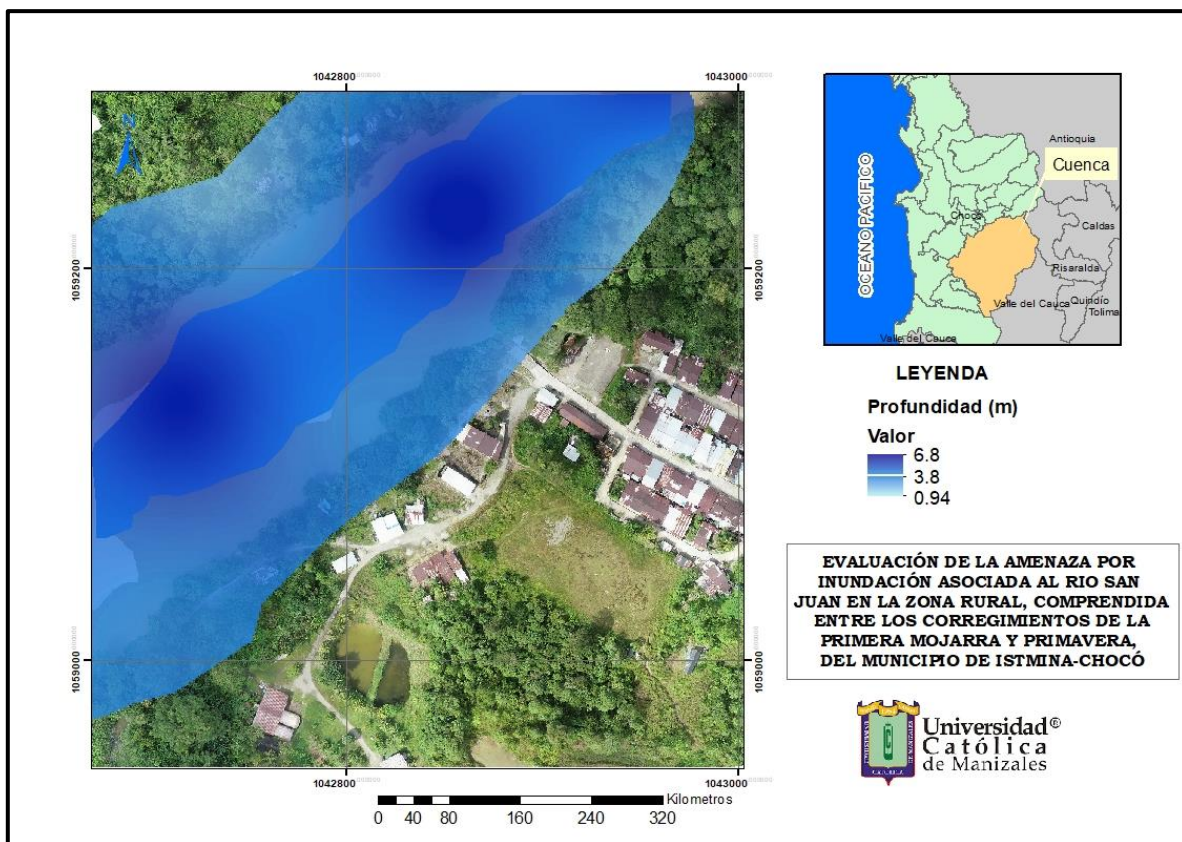
Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2,33 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.



Nota: Fuente propia

Figura 38.

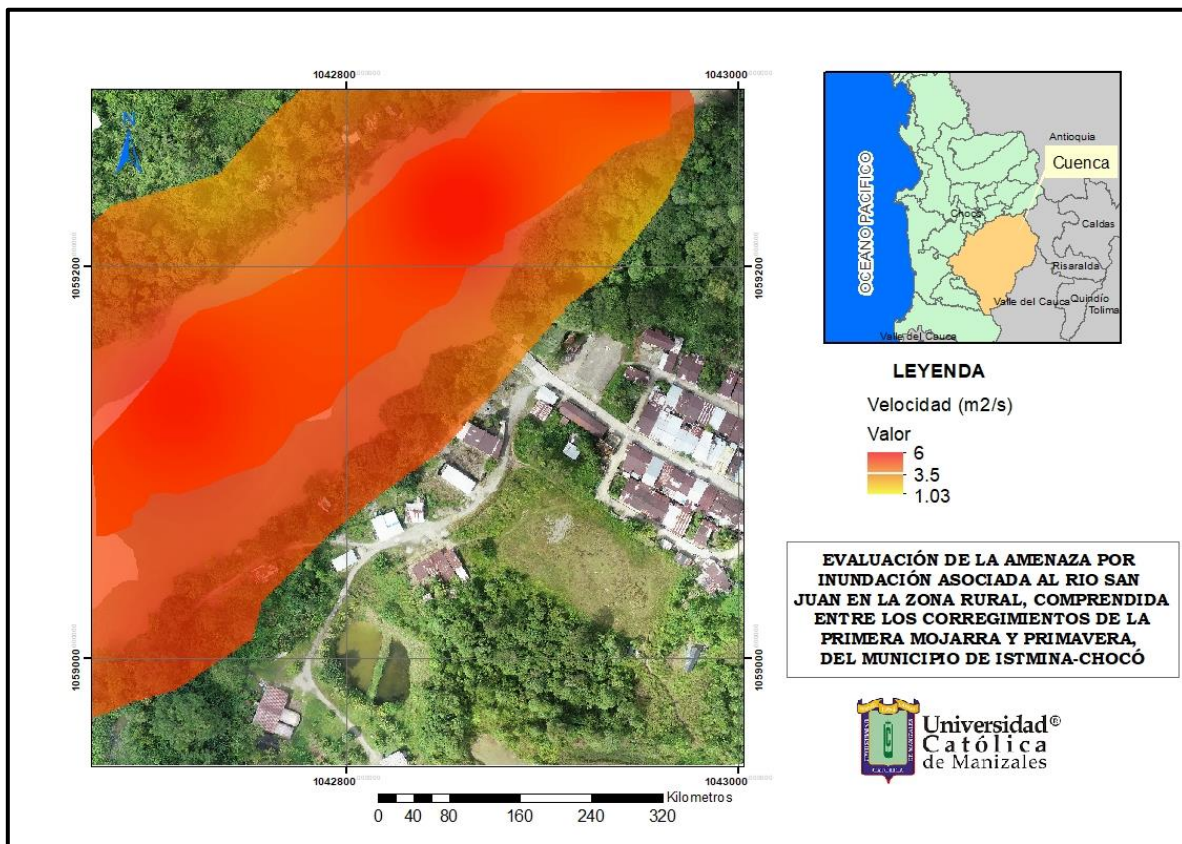
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.



Nota: Fuente propia

Figura 39.

Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de San Antonio.



Nota: Fuente propia

Tabla 14.

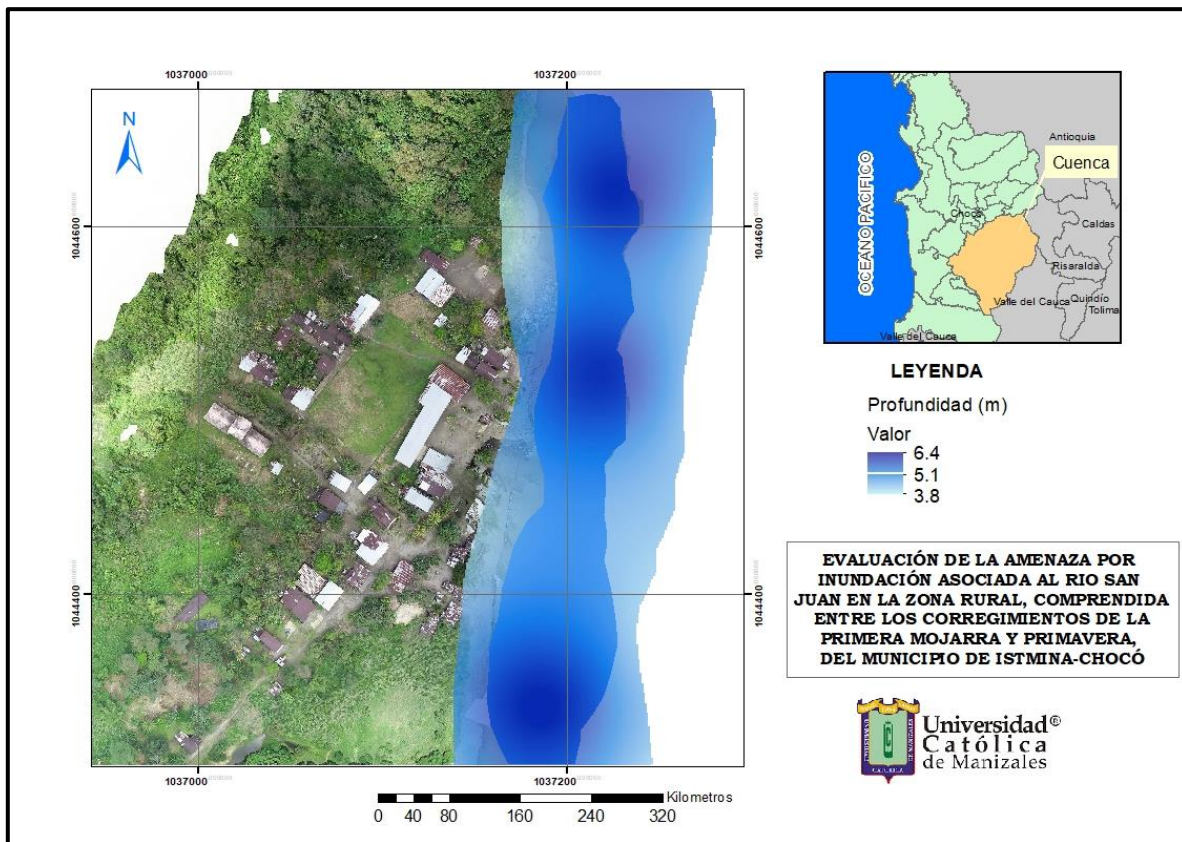
Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en el corregimiento de San Antonio.

	Profundidad de lámina de agua		Velocidad de flujo	
	T= 2.33	T= 10	T= 2.33	T= 10
	mts		mts/s	
Máxima	5.8	6.8	5.7	6
Media	3.2	3.87	3.3	3.5
Mínima	0.6	0.94	0.9	1.03

Nota: Fuente propia

Figura 40.

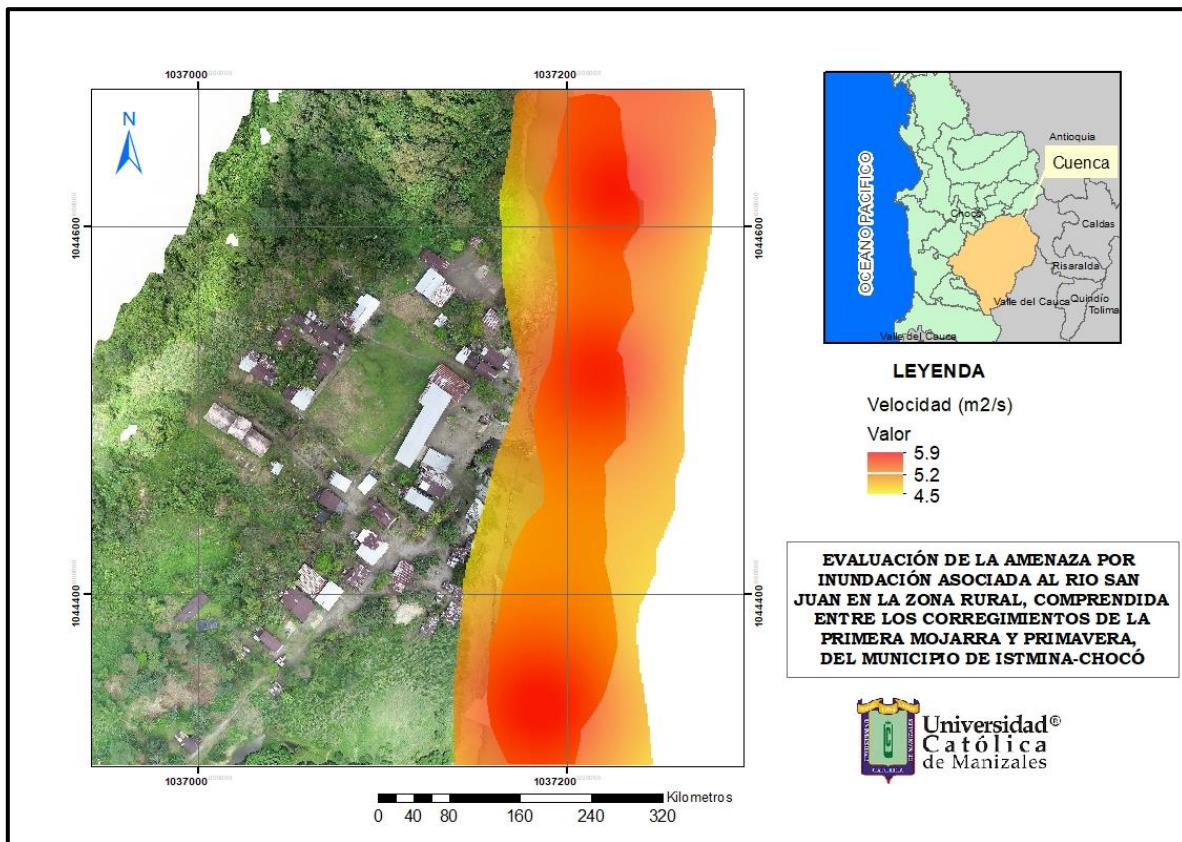
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.



Nota: Fuente propia

Figura 41.

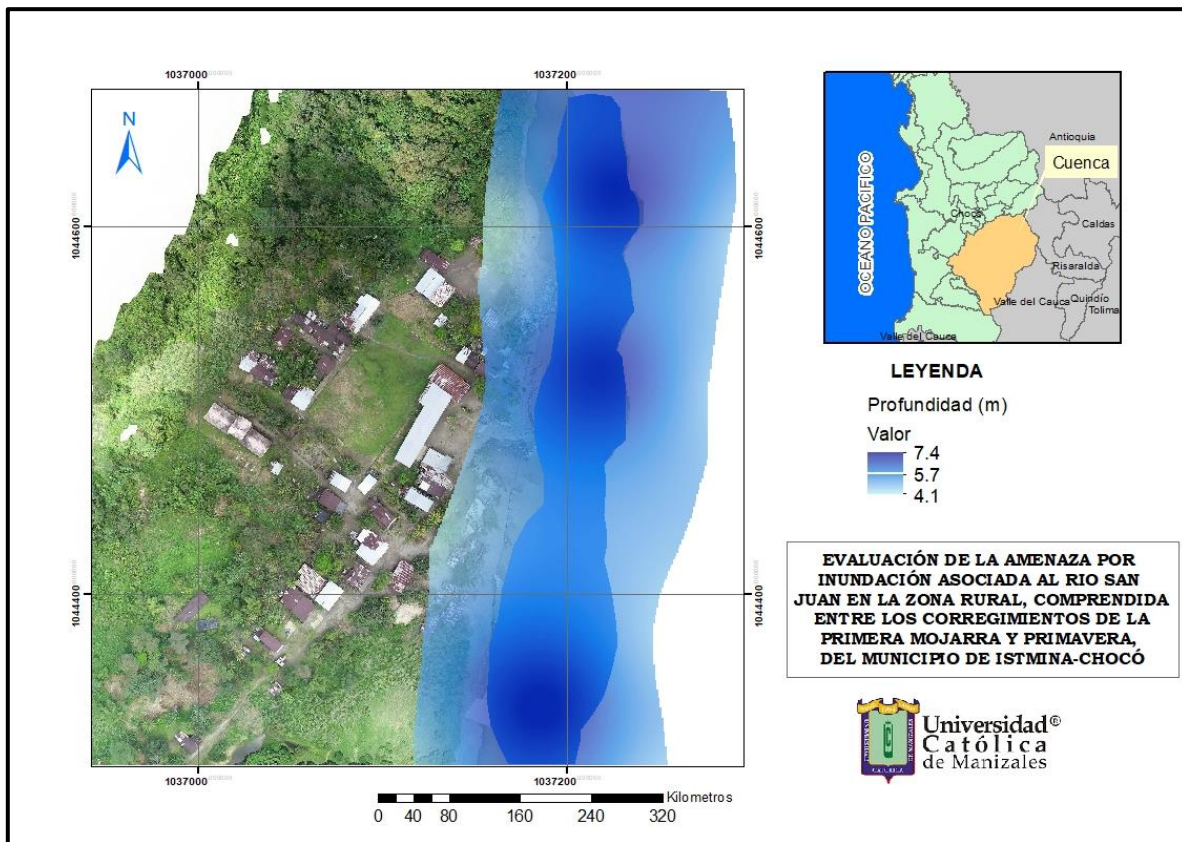
Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.



Nota: Fuente propia

Figura 42.

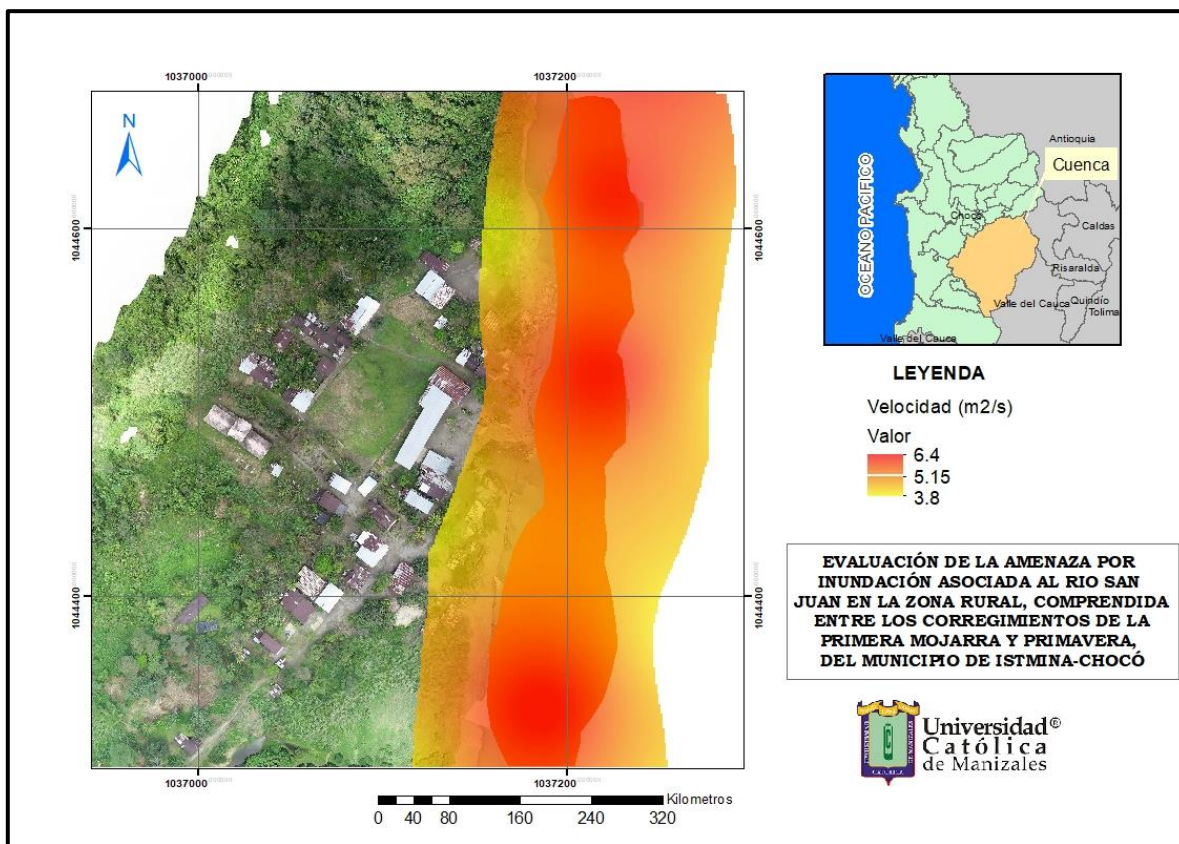
Mapa de valores de Profundidades de la lámina de agua (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.



Nota: Fuente propia

Figura 43.

Mapa de valores de velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 10 años periodos de retorno del corregimiento de Primavera.



Nota: Fuente propia

Tabla 15.

Valores de profundidades de la lámina de agua y velocidad de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años periodos de retorno en el corregimiento de Primavera.

	Profundidad de lámina de agua		Velocidad de flujo	
	T= 2.33	T= 10	T= 2.33	T= 10
	mts		mts/s	
Máxima	6.4	7.4	5.9	6.39993
Media	5.1	5.7	5.2	5.15
Mínima	3.8	4.1	4.8	3.80037

Nota: Fuente propia

Para el evento de 2.33 años de periodo de retorno el área inundada de Istmina cabecera es de 44.0 hectáreas, San Antonio es de 37.62 hectáreas y Primavera de 4.0 hectáreas.

Para el evento de 10 años de periodo de retorno el área inundada de Istmina cabecera es de 54.09 hectáreas, San Antonio es de 47.0 hectáreas y de Primavera 5.1 hectáreas

Se elaboraron mapas de amenaza de inundación durante la evaluación del riesgo de inundación asociado con el río San Juan en el área rural entre Primera Mojara y Primavera, corregimientos en la ciudad de Istmina. Se proporciona información gráfica sobre la altura del agua (profundidad) y la velocidad de la corriente, independientemente de eventos de probabilidad específicos o diferentes, para el desarrollo posterior de esta tesis. Para lograr su elaboración se corrieron modelos hidrológicos e hidráulicos con el objetivo de diagnosticar el comportamiento hidrológico de la cuenca del río San Juan y sus prácticas hidrodinámicas en el tramo de estudio, por lo que es conveniente crear mapas de velocidad y profundidad del agua. A la hora de crear un mapa de peligrosidad por inundaciones, se debe tener en cuenta la variable principal, el nivel.

Estos mapas de riesgo de inundación son esenciales para el propósito del documento como herramienta, ya que guían los criterios para esta evaluación y están respaldados por un análisis de la dinámica del río San Juan en puntos críticos de la elevación del nivel freático. En términos generales, el ejercicio brinda unos valores de profundidades de la lámina de agua y velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años de periodos de retorno; lo cual se ilustra en las tablas 13, 14 y 15. Donde se puede tener en

cuenta claramente los niveles de profundidad para los tiempos de retorno planteados, en aras de vislumbrar y estar quizás preparados para futuros eventos de inundación.

Desde esta perspectiva, es igualmente importante considerar otras características que pueden influir en las fases de mantenimiento y recuperación de las áreas inundadas. La cantidad de población expuesta río abajo y las características que tiene cada una, dinámicas que se pueden utilizar para llamar la atención de las víctimas, etc.

7. RECOMENDACIONES O ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.

Para asegurar que la dinámica socioeconómica de la Zona Rural Fluvial del Municipio de Istmina, en la región comprendida entre los Corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, no se vea afectada por las pérdidas por inundaciones, es importante políticas y prácticas que aseguren la correcta ocupación de los territorios promovidos. Además, fortalecer el componente GR como política de gobierno, cuyo principio básico son sus mejores prácticas y la reducción del riesgo de inundaciones e impactos de desastres. Es importante que todas las políticas se centren en la prevención y el control, y que estas políticas gubernamentales se complementen con guías metodológicas sobre cómo implementar la información contenida en el documento.

Los periodos de inundación presentes en la zona caso de estudio, han incidido de manera negativa aumentando la vulnerabilidad física y económica. Se sugiere una reforestación a las márgenes del río San Juan para fortalecer la conservación del recurso natural y que el impacto de la fuerza del afluente sea mínimo; y a la vez disminuir los efectos de erosión del suelo producida por las recurrentes precipitaciones. Y considerar, además entre las medidas no estructurales lo siguiente:

- La zonas ambientales y ordenamiento territorial.
- Perfeccionar los sistemas de alertas tempranas.

- Educación y capacitación de las comunidades para ayudarlas a responder adecuadamente a las amenazas de inundaciones y contribuir a su resiliencia frente a los desastres.
- Métodos alternativos de construcción de infraestructura y vivienda para resistir ciertos desastres, reubicando las poblaciones a áreas menos susceptibles.
- Implementar mecanismos de financiación para los pequeños, medianos y grandes cultivadores de la zona rural fluvial del Municipio de Istmina en aras de mejorar la productividad agropecuaria.
- Se busca fortalecer los fondos municipales de prevención de desastres para la realización de los proyectos planificados, considerando que el objetivo final de este plan es proteger la vida humana, se da prioridad a los planes de reubicación que sean más efectivos según los criterios de cada situación. y procesos de gestión.

Realizar una investigación más detallada para seguir identificando las categorías de amenaza de inundación. ya que se podría estar ignorando zonas de amenaza latentes, debido al factor tiempo en la ejecución de actividades de esta investigación y a la poca capacidad instalada en la adquisición de insumos para la obtención detallada de información.

Se recomienda un mayor análisis de los puntos del cauce que puedan verse afectados por taponamientos a causa de la mala disposición de residuos sólidos arrojados de forma indiscriminada al río San Juan, disminuyendo la fluidez por la cual circula el agua, y en consecuencia aumentando el área superficial inundable.

Restaurar la hidráulica del río San Juan, en los tramos comprendidos entre los corregimientos entre la Primera Mojarra y Primavera, mediante la remoción de los sedimentos que se han acumulado en toda el área de estudio; lo cual ha aumentado el borde libre, esperando como resultado disminuir la amenaza por inundación.

Se recomienda la construcción de gaviones en zonas inundables para dar estabilidad al extremo libre del río San Juan. Para ello se realiza un análisis que indica la altura mínima

necesaria de los gaviones para evitar inundaciones, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 10 años. Esto reducirá el riesgo de inundación de los afluentes en el área de estudio de caso. Sin embargo, esta alternativa debe ser cuidadosamente considerada junto con la comunidad río abajo. La solución está garantizada en el sector analizado, pero debe esperarse la migración de las inundaciones aguas abajo ya que la superficie de estas no se puede controlar.

PERCEPCIÓN DE LAS COMUNIDADES SOBRE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA ZONA CASO DE ESTUDIO.

Para la formulación de estrategias de intervención por la amenaza de inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera, se tuvo muy en cuenta la percepción de las comunidades, en cuanto a los factores que la causan.

Se usó un enfoque cualitativo el cual comprende la obtención de las perspectivas de quienes viven día a día con la problemática, convirtiéndolos en resilientes por naturaleza. De igual manera, discutir esta información con la misma comunidad y con las autoridades competentes, llámese alcaldía, consejos comunitarios, juntas de acción comunal.

Se realiza visita a la zona caso de estudio, los corregimientos comprendidos entre la Primera Mojarra y Primavera del Municipio de Istmina para el desarrollo de la actividad, en donde a través de una convocatoria previa se le invita a la comunidad y miembros del consejo comunitario.

Se inicia dando saludo de bienvenida, la oración, presentación de los participantes guías de la actividad y agradecimiento a los asistentes.

Se contextualiza a la comunidad que el motivo de la visita, consiste en reconocer la percepción que tiene la comunidad referente a la amenaza por inundación en su territorio. De igual manera, a modo de retroalimentación se hace un resumen de los eventos de inundación que han afectado a los corregimientos, lo que permite justificar la ejecución de la actividad y la importancia de trabajar con los directamente afectados.

Figura 44.

Imágenes socialización comunidad de la Primera y Segunda Mojarra en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.





Nota: Fuente propia

Figura 45.

Imágenes socialización comunidad de San Antonio en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.





Nota: Fuente propia

Figura 46.

Imágenes socialización comunidad de Primavera en referencia a la percepción de la amenaza por inundación asociada al río San Juan.





Nota: Fuente propia

En la evaluación de la amenaza por inundación asociada al río San Juan en la zona rural, comprendida entre los corregimientos de la Primera Mojarra y Primavera del Municipio de Istmina, se llevó a cabo un ejercicio con la comunidad, donde se enfatizó, en interactuar y conocer más en relación a la percepción de la GR y la manera de abordar o reaccionar ante eventos de inundaciones. Es de resaltar, que preocupa abismalmente la coincidencia de los corregimientos de la zona de estudio, respecto a que se carece de presencia institucional, poca información en materia de riesgo de desastres a través de instrumentos de planificación, su puesta en práctica; la comprensión de sus deberes, derechos y sus actuaciones ante los mismo, como la ley 1523 de 2012 los estipula.

De igual manera fortalecer las capacidades instaladas y capacitar el talento humano nativo, en aras de que los mismos estén preparados ante la amenaza por inundación con conocimientos básicos y sólidos, ya que son los primeros respondientes y responsables de salvaguardar su integridad física; antes que se tenga conocimiento en la zona urbana en la oficina de GR y lleguen a la zona a realizar la evaluación de daños y necesidades, para si tomar decisiones de cómo abordar la situación y su manejo. Teniendo un territorio más resiliente, no por su empirismo y adaptabilidad, sino, por tener unas bases tecnificadas en

concordancia con los pilares de la GR (Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo del Desastre).

También, es notorio el estado de desesperación de las comunidades de la zona de estudio, donde piden a gritos la presencia del estado para avanzar en la posible reubicación a sitio más seguro, lo que contribuye con el crecimiento socioeconómico del territorio, sin pérdidas recurrentes en los sectores agrícolas y de infraestructura.

8. CONCLUSIONES.

En el desarrollo de este documento se revisaron y analizaron 3 metodologías de autores distintos, los cuales tienen similitudes en actividades ya que buscan evaluar la amenaza por inundación en centros poblados; para lo que plantean zonificar la amenaza en función de información secundaria, realizando el estudio hidrológico de los afluentes por medio de identificar el territorio y así determinar su comportamiento, por medio de la obtención de la información recopilada y procesada, con la utilización de programas como ArcGis, HEC-HMS y GUAD2D, generando mapas de inundación con el fin de contar con herramientas disponibles para el territorio. De igual manera referencian la importancia de conocer la historia de las inundaciones a través del trabajo con las comunidades.

De ese análisis se concluyó la metodología a utilizar en el presente trabajo, la cual comprende:

- Delimitación de la cuenca hidrográfica usando ArcGIS, y definición de características morfométricas y climatológicas.
- Determinación de caudales, como función de los eventos de precipitación.
- Identificación de zonas de inundación, mediante procesamiento de información usando ArcGIS.

Para realizar la evaluación de la amenaza por inundación de la zona caso de estudio, fue imperativo la búsqueda de información y escogencia de una metodología aplicable para el desarrollo del estudio, la que llevó a delimitar la cuenca hidrográfica hasta el punto de interés (El tramo del río San Juan en sus márgenes aguas abajo, acotado en aproximadamente 90 kilómetros, cuatro centros poblados conocidos como La Mojarra 1, Mojarra 2, San Antonio y Primavera) y sus características morfométricas y climatológicas utilizando herramientas SIG.

En la recopilación de información de imágenes satelitales, se pudo evidenciar que la base de datos del municipio de Istmina, sus corregimientos y cauces fluviales, presenta una gran dificultad en su consecución, pues la información disponible es escasa debido a la alta nubosidad lo que imposibilita el monitoreo satelital, herramientas de trabajo y poca capacidad instalada; de igual manera el Municipio de Istmina cuenta con pocas estaciones meteorológicas ubicadas a lo largo de la ribera de la cuenca, por lo que se reduce la oportunidad de acceder a variabilidad de datos. No obstante, para la evolución del proyecto se contó con la única estación ubicada en la cabecera del Municipio de Istmina, con código de identificación IDEAM [54010010], la cual sirvió para realizar un análisis de frecuencias, utilizando distribuciones continuas aplicándoles una prueba de bondad y ajuste, obteniendo la que mejor se ajustó al comportamiento de los datos históricos “la distribución de probabilidad Gumbel”.

En el documento se realiza una caracterización climatológica de la zona de estudio a partir de información secundaria obtenida de la base de datos de CODECHOCÓ, en donde se utilizaron registros históricos desde el año 2000 al 2020, las cuales cuentan con disponibilidad de descarga de variables climatológicas de la red de monitoreo del IDEAM; obteniendo como producto final, la variabilidad espacial climatológicas representada en archivos Raster, donde se determina que la precipitación media anual tiene una variabilidad entre 3000 mm a 8400 mm anuales y los valores más bajos se localizan en las zonas límite con el Departamento de Risaralda y aumenta hacia el occidente de esta. También que la temperatura media tiene una variabilidad entre 21 °C a 28 °C, presentando las temperaturas

más bajas en inmediaciones al departamento de Risaralda y los valores más alto al sur occidente de esta.

Se realiza, además una caracterización física en donde la cuenca delimitada no tiene mediciones ni registros continuos de caudal en el sitio de interés, por lo que no se dispone de información directa para estimar los caudales, por lo cual, los parámetros físicos más relevantes de la cuenca hidrográfica delimitada se encuentran a la altura del corregimiento de Primavera.

Se realizó un diagnóstico en relación a los sucesos ocurridos en el periodo comprendido entre el 2016 y 2022, lo cual se pudo evidenciar los recurrentes eventos de inundación causado por las temporadas de lluvias; lo que desencadeno en pérdidas y afectaciones en el sector agropecuario y afectaciones en edificaciones públicas. Las cifras en pérdidas y afectaciones son las siguientes: 1165 viviendas afectadas, 1415 familias damnificadas, 6547 personas damnificadas, 1895 hectáreas de agricultura perdidas, 688 unidades porcícolas, 3670 unidades avícolas, 1250 kg piscícolas, 6 instituciones educativas y 1 puesto de salud.

El análisis morfométrico es fundamental para determinar el comportamiento hidrológico de la cuenca o área de estudio, dadas las caracterizaciones morfométricas realizadas en la cuenca del río San Juan, que tiene un punto de cierre en el corregimiento de Primavera, se encontró que corresponde a cuencas ovals a rectangulares con ligero flujo relámpago. Lo anterior se puede confirmar analizando el resultado del coeficiente de compacidad que dio 1.55.

Luego de obtener información cartográfica del área de estudio, incluyendo el área de río y área de inundaciones, se generaron mapas de amenaza por inundación con herramientas primordiales HEC y HEC-RAS para los objetivos del documento; ya que orientan los criterios de la evaluación y se soportan del análisis de la dinámica del río San Juan en los puntos críticos de la altura de la lámina de agua, y la velocidad del flujo de los corregimientos de la zona de estudio. Estos mapas brindan unos valores de profundidades

de la lámina de agua y velocidades de flujo (máximo, medio y mínimo) para 2.33 y 10 años de periodos de retorno.

Posterior a la evaluación y la generación de mapas de amenaza de inundación, se observan las áreas inundables de los centros poblados del caso de estudio; donde se pudo definir que para el evento de 2.33 años de periodo de retorno el área inundada de Istmina cabecera es de 44.0 hectáreas, San Antonio de 37.62 hectáreas y Primavera de 4.0 hectáreas. Y para el evento de 10 años de periodo de retorno el área inundada de Istmina cabecera es de 54.09 hectáreas, San Antonio de 47.0 hectáreas y Primavera de 5.1 hectáreas.

Al analizar los datos obtenidos del modelado de una sección del río San Juan en la región entre los corregimientos Las Mojarras y Primavera, se concluye que la zona tiene un alto potencial de inundación. Esto se debe a que se observa que el borde libre es más bajo de lo deseado en algunos tramos, que conforman casi la totalidad del tramo analizado.

Pero también se dejan notar ciertas limitaciones o desventajas en la articulación de la Gobernanza y Gobernabilidad, entes de control y la comunidad, generando una debilidad de la Gestión del Riesgo en los territorios. Además, con la variabilidad climática y cambios climáticos se evidencian unas limitaciones ambientales motivado por las condiciones climáticas peligrosas, que repercuten en gastos excesivos para la logística de salidas de campo.

Luego de evaluar las actividades realizadas con la comunidad en los corregimientos de la zona de caso de estudio, se puede determinar que los habitantes pese a que son resilientes por naturaleza ante la amenaza de inundación, carecen de una formación clara y técnica de la GR y de cómo actuar correctamente ante las emergencias. Es pertinente fortalecer lazos institucionales con la comunidad, de esta manera forjar procesos para capacitarlos a través de mecanismos técnicos que evolucionen los conocimientos de la amenaza por inundación y se cambie la percepción ante la problemática.

El desarrollo de esta propuesta, a su vez, habilitó indirectamente la idea de iniciar el proceso de revisión y ajuste del contenido de instrumentos de planificación para integrar la GRD desde la perspectiva de los escenarios de riesgo entorno al Conocimiento del Riesgo y Medidas de Mitigación.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abanto, C. A. (2013). *Evaluación del Riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca*. (Tesis de Grado).

Universidad Nacional de Cajamarca. Perú

Aguilera, M. A. (2007). *Estimación de funciones de distribución de probabilidad, para caudales máximos, en la región del Maule*. (Tesis de Grado). Universidad de Talca. Chile.

Cardona, O. D. (1996). Variables involucradas en el manejo de riesgos. *Desastres y Sociedad*, 4(6), 79-102.

Castro, R. M., Jiménez, C. E., Rojas, E. E., Lascarro, F. D. y Manco, D. C. (2023). Análisis multitemporal y dinámicas fluviales del brazo de Mompo (río Magdalena),

corregimiento de Cantera, Bolívar, Colombia. *Ingeniería*. Universidad Distrital

Francisco José de Caldas, 28(1), 1-11. Recuperado de

<https://doi.org/10.14483/23448393.17838>

Catullo, M. R. (1992). Reconstrucción de la identidad y proyectos de gran escala ciudad

Nueva Federacion, Provincia de Entre Rios, Argentina. *Serie Antropología*,

Universidad de Brasilia, 125, 1-29.

Chow, V. T. (1994). Hidrología aplicada: Esquema general del ciclo hidrológico. 1 Edic.

1994 y traducción 2000.

De Silva, M. M. y Kawasaki, A. (2020). A local-scale analysis to understand differences in socioeconomic factors affecting economic loss due to floods among different communities. *Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres*. 47, 1-12.

Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101526>

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2013).

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Ley 1523, Ley 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. 2012.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Decreto 1640, 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. 2012.

Olivera, D. A., Agudelo, T. S. (2017) *Metodología para la zonificación de la amenaza, evaluación de la Vulnerabilidad y valoración de riesgo para eventos de inundación, Caso piloto Municipio de Choachí*. (Tesis de Grado) Universidad Santo Tomás. Cundinamarca. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/11832>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2016). *Una definición establecida en la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de Roma*.

Posthumus, H., Hewett, C. J., Morris, J. y Quinn, P. F. (2008). Agricultural land use and flood risk management: Engaging with stakeholders in North Yorkshire. *Agricultural Water Management*. 95(7), 787-798. Recuperado de

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.02.001>

Quintero, 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* (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11059/8349>

Rodríguez, E. M. (2016). *Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa*. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57109>

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes. 2017.

Vargas, N. O., Verdugo, N., Arbeláez, J. D., Caicedo, F. M. y Triana, J. V. (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Centro Nacional de Modelación IDEAM. Bogotá.

Vargas, R. (1998). *Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia (Curvas IDF)*. Universidad de los Andes. Bogotá

Wu, F., Sun, Y., Sun, Z., Wu, S. y Zhang, Q. (2017). Assessing agricultural system vulnerability to floods: A hybrid approach using emergy and a landscape fragmentation. *Ecological Indicators*. 105, 337-346. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.050>



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