

**Estrategias Para la Gestión del Riesgo Ante Inundaciones en Zonas
Localizadas del Municipio de Tunja, Colombia.**

Laura Yaneth Gil Alvarado



Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil

Tunja

2019

**Estrategias Para la Gestión del Riesgo Ante Inundaciones en Zonas
Localizadas del Municipio de Tunja, Colombia.**

Laura Yaneth Gil Alvarado

**Proyecto de grado en modalidad “Tesis” presentado como requisito
para obtener el título de Magíster en Ingeniería Civil con Énfasis en
Hidroambiental**

Director

PhD. Carlos Andrés Caro Camargo



Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Tunja

2019

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
1.1. <i>Problema de investigación</i>	3
1.1.1. Descripción del problema.....	3
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
2.1. <i>Objetivo general</i>	6
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	7
4. MARCO REFERENCIAL	9
4.1. <i>Estado de Arte</i>	9
4.1.1. Eventos de precipitación e inundaciones en Colombia	9
4.1.2. Gestión del Riesgo de Inundación a Nivel Internacional	10
4.1.3. Gestión del Riesgo de Inundación a Nivel Nacional – Colombia	12
4.2. <i>Antecedentes</i>	15
4.2.1. Gestión del Riesgo de Inundaciones en la Ciudad de Tunja, Colombia	15
4.2.2. Estudios realizados en la zona de estudio.....	15
4.3. <i>Marco Teórico</i>	17
4.3.1. Conocimiento local del riesgo	17
4.3.2. Capacidad de adaptación	18

4.3.3.	Gestión local del riesgo de inundaciones	19
4.3.4.	Modelo Genérico del Proceso Estadístico – GSBPM	21
4.3.5.	Metodologías para la reducción del riesgo de inundaciones	25
	Glosario.....	32
5.	MARCO METODOLÓGICO	35
6.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	37
6.1.	<i>Actividades previas</i>	37
6.1.1.	Contextualización de la evaluación del riesgo por inundación	37
6.1.2.	Descripción caso de estudio seleccionado – Tunja, Boyacá, Colombia. 45	
6.1.3.	Falencias existentes en el desarrollo territorial del municipio	47
6.1.4.	Sectores vulnerables ante inundación y selección de comunidades	49
6.2.	<i>Recolección de información directa</i>	55
6.2.1.	Estructuración de formatos para encuestas.....	57
6.2.2.	Visitas	59
6.2.3.	Entrevistas y encuestas	59
6.3.	<i>Aplicación de la Gestión del Riesgo de Inundación en la zona escogida ..</i>	65
6.3.1.	Evaluación de la amenaza	71
6.3.2.	Evaluación de la vulnerabilidad	74
6.3.3.	Evaluación del riesgo	83
6.4.	<i>Propuesta de lineamientos estratégicos para la gestión del riesgo de inundación</i>	85
6.4.1.	Gestión pública y gestión del riesgo de inundaciones.....	85
6.4.2.	Mapas comunitarios	90

6.4.3. Propuesta SUDS	94
6.4.4. Propuesta metodológica SAT	96
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	100
8. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	102
<i>Referencias</i>	<i>104</i>
<i>Anexos</i>	<i>111</i>

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla en la ciudad de Tunja, Boyacá, Colombia. En este se evalúan las subcuencas que atraviesan la zona urbana, la del Río Jordán y del Río La Vega, para analizar comunidades y sectores con problemática de inundaciones. La finalidad que tiene la investigación, es brindar estrategias que promuevan la correcta Gestión del Riesgo de Inundaciones en el municipio, contando con tres temáticas prioritarias, la planificación y gestión urbana, la gestión del riesgo de inundación (amenaza – vulnerabilidad desde la percepción social – riesgo) de los barrios seleccionados al haber sido afectados previamente y una propuesta con alternativas de solución basadas en la información analizada. Se apunta a la promoción oportuna de la prevención y reducción de afectaciones, a vidas humanas y sus bienes materiales, que se pueden presentar en la ciudad, producto de eventos fuertes de precipitación por variabilidad climática.

Dentro de la metodología usada, se resaltan procesos que encierran la investigación, la acción y la participación. Se realiza la recolección de datos a analizar, la revisión de información documental suministrada por parte de entidades oficiales, el estudio de las zonas prioritarias a evaluar, el uso de técnicas como entrevistas, visitas de campo, el reconocimiento de sectores escogidos y finalmente, se evalúa la Gestión del Riesgo de inundación en la zona de estudio, aportando una propuesta de lineamientos estratégicos para su aplicación en el municipio de Tunja. Este proyecto también analiza la gestión local del riesgo del municipio, desde la identificación y percepción del riesgo, la reducción del riesgo, el manejo del desastre y la gobernabilidad. Todo esto, siendo de gran utilidad para las entidades tomadoras de decisiones y para la misma comunidad que puede verse abatida por situaciones de desastre.

Palabras clave: Gestión del Riesgo, Inundaciones, Planificación Urbana, Subcuencas, Vulnerabilidad.



INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial, las personas están optando por establecerse en los centros urbanos. Las ciudades son consideradas actualmente, como los motores del crecimiento económico. Los individuos que migran de las áreas rurales a las urbanas, persiguen un mayor estándar de vida. Sin embargo, no hay que dejar de lado la necesidad de afrontar el cambio climático, con la ayuda y la promoción de la gestión del riesgo. Puede que las ciudades que tienden a crecer significativamente a través de los años, traigan incrementos en la economía regional, pero también pueden generar peligros si no se planifican y desarrollan adecuadamente y en concordancia con el medio que las rodea.

La necesidad se enfatiza en establecer ciudades mejor planificadas y sobre todo, dignas y seguras para sus habitantes. Mientras la Organización Meteorológica Mundial, revela que nueve de cada diez desastres acaecidos en el mundo están relacionados con el tiempo, el clima o el agua, los desastres naturales siguen teniendo mayores repercusiones en economías de países en desarrollo. En Colombia, las consecuencias de los eventos de precipitación por el fenómeno de la niña, evidencian las falencias nacionales existentes en cuanto a la organización territorial. Por ello, es de gran importancia que se genere un seguimiento continuo de los cuerpos de agua y se prevengan desastres naturales que afecten vidas, infraestructura y bienes.

En Tunja, se presentan riesgos que pueden llegar a afectar a la población, los bienes y la infraestructura existente en el territorio. Entre los cuales, se pueden mencionar las inundaciones, los deslizamientos, los eventos sísmicos, las aglomeraciones de público, los riesgos tecnológicos, entre otros. Estos riesgos, de distintos orígenes y diversa forma en su manifestación, representan retos para la política pública, la cual debe ser coherente con las transformaciones institucionales que se han dado en el país en años recientes. Con la expedición de la Ley 1523 de 2012 se transformó la conceptualización que hasta ese momento se tenía respecto a la prevención de desastres, concibiendo así la gestión de riesgos como un proceso social.

El documento se presenta con carácter analítico y descriptivo, enfocándose en la generación de aportes teórico-prácticos en el campo de la Gestión del Riesgo ante Inundaciones del municipio de Tunja. Los periodos de análisis más importantes para esta investigación, resultan de los acontecidos en los años 2010-2011, cuando se presentó el Fenómeno de la Niña en Colombia y los posteriores avances legales que surgieron finalizada la exposición. Se busca que con los resultados de este proyecto, se ocasionen mejoras en las actividades de prevención y mitigación de daños producto de futuros fenómenos naturales que puedan generar desastres en las zonas con alta amenaza de inundación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1. *Problema de investigación*

- *Identificación del problema*

El desarrollo territorial de la ciudad de Tunja se ha generado y sigue expandiéndose, en sitios bajo amenaza de inundación que no cuentan con estudios localizados y actuales de Gestión del Riesgo de este desastre en zonas expuestas. Esto genera impactos negativos sobre la sociedad vulnerable, frente a la variabilidad climática existente.

1.1.1. *Descripción del problema*

Es bien sabido que el incremento de la vulnerabilidad genera mayores riesgos por la inadecuada transformación del espacio de las ciudades y de quienes las rodean. El caso de Tunja no es ajeno. Se observa que el municipio, ha ocupado dentro de su territorio zonas bajo amenaza de eventos de inundación a lo largo del tiempo y sigue creciendo de forma permanente en estos sectores, donde por múltiples circunstancias se van generando concentraciones demográficas (mayor vulnerabilidad) en lugares que peligran frente a las variaciones climáticas. Esto unido a las condiciones sociales, económicas, culturales, educativas y políticas de la región, pueden ser factores desencadenantes de un incremento en la vulnerabilidad existente. La población Tunjana requiere estar al tanto de este factor de riesgo que puede estar asociado a su modo de vida y a sus actividades diarias.

Teniendo en cuenta que el cambio climático crea riesgos dinámicos para las sociedades actuales, se hace necesaria una gestión correcta y oportuna de aquellos provenientes de comportamientos medioambientales. El aumento de la intensidad y la frecuencia actual de los eventos extremos de precipitación, proyectados como consecuencia del calentamiento global, plantea importantes retos para la toma de decisiones acertadas. La gestión del riesgo de inundación y la toma de medidas basadas en la “mejor estimación” de escenario, está ligada a instrucciones dadas por grandes instituciones a nivel nacional o hasta internacional, que no logran representar adecuadamente la situación local que vive y presenta un territorio. Las diferencias considerables en los escenarios medioambientales, pueden representar grandes cambios en la adaptación de las poblaciones y su capacidad de respuesta ante emergencias.

Los fenómenos naturales, resaltando las inundaciones, han generado desastres tanto a nivel mundial como nacional. En Colombia y en otros países, las temporadas invernales han despertado, aunque desafortunadamente algo tarde, el interés de los gobernantes y habitantes



de conocer los temas de Gestión del Riesgo y aceptar el aprendizaje para atender situaciones de emergencia. Es importante resaltar que a nivel mundial, se han venido desarrollando estrategias que persiguen la reducción de desastres, en donde lo primordial es la concientización de las comunidades acerca de las situaciones de riesgo a las cuales están expuestas, para formar personas resilientes. Este tema de prevención y resiliencia es de vital importancia en todas las sociedades, sin embargo el nivel de educación actual sobre estos temas en el municipio de Tunja, como en otros lugares del mundo, se encuentra insuficiente.

La ciudad de Tunja, Boyacá, comprende a lo largo de su paso, los Ríos Jordán y La Vega. Estos ríos se caracterizan por haber definido el orden y la distribución urbanística de la ciudad de Tunja. A pesar de que su morfología de cause, no demuestra amplias dimensiones de ancho, estos cuerpos de agua han jugado un papel importante en el uso que les ha dado el municipio y su comportamiento en lo correspondiente a los periodos de 2010 y 2011, en donde se presentaron altas intensidades de precipitaciones y se evidenció una huella de inundación en la capital del Departamento. Las zonas de esta huella, corresponden a los barrios Pozo Donato, Las Quintas, Mesopotamia, Santa Inés, El Asís, Los Muiscas, Manzanares, El Curubal, Los Rosales, Quince de Mayo, El Triunfo, La María, Villa Luz, La Avenida Universitaria, entre otros sectores que se vieron afectados en ese entonces. Además, según informe de Corpoboyacá Tunja cuenta con 185 ha susceptibles a inundación.

De acuerdo a una encuesta desarrollada por la cruz roja seccional Boyacá, en el 2010, tras la inundación sufrida en la ciudad de Tunja, se estimó que el 62% de los afectados perdieron bienes materiales, el 13% sufrió daños estructurales en sus viviendas y el restante 25% representó pérdidas totales de automóviles, alimentos y materiales. La alcaldía de Tunja en el 2012, mostró en un informe que el colapso de tres estructuras en el sector de sol de oriente, pudo haberse evitado si la ciudad contara con tecnologías para la mitigación y adaptación a la variabilidad climática. La problemática de inundaciones en la ciudad, se debe a la falta de manejo y gestión ambiental de ecosistemas degradados (Manrique Abril, Manrique, & Manrique Abril, 2007). Simultáneamente, la pendiente pronunciada de la cuenca, representa una respuesta hídrica más rápida y, teniendo en cuenta que se han desarrollado construcciones en zonas aluviales, así como en laderas sin tener en cuenta procesos de erosión, se generan afectaciones a las personas que viven en las rondas de los ríos y a los que amenazan las intensas lluvias.

- ***Preguntas de investigación, para el presente proyecto:***

Mediante el presente proyecto se pretende aportar en la solución de la problemática expuesta, evaluando la vulnerabilidad actual de los sectores escogidos y generando propuestas que contribuyan al sustento de las actividades enfocadas en la Gestión del Riesgo

municipal. Para ello, se irán resolviendo las siguientes preguntas a medida que se realiza la investigación:

-¿Cuáles son los potenciales desastres de una inundación en la ciudad de Tunja y en qué sectores?

-¿Cómo monitorean, interpretan y responden al riesgo, en la ciudad de Tunja?

-¿La comunidad vulnerable a eventos de inundación, cuenta con un Plan de Gestión del Riesgo?

-¿Cómo enfrenta, la población, una amenaza de inundación?

-¿Qué saben la comunidades sobre las amenazas y las vulnerabilidades?

-¿Cuáles estrategias serían indicadas para implementar en la ciudad, frente a la problemática existente de inundabilidad?



2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo general

Ofrecer herramientas para enriquecer la Gestión del Riesgo y reducir la vulnerabilidad ante eventos de inundación, en zonas con alta amenaza de la ciudad de Tunja, Boyacá, Colombia.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar falencias existentes en la planificación y el desarrollo territorial del municipio de Tunja, que involucren sectores inundables.

- Evaluar por medio de encuestas la vulnerabilidad existente, desde la percepción social, en las zonas escogidas por su alto nivel de amenaza ante eventos de inundación en la ciudad de Tunja.

- Generar lineamientos que promuevan la aplicación local de la Gestión del Riesgo de inundación en la ciudad de Tunja, según información analizada.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Tunja, siendo capital del departamento de Boyacá, en Colombia, es una ciudad intermedia que presenta constante desarrollo en sectores amenazados por inundación. A nivel nacional e internacional, se ha observado que el crecimiento acelerado y desordenado de las últimas décadas, requiere nuevos modos de pensar las ciudades emergentes (o intermedias). Estas son las que presentan las mayores tasas de crecimiento, sobrepasando las “mega ciudades” (Findeter et al., 2017). Los retos que se enfrentan para lograr un desarrollo sostenible, se dirigen a la mitigación de problemáticas que han tenido lugar en diversas ciudades y que no se repitan los errores en las nuevas comunidades. En la ciudad de Tunja, se hace relevante el análisis de las principales problemáticas existentes en su desarrollo, frente a las amenazas de inundación. Desde las existentes en su constante crecimiento territorial, su apoyo institucional y la misma actitud y percepción social de los habitantes de sectores amenazados.

Actualmente existen diversos métodos para tomar medidas frente a las amenazas existentes de eventos de inundación. Se han desarrollado estudios en los que se resalta la responsabilidad administrativa desde políticas públicas o acciones no estructurales, que incluyen la participación activa de todas las partes interesadas, así como la propia promoción de cultura consciente en sociedades -como la Tunjana- que muchas veces no se encuentran preparadas al no considerar los eventos poco recurrentes. Otras medidas pueden ser estructurales y adaptativas al medio ambiente que las rodea, para generar menores impactos en la sociedad y en la naturaleza. Por medio del desarrollo de esta investigación se resalta la relevancia de estudiar estas metodologías, para no esperar que en momentos de desastre exista improvisación y total desprotección en áreas amenazadas del municipio.

Dentro de la importancia de este proyecto, está la priorización del punto de vista de percepción, para promover la necesidad de una conciencia preventiva en la sociedad actual. Los índices de afectación mostrados por el Fondo de Adaptación en el 2011, demuestran que en Colombia se presentaron eventos de emergencia que hicieron que la nación entendiera la necesidad de priorizar la gestión ambiental y del riesgo en la agenda pública con el propósito de contribuir con la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible, al adoptarse la política para la gestión del riesgo de desastres -ley 1523 de 2012- (Colombia, 2012). Así es como este proyecto busca motivar las buenas prácticas en el territorio municipal sobre gestión de inundaciones, directamente derivados de la necesidad de planificar el desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible y la efectiva participación de la población.



Las pérdidas sociales, económicas y ambientales que generan los desastres naturales, retienen el desarrollo social urbano. Hasta la etapa de recolección de información del presente proyecto de investigación, la ciudad de Tunja no cuenta con información detallada de Gestión del Riesgo local, frente a eventos de inundación, en las zonas que presentan alta amenaza de estas ocurrencias. Por ello, es de gran importancia para los entes gubernamentales y para los residentes de las propiedades escogidas en este proyecto, que se cuente con un estudio local de vulnerabilidad social según información recolectada por medio de encuestas. Se requiere una visión integradora del riesgo de inundación, en donde el componente social adquiera relevancia trascendental para contar con mejores niveles de seguridad colectiva.

El documento tendrá un carácter analítico y descriptivo, enfocándose en la generación de aportes teórico – prácticos en el campo de la Gestión del Riesgo ante Inundaciones y la vulnerabilidad desde la percepción social, existente en las zonas con alta amenaza del municipio de Tunja. Los periodos de análisis más importantes para esta investigación, resultan principalmente de los acontecidos en los años 2010-2011, cuando se presentó el Fenómeno de la Niña en Colombia y los posteriores avances en temas legales que surgieron finalizada la exposición a este fenómeno. Se busca que con los resultados de este proyecto, se ocasionen mejoras en las actividades de prevención y mitigación de daños producto de futuros fenómenos naturales que puedan generar desastres en las zonas con alta amenaza de inundación.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Estado de Arte

4.1.1. Eventos de precipitación e inundaciones en Colombia

Colombia es un país ubicado en el norte de Sur América y así como su posición geográfica le ofrece una gama diversa de bosques, flujos de aire y suelos, también se genera en su extensión una dinámica meteorológica e hidrológica compleja. Esta dinámica se desarrolla tanto por factores de carácter planetario como por factores regionales y locales, convirtiendo su previsión en un reto científico que exige esfuerzos económicos, logísticos y de investigación. El Estado colombiano, durante más de 100 años, mediante leyes y decretos se ha esforzado por implementar el manejo adecuado de los recursos naturales; sin embargo, aún persisten asentamientos humanos y desarrollos productivos en zonas inundables donde la ocupación del territorio ha estado acompañada de desastres. Además, la concentración de la población en las áreas urbanas es cada día mayor, lo cual suele ubicar a los fenómenos naturales extremos (crecidas repentinas, lentas y sequías hidrológicas) como eventos indeseados y como causa parcial del malestar económico y social (IDEAM, 2008).

Durante los últimos años, la climatología de Colombia ha tomado rangos de precipitaciones mayores a los promedios registrados a través de los tiempos. Principalmente durante la ola invernal ocurrida entre el año 2010 y 2011, gracias al fenómeno de la niña. Dentro de este periodo de tiempo, los desastres naturales a lo largo del país fueron dejando secuelas en cada departamento afectado. La manifestación de la ola invernal en el territorio nacional estuvo determinada por periodos de intensas lluvias, afectando diversas comunidades con inundaciones, avalanchas y remociones en masa. Cada evento de la niña es diferente y su repercusión en el clima a nivel nacional está dado tanto por su intensidad, como por la interacción que se puede presentar con otros fenómenos. La información histórica indica que las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias en Colombia, pueden explicarse por la variabilidad climática, causando sequías extremas y lluvias extraordinarias con un efecto negativo sobre el medio físico natural que genera impacto social y económico negativo en el país (BID, 2012).

El incremento de las precipitaciones en diversos territorios a nivel nacional, aumenta de manera significativa la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en diferentes zonas, así como los deslizamientos de tierra que se generan por la saturación del agua en los suelos. En estudios desarrollados a nivel nacional, por desastres ocurridos en departamentos como Antioquia, se encontró que la creciente proporción de desastres reportados, se asocia a las amenazas hidrometeorológicas como deslizamientos, inundaciones y avenidas torrenciales.



Este tipo de desastres, ligados a la consecuente acción humana, se relacionan con los procesos existentes de degradación ambiental que caracterizan varias zonas del territorio nacional y que incrementan su ocurrencia, frecuencia y magnitud (Polanco, 2005).

Existen cinco áreas hidrográficas en Colombia que se asocian a sus principales vertientes. La del Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Pacífico y Amazonia, las cuales contienen 40 zonas hidrográficas y en estas a su vez identifican 316 sub-zonas hidrográficas. El IDEAM definió a nivel nacional las áreas inundables periódicamente con respecto al área de los cuerpos de agua. Uno de los factores que afecta el escenario de inundación es el generado por la variabilidad y Cambio climático. El IDEAM generó los mapas (shape) Zonificación de amenaza por inundación para Colombia. El IDEAM, el IGAC y el DANE elaboraron en 2011 el Mapa de Zonas inundadas en Colombia asociadas al fenómeno de la Niña 2010 -2011 (IDEAM, 2015). Los daños económicos corresponden aproximadamente al 2% del PIB del año 2010, siendo los sectores con mayores daños, el sector vivienda: 39%, transporte: 38% e infraestructura social: 11% (IDIGER, 2018).

A nivel regional, en Boyacá, se ha observado una problemática ambiental sobre ecosistemas estratégicos para la región. Estudios identifican los diferentes actores y las causas más reportadas de desastres, en los que se resaltan las lluvias. Sin embargo, un porcentaje es debido a las actividades antrópicas que integran la intervención, desviación e invasión de cauces, la deforestación y el sobrepastoreo intensivo, la minería, diversas intervenciones inadecuadas sobre la llanura de inundación como extracción de materiales para construcción, movimiento de tierras, malos manejos de aguas lluvias y residuales, entre otros. Pero a pesar de haberse generado algunas propuestas para intervenir las malas prácticas y desequilibrios ecológicos, todavía existen riesgos para la seguridad y salud de las personas por las actividades inapropiadas en el sector (Torres Cruz, 2009).

4.1.2. Gestión del Riesgo de Inundación a Nivel Internacional

Con la creciente preocupación a nivel internacional respecto al aumento en la frecuencia y severidad de los desastres y las amenazas naturales, debido en parte a factores relacionados con el cambio climático, existe cada vez más voluntad en muchos países para poner en marcha medidas políticas, legales, técnicas, económicas e institucionales que reduzcan los efectos destructivos en los modos de vida de las personas y comunidades (FAO, 2009).

La información para la toma de acciones, debe estar evaluada y planificada según el entorno. Frecuentemente, se acostumbra a guiarse de experiencias históricas a la hora de tomar decisiones, sin embargo, se deben tener en cuenta los diversos escenarios que se pueden presentar a futuro en determinados lugares, considerando una gama más amplia de

opciones de respuesta en función de los asentamientos urbanos en las zonas de estudio. Con el desarrollo tecnológico actual y con los avances investigativos de los últimos años, no deberían ser generalizados los modelos que representan entornos con características medioambientales diferentes a las propias de espacios definidos. La exploración de las incertidumbres del cambio climático, por medio de metodologías y modelizaciones adecuadas, pueden servir para apoyar el manejo adaptativo de riesgo de inundaciones a niveles puntuales y específicos de las localidades (Judy Lawrence, 2013).

A través de los años, se ha observado que una rápida urbanización trae consigo un impacto adverso en los procesos hidrológicos urbanos, sobre todo en el aumento de los riesgos de inundación, lo que ha de ser superior al tener en cuenta los fuertes e inesperados cambios climáticos. Las inundaciones urbanas también aumentan los riesgos de salud, al causar enfermedades epidémicas, contaminar el agua potable y dañar el medio ambiente en el que se habita. En territorios donde el crecimiento urbano ha llegado a ser extremadamente desmesurado, se ha logrado estudiar más a fondo la necesidad de metodologías adecuadas que permitan una correcta gestión de riesgos de inundación urbana (Chen, Zhou, Zhang, & Du, 2015). Por otro lado, en muchas sociedades todavía no, o hasta ahora, se ve el interés de promover alternativas que integren actividades sobre la representación adecuada de escenarios de problemas urbanos.

La implementación de una correcta gestión del riesgo de desastres, es cada vez más necesaria en todas las comunidades a nivel global. Las múltiples raíces científicas y el desarrollo tecnológico, permiten la introducción de amplios métodos de estudio y prevención del riesgo en localidades que poseen altos peligros frente a los fenómenos naturales. La reducción del riesgo de desastres, ha sido planificada por las administraciones mundiales, promoviendo la importancia de inversión de recursos en investigación, ciencia y tecnología, así como en políticas públicas por parte de cada administración local. Existen estudios que demuestran la importancia de instruirse a fondo acerca de los comportamientos naturales que rodean a las poblaciones, pues de esta forma se previenen hechos que pueden afectar la vida de las personas y sus bienes materiales en casos de emergencias por desastres naturales.

Las políticas de adaptación al cambio climático y la disminución del riesgo por medio de advertencias pertinentes, son cruciales en el desarrollo y crecimiento de las ciudades (Philippe Quevauviller, 2014). Los mecanismos nacionales, departamentales y municipales, deben velar por plataformas que logren hacer frente a las brechas existentes entre política y ciencia. Dentro de la ciencia se identifican avances tecnológicos que permiten la caracterización de riesgos por medio de softwares y la definición de los mismos, por expertos que promuevan las gestiones de integración con la población. La posibilidad de unir estas



dos áreas de investigación, la ciencia del clima y la economía de desastres, puede conllevar al beneficio de las sociedades presentes y futuras.

Grandes desastres naturales han consumido altos costos económicos y pérdidas irreparables de vidas humanas, esto ha logrado disparar al mismo tiempo, el apoyo y socorro de gobiernos y donantes internacionales. La situación actual que se vive en el entorno económico a nivel mundial, ha determinado la necesidad de implementar mecanismos que logren efectivamente la reducción del riesgo a niveles locales. Este es el caso de países con ingresos bajos y medios, pues especialmente son los que han llegado a sufrir desproporcionadamente las pérdidas económicas y humanas por desastres (Michel-Kerjan, 2012).

Dentro del último evento mundial realizado en pro del desarrollo sostenible y la gestión del riesgo, que fue el “*Acuerdo Marco para la Reducción de Desastres 2015-2030 de Sendai*”, se mencionan por primera vez siete objetivos importantes. Estos incluyen reducción sustancial de: la mortalidad mundial en desastres, así como del número de personas afectadas, de las pérdidas económicas en relación al PIB mundial, de los daños del desastre a la infraestructura y la interrupción de los servicios básicos, incluidos los servicios de salud y educación, el aumento en el número de países con estrategias nacionales y locales para la reducción del riesgo de desastres para el año 2020, una mayor cooperación internacional, un mayor acceso a peligros múltiples, los sistemas de alerta temprana e información del riesgo de desastre y evacuaciones (UN, 2015).

4.1.3. Gestión del Riesgo de Inundación a Nivel Nacional – Colombia

La estrategia del Gobierno Nacional, a partir de la declaratoria de desastre por los efectos del fenómeno de la niña en 2010 y 2011, fue de cambios estructurales e inversiones económicas importantes. Actualmente, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres elaboró el Plan Nacional de Contingencia para la segunda temporada de lluvias y posible Fenómeno La Niña 2016-2018, que contiene el contexto del riesgo asociado al fenómeno de la Niña, el marco operacional del Plan Nacional de Contingencias, su Organización y Coordinación. Los cambios estructurales a nivel institucional surgieron con la aprobación de la Ley 1523 de 2012 el 24 de abril, después de 2 años de discusión y análisis.

Se reformó toda la política y manejo de gestión del Riesgo del país, se modificaron las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales y se plantearon herramientas de planeación a nivel nacional y departamental para el manejo de riesgos en el país. De acuerdo a lo aprobado en ésta Ley, el Presidente de la República es el conductor del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y a nivel territorial los responsables de manejar el Sistema de Gestión del Riesgo son gobernadores y alcaldes. Encargados de conservar la seguridad, la

tranquilidad y la salubridad de la comunidad, a través de la implementación adecuada de los planes de gestión del riesgo necesarios. En los Planes de Ordenamiento Territorial que adopten los diferentes municipios, deben incluirse los análisis del riesgo biofísico, económico y socio-ambiental; “el riesgo de desastres podrá ser considerado como un condicionante para el uso y la ocupación del territorio, con el propósito de evitar nuevas condiciones de riesgo y por ende, nuevas evacuaciones y reasentamientos” (Colombia, 2012).

Según el Artículo N° 4 de la Ley 1523 de 2012, se apunta un desarrollo que propende por la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastre, teniendo en cuenta:

- Conocimiento del Riesgo: “proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre”.

- Reducción del Riesgo: “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 nuevo riesgo 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”.

- Manejo de Desastres: “proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación pos-desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación”.

Bajo esta perspectiva, el país tiene el gran reto de implementar los lineamientos establecidos, a fin de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de los colombianos y el desarrollo sostenible de la nación (UNGRD, 2015).

Alrededor del territorio colombiano, se ha venido observando la necesidad de contar con sistemas que permitan predecir con suficiente antelación los eventos riesgosos para las poblaciones, producto de actividades naturales. Las advertencias de riesgos por inundación oportunas, pueden prevenir situaciones de alteración pública y material. Para ello, es



necesario promover los sistemas de alertas tempranas, identificando los fenómenos que suponen una amenaza para los seres humanos y evaluando su peligrosidad. Normalmente, se determina el área de inundación ante determinados eventos, se estudia y se conoce el funcionamiento del sistema hidrológico asociado al cuerpo de agua en estudio y se genera el modelo del sistema.

Existen diversos estudios que han sido encaminados a la investigación de los modelos, presentando las ventajas, las limitaciones y los inconvenientes que presentan para la utilización en determinadas aplicaciones puntuales. De esta forma, se logra hacer un análisis completo de las posibilidades de uso en determinadas localidades, teniendo en cuenta que para eso, se debe contar con la información adecuada requerida por determinado modelo y entender el funcionamiento del mismo, para poder comprender los resultados que está arrojando e interpretarlos aplicados a la zona. En muchos casos no es necesario el uso de modelos distribuidos, por ser muy específicos o por que no se requiere sino la zona de aportación a la salida de una cuenca homogénea. Los modelos que se plantean normalmente, buscan una discretización eficiente de los terrenos en estudio, según el caso y las necesidades (Cea, Vázquez-Cendón, & Puertas, 2009).

Más adelante, en el apartado de metodologías para la prevención del riesgo de inundaciones, se presentan la modelización hidrodinámica y los Sistemas de Alerta Temprana. Allí se describen modelos de simulación como IBER para la representación de escenarios hidrodinámicos mediante software libre. Es importante tener en cuenta que la toma de datos tiempo real, la creación de un sistema de información adecuado y la implementación de los elementos de alerta, pueden llegar a prevenir desastres naturales, al llevar una correcta gestión del riesgo. Los sistemas de alerta temprana son de gran ayuda para reducir la pérdida de bienes y vidas humanas ante eventos extremos.

En ciudades colombianas, se ha comprobado que el monitoreo adecuado y a tiempo del comportamiento de cuerpos hídricos en temporadas de precipitaciones, puede salvar vidas. Un caso reciente, fue el desarrollado en el Municipio de Mocoa, donde se instaló en ríos y quebradas, el sistema de alertas tempranas -SAT-, por las autoridades. La diferencia trascendental que generó este sistema, fue corroborada en 2018. Después de que el 31 de Marzo de 2017 se generara una avalancha en el municipio por el crecimiento de caudales de los ríos, que provocó la muerte de más de 300 personas, casi 400 heridos y 71 desaparecidos, en Agosto de 2018 no se registró ninguna muerte ni heridos, a pesar de que se presentara una avenida torrencial, del 80% de intensidad respecto al fenómeno natural registrado el año anterior (Semana Sostenible, 2019).

4.2. Antecedentes

4.2.1. Gestión del Riesgo de Inundaciones en la Ciudad de Tunja, Colombia

Dentro de la alcaldía de la ciudad de Tunja, se cuenta con la participación activa del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio. Para lo cual se cuenta con planes de contingencia para eventualidades que puedan ocurrir en la ciudad. En cuanto a la organización para la gestión en temporada de lluvias, se cuenta con las siguientes entidades encargadas de coordinar los respectivos pasos a seguir en caso de inundaciones y demás emergencias por el Fenómeno de la Niña: Consejo Municipal de Gestión del Riesgo, las entidades de socorro como Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Tunja, Defensa Civil Colombiana, Cruz Roja Seccional Boyacá, Policía Nacional, Corpoboyacá, Ejército Nacional, operadores de los servicios públicos domiciliarios, Secretarías de Despacho de la Alcaldía de Tunja y el IDEAM.

En cuanto a la ocurrencia histórica de eventos de inundación, Según la información suministrada por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo, con el correspondiente soporte en el Plan de Contingencia Operativo de Temporada de Lluvias y las eventualidades registradas, se ha concluido que dentro de la zona de riesgo alto, se presenta al año por lo menos un evento relacionado con inundación, por el incremento en la afluencia de los ríos la Vega y Jordán que atraviesan la ciudad de Tunja. Históricamente, se puede decir que los meses de mayor afectación con incremento de lluvias son los de Agosto, Septiembre y Octubre, intensificado en el año 2016 por el anuncio del Fenómeno de la Niña. Las causas que se definen con regularidad, para eventuales inundaciones son: los incrementos de precipitaciones, el incremento en el nivel del caudal de los Ríos La Vega y Jordán, el rebose de los sistemas de alcantarillado de la ciudad de Tunja, la activación de los fenómenos de remoción en masa, la contaminación ambiental, la inadecuada disposición de basuras, escombros y residuos en general, así como las malas prácticas del uso del suelo (Consejo Municipal GRD Tunja, 2017).

4.2.2. Estudios realizados en la zona de estudio

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá, ha desarrolla a lo largo de sus planes de acción, encuentros regionales en el departamento, para conocer la percepción social del riesgo, además de otras actividades propias de la institución, encontrando por medio de consultas que el elemento que tiene mayor afectación, según los resultados, es el agua. Ya sea por su calidad, por los vertimientos contaminantes que se realizan en las regiones, por el desabastecimiento que se presenta en algunas zonas o por el exceso, que



ocasiona inundaciones y deslizamientos. Se observa que las comunidades visitadas reconocen que la falta de conciencia tiene repercusiones importantes e irreversibles en el medio ambiente y, manifiestan la necesidad de que la Corporación sume esfuerzos con la academia, entes territoriales, ONGs y demás entidades capacitadas, para desarrollar campañas de educación y sensibilización ambiental (Corpoboyacá, 2016).

En la ciudad de Tunja se han desarrollado estudios acerca de su morfología, encontrando que en las últimas décadas, la ciudad inició un proceso de crecimiento híbrido de formalización del mercado y la informalidad de la autoconstrucción, impulsado por instrumentos normativos que determinaron la expansión de la ciudad de manera incoherente con las condiciones del entorno en que se ubica. Barrios como Mesopotamia, Santa Inés, Pozo de Donato, Las Quintas, entre otros, ubicados muy cerca de los cuerpos de agua naturales, han sufrido de inundaciones. El problema se ha ido mitigando a través del dragado y de la construcción de diques que debiliten el aumento del caudal. Sin embargo, la principal causa de todo esto fue la mala relación entre la forma construida y el medio natural (Chocontá Martínez, 2017).

En la ciudad de Tunja se han venido desarrollando estudios, tanto a nivel nacional por el IDEAM, a nivel institucional local por el Consejo de Gestión del Riesgo Municipal y la Alcaldía, así como a nivel investigativo por proyectos que han presentado modelos que permiten predecir una huella de inundación y peligrosidad acorde con eventos de inundación históricos de la ciudad de Tunja, que permiten identificar puntos de interés a lo largo de los ríos Jordán y La Vega que son susceptibles a desbordamientos. Se mostró que esto puede suceder por falta de capacidad hidráulica de algunas estructuras (como box-culvert) existentes que no se diseñan con estudios hidrológicos adecuados, por lo que al represar el agua se generan inundaciones aguas arriba de estas. También se resalta la necesidad de construir obras de protección en sectores altamente propensos a inundaciones, en el nororiente de la ciudad (De las Quintas a Green Hills) donde se proyectan importantes desarrollos urbanísticos actuales (Caro Camargo & Bayona Romero, 2018).

Los eventos de precipitación debidos a la ola invernal de los años 2010 y 2011, han alertado a las ciudades sobre los posibles riesgos de inundabilidad que traen consigo pérdidas materiales y colapsos. La ciudad de Tunja ha presentado un periodo crítico de inundaciones, esta problemática ha sido desencadenada por aspectos relevantes como el crecimiento poblacional y la impermeabilización de los suelos, agregando fallas en el desarrollo de obras de infraestructura. Existe evidencia que muestra una relación directamente proporcional entre las variables de inundación y deforestación, medida con imágenes satelitales, en los últimos 30 años. “Cada vez es mayor la deforestación y cada vez son mayores las inundaciones” (Perico G & Perico M, 2015).

Es de gran importancia para el desarrollo de esta investigación, analizar los diferentes enfoques de metodologías aplicadas a nivel mundial en cuento a la reducción del riesgo de inundaciones. Entre las prioritarias a estudiar y trabajar en el proyecto, se destacan las acciones encaminadas a empoderar a las comunidades por medio de la Gestión Social del Riesgo, las desarrolladas mediante avances tecnológicos, como las modelizaciones hidrodinámicas, los beneficios de la implementación de Sistemas de Alerta Temprana, las medidas de mitigación por medio de Sistemas Urbanos de Drenaje para zonas densificadas, entre otros que se irán profundizando a lo largo del desarrollo del trabajo de tesis.

4.3. Marco Teórico

Mediante la participación activa de las comunidades, quienes conocen su entorno y sus capacidades, se puede mejorar la gestión local del riesgo. Por ello, se presenta dentro de este marco teórico, la relevancia del conocimiento local, teniendo en cuenta la percepción y la experiencia con la que cuentan las comunidades sobre el territorio que habitan. Después, se presenta una conceptualización de la capacidad de adaptación para el manejo de amenazas, abordando la gestión local del riesgo de inundaciones y la necesidad de participación conjunta. Todo esto, enmarcado en el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo. Finalmente, se presenta un modelo estadístico a utilizar en el proyecto y las metodologías seleccionadas para destacar, sobre la reducción del riesgo de inundaciones.

4.3.1. Conocimiento local del riesgo

La cultura se puede definir como un sistema de creencias, conocimientos y prácticas que es compartido por un grupo humano. Establece formas de percepción y respuesta respecto a la naturaleza que la rodea, según sus contextos, valores, prácticas e ideologías. El análisis de la cultura, permite comprender cómo constituyen los grupos humanos, su relación con el entorno. La gestión del riesgo sobre un territorio, está en función de aquella concepción cultural que se ha construido por sus habitantes. A partir de esto, se definen las estrategias de adaptación, así como sus condiciones de vulnerabilidad. Autores consideran que la concepción de dominio de la naturaleza, como fuente de explotación de recursos, es lo que ha llevado al incremento de la vulnerabilidad social (Cardona, 2004).

La finalidad del conocimiento local es garantizar la seguridad y subsistencia de las comunidades, dentro de su medio específico, bajo condiciones normales y adversas. Gracias al conocimiento local, se implementan estrategias de adaptación basadas en la percepción inmediata y la experiencia acumulada que se tiene sobre su propia naturaleza. En el tema del conocimiento local que tienen los habitantes, sobre las inundaciones, les permite tomar decisiones acertadas para responder ante cualquier evento que dependa de su frecuencia, su



magnitud y las consecuencias que se hayan generado en el entorno. Es por esto, que este conocimiento local, el un resultado del vínculo existente entre estos dos sistemas (natural y humano) que conservan identidad cultural propia (Orlove, Roncoli, & Kabugo, 2011).

El principal aporte de la teoría cultural del riesgo, para el desarrollo de este trabajo, es que esta pone en notoriedad, el problema de la aceptabilidad de los riesgos. La percepción es un acto mediado por la cultura y la experiencia. Desde la cultura, se definen las amenazas que una población debe afrontar y la manera en que debe hacerlo. El riesgo, es la construcción social que a partir de creencias, prácticas y conocimientos se acepta o no, resaltando los estilos de vida que traen consecuencias al medio. Se puede plantear que existen tres influencias sociales que definen la percepción del riesgo: la ciencia, el gobierno y los habitantes locales. La percepción del riesgo, se constituye entonces, gracias a la investigación en la ciencia y a la planificación en el gobierno (Bankoff, Frerks, & Hilhorst, 2004).

En general, las investigación sobre el conocimiento local relacionadas con desastres, especialmente con inundaciones, se han basado en el uso de técnicas participativas, como cartografía social, grupos de discusión, elaboración de calendarios, diagramas, mapas, etc. A partir de estas técnicas, se han establecido datos que demuestran que el conocimiento local, influye en el estado de la cuenca, las áreas inundables, la exposición de los elementos físicos como viviendas e infraestructura, la producción e incremento de vulnerabilidad y el tipo de respuestas adaptativas a la amenaza (Peters, 2008). La exploración y el ahondamiento en el conocimiento local, abren la posibilidad de mejorar la gestión del riesgo de inundación, aportan información del medio ambiente y sobre todo, una mirada alterna a los planteamientos formales de la ciencia y a modelos convencionales de gestión del riesgo, desde la percepción social.

4.3.2. Capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación, se puede entender como el conjunto de actividades encaminadas a afrontar los desastres y a manejar las amenazas, por medio del conocimiento local que se tiene del territorio (Mojica Vélez, 2013). Las medidas de prevención de desastres por inundaciones, pueden ser desde las instituciones. Las entidades públicas pueden realizar la adaptación de los suelos, la regulación de las formas de ocupación del territorio, la implementación de estrategias financieras como seguros o fondos de reserva, la concientización e información a los habitantes, la reforestación o incremento de capacidad natural para almacenamiento de agua y finalmente, obras de protección adecuadas con el medio (Shen, 2009).

Se puede señalar que la capacidad de adaptación, es determinada por el conjunto de recursos existentes en un territorio y la habilidad que se tiene para emplearlos en momentos

necesarios. Según (López, 2008), existen recursos determinantes en la capacidad adaptativa de las poblaciones. Resalta los siguientes:

-Recursos Naturales: Aquellos recursos dentro de un ecosistema, como agua, suelo, vegetación, etc. y los servicios ambientales que favorecen la adaptación.

-Recursos Materiales y Tecnologías: La infraestructura, la producción de materiales y equipamientos, como transporte, salud o viviendas, así como aquellos sistemas tecnológicos disponibles para la adaptación, como los sistemas de comunicación, sistemas de alerta, etc.

-Recursos Económicos: Recursos financieros y económicos que permiten la selección e implementación de opciones para adaptación, como nivel de ingresos, los créditos, ahorros, transferencias, etc.

-Recursos Humanos: Las habilidades, los conocimientos existentes, la conciencia pública sobre la necesidad de adaptación, así como la experiencia, el bienestar de la población, de las ocupaciones, entre otras.

-Recursos Sociales: Redes de relacionamiento, organizaciones sociales, movilización, así como valores (confianza, colaboración, reciprocidad, etc.)

-Instituciones: Promoción de las capacidades de adaptación desde las instituciones, a través de la toma de decisiones y en las actividades que desempeñan.

-Recursos Políticos: El empoderamiento, la participación, exaltación de los derechos humanos, la democracia, la justicia y el derecho.

-Percepción y cognición: Diferentes formas de ver la naturaleza y las amenazas. Incluyendo la percepción de las capacidades de adaptación tradicionales y de las alternativas actuales.

4.3.3. Gestión local del riesgo de inundaciones

La gestión local del riesgo de inundaciones, puede ser vista como aquel proceso mediante el cual se establecen acciones, para reducir la vulnerabilidad y producir adaptabilidad. Todo esto en relación con las amenazas que puede tener un territorio delimitado geográficamente. Este territorio constituiría la “unidad objetivo” de análisis, ya que tiene varios grupos sociales que habitan el mismo medio natural y comparten un modelo determinado de desarrollo. Los municipios en Colombia, con sus entidades territoriales,



pueden desarrollar la gestión del riesgo desde la prevención y atención a desastres, así como a través del ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo (Mojica Vélez, 2013).

Pensar en la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial, debe ser un ejercicio basado en el principio de la participación de la población, de acuerdo con sus conocimientos y fortalezas. La participación en procesos de planificación, tiene como antecedentes, los trabajos de Investigación-Acción-Participación (IAP). Su premisa consiste en que las comunidades, mediante una reflexión autónoma de sus problemáticas, puedan transformar su propia realidad. Esta reflexión no debe ser impuesta, sino motivada por la misma comunidad. El papel de los profesionales de planificación es acompañar los procesos sociales, no controlarlos. Sin embargo, el mal uso de técnicas participativas, ha propiciado los intereses privados; actores que buscan legitimar sus decisiones apoyados en ventajas participativas, cuando necesitan demostrar consentimiento de las personas (Rahnema, 2001).

La pregunta podría estar enfocada en cómo integrar a las comunidades, el gobierno y las investigaciones científicas. La gestión del riesgo, debe ser un proceso en que las comunidades encuentren la oportunidad de fortalecer sus capacidades adaptativas y reducir su vulnerabilidad. Para esto, deben estar comprometidas tanto en la toma de decisiones como en la construcción social del conocimiento. La participación de las comunidades, es un pilar imprescindible de la gestión local del riesgo, el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo. Es un proceso de diálogo y negociación mediante el cual las comunidades, las autoridades y las otras partes interesadas recogen y evalúan información, para elaborar planes e implementar acciones encaminadas a reducir o eliminar el riesgo. Para que la participación sea efectiva, es necesario incorporar el conocimiento local en la gestión del riesgo.

- Gestión Social del Riesgo de Inundaciones

En la mayoría de los casos es posible diseñar acciones que reduzcan los riesgos, por medio de la vulnerabilidad. La gran mayoría, por no decir la totalidad de los llamados desastres, tanto naturales como antrópicos, responden más a condiciones socioculturales que físico-naturales, sobre las cuales es posible incidir a corto, mediano y largo plazo. De allí se desprende una importante responsabilidad política de las administraciones públicas en la generación, o no, de causas y condiciones vulnerables de la población y en el diseño e implementación de políticas de Gestión Social del Riesgo que salvaguarden la vida de las personas expuestas a amenazas. Las políticas establecidas en este contexto deben ser estructurales y no coyunturales, deben barrer las distintas dimensiones que definen las situaciones de vulnerabilidad de las comunidades. Ya que el territorio es dinámico, tanto en su dimensión físico-natural como sociocultural, este es un proceso permanente e iterativo;

jamás se llega a un punto final, sino que demanda la definición de políticas, estrategias y acciones sostenibles en el espacio y en el tiempo (Bohórquez & Enrique, 2011).

- ***Factores de Vulnerabilidad***

La vulnerabilidad de los bienes municipales (población, economía y ecología) depende de los diversos factores interrelacionados propios del municipio (Banco Mundial, 2010):

Factores físicos: Ubicación y resistencia de los bienes con relación al evento amenazante.

Factores ambientales: Corresponden a la manera como la comunidad “explota” los elementos de su entorno natural debilitándose a sí misma y los ecosistemas y su capacidad para absorber sin traumatismos los diferentes elementos traumatizantes.

Factores económicos: Corresponden a la disponibilidad de los recursos económicos (pobreza) en una comunidad, así como la utilización de los mismos.

Factores sociales: Corresponden a los aspectos políticos, organizacionales, institucionales, educativos y culturales en el desarrollo histórico actual y futuro.

4.3.4. Modelo Genérico del Proceso Estadístico – GSBPM

El GSBPM, por sus siglas en inglés Generic Statistical Business Process Model, describe y define el conjunto de procesos necesarios para producir estadísticas oficiales (UNECE, 2019). Provee un marco estándar y una terminología armonizada para ayudar a las organizaciones estadísticas a modernizar sus procesos de producción estadística, así como a compartir métodos y componentes. Además, el GSBPM puede ser usado para integrar estándares en datos y metadatos, como modelo para la documentación de procesos, para la armonización de infraestructuras de cómputo estadístico y para proveer un marco de referencia para mejoras y evaluaciones del proceso de calidad. Es decir que este modelo muestra una serie de pasos para realizar correctamente un análisis estadístico esperado.

El GSBPM es un modelo de referencia. Se pretende que el GSBPM pueda ser utilizado por organizaciones en diferentes grados. Una organización puede elegir entre implementar el GSBPM directamente o utilizarlo como base para desarrollar una adaptación específica de la organización al modelo. Puede usarlo en algunos casos solamente como un modelo de referencia para la comunicación interna de las organizaciones o con otras para aclarar la discusión. Los diferentes escenarios para el uso del GSBPM son todos válidos.



Este modelo es estandarizado a nivel internacional y presenta una guía muy útil para el desarrollo de actividades estadísticas como las encuestas. El modelo recalca la necesidad de considerarse lo suficientemente flexible, para ser aplicado en cualquier escenario. Dentro de sus referentes, sugiere el desarrollo de los estudios estadísticos, basándose en ocho fases, que pueden llegar a ser modificadas o alteradas según la conveniencia y estilo del estudio en el que se vaya a aplicar. A continuación se genera un resumen con las fases que contiene este modelo y se presentan sus principales contenidos y relevancias.

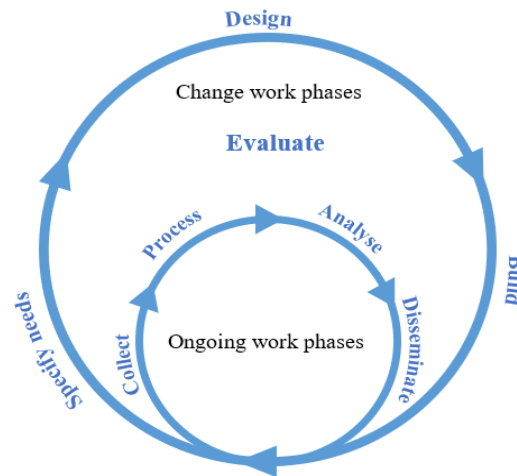


Ilustración 1 – Fases de trabajo del modelo estadístico.
Fuente: (unece, 2019)

Fase 1: Especificación de necesidades

Inicia al momento de identificarse la necesidad de nuevas estadísticas. Incluye actividades asociadas con la participación de los usuarios para identificar sus necesidades estadísticas detalladas, proponiendo opciones de solución de alto nivel.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Identificación de necesidades, -Consulta y confirmación de necesidades, -Definición de objetivos, -Identificación de conceptos, -Comprobación de disponibilidad de datos, -Elaboración del plan general.

Fase 2: Diseño

Se describen las actividades de diseño y desarrollo, así como cualquier trabajo práctico de investigación que se necesite para definir los productos de las estadísticas, los conceptos, las metodologías, instrumentos de recolección y procesos operativos. En esta fase, es posible la adaptación o reutilización de los elementos de diseño de procesos existentes.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Diseño conceptual, -Diseño de las descripciones de las variables, -Diseño de la recolección, -Determinación del marco muestral y tipo de muestreo, -Diseño del procesamiento y análisis, -Diseño de los sistemas de producción y de los flujos de trabajo.

Fase 3: Construcción

Construye y prueba la solución de producción al punto en el que queda listo para ser utilizado en un ambiente “en vivo”. Los resultados definen todos los instrumentos y procesos que se ensamblan y configuran para crear el ambiente operativo completo y finalmente poder correr el proceso.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Construcción de instrumentos de recolección, -Construcción o mejora de componentes, -Construcción o mejora de componentes de difusión, -Configuración de flujos de trabajo, -Pruebas al sistema de producción, -Prueba piloto del proceso estadístico, -Finalización del sistema de producción.

Fase 4: Recolección

Recopila toda la información necesaria. Puede incluir la validación de formatos de conjuntos de datos, pero no incluye ninguna transformación de los mismos.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Conformación del marco muestral y selección de la muestra, -Preparación de la recolección, -Ejecución de la recolección, -Cierre de la recolección.

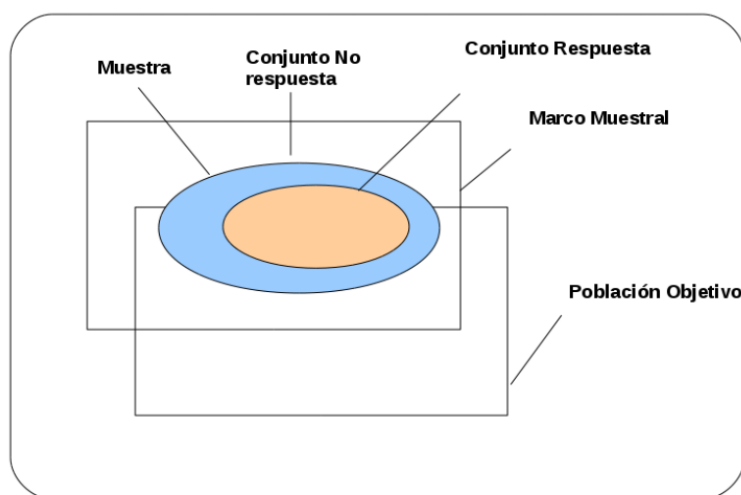


Ilustración 2 – Relación entre Marco Muestral, Población Objetivo y Conjunto de Respuesta.

Fuente: (Álvarez, 2010)



Fase 5: Procesamiento

Se describe la limpieza de los datos y su preparación, para ser analizados. Las actividades que conforman las fases de “Procesamiento” y “Análisis”, pueden iniciar antes de que la fase de recolección termine. Lo que permite la compilación de resultados preliminares cuando el tiempo es una preocupación relevante.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Integración de datos, -Clasificación y validación, -Revisión y validación, -Edición e imputación, -Derivación de las nuevas variables y unidades, -Cálculo de ponderadores, -Cálculo de agregaciones, -Finalización de los archivos de datos.

Fase 6: Análisis

Se obtienen los resultados estadísticos, se examinan a detalle y se preparan para difundir. Incluye la preparación del contenido, con notas técnicas y demás comentarios, asegurándose que los resultados sean los aptos para su propósito, antes de la generación de la difusión.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Preparación de borradores de resultados, -Validación de los resultados, -Interpretación y explicación de los resultados, -Aplicación del control a la divulgación, -Finalización de resultados.

Fase 7: Difusión

Maneja la publicación de los productos estadísticos. Incluye todas las actividades asociadas con ensamblar y publicar un rango de productos dinámicos y estáticos por medio de diferentes canales.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Actualización de sistemas de salida, -Generación de productos de difusión, -Gestión de la publicación de productos de difusión, -Promoción de productos de difusión, -Gestión de soporte a usuarios.

Fase 8: Evaluación

Implica evaluar el éxito de alguna instancia específica del proceso, tomando información cualitativa y cuantitativa, para finalizar identificando y priorizando mejoras potenciales.

Esta fase incluye los siguientes subprocesos: -Concentración de insumos para la evaluación, -Evaluación, -Determinación de un plan de acción.

4.3.5. Metodologías para la reducción del riesgo de inundaciones

A continuación, se pretende mostrar algunas metodologías existentes para la reducción del riesgo de inundación en zonas urbanas. Se resaltan las más relevantes a nombrar dentro de esta investigación, además de saber las teorico-prácticas, basadas en estudios de la estimación de la Vulnerabilidad (expuestas anteriormente), se tienen medidas como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), la modelización hidrodinámica y los Sistemas de Alerta Temprana (SAT).

- Herramientas de los Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo

Dentro de la Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo, se apuesta a la gestión del riesgo, al servicio del territorio. Se adopta y promueve la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, por la Ley 1523 de 2012. En esta guía se proveen lineamientos para el estudio de las amenazas, las vulnerabilidades y el riesgo, para establecer acciones a desarrollar en cada territorio. En esta guía se resalta la necesidad de que las administraciones regionales pongan en marcha y mantengan la continuidad de los procesos de gestión del riesgo en cada territorio, así como la integración en la planificación del desarrollo, las acciones prioritarias en esta materia y demás instrumentos de planeación (PNUD, 2012).

Dentro de esta Guía, se resaltan los actores relacionados con el conocimiento y la reducción del riesgo, así como sus roles. Se destacan las secretarías de planeación, las corporaciones autónomas regionales, las secretarías de educación, de infraestructura, el IGAC, el IDEAM, las universidades, las entidades de servicio público y aquellas encargadas del manejo del desastre, como el consejo para la Gestión del Riesgo, la Cruz Roja, la Defensa Civil, la secretaría de salud, las fuerzas militares y de policía, Bomberos, entre otros.

La clasificación de las amenazas (en Naturales, Socio-naturales, Antrópicas y Tecnológicas) se describen por medio de esta Guía. Así mismo, se describe su análisis, según su tipo, la frecuencia, la intensidad y el territorio afectado. Dentro de este apartado de la guía, se proponen tablas que determinan la calificación de cada amenaza (Alta, Media o Baja), según las particularidades de cada territorio. Después de esto, se genera el estudio de la vulnerabilidad según sus factores (anteriormente descritos), su análisis y nuevamente se describe la propuesta para calificación (Alta, Media o Baja). Finalmente, dentro de esta Guía, se presenta una *Matriz de Amenaza y Vulnerabilidad* para la estimación del nivel del Riesgo. Durante el desarrollo metodológico de este proyecto, se ahonda en las calificaciones obtenidas para el caso de estudio seleccionado.



- *SUDS – Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*

Mediante la implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) se pretende que la respuesta hidrológica de un zona urbanizada sea lo más parecida posible a la que tenía en su estado hidrológicamente original. Con los SUDS se potencian dos objetivos entorno al manejo de las aguas pluviales. Por un lado está la redistribución del escurrimiento urbano a través de medidas como el control en la fuente, la atenuación de picos de crecientes, la entrega de descargas controladas/reguladas, la recarga del acuífero y el aprovechamiento del transporte del flujo. Un segundo objetivo es la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua receptores de escurrimientos urbanos.

Entre las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos de los SUDS (Martínez Candelo, 2013), se destacan:

-Conservación de las áreas naturales, suelos y vegetación. El desarrollo urbano orientado a conservar en la mayor medida posible los espacios naturales, los suelos y la vegetación, manteniendo las funciones del ciclo hidrológico del pre-desarrollo, como la interceptación de la lluvia, la infiltración y evapotranspiración. Al maximizar estas funciones se reduce la cantidad de escorrentía que debe ser tratada posteriormente.

-Minimizar las perturbaciones sobre los patrones de drenaje natural. Al reducir al mínimo las alteraciones de los patrones naturales de drenaje, se pretende conservar el tiempo, la velocidad y duración de la escorrentía de la etapa del pre-desarrollo, conservando los hábitats asociados con los cauces y las características morfológicas del drenaje.

-Promover discontinuidades entre las áreas impermeables. Con estas acciones se aumentan las probabilidades de infiltración de la lluvia y la escorrentía, desacelerando la respuesta ante un evento, filtrando la escorrentía, y aumentando la recarga de las aguas subterráneas. Las superficies permeables pueden ser una alternativa a la gestión del agua lluvia.

-Minimizar la compactación del suelo. La compactación afecta la estructura del suelo, reduce las tasas de infiltración, limita el crecimiento de las raíces y la supervivencia de la planta y destruye organismos del suelo. Una reducción de la infiltración crea un mayor volumen de escorrentía.

-Direccionar el escurrimiento de áreas impermeables hacía áreas permeables. La escorrentía fluye más rápido a través de áreas impermeables, además que involucra mayores volúmenes, que favorecen la acumulación de contaminantes. Al direccionar el escurrimiento

hacia áreas permeables se desacelera el tiempo de respuesta, se favorece la infiltración y se puede ganar en el filtrado de contaminantes, antes de que llegue a las aguas subterráneas.

-Almacenar para propiciar reúso. Con la captura y almacenamiento del agua lluvia, se incentiva a que este recurso sea empleado en usos que no requieren agua potable, como jardinería, baños, etc.

-Atenuar eventos de inundaciones. Con medidas como la redistribución del escurrimiento y la captura de un porcentaje del agua precipitada, se espera que los caudales máximos sean laminados y su impacto sobre infraestructura y comunidades sea menor.

-Mejoramiento de la calidad del agua de los cuerpos receptores. Los procesos de filtración de varios de los SUDS, permiten mejorar la calidad de la escorrentía que finalmente llega a los cursos de agua. Además, en varios sistemas, se tiene pre-tratamiento antes de la acción de infiltración o detención, que ayuda en el mismo fin.

-Infraestructura verde o vegetada. Al proponer y aprovechar espacios verdes se recuperan funciones como la evapotranspiración. Además, las coberturas vegetales actúan como retardantes y filtros del flujo.

-Integración con el paisaje. La apuesta por espacios de mayor calidad ambiental, ofrece a los SUDS la oportunidad de presentarse como alternativas efectivas en el control de las aguas pluviales.

- ***Modelización hidrodinámica***

Los modelos que se han utilizado en naciones con un crecimiento urbano desmedido, permiten confrontar parámetros de escorrentía superficial y el normal enrutamiento del flujo por canales de agua naturales que atraviesan las ciudades. Se han propuesto entonces, modelos que evalúan los principales datos que influyen en el comportamiento de los sistemas de advertencia de riesgo de inundaciones, para prevenir la pérdida de vidas humanas y el deterioro de los bienes materiales de las personas. Los pronósticos de inundaciones, presentan un estudio detallado de la zona a estudiar y permiten configurarse con datos topográficos, coberturas de suelo, eventos de inundación simulados con las precipitaciones observadas, interpolando datos de pluviómetros y estimando mediante radares meteorológicos, con lo que se ha logrado encontrar resultados razonables de comportamiento y advertencia del riesgo de inundación urbana en virtud de la rápida urbanización (Yangbo Chen, 2015).



Los datos hidrometeorológicos de alta resolución que permiten la identificación y el análisis de los procesos causales de inundaciones, se han recogido y analizado en diversos estudios durante eventos de lluvias extremas. Los datos recogidos y recopilados para cada evento se comprueban normalmente mediante el uso de los modelos hidrológicos. La derivación y el análisis de resumir variables basadas en el archivo de datos ha hecho posible señalar algunas características de inundaciones en varias regiones morfoclimáticas a nivel internacional. La importancia de los estudios posteriores a las inundaciones en la construcción y ampliación de las bases de datos de crecidas repentinas, y la necesidad para desarrollar nuevos métodos para la evaluación del peligro de inundaciones repentinas capaz de tener en cuenta los datos de análisis de inundabilidad se ven reflejadas en diversos estudios. La importancia de contar con sistemas de medición en áreas que puedan afectar a núcleos urbanos con riesgo de inundabilidad es cada vez más pronunciado a nivel global (L. Marchi, 2010).

Gracias al avance computacional, la modelización hidrológica ha presentado notables avances en la caracterización de procesos físicos, como extensión de la aplicación de conceptos que encierran el comportamiento del agua en sus diversas fases del ciclo hidrológico en el planeta. Existen trabajos enfocados al estudio de modelos que aproximan de manera cercana los procesos hidrológicos generales teniendo en cuenta zonas superficiales, subterráneas en bases hidráulicas basadas en esquemas de volúmenes finitos, aplicando las ecuaciones completas de Saint Venant o simplificaciones (Caro & Ernest, 2012). Se ha observado que aplicando en el software Iber, el módulo hidrológico de transferencia vertical, se ha aproximado el comportamiento de una cuenca, resultando respuestas hidrológicas acertadas, presentando especial interés en el tipo de mallado del modelo de elevación digital. Influye en los resultados, el rendimiento de la simulación y la escogencia del tipo de modelización hidrológico o hidráulico (Caro Camargo & Bladé Castellet, 2011).

Las comunidades representan una importante masa de contribución al bienestar o al daño de los territorios y por ende de las cuencas que atraviesa cada sector urbano, es por ello que dentro de los programas encaminados a la prevención de desastres, se busca su concientización. Existen naciones comprometidas con el manejo y protección de las cuencas hidrográficas, para garantizar una relación adecuada entre el aprovechamiento integral de las mismas y su conservación. Todo ello, con el fin de producir un volumen de calidad de agua según las exigencias del desarrollo social, económico y ambiental del país. De esta forma, se busca prevenir la degradación de suelos por erosión acelerada, la deforestación, los riesgos de inundación y la protección de la riqueza y diversidad biológica de las áreas naturales existentes sobre las cuencas afectadas. Sin embargo, los programas que buscan todos estos beneficios medioambientales, no se han visto muy bien planificados ni ejecutados en países

de bajos recursos o en desarrollo, pues persiste el deterioro ambiental y es importante determinar las variaciones de los sistemas puntuales, dado que cada parámetro es diferente en cada zona de estudio y los elementos que deben constituir el sistema de alertas son distintos. Es allí donde se ve la necesidad de buscar alternativas que realmente representen la actividad de las cuencas por medio de modelizaciones (Silania Savedra, 2004).

- ***Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones***

Un componente crítico de la seguridad pública y la calidad de vida, está presente en la utilización adecuada de las alertas oportunas y su gestión del riesgo. En el caso de las inundaciones repentinas, las observaciones comunes de precipitaciones, no son sistemas capaces de controlar su desarrollo en el espacio ni en escalas de tiempo real. Principalmente porque los mecanismos de generación de estas inundaciones no son altamente conocidos, es necesario generar estudios a nivel local que representen los posibles escenarios que puede enfrentar la población urbana. Existen para esto, estudios generados a partir de recopilación de información de bases científicas, que predicen las crecidas repentinas mediante el avance y la armonización de estrategias de observación de crecidas. En Europa, se observan datos de inundación que se han desarrollado en conjunto coherente entre las tecnologías y las herramientas para sistemas de alerta temprana eficaces. Se ha logrado entonces, en un contexto global, la comprensión de los procesos hidrológicos influenciados por la climatología de las regiones y ofrecer procesos mejorados frente a la implementación de sistemas de alertas tempranas en las comunidades y la predicción de inundaciones repentinas para la toma de acciones adecuadas en cuanto a la gestión del riesgo (M. Borga a, 2011).

Tomando como base el modelo IBER, modelo matemático bidimensional que permite la simulación de flujos en ríos y estuarios, se pueden modelizar las características locales que determinan el comportamiento de los afluentes de las cuencas de la zona de estudio y tienen repercusión en la ciudad de Tunja, después de periodos de lluvias intensas. Se ha demostrado que los enfoques de gestión adaptable a las condiciones del medio, pueden prevenir la eventual ocurrencia de desastres naturales con la pérdida de vidas humanas y materiales de los lugares afectados. Por esto, se hace necesaria la implementación de alertas oportunas que disminuyan o mitiguen los posibles daños que pueden ocurrir en eventos de futuras inundaciones. Las preocupaciones institucionales frente al cambio climático han ido incrementando a través de los años y la gestión del riesgo requiere de ajustes más estandarizados a nivel científico, por lo que se promueve una orientación más elaborada entre la ciencia y la aplicación de sistemas de alertas que puedan determinar adecuada y previamente, situaciones que pueden conducir a daños a niveles locales. Los enfoques basados en riesgos y el papel de las instituciones han jugado un papel determinante en la respuesta ante eventos de desastres naturales (Christian Kuklicke, 2016).



Actualmente, la cantidad de modelos hidrológicos públicos y comerciales, que permiten implementar sistemas de alerta temprana son muy amplios y pueden ser escogidos según las necesidades del usuario, el modelo que se pretenda realizar, las características locales, el número de datos verídicos y las limitaciones del programa. Todos los modelos hidrológicos demandan cada día más exactitud en la aproximación a la realidad de los resultados que arrojan. Por ello es de gran importancia contar con un modelo adecuado para gestionar los recursos hídricos. -El método de volúmenes finitos, es una herramienta que se ha utilizado ampliamente para modelar problemas hidrodinámicos en las desembocaduras de ríos, en evaluaciones de zonas altamente inundables y en el análisis de los efectos de la precipitación en casos reales- (Caro, Bladé, & Acosta, 2012).

Existen documentos que analizan metodologías en las que se implementan tecnologías avanzadas y la aplicación de modelos de catástrofe probabilísticos, logrando estimar los beneficios de las medidas de reducción del riesgo de desastres naturales. Las estimaciones de riesgo que se han hecho bajo la premisa de estos modelos, han sido en lugares como Estambul, Turquía, como caso ilustrativo, así como en otras ciudades alrededor del mundo y han logrado demostrar la importancia que tienen las acciones y medidas preventivas en costos y beneficios generales para los riesgos relacionados a los fenómenos naturales. En estos estudios, se ha llegado a encontrar una diferencia significativa entre las ciudades que cuentan con sistemas implementados, que permiten la advertencia de sitios vulnerables, frente a los posibles riesgos medioambientales que pueden sufrir. Modelos que representan las mejoras en países de desarrollo, por medio de análisis de costo-beneficio, en cuanto a sus sistemas de alertas tempranas y en los que se ve la necesidad de promover su implementación a nivel global (Michel-Kerjan, 2012).

Existen modelos de balance hídrico que están siendo aplicados desde hace pocos años en Colombia, los cuales buscan representar de la manera más adecuada situaciones de la vida real, complejas de estimar. Un ejemplo de esto, es la recarga a los acuíferos, que además de representar la base para un sistema de toma de decisiones en busca de un desarrollo sostenible, es una variable difícil de hallar, pues depende de diversos factores, como lo son la precipitación, la evapotranspiración potencial, la capacidad de retención y de drenaje del suelo, los cuales dependen de la cobertura del suelo, su espesor, las pendientes y determinadas prácticas agrarias que se ejerzan en la zona de estudio. El modelo abcd de Thomas ha sido aplicado a zonas montañosas de la sabana de Bogotá y estudios han presentado los avances obtenidos en la estimación de la recarga, discutiendo las bondades de la optimización matemática aplicada a modelos de balance hídricos de pocos parámetros (Fragala, 2004). El modelo IBER, por otro lado, permite una discretización del terreno con un mallado que puede ser o no estructurado; permitiendo una mayor flexibilidad en la caracterización espacial, lo que es de gran importancia en cuanto a la descripción de la

escorrentía en un entorno 2D. Este modelo tiene en cuenta tanto una modelación unidimensional, como una bidimensional, por lo que es aplicado a situaciones donde sobresalen las dimensiones horizontales sobre las verticales, así como en aquellos donde la simulación unidimensional es efectiva y suficientemente precisa.

Con la actual posibilidad de implementar un tipo de modelo hidrológico con las características suficientes para representar la zona en estudio, se pueden empezar a prevenir casos riesgosos, como las inundaciones, en zonas de alto crecimiento y desarrollo urbano. A nivel departamental del caso de estudio, Boyacá, se observa que los casos de inundación pueden representar daños en la salud de la población. En estudios locales se ha podido encontrar que la contaminación de las cuencas se presenta por diversos vertimientos, algunos controlados y otros sin controlar. La contaminación de los ríos y del ambiente natural de las cuencas, genera la pérdida de fauna y flora, como elementos protectores de vida, además deterioran al ecosistema y al ser humano. Si se estudian las enfermedades que se pueden generar por los contaminantes actualmente incluidos en las aguas, se puede encontrar un riesgo para la salud pública. Los sistemas de alertas tempranas pueden prevenir situaciones de esta clase, consiguiendo una respuesta oportuna frente a casos de inundabilidad. Finalmente es importante tener en cuenta que actualmente la población además de hacer uso del recurso hídrico, también presenta altos índices de contaminación de las aguas aledañas a sus localidades que significan un riesgo epidemiológico por falta de educación ambiental comunitaria (Manrique Abril Fred Gustavo, 2007).

Los resultados devastadores que han sido causados por inundaciones, han logrado generar una afectación tanto al medio ambiente como en la sociedad en general. En diversos lugares del mundo, se ha logrado estudiar desde los eventos de inundaciones frecuentes, las herramientas para alerta temprana. La necesidad se observa en la capacidad de respuesta oportuna que pueden tener las localidades afectadas. Existen estudios que proponen un índice de inundaciones basado en datos satelitales que identifican las áreas que dan origen a la escorrentía y que contribuyen en gran medida en la producción de escorrentía extrema e inundaciones de la cuenca. Los productos satelitales utilizados en los estudios de precipitaciones locales, logran representar adecuadamente en modelos, la precipitación, la evapotranspiración potencial y la cubierta vegetal. Además logran evaluar espacialmente y temporalmente la variabilidad de las precipitaciones por medio de productos espaciales que pueden ser aplicados e implementados como sistemas de alertas tempranas ante inundaciones. Las conclusiones preliminares de los estudios, logran indicar que la distribución espacial de las zonas que causan probablemente la escorrentía, muestran los sitios más propensos a inundaciones (Sifan A. Koriche, 2016).



Glosario

Afluente: Que aporta las aguas a otro río. Cuerpo de agua cuya desembocadura no se produce en el mar, sino que lo hace en un río superior o de mayor importancia.

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.

Conocimiento del riesgo: es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.

Cuenca hidrográfica: Aquella que hace que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos casos, la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar, si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera será una laguna o lago.

Desastre: es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

Estudio de inundabilidad: Caracterización hidrológica de una cuenca y análisis hidráulico de un tramo de río o cauce que tenga que ser objeto de estudio para definir superficies inundables, con el fin de delimitar los espacios que se verán ocupados por hipotéticas avenidas de caudal.

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.

IBER: Modelo que permite la simulación bidimensional de cauces con su módulo hidrodinámico. También cuenta con un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación.

Manejo de desastres: es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación post desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación.

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 nuevo riesgo 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.

Riesgo de desastres: corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

Sistema de Alerta Temprana (SAT): Es un sistema o procedimiento diseñado para advertir con la debida anticipación de un riesgo potencial o un problema inminente a la población, con el fin de proteger la vida y la propiedad.

Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Sistemas encargados de reproducir de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural, previo a la urbanización o acción humana. Su objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico y maximizar la integración paisajística, los valores sociales y ambientales. Afrontan la gestión del agua lluvia desde una perspectiva alternativa a la convencional, tendiendo hacia un desarrollo sostenible.



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. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

Zona aluvial: Zona resultante de la sedimentación de un río. Son amplias franjas de topografía llana y dimensiones que pueden ser de varios kilómetros, que se desarrollan sobre los aluviones depositados por cursos fluviales. También llamadas llanuras de inundación, donde el río corre por un canal y sólo las inunda esporádicamente, depositando de nuevo, al retirarse las aguas una nueva película de aluviones.

5. MARCO METODOLÓGICO

La metodología desarrollada para esta investigación, se enfocó en 4 etapas, direccionadas al cumplimiento de los objetivos específicos planteados para el proyecto. A continuación se muestra un cuadro que resume las actividades desarrolladas y descritas en el transcurso de este libro:

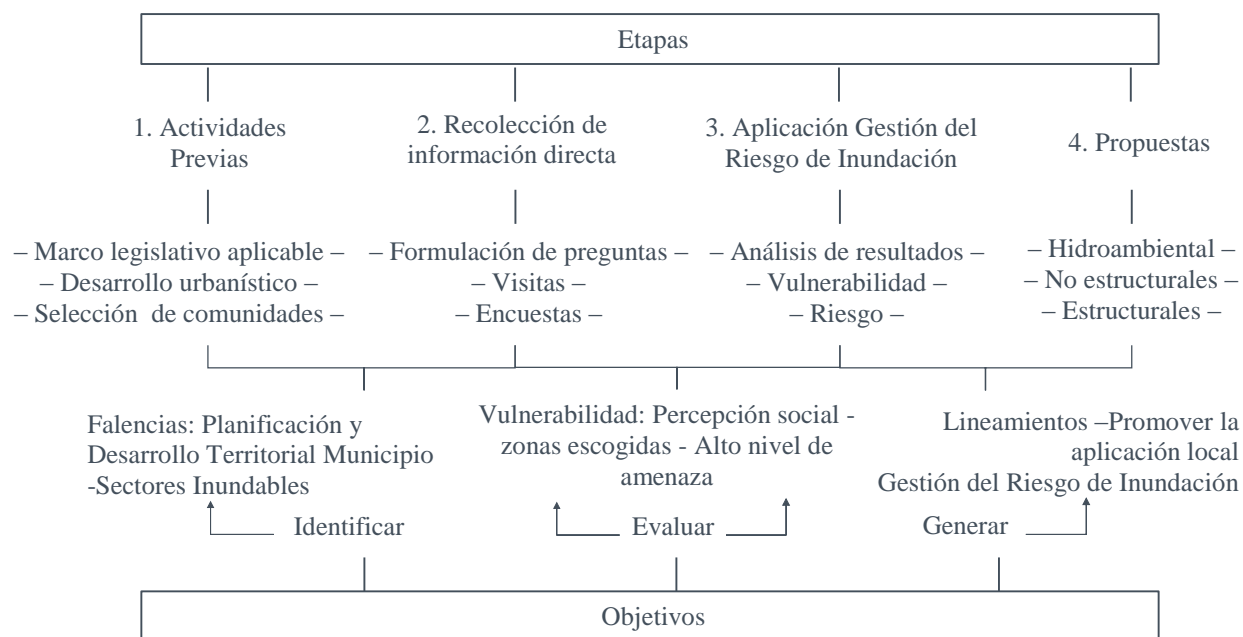


Ilustración 3 – Cuadro metodológico del presente proyecto.
 Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describirán los principales contenidos de las etapas que se presentan dentro del apartado del desarrollo del presente proyecto:

- *Actividades previas*

Principalmente se presenta la descripción del caso de estudio seleccionado – Tunja, Boyacá, Colombia, analizando su ubicación y su contexto actual (tanto social, de exposición de amenaza y legislativo), frente a la temática tratada, inundabilidad. Se genera la revisión de información aplicable a la zona de estudio, con el reconocimiento de las subcuencas existentes y los sectores amenazados por inundación, en donde finalmente se establece la selección de comunidades que se desean ahondar en la presente investigación. La selección de la población se hace teniendo en cuenta la información existente de datos previos que puedan aportar las entidades estatales, su nivel de amenaza, la cercanía a puntos de control meteorológico y la accesibilidad a toma de información actual.



- ***Recolección de información directa***

Mediante esta sección del estudio, se realizan las visitas de campo en las etapas previamente escogidas de los barrios y se da desarrollo a las encuestas necesarias para recolectar la información relevante y suficiente, que ayuda a definir el estado actual de la vulnerabilidad desde la percepción existente en las comunidades, frente a la amenaza de inundación. Para el correcto adelanto de este apartado del proyecto, se hace uso del Modelo Genérico del Proceso Estadístico, se describen las preguntas que se desarrollan en el formato de entrevistas y la relevancia que tiene cada una para la correcta conclusión de la investigación. Para resumir la información que se genera mediante esta etapa, el proyecto deja una lista de las preguntas realizadas (en anexos) con las que en un futuro, se podrá generar una actualización de saberes de la población y analizar sus avances en el tema.

- ***Aplicación de la Gestión del Riesgo de Inundación en la zona escogida***

Para generar la aplicación de la gestión del riesgo de inundaciones en las comunidades seleccionadas, en esta etapa se evalúan principalmente las amenazas existentes en los sectores, su vulnerabilidad según la información recolectada -tanto la suministrada previamente por entidades, como la recolectada en los puntos de estudio-, para finalmente evaluar el riesgo existente. Dentro de este componente de investigación, se hará uso continuo de las leyes actuales existentes en temas de Gestión del Riesgo de Inundación, sus metodologías recomendadas para la evaluación local (Amenaza-Vulnerabilidad-Riesgo) y además se irán aportando procesos propios de este proyecto.

- ***Propuesta de lineamientos estratégicos para la Gestión del Riesgo de Inundación***

En esta sección final del proyecto, se busca proponer desde el punto de vista hidroambiental, estrategias para la ciudad de Tunja de acuerdo al análisis que se genera por toda la información recolectada y teniendo en cuenta legislaciones existentes. También se pretende aportar desde el punto de vista de la gestión pública y la gestión del riesgo de inundaciones, después de observar el nivel de vulnerabilidad existente en las zonas estudiadas y su necesidad de toma de conciencia social frente a los riesgos que los rodean. Además, se apunta a promover la implementación de herramientas prácticas, según las necesidades de la ciudad de Tunja, para aplicarlas en las zonas analizadas y mitigar impactos que puedan generar las inundaciones sobre el territorio y los bienes de la sociedad.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Dentro de este apartado, se genera el adelanto de las actividades mencionadas previamente, para cada una de las etapas propuestas y concretadas de este trabajo de investigación.

6.1. Actividades previas

Como se describió en el apartado del marco metodológico y para lograr el desarrollo del primer objetivo específico del presente proyecto, se siguen los siguientes procesos:

6.1.1. Contextualización de la evaluación del riesgo por inundación

6.1.1.1. Marco legislativo aplicable

Dentro del marco legislativo aplicable a la reglamentación y orientación de la gestión del riesgo en Colombia, se presenta a continuación un recuento del análisis desarrollado dentro de esta etapa, resaltando las normativas más relevantes. Se genera una lista resumen con las principales normativas de orden nacional y su descripción, en forma cronológica. El resumen legislativo, se realizó teniendo en cuenta tres temáticas prioritarias. Principalmente, la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, seguido por el Desarrollo y Ordenamiento Territorial y finalmente, sobre Medio Ambiente y su Gestión del Riesgo.

→Resumen legislativo sobre Gestión del Riesgo de Desastres:

Ley 46 de 1988: Reglamenta la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia.

Decreto 919 de 1989: Muestra la obligatoriedad de incluir la prevención de desastres en temas como ordenamiento territorial, zonas de alto riesgo y asentamientos. Se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Aclara sus funciones, responsabilidades y financiación. Componente de prevención de desastres en los Planes de Desarrollo. Define el rol de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Decreto 93 de 1998: Se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, solicitando incluir aspectos para determinar todas las políticas, acciones y programas, de carácter sectorial, nacional, regional y local, todas las fases de prevención, atención y reconstrucción en relación con los diferentes tipos de desastres. Educación, capacitación y participación de la comunidad y obligación de todas las entidades privadas,



públicas y no gubernamentales a prestar dentro de su competencia la colaboración, con el fin de ejecutar el plan según como la Dirección Nacional lo solicite.

En el artículo 3° del decreto se especifican los objetivos del plan entre los cuales están la reducción de riesgos y prevención de desastres, la respuesta efectiva en caso de desastre y la rápida recuperación de las zonas afectadas y en el artículo 6° menciona las estrategias del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres como la investigación y el conocimiento que se debe tener sobre los riesgos de origen natural y antrópico; la incorporación de la prevención y la reducción de riesgos en la planificación y la socialización de la prevención y la mitigación de desastres con la comunidad.

Conpes¹ 3146 de 2001: Se define la estrategia para ejecutar el Plan nacional para la prevención de desastres PNPAD, en el corto y mediano plazo, contando con lo siguiente:

1-Inventario y diagnóstico de la capacidad nacional y regional de investigación sobre amenazas y vulnerabilidades del país frente a los riesgos de origen natural y antrópico. Apertura de líneas de investigación y formación sobre estas temáticas en las instituciones de educación superior. Programas doctorales nacionales que promuevan este tipo de investigación. Diseño y aplicación de metodologías de análisis del impacto socioeconómico de desastres.

2-Prevención y Mitigación de Riesgos en la Planificación. Expedición de normas que regulen la prevención y manejo de contingencias en sitios de afluencia masiva. Asesoría a los prestadores de servicios públicos en análisis de riesgo y formulación de planes de contingencia. Evaluaciones constantes del DPN en los procesos de reconstrucción con el fin de legislar sobre estas experiencias. Planes de contingencia sectoriales como parte integral de los planes de desarrollo: Análisis general de amenazas, Impactos socioeconómicos de los principales eventos que lo hayan afectado, prioridades de mitigación de riesgos.

3-Fortalecimiento institucional. Evaluaciones de los Ministerios a la Política nacional de Gestión de Riesgo.

4-Socialización de Prevención y mitigación de riesgos. Inclusión en la estrategia nacional de Educación Ambiental el tema de gestión integral del riesgo.

¹ Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes) “Es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país.” (DNP, s.f.)

Decreto 4579 de 2010: Declaratoria de desastre en el territorio colombiano.

Decreto 4580 de 2010: Se declara el estado de emergencia económica, social y ecológica en todo el territorio nacional por término de 30 días.

Decreto 4702 de 2010: Introdujo ajustes a las funciones y conformación de la Junta Directiva del Fondo Nacional de Calamidades para facilitar el manejo de los recursos. De esta manera, el Fondo contará con una Junta Directiva y no con una Junta Consultora. La modificación definió además su conformación y determinó que la Secretaría Técnica de la misma estará en cabeza de la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y de Justicia.

Decreto 4147 de 2011: Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura.

Ley 1523 de 2012: Por medio del cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo y se establece el sistema nacional de Gestión del Riesgo. Actualmente rige esta ley en Colombia. Es la que define a la gestión del riesgo como un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento, estrategias, programas, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, bienestar y calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible. El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres contempla aspectos relacionados con nueva estructura, planificación, financiación y régimen especial. En cuanto a la estructura no sólo se comprometen las entidades del orden nacional, sino las departamentales y locales.

En su artículo 32 la Ley 1523 determinó que los tres niveles de gobierno (nacional, departamental y municipal) deben formular e implementar planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación.

De igual forma, dicha ley establece el abordaje de la gestión del riesgo mediante tres procesos que a su vez se componen de subprocesos que desagregan la forma de aproximarse a los factores del riesgo y a las medidas para su gestión como se muestra a continuación:



Ilustración 4 - Procesos Gestión del Riesgo según Ley 1523 de 2012.

Fuente: (UNGRD, 2017)

Algunos de los aspectos relevantes de esta nueva ley en el entorno Colombiano, son: **La gestión del riesgo transversal en la planeación:** se plantea la obligatoriedad de que todos los lineamientos, programas y proyectos deben hacer parte de los planes de desarrollo. Y además los municipios tienen que hacer planes locales de gestión del riesgo que estén en armonía con el plan nacional de gestión del riesgo. **Cambio de perspectiva:** con la normatividad anterior se hablaba de atención y prevención de desastres, actualmente se habla de gestión del riesgo, es decir que Colombia durante los últimos años, estaba dedicada a atender el desastre, la nueva perspectiva implica prevención de nuevos riesgos y reducción o mitigación de los existentes. Con la nueva ley se está hablando de tres componentes: Conocimiento, Reducción (prospectiva y correctiva), manejo del riesgo de desastres.

Decreto 1807 de 2014: Expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012, se establecen las condiciones y escalas de detalle para incorporar la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial municipal o en la expedición de un nuevo plan.

Decreto 1077 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. En su Título 2 (Planeación para el Ordenamiento Territorial), Capítulo 1 (Instrumentos de Ordenamiento Territorial), Sección 3 de este decreto, se encuentra contenido el anterior decreto, 1807 de 2014, con la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenamiento Territorial POT. Mostrando las escalas de detalle para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los POT municipal y distrital o en la expedición de un nuevo plan.

→Resumen legislativo sobre Desarrollo y Ordenamiento Territorial:

Ley 9 de 1989: En la cual se define la responsabilidad de las autoridades municipales en cuanto a seguridad de los habitantes de las zonas urbanas ante la exposición a fenómenos naturales que causen peligro. La obligatoriedad de los municipios y de sus oficinas de planeación, de tener identificado el mapa de riesgos. La obligatoriedad de adelantar programas de reubicación para los habitantes ubicados en zonas de riesgo o de eliminar el riesgo de tales asentamientos. La intervención del Estado, para evitar la especulación de la tierra de forma que se pueda intervenir en zonas urbanizables y no urbanizables.

Ley 2 de 1991: Esta ley modifica la Ley de Reforma Urbana. En esta ley añaden que los municipios no solo tienen la responsabilidad de levantar la información de las zonas de riesgo, sino que también deben tenerla actualizada. Indica que los alcaldes tendrán la ayuda de entidades pertenecientes al Sistema Nacional de Atención a Desastres, para reducir la vulnerabilidad.

Ley 152 de 1994: Ley orgánica del plan de desarrollo. En la que se ratifica la sustentabilidad ambiental como principio de actuación de las autoridades de planeación y la necesidad de los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

Ley 388 de 1997: Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. En cuanto a lo relacionado con Gestión del Riesgo, se tiene el “Establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, entre otros, la prevención de localización de asentamientos humanos en zonas de alto riesgo”. “Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres...”. “Función Pública del Urbanismo: Mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales”. “Acción Urbanística: Determinar las zonas no urbanizables que presenten riesgos para localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales, o que de otra forma presenten condiciones insalubres para la vivienda”.

En la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial de los municipios se deberá tener en cuenta, entre otros determinantes las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales”. Art. 10. Determinantes de los POT. Numeral 1, literal C. Se relaciona



con la conservación y protección del medio ambiente y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

Decreto 2015 de 2001: Se reglamenta la expedición de licencias de urbanismo y construcción con posterioridad a la declaración de situación de desastre o calamidad pública.

Decreto 4002 de 2004: El alcalde municipal o distrital podrá iniciar el proceso de revisión del plan, las cuáles serán: La declaratoria de desastre o calamidad pública y por los resultados de estudios técnicos detallados sobre amenazas, riesgos y vulnerabilidad que justifiquen la recalificación de áreas de riesgo no mitigable y otras condiciones de restricción diferentes a las inicialmente adoptadas en el POT.

Decreto 4819 de 2010: Se crea el Fondo de Adaptación, entidad adscrita al Ministerio de Hacienda y de Crédito público, con el objetivo de recuperar y reconstruir las zonas afectadas por el fenómeno de la niña.

Ley 019 de 2012: “Ley Anti- trámites” Artículo 189: “Incorporación de la gestión del riesgo en la revisión de los planes de ordenamiento territorial: Con el fin de promover medidas para la sostenibilidad ambiental del territorio, sólo procederá la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo del plan de ordenamiento territorial o la expedición del nuevo plan de ordenamiento territorial cuando se garantice la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y la delimitación y zonificación de las áreas con condiciones de riesgo además de la determinación de las medidas específicas para su mitigación, la cual deberá incluirse en la cartografía correspondiente.”

Ley 1753 de 2015: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2014-2018.

→Resumen legislativo sobre Medio Ambiente y Gestión del Riesgo:

Ley 99 de 1993: Ley de Medio Ambiente. Se crea el Ministerio de Medio Ambiente, en donde se establece que la prevención de desastres es un tema de interés colectivo las medidas para reducir el riesgo son de obligatoriedad. Se le otorgan más funciones a las corporaciones autónomas regionales: - Ser la máxima autoridad ambiental en su jurisdicción, participar en los procesos de planificación y ordenamiento territorial para que el factor ambiental sea tenido en cuenta en todas las decisiones. - Realizar monitoreo, análisis, seguimiento, prevención y control de desastres con las otras autoridades ambientales competentes y asistirles en caso de desastres. (art 29) - Deben prestar asistencia técnica a entidades públicas y privadas acerca del adecuado manejo de los recursos naturales. (art 31).

Decreto 1743 de 1994: Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la

educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente

Decreto 3696 de 2009: Modifica el Decreto 969 de 1995. Red Nacional de Centros de Reserva.

Decreto 1640 del 2012: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: “por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos”. Además, se dictan otras disposiciones como, la planificación e instrumentación, para ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

6.1.1.2. El ordenamiento territorial para la Gestión del Riesgo de Desastres

Desde hace años se tiene como definición del Ordenamiento Territorial, “un proceso planificado de naturaleza política, técnica y administrativa, cuyo objeto central es el de organizar, armonizar y administrar la ocupación y uso del espacio, de modo que éste contribuya al desarrollo humano ecológicamente sostenible, espacialmente armónico y socialmente justo”. El desarrollo territorial así entendido, puede servir como un instrumento de planificación, de regulación y de gestión que puede orientarse tanto hacia el desarrollo territorial (intervención voluntaria y dinámica del Estado sobre el territorio), a nivel nacional regional y local, como hacia la planificación físico-espacial (políticas sobre el uso y la ocupación que puede hacerse de un determinado territorio) (Massiris Cabeza, 1997).

De acuerdo con el artículo 288 de la Constitución Política colombiana, la ley orgánica de ordenamiento territorial establece la distribución de competencias entre la Nación y las entidades territoriales. Aquí, se actuaría bajo normas unificadas e integrales para promover desarrollos de planeación que incluyan todos los componentes tanto del territorio como de la población objeto; la responsabilidad de la planeación es pública de los entes gubernamentales, para garantizar el beneficio general sobre el particular sin motivaciones ni intereses privados o económicos (Vivas Rocha, 2012).

La gestión urbana para la prevención de los efectos de desastres naturales se enmarca en dos ámbitos de acción: la reducción de la amenaza de desastres naturales, cuando es posible, y la disminución de la vulnerabilidad. Las políticas de ordenamiento territorial constituyen un instrumento básico, dentro de las estrategias tendientes a reducir de manera integral y eficaz la vulnerabilidad, frente a amenazas naturales generadas por diferentes riesgos específicos.



Como se observa en el *Resumen legislativo sobre Desarrollo y Ordenamiento Territorial* anteriormente mostrado, existe toda una estructura legislativa respecto a los instrumentos disponibles para que el Estado en Colombia defina, ejecute y controle políticas en materia de desarrollo territorial. Teniendo en cuenta que puede ser tanto a escala nacional como regional, municipal y zonal. En la medida en que estos instrumentos le permitan al Estado tener control administrativo sobre los usos que se le puede dar al suelo, tienen una gran importancia en la definición de estrategias que persigan la disminución de las condiciones de vulnerabilidad frente a las diferentes amenazas y particularmente frente al riesgo de inundación.

Para incorporar la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenamiento Territorial, se tiene como base, el Decreto 1077 de 2015 en donde se mencionan, en el *artículo 2.2.2.1.3.2.1.2. (Art.9, Decreto 1807 de 2014)*, las especificaciones mínimas para la realización de los estudios básicos de amenaza de inundación, para determinar las condiciones en suelos urbanos, de expansión urbana y rural. Se expresa entonces allí, las condiciones de: 1. Área de estudio, que serán aquellas aledañas o no a cuerpos de agua o que hagan parte de su influencia, donde se consideren los casos en que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones, tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencias de drenaje, entre otros. 2. Insumos. 3. Alcance. 4. Productos. Todo esto, es necesario para cada municipio y de gran utilidad en este estudio, para el caso de Tunja (MinVivienda, 2015). En Tunja, actualmente se encuentran avanzando en estos procesos según las especificaciones mínimas para la realización de los estudios básicos de amenaza de inundación. Sin embargo, hasta la fecha de desarrollo del proyecto, no se cuentan con resultados plasmados en el POT.

6.1.2. Descripción caso de estudio seleccionado – Tunja, Boyacá, Colombia

El presente documento se encarga de analizar zonas con alta amenaza de inundación del municipio de Tunja, capital del Departamento de Boyacá, Colombia. A continuación, se muestra una descripción general del caso de estudio, haciendo relevancia en los datos más significativos para el análisis enmarcado en este proyecto. El área de estudio, será específicamente sobre la zona urbana de la ciudad, es decir que no abarcará la zona rural, ni de expansión (Zonas I y II, mostradas en la siguiente ilustración). Dentro del núcleo urbano de Tunja, se pueden encontrar dos cauces principales, el del río Jordán y La Vega, como se muestra en la siguiente imagen.

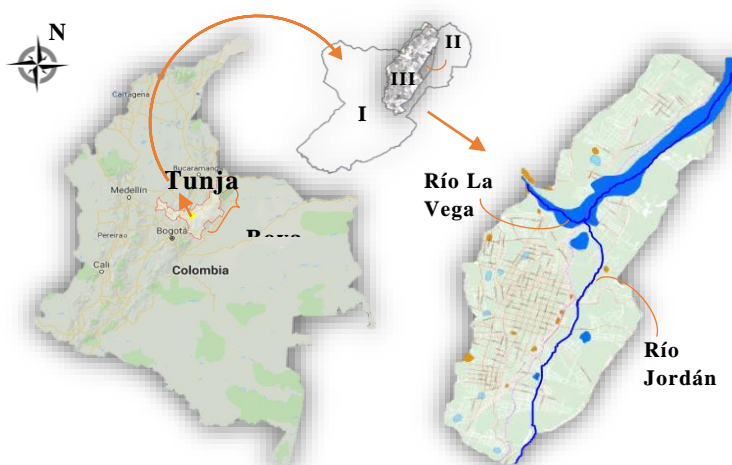


Ilustración 5 – Ubicación zona de estudio. Tunja, Boyacá.

Fuente: Adaptación propia Google Maps, TuSIG y Revisión POT Tunja.

La imagen mostrada anteriormente, es de gran relevancia para establecer las zonas a priorizar dentro de este trabajo. Se puede observar a la derecha la localización de la huella de inundación, producto de los eventos de la ola invernal 2010- 2011. Esto, según la información mostrada en el documento de la primera revisión del POT de Tunja, donde citan como fuente de información al Municipio de Tunja, según el expediente municipal tomado del Comité Local de Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD y de Planeación Municipal (Alcaldía de Tunja, 2014). Ahí mismo, se resalta la ubicación de los Ríos que atraviesan la zona urbana de Tunja, observando que el Río Jordán va en sentido Sur-Norte y el Río La Vega de Occidente a Oriente.

El Municipio de Tunja, se encuentra ubicado sobre la Cordillera Oriental. Sus alturas varían de 2.700 m.s.n.m. a 3.150 m.s.n.m. en la parte más elevada. La extensión de Tunja es



de 121.4 Km² y su temperatura es en promedio 13°C. Tunja es una ciudad estudiantil principalmente, es agrícola y es comercial. Limita por el norte con los Municipios de Motavita y Cómbita, al oriente con Oicatá, Chivatá, Soracá y Boyacá, por el sur con Ventaquemada y por el occidente con Samacá, Cucaita y Sora. Registra 200 desarrollos urbanísticos en la zona urbana y 10 veredas en el sector rural: Barón Gallero, Barón Germania, Chorroblando, El Porvenir, La Esperanza, La Hoya, La Lajita, Pigua, Runta y Tras del Alto.

Actualmente, se cuenta con proyecciones municipales que demuestran los estimativos de población a nivel nacional, desarrolladas por el DANE. En el caso de Tunja, se proyecta que la población municipal haya superado los 206 mil habitantes para el año 2020, como se muestra en la siguiente ilustración. Esto representa un crecimiento continuo del casco urbano, que actualmente se ve demostrado y soportado por el crecimiento urbanístico en la zona norte de la ciudad.

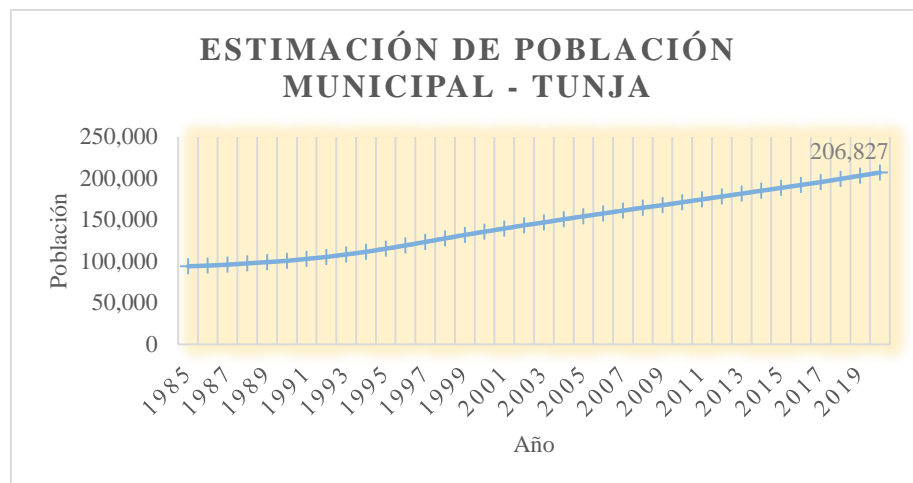


Ilustración 6 – Estimación y proyección de la población municipal - Tunja.
Fuente: Adaptación propia, según informe (DANE, 2011)

Hidrología e Hidrografía: Para realizar un mejor entendimiento del comportamiento del recurso hídrico en la región, se han desarrollado estudios basados en datos hidrometeorológicos disponibles. Estos datos los suministra el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

- Precipitación: Para los análisis de precipitación, normalmente se hace uso de los valores recolectados por las estaciones hidrometeorológicas más cercanas a la ciudad. Dentro de los estudios realizados, se han tomado las estaciones de Panelas, Villa Carmen, Pila La FCA, El Encanto, UPTC, Teatinos y Col. Dptal. Agrop. De los resultados más exactos para la zona urbana a estudiar del municipio de Tunja, se pueden resaltar los de la Precipitación Media Multianual de la estación UPTC, en la que se registra un comportamiento bimodal,

cuyos picos de precipitaciones máximas se ocasionan en los meses de Abril (para primer periodo de lluvias) y en Octubre (para el segundo periodo de lluvias). Según los datos facilitados por el IDEAM, el valor máximo de precipitación acumulada mensual, hasta el momento, correspondió a 303,3 milímetros sucedido en el mes de Abril de 2012.

- Temperatura: La temperatura promedio de Tunja es de 12,9°C. En cuanto a sus temperaturas máximas, a medio día pueden llegar a ser entre 25°C y 26°C, mientras que en las madrugadas no superan los 18°C.

-Brillo Solar: El sol alcanza a brillar cerca de 6 horas diarias en los meses secos, mientras brilla cerca de 4 horas diarias en meses lluviosos.

- Humedad relativa: La humedad relativa del aire oscila entre 77% y 82% en el año.

- Cuerpos de Agua: La Represa de Teatinos, es el principal recurso hídrico de la ciudad de Tunja, pues abastece a toda el área urbana y se apoya de un acuífero subterráneo que se ubica bajo todo el área (tanto rural como urbana). El municipio también cuenta con los ríos nombrados anteriormente, los cuales hacen parte de su determinación morfológica a nivel urbano. El Río Jordán ingresa desde el sur de la ciudad, siendo parte de la cuenca alta del Río Chicamocha y es canalizado en varias franjas a lo largo de su paso por la ciudad. Mientras que el Río La Vega, ingresa por el Nor-Occidente, atraviesa la UPTC y desemboca en el Río Jordán a la altura del Barrio Las Quintas.

- Cuencas: Tunja se encuentra ubicado, dentro del área de influencia de la Macrocuenca del Magdalena-Cauca y la Macrocuenca del Orinoco. Así mismo está dentro del área de la Zona Hidrográfica de Meta y Sogamoso. Finalmente se ubica dentro de la Subzona Hidrográfica relevante para este proyecto, pues abarca toda el área urbana, que es la Cuenca del Río Chicamocha.

6.1.3. Falencias existentes en el desarrollo territorial del municipio

Se puede decir, que desde el Gobierno Nacional y ciertas veces Local, se han escuchado frases que culpan a la lluvia por todos los desastres que llega a ocasionar. Sin embargo, se desconoce la realidad de los territorios que administran y se enfocan en la atención humanitaria después del desastre. Las inundaciones sí se presentan por exceso de lluvias en ocasión del fenómeno de la niña, pero además se debe tener en cuenta que a nivel nacional se ha construido en rondas de ríos, o por debajo de su cota, en áreas de protección, en rellenos de humedales y tampoco se ha hecho gran labor en realizar obras estructurales que prevengan o mitiguen estos riesgos. Colombia estuvo expuesta al fenómeno de la niña, que por causa



del cambio climático, tuvo una intensificación en las lluvias y sin embargo, los grandes estragos que se causaron, son producto de la suma de años de manejo irresponsable del suelo y ocupación de zonas protegidas que dejaron al país totalmente vulnerable, el desastre se materializó con las inundaciones que vivió el país durante 2010 y 2011.

Teniendo en cuenta la información presentada en secciones anteriores, es de recalcar la necesidad de propender la inclusión de la Gestión del Riesgo de Desastres dentro de la correcta formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial, dejando a un lado la necesidad económica de crecimiento, al incluir desproporcionadas cantidades de edificaciones en pequeñas áreas. Ya los eventos producto de los cambios climáticos inesperados, han demostrado que es de mayor relevancia la conciencia prospectiva que la reactiva. En cualquier ciudad, debe primar la protección de la vida y el cuidado de los bienes públicos que el beneficio de pocos. La expresión de la cultura de una sociedad, estará manifestada por la forma urbana que la constituye, las dinámicas y relaciones con el entorno natural, su diseño urbano y su vitalidad en el contexto morfológico.

Cuando se estudia la ciudad de Tunja, se encuentra que la relación entre la construcción de viviendas y la naturaleza, no cuentan con estudios a profundidad. Las intervenciones realizadas en la zona urbana, ya sean de origen privado o público, desobedecen la calidad espacial, convirtiéndose en ambientes monótonos y repetitivos, donde el espacio público no es suficiente y, en el norte de la ciudad, crea proyectos de gran envergadura sobre zonas aluviales, con riesgo de daños por eventos climáticos como las inundaciones. Muchas de las viviendas de familias con alta capacidad adquisitiva, se ubican actualmente al norte de la ciudad de Tunja. Mientras algunos macroproyectos de vivienda como los promovidos por el Estado, se ubican al sur de la zona urbana del municipio.

La calidad del espacio urbano producido al norte de la ciudad de Tunja, no logra alcanzar buenos niveles, pues a pesar de localizarse en zonas de estratos altos, estudios enfocados en la línea de transformaciones urbanas y diseño urbano, alcanzan a mostrar que la configuración de estos sectores no garantiza la aparición adecuada de espacios públicos, ni su articulación con el sistema de equipamientos, ni su transición entre medio construido y natural y tampoco con vías adecuadas de acceso y comunicación con el resto de sectores urbanos. Normalmente, se muestra que el proceso de configuración de la ciudad, se encuentra bajo la normativa que se enfoca en determinar índices de ocupación de cada predio, que no muestra imagen coherente con las necesidades de Desarrollo Urbano que se demuestran en estudios a nivel nacional e internacional (Chocontá Martínez, 2017).

A lo largo de la ciudad de Tunja y no como evento actual, se ha observado la desmesurada presión por la construcción de urbanizaciones que, en periodos anteriores se realizaron bajo la modalidad de loteo y que cuentan con predios disponibles, que muy

seguramente experimentarían el fenómeno de re-densificación espontánea producto de aquellos promotores que prefieren desarrollar pequeños edificios de vivienda multifamiliar, en lugar de una vivienda unifamiliar como realmente estaba previsto. Este fenómeno, según proyectos relacionados con el tema, se presenta por errónea interpretación de la norma al aprobar ciertos proyectos, las transformaciones posteriores a la aprobación, que no se detectan o se toleran y la presión inmobiliaria.

Cuando estas acciones se generalizan, los barrios empiezan a tener dificultades, porque fueron pensados para densidades menores y de acuerdo a esto, tienen establecidos sus perfiles viales, las cesiones para espacios públicos, las dotaciones, así como la capacidad de las redes de servicios públicos. En Barrios al norte de la ciudad, pueden apreciarse re-densificaciones (Hidalgo Guerrero, 2010). Lo preocupante aquí, y de relevancia también para este estudio, es la necesidad actual de que se establezcan medidas que contrarresten los riesgos asociados a los Desastres Naturales y que la ciudad cuente con un Plan de Ordenamiento Territorial capaz de adecuar su percepción reactiva a una percepción preventiva. La necesidad de contar con instrumentos adecuados para la Gestión del Riesgo, debe primar sobre el desarrollo desproporcionado de la construcción y crecimiento urbano.

En la ciudad de Tunja, se presentan diversos barrios del norte, como el Barrio Santa Inés, Las Quintas, el Quince de Mayo, Los Muiscas entre otros, que presentan gran congestión en horas pico (alrededor de las 8 am, de las 12 m y de las 7pm). Esto, porque la gran cantidad de habitantes de los sectores concurren a las mismas horas en las vías y estas se vuelven intransitables. Si a esto se le sumara la eventualidad de altas precipitaciones, donde normalmente se llega a generar una lámina de agua sobre la Avenida Universitaria (Que va de sur a norte, al nor-oriente de la ciudad), desfavorablemente, los encargados de la Gestión del Riesgo de la ciudad no se encontrarían en condiciones óptimas para atender cualquier tipo de emergencia ocurriente en su momento.

Durante el desarrollo del segundo objetivo específico, se continúa adelantando la siguiente metodología:

6.1.4. Sectores vulnerables ante inundación y selección de comunidades ***- Revisión de información aplicable sobre la zona de estudio***

Se encuentran los lugares vulnerables desde el punto de vista de inundabilidad, a partir de los resultados que han arrojado los modelos hidrodinámicos de la zona en estudio. El área inundada en el municipio de Tunja, hace parte de las zonas aledañas al Río La Vega y al Río Jordán principalmente en su paso por el área urbana y se identificaron siete sectores (San Ricardo, La Granja –UPTC, Parque Recreacional – La Sexta, UPTC costado derecho, Pozo



Donato y Barrio Cristales parte baja, Avenida universitaria – Barrio 15 de mayo, Avenida universitaria – Barrio Las Quintas hasta el Barrio tejares del Norte); zonas que, por las condiciones geológicas y geomorfológicas de la cuenca corresponden a depósitos de origen cuaternario y que se caracterizan por mantener una geforma y pendiente constante a lo largo de toda las zonas afectadas.

El Municipio de Tunja, cuenta con diferentes documentos solicitados y revisados durante este proyecto, para analizar su información y destacar la más relevante a lo largo del estudio. Entre los más relevantes se encuentra el Plan de Temporada de Lluvias del 2017, en el que se busca la optimización de la prevención y acciones de respuesta frente a las emergencias asociadas con lluvias intensas y/o acumuladas en la primera temporada de lluvias (Abril – Mayo) de ese mismo año (CMGRD, 2017). La ciudad de Tunja, también cuenta con un Diagnóstico del Plan Local de Emergencias, que busca ser una herramienta logística para la prevención y atención de desastres causados por inundaciones y deslizamientos en la ciudad (CLOPAD TUNJA, 2005). Finalmente, se resalta el Plan de Contingencia Operativo, Temporada de Lluvias - Fenómeno de La Niña, que busca servir de guía informativa a cerca de los escenarios de riesgo por inundación y las acciones a tomar previa, durante y posteriormente (CMGRD Tunja, 2016).

A continuación se muestra el área de inundación y encharcamiento de la ciudad de Tuna, según la información suministrada dentro de los documentos de Gestión del Riesgo Municipal.

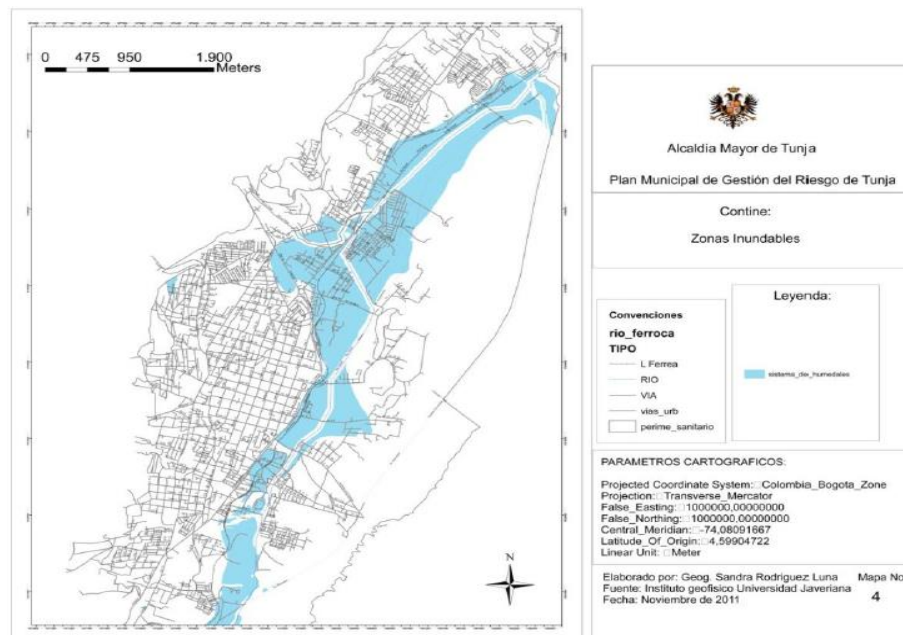


Ilustración 7 –Área de inundación y encharcamiento de la ciudad de Tunja.

Fuente: (Consejo Municipal GRD Tunja, 2017)

En el Municipio de Tunja, a partir del año 2001, se pudieron encontrar diversos registros de aquellos eventos naturales que colocaron en riesgo a la población de la ciudad y que lograron quedar plasmados. La Cruz Roja, la Defensa Civil, Bomberos, el CLOPAD y demás organismos de socorro han reportado dichas eventualidades en su momento. El resumen recolectado de estos eventos de inundación en la ciudad de Tunja, se presenta en un cuadro anexo al final de este trabajo de investigación.

Dentro de las inundaciones que se presentaron en la temporada invernal se tiene que, en Julio del 2010, se afectaron sectores de Doña Limbania, La María, Los Urapanes, Villa Universitaria, Pozo de Donato, Las Quintas. En Abril y Noviembre de 2011, volvieron a presentarse inundaciones inesperadas que afectaron las viviendas y nuevamente los sectores de Alameda del Bosque, Las Quintas, Pozo Donato, Santa Inés, Remansos de Santa Inés, Villa Universitaria, Urapanes. En abril de 2012, por obstrucción de la red de alcantarillado se inundaron algunos lugares, como el Barrio La María, El Colegio Los Muiscas y El Gimnasio Campestre del Norte. De acuerdo con el censo de damnificados de Ola Invernal 2010-2011, el número de predios afectados por inundación fue de 926, según el Expediente Municipal (Alcaldía de Tunja, 2014).

Para el municipio de Tunja se categorizaron 185 ha susceptibles a inundación -Río Chicamocha. Por lo anterior, diferentes entidades académicas, la autoridad ambiental Corpoboyacá, y la administración municipal, adelantaron estudios relacionados con el tema de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, entre los que se destacan los inventarios de cárcavas, la huella de inundación, y los POMCAS de las cuencas Chicamocha y Garagoa, informes que contienen insumos importantes para adelantar ajustes en este tema en las revisiones del POT del Municipio de Tunja. Dentro de los estudios, Corpoboyacá afirma la necesidad de ajustar la cartografía que se encuentra a nivel de “Susceptibilidad” y llegar a definir mapas de Amenaza y Vulnerabilidad frente a los principales procesos amenazantes. Dicho ajuste, dice que debe realizarse con la actualización de los insumos físico-bióticos de base, el apoyo del software Arc-GIS y la implementación de metodologías aplicables a la temática de amenazas, vulnerabilidad y riesgos (Corpoboyacá, 2015).

Es por todo ello, que el principal interés del presente trabajo de investigación, se centra en la necesidad de conocer la percepción real de la sociedad, respecto a la gestión de las inundaciones. En concreto interesa, con los siguientes pasos realizados en el proyecto, indagar aspectos como la percepción social sobre el nivel de vulnerabilidad al riesgo de inundación; la capacidad de respuesta de los habitantes de sectores amenazados; la valoración social de las medidas de gestión existentes hasta el momento; las preferencias relativas a la disminución de su grado de vulnerabilidad y; la percepción sobre el rol que la ciudadanía organizada o no organizada, presenta y debería desarrollar en la gestión de este tipo de riesgo.



Todo ello, para convertir los resultados obtenidos en material de apoyo para cualquier política pública futura que se proyecte desarrollar sobre gestión del riesgo de inundación.

- ***Selección de comunidades a estudiar***

Ya que la problemática de inundaciones que se da en el Municipio de Tunja, se manifiesta cuando las precipitaciones son de gran intensidad y difícilmente predecibles, la vulnerabilidad puede estar presente en la vida de los habitantes de la zona urbana que frecuenten los sitios con amenaza de este fenómeno. Los sectores aledaños a la ronda de los ríos Jordán y La Vega, son los directamente afectados, pues su amenaza es alta y pueden presentar daños en viviendas cercanas, comercio, servicios públicos, infraestructura vial, etc. Está claro, por medio de estudios y vivencias, que en la ciudad de Tunja no se presentan avenidas torrenciales, por su composición morfológica, que no cuenta con las pendientes ni demás requisitos necesarios para que se presenten inundaciones súbitas.

Teniendo en cuenta que las inundaciones no son de carácter torrencial o destructivo, es decir que se consideran inundaciones lentas, es menos difícil la manejabilidad y la mitigación de estos eventos, con la ayuda de lineamientos no estructurales y estructurales como obras de ingeniería apropiadas a cada zona de estudio y el correcto manejo de las aguas lluvias. Teniendo en cuenta que los principales barrios afectados por las inundaciones, han sido nombrados anteriormente en este estudio y en otros, se seleccionaron los siguientes barrios para la realización de encuestas y así estudiar la Vulnerabilidad desde la perspectiva social:

Barrio: Las Quintas (incluyendo José de Las Flores); Pozo Donato; Quince de Mayo; Santa Inés (incluyendo Remansos y Terrazas) y Mesopotamia (incluyendo La Pradera).

En la siguiente ilustración, se muestra la Vulnerabilidad por inundación, concreta para los barrios seleccionados, según la plataforma TuSIG del Municipio de Tunja.

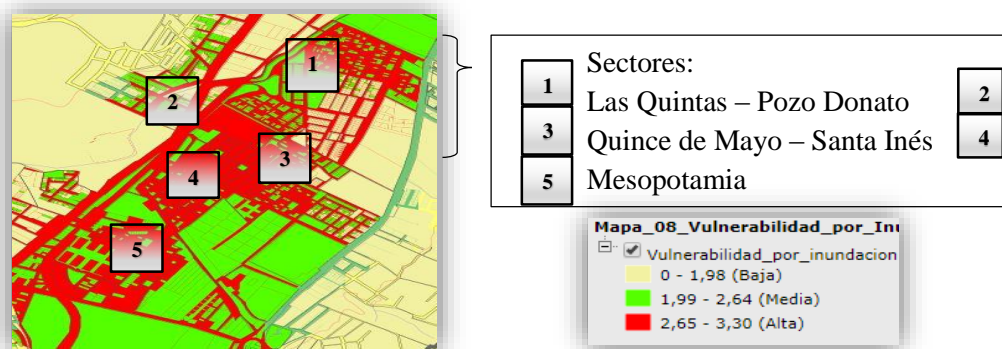


Ilustración 8 – Vulnerabilidad ante inundación de las zonas seleccionadas, por barrios - Tunja.
Fuente: Adaptación propia, según información (TuSIG, 2019)

La información a recolectar por medio de las encuestas se realiza de forma progresiva. El número de encuestadas requeridas, son las suficientes para demostrar un porcentaje adecuado de los barrios en estudio, según viviendas representativas. Se inicia por la toma de información en las viviendas ubicadas en la Primera Etapa de la Urbanización las Quintas, siguiendo por la Segunda Etapa y así sucesivamente, concluyendo con el Barrio Mesopotamia. En la siguiente ilustración, se presenta otro acercamiento a los barrios y se pueden observar los números que indican cada etapa de los sectores a estudiar en el proceso de encuestas.

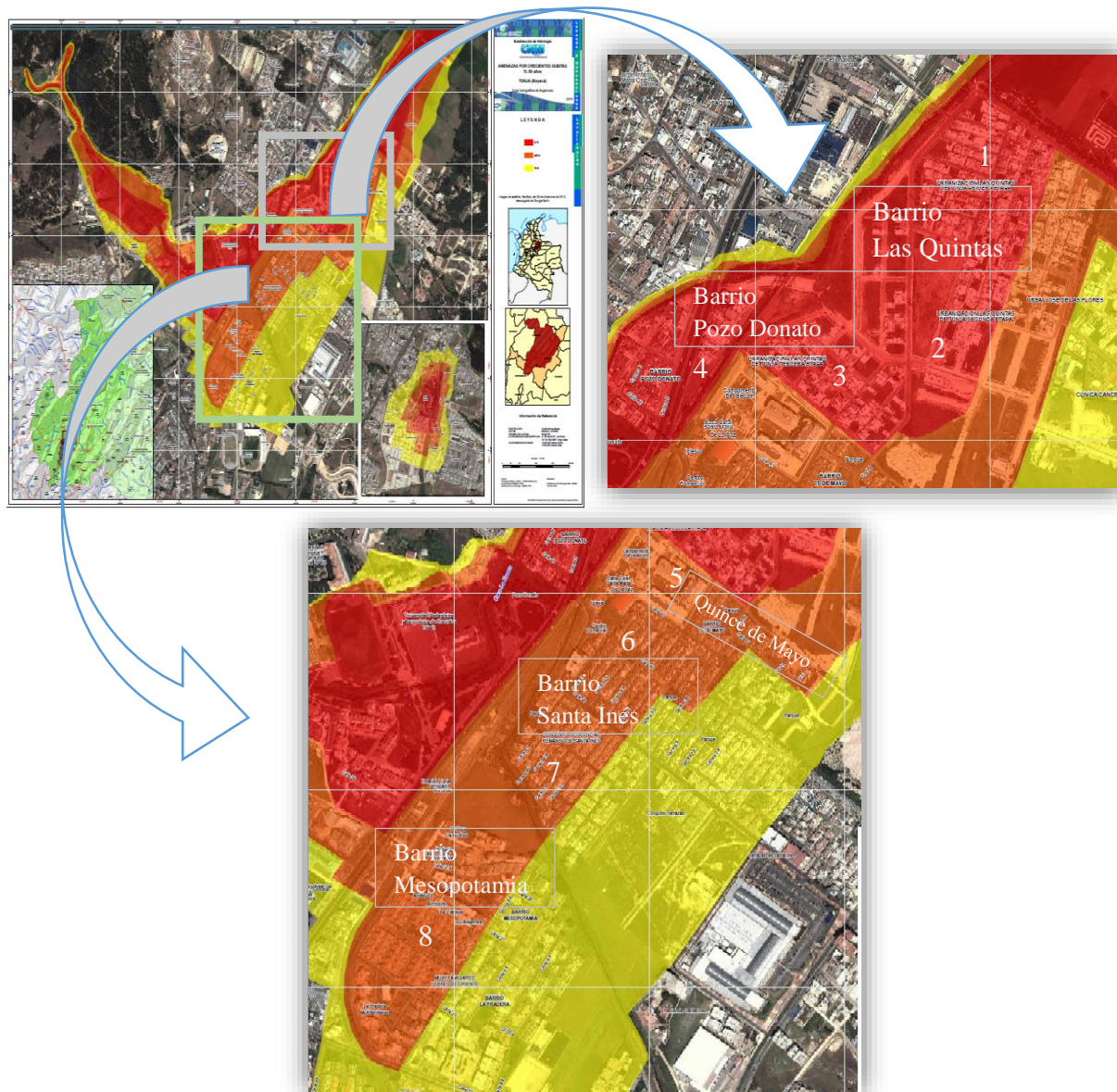


Ilustración 10 – Amenaza por crecientes Tr. 50 años - Tunja.
Fuente: Adaptación propia, según informe (IDEAM, 2016)

6.2. Recolección de información directa

Para estudiar la problemática planteada, sobre la percepción social de los habitantes de zonas con amenaza de inundación, como se describió en el marco metodológico, se realizaron interrogantes a investigar por medio de encuestas y entrevistas. Esta metodología se escogió así, gracias al interés de este proyecto por descubrir, interpretar y exteriorizar el conocimiento que tienen tanto los residentes, como los responsables públicos y privados respecto al tema de estudio y su relevancia en la toma de medidas y políticas sobre gestión de riesgos.

Mediante el desarrollo de esta sección, se hizo uso constante del Modelo Genérico del Proceso Estadístico (Generic Statistical Business Process Model – GSBPM v5.1), en donde se presentan sugerencias para aplicar modelos estadísticos en diversos casos de estudio. La estructura que presenta este modelo, se define mediante el desarrollo de 8 etapas que se describen en el marco teórico y se muestran en la siguiente ilustración. El modelo está diseñado para usarse al describir y evaluar la calidad de procesos basados en encuestas, censos, registros administrativos y otras fuentes no estadísticas o mixtas (UNECE, 2019). Por su extensa aplicabilidad, actualización y amplia condición de adecuación según cada caso de estudio, este modelo fue seleccionado para utilizarse en esta investigación.

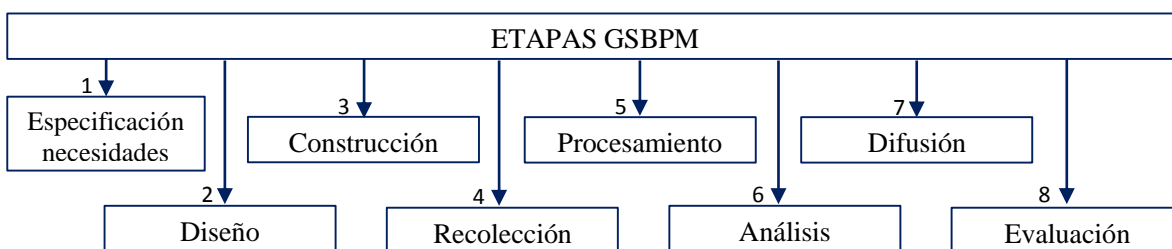


Ilustración 11 – Etapas nivel 1 GSBPM.
Fuente: Adaptación propia, según Modelo

-Fase 1: Especificación de necesidades.

Se realizó el siguiente proceso dentro de esta fase, habiendo realizado la investigación inicial y la identificación de las necesidades estadísticas. Se confirmaron las necesidades existentes para la toma de datos mediante encuestas, se definieron los objetivos a alcanzar, los conceptos a utilizar, la disponibilidad de datos (como la identificación de construcciones en los sectores por planeación municipal) y se elaboró un plan general para la toma de información relevante, con las actividades, tareas y fechas de realización. A continuación se muestra un resumen de lo más apreciable acerca de esta fase.



Estadísticas que se necesitan: Percepción social de habitantes de los sectores escogidos, frente a su amenaza por inundación.

Se necesita con la estadística: Evaluar el nivel de vulnerabilidad y riesgo que puedan presentar estos habitantes, por el fenómeno de inundación, según su percepción social.

Se busca: Generar propuestas o planes de acción que puedan ser implementados en estos sectores del municipio, para mitigar riesgos y concientizar a la población.

Se espera de las estadísticas: Que sean entregadas tabuladas por sectores y analizadas para las necesidades de participación de la población. Se prevé que la totalidad de encuestas se realice en el menor tiempo posible (máximo 1 mes).

-Fase 2: Diseño.

Para realizar las actividades de diseño y desarrollo, fueron generándose investigaciones acerca de información necesaria para el estudio de la vulnerabilidad social de habitantes de sectores amenazados por inundación. Después de realizar una consiente y oportuna selección, se trabajó con la guía de 3 investigaciones principales, al momento de definir los productos de las estadísticas, los conceptos, las metodologías, instrumentos de recolección y procesos operativos. Se realizó una adaptación de procesos existentes a nivel nacional en temas de gestión del riesgo, para poder aplicarlos a las necesidades locales.

Se realizó una tabla en Excel, en la que se subdividieron las etapas de diseño conceptual, con los productos que se obtendrían, el uso de herramientas para la recolección de información, teniendo en cuenta la necesidad de reserva de datos de las personas encuestadas. Al momento de realizar el diseño de la recolección, se determinó que la mejor manera para almacenar los datos era por medio de cuestionarios desarrollados con herramientas asistidas por computadora y con uso constante de internet, para no perder la información. Se diseñaron las preguntas en primer lugar en Excel, con el formato principal de las encuestas y se seleccionaron 16 preguntas, después de contar con alrededor de 60 primordiales.

Al llegar a la etapa de determinación del marco muestral y tipo de muestreo, se realizó una investigación de los tipos de muestreo, para seleccionar el de mejor aplicabilidad al caso de estudio. Se realizó una combinación de diferentes fuentes y se decidió proponer una muestra de tipo aleatoria para la selección de hogares a encuestar. Sin embargo, su validación y conformación de la muestra final, se obtuvo en la fase cuatro de recolección. Finalmente, durante el desarrollo de la presente fase, se estimó el flujo de trabajo que debía ser realizado por día y semana, para satisfacer las necesidades de este proyecto. Realizando una visión

general de las preguntas (que no fueran redundantes, que fueran entendibles, etc.), se formalizó un prototipo de encuesta que fue aprobado sin brechas, para que las encuestas se realizaran por la persona responsable indicada para hacerlo y los lugares donde debían ser priorizadas las respuestas.

-Fase 3: Construcción.

Dentro de estas actividades, se priorizó el desarrollo adecuado de los instrumentos de recolección, que serían usados en la fase de “Recolección”. Las entrevistas serían personales, con la ayuda de cuestionarios electrónicos en línea. Principalmente se realizaron pruebas del instrumento de recolección a habitantes del Barrio Las Quintas. Así se fueron adecuando los tiempos de encuestas, asegurando la claridad en el desarrollo de las mismas y comprobando la facilidad de recolección. Cualquier mejora en el proceso, fue desarrollada dentro de esta fase (por ejemplo, la eliminación de posibles respuestas redundantes y la posibilidad de dejar algunas preguntas con respuesta abierta que complementara el trabajo de campo).

6.2.1. Estructuración de formatos para encuestas

Dentro de esta etapa de estructuración de los formatos para aplicar las encuestas en los barrios seleccionados, se tuvieron en cuenta los resultados de trabajos de investigación desarrollados a nivel nacional, así como guías metodológicas normativas que pudiesen aplicar al contexto local. Se procuró trabajar solo con medios electrónicos, tanto de investigación como de acción. Dentro de los estudios analizados, se priorizaron cuatro.

El primer trabajo leído, estudiado y del que se escogieron preguntas relevantes a aplicar dentro del presente proyecto, fue el titulado “*Gestión del riesgo en Colombia: vulnerabilidad, reducción y manejo de desastres*”, publicado por la Universidad Católica de Colombia, con apoyo de la Pontificia Universidad Javeriana (Universidad Católica & al., 2017). Además, se revisaron los indicadores aplicables dentro de esta metodología.

El segundo estudio que se tuvo en cuenta, fue el “*Estudio de vulnerabilidad por el fenómeno de inundación del Barrio Ciudadela El Recreo, Bosa, en la ciudad de Bogotá*” (Ramírez Zea & Cubillos Acero, 2016), en el cual aplican directrices de la “*Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo*” (PNUD, 2012). Los lineamientos establecidos en esta guía departamental, son de gran utilidad para el desarrollo de las posteriores etapas de análisis que se desarrollan en esta investigación.



El tercer estudio relevante para la realización de los formatos, fue el titulado “*Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá*” (U. Nacional de Colombia, 2009). En el cual muestra el estudio de la vulnerabilidad y riesgo, teniendo en cuenta tres entornos relevantes, primero, la caracterización de los hogares, seguido por la percepción y la memoria de la amenaza, para cerrar con la vivienda y su entorno.

Como cuarto estudio revisado y analizado para la aplicación de las encuestas, fue el desarrollado localmente por las entidades encargadas de la gestión del riesgo en el municipio, hace aproximadamente 14 años antes de la realización de la presente investigación. Las encuestas realizadas, según el Plan Local de Emergencias de Tunja (CLOPAD TUNJA, 2005), suministrado por el Comité de Gestión del Riesgo Municipal, se desarrollaron en diferentes barrios del municipio, en el que también se encuentra el Barrio Las Quintas. Este estudio permitirá realizar comparaciones actualizadas.

Internamente de este proceso, se tuvieron los siguientes pasos: Se estructuraron las preguntas más adecuadas, teniendo en cuenta los estudios analizados (previamente descritos), las necesidades de información para aplicar, según las guías metodológicas de gestión del riesgo, así como otras complementarias propias del proyecto. Seguido de este paso, se seleccionaron alrededor de 60 preguntas para aplicar durante las entrevistas. Entre las cuales, cerca de 10 estuvieron dirigidas a entidades agentes de la Gestión del Riesgo Municipal. Sin embargo, al observar la longitud de las encuestas y entender la dificultad para desarrollarlas adecuada y conscientemente por la población, se estructuraron de tal manera que se redujeran a un número máximo de 16 preguntas, divididas en 4 secciones primordiales. Dentro de esta simplificación de preguntas, datos relevantes sobre la población, como su pertenencia de la vivienda (arriendo, propiedad, etc.) fueron eliminadas. Esto, al decidir priorizar el conocimiento y la percepción general de los habitantes de los sectores frente a las inundaciones pasadas y futuras que puedan ocurrir, sin influencia de su pertenencia o no de las viviendas, sino haciendo relevante el hecho de habitar los sectores. Sin embargo, se incluyó en el formato una caracterización de los habitantes, para reconocer a la población existente en los sectores.

Como primera sección del formato de encuestas, se tuvo la caracterización de los hogares, seguida por la vivienda y su entorno, la percepción y memoria de la amenaza, para finalizar con una sección de ubicación espacial de los habitantes del sector, generada por medio de una actividad visual del municipio, el barrio y su vivienda. Las tres primeras secciones se montaron en el diseño creado para esta investigación, utilizando como herramienta los Formularios de Google y se aplicaron haciendo uso del correo institucional, para que la información quedara registrada y se actualizara en su momento en internet. Para

la cuarta sección, se manejó la actividad mediante gráficos mostrados en una Tablet (Ver anexos), donde era posible la realización de ediciones para respuesta por parte de los encuestados. Sin embargo, la actividad de ubicación espacial (última sección descrita), fue llevada a cabo solo para el Barrio Las Quintas, pues se determinó que no era necesaria para el resto de barrios, si se generaban los cuestionamientos correctos y sí requería mayor tiempo.

6.2.2. Visitas

Al haber escogido los 5 barrios, se procedió a recolectar la mayor información correspondiente a su localización dentro de la zona de amenaza de inundación de la ciudad de Tunja. Se realizó al menos una visita previa a cada barrio para delimitar las zonas priorizadas a estudiar, para analizar los sectores más cercanos a los cuerpos de agua y para seleccionar los lugares en los que se encontraran las viviendas a encuestar. Durante las visitas a los barrios, se fueron observando diversidades en el uso de las construcciones allí realizadas. Se presentan zonas con uso comercial y residencial, entre 1, 2 y 3 niveles, algunas divididas por pisos para diferentes unidades habitacionales. Las visitas realizadas fueron de gran importancia para observar el entorno en el que se encuentran los barrios y sus habitantes, dando pie a la generación de nuevos cuestionamientos que pudieran ser formulados a lo largo de las encuestas directas.

6.2.3. Entrevistas y encuestas

Para recolectar información relevante para el estudio, se tuvo en cuenta la percepción directa de la población habitante de los barrios nombrados anteriormente, así como la de los encargados de la Gestión del Riesgo Municipal. Principalmente se llevó a cabo la realización de una entrevista contundente al comité local municipal para la gestión del riesgo de desastres y se dio inicio a las encuestas localizadas en las tres etapas del Barrio Las Quintas. También se generó una entrevista al Comandante de Bomberos y a la entidad prestadora de servicios de acueducto y alcantarillado del Municipio – Veolia S.A.S. Después de realizar un número considerable de encuestas en la primera etapa, correspondientes a 40 de 60, según la muestra hallada (90% de nivel esperado de confianza y 10% de margen de error), se estudiaron preliminarmente las respuestas que se estaban obteniendo. Se ajustaron las que fueran redundantes para el estudio y se tomó la decisión de disminuir la muestra poblacional a encuestar en la totalidad de los barrios.

Inicialmente, se tomaron gran porcentaje de encuestas por manzana. Pero al terminar la primera etapa del barrio, se integraron las respuestas de diversas viviendas de cada cuadra, concluyendo que la percepción social no variaba significativamente por cuadra. A diferencia de las variaciones que se generaban en las respuestas obtenidas a lo largo de viviendas que

cambiaban de cuadra y su separación de la fuente hídrica. Por este motivo, se desarrollaron las encuestas semiestructuradas a un total de 60 hogares del Barrio Las Quintas, de un total de 545, que corresponden a 214 habitantes (de aproximadamente 2180, si son en promedio 4 personas por hogar). Dentro del siguiente apartado, se presenta la evaluación de la vulnerabilidad y se desglosan los resultados obtenidos por medio de las encuestas.

-Fase 4: Recolección.

Dentro de esta fase, fue requerido el desarrollo conciso del marco muestral y la selección de la muestra, para preparar adecuadamente la recolección, ejecutarla y generar el cierre. A continuación, se presenta la manera inicial y final en la que se realizó la selección de la muestra a encuestar para el presente estudio.

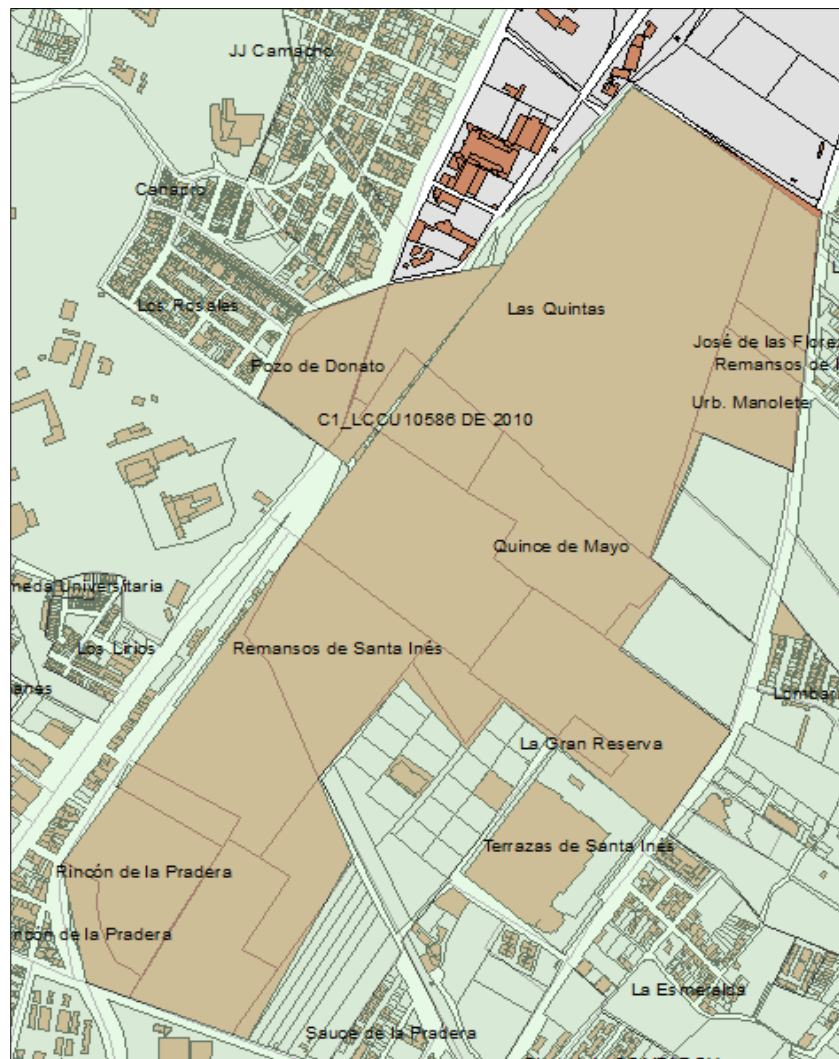


Ilustración 12 – Sectores escogidos para trabajar.
Fuente: Adaptación propia, según mapa municipal

La anterior ilustración, demuestra los sectores escogidos para la toma de información necesaria acerca de la vulnerabilidad de los habitantes. Según esta selección, se procedió a realizar un conteo de los predios construidos dentro de cada una de las etapas mostradas previamente (ilustración 9), para la distribución de toma de datos. A continuación se realiza la descripción detallada del procedimiento de selección de la muestra representativa para uno de los sectores escogidos de estudio. El mismo procedimiento se llevó a cabo para el resto.

El primer sector elegido inicia en el Barrio Las Quintas, en donde se subdividieron 3 secciones principales, que se muestran en la siguiente ilustración. Se realizó una tabla con el conteo del número de viviendas (según planeación, mostradas en color verde) construidas en el sector y se realizó una selección aleatoria para la toma de encuestas (predios oscuros sobre el mapa). Más adelante se presenta un recuento de la información resultante de esta etapa de generación de la muestra definitiva.



Ilustración 13 – Barrio Las Quintas, Predios construidos y selección muestra..

Fuente: Adaptación propia, según información facilitada por planeación municipal



Ya que la prueba piloto se realizó en el Barrio Las Quintas, se observó que la información con la que se contaba de viviendas construidas en el sector, presentó inconsistencias. Algunos predios no aparecían actualizados en el mapa más reciente con el que cuenta Planeación Municipal. Así mismo, se llegó a la conclusión de que la variación de respuestas, se basaba en la cercanía a los cuerpos de agua. Por lo tanto, se generaron adecuaciones en la selección de las muestras aleatorias, primando aquellas viviendas que se encontraran cercanas al río. De acuerdo a esta prueba inicial, se determinó que existía un porcentaje de no respuesta de aproximadamente el 5%, lo que ayudó a calcular adecuadamente las muestras requeridas.

Este procedimiento descrito anteriormente, resultó en la toma de las siguientes decisiones, para culminar adecuadamente el proceso de recolección de datos por medio de las encuestas:

-Se seleccionaron dos sectores principales a encuestar.

Esto conllevó a reducir considerablemente el número de la muestra, priorizando necesidades y disminuyendo tiempo y esfuerzos que podían ser invertidos innecesariamente. La selección de los dos sectores, se realizó teniendo en cuenta la ubicación espacial de los barrios y la cercanía entre ellos y los mismos cuerpos de agua (Río Jordán o La Vega). Esta reducción generó un cambio de los sectores mostrados en la ilustración 7, pues ya no serían tres. Los sectores escogidos se describen en el cuadro presentado adelante.

-Se realizó el conteo de predios por cuadras.

De la misma manera en la que se observa en la imagen del Barrio Las Quintas, se desarrolló la división en sectores de los barrios que ameritaran, por su tamaño, y se procedió a hacer el conteo de cuadras y viviendas construidas, según el mapa facilitado por planeación. Este archivo fue editado con ayuda del software ArcGIS. De esta forma fue posible determinar el tamaño de la población, para hacer más adelante los cálculos de la muestra.

-Se halló el tamaño de la muestra.

Al tener los datos necesarios para realizar el cálculo de la muestra requerida, se hizo uso de la fórmula para hallar el tamaño de la muestra (n), según las decisiones tomadas y halladas de tamaño de población (N), nivel de confianza deseado (puntuación z), margen de error (e), probabilidad de ocurrencia ($p=0.5$) y porcentaje de no respuestas. A continuación se muestran dos fórmulas para el proceso de hallar el tamaño de la muestra. La primera, es basada en la información suministrada por uno de los formularios más usados para hacer encuestas “*SurveyMonkey*” (SurveyMonkey, s.f.) y la segunda es presentada por un artículo

titulado “Tamaño apropiado de muestra para obtención de conclusiones válidas en una investigación” (Jaramillo Álvarez, 2010). La razón de nombrarlas aquí, es porque ambas se utilizaron para corroborar que los datos que se estuvieran obteniendo fueran acordes. Además, se hizo el ajuste de los resultados obtenidos, por el porcentaje de no respuesta esperado a presentarse.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

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

Ecuación 1 – Tamaño de la muestra.

Fuente: Según información (SurveyMonkey, s.f.) y (Jaramillo Álvarez, 2010)

El tamaño de población fue seleccionado según la totalidad de las viviendas construidas que se obtuvieron en los sectores y el tamaño de la muestra para cada barrio, fue ponderado según su porcentaje frente a sus dimensiones espaciales. Este cálculo, queda descrito más claramente al final del presente libro (ver anexos).

-Se seleccionó una muestra aleatoria.

Después de contar con el número de predios construidos, se procedió a seleccionar aleatoriamente la muestra, según la cantidad que fuera dada por el cálculo del tamaño de la muestra. Esta muestra se realizó para la sumatoria de los predios construidos que fueron contados para cada sector (Sector 1 y Sector 2). Igual que se muestra en la ilustración del Barrio Las Quintas, donde se seleccionaron aleatoriamente 57 viviendas a encuestar, se realizó la selección para cada sector. Es de resaltar, que en el caso dado de que no se contara con la participación o respuesta de las viviendas seleccionadas aleatoriamente, se procedía a realizar la recolección de información de la vivienda del lado, por efectos de diseño. A continuación se muestra una tabla resumen de los respectivos cálculos efectuados y los resultados obtenidos.

	No. Viviendas	Porcentaje	No. Encuestas	Encuestas Tomadas
Barríos - Sector 1	621	100%	65	
Las Quintas + José de las Flores	571	92%	60	65
Pozo Donato	50	8%	5	10
Barríos - Sector 2	1303	100%	69	
Santa Inés (Sección c.c. y Terrazas) + 15 Mayo	739	57%	39	43
Santa Inés (Sección Remansos) + Mesopotamia	564	43%	30	32
Totales			134	150

Tabla 1 – Total de viviendas por sectores, ponderaciones y número de encuestas a tomar.

Fuente: Propia, según información planeación municipal y cálculo muestra



Se decidió trabajar con el 90% de nivel de confianza deseado (puntuación $z=1,65$) y un margen de error del 10%. El número de viviendas hace referencia al tamaño de la población objetivo. El porcentaje hallado, fue según el tamaño poblacional de cada barrio, teniendo en cuenta el número de sus viviendas. El No. de Encuestas es el obtenido por medio de las formulaciones y adecuado según las necesidades de corrección por porcentaje de no respuesta (5%). Esta adecuación hizo que el número aumentara 3 encuestas para el sector 1 y 5 encuestas para el sector 2. Además, se puede apreciar que se decidió realizar un número total de 150 encuestas para complementar los datos a recoger, de la siguiente manera:

-Fase 5: Procesamiento.

Los datos que se recolectaron por barrio, fueron agrupados por sectores, para poder generar el análisis de los resultados de manera abreviada y sintetizada. Preliminarmente a la finalización de la toma de encuestas, se iba llevando a cabo la transcripción de los datos recolectados en hojas de cálculo de Excel, para su posterior tratamiento. En el momento del procesamiento, se priorizaron los emparejamientos de datos que se vincularan entre sí y se tuvieron en cuenta aquellos que pudiesen obtener valores potencialmente distintos.

Dentro de esta fase del proyecto, todos los datos fueron clasificados, revisados y validados. Se identificaron posibles errores o discrepancias entre los resultados y se corroboraron, por ejemplo la falta de concordancia entre el número de habitantes por hogar en la primera respuesta, que a veces presentaba errores de transcripción. Todas estas actividades de corrección se llevaron a cabo en la medida de que no se generaran errores de información, ni que se cambiaran los resultados finales obtenidos para que fueran lo más precisos y reales.

-Fase 6: Análisis.

Dentro de esta fase de análisis, se obtienen los resultados estadísticos de las encuestas, se examinan a detalle y se ordenan para su correcta presentación. Los datos resultantes de las encuestas, recolectados y procesados previamente, se validan para asegurar su calidad de acuerdo a las expectativas establecidas. La interpretación y explicación de los resultados obtenidos mediante la recolección de información por cuestionarios a los habitantes de los sectores, se presenta a continuación, en un resumen de tablas y gráficos sobre la información recolectada.

6.3. Aplicación de la Gestión del Riesgo de Inundación en la zona escogida

De acuerdo a lo descrito dentro del marco metodológico, para el desarrollo de esta etapa, también se seguirá la ruta para la caracterización del territorio, basándose en el enfoque de procesos mostrado en la *Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo*. Principalmente, teniendo en cuenta que:



Ecuación 2 – Aplicación de la Gestión del Riesgo, desde el conocimiento territorial.

Fuente: (PNUD, 2012)

- Resultados obtenidos de las encuestas realizadas por sectores escogidos

Las Quintas + José de las Flores	65
Pozo Donato	10
Santa Inés (Sección c.c. y Terrazas) + 15 Mayo	43
Santa Inés (Sección Remansos) + Mesopotamia	32
TOTAL	150

Tabla 2 – Total de encuestas realizadas para ambos sectores.

Fuente: Propia

Tabulación – Caracterización de los hogares:

El formato de preguntas elaboradas, se presenta en anexos del presente proyecto. La primera pregunta realizada para todos los barrios, fue acerca de la caracterización de los hogares. Gracias a esta, se puede observar la cantidad de habitantes por hogar en cada barrio, su género, edad, nivel educativo y situación laboral. Los resultados que se presentan a continuación en la tabla, representan las respuestas obtenidas para los dos sectores escogidos.

A pesar de que se tienen tabulaciones por barrio, se precisó abreviar la información hallada de esta manera, para que se generaran resultados más simplificados y entendibles.

Gracias a la siguiente tabla, se pueden ir generando diferentes apreciaciones sobre la caracterización de los hogares encuestados. Se observa que las 150 encuestas realizadas, representan a 519 personas que habitan las viviendas de los sectores en estudio. En promedio son 4 habitantes por hogar y las mujeres representan un mayor número. Los sectores cuentan en su mayoría, con personas mayores a 45 años, seguido por jóvenes entre los 18 y 25 años que se encuentran realizando estudios universitarios en su mayoría. Los habitantes de los sectores estudiados, cuentan con trabajos –ya sean independientes o empleados– y en su



mayoría han llegado a alcanzar (en su máximo nivel educativo) el desarrollo de estudios universitarios.

		BARRIO				
		SECTOR 1		SECTOR 2		
		LAS QUINTAS	POZO DONATO	SANTA INÉS	QUINCE DE MAYO	MESOPOTAMIA
	Total Habitantes en viviendas encuestadas, por sectores	271		248		
	Promedio de habitantes, por sectores	5		4		
Género	Femenino	149		140		
	Masculino	122		108		
Edad	<18	37		48		
	(18-25)	80		39		
	(26-35)	39		41		
	(36-45)	31		29		
	>45	84		91		
Estudia actualmente		100		72		
Nivel Educativo	Preescolar	6		7		
	Primaria	14		21		
	Secundaria	40		31		
	Técnico o Tecnólogo	13		12		
	Universitario	102		87		
	Posgrado	61		66		
	Educación no formal	4		1		
Situación Laboral	Empleado o Independiente	91		118		
	No empleado	18		10		
	Pensionado	29		24		
	Ama de Casa	14		15		
Recién nacido, Discapacidad o Embarazo		9		3		

Tabla 3 – Caracterización de los hogares encuestados en ambos sectores.

Fuente: Propia, según encuestas realizadas

Resultados obtenidos por medio de las encuestas en el Sector 1, Barrio Las Quintas y Pozo Donato:

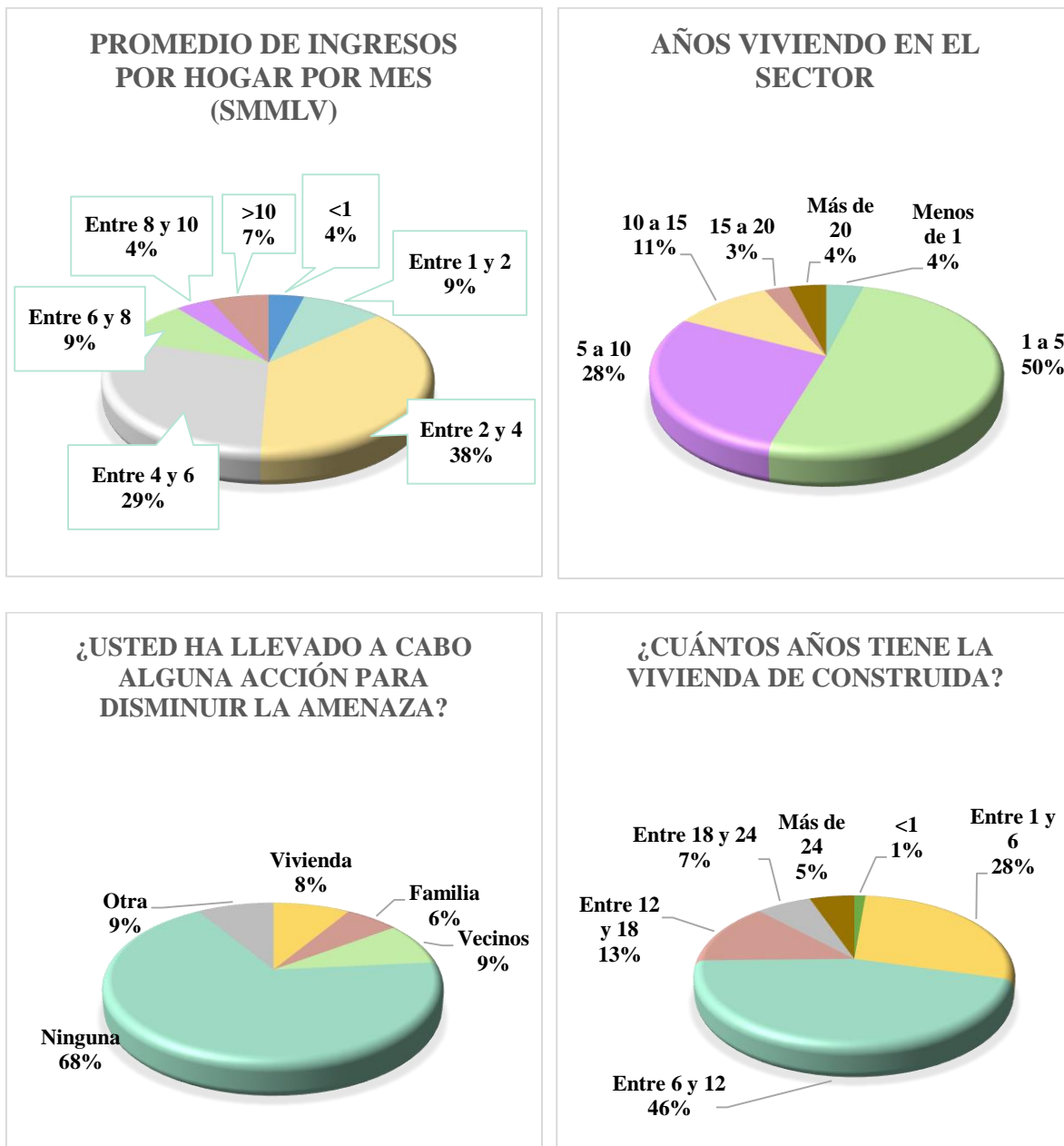


Ilustración 14 – Respuestas graficadas para el Sector1.
 Fuente: Propia, según encuestas realizadas

Resultados obtenidos por medio de las encuestas en el Sector 2, Barrios Santa Inés, Quince de Mayo y Mesopotamia:

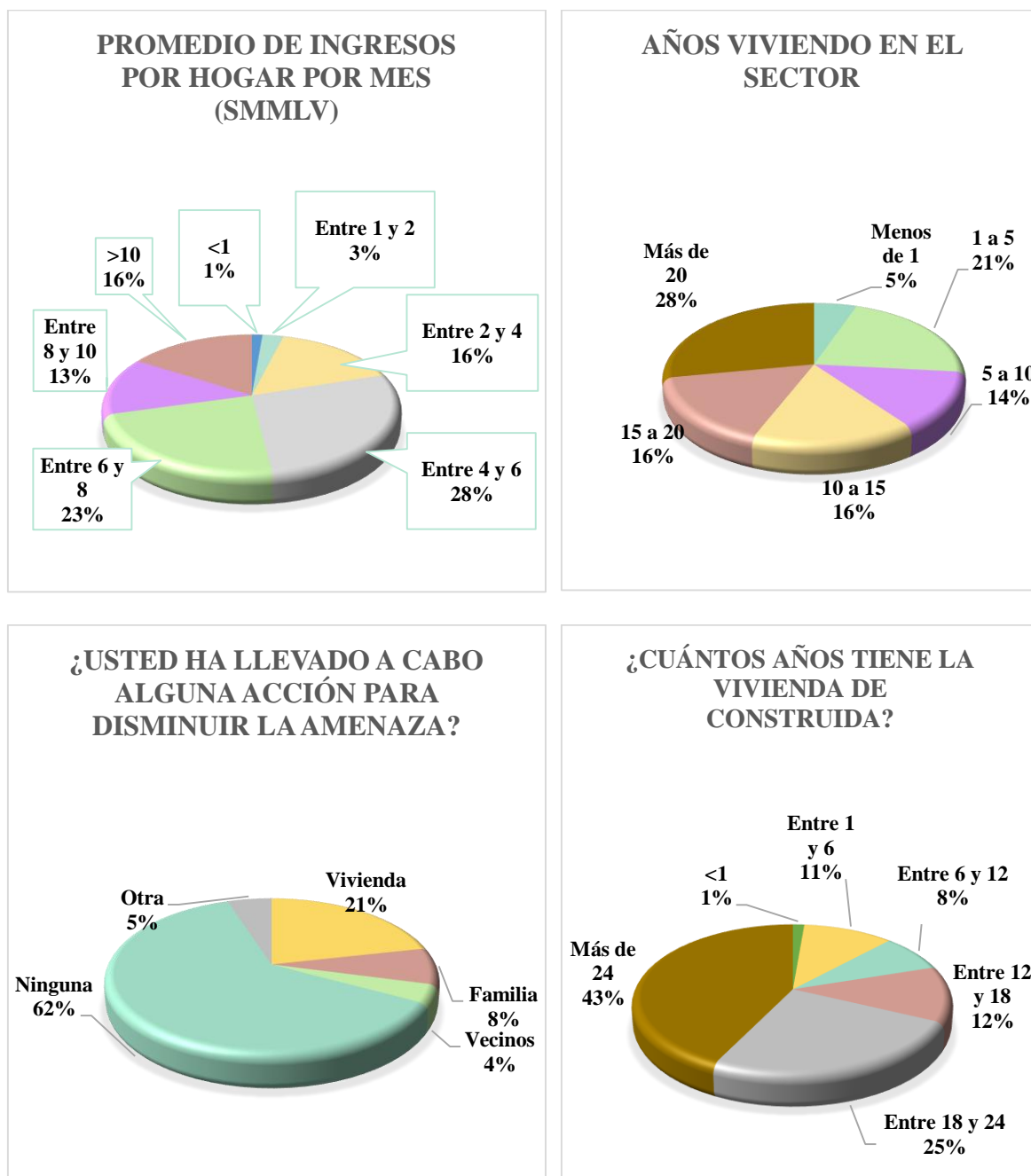


Ilustración 15 – Respuestas graficadas para el Sector2.
Fuente: Propia, según encuestas realizadas

Además de las preguntas anteriores, se presentan en la siguiente tabla y se resumen más adelante, las respuestas obtenidas por los cuestionarios en ambos sectores.

PREGUNTAS		SECTOR 1	SECTOR 2
¿Cree que su vivienda se encuentra en zona de alto riesgo de inundación?	Sí	42%	47%
	No	51%	41%
	No sabe	7%	12%
Integrantes del hogar que participan en organizaciones sociales	Ninguno	89%	78%
	1	10%	19%
	2	1%	3%
	3 o más	0%	0%
¿Existe en su Barrio un Comité Local de Emergencia (CLE)?	Sí	7%	0%
	No	31%	31%
	No sabe	62%	69%
¿Ha recibido capacitación sobre la preparación ante un próximo evento?	Sí	4%	5%
	No	95%	88%
	Por trabajo	1%	7%

Tabla 4 – Tabulación de respuestas obtenidas mediante encuestas, por sectores.

Fuente: Propia, según encuestas realizadas

La totalidad de viviendas de ambos sectores, cuentan con los servicios básicos de agua (acueducto y alcantarillado) y energía. Además del gas, el internet, televisión y teléfono. Muy pocas viviendas no cuentan con gas ni teléfono.

Después de realizar la pregunta acerca del conocimiento de la existencia de un CLE en el sector, se preguntó a los habitantes si les gustaría participar en este en caso de que existiera. El 47% de los habitantes del Sector 1 respondió afirmativamente, frente un 37% de los habitantes del Sector 2 que estarían interesados.

El medio de comunicación que más utilizan en ambos sectores, para enterarse de la información externa, es el internet y las redes sociales. En el caso del Sector 1 le sigue la radio, mientras en el Sector 2 hacen mayor uso de la televisión.

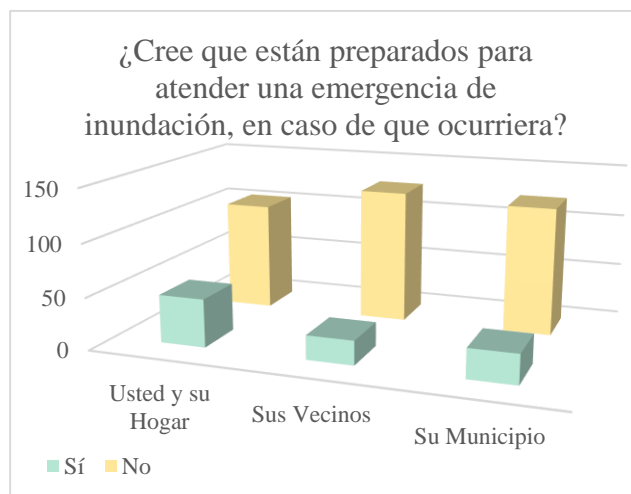
Para los casos de emergencia ante inundación, se observa que ninguno de los sectores reconoce una ruta clara y estructurada de evacuación. Alrededor del 20% de ellos dice conocer una, pero no tienen un punto de encuentro claro con los habitantes del hogar ni del barrio. Eran muy pocas las viviendas que habían establecido puntos, en algunos casos no muy convenientes, para encontrarse con los integrantes de la familia.

En cuanto a la pregunta acerca del conocimiento de organismos de socorro cercanos a la vivienda, se obtuvo que en el Sector 1, priorizado por el Barrio Las Quintas, contestó afirmativamente, refiriéndose al puesto de Bomberos que queda sobre la Avenida



universitaria. Sin embargo en el Sector 2, la mayoría de personas expresaron no conocer organismos de socorro cercanos. Frente a esta pregunta, también se pudo hallar por medio de los comentarios de los habitantes de ambos sectores, que no consideran que las entidades de socorro lleguen a tiempo en caso de emergencia y que no cuentan con teléfonos actualizados para acudir a ellas.

En cuanto a una de las preguntas acerca de la memoria de la amenaza, se observó que el 72% de los habitantes del Sector 1 dicen no recordar sufrir afectaciones por eventos de inundación. Esto debido a que gran cantidad de la población del Barrio Las Quintas no lleva más de 5 años viviendo allí. Sin embargo, el 70% de los encuestados en el Barrio Pozo Donato, junto con el 21% del Barrio Las Quintas que contestaron afirmativa a esta pregunta, recuerdan los eventos acaecidos en la temporada invernal – Fenómeno de la Niña, ocurrido de 2010 - 2012.



Este resultado fue el obtenido al unir la totalidad de respuestas dadas a esta pregunta, por los habitantes de todos los barrios estudiados. En este, se puede observar que la mayor parte de las comunidades no considera que el municipio se encuentre preparado para atender situaciones de emergencia, que puedan presentarse. Esta percepción es muy importante para tomar medidas de acercamiento hacia la comunidad por parte de las instituciones encargadas.

Ilustración 16 – Respuestas graficadas para ambos sectores.
Fuente: Propia, según encuestas realizadas

-Fase 7: Difusión.

La publicación de los productos estadísticos de este proyecto, además de los presentados anteriormente, se muestran a continuación con el análisis total de los resultados, evaluados para la Gestión del Riesgo ante Inundaciones en los sectores estudiados del municipio de Tunja.

-Fase 8: Evaluación.

Finalmente, se evalúa la información encontrada, para proponer las mejoras potenciales en la Gestión del Riesgo ante Inundaciones.

6.3.1. Evaluación de la amenaza

La amenaza es un factor de riesgo asociado a un evento físico de origen natural, causado o inducido por la acción humana. Esta puede presentarse con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, bienes o impactos en la salud. Las amenazas pueden estar asociadas a su origen natural (inherentes a la dinámica natural del planeta), antrópico (acciones directamente humanas tanto intencionales como no intencionales), tecnológico (asociadas con actividades industriales y de transporte de sustancias peligrosas) o socio-naturales (similares a las naturales, pero inducidas).

Las inundaciones hacen parte de las amenazas de origen natural y generan desastres a la población cuando se presentan por condiciones de origen socio-natural. En el caso de la ciudad de Tunja, en su zona urbana, se puede observar que esta amenaza se presenta por las actividades sociales de la población que se estableció sobre las rondas de los ríos. Esto corresponde al peligro latente de que el evento físico de origen natural, inducido por la acción humana, genere daños en los sectores.

Dentro de este estudio, se tuvo como base información sobre la amenaza de inundación del municipio de Tunja. Informes y mapas de amenaza que a lo largo del tiempo se han actualizado, pero siempre han mostrado los mismos entornos urbanos del municipio como zonas inundables, por su cercanía a los cuerpos hídricos que atraviesan el sector urbano y por su condición de antiguas planicies de inundación o llanuras aluviales.

Los diversos cambios realizados en el uso de la tierra en estos sectores, así como procesos de crecimiento insostenible, pueden generar que esta amenaza inducida, produzca afectaciones a la población. Para generar un análisis óptimo de las amenazas existentes, fue necesario reconocer adecuadamente las zonas escogidas, donde por medio de las visitas se reflejó la no existencia de escenarios con amenazas antrópicas (aglomeraciones y/o contaminación), ni de origen tecnológico (por derrames, fugas, explosiones, etc) asociadas a actividades industriales; además de los escenarios de sismo, de origen natural, que pueden llegar a presentarse en cualquier parte del territorio municipal.

- Estimación del grado de amenaza

Para el estudio de la amenaza socio-natural de inundaciones a la que están expuestas las comunidades seleccionadas, se requirió investigar acerca de la frecuencia e intensidad de la misma, así como del territorio afectado. Todo esto, teniendo en cuenta los hechos ocurridos en el pasado y su probabilidad de ocurrencia. Para llevar a cabo este análisis y establecer los



valores adecuados, se tuvo en cuenta la Guía metodológica para la evaluación de planes departamentales para la gestión del riesgo y se aplicaron a los casos de estudio seleccionados.

Para la identificación de las amenazas, fue necesaria la revisión de las encuestas realizadas, las entrevistas al comité municipal de Gestión del Riesgo, así como a Bomberos, la consulta de los archivos institucionales y periodísticos, los registros instrumentales de instituciones especializadas como el IDEAM y las visitas de campo en las zonas expuestas.

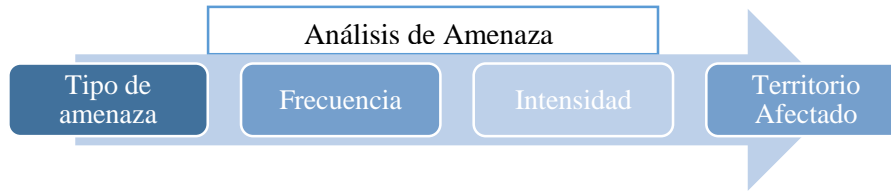


Ilustración 17 – Diagrama de flujo Análisis de la Amenaza.
Fuente: Propia, según (PNUD, 2012)

-Frecuencia: La frecuencia en que ocurren la amenaza de inundación, se puede clasificar como alta (3), media (2) o baja (1), según el número de veces que el evento ha ocurrido en la zona que se seleccionó para estudio.

-Intensidad: Este término hace referencia a una medida cuantitativa y cualitativa, sobre la severidad de un fenómeno en un lugar específico. Se califica como alta (3), media (2) y baja (1). Todo esto se califica teniendo en cuenta lo propuesto en la Guía (ver referencias PNUD, 2012), adecuado con la información investigada durante este proyecto.

-Territorio afectado: Es el componente físico afectado, compuesto por extensiones de tierra, cuerpos de agua u otros, localizados dentro de la zona que presenta diversos daños producto de la ocurrencia de los fenómenos amenazantes. Se califica como alta (3), media (2) y baja (1).

	Amenaza	Descripción	Valor – Calificación	Observaciones
Frecuencia	Inundación	Evento que se presenta por lo menos una vez en un periodo de tres a cinco años.	3 – Media.	Según la información revisada del municipio, en planes municipales de Gestión del Riesgo, así como en la información registrada de eventos de inundaciones presentados en los sectores, se observa que este evento se ha debido a las altas precipitaciones, eventos como el Fenómeno de la Niña y el taponamiento o mal funcionamiento de los sistemas de alcantarillado. Para esto, se puede ver la información de (CMGRD Tunja, 2016)

Intensidad		Afectación moderada del territorio, afectación moderada de los recursos naturales, afectación en las redes de servicios públicos, suspensión temporal de actividades económicas, afectación moderada en la infraestructura, varias viviendas averiadas.	2 – Media.	Basándose en los registros revisados sobre los eventos ocurridos en los 2 sectores estudiados del municipio, para la temporada invernal de 2010 a 2012, se pudo establecer una intensidad media, frente a la afectación generada para la población habitante de esos barrios. Para esto, se puede ver la información de (CMGRD, 2017)
Territorio afectado		Más del 80% del territorio ha presentado afectación.	3 – Alta.	Enfocándonos nuevamente en el evento de inundación ocurrido en el municipio de Tunja, en Abril de 2011, se generó una afectación del 80% o más del territorio de los Sectores estudiados durante este proyecto. Este territorio, así como también lo muestran los mapas de amenaza de inundación, afecta directamente a los barrios escogidos ya sea por rebose del sistema de alcantarillado, por el desbordamiento de los ríos o por una combinación de ambas cosas. Para esto, se puede ver la información de (Bayona Romero, 2017)

Tabla 5 – Frecuencia, Intensidad y Territorio afectado de la amenaza de inundación en el caso de estudio.

Fuente: Propia, según información estudiada y citada dentro de la tabla

- **Evaluación de la amenaza**

A partir de la información establecida en el cuadro anterior, sobre estimación de la intensidad, frecuencia y territorio afectado, se realiza la presente evaluación de la amenaza. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Amenaza (A)} = \text{intensidad (i)} + \text{frecuencia (f)} + \text{territorio afectado (t)}$$

Ecuación 3 – Evaluación de la amenaza de inundación.

Fuente: (PNUD, 2012)

Los rangos de clasificación de la amenaza, según la Guía, dependen de los siguientes intervalos: 1-3 = amenaza baja, 4-6 = media y 7-9 = amenaza alta.



De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla mostrada, se puede hallar el valor de la amenaza para los sectores estudiados, priorizando los eventos ocurridos en 2011:

Frecuencia	Intensidad	Territorio afectado	Amenaza
3 – Media.	2 – Media.	3 – Alta.	7 - Alta.

Tabla 6 – Valor de la amenaza de inundación.

Fuente: Propia, según (PNUD, 2012)

De acuerdo a esta evaluación realizada para los sectores estudiados durante esta investigación, se obtiene que la amenaza en la que se encuentran es alta. Esto corrobora los estudios realizados sobre el municipio de Tunja, en los que los mapas muestran a estas comunidades con alta amenaza de inundación. Igualmente se puede sumar a ello las fallas que se generan en el sistema de alcantarillado, que hacen que los reboses sean recurrentes en periodos lluviosos.

6.3.2. Evaluación de la vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad de los 2 Sectores escogidos para el estudio, conformados por los barrios Las Quintas, Pozo Donato, Quince de Mayo, Santa Inés y Mesopotamia, se hace uso de las respuestas obtenidas durante las encuestas desarrolladas y descritas previamente. Dentro del diseño de los cuestionarios, se formularon preguntas dirigidas a reconocer el efecto de los eventos de inundación sobre estas comunidades, así como su percepción frente a esta amenaza, su conocimiento y el trabajo institucional para prevenir riesgos futuros.

La vulnerabilidad es esencial para el estudio del riesgo, pues implica los efectos de un fenómeno, sobre los elementos expuestos, necesarios para el funcionamiento de la sociedad. Todo esto, teniendo en cuenta aspectos físicos, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales. A continuación se presenta un diagrama ilustrativo de lo que representa el estudio de la vulnerabilidad, sus factores y los componentes más relevantes de estos.

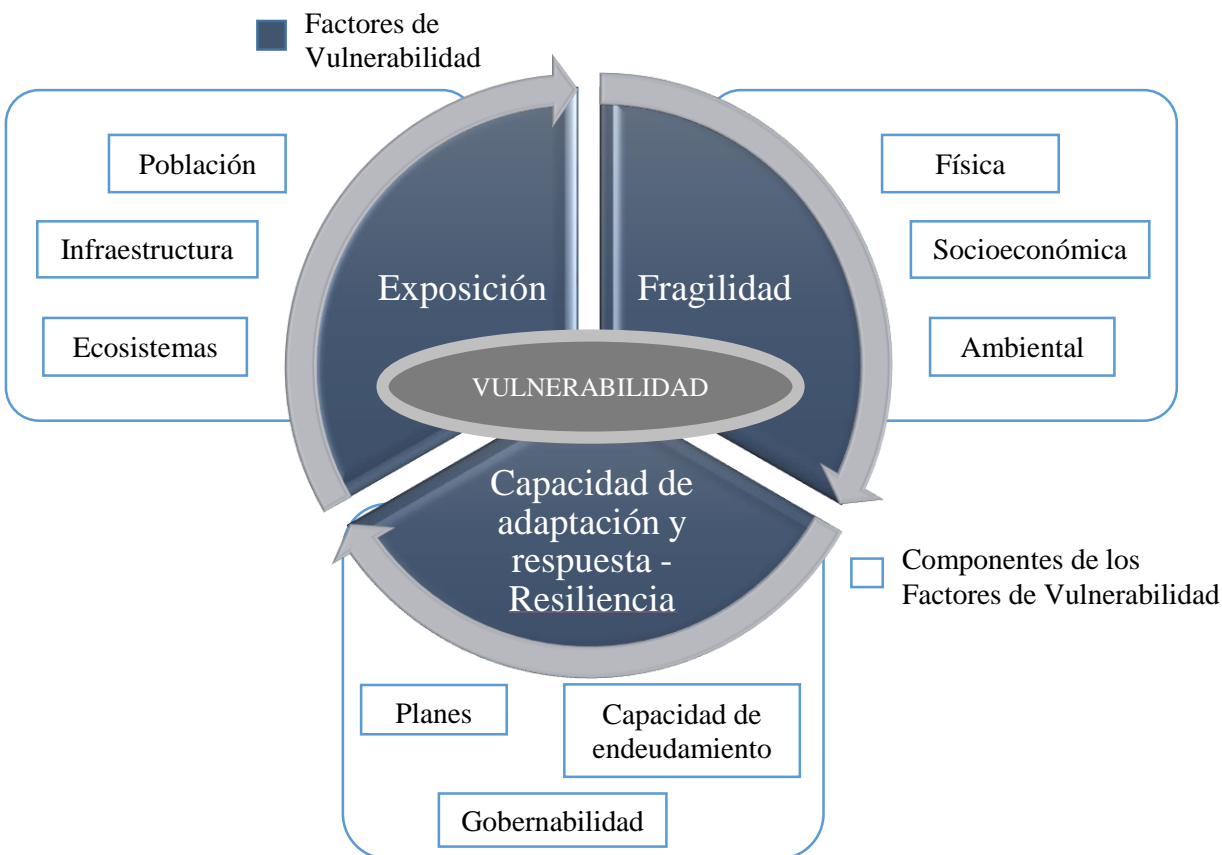


Ilustración 18 – Factores y componentes de la vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia, a partir de (Polsky, Neff, & Yarnal, 2007)

- ***Análisis de la vulnerabilidad de los habitantes de los sectores, desde la percepción social obtenida por las encuestas realizadas***

Después de la recolección de datos, por medio de las preguntas formuladas a los habitantes de los barrios, así como lo observado durante estas en los sectores, se obtuvieron los siguientes resultados relevantes para el análisis de la vulnerabilidad desde su percepción social. Para el análisis se tuvieron en cuenta los factores que se muestran a continuación.

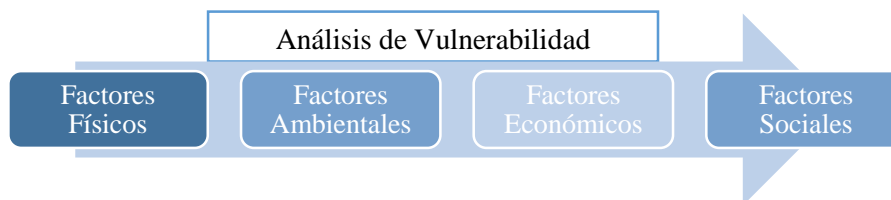


Ilustración 19 – Diagrama de flujo Análisis de la Vulnerabilidad.

Fuente: Propia, según (PNUD, 2012)



-Factores físicos: Para realizar la evaluación de los factores físicos, se tuvieron en cuenta diversas características de los sectores, relacionadas con su ubicación, resistencia del material de los bienes frente al evento amenazante, el tipo de construcción de las viviendas en los sectores, su calidad en los materiales usados, establecimientos de servicios e infraestructura socioeconómica (puentes, vías, etc.) para observar los efectos que constituyen una amenaza. Otro aspecto importante fue la ubicación de estos sectores poblados y su crecimiento a la ribera de los ríos que incrementan su nivel de vulnerabilidad.

-Factores ambientales: Estos hacen referencia al grado de resistencia del medio natural y de los seres vivos que conforman el ecosistema, ante la presencia de la variabilidad climática. Está relacionado con el deterioro del medio (agua, aire y suelo), deforestación, contaminación, etc.

-Factores económicos: En este estudio de factores económicos, se recalcaron los resultados obtenidos mediante las encuestas, pues constituyen el acceso que tiene la población a los activos económicos. Estos activos pueden ser empleos, medios de producción, infraestructura de servicios, entre otros. Todo esto, lo determina el nivel de ingresos y la capacidad para satisfacer las necesidades básicas por la población.

-Factores sociales: Para estos factores, se evalúa desde la autonomía que posee la comunidad en conjunto con la alcaldía municipal, para prevenir y llegar a responder ante situaciones de emergencia de inundaciones. Gracias al estudio de esta vulnerabilidad, se reconoce la coordinación existente, el nivel de organización poblacional, la participación activa, el conocimiento comunitario frente a la amenaza y la presencia de las instituciones para la gestión del riesgo, teniendo en cuenta su eficacia dentro de los sectores escogidos.

A continuación se presenta un cuadro con el resumen de esta estimación de vulnerabilidad, teniendo en cuenta los resultados obtenidos mediante las encuestas, entrevistas a actores municipales, información documental y visitas de los sectores, aplicándolos a los valores propuestos por la Guía Metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo.

Factor	Variable	Descripción	Valor - Clasificación	Observaciones
Vulnerabilidad Física	Antigüedad de la edificación	Para Sector 1: Entre 6 y 20 años	Sector 1: 2 – Media.	Según los resultados hallados en las encuestas, se observó que para cada sector variaban las condiciones de las viviendas y su antigüedad. El más reciente y en continuo crecimiento, es el Barrio Las Quintas, seguido por Santa Inés y Quince de Mayo, Pozo Donato y Mesopotamia. Dentro de ambos sectores estudiados, no se presentan viviendas en zonas con problemas de inestabilidad evidentes, sin embargo son zonas que no cuentan con buena cobertura vegetal. Las viviendas se encuentran en buen estado de conservación y han tenido que cumplir normativas constructivas, pues los suelos no cuentan con alta capacidad portante en estos sectores.
		Para Sector 2: Más de 20 años	Sector 2: 3 – Alta.	
	Materiales de construcción y estado de conservación	Estructura con materiales de buena calidad, adecuada técnica constructiva y buen estado de conservación	1 - Baja.	
	Cumplimiento con la normatividad vigente	Se cumple de forma estricta con las leyes	1 - Baja.	
	Características del tipo de suelo	Zonas con poca cobertura vegetal	2 – Media.	
Localización de las edificaciones respecto a zonas de fuentes hídricas y zonas de riesgo identificadas	Muy cercana	3 – Alta.		



Factor	Variable	Descripción	Valor - Clasificación	Observaciones
Vulnerabilidad Ambiental	Condiciones atmosféricas	Niveles de precipitación muy superiores al promedio normal	3 – Alta.	Los episodios de vulnerabilidad ambiental, se consideraron teniendo en cuenta los aspectos actuales de los sectores estudiados. Sin embargo, se usó el registro de niveles de precipitación presentados en la ola invernal de 2011, para clasificarlo como alto, pues se priorizó el estudio de estas temporadas críticas.
	Composición y calidad del aire	Con nivel moderado de contaminación	2 – Media.	
	Composición y calidad del agua	Alto grado de contaminación, niveles perjudiciales para la salud	3 – Alta.	
	Condiciones de los recursos ambientales	Con niveles moderados de contaminación y alta impermeabilización de los suelos	2 – Media.	

Factor	Variable	Descripción	Valor - Clasificación	Observaciones
Vulnerabilidad Económica	Nivel de ingresos	Para Sector 1: El nivel de ingresos cubre las necesidades básicas	Sector 1: 2 – Media.	De acuerdo a las encuestas desarrolladas, se puede concluir que el nivel de ingresos de los habitantes de los sectores, no es algo que los ponga en una clasificación alta de vulnerabilidad, sin embargo, han ido ubicando sus hogares en zonas expuestas a alta amenaza de inundación. Cuentan con todos los servicios públicos y gracias a su nivel de estudio alcanzado, así como de su situación laboral actual, se puede deducir su acceso al mercado laboral.
		Para Sector 2: Alto nivel de ingresos	Sector 2: 1 - Baja.	
	Situación de pobreza y seguridad alimentaria	Población sin pobreza y con seguridad alimentaria	1 - Baja.	
	Acceso a los servicios públicos	Total cobertura de servicios públicos básicos	1 - Baja.	
	Acceso al mercado laboral	La oferta laboral se considera igual a la demanda	2 – Media.	

Factor	Variable	Descripción	Valor - Clasificación	Observaciones
Vulnerabilidad Social	Nivel de organización	Población medianamente organizada	2 – Media.	Las comunidades estudiadas, cuentan con organizaciones internas, como juntas de acción comunal. Sin embargo estas juntas hacen saber su falta de programación y difusión de conocimiento frente a la amenaza de inundación a la que se encuentran expuestos. No cuentan con Comités Locales de Emergencia, ni con acciones preparadas en caso de emergencias.
	Participación	Nula participación de la población	3 – Alta.	En cuanto a la amenaza de inundaciones en este sector, las comunidades no han demostrado su participación en preparaciones ante el riesgo. A pesar de esto, los resultados de las encuestas, muestran que ambos sectores cuentan con un gran porcentaje de personas dispuestas a participar en los Comités Locales de Emergencia y a aprender sobre la Gestión de Riesgos.
	Grado de relación entre las organizaciones comunitarias y las instituciones	Relaciones débiles entre las organizaciones comunitarias y las instituciones	2 – Media.	De acuerdo a los resultados de las encuestas, se observó que después del evento de inundación ocurrido en 2011, las instituciones no han llegado a realizar capacitaciones en el sector. Sin embargo, el municipio y diversas entidades realizaron obras de dragado de ríos, así como existen urbanizaciones que solicitan al municipio la toma de acciones para la alta contaminación del sector del Río Jordán (por olores y peligros a la altura del Barrio La Pradera- Mesopotamia)
	Conocimiento comunitario del riesgo	La población tiene poco conocimiento de los riesgos presentes y no tiene un compromiso directo frente al tema.	2 – Media.	El problema de las comunidades estudiadas, así como de cualquier población en general, es la falta de conocimiento de los riesgos que los rodean, pues aún se está acostumbrado a reaccionar hasta que ocurran desastres y no a prevenir nuevos riesgos, al mismo tiempo de reducir o mitigar los existentes.

Tabla 7 – Vulnerabilidad Física, Ambiental, Económica y Social.

Fuente: Propia, según información estudiada y citada dentro de la tabla

Durante esta investigación, se realizó un análisis microbiológico sobre los cuerpos de agua del municipio de Tunja, que atraviesan por los sectores estudiados en este proyecto. Se seleccionaron dos puntos para la toma de estas muestras de agua, por su ubicación estratégica alrededor de los dos sectores en estudio, que tuviesen en cuenta al Río La Vega y al Río Jordán (ver fotos en anexos). Dentro del informe entregado por la empresa de control microbiológico, se pudo constatar la alta presencia de coliformes totales y coliformes fecales, que indican la descarga directa de aguas residuales a los cuerpos hídricos.

RESULTADOS				
<i>Características Microbiológicas</i>			1	2
Analito Evaluado	Resultado Expresado como	Método analítico / Técnica	Resultado	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM 9221 B	180000	220000
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	SM 9221 E	160000	180000

Ilustración 20 – Análisis de Coliformes totales y fecales sobre el cuerpo hídrico que atraviesa los sectores estudiados.
Fuente: (Control Microbiológico SAS, 2019)

Las características microbiológicas de las muestras de agua tomadas, fueron realizadas durante la transición de periodo seco a periodo de lluvias. El objetivo no fue crear un mapa de calidad del agua del municipio, sino establecer características microbiológicas de los cuerpos hídricos superficiales que transitan por los sectores estudiados, por donde los habitantes acostumbran a transitar. Estos resultados, hacen parte de las características obtenidas en el mes de Abril de 2019 y se aclara que para generalizarlos en la totalidad de los cuerpos de agua en su tránsito por el municipio de Tunja, se requeriría de un estudio actualizado y más detallado sobre su calidad. Se hizo uso del Decreto 1594/1984, expedido por el Ministerio de Salud, para comparar los valores obtenidos con los de la normatividad vigente, encontrando que por sus contaminantes, se encuentran por fuera de los aceptables.

Este análisis corrobora el alto grado de contaminación, que se seleccionó anteriormente para la calidad del agua en estos sectores de río. En caso de cualquier emergencia de inundación, esto representaría mayor vulnerabilidad de las personas, animales y medio ambiente, de presentar riesgos para su salud por los microorganismos existentes que pueden

llegar a ser ingeridos no intencionalmente y la proliferación de bacterias, hongos y malos olores, que en la actualidad también se generan para la población aledaña.

Después de la realización de las anteriores tablas de calificación, según las diferentes variables propuestas, se halla el valor obtenido para la vulnerabilidad. Esta determinación se realiza de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Vulnerabilidad Total (Vt)} \\ & \text{Vulnerabilidad física (Vf) / Vulnerabilidad ambiental (Va)} \\ & \text{Vulnerabilidad económica (Ve) / Vulnerabilidad social (Vs)} \\ & (Vt) = (Vf) + (Va) + (Ve) + (Vs) \end{aligned}$$

Ecuación 4 – Evaluación de la vulnerabilidad de inundación.

Fuente: (PNUD, 2012)

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla anterior, se puede hallar el valor de la vulnerabilidad para los sectores estudiados, priorizando los eventos ocurridos en 2011 y los conocimientos adquiridos por medio de las encuestas desarrolladas:

Vulnerabilidad Física	Vulnerabilidad Ambiental	Vulnerabilidad Económica	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Total
Sector 1: 9 Sector 2: 10	Ambos sectores: 10	Sector 1: 6 Sector 2: 5	Ambos sectores: 9	Ambos sectores: 34 – Media

Tabla 8 – Vulnerabilidad Total.

Fuente: Propia, según información estudiada

Según los resultados obtenidos, siguiendo la Guía metodológica, se obtiene una Vulnerabilidad total media, pues se encuentra entre el rango de 27 a 37 en su calificación final. Esto significa que estos sectores presentan inundaciones esporádicas, construcciones con materiales de buena calidad, en regular y buen estado de conservación. La población tiene un buen nivel de ingresos económicos, no tienen la mejor cultura de prevención, pero cuentan con facilidades de acceso para su atención de emergencias (que podría verse afectada por la congestión en las vías) y finalmente cuentan con la necesidad de integración entre las instituciones del municipio y demás organizaciones interesadas para realizar difusión de conocimientos sobre las amenazas existentes.

A estos indicadores de vulnerabilidad hallados, también se le pueden sumar unos excedentes que son de gran influencia para el territorio municipal que podría ser afectado por inundaciones. Es importante promover estudios futuros con alcances extendidos, en donde este proyecto sirva de insumo y se corroboren los valores obtenidos, agregando mayores



vulnerabilidades, por ejemplo aquellas provenientes de los diseños de sistemas de drenaje con los que cuenta el municipio, su funcionamiento a futuro y la capacidad de respuesta en eventos de altas precipitaciones sumados con altas descargas provenientes de los sectores estudiados y de los proyectados en construcción. Para este proyecto se decidió que era relevante realizar un análisis frente a las variables nombradas anteriormente, priorizadas por el enfoque social y algunas que también pueden estar influenciando la vulnerabilidad, de una manera más holística.

-Grado de concentración de la población: El número de habitantes por m² en estos sectores ha estado en constante incremento. Se observa que muchas viviendas en los sectores encuestados, que debían ser unifamiliares, cuentan con diferentes unidades habitacionales y esto hace que incremente la densidad poblacional por área. Todo esto conlleva a una complejidad creciente en la satisfacción de necesidades y las demandas sociales, así como en los procesos de respuesta y de evacuación. Aumentando este ítem por la falta de planificación de la infraestructura vial, que ya se está viendo afectada en esas zonas.

-Actividad antrópica instalada: Según el uso de suelo asignado en estos sectores, se puede influir en los niveles de pérdidas, daños y afectaciones económicas y sociales. Se observó que tanto en el Sector 1, como en el Sector 2, se presenta un uso de suelo residencial y comercial. En este sentido, se requiere ampliar el conocimiento de la amenaza y futuros riesgos existentes, para la toma de medidas adecuadas y a tiempo. Además los barrios cuentan con unidades estudiantiles, la mayoría de preescolar y primaria, que en caso de emergencia requieren un planeación adecuada, pues la afectación por inundaciones para los niños incrementa por su estatura y alta condición de vulnerabilidad.

-Ingresos: A pesar de ubicarse en zonas con amenaza de inundación, la población habitante de estos sectores no cuenta con mayor vulnerabilidad a nivel económico. Los ingresos familiares de los dos sectores analizados mediante las encuestas, demuestran una capacidad suficiente de preparación, respuesta y posible ajuste ante eventos amenazantes. Sin embargo, cualquier daño a la infraestructura que no haya sido previsto y trabajado por las entidades municipales, puede conllevar al incremento de gastos por parte de las mismas para la atención de emergencias.

-Nivel de escolaridad: Mediante las encuestas realizadas, se pudo hallar la generalidad existente en cuanto al máximo nivel de estudios realizados por parte de los habitantes. Se observó que la mayor cantidad de población ha alcanzado los niveles de básica secundaria y muchos se encuentran realizando estudios universitarios o hasta niveles de posgrado. Esto influye directamente en la sensibilidad y en la posibilidad de concientización frente al tema.

-Percepción de los individuos: Esta percepción, hallada también mediante las visitas y las encuestas en los sectores, incide fundamentalmente en el nivel de relajación y preparación que el individuo, la familia y la comunidad desarrollan para afrontar, resistir y superar los eventos amenazantes. En el caso del Sector 1, se puede resaltar que para el Barrio Pozo Donato, al haber sido más recurrentes sus situaciones de emergencia, cuentan con mayor aceptación de la existencia de esta amenaza. Sin embargo el resto de ambos sectores es ajeno al tema y la mayoría dice no creer encontrarse en zonas de alto riesgo de inundación.

-Fragilidad institucional: La vulnerabilidad que puede existir por cuenta de la fragilidad institucional, haría referencia al grado de riesgo de corrupción de las entidades públicas locales. Esto puede ser hallado teniendo en cuenta el índice de transparencia de las entidades públicas. Para el Municipio de Tunja, el resultado del índice de transparencia entregado a Abril de 2016, es de 69.1 que demuestra una vulnerabilidad media de corrupción (EcoAnalítica, 2016).

-Ahorro y capacidad de endeudamiento: La viabilidad financiera del ente territorial, de acuerdo al índice de desempeño fiscal del municipio de Tunja, puede demostrar un punto débil o de fortaleza para la atención a eventos de emergencias. En este caso, para la ciudad se tiene una vulnerabilidad baja, pues según los informes hasta 2013, el indicador fiscal de Tunja es de 78,49. Lo que le permite decir que su capacidad de endeudamiento y ahorro esta sobre los valores aceptables (DNP, 2013).

6.3.3. Evaluación del riesgo

El análisis del riesgo, apunta a estimar y a evaluar los posibles efectos y consecuencias de fenómenos naturales extremos en un determinado grupo poblacional y en sus bases de vida. Se trata tanto de efectos a nivel social, como también económico y ambiental. Para poder realizar el análisis, es necesario tener en cuenta los factores de riesgo considerados: Amenaza y Vulnerabilidad.

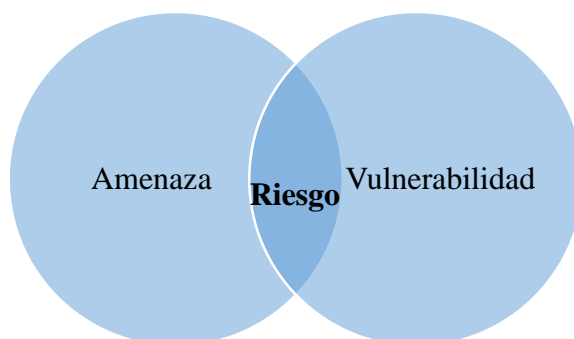


Ilustración 21 – Relación Amenaza – Vulnerabilidad – Riesgo.
Fuente: (PNUD, 2012)

Para realizar el cálculo del riesgo presentado en los sectores escogidos, se hace uso de la matriz de doble entrada, de Amenaza y Vulnerabilidad. Ambos resultados obtenidos anteriormente, se interrelacionan. A partir de esto se halla la intersección de ambas para estimar el nivel de riesgo esperado. Esta información es muy importante para adoptar las medidas que puedan facilitar la reducción del riesgo y el proceso de manejo de desastre.

Matriz para la estimación del nivel de Riesgo			
Amenaza	Riesgo		
Alta	Medio	Alto	Alto
Media	Bajo	Medio	Alto
Baja	Bajo	Bajo	Medio
	Baja	Media	Alta
	Vulnerabilidad		

Tabla 9 – Matriz riesgo.

Fuente: Propia, según información determinada

Según los resultados de amenaza (alta) y vulnerabilidad (media), obtenidos para los sectores estudiados, se puede observar que la estimación del riesgo para estas zonas es **alto**. La población, así como las instituciones correspondientes, deben tomar consciencia y difundir conocimientos frente al riesgo existente. Se necesita la toma de medidas para mitigar posibles eventos de emergencia futuros y aplicarlos en conjunto con la comunidad de los sectores estudiados y amenazados por inundación. Cuando la sociedad aumente su resiliencia, las condiciones de vulnerabilidad y sus niveles de riesgo reducirán.

Una inspección más profunda de las propiedades, para futuros estudios, puede conllevar a esclarecer la identificación de los posibles daños que se pueden producir, en seres vivos (personas adultas y niños, mascotas, animales en general), en las estructuras (equipamientos, cimientos, fachadas, puertas, etc.) y en los contenidos de las viviendas (mobiliarios, electrodomésticos, documentos personales, vehículo, etc.) Esto, para finalmente generar un diagnóstico exacto sobre posibles perjuicios por el ingreso de agua a estos sectores. Riesgos físicos, pérdida de pertenencias personales, riesgos biológicos –por contaminación de las aguas, proliferación de bacterias, virus, moho o demás derivados por exposición a la humedad–, riesgos en cadena como cortocircuito, limpieza de propiedades después de la inundación, organización de trabajos de reparación, presiones financieras y riesgos psicológicos.

6.4. Propuesta de lineamientos estratégicos para la gestión del riesgo de inundación

Para el desarrollo de esta etapa de propuestas, se identifican algunas acciones estructurales y no estructurales, que se pueden implementar en la zona identificada con condición de alto riesgo, para reducirlo en conjunto con la población y las entidades municipales. A continuación se describe un poco acerca del enfoque de cada una de estas acciones:

-Estructurales: Estas medidas físicas, están dirigidas a la toma de acción y generación de obras que atiendan las condiciones de riesgo ya existente. Pueden llegar a ser obras de estabilización, de reforzamiento de edificaciones e infraestructura u obras de protección en cauces naturales. Estas obras pueden llegar a causar impactos en el medio ambiente, algunos más negativos que otros.

-No estructurales: Orientadas a la regulación adecuada del uso, la ocupación, el aprovechamiento del suelo, entre otras, que se basen en la determinación de normas urbanísticas, proyectos con aplicabilidad como la implementación de Sistemas de Alerta Temprana, a la vez que los enfocados en la socialización, la difusión de conocimientos y la apropiación de principios tanto de responsabilidad como de prevención.

6.4.1. Gestión pública y gestión del riesgo de inundaciones

Para lograr la reducción de la vulnerabilidad ante el fenómeno socio-natural de las inundaciones, es necesario que las estrategias que se propongan y empleen tengan la máxima efectividad posible. Para lograrlo se requieren instrumentos normativos que se enfoquen en variables de gestión del riesgo y ordenamiento territorial, maximizando el impacto de la actividad poblacional como prioritaria en criterios propios de gestión pública, urbana y del riesgo.

Las medidas estructurales que se pueden adoptar para estos sectores, consideran la construcción de obras de protección en las riberas. Existen tramos específicos sobre la ronda de los ríos que presentan alturas menores en ciertas laderas, pudiendo afectar a los barrios en el momento que se presenten eventos de precipitación, con periodos de retorno altos. Estos puntos específicos, se han podido observar bajo modelizaciones hidrodinámicas, que a pesar de estar sujetas a la necesidad de validación y calibración, sus resultados pueden ser objeto de aproximaciones. A continuación se muestran algunos de los puntos más vulnerables a desbordamiento en T=50 años, según la modelización en IBER realizada en estudios previos



“*Hydro-dynamic modeling for identification of flooding zones in the city of Tunja*” (Caro Camargo & Bayona Romero, 2018) y sus aproximaciones.

-El primer punto se ubica en el tramo del Río Jordán Alto, que cruza entre el Barrio Mesopotamia y el Barrio Santa Inés. De acuerdo con el perfil transversal, se observa que la cota del Mesopotamia es mucho más baja que la colindante al sector de Remansos de Santa Inés, lo que genera amenazas de inundación hacia el Barrio Mesopotamia, con calados de agua hasta 1.3m y velocidades de 0.8 m/s.

-El segundo punto de interés para el presente estudio, es el ubicado entre la Avenida Norte y el Barrio Santa Inés, que presenta una menor altura hacia la ladera de la avenida, frente a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Lo que puede verse afectado con cotas de 0.5 m y velocidades de 0.5 m/s.

-El tercer punto observado del estudio, fue el que genera un giro de 90° al cauce del Río Jordán, a la altura del Centro Comercial Santa Inés. Esto puede afectar a la zona de Santa Inés y Quince de Mayo, con cotas de inundación y velocidades similares a las mencionadas en el punto anterior.

-Para el cuarto punto revisado, se tiene gran contextualización por eventos de inundación en el pasado, que han llegado a afectar barrios como Los Rosales, Los Cristales, Pozo Donato y la Avenida Norte. Está ubicado sobre el Río La Vega y genera una reducción en la sección del río, por la ubicación de una estructura de Box Culvert. Según los resultados del modelo, se arrojan velocidades de 0.8 m/s y calados de hasta 1.5m, lo cual lo convierte en una zona de peligrosidad alta.

-Finalmente, el quinto punto hace referencia al sector del Río Jordán Bajo (después de su unión con el Río La Vega), a la altura del Barrio Las Quintas, donde se puede presentar un desbordamiento hacia el oriente, con cotas de lámina de agua hasta de 1.5m por encima del terreno. Esta inundación de la zona, tendría la capacidad de alcanzar la Avenida Universitaria y las zonas que actualmente se encuentran en proceso de desarrollo urbanístico.

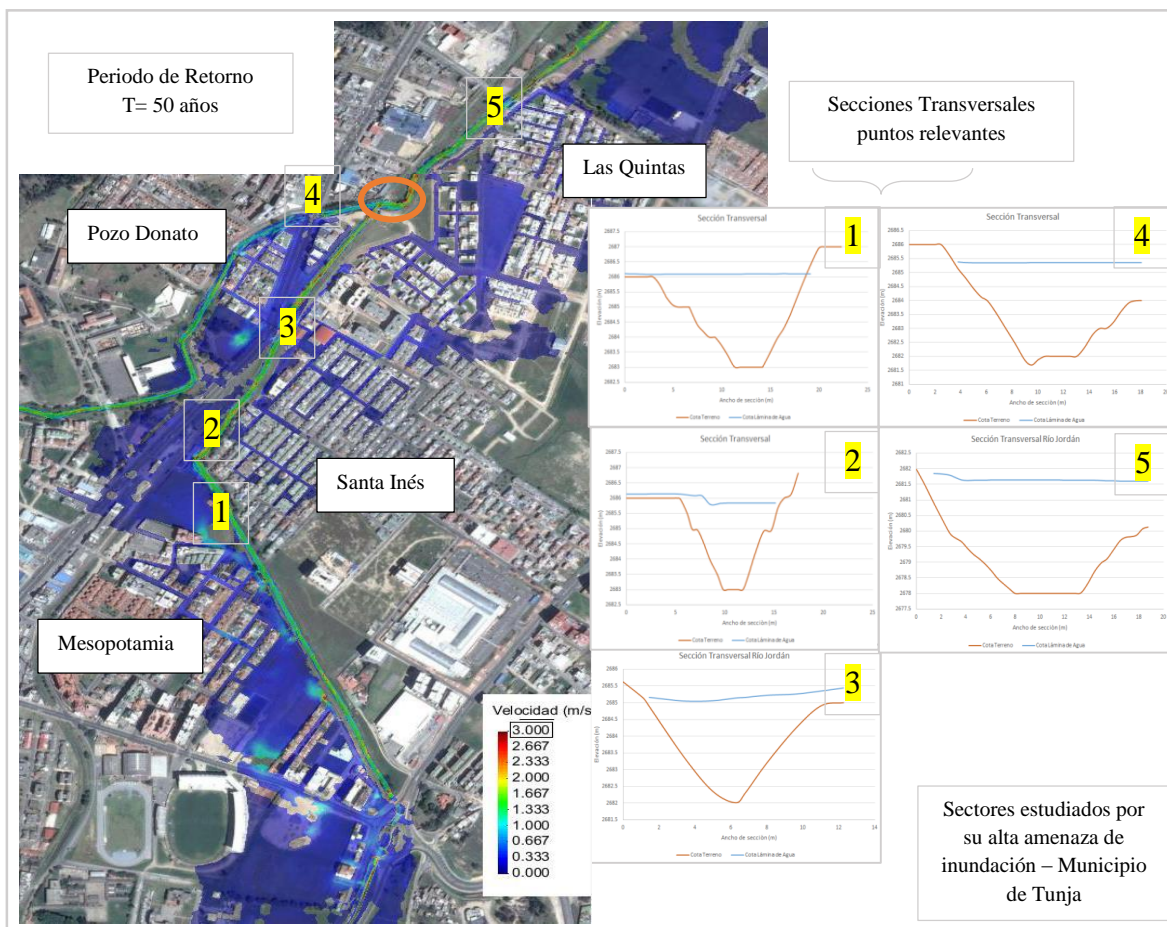


Ilustración 22 – Puntos de interés por posible desbordamiento.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Modelización en IBER (Bayona Romero, 2017)

Es por estas razones, y las expuestas durante el desarrollo de este proyecto, que se hace necesaria la toma de medidas preventivas ante las vulnerabilidades y riesgos existentes en los sectores estudiados. Para llevar a cabo algunas soluciones en estas rondas de los ríos, se ha podido optar por incrementar la altura en las laderas expuestas, para restringir el paso del agua, en casos de crecidas de los cuerpos de agua. Otro punto de gran relevancia (señalado en la ilustración por un círculo), es el ubicado después de la intersección de los Ríos Jordán y La Vega, que generan el Río Jordán Bajo, donde se presenta un cambio de dirección brusco a la altura del Barrio Las Quintas y Quince de Mayo. Esto puede generar socavación de las laderas del río e intensificar el nivel de riesgo existente.

Es relevante nombrar dentro de este apartado, la necesidad actual de generar un levantamiento topográfico más exacto y actualizado sobre los cuerpos hídricos que atraviesan el municipio de Tunja, para corroborar las afectaciones que se puedan generar. Sin embargo,



en estudios actuales, los resultados siguen considerando las zonas trabajadas en el presente estudio, como de las afectadas dentro de las eventuales inundaciones.

A continuación se presentan algunas propuestas de acciones y lineamientos que al ser promovidos en el municipio, pueden reducir las vulnerabilidades existentes en los sectores estudiados. La información aquí suscitada, es parte del resultado obtenido mediante la información documental y verbal recopilada y suministrada por las entidades, agregando los aportes personales que según las evidencias, fueron propuestos como parte de la solución en este estudio y al observar problemas resueltos dentro de entornos similares:

En cuanto al tema de **cuidado** de ecosistemas claves para el municipio: Criterio de Restauración de ecosistemas claves o de protecciones naturales. Las acciones humanas que han afectado y degradado directamente los cuerpos de agua del municipio y la región de influencia han significado la desaparición de zonas ambientales y ecosistemas.

-Suscitar cambios culturales individuales y colectivos, en relación con el uso, apropiación y conservación del espacio y de los recursos naturales.

-Promoción de un plan adecuado de manejo de escombros que reducirán la cantidad de sedimentos en los cuerpos hídricos, lo que les devolverá la capacidad de transportar agua en su caudal, en zonas críticas.

(El Río Jordán presenta altos problemas de contaminación y obstrucciones por sedimentos, pues a lo largo de su paso por el casco urbano del municipio, es utilizado como botadero de las personas que habitan en sus rondas. Esto, sumado a las descargas de aguas residuales, se detalla con la degradación de estos ecosistemas y la generación de malos olores. En cuanto al Río La Vega, se observa la presencia de desviaciones del cauce para reservorios, cercas sobre los ríos, tambres y tuberías de captación)

En cuanto a temas de trabajo para las **instituciones** claves del municipio: Promover una gestión institucional eficiente y coordinada, una cultura de la prevención y generar acciones para la reducción del riesgo, haciendo más eficiente y humana la futura atención de los desastres. Fortalecer técnica, operativa, financiera e institucionalmente al Fondo de Prevención y Atención de Emergencias municipal.

-Destinación de recursos para la recuperación de las cuencas, el manejo de aguas lluvias y aguas negras de forma óptima.

-Preparación de la ciudadanía para enfrentar condiciones de desastre. Hacer que las personas sean conscientes de los riesgos que enfrentan e incentivar su trabajo en conjunto.

-Entrenamiento de todo el personal que represente figuras institucionales para entender la importancia del conocimiento del riesgo, para ellos, sus familias y la población en general, lo que hace que sea más eficiente enfrentar una situación de desastre.

-Articular las iniciativas del territorio municipal, con las del Gobierno Nacional. Con esto las actuaciones a nivel local, se pueden optimizar en cuanto a recursos necesarios y descentralizar funciones para una mejor coordinación y apoyo durante las jornadas de difusión de conocimientos, prevención y atención de emergencias.

-Derribar problemáticas entre autoridades sobre la ronda de los ríos. En el municipio nadie es autoridad ambiental sobre estas rondas, lo que se había reglamentado sobre la protección de estas rondas, no se cumplió al final.

(Según información extraída por medio de entrevistas realizadas a representantes de los entes municipales encargados de la atención y prevención de desastres, se pudo constatar que en el Municipio de Tunja, el mayor número de inundaciones se presenta por rebose del sistema de alcantarillado. Aun así, en la temporada invernal 2010-2012, en conjunto con estos reboses, también se generaron inundaciones con ayuda del desbordamiento de los ríos, por ello sería adecuado contar con un estudio profundizado sobre vulnerabilidad de los sistemas de drenaje con los que cuenta el municipio para aprobar estas afirmaciones.)

En cuanto al tema de la **visión prospectiva** en la planeación territorial del municipio: Se puede resaltar la frase que exalta la gobernanza del agua, al asegurar la gobernabilidad de la ciudad, en términos de desastres y sostenibilidad de los procesos de desarrollo y las dinámicas económicas.

-Vincular los aprendizajes y las experiencias de situaciones de emergencia, para compartir conocimientos desde los entes territoriales del municipio a la población civil. Realizar simulacros en las zonas, para involucrar a los residentes y actores interesados.

-Plantear estrategias de desarrollo a largo plazo, que conciben la actual problemática de redes de infraestructura vial. El desembotellamiento de zonas estratégicas del municipio de Tunja, podrá beneficiar la adecuada gestión de los riesgos existentes en el casco urbano que presentan constante desarrollo urbanístico.

-Generar, trabajar y promover el cambio de mentalidad en todos los niveles interesados. Es necesario que las vulnerabilidades no se vean como eventos aislados, sino sustentar estrategias encaminadas a su mitigación y reducción en zonas expuestas, así como la prevención de nuevos escenarios de riesgo.



-Es una gran estrategia, el incentivar la colaboración de la población, pues es la que más interesada debe estar. En el municipio de Tunja y por medio de las encuestas, se halló la falta de conocimiento e integración de las comunidades para su gestión social del riesgo. Los propietarios de viviendas y edificaciones se pueden estimular para la implementación de sistemas de emergencias para abastecimiento de agua lluvia, donde además de promover a la retención de agua que puede colapsar los alcantarillados, la pueden utilizar en riego de jardines y otros usos de limpieza.

-Cumplimiento de normativas sobre construcción y sanciones ejemplares a la población que genere peligros asociados a los cuerpos de agua del municipio e incrementen la vulnerabilidad en zonas inundables.

-Diseñar infraestructura vial que satisfaga la cantidad de tránsito de los habitantes del municipio, con unión de la avenida universitaria y la avenida norte

(El municipio de Tunja y sus actores frente a la Gestión del Riesgo de Desastres, no han logrado superar del todo la visión enfocada a la *Atención de emergencias*, en vez de generar una planificación prospectiva a largo plazo, que trabaje intervenciones de manera integral entorno a los riesgos, en conjunto con las entidades encargadas y la participación de la población)

6.4.2. Mapas comunitarios

Esta alternativa no estructural, está dirigida a los capacitadores que deberán fomentar el conocimiento del riesgo en las comunidades amenazadas y fortalecer sus capacidades, actitudes y valores referidos a la Gestión Preventiva y Reactiva del Riesgo de Desastres. Los siguientes lineamientos metodológicos, al desarrollarse en conjunto con la población, permiten la elaboración de mapas comunitarios de riesgo para su reflexión y toma de medidas en coordinación con los líderes, comunidades e instituciones. Con esto se puede acceder al correcto conocimiento del ambiente, los peligros, las vulnerabilidades, los recursos existentes para hacer frente a sus amenazas y responder eficientemente ante adversidades, sin alterar de manera improvisada la vida de las agrupaciones sociales.

Los mapas de riesgo, son una representación de las características de una comunidad, de un barrio o un determinado sector, con información referente a los peligros y vulnerabilidades existentes, los recursos disponibles con los que cuenta la comunidad para hacer frente a la ocurrencia de fenómenos naturales como lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos, entre otros. La elaboración de los mapas comunitarios de riesgos es responsabilidad de la comunidad, en razón de que sus miembros conocen su realidad

fenomenológica, el territorio, potencialidades, limitaciones y recursos locales. Estos instrumentos sirven principalmente para:

- Reconocer el entorno que se habita y sus características.
- Identificar los peligros a los que está expuesta la comunidad.
- Analizar las vulnerabilidades de los integrantes y elementos de la comunidad susceptibles a sufrir daños ante la ocurrencia de un evento adverso.
- Identificar y ubicar los recursos con los que se cuenta.
- Identificar actores y responsabilidades.
- Brindar herramientas para emprender acciones que ayuden a reducir el riesgo.
- Tomar decisiones frente a los riesgos.
- Formular el cronograma para coordinar con las autoridades correspondientes para reducir el riesgo en la comunidad.
- Formular el Plan de Gestión de Riesgos de la Comunidad.

Para lograr un correcto desarrollo de los mapas comunitarios de riesgos, su elaboración debe ser bien guiada y consensuada con todos los participantes involucrados. Las responsabilidades en la solución de las problemáticas deben ser compartidas, según las necesidades y propuestas identificadas. Algunos de los pasos que se desarrollan a la hora de crear los mapas comunitarios, fueron desarrollados a la hora de generar las encuestas dentro de este proyecto.

1. Recolectar la información acerca de las familias de la comunidad. Una buena muestra de cada barrio estudiado durante esta investigación, ya cuenta con esta caracterización (No. de integrantes, edades, personas en situación de discapacidad).
2. Se debe realizar una reflexión comunitaria acerca de: Las amenazas comunes en la comunidad (ej. Sismos, inundaciones, etc.); Las vulnerabilidades que se tienen (familias con recurrentes problemas de desbordamiento de ríos, instituciones educativas, accesos a puestos de salud, etc.); Los recursos existentes para disminuir vulnerabilidades (medios de comunicación internos, camionetas disponibles, alarmas, etc.); y Priorizar las necesidades inmediatas de la comunidad (implementar puestos de salud cercanos, proteger sectores de instituciones de preescolar, generar limpieza de sumideros, etc.).



3. Con la información recolectada, se elabora un cuadro detallando los recursos disponibles y su ubicación.
4. Teniendo estos informes consolidados y resumidos de tal forma que puedan ser estudiados en cualquier momento y entendidos por toda la comunidad, se procede a la elaboración de los mapas. Para ello se puede hacer uso de plantillas de símbolos que determinen los puntos de interés (como centros de salud, infraestructura o población vulnerable, puntos de encuentro, recursos, etc.)
5. Se realiza un croquis detallado en equipos establecidos dentro de la comunidad, puede ser de utilidad la base de un mapa real del sector y se procede a trazar los límites, los sitios de relevancia estratégica, las salidas de evacuación adecuadas y los puntos de encuentro adecuados para los habitantes. Dentro de este ítem, se debe desarrollar un mapa de amenazas, uno de vulnerabilidades y uno de recursos. Cabe resaltar que a medida que se desarrolla el acompañamiento a la comunidad, es necesario dejar claridad entre estos conceptos involucrados en la Gestión del Riesgo.
6. Después de realizar los diferentes mapas, se procede a realizar una socialización, para analizar y anticipar necesidades desde todas las perspectivas.
7. Se procede a realizar un Plan de Acción. Se sugiere tomar medidas que comprometan a la comunidad de acuerdo a las responsabilidades que se vayan delegando y establecer tiempos límites para su ejecución.

Dentro de las soluciones alternativas para disminuir los daños producto de inundaciones, que se puedan ocasionar en las viviendas, se consiguen proponer algunas acciones estructurales para edificaciones:

Con el fin de **evitar**, que consistiría en impedir que el agua alcanzara la propiedad, se podrían construir o mejorar las barreras permanentes o temporales que ocasionen el desbordamiento de los ríos, como jarillones, terraplenes, movimientos de tierra que se integren al paisaje, entre otros. A pesar de que estas opciones ya han sido planteadas y realizadas en zonas de la ronda de los ríos, se debe actualizar la existencia de sectores en los que todavía se puedan generar afectaciones. Se requiere renovar la información ejecutada y por ejecutar frente a esta necesidad.

Para **resistir**, o impedir que el agua entre directamente a la vivienda una vez ha llegado a ella, se pueden impermeabilizar sótanos y plantas bajas, usar materiales resistentes al agua y/o sellar adecuadamente puertas y ventanas de poca altura. Además, para las nuevas construcciones se pueden elevar los niveles de la zona habitable, incrementando la altura de sus cimentaciones. Durante la realización de las visitas y encuestas en los sectores seleccionados, se pudo observar que viviendas han tomado medidas

estructurales dentro de esta solución y otras cuentan con un plan para usar jarillones en parqueaderos en sótanos.

En caso de requerir **tolerar** la entrada de agua a las edificaciones, al no ser posible su no admisión, se deben tomar medidas que limiten daños y reduzcan los tiempos de regreso a la normalidad. Entre estas medidas, las plantas inundables no deben ser habitables ni contener bienes de importancia, de requerirse, será necesario el cambio de su uso. Se pueden adaptar los accesos, usar materiales resistentes al agua, contar con elementos anclados y tomas eléctricas elevadas. Además prever la necesidad de uso de alguna bomba para retiro de agua que sea necesaria en edificaciones con sótanos.

Las personas deben contar con un Plan de Emergencia Familiar. Para cualquier tipo de riesgos, la población debe estar al tanto del bienestar de su familia y contar con los números de emergencia al lado de los teléfonos del hogar. Se debe disponer de un kit de emergencia y se debe planificar y practicar las evacuaciones con la familia, ubicando puntos de encuentro estratégicos, contar con cobertura aseguradora para cualquier daño personal (en caso de inundaciones puede ser por contaminación con aguas de mala calidad, virus, infecciones, hongos o cualquier otra enfermedad relacionada) y contar con un plan de protección de las mascotas, en caso de aplicar.

Algunos daños por fuertes precipitaciones que se han registrado en el municipio, son acontecidos por la falta de mantenimiento y cuidado de sus canales y bajantes de aguas lluvias. Según información recolectada por medio de entrevistas con los agentes de socorro, se pudo observar que existen daños en últimos pisos de edificaciones y de viviendas, que no tienen la precaución de contar con limpieza adecuada de sus instalaciones sanitarias de aguas de lluvia. Esto genera represamientos del agua y fallos de las conducciones, que se convierten en problemas en techos y hasta inundaciones o infiltraciones de humedad al hogar.

En cuanto a los avances en estos temas, ya recogidos por medio de encuestas, se observó la necesidad de concientizar a la población sobre sus riesgos, tomar medidas conjuntas y promover la unión entre los habitantes de los sectores, que genere una respuesta más oportuna y armonizada en caso de cualquier emergencia. Este tipo de actividades deberían ser implementadas por todos las localidades que dispongan de la actitud para coordinar su modo de respuesta ante cualquier evento amenazante y generen un cambio de mentalidad de la mano con la agrupación entre sus vecindarios.



6.4.3. Propuesta SUDS

El crecimiento verde y la adaptación al cambio climático se vuelven un objetivo fundamental dentro de la estrategia de mejorar los sistemas de aprovechamiento y retención de aguas lluvias. Ya que uno de los riesgos asociados al cambio climático es el ejercido por las inundaciones, que tienen un origen en la inadecuada gestión de la escorrentía superficial, en los últimos años se ha obligado a plantear una discusión de fondo en donde desde las políticas públicas y las soluciones técnicas, se brinden herramientas necesarias para afrontar situaciones de este tipo, de manera correcta.

Uno de los factores más influyente en que las escorrentías superficiales por lluvias se vuelvan un factor determinante en los procesos de inundación de las ciudades, tiene que ver con el rápido crecimiento urbano, que debido al alto número de construcciones sobrepasa las capacidades de las redes de alcantarillado. La falta de cultura ciudadana, que genera bloqueo de sumideros por contaminación y el aumento de superficie impermeable en espacio público, que no aportan a retener agua sino que al contrario, la evacúan de forma directa y más rápida a las redes de la ciudad, genera la necesidad de implementar soluciones acordes al medio y de bajo impacto negativo.

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, SUDS, buscan trabajar en diferentes escenarios del espacio público que por su vocación, se puedan intervenir de manera eficiente. Si bien es cierto que se han venido adelantando estrategias de implementación de SUDS en algunas ciudades colombianas, al no ser política pública, el avance en la implementación de ellos es aún poco estudiada. Entre los más usados, se pueden destacar cubiertas, fachadas y cunetas verdes, que se apoyan en los sistemas naturales de la ciudad, no pensados para ese fin pero eficientes, como parques, sardineles, separadores, entre otros. Sin embargo, en muchos casos sigue siendo mucho mayor el porcentaje de superficie impermeable, frente a la superficie filtrante deseable para ciudades con estas problemáticas.

Dentro de una ciudad, son varias las opciones que se pueden considerar para filtrar y retener el agua, para darle un aprovechamiento óptimo. Los SUDS, pueden clasificarse según su fin y presentan diferentes tipologías, a continuación se resaltan algunas de ellas. En la ciudad de Tunja, se puede recomendar el uso de SUDS como zanjas de infiltración, pavimentos permeables, cunetas verdes, tanques de almacenamiento, entre otros, que se basen en la caracterización de las necesidades a solventar, ya sean direccionadas al mejoramiento de la calidad del agua, el control de volúmenes de agua lluvia, su análisis de costos incluido el mantenimiento y finalmente seleccionar la medida más óptima a implementar según sus beneficios y limitaciones. Se invita a la promoción de futuras investigaciones aplicadas directamente a esta temática, dentro del municipio de Tunja.

Control en la Fuente	Atenuación de crecientes, descargas controladas
-Techos verdes -Trincheras de infiltración -Filtros -Jardines de lluvia -Micro reservorios de detención -Pavimentos permeables	-Embalses -Estanques -Humedales -Tanques de almacenamiento de aguas lluvias
Recarga de aguas subterráneas	Reducción de contaminación del flujo
	-Sistemas de bioretención -Trincheras y zanjas de infiltración -Cunetas verdes de infiltración -Filtros verdes -Embalses

Tabla 10 – Algunas tipologías de SUDS, según su fin.
 Fuente: Propia, según literatura consultada

A pesar de que estos sistemas, pueden no ser la solución definitiva a los problemas de inundaciones de la ciudad, estos llegarían a generar grandes beneficios para los sistemas de alcantarillado, que actualmente generan problemática a la hora de eventos de fuertes precipitaciones. Estas alternativas no convencionales surgen en respuesta a problemas similares a los asociados en el municipio de Tunja, en donde el crecimiento de la ciudad cada vez impermeabiliza mayores porcentajes de suelo y existen limitaciones en los sistemas de drenaje existentes en la actualidad.

Para las zonas estudiadas en el municipio, se requiere el análisis y la planificación a profundidad de las necesidades existentes y las posibilidades (tanto de disposición como de recursos) para la adopción e implementación de las alternativas y metodologías SUDS. La adecuada planeación de las nuevas áreas de desarrollo, que incluyan criterios ambientales, sociales, técnicos, económicos, urbanísticos e institucionales, juega un papel determinante para la correcta implementación y mantenimiento para prolongar la vida útil de estas estructuras. Esto requiere de investigaciones más profundas en el tema y pruebas piloto en sectores escogidos.

El objetivo es adoptar alternativas similares a las implementadas en otras urbanizaciones a nivel nacional e internacional, basada en la metodología SUDS, para controlar y regular las escorrentías generadas por las lluvias. Por ejemplo, integrando de manera efectiva un estanque de detención, el cual almacena temporalmente el volumen de exceso de lluvias y entrega un caudal cómodo a la red de alcantarillado. Para todo esto, se



debe tener conocimiento por parte de las instituciones encargadas de su implementación, y de la comunidad para su correcto cuidado y mantenimiento.

A la hora de realizar la selección y el diseño de las alternativas propuestas, habiendo identificado el área del proyecto, la información urbanística, la distribución de áreas, topografía, tipo de suelos y vías, se procede a identificar y delimitar las respectivas zonas que drenarán su escorrentía hacia la zona de detención, determinado cada uno de sus parámetros, con los cuales se podrán calcular los hidrogramas y caudales generados por las mismas. De esta forma se va determinando el volumen y tipo de regulación que más se adapte a las condiciones locales. Todo esto se puede simular en software como EPA SWMM (de acceso libre), que cuenta con una extensión acerca de SUDS para modelizar en entornos urbanos.

En el caso de la ciudad de Tunja, la empresa prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado, junto con la secretaria de planeación municipal, deberán unir esfuerzos por definir y establecer criterios unificados aplicables a nuevos proyectos urbanísticos que permitan la adopción de este tipo de alternativas SUDS, incluyendo medidas estructurales y no estructurales. Esta labor requiere a la vez de un completo diagnóstico del estado real del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Actualmente, existen publicaciones a nivel nacional, sobre proyectos tipo que generan una serie de lineamientos para el diseño de SUDS, dirigido a entidades territoriales que tienen problemas por la inadecuada gestión de escorrentías superficiales. Dentro de estos informes, se señalan especificaciones generales, así como los estudios requeridos, el presupuesto y los cronogramas, finalizando con la temática de operación y mantenimiento (MinAmbiente, 2018). Los avances promueven la toma de medidas a nivel nacional y pueden ser validados en cada lugar, donde se pretendan implementar.

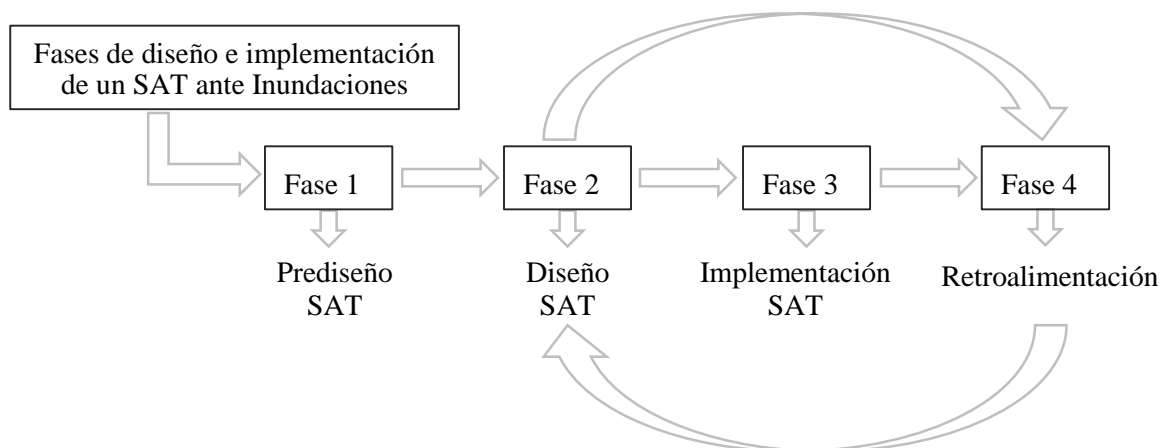
6.4.4. Propuesta metodológica SAT

Es de gran importancia que se fomente la implementación de los Sistemas de Alerta Temprana, SAT, en beneficio de las zonas pobladas con riesgo a inundación. Durante el desarrollo de esta investigación, se observó que la ciudad de Tunja tiene un alto riesgo de inundación. Que la mayor parte de sus inundaciones en la zona urbana son por reboses de alcantarillados, pero que han existido eventos, en conjunto con el desbordamiento de los cuerpos hídricos que la atraviesan. Esto incrementa la necesidad de contar con un sistema adecuado de información y a tiempo, sobre los niveles del río en puntos estratégicos, donde se demuestre la posible afectación aguas abajo. Todo esto, para estar prevenidos y poder tomar las mejores decisiones a tiempo.

Esta medida puede incrementar el nivel de seguridad para los habitantes de la zona urbana del municipio de Tunja, que se ubican sobre la ronda de los ríos y llegar a planificar eficientemente sus planes de acción. Para la realización de un proyecto de implementación de SAT, se puede seguir esta metodología propuesta:

- Recoger información topográfica e hidro-climatológica de la zona de estudio.
- Determinar las variables ambientales e hidrodinámicas para un sistema de alertas tempranas en la ciudad de Tunja.
- Modelizar la zona de estudio hidrodinámica y ambientalmente, haciendo uso de modelos hidrodinámicos (ej. IBER), para analizar el comportamiento de los cuerpos hídricos. Se resalta dentro de este numeral, la recomendación de asegurar la calibración y la validación de los modelos, a partir de la instrumentación.
- Establecer los puntos significativos para implementar los sistemas de alertas tempranas.

Dentro de la investigación realizada, sobre las metodologías de implementación de SAT, se puede destacar este resumen, que puede ser complementario a la revisión en el momento de implementación de un sistema para el municipio de Tunja



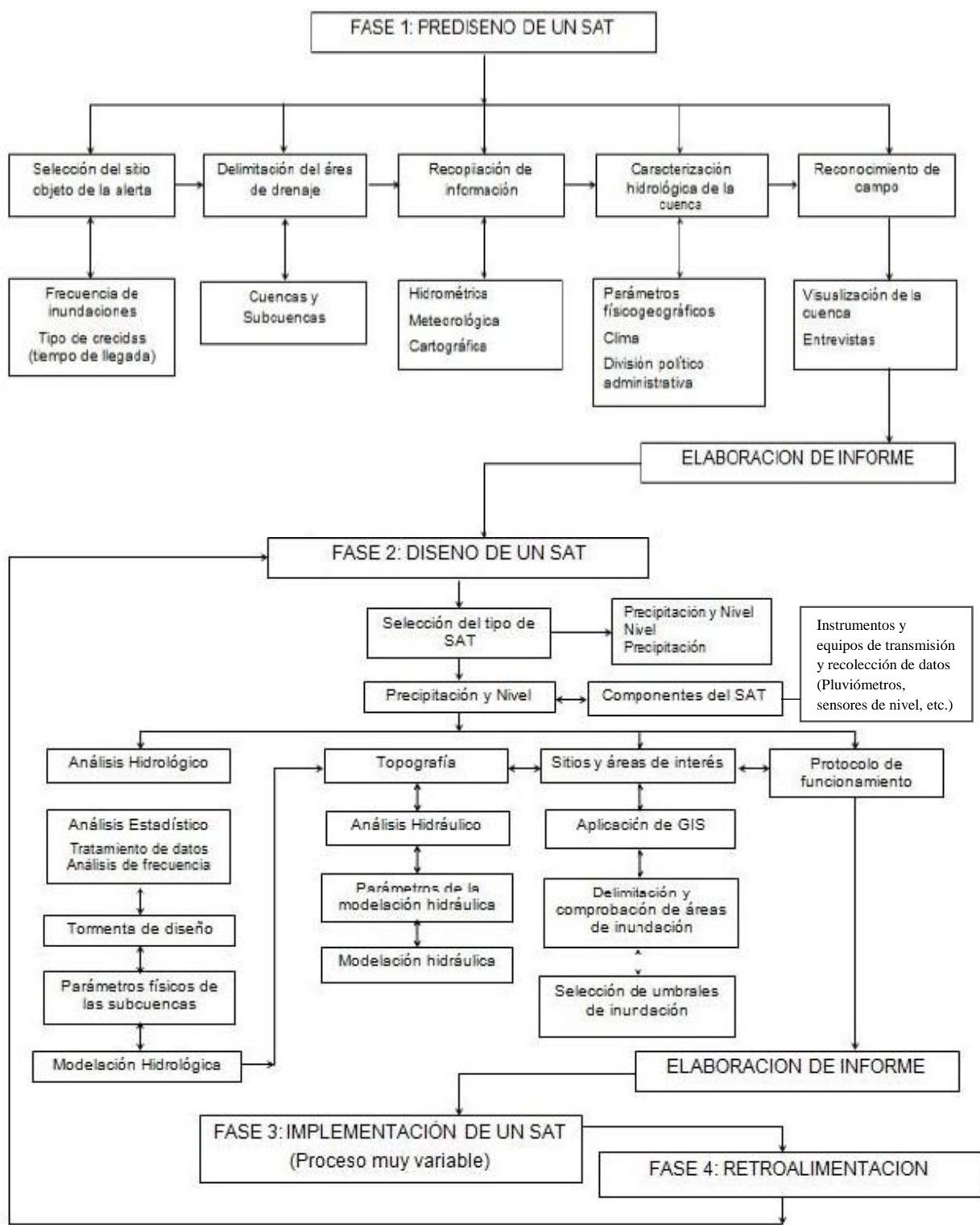


Ilustración 23 – Fases de diseño e implementación SAT.
Fuente: Información recolectada a partir de (Robledo Molina, 2010)

El funcionamiento de un SAT, se puede dividir en tres componentes, el monitoreo, las comunicaciones y la activación de la alerta, para darle paso a los preparativos de respuesta. Para el monitoreo, los SAT cuentan con equipos de transmisión y recolección de datos que incluyen los pluviómetros y los sensores de nivel, vinculados a la red hidrometeorológica de la ciudad donde se instalan. Con esto se permite la realización del comportamiento hidrometeorológico y se propician los modelos de pronóstico de la cuenca.

-Se requiere tener una batimetría detallada de los cuerpos hídricos que atraviesan el municipio, pues hasta el desarrollo de esta investigación, se cuenta con información general del tema. Esto puede aumentar la efectividad de la información que se va generando, mediante modelizaciones y demás investigaciones.

-Es importante zonificar adecuadamente las precipitaciones que se registran en el municipio de Tunja. Las entidades de Gestión del Riesgo Departamental, llevan un seguimiento de las lluvias, sin embargo, según información tratada con la entidad municipal, han llegado a existir meses sin datos, siendo en los que más ha llovido. Generar confiabilidad acerca de las mediciones pluviométricas, beneficia el conocimiento de los eventos ocurrientes en el territorio y a su gestión oportuna.

-Fomentar la implementación de un Sistema de Alertas Tempranas para el Municipio de Tunja. A pesar de que se necesite su instalación sobre el Río La Vega, en jurisdicción de Motavita, es importante que las instituciones municipales promuevan su realización, para incrementar el conocimiento a tiempo del comportamiento de los cuerpos de agua, lo cuales pueden llegar a afectar a la población.

(Actualmente la forma de monitoreo que tiene el municipio ante posibles desbordamientos, es por medio de la revisión de puntos del nivel del río, que vigilan en ciertos periodos de lluvia los agentes de socorro municipales)



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se mantuvo la idea de que el riesgo se construye socialmente debido a fenómenos multicausales. Esto implica que varios factores que tienen lugar en un mismo territorio, hacen que el desastre se materialice. En este apartado final, se revisará el cumplimiento de los objetivos establecidos, las preguntas iniciales de investigación planteadas y se puntualizarán algunos comentarios finales.

De acuerdo con los resultados obtenidos de este proyecto, se tomaron los procesos principales a lo largo de su desarrollo y se analizaron los objetivos específicos para revisión de sus derivaciones:

-Al iniciar con la contextualización del marco legislativo relevante aplicable a la evaluación del riesgo por inundación y su estudio dentro de la planificación urbana, se ahondó en los conocimientos legales aplicables a la gestión del riesgo ante eventos de inundación. Por medio de esta investigación inicial, se pudieron sentar las bases de lo existente en temas legislativos y los posibles vacíos a nivel municipal. De este proceso, se generó una lista que contiene el resumen de verificación de información, con la descripción de las normativas relevantes nacionales y su evolución a lo largo de los años, así como la exaltación de las vigentes y aplicables dentro de este estudio.

- Dentro de la identificación de falencias existentes en el desarrollo territorial del municipio de Tunja y su situación actual en Gestión del Riesgo de inundaciones, se logró obtener una visión más amplia acerca de la situación actual del desarrollo urbanístico de la ciudad de Tunja. Para esta etapa, se logró escoger 5 barrios prioritarios a analizar, por encontrarse bajo alta amenaza de inundación, por contar con información suficiente de las construcciones desarrolladas en esta zona de estudio y finalmente se generó un reconocimiento del sector, realizando un resumen de su situación actual.

- En cuanto a la evaluación por medio de encuestas de la vulnerabilidad existente, desde la percepción social, en las zonas escogidas por su alto nivel de amenaza ante eventos de inundación en la ciudad de Tunja. Se pudo realizar una recolección directa de información, que determinó las necesidades y estableció la vulnerabilidad ante eventos de inundación desde la percepción social. Con todo ello se obtuvo una cantidad acertada de encuestas, con una muestra de 150, que representan 519 personas y se realizó un resumen de resultados obtenidos, así como la evaluación del Riesgo de Inundación, basado en diversas variables. La amenaza de inundación resultó ser Alta para estos sectores, que en combinación con su vulnerabilidad Media, generan un riesgo Alto. Dentro de esta etapa, se anexó al libro el formato definitivo de encuestas aplicado a la población de análisis.

-En cuanto a la generación de conocimientos teórico – prácticos que promueven la aplicación local de la Gestión del Riesgo de inundación en la ciudad de Tunja, según los análisis desarrollados, se presentó un contenido relevante en cuanto alternativas a aplicar en los sectores con alta amenaza. Estos lineamientos consisten principalmente en una correcta Gestión Pública y Gestión del Riesgo de Inundaciones desde el involucramiento de todas las partes interesadas. Se resaltaron estrategias importantes a promover, tanto a nivel municipal como en los sectores estudiados. También se generó una propuesta de trabajo en equipo con las comunidades, en la generación de mapas comunitarios, que promueven un conocimiento adecuado de su entorno y la toma de medidas requeridas para su sector, además del trabajo en conjunto con los entes institucionales. Se planteó la necesidad de instalación de Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones, promoviendo una metodología desde su diseño. A la vez de todo lo anterior, se compartieron conocimientos adquiridos mediante la investigación, entorno a diversas metodologías y toma de acciones que también promueven la mitigación de los eventos de inundación, por medio de la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, que pueden llegar a ser profundizados y aplicados a nivel local, suscitando un manejo adecuado de las aguas lluvias, su retención, limpieza y aprovechamiento.

Como se observó en los resultados de los análisis microbiológicos tomados en el Río Jordán (Alto y Bajo), la cantidad de coliformes fecales y totales, se encuentran fuera de los rangos admisibles en normas referentes a calidad del agua. Se deben desarrollar programas de Control y Vigilancia, así como la formulación de programas de recuperación y protección para las aguas superficiales del municipio. La contaminación de coliformes fecales representa una clara señal de alerta para proceder a la implementación de las medidas necesarias para proteger el recurso hídrico. Los microorganismos forman la parte biológica de la contaminación del agua superficial y éstas pueden causar un riesgo a la salud pública. Los indicadores encontrados en los cuerpos de agua, inhabilitan su uso para cierto tipo de actividades, por tanto, es vital informar a la población sobre la situación actual de contaminación y los cuidados que se deben tener.

Con este proyecto se apunta a que las entidades oficiales tomen como base la información presentada, para proyectar socializaciones, talleres y demás estrategias para crear una comunidad prevenida y resiliente frente a las amenazas locales existentes. Que incremente el conocimiento de los temas de gestión del riesgo en la ciudad de Tunja, según sus amenazas. Además, se procuró que los habitantes que fueron entrevistados durante el desarrollo de este proyecto, pudieran concientizarse un poco más acerca de su vulnerabilidad ante eventos de inundación y la necesidad de ampliar sus conocimientos en el tema, teniendo en cuenta que generarán un beneficio propio.



8. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Los eventos naturales y antrópicos que han sido registrados en la historia colombiana, citando entre ellos los de mayor impacto (avalancha de Armero en 1985, sismo y avalancha del río Páez en 1994, la avalancha de Salgar – Antioquia en 2015, así como las más recientes en 2017 la avalancha en Mocoa y su repetición de esas altas precipitaciones para 2018), han servido como base fundamental en la estructuración y promulgación tanto de normativas jurídicas como de políticas públicas que dan soporte a la cultura proactiva en función de la gestión del riesgo de desastres a nivel nacional. Sin embargo, hace falta su promoción, conocimiento y correcta aplicación en todos los territorios municipales frente a sus posibles amenazas.

A mediano plazo se espera que las comunidades estudiadas en el municipio de Tunja, logren alcanzar un buen avance en el alcance de los objetivos generales de los planes de gestión del riesgo, incluyendo un incremento de la percepción del riesgo de inundación y las estrategias de autoprotección. Que mejore la coordinación administrativa entre actores involucrados, la capacidad predictiva ante situaciones de inundación y la reducción en la medida de lo posible de la peligrosidad para la salud de la población, del medio ambiente y de las actividades económicas en las zonas inundables.

Se espera que a futuro, lleguen a ser de gran utilidad los resultados a cerca del Riesgo analizado en el proyecto, para que al volver a generar las encuestas, la población ya haya contado con mayor información acerca de su estado de amenaza, por medio de charlas que hayan ejecutado las entidades interesadas en generar concientización social sobre inundabilidad y demás riesgos de la ciudad. Que haya mejorado la resiliencia y haya disminuido la vulnerabilidad de las personas y elementos en zonas inundables y que se haya contribuido eficazmente al mejoramiento y mantenimiento del buen estado de los cuerpos de agua de la ciudad de Tunja.

La implementación efectiva de los sistemas de Reducción del Riesgo de Desastres y Gestión del Riesgo de Desastres, depende de la solidez de las capacidades institucionales, de los actores claves en diferentes niveles de gobierno, sector privado, comunidad académica y sociedad civil y de una coordinación efectiva entre estos actores y niveles. Se requiere la promoción de buenas prácticas sociales a niveles locales, particularmente en el manejo ambiental, uso apropiado de suelos y recursos naturales, gestión ambiental urbana y gestión integral del riesgo, los cuales son producto de procesos históricos de relación y adaptación con el entorno, del conocimiento local, del desarrollo científico a nivel específico y de la actividad de administración pública a nivel municipal.

Se espera que este trabajo motive la realización de investigaciones futuras para áreas urbanas, donde se aporten herramientas potentes de análisis y se pueda hacer, con equipos interdisciplinarios y mayores recursos, seguimiento espacial de las vulnerabilidades ante amenazas naturales, para así tener ciudades mejor planificadas, pero sobre todo, mas “dignas y seguras”, con poblaciones más conscientes de su papel, tanto en la generación como en la prevención y reducción de condiciones de vulnerabilidad.

Los valores propuestos y finalmente hallados sobre vulnerabilidad y amenaza, quedan abiertos a la posibilidad de futuros estudios que corroboren o amplíen la información obtenida, por medio de metodologías diferentes a la aplicada en el mismo en el presente estudio. Además, se sugiere realizar estudios de vulnerabilidad dentro del municipio, en aquellas zonas del nor-occidente y sur, que cuentan con la problemática de inundaciones recurrentes cada año.

Cabe mencionar que no existen propuestas infalibles y que garanticen el éxito definiendo e involucrando la sociedad en general, con sus bienes y necesidad de protección de lo público. Menos en este escenario que está dominado por la incertidumbre. Sin embargo, al generar esfuerzos conjuntos por la incorporación y difusión de la idea de que la problemática de inundaciones, no está en escenarios aislados, sino que es parte de nuestro sistema territorial, se entendería que la escala local es la base para desarrollar estrategias integrales de reducción de desastres. Siguiendo principios de coordinación, cooperación y flexibilidad en adopción de estrategias, se podrá definir una ruta orientada eficientemente a la consecución de un bien común, dentro de un contexto sostenible.

Se requiere de voluntad, acompañada por un cambio de paradigmas que involucren la gestión de la infraestructura pública en el desarrollo sostenible de las ciudades. Un fomento al conocimiento de los riesgos existentes para aquellos que pueden llegar a ser mayormente afectados y una ampliación de la perspectiva de desarrollo, para las necesidades de la población. Dentro de este estudio, se pueden señalar resultados principales para su tratamiento en conjunto con diversas entidades, desde la conciencia social, el trabajo en comunidad, como la visión prospectiva de los encargados del diseño urbano.



Referencias

- Alcaldía de Tunja. (2014). *Primera Revisión POT Tunja. Seguimiento y Evaluación S&E*. Tunja, Boyacá, Colombia: Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia - Alcaldía de Tunja, Oficina Asesora de Planeación.
- Alcaldía Mayor de Tunja. (2018). *Estudios Básicos de Amenaza por Inundación y Avenidas Torrenciales Para la Incorporación de la Gestión del Riesgo al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja, Departamento de Boyacá*. Tunja.
- Álvarez, R. (04 de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de Relación entre marco muestral - población objetivo - conjunto de respuesta: https://www.researchgate.net/figure/Figura-21-Relacion-entre-marco-muestral-poblacion-objetivo-conjunto-de-respuesta_fig3_322661690
- Banco Mundial. (2010). *Guía Municipal para la Gestión del Riesgo*. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, República de Colombia. Bogotá: Ministerio del Interior y de Justicia.
- Bankoff, G., Frerks, G., & Hilhorst, D. (2004). *Mapping vulnerability: disasters, development and people*. London: Earthscan Publications.
- Bayona Romero, J. A. (2017). *Tesis Modelización Hidrodinámica Para Identificación de Zonas Inundables en la Ciudad de Tunja*. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- BID, B. I. (2012). Valoración de daños y pérdidas Ola invernal en Colombia 2010-2011. En C. e. Cepal.
- Bohórquez, T., & Enrique, J. (2011). Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿una contradicción histórica? *Revista de Geografía Norte Grande*.
- Cardona, O. D. (2004). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. En G. In Bankoff, & G. a. Frerks, *Mapping vulnerability: Disasters, development and people*. London: Earthscan Publishers.
- Caro Camargo, C. A., & Bayona Romero, J. A. (2018). Hydro-dynamic modeling for identification of flooding zones in the city of Tunja. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 40-54.

- Caro Camargo, C. A., & Bladé Castellet, E. (Junio de 2011). Modelización del ciclo hidrológico de una cuenca, en base a un esquema de volúmenes finitos - Aplicación de un sub modelo de transferencia vertical dentro de un modelo hidrológico continuo en un esquema de volúmenes finitos. *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Caro_Camargo/publication/324217024_Aplicacion_de_un_sub_modelo_de_transferencia_vertical_dentro_de_un_modelo_hidrologico_continuo_en_un_esquema_de_volumenes_finitos/links/5ac552df458515798c304c93/Aplicacion-de-u
- Caro, C., & Ernest, B. (Septiembre de 2012). Modelo hidráulico-hidrológico continuo basado en esquemas de volúmenes finitos. *XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica*.
- Caro, C., Bladé, E., & Acosta, P. (2012). Modelo de transferencia vertical dentro de un modelo hidrológico continuo en un esquema de volúmenes finitos. *L'esprit Ingéniux*, 144-154.
- Cea, L., Vázquez-Cendón, M. E., & Puertas, J. (2009). El método de volúmenes finitos aplicado a problemas de ingeniería fluvial y costera. *La Gaceta de la RSME*, 12(1), 71-93.
- Chen, Y., Zhou, H., Zhang, H., & Du, G. &. (2015). Urban Flood Risk Warming Under Rapid Urbanization. *Elsevier - Environmental Research*, 3-10.
- Chocontá Martínez, M. J. (2017). *Morfología Urbana Acercamiento de la teoría a la práctica. Configuración de las zonas de expansión en el norte de Tunja*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Christian Kuklicke, D. D. (2016). Adaptive and risk-based approaches to climate change and the management of uncertainty and institutional risk: The caso of future flooding in England. *Elsevier - Global environmental change* , 56-68.
- CLOPAD TUNJA. (2005). *Diagnóstico Plan Local de Emergencias de la Ciudad de Tunja, Primera Etapa. Informe Final*. Tunja: Alcaldía Mayor de Tunja - Secretaría de Infraestructura.
- CMGRD. (2017). *Plan Específico de Respuesta Ante Temporada de Lluvias*. Consejo Municipal Para la Gestión del Riesgo de Desastres, Municipio de Tunja (Departamento de Boyacá). Tunja: Alcaldía Mayor de Tunja. Recuperado el 2019



-
- CMGRD Tunja. (2016). *Plan De Contingencia Operativo, Temporada De Lluvias - Fenómeno De La Niña*. Tunja: Alcaldía Mayor de Tunja.
- Colombia, C. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 de 2012. *Por la que se adopta la política nacional del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Bogotá, Colombia.
- Consejo Municipal GRD Tunja. (2017). *Plan de Contingencia Operativo Temporada de Lluvias*. Tunja.
- Control Microbiológico SAS. (2019). *Informe de resultados fisicoquímicos y microbiológicos No. Abr19-MI304*. Tunja: Laboratorio control microbiológico.
- Corpoboyacá. (2015). Capítulo VII - Gestión del Riesgo. En Corpoboyacá, *Atlas geográfico y ambiental Corpoboyacá* (págs. 234-235). Tunja, Boyacá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Corpoboyacá. (2016). *Plan de Acción 2016 - 2019*. Tunja.
- DANE. (12 de 05 de 2011). *DANE - Información para todos*. Recuperado el 2019, de Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DNP. (2013). *Desempeño fiscal de los departamentos y municipios 2013*. Informe del Departamento Nacional de Planeación (Artículo 79 Ley 617 de 2000), Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible - Grupo Estudios Territoriales, Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (s.f.). *Departamento Nacional de Planeación*. (P. W. DNP, Productor) Recuperado el 16 de 02 de 2019, de El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES: <https://www.dnp.gov.co/CONPES/Paginas/conpes.aspx>
- EcoAnalítica. (2016). *Índice de transparencia municipal 2015 - Abril 2016*. EcoAnalítica - Procesamiento y desarrollo. Transparencia por Colombia.
- FAO. (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres - Una Guía*. Roma, Italia: FAO - Environment and natural resources management - SERIES. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i0304s.pdf>
-

- FAO. (2016). *Lineamientos para la implementación del SAT (Sistema de Alerta Temprana) a nivel Nacional, Departamental, Municipal e Indígena Originario Campesino, integrados al SNATD (Sistema Nacional de Alerta Temprana para Desastres)*. La Paz: Ministerio de Defensa - Estado Plurinacional de Bolivia.
- Findeter et al. (2017). *Planeando Ciudades Sostenibles*. Bogotá, Colombia.
- Fragala, F. O. (2004). Aproximación a la estimación de la recarga en los acuíferos mediante optimización matemática multidimensional de un modelo de balance hídrico. *Seminario Internacional La Hidroinformática en la gestión integrada de los Recursos Hídricos*, 201-208.
- Hidalgo Guerrero, A. (2010). *Morfología y Actores Urbanos, Formas de Crecimiento en la Periferia Urbana. El caso de tunja, Boyacá, Colombia*. Tunja, Colombia: Universidad Politécnica de Madrid.
- IDEAM. (2008). *Protocolo para la emisión de los pronósticos hidrológicos*. Bogotá.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua - ENA 2014*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- IDEAM. (2016). *Amenaza por crecientes súbitas - Amenaza Lluvias Tunja - Tr. 50 años*. Subdirección de Hidrología. Bogotá: Centro Nacional de Modelación - CNM.
- IDIGER. (27 de 11 de 2018). *Caracterización General de Escenario de Riesgo de Inundación por Desbordamiento*. Obtenido de Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático.
- Jaramillo Álvarez, F. J. (2010). Tamaño apropiado de muestra para obtención de conclusiones válidas en una investigación. *Revista Online LUPA Empresarial - Business School - CEIPA*, 1-12.
- Judy Lawrence, A. R. (2013). Exploring climate change uncertainties to support. *Elsevier - Environmental Science & Policy*, 133-142. Recuperado el 09 de 2016
- L. Marchi, M. B. (2010). Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications. *Elsevier - Journal of hydrology* , 118 -133.
- López, M. (2008). *Adaptive capacity and resilience to floods in the Caribbean: a case study of two flood-prone communities in Puerto Rico*. Pennsylvania: The Pennsylvania State University.



- M. Borga a, E. A.-D. (2011). Flash-flood forecasting, warning and risk management.: *Elsevier - Environmental Science & Policy*, 834 - 844.
- Manrique Abril Fred Gustavo, D. A. (2007). Contaminación de la cuenca alta del río Chicamocha y algunas aproximaciones sobre la salud humana. *Salud Hist Sanidad*, 03-13.
- Martínez Candelo, G. (2013). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible "SUDS" como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias en la Ciudad de Palmira*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Massiris Cabeza, A. (1997). Ordenamiento Territorial, Región y Procesos de Construcción Regional. *Perspectiva Geográfica*(1), 7-87. Recuperado el 2019, de <https://www.massiris.com/2012/08/ordenamiento-territorial-y-procesos-de.html>
- Michel-Kerjan, E. H.-S.-B. (27 de September de 2012). Catastrophe Risk Models for Evaluating Disaster Risk. *Wharton University of Pennsylvania*. Recuperado el 09 de 2016
- MinAmbiente. (2018). *50 Lineamientos para el diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS*. Bogotá: DNP.
- MinVivienda. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1077 de 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Actualización del 24 de Enero de 2019*, 296. Bogotá, Colombia: República de Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Mojica Vélez, J. M. (2013). *El conocimiento local en la gestión del riesgo de inundaciones: comunidades del municipio de Mompós, Bolívar*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Orlove, B., Roncoli, C., & Kabugo, M. &. (2011). Conocimiento climático indígena en el sur de Uganda: múltiples componentes de un sistema dinámico regional. En U. N. Colombia, *Perspectivas culturales del clima* (págs. 183-222). Bogotá.
- Perico G, N., & Perico M, N. R. (2015). Causas de inundaciones en Tunja y propuestas de Solución. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*. Recuperado el Septiembre de 2016

- Peters, G. (2008). *Integrating local knowledge into GIS-based flood risk assessment: The case of Traingulo and Mabolo communities in Naga city, The Philippines*. The Netherlands: Wageningen University.
- Philippe Quevauviller, D. I. (2014). When Science Meets Policy: Enhancing Governance and Management of Disaster Risks. En J. W. Ltd, *Hydrometeorological Hazards: Interfacing Science and Policy*. Brussels, Belgium. Recuperado el 09 de 2016
- PNUD. (2012). *Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la Gestión del Riesgo*. Bogotá: PNUD-UNGRD Colombia, Financiado Por La Unión Europea.
- Polanco, C. &. (Marzo de 2005). Compilación y análisis de los desastres naturales reportados en el departamento de Antioquia exceptuando los municipios del Valle de Aburrá-Colombia, entre 1920-1999. *Ingeniería y Ciencia*, 1(1), 45-65.
- Polsky, C., Neff, R., & Yarnal, B. (2007). Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. *Elsevier ScienceDirect*, 472-485.
- Rahnema, M. (2001). *Diccionario del Desarrollo*. México D.F.: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Ramirez Zea, L. F., & Cubillos Acero, J. X. (2016). *Estudio de vulnerabilidad por el fenómeno de inundación del Barrio Ciudadela El Recreo Bosa en la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Tesis - Universidad de La Salle.
- Robleto Molina, J. A. (2010). *Metodología para el diseño e implementación de Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones con aplicación hidrológica e hidráulica*. Guatemala: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
- Semana Sostenible. (24 de 04 de 2019). Monitoreo, la clave para prevenir desastres. *Semana*.
- Shen, X. (2009). *Flood risk perception and communication within risk management in different cultural contexts a comparative case study between Wuhan, China and Cologne, Germany*. Bonn: United Nations University.
- Sifan A. Koriche, T. H. (2016). Application of satellite products and hydrological modelling for flood. *Elsevier - Physics an Chemistry of th Earth*, 12-32.
- Silania Savedra, A. P. (2004). Escenario Estratégico Para Integrar a las Comunidades en la Conservación de las Cuencas. *For Lat No 35*, 35 - 53.



- SurveyMonkey. (s.f.). *Survey Monkey*. Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de Calculadora del tamaño de muestra: https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/?ut_source=mp&ut_source2=margin_of_error_calculator
- Torres Cruz, M. E. (2009). *Propuesta de Gestión del Uso y Manejo de las Aguas del Río La Vega de la Ciudad de Tunja Departamento de Boyacá*. Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- TuSIG. (14 de Febrero de 2019). *Sistema de Información Geográfica de Tunja*. Obtenido de Mapa Vulnerabilidad Por Inundación - Zoom Barrio Las Quintas Tunja: http://186.116.13.48:81/pmapper/map_default.phtml
- U. Nacional de Colombia. (2009). *Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Formulación de propuestas de gestión*. Medellín: Municipio de Medellín.
- UN, U. N. (2015). *Marco de Sendai Para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*.
- UNECE. (2019). *Generic Statistical Business Process Model - GSBPM v5.1*. International Statistical Community. Recuperado el Marzo de 2019
- unece. (01 de 2019). *unece.org*. Obtenido de The model - Understanding the GSBPM: <https://statswiki.unece.org/display/GSBPM/II.+The+Model>
- UNGRD. (2015). *Resumen Ejecutivo - Implementación de los procesos de GRD para transferir al FNGRD a nivel nacional*. Bogotá.
- UNGRD. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Bogotá: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Universidad Católica, d. C., & al., e. (2017). *Gestión del riesgo en Colombia: vulnerabilidad, reducción y manejo de desastres*. Bogotá: Ingeniería Sostenibilidad.
- Vivas Rocha, A. (2012). *Formulación de Criterios para Ordenamiento Territorial Desde la Perspectiva de la Amenaza de Inundación y su Inclusión en los Instrumentos de Planificación*. Bogotá , Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 2019
- Yangbo Chen, H. Z. (2015). Urban Flood Risk Warming Under Rapid Urbanization. *Elsevier - Environmental Research* , 3-10.

Anexos

- CUADRO RESUMEN DE EVENTOS DE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE TUNJA, RECOLECTADOS SEGÚN REPORTES Y FUENTES OFICIALES.

Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia					
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Afectación	Comentarios del Reporte	¿Hubo atención de la emergencia?
2010	02 de Mayo	Inundación	125 Personas - 25 Familias - 25 Viviendas Averiadadas	Barrios: - Cortinas del Zaque - El Carmen - San Antonio - Los Cojines - Jordán - Bachue - Las Quintas - Remansos de Santa Inés . Fuertes lluvias. Reporte de la Defensa Civil y del CREPAD ^{1*}	No se atendió por Gestión del Riesgo. No se registra solicitud de apoyo.
	30 de Mayo	Inundación	85 Personas - 17 Familias - 1 Vivienda Destruida - 16 Viviendas Averiadadas	Barrios: - Las Quintas - Alameda del Bosque - Santa Inés - Mesopotamia .	
	09 de Julio	Inundación	600 Personas - 120 Familias - 120 Viviendas Averiadadas - 1 Centro Educativo	Desbordamiento del Río La Vega. Barrios: - Doña Limbania - La María - Pozo Donato - Las Quintas - Av. Norte - Av. Universitaria - Av. Olímpica . Reporte del CLOPAD ^{2*}	Sí se atendió la emergencia. Se registra apoyo a través del CREPAD.
	10 de Noviembre	Inundación	10 Personas - 2 Familias - 2 Viviendas Averiadadas	Fuertes lluvias Sector Manzanares. Reporte del CLOPAD.	No se atendió por Gestión del Riesgo. No se registra solicitud de apoyo.
	18 de Noviembre	Inundación	Quedó pendiente registro de afectación	Desbordamiento Ríos La Vega y Jordán. Sectores Pozo Donato - Manzanares. Reporte del CREPAD.	
	30 de Noviembre	Deslizamiento	10 Personas - 2 Familias - 2 Viviendas Averiadadas	Barrios: - 20 de Julio - Carrera 14 con Calle 25. Reporte del CLOPAD.	
	28 de Diciembre	Deslizamiento	1 Vía	Vía Tunja - Monquirá. Reporte del CLOPAD.	
2011	13 de Abril	Deslizamiento	15 Personas - 5 Familias - 3 Viviendas Averiadadas	Fuertes lluvias. Barrios: - El Dorado - El Milagro. Caída de un árbol. Reporte del CLOPAD.	Sí se atendió la emergencia. Se registra apoyo brindado a través del Departamento.
	18 de Abril	Deslizamiento	3 Personas	Vereda Florencia Sector La Esperanza. Se registraron 3 personas atrapadas en Mina La Esperanza, por saturación de suelos. Reporte del CLOPAD.	
	19 de Abril	Inundación	2028 Personas - 563 Familias - 563 Viviendas Averiadadas - 11	Zona urbana Barrios: - Las Quintas - Villa Universitaria - Los Urapanes - Sol de Oriente - Bolivar - Bachue. Desbordamiento Ríos La Vega y Jordán. 15 Barrios afectados.	



Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia					
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Afectación	Comentarios del Reporte	¿Hubo atención de la emergencia?
			Vías - 2 Centros de Salud - 3 Centros Educativos.	Afectación de la UPTC y Escuela Normal Superior Santiago de Tunja, así como La Clínica de Coomeva y Saludcoop. Paso restringido en las Vías Tunja - Bucaramanga, Tunja - Duitama.	
	02 de Mayo	Inundación	Quedó pendiente registro de afectación	Zona urbana. 10 Barrios afectados. Reporte de la Defensa Civil.	
	05 de Mayo	Deslizamiento	10 Personas - 2 Familias - 2 Viviendas Averiadadas	Barrio El Dorado. Reporte del CLOPAD.	
	13 de Mayo	Inundación	70 Personas - 12 Familias - 12 Viviendas Averiadadas	Barrios: - Urapanes - Pozo Donato - Las Quintas . Reporte del CREPAD.	
	17 de Julio	Deslizamiento	360 Personas - 72 Familias - 75 Viviendas Averiadadas	Estas familias, personas y viviendas están para reubicar por amenaza de deslizamiento en los Barrios: - El Dorado - Mirador De La Fuente - El Carmen - Lanceros - Tras Del Alto - Runta - Pinos De Oriente - Veinte De Julio - Buenavista - Kennedy - La Colina. Reporte del CREPAD Boyacá.	No se atendió por Gestión del Riesgo. Solo información.
	24 de Octubre	Inundación	25 Personas - 5 Familias - 5 Viviendas Averiadadas	En horas de la tarde se presentaron fuertes lluvias en los Barrios: - Bellalcazar - Los Andes - Obrero - La Sexta - Aquimín - San Antonio - Mesopotamia - Terminal De Transporte, entre Otros. Organismos de socorro adelantaron censo. Reporte CREPAD Boyacá.	Sí se atendió la emergencia. Se registra apoyo a través del CREPAD.
	17 de Noviembre	Inundación	2 Heridos - 125 Personas - 25 Familias - 1 Vivienda Destruída - 24 Viviendas Averiadadas - 2 Vías - 3 Centros Educativos.	Lluvias que afectaron vías de los Barrios Altamira y Prados de Alcalá. Informe de La Cruz Roja y CREPAD Boyacá.	Sí se atendió la emergencia. Se registra apoyo brindado a través del Departamento.
2012	03 de Enero	Inundación	150 Personas - 30 Familias - 30 Viviendas Averiadadas	A raíz de fuertes lluvias, se presentan inundaciones en los Barrios: - Los Muiscas - Capitolio - Caminos De Oikata - Tejares Del Norte. Informó socorro nacional.	No se atendió por Gestión del Riesgo. Solo información.
	21 de Abril	Inundación	570 Personas - 142 Familias - 142 Viviendas Averiadadas - 2 Puentes	Desbordamiento del Río La Vega, 9 barrios afectados, aproximadamente 400 familias afectadas, CLOPAD verifica número de familias afectadas. Debido a fuertes lluvias	Sí se atendió la emergencia. Se registran \$84,181,664.0 en recursos dirigidos

Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia					
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Afectación	Comentarios del Reporte	¿Hubo atención de la emergencia?
			Peatonales - 1 Acueducto	se presentó afectación al acueducto que surte la ciudad. Reportó socorro nacional.	
	20 de Octubre	Deslizamiento	1 Vía	Vía que conduce Tunja-Ramiriquí-Miraflores-Páez en el km 21 cerrada a causa de deslizamiento, además se reportó afectación en vías secundarias y terciarias. Se quedó en espera de confirmación de municipios afectados vialmente. Informó CDGRD ^{3*} .	No se atendió por Gestión del Riesgo. Solo información.

^{1*} CREPAD - Comité Regional Para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres.

^{2*} CLOPAD - Comité Local de Prevención y Atención de Desastres.

^{3*} CDGRD - Consejo Departamental Para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia				
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Localización	Magnitud
2016	26 de Abril	Inundación	Diagonal 13 No. 4-173	Se observan grietas en el interior y exterior de la vivienda en paredes y pisos, debido a que la vivienda está ubicada en la mitad de una cárcava, por donde circulan en invierno aguas de escorrentía provocando inundación de la misma.
	24 de Mayo	Inundación	Carrera 6 No. 7-10 Barrio Jordán	En época invernal baja gran cantidad de agua de escorrentía considerable que ocasionan el ingreso a varias viviendas del frente de la vía de las (carreras 7 y 7A)
	14 de Septiembre	Inundación	Transversal 11 No. 33-78	Se realiza inspección ocular de la sede de Jardín Nacional de la escuela Normal Superior Santiago de Tunja el cual se ve afectado por las lluvias presentadas el día 13 de Septiembre de 2016 en las horas de la tarde. En la zona de entrada principal de la sede se observa huella de inundación de aproximadamente 40 cm. Al realizar la inspección visual se observa que pasado un día de la inundación persisten zonas pequeñas con acumulación de agua, malos olores y presencia de vectores. En la zona de juego de los niños se encontró huella de inundación.
	29 de Noviembre	Inundación	Barrio Pozo Donato	El Barrio Pozo Donato se ha visto afectado en varias oportunidades por inundaciones las cuales han puesto en riesgo a sus habitantes y las viviendas aledañas al Río la Vega; en este momento nos encontramos en un riesgo inminente debido a la temporada de lluvias. Varias viviendas aledañas al Río presentan grietas que amenazan con el colapso estructural de algunos predios.
2017	19 de Mayo	Inundación	Calle 29 No. 2B. Barrio el Dorado	Según habitantes de las viviendas se ha presentado inundaciones de hasta medio metro sobre el nivel del piso de las mismas. Los residentes del barrio el Dorado se han visto afectados por la acumulación de aguas de escorrentía, las cuales superan el nivel del piso de la misma debido a los fuertes inviernos.
	12 de Junio	Inundación	Barrio Prados del Norte-Carrera 8a No. 54-22	La vivienda se ve afectada por inundaciones provenientes del agua lluvia que no llegan a ser causados por el sumidero ubicado al frente de dicha vivienda.



Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia				
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Localización	Magnitud
2003	03 de noviembre	Inundación	Boyacá/ Tunja	Desbordamiento Río Jordán 12 barrios afectados, el barrio más afectado es Mesopotamia, Santa Inés remansos Manzanares, La Pradera, El Consuelo, Bachue en evaluación por parte del crepad y clopad. \$84.500.000 total apoyo fnc.
	05 de noviembre	Inundación	Barrios Mesopotamia y Santa Inés	Barrios Mesopotamia, Santa Inés , San Antonio, La Virgen, El Consuelo, Canapro, Jordán, Maldonado, Las Nieves, Los Patriotas. Inundaciones locales. Reporte telefónico el tiempo. Las lluvias también ocasionaron desbordamiento del río chulo. Taponamiento del alcantarillado del sector. Decenas de vehículos quedaron cubiertos por las aguas.
2005	20 de noviembre	Inundación	Boyacá/ Tunja	Situación en evaluación saturación de alcantarillado Río Chulo, Barrios Santa Inés, Mesopotamia , El Recreo, El Comercio, Jordán, Los Muiscas, Florida, San Francisco, Sector Bavaria.
2011	01 de mayo	Inundación	La María, 15 de Mayo, Urap	Durante la media noche del domingo un fuerte aguacero que se prolongó por más de 4 horas hizo que otra vez, en menos de 15 días, se rebosara la Laguna Hunzahua inundando 14 barrios y dejando afectadas por lo menos 1250 personas (250 familias x5); las aguas alcanzaron 1.60 mts en las calles y en las residencias del norte de la ciudad. El alcalde de la ciudad anunció que se evacuará la zona del Barrio Pozo Donato hasta que se supere la emergencia.
	24 de octubre	Inundación	Barrio San Francisco	Fuertes lluvias e inundaciones en el Barrio San Francisco.
	17 de noviembre	Inundación	Barrios Altamira y Prados de Alcalá	Lluvias que afectaron vías de Los Barrios Altamira Y Prados De Alcalá.
2012	03 de enero	Inundación	BARRIO LOS MUISCASM CAPITOLIO, CAMINOS DE OIKATA, TEJARES DEL NORTE	A raíz de fuertes lluvias, se presentan inundaciones en los Barrios Los Muiscas, Capitolio, Caminos De Oicatá, Tejares Del Norte, informó socorro nacional.
	21 de abril	Inundación	Boyacá/ Tunja	Desbordamiento del Río La Vega; 9 barrios afectados; aproximadamente 4 familias afectadas; clopad verifica número de familias afectadas, debido a fuertes lluvias se presentó afectación al acueducto que surte la ciudad.
2013	02 de mayo	Inundación	Boyacá/ Tunja	Se registra inundación en Tunja afectando aproximadamente 8 viviendas en muebles y enseres en los Barrios Pozo De Donato, Santa Inés , Fuente Higuera Y La Calleja, Bomberos, policía, scout y tránsito apoyaron las labores.
2014	04 de marzo	Inundación	Ciudad Jardín, Pozo Donato, Las Quinta y Santa Inés.	Las calles del norte de Tunja, según reporte entregado por el teniente Manuel Arias del cuerpo de Bomberos; las lluvias, que se extendieron por dos horas, provocaron alarma en cinco sectores de la ciudad, pues el Río Jordán que atraviesa gran parte de casco urbano, casi se sale de su cauce hubo afectaciones en cinco viviendas y se atendieron emergencias en los Barrios Jardín, Pozo Donato, Las Quintas Y Santa Inés , que generalmente se inundan.

Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia					
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Localización	Descripción General	Afectaciones
2012	03 de enero	Inundación	Barrio Tejares del Norte, Torres del Este, Asis y Capitolio.	En los barrios de Tunja se presentaron emergencias por inundaciones, luego de un fuerte aguacero que se registró sobre las 3:00PM de la tarde del martes.	Se presentaron fuertes inundaciones afectando varios barrios de la ciudad, se hizo la inspección del sector para establecer las causas de inundaciones, ya que en estos barrios nunca se había presentado emergencias de esa magnitud.
2016	11 de noviembre	Inundación	Barrio Suarez y Patriotas	Las lluvias persisten en Tunja dejando hasta el momento 5 viviendas inundadas en el sur de la ciudad, también se evidenció el colapso de parte de la red de alcantarillado por exceso de basuras en la ciudad.	Se evidencia varias casas inundadas por la fuerte ola invernal en la ciudad, provocando el colapso del alcantarillado debido a su creciente caudal.
2018	3 de abril	Inundación	Glorieta norte, avenida de la uptc, carrera 15 con 17 Barrio Topo y Galán	El norte de la ciudad fue el sector más afectado por las lluvias que estuvieron acompañadas de descargas eléctricas y granizo, el incremento del Rio Jordán que atraviesa la ciudad fue evidente.	Se reportaron varias inundaciones en la glorieta norte de la ciudad, otros barrios afectados por inundaciones fueron el Barrio El Topo, en la carrera 15-17, el Barrio El Gaitán, el Barrio El Libertador, donde 3 viviendas fueron afectadas por inundaciones y por eso el cuerpo de bomberos voluntarios de Tunja realizó labores de degrado del agua sin requerir la evacuación de los hogares.
	5 de abril	Inundación	Barrio Topo, Gaitán y Fuente Higueras.	Se presentaron 17 alertas de emergencias, las inundaciones se presentaron en los diferentes barrios de la ciudad, por rebose de canales debido al incremento de caudal de las aguas lluvias.	Las inundaciones afectaron varios barrios de la ciudad en los cuales se vieron afectadas varias viviendas y calles.
Registros tomados por medios de comunicación oficiales. (CARACOL RADIO, BOYACÁ 7 DÍAS, EXTRA)					



Emergencias registradas en la ciudad de Tunja, Colombia				
Año	Día - Mes	Tipo de Evento Registrado	Afectación	Comentarios del Reporte
2000	29 de marzo	Inundación	25 Personas - 5 Familias - 5 Viviendas Averiadadas	Reporte de Radio-Comunicaciones.
2002	31 de octubre	Inundación	75 Personas - 15 Familias - 15 Viviendas Averiadadas	Reporte telefónico Radio-Comunicaciones.
2003	04 de enero	Inundación	25 Personas - 5 Familias	Informe of. Radiocomunicaciones, por productos químicos dejados por un vehículo 5 familias se afectaron, atendido por CISPROQUIM Y CLOPAD
	5 de octubre	Inundación	125 Personas - 25 Familias	Barrios Mesopotamia, Santa Inés, San Antonio, La Virgen, EL Consuelo, Canapro, Jordán, Maldonado, Las Nieves, Los Patriotas, Inundaciones locales, Reporte telefónico.
	09 de noviembre	Inundación	2000 Personas - 100 Familias - 60 Viviendas Averiadadas	Desbordamiento del Rio Jordán, 12 barrios afectados: el Barrio más afectado es Mesopotamia, Santa Inés, Remansos Manzanares, La Pradera, El Consuelo, Bachue, en evaluación por parte del CREPAD Y CLOPAD.
2005	21 de noviembre	Inundación	40 Personas - 8 Familias - 8 Viviendas Averiadadas	Caída de árboles sobre viviendas.
2006	19 de enero	Inundación	3 personas muertas	Vereda Guatatano, Explosión de Mina por Gases
2010	17 de abril	Inundación	125 Personas - 25 Familias - 25 Viviendas Averiadadas	Barrios Cortinas Del Zaque, El Carmen, San Antonio, Los Cojines, Jordán, Bachue, Las Quintas, Remanso De Santa Inés, fuertes lluvias, reporte de defensa civil y el CREPAD.
	02 de mayo	Inundación	85 Personas - 17 Familias - 16 Viviendas Averiadadas- 1 Vivienda Destruida.	Barrios Las Quintas, Alameda del Bosque, Santa Inés, Mesopotamia.
	30 de mayo	Inundación	600 Personas - 120 Familias - 120 Viviendas Averiadadas	Desbordamiento del Rio la Vega, Barrios Doña Limbana, La María, Pozo de Donato, Las Quintas, Avenida Norte, Avenida Universitaria, Avenida Olímpica, reporte de CLOPAD.
	10 de noviembre	Inundación	125 Personas - 25 Familias - 25 Viviendas Averiadadas	N/A
	18 de noviembre	Inundación	85 Personas - 17 Familias - 16 Viviendas Averiadadas- 1 Vivienda Destruida.	N/A
	30 de noviembre	Inundación	600 Personas - 120 Familias - 120 Viviendas Averiadadas	N/A
	28 de diciembre	Inundación	10 Personas - 2 Familias - 2 Viviendas Averiadadas	N/A
2011	13 de mayo	Inundación	2028 Personas - 563 Familias - 563 Viviendas Averiadadas	N/A

- **FORMATO DE ENCUESTA UTILIZADO PARA MEDIR VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES - PERCEPCIÓN SOCIAL BARRIOS.**

Sección 1: Caracterización de hogares.

1. Personas que conforman el hogar
 - Género (femenino, masculino)
 - Edad (<18, 18-25, 26-35, 36-45, >45)
 - Máximo nivel de escolaridad alcanzado (preescolar, primaria, secundaria, técnico o tecnólogo, universitario, posgrado, educación no formal)
 - Situación Laboral (empleado o independiente, no empleado, pensionado, ama de casa)
2. Promedio de ingresos por hogar por mes SMMLV (menor a 1, entre 1 y 2, entre 2 y 4, entre 4 y 6, entre 6 y 8, entre 8 y 10, mayor a 10)
3. ¿Hace cuántos años viven en el sector?
4. ¿Cree que su vivienda se encuentra en zona de alto riesgo de inundación? (sí, no, no sabe)
5. ¿Usted ha llevado a cabo alguna de las siguientes acciones para disminuir la amenaza? (obras que mejoren las condiciones de la vivienda, acciones para preparar a su familia, acciones para organizarse con sus vecinos, ninguna, otra)
6. Número de integrantes del hogar que participan en organizaciones sociales

Sección 2: La vivienda y su entorno.

1. ¿Cuántos años tiene la vivienda de construida? (<1, entre 1 y 6, entre 6 y 12, entre 12 y 18, entre 18 y 24, entre 24 y 30, más de 30)
2. ¿Con qué servicios cuenta la vivienda? (agua –acueducto y alcantarillado–, gas, energía, teléfono, internet, televisión, todas las anteriores)
3. ¿Existe en su barrio un Comité Local de Emergencias (CLE)? (sí, no, no sabe) ¿Le gustaría participar en el Comité Local de Emergencias?
4. ¿Cuál es el medio de comunicación que más utilizan en el hogar, para enterarse de la información? (televisión, radio, internet-redes sociales, otro)
5. En caso de emergencia, ¿Conocen una ruta de evacuación? (sí, no, ¿cuál?)
6. ¿Conoce organismos de socorro cercanos a su vivienda o al barrio? (sí, no) ¿Cuáles?

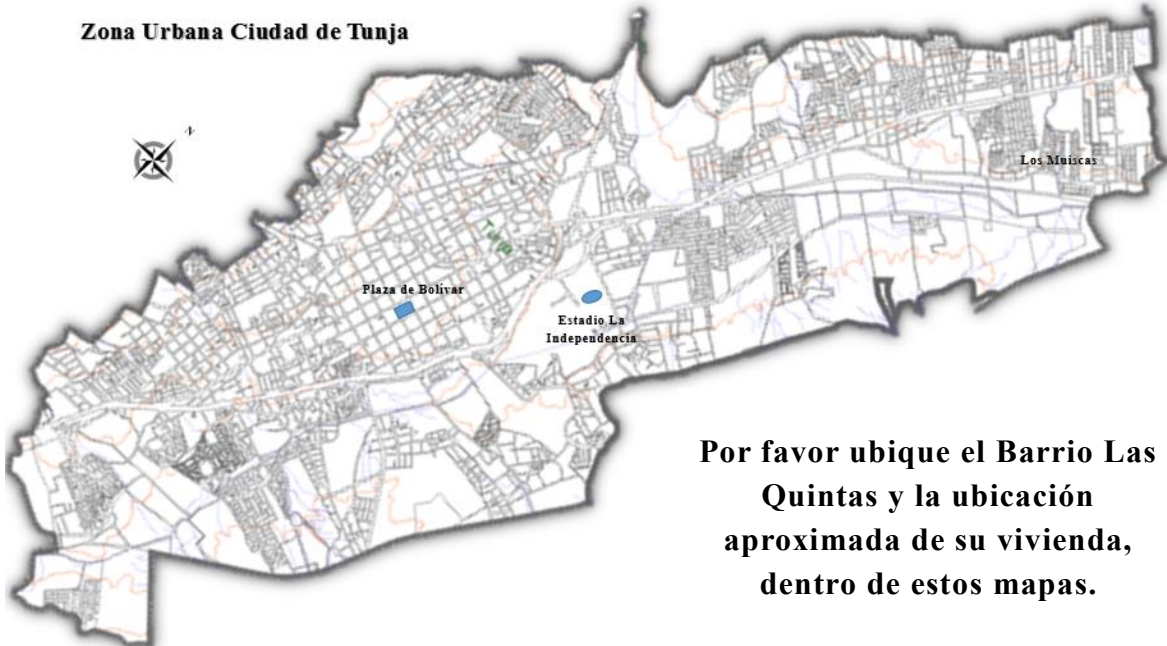
Sección 3: Percepción y memoria de la amenaza.

1. ¿En los últimos 10 años, usted o su familia han sufrido algún daño por inundación en el sector? (Temporada invernal 2010-2012) (sí, no, otro)
2. ¿Cree que están preparados para atender una emergencia de inundación, en caso de que ocurriera?
 - Usted y su hogar (sí, no) -Sus vecinos (sí, no) -Su municipio (sí, no)
3. ¿Ha recibido capacitación sobre la preparación ante un próximo evento? (sí, no)
4. ¿Conoce el Plan de Gestión del Riesgo? (sí, no) ¿quisiera conocerlo?



Sección 4: Ubicación espacial. (Actividad usada solo en el Barrio Las Quintas)

Zona Urbana Ciudad de Tunja



Por favor ubique el Barrio Las Quintas y la ubicación aproximada de su vivienda, dentro de estos mapas.

Barrio Las Quintas - Ciudad de Tunja



-Por favor ubique su vivienda, dentro de este mapa.




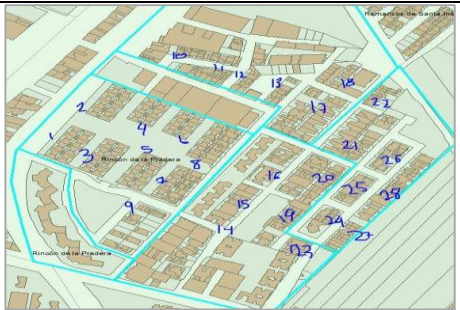




-Por favor ubique la primera salida que tomaría en caso de emergencia, dentro de este mapa.

-Por favor indique dónde puede hallar los organismos de socorro más cercanos.

▪ CONTEO DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS PARA SELECCIÓN MUESTRA - ENCUESTAS POR BARRIOS.

En este anexo, se incluyen las imágenes resultantes del proceso de numeración de cuadras y conteo de los predios construidos en cada barrio, dentro del mapa municipal aportado por planeación. Para el Barrio Las Quintas, la información fue incluida en el contenido del libro. Gracias a este conteo poblacional, se pudo realizar la selección de la muestra a encuestar, según los cálculos realizados para cada uno de los sectores escogidos integrados por los barrios, como se muestra dentro del procedimiento y en el siguiente anexo.

<p>Primer sector Santa Inés</p> 	<p>Terrazas de Santa Inés</p> 
<p>Remansos de Santa Inés</p> 	<p>Mesopotamia</p> 
<p>Quince de Mayo</p> 	<p>Pozo Donato</p> 

Fuente: Propia, basado en información Planeación Municipal.

– PROCESO DE CÁLCULO DE LA MUESTRA

A continuación se presenta un resumen del proceso desarrollado para hallar el tamaño de la muestra a encuestar. Según las imágenes mostradas anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados sobre el número de viviendas posibles a encuestar dentro de cada barrio seleccionado. El total de viviendas en los barrios fue de 1924. Por el tamaño y para efectos de recolección de información, así como teniendo en cuenta la influencia de los ríos en los diferentes lugares en estudio, el Barrio Santa Inés se dividió en 3 sectores.

Conteo Viviendas por Barrio		
<i>Barrio</i>	<i>No. Viviendas</i>	<i>Sector</i>
Pozo Donato	50	
Mesopotamia	311	
Santa Inés	348	Primer sector bloque c.c.
	248	Terrazas
	253	Remansos
15 de Mayo	143	
Las Quintas	545	
José de las Flores	26	
Total		1924

Después de realizar la selección de los barrios que iban a integrar los dos sectores escogidos, se procedió a hallar la cantidad de viviendas por sector. Esta cantidad de viviendas fue el dato ingresado como población objetivo o tamaño poblacional, dentro de la fórmula para determinar la muestra.

	No. Viviendas (Población objetivo)	Porcentaje (Según su distribución espacial)	No. Encuestas (Según cálculos)	Encuestas tomadas realmente
Barrios - Sector 1	621	100%	65	
Las Quintas + José de las Flores	571	92%	60	65
Pozo Donato	50	8%	5	10
Barrios - Sector 2	1303	100%	69	
Santa Inés (Sección c.c. y Terrazas) + 15 Mayo	739	57%	39	43
Santa Inés (Sección Remansos) + Mesopotamia	564	43%	30	32
			134	150
			Totales	

Según los resultados, la muestra representativa de encuestas para tomar en el Sector 1 fue de 65 y para el Sector 2, las encuestas se debían desarrollar para un total de 69 viviendas. Esto, teniendo en cuenta que se decidió tener un 90% de nivel de confianza deseado, así como

un margen de error del 10%. Para tener en cuenta un porcentaje de no respuesta dentro del resultado de la muestra, se trabajó con el valor del 5%. Este valor se obtuvo por medio de la prueba piloto desarrollada en el Barrio Las Quintas. Después de contar con el número de viviendas requerido a encuestar (muestra), se realizó la ponderación según el porcentaje representativo de cada barrio dentro de su sector. El total de encuestas realizadas fue mayor al resultado de muestra necesario.

A continuación se presentan los cálculos de muestra desarrollados, haciendo uso de las fórmulas señaladas en el contenido del libro, de tal forma que se compararan y corroboraran los resultados, trabajando con los adecuados. Se hizo uso del muestreo aleatorio simple (MAS) para la selección de viviendas a encuestar.

Cálculo de la muestra para los Sectores 1 y 2			
Concepto	Símbolo	MAS - Sector 1	MAS - Sector 2
Tamaño poblacional	N	621	1,303
Proporción de unidades en la población con característica de investigación	p	50%	50%
1-p	q	50%	50%
Varianza de la variable proporción con p dado.	pq	25%	25%
Nivel de confianza de la muestra	1-a	90%	90%
1 - Nivel de confianza (colas de la distribución de probabilidad)	a	10%	10%
Abscisa de la función de distribución de probabilidad (eje x)	Z _{a/2}	1.645	1.645
Margen de error para la estimación de la proporción (p)	e	10%	10%
No Respuesta	NR	5%	5%
Tamaño de muestra con N dado	n	65	69

Corroborando con los otros dos métodos, aplicados en investigaciones y usados por Survey Monkey (empresa dedicada a la creación de encuestas en línea), se pudieron seleccionar los dos valores de muestra mostrados en la anterior tabla, como las representativas para cada sector, teniendo en cuenta que manejan porcentaje de no respuesta ($n/(1-NR)$) y que finalmente estos valores se ponderaron según el porcentaje de cada barrio.

e	10%	0.1
N	621	1303
p	0.5	0.5
Z	1.645	1.645
n	Sector 1 = 62	Sector 2 = 65

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2} \div \left(1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right) \right)$$

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

▪ REGISTROS FOTOGRÁFICOS
– EVENTOS DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TUNJA

Eventos ocurridos durante el Fenómeno de La Niña – 2010 a 2012

Barrio Las Quintas, 20 de Abril de 2011:



Henry Alejandro Molano Granados / YouTube.

Fabián Andres Quintero Engativá / Archivo personal.

Abril de 2012:



Tunja, Zona Urbana Nor-oriental



Tunja, La Sexta



Tunja, Zona Los Cristales – Pozo Donato

Grupo de Investigación “Conociendo la ciudad” / El Debate Boyacense.

Eventos ocurridos recientemente

Abril de 2019:



Tunja, Av. Universitaria

Twitter público.



Tunja, Barrio Mesopotamia

Bomberos Tunja / Twitter.



Tunja, Barrio Las Quintas

Archivo Propio.



Tunja, Barrio Los Muiscas

Twitter público.

– SECTORES ESTUDIADOS POR SU AMENAZA DE INUNDACIÓN

Sector 1: Barrios Las Quintas / Pozo Donato

Sector 2: Barrios Quince de Mayo /
Santa Inés / Mesopotamia





Fuente: Archivo Propio.

– MEDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA TRANSPORTADA EN LOS RÍOS

Punto 1: Río Jordán Bajo (intersección Río Jordán Alto y Río La Vega) – Altura Barrios Las Quintas / Quince de Mayo	Punto 2: Río Jordán Alto – Altura Barrios Mesopotamia / Santa Inés

Fuente: Archivo Propio.