

**PAISAJE HÍDRICO RESILIENTE: ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO
SENSIBLE AL AGUA CON PROYECCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO TUNJUELO.**

ARQ. PAULA CAMACHO Y ARQ. JULIAN ARROYO



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN Y GESTIÓN DE HÁBITAT TERRITORIAL
SOSTENIBLE
UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
BOGOTÁ D.C
2024

**PAISAJE HÍDRICO RESILIENTE: ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO
SENSIBLE AL AGUA CON PROYECCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO TUNJUELO.**

ARQ. PAULA CAMACHO Y ARQ. JULIAN ARROYO

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGISTER EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL HÁBITAT TERRITORIAL
SOSTENIBLE

DIRECTOR PROYECTO DE GRADO
Arq. Msc, Dr. YUBER ALBERTO NOPE BERNAL

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
MAESTRÍA EN PLANEACIÓN Y GESTIÓN DE HÁBITAT
TERRITORIAL SOSTENIBLE
BOGOTÁ D.C
2024

Nota de aceptación

Firma

Firma

Firma

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	13
SUMMARY	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.....	19
1.1 PROBLEMA OPORTUNIDAD	19
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	24
1.3 HIPÓTESIS	25
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	25
1.5 OBJETIVOS.....	27
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	27
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
1.6 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	28
1.7 METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	31
2.1 PAISAJE HÍDRICO URBANO.....	31
2.2 PLANIFICACIÓN HIDRICA URBANA.....	34
2.3 CAMBIO CLIMÁTICO.....	39
2.4 SOSTENIBILIDAD Y RESILIENCIA HIDRICA URBANA	43
2.5 DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA.....	48

2.6 DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN Y RESILIENCIA.....	50
2.7 CONCLUSIONES CAPITULO II	52
CAPITULO III: ESTADO DEL ARTE Y MARCO REFERENCIAL	55
3.1 ESTADO DEL ARTE	55
3.1.1 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE SIMULACIONES DINÁMICAS POR INUNDACIÓN EN EL RÍO TUNJUELO-BARRETO JUAN, 2017.....	56
3.1.2 SIMULACIÓN DE INUNDACIONES EN RÍOS URBANOS PARA EL DISEÑO INFORMADO EN ETAPAS TEMPRANAS: LUJÁN, BUENOS AIRES, ARGENTINA.	62
3.2 MARCO REFERENCIAL	64
3.2.1 INTERVENCIONES INGETEC.....	64
3.2.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS DE PLANIFICACIÓN SENSIBLES AL AGUA – AUSTRALIA:	66
3.2.2.1 MELBOURNE WATER’S 10.000 RAINGARDEN PROGRAM.....	66
3.2.2.2 PROYECTO GREEN SQUARE EN SIDNEY	67
3.2.3 PARQUE Y BOSQUE DE MITIGACIÓN DICHATO, PREMIO APORTE URBANO 2018.....	69
3.2.4 CONCLUSIONES CAPITULO III	72

CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE TRANSECTOS	
URBANOS DEL RÍO TUNJUELO EN TÉRMINOS DE GESTIÓN DEL RIESGO,	
RESILIENCIA Y SOSTENIBILIDAD.....	74
4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO.....	74
4.2 CONTEXTO HISTÓRICO.....	78
4.3 CONTEXTO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CUENCA.....	89
4.4 CONTEXTO NORMATIVO.....	93
4.5 CARACTERIZACIÓN DESDE LO AMBIENTAL, DEL RIESGO Y	
LA SOSTENIBILIDAD.....	103
4.5.1 TRANSECTO I: UPL TUNJUELITO, BARRIO: SAN BENITO.....	108
4.5.2 TRANSECTO II: UPL TUNJUELITO, BARRIO: ISLA DEL	
SOL.....	109
4.5.3 TRANSECTO III: UPL BOSA, BARRIO: BOSA.....	110
CAPÍTULO V: SIMULACIÓN DINÁMICA CON PROYECCIÓN AL	
CAMBIO CLIMÁTICO 2011-2100.....	112
5.1 METODOLOGÍA HERRAMIENTAS GEOESPACIALES.....	112
5.2 SIMULACIONES CUENCA BAJA RÍO TUNJUELO.....	129
5.2.1 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTOS 1 SAN BENITO.....	129
5.2.2 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTO 2 ISLA DEL SOL.....	132
5.2.3 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTO 3 BOSA.....	135
5.3 CONCLUSIONES CAPÍTULO V.....	138

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES CON ACCIONES PREVENTIVAS	
PARA EL POT “BOGOTÁ REVERDECE”	139
6.1 RESPECTO A LA PROYECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	144
6.2 RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN URBANA SOSTENIBLE.....	145
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	156
ANEXOS	162

FIGURAS

<i>Figura 1</i> Estado actual de la cuenca baja del río Tunjuelo	22
<i>Figura 2</i> Estrategias implementadas cuenca baja río Tunjuelo.....	22
Figura 3 Estructura Metodológica.....	29
Figura 4 Objetivos de desarrollo Sostenible	35
Figura 5 Desarrollo Sostenible.....	45
Figura 6 Diseños para para el control de crecientes en la cuenca del río Tunjuelo.....	65
Figura 7 Instructivo de funcionamiento y construcción de jardines de lluvia caseros	67
Figura 8 Integración de estrategias del Diseño Urbano Sensible al Agua	69
Figura 9 Parque de mitigación Dichato, Chile	71
Figura 10 Localización general de la cuenca baja de río Tunjuelo	76
Figura 11 Tramo 1 localidad de Tunjuelito, UPZ Tunal, barrio San Benito.....	76
Figura 12 Tramo 2 está ubicado en la localidad de Tunjuelito, UPZ Venecia, barrio Isla del Sol.....	77
Figura 13 Tramo 3 está ubicado en la localidad de Bosa, UPZ Bosa, barrio San Bernardino.	77
Figura 14 Hechos relevantes para el Río Tunjuelo.	81
Figura 15 Inundaciones en el Río Tunjuelo.	82
Figura 16 Se temen nuevas inundaciones por río Tunjuelito.	83
Figura 17 1800 Damnificados por inundación.....	84
Figura 18 Invierno fuerte en el páramo, inundaciones seguras.....	85

Figura 19 La Regadera inundó Tunjuelito.	86
Figura 20 El agua llegó hasta el segundo piso.	86
Figura 21 Tunjuelito: Así es la nueva estación de bombeo de aguas residuales San Benito.....	88
Figura 22 vulnerabilidad y riesgo por cambio climático para Bogotá.	91
Figura 23 Plan de Ordenamiento Territorial cuenca río Tunjuelo.	101
Figura 24 Fotografías transecto San Benito	104
Figura 25 Fotografías transecto Isla del Sol.....	105
Figura 26 Fotografías transecto Bosa.....	106
Figura 27 Escenario de cambio en las lluvias en porcentaje (%).	114
Figura 28 Modelos de elevación Transectos Cuenca baja río Tunjuelo.	115
Figura 29 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2011-2040	130
Figura 30 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2041-2070.....	130
Figura 31 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2071-2100.....	131
Figura 32 Mapa Simulación dinámica básica transecto Isla del sol 2011-2040 ..	133
Figura 33 Simulación dinámica básica transecto Isla del Sol 2041-2070.....	133
Figura 34 Simulación dinámica básica transecto Isla del Sol 2071-2100.....	134
Figura 35 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2011-2040.....	136
Figura 36 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2041-2070.....	136
Figura 37 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2071-2100.....	137
Figura 38 Ejes de los Planes ambientales locales	141
Figura 39 Propuesta urbana transecto 1 San Benito.....	146
Figura 40 Propuesta urbana transecto isométrica 1 San Benito	146
Figura 41 Propuesta urbana transecto 2 Isla del Sol	147

Figura 42 Propuesta urbana transecto isométrica 2 Isla del sol	147
Figura 43 Propuesta urbana transecto 3 Bosa	148
Figura 44 Propuesta urbana transecto isométrica 3 Isla del sol	148

TABLAS

Tabla 1 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Estaciones sobre el río Tunjuelo.....	65
Tabla 2 Normas Nacionales IDIGER.....	96
Tabla 3 Normas Distritales IDIGER	98
Tabla 4 Datos promedio pluviometría estación Meteorológica “San Benito”.....	129
Tabla 5 Datos promedio pluviometría estación Meteorológica “Kennedy”.....	132
Tabla 6 Tabla de datos promedio pluviometría estación Meteorológica “Independencia”.....	135

MAPA

Mapa 1 Cantidad de población afectada por inundación por localidades	57
Mapa 2 Afectación por inundación en barrios aledaños a la cuenca del Río Tunjuelo.....	58
Mapa 3 Inundación para un periodo de 10 años.....	59
Mapa 4 Inundación para un periodo de 20 años.....	60
Mapa 5 Inundación para un periodo de 50 años.....	61
Mapa 6 Mapa de amenaza por inundación-desbordamiento	89
Mapa 7 Amenaza por Vulnerabilidad ambiental.....	90
Mapa 8 Estaciones Meteorológicas a analizar cuenca baja del río Tunjuelo	113

GLOSARIO

Planificación urbana: La planeación urbana es una actividad propia de los procesos de ordenamiento territorial mediante la cual se determinan acciones tendientes a la organización de los procesos urbanísticos.

Normativa urbana: Las normativas urbanas constituyen un conjunto de instrumentos específicos que regulan la conformación física de la ciudad, son sin lugar a duda, herramientas esenciales para la Planificación Urbana.

Restauración de cuerpos hídricos: En el contexto de los ríos, la restauración incluye el conjunto de acciones destinadas a restablecer y a recuperar la integridad ecológica de los ecosistemas fluviales, incluyendo tanto la estructura, los procesos y las funciones como los servicios ecosistémicos propios del sistema fluvial.

Gestión del riesgo: La gestión del riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse.

Conciencia urbana: Conocimiento y acción responsable personal del entorno, un deber o una situación.

Zonificación: Organización de la ciudad por zonas. Las zonas vienen a ser ciertas áreas de terreno urbano donde la población vive y funciona de diversos modos, más o menos previstos por los urbanistas.

Revitalización: La revitalización urbana definida como concepto de urbanismo es, el instrumento y recurso potencial para revertir los efectos del deterioro físico, social y económico de la ciudad o un punto de esta.

Conectividad ecosistémica: La Conectividad Ecológica como concepto paisajístico lo desarrolla Correa (2020) como el grado en que la distribución de los elementos del paisaje permite el aprovechamiento de especies animales y vegetales en parches del paisaje y sus recursos.

Gestión de Vegetación: La gestión de vegetación se refiere a la planificación, supervisión y manipulación de las comunidades de plantas en un área específica con el objetivo de alcanzar metas específicas.

Sinergia: Conjunto de elementos que se relacionan entre sí con el fin de lograr uno o más objetivos.

Vulnerabilidad: Situación de amenaza o posibilidad de sufrir daño material o físico.

RESUMEN

El paisaje hídrico urbano se encuentra en amenaza constante por presión de las acciones antropocéntricas y efectos del cambio climático, provocando impactos negativos al entorno e incluso la desaparición del ecosistema. Con objeto de mitigar este riesgo, el río Tunjuelo en la ciudad de Bogotá ha sido escenario de diversas propuestas e intervenciones técnicas que han incorporado reducidas alternativas prospectivas de planificación que obedezcan a criterios de sostenibilidad, gestión del riesgo y resiliencia.

Al no generar proyecciones o simulaciones, se toman acciones poco funcionales que mitiguen los riesgos mantengan un paisaje sostenible.

Por lo anterior, este trabajo pretendió establecer estrategias de gestión y diseño urbano sensible al agua bajo el manejo adecuado de borde con proyección al cambio climático para la posible inclusión al POT con el fin de mejorar las condiciones urbano-ambientales de la cuenca baja del río Tunjuelo. Para ello resultó indispensable realizar una caracterización de la unidad de análisis, con el propósito de conocer las condiciones actuales de la fuente hídrica y su entorno, así mismo se realizaron simulaciones bajo la variable de inundación con el fin de evidenciar el comportamiento futuro de la cuenca y poder así, establecer recomendaciones en torno al diseño pensado desde el paisajismo y la funcionalidad.

Por su parte, la metodología aplicada para el desarrollo de la investigación respondió a un análisis de tres transectos específicos de la cuenca baja del río Tunjuelo con diferentes características morfológicas y urbanísticas que permitieron representar escenarios prospectivos, construyendo modelos que evidenciaron el comportamiento del río Tunjuelo afrontando fenómenos como las inundaciones. Gracias a los resultados obtenidos de las

proyecciones se evidencia que con el estado actual de la cuenca urbana, y teniendo en cuenta el aumento de precipitación y su velocidad la fuente hídrica es susceptible al riesgo por desbordamientos lo que alteran no solo el ecosistema sino el entorno en general.

Estos resultados dieron paso a la formulación de una matriz de recomendaciones y con ella modelos para etapas tempranas de diseño en bordes hídricos urbanos, permitiendo comprender la importancia de generar escenarios prospectivos que garanticen una adecuada relación entre las fuentes hídricas y el entorno urbano orientando al arquitecto, urbanista y planificador en la toma de decisiones durante la formulación y ejecución de planes de ordenamiento territorial para lograr paisajes sostenibles y resilientes.

Palabras Claves: Diseño Urbano Sensible al Agua, Resiliencia, Sostenibilidad, Ríos Urbanos, Borde Hídrico, Cambio Climático, Gestión del Riesgo.

SUMMARY

The urban water landscape is constantly under threat from the pressure of anthropocentric actions and the effects of climate change, causing negative impacts on the environment and even the disappearance of ecosystems. In order to mitigate this risk, the Tunjuelo River in the city of Bogotá has been the scene of various proposals and technical interventions that have incorporated limited prospective planning alternatives based on sustainability, risk management, and resilience criteria.

Due to the lack of projections or simulations, actions are taken that are not very functional in mitigating risks and maintaining a sustainable landscape. Therefore, this work aimed to establish strategies for water-sensitive urban management and design under proper edge management with a focus on climate change projection for possible inclusion in the city's Master Plan (POT), with the aim of improving the urban-environmental conditions of the lower basin of the Tunjuelo River. To achieve this, it was essential to characterize the analysis unit to understand the current conditions of the water source and its surroundings. Simulations were also conducted under flood variables to highlight the future behavior of the basin and, thus, provide recommendations for design considering both landscaping and functionality.

The applied methodology for the research involved an analysis of three specific transects of the lower basin of the Tunjuelo River with different morphological and urban characteristics. This allowed the representation of prospective scenarios, constructing models that revealed the behavior of the Tunjuelo River facing phenomena such as floods. The results obtained from the projections indicate that, given the current state of the urban basin and considering the increased precipitation and its speed, the water source is

susceptible to the risk of overflowing, which not only affects the ecosystem but also the overall environment.

These results led to the formulation of a matrix of recommendations and models for early stages of design in urban water edges, emphasizing the importance of generating prospective scenarios to ensure an appropriate relationship between water sources and the urban environment. This guides architects, urban planners, and decision-makers in the formulation and execution of territorial planning to achieve sustainable and resilient landscapes.

Keywords: Water Sensitive Urban Design, Resilience, Sustainability, Urban Rivers, Water Edge, Climate Change, Risk Management.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como fin establecer recomendaciones a partir de los lineamientos urbanísticos de la teoría de Diseño Urbano Sensible Al Agua como ruta de recuperación e integración de los ríos al espacio urbano a pequeña y gran escala.

Para ello, vale la pena traer a colación al geólogo Germán Vargas Cuervo, doctor en Ciencias de la Tierra, (2018), que señaló que al satisfacer solo las necesidades humanas dejando de lado o sobrepasando los procesos de la naturaleza y no guardando las precauciones adecuadas, esta empieza a manifestarse a través de situaciones adversas poco predecibles que pueden llegar a ser catastróficas para la humanidad.

Es por ello que se ha evidenciado que las propuestas e intervenciones realizadas en América Latina alrededor de las fuentes hídricas dentro de las ciudades, han incorporado estrategias limitadas en las que lo artificial prima y no se respetan los procesos y ciclos naturales del ecosistema, poniendo en riesgo no solo la existencia del mismo, sino también el bienestar de la población colindante, situación que no debería establecerse dentro de un planteamiento de desarrollo territorial sostenible al cual están comprometidos los territorios (Grupo de Trabajo de Educación y Culturas del Agua para América Latina y el Caribe del Programa Hidrológico Internacional de la Unesco, s.f).

Por ello, se toma como unidad de análisis el Río Tunjuelo, que es considerado como patrimonio natural de la ciudad de Bogotá, gracias a relevancia a nivel regional y abastecimiento a la población. Sin embargo, a través del tiempo ha sufrido diferentes alteraciones debido a la industrialización y urbanización no planificada, lo que ha incrementado el deterioro del sistema urbano ambiental y los escenarios de desbordamientos e inundación.

En ese orden de ideas, de acuerdo con la problemática planteada, el objetivo de esta investigación consiste en establecer recomendaciones con estrategias sostenibles de Diseño Urbano Sensibles al Agua con proyección al cambio climático, para la integración de la cuenca baja del Río Tunjuelo con su entorno inmediato, contemplando las características y dinámicas propias del territorio, promoviendo un paisaje hídrico resiliente a través de la planeación y gestión para el desarrollo de futuras generaciones.

Como primer acercamiento, se realiza un análisis de la teoría de diseño urbano sensible al agua enfocado hacia un planteamiento sostenible y resiliente, que respondiese a las variables por inundación y cambio climático. De esta manera se integra un enfoque descriptivo ya que se investigan cualidades teóricas y criterios base.

De acuerdo con el anterior propósito, se emplea un método deductivo, debido a que se analizan las condiciones e importancia del elemento natural dentro del desarrollo urbano, a partir de lo cual, se realiza la caracterización de tres transectos en la cuenca baja del río Tunjuelo con distintas condiciones geomorfológicas y dinámicas urbanas para reconocer aquellos atributos presentes de planificación y diseño, para después contrastar bajo los conceptos de gestión del riesgo, resiliencia y sostenibilidad.

Posteriormente, se desarrolla una etapa experimental donde se realizan simulaciones dinámicas de los transectos a través de las herramientas geoespaciales (ArcGis) y de modelación hidráulica (Hec-Ras) con el fin de proyectar escenarios de riesgo por inundación de acuerdo con alteraciones producto del cambio climático.

El resultado de esta investigación y evaluación permite brindar recomendaciones a partir de estrategias de diseño de planificación sensible al agua; esta herramienta proyectual y metodológica resultante es de gran ayuda para futuros proyectos en la capital en torno a ríos urbanos, ya que podrán integrarse en etapas tempranas del plan de ordenamiento territorial “Bogotá Reverdece” y así disminuir el porcentaje de reprocesos en anteproyecto, proyecto, ejecución adaptándose al cambio climático.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 PROBLEMA OPORTUNIDAD

La información que refiere las Naciones Unidas muestra un crecimiento constante en la urbanización a nivel mundial. Desde el año 2007, más del 50% de la población global ha residido en áreas urbanas, y se prevé que este porcentaje aumente aproximadamente a un 60% para el año 2030 (ONU HÁBITAT, 2020). Esto demuestra que el crecimiento poblacional y la expansión urbana en las ciudades ha generado un proceso de urbanización no planificado, dicho crecimiento ha facilitado también una transición predominante hacia el desarrollo de la vida humana dentro de las ciudades y centros pensados netamente desde y para el hombre, contextos con poca interacción con lo externo y en especial con los entornos naturales. Además, representa el 70% de las emisiones de carbono mundiales, favoreciendo al cambio climático.

Es así como poco a poco los ecosistemas urbanos van colapsando y perdiendo servicios vitales para el progreso y preservación de los territorios, puesto que los mencionados escenarios tienen que estar bajo el aumento de la vida artificial, promoviendo así, la crisis climática e incrementado la vulnerabilidad del hábitat en general. Por eso, en su informe global sobre asentamientos humanos, la ONU HÁBITAT advierte que la

urbanización y el cambio climático están interactuando de maneras preocupantes que plantean una grave amenaza para la sostenibilidad ambiental, económica y social a nivel mundial (ONU HÁBITAT, 2011).

En consecuencia, dentro de las ciudades y su planificación no existe la capacidad de comprender la importancia y complejidad de los ríos como un sistema vital, dejando de ser ejes para el trazado urbano y un elemento de conexión a distintas escalas y, por el contrario, lo contemplan como un elemento complementario al paisaje que en algunos casos limita el desarrollo territorial, como lo señaló Flores:

El agua es vista como el “recurso hídrico”, es decir, un concepto económico, y como tal es tratada: un recurso que debe ser canalizado para las necesidades de la industria manufacturera, de la agricultura y el abastecimiento de las localidades humanas, y que una vez utilizado (y contaminado) debe ser desalojado. (Flores, 2006, como se cita en Hernández, 2018, p.p. 32, 33).

Lo anterior, ha llevado a generar intervenciones poco funcionales y armónicas dentro y al borde de las fuentes hídricas, ya que alteran cada vez más la ronda y su dinámica, incrementando así, el riesgo por inundación y sedimentación de tierras poniendo en juego la estabilidad ecosistémica y humana.

A la par de lo anterior, estudios realizados por la ONU demuestran que en los últimos 50 años la mitad de los daños humanos y económicos están relacionados con el agua y el clima, representando así el 50% de todas las catástrofes. Han destacado dentro de las ciudades cambios visibles en torno a las inundaciones como producto de la influencia del cambio climático. Es por ello que, existe un común acuerdo entre la colectividad científica y gestores territoriales acerca de la

necesidad de profundizar en el conocimiento de la gestión del riesgo en torno al impacto del cambio climático, con el fin de establecer y diseñar estrategias más idóneas y de esta manera se anticipen y adapten a situaciones de catástrofe, a fin de conservar y prolongar el bienestar urbano-ambiental.

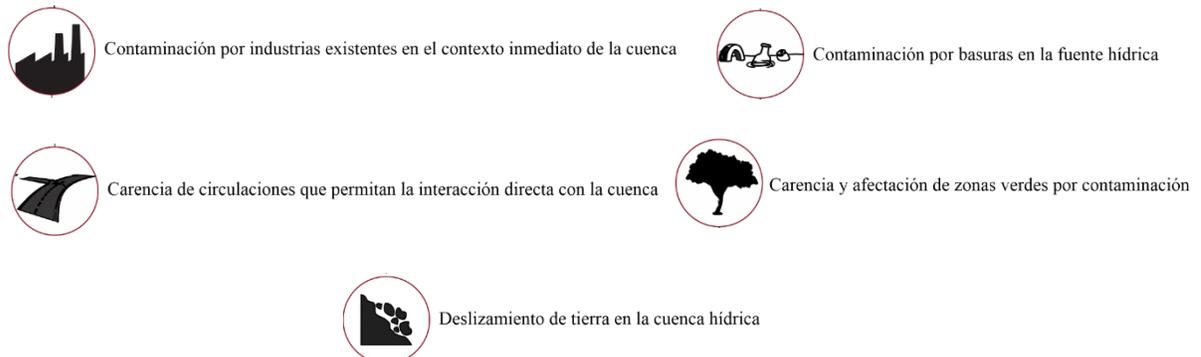
Por esta razón, el término de diseño urbano sensible al agua, tal como lo describe Perales, se refiere a los componentes de la infraestructura urbana que tienen la tarea de recoger, filtrar, mantener, transportar, almacenar e infiltrar el agua de lluvia en el suelo, sin causar ningún daño a esta y, además, permitiendo la eliminación de la contaminación generada por la escorrentía previa. (Perales, 2010, como se cita en Badillo, 2017, p.16), y sus métodos, serán integrados en la planificación, gestión y diseño para los ríos urbanos, puesto que existe insuficiente conocimiento de las dinámicas, poca proyección-acción frente al cambio climático y generalización en la intervención poco resilientes en los bordes de los cauces, lo cual trae como consecuencia territorios totalmente expuestos a condiciones constantes de amenaza.

En esta investigación, se elige la cuenca baja del Río Tunjuelo en la ciudad de Bogotá como el área de estudio, la cual es considerada como la segunda fuente hídrica más importante en la capital por su desemboque al río Bogotá y su conexión a escala metropolitana.

A lo largo de la historia ha presentado grandes problemáticas ambientales como se muestra en la siguiente figura, las cuales están relacionadas con el crecimiento urbano no planificado y por ende asentamientos informales a las orillas del río, pasando por alto la normativa local, procesos en gran medida contaminantes causados por la industrialización colindante, además de múltiples intervenciones técnicas como jarillones, diques o túneles linner que no se acoplan al desarrollo natural del ecosistema, lo que incrementa el riesgo

por inundación y representa una constante amenaza para la población y el territorio en general como se evidencia en las siguientes figuras.

Figura 1 Estado actual de la cuenca baja del río Tunjuelo



Fuente. A. Arroyo, P. Camacho, 2023, Problemáticas presentes en la cuenca baja del río Tunjuelo, Bogotá.

Figura 2 Estrategias implementadas cuenca baja río Tunjuelo



Fuente. A. Arroyo, P. Camacho a partir de Plan ambiental local de Tunjuelito, 2019, Estrategias en la cuenca baja del río Tunjuelo, Bogotá.

Las estrategias anteriormente mencionadas en las figuras no contemplan los conceptos de sostenibilidad o resiliencia, por lo que no se generan dinámicas sensibles con el entorno natural del Río Tunjuelo; por ende, la planificación territorial del eje hídrico se desentiende del contexto urbano. En ese orden de ideas, aun cuando dentro de los planes de desarrollo territorial se ha involucrado la gestión del riesgo teniendo en cuenta el escenario de vulnerabilidad existente, no se contemplan acciones con proyección al cambio climático.

Un ejemplo de ello se encuentra en el documento del Plan ambiental Local de la localidad de Tunjuelito (Peña, 2016), allí se mencionan acciones desde lo técnico para controlar el fenómeno de inundación (por medio de construcción de diques, corrección de conexiones erradas, dragado, limpieza de canales y rejillas), además de acciones como la protección financiera, pólizas de seguro, monitoreo y evaluación, asociado a fenómenos como inundación y encharcamiento; no obstante, dichas soluciones no son suficientes para brindar respuestas resilientes que se preparen y adapten anticipadamente a situaciones de proyección de cambio climático, así lo menciona Hernández (2018):

(...) la construcción de jarillones o la canalización con el uso de concreto son las peores formas para contener las aguas. Al separar el agua de la tierra se evita que se filtre, por lo tanto, irá con mayor velocidad y al encontrar una falla se saldrá de control y causará inundaciones. (...) cuanto más se desarrollen proyectos de urbanización cerca de la Sabana, más se generará que las aguas de los ríos se estanquen, produciendo así pantanos y riesgos de inundaciones en las épocas de lluvia. (...) (Hernández, 2018).

Por lo tanto, resulta necesario ampliar el enfoque de intervención a partir de la interdisciplinariedad. Desde la planificación territorial, deben incluirse alternativas sostenibles en etapas tempranas de diseño para que las fuentes hídricas recuperen dinámicas ambientales, sociales, económicas y urbanas que se adapten al territorio.

Siguiendo en la misma línea de pensamiento, Zevenbergen, Fu y Pathirana (2018) sostienen que las modificaciones en torno a los ecosistemas deben considerar la adaptación desde una perspectiva de sostenibilidad y abordar los procesos de manera sistémica como un enfoque para minimizar los riesgos, específicamente en el caso de inundaciones. Por lo tanto, se hace énfasis en la implementación de estrategias de prevención en lugar de enfoques de reconstrucción. (Zevenbergen, Fu, y Pathirana, 2018 como se cita en Silva, 2019, p. 13).

Se considera que a lo largo de la cuenca baja del Río Tunjuelo se presentan diferentes condiciones físicas y dinámicas urbanas, de modo que, la forma de intervenir es distinta, por lo tanto, se considera que en el proceso de construcción de modelos adaptativos y resilientes, se deben contemplar modelos de diseño urbano no generalizados sino sensibles al agua con proyección al cambio climático, ya que como lo menciona Silva Rodríguez (2019), No existe una única solución que funcione en todas las circunstancias, por lo que no existe un enfoque único para el diseño urbano.

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las estrategias que en el marco del concepto de Diseño Urbano Sostenible Sensible al Agua permiten desde etapas tempranas, una mejor planificación y por lo tanto un mejor diseño de los paisajes hídricos urbanos?

1.3 HIPÓTESIS

Las estrategias de diseño urbano sensible al agua dentro de la planificación y gestión de la cuenca baja del río Tunjuelo promueven paisajes hídricos resilientes que mitigan el riesgo por inundación, adaptándose a su vez al cambio climático.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación abarca la interpretación de la teoría del diseño urbano sensible al agua y así mismo, la inclusión de una metodología que genera proyecciones por medio de simulaciones dinámicas, es decir, un modelo que representa el comportamiento climático, en este caso haciendo énfasis en las inundaciones. Esto, con el fin de integrar estrategias de planificación, gestión y urbanismo sostenible y resiliente para la cuenca baja del río Tunjuelo dentro del plan de ordenamiento territorial “Bogotá Verdece”.

Esto se plantea ya que los procesos de urbanización y expansión en las urbes han generado una descompensación exponencial que acorta las posibilidades de planificación y gestión del paisaje hídrico urbano, según la CEPAL (1999) indica que la población urbana de América Latina y el Caribe, proyectada para el año 2030 podría aumentar en un 83.2%, es decir el número de ciudadanos ascenderá a 4.598.8 millones, esto crea mayores riesgos en las zonas urbanas y el entorno natural debido a la falta de planificación e infraestructura acorde, ya que muchas de estas estructuras están construidas en sitios ecológicamente sensibles, como orillas de ríos, es decir, en áreas más propensas a sufrir desastres naturales.

En consecuencia, se termina optando por intervenciones hidráulicas asociadas con desarrollos desde lo técnico y pensados desde lo económico, como por ejemplo canalizaciones, muros de contención, rectificación de cauces, etc., que alteran la geomorfología, así como su dinámica fluvial de forma irreversible y limitan los beneficios

que brindan los ecosistemas a los territorios. Así lo indica Santos (2008) en “hacia la recuperación de la vida en el sur Tunjuelito” (2020) las decisiones tecnocráticas, supuestamente asépticas, y el aval de las entidades para continuando con las actividades económicas que tienen un impacto en la cultura y la naturaleza, representan el Estado empresario fortalecido para proteger el neoliberalismo en perjuicio del bienestar y la vida. (Santos, 2008)

De igual forma, los planes dictados hasta el momento para el territorio en el área de estudio son insuficientes puesto que no se interpreta el río como un elemento natural sujeto de derechos y no se tiene en cuenta dentro de la planificación su geografía, morfología, dinámicas y alternativas que respondan a las necesidades de entorno y así mismo al cambio climático, lo que disminuye la capacidad de acción que se tiene sobre el territorio a favor de su funcionalidad y conservación.

Por ello se considera necesaria la reintegración de los paisajes hídricos al contexto urbano, bajo diseño y gestión acorde, respondiendo a las necesidades y Planes de desarrollo para el establecimiento de territorios sostenibles, beneficios no solo a nivel ecosistémico, sino también que contribuyen con el bienestar social y el desarrollo económico de las ciudades.

La herramienta resultante corresponde a una serie de recomendaciones de planificación- gestión y diseño sostenible bajo principios teórico-prácticos sensibles al agua donde los corredores hídricos cumplen con el papel fundamental de articular la ciudad y establecerse como sistema de desarrollo, conservación, recreación y prevención. En consecuencia, se plantean escenarios sostenibles y resilientes que

contrarrestan los efectos del cambio climático, incrementando la calidad del ambiente, en favor de la biodiversidad y la salud pública de la población.

Dichas acciones tempranas a nivel de planificación disminuyen los reprocesos en anteproyecto, proyecto y ejecución. Así mismo, la responsabilidad institucional junto con la participación ciudadana desde un enfoque interdisciplinar, son indispensables para abordar procesos de transformación, y así, poner valor a los beneficios que ofrecen los ríos urbanos a la ciudad.

A través del análisis y caracterización de los tres transectos, se plantean situaciones proyectivas por medio de simulaciones dinámicas con proyección al cambio climático, en las que se evidencien posibles escenarios catastróficos, una vez se tenga el resultado se plantean recomendaciones desde la planificación, gestión y diseño para su debida integración al POT, además se realizan representaciones graficas de las alternativas de diseño de borde para mitigar el riesgo por inundación o deslizamiento, logrando así, mejorar y prolongar la calidad de vida de las personas y sus ambientes.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer estrategias de diseño urbano sensible al agua para la formación de paisajes hídricos resilientes con proyección al cambio climático y gestión del riesgo en la cuenca baja del río Tunjuelo que integren acciones preventivas al Plan de Ordenamiento Territorial “Bogotá reverdece”.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar tres transectos de la cuenca baja del río Tunjuelo mediante las condiciones morfológicas y urbanas diferentes con relación a la gestión del riesgo y procesos de planificación, para comprender sus dinámicas territoriales.

- Simular escenarios en los transectos bajo la variable de inundación desde el año 2011 al 2100 (con intervalos de 30 años), por medio de herramientas geoespaciales y con la finalidad de evidenciar el crecimiento de la mancha por inundación y las necesidades específicas de cada unidad de análisis.

- Establecer recomendaciones con acciones preventivas a partir del diseño urbano sensible al agua en etapas tempranas de planificación para los transectos de la cuenca baja del río Tunjuelo y su borde.

1.6 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Eje: Territorio y Sostenibilidad

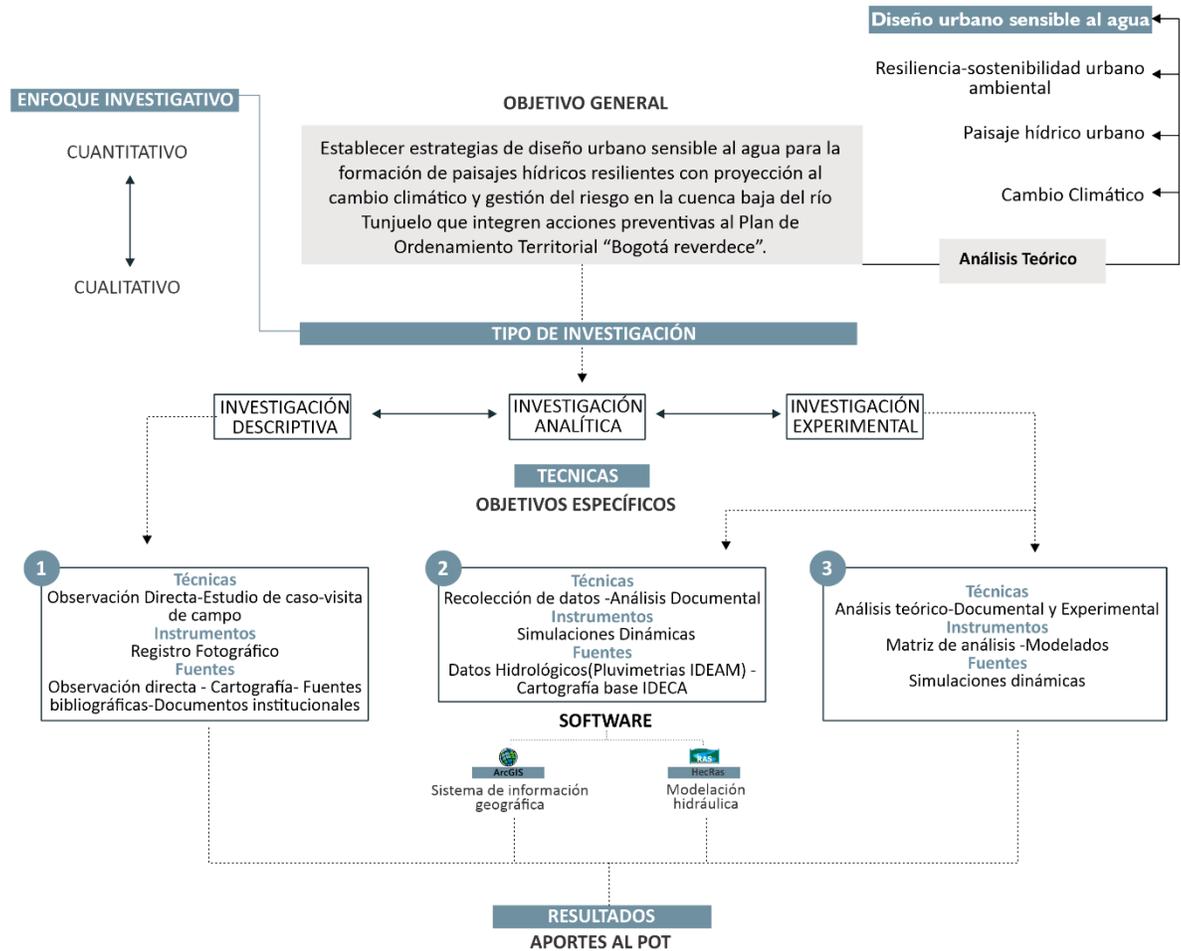
La línea de investigación tiene como objetivo analizar relaciones causa-efecto que se derivan de la correlación hombre-naturaleza, permitiendo mediante la identificación de problemas y oportunidades en las dimensiones ambientales, sociales y económicas, generar medidas con criterios de diseño urbano resiliente que promuevan escenarios de gestión del riesgo en etapas tempranas de la planificación urbana.

1.7 METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y cualitativo conforme a tres tipos de investigación que corresponden al desarrollo y

alcance de los tres objetivos específicos, además de técnicas y herramientas puntuales para cada momento, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3 Estructura Metodológica



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Metodología de investigación aplicada,

Bogotá.

Como primera fase se busca comprender las dinámicas, características, estrategias actuales y prospectivas de planificación de ríos urbanos en términos de cambio climático y gestión del riesgo por la variable de inundación, para ello es imprescindible la comprensión de conceptos y teorías tales como: Diseño urbano sensible al agua, resiliencia,

sostenibilidad, gestión del riego y cambio climático, los cuales son claves para evaluar e incorporar criterios en etapas tempranas de diseño.

Ahora bien, desde lo deductivo se analiza la importancia de contemplar los ríos urbanos como ejes de desarrollo urbano que a lo largo de su cauce tienen diferentes condiciones y, por tanto, su planificación debe contemplar distintas estrategias de actuación. A partir de la subdivisión de la cuenca baja del río Tunjuelo por transectos con condiciones diferentes, se caracteriza detalladamente el estado actual del ecosistema, estrategias de intervención urbana y planificación aplicadas desde la resiliencia y gestión del riesgo. El propósito de tomar tres casos con distintas condiciones morfológicas y urbanas es demostrar las diferentes necesidades y oportunidades del eje hídrico para su planificación y gestión.

Por otro lado, por medio de la etapa experimental se hacen proyecciones/simulaciones dinámicas de los transectos a través de la herramienta geo espacial (ArcGis) y de modelación hidráulica (Hec-Ras) frente al cambio climático y el comportamiento de estos elementos naturales ante situaciones de vulnerabilidad como son las inundaciones en un lapso de 89 años, teniendo como base de datos la pluviometría publicada por el IDEAM - Entidad pública (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y la información geográfica, gracias a cartografía base del IDECA (Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital).

Finalmente, por medio de modelados y estrategias planteadas desde el diseño urbano resiliente sensible al agua, se generan alternativas anticipadas que se adaptan a dichos cambios, asegurando la conservación y bienestar tanto del elemento natural como de su entorno.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se abarcan teorías y conceptos tales como diseño urbano sensible al agua, paisaje hídrico urbano, resiliencia, sostenibilidad y cambio climático los cuales juegan un papel fundamental en los procesos de configuración y planificación territorial en torno al restablecimiento de las fuentes hídricas al contexto urbano.

2.1 PAISAJE HÍDRICO URBANO

El paisaje es un concepto utilizado por distintas disciplinas y con múltiples acepciones, a primera vista y desde lo ecológico se contempla como un espacio lleno de formas y tramas naturalmente establecidas, sin embargo, cuando se aprecia de manera interdisciplinar el paisaje es tomado como una unidad que permite establecer una imagen perceptiva y cultural que toma personalidad y fundamento a partir de la experiencia directa de quien lo habita, de esta manera lo indica Martínez, E. (2014): “El paisaje es una unidad terrestre dotada de morfología, percepción, y representación, es decir, de materialidad, de recepción sensible, estudio integrado y cultura otorgada(Pág. 416). Siendo así, el paisaje no debe ser limitado a lo morfológico, por el contrario, debe establecer un diálogo, proyección y relación lógicamente de lo tangible con fundamento cultural, social, ambiental, político y económico.

El primer artículo El Convenio Europeo del Paisaje (ECL), ratificado por el Consejo de Europa en 2000, Se considera paisaje cualquier área que una persona percibe con características influenciadas por el mundo natural o por la interacción y actividad humana, es decir, se contempla desde la relación de entornos desde la gestión, brindando directrices hacia la ordenación y conservación del territorio.

Ahora bien, cuando se hace referencia puntualmente a paisaje urbano se habla de un conjunto de estructuras dentro de un perímetro con condiciones que dan un cambio de expresión y, se integran a él aspectos tales como diseño, infraestructuras y contexto distinto en los que la forma de habitar y las necesidades físicas, sociales y visuales cambian, pues no solo se transforma el lugar sino también desde lo cultural, las costumbres y tradiciones, es decir la forma de contemplar y accionar el paisaje cambia.

Dentro de dichos paisajes urbanos se ven inmersas estructuras naturales que actúan como elementos determinantes no solo para la morfología del territorio sino también como elemento clave de la mirada humana relativa a un lugar. (Zoido, 2008p. 32). En consecuencia, las fuentes hídricas según Pellicer (2001) se convierte en cultura cuando penetra en la ciudad, es decir, la ciudad se abre a la naturaleza a través del río. Esta fusión profunda, sujeto de crisis, conflictos e intereses, es una de las manifestaciones más ricas de la vitalidad económica y ecológica de la ciudad (p.283).

Por su parte, Ribas (2007) apoya la percepción anteriormente expuesta, orientada hacia una dimensión sociocultural y la conexión con los paisajes del agua, es decir, según el autor, el paisaje viene a ser el resultado de la combinación de procesos y elementos físicos haciendo referencia a la naturaleza y elementos antrópicos lo que convierte el espacio en un hábitat entramado que está en constante transformación en el cual, se pueden producir escenarios favorables o desfavorables.

De esta manera, los paisajes, tales como ríos, humedales, lagos, entre otros, siempre tiene relación constante con otros elementos que indican la permanencia de

las relaciones entre la sociedad y el agua, es por ello que la planificación de bordes es esencial para generar dicha conexión.

La interacción entre la sociedad y el agua produce una serie de paisajes con un importante valor ecológico, económico y cultural que son cada vez más valorados y utilizados como bienes públicos. A propósito de esto, Michael Hough (1998) respalda la idea de que los desarrollos urbanos deben estar integrados con los entornos naturales, y no darse la espalda entre sí, pues este tipo de situaciones además de contaminar, inhiben el acceso y beneficios del recurso natural.

Ahora bien, desde la perspectiva de Cecilia Galimberti (2013) y Javier Monclus la desunión que sucede de los componentes urbanos, fluviales, productivos y recursos ambientales genera problemáticas de asentamiento y funcionalidad de la ciudad, por ello es conveniente ver los frentes de agua como elementos estructurantes del sistema urbano, capaces de conectar entre sí las regiones, promoviendo un modelo de desarrollo macro.

De esta manera se debe pensar en crear espacios en los que se articulen los actores y modelos sociales, los discursos institucionales para así transformar los paisajes urbanos y crear nuevas narrativas. Bridando diversas tipologías de borde donde se establezca la relación entre espacio, tiempo y sociedad generando diferentes territorialidades (Villamizar, 2014 vol.24 no.2).

Uno de los conceptos o términos principales de esta exploración es el de borde hídrico, límites de dos fases, rupturas lineales de la continuidad (Lynch, 1985). Su definición se centra hacia las orillas de los cuerpos fluviales conformado por ecosistemas que contienen rondas hidráulicas y elementos naturales, siendo así, a través de estos se puede reestablecer el contacto entre la población y los ríos generando permeabilidad y a su vez accesibilidad entre entornos. A pesar de ser espacios potenciales a nivel paisajístico,

recreativo e incluso técnico, en la actualidad son vistos como barreras o elementos externos convirtiéndose en limitantes para el desarrollo de los territorios.

Así lo indica el Protocolo Distrital de Pacto de Borde (2004) en la ciudad de Bogotá, si bien se reconoce que el borde urbano presenta oportunidades y desafíos, Los conflictos resultantes del cambio de uso del suelo, el incumplimiento de las normas de planificación urbana y todos estos factores aumentan el perfil de riesgo, así como la degradación de importantes estructuras ecológicas, y procesos urbanos no planificados. Por tanto, se indica que se deben plantear estrategias articuladoras a partir de las cuales se formulen propuestas y medidas incluyendo la generación y evaluación de alternativas sostenibles que no solo influyan a nivel paisajístico, sino también a nivel ecosistémico.

2.2 PLANIFICACIÓN HIDRICA URBANA

La relación entre el espacio y la sociedad ha sido un tema central dentro de los procesos de desarrollo, claramente en la actualidad se ha destacado la importancia de la interdisciplinariedad con la que se pretende organizar las urbes; las distintas disciplinas y enfoques como la economía, la sociología, la geografía y el urbanismo juegan un papel trascendental dentro de los territorios, pues gracias a su sinergia las ciudades se convierten en un sistema integrado con un fin en común, en el que la gestión del entorno urbano y el cuidado los recursos naturales, generan beneficios para las comunidades urbanas en las generaciones actuales y preservan las futuras.

Para ello es fundamental la planificación y gestión territorial, Gómez Orea (2008) por ejemplo, identifica la Planificación territorial en las tareas de análisis,

evaluación, definición y formulación de estrategias para el correcto ordenamiento de las urbes, esto bajo instrumentos que permitan su materialización. De igual manera, Barragán Muñoz (1997) define la planificación como el proceso con base técnico-científico, en el que la gestión juega un papel fundamental ya que forman un conjunto de decisiones y actuaciones desde y entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad que conducen a la ejecución de planes donde se prioriza la administración de recursos, al desarrollo de actividades económicas y el cuidado del medio ambiente.

Para ello, en el año 2015 los líderes mundiales y miembros de la Naciones Unidas adoptaron un conjunto de objetivos globales, como herramienta para organizar el territorio. Gracias a los 17 objetivos, 169 metas y 231 indicadores con enfoque y temporalidad específica, los países y sus ciudades tienen una línea guía para configurar estrategias y así, hacer frente a los distintos problemas de orden social, ambiental y económico que podrían llegar a alterar las condiciones territoriales. De esta manera, por medio del siguiente gráfico lo clasifican las Naciones Unidas, 2015:

Figura 4 Objetivos de desarrollo Sostenible



Fuente. ONU, 2023, Objetivos de desarrollo sostenible.

Estos objetivos son trazados bajo un enfoque prospectivo, es decir, se establecen metas con líneas temáticas específicas con el fin asegurar la prosperidad para todos a través de disminuir la pobreza y proteger los recursos naturales, configurando territorios sostenibles y sustentables. Uno de los focos más representativos de esta nueva agenda es preservar la vida humana a través de la conservación y manejo adecuado del entorno natural para ello se dispone de objetivos tales como el 6, 7, 11, 13, 14 y 15 donde se sugiere medidas urgentes y significativas desde la planificación territorial para reducir la degradación de los hábitats naturales y la pérdida de los mismos, tomando medidas inmediatas para evitar consecuencias catastróficas y así garantizar condiciones habitables a las futuras generaciones.

Es así, como a través de dichos objetivos se establecen las bases para desarrollar políticas públicas que configuran los territorios con enfoque interdisciplinar y prospectivo para la integración de componentes y procesos, es decir, es claro que debe generarse una interacción constante y actualizada entre disciplinas y actores, para que se puedan formular planes y proyectos asociativos que pretendan satisfacer las necesidades, solucionar conflictos y guiar el desarrollo territorial hacia la sostenibilidad. Según Calaza (2017) se debe partir de una planificación y gestión territorial ambientalmente sostenible donde el elemento vertebrador sea la naturaleza y esta se establezca en armonía con el entorno, ya que para preservar los territorios es indispensable la conservación ambiental, siendo consecuente con lo planteado desde las Naciones Unidas.

La sostenibilidad ambiental como se indica representa un aspecto clave para la preservación de los entornos y la existencia de la humanidad, entre más equilibrada es dicha la relación, menor riesgo existe en los territorios, por ello nace el ecurbanismo. Según la alcaldía mayor de Bogotá junto con la Secretaría de ambiente el ecurbanismo se define como el conjunto de decisiones orientadas hacia una planificación y desarrollo territorial sostenible, donde se emplee infraestructura segura y eficiente que minimicen los impactos ambientales y formen entornos equilibrados.

El Ecurbanismo va más allá de solo tener en cuenta el aspecto ambiental en intervenciones urbanísticas sobre un territorio; si este es visto como teoría, se observa que desde el ámbito general de la planificación urbana juega un papel fundamental, pues así lo menciona Romero:

La calidad de vida de las ciudades y sus ciudadanos puede mejorarse a través de la planificación urbana, para ello es necesario tener en cuenta los principios y conceptos de sustentabilidad ambiental, incluyendo la ecología de paisajes, particularmente en suelos de expansión, usos del suelo o definición de densidades residenciales. (Romero, 2001, p. 45). Por ende, se entiende que la calidad ambiental de una ciudad es proporcional al número, tamaño y cuidado de los parches vegetales.

De esta manera, refiere Hadley (2007) que la infraestructura verde es un paisaje protegido, así como una inversión en la economía local, ya que es un ecosistema que ofrece servicios urbanos y ambientales, un recurso para la recreación, la salud y el bienestar, y un facilitador del desarrollo y la educación comunitarios.

Basado en lo anterior, cuando se habla de ecurbanismo en relación con los proyectos se deben plantear también estrategias en torno a la infraestructura de servicios, movilidad, mejoramiento y conservación de los paisajes naturales, pero además, se deben

incluir procesos de participación ciudadana e interacción entre las comunidades, entendiendo que los actores sociales deben intervenir durante las diversas fases de planificación, desde la etapa de formulación, hasta su gestión, en pro de la construcción de intereses colectivos, pues finalmente son ellos los que habitan los territorios.

En ese sentido, Ruano (2006) indica que “el ecourbanismo que busca un desarrollo sostenible de las comunidades se basa en la edificación de entornos que sean armónicos y equilibrados”. Siendo así, se evidencia que el bienestar social depende en gran medida del entorno que se tenga y si este presenta baja interacción con lo natural, no podrá tener adecuados mecanismos de funcionamiento de la urbe, y tampoco se cumplirán con los objetivos planteados dentro de los procesos de revitalización urbana si se da la anulación de espacios naturales.

Así pues, el ecourbanismo tiene como base el concepto de ciudad bioflica, que se define como el nuevo fundamento del urbanismo, donde se establece la naturaleza como eje y condición para el diseño y planificación territorial, resaltando la necesidad esencial del contacto con el medio natural y las dinámicas urbanas que se presenten en dichos hábitats. Beatley (2011).

A partir de lo anterior, se entiende que este concepto posibilita que los ecosistemas no sean vistos como elementos susceptibles al cambio, sino por el contrario que sean el eje con el cual se planifique y gestione el territorio, es decir como lo indica McHarg (1992) “se diseñe con la naturaleza”.

En conclusión, uno de los puntos claves dentro de la planificación urbana ambiental es entorno a cuerpos de agua y bordes hídricos urbanos, ya que actúan como elementos vertebradores y en muchos casos ordenadores.

2.3 CAMBIO CLIMÁTICO

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) es creada en el año 1983 por una política noruega llamada *Gro Harlem Brundtland*, mediante esta comisión, se realiza la publicación del Informe de *Brundtland* o el documento “Nuestro Futuro Común” en el año 1987, el cual tenía como objeto establecer la importancia del desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente, teniendo en cuenta las futuras generaciones.

Este informe tuvo una trascendencia importante en cuanto al cambio climático, puesto que significó ser el inicio para la implantación de diferentes proyectos y políticas a nivel internacional que, tienen como temática central la mitigación del deterioro del medio ambiente y el efecto del cambio climático a mediano y largo plazo.

Dentro de este contexto, las Naciones Unidas sostienen que, en la proyección del cambio climático y las inundaciones en las urbes, las lluvias intensas son un factor importante en el que “Ningún país, ya sea desarrollado o en desarrollo, es inmune” (Taalas, 2021); así mismo, sostienen que, la participación por parte del hombre es cada vez mayor en cuanto a las precipitaciones extremas.

Ahora bien, las Naciones Unidas (2023) definen el concepto de Cambio Climático como los cambios de las temperaturas y patrones climáticos que se pueden dar de forma natural de acuerdo con las variaciones del ciclo solar, o, a través de las actividades humanas, debido a las formas de producción existentes relacionadas con la quema de combustibles fósiles; cabe resaltar que las actividades antropogénicas se encuentran categorizadas como el principal promotor del Cambio Climático.

Siguiendo la definición anterior, Salaverry y Botana (2021) describen el Cambio Climático como la modificación de las condiciones climáticas a nivel global, como resultado de la elevada emisión y acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Enfatizan que esta alteración climática se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana y respaldan esta afirmación con base en el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) del año 2017, el cual indica que la actividad de origen humano, como la deforestación de áreas naturales y el uso de combustibles fósiles, constituye la causa principal de los incrementos en la temperatura global.

En la misma línea del estudio del IPCC, Salaverry y Botana (2021) mencionan que hechos históricos como los desarrollos industriales dados en la segunda mitad del siglo XX y el consumo masivo de combustibles fósiles, demuestran que el incremento exponencial de la temperatura fue importante y anterior a este momento, no existen precedentes similares. Este largo proceso ha generado diferentes afectaciones al entorno ambiental del planeta, relacionados con la disminución de los recursos hídricos, deterioro en la biodiversidad, contaminación y fenómenos de catástrofes que han afectado diferentes territorios.

Sin embargo, el Cambio Climático va más allá de afectaciones ambientales que se evidencian en los territorios de manera física, pues como menciona Cárdenas: “El cambio climático está ya produciendo importantes efectos económicos, sociales y ecológicos y se está cerca de alcanzar el umbral de cambios irreversibles para algunos elementos del sistema climático” (Cárdenas, 2010, p. 9).” Lo anterior, sustenta que el Cambio Climático debe ser abordado de manera interdisciplinar, y que las soluciones que se planteen frente a esta problemática

deben ser integrales y respaldadas a partir de políticas públicas, teniendo en cuenta que se afectan aspectos sociales y económicos.

El cambio climático: resultado del papel de América Latina en el mundo. Salaverry y Botana (2021), plantean la teoría de América Latina como la materia proveedora de diferentes recursos naturales, teniendo en cuenta su biodiversidad para las principales economías del mundo, considerando la necesidad de uso de energía diaria que demanda el resto de los países; no obstante, no se logran dimensionar los efectos al Cambio Climático que genera esta situación, por lo que mencionan la necesidad de revisar el sistema productivo actual. Para ello, defienden esta idea a partir de tres aspectos que ponen en debate la situación que es planteada por Cleveland (2003):

a) Dimensión económica, la energía desempeña un papel fundamental en el crecimiento macroeconómico, ya que contribuye a la conversión de materias primas en productos y servicios finales.

b) Dimensión social, el uso de la energía se convierte en un requisito primordial para satisfacer las necesidades básicas de las personas, como la alimentación, la atención médica, la educación, la vivienda y el acceso al agua.

c) Dimensión ambiental, la utilización de fuentes energéticas constituye la principal causa de estrés ambiental en todos los niveles. Esta relación entre la energía y el entorno se origina en la extracción y producción de combustibles y su influencia en la calidad del medio ambiente.

A partir de los tres puntos mencionados anteriormente, se logra evidenciar que es necesario reconsiderar el modelo productivo capitalista que toma a América Latina como proveedora de recursos naturales, debido a que esto genera grandes impactos en el Cambio

Climático, y la importancia de actuar frente a esta situación de manera interdisciplinar, debido a que trasciende el aspecto ambiental y afecta en varios frentes distintos territorios.

Por último, es importante considerar que la teoría astronómica que defiende la actividad solar, erupciones volcánicas y distintos fenómenos como causantes de alteraciones en el Cambio Climático, no desconocen que la mayor parte de afectación se atribuye a la actividad humana y sus formas de sobrevivir, y, por lo tanto, se recurre a la necesidad de plantear soluciones y acciones sobre el territorio, con el fin de mitigar estos impactos ambientales.

Materia de gobierno: El cambio climático como oportunidad de mejora

De acuerdo con la teoría planteada por Salaverry y Botana (2021) frente al Cambio Climático, Díaz (2012) hace énfasis en este concepto como un tema obligado a tener en cuenta por la agenda de los gobiernos actuales y lo define como “una bomba de tiempo que debe desactivarse si no queremos desaparecer como especie del planeta tierra.” (Díaz Cordero, 2012, p.227). Así mismo, menciona que más allá de tener una iniciativa por remediar esta situación, se requiere de educación permanente y una política de respaldo que permita que estas alternativas se conviertan en una realidad.

Frente a esto, Díaz (2012) hace una aproximación a algunas medidas que deberían considerarse para amortiguar este impacto ambiental por el cambio climático, siendo consciente de que la variante del clima a nivel global es un tema muy amplio y que es un proceso que requeriría un tiempo prudente para ver sus efectos, aun cuando podrían ser un buen inicio. Para ello, se habla inicialmente de considerar el concepto de prevención, como tema central de las ejecuciones, y a

partir de allí, profundizar en temas como la reducción de la deforestación y eficiencia energética, y desde acciones como la plantación y cuidado de árboles, que pueden ser acciones que se materialicen en la planificación de las ciudades.

2.4 SOSTENIBILIDAD Y RESILIENCIA HIDRICA URBANA

Las transformaciones urbano-ambientales y el agotamiento de los recursos que ha ocasionado la urbanización acelerada y sus patrones de uso del suelo han llevado a cuestionar la forma de planificación y gestión territorial convencional Bárcena (2017). Por lo tanto, cerca de los años 80 se han venido desarrollando convenciones y comisiones internacionales con el fin de generar acuerdos entre los países y en cada uno de ellos, políticas o lineamientos para planificar y formar sistemas urbanos, en los cuales haya integración e interacción de dinámicas, teniendo como base la preservación y bienestar del capital natural. Por tal razón, se plantean alternativas que fomenten la sostenibilidad y el equilibrio urbano.

A pesar de las múltiples apreciaciones frente al concepto de sostenibilidad, para esta investigación se tomará como base lo planteado por las Naciones Unidas. Entendiendo esto, en términos de planificación, ordenación y política territorial se acota en el término de desarrollo sostenible, el cual proviene de la Comisión Brundtland (1987) constituida por la Asamblea General, y se entiende desarrollo sostenible como la capacidad de satisfacer las demandas actuales sin sacrificar oportunidades para las generaciones futuras. Para ello se propone estrategias integradas con el objetivo de frenar y revertir los efectos negativos de las actividades humanas sobre el entorno natural y fomentar así el desarrollo y la preservación de los territorios.

Ahora bien, este planteamiento tiene una contradicción terminológica según Higuera (2009) “la sostenibilidad está ligada a la idea de reducir la presión sobre los sistemas del soporte y el desarrollo implica precisamente lo contrario” pese a esto, el enfoque se apoya en el planteamiento de que los recursos naturales son finitos y que hay límites a la capacidad de carga de los ecosistemas, pero a su vez centra la atención en reconciliar las metas sociales, económicas y ecológicas” (Peterson, 1997, P.23). Se puede entender que dicho planteamiento de manera individual sea contradictorio, sin embargo, en conjunto forman una alternativa viable puesto que, si se emplean sobre los territorios intervenciones que protejan el recurso ecosistémico, que es la base de la existencia misma, y se articulan estrategias prospectivas y adaptativas desde otros campos o disciplinas, pueden establecer territorios habitables.

Es por ello que la sostenibilidad no es una variable unidimensional sino por el contrario multidimensional ya que implica acciones de mejora ambiental, económica, social y urbanística desde la escala global hasta la local. Además, se requiere de un enfoque sistémico ya que los territorios no son estáticos y por ende las decisiones que se tomen frente a ellos deben tener en cuenta alternativas adaptables y participativas.

Hay que tener presente que la sostenibilidad es un concepto que se ha caracterizado por su complejidad y ambigüedad, puesto que se ha visto envuelto en un abanico de perspectivas que no logran fijar un solo significado, sin embargo, una de las teorías de desarrollo sostenible que destacan por su gran afinidad con la postura es la “ético-utópica”, que caracteriza el desarrollo sostenible como nuevos sistemas de valor que satisfacen las necesidades básicas antrópicas, pero así mismo

se respeta y preserva el medio natural, fomentando estrategias puntuales a cada escala con el fin de garantizar medidas adecuadas para todo el territorio y para ello políticas prospectivas adaptativas y resilientes que permitan garantizar el futuro de las generaciones futuras.

Es por ello que, dentro de este nuevo paradigma lo que se busca es que los territorios sean equitativos, habitables y viables por medio de la interdisciplinariedad donde se proporcionen una eficiencia funcional, uso racional y equilibrado de suelo, intervención del paisaje acorde a las necesidades urbanas y ambientales, brindando oportunidades a través de la competitividad urbana, entendiendo que si se establecen actividades económicas acordes con el entorno se potencia el sentido de pertenencia, la inclusión, cohesión y equidad social, es decir, que las personas tengan las condiciones materiales, socioculturales, económicas y ambientales que les permitan tener una calidad de vida adecuada, pero sobre todo crear relaciones estéticas, funcionales y productivas sin poner en riesgo las dinámicas naturales. Así por medio de la siguiente figura se establecen y relacionan los objetivos de desarrollo sostenible.

Figura 5 Desarrollo Sostenible



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado de los ODS.

A partir de lo planteado anteriormente, la Asamblea General de las Naciones Unidas adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la que se establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, en la cual se integra un modelo de desarrollo sostenible proporcionando un manejo equilibrado bajo alternativas resilientes, adaptación al cambio climático, gestión del riesgo, mejoramiento estético integral de la ciudad y de su entorno ecológico para elevar las condiciones de habitabilidad, involucrando a su vez la gobernanza urbana. Es decir, como lo indica Harvey (1989) “la asociación público-privada focalizada en inversión y desarrollo económico con una construcción especulativa del lugar y mejoramiento de las condiciones del territorio” (P. 89). Esto con el fin de generar acuerdos entre actores y políticas públicas urbanas para así gestionar los principales problemas de las ciudades.

En la actualidad las ciudades afrontan múltiples contratiempos de orden natural o causadas por el mismo hombre, estas situaciones se hacen cada vez más frecuentes debido a factores tales como cambio climático, planificación y gestión urbana desenfocada, y la creciente y rápida urbanización. Es por esto que dentro de dicha planeación se deben tener criterios que integran dinámicas económicas, sociales, ambientales y urbanísticas que connoten en un marco institucional para que fortalezca y se establezcan redes que permitan que la planificación, diseño y funcionamiento de la ciudad responda a dinámicas adaptativas (Christopherson & al., 2010). Por lo que, dentro del programa de Naciones Unidas, se establecen criterios que trabajan en pro de la sostenibilidad y ello implica incorporar la

resiliencia para salvaguardar los entornos y los objetivos planteados, garantizando así un futuro favorable.

Siendo así, la resiliencia para esta investigación se toma desde un enfoque urbano ambiental, el cual fue mencionado inicialmente por Crawford Stanley Holling (1973), que define la resiliencia como la capacidad de un sistema socio ecológico para soportar y absorber perturbaciones dentro de un entorno variable, tratando de no modificar su estructura y funcionamiento elemental, es decir que todo sistema urbano tenga la suficiencia para mantenerse, prepararse, resistir y recuperarse frente a cualquier crisis con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida de los individuos y de los ecosistemas. De esta manera la Organización de Naciones Unidas aborda el tema de las ciudades resilientes y las define como:

“Aquella que evalúa, planea y actúa para preparar y responder a todo tipo de obstáculos, ya sean repentinos o lentos de origen, esperados o inesperados. De esta forma, las ciudades están mejor preparadas para proteger y mejorar la vida de sus habitantes, para asegurar avances en el desarrollo, para fomentar un entorno en el cual se pueda conservar, invertir, y promover el cambio positivo” (ONU, 2011).

Dicho lo anterior, es fundamental pensar en la gestión del riesgo como una estrategia de desarrollo resiliente y sostenible, como una herramienta para la planificación del territorio, ya que permite generar un diagnóstico y acción preventiva y ayuda a anticipar cualquier evento inesperado o situación de alto impacto que conduzca al riesgo y afecte considerablemente el funcionamiento de las dinámicas territoriales.

2.5 DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA

Para entender la teoría principal de la presente investigación relacionada con el “Diseño Urbano Sensible al Agua”, resulta necesario partir del significado de “Ciudades Sensibles al Agua”, concepto que nace en Australia como un objetivo del documento de La Iniciativa Nacional del Agua de la Comunidad Australiana en el año 2004. Este encuentro tenía como objetivo atender problemáticas relacionadas con fuentes hídricas en las ciudades australianas, buscando un manejo diferente para la gestión y planificación del agua en contextos urbanos.

Teniendo en cuenta lo anterior, Molina y Villegas (2015) mencionan que las Ciudades Sensibles al Agua pretenden que la productividad, resiliencia, sustentabilidad y habitabilidad sean el estado ideal de cualquier ciudad, y que, a su vez, tengan la capacidad de gestionar riesgos frente a inundaciones, como el acceso sostenible al agua. A partir de lo mencionado anteriormente, se evidencia que las fuentes hídricas urbanas juegan un papel importante dentro la planificación de las ciudades, y que, además, el hecho de que sea “sensible” al agua, posiciona el ecosistema como un elemento ordenador para la producción de diferentes espacios.

Considerando que los ríos urbanos se conviertan en ejes de desarrollo, es necesario tener en cuenta que para entender una ciudad como sensible al agua, debe existir una simbiosis entre áreas planificadas para el desarrollo urbano y el ecosistema, pues no es suficiente con establecer un método de recolección de aguas pluviales, sino que debe existir una constante relación entre las personas y el hábitat natural, para que así se genere una apropiación de estos espacios que muchas veces

son vistos como barreras de desarrollo; por ende, Molina y Villegas (2015) mencionan las ventajas de este concepto que va más allá de un beneficio ambiental:

Participar en el ciclo natural del agua y potenciar su funcionamiento beneficia a las ciudades al promover el uso sostenible de recursos hídricos provenientes de diferentes fuentes, salvaguardar la salud de los cuerpos de agua y la biodiversidad que depende de ellos, y al mismo tiempo, crear áreas públicas que recolectan, purifican y utilizan las aguas de lluvia, aportando belleza y tranquilidad al entorno urbano. (Molina y Villegas, 2015, p. 85).

De acuerdo con la cita anterior, se evidencia la necesidad de planificar y diseñar unos espacios específicos en los bordes hídricos que generen beneficios integrales, sin embargo, la Universidad de Monash desarrolló una investigación entre los años 2002 y 2008 en algunas ciudades de Australia, donde nace una teoría que consiste en la transición de las urbes a partir de seis estados o pasos, para ser sensibles al agua (incluyendo el diseño urbano), estas fases son:

- Estado 1: La ciudad que suministra el agua. Concepto bajo el que se desarrollaron las ciudades en el mundo, asegurando un abastecimiento constante para los habitantes.
- Estado 2: La ciudad con alcantarillas. Nace la necesidad de expulsar aguas residuales debido a temas de salud y saneamiento público.
- Estado 3: La ciudad de los drenajes. En Australia, después de la Segunda Guerra Mundial, las urbes construyen drenajes y canalizaciones que mitigan el riesgo por inundación.
- Estado 4: Ciudad de los caminos del agua. Gracias a movimientos ambientalistas, se llega a la reflexión y acción contra el mal manejo dado a las fuentes

hídricas urbanas, que eran vistas como método de transporte para desechos sólidos y líquidos, lo cual afectaba directamente al ecosistema.

- Estado 5: Ciudad del ciclo del agua. Ya se reconocen los límites de abastecimiento de agua, por lo cual, en esta fase ya se toman acciones que buscan la conservación y protección de las fuentes de agua, incluso, ya se da la importancia a los acuíferos y se hace énfasis en la razón por la cual no debería canalizarse los ríos. Además, buscar acciones de sostenibilidad con la ciudad.

- Estado 6: Ciudad Sensible al Agua. Aquí se demuestra la importancia de la generación de simbiosis en espacios urbanos, pues busca equidad y resiliencia, la cual puede ser materializada mediante un diseño urbano adaptable con infraestructura multifuncional.

En relación con las fases determinadas por la investigación realizada por la Universidad de Monash en el año 2008, se demuestra cómo a partir de las experiencias y necesidades a través del tiempo se concluye en la necesidad de un Diseño Urbano Sensible al Agua (Estado 6), por lo cual se puede abordar la teoría del diseño urbano sensible al agua como herramienta de planificación y resiliencia.

2.6 DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN Y RESILIENCIA

En primer lugar, Silva (2019) menciona que existen unos paradigmas tradicionales para la planificación y gestión del agua en las ciudades, los cuales estudian cuatro factores: a) Crecimiento demográfico y migraciones que desbordan la capacidad de las infraestructuras existentes; b) Redes de alcantarillado antiguas que no tienen en cuenta el punto a) (crecimiento demográfico) y que son difíciles de

reemplazar; c) Los sistemas de drenaje de aguas pluviales colapsan cuando aumenta la precipitación por temas relacionados con el cambio climático afectando áreas que no se encuentran preparadas para posibles inundaciones; d) La contaminación, degradación y no apropiación de las fuentes hídricas que destruye el ecosistema y la biodiversidad, que por consiguiente, termina amenazando la vida humana.

Siguiendo esta misma línea de pensamiento, Gluckman (2017) muestra una noción de Diseño Urbano Sensible al Agua, que constituye un enfoque dentro del ciclo urbano del agua. Este enfoque abarca aspectos como el abastecimiento del agua, la gestión de las aguas pluviales, el manejo de las aguas subterráneas, las aguas residuales y la planificación urbana de tal manera que su contribución se orienta hacia la preservación del entorno ambiental. Por ende, para Silva es vital que esta teoría sea multifacética con enfoques integrados para que se dé una gestión y planificación del agua urbana.

No obstante, menciona que es importante tener claro que diferentes contextos (o ciudades) en diferentes regiones del mundo pueden abordar de maneras diferentes la teoría de Diseño Urbano Sensible al Agua, pues es claro que las condiciones no serán las mismas, y los patrones y formas de materializar esta teoría pueden ser distintas; de igual forma, existe un punto en común para el autor, y es que el enfoque que brinda esta teoría es integrar la comprensión del ciclo del agua con el desarrollo de los paisajes urbanos y establecer un equilibrio ecológico. (Silva, 2019).

Por otro lado, Molina y Villegas (2015) mencionan unos “limitantes” para la ejecución del Diseño Urbano Sensible al Agua, que en realidad pueden ser vistos como oportunidades o puntos a tener en cuenta al momento de ejecutar la teoría en cualquier contexto; los limitantes u oportunidades a las que se refieren son: aspecto sociocultural, indicando que las comunidades no tienen buenas prácticas para las fuentes hídricas, por lo

tanto no velan por su conservación y protección; otro aspecto es el institucional, indicando la ausencia de políticas públicas, reglamentación y normativa urbana que vincule conceptos de diseño y desarrollo urbano.

Por otro lado, se encuentra el aspecto educativo indicando la carencia de información y desconocimiento de la conservación de las fuentes hídricas en contextos urbanos. El aspecto financiero, omite las ganancias económicas que puede generar una planificación correcta bajo esta teoría, y, por último, los aspectos técnicos y conceptuales no contienen herramientas que demuestren la importancia de conceptos como la resiliencia frente al riesgo por inundaciones.

2.7 CONCLUSIONES CAPITULO II

Bajo la revisión de las teorías y conceptos, fue posible identificar criterios e intereses similares en términos urbano-ambientales fundamentales para tener en cuenta a la hora de formular planes de ordenamiento y gestión territorial en pro de la construcción de territorios resilientes y sostenibles. Es así como se segmentan algunos pilares para tener en cuenta, centrando la atención en la acción frente a el cambio climático.

PLANIFICACIÓN SOSTENIBLE Y DISEÑO URBANO Y SU INFLUENCIA EN EL CAMBIO CLIMÁTICO.

El cambio climático es un desafío global significativo, ya que tiene el potencial de desestabilizar negativamente la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la salud humana y los ecosistemas en todo el mundo. Por lo tanto, es importante tomar medidas para reducir los impactos, adaptarse a los cambios climáticos existentes y mitigar sus futuros efectos, es así como se plantea como base para todo

proceso territorial la sostenibilidad urbana, en este contexto se refiere a la adopción de prácticas y políticas que buscan intervenir entornos prospectivos y adaptativos sin dañar el medio ambiente.

Es por ello que la planificación territorial sostenible es crucial para abordar el cambio climático debido a su capacidad para influir en la manera en que se desarrollan las áreas urbanas y rurales, así como en la gestión de los recursos naturales, y el diseño urbano, que desempeñan un papel importante debido a su capacidad para influir en aspectos que afectan directa o indirectamente la resiliencia ante eventos climáticos extremos. Aquí hay algunas características claves por las cuales el diseño y la planificación urbana sostenible pueden contrarrestar los efectos del cambio climático en los territorios.

Uso eficiente del suelo: El uso eficiente del suelo puede reducir la transformación de áreas naturales en zonas urbanas y proteger ecosistemas, evita la urbanización descontrolada y la expansión no planificada de las ciudades, lo que en muchos casos da como resultado invasión de rondas, redireccionamiento de cauces, deforestación, degradación del suelo y la pérdida de hábitats naturales etc. Un buen diseño urbano puede promover un uso eficiente de la tierra al fomentar la mezcla de usos (residencial, comercial, industrial, recreativo) racional, preservando siempre las áreas verdes y fuentes hídricas.

Conservación de ecosistemas: La planificación territorial sostenible puede ayudar a identificar y proteger ecosistemas naturales que contribuyen a la regulación climática como lo son los ríos y humedales. Estos espacios también son vitales para la adaptación de las comunidades locales al cambio climático.

El diseño urbano y la conservación de ecosistemas son dos conceptos interrelacionados que buscan lograr un equilibrio, preservando hábitats locales, esto por medio de parques, áreas verdes y espacios abiertos, corredores biológicos para mantener la

conectividad de los ecosistemas y permitir el movimiento de especies, restauración de sitios contaminados entre otros.

Políticas y regulaciones: Implementar políticas y regulaciones que incentiven la adopción de prácticas sostenibles, es decir lineamientos a partir de la construcción de estructuras y entornos que sean respetuosos con el medio ambiente pero además generen un impacto positivo en la comunidad en general, como por ejemplo normas que exijan la inclusión de eficiencia energética, conservación del agua, mejoramiento de la calidad del aire, gestión de residuos, etc.

Participación comunitaria: La planificación y el diseño urbano debe ser inclusivo y contar con la participación de la comunidad. Los residentes locales con el fin de afrontar los desafíos hídricos locales y a través de mesas de trabajo que aporten ideas para afrontar los efectos del cambio climático, pero a su vez políticas que integren no solo dinámicas ambientales, sino también sociales y económicas.

Educación y conciencia: Es importante educar a los ciudadanos sobre la importancia de prácticas sostenibles y un diseño urbano sensible al agua para garantizar un adecuado desarrollo territorial.

Gestión sostenible del Agua: El diseño urbano y la planificación territorial toma en consideración la gestión sostenible del agua y la infraestructura, la protección de los ecosistemas, y la colaboración entre las comunidades, gobiernos y otras partes interesadas para abordar los desafíos del cambio climático, en este caso relacionados con el agua de manera holística. Esto puede incluir la implementación de técnicas de manejo de aguas pluviales, restauración de humedales y ríos, construcción de infraestructuras de retención, espacios permeables para el control de inundaciones y de uso de la tierra que conserven el recurso hídrico.

Diseño del paisaje hídrico urbano sostenible: El diseño urbano sensible al agua es esencial para abordar los desafíos del cambio climático en las ciudades. Implica la integración de soluciones que reduzcan la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y promuevan un uso más sostenible y eficiente del agua en el entorno urbano.

Espacios verdes y áreas permeables: Introducir espacios verdes en las áreas urbanas no solo mejora la calidad del aire y la estética, además, la creación de áreas permeables ayuda a prevenir la acumulación de agua en superficies duras, lo que puede causar inundaciones.

Drenaje y gestión de aguas pluviales: Las ciudades con un diseño convencional a menudo tienen sistemas de drenaje inadecuados para hacer frente a las precipitaciones intensas. El diseño urbano sensible al agua integra alternativas tales como pavimentos permeables, jardines de lluvia, zanjas, cunetas vegetadas que permiten reducir la escorrentía y recargar los acuíferos subterráneos, con el fin de reducir los impactos negativos de las inundaciones.

CAPITULO III: ESTADO DEL ARTE Y MARCO REFERENCIAL

3.1 ESTADO DEL ARTE

Teniendo en cuenta la importancia de las fuentes hídricas en contextos urbanos, el Diseño Urbano Sensible al Agua resulta ser un método esencial para generar una planificación territorial sostenible con proyección al cambio climático, toda vez que cuenta con herramientas y tratamientos propios del diseño, que buscan minimizar la vulnerabilidad de los territorios por inundaciones, así como la integración del paisaje. Por lo tanto, existen experiencias en Argentina que permiten ejemplificar la simulación en ríos urbanos, con

objeto de determinar la gestión del riesgo en un territorio determinado, así como algunas simulaciones de inundación en la cuenca del Río Tunjuelo:

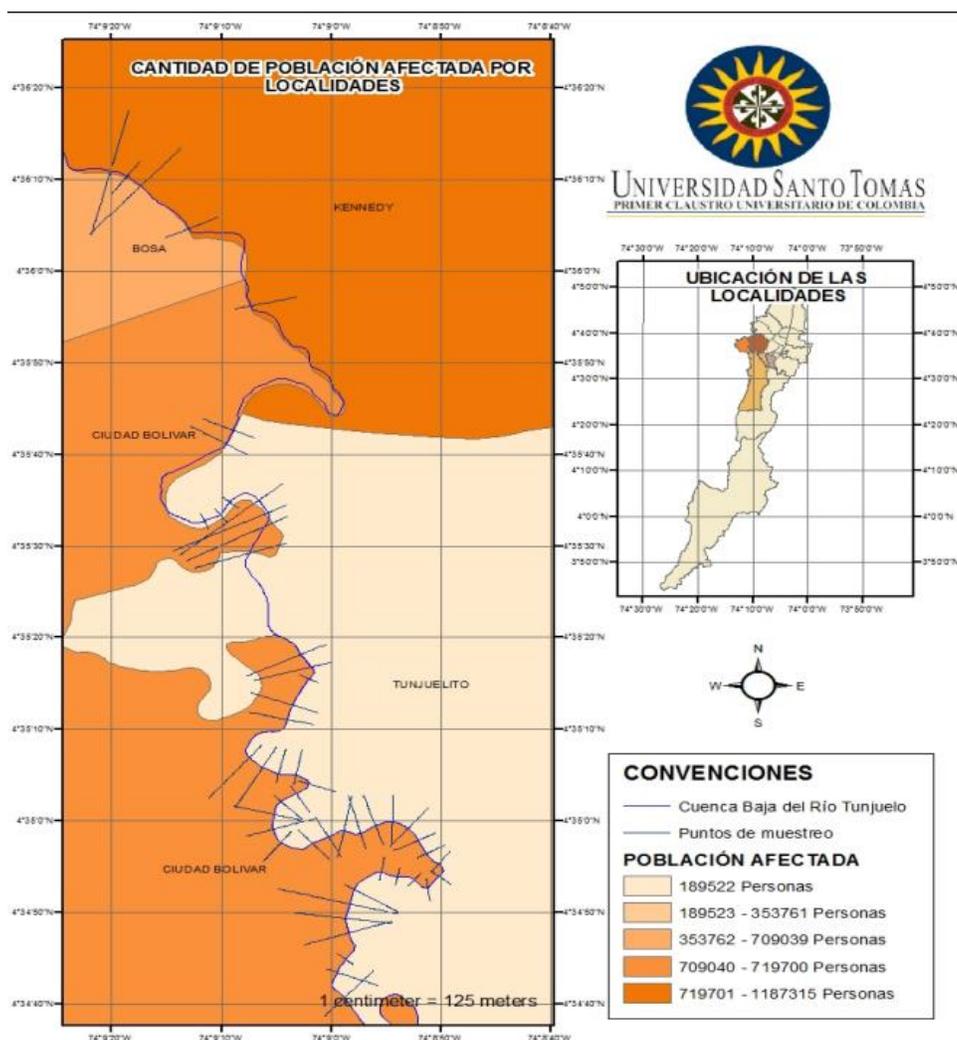
3.1.1 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE SIMULACIONES DINÁMICAS POR INUNDACIÓN EN EL RÍO TUNJUELO-BARRETO JUAN, 2017.

Pronóstico de inundaciones en la cuenca baja del río Tunjuelo por medio del uso de tecnologías geoespaciales (Trabajo investigativo).

Se toma como referencia el proyecto investigativo desarrollado en el año 2017 por Juan Barreto, quien realizó un pronóstico prospectivo de inundaciones en la cuenca baja del río Tunjuelo bajo herramientas tecnológicas geoespaciales y datos de entidades como el IDEAM con intervalo de 10, 20 y 50 años, con el fin de establecer resultados el autor realizó modelaciones hidrológicas en la cuenca del río Tunjuelo con el fin de comprender la vulnerabilidad efecto de las inundaciones de los terrenos aledaños, teniendo como principal punto de partida la distancia de los predios con las fuentes hídricas. Para ello el grupo investigativo hizo uso del software HIDROESTA que agiliza, facilita y modela los cálculos. el software HEC-RAS programa de modelación hidráulica de flujo de aguas de ríos naturales y cálculos hidráulicos unidimensionales y ARCGIS sistema de información geográfica el cual recopila, administra, organiza, analiza y comparte información geográfica según base de datos.

Dentro de los resultados de la investigación se encontró que las localidades que podrían presentar mayor afectación son Bosa, Kennedy, ciudad bolívar y Tunjuelito, y la población que se encontraría en riesgo oscila entre 432309.6 y 631867.4, así se evidencia en el siguiente mapa.

Mapa 1 Cantidad de población afectada por inundación por localidades

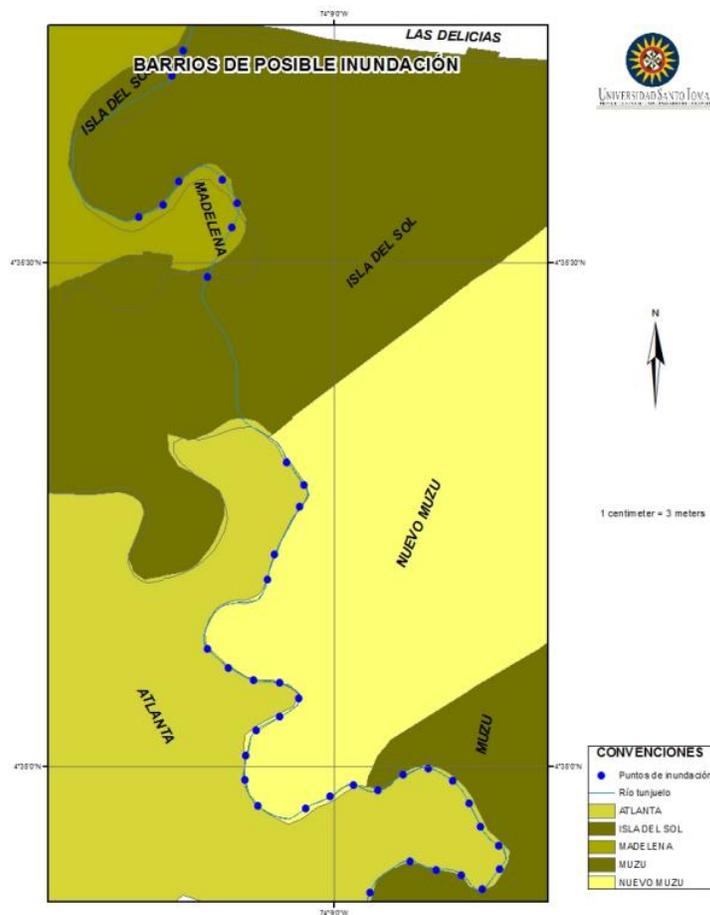


Fuente: J. Barreto, 2017, Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás, Bogotá.

De acuerdo con el autor, la Alcaldía Local indica que las áreas de borde del río Tunjuelito a pesar de que actúen como amortiguadores en las épocas de lluvia, siguen siendo susceptibles a las inundaciones, puesto que la morfología de terreno y las condiciones urbanas no son suficientes para mitigar el riesgo; en pocas palabras la deficiente sinergia entre la planificación y gestión del riesgo funcional y paisajística hacen que el territorio sea incapaz de responder y adaptarse a perturbaciones, especialmente en los

barrios san Bernardino, San Benito, Tunjuelito, Abraham Lincon, Isla del Sol y en menor proporción los barrios Tejar de Notario, Villa Ximena y Nuevo Muzú. Para realizar el análisis prospectivo el autor toma como unidad de análisis el paso del río entre los barrios Isla del sol, Madelena, Atlanta y nuevo Muzú así como lo muestra el siguiente mapa.

Mapa 2 Afectación por inundación en barrios aledaños a la cuenca del Rio Tunjuelo

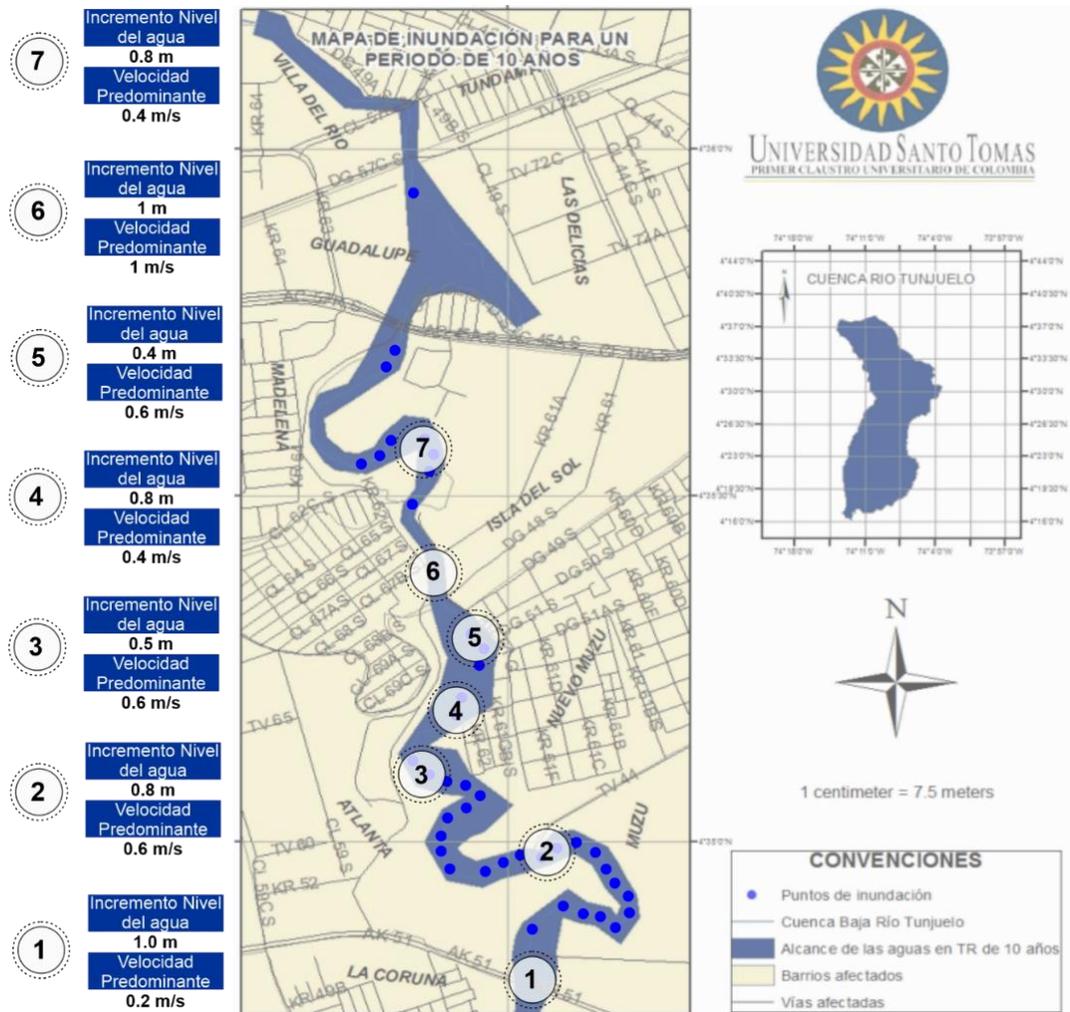


Fuente: J. Barreto, 2017, Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas, Bogotá.

Con base en los datos obtenidos por el grupo investigativo, y como se muestra en los siguientes mapas, las tres estaciones meteorológicas analizadas en el

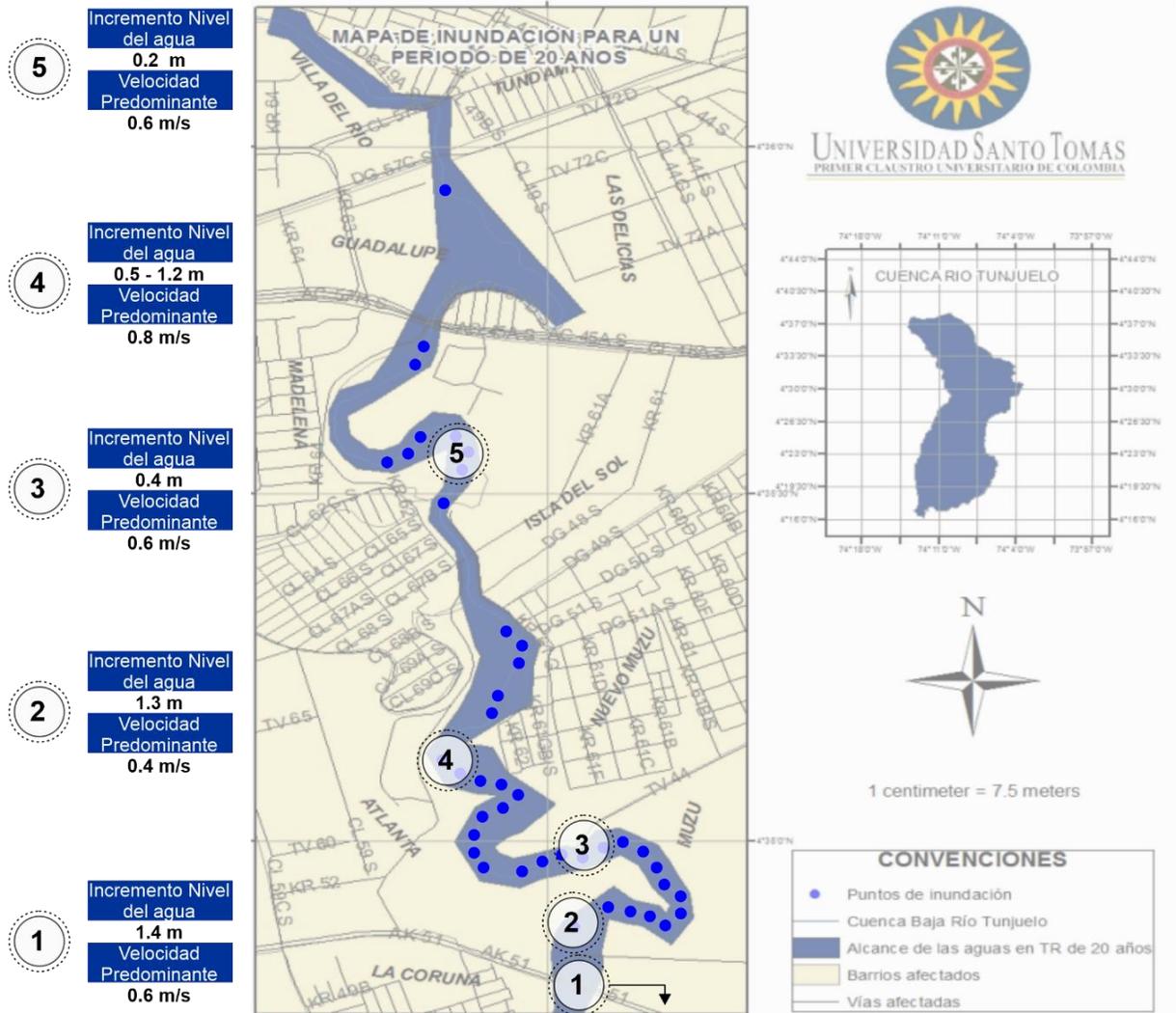
año 2015, para un periodo de 10, 20 y 50 años aumentarían en 30, 50 y 70 m³ /s (pág. 43).

Mapa 3 Inundación para un periodo de 10 años.



Fuente: *Fuente:* J. Barreto, 2017, Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas, Bogotá.

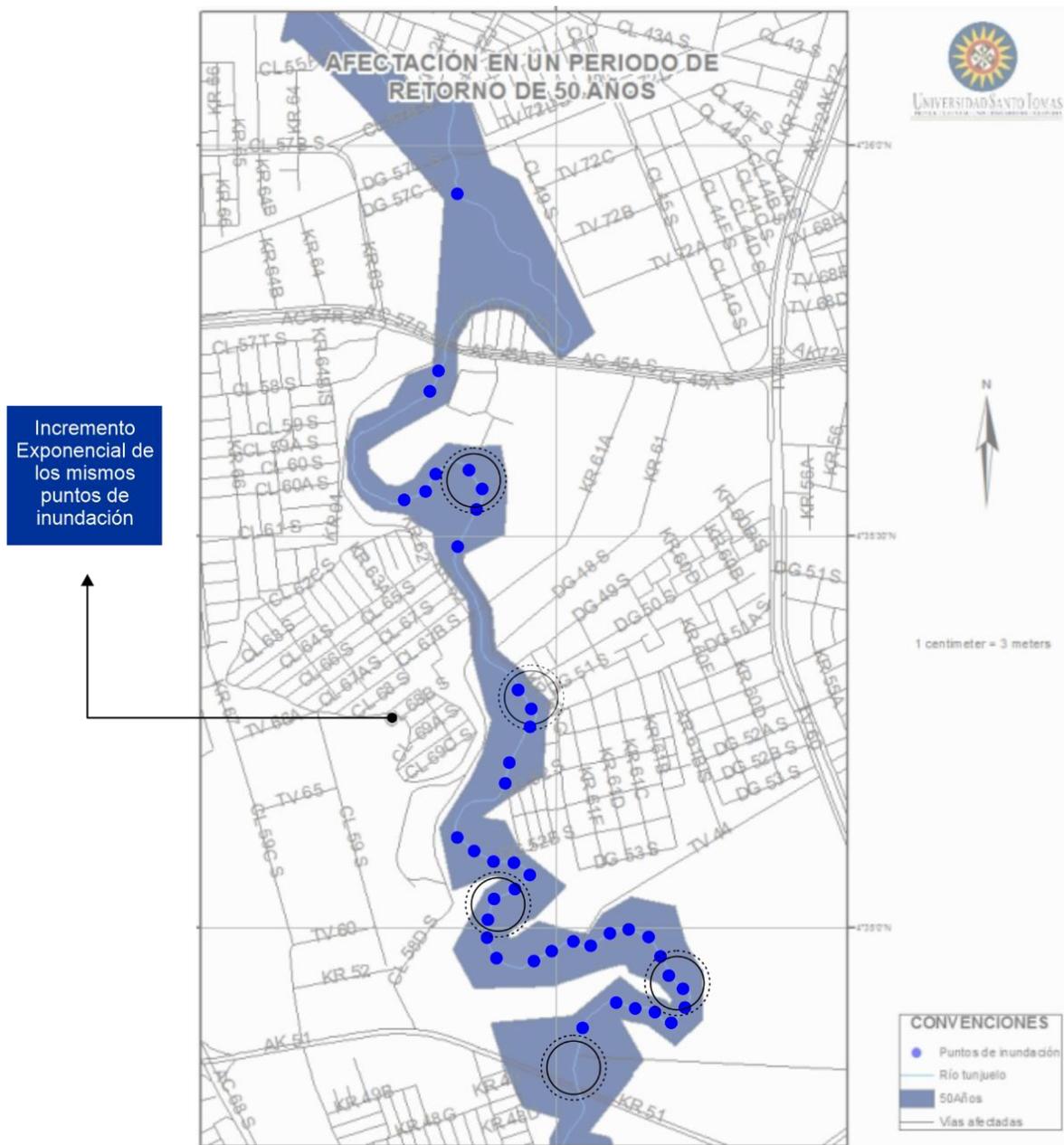
Mapa 4 Inundación para un periodo de 20 años



Fuente: J. Barreto, 2017, Repositorio Institucional Universidad Santo

Tomas, Bogotá.

Mapa 5 Inundación para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: J. Barreto, 2017, Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás, Bogotá.

Gracias a este diagnóstico se hace evidente el crecimiento exponencial de la mancha de inundación y la aproximación con el área residencial al cabo de 50 años, es por ello que se establece la necesidad de replantear los criterios y actuaciones sobre el territorio

teniendo en cuenta la creciente vulnerabilidad a la cual está expuesta la población y el entorno en general, puesto que los 30 metros de distancia normativa no serán suficientes para afrontar dichas perturbaciones. Esto sirve de base para sustentar aquellas alternativas planteadas bajo lineamientos de planificación, pensados en un modelo adaptativo y preventivo, cuyo fin no sea solo el tecnicismo, sino que también involucre alternativas de diseño urbano al borde de las fuentes hídricas que ayuden a mitigar el riesgo e integren a su vez dinámicas sociales, económicas y ecológicas formando así una sinergia y de esta manera salvaguardar vidas y entornos.

Respecto a este referente nacionales que plantea un escenario a 27 años, la presente investigación va más allá, puesto que se proyecta a 77 años lo que permite tener mayor precisión ya que se analiza teniendo en cuenta diferentes morfologías y condiciones urbanas a lo largo de cuenca baja del río Tunjuelo, además, se implementa alternativas desde el diseño urbano funcionales y armoniosas con el entorno mitigando el riesgo a futuras alteraciones climáticas, proyectando escenarios para hacer frente al cambio climático.

3.1.2 SIMULACIÓN DE INUNDACIONES EN RÍOS URBANOS PARA EL DISEÑO INFORMADO EN ETAPAS TEMPRANAS: LUJÁN, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Luján es una cabecera en Buenos Aires, Argentina, que tuvo un desarrollo urbano alrededor de una fuente hídrica a través de los años. Sin embargo, es una zona que requiere de intervenciones de planificación y adecuaciones de borde de

río, toda vez que sufre de constantes inundaciones debido a las lluvias que se presentan afectando a los inmuebles allí implantados.

El Río Luján ubica la ciudad en la cuenca media y suele tener una gran cantidad de meandros durante todo su recorrido; la problemática se presenta cuando muchas de las construcciones fueron desarrolladas alrededor de ellos, ya que cuando cumplen su función, suelen inundar zonas urbanizadas afectando a la población que allí reside.

La metodología consistió en Sistemas de Información Geográfica, así como datos de pluviometría del territorio de manera histórica y contemplando inundaciones que habían ocurrido anteriormente (como la del 2015, considerada lado mayor afectación), tomando como referencia un Modelo de Elevación Digital que estuviera directamente relacionado con diferentes niveles de altura y crecimiento de afluentes, evidenciando las mayores zonas de inundación en distintos momentos del año.

Durante el proceso investigativo y de ejecución de este proyecto, se evidenció en el contexto histórico que en el año de 1995 se realizó un estudio de inundación que mostraba la superficie de inundación la cual sería aproximadamente de 6 km; estos resultados fueron contrastados con los resultados de la simulación realizada, mostrando datos más exactos con relación al área de afectación, y además, permitiendo concluir que la afectación a la población sería tres veces mayor a la indicada en el año en el que se estimaron los 6 km de inundación.

Este ejercicio permitió la producción de diferentes mapas que muestran las áreas inundables y a su vez detecta las falencias existentes en el territorio que debían ser subsanadas de manera urgente. Por lo tanto, esta metodología colabora con la toma de decisiones en etapas tempranas para estrategias de diseño en la planificación territorial, ya que no solo existe suministro visual, si no que permite identificar y caracterizar el sistema

físico-espacial, la vulnerabilidad del espacio, y diferentes variables que permiten tomar decisiones óptimas con intención de evitar futuras inundaciones.

3.2 MARCO REFERENCIAL

Para evidenciar los resultados de la planificación y gestión del territorio urbano con fuentes hídricas a partir del Diseño Urbano Sensible al Agua, se evidencian experiencias en Australia y Chile que permiten las relaciones entre la ciudad y el sistema ambiental:

3.2.1 INTERVENCIONES INGETEC

Empresa de consultoría, asesoría e interventoría que se ha encargado de realizar dichos procesos sobre la cuenca del río Tunjuelo.

Una de las actuaciones más destacadas dentro de la localidad de Tunjuelito fue la construcción del Embalse Cantarrana, con el fin de retener una importante cantidad de agua lluvia y así evitar inundaciones presentes y futuras en la zona. (INGETEC S.A, 2002).

La firma de consultoría INGETEC S.A realizó un estudio frente a los caudales máximos donde se tuvo en cuenta el periodo antes y después de dar inicio a la intervención del embalse Cantarrana, cuyo fin fue el control de las crecientes sobre el río Tunjuelo, para ello se realizó el ajuste y proyección de los caudales máximos para las estaciones de Avenida Boyacá, Puente Bosa y Cantarrana (INGETEC S.A, 2002) bajo datos específicos como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Estaciones sobre el río Tunjuelo

	Estación	Cantarrana (*)	Avenida Boyacá			Puente Bosa		
	Periodo	1958-1980	1989-2006	2007-2016	1991-2016	1991-2006	2007-2016	1991-2016
T r (A ñ o s)	2.33	-	28.7	47.3	33.67	42.7	38.5	41.0
	5	93.8	44.4	55.1	47.58	54.7	47.2	51.3
	10	116.0	57.1	61.1	59.93	66.6	54.4	60.5
	25	143.0	73.3	68.1	76.76	84.5	63.3	73.1
	50	163.0	85.2	73.1	90.11	100.2	70.0	83.3
	100	184.0	97.1	77.8	104.15	118.3	76.6	94.3
	200	204.0	108.9	82.5	118.94	139.2	83.2	106.1

Fuente: Ingetec S.A, 2016. Tabla de caudales máximos río Tunjuelo, Ingetec S.A.

<https://www.ingetec.com.co/Proyectos/tunjuelo/>

La construcción de la obra se ejecutó en paralelo al río y capta las aguas negras que drenan de los barrios colindantes pertenecientes a la localidad de Usme entre los cuales se destacan casco urbano de Usme, El Oasis, La Lira, Brazuelos, Santa Inés, Monteblanco, predios de Cantarrana, Quintas de Granada, La Aurora, La Picota, la Escuela de Artillería y Abraham Lincoln, a continuación, por medio de la siguiente figura se evidencian los diseños de intervención contemplados.

Figura 6 Diseños para para el control de crecientes en la cuenca del río Tunjuelo.



Fuente: Ingetec S.A, 2016. Tabla de caudales máximos río Tunjuelo, Ingetec S.A.

<https://www.ingetec.com.co/Proyectos/tunjuelo/>

3.2.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS DE PLANIFICACIÓN SENSIBLES AL AGUA – AUSTRALIA:

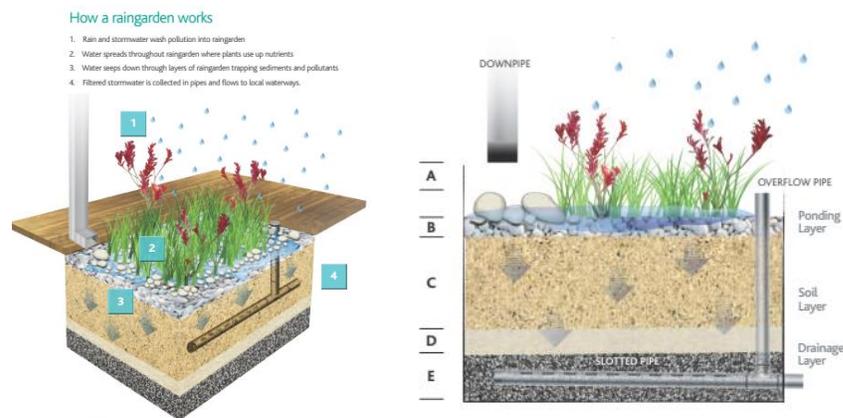
Australia es el país precursor de la planificación urbana sensible al agua, tanto así que ha implementado un enfoque integral y sensible en este proceso de gestión del territorio. Lo anterior, incluye la creación de una red de parques y reservas que actúan como espacios de infiltración y retención de agua, el uso de infraestructuras verdes para el manejo de aguas pluviales, y la promoción de la reutilización de aguas residuales tratadas para riego y usos industriales.

3.2.2.1 MELBOURNE WATER’S 10.000 RAINGARDEN PROGRAM

En el año 2008 en Kingston, Australia, el consejo de esta ciudad optó por el Diseño Urbano Sensible al Agua, mediante la implementación de un programa llamado “Melbourne Water’s 10.000 Raingarden Program”, que tenía como objetivo incentivar a la población de la ciudad para que construyeran jardines de lluvia en sus inmuebles de manera autónoma, bajo el lema de “hazlo tú mismo”, concientizando a las personas sobre la gestión y aprovechamiento de las aguas pluviales.

Para este proceso, el gobierno local implementó un manual de construcción e información, indicando el procedimiento adecuado para construcción y adecuación de los jardines de lluvia como se muestra a continuación en la figura 5:

Figura 7 Instructivo de funcionamiento y construcción de jardines de lluvia caseros



Fuente. Melbourne Water, 2009. (imagen 1 y 2) Jardines de lluvia.

El objeto de este programa consistía en preservar y recuperar los ríos urbanos existentes, así como la mitigación del impacto ambiental que se estaba generando. Dentro de los actores se encuentran: los propietarios y ciudadanos de la ciudad, el gobierno local que promovió la iniciativa y las escuelas. (Badillo, 2017).

3.2.2.2 PROYECTO GREEN SQUARE EN SIDNEY

Green Square es considerado como un proyecto de renovación urbana ubicado en Sídney, el cual tiene como eje el concepto de Diseño Urbano Sensible al Agua. Este proyecto pretende ser una alternativa frente al crecimiento urbano, la carencia del recurso del agua y la proyección del cambio climático frente al fenómeno de inundaciones.

Dentro del proyecto, se contempla revitalización del patrimonio, convirtiéndolo en un complejo empresarial ecosistémico, en el que la población pueda tener interacción constante con las estrategias del concepto, toda vez que está orientado a la generación de espacios públicos resilientes y sostenibles por medio de diferentes estrategias:

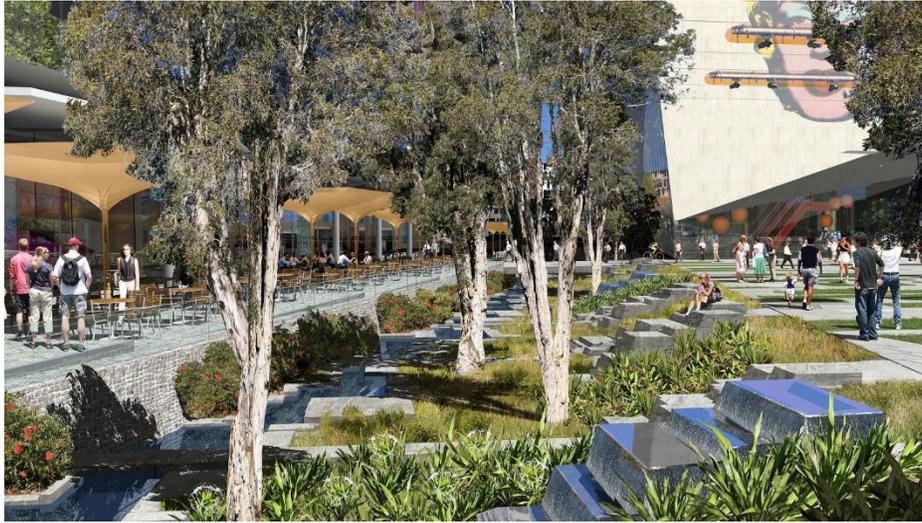
- Conservación de recursos hídricos locales mediante sistemas de recolección de aguas lluvias en los espacios públicos y edificaciones para los parques existentes.

-Cuando existen lluvias intensas, el proyecto pretende crear zonas inundables que no afecten el normal funcionamiento del lugar ni la población que allí conviva.

-Los espacios públicos proyectados deben ser funcionales y sostenibles, por lo que están enfocados en la gestión de las aguas lluvias. Por ende, la directriz desde lo técnico para su diseño y construcción se enfoca en diferentes materiales y métodos que cumplen esta función, como lo son los pavimentos permeables, parques y plazas con vegetación que permita mitigar inundaciones en los espacios públicos proyectados, entre otros.

-Por último, los edificios a construir se implantan de acuerdo con la proyección del cambio climático, pues a partir de proyecciones de precipitación del lugar, se generan cotas de inundación que indican la forma y ubicación en que deben construirse, tal como se evidencia en la siguiente representación.

Figura 8 Integración de estrategias del Diseño Urbano Sensible al Agua



Fuente. Green Square – City of Sydney, 2021. (imagen 3). Estrategias de diseño urbano.

Finalmente, la importancia de este proyecto para la investigación en curso consiste en cómo a partir de un macroproyecto, se puede planificar un territorio teniendo en cuenta distintos factores como lo son: el ecosistémico, el desarrollo urbano con usos mixtos, la utilización y aprovechamiento de parques y zonas de espacio público para la población, teniendo como eje el Diseño Urbano Sensible al Agua, siendo capaz de mitigar riesgos, convirtiéndose en un lugar resiliente, considerando las proyecciones del cambio climático frente a inundaciones. (Green Square - City of Sydney, 2021).

3.2. 3 PARQUE Y BOSQUE DE MITIGACIÓN DICHATO, PREMIO APOORTE URBANO 2018.

Frente a la necesidad contingente de reconstrucción y gestión prospectiva, los Planes Maestros son un instrumento de planificación de rápida ejecución, indicativo, flexible y abierto a otras iniciativas y acciones complementarias. Este plan es multidimensional, puesto que abarca aspectos sociales, económicos y ambientales. En su implementación, se incluyen proyectos detonantes que tienen la capacidad de generar y

mejorar áreas de desarrollo, traspasando responsabilidades tanto al sector público como al privado. En su esencia de diseño, el Plan busca establecer una estrategia de mitigación para reducir impactos negativos, siendo este el caso de los efectos de eventos climáticos de diferentes magnitudes.

Uno de los ejemplos más representativos de dicha gestión y planificación es el Parque de Mitigación Dichato, Ganador 2018 a Mejor Proyecto de Espacios de Uso Público, este fue construido a partir de los eventos naturales del 2010 (tsunami del 27F). El Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU) lideró el desarrollo del Parque y Bosque de Mitigación de Dichato como parte del Plan de Reconstrucción del Borde Costero. El proyecto implicó la expropiación de una franja de aproximadamente 20 metros a lo largo de la costa para la construcción de un parque con un bosque destinado a reducir los efectos destructivos de posibles tsunamis y las vías de evacuación hacia zonas seguras en caso de tsunami.

El diseño incluye elementos permeables dentro de sus plazas, estacionamientos, ciclovía, áreas de juegos, y equipamientos urbanos como también la inclusión de módulos artesanos y comerciales y espacio náutico. Además, se priorizó la accesibilidad universal, iluminación LED en todo el parque y una red de riego adecuada para las especies vegetales que actúan como captosres de lluvia y demás efectos.

Figura 9 Parque de mitigación Dichato, Chile



Fuente. PAU, 2018, Fotografías parque y bosque de mitigación Dichato, Chile, recuperado de: <https://www.premioaporturbano.cl/index.php/proyectos/parque-y-bosque-de-mitigacion-dichato>

Es así como se evidencia que los parques de ronda de mitigación desempeñan un papel crucial en la planificación urbana, puesto que reducen el riesgo a situaciones naturales proyectadas o inesperadas, actuando como barreras que por su diseño y ubicación

estratégica disminuye la velocidad del agua y reduce los efectos destructivos este siendo el caso de entornos con fuentes hídricas, as mismo ayudan a proteger las áreas urbanas a través de zonas verdes y espacios abiertos que proporcionan recreación y bienestar mientras absorben el impacto de eventos naturales. Es decir, Ayudan a fortalecer la resiliencia de las ciudades frente a eventos extremos, proporcionando estrategias planificadas para enfrentar y recuperarse de desastres naturales.

Es por ello por lo que la planificación urbana prospectiva es esencial para crear ciudades que sean adaptables, sostenibles y capaces de enfrentar los desafíos emergentes, garantizando así un desarrollo urbano más equitativo y resiliente.

3.2.4 CONCLUSIONES CAPITULO III

El estado del arte, así como el marco referencial del capítulo, suministran a la investigación distintas herramientas para los objetivos del trabajo relacionadas con la simulación de inundación en contextos urbanos, pues el estado del arte, muestra una investigación nacional que plantea escenarios de inundación a 27 años en un solo sector, lo cual aporta un punto de partida para la proyección de los objetivos de esta investigación que plantea los mismos escenarios en tres transectos diferentes proyectados al año 2100.

Así mismo, la investigación y simulación en Luján nos muestra la importancia de generar cartografía que indican las áreas de mayor riesgo de inundación, con objeto de que en un proceso de planificación del territorio urbano permita establecer decisiones en etapas tempranas de diseño y a que su vez, generen

simbiosis entre los usos y población existente, con el eje ambiental que en este caso es el Río Tunjuelo.

En esta misma línea, el marco referencial nos indica dos contextos internacionales que se pueden contratar con el estado del arte y de acuerdo a las necesidades de cada territorio, puesto que, en Australia dentro del concepto de gestión, se realizó un programa gubernamental en el que se suministró a determinada población afectada previamente por inundaciones, recursos y materiales bajo un programa llamado “hazlo tú mismo” para la construcción de jardines de lluvia que permitiera el paso de las aguas pluviales.

Otro referente importante, es el proyecto Green Square en Sidney puesto que son territorios con similitudes a los que se encuentran en la cuenca baja del Río Tunjuelo, toda vez que los usos de suelo son industriales, residenciales, comerciales y que, a su vez, los atraviesa un río urbano. Este referente nos indica una relación que permita que las industrias funcionen sin afectar el ecosistema, que el comercio permita una relación directa con el espacio y que los habitantes puedan interactuar con el contexto ambiental del eje hídrico y no sea visto como una barrera.

Por último, con relación al referente de Dichato en Chile, es una muestra de la importancia de considerar una franja (convertida en un parque) a modo de planificación prospectiva que sea capaz de ser resilientes en caso de cualquier tipo de inundación en el territorio y que adicionalmente, esta intervención sea eje de gestión del territorio, que permita la construcción y adaptación de nuevas áreas productivas para la población existente.

CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE TRANSECTOS URBANOS DEL RÍO TUNJUELO EN TÉRMINOS DE GESTIÓN DEL RIESGO, RESILIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO

Es necesario conocer el significado de la unidad de análisis y su importancia dentro de los territorios. De acuerdo con el Artículo 1° del Decreto 1729 de 2002 se entiende por cuenca hidrológica una región de agua superficial o subterránea que se extiende hacia un sistema de uno o más canales naturales que pueden fluir de forma continua o irregular antes de fusionarse en un canal más grande, es decir desembocan en un río más grande embalse natural o directamente en el mar.

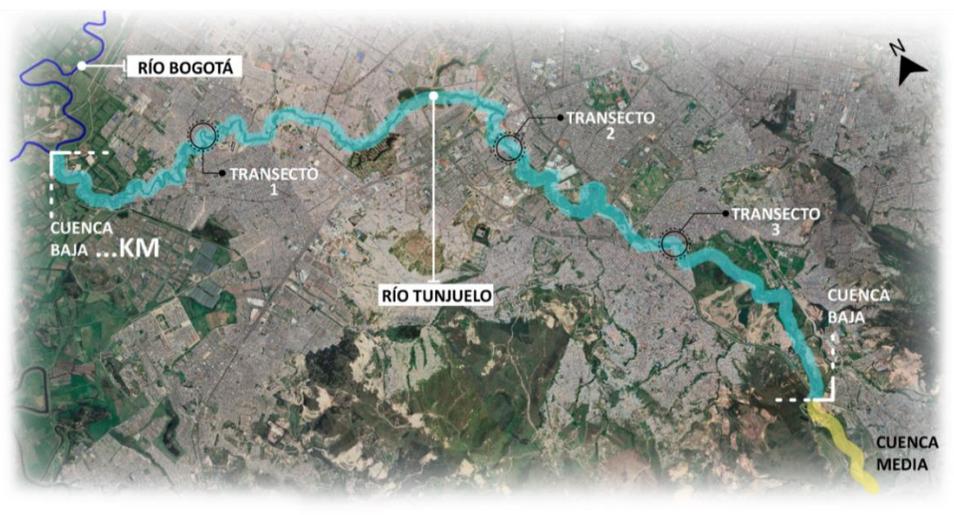
Hay que recalcar que las cuencas hidrográficas son espacios fundamentales para el desarrollo ecosistémico y territorial a nivel global, ya que más allá de ser un drenaje natural y una fuente de biodiversidad, es un elemento ordenador y de conexión ecológica principalmente para las zonas urbanas. La mayoría de las ciudades inicialmente se desarrollaron alrededor de la cuencas y ríos, ya que por medio de ellas se proporcionaba alimento, transporte y en algunos casos recreación, pero dado el crecimiento de las áreas urbanas, se acentuaron problemas sobre el elemento natural, convirtiéndose en espacios receptores de aguas negras y vertedero de residuos producto de actividades industriales perjudicando así, el equilibrio y funcionalidad del entorno tanto natural como urbano, generando trastornos climáticos y poniendo en riesgo el bienestar de las poblaciones (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

A través del manejo adecuado de la cuenca y su borde se procura generar bienestar social, urbanístico, desarrollo económico y de igual manera mitigar el riesgo frente a las amenazas naturales tales como las inundaciones. El manejo hidrológico de cuencas no es más que el resultado de un estudio integral del suelo, el agua, la cubierta vegetal y otros factores que están estrechamente relacionados e interconectados. (Burbano y Viveros, s.f). Según el planteamiento anterior es sumamente importante vincular las cuencas hidrográficas en los procesos de planificación y conservación, puesto que de ello depende mantener el balance de los territorios no solo a nivel ecológico, sino también a nivel espacial, social y económico.

Unidad de análisis

El área de estudio para el proyecto investigativo comprende la cuenca baja del río Tunjuelo ubicado en la parte sur de la ciudad de Bogotá, con cuenca baja se refiere la zona donde el río termina desembocando a ríos mayores posee la menor velocidad de la corriente. J. Bordino (2021). Según la Secretaría de Ambiente este río nace a partir de la confluencia de los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital en las estribaciones del Páramo del Sumapaz, está contemplada como la segunda fuente hídrica urbana más importante del territorio ya que tiene influencia a distintas escalas por su desemboque en el río Bogotá. Se tomarán tres transectos específicos con distintas condiciones morfológicas y urbanas, los cuales comprenden la zona entre las canteras y su desembocadura en el Río Bogotá como se muestra en las figuras posteriores.

Figura 10 Localización general de la cuenca baja de río Tunjuelo



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado de Google Earth.

Recuperado del 01 de agosto del 2023.

Figura 11 Tramo 1 localidad de Tunjuelito, UPZ Tunal, barrio San Benito.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado de Google Earth.

Recuperado del 01 de agosto del 2023

Figura 12 Tramo 2 está ubicado en la localidad de Tunjuelito, UPZ Venecia, barrio Isla del Sol.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado de Google Earth. Recuperado del 01 de agosto del 2023

Figura 13 Tramo 3 está ubicado en la localidad de Bosa, UPZ Bosa, barrio San Bernardino.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado de Google Earth. Recuperado del 01 de agosto del 2023.

A partir del planteamiento de estrategias se pretende formar corredores Biológicos interurbanos que proporcionen conectividad entre paisajes, ecosistemas, hábitats y dinámicas y a su vez sean una alternativa de mitigación del riesgo por inundación y efectos del cambio climático, entendiendo la importancia del paisaje hídrico dentro de las ciudades, así lo indica Arias et al. (2016). “Los cuerpos de agua deberían ser considerados hábitats preferenciales para la recreación de la sociedad, protección de la naturaleza y la biodiversidad, control climático y, sobre todo, seguridad a la población frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones y efectos del cambio climático” *Biocenosis* • Vol. 31 (1-2).

4.2 CONTEXTO HISTÓRICO

A través de las localidades de Sumapaz, Usme, Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Kennedy y Bosa, se encuentra la ronda del Río Tunjuelo la cual es considerada como la segunda fuente hídrica más importante de la capital según la Secretaría Distrital de Ambiente (2021), toda vez que en el año 1930 el cauce del río fue intervenido con el fin de abastecer de agua potable la ciudad de Bogotá; sin embargo, el conflicto interno en Colombia ocasionó en la capital una serie de fenómenos de urbanización no controlada y esto afectó la organización físico espacial del territorio.

Los desplazamientos por la violencia hacia la ciudad de Bogotá generaron nuevos territorios, algunos de ellos planificados por el Instituto de Crédito con características ambientales de zonas verdes en medio de las urbanizaciones y guardando una distancia prudente con la ronda. No obstante, casos como los de los barrios Isla del Sol o San Benito, fueron construidos alrededor de la ronda del Río

Tunjuelo, incluso modificando la ronda del río lo que generaría años después desbordamientos sobre barrios residenciales ocasionando grandes afectaciones a la población: “En el año 2002 Tunjuelito sufrió la más grande inundación de su historia debido a la ola invernal.” (Alcaldía Local de Tunjuelito, 2018).

Sin embargo, el fenómeno de inundación ya se había presentado con frecuencia años atrás:

“Un artículo de prensa de junio de 1959 informaba que el río había inundado algunos barrios en las zonas de Tunjuelito y Bosa. Es la primera referencia escrita de inundaciones en el lugar, y señala que las mejores tierras alrededor del río ya habían sido urbanizadas, dejando las zonas más vulnerables a procesos de edificación marginal sobre los humedales que en la década de los cuarenta se secaron.” (Osorio, 2003, p.p. 53, 54).

No obstante, para el año de 1960 la tendencia de urbanizar el espacio favorable cerca de la ronda del Río Tunjuelo era un hecho, pues las dinámicas económicas, sociales, y de oferta de tierra en esa zona satisfacía las necesidades de la población desplazada por el conflicto interno; lo que no se tuvo en cuenta, es que muchas de estas urbanizaciones fueron construidas sobre humedales o riberas del río, lo que generaría en un futuro próximo inundaciones que suelen repetirse en temporadas de lluvias.

Cabe resaltar que no solo la urbanización de viviendas afectó la fuente hídrica, puesto que en varios puntos de la cuenca media y baja se desarrollaron industrias que terminaron de generar conflictos ambientales, aquellas estaban relacionadas con curtiembres y canteras, las cuales generaban todos los desechos hacia la cuenca del Río Tunjuelo.

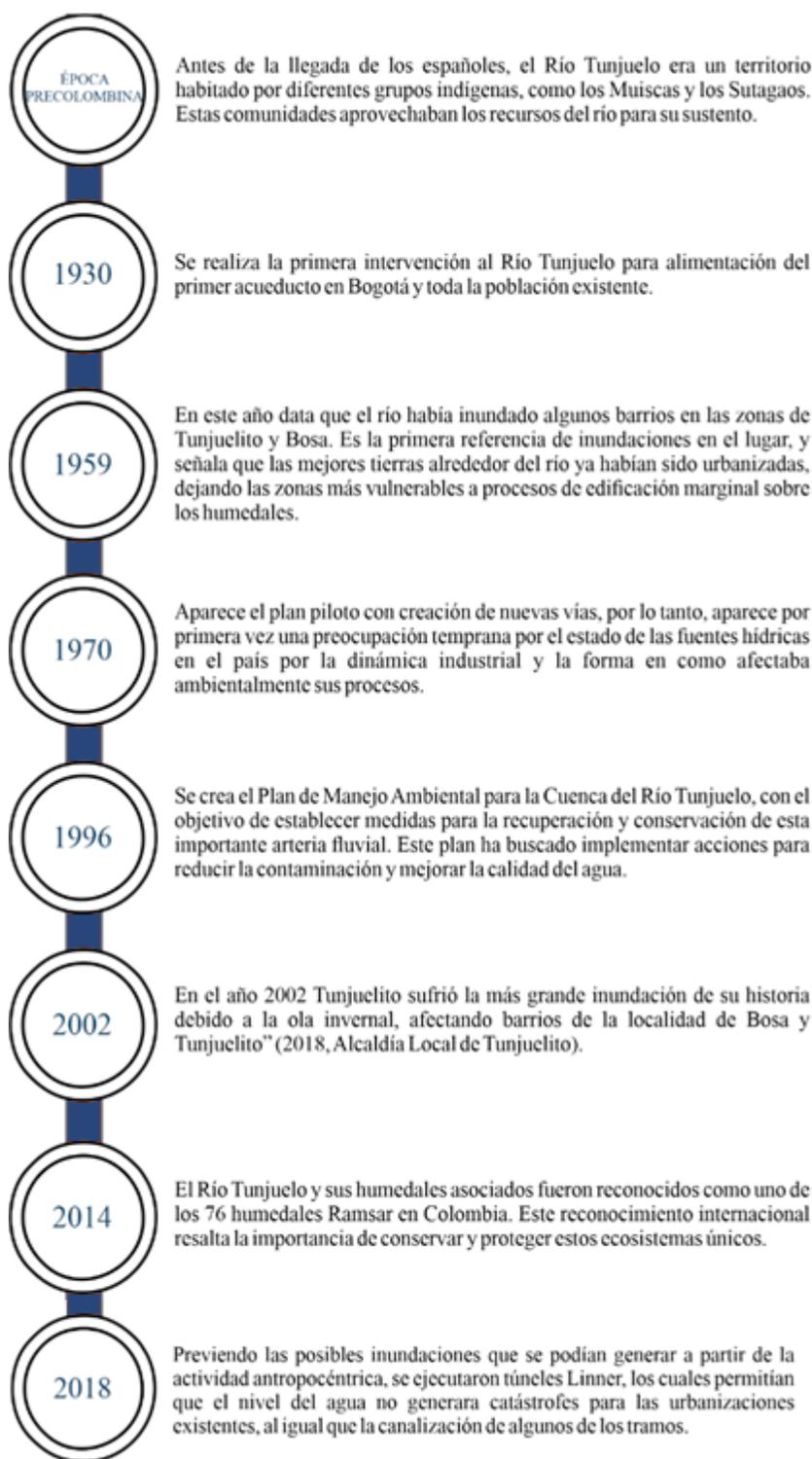
Para el año de 1970, aparece por primera vez una preocupación temprana por el estado de las fuentes hídricas en el país por la dinámica industrial y la forma en como

afectaba ambientalmente sus procesos. En el año 2018, previendo las posibles inundaciones que se podían generar a partir de la actividad antropocéntrica, se ejecutaron túneles Linner, los cuales permitían que el nivel del agua no generara catástrofes para las urbanizaciones existentes, al igual que la canalización de algunos de los tramos.

Sin embargo, se evidencia a través de los hechos antes mencionados, que las soluciones planteadas para evitar estas inundaciones no se encuentran relacionadas con la planificación del territorio, sino que son soluciones desde lo técnico y no se compadecen con las dinámicas existentes, y de esta manera la ciudad le sigue dando la espalda al Río, sin la posibilidad de generar soluciones integrales que permitan que la población pueda valorar este recurso hídrico.

Algunos de los hechos más relevantes para el Río Tunjuelo se establecen en la siguiente figura:

Figura 14 Hechos relevantes para el Río Tunjuelo.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Adoptado de “*El Río Tunjuelo y la historia de Bogotá*”

4.2.1 Inundaciones en los transectos del Barrio San Benito y el Barrio

Isla del Sol

- 27 de mayo de 1984: El barrio San Benito se ve afectado por taponamientos en sumideros y deficiencias en la red de alcantarillado, lo que generó desbordamientos por fuertes lluvias en el sector, afectando a la población que allí residía.

Figura 15 Inundaciones en el Río Tunjuelo.



Fuente. El Tiempo, 1984.

- 22 de octubre de 1984: El barrio San Benito, Isla del Sol y algunos barrios aledaños, sufrieron inundaciones por deficiencia en la red de alcantarillado. Adicionalmente, en el barrio Candelaria la Nueva, se derrumbó un muro durante este acontecimiento, que tenía como objeto contener el desplome de tierras provocado por las aguas lluvias. Esta situación generó mayores inconvenientes en toda la localidad. Las personas tuvieron que ser evacuadas debido a las afectaciones.

- 27 de junio de 1986: Se da un desbordamiento del Río Tunjuelo por las fuertes lluvias presentadas, afectando las vías de acceso al barrio y los inmuebles del entorno inmediato del barrio San Benito y el Barrio Isla del Sol. Adicionalmente, realizaron la destrucción de algunos diques que no permitían el retorno del agua a la fuente hídrica.

La razón por la que se generó el desbordamiento consistía en el crecimiento de 30 metros cúbicos del caudal del río, afectando la ronda donde existían diferentes zonas residenciales. Como solución, conformaron entre la comunidad y el Acueducto “lagunas amortiguadoras”, para los momentos en los que existieran crecientes, sin embargo, eso afectó el caudal natural del río Tunjuelo.

Figura 16 Se temen nuevas inundaciones por río Tunjuelito.

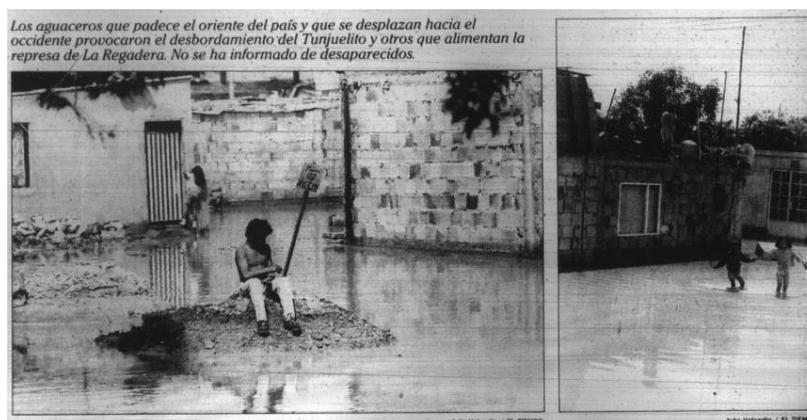




Fuente. El Tiempo, 1986.

- 07 de agosto de 1991: Se dan las inundaciones en el Barrio San Benito debido a las fuertes lluvias, y se manifiesta que el sistema de alcantarillado existente para aguas lluvias y aguas negras no pudo evacuar de acuerdo a su normal funcionamiento, toda vez que se generan taponamientos gracias a desechos, basuras y residuos generados por las curtiembres existentes del barrio. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá genera una desviación del Río para las viviendas que se encuentran en la ronda para el barrio Isla del Sol.

Figura 17 1800 Damnificados por inundación.



Fuente. El Tiempo, 1991.

- 12 de junio de 1993: La represa de la Regadera que surte el agua de la Localidad de Usme solía rebosarse, por lo que resultaba necesario abrir las compuertas del Río Tunjuelo para evitar esta situación; sin embargo, la condición de permitir este fluido con las lluvias intensas, generaban inundaciones en los barrios colindantes.

Figura 18 Invierno fuerte en el páramo, inundaciones seguras.



EL ALCALDE MAYOR, Jaime Castro, visitó ayer el barrio San Benito, sector industrial que sufre las consecuencias de las crecientes.

Fuente. El Tiempo, 1993.

- 06 de mayo de 1994: Se presenta nuevamente la inundación por el rebose del embalse de la Regadera, afectando al barrio San Benito.

Figura 19 La Regadera inundó Tunjuelito.



Fuente. El Tiempo, 1994.

- 09 de junio de 2002: La inundación presentada en esta fecha en el barrio San Benito y el Barrio Isla del Sol, es una de las más fuertes que se han presentado junto con otra generada en el año 1996, puesto que el nivel del agua alcanzó los segundos pisos de las viviendas existentes.

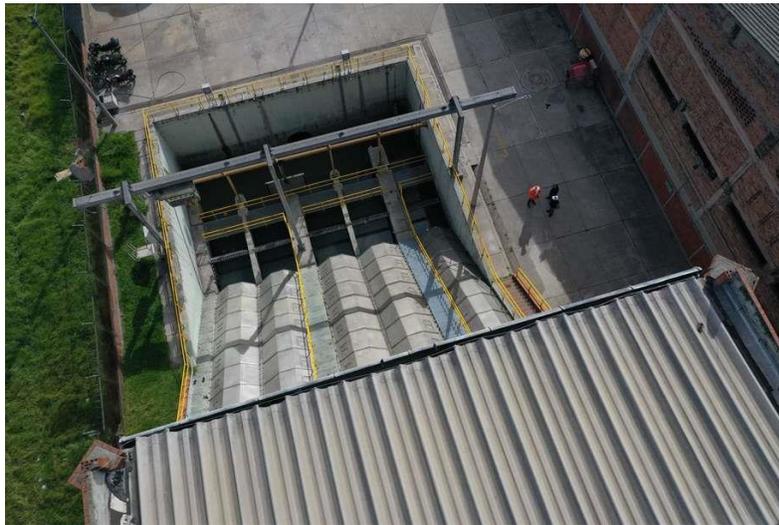
Figura 20 El agua llegó hasta el segundo piso.



Fuente. El Tiempo, 2002.

- 26 de abril de 2008: Desde la Alcaldía de turno en Bogotá “Bogotá Positiva”, en conjunto con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se agilizan las contrataciones para la construcción de muros de construcción y diques en el Río Tunjuelo para evitar desbordamientos, afectando el caudal normal de la fuente hídrica.
- 15 de mayo de 2017: Debido a la cantidad de basura en el sistema de alcantarillado de la localidad de Tunjuelito, se presenta nuevamente inundaciones en el Barrio Isla del Sol afectando las viviendas colindantes, manifestando que la cantidad de aguas lluvias supera la capacidad del alcantarillado. Sin embargo, se evidencia que las basuras interfieren en el sistema.
- 28 de octubre de 2022: La Defensoría Civil Seccional Bogotá notifica y alerta a la población, mencionando que debido a la cantidad de basura botada en la ronda del río Tunjuelo por la población, industrias y habitantes de calle, podrían generarse desbordamientos del cauce, teniendo en cuenta la temporada de lluvia que se daba en ese momento
- 17 de julio de 2023: La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, realiza la entrega de la modernización en infraestructura de la estación de bombeo de aguas residuales, la cual tiene por objeto reducir el riesgo de inundaciones y mejorar el manejo de aguas residuales. Este sistema se construyó hace 20 años, sin embargo, se manejaba de manera manual, por lo que se realizó la automatización de las mismas mediante tecnología que permite el manejo a distancia. Cabe resaltar que este proyecto no contempla un aspecto paisajístico para la fuente hídrica y su contexto urbano.

Figura 21 Tunjuelito: Así es la nueva estación de bombeo de aguas residuales San Benito.



Fuente. El Espectador, 2023.

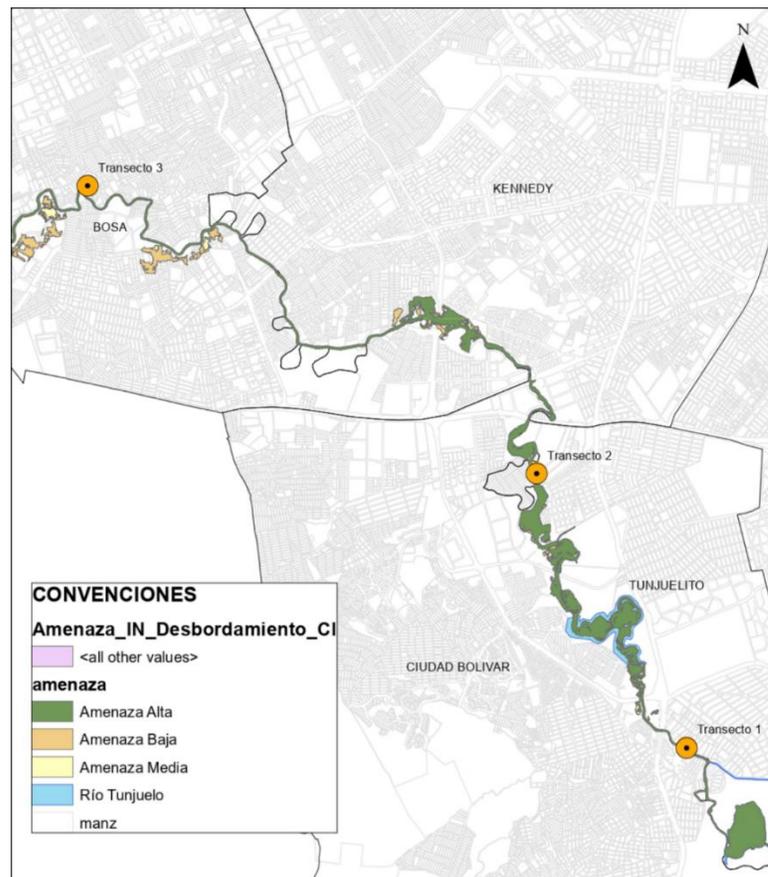
4.2.3 Transecto Barrio Bosa (San Bernandino)

- 14 de mayo de 1921: Se manifiesta por primera vez inundación en la sabana de Bogotá incluyendo este transecto. Se menciona que existían barreras construidas por la población cercana alrededor del Río Tunjuelo, sin embargo, las fuertes lluvias generaron desbordamientos del mismo.
- 27 de noviembre de 1979: Se genera inundación por la fuerza del Río Tunjuelo en uno de los jarillones construidos al generarle abertura, por lo que la población recurre a sellarlo sin generar otra acción preventiva.
- 24 de mayo de 2023: El sistema de alcantarillado del barrio, no cuenta con la capacidad de drenaje para las aguas lluvias, por lo que se presentan inundaciones en el barrio.

4.3 CONTEXTO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CUENCA

Según información geográfica, desde La Infraestructura De Datos Espaciales (IDECA) en la actualidad la cuenca baja del Río Tunjuelo cuenta con zonas de amenaza por inundación y desbordamiento alta, además de una vulnerabilidad ambiental media no solo por condiciones meteorológicas sino también, geomorfológicas, sociales, económicas y ambientales que potencian y extreman los eventos naturales, tal como se muestra en los siguientes mapas.

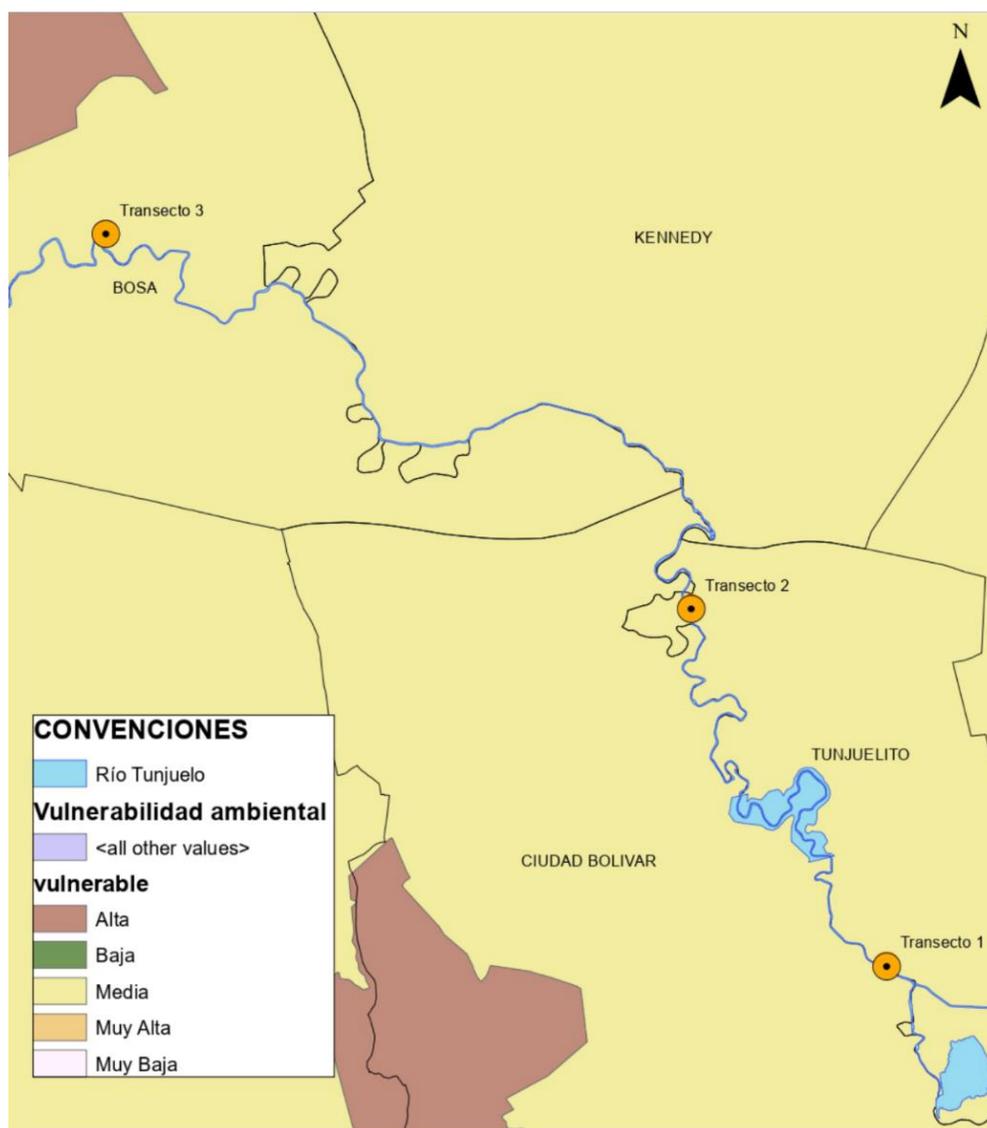
Mapa 6 Mapa de amenaza por inundación-desbordamiento



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Arcgis, base de datos IDECA Geo portal.

amenaza por inundación-desbordamiento, Bogotá.

Mapa 7 Amenaza por Vulnerabilidad ambiental.



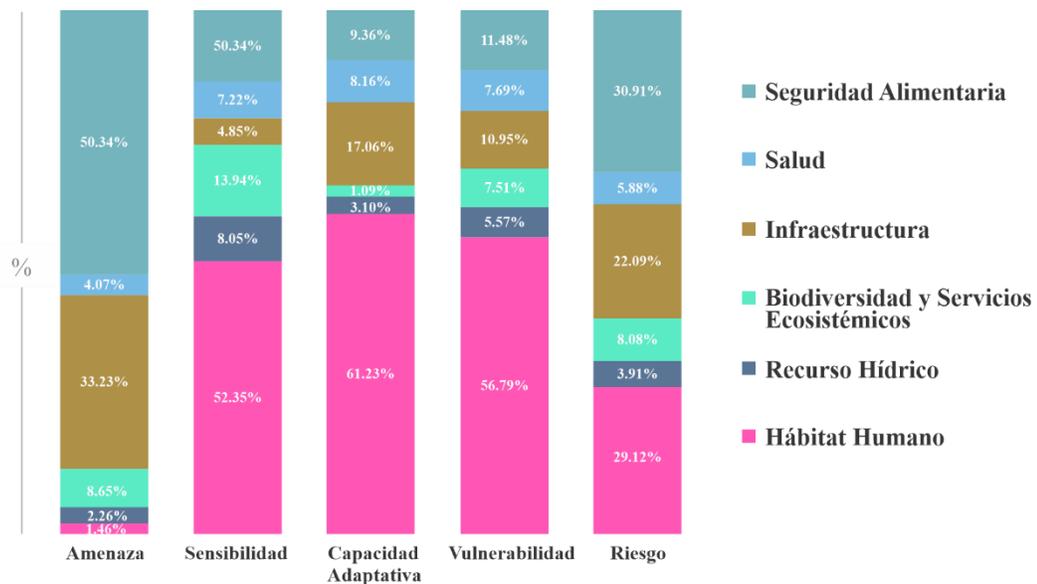
Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Arcgis, base de datos IDECA Geo portal. Amenaza por Vulnerabilidad ambiental, Bogotá.

Esta información gráfica se da a partir de estudios desde el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en los cuales se indica que la ciudad de Bogotá tiene dentro de su climatología dos temporadas, es decir se intercalan dos periodos de lluvias y dos periodos secos al año, siendo este el resultado del cambio climático y calentamiento global, lo cual influye en los comportamientos naturales del territorio, puesto

que al tener una variación de temperatura y lluvias persistente, existe un incremento de eventos extremos hidrometeorológicos alterando así patrones territoriales.

Por ello, el equipo de investigación del IDEAM realizó un análisis frente a la susceptibilidad, indicadores de riesgo y capacidad adaptativa a partir de escenarios de precipitación y temperatura de Bogotá tomando como datos específicos deslizamientos, inundaciones e incendios forestales. Con la ayuda de los resultados, fue posible identificar porcentualmente los efectos del cambio climático desde distintos ámbitos como la seguridad alimentaria, la salud, la infraestructura, la biodiversidad, servicios ecosistémicos, recurso hídrico y hábitat humano (IDEAM, 2017) como se muestra a continuación en la figura 13.

Figura 22 vulnerabilidad y riesgo por cambio climático para Bogotá.



Fuente. Adaptado de Mogollón, IDEAM 2017, Bogotá.

A partir de estos datos se logra identificar que se desarrollan condiciones desfavorables para la ciudad producto del cambio climático y eventos extremos, en las que se ve afectada no solo la infraestructura y hábitat humano en lo que respecta a viviendas, vías,

edificaciones y equipamientos, sino también en términos de salud, debido a las temperaturas variables, proliferación de bacterias por empozamientos entre otras. En términos de seguridad alimentaria, cuando existen estos eventos hay una interrupción en el abastecimiento de alimentos, bien sea por alteración en las cosechas o por colapso (derrumbes) en las vías regionales lo que impide una adecuada recepción.

Por otra parte, la biodiversidad y servicios ecosistémicos resultan alterados porque existe una constante modificación en el comportamiento de la flora, fauna y pisos térmicos que pueden aumentar escenarios de riesgo como lo son los incendios, deslizamientos, encharcamiento, inundaciones, entre otros. Así mismo, limitan aquellos servicios ecosistémicos que aportan a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas.

Uno de los temas de interés es el recurso hídrico, bien sea en torno a su uso o a la disponibilidad de agua para consumo, aun cuando este permanece en constante amenaza no solo por las condiciones meteorológicas, sino también por la deficiente planificación, gestión territorial y la limitada interacción institucional para brindar soluciones acordes que permitan promover entornos resilientes y sostenibles; un ejemplo de ello es la deficiente red del sistema de acueducto y alcantarillado y sus intervenciones urbanísticas en ríos urbanos obsoletas o limitadas que exponen al territorio e incrementan su vulnerabilidad.

Es por ello que en el año 2015 los miembros de las Naciones Unidas establecieron 17 objetivos para garantizar el desarrollo socioeconómico de los territorios bajo parámetros de sostenibilidad ambiental, esta se denominó “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”. De acuerdo con dicho planteamiento, Bogotá Estructura su Plan Distrital de Desarrollo 2020-2024 en el ejercicio de formulación del principal instrumento de planificación territorial en 5 ejes: reverdecer la ciudad, entornos sanos, disponibilidad de agua,

producción y consumo sostenible (ODS 6, 12, 13, 14, 15), garantizar seguridad alimentaria, oportunidades de empleo y educación (ODS 1, 2, 3, 4, 5), crecimiento económico bajo infraestructura inclusiva, resiliente y sostenible (ODS 7, 8, 9, 10, 11), promover sociedades justas y pacíficas (ODS 16), por último, Alianzas a nivel internacional, regional y local que reúnen y comparten información, experiencia y recursos financieros para promover el desarrollo sostenible. (ODS 17).

4.4 CONTEXTO NORMATIVO

La recuperación de fuentes hídricas dentro de las urbes ha sido uno de los temas centrales dentro del ejercicio de la política territorial, aunque aquellos elementos no logren retornar a su estado natural debido a las múltiples transformaciones y alteraciones tanto físicas como biológicas, se pueden tomar decisiones y acciones desde las instituciones que mejoren sus condiciones.

Con base en estos argumentos, en el contexto de esta investigación, el Estado Colombiano, a través de la administración correspondiente, está en la obligación de recuperar los cuerpos de agua, en especial los canalizados o modificados artificialmente. Según la Constitución Política de Colombia, en el artículo 8° y 95°, el Estado está obligado a proteger el patrimonio natural y cultural de la Nación, además, en el artículo 79° indica que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Siendo así, el Estado está obligado bajo el artículo 80 a planificar y establecer un adecuado manejo y uso de los recursos, ya que es responsable de preservar la diversidad y la integridad del medio ambiente, salvaguardar áreas ecológicas particularmente significativas y promover la educación ambiental. La prevención y el control de los factores que dañan el entorno adulto, así como la provisión de sanciones legales apropiadas, son necesarios para

garantizar el desarrollo sostenible, la protección, la recuperación o la restauración de los recursos.

La obligación de recuperación las fuentes hídricas urbanas se encuentra fundamentado también en disposiciones legales en el artículo 2.º del Decreto-Ley 2811 de 1974, pues este hace referencia a la preservación y restauración de los recursos naturales bajo criterios de equidad donde se garantice disponibilidad permanente, y el más firme apoyo posible al artículo 79 de la Constitución a fin de garantizar la salud y el bienestar de todos los ciudadanos presentes y futuros del territorio nacional.

Bajo la misma lectura, la Ley 9 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y en él, principios generales ambientales, en el artículo 7º establece funciones frente la planificación ambiental territorial, donde el Estado se encarga establecer, dirigir y regular el diseño y usos del territorio nacional y así mismo de los recursos naturales renovables con el fin de asegurar su desarrollo sostenible. Para ello bajo los artículos 65º, 66º y 68º las ciudades, municipios y departamentos elaboran planes de ordenamiento según su escala con proyectos de desarrollo entorno al medio ambiente y a la preservación de los recursos naturales con la asesoría y supervisión de la coordinación de las autoridades ambientales, que se encargarán de armonizarlos (ANLA).

Según la normativa, el ordenamiento constituye el marco para uso sostenible de las cuencas hidrográficas y la ejecución de proyectos dirigidos a su conservación, preservación y de esta manera restaurar y prevenir el deterioro de las cuencas urbanas. Así como se contempla en el Decreto 1729 de 2002, artículo 4 el cual indica que se debe hacer una planeación racional y meticulosa para restablecer el equilibrio entre la utilización prudente de los recursos y la preservación de la

estructura natural de la cuenca tanto física como biótica, en particular en lo que respecta a los recursos hídricos.

En la búsqueda de un territorio sostenible que garantice un desarrollo equilibrado es necesario establecer políticas de gestión y ordenamiento territorial bajo respaldo constitucional, prevaleciendo, así como lo indica la teoría misma, el interés general sobre el particular, trabajando a distintas escalas y con distintos entes, públicos, privados y con participación ciudadana. Promoviendo el uso racional del suelo urbano, teniendo en cuenta no solo las condiciones físicas, sino también variables de orden ecológico, urbanístico, social, económico y cultural, tal como lo indican los objetivos de la Ley 388 de 1997. Se establecen parámetros normativos para que se ejerzan aquellas competencias constitucionales de planificación en lo que respecta el uso del suelo y la protección del patrimonio ecológico local.

Dentro de dicho plan, se establecen de igual manera normas nacionales para hacer frente a alteraciones climatológicas, como el aumento en la temperatura, cambios extremos en los patrones de lluvia, etc, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 2 Normas Nacionales IDIGER.

NORMAS NACIONALES			
Gobernanza	Conocimiento del riesgo y efectos de cambio climático	Reducción del riesgo y efectos de cambio climático	Manejo de emergencias y desastres
Ley 152 de 1994: Ley Orgánica del Plan de desarrollo-Ejecución, seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo.			Resolución 7550 de 1994: Prevención de emergencias y desastres en el Sistema Educativo Nacional.
		Decreto 15 de 2001: Licencia Post Desastre	
			Decreto 4550 de 2009 Reconstrucción y adecuación de infraestructura ante declaración de situación de desastre público.
Decreto 4147 de 2011: Creación de Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.			
Ley 1523 de 2012: Adopción de política nacional de gestión del riesgo de desastres.			
Decreto 1974 de 2013 Procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión de Riesgos.			
Decreto 1807 de 2014: Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POT.			
Marco de Sendai 2015: Reducción del riesgo de desastres 2015-2030.			
		Decreto 298 de 2016: Establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático.	
Decreto 308 de 2016: Plan Nacional de Gestión del riesgo de desastres.			
Ley 1844 de 2017: Por el cual se aprueba el “Acuerdo de París” 2015 para reducir emisiones y colaborar mutuamente para adaptarse y reducir los impactos del cambio climático.			
Decreto 2157 de 2017: Planes de Gestión del Riesgo de Desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del art. 42 de la ley 1523 de 2012.			
Ley 1931 de 2018 establece las directrices para la gestión del cambio climático en los instrumentos de planificación y gestión territorial a partir del año 2020.			

■ LEY

■ DECRETO

■ RESOLUCIÓN

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Adaptado por grupo investigativo a partir de Normograma IDIGER, Normas Nacionales, Bogotá.

Normativa ciudad de Bogotá

Existen mecanismos jurídicos para la recuperación de los ríos urbanos en particular para la ciudad de Bogotá, con ellos se busca cubrir la necesidad de preservar los escenarios ambientales y la necesidad del buen manejo de recurso hídrico, para lo cual se debe excluir el uso para efectos de alcantarillado y tener un plan de acción frente a riesgos ambientales y cambio climático, así minimizar el impacto sobre el territorio, de esta manera se aplican acuerdos, decretos y resoluciones exhibidos en la tabla 3.

Tabla 3 Normas Distritales IDIGER

NORMAS DISTRITALES			
Gobernanza	Conocimiento del riesgo y efectos de cambio climático	Reducción del riesgo y efectos de cambio climático	Manejo de emergencias y desastres
		Resolución 1428 de 2002: Se adopta planes tipo emergencia en escenarios Distritales	
	Decreto 657 de 1994: Prohibición de construcción de inmuebles en zonas de alto riesgo.		
	Resolución 227 de 2006: Adopción de terminos para la ejecución de estudios detallados de amenazas y riesgos por fenómeno de remoción de masas para proyectos urbanísticos y de construcción.		
		Decreto 038 de 2007: Desalojo y demolición de inmuebles en alto riesgo.	
		Decreto 462 de 2008: Política de manejo suelo de protección.	Acuerdo 341 de 2008: Simulacro Distrital de prevención de desastres en Bogotá.
		Acuerdo 391 de 2009: Lineamientos para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio Climático.	
Decreto 480 de 2009: Especificación de situaciones que puedan generar riesgo.		Decreto 480 de 2009: Especificación de situaciones que puedan generar riesgo.	
		Decreto 511 de 2010: Adquisición de muebles ubicados en zonas de alto riesgo.	
		Decreto 531 de 2010: Reglamentación de zonas verdes en Bogotá.	
	Acuerdo 546 de 2013: Se transforma el Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático- Creación de fondo Distrital.		
	Decreto 172 de 2014: Se reglamenta el acuerdo 546 de 2013 Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático.		
	Decreto 173 de 2014: Disposiciones en relación con Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático-IDIGER.		
	Decreto 174 de 2014: Reglamenta el funcionamiento del Fondo Distrital para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá.		
		Decreto 566 de 2014: Política pública de Ecorbanismo y construcción Sostenible de Bogotá 2014-2024.	Decreto 377 de 2014: Creación de la comisión Distrital de Incendios Forestales.

NORMAS DISTRITALES			
Gobernanza	Conocimiento del riesgo y efectos de cambio climático	Reducción del riesgo y efectos de cambio climático	Manejo de emergencias y desastres
		Resolución 110 de 2014: Se modifica la resolución 227 de 2006 - Adopción de terminos para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo.	Resolución 091 de 2014: Se establecen lineamientos y procedimientos para entrega de ayudas humanitarias para familias en riesgo o afectadas por cualquier desastre.
		Resolución 109 de 2014: Se adopta e plan de gestión social para el programa de resaneamiento de familias en alto riesgo.	
Resolución 180 de 2014: Adquisición predial y reconocimiento económico por los impactos generados por desastres.			
Decreto 595 de 2015: Se adopta el Sistema de Alertas ambientales de Bogotá-Aire.	Acuerdo 617 de 2015: Se Establece el Programa de investigación en ciencias y cambio Climático en Bogotá.		Decreto 595 de 2015 Se adopta el Sistema de Alertas ambientales de Bogotá-Aire.
Resolución 592 de 2015: Planes escolares de gestión de riesgo y cambio climático- Reconocimiento de problemática y posibles soluciones.		Resolución 601 de 2015: Ayuda Humanitaria de reparación o reconstrucción ante desastre.	Acuerdo 633 de 2015: Participación Comunitaria en el Sistema de Gestión del Riesgo.
			Resolución 603 de 2015: Se adopta la estrategia institucional de respuesta del IDIGER.
Decreto 837 de 2018: Se aprueba el Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático para Bogotá.			
		Resolución 4888 de 2019: Política para la ejecución del programa de resaneamiento.	
	Resolución 111 de 2022: Términos de referencia estudios detallados de amenazas y riesgos por movimiento de masas para proyectos de urbanización y parcelación en Bogotá.	Resolución 710 de 2019: Plan de gestión social en el marco del programa de resaneamiento.	
		Resolución 333 de 2021: Programa de investigación en ciencias y cambio climático.	
Resolución 053 de 2022: Se deroga la resolución IDIGER N° 043 del 2017. Se dictan normas sobre la conformación y organización del comité de conciliación del IDIGER.			

ACUERDO
 DECRETO
 RESOLUCIONES IDIGER
 RESOLUCIONES OTRAS ENTIDADES

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Adaptado por grupo investigativo.

Dando cumplimiento a los objetivos planteados dentro del plan de ordenamiento territorial de Bogotá “Reverdece 2022-2035” se busca generar un impacto estructural en la organización físico espacial de todo el territorio nacional centrando la atención en el

entorno ambiental en general, no obstante, para esta investigación se centrará en la influencia del plan sobre el Río Tunjuelo, así:

En la cuenca del Río Tunjuelo se priorizarán acciones que permitan recuperar las condiciones ambientales del cauce natural del río, con el fin de consolidar estrategias de desarrollo social, económico, ambiental y urbanístico, que incorporen la participación ciudadana y los valores ambientales de las zonas de ronda, ZMPA y cauce. (Secretaría del Hábitat, 2022, p. 4).

Siendo así, se busca conformar una centralidad sujeta a la ronda hídrica del río Tunjuelo, donde el principio orientador es la recuperación, protección y conservación ambiental, mitigación de riesgo de desastres y de los impactos urbanísticos a través de una intervención urbana integral, con ello se hace referencia a generar una carga paisajística y técnica colindante al río, con equipamientos sociales, áreas para la localización de actividad económica y vivienda, integrando a su vez disposiciones nacionales, distritales y locales en los instrumentos bajo parámetros normativos y legales establecidos.

A lo largo del cauce se encuentran distintas condiciones urbano-ambientales que desde los años 50 hacen evidente una presión sobre el escenario natural y por ende muy baja calidad de vida, un deterioro constante a raíz de actividades extractivista, crecimiento urbano no planificado que ha llevado a la construcción de viviendas a la orilla de los ríos, industrialización colindante a la fuente hídrica con procesos altamente contaminantes desentendiendo factores normativos, así lo indica la alcaldía local de Tunjuelito.

Es por ello que el plan “Reverdecer el sur” no desconoce el sector industrial y minero que se asentó en los bordes de los ríos, ya que muchos de los lotes que se pretende utilizar en el POT, pertenecen a estas empresas; así que, se busca llegar a

acuerdos que permitan el aprovechamiento de estas áreas, y es aquí donde podría proyectarse la Planificación del Diseño Urbano Sensible al Agua.

En ese sentido, una de las piezas urbanas con mayor prioridad para el desarrollo urbanístico dentro del proyecto estratégico según el POT 2021 “reverdecer el sur” es la cuenca baja del río Tunjuelo en áreas donde se empleaban actividades industriales, extracción minera y asentamientos ilegales. Para ello se demuestra mediante la siguiente figura la configuración del POT en cuanto al río Tunjuelo.

Figura 23 Plan de Ordenamiento Territorial cuenca río Tunjuelo.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Adaptado por grupo investigativo a partir de POT Bogotá Reverdece, Normas Nacionales, Bogotá.

Dentro del documento en mención se establecen algunos artículos a destacar:

Amenaza por inundación

-Artículo 23. Análisis riguroso de las amenazas y riesgos por inundación, por parte de las entidades inmersas con el fin de dar seguimiento y mantenimiento a las obras sobre el Río Bogotá y el Río Tunjuelo.

Artículo 26. Se obliga a establecer proyectos que abarquen la gestión de riesgo entorno a desarrollos urbanísticos en zonas con vulnerabilidad por inundación. En tanto, el IDIGER en coordinación con la EAAB, adoptan dichos planes de gestión del riesgo para entidades públicas y privadas.

-Artículo 28. Implementación de sistema de protección contra inundaciones. Para asegurar la funcionalidad del proyecto y prevenir procesos de deterioro, las organizaciones encargadas de construir medidas de mitigación de riesgos para el Río Bogotá, el Río Tunjuelo y otros afluentes del Río Bogotá deben realizar observación, vigilancia y mantenimiento preventivo a largo plazo.

-Artículo 113. Se debe dar prioridad a los estudios detallados del riesgo de inundaciones a mediano plazo para el río Tunjuelo.

Desarrollo urbanístico

-Artículo 43. Establecimiento de usos acordes con la Estructura Ecológica Principal.

-Artículo 65. Criterios para delimitar rondas hídricas. De acuerdo con lo establecido por el decreto 2245 de 2017, se plantean desarrollos colindantes a los ríos, siempre y cuando se respete los 30 metros de aislamiento de la faja paralela a la línea máxima del cauce de la fuente hídrica esto establecido en el artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974.

-Artículo 502. Formalización Urbanística, es decir recuperación y restablecimiento del espacio público el cual está dispuesto en Ley 388 de 1997, la Ley 2044 de 2020, el Decreto Nacional 1077 de 2015.

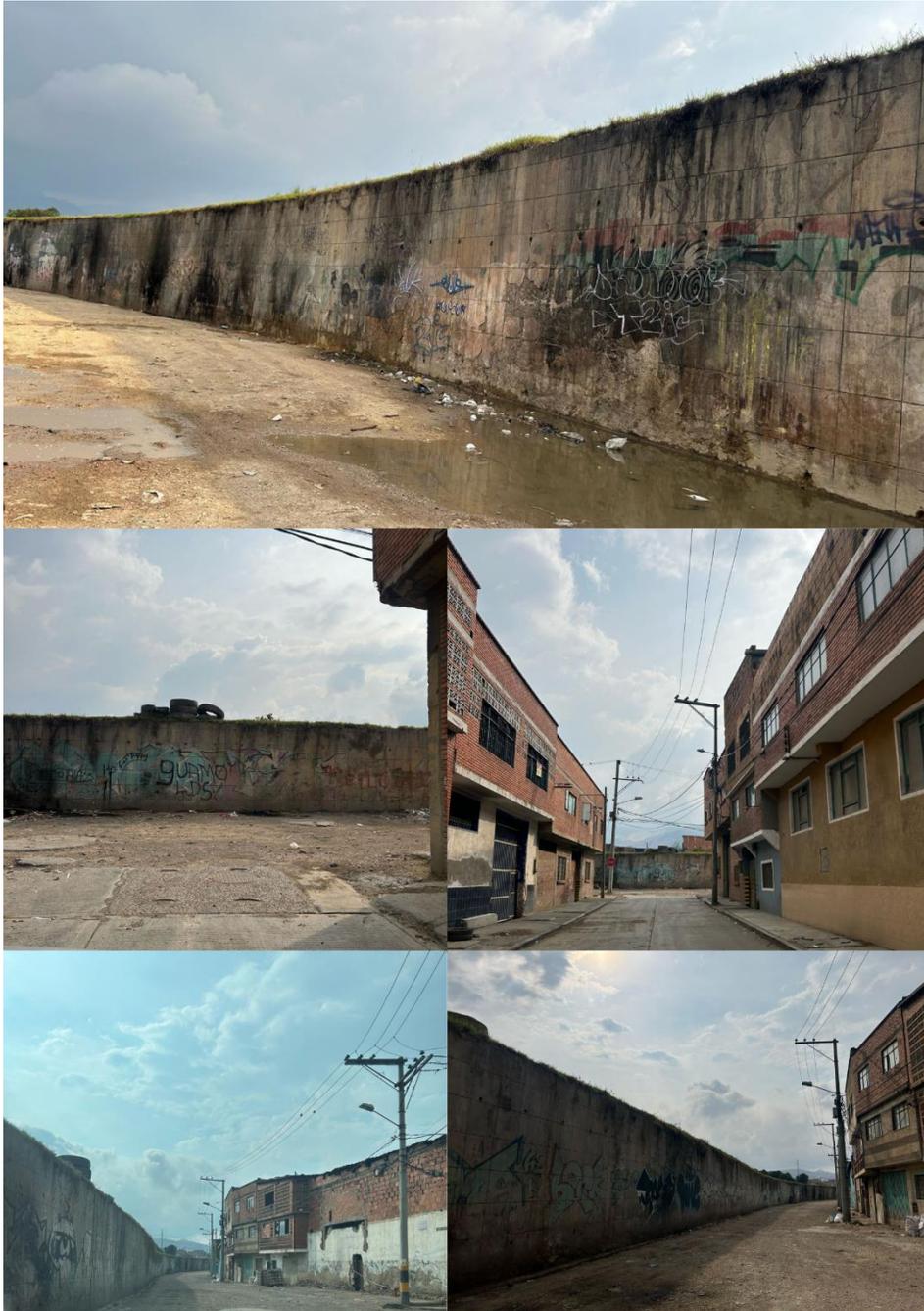
Para la gestión puntual del eje hídrico se establece el “POMCA” un plan integral que busca establecer directrices y estrategias para la conservación, protección, y el uso sostenible de los recursos naturales en la cuenca del río Tunjuelo. Estos planes se desarrollan con la participación de diferentes entidades gubernamentales, comunidades locales, y otros actores interesados, con el objetivo de promover una gestión adecuada de los recursos hídricos, la protección de los ecosistemas, disminuir y/o erradicar la contaminación para la promoción del desarrollo sostenible en la zona.

Es por ello que por medio de la resolución 2473 de 2005 se declara en Ordenación la Cuenca hidrográfica del Río Tunjuelo, además, en la resolución 3181 de 2007 para el río Tunjuelo y el río Fucha se establecen los consejos de cuenca donde se instauran las disposiciones para su correcto funcionamiento, tales como conservación de ecosistemas, protección de fuentes de agua, manejo de la calidad del agua, regulación de usos del suelo, prevención de desastres naturales, monitoreo, seguimiento, entre otros.

4.5 CARACTERIZACIÓN DESDE LO AMBIENTAL, DEL RIESGO Y LA SOSTENIBILIDAD

A partir de la visita de campo a los 3 transectos y al registro fotográfico se logró evidenciar las condiciones y la relación entre el contexto urbano y la cuenca hidrográfica Río Tunjuelo, así como se revela en los siguientes gráficos permitiendo así generar una caracterización desde distintos ejes temáticos.

Figura 24 Fotografías transecto San Benito



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Visita de campo cuenca baja río
Tunjuelo, Bogotá.

Figura 25 Fotografías transecto Isla del Sol



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Visita de campo cuenca baja río Tunjuelo, Bogotá.

Figura 26 Fotografías transecto Bosa



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Visita de campo cuenca baja río Tunjuelo, Bogotá.

Para dicha caracterización de los transectos urbanos en diferentes puntos de la cuenca baja del Río Tunjuelo, se opta por fichas que determinen de manera puntual y clara las diferencias que se presentan para cada uno de ellos, indicando que cada transecto debe ser tratado de acuerdo con la particularidad que le corresponda (por uso del suelo, por elevación o inclinación de la cuenca, así como las estrategias ya implementadas). A continuación, las fichas respectivas según transecto

4.5.1 TRANSECTO I: UPL TUNJUELITO, BARRIO: SAN BENITO

CARACTERIZACIÓN TRANSECTO #1 A INTERVENIR			
LOCALIZACIÓN	INFORMACIÓN GENERAL DEL TRANSECTO		
	BARRIO	DIRECCIÓN	NIVEL DEL RÍO EN RELACIÓN AL TRANSECTO
	Barrio San Benito - Meissen	Calle 59 sur - Carrera 17 - Calle 60a sur - Carrera 18	Nivel del río por encima del nivel de los desarrollos urbanos y edificaciones existentes.
	UPL	LOCALIDAD	CUENCA
PLANO	Unidad de Planeamiento Local Tunjuelito	Localidad de Tunjuelito	Cuenca baja del Río Tunjuelo
	CARACTERÍSTICAS		
	AMENAZA POR INUNDACIÓN	ENTORNO INMEDIATO	TIPO DE INTERVENCIÓN CONTRA EL RIESGO POR INUNDACIÓN
IMAGEN	<p>En el transecto #1, se evidencia que hay construcciones que invaden la ronda hidráulica en el barrio Meissen, lo que genera un mayor riesgo para la población y su entorno inmediato por inundación.</p>	<p>Sector residencial de edificaciones entre 1 y 3 pisos cerca a la ronda hidráulica. Sector industrial informal, fábricas y vías en mal estado como principales actores de contaminación para el cuerpo de agua.</p>	<p>Teniendo en cuenta que en el transecto #1 la cuenca del Río Tunjuelo se encuentra en un nivel más alto que el entorno inmediato residencial e industrial, surgió la necesidad de construir un muro de contención que supera los 2.50M para evitar posibles inundaciones. Sin embargo, esta solución puede resultar contraproducente, toda vez que genera consecuencias negativas relacionadas con la filtración natural de agua, regeneración ecosistémica, inexistencia de interacción entre la población local y el ecosistema.</p>
CORTE TRANSVERSAL	GESTIÓN DEL RIESGO		
	<p>En el transecto #1 la mayor parte de las manzanas colindantes al río Tunjuelo, se encuentran con un índice alto de amenaza por inundación con mayor porcentaje hacia la parte alta en el barrio San Benito, lo que indica que debe existir una estrategia que mitigue este riesgo toda vez que actualmente no presenta alternativas que brinden soluciones a una posible inundación.</p>		
AMENAZA POR INUNDACIÓN	PERCEPCIÓN FÍSICA DEL ESPACIO		
	ZONAS VERDES	ACCESIBILIDAD AL BORDE HÍDRICO	SEGURIDAD CONTRA INUNDACIÓN
	No existen zonas verdes entre el cuerpo hídrico y la urbanización=0%	No existe accesibilidad al borde del cuerpo hídrico teniendo en cuenta el muro de contención=0%	Puede representar una mayor seguridad frente a la inundación gracias a la intervención realizada:40%
RONDA HIDRÁULICA	ELEVACIÓN	LONGITUD TRANSECTO	INCLINACIÓN CUENCA
	MÍN = 2.558 M PROM.= 2.561 M MÁX.= 2.563 M	220 M de longitud del transecto #1	PROMEDIO DE INCLINACIÓN DEL 5%

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Bogotá.

4.5.2 TRANSECTO II: UPL TUNJUELITO, BARRIO: ISLA DEL SOL

CARACTERIZACIÓN TRANSECTO #2 A INTERVENIR			
LOCALIZACIÓN	INFORMACIÓN GENERAL DEL TRANSECTO		
	BARRIO	DIRECCIÓN	NIVEL DEL RÍO EN RELACIÓN AL TRANSECTO
	Barrio Isla del Sol	Calle 67b sur – Carrera 63 – Calle 64 sur – Carrera 60	Nivel del río al mismo nivel de los desarrollos urbanos y edificaciones existentes.
	UPL	LOCALIDAD	CUENCA
PLANO	Unidad de Planeamiento Zonal Venecia	Localidad de Tunjuelito	Cuenca baja del Río Tunjuelo
	CARACTERÍSTICAS		
	AMENAZA POR INUNDACIÓN	ENTORNO INMEDIATO	TIPO DE INTERVENCIÓN CONTRA EL RIESGO POR INUNDACIÓN
IMAGEN	<p>En el transecto #2, la ronda hidráulica indica que las construcciones residenciales existentes, no guardan una relación adecuada que dialogue con la ronda hidráulica, con el fin de generar espacios habitables y de apreciación con el ecosistema y así mismo, evite inundaciones.</p>	<p>Hacia el costado sur de la ronda hidráulica, existe un sector residencial de edificaciones entre 1 y 3 pisos. Hacia el costado norte de la ronda hidráulica, existe un sector comercial e industrial, como principales actores de contaminación al cuerpo ambiental. Las vías colindantes están en mal estado.</p>	<p>En la imagen del transecto #2 se evidencia un riesgo menor hacia la zona residencial relacionado con la Amenaza por inundación teniendo en cuenta que el nivel del río se encuentra relativamente al mismo nivel, además, se encuentran unos senderos verdes; sin embargo, existe una afectación hacia el ecosistema y su relación con el entorno por basuras y contaminación tanto del sector residencial como el industrial. Los desarrollos dan la espalda al río.</p>
	GESTIÓN DEL RIESGO		
CORTE TRANSVERSAL	<p>En el transecto #2, el principal aspecto a tener en cuenta se encuentra relacionado con los suelos de protección como lo indica la imagen, los cuales deben ser tenidos en cuenta al momento de planificar el paisaje hídrico urbano, para evitar futuros desastres que podrían afectar lo existente, y de esta manera las estrategias a implementar contemplen esta variable.</p>		
AMENAZA POR INUNDACIÓN	PERCEPCIÓN FÍSICA DEL ESPACIO		
	ZONAS VERDES	ACCESIBILIDAD AL BORDE HÍDRICO	SEGURIDAD CONTRA INUNDACIÓN
	Existen senderos peatonales con zonas verdes, sin embargo, no son suficientes=35%	Existe accesibilidad al borde hídrico, pero no contempla una estrategia de desarrollo urbano=40%	Puede representar una mayor seguridad frente a la inundación gracias a la intervención realizada:30%
RONDA HIDRÁULICA	ELEVACIÓN	LONGITUD TRANSECTO	INCLINACIÓN CUENCA
	MÍN.= 2.555 M PROM.= 2.558 M MÁX.= 2.559 M	220 M de longitud del transecto #2	PROMEDIO DE INCLINACIÓN DEL 3,3%

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Bogotá

4.5.3 TRANSECTO III: UPL BOSA, BARRIO: BOSA

CARACTERIZACIÓN TRANSECTO #3 A INTERVENIR			
LOCALIZACIÓN	INFORMACIÓN GENERAL DEL TRANSECTO		
	BARRIO	DIRECCIÓN	NIVEL DEL RÍO EN RELACIÓN AL TRANSECTO
	Barrio Bosa	Calle 59 sur - Carrera 17 - Calle 60 a sur - Carrera 18	Nivel del río por debajo del nivel de los desarrollos urbanos y edificaciones existentes.
	UPL	LOCALIDAD	CUENCA
PLANO	Unidad de Planeamiento Zonal Bosa	Localidad de Bosa	Cuenca baja del Río Tunjuelo
	CARACTERÍSTICAS		
	AMENAZA POR INUNDACIÓN	ENTORNO INMEDIATO	TIPO DE INTERVENCIÓN CONTRA EL RIESGO POR INUNDACIÓN
	En el transecto #3, se evidencia que hay construcciones que invaden la ronda hidráulica en el barrio Meissen, lo que genera un mayor riesgo para la población y su entorno inmediato por inundación.	Sector residencial de edificaciones entre 1 y 3 pisos cerca a la ronda hidráulica. Sector industrial informal, fábricas y vías en mal estado como principales actores de contaminación para el cuerpo de agua.	En la imagen del transecto #3 se evidencia un riesgo menor hacia la zona residencial relacionado con la Amenaza por inundación teniendo en cuenta que el nivel del río se encuentra bajo el nivel urbano, además, se encuentran unos senderos verdes deteriorados; sin embargo, existe una afectación hacia el ecosistema y su relación con el entorno por basuras y contaminación tanto del sector residencial como el industrial. Los desarrollos dan la espalda al río.
IMAGEN			
CORTE TRANSVERSAL			
AMENAZA POR INUNDACIÓN	En el transecto #3 la mayor parte de las manzanas colindantes al río Tunjuelo, se encuentran con un índice alto de amenaza por inundación con mayor porcentaje hacia la parte alta en el barrio Bosa, lo que indica que debe existir una estrategia que mitigue este riesgo toda vez que actualmente no presenta alternativas que brinden soluciones a una posible inundación.		
	PERCEPCIÓN FÍSICA DEL ESPACIO		
	ZONAS VERDES	ACCESIBILIDAD AL BORDE HÍDRICO	SEGURIDAD CONTRA INUNDACIÓN
	Existen zonas verdes deterioradas entre el cuerpo hídrico y la urbanización=0%	No existe accesibilidad al borde del cuerpo hídrico por medio de senderos peatonales=0%	No representa ningún tipo de seguridad frente a inundaciones.
RONDA HIDRÁULICA	ELEVACIÓN	LONGITUD TRANSECTO	INCLINACIÓN CUENCA
	MÍN.= 2.543 M PROM.= 2.545 M MÁX.= 2.546 M	220 M de longitud del transecto #1	PROMEDIO DE INCLINACIÓN DEL 1%

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Bogotá

Tanto el marco geográfico como los hitos históricos de la cuenca, muestran las causas de las transformaciones y afectaciones que ha sufrido especialmente la cuenca baja del Río Tunjuelo; aspectos como la industrialización de la ciudad, los desarrollos urbanos no planificados que generan modificaciones en el cauce del río, y por consiguiente, se convierten en lugares propensos a inundaciones por precipitaciones altas, las estrategias implementadas en el borde del río, (entre otros aspectos) son acciones que han generado un tratamiento poco favorable desde la sostenibilidad para la fuente hídrica urbana.

Así mismo, mediante la contextualización del estado actual de la cuenca, se evidencia que teniendo en cuenta los desbordamientos e inundaciones que han ocurrido por las altas precipitaciones en algunos años, se han tomado acciones desde lo técnico mediante diques, túneles linner, etc. Sin embargo, el impacto de estas actividades no resulta ser las más eficientes para la fuente hídrica, toda vez que alteran la naturalidad del ecosistema y no es favorable con la visión paisajística del territorio; por el contrario, aparta la población del eje hídrico.

Es así como a través del contexto normativo y las nuevas políticas prospectivas enfocadas hacia la construcción de territorios sostenibles influyen en la transformación de la ciudad y conservación de los escenarios naturales.

Por último, las fichas de caracterización muestran tres territorios con diferentes características, pero que están sobre un mismo cauce; para el primer transecto de San Benito, se evidencia el uso del suelo industrial y la contaminación ambiental que genera en el ecosistema, así como el tratamiento mediante un muro de contención entre el desarrollo urbano y la fuente hídrica, lo que genera una población distanciada del Río Tunjuelo.

Para el transecto dos, el barrio Isla del Sol cumple la normativa de la distancia de la zmpa, sin embargo, el corredor que se encuentra en el borde del Río, según análisis no resulta

ser suficiente para llamar a la población, así mismo, no cuenta con estrategias con proyección al cambio climático en caso de un desbordamiento del Río.

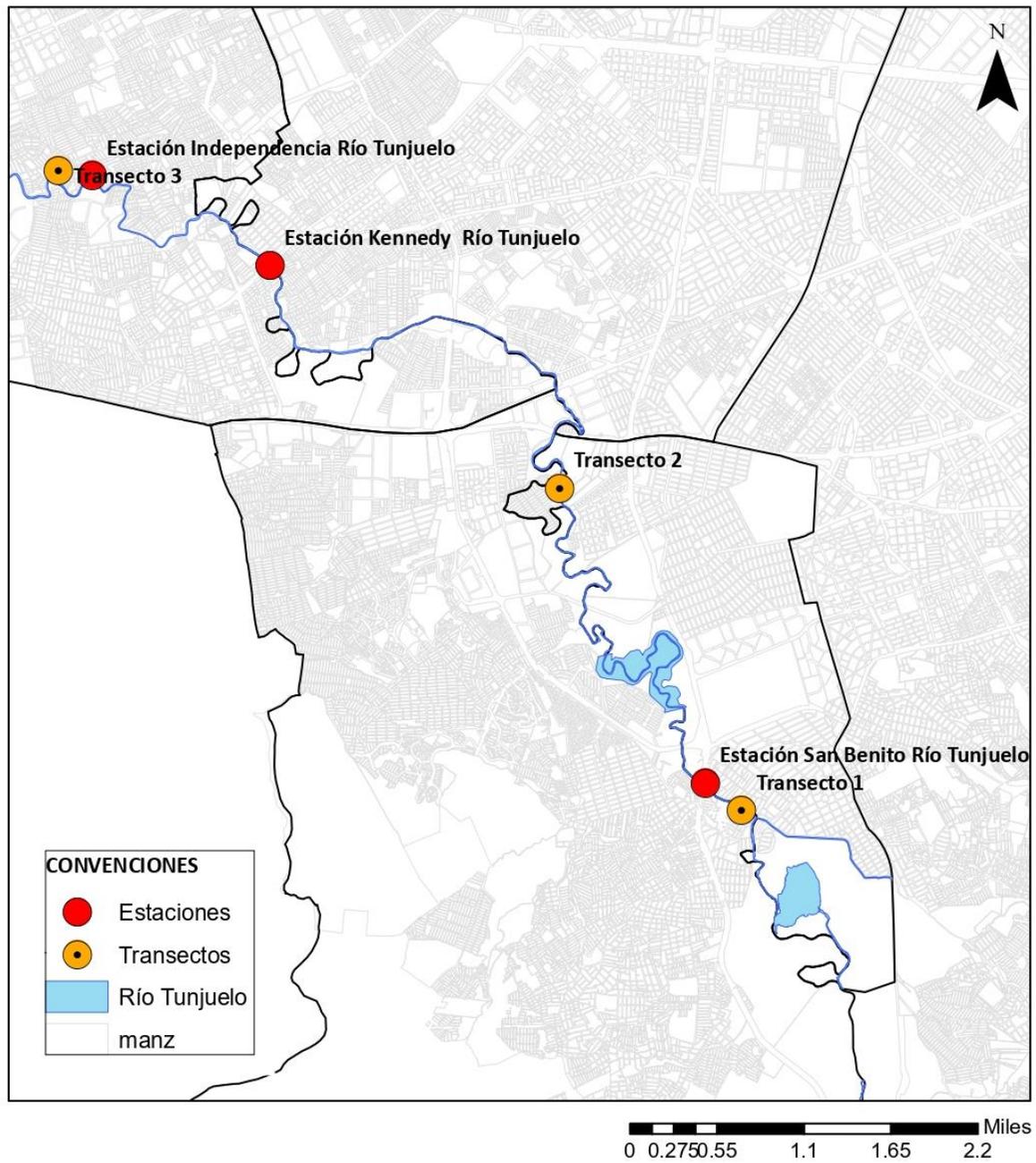
En el último transecto, en el barrio Bosa, se encuentra un desarrollo urbano no planificado cada vez mayor en la zona de ZMPA, por lo que se encuentra en constante riesgo y vulnerabilidad frente a un desbordamiento. En este caso, no se ha aplicado ningún tipo de estrategia desde lo técnico o paisajístico, por lo que resulta ser el transecto de mayor riesgo. Por lo tanto, en cualquiera de los tres casos, resulta necesario proyectar estrategias del Diseño Urbano Sensible al Agua con proyección al cambio climático y evitar futuras catástrofes.

CAPÍTULO V: SIMULACIÓN DINÁMICA CON PROYECCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 2011-2100

5.1 METODOLOGÍA HERRAMIENTAS GEOESPACIALES

Las simulaciones dinámicas básicas se generan en la cuenca baja del río Tunjuelo en los tres transectos seleccionados por el equipo investigativo, teniendo en cuenta datos de pluviometría (Cantidad de lluvia caída en un rango de tiempo) de las estaciones más cercanas, estas son 1. Estación San Benito, 2. Estación Kennedy, 3. Estación Independencia del Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM) como se localizan en el siguiente mapa.

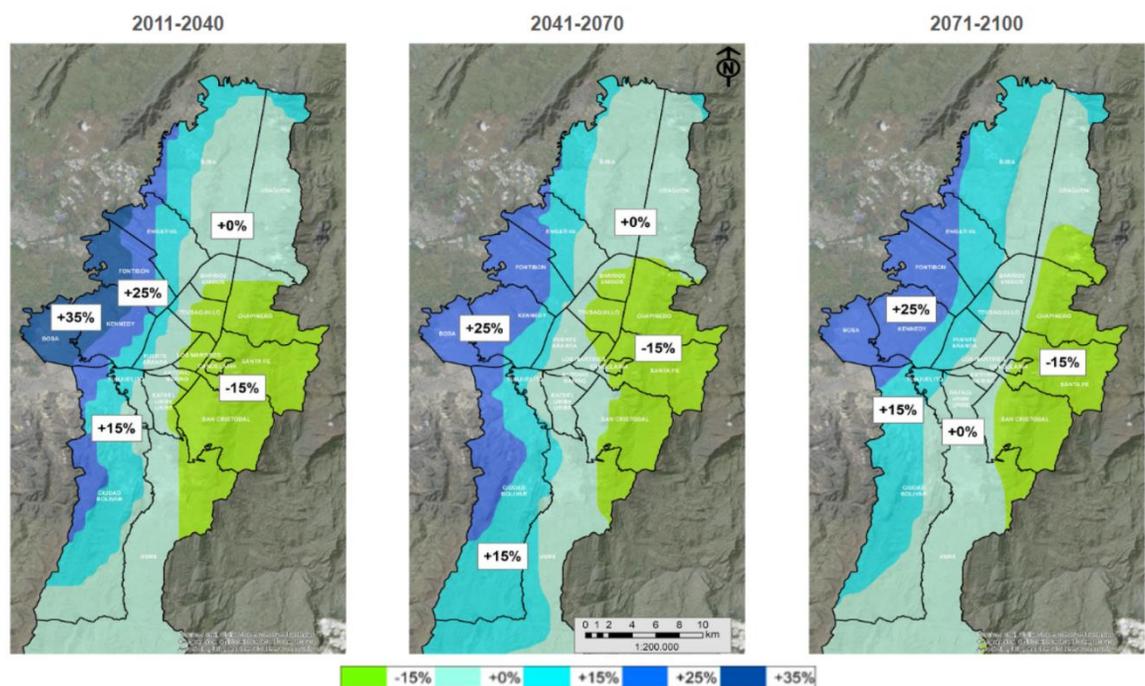
Mapa 8 Estaciones Meteorológicas a analizar cuenca baja del río Tunjuelo



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, Arcgis, base de datos IDECA Geo portal. Amenaza por Vulnerabilidad ambiental, Bogotá.

A partir del análisis de escenarios de cambio en las lluvias en porcentaje del IDEAM se promedia la intensidad de las lluvias por años de las estaciones seleccionadas y así se integran los datos en los softwares ArcGis (Sistema de Información Geográfica) y HecRas (Hydrologic Engineering Center) para generar las simulaciones de inundación, así como se muestra en el siguiente análisis y figura.

Figura 27 Escenario de cambio en las lluvias en porcentaje (%)



Fuente. IDEAM. Escenario de cambio en las lluvias en porcentaje (%),

Consultado el 11 de septiembre de 2023. <https://www.idiger.gov.co/rcc>, Bogotá.

Modelo de elevación

Como primer paso fundamental se realiza modelo de elevación digital el cual es una representación numérica de las altitudes o elevaciones del terreno y la superficie de la Tierra en un área geográfica específica, estas representaciones son fundamentales para moldear los flujos de agua en las cuencas hidrográficas, pues

esto permite determinar la dirección y velocidad del flujo del agua, así como identificar áreas de mayor riesgo de inundación, gracias al formato de almacenamiento de datos vectoriales de Esri ubicados en el geo portal de Infraestructura de Datos Espaciales IDECA, con estos datos se llega al siguiente resultado.

Figura 28 Modelos de elevación Transectos Cuenca baja río Tunjuelo.

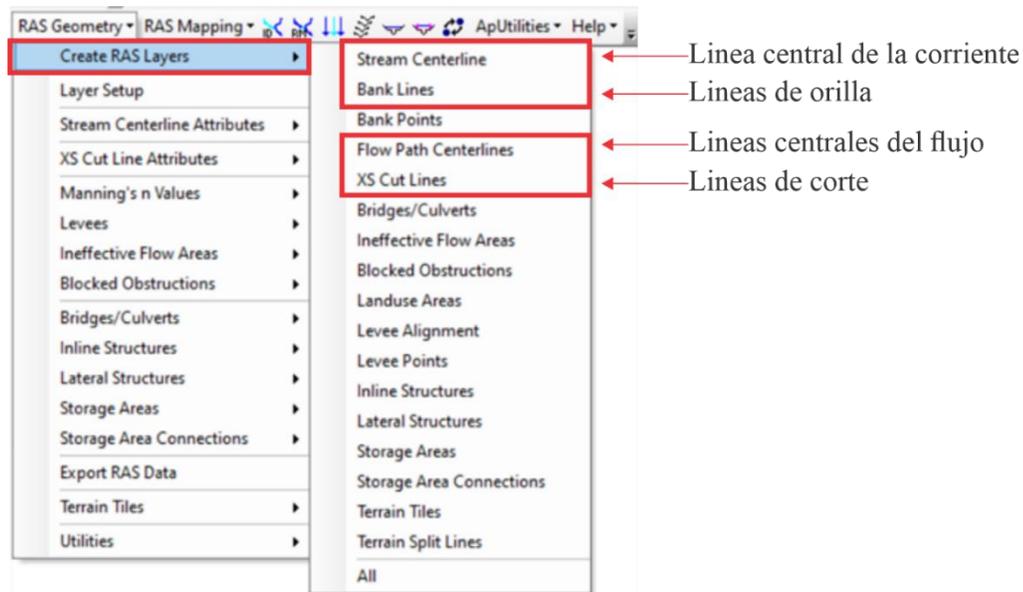


Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis, base de datos IDECA Geo portal. Curvas de nivel, Bogotá.

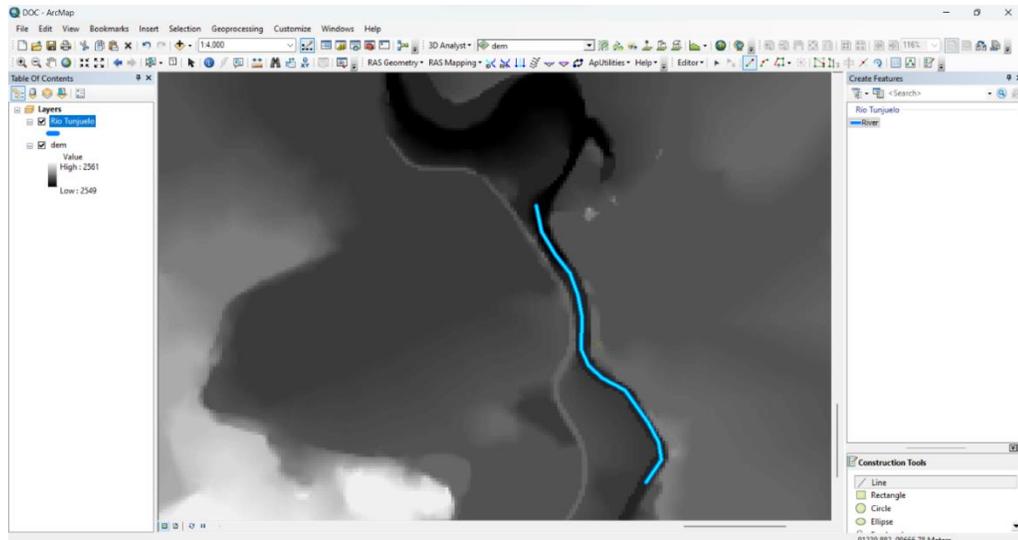
Para dicho resultado fue necesario ingresar los datos vectoriales de curvas de nivel de la ciudad de Bogotá (shape), bajo el sistema de coordenadas “MAGNA_Bogota_DC_2005” dentro del software ArcGis, allí se utilizan algunas herramientas como el recorte del área de la cuenca a la cual se le está ejecutando el análisis, posterior a ello se crea un TIN (capa de datos geográficos digitales basados en vectores que se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices) mediante la caja de herramientas de análisis 3D, ya para generar el modelo de elevación correspondiente se utilizan la herramienta de conversión pasando el TIN a Raster.

Simulación ArcGis-Hec-GeoRas-HecRas

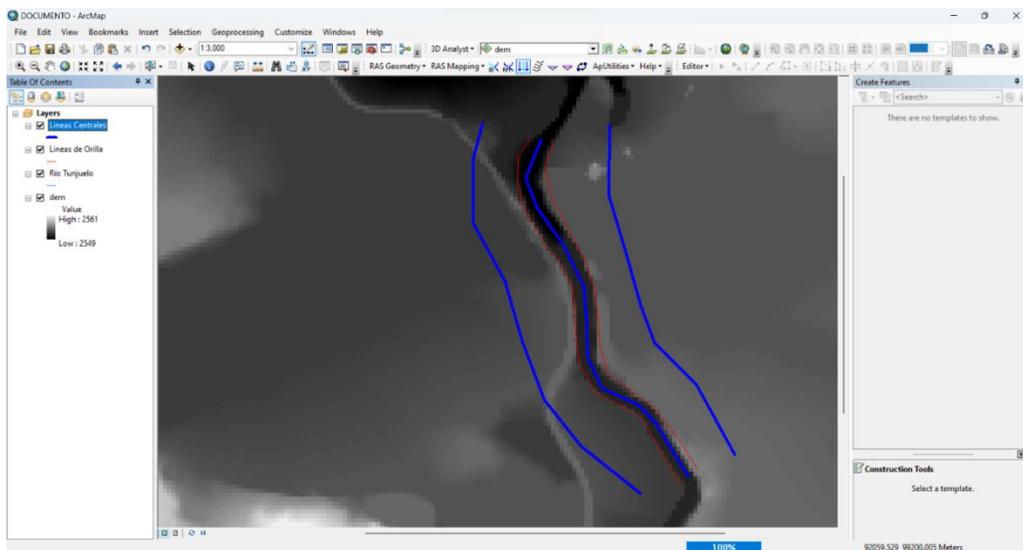
Para generar la simulación se carga el modelo de elevación ejecutado previamente al Software ArcGis junto con el shape de cuencas hídricas o imagen guía para poder localizar el río, luego por medio de la herramienta HEC-GeoRas se crea la geometría básica necesaria para los cálculos posteriores en el Software HECRAS, esto se define a través de las RAS Layers. Estas capas se clasifican como: (a) Línea del Cauce (Stream Centerline); (b) Líneas de Banco (Bank Lines); (c) Línea de Centro Sobre Flujo (Flow Path Centerlines); (d) Líneas de Corte de las Secciones Transversales (XS CutLines). (Cartaya,2016)



1. Línea central de la corriente (Stream Centerline): Define el eje del canal natural, su trazado se realizó desde aguas arriba hasta aguas abajo y se le asignó el nombre del río y al tramo en estudio. Esta línea es utilizada para trazar las secciones transversales (Cartaya,2016).

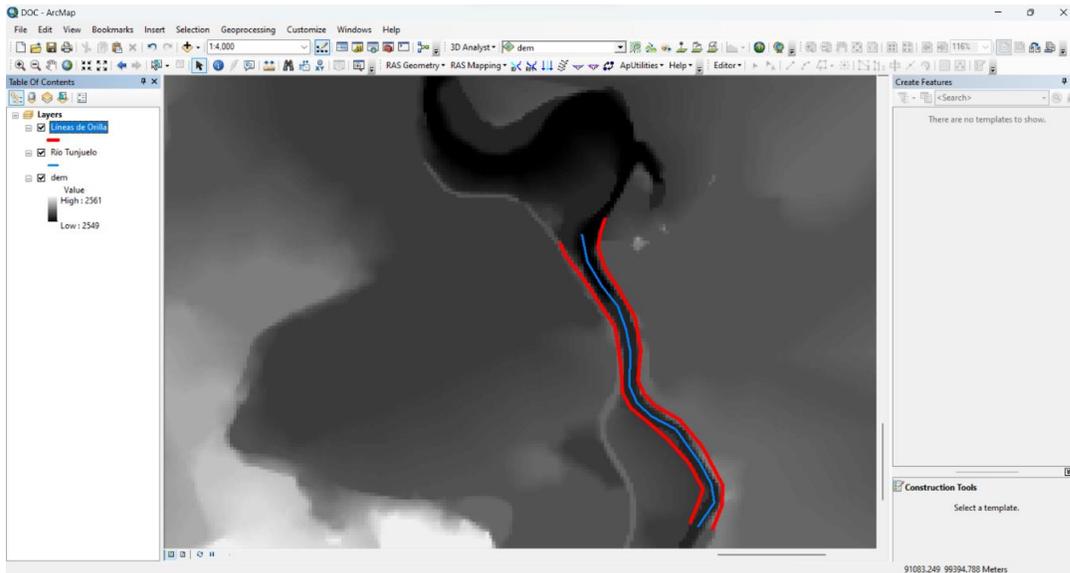


2 Líneas de orilla (Bank Lines): Delimitación del cauce principal del río Tunjuelo.

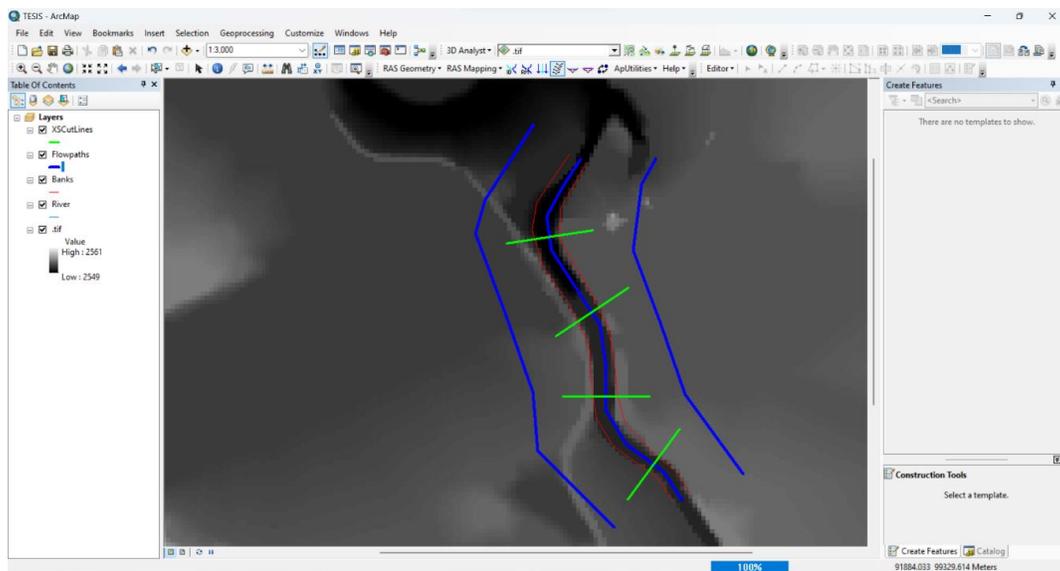
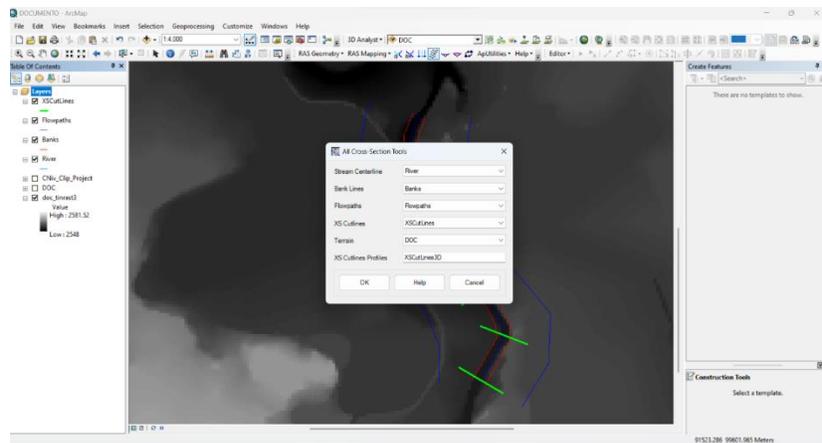


3. líneas centrales de flujo Flow Pat Centerline): Se representa la extensión máxima de los desbordes, son perpendiculares a las secciones de flujo. También esta línea se utilizó para definir el banco izquierdo, cauce principal y banco derecho, esto permite identificar el

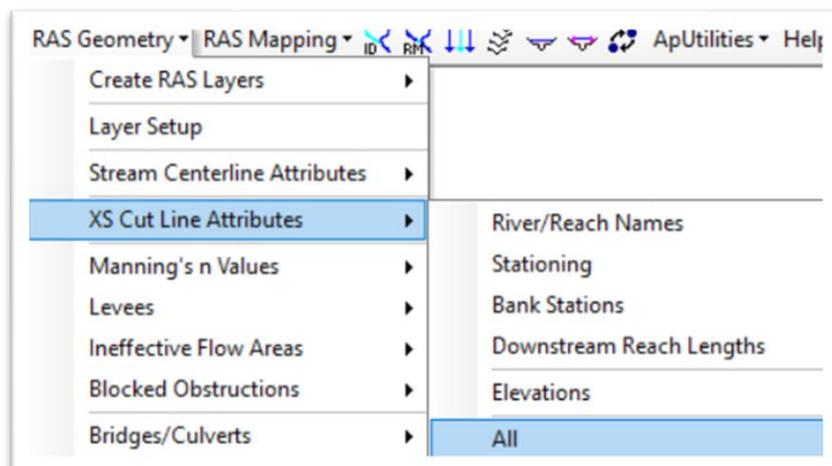
centro de masas del flujo en la llanura de inundación. (Cartaya,2016).



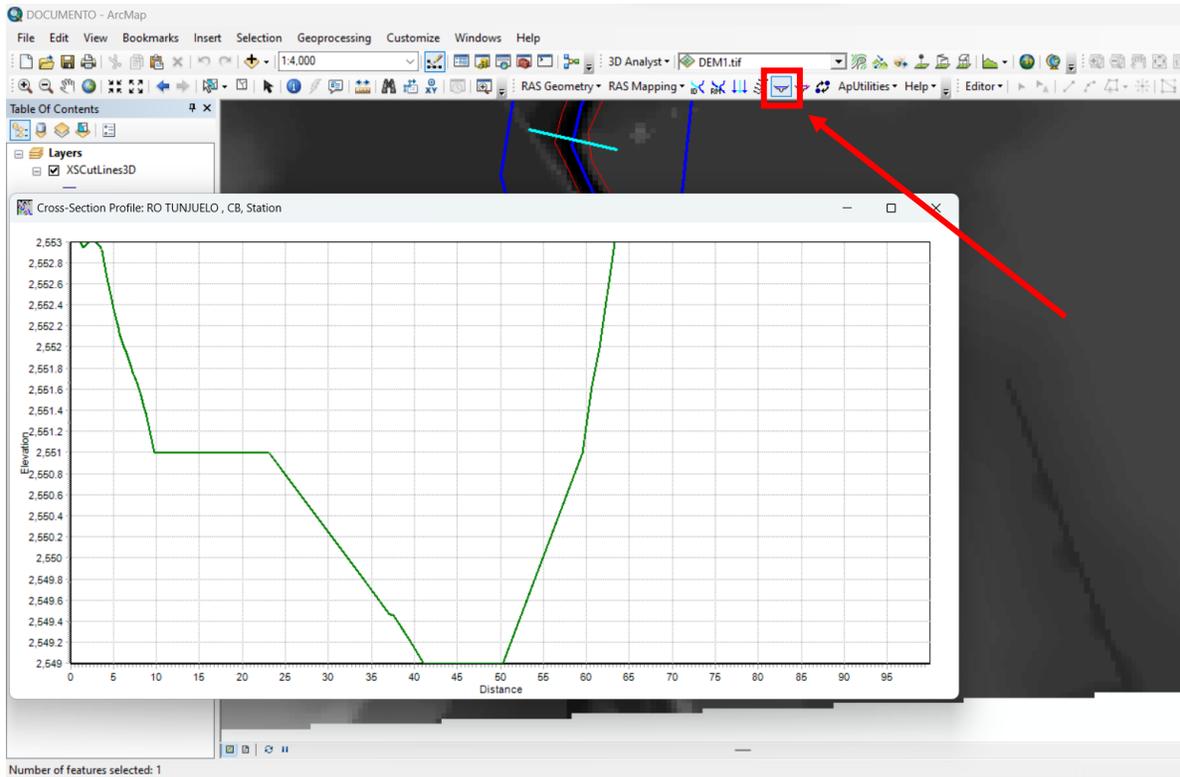
4. Líneas de corte (Xs Cut Lines): Se trazan las líneas de corte perpendiculares a la dirección del flujo. Estas se trazaron desde el banco izquierdo hacia el banco derecho y avanzando hacia aguas abajo, sin interceptarse, cruzando la línea del cauce (Stream Centerline) solo una vez, y por encima de los límites de las líneas del flujo (Flow Paths) Se trazaron secciones transversales, de 100 metros de ancho y separadas equidistantemente de 100 metros. Estas Secciones perpendiculares permiten ver el perfil de la sección transversal de los transectos del río Tunjuelo.



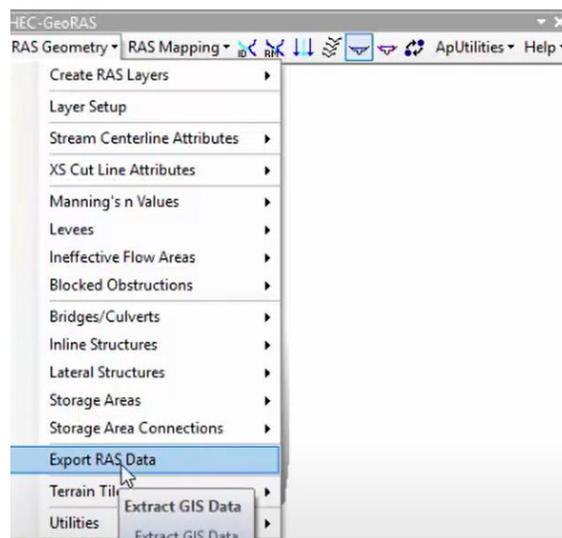
Una vez se tienen las capas realizadas se procede a generar las geometrías 3D del modelo de elevación como se indica en la siguiente ruta.



A través del ícono señalado, se podrán visualizar las secciones del terreno que se ha ejecutado por medio de las líneas de corte (Xs Cut Lines) a partir de modelo de elevación.



Se exporta la data por medio de la extensión de Hec-Geo-Ras para integrarlo al software Hec-Ras.



Al terminar los pasos anteriores, se ingresa al software HecRas, para importar la geometría y así integrar los datos pertinentes para la simulación.

The image displays two screenshots from the HecRas software interface. The top screenshot shows the 'Export RAS Data' dialog box with the 'RAS File' path set to 'C:\Users\ELREYSAUL007\Desktop\inundacion\GIS2RAS'. A message log in the background shows the following entries:

Start Time	Message Type	Message
2:46	Informative	River has been exported
2:46		
2:46		
2:46		
2:46		
2:46		
2:46	Informative	RAS SDF created at: C:\Users\ELREYSAUL007\Desktop\inund...
2:46	Informative	GIS data for RAS exported successfully

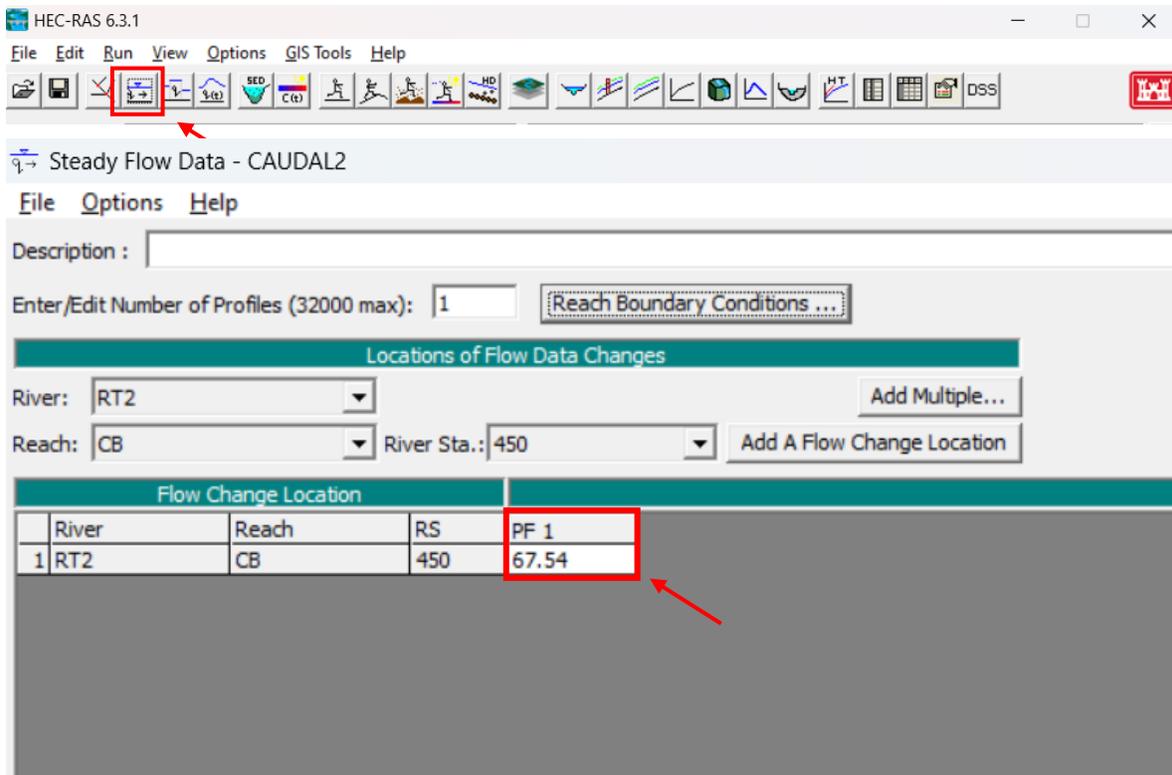
An 'Export GIS Data' dialog box is overlaid on the message log, displaying the message 'GIS data for RAS exported successfully!' and an 'Aceptar' button.

The bottom screenshot shows the 'Cross Section Data - GEOMETRIA' window. The 'River' is set to '012' and the 'Reach' is 'CB'. The 'River Sta.' is '450'. The window displays a table of cross-section coordinates and a graph of the cross-section profile.

Del Row	Inrs Row	Station	Elevation
1	0	0	2552.42
2	4.76	4.76	2552.36
3	9.52	9.52	2552.3
4	14.29	14.29	2552.24
5	19.05	19.05	2552.18
6	23.81	23.81	2552.12
7	28.57	28.57	2552.06
8	33.33	33.33	2552.01
9	38.1	38.1	2551.72
10	42.86	42.86	2551.63
11	47.62	47.62	2551.03
12	52.38	52.38	2551.03

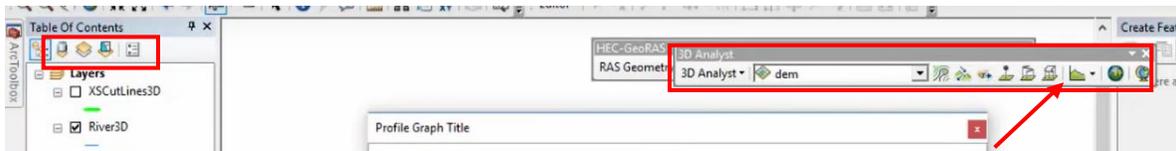
The graph shows the cross-section profile with a blue shaded area representing the water surface. The x-axis is 'Station (m)' ranging from 0 to 100, and the y-axis is 'Elevation (m)' ranging from 2551.0 to 2554.0. The legend includes 'EG PF 1', 'WS PF 1', 'CRF PF 1', 'Ground', and 'Bank Sta'.

recolectada en el boletín digital del IDEAM, posterior a ello se ingresan los valores de las condiciones de contorno a alcanzar producto de cálculo de la pendiente principal Máxima.

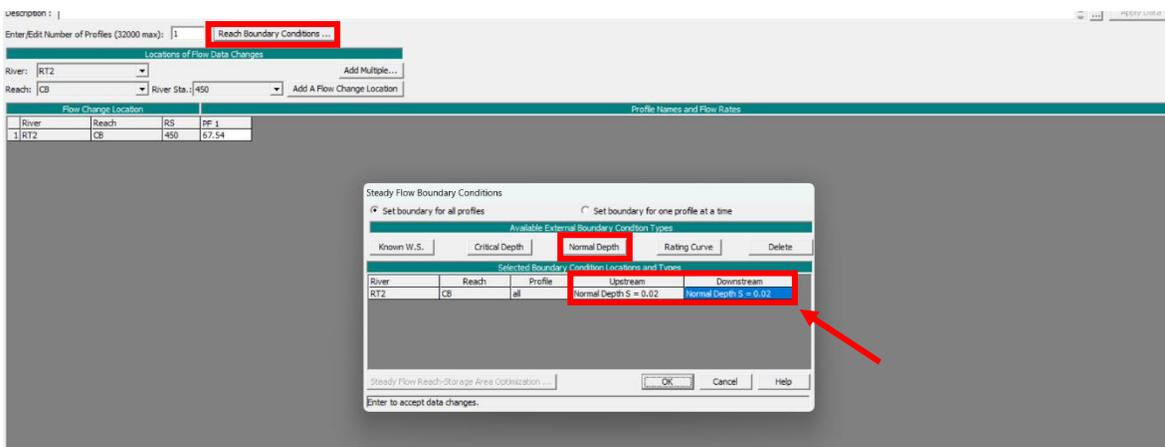


Paso siguiente se integra el cálculo de la pendiente principal el cual se consulta por medio de la gráfica en el archivo previamente ejecutado en ArcGis seleccionando la geometría en 3D del río y luego dando clic en el icono de la barra de herramientas 3D Analyst “Profile Graph”. Por medio de la siguiente formula:

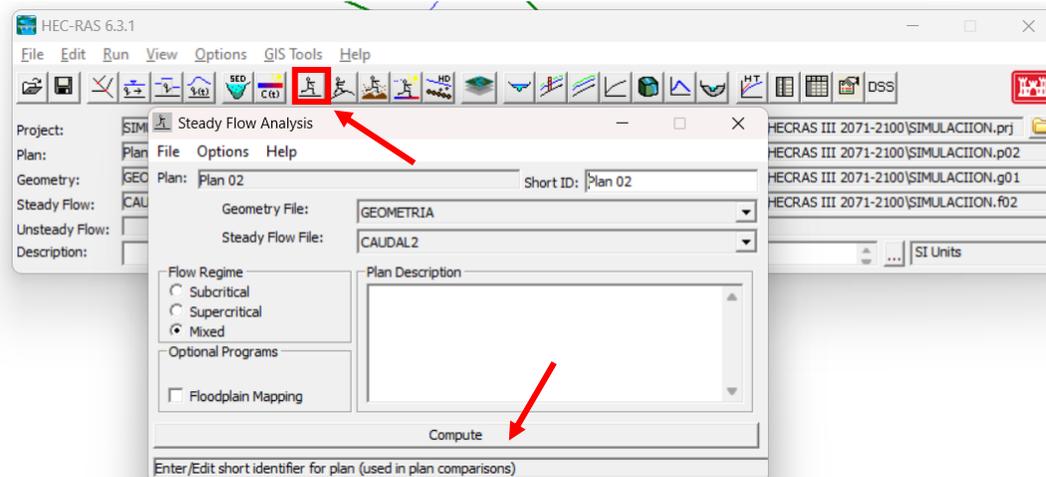
$$\text{Máxima altura} - \text{Mínima altura} / \text{Distancia del cauce}$$



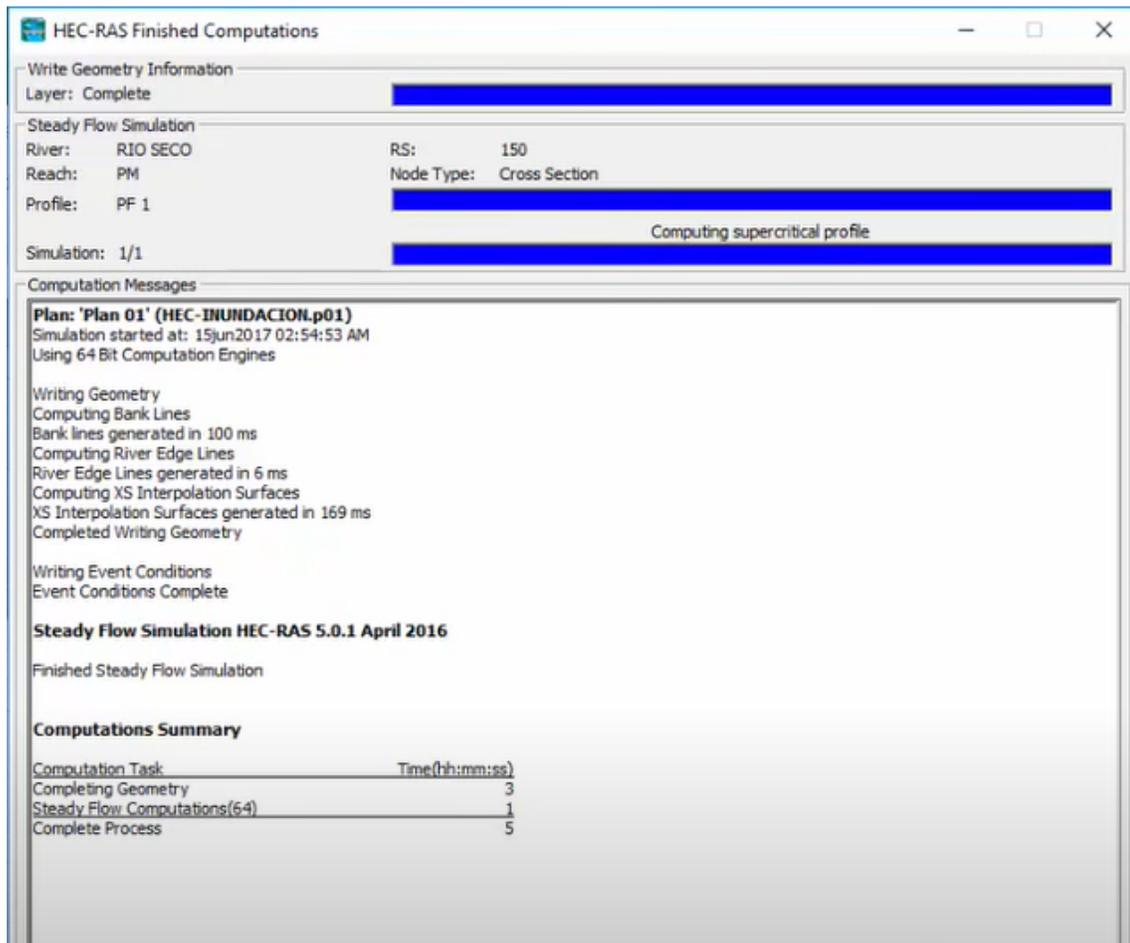
Se da clic en el ícono de “Reach boundary conditions” condiciones de límite de caudal, luego se da clic en “Normal Depth” y se ingresan los datos correspondientes de la pendiente. Se guarda los datos de flujo.



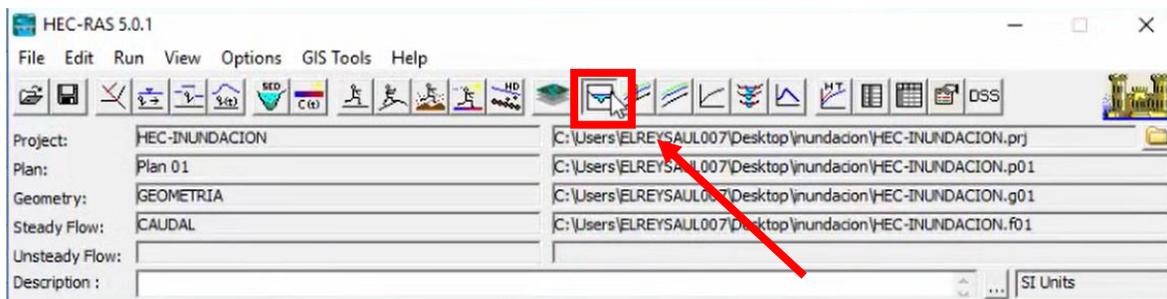
Se corren los datos de simulación como se muestra a continuación y así mismo se podrá visualizar las secciones de inundación.

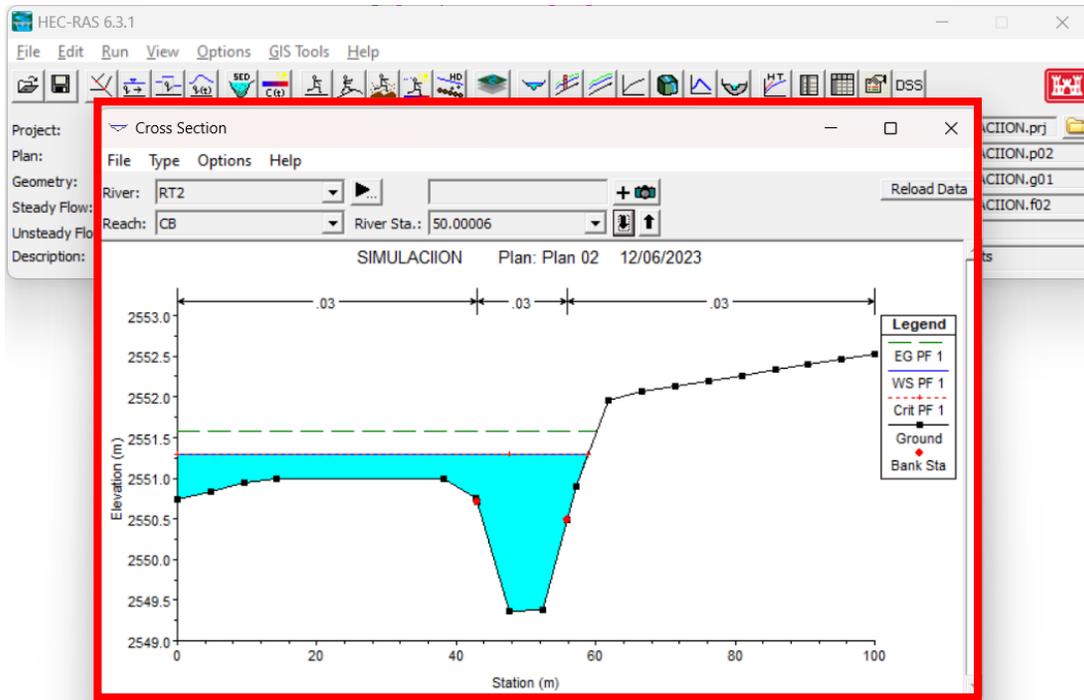


Resultado satisfactorio

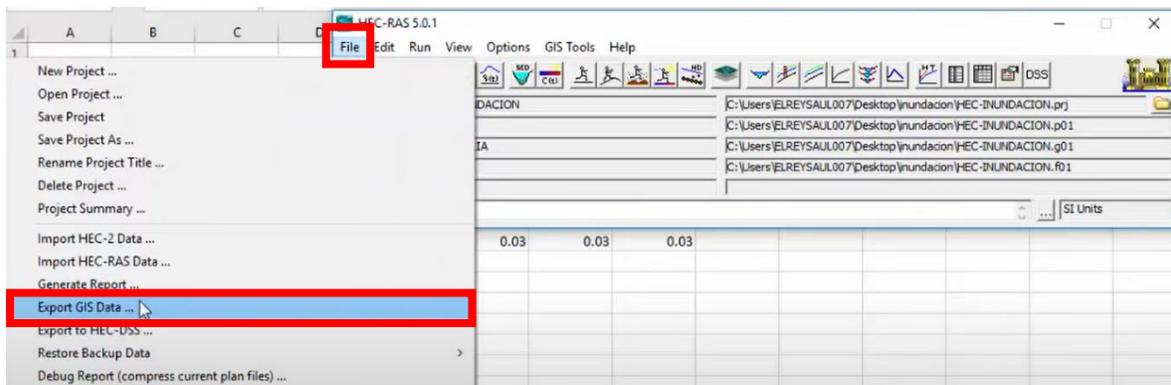


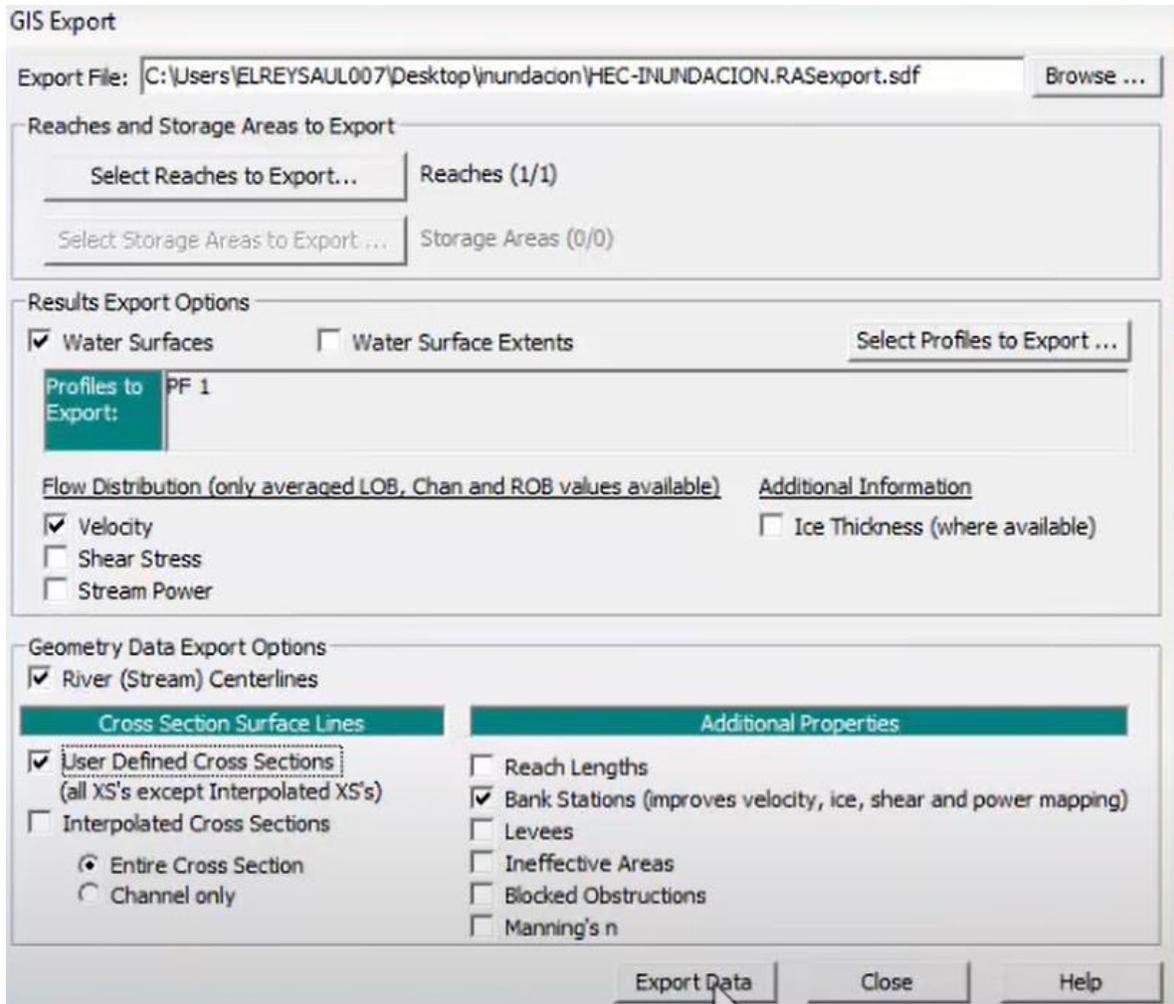
Al dar clic en el botón de sección se podrá visualizar la proyección de inundación como se muestra en las siguientes imágenes.





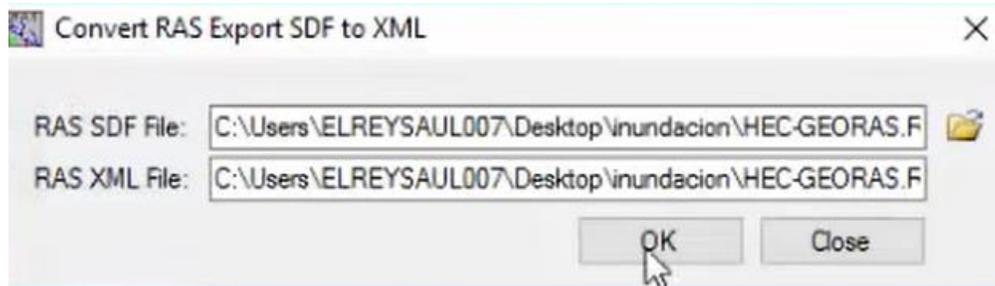
El siguiente paso es dar clic en el icono del disco para guardar y se exporta la Gis Data con el fin de integrar los datos al software ArcGis y así visualizar la mancha de inundación.



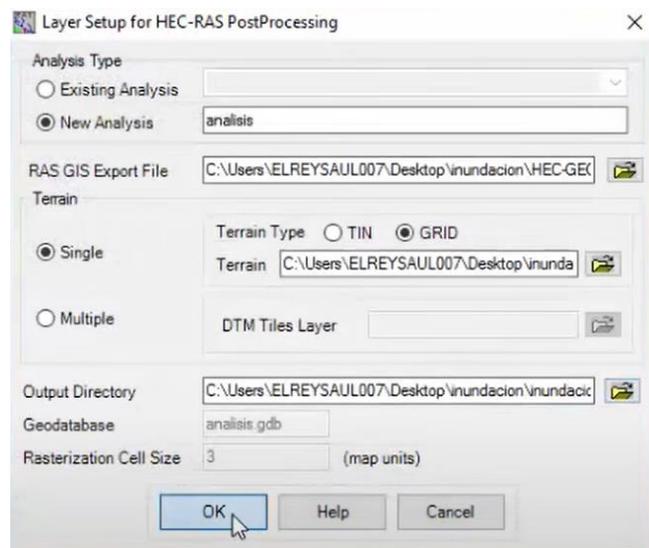
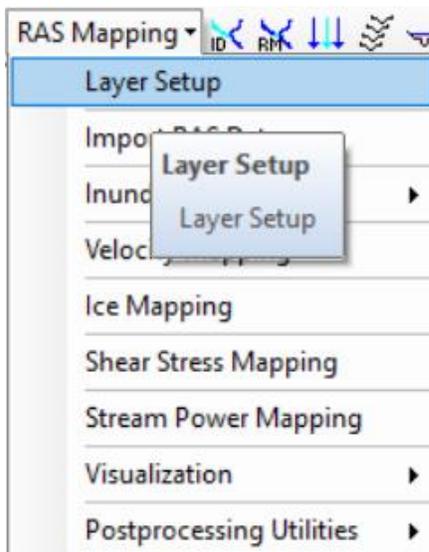


Ya en el software ArcGis se transforma el formato SDF que se exporto de HecRas a XML para que los datos sean leídos por el software como se muestra a continuación:

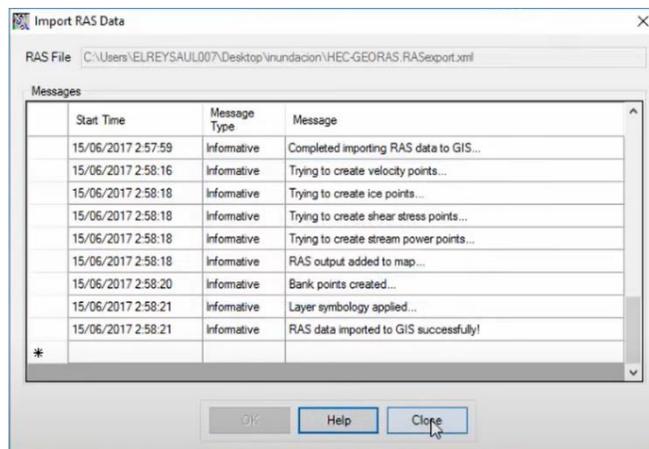
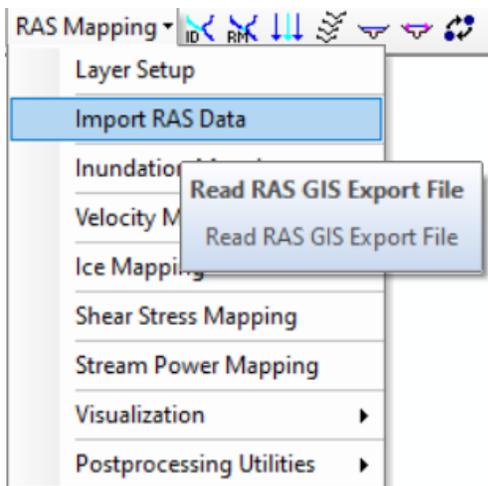




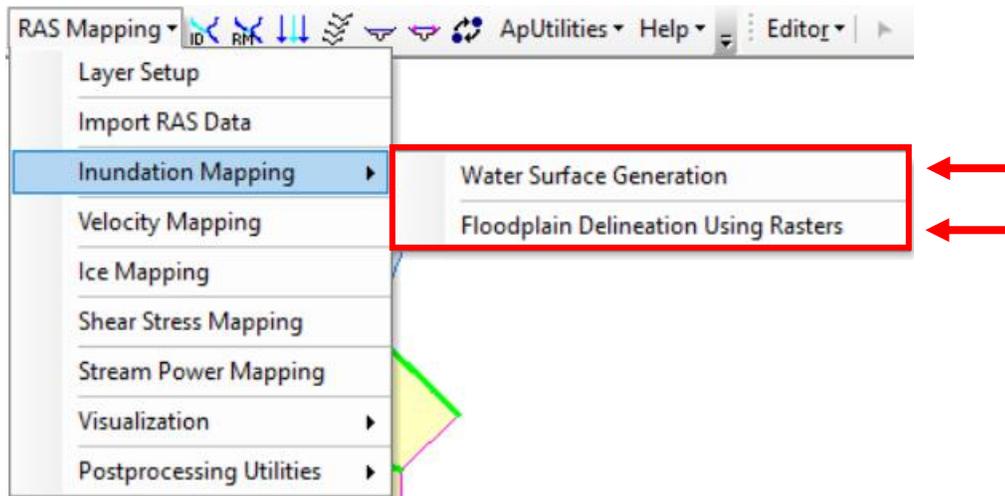
Ahora se importa el análisis de inundación por medio del botón “RAS Mapping” para integrar los datos de inundación.



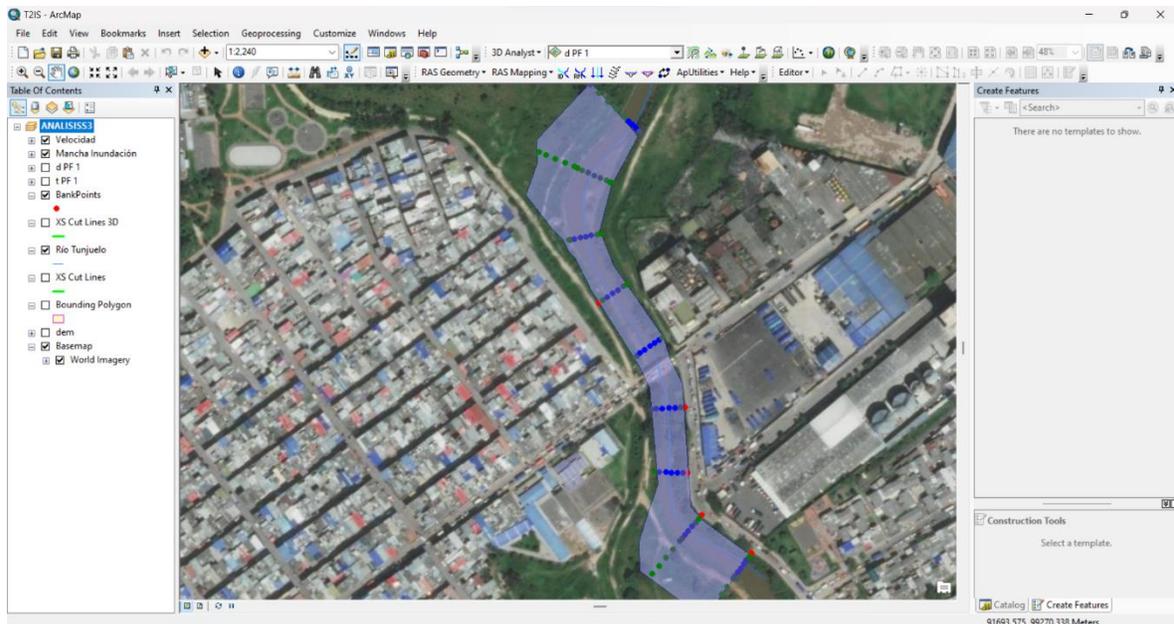
Se importa Ras Data:



Luego se corren las superficies del agua “Water Surface Generation” y la delimitación de llanuras aluviales “Floodplain Delineation Using Raster’s”.



Al adelantar estos procesos se visualiza la mancha de inundación y los puntos de velocidad con los que se proyecta la inundación en el caudal del Río Tunjuelo.



5.2 SIMULACIONES CUENCA BAJA RÍO TUNJUELO

Se realizó un promedio anual desde el año 2011 al 2022 de acuerdo con los datos de pluviometría y se incrementaron de acuerdo con los porcentajes de escenario de cambio en las lluvias del IDEAM, con el fin de integrar estos datos a los softwares mencionados y realizar la simulación proyectadas al 2100.

5.2.1 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTOS 1 SAN BENITO

La pluviometría calculada del año 2011 al 2022 para el transecto 1 San Benito fue de **42.84 l/m²** a esta se le incremento el 15%, para periodo de tiempo 2041 al 2070 y 0% para el periodo 2071 al 2100 de acuerdo a los datos del IDEAM como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Datos promedio pluviometría estación Meteorológica “San Benito”.

ESTACIÓN SAN BENITO		
PROMEDIO PLUVIOMETRIA (l/m ²)		
2011-2040	2041-2070	2071-2100
49.27	56.66	56.66

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado a partir de datos de pluviometría del IDEAM, Bogotá.

Simulación 2011-2040

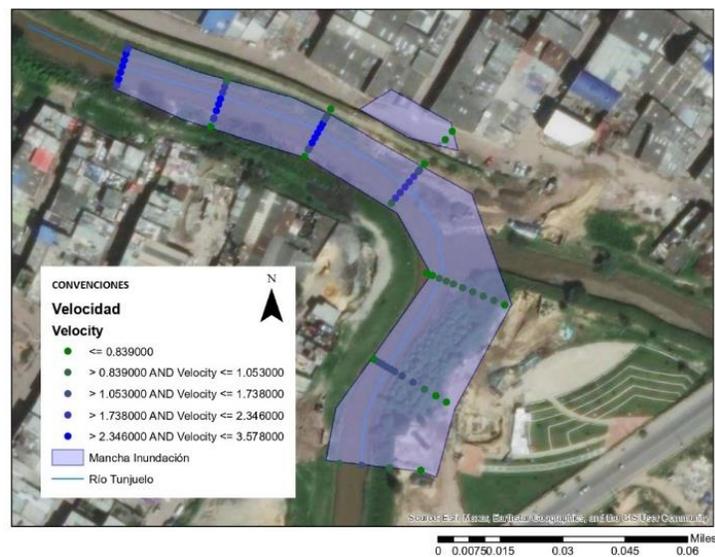
Figura 29 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2011-2040



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

Simulación 2041-2070

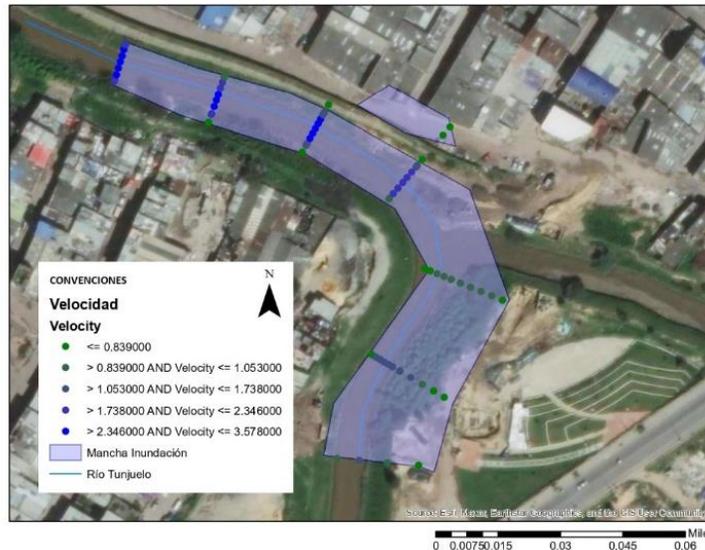
Figura 30 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2041-2070.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

Simulación 2071-2100

Figura 31 Simulación dinámica básica transecto San Benito 2071-2100.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

En el transecto 1 se encuentra el barrio San Benito ubicado al costado noroccidental de la fuente hídrica cuenta con un muro de contención de aproximadamente 3 mts de alto y el aislamiento entre la misma y el entorno construido es de aprox.10 mts, por otro lado, el barrio Meissen ubicado al costado suroccidental tiene una distancia entre la ronda de aprox. 18 a 20 mts, en ninguno de los dos casos se cumple con el plan básico de ordenamiento territorial en el que las rondas de protección hídrica deben ser mínimo de 30 metros a lado y lado lo que incrementa la vulnerabilidad del territorio en caso de pasar por eventos naturales.

De acuerdo con las simulaciones y manteniendo las condiciones morfológicas y urbanísticas actuales, el caudal va incrementando gradualmente al pasar los años, provocando desbordamientos gracias a las condiciones climáticas y urbanas, es así como

para el año 2100 en el transecto 1 la inundación se logra extender en un aproximado de 25 mts hacia el barrio San Benito y aprox. 10 mts hacia el barrio Meissen con una velocidad ≤ 3.5780000 l/m² lo que causaría daños considerables a la infraestructura, salud pública y el hábitat humano en general.

5.2.2 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTO 2 ISLA DEL SOL

La pluviometría calculada del año 2011 al 2022 para el transecto 2 Isla del Sol fue de **38.81 l/m²** y se incrementó para el año 2041 al 2070 en un 15% al igual que para el año 2071 al 2100 como se muestra en la siguiente tabla.

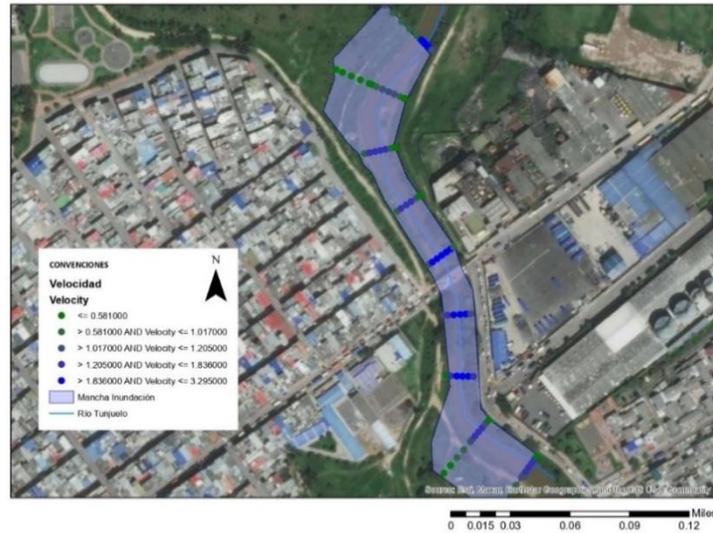
Tabla 5 Datos promedio pluviometría estación Meteorológica “Kennedy”.

ESTACIÓN KENNEDY		
PROMEDIO PLUVIOMETRIA (l/m ²)		
2011-2040	2041-2070	2071-2100
44.63	51.32	59.02

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado a partir de datos de pluviometría del IDEAM, Bogotá.

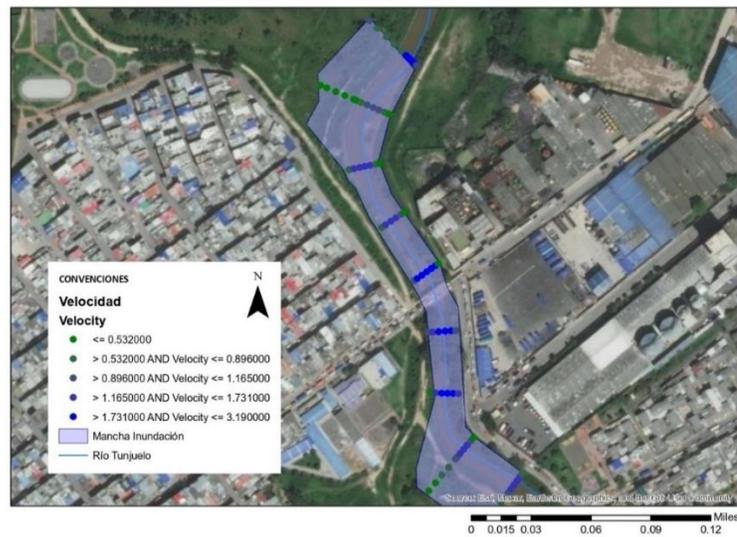
Simulación 2011-2040

Figura 32 Mapa Simulación dinámica básica transecto Isla del sol 2011-2040



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

Figura 33 Simulación dinámica básica transecto Isla del Sol 2041-2070.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

Simulación 2071-2100

Figura 34 Simulación dinámica básica transecto Isla del Sol 2071-2100.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

De acuerdo con los resultados de la simulación, en el transecto 2 se logra evidenciar que podría existir un desbordamiento bajo las condiciones actuales del río Tunjuelo hacia las dos tipologías de suelos presentes en el barrio Isla del Sol.

La zona residencial ubicada en el costado noroccidental a 30 mts de la cuenca para el año 2100 aproximadamente tendría un desbordamiento de 10 mts alcanzando una velocidad de ≤ 3.295000 l/m², afectado a la ronda de protección hídrica y alcanzando levemente las viviendas colindantes que tendrían dificultad para drenar y controlar la situación por la morfología del terreno y el sistema de drenaje colapsado, causando daños a

la población en términos de infraestructura, salud y desarrollo en general. En el meandro cercado la inundación extendería de 70 a 80 mts con una velocidad de inferior ≤ 0.581000 l/m². Hacia el costado noroccidental se encuentra la zona industrial a 15-20 mts aprox. de la cuenca, incumpliendo normativa de ronda de protección hídrica. Para el año 2100 tendría un desbordamiento entre 10 a 15 mts lo que causaría daños persistentes y empozamientos sobre el territorio debido al limitado sistema de alcantarillado.

5.2.3 SIMULACIÓN DINAMICA TRANSECTO 3 BOSA

La pluviometría calculada del año 2011 al 2022 para el transecto 3 Bosa fue de **60.03 l/m²** y se le incremento para el año 2041 al 2070 en un 35% y para el año 2071 al 2100 tuvo un incremento del 25% como se muestra en la siguiente tabla según datos del IDEAM.

Tabla 6 *Tabla de datos promedio pluviometría estación Meteorológica “Independencia”.*

ESTACIÓN INDEPENDENCIA		
PROMEDIO PLUVIOMETRIA (l/m ²)		
2011-2040	2041-2070	2071-2100
69.04	86.30	107.87

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado a partir de datos de pluviometría del IDEAM, Bogotá.

Simulación 2011-2040

Figura 35 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2011-2040.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM,

Bogotá.

Simulación 2041-2070

Figura 36 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2041-2070.

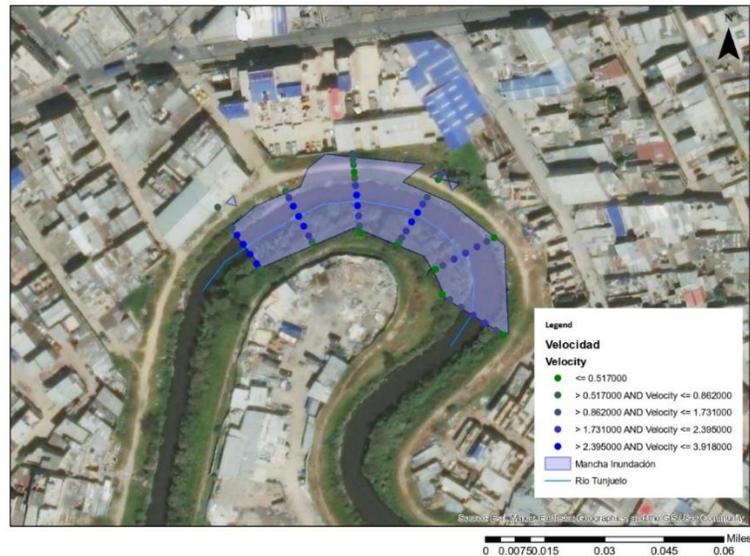


Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM,

Bogotá.

Simulación 2071-2100

Figura 37 Simulación dinámica básica transecto Bosa 2071-2100.



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, ArcGis y HecRas a partir de datos del IDEAM, Bogotá.

El barrio San Bernardino, ubicado al costado Norte de la cuenca baja del río Tunjuelo cuenta con una distancia entre ronda y viviendas de 15 a 20 mts aproximadamente, al igual que el barrio Maryland, ubicado en el costado sur de la cuenca; en ambos casos se incumple la distancia reglamentaria instaurada por el plan básico de ordenamiento territorial para la protección hídrica de 30 mts, por lo que incrementa la vulnerabilidad del entorno frente a eventos naturales inesperados como las inundaciones.

Para el año 2100, de acuerdo con las simulaciones realizadas, se evidencia que los barrios San Bernardino y Maryland se verán afectados por el desbordamiento del río Tunjuelo bajo las condiciones urbanas actuales, pues esta mancha de inundación podría expandirse entre 10 a 17 mts con una velocidad de ≤ 3.918000 l/m² afectado significativamente al territorio, ya que esta fuente hídrica y

el entorno construido están al mismo nivel lo que permitiría una rápida inundación y acaparamiento de la zona, además tendría una tardía recuperación, puesto que su sistema de drenaje es muy deficiente.

5.3 CONCLUSIONES CAPÍTULO V

De acuerdo con la revisión y el resultado de las simulaciones dinámicas presentadas, se evidencia que bajo las condiciones de planificación y gestión actual la cuenca baja del río Tunjuelo no tiene posibilidades para responder a futuros eventos climáticos inesperados, ni tampoco garantizar un paisaje hídrico resiliente, sostenible y armonioso.

Desde el diseño urbano no se implementan estrategias o intervenciones sostenibles que mitiguen significativamente el impacto de las inundaciones considerando la gestión de aguas pluviales, la infraestructura, la permeabilidad del suelo, acciones como la pavimentación, muros de contención y demás impide que el agua se absorba naturalmente en el suelo, lo que puede llevar a que el agua de lluvia fluya rápidamente y cause crecidas súbitas, y otros factores relacionados con el flujo y acumulación del agua en los bordes hídricos al no tener espacios verdes y permeables, tema crucial para garantizar la seguridad de los residentes, la protección de la propiedad y el funcionamiento continuo del territorio en condiciones climáticas extremas.

En resumen, las inundaciones en la cuenca baja del río Tunjuelo pueden ser el resultado de una combinación de factores naturales y humanos, incluyendo el cambio climático, la precipitación intensa, topografía, desarrollo urbano no planificado, la errónea

gestión de la cuenca e implementación de medidas de prevención y mitigación esenciales para reducir el riesgo.

Es por ello que el diseño urbano sensible al agua es una estrategia de planificación y diseño mismo indispensable para integrar en el plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá Reverdece para la cuenca baja del río Tunjuelo porque este aborda los desafíos relacionados con la gestión sostenible de los recursos hídricos, al mismo tiempo que promueve el desarrollo urbano para brindar una adecuada calidad de vida a la población y al territorio.

Este enfoque reconoce la importancia del agua como recurso fundamental para el desarrollo territorial y busca integrar consideraciones relacionadas con el agua en todas las etapas desde el proceso de diseño, planificación y ejecución. Alguno de los ejes de dicha estrategia es la planificación resiliente, es decir acciones que hagan frente a los impactos del cambio climático, a través de la planificación de infraestructuras y espacios urbanos que sean más resistentes a amenazas, infraestructura verde con la incorporación de espacios verdes, áreas naturales y sistemas de vegetación, elementos pueden ayudar a absorber agua, reducir la temperatura urbana y mejorar la calidad del aire y la gestión de inundaciones con la creación de áreas de retención de agua, sistemas de drenaje sostenibles, y la promoción de espacios abiertos y zonas verdes que puedan absorber el exceso de agua en los bordes hídricos.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES CON ACCIONES PREVENTIVAS PARA EL POT “BOGOTÁ REVERDECE”

Como se sabe el plan de ordenamiento territorial es un documento primordial que establece las políticas, directrices y normas que guían el desarrollo

urbanístico y territorial de la ciudad, es un instrumento de planificación a largo plazo que se actualiza periódicamente para adaptarse a las necesidades cambiantes de la ciudad y las nuevas políticas gubernamentales. Una de las necesidades evidentes de la ciudad de Bogotá es la recuperación de entornos naturales para preservar y garantizar el futuro de esta, por ello dentro del Plan de Ordenamiento Territorial “Bogotá Reverdece” 2022-2035 se establecen tres ejes fundamentales entorno a la recuperación de la infraestructura verde de la ciudad estos son:

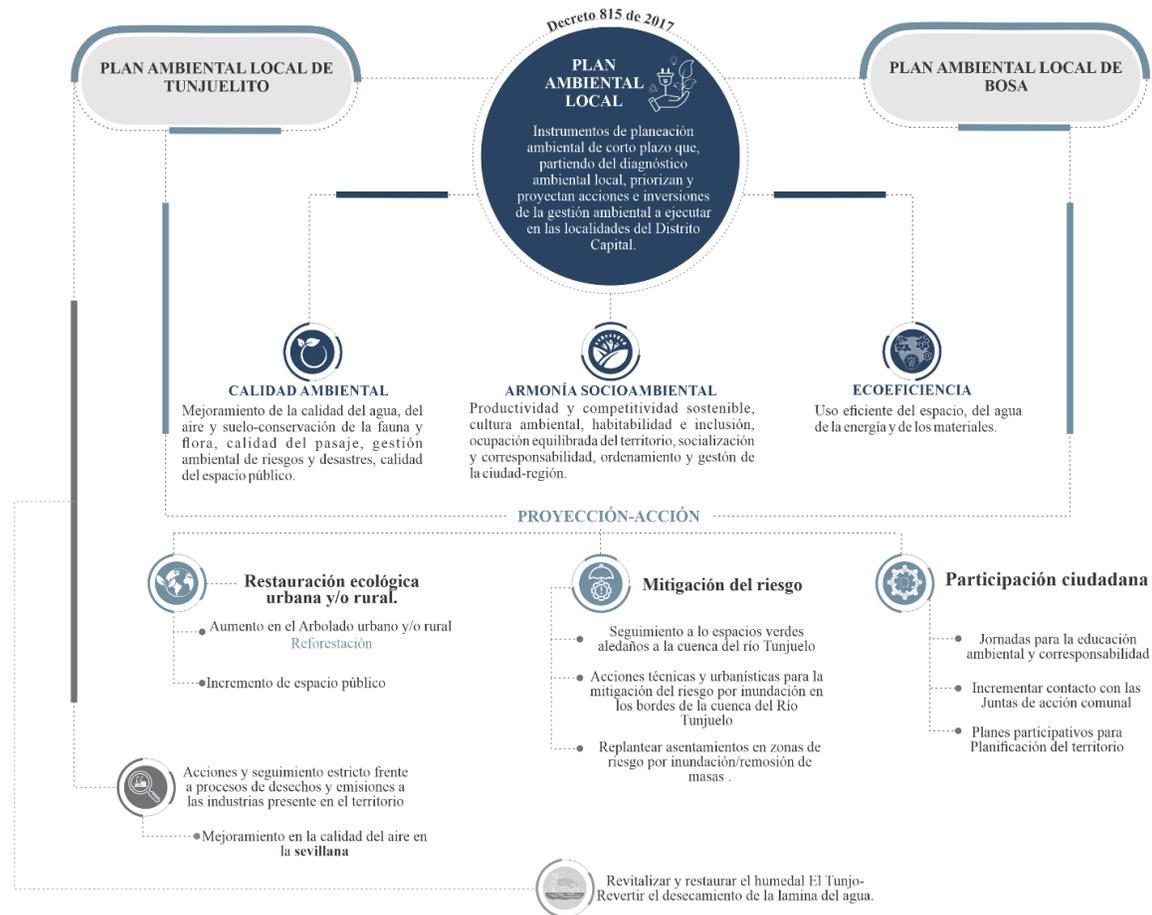
- Ordenar a Bogotá en torno a sus elementos naturales, reverdeciendo y adaptando el territorio al cambio climático.
- Conservación y conectividad de las áreas de importancia ecológica Reverdecimiento y la renaturalización de Bogotá.
- Amortiguación de los impactos ambientales Prevención y corrección de la degradación ambiental para adaptarnos al cambio climático.

Así mismo los planes locales ambientales son fundamentales para orientar decisiones y acciones frente al territorio a corto plazo, dando solución a las problemáticas ambientales que generan impactos en la calidad del aire, agua, suelo, flora fauna y sus interacciones relacionadas con la sociedad y la economía.

Gracias a los planes locales ambientales de Tunjuelito y Bosa se generaron diagnósticos los cuales permitieron priorizar y planificar acciones e inversiones de la gestión a ejecutar, así mismo, se proyectan medidas legislativas, programas de educación ambiental, proyectos de conservación y acciones para abordar los desafíos ambientales identificados en territorio bajo unos ejes o acciones sostenibles focalizadas hacia recuperación y preservación del entorno y los ecosistemas

presentes, esto, mediante la participación de la comunidad, en concordancia con el Plan de Desarrollo Local, así se evidencia en el siguiente figura.

Figura 38 Ejes de los Planes ambientales locales



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023, adaptado a partir de planes ambientales locales, Bogotá.

Ahora bien, ya enfocándose en la unidad, el río Tunjuelo, gracias al desarrollo de esta investigación se establecieron estrategias que podrían ser integradas al POT y a las alcaldías locales en etapas tempranas de formulación y diseño con el fin de brindar al territorio una respuesta oportuna a cambios climáticos, la variabilidad climática y el riesgo de desastres, incrementar las Áreas y paisajes con valor ambiental, así como se evidencia en la siguiente matriz:

Matriz de recomendaciones con estrategias para hacer del río Tunjuelo un paisaje sensible al agua

ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA		Estrategia	Prioridad	Impacto			Entidad/es	Etapa de POT (UPL)	Monitoreo/ Mantenimiento
Variable	Indicador			Ambiental	Socio económico	Paisaje			
Planificación	Zonificación	Definir áreas de riesgo y establecer regulaciones para limitar el desarrollo en zonas vulnerables.	●	●	●	●	Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático	Etapa de diagnóstico y formulación	Etapa inicial
		Prohibición de construcciones en áreas propensas a inundaciones o terrenos inestables.	●	●	●	●	Secretaría Distrital de Planeación	Etapa de formulación	Permanente
		Reubicación de viviendas que no respeten el mínimo de distancia de la fuente hídrica.	●	●	●	●	Secretaría Distrital de Planeación	Etapa de diagnóstico y formulación	Etapa inicial
	Revitalización	Incorporar medidas y protocolos de manejo de aguas residuales y residuos industriales para prevenir la contaminación del agua y asegurar la sostenibilidad ambiental.	●	●	●	●	Empresa de Acueducto y Alcantarillado	Etapa de diagnóstico y formulación	Permanente
		Diseño y adecuación de espacios urbanos, parques y alamedas funcionales para la recreación de la población.	●	●	●	●	Instituto Distrital de Recreación y Deportes	Etapa de formulación	Etapa inicial
		Proyección y planteamiento de parques industriales que generen simbiosis con el eje hídrico, sector industrial, comercial y residencial.	●	●	●	●	Secretaría Distrital de Planeación	Etapa de diagnóstico y formulación	Permanente
Normativa	Distancia entre la fuente hídrica y área construida	Aumentar la distancia reglamentaria de 30 mts instaurada en el Decreto 2811 de 1974 Artículo 83, literal D, por 40 mts como mínimo para realizar tratamientos urbanísticos pertinentes que mitiguen el riesgo por inundación y contrarrestar el cambio climático.	●	●	●	●	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de formulación	Permanente
Restauración de ríos y cuerpos de agua	Conectividad	Corredores verdes ribereños que generen conectividad entre diversos ecosistemas y se encarguen de darle vida a toda la ciudad.	●	●	●	●	Empresa de Acueducto y Alcantarillado	Etapa de diagnóstico y formulación	Permanente
		Parques ribereño sostenibles donde se incluyan alternativas como humedales artificiales para mejorar la calidad del agua y hábitats para la fauna local, áreas recreativas, alamedas y zonas de descanso, además de espacios estratégicos de comercio.	●	●	●	●	Instituto Distrital de Recreación y Deportes	Etapa de formulación	Permanente
		Espacios de educación ambiental para concientizar sobre la conservación del agua.	●	●	●	●	Secretaría Distrital de Ambiente	Etapa de formulación	Cuando se requiera
	Gestión de vegetación	Arborización con vegetación acorde con el tipo y calidad del suelo, clima, entorno local y disponibilidad de agua. Algunos ejemplos son: Aliso, Sauce, Falso Laurel, los cuales son tolerantes a suelos húmedos y son útiles para estabilizar las riberas.	●	●	●	●	Jardín Botánico de Bogotá	Etapa de diagnóstico y formulación	Permanente

ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA		Estrategia	Prioridad	Impacto			Entidad/es	Etapa de POT (UPL)	Monitoreo/ Mantenimiento
Variable	Indicador			Ambiental	Socio económico	Paisaje			
Gestión del riesgo	Drenaje sostenible	Jardines de lluvia diseñados para capturar, filtrar y retener el agua de lluvia, adaptados para resistir inundaciones temporales y períodos de sequía. Compuestos por plantas nativas, suelos permeables, piedras o grava.	Alto	Alto	Medio	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de diagnóstico y formulación	Cuando se requiera
		Pavimentos permeables en corredores ribereños permite que el agua de lluvia se filtre a través de los espacios entre las piedras o losas y recargue los acuíferos en lugar de generar escorrentía.	Alto	Alto	Medio	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de diagnóstico y formulación	Permanente
		Estanques de retención ya que en lugar de dejar que fluya directamente el agua hacia los sistemas de alcantarillado se va infiltrando gradualmente en el suelo.	Alto	Alto	Medio	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de diagnóstico y formulación	Cuando se requiera
		Zanjas Vegetadas: Creación de zanjas revestidas con vegetación acorde con el tipo de suelo que ayuden a filtrar y absorber el agua de lluvia, reduciendo la velocidad de escorrentía y mejorando la calidad del agua.	Alto	Alto	Medio	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de diagnóstico y formulación	Cuando se requiera
		Bioretención a través de Bermas y swales: montículos (bermas) y depresiones (swales) en la tierra para dirigir y ralentizar el flujo de agua, fomentando la infiltración y la recarga del agua subterránea.	Bajo	Alto	Medio	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Etapa de diagnóstico y formulación	Etapa inicial
	Monitoreo y evaluación	Establecer sistemas de seguimiento y evaluación para medir la eficacia de las estrategias de diseño sensible al agua y realizar ajustes según sea necesario.	Alto	Alto	Alto	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente - Alcaldía Local - Plan Ambiental Local	Seguimiento y evaluación	Permanente
	Jarillones	Aumento de jarillones con altura de 2.50 m para contención de futuras inundaciones contemplando la cota de inundación para el año 2100.	Alto	Alto	Bajo	Alto	Empresa de Acueducto y Alcantarillado	Etapa de diagnóstico y formulación	Cuando se requiera
Conciencia comunitaria	Educación y participación	Educación y participación de la comunidad en la gestión del agua, sensibilizando sobre la importancia de la conservación y la adopción de prácticas sostenibles por medio de mesas de trabajo, charlas, eventos, actividades, etc.	Alto	Alto	Alto	Bajo	Junta de Acción Comunal	Etapa de diagnóstico, formulación, seguimiento y evaluación.	Cuando se requiera
		Generar protocolos de gestión del riesgo (cómo actuar antes, durante y después de un evento peligroso).	Alto	Alto	Alto	Bajo	Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático	Etapa de formulación	Permanente
		DIY (Házlo Tú Mismo), como estrategia de implementación de jardines de lluvia para los inmuebles existentes en los bordes del Río mediante manuales de implementación.	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Secretaría Distrital de Ambiente	Etapa de formulación	Cuando se requiera

● Alto ● Medio ● Bajo

Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

A partir de las recomendaciones contempladas anteriormente se establecen acciones enfocadas hacia la proyección del cambio climático y gestión del riesgo. Así como se indica en el plan distrital de gestión del riesgo de desastres y del cambio climático Bogotá 2018-2030, de acuerdo con el objetivo 3 en pro de la reducción de la vulnerabilidad territorial frente al cambio climático, así mismo implementar acciones con el fin de estar preparados para la respuesta a emergencias y desastres tal como se indica en el objetivo 6 del plan. El enfoque de este trabajo complementa aquellos logros y acciones técnicas que se han implementado en la unidad de análisis, como la reparación de las estructuras hidráulicas de las redes del sistema central de alcantarillado y los cuerpos de agua que reciben el drenaje pluvial de varios canales, cámaras de alivio, líneas de tubería, priorizando alternativas técnicas-urbanísticas para la conservación y preservación del paisaje hídrico urbano.

6.1 RESPECTO A LA PROYECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Para la proyección del cambio climático se consultaron datos del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos de Cambio Climático relacionadas con el escenario de cambio en las lluvias en porcentaje, en lapsos de 30 años (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100), los cuales permitieron realizar las simulaciones correspondientes para la proyección de las estrategias resilientes que tuvieran esta proyección.

Teniendo en cuenta que la ONU menciona que la participación por parte del hombre va en aumento con relación a las precipitaciones extremas, y que ningún país independiente a su nivel de desarrollo se encuentra excluido de esta situación, se realizaron estrategias que contemplaran estas posibles inundaciones año 2100, toda vez que pretende que por medio del Diseño Urbano Sensible al Agua se ejecuten espacios en los bordes de río a mediano y largo plazo contemplando las diferentes cotas de inundación.

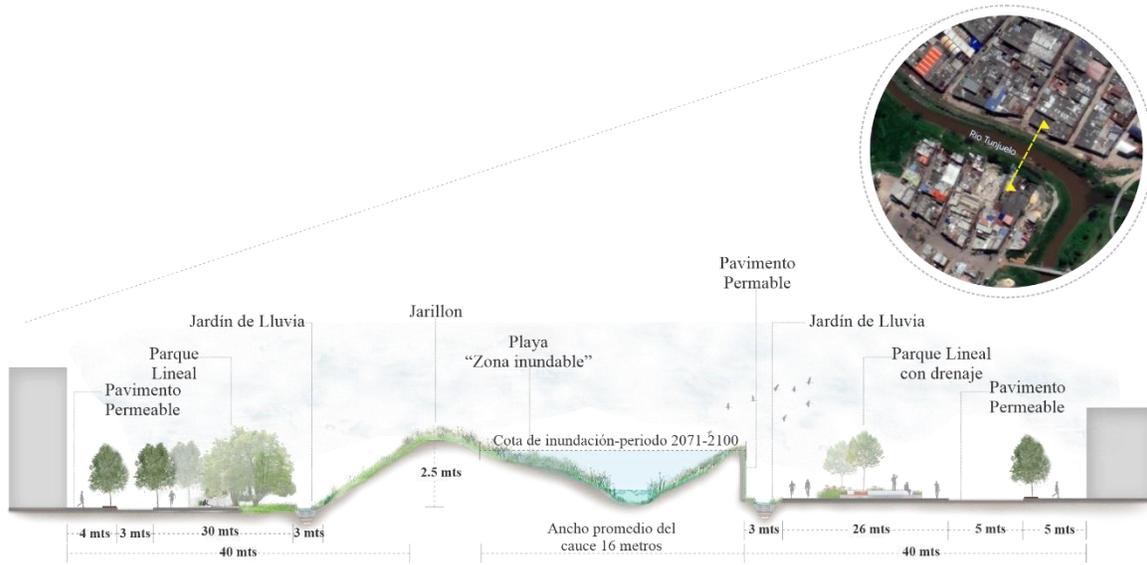
Lo anterior, nace a partir de las acciones que se han implementado desde la Empresa de Acueducto y Alcantarillado en el borde del río, que parten de una proyección técnica como diques, túneles y estrategias que no permiten un lenguaje de paisaje entre el entorno urbano y el ecosistema a recuperar.

Así, bajo esta perspectiva, se realizaron las diferentes propuestas que pretenden planificar el territorio, y a su vez, contemplan el aspecto técnico, del paisaje, normativo y con proyección del cambio climático, por lo que se entienden como propuestas no solo de recuperación y revitalización, si no con proyección a futuras inundaciones que pueden generar desbordamientos que afecten a la población.

6.2 RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN URBANA SOSTENIBLE

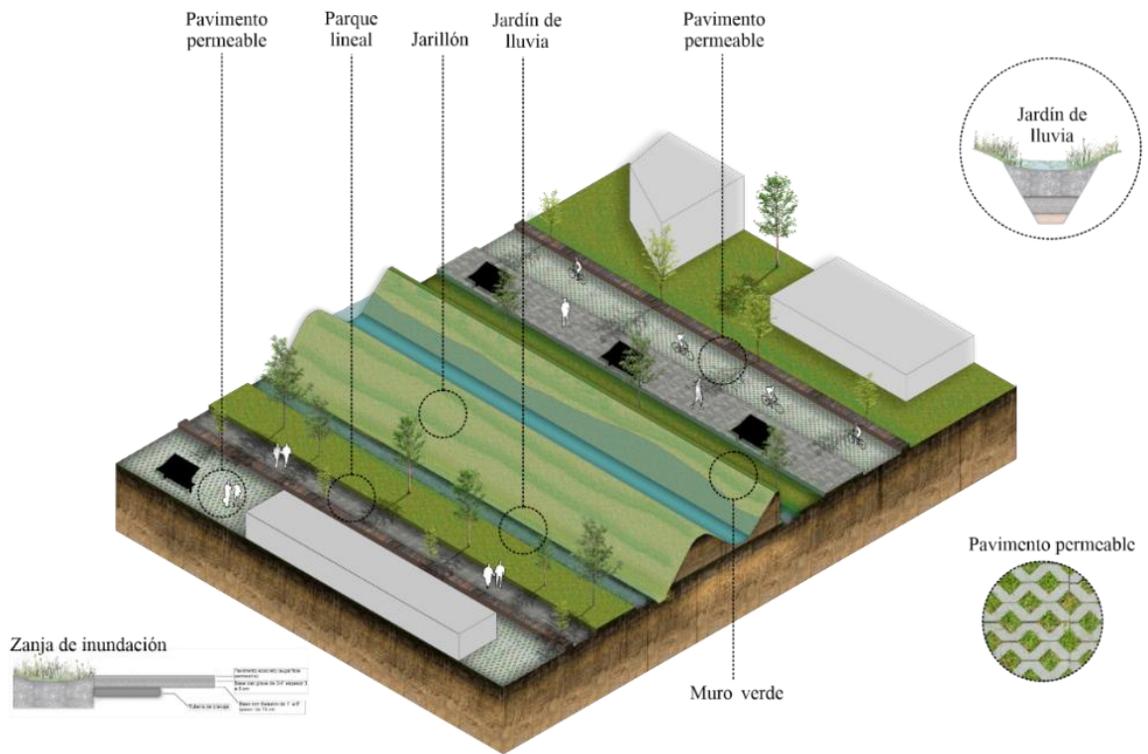
Para la planificación urbana sostenible, se proyectaron las siguientes propuestas con base en los criterios teóricos, técnicos, normativos y con proyección al cambio climático en tres diferentes transectos, considerando los contextos urbanos y características propias de cada territorio, de tal forma que, al ser ejecutadas, permitan una mayor flexibilidad frente a las posibles futuras inundaciones por lluvias, según la pluviosidad del territorio.

Figura 39 Propuesta urbana transecto 1 San Benito



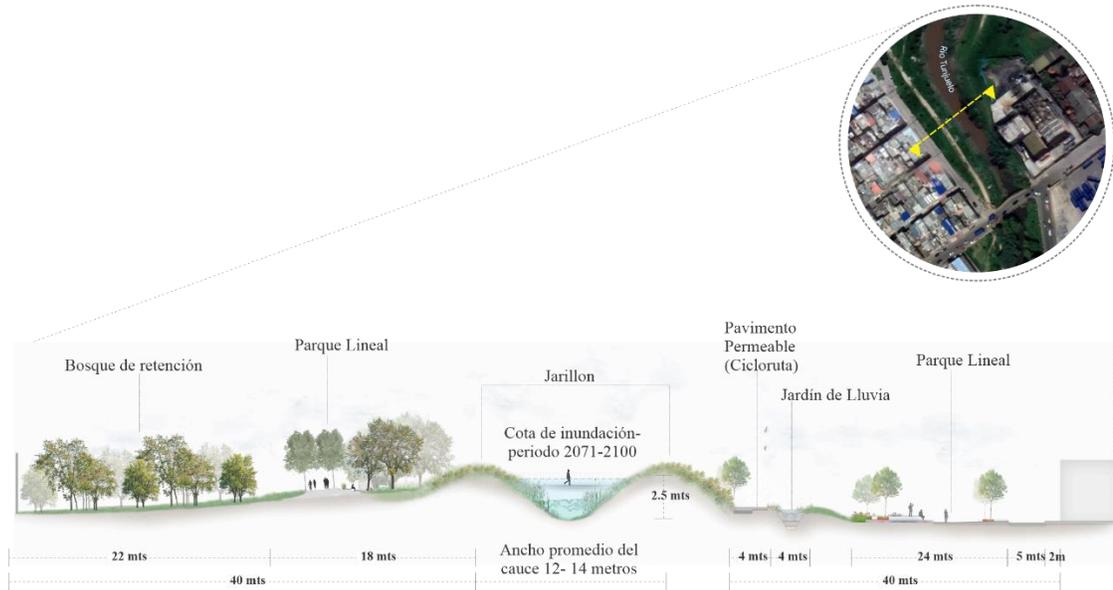
Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

Figura 40 Propuesta urbana transecto isométrica 1 San Benito



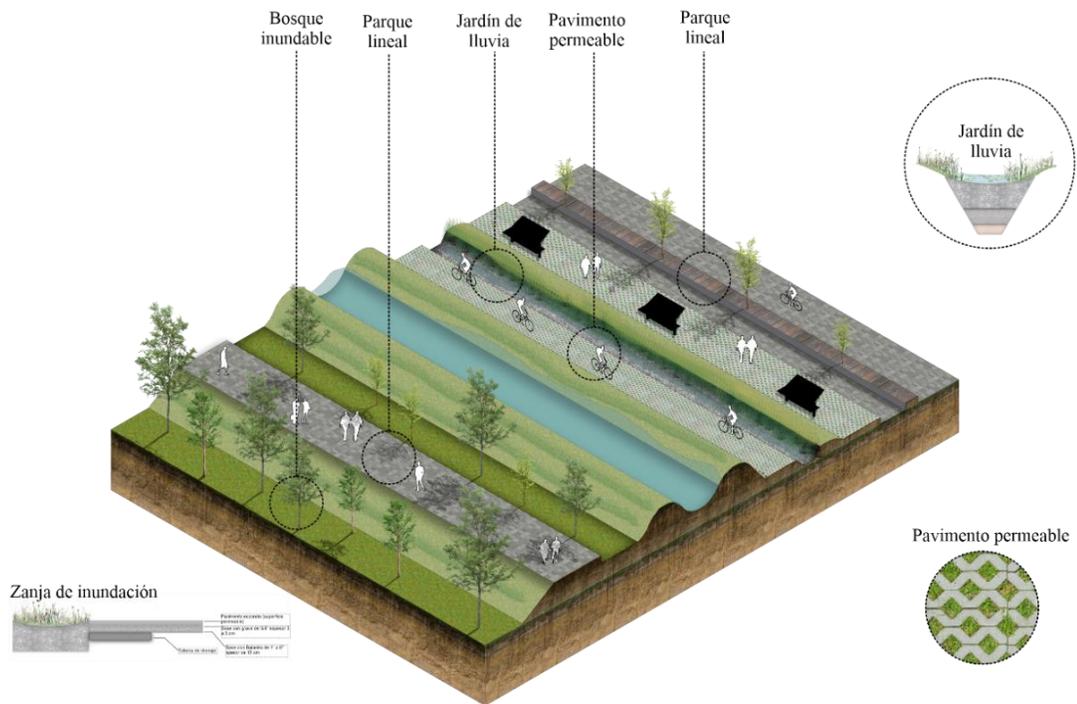
Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

Figura 41 Propuesta urbana transecto 2 Isla del Sol



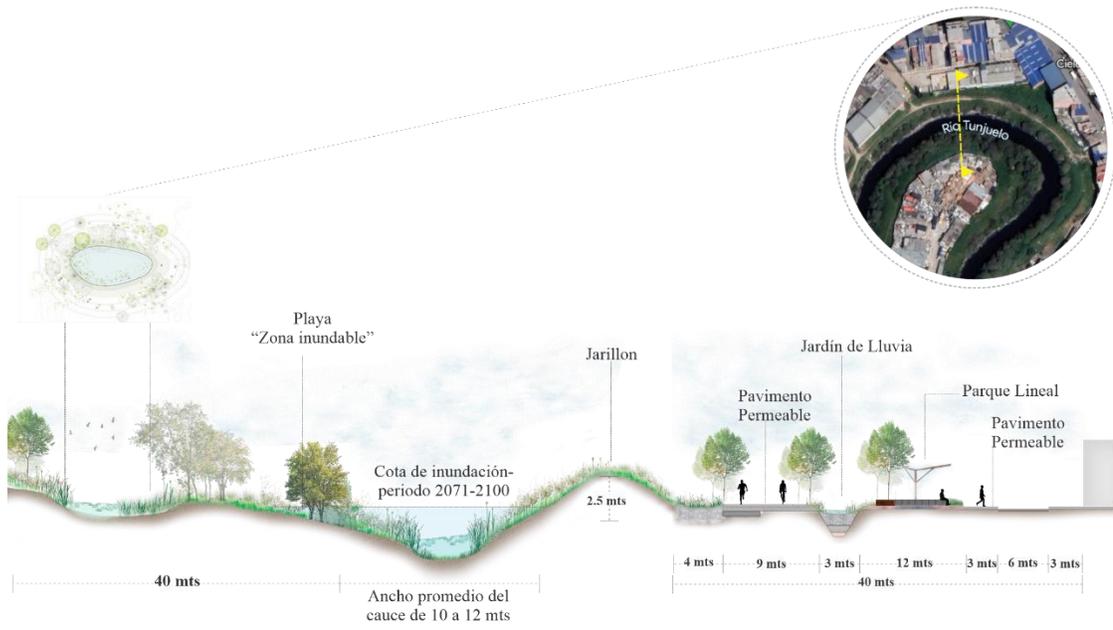
Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

Figura 42 Propuesta urbana transecto isométrica 2 Isla del sol



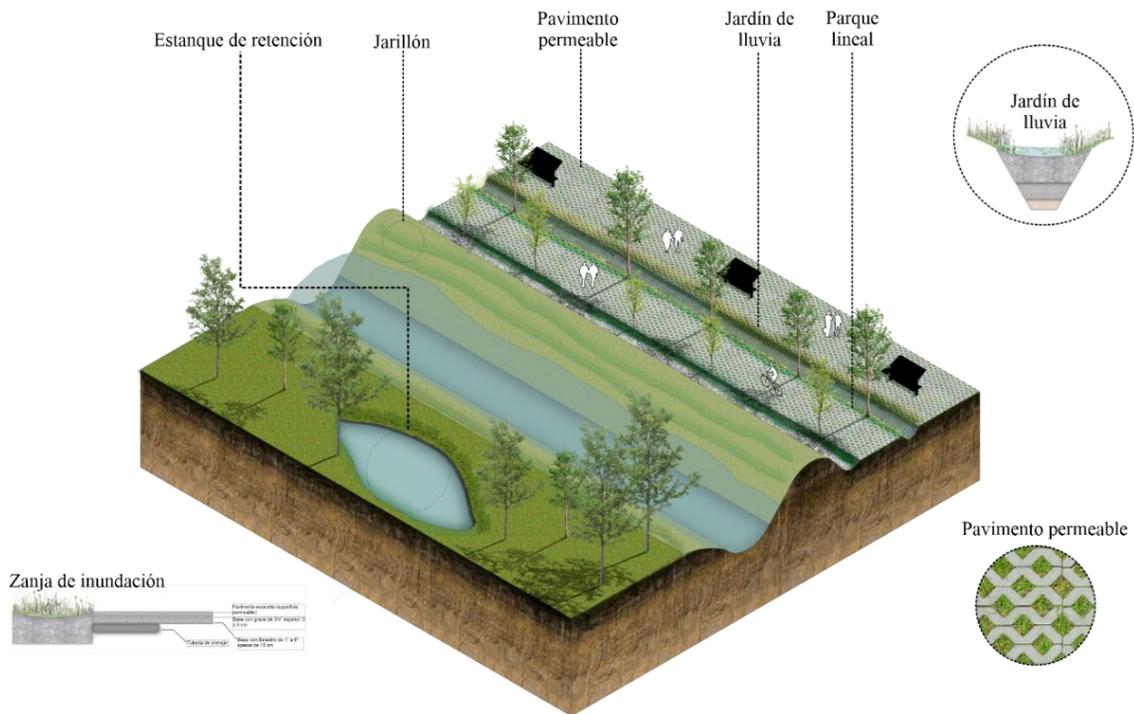
Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

Figura 43 Propuesta urbana transecto 3 Bosa



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

Figura 44 Propuesta urbana transecto isométrica 3 Isla del sol



Fuente. J. Arroyo, P. Camacho, 2023. Bogotá.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

Las estrategias de diseño urbano sensible al agua dentro de la planificación y gestión de la cuenca baja del río Tunjuelo promueven paisajes hídricos resilientes que mitigan el riesgo por inundación, adaptándose a su vez al cambio climático.

Establecer estrategias de diseño urbano sensible al agua para la formación de paisajes hídricos resilientes con proyección al cambio climático y gestión del riesgo en la cuenca baja del río Tunjuelo que integren acciones preventivas al Plan de Ordenamiento Territorial “Bogotá reverdece”.

El grupo investigativo concluye con relación al objetivo general y la hipótesis, que el Diseño Urbano Sensible al Agua es una herramienta fundamental para la construcción de paisajes hídricos resilientes en la cuenca baja del Río Tunjuelo, que, a su vez, permite la planificación del territorio, teniendo en cuenta que la aplicación de estrategias debe ser por medio de diseños resilientes, que contemplen futuras inundaciones generadas por el impacto del cambio climático.

Para lo anterior, el grupo investigativo optó por la simulación de inundaciones con proyección del cambio climático en tres transectos diferentes, entendiendo que cada uno de ellos cuenta con características diferentes del territorio, por lo que se logró evidenciar y proyectar estrategias que contemplaran estas cotas de inundación, y a su vez, su contexto urbano inmediato para la planificación de los bordes urbanos del eje hídrico.

Las estrategias planteadas en los bordes de río en esta investigación son un complemento acorde con lo mencionado en el POT “Bogotá Reverdece 2022-2035”, puesto que en la “Actuación estratégica Reverdecer del Sur”, el eje principal de recuperación

consiste en la revitalización y protección de la Estructura Ecológica Principal, como lo es la cuenca baja del Río Tunjuelo y sus bordes urbanos.

Allí se menciona la proyección del “Parque Ecológico del Río Tunjuelo”, el cual busca resarcir las afectaciones que se han generado al ecosistema a través del tiempo, consecuencia de diferentes actividades industriales y mineras que afectan el cauce del Río; por ello, las estrategias que se proyectan en la investigación, resultan ser un complemento al desarrollo de este proyecto, que relaciona a su vez los estudios de amenaza y riesgo realizado en los diferentes transectos, sin afectar los desarrollos urbanos existentes.

El objetivo general de esta investigación consistía en caracterizar tres transectos de la cuenca baja del río Tunjuelo mediante las condiciones morfológicas y urbanas diferentes con relación a la gestión del riesgo y procesos de planificación, para comprender sus dinámicas territoriales.

Las caracterizaciones urbanas son herramientas fundamentales para comprender, planificar y gestionar los territorios de manera efectiva, contribuyendo así a un desarrollo urbano más sostenible, equitativo y habitable, así mismo las caracterizaciones de cuencas hidrográficas contribuyen a la gestión del riesgo y la conservación del medio ambiente, proporcionan datos indispensables que respaldan la toma de decisiones e intervenciones al elemento natural y su entorno.

Como parte del registro se concluye que la cuenca baja del río Tunjuelo posee características sociales y económicas similares, mientras que en términos morfológicos existen variaciones que llevan a plantear estrategias prospectivas y adaptativas que se ajusten a sus necesidades. Bajo el análisis de los tres transectos del río Tunjuelo escogidos por el grupo investigativo se logró identificar lo siguiente:

- Existe un crecimiento urbano no planificado que ha llevado a incumplir la distancia reglamentaria de protección hídrica de 30 metros, aumentando el riesgo, el deterioro y la pérdida del hábitat natural.
- No poseen zonificación de áreas propensas a inundaciones, áreas vulnerables y restricciones para el desarrollo en función de la topografía e hidrología.
- Deficiente sistema de drenaje y alcantarillado, lo que incrementa las inundaciones urbanas, causando daños materiales, naturales, contaminación, problemas de salud pública, en general pérdida de la calidad de vida.
- Condiciones de borde hídrico deficientes, no poseen estrategias e intervenciones prospectivas, adaptativas y resilientes que hagan frente al cambio climático.
- No existe zonas de transición entre el borde hídrico y el entorno construido
- No existen zonas verdes, espacios recreativos y productivos enfocados a la preservación del eje hídrico y a la sostenibilidad urbana.
- No cuenta con vegetación acore que actúen como barreras naturales que absorben y retengan el agua.

Simular escenarios en los transectos bajo la variable de inundación desde el año 2011 al 2100 con intervalos de 30 años, por medio de herramientas geoespaciales con la finalidad de evidenciar el crecimiento de la mancha por inundación y las necesidades específicas de cada unidad de análisis.

Las simulaciones dinámicas son una herramienta valiosa dentro de la planificación y gestión territorial, debido a que permiten establecer estrategias anticipadas para prevenir

y responder a eventos naturales inesperados como lo son las inundaciones producto del cambio climático, esto contribuye a proteger vidas humanas, infraestructuras y sobre todo preservar el medio ambiente. Además de ser un instrumento que permite a los investigadores conocer y comprender los procesos que conducen a estos eventos, medir por lluvias intensas y así establecer el diseño y optimización de sistemas que garanticen infraestructuras efectivas, resistentes y resilientes.

Para esta investigación fue fundamental el software ArcGis plataforma para la captura, gestión, análisis y visualización de datos geo espaciales y HecRas programa de modelización hidráulica unidimensional, gracias a estas herramientas se crearon modelos hidráulicos y de inundación para simular cómo se propagaría las inundaciones en los tres transectos del río Tunjuelo desde el año 2011 hasta el 2100 con intervalos de 30 años tomando como base datos de pluviometría expuestos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM), allí se identificó que en cualquiera de los casos posiblemente exista un desbordamiento exponencial a una gran velocidad lo que ocasionaría grandes daños a todo el territorio en general. Gracias a dichas simulaciones se logró identificar que:

- La distancia actual entre el eje hídrico y el entorno construido no es suficiente para amortiguar los daños por inundación proyectados para el año 2100.
- Los Jarillones actuales y alternativas como el muro de contención, siendo el caso del transecto de San Benito, no son lo suficientemente altos para prevenir desbordamientos.
- No existen barreras o drenajes sostenibles al borde del eje hídrico que mitiguen el impacto de la inundación proyectada para el 2100.

Establecer recomendaciones con acciones preventivas a partir del diseño urbano sensible al agua en etapas tempranas de planificación para los transectos de la cuenca baja del río Tunjuelo y su borde.

Teniendo en cuenta los resultados de los objetivos específicos 1 y 2 el grupo investigativo plantea estrategias y alternativas de planificación de borde hídrico desde el diseño urbano sensible al agua, ya que este aborda la gestión sostenible del agua en las etapas iniciales de diseño de manera integral, teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como ambientales y sociales. A demás, se establecen alternativas desde lo prospectivo, teniendo en cuenta que los territorios y el clima son variables, por ello, la planificación y diseño deben estar acorde y adaptarse de manera funcional, sostenible y resiliente para garantizar el futuro y desarrollo de la ciudad. Para ello se tuvo en cuenta:

- **Gestión del riesgo:** Se incorporan estrategias como zanjas de infiltración y sistemas de captura de aguas de lluvia, drenaje sostenible, jardines de lluvia, estanques, boques, etc.
- **Planificación de áreas de inundación:** Se planifican espacios abiertos y parques que puedan funcionar como áreas de retención temporal de agua durante eventos de inundación teniendo en cuenta las variaciones de las precipitaciones. Esto ayuda a proteger las propiedades y a reducir los daños. Aumento en altura de jarillones a 2.5 metros.

Diseño de espacios verdes: Se promueve la creación de espacios verdes y áreas permeables que permitan la absorción de agua de lluvia en el suelo. Esto reduce la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones.

- **Normativas de Construcción Sostenible:** Establecer estándares de construcción sostenible que incluyan requisitos específicos para la gestión del río, como el aumento de 10 metros a de la zona de protección hídrica.
- **Educación y participación comunitaria:** Se fomenta la educación y la participación de la comunidad en la planificación y el diseño urbano sensible al agua. La conciencia pública y la comprensión de los beneficios son fundamentales para el éxito de los proyectos.
- **Monitoreo y Evaluación:** Establecer sistemas de seguimiento y evaluación para medir la eficacia de las políticas y adaptarlas según sea necesario en función de los cambios en el clima y el crecimiento urbano.
- **Integración de entidades:** Generar mesas de trabajo en las que se integren entidades públicas, privadas y población civil para la toma de decisiones sobre el territorio.

Para esta investigación, como se mencionó anteriormente, se genera a partir de 3 etapas metodológicas que según el grupo investigativo son de carácter fundamental para lograr establecer estrategias que brinden un paisaje resiliente, sostenible y sobre todo sensible al agua.

Como primera etapa se analiza en profundidad el fenómeno o problema en particular, tomando como base la comprensión de conceptos y teorías. Gracias a esta fase se refleja la importancia de los ejes hídricos urbanos y la implementación de estrategias prospectivas de planificación de ríos urbanos, pues, son esenciales para abordar los desafíos del cambio climático.

Para ello se hace fundamental la evaluación del lugar, una caracterización exhaustiva del eje hídrico para comprender cómo interactúa el agua con el entorno. Esto incluye el estudio de la topografía, demografía, la hidrología local, los patrones

de inundación, la calidad del agua y la vegetación existente. Para ello, las simulaciones dinámicas toman un carácter primordial para comprender y gestionar las ciudades en torno a los riesgos que genera el cambio climático, ayuda a anticipar escenarios y de esta manera poder tomar decisiones que minimicen el impacto, siendo este el caso de las inundaciones y así, proteger a las comunidades e infraestructura.

Previo a esta investigación existían pocos estudios desde la arquitectura, el urbanismo y la planificación territorial, en los que se involucraran herramientas o software de gestión y análisis de datos geoespaciales, junto con modelación hidráulica enfocada hacia la planificación prospectiva y diseño acorde de bordes hídricos con el fin de plantear alternativas sostenibles que controlen o limiten las inundaciones.

Gracias a estas herramientas y al análisis espacial detallado de la cuenca baja del río Tunjuelo y su entorno urbano, se identificaron áreas de riesgo por inundación prospectadas para el año 2100, zonas de alto valor ecológico y urbano y más, permitiendo así, formular estrategias urbanas con proyección al cambio climático y gestión del riesgo que pueden ser incluidas en el Plan De Ordenamiento Territorial desde la etapa de formulación hasta la ejecución y así dar cumplimiento a objetivos trazados mundialmente de establecer ciudades más sostenibles y resilientes.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Local de Tunjuelito. (2016). Plan Ambiental Local 2017-2020. Alcaldía Local de Tunjuelito, Bogotá D.C., Colombia.

Alvarado, V., & Gastezzi, G. P. P. (2016). A importancia de los ríos como corredores interurbanos. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/315739024_a_importancia_de_los_rios_como_corredores_interurbanos

ANEXOS DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE Anexo 25 Actuación Estratégica Reverdecer del Sur. (s. f.). Alcaldía Mayor de Bogotá.

Badillo, C. (2017). Jardines de lluvia una estrategia paisajística para aprovechar el agua pluvial de las ciudades caso de estudio: Azcapotzalco. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México. México.

Barreto, P. (2017). Pronóstico de inundaciones en la cuenca baja del río Tunjuelo por medio del uso de tecnologías geoespaciales.
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/3132>

Bitácora Urbano Territorial vol.24 no.2 Bogotá July/Dec. 2014 bordes urbanos: teorías, políticas y prácticas para la construcción de territorios de dialogo Natalia Villamizar-Duarte).

Bordino, J. (2021, 26 marzo). Cuencas hidrográficas: qué son, tipos e importancia. ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/cuencas-hidrograficas-que-son-tipos-e-importancia-3334.html>

Burbano, L. L. (1996, 1 enero). LA IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGIA EN EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS.

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1163>

Cambio climático - IDIGER. (s. f.). <https://www.idiger.gov.co/rcc>

Cambio climático - IDIGER. (s. f.-b). <https://www.idiger.gov.co/rcc>

Caribe, CEPAL Y. E. (s. f.). Acerca de la Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/acerca-la-agenda-2030-desarrollo-sostenible>

Cárdenas, A. (2020). Hacia la recuperación de la vida en el sur Tunjuelito Universidad de los Andes, Bogotá. Recuperado de: <https://cider.uniandes.edu.co/es/noticia/recuperacion-vida-sur-tunjuelo-junio-20#:~:text=A%20partir%20de%20su%20entrada,los%20dolores%20de%20la%20cuenca.>

Cárdenas, M. (2010) México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. Greenpeace México. D.F., México.

Cepal. (2021) Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. Documento digital en Naciones Unidas.

Christopherson et al. (2010) Regional resilience: Theoretical and empirical perspectives. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society.

City Square. (2022) Green Square – City of Sydney. Recuperado en julio de 2023 de <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/green-square>

Constitución política de Colombia. (s. f.). <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>

Diagnóstico POMCA Tunjuelito - Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá. (s. f.). <https://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/diagnostico-pomca-tunjuelito>

Díaz, G. (2012) El Cambio Climático. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Santo Domingo, República Dominicana.

Dourojeanni, A. (2002, 1 septiembre). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. <https://repositorio.cepal.org/items/5d6e5e44-b042-493c-8ca3-bee61dc1b5f2>

Galimberti, C. (2013). Paisajes del agua: una mirada hacia el frente costero del Área Metropolitana de Rosario. RIURB Editores. España.

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos Proyecto NET/00/063 "Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe" CEPAL/Gobierno de los Países Bajos Santiago de Chile.

Hernández, D. (2018) Los ríos que se borraron por la expansión urbana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado en agosto de 2023 de <https://periodico.unal.edu.co/articulos/los-rios-que-se-borraron-por-la-expansion-urbana-de-bogota/>

Hernández, G. (2018). Ríos Urbanos. Análisis de relación entre el desarrollo urbano y la pérdida de los ecosistemas fluviales. Universidad Jesuita de Guadalajara. Guadalajara, México.

Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. Institute of Resource Ecology, University of British Columbia. Vancouver, Canada.

Hough, M. (1998). Naturaleza y ciudad planificación urbana y procesos ecológicos. España.

Ibarra-Marigal, S. M., Hernández-Montero, Y. N., Nahuat-Sansores, J. R., Rejón-Parra, D. G., Sánchez-Quijano, M. Ángel., Mena-Rivero, R., Torrescano-Valle, N., Arellano-Guillermo, A., & Romero-Martínez, Ángel I. (2022) Diseño urbano sensible al agua para la zona kárstica de Bacalar, Quintana Roo, México. Recuperado en agosto de 2023 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8647311>

IDIGER. (2017) Caracterización General del Escenario de Cambio Climático para Bogotá. IDIGER. Recuperado en agosto de 2023 de <https://www.idiger.gov.co/rcc>.

IDIGER. (s.f) Normograma para Bogotá. IDIGER. Recuperado en agosto de 2023 de <https://www.idiger.gov.co/normograma>.

Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá. (s. f.). Ideca. <https://www.ideca.gov.co/recursos/glosario/datos-abiertos>

Jordán, R et al. (2017). Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago.

Lynch, K. (2008). La imagen de la ciudad. The Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (Massachusetts), 1960 para la edición castellana: © Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 1984, 1998. España.

Martínez de Pisón, E. (2014). Teorías del paisaje. Departamento de geografía. Universidad Autónoma de Madrid.

Mogollón, Cambio climático - IDIGER. (2017.). <https://www.idiger.gov.co/rcc>

Naciones Unidas. (2023) Naciones Unidas. Acción por el clima.

Recuperado en junio de 2023 de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20se%20refiere,solar%20o%20erupciones%20volc%C3%A1nicas%20grandes>.

Normograma - IDIGER. (s. f.). <https://www.idiger.gov.co/normograma>

Molina, L. Villegas, E. (2015). Ciudades Sensibles al Agua: Paradigma contemporáneo para gestionar aguas urbanas. Universidad de La Rioja. La Rioja, España.

Nuevo POT - Bogotá reverdece 2022-2035 Alcaldía Claudia López | bogota.gov.co.
(s. f.). Nuevo POT - Bogotá Reverdece 2022-2035 Alcaldía Claudia López | Bogota.gov.co.
<https://bogota.gov.co/bog/pot-2022-2035/>

Osorio, J. (2007) El Río Tunjuelo en la historia de Bogotá, 1900 – 1990. Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Pellicer, F. (2001). Ordenación paisajística de espacio fluviales en las ciudades mediterráneas.

Principi, N. (2003). Simulación del nivel de agua para escenarios de inundación. Aplicación a Luján (Buenos Aires, Argentina). Universidad Nacional de Comahue, Argentina.

Proyectos Tunjuelo. (2016). INGETEC. Recuperado 1 de septiembre de 2023, de <https://www.ingetec.com.co/Proyectos/tunjuelo/>

Puig, A. (2018). Desarrollo sostenible: 30 años de evolución desde el informe Brundtland. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

Ribas, A. (s.f) Los paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y experiencias prácticas para su interpretación y valorización. Universitat de Girona Departament de Geografia, Historia e Historia del Arte.

Salaverry, E. Botana, M. (2021). Las teorías sobre cambio climático aplicadas en América Latina y la estandarización de los sistemas ambientales. Recuperado 1 de septiembre de 2023 de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/153736>

Santos, B. (2008). Reinventar la democracia, reinventar el estado. Sequitur. Celpal 1999

Sila, J. (2019) Diseño Urbano Sensible al Agua – Retos y oportunidades. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.L. Alicante, España.

Secretaría del Hábitat. (2022) Anexo 25 – Actuación Estratégica Reverdecer el Sur. Secretaría del Hábitat. Bogotá D.C., Colombia.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021) Descripción y contexto de las cuencas hídricas del Distrito capital (Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo). Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá D.C., Colombia.

Zoido, F. (s.f). Paisaje urbano. Aportaciones para la definición de un marco teórico, conceptual, y metodológico. Centro de estudios paisaje y territorio