



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

**ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO RESILIENTES A LAS
INUNDACIONES EN EL BOULEVARD GARCÍA DE LEÓN**

Tesis para obtener el grado de Maestro en Diseño Avanzado

Presenta:

Arq. Carlos Julián Solorio Benitez

Asesor:

Salvador García Espinosa

Morelia Michoacán, noviembre del 2024



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE ARQUITECTURA



ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO RESILIENTES A LAS INUNDACIONES EN EL BOULEVARD GARCÍA DE LEÓN

Lies: Diseño para el habitat sustentable



Presenta:
Carlos Julián Solorio Benitez

Asesor de tesis:
Salvador García Espinosa

Tesis para obtener el grado de Maestría en Diseño Avanzado
Morelia Michoacán, noviembre del 2024

Dedicatoria

Dedico esta tesis a la memoria de mi padre, quien en todo momento me demostró su apoyo, pero lamentablemente no pudo acompañarme hasta el final de este camino. Aunque no pudo verme concluir este sueño, sé que estaría orgulloso de lo que he logrado. Su amor y ejemplo han sido mi mayor fortaleza.

A mi madre, por su apoyo incondicional. Gracias por tu paciencia, comprensión y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A mi novia, por ser mi mayor motivación para comenzar esta etapa y por acompañarme en cada uno de los momentos más importantes de mi vida. Tu amor y aliento constante me han impulsado a seguir adelante.







Agradecimiento

Agradezco profundamente a mi familia, por ser siempre mi pilar de apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. Su amor, comprensión y compañía me dieron la fortaleza necesaria para concluir este proyecto. A mi novia, por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo constante y motivándome desde el primer momento para seguir adelante en esta etapa tan importante de mi vida.

Quiero expresar mi especial gratitud al Dr. Salvador García Espinosa, mi asesor de tesis, por su constante dedicación y por estar siempre al pendiente de mis avances. Su guía y compromiso fueron fundamentales para que pudiera terminar este trabajo, su generosidad al dedicarme su tiempo es algo que valoro profundamente.

Asimismo, agradezco a mis sinodales: la Maestra Mariela Pedraza, el Dr. Alfredo Palomares, el Dr. Alberto Gómez, y el Maestro Joaquín López, por su tiempo, sus valiosas aportaciones y su disposición a colaborar en este proyecto.

Finalmente, quiero agradecer a mis compañeros de maestría, quienes hicieron este camino más llevadero. En especial, a Max, por su amistad y por contribuir a que mi estancia en la maestría fuera más agradable y relajada. Gracias a todos por formar parte de este proceso y acompañarme en este logro.

	Resumen.....8
	Abstrac.....9
	Introducción.....10
	Capítulo 1: La resiliencia.....24
	1.1 La resiliencia.....26
	1.2 La resiliencia urbana.....32
	1.3 La resiliencia hídrica.....38
	1.4 La resiliencia hídrica en la ciudad de Morelia.....44
	Capítulo 2: Problemática hídrica en la ciudad de Morelia...48
	2.1 Abastecimiento.....50
	2.2 Escasez.....54
	2.3 Contaminación.....58
	2.4 Inundaciones.....62
	Capítulo 3: Boulevard García de León.....66
	3.1 Antecedentes.....68
	3.2 Localización.....70
	3.3 Análisis de las inundaciones.....76
	3.4 Diagnóstico.....88
	Capítulo 4: Estrategias de diseño urbano.....96
	4.1 Casos análogos.....98
	4.2 Estrategias.....102
	4.3 Aplicación.....108
	4.4 Resultados.....142
	Conclusiones.....152
	Referencias.....154
	Tabla de imágenes.....160

Resumen

La tesis investiga la crisis hídrica en Morelia, Michoacán exacerbada por el cambio climático y el crecimiento urbano, que afecta la disponibilidad, calidad y cantidad de agua. Se enfatiza la necesidad de resiliencia hídrica en respuesta a los desafíos emergentes como es el caso de las inundaciones y se selecciona el Boulevard García de León como zona de estudio ante este problema, subrayando la importancia del agua para el desarrollo humano y económico. Se plantean preguntas de investigación centradas en cómo el diseño urbano puede mejorar la resiliencia hídrica de la ciudad y la zona de estudio, identificando la relación entre la gestión del agua, el diseño urbano y evaluando problemas específicos en relación a la crisis hídrica. La hipótesis sugiere que un enfoque de diseño urbano consciente de los cambios en las condiciones climáticas puede mejorar significativamente la gestión del agua en la ciudad, mediante la optimización del uso de agua y la mejora de las estrategias de manejo de aguas pluviales. Los objetivos se orientan a demostrar que una planeación urbana eficaz debe partir del aspecto hídrico en todas sus dimensiones puede aumentar la resiliencia hídrica y proponer soluciones de diseño que mitiguen los problemas hídricos en zonas vulnerables, como es el caso del Boulevard García de León, promoviendo así un desarrollo urbano sostenible en la ciudad de Morelia.

Palabras clave: Resiliencia, Resiliencia hídrica, inundaciones, diseño urbano, Adaptación

Abstrac

The thesis investigates the water crisis in Morelia, Michoacán, exacerbated by climate change and urban growth, which affects the availability, quality, and quantity of water. It emphasizes the need for water resilience in response to emerging challenges such as flooding, selecting Boulevard García de León as the study area for this issue, and highlighting the importance of water for human and economic development. The research questions focus on how urban design can enhance the city's water resilience and the study area, identifying the relationship between water management and urban design, and evaluating specific problems related to the water crisis. The hypothesis suggests that an urban design approach, mindful of changing climatic conditions, can significantly improve water management in the city by optimizing water use and enhancing stormwater management strategies. The objectives aim to demonstrate that effective urban planning, starting from a comprehensive water perspective, can increase water resilience and propose design solutions that mitigate water issues in vulnerable areas, such as Boulevard García de León, thereby promoting sustainable urban development in the city of Morelia.

Keywords: Resilience, Water resilience, flooding, urban design, Adaptation

INTRODUCCIÓN

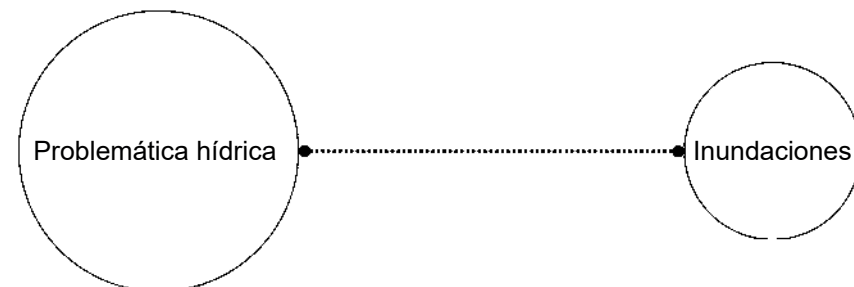
Problema

En la actualidad, es inequívoca la evidencia científica que demuestra que el sistema climático está cambiando como consecuencia de las actividades humanas, la tasa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) está en un máximo histórico. (UNESCO 2020).

Este cambio climático afecta de manera directa los recursos hídricos globales de diferentes maneras, notoriamente afectan la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para cubrir necesidades humanas básicas. Dichos efectos añadirán desafíos a la gestión sustentable de los recursos hídricos, los cuales ya están bajo una fuerte presión en muchas regiones del mundo y sujetos a una elevada variabilidad climática y eventos climatológicos extremos. El agua se ha convertido en una de las principales formas en las cuales se experimenta el cambio climático. (UNESCO 2020).

En México las demandas de agua son variadas y existe una presión constante sobre el recurso hídrico, como consecuencia del crecimiento poblacional urbano que requiere un abastecimiento de agua cada vez mayor, por lo cual gestionar este recurso significa un gran reto en el presente. El suministro hídrico en el país está en crisis y está sufriendo grandes consecuencias por su inadecuada disponibilidad en calidad y cantidad. (Cantú Martínez, 2016)

En en occidente de México se ubica la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán donde el recurso hídrico se ha visto principalmente afectado en los últimos años, consecuencia del crecimiento urbano y demográfico de la ciudad, resultado de la expansión de la zona urbana, actualmente dentro de las múltiples manifestaciones de dicha problemática destacan la inundaciones, alrededor del 25% de la zona urbana enfrenta riesgos de inundación, siendo estas cada vez más frecuentes y que obligan al diseño de estrategias que minimicen sus impactos. (PMD, 2021)



(Fig 0.1) Problemática. Fuente: Elaboración propia

Justificación

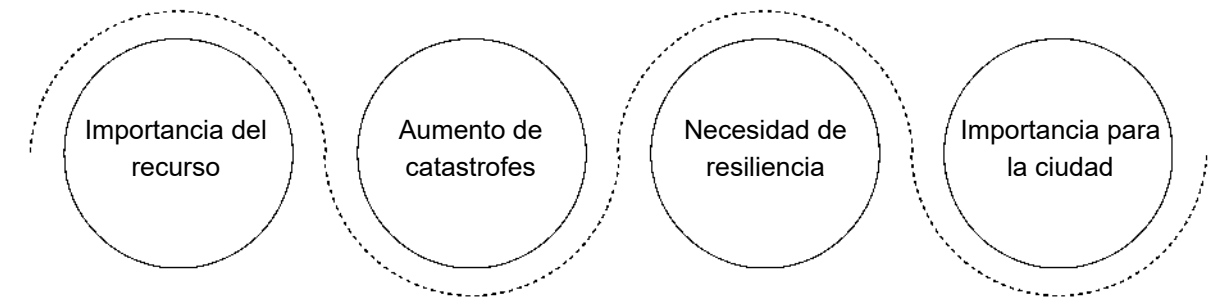
La resiliencia hídrica es un aspecto crucial en la gestión del agua, especialmente en áreas urbanas como la ciudad de Morelia, Michoacán. La justificación se fundamenta en varios puntos clave.

La importancia del recurso, el agua es un recurso vital para el desarrollo humano, la salud pública, la seguridad alimentaria y el crecimiento económico. En Morelia, como en muchas ciudades, la gestión del agua enfrenta desafíos significativos debido a factores como la urbanización rápida, el cambio climático y la escasez de recursos.

La frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías, están en aumento debido al cambio climático. Estos eventos pueden tener impactos devastadores en la infraestructura, la economía y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Necesidad de adaptación y resiliencia ante estos desafíos, es fundamental que las ciudades desarrollen estrategias de adaptación y mejoren su resiliencia hídrica. La resiliencia hídrica no solo implica la capacidad de resistir y recuperarse de eventos extremos, sino también la capacidad de adaptarse a condiciones cambiantes y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos.

La ciudad de Morelia enfrenta desafíos específicos en términos de gestión del agua, incluyendo la escasez de agua en algunas áreas, la contaminación de cuerpos de agua y la vulnerabilidad a inundaciones debido a la topografía del terreno. Mejorar la resiliencia hídrica en Morelia es crucial para garantizar la seguridad y el bienestar de sus habitantes, así como para promover un desarrollo urbano sostenible.



(Fig 0.2) Justificación. Fuente: Elaboración propia

Preguntas de investigación

A raíz de entender los problemas hídricos por los que atraviesa la ciudad de Morelia, y considerando que se debe garantizar una buena resiliencia en materia hídrica es importante especular sobre soluciones relacionadas al diseño urbano que contribuyan a lograr esta resiliencia, entonces se plantea de manera general la siguiente cuestión ¿Cómo a través del diseño urbano se puede contribuir a incrementar la resiliencia hídrica en la ciudad de Morelia?; esta pregunta, abre un punto de partida general y plantea una relación entre el problema y la solución a través del diseño urbano; así mismo, esta y otras preguntas surgen al tener como problema de investigación la resiliencia en materia hídrica buscando entender qué factores determinan la “vulnerabilidad hídrica de la ciudad de Morelia”.

Las cuestiones de carácter específico pretenden entender la relación entre la ciudad y la resiliencia hídrica, los problemas hídricos más relevantes y las medidas de diseño que se pueden implementar para lograr una adecuada resiliencia en materia hídrica, entonces fue de gran importancia el planteamiento de las siguientes cuatro preguntas de investigación partiendo de la pregunta inicial ¿Qué relación existe entre la ciudad de Morelia y la construcción de la resiliencia hídrica?; la cual especula que no existe en la actualidad tal relación, debido a la inadecuada planeación urbana de la ciudad; así mismo, una vez partiendo de esta pregunta, se plantea el segundo cuestionamiento ¿Qué problemas en materia hídrica presenta la ciudad de Morelia que evitan una adecuada construcción de resiliencia?; en la cual se presentan los distintos problemas hídricos por los que atraviesa la ciudad, como preguntas finales ¿Qué acciones de diseño urbano contribuyen a la resiliencia hídrica de la ciudad de Morelia? y ¿Cómo se puede lograr una adecuada resiliencia hídrica a través de un proyecto de diseño?, preguntas relacionadas entre sí, en las cuales se proponen acciones que promuevan en la medida de lo posible la disminución del estrés hídrico de la ciudad, implementado estrategias adecuadas de gestión hídrica implementadas en un proyecto de diseño urbano.

Estos cuestionamientos dan un panorama que parte de lo general a lo específico y brindan un mayor entendimiento del problema de investigación.

Hipótesis

En virtud de los desafíos inherentes a la gestión del recurso hídrico en la ciudad de Morelia, que abarcan cuestiones tales como la contaminación de cuerpos de agua, insuficiencias en el suministro de agua potable, y la creciente escasez de este recurso, entre otros aspectos, se plantea como hipótesis central la consideración de que el diseño urbano puede desempeñar un papel fundamental en el fortalecimiento de la resiliencia hídrica de toda ciudad. La carencia de estrategias de diseño urbano que sean sensibles a las cuestiones relacionadas con el agua agrava aún más estos problemas.

La hipótesis mencionada se sustenta en la premisa de que una planificación urbana consciente y eficiente puede contribuir significativamente a la mejora de la situación hídrica de Morelia. Esto se materializa a través de la promoción de una gestión efectiva de las aguas pluviales, que involucre tanto su recolección como su infiltración en los mantos acuíferos. Paralelamente, se busca optimizar la distribución de este recurso y se persigue garantizar un tratamiento adecuado de las aguas, asegurando, de este modo, una mayor resiliencia hídrica en el contexto urbano de Morelia.

La segunda hipótesis plantea esta misma visión con la implementación de un proyecto de diseño urbano que aborde de manera integral estrategias de resiliencia y generar mejoras significativas en la capacidad de respuesta y adaptación de una zona específica dentro de la ciudad de Morelia ante los desafíos relacionados con el recurso hídrico. La implementación de estas estrategias no sólo puede tener un impacto relevante en la mitigación de problemas existentes, como la contaminación de cuerpos de agua, deficiencias en el abastecimiento de agua potable y la creciente escasez de recursos hídricos, sino que también contribuirá a fortalecer la capacidad general de la zona para afrontar futuros desafíos en este ámbito.

Objetivo específico

En consecuencia, el objetivo principal de la investigación refiere a demostrar que un correcto diseño y planeación urbana pueden contribuir a aumentar la resiliencia hídrica de la ciudad de Morelia.

Objetivos particulares

En segundo término, debido a la inadecuada planeación urbana de la ciudad de Morelia, se propone como objetivo específico probar que no hay una tendencia a lograr resiliencia en la ciudad; así mismo, el tercer objetivo pretende evidenciar de manera precisa los problemas que presenta la ciudad de Morelia en materia hídrica, en los cuales se destacan los problemas de abastecimiento, calidad del agua, escasez, infraestructura, o riesgos por inundaciones etc.

Como objetivo final se pretende mostrar que se puede dar un uso eficiente del recurso hídrico de la ciudad a través de la propuesta de un proyecto de diseño urbano que pueda ser implementado en alguna zona vulnerable de la ciudad de Morelia con el fin de promover su resiliencia en materia hídrica.

Estado del arte

En la actualidad la bibliografía que aborda los temas relacionados a la resiliencia hídrica es diversa, pero coinciden en definirla como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad, para resistir, adaptarse y recuperarse de las amenazas climatológicas y sus efectos secundarios de manera oportuna y eficiente”. Esta capacidad de adaptación en los sistemas es la respuesta a catástrofes climáticas, que modera el daño y aprovecha oportunidades que se puedan presentar. (UNIDSR Y OMM 2012) . Si bien la adaptación se refiere al cambio para resistir las condiciones cambiantes y aprovecharlas, la resiliencia amplía más este panorama refiriéndose a las prácticas sociales, económicas y ambientales que permiten que una determinada área urbana resista los efectos negativos de las condiciones cambiantes, como el cambio climático. (ONU-HABITAT, 2020). Un aspecto importante que deberá cumplir la resiliencia es ayudar a reducir controlar los efectos negativos del cambio climático. (UNESCO 2020).

En la actualidad se reconoce que el cambio climático afectará la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para las necesidades humanas básicas, otros autores como *Malin Falkenmark (2017)*, destacan que para abordar este problema es importante tomar en cuenta la resiliencia como eje central. Durante los últimos años el foro económico mundial ha alertado sobre la creciente crisis hídrica, que aumenta tanto en probabilidad como en impacto y que actualmente tiene la calificación más alta de todos los riesgos sociales. (Falkenmark, 2017).

Teniendo en cuenta la situación mundial del agua hacia los años que se aproximan, hay dos grandes vertientes generales que ponen esta situación en un estado aún más crítico por un lado la demanda de agua de nueve mil millones de personas y por otro el impacto de una economía en rápido crecimiento, la capacidad de abordar este problema con éxito dependerá de comprender la resiliencia desde un panorama más amplio. (Falkenmark, 2020). Esta crisis hídrica mundial puede presentar muchas aristas, el foco puede estar en el agua potable, las redes de infraestructura, la escasez, las inundaciones, la intensa contaminación del agua o el uso de este recurso para la producción de alimentos, etc. en todo caso dependerá de cada zona, por ello hay que mitigar estos problemas tomando como eje central la resiliencia. (Falkenmark, 2017). Uno de los objetivos será garantizar la disponibilidad de agua segura para el uso de todos los consumidores. (Salehi, 2021)

A nivel nacional, en México, el tema de resiliencia hídrica no es tratado de manera específica y no existe suficiente literatura que hable sobre ello, la resiliencia se menciona desde un panorama general, con un enfoque urbano. La dependencia de gobierno Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) publicó la Guía para la Resiliencia Urbana 2016, donde se destaca que la tendencia de las últimas décadas revela que los desastres han aumentado, tanto en número de eventos como en personas afectadas, siendo el cambio climático uno de los principales causantes de las catástrofes, por lo cual indica que la resiliencia urbana es una necesidad y es necesario impulsar el desarrollo de estrategias para implementarla. (SEDATU, 2016)

En el contexto local, en la ciudad de Morelia Michoacán, no hay literatura que hable específicamente sobre resiliencia hídrica, el Plan Municipal de Desarrollo (PMD), y el Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU), establecen un enfoque general en el cual se propone implementar estrategias e instrumentos para garantizar la sostenibilidad de la ciudad.

Marco teórico y conceptual

La resiliencia hídrica es un concepto multidimensional que abarca la capacidad de los sistemas hídricos y las comunidades para resistir. Para desarrollar un marco teórico sólido para esta investigación sobre la resiliencia hídrica en la ciudad de Morelia, Michoacán, es necesario explorar varias áreas clave de conocimiento:

1. Resiliencia Hídrica

La resiliencia hídrica se refiere a la capacidad de los sistemas hídricos y las comunidades para resistir, adaptarse y recuperarse frente a perturbaciones relacionadas con el agua. En el contexto de la gestión del agua, este concepto abarca varias dimensiones, incluyendo:

- Capacidad de Adaptación: La habilidad de ajustarse a condiciones cambiantes y desarrollar nuevas estrategias para hacer frente a eventos extremos como inundaciones o sequías.
- Capacidad de Recuperación: La habilidad de restaurar rápidamente el funcionamiento normal de los sistemas hídricos y las actividades humanas después de eventos disruptivos.
- Sostenibilidad de los Recursos Hídricos: La capacidad de mantener un suministro adecuado y de calidad de agua a lo largo del tiempo, garantizando así la disponibilidad de agua para las generaciones futuras. (La Nueva Agenda Urbana ilustrada, 2020)

2. Factores que Influyen en la Resiliencia Hídrica

La resiliencia hídrica está influenciada por una serie de factores, que pueden dividirse en diferentes categorías:

- Factores Físicos: Incluyen la disponibilidad de recursos hídricos, la calidad del agua, la infraestructura de agua y la topografía del área.
- Factores Sociales: Incluyen la gobernanza del agua, la participación comunitaria en la gestión del agua y la equidad en el acceso al agua.
- Factores Económicos: Incluyen los costos asociados con la gestión del agua, el impacto económico de eventos extremos y la inversión en infraestructura resiliente.
- Factores Políticos: Incluyen las políticas de agua, la regulación gubernamental y la cooperación entre diferentes niveles de gobierno y actores relevantes (UNESCO, 2020).

3. Acciones de Mejora de la Resiliencia Hídrica

Existen diversas estrategias y medidas que pueden contribuir a mejorar la resiliencia hídrica en una ciudad como Morelia. Estas incluyen:

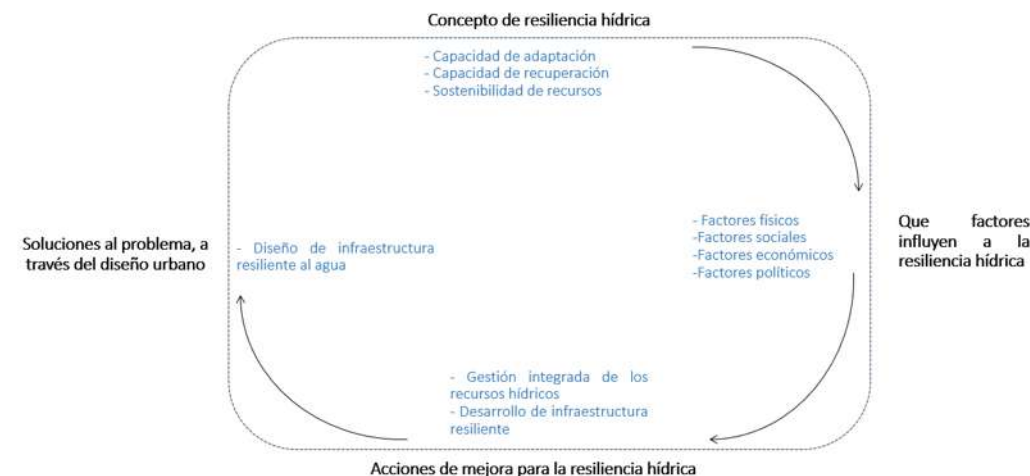
- Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) La GIRH se basa en la coordinación y colaboración entre diferentes sectores y actores involucrados en la gestión del agua, con el objetivo de garantizar un uso sostenible y equitativo de los recursos hídricos.

- Desarrollo y diseño de Infraestructura Resiliente: Esto incluye la construcción de infraestructuras que puedan resistir y recuperarse de eventos extremos, como sistemas de drenaje pluvial mejorados, presas y embalses diseñados para manejar fluctuaciones en el caudal del agua, y sistemas de abastecimiento de agua potable que incorporen tecnologías de tratamiento avanzadas y diversificación de fuentes de agua.

- Educación y Sensibilización Pública: Promover la conciencia pública sobre la importancia del agua y las medidas de conservación puede aumentar la capacidad de respuesta de la comunidad frente a eventos hídricos extremos. Esto puede incluir programas de educación ambiental en escuelas, campañas de sensibilización pública y capacitación comunitaria en prácticas de uso eficiente del agua. (Falkenmark, 2017)

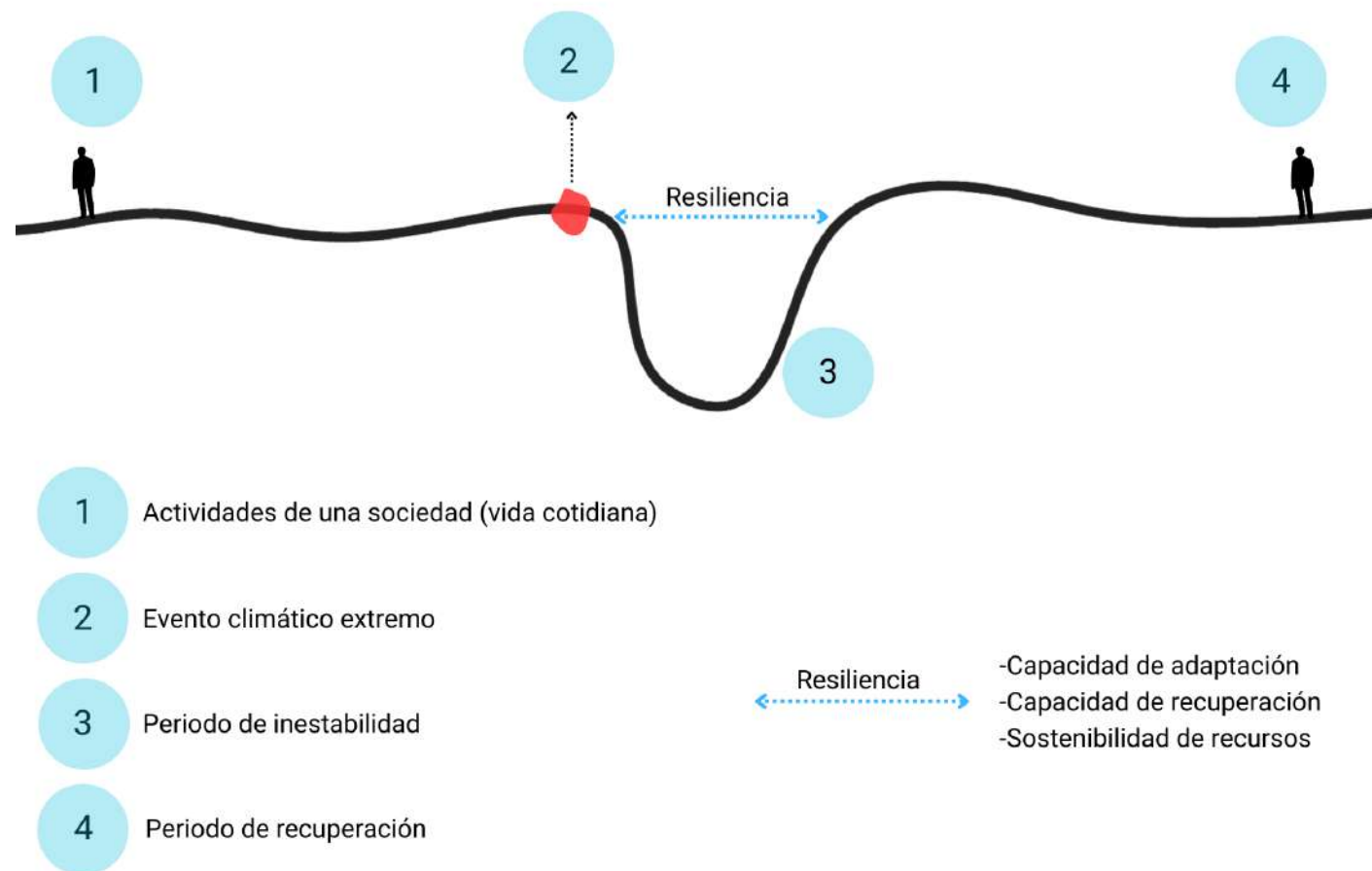
4. Soluciones al Problema de la Resiliencia a través del Diseño Urbano

El diseño urbano puede desempeñar un papel crucial en mejorar la resiliencia hídrica de las ciudades. Estrategias como la implementación de infraestructuras verdes, como parques y áreas de infiltración, pueden ayudar a mitigar inundaciones al absorber y retener agua de lluvia. La integración de sistemas de gestión de agua sostenibles, como la captación de agua de lluvia y el reuso de aguas grises, puede contribuir a reducir la dependencia de fuentes de agua externas y aumentar la disponibilidad de agua en tiempos de escasez. Además, promover la participación comunitaria y la educación pública sobre la importancia del agua y las medidas de conservación puede mejorar la conciencia y la capacidad de respuesta frente a eventos hídricos extremos. (UN-Habitat, 2016)



(Fig 0.3) Marco teórico. Fuente: Elaboración propia

Metodología



(Fig 0.4) Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia

La metodología utilizada en la investigación, se crea de la revisión y comprensión del concepto de resiliencia, centrándose en su aplicación en el contexto de la gestión del agua. Esto implica entender los diferentes estadios de la resiliencia hídrica, como la capacidad de adaptación, la capacidad de recuperación y la sostenibilidad de los recursos hídricos. De esta forma se desarrollan las siguientes etapas.

1.- Análisis del Contexto Local:

Realizar un análisis detallado del contexto local de la ciudad de Morelia, Michoacán, considerando factores geográficos, climáticos, socioeconómicos y políticos que puedan influir en la resiliencia hídrica. Además de una revisión exhaustiva de la literatura académica y técnica relacionada con la resiliencia hídrica.

2.- Identificación de Variables Clave:

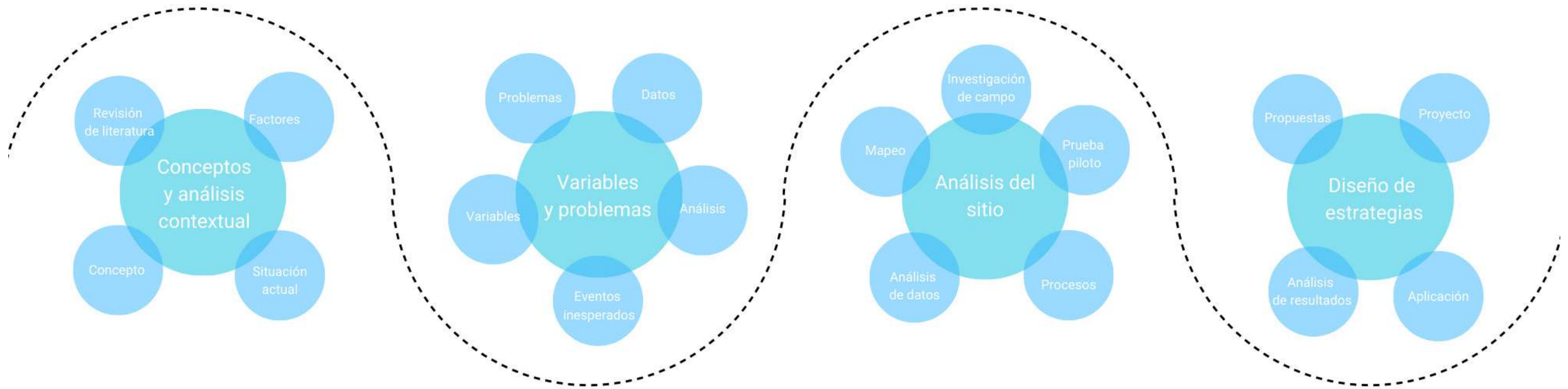
Identificar las variables clave que pueden afectar la resiliencia hídrica en Morelia, incluyendo factores físicos (como disponibilidad de agua, topografía), sociales (como gobernanza del agua, participación comunitaria), económicos (como inversión en infraestructura) y políticos (como políticas de agua y regulaciones). Además de recopilar datos relevantes sobre las variables identificadas, utilizando una variedad de fuentes, como bases de datos públicas, informes gubernamentales, encuestas y entrevistas con partes interesadas locales para finalmente analizar esos datos.

3.- Proceso de Diseño.

Basándose en los hallazgos del análisis de datos y la revisión de literatura, desarrollar un proceso de diseño y proyecto para mejorar la resiliencia hídrica en la ciudad de Morelia. Esto puede implicar la formulación de estrategias de gestión del agua, la identificación de medidas de adaptación al cambio climático, el diseño de infraestructuras resilientes y la elaboración de políticas y recomendaciones específicas. Además de iniciar con las investigaciones de campo y mapeo de las zonas a elegir.

4.- Proyecto.

Finalmente, el objetivo es diseñar un proyecto de diseño urbano resiliente al agua, podrían implementarse catálogos de soluciones.



(Fig 0.5) Metodología gráfica. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 1 LA RESILIENCIA

1.1.1 El concepto de resiliencia

La noción de resiliencia ha emergido como un principio fundamental que atraviesa una amplia gama de campos académicos y prácticas profesionales, subrayando la innata o adquirida habilidad de los seres humanos, las sociedades y los sistemas en su conjunto para navegar, resistir y finalmente prosperar en el contexto de desafíos y adversidades. Este término, con sus raíces profundamente ancladas en la física y la ingeniería, ha trascendido sus confines originales para infundir nuevas perspectivas en las ciencias sociales, la psicología, la ecología y más allá, iluminando los procesos mediante los cuales la resiliencia puede ser comprendida, cultivada y potenciada.

El propósito de este capítulo es comprender la historia y el desarrollo conceptual de la resiliencia, rastreando su travesía desde su etimología y uso inicial hasta su incorporación y adaptación en una diversidad de disciplinas. Mediante esta exploración, se pretende no solo elucidar la evolución del término sino también examinar la manera en que su interpretación y aplicación han evolucionado a lo largo del tiempo, reflejando un entendimiento más profundo y matizado de la adaptabilidad humana y sistémica frente a la adversidad.

Además, este análisis busca desentrañar cómo la resiliencia, como concepto y práctica, se ha convertido en un elemento integral en la forma en que se comprende y abordan los desafíos contemporáneos, desde la gestión de desastres y la sostenibilidad ecológica hasta el bienestar individual y la salud mental. Al hacerlo, este capítulo se propone arrojar luz sobre la relevancia transversal de la resiliencia y su papel indispensable en la promoción de sistemas, comunidades e individuos más robustos, adaptables y sostenibles.

1.1.2 Etimología del término

La palabra “resiliencia” tiene sus raíces en el latín “resilire”, que se traduce como “volver a saltar” o “rebotar”. Este origen etimológico refleja la capacidad de recuperación y adaptabilidad ante la adversidad. La transición de su uso desde un contexto físico a un contexto más metafórico en ciencias sociales y humanidades demuestra la evolución y la adaptabilidad del lenguaje para abordar conceptos complejos (Kaplan, 1999).

1.1.3 Resiliencia en la ingeniería

Dentro del campo de la ingeniería, el término “resiliencia” inicialmente hacía alusión a la habilidad intrínseca de diversos materiales para soportar, asimilar y eventualmente recuperarse de diferentes tipos de esfuerzos y tensiones, todo esto sin incurrir en daños o alteraciones irreparables en su estructura o composición. Con el paso del tiempo, esta noción se ha visto considerablemente expandida y enriquecida, abarcando ahora también la facultad de sistemas completos y estructuras complejas de ingeniería de prever, soportar, contrarrestar y adaptarse eficazmente frente a una gama de incidentes imprevistos, los cuales pueden incluir desde catástrofes naturales hasta fallos técnicos inesperados. En este sentido, el enfoque en el diseño orientado hacia la resiliencia no se limita únicamente a la prevención de fallos estructurales críticos, sino que también enfatiza la importancia de garantizar una pronta y efectiva recuperación de la funcionalidad normal de los sistemas y estructuras afectadas, posterior a la ocurrencia del evento perturbador. Esta visión integral y proactiva de la resiliencia en la ingeniería es fundamental para la construcción de infraestructuras más seguras, duraderas y adaptables, capaces de enfrentar y superar los desafíos que impone un entorno cada vez más dinámico y lleno de incertidumbres (Hosseini, Barker, & Ramirez-Marquez, 2016).

1.1.4 Expansión hacia la Psicología

En el ámbito de la psicología, el concepto de resiliencia ha adquirido una importancia creciente como una característica que permite a los seres humanos enfrentar, adaptarse y salir fortalecidos de experiencias adversas, tales como traumas, tragedias personales, o desafíos significativos de la vida. Esta rama de la ciencia del comportamiento y la mente ha dedicado un esfuerzo considerable en desentrañar los distintos elementos y procesos que fomentan la resiliencia, identificando factores clave como el soporte social efectivo, la creencia en las propias capacidades, conocida como autoeficacia, y la implementación de estrategias de afrontamiento constructivas y adaptativas.

Los estudios en este campo han revelado que más que ser una cualidad estática o meramente innata, la resiliencia se manifiesta como un fenómeno dinámico, que se desarrolla y fortalece a través de las interacciones del individuo con su entorno y las experiencias vividas. Este enfoque dinámico subraya la posibilidad de cultivar y aumentar la resiliencia en los individuos mediante la promoción de entornos de apoyo, el fomento de la autoeficacia y el entrenamiento en estrategias

de afrontamiento eficaces. De este modo, la resiliencia se convierte en un objetivo viable dentro de la práctica psicológica, tanto en la prevención como en la intervención, alentando a las personas a desarrollar la capacidad de resistir y recuperarse de las adversidades de la vida (Masten, 2001; Luthar, Cicchetti, & Becker, 2000).

1.1.5 Resiliencia en la Ecología

En el estudio de la ecología, el término “resiliencia” adquiere una dimensión fundamental al referirse a la capacidad intrínseca de los ecosistemas para soportar variaciones, trastornos o alteraciones externas y, a pesar de ellos, lograr reorganizarse, conservando sus funcionalidades y estructuras clave. Con el tiempo, la conceptualización de la resiliencia ecológica ha abarcado no solo la resistencia ante las perturbaciones, sino también la adaptabilidad y la capacidad de transformación de los ecosistemas ante los desafíos impuestos por el cambio ambiental global.

La investigación contemporánea en ecología enfatiza la relevancia crítica de factores como la diversidad biológica y la redundancia de funciones ecológicas, los cuales son vistos como pilares que sostienen y potencian la resiliencia de los ecosistemas. Estos elementos contribuyen a la capacidad de los sistemas naturales para mantener su biodiversidad, servicios ecosistémicos y procesos biogeoquímicos esenciales, incluso frente a presiones ambientales significativas. De esta manera, la resiliencia ecológica se convierte en un concepto clave para la comprensión y gestión de ecosistemas, subrayando la importancia de estrategias de conservación que apoyen la diversidad y redundancia ecológicas, como medio para fortalecer la capacidad de los sistemas naturales de adaptarse y persistir a través de los cambios (Folke et al., 2004; Walker et al., 2004).

1.1.6 Adopción multidisciplinaria

La noción de resiliencia ha trascendido su uso inicial en los campos de la física y la ingeniería para convertirse en un concepto ampliamente reconocido y aplicado en una diversidad de disciplinas académicas y profesionales. Esta expansión multidisciplinaria refleja la universalidad y la relevancia del concepto de resiliencia en la comprensión y el manejo de fenómenos complejos en diferentes contextos.

En el ámbito sociológico, la resiliencia se investiga en términos de la capacidad de las comunidades, grupos y redes sociales para resistir, adaptarse y evolucionar positivamente frente a situaciones adversas como catástrofes naturales, crisis económicas o conflictos sociales. En la disciplina de la salud pública, el concepto de resiliencia se examina desde la perspectiva de la capacidad de los individuos, las comunidades y los sistemas de salud para anticipar, enfrentar, recuperarse y aprender de las crisis de salud pública, incluidas las pandemias, los brotes de enfermedades y otras emergencias sanitarias. La resiliencia en este contexto abarca la preparación, la respuesta rápida, la recuperación efectiva y la adaptación a nuevas realidades en el ámbito de la salud.

La adopción del concepto de resiliencia en estas y otras disciplinas refleja un reconocimiento de la complejidad de los desafíos contemporáneos y la necesidad de enfoques que promuevan la adaptabilidad, la recuperación y el desarrollo sostenible. Al enfocarse en la resiliencia, las diversas disciplinas buscan fomentar sistemas, comunidades e individuos que no solo sobrevivan a las adversidades, sino que también se transformen de manera positiva y sostenible en respuesta a ellas (Norris et al., 2008; Zautra, Hall, & Murray, 2010).

1.1.7 Concepto resiliencia por autores mexicanos

En México se abrieron distintas barreras disciplinarias para permitir la conceptualización de los elementos del sistema socio ecológico como una herramienta teórica para promover la sustentabilidad. Investigadores de distintas disciplinas se agruparon en redes multidisciplinarias, lo que permitió avanzar en el desarrollo del concepto de sistemas socio ecológicos. Los primeros grupos de investigación interesados en poner en práctica el concepto “resiliencia” lo hicieron en el contexto de sustentabilidad de los sistemas agropecuarios, entre estos grupos destaca la Red Mex-LTER y el grupo de investigaciones MESMIS, el primero ha impulsado tanto a nivel nacional como internacional el tránsito de la investigación ecológica a largo plazo, el segundo maneja el desempeño en términos de sustentabilidad y el manejo de los recursos naturales en México. Estos grupos exploran las variables asociadas a la resiliencia y adaptabilidad para un abanico de casos de estudio en México, indican que la vulnerabilidad puede ser medida y el conocimiento de sus características puede contribuir a mitigar y aumentar la adaptabilidad y resiliencia de los sistemas socio ecológicos. (Balvanera, Astier, Gurri & Zermeño, 2017)

1.1.8 Desafíos actuales y direcciones futuras

Reflexionando sobre los desafíos actuales y las direcciones futuras en la investigación sobre resiliencia, se destaca la imperiosa necesidad de abordajes metodológicos robustos y transdisciplinarios. Estos enfoques deben ser capaces de capturar la complejidad y la multidimensionalidad inherentes al concepto de resiliencia, integrando perspectivas teóricas y metodológicas de diversas disciplinas. Tal integración puede enriquecer nuestra comprensión de la resiliencia y optimizar nuestra capacidad para diseñar e implementar intervenciones efectivas en distintos contextos (Amoudry et al., 2024).

Además, se subraya la urgencia de investigaciones que se enfoquen en la resiliencia frente a contextos de incertidumbre y cambio constante, tales como los desafíos planteados por el cambio climático, la globalización, y diversas crisis socioeconómicas y de salud pública. Esto requiere explorar estrategias para promover la resiliencia no solo a nivel individual y comunitario, sino también a escalas más amplias, abarcando sistemas ecológicos, económicos y sociopolíticos (Cumiskey et al., 2024).

En cuanto a las direcciones futuras, se plantea la importancia de fomentar un diálogo más integrador y colaborativo entre las distintas disciplinas que estudian la resiliencia. Esto podría implicar el desarrollo de marcos teóricos y prácticos compartidos que faciliten la síntesis de conocimientos y la aplicación intersectorial de estrategias de resiliencia. Asimismo, la creciente atención hacia la justicia social y la equidad en el contexto de la resiliencia sugiere una dirección prometedora para futuras investigaciones, centradas en cómo las desigualdades sociales y económicas impactan la capacidad de resiliencia de individuos y comunidades (Adinolfi et al., 2024).

En última instancia, el debate contemporáneo y las perspectivas futuras sobre la resiliencia ofrecen una oportunidad invaluable para repensar y redefinir nuestros enfoques ante los desafíos complejos del siglo XXI, con el objetivo de construir sociedades más adaptativas, equitativas y sostenibles.

1.2 LA RESILIENCIA URBANA

1.2.1 El contexto urbano

El mundo cada vez está más urbanizado. Desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60% para 2030. Las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, ya que contribuyen al 60% aproximadamente del PIB mundial. Sin embargo, también representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos. La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

1.2.2 La conceptualización de la resiliencia urbana

En el marco urbano, la resiliencia no se limita a la mera capacidad de recuperación de las ciudades tras eventos disruptivos; más bien, implica una comprensión más amplia y profunda que incluye la anticipación de riesgos, la adaptación a nuevas circunstancias y la transformación proactiva hacia sistemas urbanos más sostenibles y equitativos. Esto significa que la planificación y gestión urbanas resilientes deben integrar estrategias que fortalezcan la infraestructura física, fomenten la cohesión social, promuevan la justicia económica y protejan el medio ambiente urbano. La resiliencia urbana, por lo tanto, se convierte en sinónimo de una ciudad que no solo sobrevive a las adversidades, sino que también prospera y se desarrolla de manera sostenible a pesar de ellas.

La adopción de un enfoque de resiliencia en la planificación urbana requiere un cambio paradigmático que va más allá de la planificación tradicional orientada a la eficiencia y el crecimiento económico. Implica la incorporación de prácticas de gobernanza inclusivas y participativas, el fomento de la diversidad y redundancia en los sistemas urbanos, y la integración de consideraciones ecológicas y sociales en todas las fases de la planificación y el desarrollo urbanos. En este sentido, las ciudades resilientes son aquellas que reconocen la interdependencia de sus sistemas ecológicos, económicos y sociales, y trabajan hacia la creación de entornos urbanos que sean capaces de resistir shocks y tensiones, al tiempo que mejoran la calidad de vida de todos sus habitantes. (Audefroy & Sánchez, 2017, p. 12)

1.2.3 La importancia de la resiliencia en las ciudades.

Generar resiliencia en las ciudades es importante, la autora *Judith Rodin (2017)* explora la construcción de resiliencia urbana, destacando su influencia como agente de cambio que pueden impulsar la renovación y el desarrollo económico local.

Además, se discute la necesidad de que las ciudades adapten y respondan eficazmente a las crisis, integrando conceptos de resiliencia en su planificación y gestión. Esto incluye colaboraciones multi-sectoriales entre gobiernos, empresas y la sociedad civil, asegurando que las estrategias de resiliencia sean inclusivas y efectivas. Se enfatiza que la resiliencia no solo es resistir sino adaptarse y transformarse de manera que las futuras adversidades tengan un menor impacto negativo, lo que requiere una participación activa de la comunidad en todos los procesos de planificación y respuesta. Esta visión integral muestra cómo las ciudades pueden transformarse y prepararse mejor para enfrentar desafíos futuros, con universidades y centros médicos liderando el camino hacia una transformación urbana resiliente y sostenible. (University of California UCTV, 2017)

1.2.4 La resiliencia urbana en el marco de los ODS

Dentro del amplio espectro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas, el décimo objetivo juega un papel crucial al subrayar la necesidad de forjar ciudades y comunidades que no solo sean inclusivas y seguras, sino también resilientes y capaces de sostenerse a largo plazo. Este particular enfoque hacia la resiliencia urbana es reconocido como un pilar esencial dentro del marco de desarrollo sostenible, instando a las urbes de todo el mundo a tejer en el tejido de su estructura y funcionamiento diario, políticas y prácticas que incrementen su fortaleza ante adversidades diversas. Este esfuerzo por integrar la resiliencia en el corazón del urbanismo va más allá de la simple reducción de riesgos asociados a fenómenos naturales o al impactante cambio climático; se extiende hacia la construcción de comunidades urbanas que son inherentemente más unidas, flexibles y capaces de evolucionar de manera positiva frente a los retos (UN-Habitat, 2016).

1.2.5 Otros enfoques globales sobre resiliencia urbana

La Nueva Agenda Urbana hace mención del término resiliencia urbana, pide el compromiso de “apoyar el proceso de planificación de la adaptación a mediano y largo plazo, así como las evaluaciones de la vulnerabilidad de las ciudades frente al clima y sus repercusiones, a fin de fundamentar planes de adaptación, políticas, programas y actividades dirigidos a promover la resiliencia de los habitantes de las ciudades, en particular mediante la adaptación basada en ecosistemas. (La Nueva Agenda Urbana ilustrada, 2020). También re-define el término de resiliencia como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a amenazas, para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de una amenaza de manera oportuna y eficiente, incluso mediante la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas esenciales.” (UNISDR & MMO, 2012)

En el escenario internacional, documentos clave como la Nueva Agenda Urbana (2016) y la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres han resaltado enfáticamente la imperiosa necesidad de adoptar enfoques holísticos y abarcadores hacia el concepto de resiliencia en las ciudades. Estas guías globales abogan por una visión de la resiliencia urbana que va más allá de la mera atención a la infraestructura física y la planificación espacial, instando a la inclusión de estrategias que promuevan la inclusión social, la equidad y una gobernanza efectiva y participativa. La evaluación de ejemplos concretos donde ciudades de diversas latitudes han logrado incorporar y ejecutar con éxito políticas orientadas a la resiliencia arroja luz sobre la importancia crítica de abordajes innovadores y flexibles. Estas experiencias subrayan el valor incalculable de la sinergia y la cooperación entre una amplia gama de participantes en el tejido urbano, desde autoridades locales y nacionales hasta organizaciones comunitarias y el sector privado, para afrontar y superar los retos presentes y venideros en el ámbito urbano (Sandoval & Sarmiento, 2018).

1.2.6 La resiliencia urbana en América Latina

Dentro del panorama latinoamericano, la resiliencia urbana se entiende como un esfuerzo colectivo y multifacético para crear ciudades capaces de resistir, adaptarse y prosperar frente a una amplia gama de desafíos. Estos incluyen no solo amenazas naturales como terremotos y huracanes, sino también desafíos socioeconómicos derivados de la rápida urbanización, la desigualdad y la informalidad. En este contexto, la investigación realizada por Carrizosa et al. (2019) destaca cómo las ciudades latinoamericanas están implementando prácticas resilientes que ofrecen alternativas innovadoras para la gestión urbana, contribuyendo a una mayor sostenibilidad y bienestar para sus habitantes.(Carrizosa et al., 2019)

Las prácticas resilientes en América Latina abarcan desde la mejora de la infraestructura física y los sistemas de alerta temprana hasta iniciativas de inclusión social y fortalecimiento de la gobernanza local. Estas estrategias no solo buscan mitigar los efectos adversos de los desastres y el cambio climático, sino también promover una mayor cohesión comunitaria y equidad en el acceso a recursos y servicios urbanos. La participación activa de la comunidad en la planificación y toma de decisiones se reconoce como un elemento crucial para construir ciudades más resilientes, al asegurar que las soluciones sean pertinentes y efectivas para las necesidades y desafíos específicos de cada contexto urbano.(Carrizosa et al., 2019)

1.2.7 Resiliencia urbana en México

En el contexto de México, la integración de la resiliencia urbana en la planificación y gobernanza de las ciudades se presenta como un enfoque crucial para abordar la multiplicidad de desafíos que enfrentan las urbes contemporáneas. Este enfoque reconoce que, más allá de los riesgos naturales, las complejidades socioeconómicas inherentes a la estructura urbana demandan una consideración integral en el diseño de estrategias resilientes. La resiliencia urbana, por tanto, se entiende no solo como la capacidad de una ciudad para resistir y recuperarse de adversidades, sino también como su habilidad para anticipar, adaptarse y transformarse de manera proactiva ante futuros desafíos. Esta visión holística implica un replanteamiento de la planificación urbana, donde la participación comunitaria, la equidad social y la sostenibilidad ambiental se convierten en pilares fundamentales

para el desarrollo de ciudades resilientes.(Sandoval & Sarmiento, 2018).

La adopción de un marco de resiliencia urbana en México sugiere la necesidad de políticas y prácticas que fomenten no solo la mitigación de riesgos, sino también la adaptación y transformación positiva de las ciudades frente a los desafíos emergentes. Esto requiere una gestión urbana que promueva la inclusión activa de las comunidades en la toma de decisiones,(Sandoval & Sarmiento, 2018).

Esta perspectiva profundiza en la comprensión de la resiliencia urbana, no solo como una respuesta a los desafíos inmediatos, sino como una oportunidad para repensar y rediseñar las ciudades de manera que puedan prosperar en un entorno en constante cambio, asegurando la calidad de vida y la sostenibilidad para las generaciones futuras. (Sandoval & Sarmiento, 2018).

1.3 LA RESILIENCIA HÍDRICA

1.3.1 La resiliencia hídrica

La resiliencia hídrica es un concepto integral en la gestión de recursos hídricos, especialmente en el contexto del cambio climático y el crecimiento urbano. Se refiere a la capacidad de los sistemas hídricos para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos adversos de las perturbaciones, como las sequías, inundaciones y la contaminación, manteniendo funciones críticas para la vida y la biodiversidad (Rockström et al., 2014).

Los principales desafíos para la resiliencia hídrica incluyen el cambio climático, que altera los patrones de precipitación y aumenta la frecuencia e intensidad de eventos extremos; la urbanización, que incrementa la demanda de agua y reduce la capacidad de los entornos urbanos para manejar el agua de manera sostenible; y la contaminación, que compromete la calidad del agua disponible para usos humanos y ecológicos.

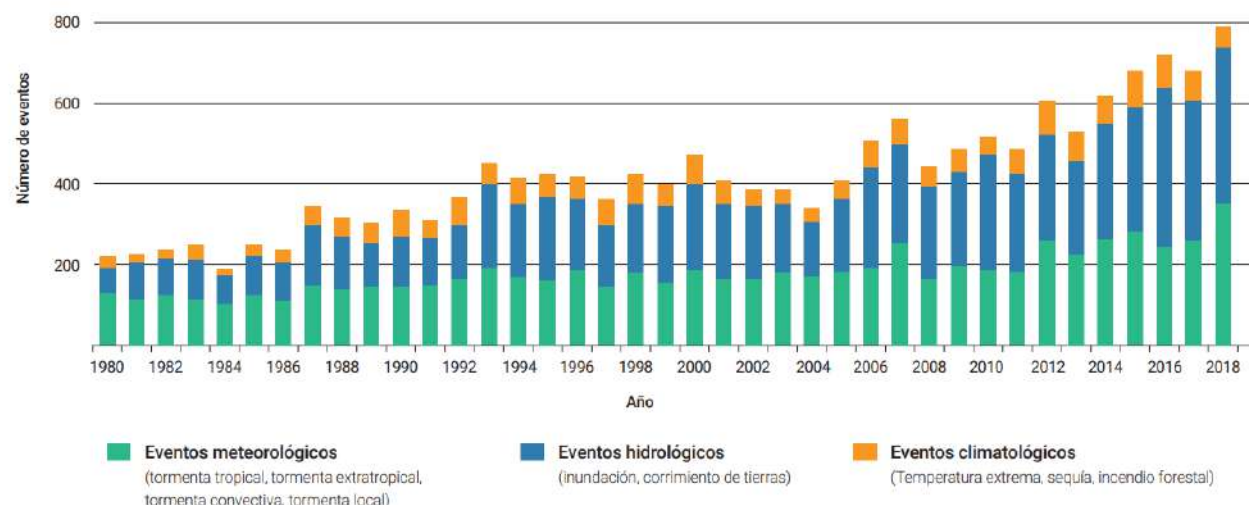
1.3.2.- La resiliencia hídrica en el contexto global

La resiliencia hídrica en el contexto global es cada vez más relevante ante los desafíos planteados por el cambio climático, que afecta directamente la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para necesidades humanas básicas, amenazando así el disfrute efectivo de los derechos humanos al agua y al saneamiento. El cambio climático, mediante la alteración del ciclo del agua, plantea riesgos significativos para la producción de energía, la seguridad alimentaria, la salud humana, el desarrollo económico y la reducción de la pobreza, lo que podría socavar seriamente la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (UNESCO, 2020).

El Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas de 2020, publicado por la UNESCO en nombre de UN-Agua, se centra en cómo la gestión mejorada del agua puede ofrecer respuestas potenciales a los desafíos del cambio climático en términos de adaptación, mitigación y aumento de la resiliencia. Abordar el cambio climático a través del agua no solo mejora la provisión de servicios de suministro de agua y saneamiento, sino que también combate tanto las causas como los impactos del cambio climático, incluyendo la reducción del riesgo de desastres. Este enfoque presenta una solución triple que beneficia la gestión sostenible de los recursos hídricos, aborda las causas y los impactos del cambio climático y contribuye directa e indirectamente a varios de los ODS. (UNESCO, 2020).

Aunque la necesidad de abordar el cambio climático a través de la gestión del agua es ampliamente reconocida, esto no se ha traducido en acciones concretas. Los fondos climáticos representan una gran oportunidad para proporcionar financiamiento adicional para el agua. Es crucial que las iniciativas de adaptación y mitigación a través del agua se implementen para garantizar una gestión sostenible del agua y proteger los derechos humanos al agua potable segura y al saneamiento. (UNESCO, 2020).

Las inundaciones y tormentas representan casi el 90% de los desastres naturales más significativos, y se anticipa que el cambio climático, al alterar los patrones de lluvia, intensificará la frecuencia y gravedad de estas inundaciones y sequías en diversas áreas. Se ha observado un incremento superior al 50% en las inundaciones globales y lluvias intensas en la última década, con una frecuencia cuádruple respecto a 1980. Igualmente, otros eventos extremos como tormentas, sequías y olas de calor han visto un aumento de más de un tercio en este periodo, duplicando las cifras de 1980. Esto ilustra una tendencia ascendente en los desastres relacionados con inundaciones a nivel mundial, así como en eventos meteorológicos y climáticos extremos. (UNESCO, 2020).



(Fig 1.1) Catastrofes relacionadas con el clima. Fuente: UNESCO,2020.

1.3.3 La resiliencia hídrica en el contexto latinoamericano

El contexto de resiliencia hídrica en Latinoamérica es complejo y desafiante, dada la diversidad climática, geográfica y socioeconómica de la región. La gestión del agua en América Latina y el Caribe se enfrenta a múltiples retos que deben ser abordados para alcanzar una seguridad hídrica adecuada. Estos desafíos están estrechamente vinculados a los rápidos cambios sociales, económicos y políticos que atraviesan las sociedades de la región. (Peña, 2016)

Entre los principales desafíos identificados se encuentra la necesidad de construir una nueva gobernanza tanto de los recursos naturales como de los servicios públicos relacionados con ellos. Esto implica la formulación de políticas públicas adaptadas a la realidad de cada país en materia de legislación de los recursos hídricos, gestión del agua y manejo de cuencas. Asimismo, es crucial la creación y puesta en operación de organismos de gestión del agua a nivel de cuenca. (CEPAL, 2021)

Una de las áreas prioritarias para la región es la adopción e implementación del derecho humano al agua potable, promoviendo sistemas de prestación eficientes, sostenibles y resilientes. Además, la región enfrenta crecientes conflictos por los usos múltiples del agua, lo que resalta la importancia de mejorar la gobernanza de los recursos hídricos. (CEPAL, 2021)

Otro aspecto relevante es el enfoque del Nexo entre el agua, la energía y la alimentación, que ofrece procedimientos para la adopción de decisiones de políticas públicas que consideren las interrelaciones e interdependencias entre estos sectores. Este enfoque busca reducir ineficiencias y conflictos derivados de la falta de integración y coordinación, al tiempo que aprovecha las sinergias entre ellos. Este método resulta especialmente interesante para los países de América Latina y el Caribe, dadas las presiones del cambio climático, el aprovechamiento intensivo de recursos naturales y las demandas de una población urbana creciente. (CEPAL, 2021)

Para abordar estos desafíos, es esencial una cooperación regional y la implementación de estrategias que promuevan la gestión sostenible y la resiliencia hídrica en la región. Las iniciativas como la Estrategia Regional de Cambio Climático representan pasos importantes en esta dirección, pero se requiere un compromiso continuo y reforzado por parte de todos los actores involucrados.

1.3.4 Transición hacia el contexto nacional

Para ampliar la discusión sobre la situación hídrica en México, es importante considerar varios aspectos y datos clave que ilustran la complejidad y la urgencia de los desafíos hídricos en el país.

Variabilidad Geográfica y Climática.

Al igual que en el caso latinoamericano México se caracteriza por su gran diversidad geográfica y climática, que resulta en una distribución muy desigual de los recursos hídricos. Las regiones del norte y noroeste, por ejemplo, son predominantemente áridas o semiáridas y enfrentan escasez de agua, mientras que el sureste recibe abundantes precipitaciones. Esta disparidad geográfica requiere estrategias de gestión del agua altamente regionalizadas y adaptadas a las condiciones locales.

Cambio Climático y Extremos Hidrológicos.

El cambio climático agudiza los extremos hidrológicos en México. Las sequías se vuelven más prolongadas y severas, especialmente en las regiones ya áridas, afectando la agricultura, el suministro de agua para consumo humano e industrial, y la conservación de ecosistemas. Por otro lado, episodios de lluvias intensas provocan inundaciones que impactan la infraestructura urbana, la economía y la vida de las comunidades.

Uso Ineficiente y Sobreexplotación.

El sector agrícola, que consume aproximadamente el 77% del agua disponible en México, a menudo emplea prácticas de riego ineficientes que contribuyen al agotamiento de fuentes superficiales y subterráneas. Además, la falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento y la distribución de agua lleva a pérdidas significativas, exacerbando la escasez en muchas áreas.

Gestión y Marco Legal.

La Ley Nacional de Aguas y las políticas implementadas por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) buscan enfrentar estos desafíos promoviendo una gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. Esto incluye la modernización de infraestructuras, la promoción de tecnologías de riego eficiente, y la implementación de sistemas de tarifas que incentiven el ahorro y la reutilización del agua.

Iniciativas y Soluciones.

En respuesta a la compleja situación hídrica, México ha adoptado varias iniciativas como la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en la agricultura y la industria, la rehabilitación de redes de suministro para reducir las pérdidas de agua, y la implementación de programas de captación de agua de lluvia en zonas urbanas.

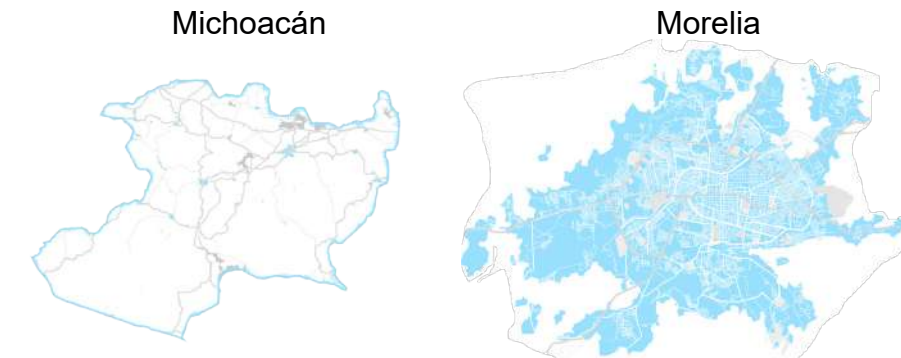
Perspectivas y Desafíos Futuros.

A pesar de los esfuerzos en curso, México continúa enfrentando desafíos significativos para asegurar la seguridad hídrica para todos sus habitantes. La colaboración entre el gobierno, la sociedad civil, la comunidad científica y el sector privado es crucial para desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles que aborden tanto la demanda como la oferta de agua, en el marco del cambio climático y el crecimiento demográfico.

La gestión del agua en México es un tema dinámico y en constante evolución. Participar en iniciativas de conservación y uso sostenible del agua es esencial para todos los mexicanos. (CONAGUA, 2019)

1.4 LA RESILIENCIA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MORELIA

1.4.1 Contexto general de la ciudad de Morelia



(Fig 2.2) Morelia. Fuente: IMPLAN,2024.

Morelia, capital del Estado de Michoacán de Ocampo, enfrenta, al igual que otras urbes a nivel nacional e internacional, diversos desafíos en su camino hacia el desarrollo sostenible. La expansión de la ciudad y de ciertos núcleos poblacionales no ha estado alineada con una estrategia territorial concertada ni considera una perspectiva a largo plazo. Esta falta de previsión ha conducido a inconsistencias en la administración urbana, traduciéndose en múltiples problemáticas y retos relacionados con la desigualdad tanto social como territorial, el progresivo deterioro del medio ambiente y una estructura económica que enfrenta dificultades para integrar a la amplia mayoría de la población en sus dinámicas y ventajas. (PMDU, 2022)

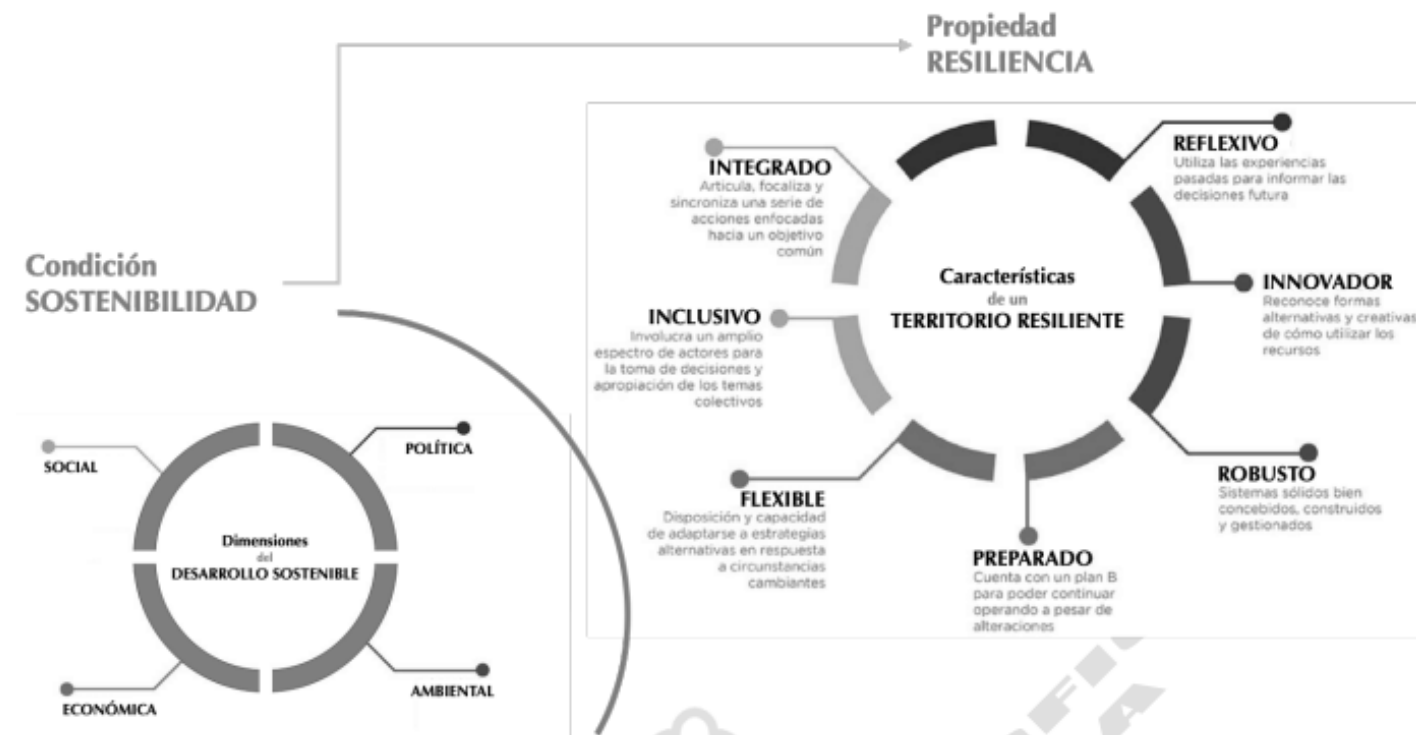
1.4.2 La resiliencia en Morelia desde el marco de los ODS



(Fig 1.3) ODS. Fuente: IMPLAN,2024.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Morelia, con un periodo de vigencia desde el año 2022 hasta el 2041. Este plan adopta una visión alineada con los objetivos de la Agenda 2030, que se concretan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales representan un llamado global a la acción para erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas en todo el mundo. Es crucial destacar que el PMDU se alinea especialmente con el Objetivo 11, que busca la creación de ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Dentro de este objetivo, se enfatiza particularmente en la meta 11.3, la cual se centra en promover una urbanización inclusiva y sostenible, además de fomentar la capacidad para una planificación y gestión urbanas que sean participativas, integradas y sostenibles.

En 2016, el Centro de Resiliencia de Estocolmo introdujo un enfoque novedoso para el análisis del desarrollo sostenible, abarcando sus aspectos económico, social y ecológico, en línea con la Agenda 2030 y sus objetivos. Este enfoque innovador replantea la relación entre las esferas económica y social, situándolas dentro de la biósfera, y se aleja de los análisis reduccionistas típicos de la perspectiva sectorial sobre la sostenibilidad. Propone que la economía debe estar al servicio de la sociedad, la cual, a su vez, debe interactuar de manera saludable y segura con su entorno natural. Desde esta perspectiva, se considera que las dimensiones social y económica están subordinadas a la sostenibilidad ambiental, y ambas son impulsadas por acuerdos institucionales emanados del ámbito político, que se materializan en alianzas o colaboraciones entre los distintos actores del desarrollo sostenible. Al cumplir con estos criterios de sostenibilidad, Morelia como cualquier otra ciudad podrá desarrollar capacidades para adaptarse a posibles perturbaciones y consolidarse como un territorio resiliente. (PMDU,



(Fig 1.4) Resiliencia territorial. Fuente: PMDU,2022.

1.4.3 El aspecto hídrico en la ciudad de Morelia

Como ya se mencionó anteriormente, el agua representa un tema crucial a nivel mundial, siendo indispensable para cualquier visión de futuro sostenible. En Morelia, la situación de este recurso es preocupante debido a que el desarrollo urbano ha impactado negativamente en la disponibilidad de servicios ecosistémicos esenciales, como la provisión de agua y la regulación del ciclo hidrológico. Esto se debe a la explotación excesiva de los acuíferos y al hecho de que la mayoría de los cuerpos de agua superficiales se emplean para verter aguas residuales sin tratamiento previo, provocando así serios problemas de contaminación. Esta contaminación es evidente en cuerpos de agua como los ríos Grande y Chiquito, así como en la presa Cointzio, donde se descargan desechos provenientes de zonas urbanas y rurales. (PMD, 2021)

Además, la problemática del agua en Morelia no puede ser abordada únicamente desde una perspectiva local, sino que requiere un enfoque regional. El agua define sus propias unidades naturales que trascienden las fronteras administrativas, siendo las cuencas hidrográficas elementos clave para la planificación y gestión del territorio a nivel global, debido a su naturaleza intrínsecamente transfronteriza. (PMD, 2021)

Algunos problemas hídricos del Municipio derivados del proceso de crecimiento urbano seguido a la fecha son los siguientes:

- Inundaciones. Se ha multiplicado el área susceptible de inundaciones pluviales dentro del área urbanizada.
- Abastecimiento y escasez de agua. El abatimiento de los acuíferos subterráneos y el deterioro y explotación de los superficiales crea una disminución en la disponibilidad.
- Calidad del agua. Aguas residuales son vertidas a los cuerpos de agua superficiales

CAPÍTULO 2

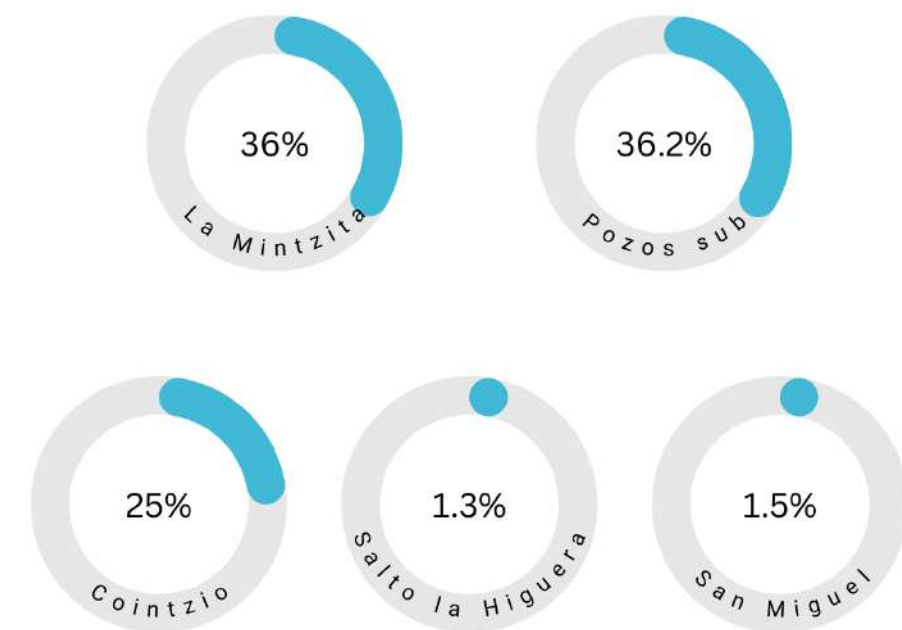
PROBLEMÁTICA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MORELIA

2.1 ABASTECIMIENTO

2.1.1 Principales fuentes de abastecimiento

En cuestión de abastecimiento de agua potable, reporta el Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OOAPAS), que el municipio de Morelia se abastece de pocas fuentes, que se dividen en fuentes superficiales y fuentes subterráneas, las cuales en total aportan un total de 2,695 l/s (litros por segundo). Las fuentes superficiales más importantes con las que cuenta el municipio son; la presa de Cointzio y el manantial La Mintzita, siendo esta segunda la que mas cantidad de agua aporta al municipio con un gasto total de 970 l/s (36%), por su parte la presa de Cointzio que opera desde 1952 y se localiza a 13 km del suroeste de la ciudad aporta un total de 661 l/s (25%). Otras fuentes importantes de extracción son: el manantial Salto La Higuera en el suroeste de la ciudad de Morelia, es un afloramiento del cual se extrae por bombeo un caudal de alrededor de 35 l/s (1.3%); el manantial San Miguel, que es la fuente de abastecimiento más antigua de la ciudad, se ubica al sureste y un afloramiento en ladera de montaña que se potabiliza antes de incorporarse a la red de distribución, aporta un caudal medio de 41 l/s (1.5%), (fig 2.1). (IMPLAN, 2023)

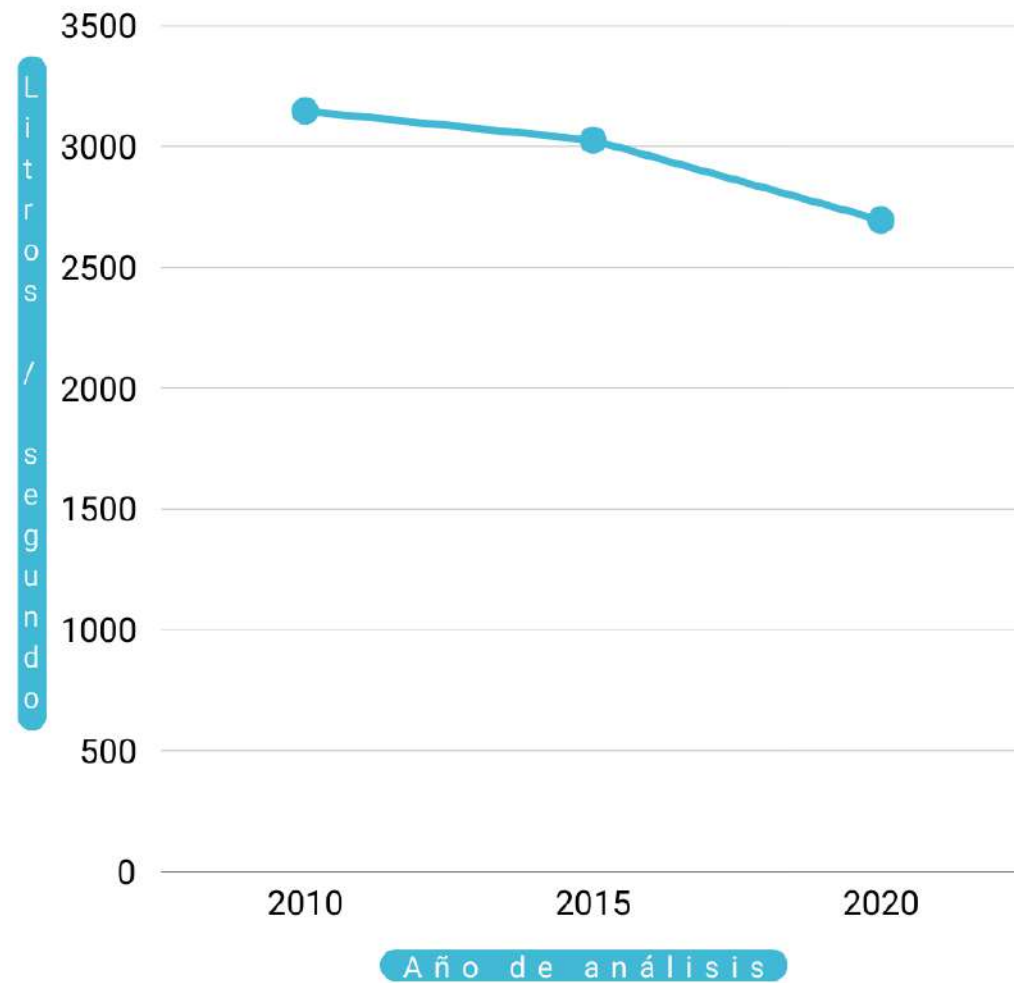
Por otra parte, las fuentes subterráneas se componen de 124 pozos de los cuales operan únicamente 107 y presentan profundidades promedio de 220 m. El gasto promedio total de todos los pozos es de 970.2 l/s (36.2%). (IMPLAN, 2023)



(Fig 2.1) Gráfica de suministro hídrico. Fuente: IMPLAN, 2023. Elaboración propia

2.1.2 Producción hídrica de las fuentes

En el último estudio realizado por el OOAPAS (2020), se observó que existe una clara tendencia a la disminución del recurso hídrico de los manantiales y la presa la Mintzita, así como también de las fuentes subterráneas en el año 2010, estas fuentes hídricas aportaban un total de 3,147 l/s, en la actualidad aportan solamente un total de 2,695 l/s. Estable el IMPLAN que este comportamiento es independiente a los sistemas de captación hídrica, su regularización y distribución, por lo cual la situación está directamente asociada con el cambio de uso de suelo de algunas zonas forestales, el crecimiento de la mancha urbana y la impermeabilización de las zonas de recarga para estas fuentes de agua. (IMPLAN, 2023)



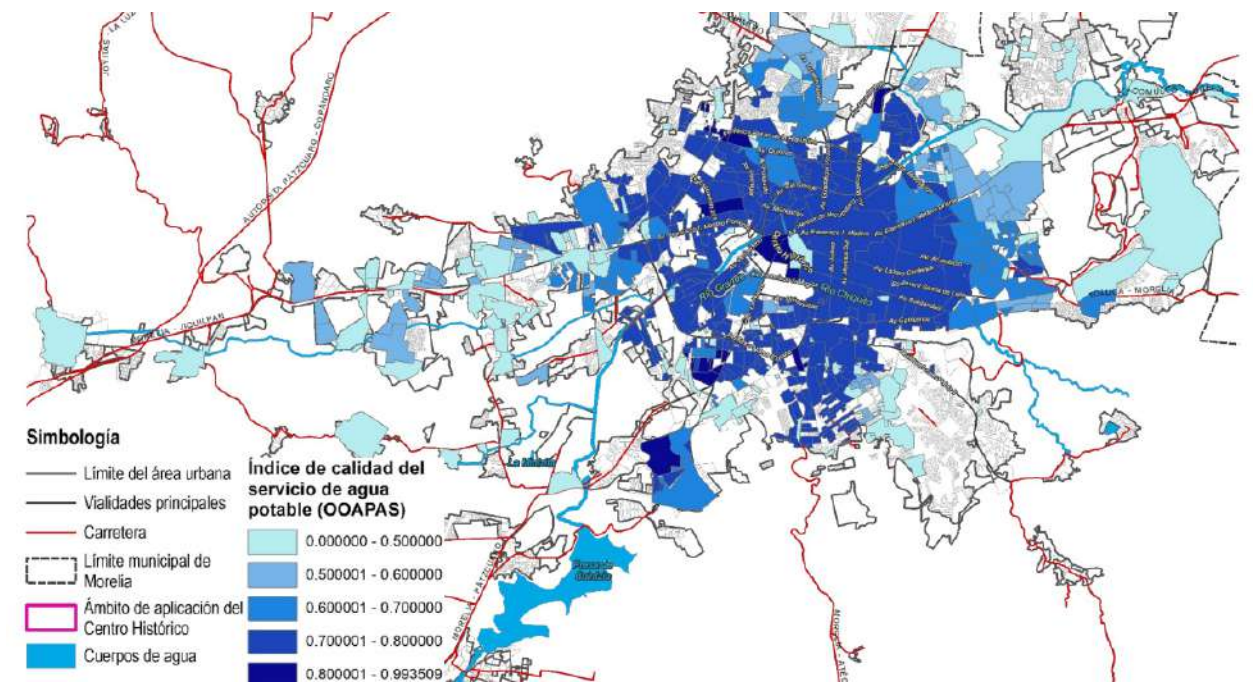
(Fig 2.2) Producción de los cuerpos de agua. Fuente: IMPLAN, 2023. Elaboración propia

2.1.3 Líneas de conducción hídricas

La longitud que se estima de las líneas de conducción hídrica es de 355 km, estas líneas de conducción urbana están directamente relacionadas con el traslado de agua potable dentro de la ciudad de Morelia, uno de los problemas actuales por lo que atraviesan estas redes de distribución se vincula directamente a la topografía y crecimiento acelerado de la mancha urbana razón por la cual se rebasan las áreas de cobertura de los sistemas de suministro principales, lo que ha ocasionado la necesidad de rebombos con sus respectivas conducciones, de tal forma que se presentan diversos sistemas independientes unos de otros. (IMPLAN, 2023)

En la ciudad de Morelia la cobertura de estas líneas de conducción de agua potable es de un 97% para las viviendas y mayormente este servicio es tipo doméstico, aunque se estima que más de la mitad de estas redes se encuentran en malas condiciones, por lo que el volumen de pérdida de agua es de más del 50%. (PMD, 2021)

La calidad del servicio de agua en cuanto al abastecimiento hídrico se mide por medio de un índice que comprende valores entre 0 y 1, en el cual las zonas más próximas al valor 1, cuentan con un mejor servicio de distribución, por otro lado, las zonas con un valor más cercano al 0, tienen un servicio más deficiente, (IMPLAN, 2023) como se muestra en la figura 2.3.

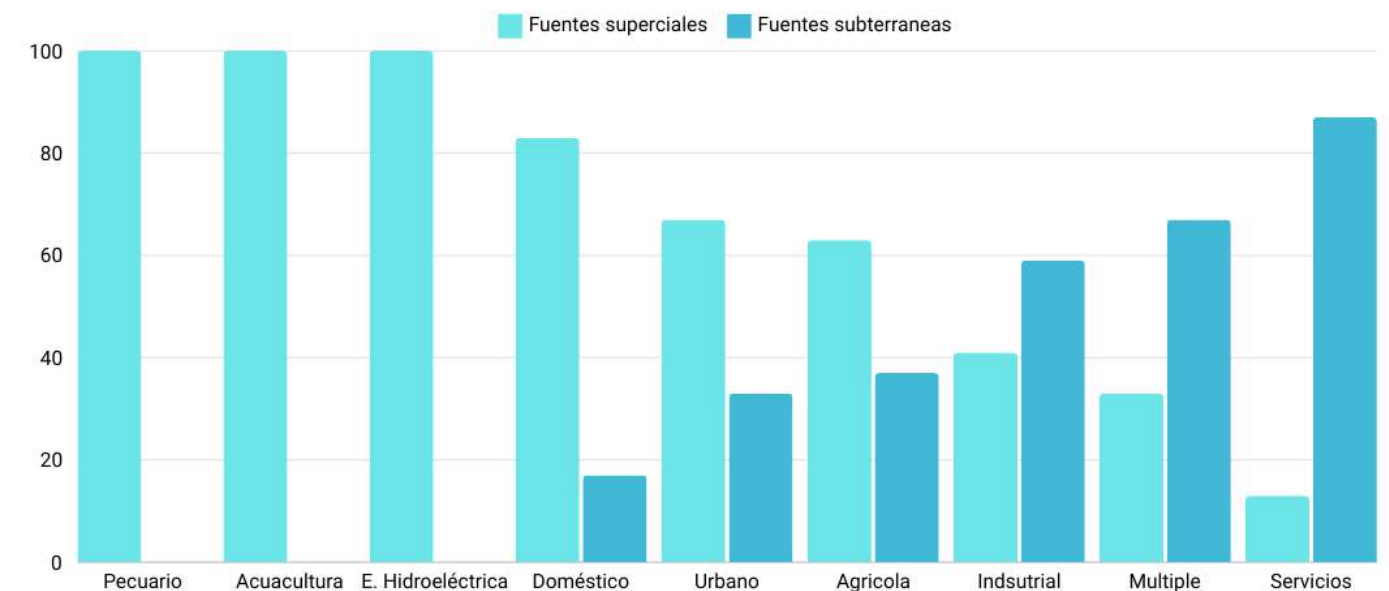


(Fig 2.3) Índice de calidad del servicio de agua potable. Fuente: IMPLAN, 2023.

2.2.1 Contexto general de la escasez en la ciudad

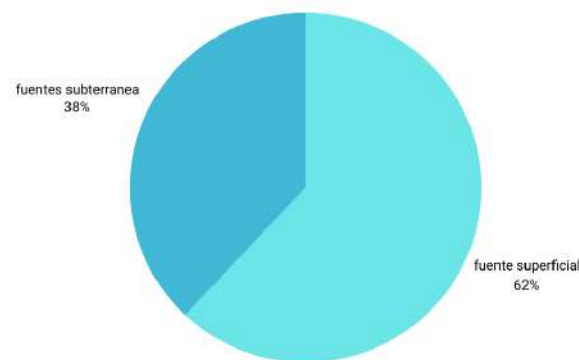
Actualmente la ciudad atraviesa por distintos problemas, dentro de los cuales uno de los principales es la propia escasez de este recurso, consecuencia directa del crecimiento urbano y demográfico, cada vez es más difícil dar cobertura de este recurso, además de la sobreexplotación de los mantos acuíferos para abastecer otros servicios. (PMD, 2021)

La sobreexplotación de estos mantos abastece otros sectores económicos importantes de la ciudad, esta repartición del recurso hídrico se distribuye de manera desigual entre sectores, lo cual promueve la escasez del recurso para uso doméstico dentro de la ciudad, tan solo el sector agrícola utiliza alrededor de un 75% de los recursos hídricos de la ciudad, seguido del sector industrial y el sector de energía hidroeléctrica. Estos distintos sectores usan agua de las fuentes superficiales y subterráneas afectando de manera directa ambas fuentes, a continuación, en la figura 2.4 se muestra el porcentaje de agua utilizado por fuente de abastecimiento. (IMPLAN, 2017)



(Fig 2.4) Consumo anual de agua por sector. Fuente: IMPLAN, 2017. Elaboración propia

La figura anterior muestra únicamente el porcentaje de agua utilizado por tipo de fuente ya sea subterránea o superficial, destacando el uso del agua de fuentes superficiales sobre las fuentes subterráneas, el uso de ambas se expresa de manera general en la siguiente gráfica (Fig 2.5). (IMPLAN, 2017)



(Fig 2.5) Porcentaje de consumo por fuente. Fuente: IMPLAN, 2017. Elaboración propia

La comisión estatal del agua y gestión de cuencas (CEAC), advirtió sobre el estrés hídrico y escasez de agua derivada de la sobreexplotación de los mantos acuíferos, este mismo organismo declaró que se están perforando pozos de manera irregular para el sector agrícola, lo cual agrava aun mas este problema. También se señaló que cada año llueve menos, cada día se extrae mas agua de manera ilegal, y esto esta abatiendo las fuentes de la ciudad, llevándola a una complicada situación de escasez hídrica. (Celaya, 2020)

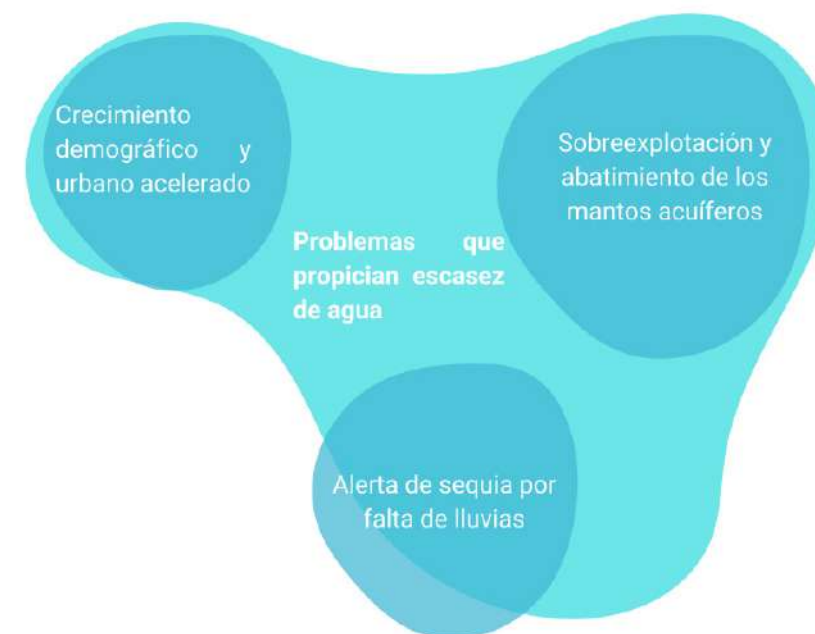
2.2.2 La situación actual de la escasez de agua en Morelia.

Se prevé que la crisis por falta de agua se acentúe durante 2024 en la ciudad de Morelia, 86 de las 650 colonias tienen problemas de escasez y 20 de los 124 pozos profundos dejaron de abastecer agua por la falta de lluvia en los últimos dos años, informó el OOAPAS. Además, el gobierno municipal indicó que el un porcentaje cercano al 50% de las colonias se encuentran ubicadas en asentamientos irregulares, lo cual dificulta abastecerlas de agua y las sitúa en un escenario de escasez, aunado a esto un estudio reciente indicó que una de las fuentes principales como lo es la presa de Cointzio se encuentra a un preocupante 57% de su capacidad máxima al año 2024, situación provocada por la falta de lluvias durante el 2023. (Elorriaga & Chavez, 2024)

2.2.3 Perspectivas futuras de la escasez de agua

Se estima que para 2025 y años próximos, los problemas de escasez de agua puedan agravarse al interior de la ciudad de Morelia, se hizo una proyección para los próximos dos años en la cual se detectó la posibilidad de perder otros 20 pozos profundos que abastecen agua a la ciudad, así lo anunció el subdirector de distribución del OOAPAS, Francisco Servín Barriga.

Aunque esta situación puede prevenirse con la atención puntual del cuidado del agua, lo más probable es que el problema se siga agravando y se intensifique de manera acelerada ya que no se ha presentado un ciclo de lluvias regular, ejemplificando el año 2023 en el cual solo se hicieron presentes algunos chubascos que no fueron suficientes para reabastecer las fuentes principales de bastecimiento. De acuerdo con el gobernador de Michoacán, Alfredo Ramírez Bedolla en estos momentos se está valorando sobre la posibilidad de declarar emergencia por sequía severa en la entidad debido a que se ha reportado un 70 por ciento de afectaciones por la falta de lluvia. (Velázquez, 2023)



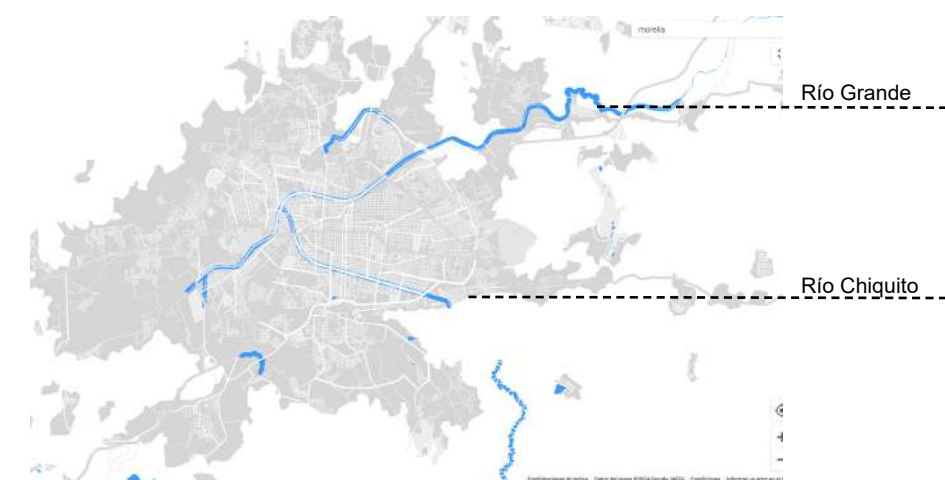
(Fig 2.6) Problemas que propician escasez de agua en Morelia. Elaboración propia

2.3.1 Contexto general de la contaminación

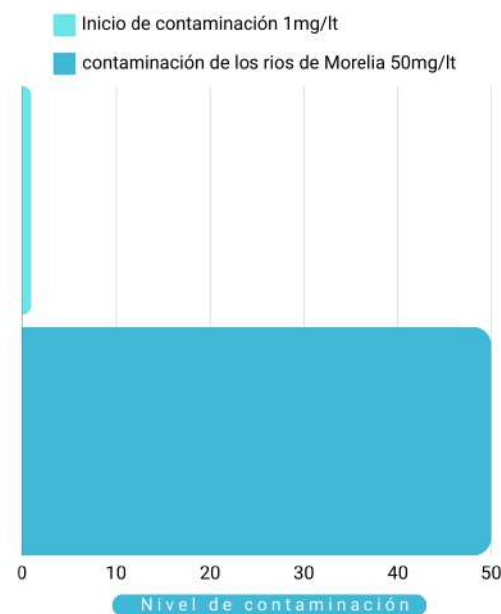
Los recursos hídricos de la ciudad de Morelia se encuentran en el proceso de deterioro y contaminación principalmente por desechos contaminantes orgánicos, industriales y agroquímicos, teniendo efectos negativos e irreversibles en la flora y fauna de la ciudad de Morelia. (López, 2022) Estos desechos son arrojados a los cuerpos de agua superficiales de la ciudad de Morelia, generando problemas de contaminación, esta contaminación es más visible en los ríos grande, chiquito y la presa de Cointzio, debido a los residuos urbanos y rurales que se vierten en sus cauces. (PMD, 2021)

2.3.2 Contaminación de los ríos grande y río chiquito

El Río Grande tiene su origen en la presa de Cointzio, y cuenta con una longitud de 40 km por el municipio de Morelia, el Río Chiquito alcanza los 25 km de longitud y tiene su origen en los montes de la Lechuguilla y la Lobera. Los tramos de estos afluentes han sido modificados ante el avance del desarrollo urbano y anualmente más de 600 toneladas de basura son extraídas a modo de prevención. Los ríos grande y chiquito en la actualidad cruzan la ciudad de Morelia, se han detectado niveles de contaminación de hasta 50 veces lo permisible y pese a su tratamiento la limpieza no es total, siendo incluso peligrosa para el cultivo para. Los niveles de contaminación de los ríos se miden en función de la materia disuelta en un litro de agua, 5 miligramos de materia disuelta se consideran "inicio de contaminación", sería un valor equivalente a un 1%, en los caudales de Morelia estudios han encontrado hasta 250 miligramos por litro, equivalentes a más de 50 veces lo permitido en contaminación. (Aguilera, 2017). En la figura 2.8 se muestra de manera gráfica el nivel de contaminación por litro de agua.



(Fig 2.7) Ríos de Morelia. Fuente: Google maps



- 5 miligramos de materia disuelta indica inicio de contaminación 1%
- 250 es la contaminación de los rios en Morelia 50 veces mayor al 1%

(Fig 2.8) Nivel de contaminación por litro de agua. Fuente: Aguilera,2017. Elaboración propia

2.3.3 Situación actual de la contaminación

La contaminación de ambos ríos, que atraviesan la ciudad, afecta sin duda la imagen urbana de la ciudad de Morelia, las condiciones sanitarias de la población que habita en sus cercanías y a los ecosistemas. De ser las fuentes históricas de abastecimiento de agua de la ciudad, han pasado a ser las cloacas de la ciudad y los receptores de basura y desechos sólidos. En particular en el periodo de lluvias la situación se vuelve crítica pues en varios tramos los ríos se desbordan e inundan colonias enteras. Esto las expone a mayor riesgo sanitario al mezclarse las aguas residuales con el agua de lluvia y atrofiarse la red de drenaje. (Ávila, P & Gersain, Q, 2021)

Por su parte, el sector industrial genera un caudal de aguas residuales de 10 millones de m³/año, las cuales tienen un parcial tratamiento al depositarse al Río Grande de Morelia. El problema es que tales descargas son altamente contaminantes por las sustancias tóxicas que generan en los procesos de producción de celulosa y papel (industria papelera) , que afectan a los cuerpos receptores de agua. (Ávila, P & Gersain, Q, 2021)

De acuerdo a los responsables del saneamiento de las aguas residuales en el municipio (OOAPAS), las razones principales por lo que no se trata 100% del agua residual de la ciudad de Morelia es por la alta inversión económica que se requiere para la construcción de una red de plantas de tratamiento. Además de que su operación y mantenimiento conllevaría costos que elevarían las tarifas bimestrales por consumo de agua de los usuarios en el rubro de saneamiento. (Ávila, P & Gersain, Q, 2021)

Por otra parte, una serie de investigaciones realizadas en los últimos 10 años por los académicos del instituto de investigaciones metalúrgicas se destaca que el problema de la contaminación de los cuerpos de agua en Morelia ha llegado a tal grado que, en las cuencas, se ha detectado la presencia de metales altamente tóxicos como Magnesio, Hierro, Arsénico, Cobre, cadmio y plomo, además se ha agravado el problema de lixiviados generados por los tiraderos al aire libre. En el relleno sanitario de la capital se tiene detectada la emisión de gases, en ocasiones tóxicos, como metano y lixina generados en las 34 hectáreas del tiradero de Morelia. La capital del estado genera a diario cerca de 800 toneladas, conformando un volumen aproximado de dos millones 400,000 m³ de residuos. Esa área concentra cerca del 85% de los residuos sólidos de la cuenca, e integra un 72% de las fuentes residenciales, el 83% de actividades industriales, 82% del ramo comercial, el 90% corresponde a fuentes especiales, institucionales y de servicios, y alrededor del 74% proviene de actividades de construcción, gran parte de estos residuos desembocan en las fuentes de agua de la ciudad, y afectan la salud humana y el medio ambiente. (Aguilera, 2017)



(Fig 2.9) Contaminación Río Chiquito. Fuente:Aguilera, 2017

2.4.1 Contexto general de las inundaciones

Durante las últimas décadas el riesgo de sufrir eventos meteorológicos extremos como las inundaciones ha incrementado, en especial en los países en desarrollo, como consecuencia del desarrollo urbano constante y el crecimiento demográfico. (Hernandez, J & Vieyra, A, 2010)

Establece el Plan de Desarrollo Municipal de Morelia (PMD) que uno de los impactos que ha resultado de la expansión de la zona urbana, han sido las inundaciones y el incremento de estas, esta expansión urbana produce una impermeabilización del suelo, esta impermeabilización a su vez da como resultado una pérdida en la capacidad de infiltración lo que incrementa los gastos de los recursos durante eventos hidrometeorológicos extremos afectando directamente a colonias que rodean estos recursos o a las que anteriormente tenían una situación de humedal. (PMD, 2021)

2.4.2 Riesgo de inundaciones en la ciudad de Morelia

La ciudad de Morelia desde su fundación ha presenciado episodios de inundaciones, durante las últimas décadas esta problemática ha incrementado de tal manera que la ciudad se ha visto incapaz de sufragar las consecuencias de estas inundaciones, estas afectaciones se asocian directamente al rápido crecimiento urbano de las periferias de la ciudad de Morelia, crecimiento que ha tenido lugar sobre todo en terrenos irregulares. Como resultado, este escenario coloca a la periferia de la ciudad con más presión ante el riesgo que la zona central de la ciudad, consolidando espacios que hasta hace algunos años eran dedicados al sector primario.

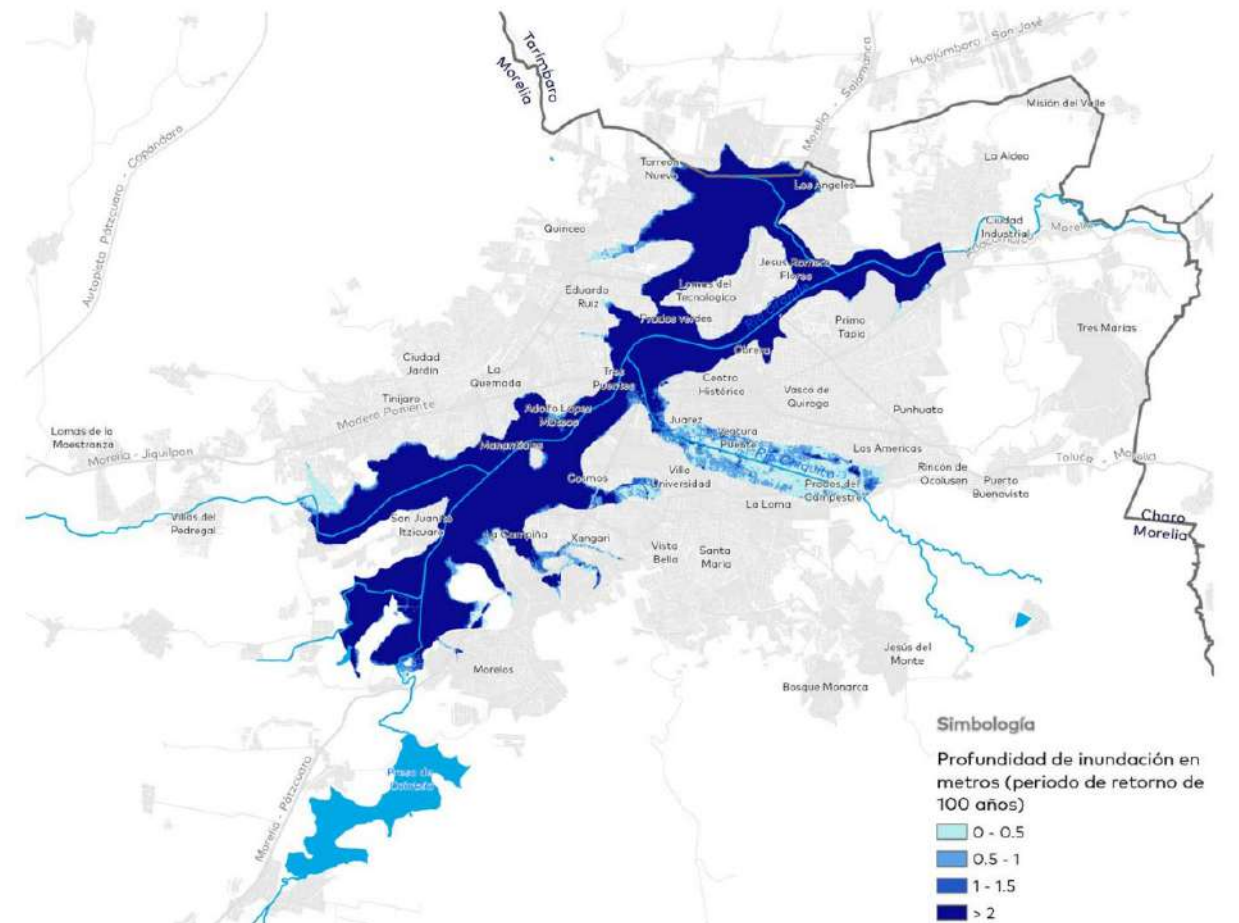
Por lo tanto, el proceso de urbanización dio lugar en zonas que eran de cultivo o ganadería, en especial sobre la periferia urbana, varios de estos asentamientos se situaron justo sobre los límites naturales del río grande y río chiquito además de impermeabilizar depresiones naturales importantes para la captación de agua.

El río grande y chiquito cruzan la ciudad de Morelia y sus respectivos afluentes, como lo son los arroyos de tierras durante la temporada de lluvias son catalogados como peligrosos por el desborde de estos ríos. El incremento de riesgos por inundaciones ha aumentado en las periferias, llevando consigo pérdidas irreparables económicas y materiales, estos problemas suponen que el problema es la extensión sin límites de la mancha urbana y la proliferación de asentamientos humanos no regulados, esto además genera nuevas zonas de inundación y agudiza el problema en las que ya inundaban con anterioridad, incluyendo zonas del centro de la ciudad, que captan toda el agua que no es capaz de infiltrar las zonas más altas.

Las inundaciones que han traído más afectaciones a la ciudad de Morelia han tenido lugar en el año 2002, como consecuencia de las lluvias severas dejando pérdidas de aproximadamente 4 millones de dólares, la inundación de 2003 producto del desasosiego de la presa de Cointzio ha sido catalogado como el segundo de mayores proporciones en la ciudad. Para el año de 2005 se presentaron las mayores inundaciones registradas, dañando viviendas e infraestructura, suspensión de servicios, así como disposición de albergues para los pobladores de distintas colonias, en el primer plano y periferia de la ciudad.

Los antecedentes antes descritos muestran que el crecimiento acelerado de la mancha urbana, su mala ubicación, precipitaciones de gran escala e intensidad han incrementado el riesgo de sufrir inundaciones en la ciudad. (Hernandez, J & Vieyra, A, 2010)

En la actualidad un 25% de la zona urbana presenta un riesgo por inundaciones, y se proyecta que a futuro este problema crezca en intensidad o el área que pueda ser afectada aumente, el PMD, muestra un mapeo de la ciudad de Morelia en el cual marca y delimita las zonas de la ciudad susceptibles a inundaciones (Fig 2.9). (PMD, 2021)



(Fig 2.10) Mapa de riesgos por inundación. Fuente:PMD, 2021.

CAPÍTULO 3

Boulevard García
de León

3.1.1 Antecedentes Boulevard García de León

La ciudad de Morelia se fundó el día 18 de mayo de 1541 por Juan de Alvarado, Juan de Villaseñor y Luis de León Romano, por mandato del primer virrey de la Nueva España Antonio de Mendoza y Pacheco, en la época prehispánica fue Guayangareo, posteriormente en la época colonial recibió el nombre de Ciudad de Mechoacán, hasta que en 1545 cambió por Valladolid en honor a la ciudad homónima de España. En 1828 cambió a su nombre actual Morelia en honor al héroe de la independencia Jose María Morelos y Pavón. (Cruz Rodríguez, 2015, p. 52)

El Boulevard García de León una de las arterias principales de la capital del estado de Michoacán, en origen fue el caudal original del Río Chiquito, eso explica que tras años de ser habitada esta zona, haya inundaciones en temporada de lluvias, el agua tiene memoria y aunque rectificado su caudal a principios de 1940, el agua no olvida. (Cantera, 2023)

La obra hidráulica con mayor impacto al Río Chiquito fue la realizada entre 1934 y 1939 cuando su caudal original que en la actualidad es el Boulevard García de León se rectificó desde el lugar donde se hallaba la toma del acueducto hasta su unión con el Río Grande, generando un canal recto. (Cantera, 2023)

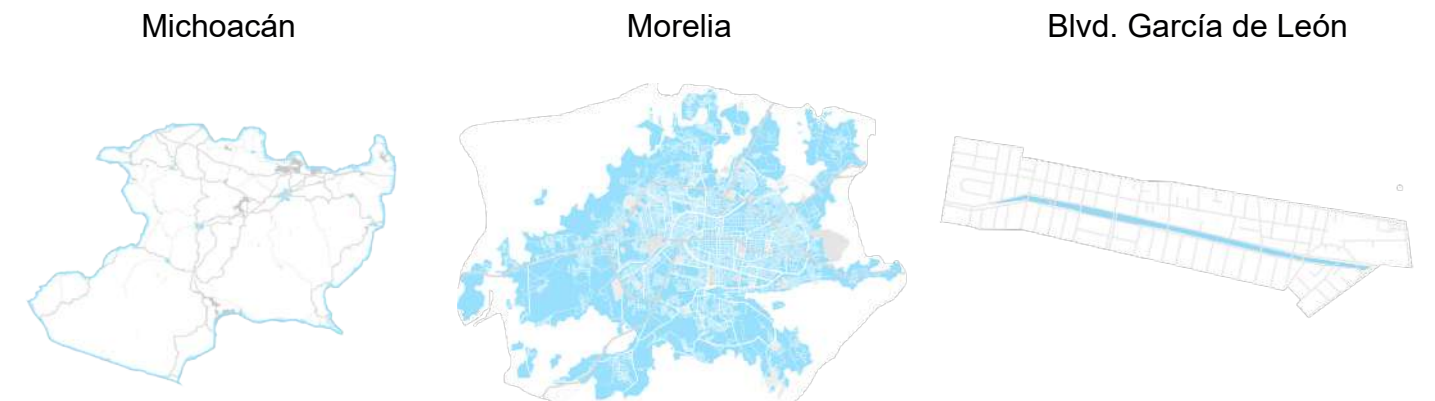


(Fig 3.1) Caudal original Río Chiquito. Fuente: Cantera, 2023.

3.2.1 Localización Boulevard García de León

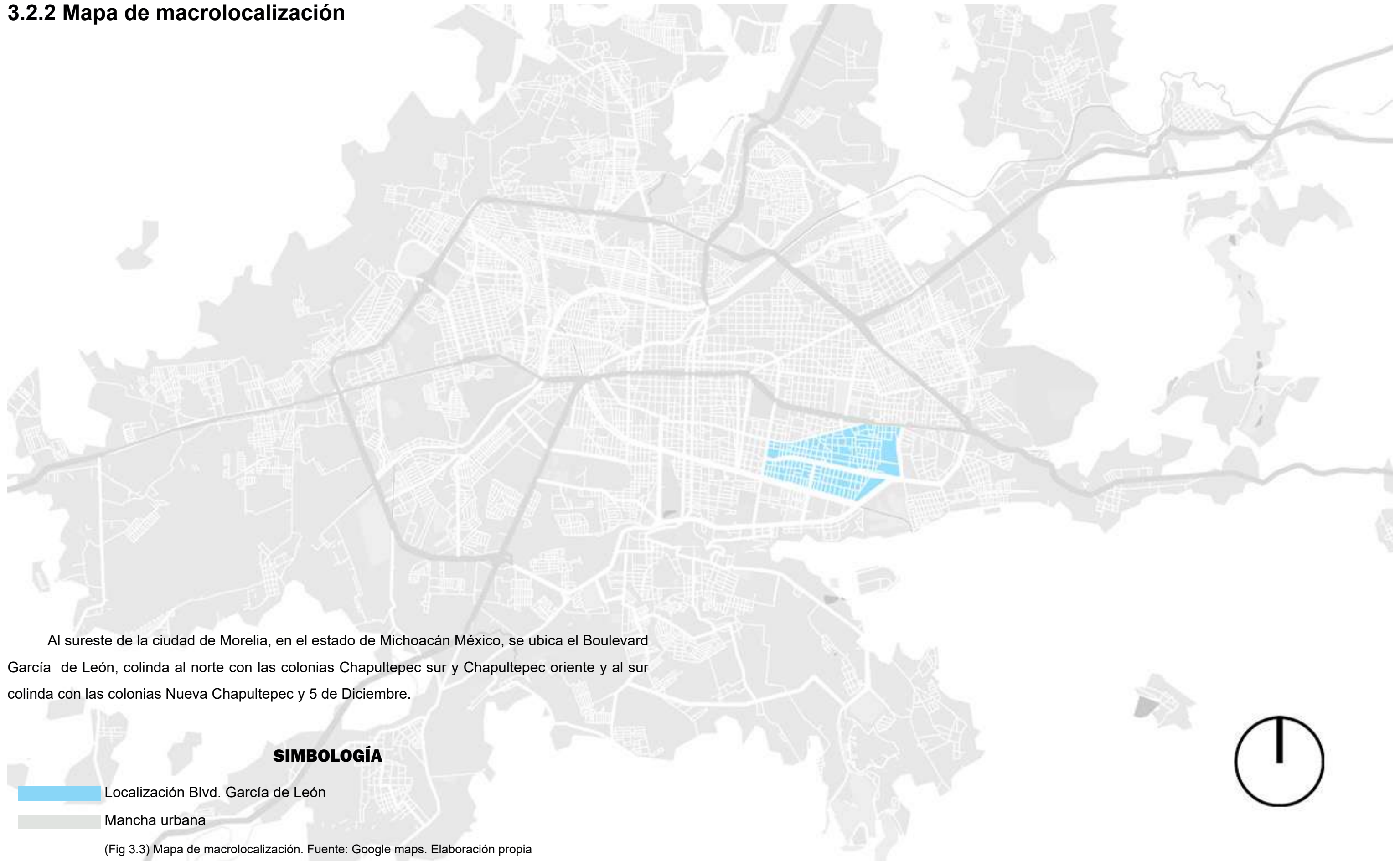
El municipio de Morelia se ubica al nororiente del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°27'06" y 19°50'12" de latitud norte, y los meridianos 101°01'43" y 101°30'32" de longitud oeste, a una altitud promedio de 1,920 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una superficie de 119, 349. 7 hectareas. (IMPLAN, 2024)

Al sureste de la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán México, se ubica el Boulevard García de León, en el sector nueva españa, entre la Av. Ventura puente y la Av. Camelinas es una de las vialidades mas importantes de la ciudad y un referente urbano, funciona como colector vial y tiene una longitud cercana a los 2 km, cuenta con una sección estrecha que le da la particularidad de ser lineal cruzando sobre el tejido urbano. (Cruz Rodriguez, 2015, p. 65)





(Fig 3.2) Localización Boulevard. Fuente: IMPLAN, 2024. Elaboración propia

3.2.2 Mapa de macrolocalización



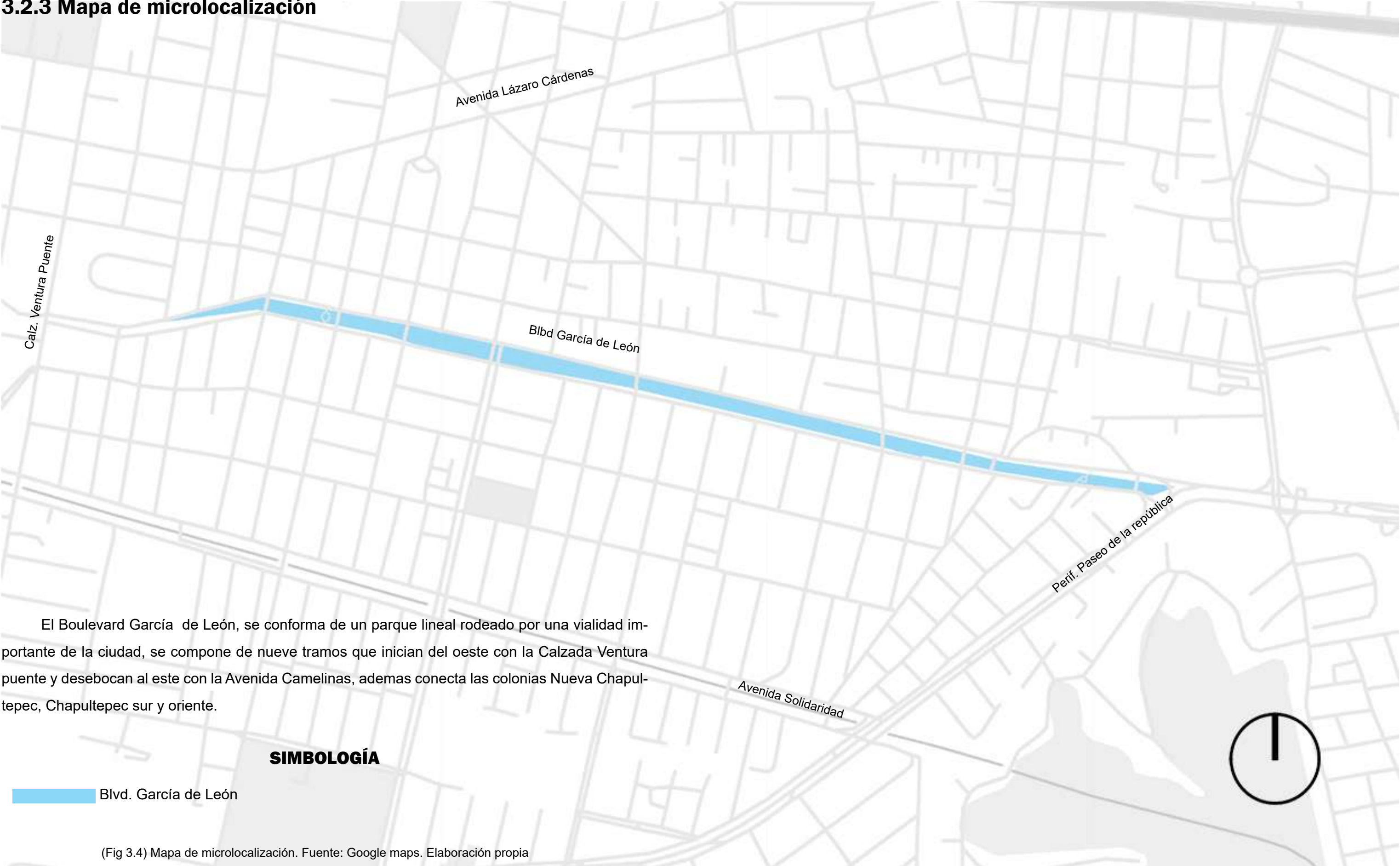
Al sureste de la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán México, se ubica el Boulevard García de León, colinda al norte con las colonias Chapultepec sur y Chapultepec oriente y al sur colinda con las colonias Nueva Chapultepec y 5 de Diciembre.

SIMBOLOGÍA

-  Localización Blvd. García de León
-  Mancha urbana

(Fig 3.3) Mapa de macrolocalización. Fuente: Google maps. Elaboración propia

3.2.3 Mapa de microlocalización



El Boulevard García de León, se conforma de un parque lineal rodeado por una vialidad importante de la ciudad, se compone de nueve tramos que inician del oeste con la Calzada Ventura puente y desembocan al este con la Avenida Camelinas, además conecta las colonias Nueva Chapultepec, Chapultepec sur y oriente.

SIMBOLOGÍA

 Blvd. García de León

(Fig 3.4) Mapa de microlocalización. Fuente: Google maps. Elaboración propia

3.3 ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES

3.3.1 Análisis de áreas que aportan flujo al Boulevard

En el siguiente subcapítulo se hará un análisis de las áreas o zonas geográficas que aportan flujo hídrico al Boulevard García de León, aumentando el riesgo de inundaciones en el área.

Primero se hará un análisis a nivel macrolocalización de la zona de la hidrocuena del río chiquito, es la zona geográfica principal que aporta flujo hídrico al Blvd incrementando el riesgo de inundación en la zona, seguido de ese análisis, se analizarán a nivel de microlocalización las calles o colonias colindantes con el Blvd, que de igual manera aportan flujo a la zona de estudio.

3.3.2 Análisis de la hidrocuena del rio chiquito

Dentro de la hidrocuena del Río Chiquito se observa una gran biodiversidad y diferentes tipos de ecosistemas como bosques de pino, enzino y algunas áreas de pastizal, esta biodiversidad es primordial para el correcto equilibrio ecosistémico, permitiendo el establecimiento de asentamientos humanos. (IMPLAN, 2021)

La morfología de la cuenca es un componente importante dentro de la ciudad, ya que ha dado origen a obras hidráulicas, se han modificado causas naturales, se han construido avenidas y puentes a lo largo de su trayectoria, todo esto ha permitido crecer la mancha urbana y crear conexiones urbanas al interior de la ciudad de Morelia. (IMPLAN, 2021)

La cuenca hidrográfica del Río Chiquito cuenta con una superficie total de 90 km² y se ubica al sureste de la ciudad de Morelia pertenece a la cuenca del lago de Cuizteco que a su vez forma parte de la región hidrológica Lerma-Santiago. (IMPLAN, 2021)

Para el análisis de este documento se tomara el área de estudio de la cuenca que desemboca directamente sobre el cauce del Río Chiquito con una superficie de 66 km², una región montañosa de origen volcánico con un desnivel total de 639 metros, su punto más elevado es de 6,620 metros sobre el nivel de mar en la zona natural protegida de Pico Azul. Tiene un clima templado sub-húmedo con lluvias en verano con temperaturas promedio entre 16°C y 18°C, la precipitación anual es de 880 mm y los suelos son predominantemente Luvisoles, Andosoles y Planosoles. (IMPLAN, 2021)

La cuenca hidrográfica tiene 5 de las 8 áreas naturales protegidas (ANP) con las que cuenta Morelia, que son Pico Azul en el punto más alto, Cañadas del Río Chiquito, Lomas de Santa María, Cerro del Punhuato y el Parque Ecológico Urbano Francisco de Zarco. Estas ANP representan un 10.7% del área total del municipio y se contemplan bajo alguna medida de protección por su importancia, ya sea como zonas de recarga de mantos freáticos, funciones de restauración, protección, preservación o provisión de agua para el municipio. Actualmente 163,064 personas habitan el área de la cuenca hidrográfica en asentamientos humanos, cabe destacar que existe un área significativa que se encuentra bajo propiedad ejidal donde se reconocen los polígonos de nueve ejidos, que son;

Jesús del Monte, San José de las Torres, Santa María de Guido, EL Rincón, Tumbisca, San Miguel del Monte, La cuadrilla, La Mesa y el Durazno. (IMPLAN, 2021)

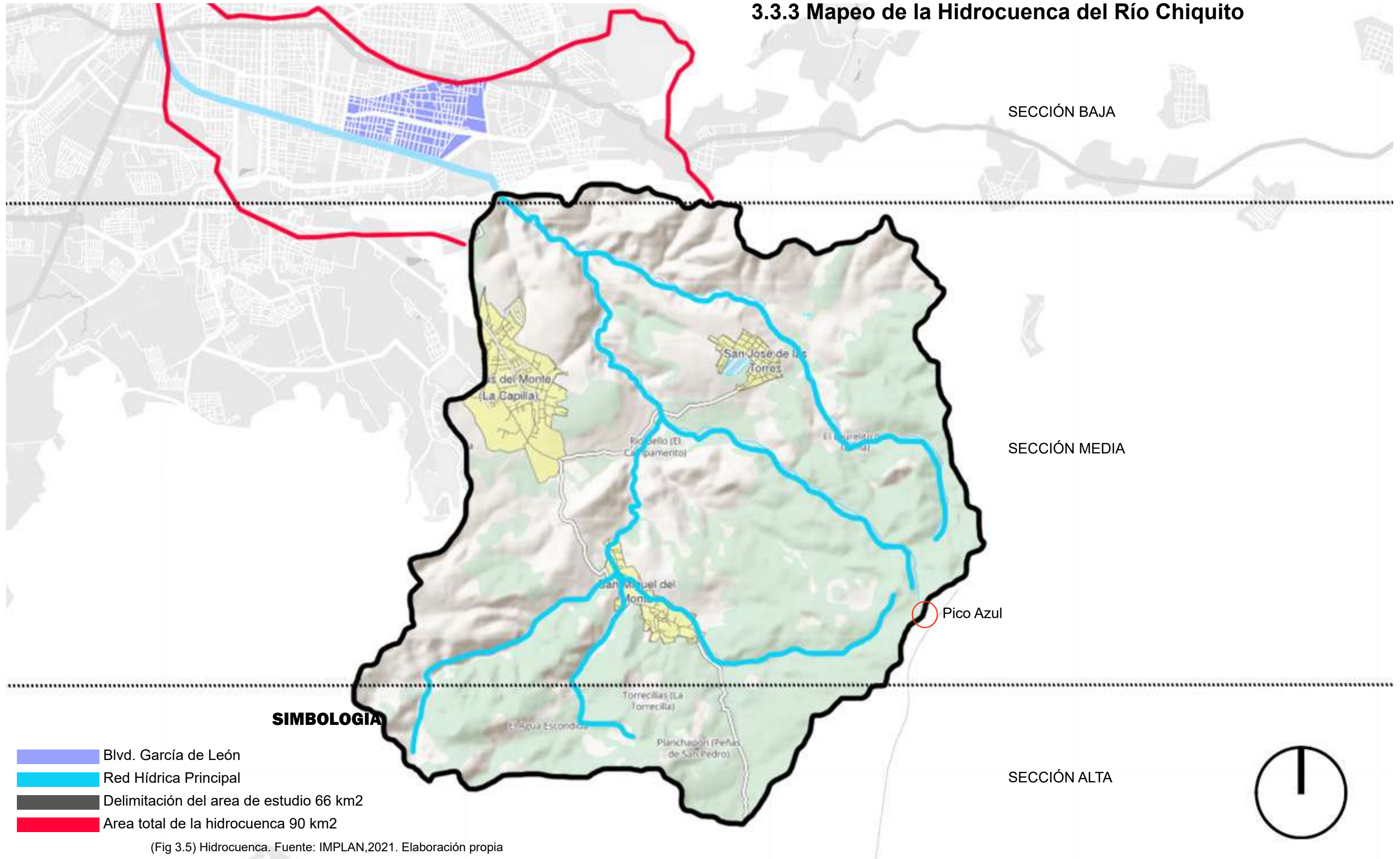
Tomando en cuenta la altitud y el área total de la zona, se puede dividir en tres secciones distintas, sección alta, sección media y sección baja.

Sección alta: Es donde nace el Río Chiquito, aquí encuentra el punto más alto donde está el ANP Pico Azul, es el área más conservada de la microcuenca con muy poca población. (IMPLAN, 2021)

Sección media: Caracterizada por ser predominantemente rural las ANP que se encuentran en esta zona son; Cañadas del Río Chiquito y la Loma de Santa María, Resalta que en las últimas décadas se ha visto un crecimiento urbano muy notable. (IMPLAN, 2021)

Sección baja: Aquí se encuentra el área urbana, las ANP que pertenecen a esta zona son; Cerro del Punhuato y Parque Ecológico Urbano Francisco de Zarco, en esta sección el río se encuentra canalizado sobre la Av. Solidaridad cruzando parte de la ciudad de Morelia y recibe la descarga de aguas residuales, la sección que se analiza en este documento es el Boulevard García de León y queda concentrado entre las colonias Nueva Chapultepec y Chapultepec Sur, que están dentro de la zona de cuenca hidrográfica. (IMPLAN, 2021)

3.3.3 Mapeo de la Hidrocuenca del Río Chiquito



(Fig 3.5) Hidrocuenca. Fuente: IMPLAN,2021. Elaboración propia

3.3.4 Cuenca hidrográfica y el riesgo de inundación

El Río Chiquito nace en el sector occidental en la sierra de mil cumbres en un sentido sur-norte, al entrar en contacto con la zona urbana su cauce fue modificado por cuestiones urbanísticas que lo conducen al Río Grande de la ciudad. Esta modificación y rectificación de su cauce se hizo sin tomar en cuenta las características hidrológicas de la cuenca del Río Chiquito, por lo cual algunas colonias cercanas se encuentran debajo del nivel del río, esto incrementa el riesgo de sufrir inundaciones. (IMPLAN, 2021)

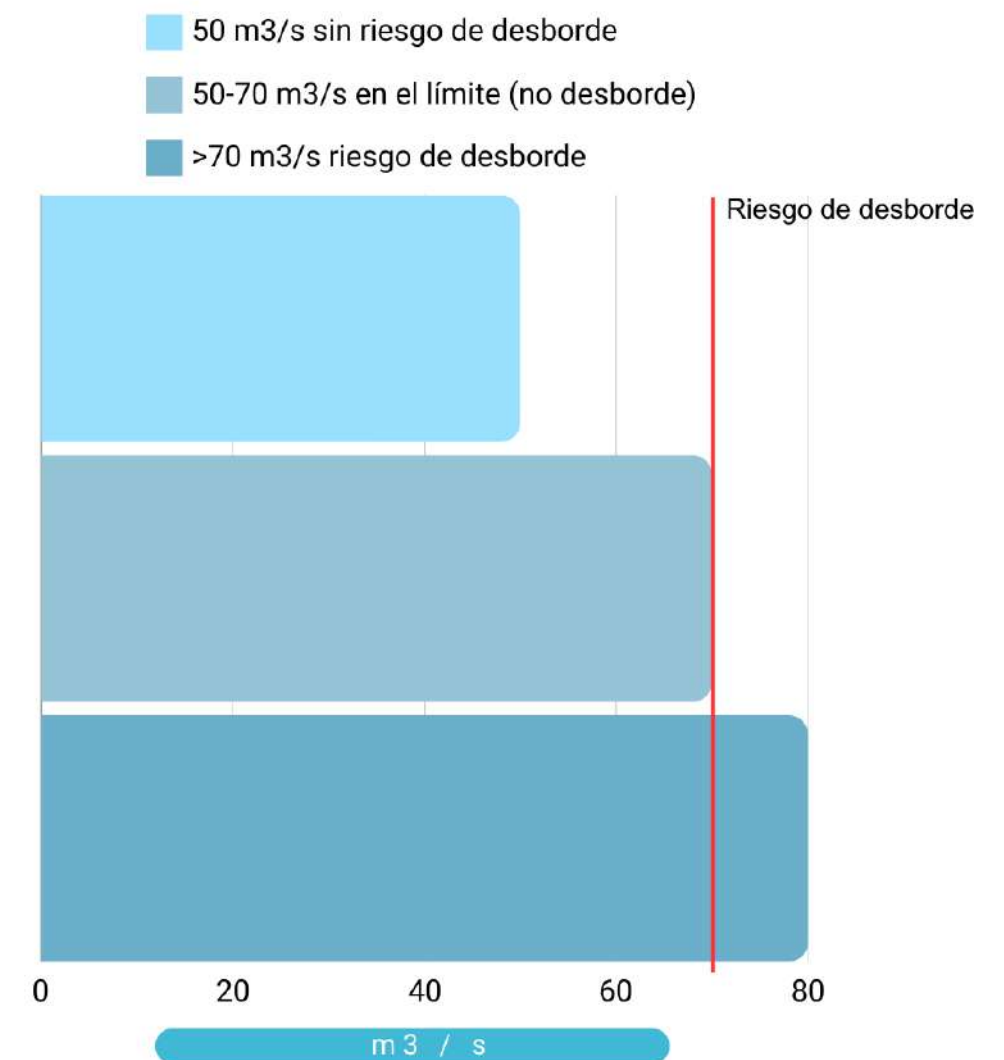
En el caso de las inundaciones por sus condiciones morfológicas (pendiente suave y constante) el Río Chiquito no se desborda de manera natural, durante su paso por la zona baja o zona urbanizada el río funciona como desagüe a cielo abierto y es aumentado por drenajes que aumentan y aceleran su flujo los cuales son causantes de obstrucciones que, sumadas a lo anterior, son causantes de desbordamientos de agua y en consecuencia inundaciones en las zonas aledañas al cauce del río. (IMPLAN, 2021)

Durante la temporada de lluvia las inundaciones son recurrentes en la ciudad y traen consigo consecuencias negativas para la ciudad, estos problemas sobre todo son más comunes en las colonias cercanas a los ríos, tal es el caso del Boulevard García de León en Morelia. (IMPLAN, 2021)

3.3.5 Riesgo de inundación por desborde

La longitud del cauce del río es de aproximadamente 20 km (Arreygue, Pastor, Chavez & Alarcón, 2012) aunque 6.7 km son los que cruzan sobre la ciudad (Pardo & Pomar, 2017), este cauce del río fue rectificado en 1939, y sus secciones fueron dimensionadas para soportar un gasto efectivo de 125 m³/s de agua, posteriormente se hizo otro estudio sobre su capacidad efectiva del río en ausencia de los puentes y dio como resultado un gasto de 70 m³/s tal reducción de su capacidad está directamente relacionada con la elevada tasa de sedimentación y una espesa cubierta vegetal, a lo largo del cauce existen además diversos puentes los cuales afectan de manera directa la sección reduciéndola senciblemente. Los resultados del estudio parecen sugerir que las inundaciones en la ciudad de Morelia son frecuentes y las principales causas de los desbordamientos son la poca capacidad hidráulica de las secciones del Río Chiquito. (Arreygue, Pastor, Chavez & Alarcón, 2012)

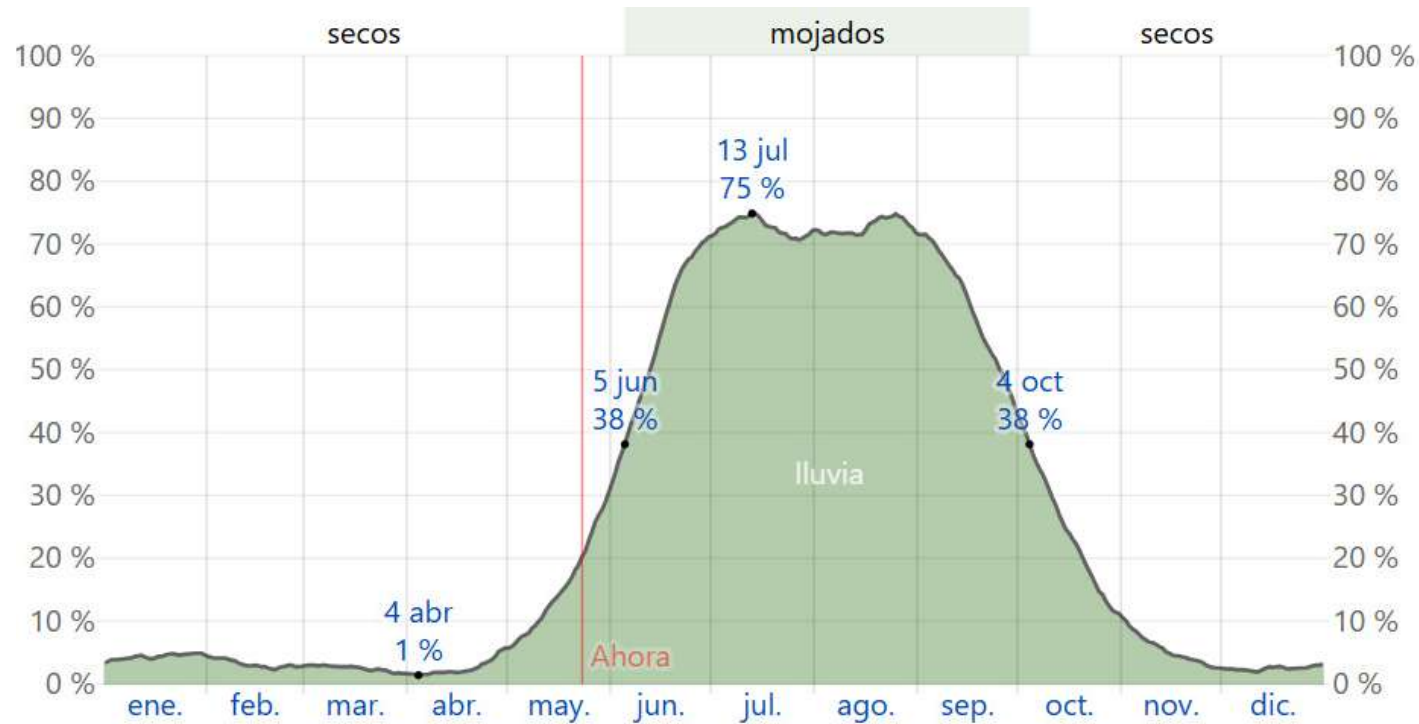
Estudios y modelos anteriores también mostraron que para un caudal de 50 m³/s el río no se desbordaba sin embargo también se observó que algunos puentes tenían una altura inferior a la necesaria para dejar pasar el flujo y la mayoría de estos puentes entran en conflicto con un gasto de 70 m³/s por que su capacidad es inferior a la requerida, la capacidad del río es variable y en resumen se observó que en el caso del río Chiquito el caudal apropiado para que no presente desborde es de 50 m³/s mientras que a partir de 70 m³/s o superior se corre el riesgo de desborde (Arreygue, Pastor, Chavez & Alarcón, 2012), y en consecuencia de inundación para las colonias cercanas al río como es el caso de Boulevard García de León.



(Fig 3.6) Riesgo de desborde. Fuente: Arreygue, Pastor, Chavez & Alarcón, 2012. Elaboración propia

3.3.6 Precipitaciones

En Morelia un día con por lo menos 1mm de precipitación, se considera un día mojado, la temporada con mas probabilidad de precipitación dura 5 meses de junio a octubre, el mes con mas lluvia en Morelia es julio con un promedio mensual de 150 mm de lluvia. (WeatherSpark, 2024) el promedio de precipitación puede variar pero se mantiene cerca de los 5 a 10 mm al día.



(Fig 3.7) Precipitación de Morelia. Fuente:WeatherSpark,2024.

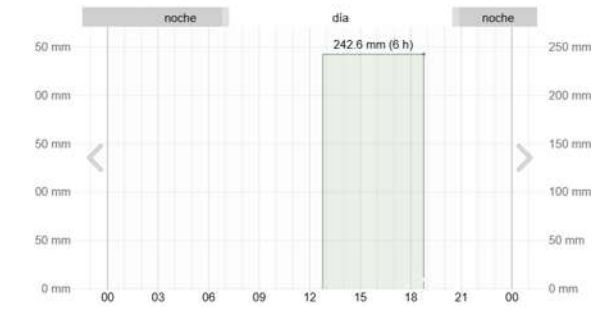
3.3.7 Riesgo de inundación por precipitación

Como se ha mencionado anteriormente hay varios factores que influyen en las inundaciones, mas específicamente en el caso del Boulevard García de León, influye la cuenca hidrográfica y el cauce del Río Chiquito, sobre todo cuando las precipitaciones son excesivas y sobrepasan el promedio de lluvia por día, a continuación se muestra un antecedente acotado de fechas en las que se han presentado inundaciones en la zona del Boulevard y la precipitación presentada durante ese día. Se recopilieron datos de 3 años en un periodo no mayor a 4 años de distancia 2020, 2022 y 2023 en base a notas periodísticas que registran inundaciones en la zona del Boulevard García de León, posteriormente se hizo un análisis de la precipitación que cayó durante el día que se presentó la inundación, se seleccionaron además fechas con diferencias notables en su precipitación.

9 de julio de 2020: se registraron fuertes inundaciones en la ciudad de Morelia, destaca el Boulevard Gacía de León. (Milenio, 2020) La precipitación registrada esa fecha fue de 242.6mm en un periodo de 6 horas. (WeatherSpark,2024)



(Fig 3.8) Inundación Blvd García de León. Fuente: Milenio,2020

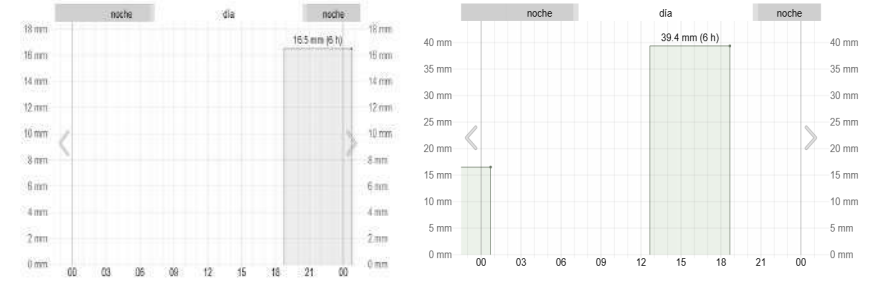


(Fig 3.9) Precipitación 9 de julio de 2020 . Fuente:WeatherSpark.com

27 de julio de 2022: Nuevamente la ciudad es azotada por fuertes lluvias, se afecta nuevamente el Blvd. García de León. (Infobae, 2022) La precipitación registrada esa fecha fue de 55.9 mm en un periodo de 12 horas. (WeatherSpark,2024)



(Fig 3.10) Inundación Blvd García de León. Fuente: Inbobae, 2022.

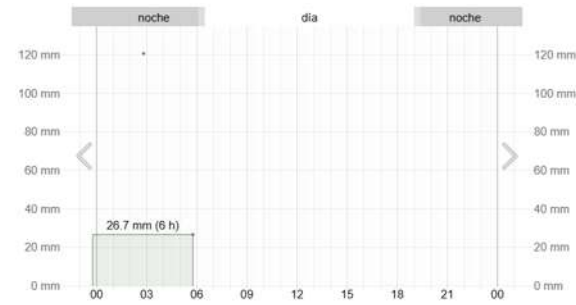


(Fig 3.11) Precipitación 26 y 27 de julio de 2022 .Fuente:WeatherSpark.com

31 de Agosto de 2023: Este día se registraron lluvias con descarga eléctrica (La voz, 2023). La precipitación registrada esa fecha fue de 26.7 mm en un periodo de 6 horas. (WeatherSpark,2024)



(Fig 3.12) Inundación Blvd García de León.
Fuente: cbtelevisión.com.



(Fig 3.13) Precipitación 31 de agosto de 2023 .
Fuente:WeatherSpark.com

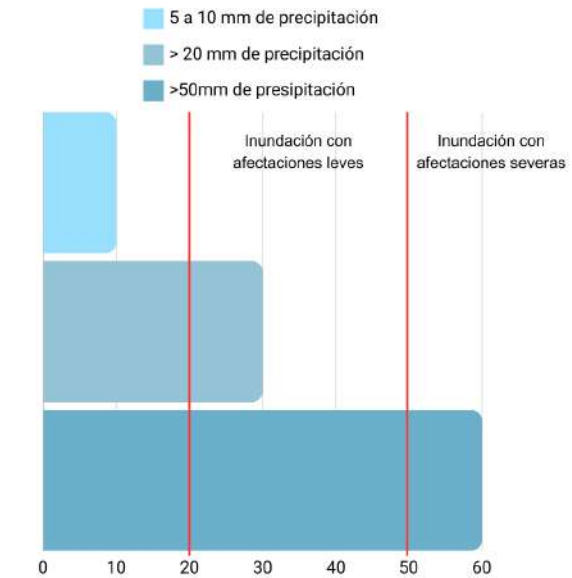
3.3.8 Análisis de los datos

En el análisis anterior se muestra la cantidad mínima con la que se han presentado inundaciones de 26.7 mm el 31 de agosto de 2023 tomando en cuenta que el promedio diario de precipitación es de 5 a 10 mm y esta cantidad no presenta riesgo de inundación, también se observa que hay días en los cuales estas lluvias exceden a tal punto de alcanzar o revasar la precipitación promedio mensual en un solo día. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos obtenidos con los análisis previos sobre el riesgo de inundación por precipitación, en la zona del Blvd García de León.

Fecha de inundación	Cantidad precipitación	Periodo de tiempo
9 de julio de 2020	242.6 mm	6 horas
27 de julio de 2022	55.9 mm	12 horas
31 de agosto de 2023	26.7 mm	6 horas

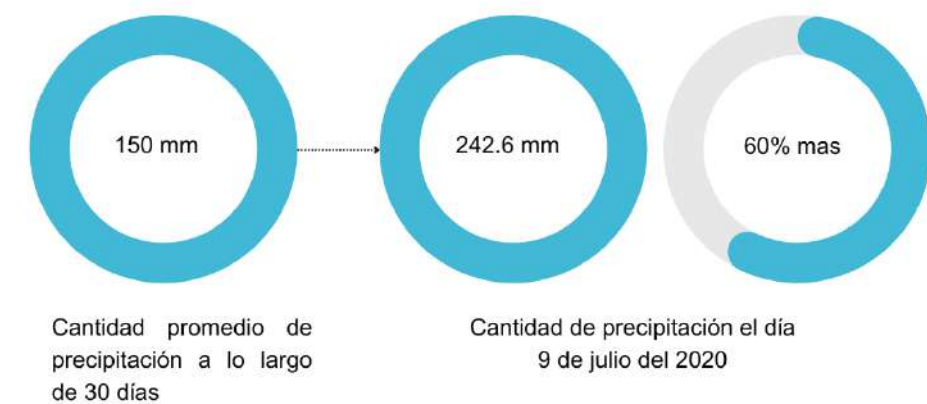
(Fig 3.14). Análisis de resultados inundaciones por precipitación. Elaboración propia

Se realizó otra tabla en la cual se muestra a partir de que cantidad de precipitación diaria inicia el riesgo de inundaciones en la zona del Blvd García de León, con base en el análisis previo.



(Fig 3.15) Inundaciones por precipitación. Elaboración propia

Se realizó un gráfico de la cantidad promedio mensual de precipitación que son 150 mm comparado la cantidad de lluvia del 9 de julio del 2020, en la cual se registro una precipitación promedio de 242.6 mm en un solo día, esto representa un 60% mas comparado con los 150mm. Esto quiere decir que la precipitación que se tenía a lo largo de todo un mes se ha presentado en un solo día, incluso superando esa cantidad, aunque esto no significa que ocurra cada año, ya se ha presentado.



(Fig 3.15) Inundaciones por precipitación. Elaboración propia

3.4.1 Diagnóstico

Una vez realizado el análisis anterior sobre los riesgos de inundación y las distintas variables que lo componen, como la influencia de la cuenca hidrográfica, el desborde del río o las precipitaciones, se determina que los dos problemas principales que influyen en las inundaciones del Boulevard García de León; son el escurrimiento de agua de las colonias que lo rodean, así como el desborde del río Chiquito que viene alimentado de la cuenca, todo esto influenciado directamente por la cantidad de precipitación que puede caer en un solo día y si esta excede la cantidad promedio.

A continuación se muestran dos mapas el primero a nivel macrolocalización donde se observan las calles colindantes que tienen influencia directa sobre el Boulevard, en el segundo se muestran las zonas más afectadas por las inundaciones en el Boulevard.

3.4.2 Zonas que influyen en las inundaciones



(Fig 3.17) Riesgo de inundación. Atlas Nacional de Riesgos. Elaboración propia

3.4.3 Dinámica de los escurrimientos



3.4.4 cZonas en riesgo de inundación en el Blvd



(Fig 3.19) Riesgo de inundacion. Atlas Nacional de Riesgos. Elaboración propia

CAPÍTULO 4

ESTRATEGÍAS DE DISEÑO URBANO

4.1.1 Hacia una ciudad de México sensible al agua

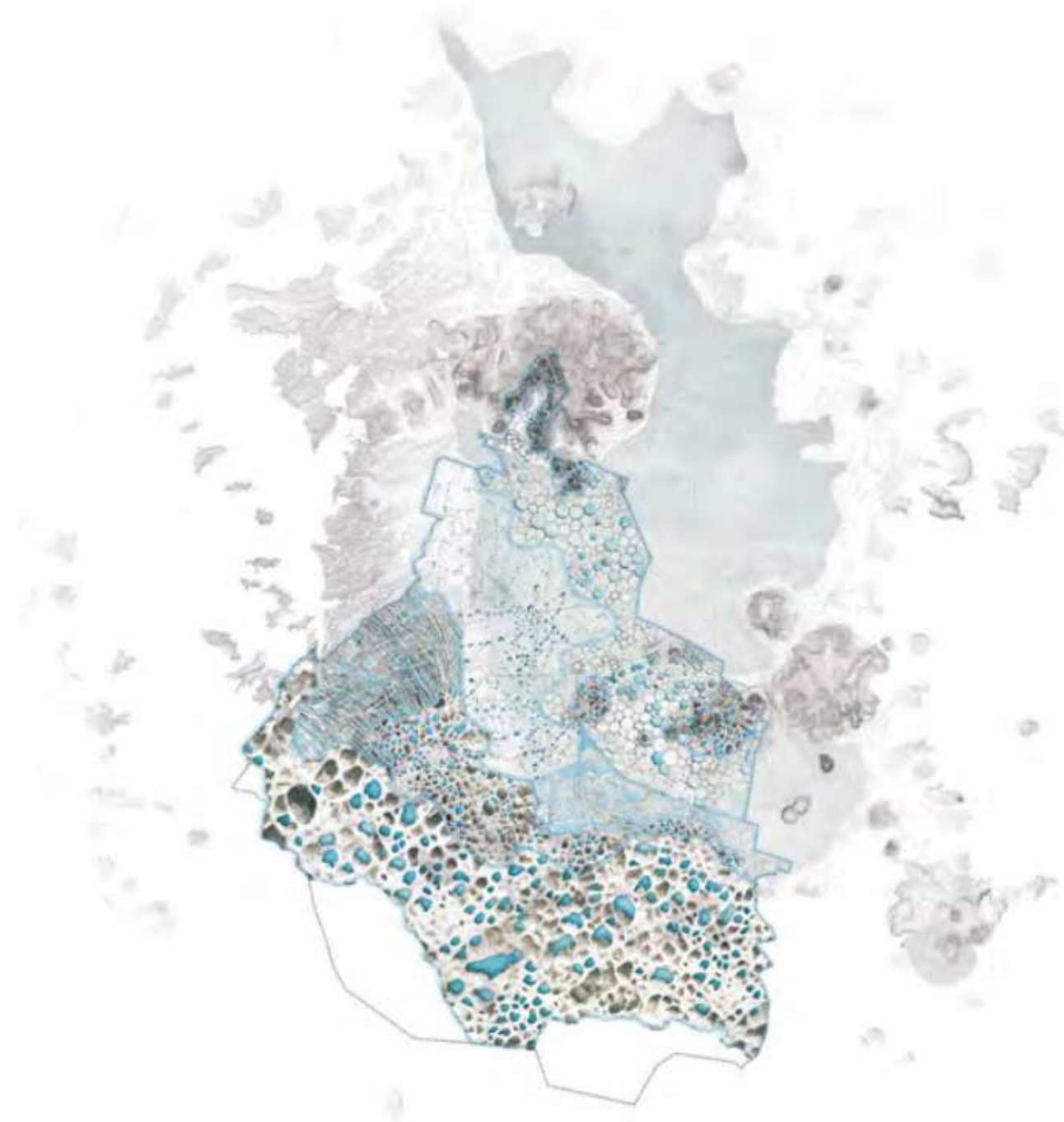
El documento “Hacia una Ciudad de México sensible al agua” aborda de manera exhaustiva la gestión del recurso hídrico en la Ciudad de México, proponiendo una serie de estrategias y soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos que presenta la región en términos de escasez de agua, contaminación y manejo de aguas pluviales. El enfoque central de este documento radica en transformar la manera en que la ciudad maneja su agua, promoviendo una gestión más sostenible y resiliente. (AEP, 2016)

Problemática de las inundaciones

Uno de los problemas más críticos que el documento aborda son las inundaciones recurrentes en la Ciudad de México. Estas inundaciones son causadas por diversos factores, entre los que destacan la impermeabilización del suelo urbano, la insuficiente capacidad del sistema de drenaje, y la ubicación geográfica de la ciudad en una cuenca cerrada. El documento propone una serie de medidas para mitigar estas inundaciones, centradas en la implementación de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza. Estas incluyen la creación de jardines de lluvia, parques inundables y azoteas verdes, que ayudan a retener y filtrar el agua de lluvia, reduciendo la escorrentía y, por ende, las inundaciones. (AEP, 2016)

Estrategias

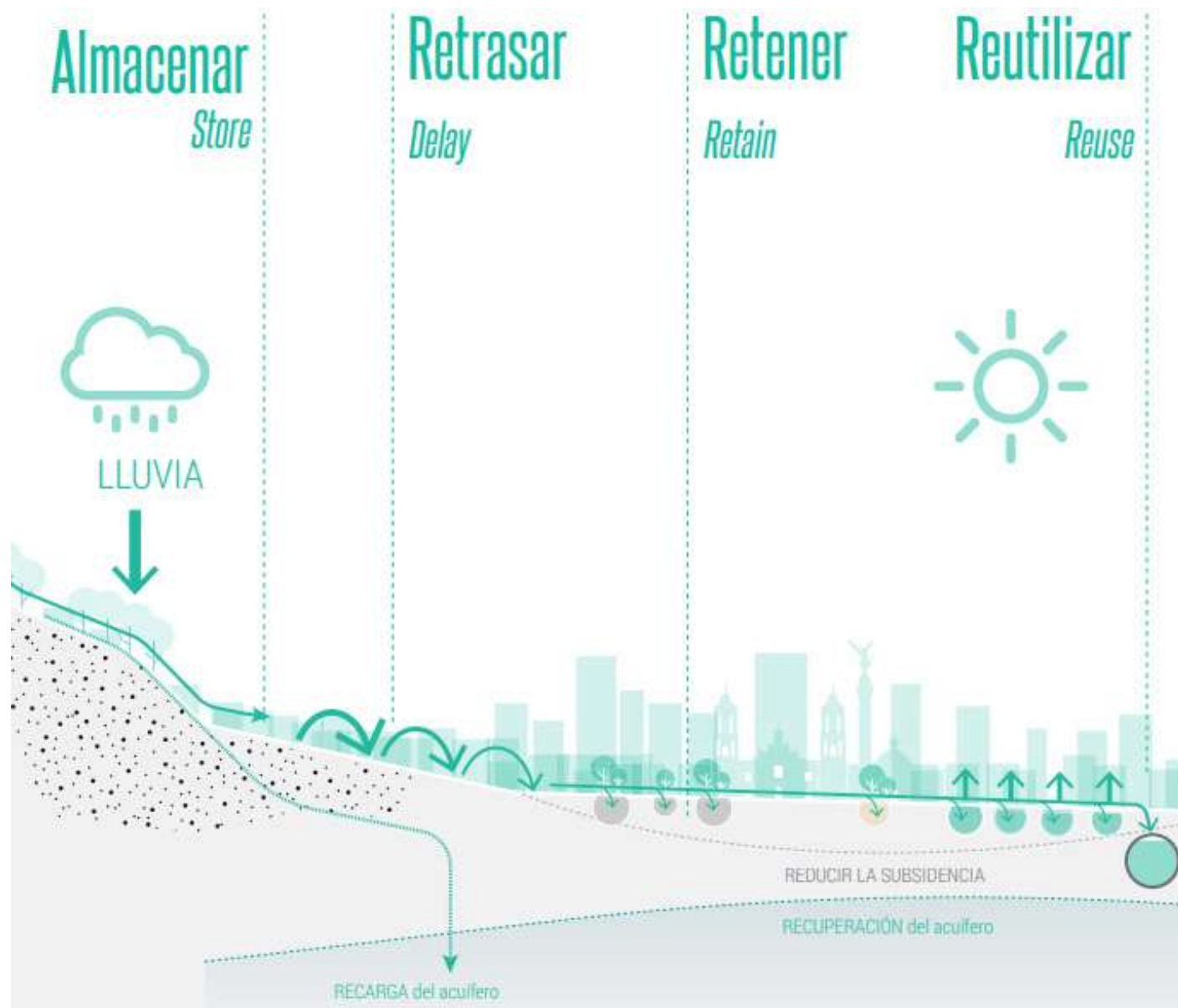
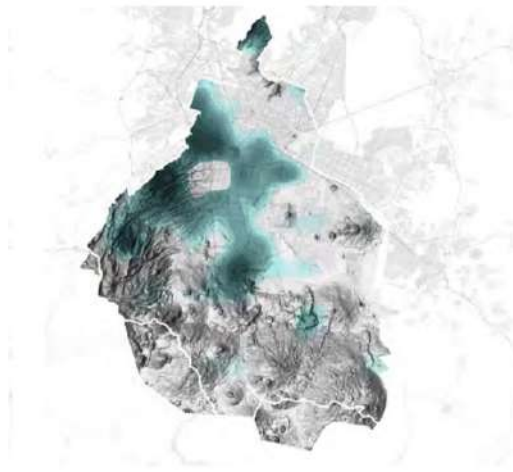
El documento también profundiza en la estrategia de “retrasar, retener, almacenar y reutilizar; drenar solo cuando sea necesario”, que es fundamental para una gestión hídrica sostenible. Retrasar y retener el agua de lluvia mediante infraestructuras verdes permite su infiltración y recarga de acuíferos, mientras que su almacenamiento y reutilización pueden aliviar la presión sobre las fuentes de agua potable. Este enfoque se complementa con la propuesta de drenar solo cuando sea absolutamente necesario, minimizando la escorrentía superficial y aprovechando al máximo el recurso hídrico disponible. (AEP, 2016)



(Fig 4.1) CDMX. Fuente: AEP, 2016

4.1 CASOS ANÁLOGOS

Reducir el impacto de las inundaciones
Decrease the impact of flash floods



(Fig 4.2) .Estrategias generales. Fuente: AEP, 2016

Un catálogo de posibilidades sensibles al agua

El catálogo de posibilidades sensibles al agua presentado en el documento es una recopilación de soluciones prácticas y tecnológicas que pueden ser implementadas para mejorar la gestión del agua en la ciudad. Este catálogo incluye la captación y aprovechamiento del agua de lluvia, tecnologías avanzadas para el tratamiento y reutilización de aguas residuales, y la promoción de prácticas de gestión de agua a nivel comunitario. Además, se subraya la importancia de la educación y la participación comunitaria, involucrando a la población en la gestión del agua y fomentando una cultura de sostenibilidad y responsabilidad compartida. (AEP, 2016)

Reflexión sobre el tema

Reflexionando sobre la importancia de este documento para mi tesis de maestría sobre la resiliencia hídrica en Morelia, Michoacán, es evidente que proporciona un marco teórico y práctico sumamente valioso. La Ciudad de México y Morelia comparten similitudes en cuanto a desafíos hídricos, lo que hace que las estrategias propuestas en el documento sean altamente relevantes y aplicables. La implementación de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza puede ser adaptada a las condiciones locales de Morelia para mitigar las inundaciones y mejorar la gestión del agua. Además, la estrategia de “retrasar, retener, almacenar y reutilizar” ofrece un enfoque integral que puede ser utilizado para desarrollar políticas y prácticas sostenibles en Morelia. (AEP, 2016)

El catálogo de posibilidades sensibles al agua sirve como una guía práctica que puede inspirar la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras en la gestión hídrica de Morelia. La participación comunitaria y la educación son elementos clave que pueden ser promovidos para asegurar el éxito a largo plazo de estas iniciativas. (AEP, 2016)

En conclusión, el documento “Hacia una Ciudad de México sensible al agua” es trascendental para mi tesis porque ofrece una visión comprensiva y aplicable de la gestión hídrica sostenible. Sus estrategias y propuestas pueden ser adaptadas e implementadas en Morelia para mejorar la resiliencia hídrica de la ciudad, proporcionando las herramientas teóricas y prácticas necesarias para desarrollar un plan integral y efectivo. (AEP, 2016)

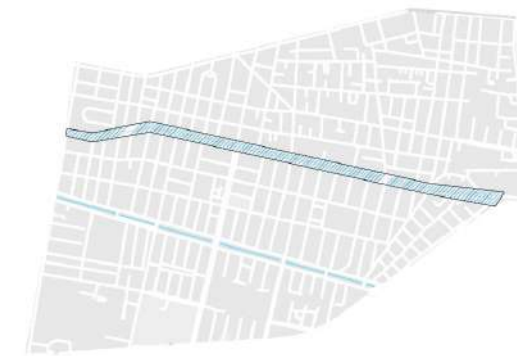
4.2 ESTRATEGIAS

Este subcapítulo propone una serie de estrategias e intervenciones físicas para cada una de las zonas definidas previamente en el estudio. Basándonos en la estrategia “Retrasar, retener, almacenar y reutilizar”, se define un catálogo de posibles intervenciones en el espacio público que contribuirían a hacer de Morelia una ciudad más sensible al agua. Estas intervenciones se organizan según la escala, desde muy grandes hasta pequeñas, e incluyen desde facilidades genéricas de almacenamiento a gran escala hasta intervenciones más específicas como jardines de lluvia o plazas de agua.

4.2.1 Retener, Renaturalizar, Infiltrar y Almacenar

Las estrategias, se basan en “retrasar, retener, reutilizar y almacenar” estrategia implementada en el documento “**hacia una ciudad de Mexico sensible al agua**”. En este caso se aterriza en el la ciudad de Morelia, contexto con algunas diferencias respecto a la ciudad de México, razón por la cual estas estrategias sufren de algunas modificaciones. Las estrategias están divididas en tres zonas principales las cuales de acuerdo a los análisis previos, son las principales responsables de las inundaciones en el Boulevard García de León, En la zona norte se propone detener las escorrentías con estrategias de retención, en la zona sur el problema principal es el desborde del río por lo cual las estrategias propuestas constan en la limpieza o retención del mismo, la zona media es la principal afectada, aquí se encuentra el Boulevard y el agua se estanca inundando la zona, por lo cual se propone infiltrar esta misma y de ser posible almacenarla.

1



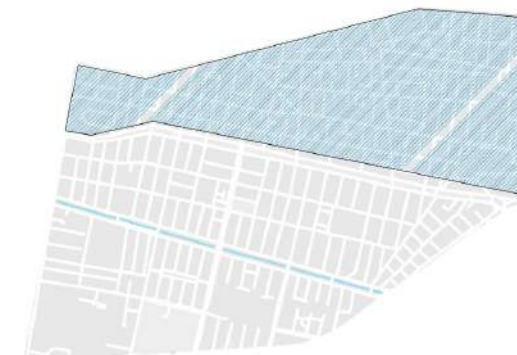
(Fig 4.3) .Zona 1. Fuente: Elaboración propia

Infiltrar + Almacenar

Boulevard García de León

Se propone infiltrar hacia el subsuelo el agua que llegue a la zona de Boulevard García de León, de ser posible almacenarla.

2



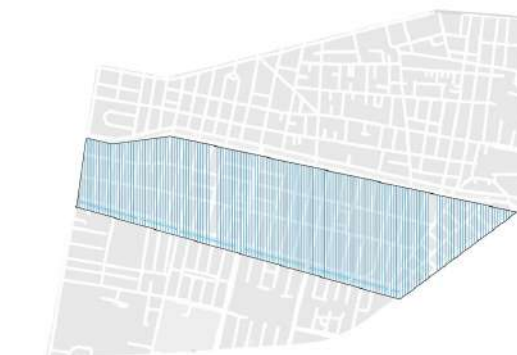
(Fig 4.4) .Zona 1. Fuente: Elaboración propia

Retener

Chapultepec sur

Se propone retener el flujo hídrico de las escorrentías provenientes de la zona norte.

3



(Fig 4.5) .Zona 1. Fuente: Elaboración propia

Renaturalizar

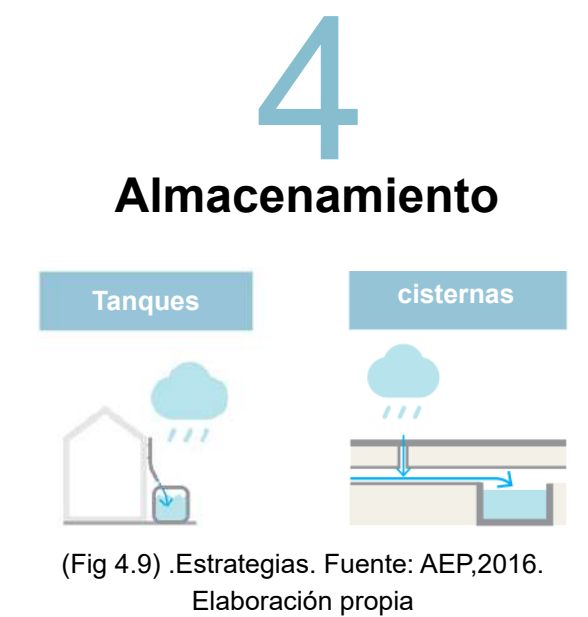
Río Chiquito

Se propone hacer limpieza en el Río chiquito para aumentar su gasto efectivo de m³/s, además de retener el agua.

4.2.2 Catálogo de estrategias urbanas resilientes al agua

El catálogo propone una serie de estrategias e intervenciones físicas puntuales y acotadas, basadas en el resultado de las estrategias planteadas para este proyecto, “retener, renaturalizar, infiltrar y almacenar” que a su vez se basó en el documento “hacia una ciudad de México sensible al agua”.

Se define un catálogo de posibles intervenciones de espacio público para hacer más resiliente a la ciudad de Morelia, son cuatro estrategias distintas (retener, limpiar, infiltrar y almacenar), y se clasifican de acuerdo a su escala o grado de complejidad.



4.3 APLICACIÓN

4.3.1 Aplicación por zonas



(Fig 4.10) .Estrategias por zona. Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestran de manera generalizada las zonas en las cuales se aplicaron las estrategias propuestas.

4.3.2 Estrategias zona 1, Boulevard García de León

Las principales estrategias planteadas en el Boulevard García de León son “**infiltrar y almacenar**”, por las características que presenta esta zona, donde el agua llega y se estanca provocando la inundación de la misma. La estrategia principal de infiltración que se utilizara serán los jardines de lluvia en todos los tramos del Boulevard, aprovechando los espacios verdes del mismo.



(Fig 4.11) .Estrategias zona 1. Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Estrategia de infiltración y almacenamiento



(Fig 4.12) .Jardines de agua. Fuente: Elaboración propia

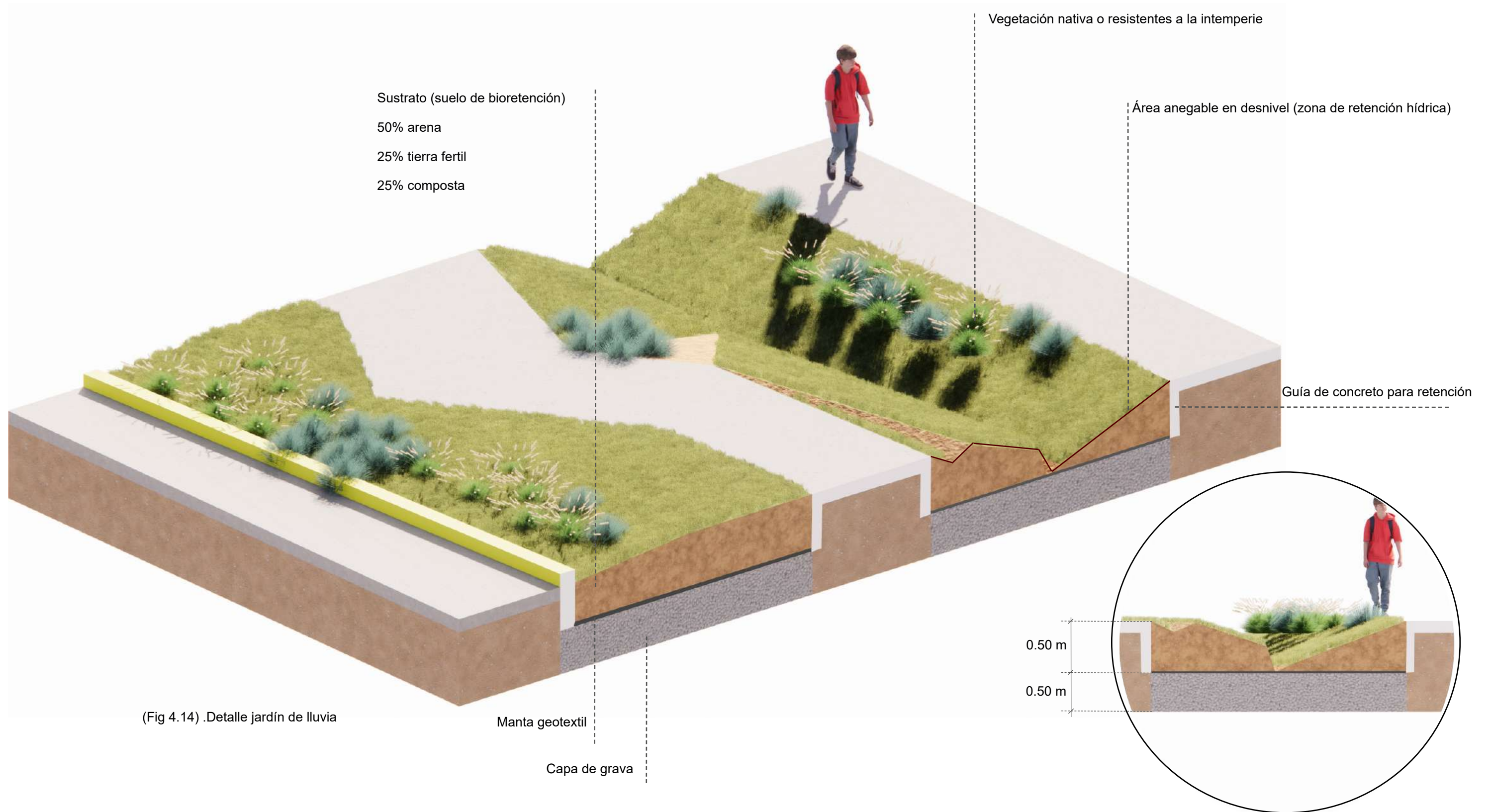
Los jardines de lluvia son espacios verdes diseñados para capturar, absorber y filtrar el agua de lluvia. Estos jardines se componen de plantas nativas o adaptadas, suelos especiales y estructuras de almacenamiento que permiten la infiltración del agua en lugar de que ésta se escurra superficialmente. Su objetivo principal es reducir la escorrentía de agua, prevenir inundaciones y mejorar la calidad del agua al filtrar contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua locales. (Steiner, Lynn & Domm, 2012, pp. 5-18)



(Fig 4.13) .Cisternas pluviales . Fuente: Elaboración propia

Las cisternas de almacenamiento pluvial son estructuras diseñadas para recolectar y almacenar el agua de lluvia. Estas cisternas, que pueden estar ubicadas tanto sobre el suelo como enterradas, tienen una mayor capacidad de almacenamiento que los barriles de lluvia convencionales. Se utilizan para recoger el agua de escorrentía de los techos y otras superficies impermeables y la almacenan en un tanque. El agua almacenada puede ser utilizada para diversos fines no potables, como el riego de jardines, la limpieza de exteriores, y en algunos casos, tras un tratamiento adecuado, para usos domésticos. (EPA, 2015)

4.3.4 Detalle de jardines de lluvia propuestos



4.3.5 Paleta vegetal propuesta

La propuesta vegetal, incluye plantas nativas de zona o adaptadas a ella, principalmente es vegetación resistente a la intemperie y de bajo mantenimiento. (Steiner, Lynn & Domm, 2012, pp. 5-18)

PENNISETUM



(Fig 4.15) .Pennisetum

- Exposición directa al sol.
- Bajo requerimiento hídrico.
- Alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo.

SANSEVIERIA



(Fig 4.16) .Sansevieria

- Exposición directa al sol.
- Bajo requerimiento hídrico.
- Alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo.

FESTUCA GLAUCA



(Fig 4.17) .Festuca glauca

- Exposición directa al sol.
- Bajo requerimiento hídrico.
- Alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo.

FORNIO



(Fig 4.18) .Fornio

- Exposición directa al sol.
- Bajo requerimiento hídrico.
- Alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y de suelo.

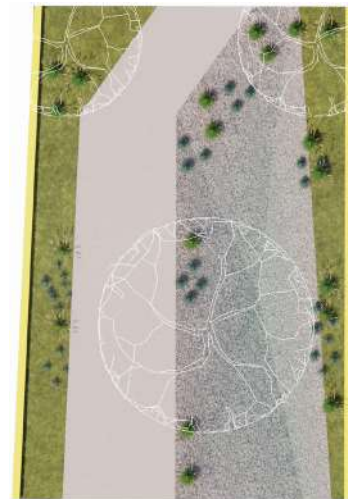
4.3.6 Implementación zona 1 (Boulevard)

Jardín de lluvia tramo 1



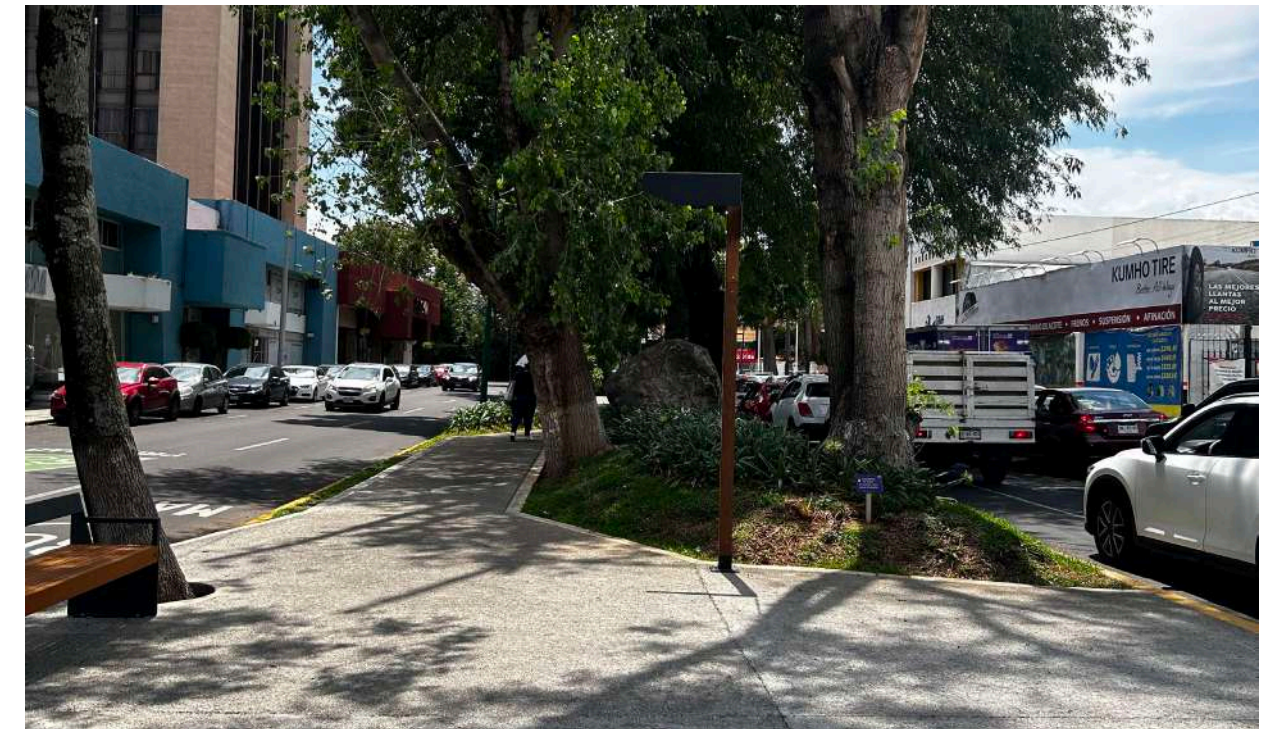
Planta tramo 1

(Fig 4.19) .Conjunto tramo 1. Fuente: Elaboración propia

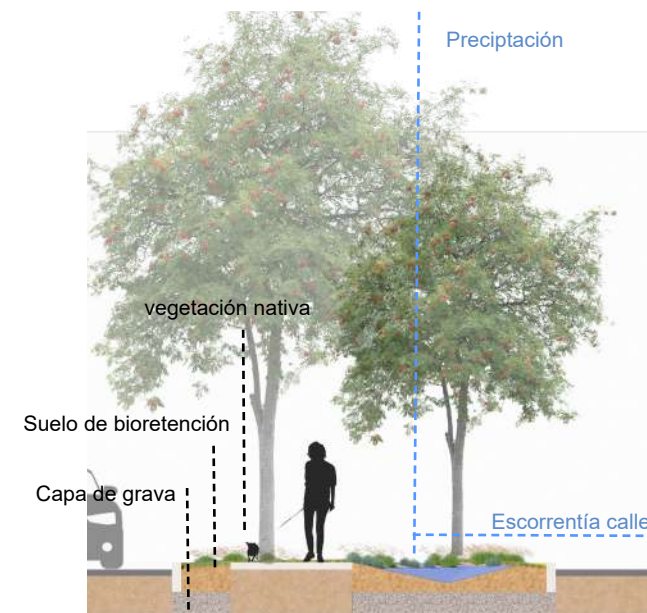


Planta

(Fig 4.20) .Planta tramo 1. Fuente: Elaboración propia

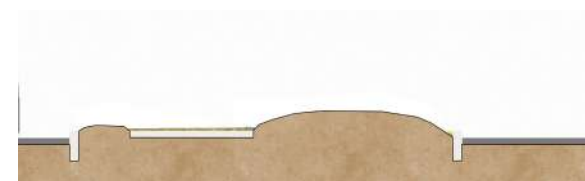


(Fig 4.23) .Tramo 1 estado actual. Fuente: Elaboración propia



Sección propuesta

(Fig 4.21) .Sección tramo 1. Fuente: Elaboración propia



Sección actual

(Fig 4.22) .Sección tramo 1. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.24) .Tramo 1 propuesto. Fuente: Elaboración propia

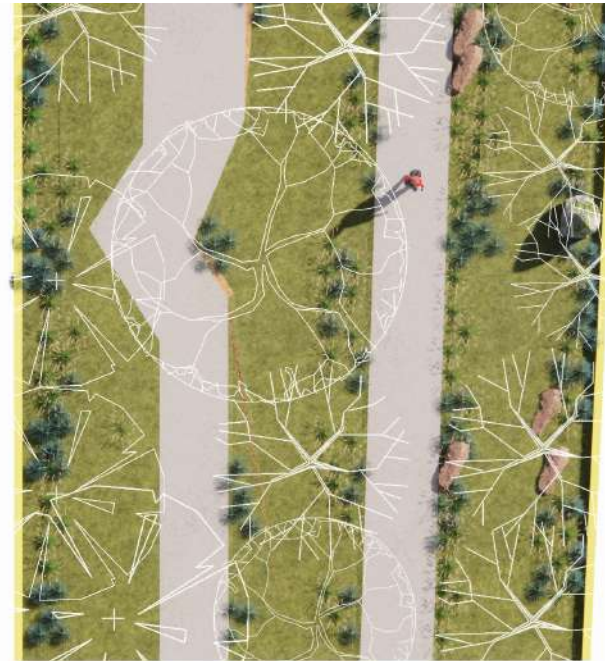
El primer tramo del Boulevard es uno de los más afectados en la zona, se propone bajar el nivel de los jardines, creando consigo un espacio profundo en el cual se puede almacenar e infiltrar el agua de las precipitaciones, generando así los jardines de lluvia propuestos, contribuyendo una pequeña solución a las inundaciones en esta parte.

Jardín de lluvia tramo 2



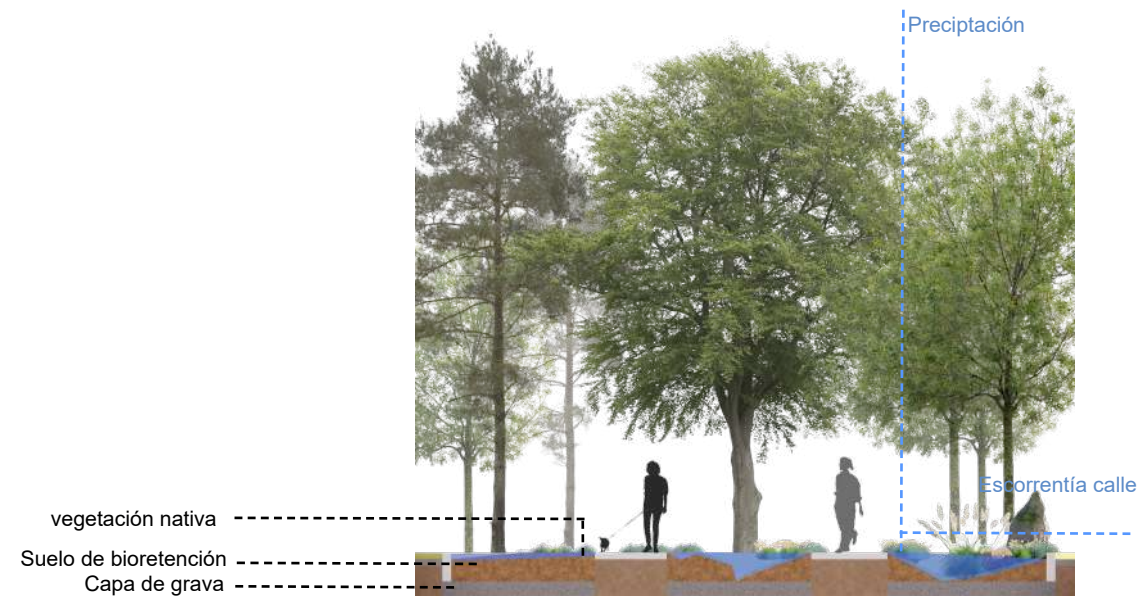
Planta tramo 2

(Fig 4.25) .Conjunto tramo 2. Fuente: Elaboración propia



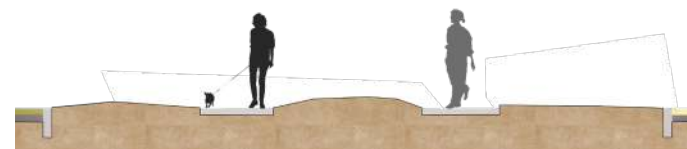
Planta

(Fig 4.26) .Planta tramo 2. Fuente: Elaboración propia



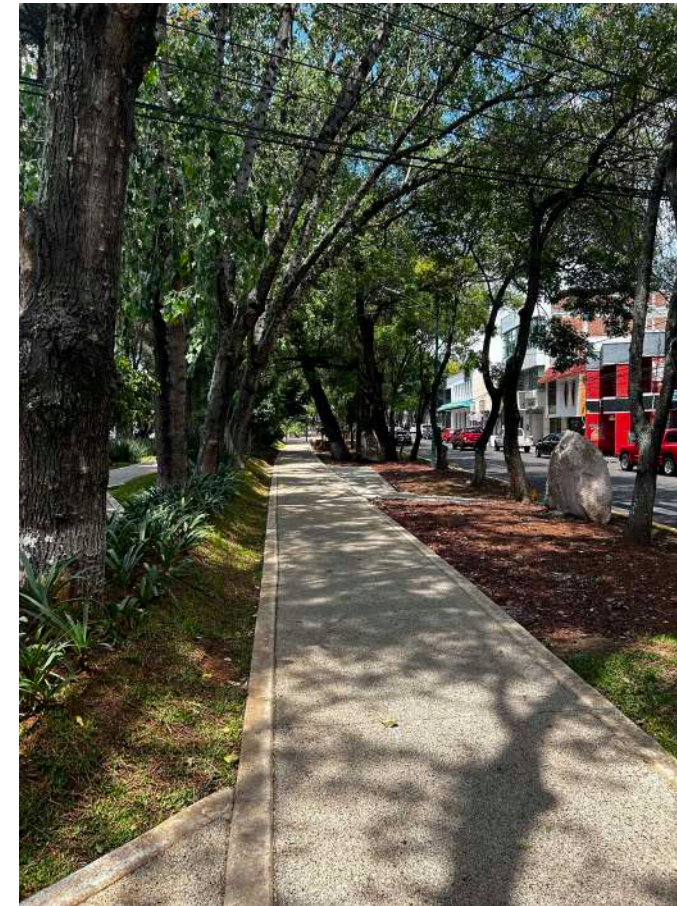
Sección propuesta

(Fig 4.27) .Sección tramo 2. Fuente: Elaboración propia



Sección actual

(Fig 4.28) .Sección tramo 2. Fuente: Elaboración propia

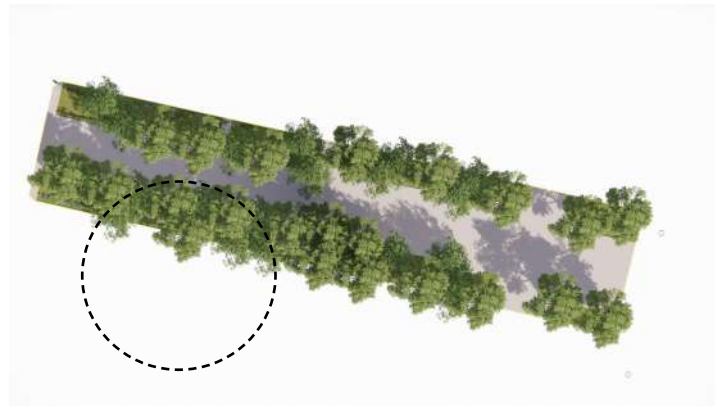


(Fig 4.29) .Tramo 2 estado actual. Fuente: Elaboración propia



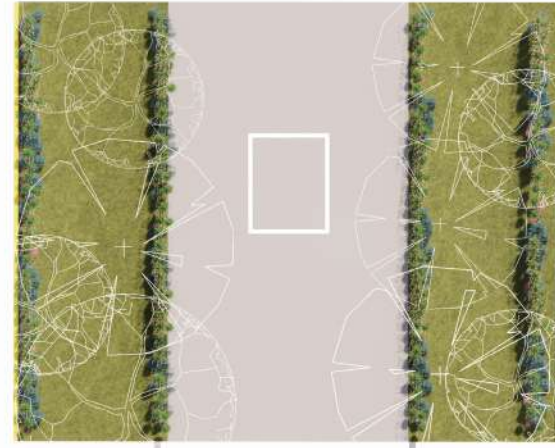
(Fig 4.30) .Tramo 2 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 3



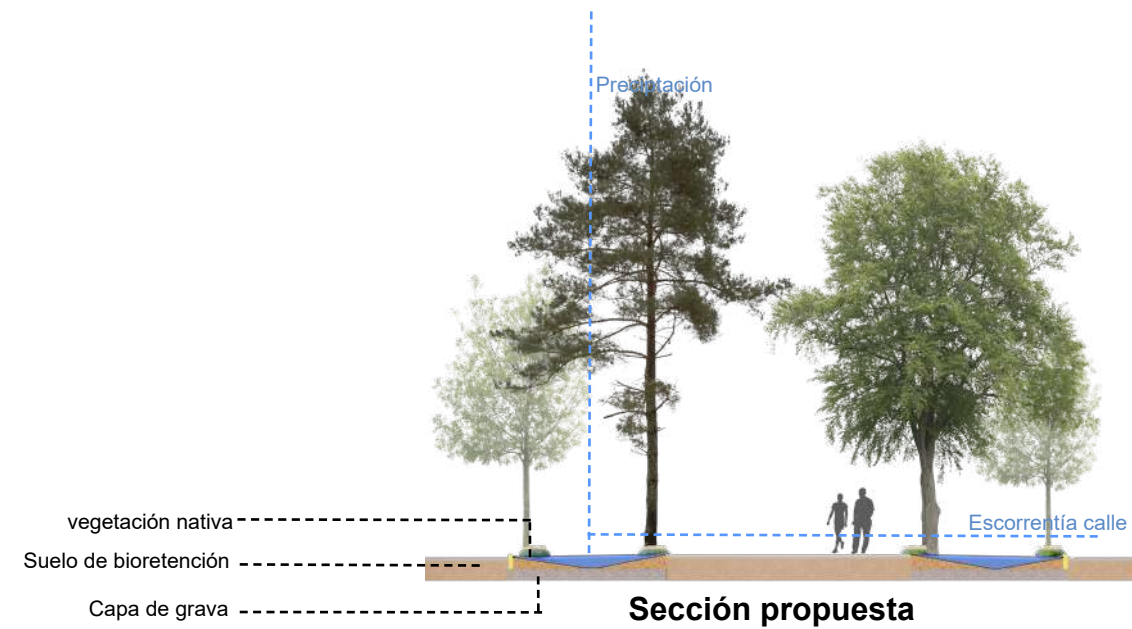
Planta tramo 3

(Fig 4.31) .Conjunto tramo 3. Fuente: Elaboración propia



Planta

(Fig 4.32) .Planta tramo 3. Fuente: Elaboración propia



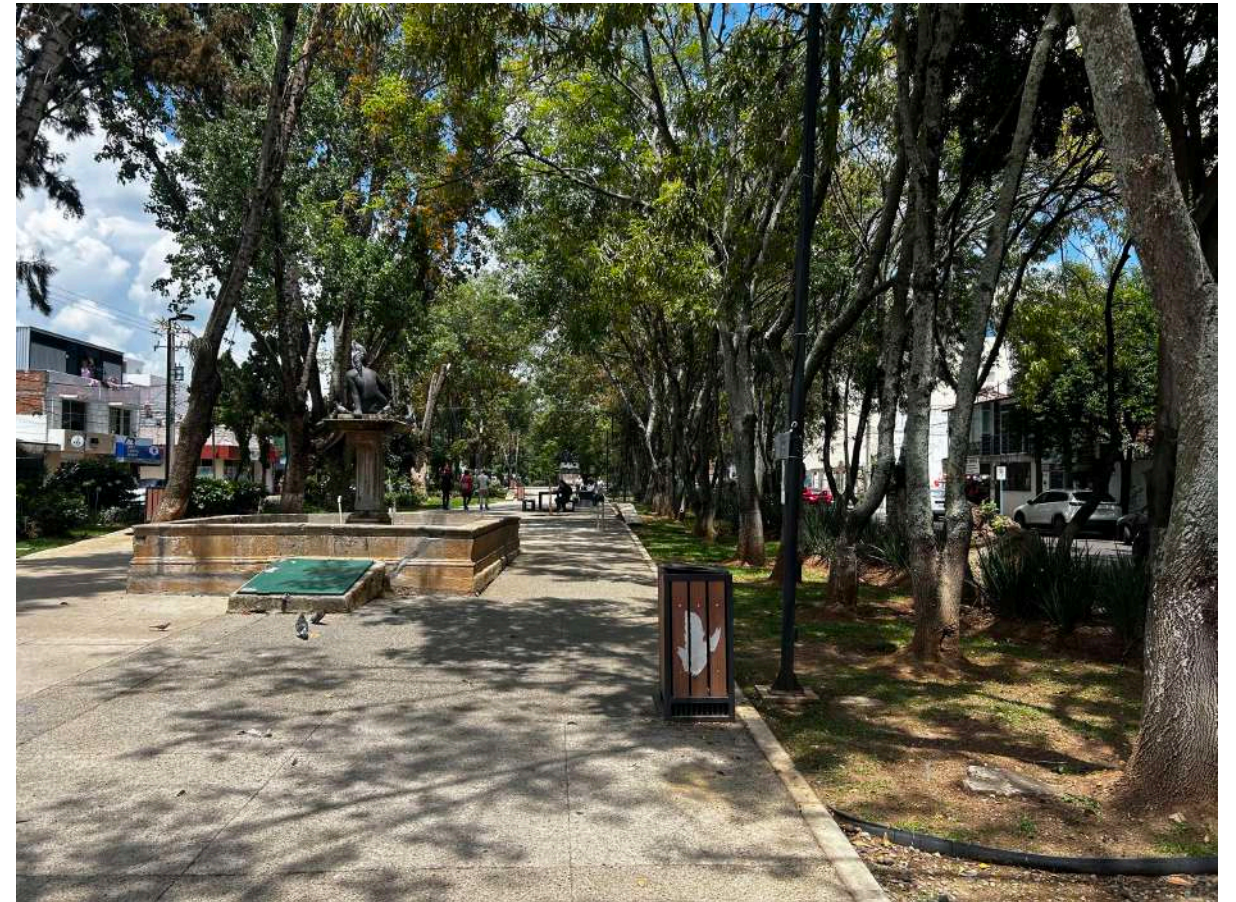
Sección propuesta

(Fig 4.33) .Sección tramo 3. Fuente: Elaboración propia



Sección actual

(Fig 4.34) .Sección tramo 3. Fuente: Elaboración propia

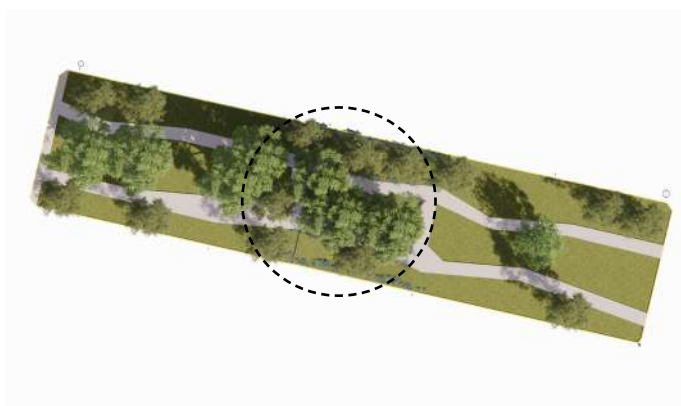


(Fig 4.35) .Tramo 3 estado actual. Fuente: Elaboración propia



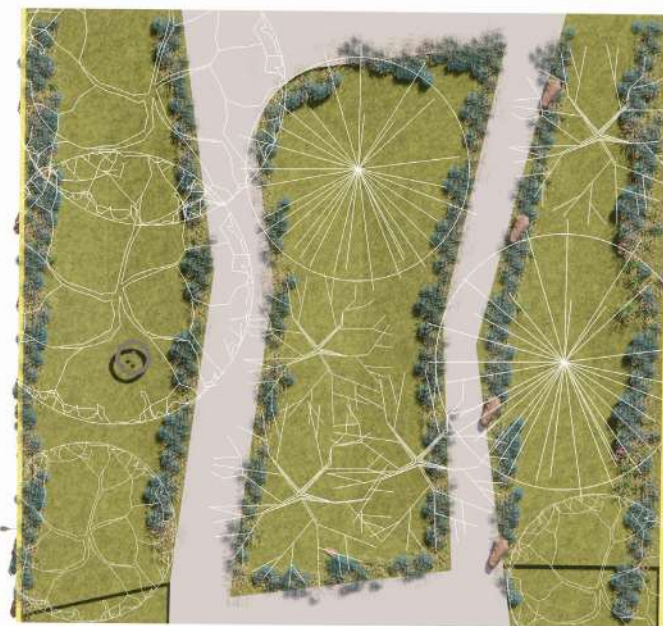
(Fig 4.36) .Tramo 3 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 4



Planta tramo 4

(Fig 4.37) .Conjunto tramo 4. Fuente: Elaboración propia

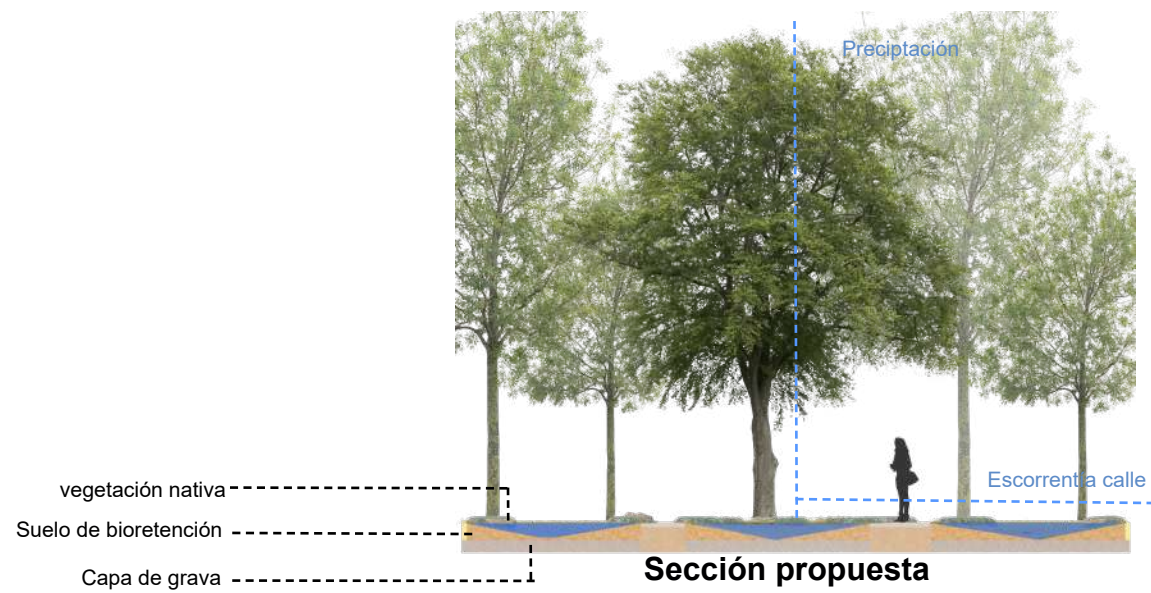


Planta

(Fig 4.38) .Planta tramo 4. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.41) .Tramo 4 estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.39) .Sección tramo 4. Fuente: Elaboración propia

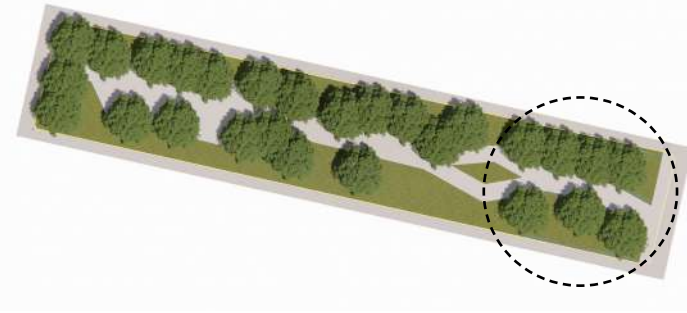


(Fig 4.40) .Sección tramo 4. Fuente: Elaboración propia



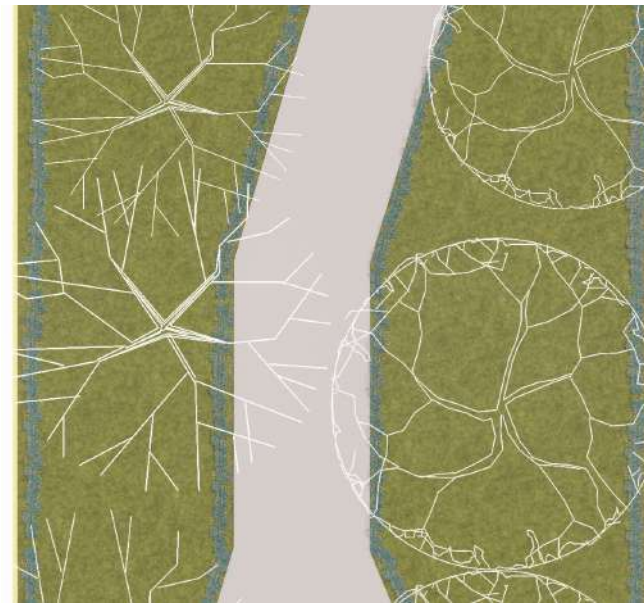
(Fig 4.42) .Tramo 4 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 5



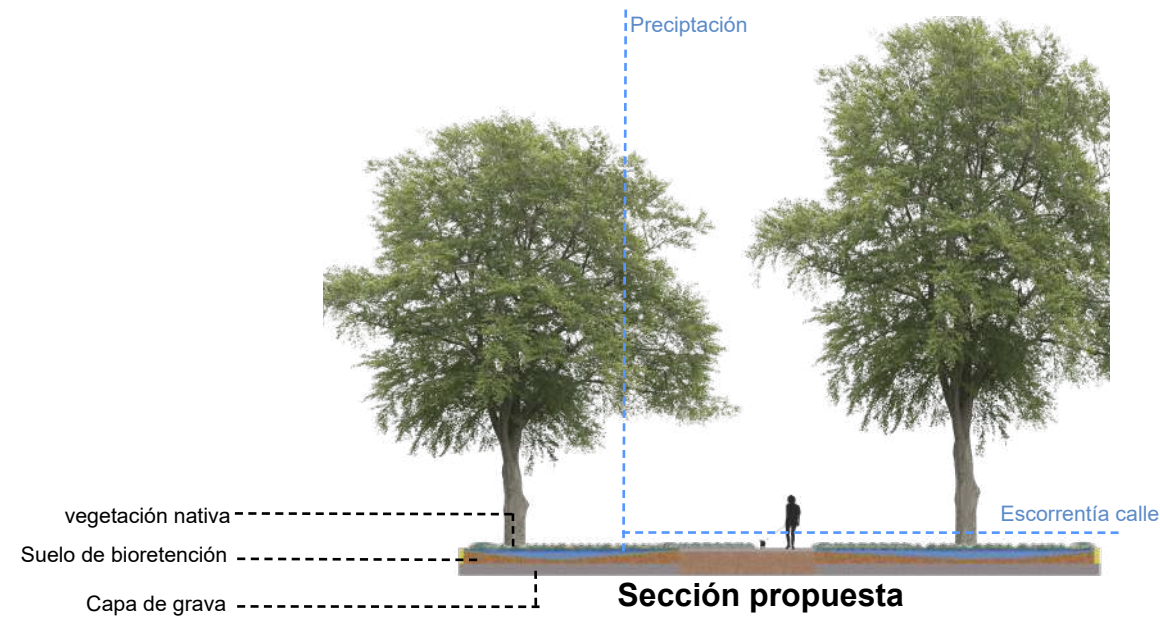
Planta tramo 5

(Fig 4.43) .Conjunto tramo 5. Fuente: Elaboración propia



Planta

(Fig 4.44) .Planta tramo 5. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.45) .Sección tramo 5. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.46) .Sección tramo 5. Fuente: Elaboración propia

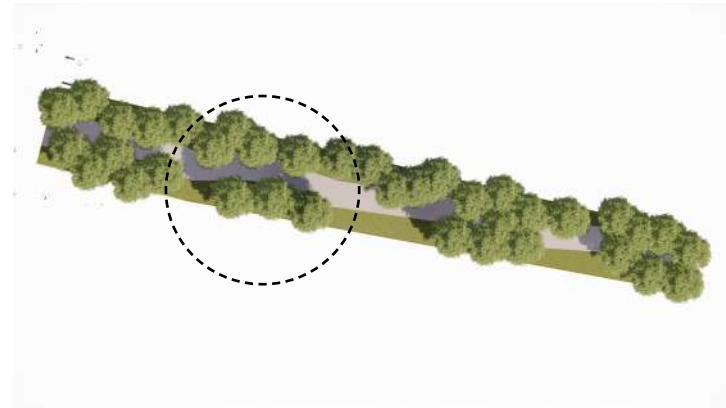


(Fig 4.47) .Tramo 5 estado actual. Fuente: Elaboración propia



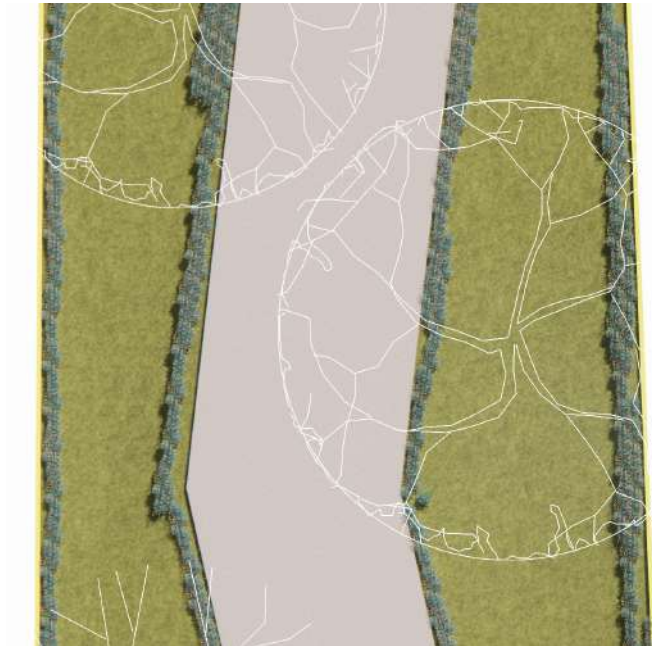
(Fig 4.48) .Tramo 5 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 6



Planta tramo 6

(Fig 4.49) .Conjunto tramo 6. Fuente: Elaboración propia

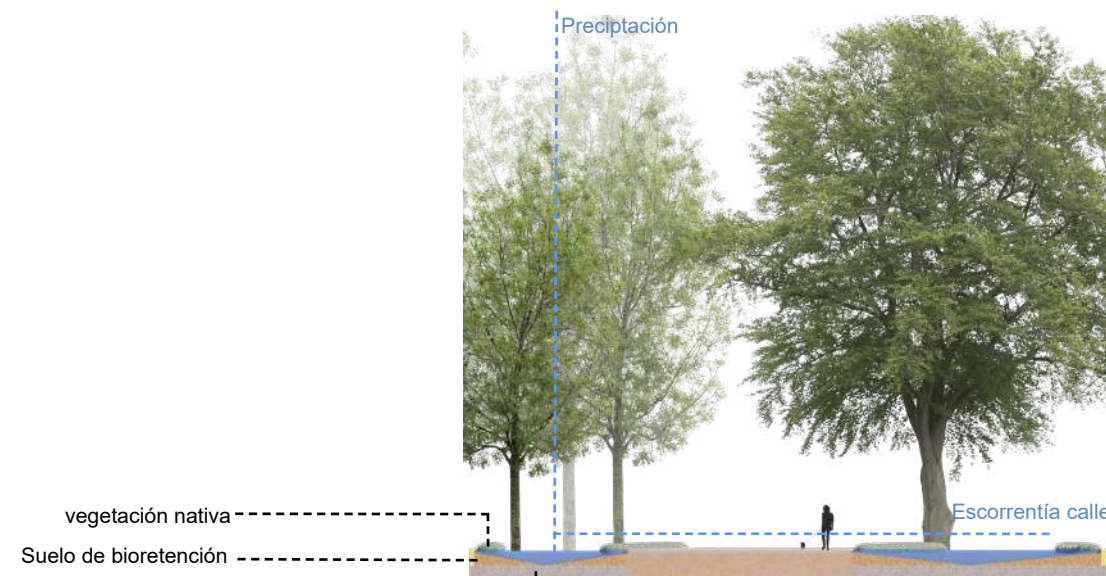


Planta

(Fig 4.50) .Planta tramo 6. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.53) .Tramo 6 estado actual. Fuente: Elaboración propia



Sección propuesta

(Fig 4.51) .Sección tramo 6. Fuente: Elaboración propia



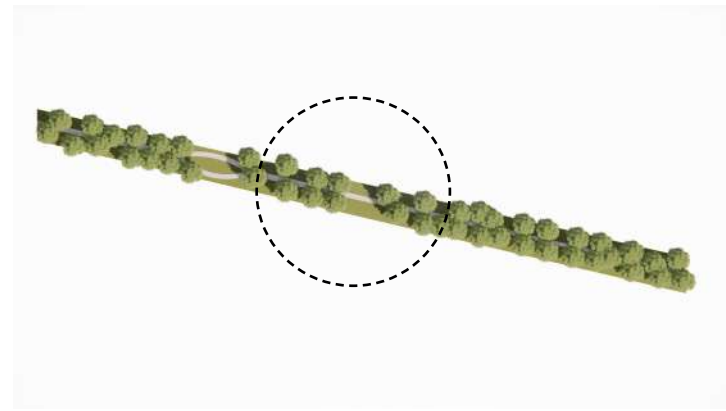
Sección actual

(Fig 4.52) .Sección tramo 6. Fuente: Elaboración propia



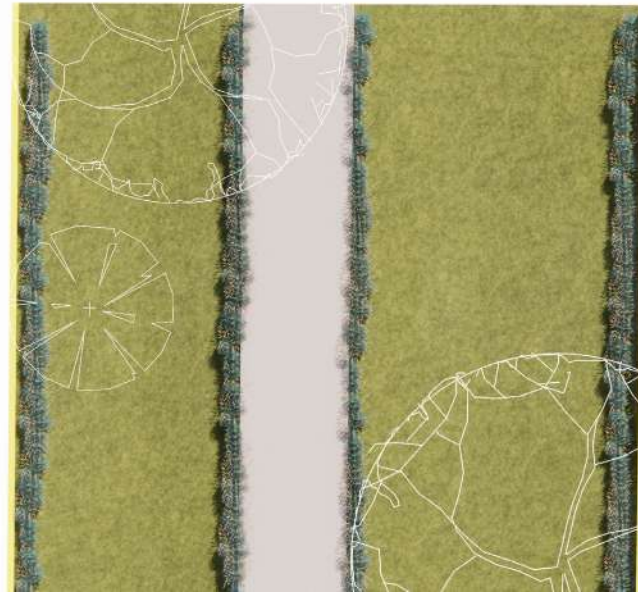
(Fig 4.54) .Tramo 6 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 7



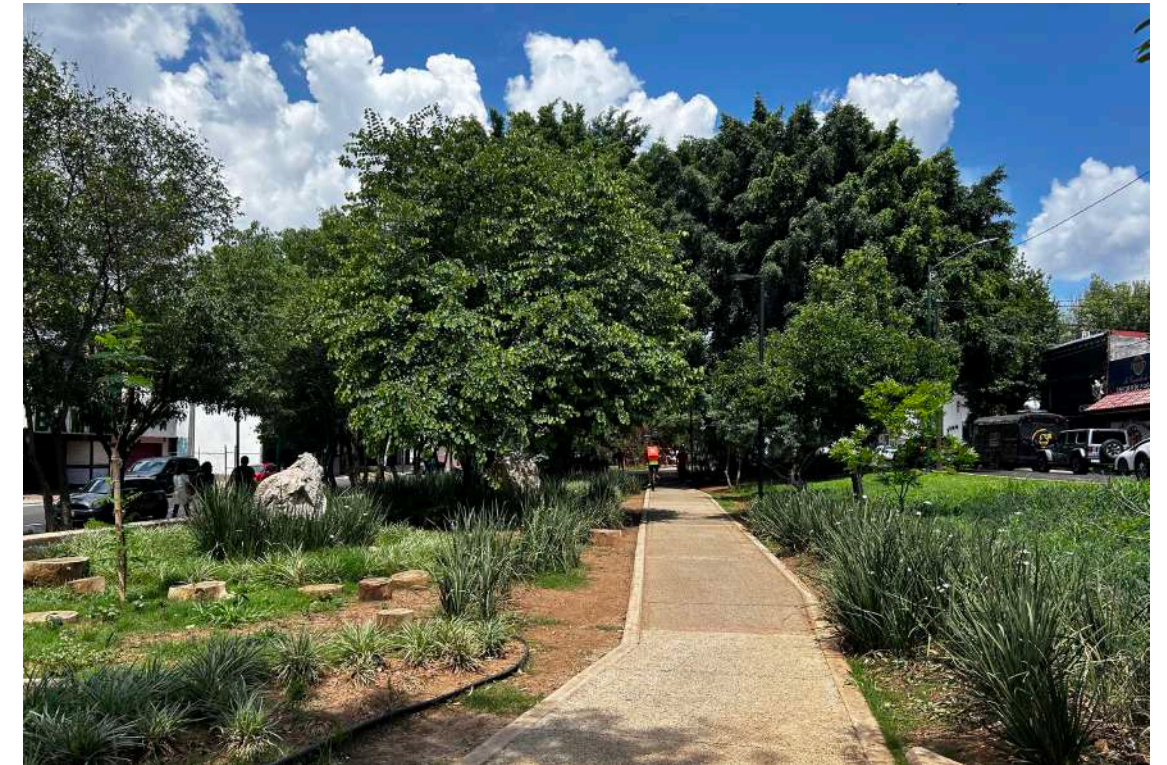
Planta tramo 7

(Fig 4.55) .Conjunto tramo 7. Fuente: Elaboración propia

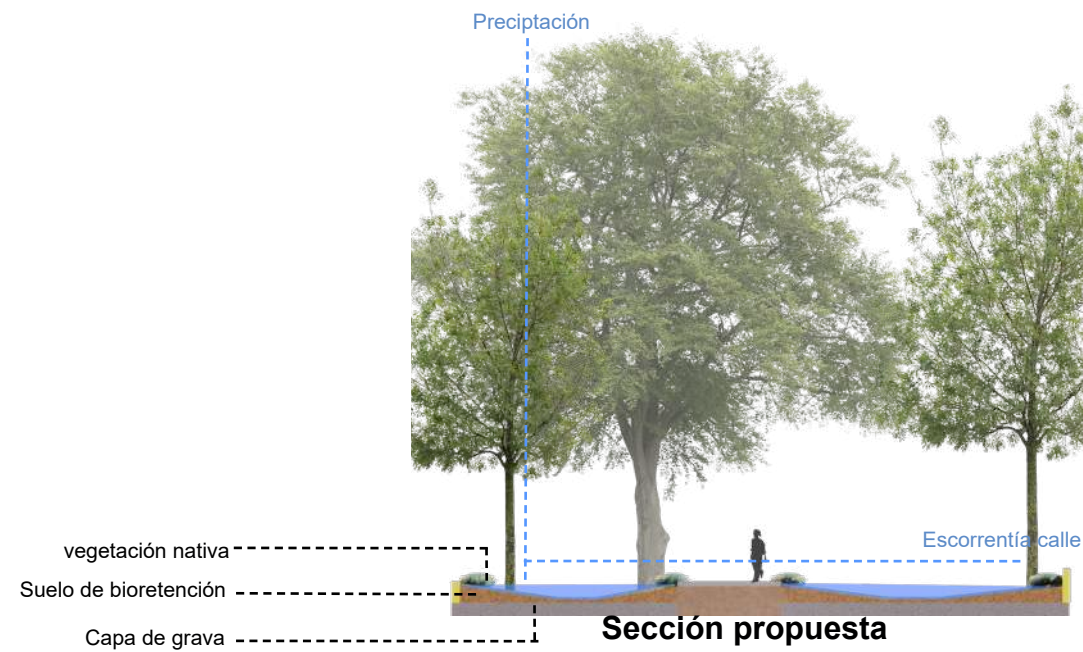


Planta

(Fig 4.56) .Planta tramo 7. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.59) .Tramo 7 estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.57) .Sección tramo 7. Fuente: Elaboración propia



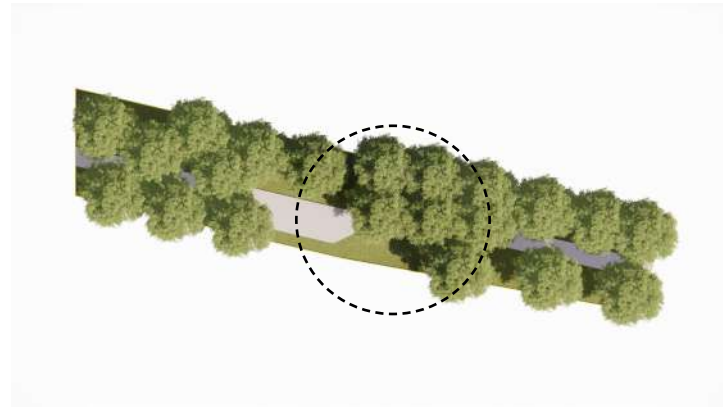
Sección actual

(Fig 4.58) .Sección tramo 7. Fuente: Elaboración propia



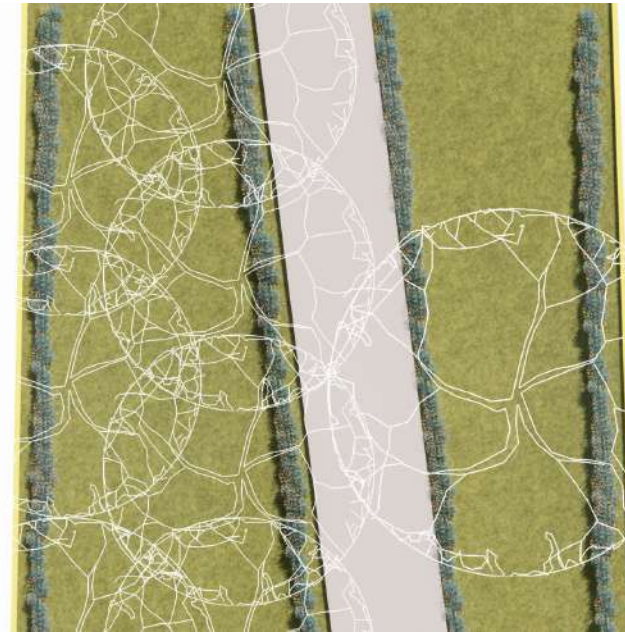
(Fig 4.60) .Tramo 7 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 8



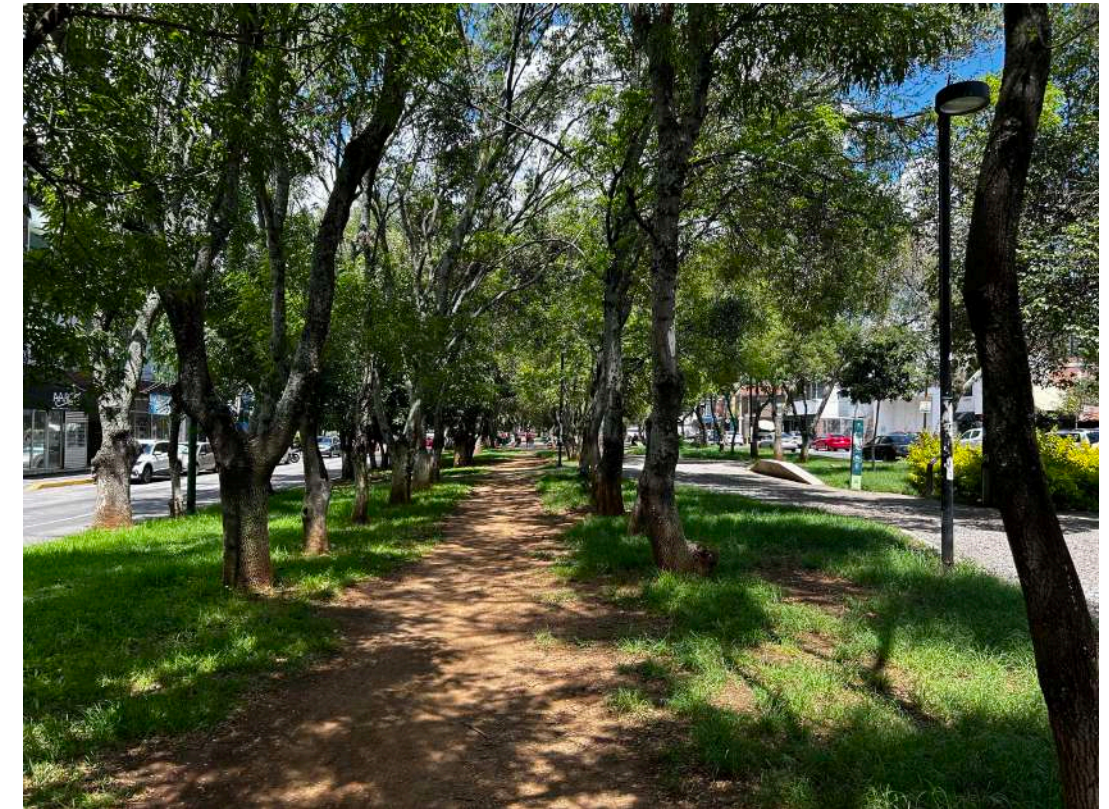
Planta tramo 8

(Fig 4.61) .Conjunto tramo 8. Fuente: Elaboración propia

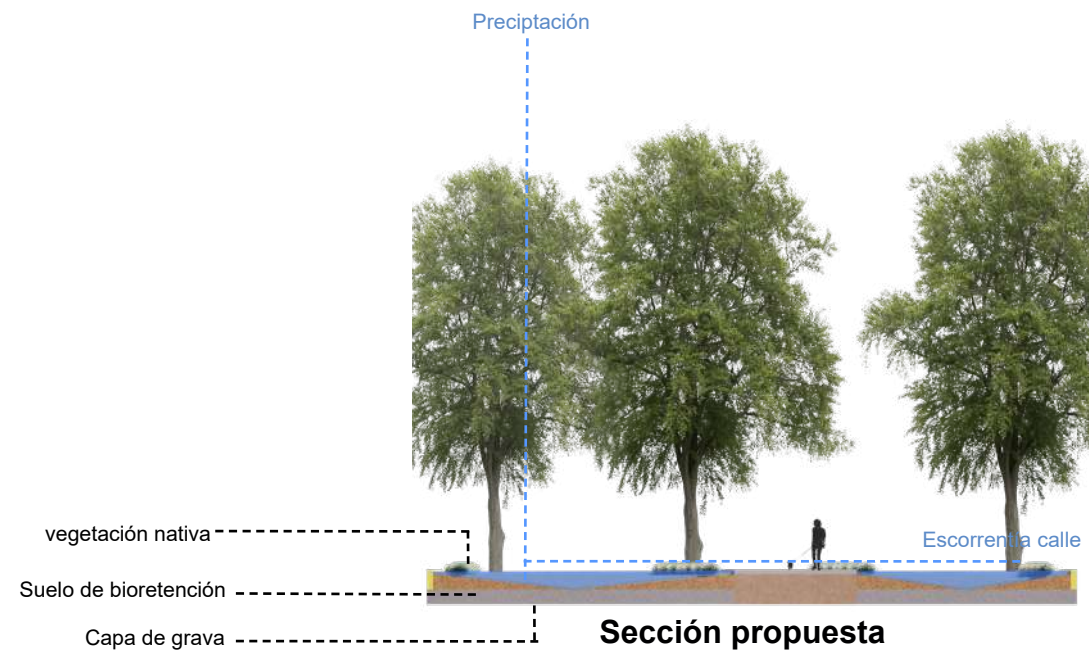


Planta

(Fig 4.62) .Planta tramo 8. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.65) .Tramo 8 estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.63) .Sección tramo 8. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.64) .Sección tramo 8. Fuente: Elaboración propia



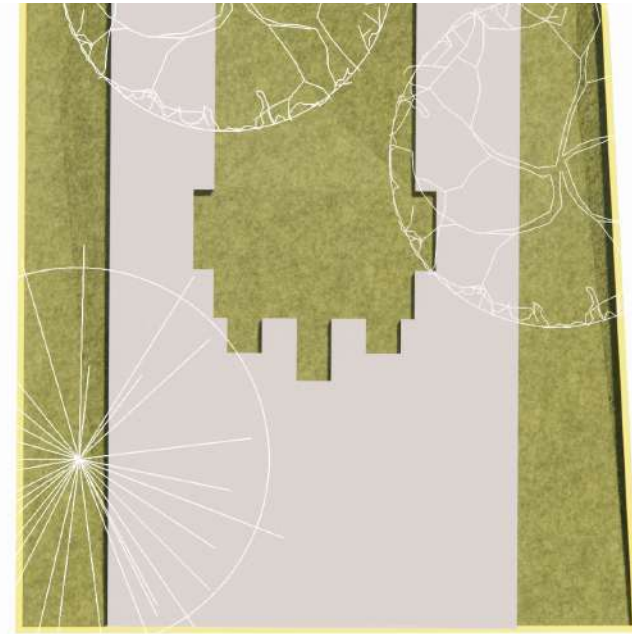
(Fig 4.66) .Tramo 8 propuesto. Fuente: Elaboración propia

Jardín de lluvia tramo 9



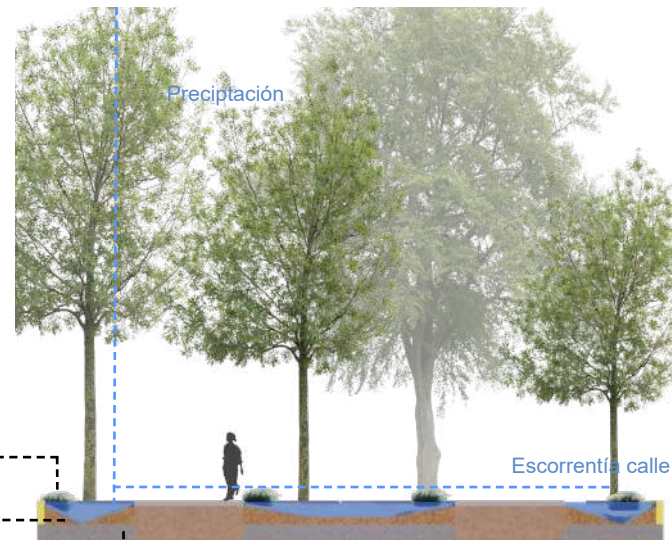
Planta tramo 9

(Fig 4.67) .Conjunto tramo 9. Fuente: Elaboración propia



Planta

(Fig 4.68) .Planta tramo 9. Fuente: Elaboración propia



vegetación nativa
Suelo de bioretención
Capa de grava
Sección propuesta

(Fig 4.69) .Sección tramo 9. Fuente: Elaboración propia

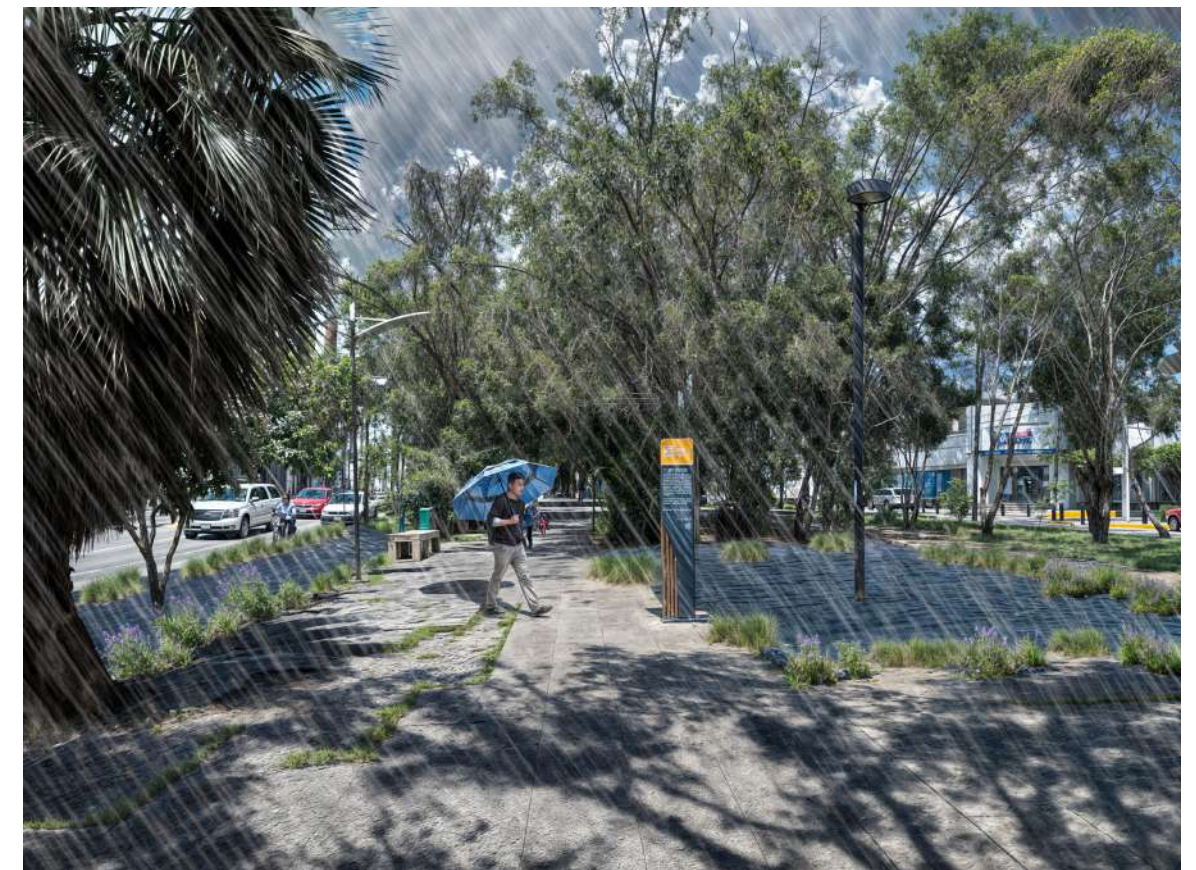


Sección actual

(Fig 4.70) .Sección tramo 9. Fuente: Elaboración propia



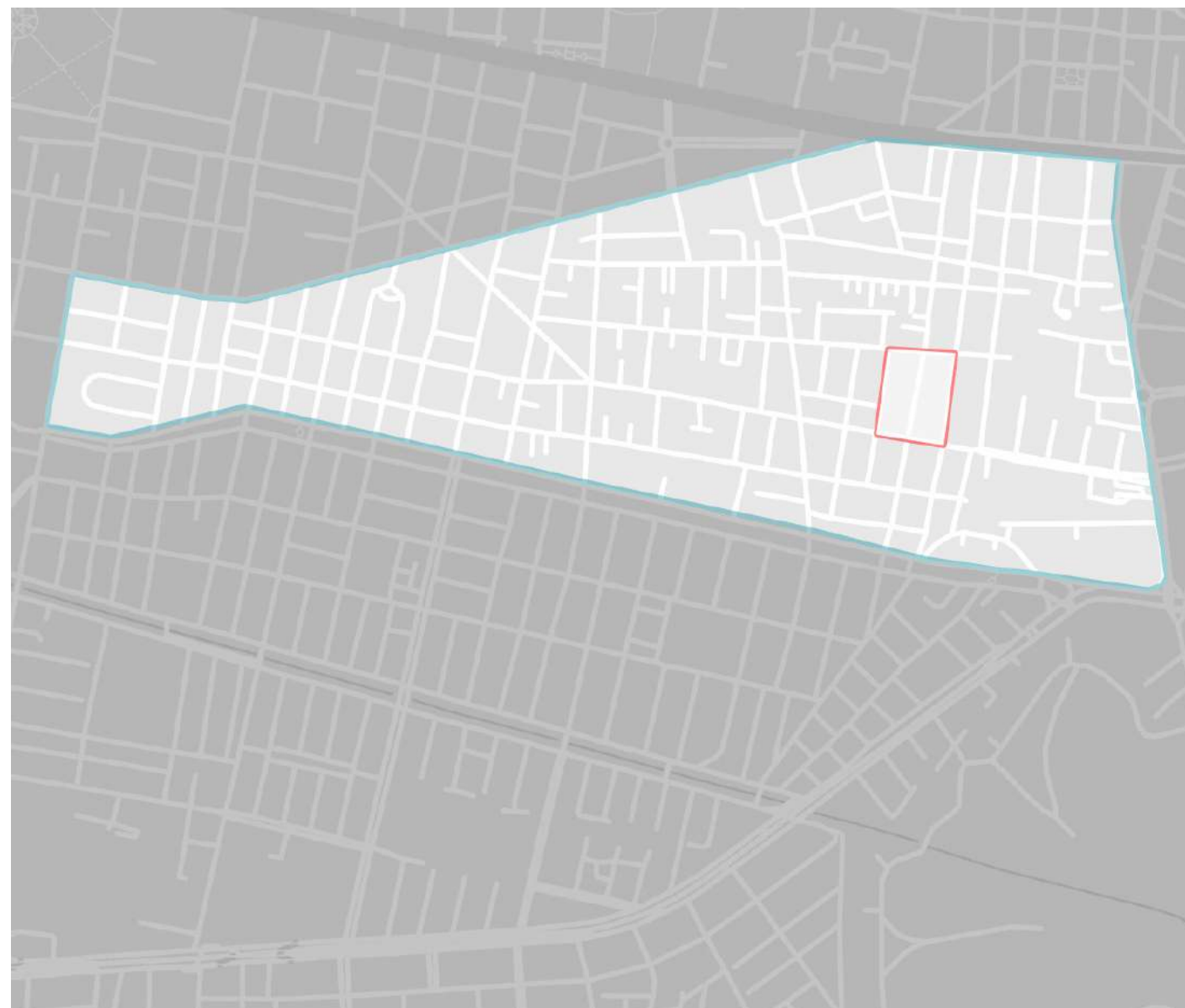
(Fig 4.71) .Tramo 9 estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.72) .Tramo 9 propuesto. Fuente: Elaboración propia

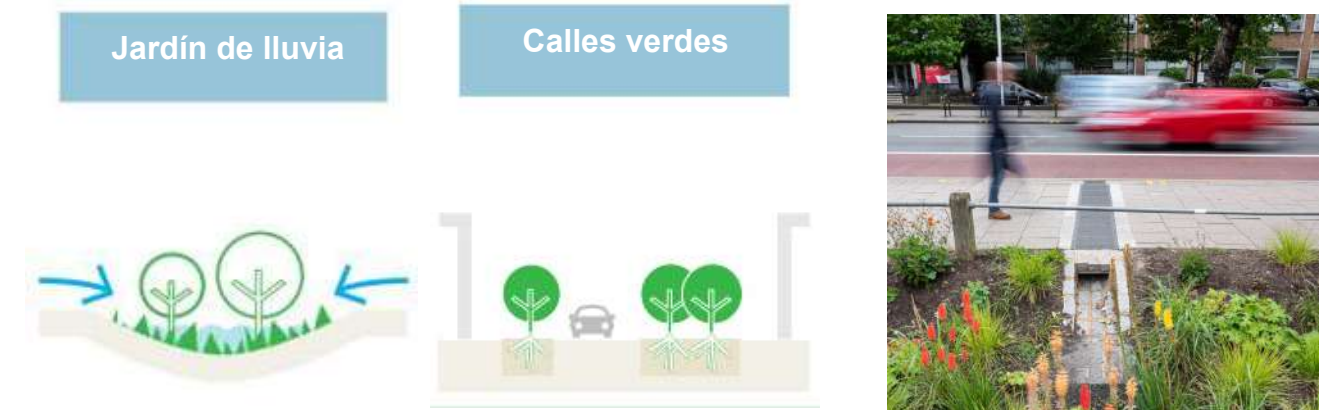
4.3.7 Estrategias zona 2, Col Chapultepec sur

Las principales estrategias planteadas en la colonia chapultepec sur son “**retención**”, por las características que presenta esta zona, en las cuales las escorrentías provenientes de la precipitación llegan al Boulevard. La estrategia principal se basará en buscar vacíos urbanos que nos permitan proponer espacios de retención pluvial como, calles mas verdes, pavimentos porosos o zonas de bioretención como jardines pluviales, con el objetivo de disminuir las escorrentías provenientes de esta zona



(Fig 4.73) .Estrategias zona 2. Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Estrategia de retención



(Fig 4.74) .Jardines de agua y calles verdes. Fuente: Elaboración propia

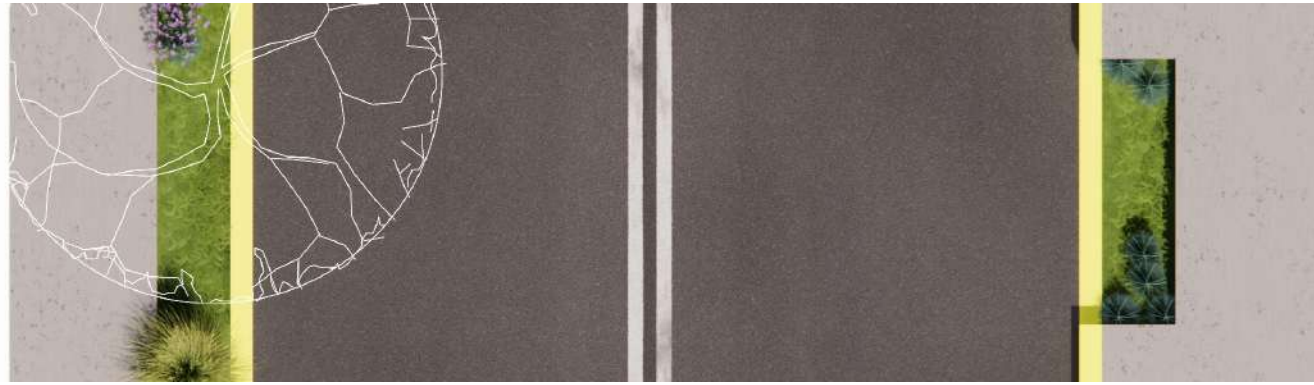
Los jardines de lluvia son espacios verdes diseñados para capturar, absorber y filtrar el agua de lluvia. Estos jardines se componen de plantas nativas o adaptadas, suelos especiales y estructuras de almacenamiento que permiten la infiltración del agua en lugar de que ésta se escurra superficialmente. Su objetivo principal es reducir la escorrentía de agua, prevenir inundaciones y mejorar la calidad del agua al filtrar contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua locales. (Steiner, Lynn & Domm, 2012, pp. 5-18)



(Fig 4.75) .Pavimentos porosos . Fuente: Elaboración propia

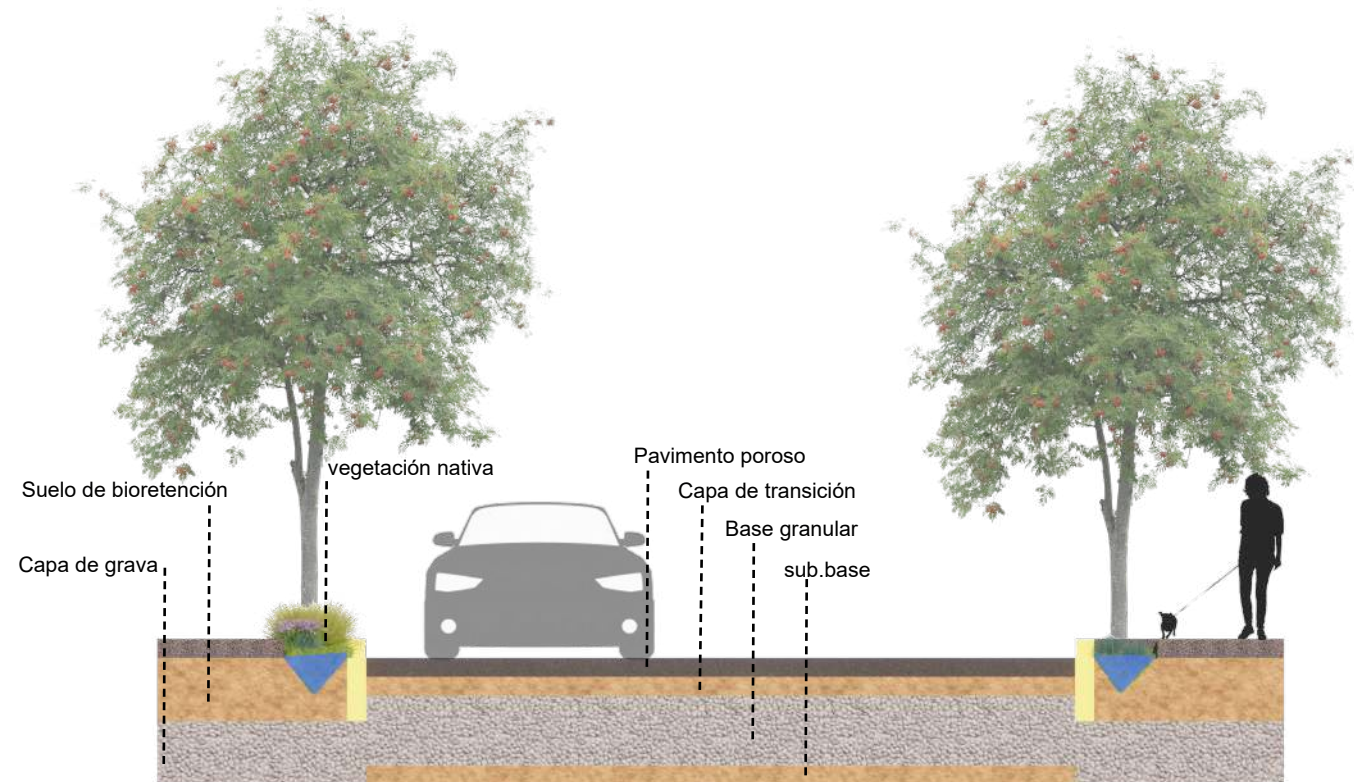
Los pavimentos porosos son una mezcla de agregados gruesos, uniformemente gradados con una baja concentración de arena y cementante, esta concentración de materiales proporciona una mayor porosidad lo cual permite que la escorrentía proveniente de las precipitaciones se infiltre. Esta alternativa presenta resultados exitosos en cuanto al manejo del agua de lluvia evitando la reducción de gastos en obras de drenaje e inundaciones. (Trujillo López, A., Quiroz Lasprilla, D, 2013, pp.15-16)

Jardín de lluvia calle Gral. Mariano Arista



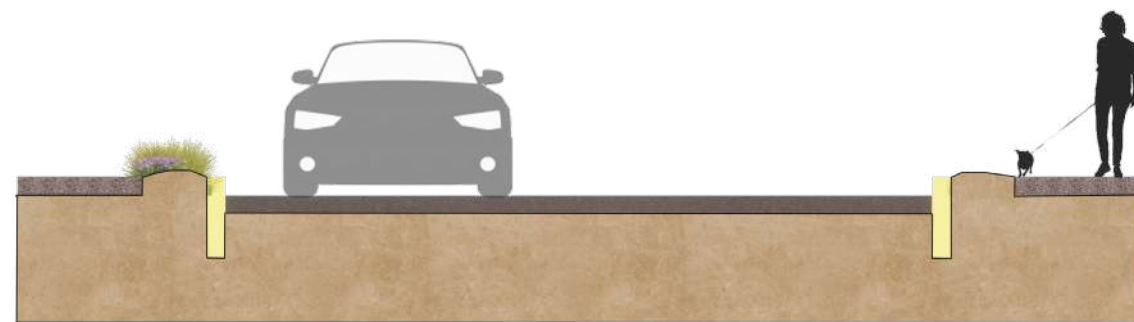
Planta

(Fig 4.76) .Planta. Fuente: Elaboración propia



Sección propuesta

(Fig 4.77) .Sección propuesta. Fuente: Elaboración propia



Sección actual

(Fig 4.78) .Sección actual. Fuente: Elaboración propia



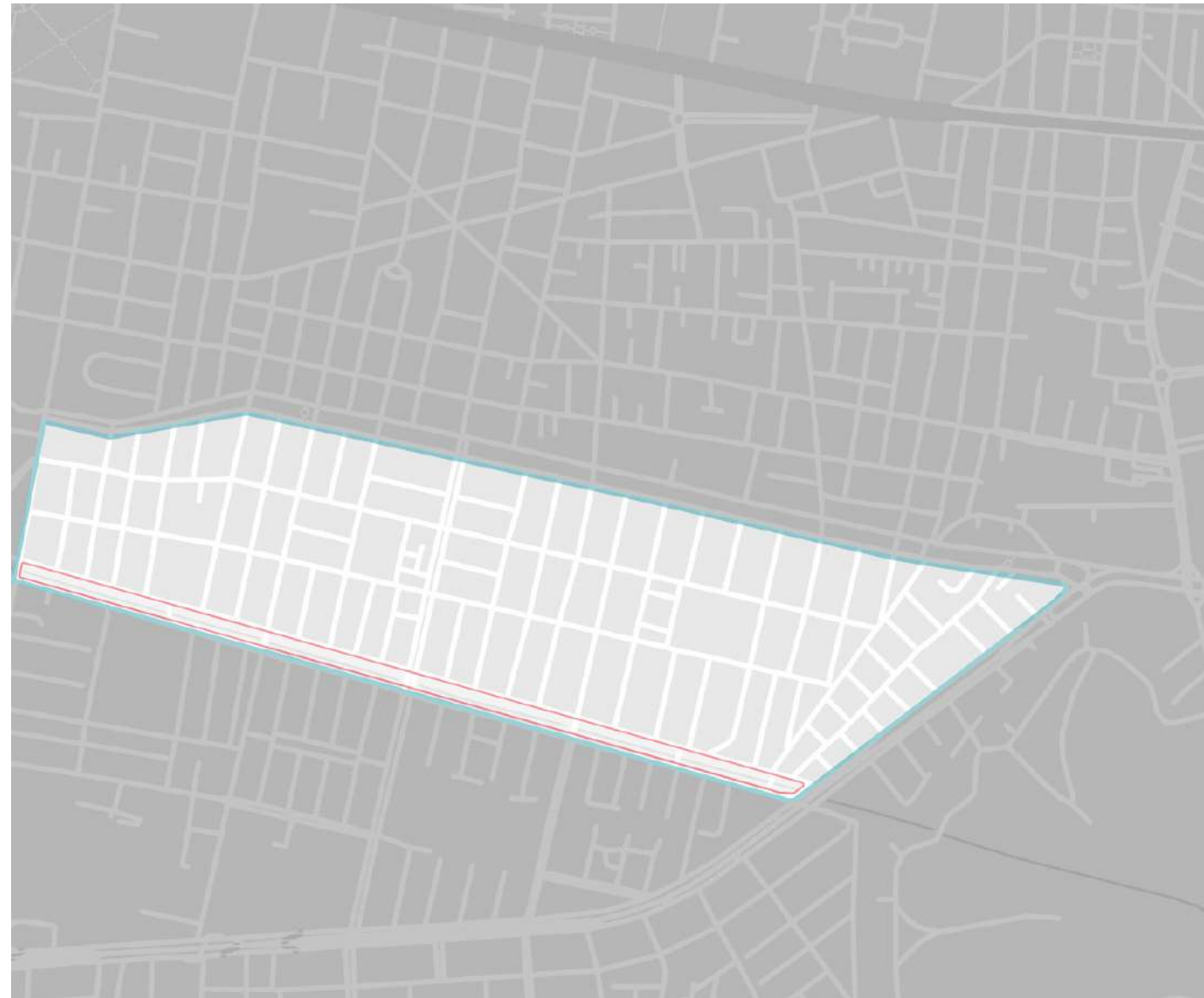
(Fig 4.79) .Calle estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.80) .Calle propuesta. Fuente: Elaboración propia

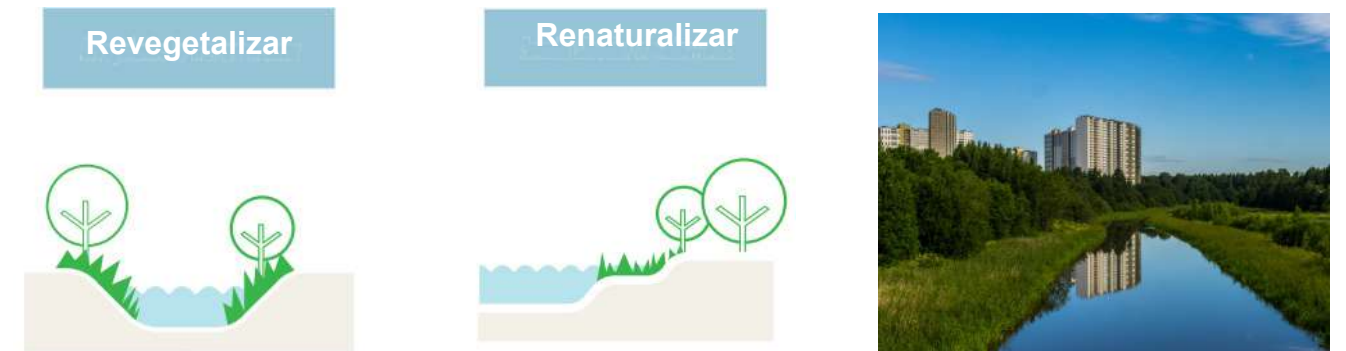
4.3.7 Estrategias zona 3, Río chiquito

Las principales estrategias planteadas en el Río Chiquito son “**renaturalizar o revegetalizar**”, por las características que presenta esta zona, donde el agua se desborda consecuencia del mal estado del río (elevada tasa de sedimentación) La estrategia principal que se utilizara será la renaturalización o revegetalización del mismo, con el objetivo de aumentar su gasto hídrico efectivo y evitar desbordes de agua a la zona de Boulevard García de León.



(Fig 4.81) .Estrategias zona 3. Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Estrategia de renaturalización



(Fig 4.82) .Renaturalización. Fuente: Elaboración propia

La renaturalización o revegetalización de un río es un proceso de restauración ecológica que busca devolver un río o un tramo de río a su estado mas natural, es decir, a condiciones mas cercanas a que presentaba antes de ser alterado por actividades humanas. Este proceso implica diversas acciones destinadas a recuperar la funcionalidad ecológica del ecosistema fluvial. (Parrila, O., Gonzales, E., Urquiaga, R., Martín. S, 2021, pp.5-10)

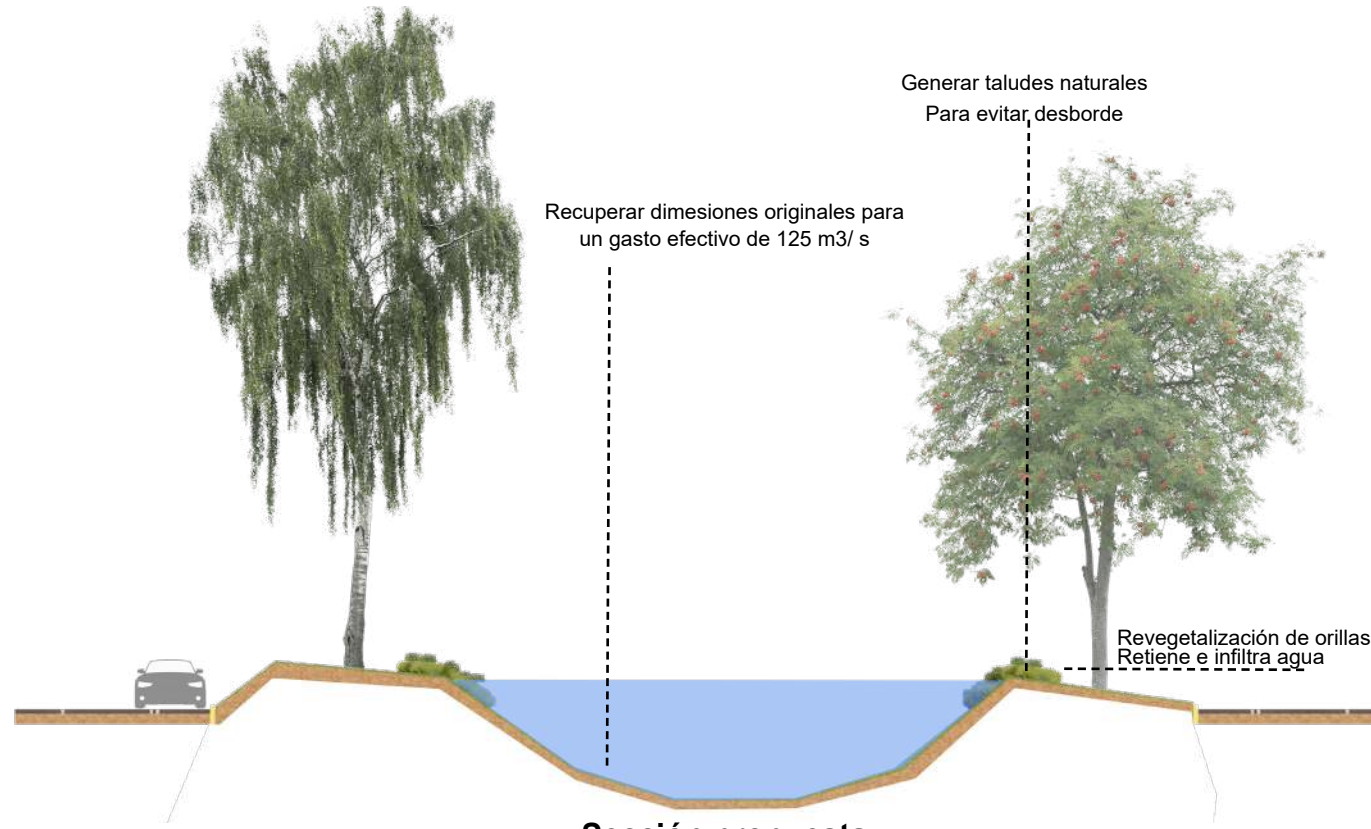
La renaturalización consiste en diversas estrategias, para esta investigación se propone hacer una limpieza del río y una revegetilación con especies autoctonas del lugar, esto permite aumentar la capacidad efectiva del río, estabilizar los suelos y contribuir a filtrar de manera natural el agua mejorando su calidad, ademas de ayudar a mitigar el problema principal en cuanto al tema de las inundaciones, esta renaturalización contribuye a disipar y absorber el agua durante los periodos de precipitaciones altas, lo cual reduce el riesgo de inundacion en la zona.

Renaturalización Río chiquito



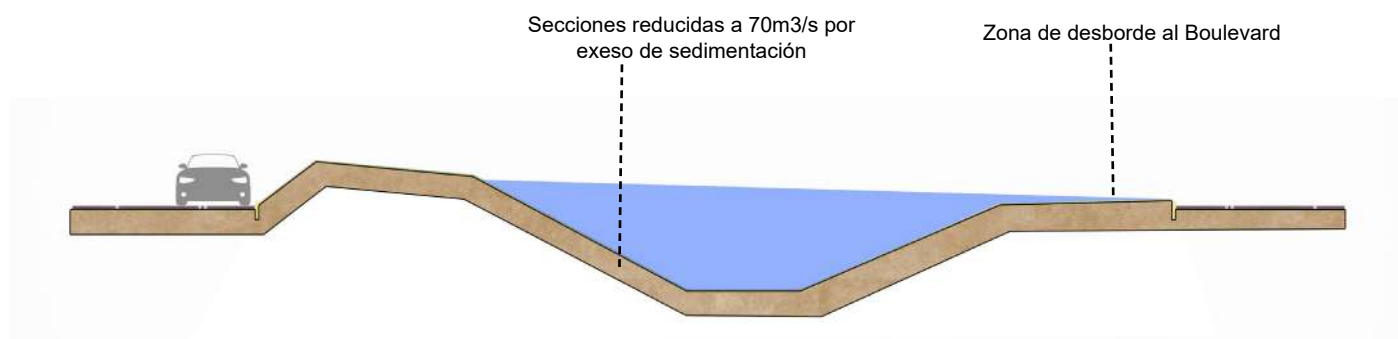
Planta

(Fig 4.83) .Planta río. Fuente: Elaboración propia



Sección propuesta

(Fig 4.84) .Sección propuesta río. Fuente: Elaboración pro-



Sección actual

(Fig 4.85) .Sección actual río. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.86) .Río estado actual. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.87) .Río propuesta. Fuente: Elaboración propia

4.4 RESULTADOS

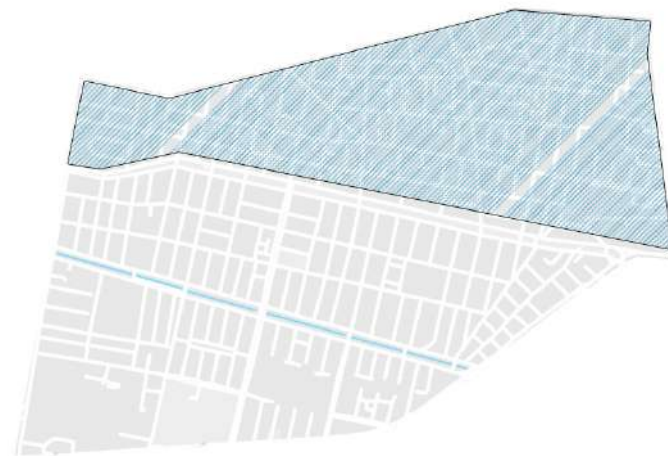
Sobre el análisis de resultados, se puede afirmar que la aplicación de jardines de lluvia podría ser una intervención eficaz para mitigar los efectos negativos de las precipitaciones intensas en el área del Boulevard García de León. Estas infraestructuras verdes no solo proponen la reducción de la cantidad de escorrentía superficial, sino que también mejoran la capacidad de infiltración del suelo, contribuyendo a la recarga de acuíferos y disminuyendo el riesgo de inundaciones. A continuación se muestran aproximaciones utilizando la siguiente fórmula (Superficie cubierta * cantidad de lluvia en centímetros / profundidad del jardín propuesto), esta fórmula nos ayudará a determinar que cantidad de jardín de lluvia es necesaria para infiltrar el agua de las precipitaciones. (BibLus, 2020)

Se tomarán en cuenta los valores de las 3 precipitaciones anteriormente analizadas y se aplicará únicamente la fórmula a la estrategia de los jardines de lluvia, especulando que la estrategia de limpieza del Río Chiquito funcione en su totalidad.

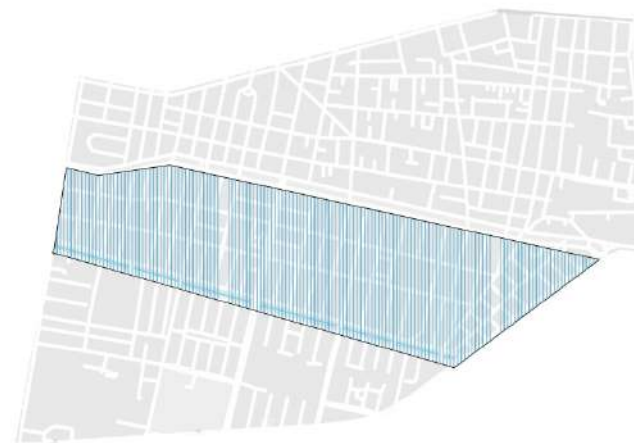
4.4.1 Cálculo de precipitación de 26.7 mm por zona



(Fig 4.88) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.89) .Chapultepec Sur. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.90) .Río Chiquito. Fuente: Elaboración propia

Zona 1: Boulevard García de León

Datos: 67,204 m² del Boulevard García de León, de los cuales el 30% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 20,161.2 m²

67, 204 m² (Area Boulevard) x 0.03 (precipitación en m) = 2, 016.12 m³ (volumen de agua)

2, 016.12 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 4,032.24 m² (minimo de jardín de lluvia)

El Boulevard cuenta con una area aproximada de 20,161 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 26.7 mm (inundación con afectaciones leves) requiere un mínimo de 4,032.24 m² de jardín, esta sobrado en un 399%, lo cual resuelve en un 100% el problema en esta zona

Zona 2: Chapultepec sur

Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

600 m² (Area calle x 0.03 (precipitación en m) = 18 m³ (volumen de agua)

18 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 36 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 2 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 26.7 mm (inundación con afectaciones leves) requiere un mínimo de 36 m² de jardín, esta sobrado en un 38%, lo cual resuelve en un 100% el problema en esta zona

Zona 3: Río chiquito

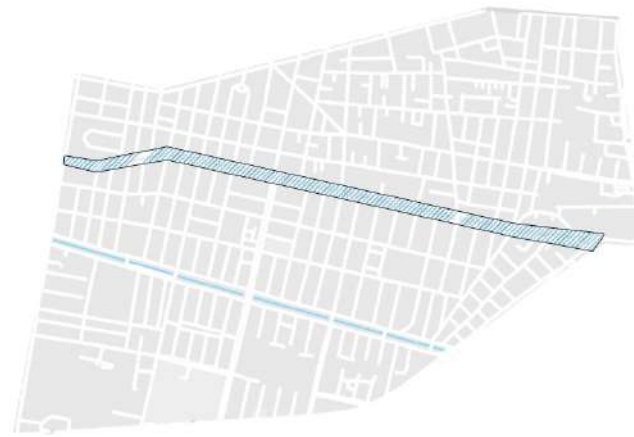
Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

600 m² (Area calle) x 0.03 (precipitación en m) = 18 m³ (volumen de agua)

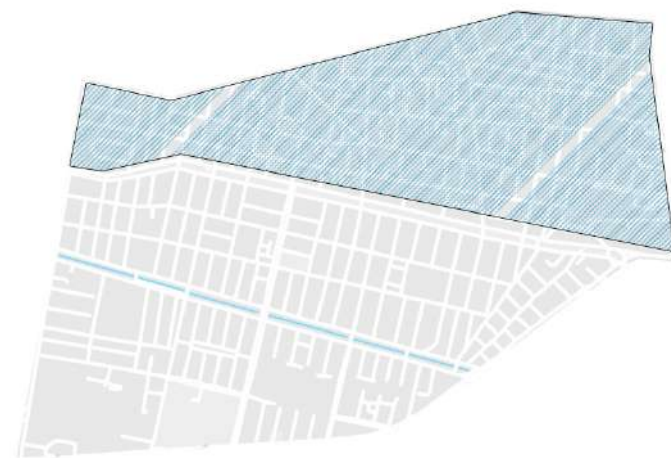
18 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 36 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 3 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 26.7 mm (inundación con afectaciones leves) requiere un mínimo de 36 m² de jardín, esta sobrado en un 38%, lo cual resuelve en un 100% el problema en esta zona. Considerando que el caudal del Río se reestablecio a su capacidad máxima y no presenta riesgo de desborde.

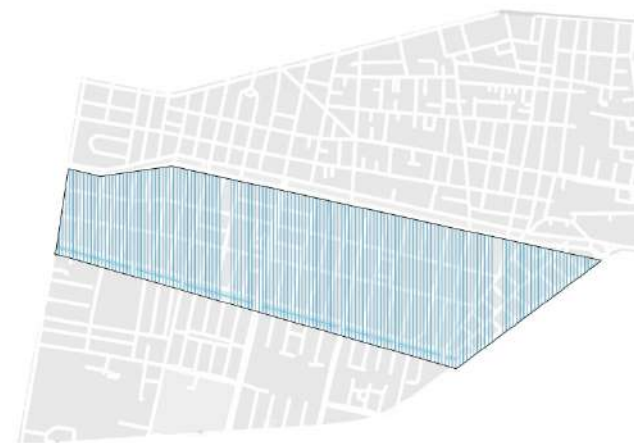
4.4.2 Cálculo de precipitación de 55.9 mm por zona



(Fig 4.91) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.92) .Chapultepec Sur. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.93) .Río Chiquito. Fuente: Elaboración propia

Zona 1: Boulevard García de León

Datos: 67,204 m² del Boulevard García de León, de los cuales el 30% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 20,161.2 m²

67, 204 m² (Area Boulevard) x 0.06 (precipitación en m) = 4,032.24 m³ (volumen de agua)

4,032 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 8,064.48 m² (minimo de jardín de lluvia)

El Boulevard cuenta con una area aproximada de 20,161 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 55.9 mm (inundación con afectaciones medias) requiere un mínimo de 8,064 m² de jardín, esta sobrado en un 150%, lo cual resuelve en un 100% el problema en esta zona

Zona 2: Chapultepec sur

Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

600 m² (Area calle) x 0.06 (precipitación en m) = 36 m³ (volumen de agua)

36 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 72 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 2 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 59.9 mm (inundación con afectaciones medias) requiere un mínimo de 72 m² de jardín, Fataría 31% de m² de jardín para resolver el problema, Pero se contribuye con un 69%.

Zona 3: Río chiquito

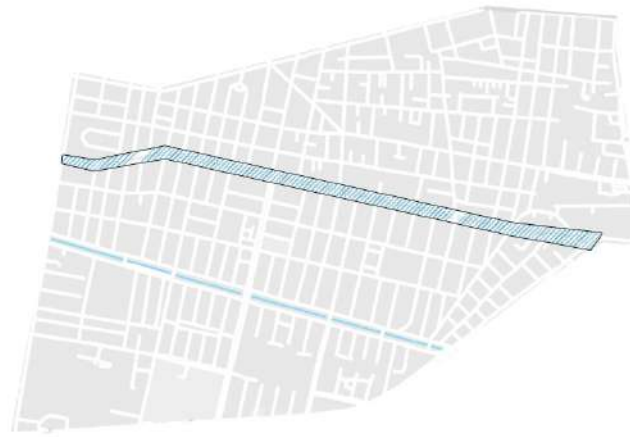
Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

600 m² (Area calle) x 0.06 (precipitación en m) = 36 m³ (volumen de agua)

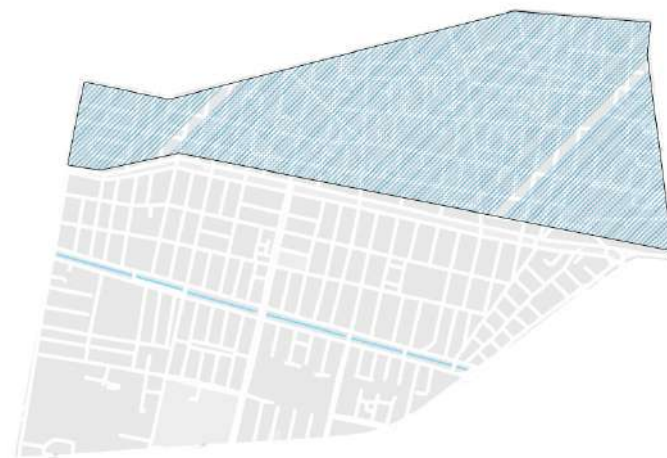
36 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 72 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 3 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 59.9 mm (inundación con afectaciones medias) requiere un mínimo de 72 m² de jardín, Fataría 31% de m² de jardín para resolver el problema, Pero se contribuye con un 69%. Considerando que el caudal del Río se reestablecio a su capacidad máxima y no presenta riesgo de desborde.

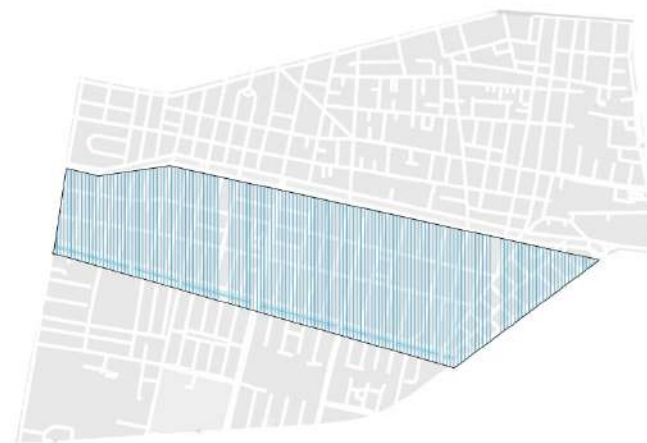
4.4.3 Cálculo de precipitación de 242.6 mm por zona



(Fig 4.94) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.95) .Chapultepec Sur. Fuente: Elaboración propia



(Fig 4.96) .Río Chiquito. Fuente: Elaboración propia

Zona 1: Boulevard García de León

Datos: 67,204 m² del Boulevard García de León, de los cuales el 30% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 20,161.2 m²

67, 204 m² (Area Boulevard) x 24 (precipitación en m) = 16.128 m³ (volumen de agua)

16,128 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 32,256 m² (minimo de jardín de lluvia)

El Boulevard cuenta con una area aproximada de 20,161 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 242.6 mm (inundación con afectaciones severas) requiere un mínimo de 32,256 m² de jardín, Faltaría un 37.5% m² de jardín para resolver el problema, pero se contribuye con un 62.5%.

Zona 2: Chapultepec sur

Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

600 m² (Area calle) x .24 (precipitación en m) = 144 m³ (volumen de agua)

144 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 288 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 2 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 242.6 mm (inundación con afectaciones severas) requiere un mínimo de 288 m² de jardín, Fataría 83% de m² de jardín para resolver el problema, Pero se contribuye con un 17%.

Zona 3: Río chiquito

Datos por calle (Valores aproximados) : 600 m² en promedio por calle, de los cuales el 8.3% son area propuesta de jardín de lluvia equivalente a 50 m²

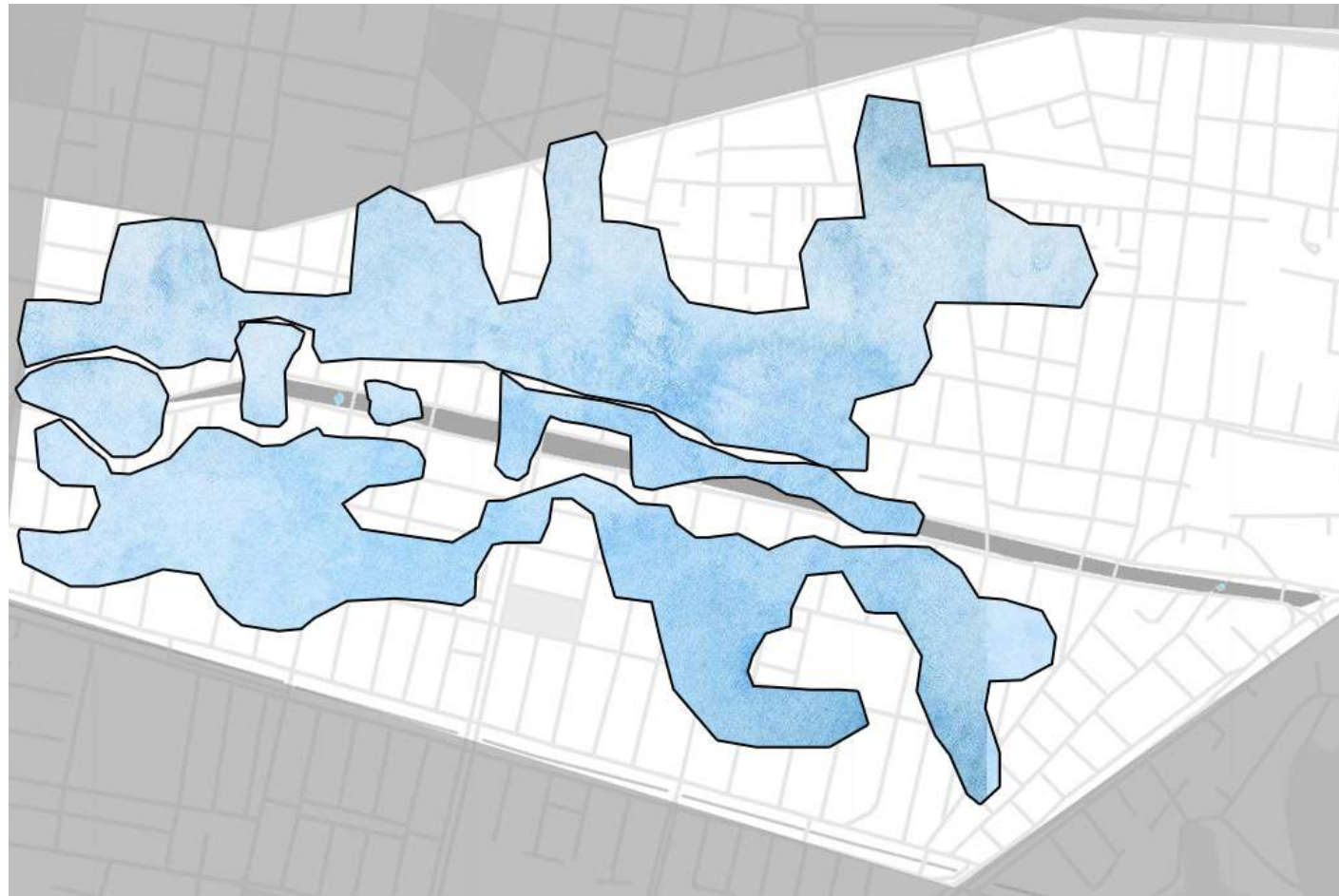
600 m² (Area calle) x 0.06 (precipitación en m) = 36 m³ (volumen de agua)

36 m³ / 0.50 (profundidad jardín) = 72 m² (minimo de jardín de lluvia)

Una calle en promedio de la zona 3 cuenta con una area aproximada de 50 m² de jardín de lluvia, el cálculo para una precipitación de 242.6 mm (inundación con afectaciones severas) requiere un mínimo de 288 m² de jardín, Fataría 83% de m² de jardín para resolver el problema, Pero se contribuye con un 17%. Considerando que el caudal del Río se reestablecio a su capacidad máxima y no presenta riesgo de desborde.

4.4.4 Resultados

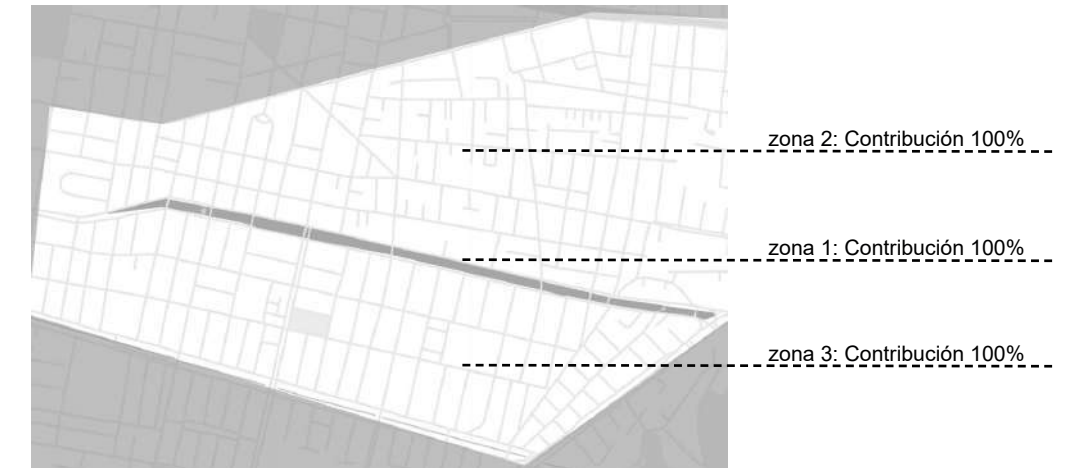
En la siguiente figura se muestra el mapeo actual por zona de riesgo de inundación, según el atlas nacional de riesgos de México. Posteriormente se muestra gráficamente la contribución contra las inundaciones para cada zona considerando 3 valores distintos de precipitación, en base a los cálculos previamente realizados.



(Fig 4.97) zonas afectadas actual. Fuente: Atlas nacional de riesgo. Elaboración propia

4.4.5 Contribución de las estrategias por zona

Precipitación de 26.7 mm. Inundación mínima



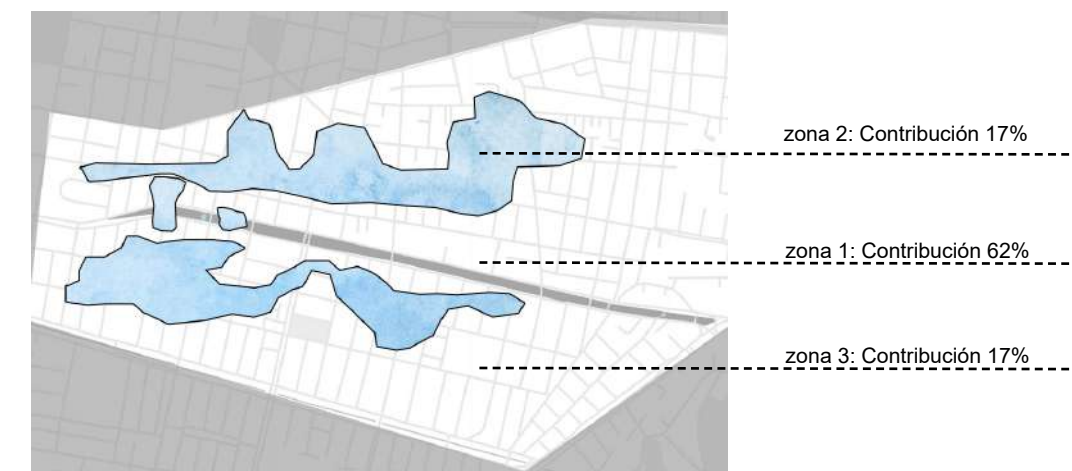
(Fig 4.98) contribución zona 1. Fuente: Elaboración propia

Precipitación de 55.9 mm. Inundación media



(Fig 4.99) contribución zona 2. Fuente: Elaboración propia

Precipitación de 242.6 mm. Inundación severa



(Fig 4.90) contribución zona 3. Fuente: Elaboración propia

El cambio climático ha generado impactos profundos en la gestión de los recursos hídricos a nivel mundial, afectando gravemente a países como México. En la ciudad de Morelia, el incremento en la frecuencia e intensidad de las lluvias ha derivado en un número creciente de inundaciones, lo que representa retos importantes en cuanto a la infraestructura urbana y su gestión. A lo largo de esta investigación, se ha comprobado que el diseño urbano desempeña un rol clave en el fortalecimiento de la resiliencia hídrica, aunque se reconocen sus limitaciones ante eventos climáticos extremos.

Las estrategias propuestas para el Boulevard García de León han demostrado ser efectivas en la mitigación de las inundaciones causadas por precipitaciones moderadas y leves. Sin embargo, se evidenció que dichas soluciones no son suficientes para enfrentar lluvias intensas, que superan la capacidad de la infraestructura actual. A pesar de estas limitaciones, las intervenciones planteadas, como la implementación de infraestructuras verdes y sistemas de captación de aguas pluviales, mejoran considerablemente la respuesta de la ciudad frente a estos eventos, confirmando que una planificación urbana adecuada es esencial para avanzar hacia una mayor resiliencia hídrica.

Este estudio también resalta la importancia de seguir invirtiendo en mejoras de infraestructura, ya que, aunque las propuestas aquí presentadas ofrecen soluciones viables en el presente, el aumento previsto en la intensidad de las lluvias debido al cambio climático genera incertidumbre sobre su efectividad en el futuro. Las estrategias urbanas que hoy contribuyen a mitigar las inundaciones podrían no ser suficientes con el paso del tiempo, dado que las precipitaciones excesivas continuarán aumentando, lo cual sugiere que, a largo plazo, se requerirán soluciones más robustas y adaptadas a escenarios climáticos cada vez más desafiantes.

REFERENCIAS

¹ **AEP** (2016). Hacia una Ciudad de México Sensible al Agua. CDMX: Gobierno de la Ciudad de México

² **Adinolfi, M., Reder, A., Mercogliano, P., & Hoy, A.** (2024). *Building up a Digital Academy in AGORA project to aware citizens, improve access to and use of climate data supporting adaptation*. Recuperado de: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU24/EGU24-19094.html>.

³ **Aguilera, A.** (9 agosto de 2017). Agua de Morelia, contaminada con metales pesados: UMSNH. Mi Morelia.com. <https://mimorelia.com/noticias/agua-morelia-contaminada-metales-pesados-umsnh>.

⁴ **Amoudry, L., Apine, E., Kaffashi, S., Matsoukis, C., & otros.** (2024). Transdisciplinary co-design to assess impacts of climate change on coastal schemes. Recuperado de: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU24/EGU24-7495.html>.

⁵ **Audefroy, J. F., & Sánchez, N.** (2017). La resiliencia urbana: Una respuesta a la vulnerabilidad. *Gestión y Política Pública*. 26(1), 5-46. Recuperado de [<https://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/index.php/gpp/article/view/538/501>]

⁶ **Arreygue, E. Pastor, N. Chávez, C & Alacón, J.** (2012). Estudio de las inundaciones en la ciudad de Morelia Michoacán, México. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. (28). 108-109.

⁷ **Ávila, P & Gersain, Q,** (2021). La contaminación del río Grande en Morelia y los impactos socioambientales en la cuenca del lago de Cuitzeo. https://www.researchgate.net/publication/352198289_La_contaminacion_del_rio_Grande_en_Morelia_y_los_impactos_socioambientales_en_la_cuenca_del_lago_de_Cuitzeo.

⁸ **Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F & Zermeño, E.** (2017). Resiliencia, Vulnerabilidad y Sustentabilidad de Sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88 (1), 141-149. [Consultado el 11 de mayo de 2024] <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>.

⁹ **BibLus.** (13 de enero de 2020). *Diseño de un jardín de lluvia: la guía técnica*. <https://biblus.acca-software.com/es/disenio-de-un-jardin-de-lluvia/>

¹⁰ **Cantú, P.C.** (2017). Gestión del riesgo como un instrumento para prever los estragos de las sequías y de las inundaciones en México. *Ambiente y desarrollo*, 21(40), 30-32.

¹¹ **Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., & Rodríguez, A.** (2019). Enfrentar el riesgo: Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina. Recuperado de: Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina (caf.com).

¹² **Cantera.** (24 de abril de 2023). *¿Sabías que el Boulevard García de León fue un brazo del Río Chiquito?*. <https://canterahoy.com/sabias-que-el-boulevard-garcia-de-leon-fue-un-brazo-del-rio-chiquito/>.

¹³ **Celaya, O.** (24 febrero 24 de 20202). Sobreexplotación de acuíferos a generado estrés hídrico en Michoacán. *Quadratin Michoacán*. <https://www.quadratin.com.mx/principal/sobreexplotacion-de-acuiferos-ha-generado-estres-hidrico-en-michoacan/>.

¹⁴ **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).** (2021). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados 2002-2020. Recuperado de [<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46714-reflexiones-la-gestion-del-agua-america-latina-caribe-textos-seleccionados>]

¹⁵ **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).** (2019). *Estadísticas del agua en México, edición 2019*. CONAGUA.

¹⁶ **Cruz Rodríguez, I.** (2015). *Parque Lineal BGL Boulevard García de León*. Tesis de licenciatura en arquitectura, Ciudad de Morelia, Universidad Michoacána de San Nicolas de Hidalgo, Facultad de Arqitutura, 2015.

¹⁷ **Cumiskey, L., Cubie, D., Parviainen, J., Bharwani, S., & otros.** (2024). Ering creative play to enhance multi-stakeholder climate and disaster risk communication and knowledge co-production. Recuperado de: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU24/EGU24-19048.html>.

¹⁸ **Environmental Protection Agency.** (2015). Rainwater harvesting. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/rainharvesting.pdf>

¹⁹ **Elorriaga, E & Chavez, S.** (27 enero de 2024). Prevén que crisis por escasez de agua en Morelia se acentué este año. La jornada. <https://www.jornada.com.mx/2024/01/27/estados/022n1est>.

²⁰ **Flakenmark, M** (2017). Water and human livelihood resilience: a regional to global outlook. *International Journal of Water Resources Development*, 33(32), 181-197. DOI: 10.1080/07900627.2016.1190320

²¹ **Flakenmark, M** (2020). Water resilience and human life suport global outlook for the next half century. *International Journal of Water Resources Development*, 36(2-3), 377-396. DOI: 10.1080/07900627.2019.1693983

²² **Franch-Pardo, Iván & Cancer-Pomar, Luis.** (2017). *El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del Río Chiquito (Morelia, Michoacán)*. Investigaciones Geográficas Boletín del instituo de Geografía. DOI: 10.14350/rig.54730.

²³ **Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S.** (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557-581.

²⁴ **Hernández, J. & Vierya, A.** (2010). Riesgo por Inundaciones en Asentamientos Precarios del periurbano. Morelia una ciudad mexicana. ¿El desastre nace o se hace?. *Revista de Geografía norte grande*. (47). 45-62. [Consultado el 11 de mayo de 2024] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30015379003>

- ²⁵ **Hosseini, S., Barker, K., & Ramirez-Marquez, J. E.** (2016). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 145, 47-61.
- ²⁶ **IMPLAN** (s.f). *Datos Geográficos y del Ambiente*. <https://implanmorelia.org/site/datos-tema/geograficos/>.
- ²⁷ **IMPLAN** (2021). *Programa de Manejo Integral de la Microcuenca del Río Chiquito de Morelia Michoacán*. Morelia: H. Ayuntamiento de Morelia.
- ²⁸ **IMPLAN** (2023). *Ordenamiento territorial y desarrollo urbano; Agua potable*. Morelia: Instituto Municipal de Planeación.
- ²⁹ **IMPLAN** (2017). *Ordenamiento territorial y desarrollo urbano; Agua potable y saneamiento*. Morelia: Instituto Municipal de Planeación. Recuperado de: <https://implanmorelia.org/datos-tema/agua-potable-saneamiento>.
- ³⁰ **Infobae**. (27 de julio de 2022). Fuertes lluvias en Morelia dejaron inundaciones y automovilistas varados. Infobae. <https://www.infobae.com/america/mexico/2022/07/28/fuertes-lluvias-en-morelia-dejaron-inundaciones-y-automovilistas-varados/>.
- ³¹ **Kaplan, S.** (1999). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169-182.
- ³² **La Voz de Michoacán**. (1 de septiembre de 2023). Intensa lluvia con fuertes vientos dejan inundaciones en Morelia. *La Voz de Michoacán*. <https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/morelia-appmobil/intensa-lluvia-con-fuertes-vientos-dejan-inundaciones-en-gran-parte-de-morelia/>.
- ³³ **Luthar, S. S., Cicchetti, D., & Becker, B.** (2000). The construct of resilience: A critical evaluation and guidelines for future work. *Child Development*, 71(3), 543-562.
- ³⁴ **López, R.** (31 agosto de 2022). Contaminados, más del 70% de recursos acuáticos en Michoacán. *Cambio de Michoacán*. <https://cambiodemichoacan.com.mx/2022/08/31/contaminados-mas-del-70-de-recursos-acuaticos-en-michoacan-i/>.
- ³⁵ **Masten, A. S.** (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3), 227-238.
- ³⁶ **Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., & Pfefferbaum, R. L.** (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology*, 41(1-2), 127-150.
- ³⁷ **Milenio**. (10 de julio de 2020). *En Morelia reportan caídas de árboles y casas inundadas en 30 colonias por fuertes lluvias* [archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/DocYHiGXERQ>.
- ³⁸ **Organización de las Naciones Unidas** (25 de septiembre de 2015). *Los Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>.
- ³⁹ **ONU-HABITAT (2020)**, *La nueva agenda urbana ilustrada*. www.unhabitat.org

- ⁴⁰ **Parrila, O., Gonzales, E., Urquiaga, R., Martín. S.** (2021). *Renaturalización de tramos urbanos de ríos*. <https://www.ecologistasenaccion.org/169736/renaturalizacion-de-tramos-urbanos-de-rios/>
- ⁴¹ **Pérez-Campuzano, E., Morales-Moreno, I., & Salinas-Rodríguez, M. M.** (2020). Resiliencia urbana: Perspectivas y desafíos en la política pública de México. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, (24), 46-59. Recuperado de [<https://doi.org/10.24965/gapp.i24.10768>].
- ⁴² **Peña, H.** (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de [<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40074>].
- ⁴³ **PMD** (2021). *Plan Municipal de Desarrollo Morelia 2021-2024*. Morelia: H. Ayuntamiento de Morelia.
- ⁴⁴ **PMDU** (2022). *Proyecto de Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Morelia 2022-2041*. Morelia: H. ayuntamiento de Morelia.
- ⁴⁵ **Rockström, J., Falkenmark, M., Folke, C., Lannerstad, M., & Barron, J.** (2014). *Water resilience for human prosperity*. Cambridge University Press.
- ⁴⁶ **Sandoval, V. & Sarmiento, J. P.** (2018). Una mirada desde la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe. *Revista de Estudios en Seguridad Internacional*, 4(2), 19-34. Recuperado de: [Una mirada desde la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe: los asentamientos informales en la nueva agenda urbana - Dialnet (unirioja.es)].
- ⁴⁷ **SEDATU** (2016) *Guía de resiliencia urbana*. Gobierno de la república. www.gob.mx
- ⁴⁸ **Steiner, Lynn M, & Domm R.** (2012). *Rain Gardens: Sustainable Landscaping for a Beautiful Yard and a Healthy World*. Minneapolis: Voyageur Press.
- ⁴⁹ **Sandoval, V., & Sarmiento, J. P.** (2018). Una mirada desde la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe: Los asentamientos informales en la Nueva Agenda Urbana. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 1(1), 6-33. Recuperado de [<https://revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/view/10>].
- ⁵⁰ **Saheli, M** (2022) Global water shortage and potable water safety; today's concern and tomorrow's crisis. *environment international*, 158(2022), 106936.
- ⁵¹ **Trujillo López, A., Quiroz lasprilla, D.** (2013). *Pavimentos porosos utilizados utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*. Tesis de Licenciatura. Bogotá. Pontifica Universidad Javeriana.
- ⁵² **UN-Habitat**. (2016). *Urbanization and Development: Emerging Futures*. World Cities Report 2016. Recuperado de [<https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>].

⁵³ **UNESCO**. (2020). United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Recuperado de: (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876>).

⁵⁴ **University of California UCTV**. (12 de octubre de 2017). Resilient cities: a conversation with Judith Rodin [Archivo de video]. <https://youtu.be/nV859r3kqd4>

⁵⁵ **UNISDR y OMM** (2012). Equipo de tareas del sistema de las Naciones Unidas sobre la agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo después de 2015: riesgo de desastres y resiliencia. Ginebra: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres; Ginebra: Organización Meteorológica Mundial

⁵⁶ **Velázquez, J.** (16 octubre de 2023). Morelia tendrá situación crítica por escasez de agua para 2025. El Sol de Morelia. Recuperado de: <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/morelia-tendra-situacion-critica-por-escasez-de-agua-para-2025-10850884.html#!>

⁵⁷ **WeaterSpark**. (2024). *El tiempo en Morelia*. <https://es.weatherspark.com/>

⁵⁸ **Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A.** (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2).

⁵⁹ **Zautra, A. J., Hall, J. S., & Murray, K. E.** (2010). Resilience: A new definition of health for people and communities. In J. W. Reich, A. J. Zautra, & J. S. Hall (Eds.), *Handbook of adult resilience* (pp. 3-29). New York, NY: Guilford Press.

TABLA DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN

(Fig 0.1) Problemática. Fuente: Elaboración propia

(Fig 0.2) Justificación. Fuente: Elaboración propia

(Fig 0.3) Marco teórico. Fuente: Elaboración propia

(Fig 0.4) Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia

(Fig 0.5) Metodología gráfica. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 1

(Fig 1.1) Catastrofes relacionadas con el clima. Fuente: UNESCO,2020

(Fig 2.2) Morelia. Fuente: IMPLAN,2024.

(Fig 1.3) ODS. Fuente: IMPLAN,202

(Fig 1.4) Resiliencia territorial. Fuente: PMDU,2022.

CAPÍTULO 2

(Fig 2.1) Gráfica de suministro hídrico. Fuente: IMPLAN, 2023. Elaboración propia

(Fig 2.2) Producción de los cuerpos de agua. Fuente: IMPLAN, 2023. Elaboración propia

(Fig 2.3) Índice de calidad del servicio de agua potable. Fuente: IMPLAN, 2023.

(Fig 2.4) Consumo anual de agua por sector. Fuente: IMPLAN, 2017. Elaboración propia

(Fig 2.5) Porcentaje de consumo por fuente. Fuente: IMPLAN, 2017. Elaboración propia

(Fig 2.6) Problemas que propician escasez de agua en Morelia. Elaboración propia

(Fig 2.7) Ríos de Morelia. Fuente:Google maps

(Fig 2.8) Nivel de contaminación por litro de agua. Fuente: Aguilera,2017. Elaboración propia

(Fig 2.9) Contaminación Río Chiquito. Fuente:Aguilera, 2017

(Fig 2.10) Mapa de riesgos por inundación. Fuente:PMD, 2021.

CAPÍTULO 3

(Fig 3.1) Caudal original Río Chiquito. Fuente: Cantera, 2023.

(Fig 3.2) Localización Boulevard. Fuente: IMPLAN, 2024. Elaboración propia

(Fig 3.3) Mapa de macrolocalización. Fuente: Google maps. Elaboración propia

(Fig 3.4) Mapa de microlocalización. Fuente: Google maps. Elaboración propia

(Fig 3.5) Hidrocuenca. Fuente: IMPLAN,2021. Elaboración propia

(Fig 3.6) Riesgo de desborde. Fuente: Arreygue, Pastor, Chavez & Alarcón, 2012. Elaboración propia

(Fig 3.7) Precipitación de Morelia. Fuente:WeatherSpark,2024.

(Fig 3.8) Inundación Blvd García de León. Fuente: Milenio,2020

(Fig 3.9) Precipitación 9 de julio de 2020 . Fuente:WeatherSpark.com

(Fig 3.10) Inundación Blvd García de León. Fuente: Inbobae, 2022.

(Fig 3.12) Inundación Blvd García de León. Fuente: cbtelevisión.com.

(Fig 3.13) Precipitación 31 de agosto de 2023 . Fuente:WeatherSpark.com

(Fig 3.14) .Análisis de resultados inundaciones por precipitación. Elaboración propia

(Fig 3.15) Inundaciones por precipitación. Elaboración propia

(Fig 3.15) Inundaciones por precipitación. Elaboración propia

(Fig 3.17) Riesgo de inundacion. Atlas Nacional de Riesgos. Elaboración propia

(Fig 3.18) Dinámica de los escurrimientos. Elaboración propia

(Fig 3.19) Riesgo de inundacion. Atlas Nacional de Riesgos. Elaboración propia

CAPÍTULO 4

(Fig 4.1) CDMX. Fuente: AEP, 2016

(Fig 4.2) Estrategias generales. Fuente: AEP, 2016

(Fig 4.3) Zona 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.4) .Zona 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.5) .Zona 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.6) .Estrategias. Fuente: AEP,2016. Elaboración propia

(Fig 4.7) .Estrategias. Fuente: AEP,2016. Elaboración propia

(Fig 4.8) .Estrategias. Fuente: AEP,2016. Elaboración propia

(Fig 4.9) .Estrategias. Fuente: AEP,2016. Elaboración propia

(Fig 4.10) .Estrategias por zona. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.11) .Estrategias zona 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.12) .Jardines de agua. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.13) .Cisternas pluviales . Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.14) Detalle jardín de lluvia

(Fig 4.15) Pennisetum

(Fig 4.16) Sansevieria

(Fig 4.17) Festuca glauca

(Fig 4.18) Forno

(Fig 4.19) .Conjunto tramo 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.20) .Planta tramo 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.21) .Sección tramo 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.22) .Sección tramo 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.23) .Tramo 1 estado actual. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.24) .Tramo 1 propuesto. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.25) .Conjunto tramo 2. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.26) .Planta tramo 2. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.27) .Sección tramo 2. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.28) .Sección tramo 2. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.29) .Tramo 2 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.30) .Tramo 2 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.31) .Conjunto tramo 3. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.32) .Planta tramo 3. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.33) .Sección tramo 3. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.34) .Sección tramo 3. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.35) .Tramo 3 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.36) .Tramo 3 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.37) .Conjunto tramo 4. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.38) .Planta tramo 4. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.39) .Sección tramo 4. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.40) .Sección tramo 4. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.41) .Tramo 4 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.42) .Tramo 4 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.43) .Conjunto tramo 5. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.44) .Planta tramo 5. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.45) .Sección tramo 5. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.46) .Sección tramo 5. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.47) .Tramo 5 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.48) .Tramo 5 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.49) .Conjunto tramo 6. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.50) .Planta tramo 6. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.51) .Sección tramo 6. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.52) .Sección tramo 6. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.53) .Tramo 6 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.54) .Tramo 6 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.55) .Conjunto tramo 7. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.56) .Planta tramo 7. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.57) .Sección tramo 7. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.58) .Sección tramo 7. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.59) .Tramo 7 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.60) .Tramo 7 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.61) .Conjunto tramo 8. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.62) .Planta tramo 8. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.63) .Sección tramo 8. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.64) .Sección tramo 8. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.65) .Tramo 8 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.66) .Tramo 8 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.67) .Conjunto tramo 9. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.68) .Planta tramo 9. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.69) .Sección tramo 9. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.70) .Sección tramo 9. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.71) .Tramo 9 estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.72) .Tramo 9 propuesto. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.73) .Estrategias zona 2. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.74) .Jardines de agua y calles verdes. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.75) .Pavimentos porosos . Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.76) .Planta. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.77) .Sección propuesta. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.78) .Sección actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.79) .Calle estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.80) .Calle propuesta. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.81) .Estrategias zona 3. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.82) .Renaturalización. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.83) .Planta río. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.84) .Sección propuesta río. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.85) .Sección actual río. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.86) .Río estado actual. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.87) .Río propuesta. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.88) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.89) .Chapultpec Sur. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.90) .Rio Chiquito. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.91) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.92) .Chapultpec Sur. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.93) .Rio Chiquito. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.94) .Boulevard García de León. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.95) .Chapultpec Sur. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.96) .Rio Chiquito. Fuente: Elaboración propia
(Fig 4.97) zonas afectadas actual. Fuente: Atlas nacional de riesgo. Elaboración propia

(Fig 4.98) contribución zona 1. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.99) contribución zona 2. Fuente: Elaboración propia

(Fig 4.100) contribución zona 3. Fuente: Elaboración propia

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTRATEGIAS DE DISEÑO URBANO RESI
LIENTES A LAS INUNDACIONES EN EL B
OULEVARD GARCÍA DE LEÓN**

AUTOR

Carlos Julián Solorio Benitez

RECUENTO DE PALABRAS

23505 Words

RECUENTO DE CARACTERES

126737 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

83 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.4MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 14, 2024 9:55 AM CST

FECHA DEL INFORME

Oct 14, 2024 9:57 AM CST**● 24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 13% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en diseño avanzado (MDA)	
Título del trabajo	Estrategias de Diseño Urbano Resilientes a las Inundaciones en el Boulevard García de León	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Carlos Julian Solorio Benitez	1541087e@umich.mx
Director	Salvador García Espinosa	salvador.garcia.espinosa@umich.mx
Codirector	Jose Alfredo Palomares Vallejo	jose.palomares@umich.mx
Coordinador del programa	Habid Becerra Santacruz	habid.becerra@umich.mx


Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	
Traducción al español	no	
Traducción a otra lengua	si	me ayudó a traducir al inglés el resumen

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Revisión y corrección de estilo	no	
Análisis de datos	no	
Búsqueda y organización de información	si	Me apoyé de la inteligencia artificial para buscar algunos documentos o bibliografía que necesitaba, fue muy eficiente en la búsqueda de bibliografía.
Formateo de las referencias bibliográficas	no	
Generación de contenido multimedia	no	
Otro	no	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	 Carlos Julian Solorio Benitez
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán a 11 de Octubre de 2024