



Tecnológico de Monterrey
Escuela de Arquitectura,
Arte y Diseño



FONDO AMBIENTAL
Metropolitano de Monterrey



Más verde, más limpio, más sano:
Monterrey Metrópolis Verde
A greener, cleaner, healthier: A green Monterrey metropolis

Autores Authors

Prof. Dr. Rob Roggema
Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros
Urb. Rodrigo Junco López
Urb. Paulina Ramírez Leal
Urb. Marina Ramírez Suárez
Urb. Miguel Ortiz Díaz

**Más verde, más limpio, más sano:
Monterrey metrópolis verde**

Greener, cleaner, healthier:

A green Monterrey metropolis



Más verde, más limpio, más sano:

Monterrey Metrópolis Verde

Greener, cleaner, healthier:

A Green Monterrey m|etrópolis

Un proyecto del equipo de
Cultura Regenerativa de la
Facultad de Excelencia en la
Escuela de Arte, Arquitectura y
Diseño del Tecnológico de Monterrey
junto con el Fondo Ambiental
Metropolitano.

© Tecnológico de Monterrey

Autores *Authors*

Prof. Dr. Robert E. Roggema

Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros

Urb. Rodrigo Junco López

Urb. Paulina Ramírez Leal

Urb. Marina Ramírez Suárez

Urb. Miguel Ortiz Díaz

Edición *Editing*

Arq. Valentín Martínez Cuellar

Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros

Corrección de estilo *Copy Editing*

Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros

Urb. Paulina Ramírez Leal

Traducción *Translation*

Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros

Urb. Paulina Ramírez Leal

Diseño *Design*

Urb. Paulina Ramírez Leal

Sueños de un ecologista

Dreams of an ecologist

ISBN: 978-90-8351710-0

Contenido
Contents

i	—	Prólogo <i>Foreword</i>
V	—	Prefacio <i>Preface</i>
001	—	Resumen ejecutivo <i>Executive Summary</i>
021	—	Capítulo 01 Introducción <i>Chapter 01 Introduction</i>
027	—	Capítulo 02 Entorno natural <i>Chapter 02 Natural landscape</i>
079	—	Capítulo 03 Entorno urbano <i>Chapter 03 Urban landscape</i>
095	—	Capítulo 04 Dolor paisajístico <i>Chapter 04 Landscape pain</i>
119	—	Capítulo 05 Gobernanza <i>Chapter 05 Governance</i>
127	—	Capítulo 06 Escenarios <i>Chapter 06 Scenarios</i>
137	—	Capítulo 07 Visión conceptual <i>Chapter 07 Conceptual vision</i>
181	—	Capítulo 08 Conclusiones <i>Chapter 08 Conclusions</i>

***Para ti,
quien esta leyendo este libro y
sueña con un Monterrey más verde***

***For you,
who is reading this book and
dreams about a greener Monterrey***

Prólogo
Foreword



Juan Pablo Murra

Rector

Tecnológico de Monterrey

Cuando presenciamos los devastadores incendios forestales, las sequías extremas o las temperaturas máximas sin precedentes que afectan a comunidades de todo el mundo, nos acordamos de la urgencia de proteger nuestro medio ambiente. La escasez de agua, el aumento del calor urbano y la degradación de los ecosistemas no dejan lugar a dudas: debemos actuar para construir ciudades más resistentes, restaurar los paisajes naturales y adoptar un enfoque regenerativo del futuro. Sin embargo, esto no siempre es fácil: requiere que pensemos más allá de las necesidades inmediatas y reconozcamos que nuestras acciones tienen consecuencias de largo alcance, incluso en lugares alejados de donde vivimos.

En el Tecnológico de Monterrey, somos conscientes y estamos dispuestos a afrontar estos retos y a asumir estas difíciles conversaciones. Nuestros profesores y alumnos se enfrentan al reto de pensar de forma crítica. Esto lo logramos integrando la sustentabilidad en los planes de estudio de todas nuestras escuelas, implementando Ruta Azul, una iniciativa de toda la universidad que mejora la sustentabilidad en todos nuestros campus, e instruyendo a nuestros estudiantes más jóvenes en PrepaTec sobre los valores y las decisiones que conlleva llevar una vida sustentable. Dar prioridad a los espacios verdes, los árboles, los cursos de agua y los paisajes que nos rodean es esencial para esta visión.

He seguido el proceso de planificación la visión conceptual Metrópolis Verde Monterrey. En el Tec estamos profundamente comprometidos con esta visión y nos sentimos orgullosos de colaborar con FAMM en el desarrollo de un informe y una visión conceptual tan valiosos. El mundo académico por sí solo no puede transformar el mundo: debemos trabajar con una amplia gama de partes interesadas para impulsar un cambio real. Esto es lo que hacemos cada día, colaborando con gobiernos, empresas, emprendedores y comunidades para dar forma a un futuro más sostenible.

El libro que tiene en sus manos es un poderoso testimonio de este enfoque. Reúne diversas perspectivas sobre la construcción de una metrópolis más verde y las une en una propuesta holístico y con visión de futuro. Nos reta a mirar más allá de nuestro entorno inmediato y a adoptar una visión a largo plazo. A través de impresionantes dibujos y visualizaciones, presenta una imagen convincente del futuro, ambiciosa y alcanzable a la vez.

Ha llegado el momento de que los gobiernos regionales y locales, así como el sector privado y las ONG de Monterrey, asuman este reto y acerquen esta visión a la realidad. Les invitamos a colaborar con nosotros para hacerlo realidad. Además, creo firmemente que una Metrópolis Verde debe extenderse más allá de Monterrey, sirviendo de modelo para otras regiones de México y más allá. Liderando con el ejemplo, podemos crear un impacto significativo y global. Extiendo mis sinceras felicitaciones al equipo de la FAMM y a la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey por este destacado logro.

When we witness devastating wildfires, extreme droughts, or record-high temperatures affecting communities worldwide, we are reminded of the urgency of protecting our environment. Water shortages, rising urban heat, and ecosystem degradation leave no doubt: we must take action to build more resilient cities, restore natural landscapes, and adopt a regenerative approach to the future. Yet, this is not always easy—it requires us to think beyond immediate needs and recognize that our actions have far-reaching consequences, even in places far from where we live.

At Tecnológico de Monterrey, we are aware and willing to face these challenges and embrace these difficult conversations. Our faculty and students are challenged to think critically. We achieve this by embedding sustainability into the curricula of all our schools, implementing Ruta Azul, a university-wide initiative that enhances sustainability across all our campus, and instilling in our youngest students at PrepaTec the values and decisions that come with leading a sustainable life. Prioritizing green spaces, trees, waterways, and the landscapes that surround us is essential to this vision.

I have followed the planning process for the Green Metropolis of Monterrey. At Tec, we are deeply committed to this vision and are proud to collaborate with FAMM in the development of such a valuable report and vision. Academia alone cannot transform the world—we must work alongside a diverse range of stakeholders to drive real change. This is what we do every day, partnering with governments, businesses, entrepreneurs, and communities to shape a more sustainable future.

The book you hold is a powerful testament to this approach. It brings together diverse perspectives on building a greener metropolis and unites them into a holistic, forward-thinking proposal. It challenges us to look beyond our immediate surroundings and embrace a long-term vision. Through stunning drawings and visualizations, it paints a compelling picture of the future—one that is both ambitious and attainable.

It is time for regional and local governments, as well as the private sector and NGO's in Monterrey, to take up this challenge and bring this vision closer to reality. We invite you to collaborate with us to make this happen. Moreover, I firmly believe that a Green Metropolis should extend beyond Monterrey, serving as a model for other regions in Mexico and beyond. Leading by example, we can create meaningful, global impact. I extend my sincere congratulations to the team at FAMM and the School of Architecture, Art, and Design at Tecnológico de Monterrey for this outstanding achievement.



Alfonso Garza Garza
Presidente
Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey

La necesidad de crear una metrópoli más sostenible y con más capacidad de regeneración en Monterrey es urgente. La región sufre sequías, inundaciones, calor y mala calidad del aire. Los sistemas ecológicos están al borde del colapso y los recursos para proporcionar a los residentes alimentos, agua y energía suficientes y limpios están alcanzando niveles peligrosos.

La planificación de sistemas ecológicos e hidrológicos adaptados se ve obstaculizada por el predominio de las intervenciones infraestructurales en el tráfico y las construcciones. Los espacios verdes se limitan a zonas más pequeñas, a menudo desconectadas entre sí y a través de los municipios de la región. Para diseñar y poner en práctica se necesita más. Una mirada a la coherencia de los sistemas naturales en toda la metrópoli puede elevar la calidad de vida tanto de los humanos como de los organismos no humanos.

La visión conceptual para una metrópoli más verde es el primer paso hacia esta visión. Los dolorosos elementos que impiden apreciar el paisaje metropolitano iluminan los problemas actuales. Para contrarrestar esta visión es esencial una estructura ecohidrológica verde y saludable. En la visión conceptual que se desarrolla en estrecha colaboración entre la FAMM y la Escuela de Arquitectura, Artes y Diseño del Tecnológico de Monterrey, es precisamente esto lo que marca la diferencia. Conexiones verdes continuas, rodeadas de espacios amplios y abundantes que proporcionan sombra, agua, aire y suelo limpios, previenen enfermedades causadas por la mala calidad del aire, ofrecen espacios para la recreación, el ocio y el transporte activo, y crean los lugares donde la vida natural y los ecosistemas pueden florecer.

Sin embargo, no basta con una estructura a escala metropolitana. Hay que añadirle lugares locales y más pequeños que tengan un impacto inmediato en la calidad de la vida cotidiana. Puede tratarse de pequeños espacios forestales, huertos locales o parques de bolsillo accesibles para que los niños jueguen y pasen el rato. La interacción entre las grandes estructuras sistémicas y la intervención local a las comunidades es esencial para el éxito de la aplicación y la transformación.

Espero que este hermoso libro, en el que encontrarás magníficos mapas y una visión impactante, despierte tu imaginación y te dé la energía necesaria para contribuir a crear una metrópolis más verde, limpia y saludable.

The need to create a more sustainable, regenerative metropolis in Monterrey is urgent. The region suffers from droughts, floods, heat, and bad air quality. The ecological systems are at the verge of collapse and resources to provide the residents with sufficient and clean food, water, and energy are reaching dangerous levels.

Planning for adjusted ecological and hydrological systems is hindered by the dominance of the infrastructural interventions in traffic and constructions. Green spaces are limited to smaller areas, often disconnected from each other and across local municipalities. More is needed to design and implement them. A look at the coherence of natural systems throughout the metropolis can raise the quality of life for humans and non-human organisms alike.

The conceptual vision for a greener metropolis is the first step towards this vision. The painful elements that stand in the way of appreciating the metropolitan landscape illuminate the current problems. To counteract this vision a green and healthy eco-hydrological structure is essential. The development of this conceptual vision is in close collaboration between the FAMM and the School of Architecture, Arts and Design of Tecnológico de Monterrey, it is precisely this that makes a difference. Continuous green connections, surrounded by broad and abundant spaces that provide shade, clean water, air, and soil, prevent illnesses caused by bad air quality, offer spaces for recreation, leisure, and active transport, and create places where natural life and ecosystems can flourish.

However, a large-scale structure at the metropolitan scale only is not enough. It must be added by local and smaller places that immediately impact the quality of daily lives. These can be small forest sites, local food gardens, or accessible pocket parks for children to play and hang around. The interaction between the large systemic structures and the local intervention to communities is essential for a successful implementation and transformation.

I hope this beautiful book, which contains gorgeous maps and a striking vision, speaks to your imagination and gives you the energy to contribute to creating a greener, cleaner and healthier metropolis.



Alfredo Hidalgo Rasmussen

Decano

Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño

Para la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño, la cultura regenerativa es fundamental para nuestras ciudades y para el planeta; investigar y trabajar en esa línea es uno de nuestros pilares. Una de las prioridades es entender cómo planificar para la vida -considerando todos los ecosistemas- y enseñar a nuestros estudiantes estrategias para implementarlo. La visión conceptual para una Metrópolis Verde de Monterrey es un ejemplo extraordinario en esta dirección. La investigación eleva nuestro pensamiento a la escala espacial regional y se enfoca en entender los sistemas ecológicos e hidrológicos como una condición para la planificación urbana. Por el compromiso institucional con la generación de conocimiento y su difusión, este trabajo no solo beneficiará a los residentes de la metrópolis, también será una guía que aportará ideas a otras ciudades.

Estamos convencidos de cambiar nuestra perspectiva sobre cómo deben operar, planificarse y diseñarse las grandes ciudades; desde nuestro rol formativo, estamos trabajando en ello. En décadas anteriores hemos visto un predominio de los intereses económicos, así cómo, sistemas de tráfico e infraestructuras insostenibles a costa de la ecología y el medio ambiente. Hoy en día, el énfasis se desplaza hacia la calidad de vida de los residentes urbanos, sean humanos o no humanos. La creación de un entorno más verde y limpio conducirá a un ambiente más saludable en el que las personas vivirán más tiempo y experimentarán la naturaleza de manera más cercana y apreciativa. Con ese propósito, el papel de los futuros urbanistas, paisajistas y arquitectos se volverá más relevante que nunca. Ser capaz de entender las presiones sobre la vida urbana y transformarlas en mejores condiciones socioambientales, es una habilidad esencial y urgentemente necesaria. En el Tecnológico de Monterrey trabajamos diariamente para que nuestros graduados posean esas habilidades en beneficio de las ciudades y su impacto en todo el planeta.

Me enorgullece ver que este estudio es una exitosa colaboración entre el Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey y nuestra escuela. Es una prueba la fructífera combinación de conocimientos prácticos y teóricos y la fusión de estos en una visión conceptual estratégica que resulta útil para el futuro. Quiero agradecer al Famm por ser parte de este esfuerzo. Recomendando ampliamente este libro a estudiantes y profesores, así como, a los municipios involucrados. Disfruten la valiosa información, espero que se sume a los esfuerzos que desde distintos espacios permitan hacer de Monterrey, una metrópolis verde.

For the School of Architecture, Art and Design, regenerative culture is fundamental for our cities and for the planet; the research we carry out on this topic is one of our pillars. One of the priorities is to understand how to plan for life - considering all ecosystems - and to teach our students strategies to implement it. The conceptual vision for a Green Metropolis of Monterrey is an extraordinary example in this direction. The research elevates our thinking to the regional spatial scale and focuses on understanding ecological and hydrological systems as a condition for urban planning. Due to the commitment of our institution to generate knowledge and its dissemination, this work will not only benefit the residents of the metropolis but it will also be a guide that provides ideas to other cities.

We are convinced that we need to change our perspective on how large cities should operate, be planned, and designed; we are working on this from our formative role. In previous decades we have seen a predominance of economic interests, as well as unsustainable traffic systems and infrastructures, at the expense of ecology and the environment. Today, the emphasis is shifting to the quality of life of urban residents, whether human or non-human. Creating a greener and cleaner environment will lead to a healthier environment in which people will live longer and experience nature more closely and appreciatively. To that end, the role of future urban planners, landscapers, and architects becomes more relevant than ever. Being able to understand the pressures on urban life and transform them into better socio-environmental conditions is an essential and urgently needed skill. At TEC de Monterrey we work daily to ensure that our graduates possess these skills for the benefit of cities and their impact on the entire planet.

I am proud to see that this study is a successful collaboration between the Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey and our school. It is proof of the fruitful combination of practical and theoretical knowledge and the fusion of these into a strategic conceptual vision that is at the same time useful for the future. I would like to thank Famm for being part of this effort. I highly recommend this book to students and professors, as well as to the municipalities involved. Enjoy this valuable information, I hope it will contribute to the efforts made from different areas to make Monterrey a green metropolis.



Prof. Dr. Rob Roggema

Prefacio

Fomentar la ecología en las ciudades es esencial para crear y mantener entornos urbanos habitables, saludables y agradables. Actualmente, lo verde y la naturaleza se consideran elementos “deseables” más que “imprescindibles” en la planificación urbana. Esta visión persiste, a pesar de las numerosas investigaciones que demuestran que contar con más espacios verdes en las ciudades contribuye significativamente a reducir problemas de salud física y mental, mejora la calidad del aire, el agua y el suelo, y fomenta el bienestar general de la población. Además, estos espacios no solo enriquecen la imagen urbana, también incrementan la plusvalía de los inmuebles, convirtiéndolos en un activo clave tanto para los residentes como para los inversores.

¿Por qué es tan difícil implementar políticas que prioricen las áreas verdes y la naturaleza en las ciudades? ¿Será la idea de que lo “verde” cuesta dinero un malentendido? Aun sabiendo que los servicios ambientales reducen costos de salud, mejoran el rendimiento y, por lo tanto, contribuyen enormemente a la economía; tal vez, sea porque los tomadores de decisiones se sienten más satisfechos construyendo un rascacielos de 40 pisos en lugar de abrir un nuevo humedal o bosque.

Sin importar las razones o el consenso académico sobre la necesidad de incorporar más áreas verdes en las ciudades, este informe ilustra la importancia de diseñar una Metrópoli Verde para Monterrey. Esperamos que los hallazgos, mapas e imágenes inspiren a los municipios metropolitanos, y que los resultados sean adoptados en otras ciudades de México y del mundo.

La investigación que realizamos y los resultados en este informe son un viaje emocionante. Descubrimos muchos datos que no se conocían antes y que pueden contribuir a cambios en las políticas públicas. Además, el equipo que trabajó en el proyecto se mantuvo creativo en la búsqueda de diversas formas para complementar el contenido con indicadores, entrevistas, diagramas y mapas. Para Miguel, Paulina, Marina y Rodrigo ha sido un año de arduo trabajo de investigación



Dr. Igor Ishi Rubio-Cisneros

y edición, sin duda una gran experiencia, y un reto sumamente gratificante.

Este proyecto fue posible gracias a las decisiones estratégicas sugeridas por el Tecnológico de Monterrey (TEC), vinculadas al programa de Facultad de Excelencia, de la Escuela de Arte, Arquitectura y Diseño. Agradecemos a todas las personas que compartieron amablemente su tiempo y sus conocimientos durante las entrevistas de la investigación. Estas participaciones nos brindaron una comprensión de la información invaluable, tanto para la formulación de la idea colectiva para la metrópolis de Monterrey, como la exposición de los resultados.

También, agradecemos especialmente a los editores y encargados de la corrección del estilo, quienes nos proporcionaron comentarios valiosos que mejoraron la versión original en el producto final. Reconocemos de manera especialmente a Arq. Valentín Martínez Cuellar, Dr. Igor Rubio-Cisneros y Urb. Paulina Ramírez.

El agradecimiento más grande es para el Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey (FAMM). Gracias a Alfonso Garza Garza y César Chávez Ortíz, quienes nos otorgaron de su tiempo para colaborar y retroalimentarnos continuamente. A Rodrigo Crespo por darle continuidad al proyecto, ofrecernos su apoyo y retroalimentación continua. La iniciativa de FAMM nos permitió crear un entorno de aprendizaje, lo que fue fundamental para concluir el informe con calidad.

Finalmente, esperamos que este material no sea un producto final y pueda percibirse como el punto de partida para mantener vigente la investigación y difusión del tema. Creemos que los métodos utilizados a nivel regional pueden adoptarse a nivel municipal y, por lo tanto, hacemos una atenta invitación a todos los municipios de Nuevo León a detallar esta vision conceptual. ¡Estamos aquí para ayudarles en lo que necesiten! Creemos que el área metropolitana de Monterrey merece una planeación colectiva con una visión a escala regional, desarrollando estrategias, tales como un plan forestal regional, y como la gestión del plan hídrico metropolitano en torno a un Monterrey consciente del recurso agua. Esperamos colaborar con cualquier institución y equipo que busque conseguir estos objetivos tan importantes para nosotros.



Marina Ramírez, Miguel Ortiz, Paulina Ramírez, Rodrigo Junco

Preface

Despite recent research demonstrating their undeniable benefits, urban greenery and nature are often perceived as “desirable” rather than “essential” elements in city planning. Green spaces in urban areas have been shown to reduce both physical and mental health issues, improve air, water, and soil quality, and enhance visual appeal. Additionally, they contribute to increased property values.

Why, then, is it so difficult to implement policies that prioritize green spaces and nature? It may be the persistent misconception that green initiatives are costly. Yet, ecosystem services reduce healthcare expenses, enhance academic performance, and significantly contribute to the economy. Decision-makers may find more satisfaction in constructing a 40-story skyscraper than in creating a new wetland or forest.

Regardless of the reasons or the broad academic consensus on the necessity of incorporating green spaces into urban planning, this report demonstrates that proposing a Green Metropolis for Monterrey makes sense. We hope the findings, maps, and images inspire regional municipalities and other cities across Mexico and the world to adopt the outcomes.

The research journey for this project was both exciting and enlightening. We uncovered previously unknown data that can drive policy changes. The project team remained creative and resourceful, supplementing the research with additional sources, facts, and plans. This endeavor was both a rewarding challenge and an invaluable experience for Miguel, Paulina, Marina, and Rodrigo.

This project was made possible by strategic decisions suggested by the Tecnológico de Monterrey (TEC), linked to the Faculty of Excellence program and supported by the School of Art, Architecture, and Design.

We extend our deepest gratitude to all those who generously shared their time and knowledge during the research interviews. Their insights provided invaluable information that strengthened the presentation of our results. SSpecial thanks also go to the draft report reviewers, whose valuable feedback significantly improved the final product. In particular, we acknowledge Valentín Martínez and Igor Rubio-Cisneros.

Our heartfelt appreciation is directed towards the Metropolitan Environmental Fund of Monterrey (FAMM). We are incredibly grateful to Alfonso Garza Garza and César Chávez Ortíz, whose strategic vision initiated this project as a collaboration between FAMM and TEC. Their leadership created a learning environment where César Chávez, Sergio Rodríguez, and Rodrigo Crespo provided constant support and feedback, which was crucial to the successful completion of this report.

We hope this report is not seen as a final product but as a starting point for ongoing research and dissemination of this critical topic. The methods used at the regional level can be adapted for municipal applications. Therefore, we formally invite all Monterrey metropolitan region with its municipalities to customize and implement this conceptual vision in their respective communities.

We are here to assist in these efforts. We envision a Monterrey that collectively thinks and plans at a regional scale, developing strategies such as a regional forestry plan and managing a metropolitan water plan with a conscious approach to water resources. We look forward to continued collaboration with local institutions to achieve these vital objectives.

Resumen ejecutivo

En un mundo globalizado donde la urbanización ha aumentado en las últimas décadas y más personas viven en ciudades que en zonas rurales, es de suma importancia vigilar de cerca las condiciones de vida en las metrópolis. Muchos de los problemas de salud son causados por la forma en que nuestra sociedad urbana funciona, con impactos devastadores tanto en la salud humana como en la calidad de los sistemas naturales y la biodiversidad. La presión ejercida sobre los sistemas naturales por las actividades de la población urbana es múltiple. Los impactos del cambio climático se traducen en intensas islas de calor urbano, inundaciones, sequías, suelos degradados y una calidad del aire que, con frecuencia, está por debajo de los estándares saludables. Al mismo tiempo, sabemos que los espacios verdes, la regeneración de recursos y la restauración de sistemas naturales aumentan la resiliencia de los sistemas urbanos y tienen un efecto profundamente positivo en la salud humana. Por ello, aspirar a una red natural y verde, coherente, conectada y abundante a escala regional y metropolitana no solo mejora la calidad de vida y alarga la vida humana, también nos permite enfrentar y sobrevivir a los riesgos climáticos y desastres naturales.

La situación en la zona metropolitana de Monterrey no es una excepción. El uso de recursos como agua, combustible y materiales de construcción impacta directamente la salud del sistema urbano. Además, la degradación de ecosistemas y bosques naturales acelera estos impactos, y la constante expansión urbana, las actividades industriales y la ocupación del paisaje solo aumentan el ritmo al que se deteriora la calidad de vida.

Por ello, el Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey y el Tecnológico de Monterrey, a través de la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño, han colaborado para desarrollar una visión conceptual integral para el Enverdecimiento de la metrópoli de Monterrey. En muchos planes municipales y estatales se describe claramente la ambición de ser más sostenibles y resilientes. Una amplia gama de buenas intenciones es sin duda visible y encomendable. Sin embargo, los objetivos no siempre están alineados y, a veces, se interrumpen al cruzar los límites administrativos. Los horizontes de planificación a menudo están orientados hacia las próximas elecciones, lo que provoca que los planes espaciales se centren en el corto plazo, sufriendo los efectos de los cambios políticos. Además, las escalas de planificación varían, lo que complica el desarrollo de una visión coherente.

La visión conceptual para una Metrópoli Verde en Monterrey analiza exhaustivamente los sistemas naturales, a veces ocultos, de la región y utiliza esta comprensión para crear una visión a largo plazo, sin estar limitada por fronteras administrativas y basada en el principio de priorizar los sistemas naturales.

En este informe presentamos nuestros hallazgos y visión sobre cómo la metrópoli de Monterrey puede transformarse en un lugar más habitable y saludable, capaz de perdurar en el tiempo. Por ello, el objetivo de esta investigación espacial es desarrollar una visión integrada para el enverdecimiento del área metropolitana de Monterrey, uniendo políticas y planes existentes para enfrentar y anticiparse a las alteraciones antropogénicas como el calor, las sequías, las inundaciones y la contaminación del aire, centralizando la coherencia y calidad de los sistemas naturales como los bosques, los ecosistemas y el sistema hidrológico.

Executive summary

In a globalized world where urbanization has increased over the last decade, and more people live in cities than in the countryside, it is important to watch closely the living conditions in metropolises. Many health problems are caused by how our urban society works, with devastating impacts on both human health and the quality of natural systems and biodiversity. The pressure put on natural systems by the activities of the urban population is multifold. The impacts of climate change translate into severe urban heat islands, floods and droughts, emaciated soils, and an air quality that is more often below healthy standards than above. At the same time, we know that green spaces, regeneration of resources, and rewilding of natural systems increase the resilience of urban systems and have a profound positive effect on human health. Therefore, striving for a coherent, connected, and abundant natural, green network at the regional and metropolitan scale increases the chances of improving living conditions, lengthening human lives, and allowing us to cope with and survive climate hazards and natural disasters.

The situation in the Monterrey metropolitan area is no exception. The use of resources such as water, fuel, and raw construction materials impacts the current health of the urban system. Moreover, the degradation of ecosystems and natural forests accelerates these impacts, and the ongoing urban sprawl, industrial activities, and landscape occupation only increase the pace at which the quality of life degenerates.

Therefore, the Fondo Ambiente Metropolitano de Monterrey and Tecnológico de Monterrey, Escuela de Arquitectura, Artes y Diseño, have collaborated to develop an integrated conceptual vision for Greening the Monterrey metropolis. Many municipal and state government plans clearly describe the ambition to become more sustainable and resilient. A widespread portion of good intentions is undoubtedly visible and commendable. However, the aims are not always aligned and sometimes discontinue when passing an administrative boundary. The planning horizons are often oriented towards the next elections, causing spatial plans to focus on the short term, suffering from political change. Also, the planning scale differs, making a coherent vision a complex endeavor.

The conceptual vision for a Green Monterrey Metropolis extensively analyzes the sometimes hidden natural systems of the region and the long-term dynamics of nature, not hindered by administrative boundaries, and is based on the principle of taking care of natural systems first.

This report presents our findings and vision for how the Monterrey metropolis can transform into a more livable and healthier place and survive in the long term. Therefore, the objective of this spatial research is to develop an integrated vision for greening the Monterrey metropolitan area, uniting existing policies and plans to cope with and anticipate Anthropogenic disruptions such as heat, droughts, floods, and air pollution, by centralizing the coherence and quality of natural systems such as forests, ecosystems, and the hydrological system.

Principales conclusiones

Una Metrópoli Verde solo puede ser creada si se entienden los potenciales del paisaje (si lo vemos), si se aceptan los cambios radicales en la mentalidad y la política necesarios (si lo queremos) y si se lleva a cabo una acción colaborativa más allá de los límites institucionales (si lo hacemos).

Los habitantes de la metrópoli de Monterrey tienen, estructuralmente, menos espacio verde disponible por persona que otras metrópolis de México y mucho menos que ciudades verdes y compactas como Vancouver y Barcelona (Figura 1). Además, los residentes enfrentan más dificultades para acceder a estos espacios verdes mediante transporte activo (caminar o andar en bicicleta).

Main findings

A Green Metropolis can only be created if the landscape's potential is understood (if we see it), if the necessary radical changes in mentality and politics can be accepted (if we want them), and if collaborative action is undertaken beyond institutional boundaries (if we do it). A Green Metropolis can only be created if the potentials of the landscape are understood (if we see it), if the necessary radical changes in mentality and politics can be accepted (if we want it), and if collaborative action is undertaken beyond institutional boundaries (if we do it).

The inhabitants of the Monterrey metropolis have structurally less green space available per person than similar metropolises around the world and far less than green and compact cities such as Vancouver and Barcelona (Figure 1). Moreover, the residents experience more difficulties in accessing green by active transport.

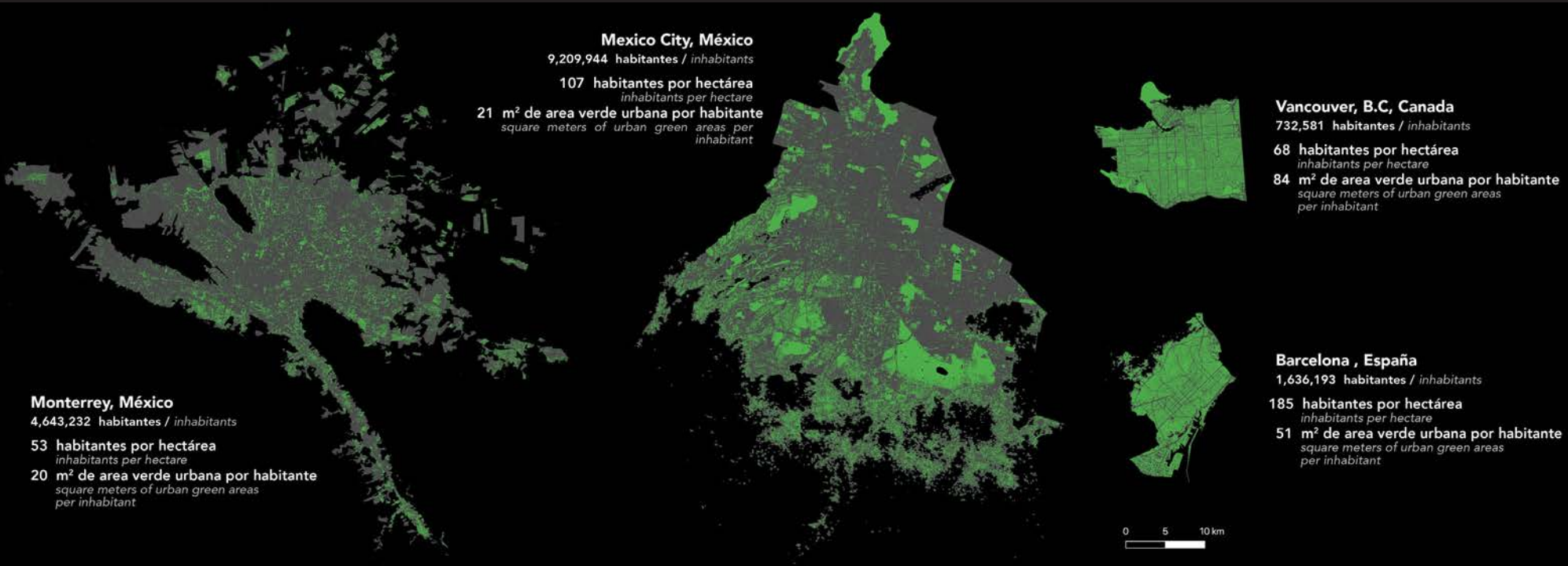


Figura 1. Comparativa esquemática de las densidades entre poblaciones en ciudades demográficamente similares. Monterrey, Ciudad de México, Vancouver y Barcelona.
Figure 1. Schematic density of population comparison in cities with similar demographic characteristics. Monterrey, Mexico City, Vancouver, Barcelona.

Principales conclusiones

En promedio, las personas en Monterrey tienen 4 m² de espacio verde por persona, mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS: WHO) recomienda un mínimo de 9.5 m² de espacios verdes por persona (WHO, 2017).

Como regla general, el espacio verde en condiciones urbanas debería consistir, como mínimo, en al menos 3 árboles visibles desde la ventana, contar con al menos 30% de cobertura arbórea en el vecindario, y tener un gran espacio verde dentro de un radio de 300 metros a pie. Esta es la regla 3-30-300 (Konijnendijk, 2023).

Sin embargo, solo el 50% de los vecindarios en el área metropolitana de Monterrey tiene una cobertura arbórea del 30% o más (Figura 2). Esta visión conceptual permite la discusión y planificación de acciones para estimar la reducción de contaminantes cuando aumenta la cobertura vegetal.

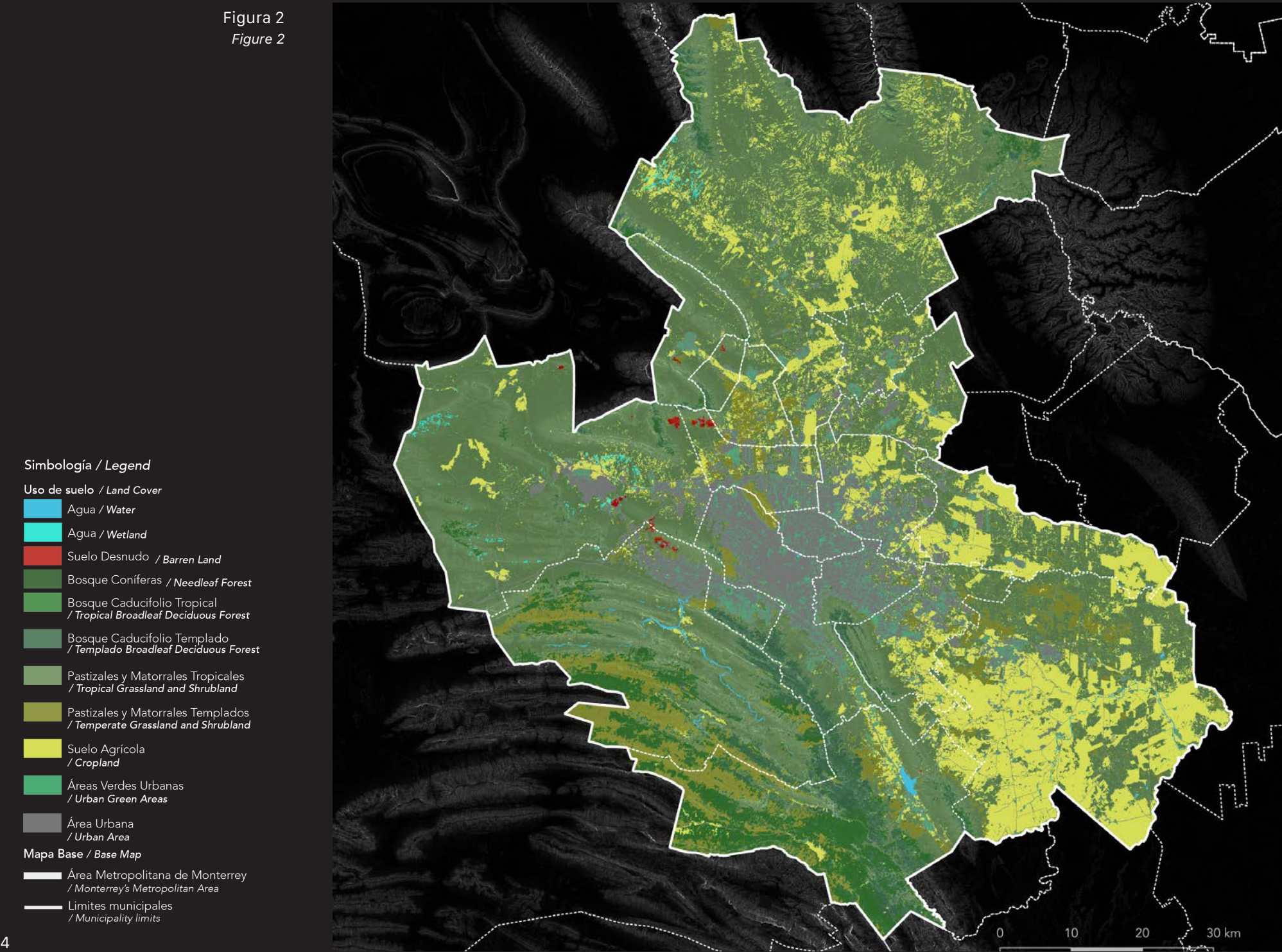
Main findings

On average, Monterreyans have 4 m² of green space per person, while the World Health Organization recommends a minimum of 9.5 m² (WHO, 2017).

As a rule of thumb, green in urban conditions should, at a minimum, consist of at least 3 trees visible from one's window, at least 30% tree cover in the neighborhood, and ample green space within 300m walking distance. This is the so-called 3-30-300 rule (Konijnendijk, 2023)

Only 50% of the neighborhoods in the Monterrey's Metropolitan Area have a tree cover of 30% or more (Figure 2). This conceptual vision allows discussion and action planning to estimate the reduction of pollutants when green cover increases.

Figura 2
Figure 2



Principales conclusiones

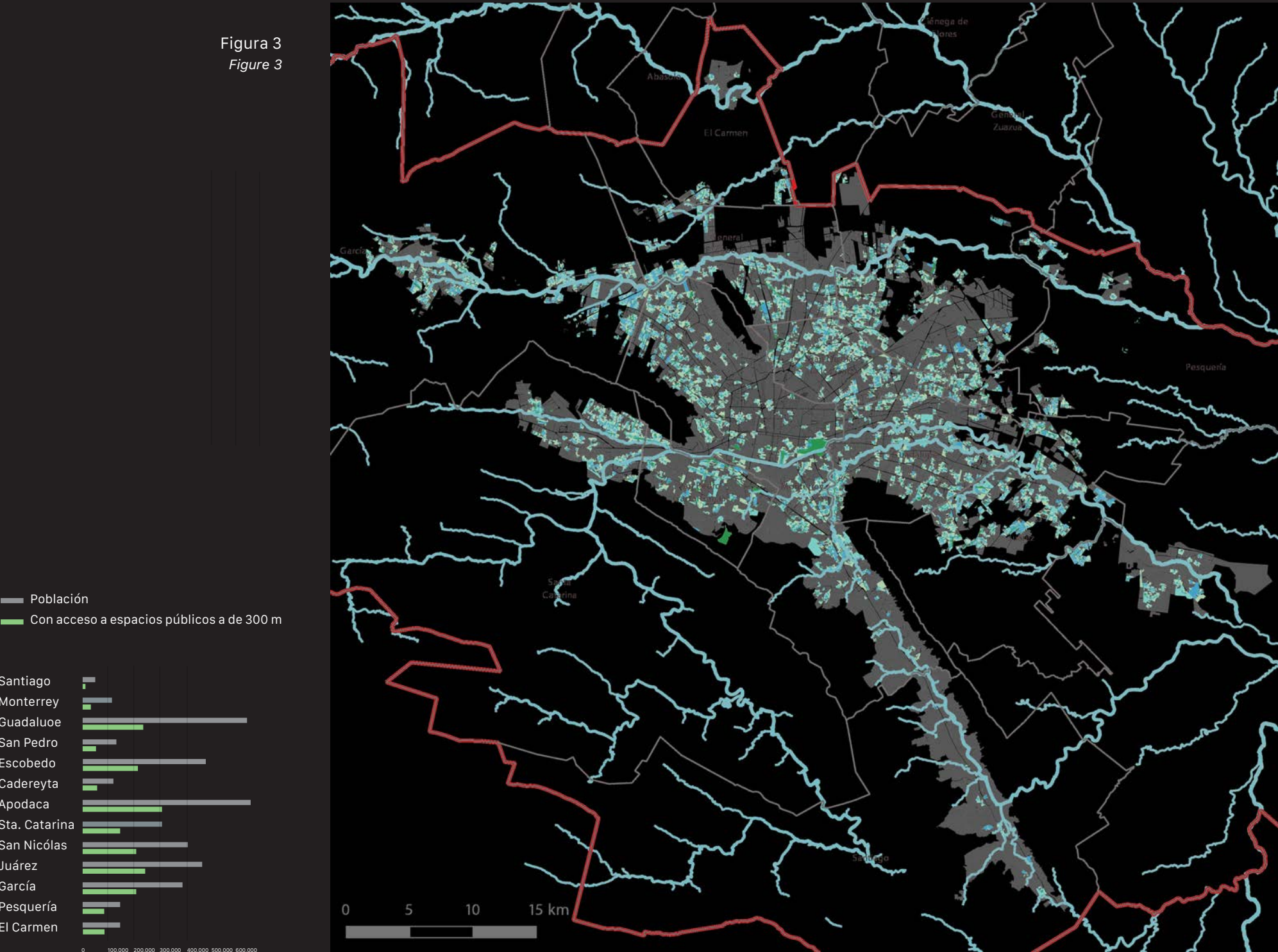
Solo el 43% de los residentes del área metropolitana de Monterrey tiene acceso a un espacio público verde a 300 metros de su hogar (Figura 3), lo que equivale aproximadamente a un trayecto de cinco minutos a pie.

Según las teorías de urbanismo saludable, los espacios verdes deben estar al alcance mediante transporte activo, como caminar o andar en bicicleta, y no requerir el uso de un automóvil. Además de promover la salud física y mental de los residentes, una menor dependencia del automóvil beneficia la calidad del aire y favorece la conectividad del sistema verde urbano, reduciendo la fragmentación de los ecosistemas.

Main findings

Only 43% of residents have access to a public green space within 300m of their home (Figure 3), which is approximately a five-minute walk. For a healthy population, the theory states that a green space must be within reach by active transport (cycling or walking) and not by car. Reducing car usage is also beneficial for the city's green network and air quality.

Figura 3
Figure 3



Principales conclusiones

Entre otras razones, debido a la falta e inaccesibilidad de áreas verdes para los residentes de la metrópoli, los fenómenos de islas de calor urbano, sequías y contaminación del aire tienen un impacto más intenso en la población urbana. Además, en áreas donde la carencia de vegetación es mayor, el impacto de las inundaciones también es desproporcionadamente alto.

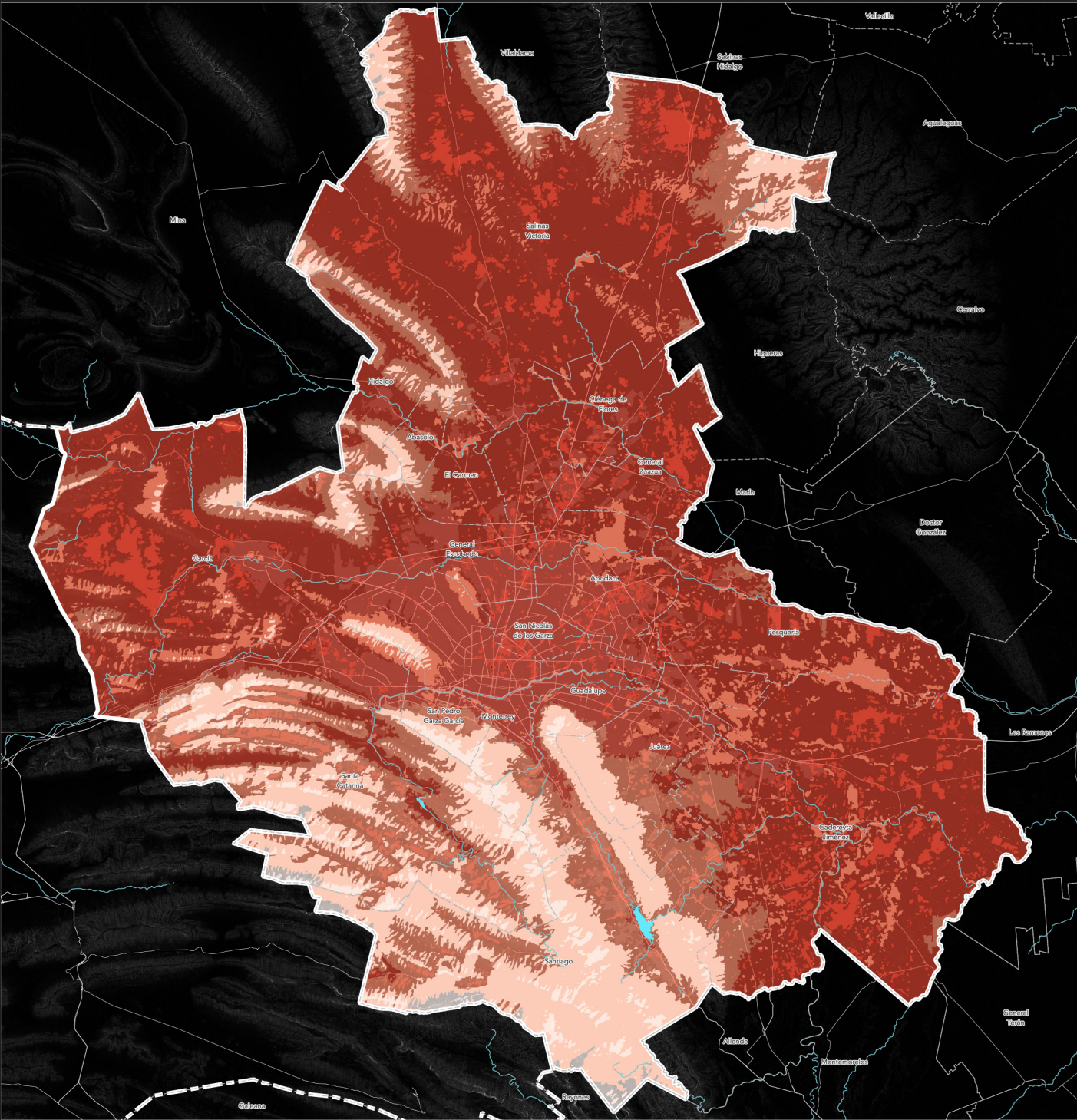
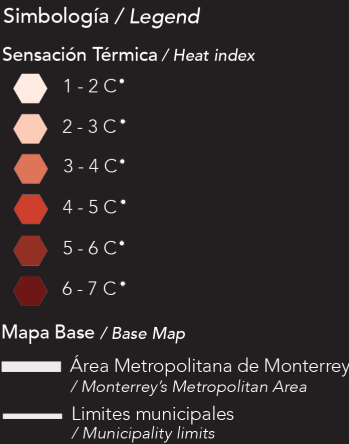
Las islas de calor urbano pueden ser hasta 7 grados más cálidas que las zonas rurales circundantes y se encuentran principalmente en condiciones urbanas donde la vegetación es ausente o mínima (Figura 4). Este efecto se intensifica en superficies de concreto, asfalto e impermeables, así como en fachadas de edificios hechas de vidrio y concreto, que amplifican la retención y radiación del calor.

Main findings

Among other reasons, because of the metropolis's lack and inaccessibility to green space, urban heat, droughts, and air pollution have a more intense impact on the urban population. In areas where the lack of green space is greater, the impact of flooding is unevenly higher.

Urban heat islands are up to 7 degrees hotter than the countryside outside the city and are predominantly found in urban conditions where vegetation is absent or minimal (Figure 4). The urban heat island effect is exaggerated when the surface is concrete, asphalt, or impermeable, and the facades of buildings consist of glass and concrete. Air pollution has a higher impact closer to the source, but it also affects people more in areas with less vegetation (figure 5).

Figura 4
Figure 4



Principales conclusiones

La contaminación del aire tiene un impacto notablemente mayor cerca de su fuente, pero también afecta más a las personas en áreas con menos vegetación (Figura 5).

La vegetación actúa como un filtro natural que reduce la concentración de contaminantes en el aire, mejora la calidad del aire y atenúa los efectos de partículas y gases nocivos. En zonas con poca o nula cobertura verde, las comunidades están más expuestas a los efectos negativos de la contaminación, como problemas respiratorios y enfermedades relacionadas.

Por lo tanto, aumentar la vegetación urbana no solo mejora la estética de la ciudad, también es una estrategia crucial para mitigar la contaminación del aire y proteger la salud pública.

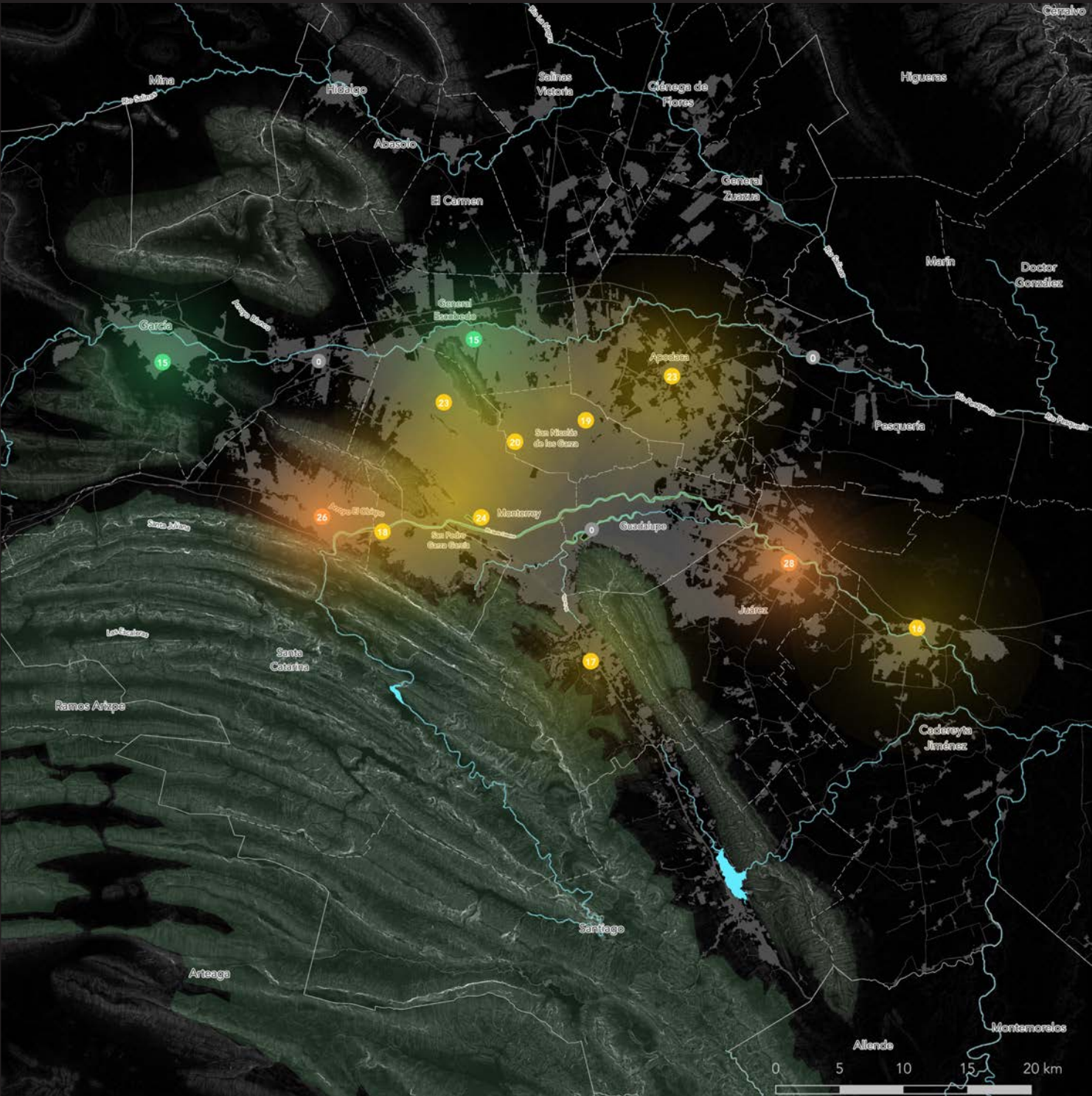
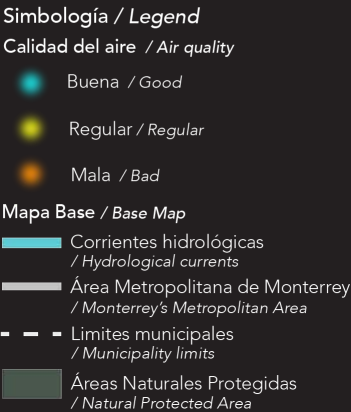
Main findings

Air pollution has a higher impact closer to the source but also affects people more in areas with less vegetation (Figure 5).

Vegetation acts as a natural filter that reduces the concentration of pollutants in the air, improving air quality and lessening the effects of harmful particles and gases. In areas with little to no green cover, communities are more exposed to the adverse effects of pollution, such as respiratory issues and related diseases.

Therefore, increasing urban greenery enhances the city's appearance and is a crucial strategy to mitigate air pollution and protect public health.

Figura 5
Figure 5



Principales conclusiones

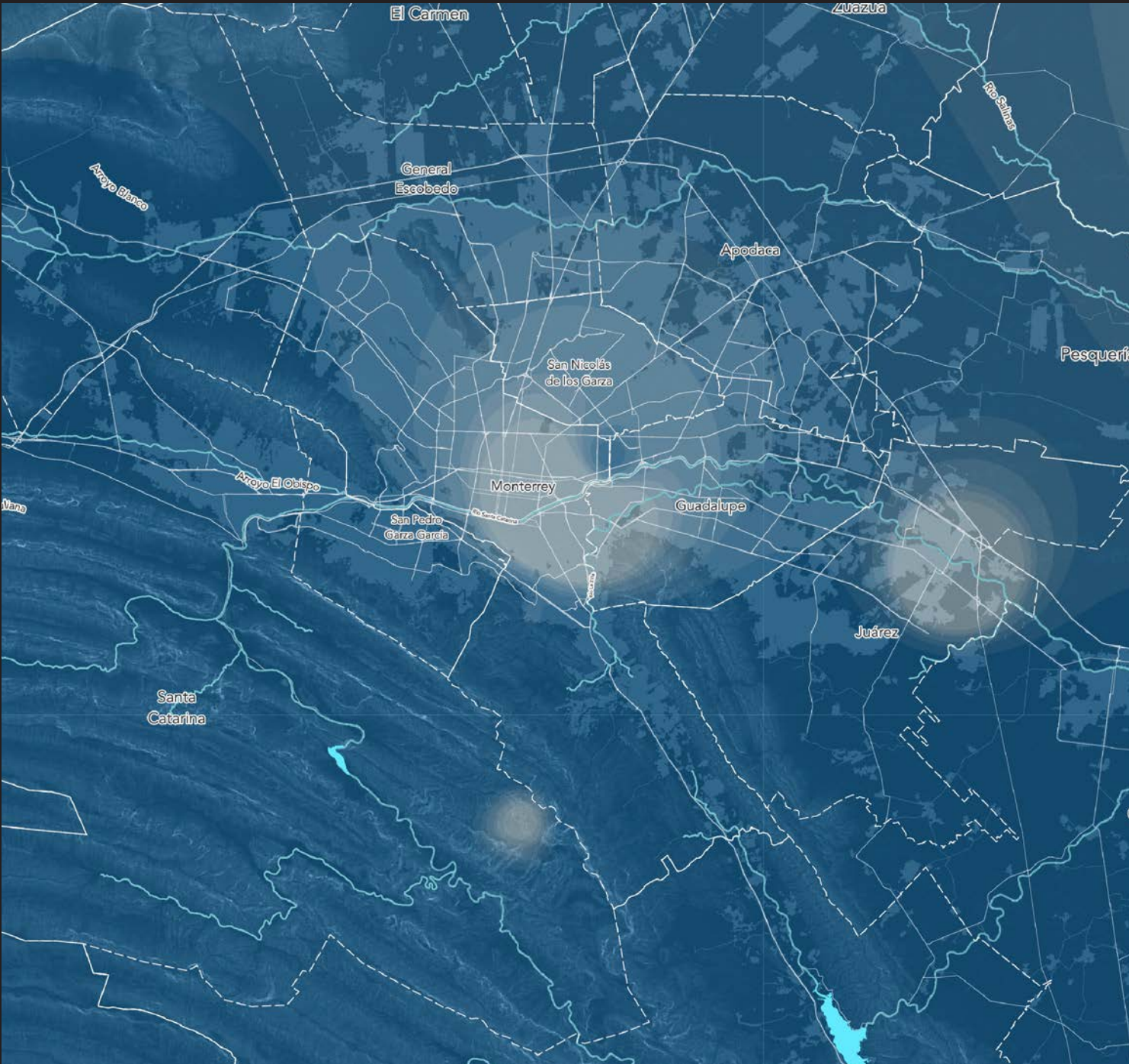
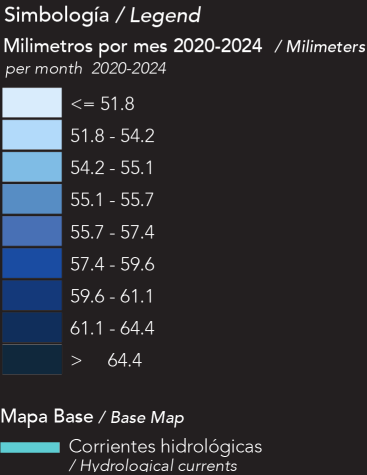
En las áreas que carecen de vegetación, la cantidad promedio de precipitación es menor (Figura 6).

Esto resalta la relación directa entre la vegetación y los patrones climáticos locales, donde la ausencia de áreas verdes puede contribuir a un ciclo de sequías más pronunciado, exacerbando los problemas hidrológicos y climáticos en la región. Entre las causas, también está la posibilidad de periodos de estiaje, reduciéndose la cobertura vegetal. Implementar estrategias para aumentar la cobertura vegetal es esencial para mejorar la retención de agua, equilibrar el microclima y promover un ciclo hidrológico más sostenible.

Main findings

In areas that lack vegetation, the average amount of precipitation is lower (Figure 6). This situation highlights the direct relationship between vegetation and local climate patterns, where a lack of green spaces can contribute to a more pronounced drought cycle, worsening hydrological and climatic issues in the area. Among the causes, drought periods are possible, such as reducing the green cover. Implementing strategies to increase vegetation cover is essential for improving water retention, balancing the microclimate, and promoting a more sustainable hydrological cycle.

Figura 6
Figure 6



Principales conclusiones

La rápida expansión urbana en el área metropolitana de Monterrey desde la década de 1990 (Figura 7) ha tenido un profundo impacto en la atención hacia los espacios de agua, áreas verdes y espacios ecológicos. Los planes y políticas urbanas han mostrado una respuesta tardía, ya que inicialmente se enfocaron principalmente en el desarrollo urbano, como la construcción de infraestructura y edificios. Posteriormente, se hace evidente la falta de espacios públicos verdes, agradables, saludables y disfrutables, lo cual genera arrepentimiento. Sin embargo, reparar y regenerar estos espacios requiere mayor inversión económica, política y de tiempo en comparación con haberlos incluido desde el principio.

Esta combinación de crecimiento acelerado, políticas incoherentes y desconectadas, y una visión limitada hacia el entorno natural ha causado un grave dolor paisajístico e hidrológico en la región. Esto subraya la necesidad urgente de adoptar una planificación integral que priorice la sostenibilidad, la conectividad ecológica y la calidad de vida a largo plazo.

Main findings

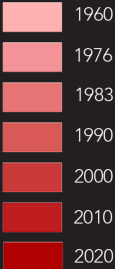
The fast urban expansion in the Monterrey metropolitan area since the 1990s (Figure 7) has profoundly affected the attention to water, green, and ecological spaces. Urban plans and policies show a delayed response, as the plans primarily focus on development, e.g., the construction of urban infrastructure and buildings. Later, the lack of pleasant green, healthy, and enjoyable public spaces becomes apparent and will be regretted. However, repairing and regenerating requires more monetary, political, and time investment than including these spaces from the beginning.

This rapid growth of the city, in combination with incoherent and disconnected policies, has caused severe landscape and hydrological pain.

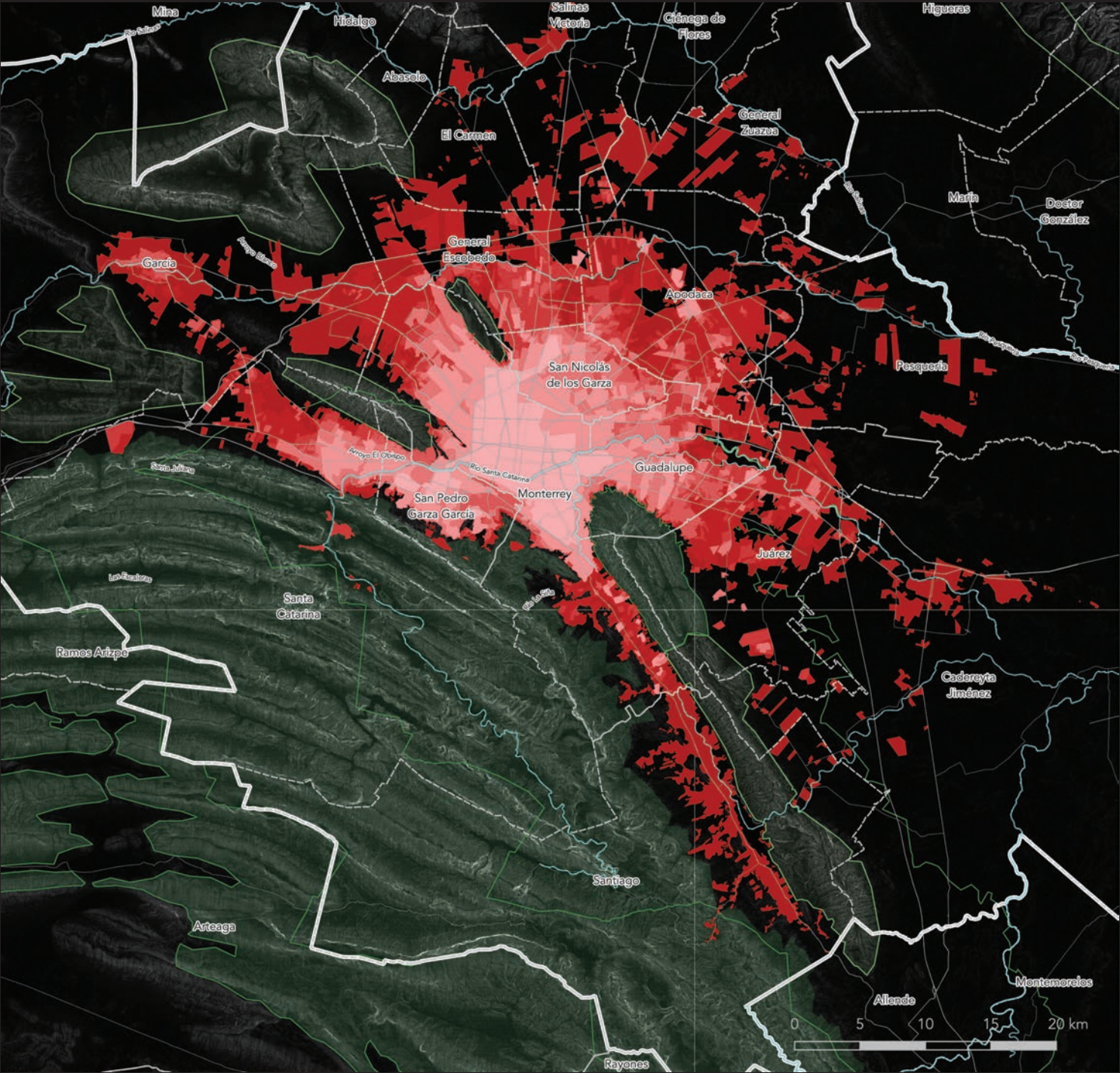
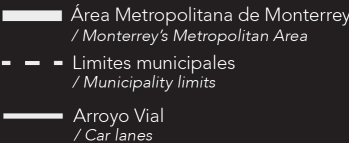
Figura 7
Figure 7

Simbología / Legend

Expansión Urbana / Urban Sprawl



Mapa Base / Base Map



Principales conclusiones

El dolor paisajístico (Figura 8) en el área metropolitana de Monterrey se compone de varios elementos que afectan negativamente el entorno natural y urbano:

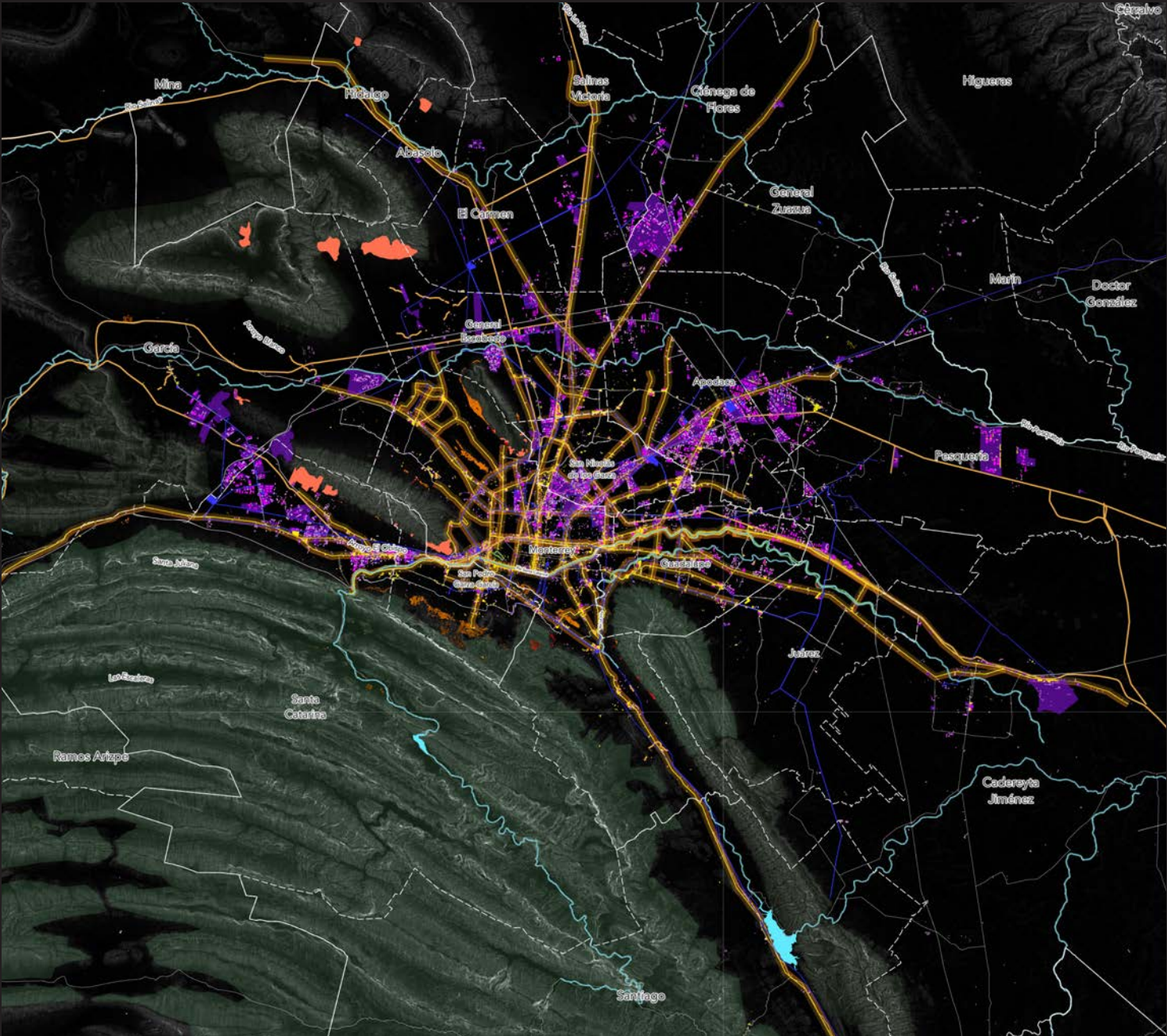
- **Áreas afectadas en reservas naturales y montañas:** Aproximadamente 1330 hectáreas de canteras y construcciones en reservas naturales (3500 hectáreas) y en laderas montañosas (30,000 hectáreas).
- **Infraestructura vial:** 670 km de carreteras principales con más de 6 carriles.
- **Superficie dedicada al estacionamiento:** Casi 1,000 hectáreas de estacionamientos en superficie.
- **Edificaciones de gran escala:** Más de 1,000 edificios de más de 10,000 m² y más de 7,500 edificios entre 2,500 y 10,000 m².
- **Infraestructura ferroviaria subutilizada y ruidosa:** Más de 400 km de vías férreas en desuso y 20 km de líneas de metro elevado.
- **Fuentes de contaminación del aire:** Incluyen carreteras y actividades industriales.

Esta situación destaca la urgente necesidad de implementar estrategias que minimicen estos impactos y favorezcan la recuperación del paisaje natural, promoviendo un desarrollo urbano sostenible y resiliente.

Main findings

The landscape pain (Figure 8) in the Monterrey metropolitan area consists of: Almost 1330 ha. Quarries and constructions in natural reserves (3500) and mountain hills (30,000). 670 km. main roads over 6 lanes, and almost 1,000 ha. Surface parking. 1,000 buildings larger than 10,000 m², and more than 7,500 between 2,500 and 10,000 m². More than 400 km of underused and noisy rail tracks and almost 20 km of above-ground metro lines exist. Sources of air pollution (roads, industries).

Figura 8
Figure 8



Principales conclusiones

El dolor hidrológico (Figura 9) en el área metropolitana de Monterrey se compone de flujos naturales que están interrumpidos, sobreconstruidos y obstruidos en 17,003 lugares.

Para mejorar las condiciones de vida y crear un entorno saludable para todos los organismos humanos y no humanos en esta región, es urgente la implementación de una estrategia regional verde. Esta estrategia debe priorizar la restauración de flujos naturales, la integración de infraestructura verde y la reconexión de los sistemas hidrológicos, convirtiéndolos en el eje central del desarrollo urbano sostenible.

Main findings

The hydrological pain (Figure 9) in the Monterrey metropolitan area consists of natural flows that are disrupted, overbuilt, and obstructed in 17,003 places.

Realizing a regional green strategy is urgently needed to improve living conditions and create a healthy environment for all human and non-human organisms in the Monterrey metropolis area.

Figura 9
Figure 9

- Simbología / Legend**
Escorrentías Orden 1-3 / Runoff order 1 - 3
- en superficies permeables / in permeable surfaces
 - con obstrucción de construcciones / with construction obstruction
- Zonas de Riesgo / Risk zones**
- Riesgo a inundación / Flooding risk
 - Riesgo a encharcamiento / Waterlogging risk
- Mapa Base / Base Map**
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
 - Limites municipales / Municipality limits
 - Áreas Verdes Urbanas / Urban Green Areas
 - Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Principales conclusiones

Al reflexionar sobre la estrategia para transformar la metrópoli en una versión más verde, la pregunta principal es cómo concebimos la ciudad en relación con el paisaje. ¿Acaso la ciudad consiste en espacios verdes dispersos dentro de un contexto predominantemente urbano y construido (Figura 10)? Este enfoque representa un escenario de “negocios como siempre” o, peor aún, un escenario de “no nos importa”, donde el impacto ambiental es desestimado.

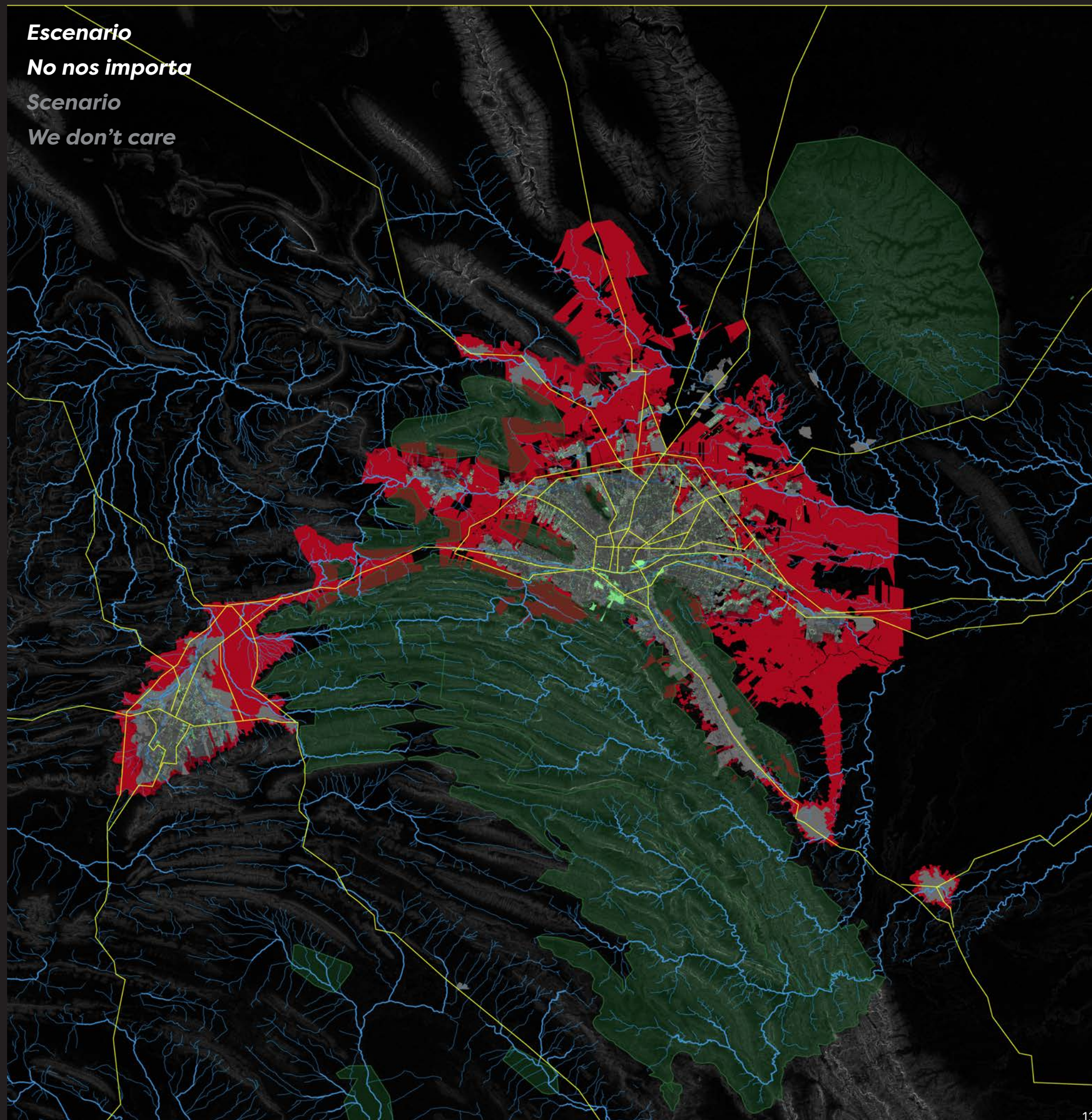
Por otro lado, podemos adoptar una perspectiva diferente, donde la ciudad (lo urbano) se concibe como una entidad integrada dentro de un contexto predominante de paisaje verde (Figura 11). En este enfoque, se recuperan los sistemas verdes y azules (naturales y de agua), y estos determinan el diseño urbano, promoviendo una ciudad saludable. Incluso, se podría ir más allá, reconquistando partes del área urbana para convertirlas en espacios verdes, permitiendo que lo natural no solo coexista, también predomine en ciertos puntos estratégicos del entorno urbano. Este cambio de paradigma implicaría una transformación significativa, donde el paisaje no es un elemento accesorio, se trata del núcleo estructurador de la metrópoli.

Main findings

When thinking about transforming the metropolis into a greener version, the main question is how we view the city in relation to the landscape. Does it consist of green space in a red context (Figure 10)? In this case, a business-usual scenario, or even more impactful, and ‘we don’t care how the scenario evolves. We can also think differently about this, for instance, when the city (red) is seen as an entity embedded in a green, landscape-driven context (Figure 11). This would create a healthy city where green and blue systems are recovered and determine the urban layout, or even stronger when green and green spaces reconquer parts of the metropolitan area.

Figura 10. Escenarios de una visión del reverdecimiento metropolitano.
Figure 10. Scenarios for the vision of metropolitan regreening.

Escenario
No nos importa
Scenario
We don't care

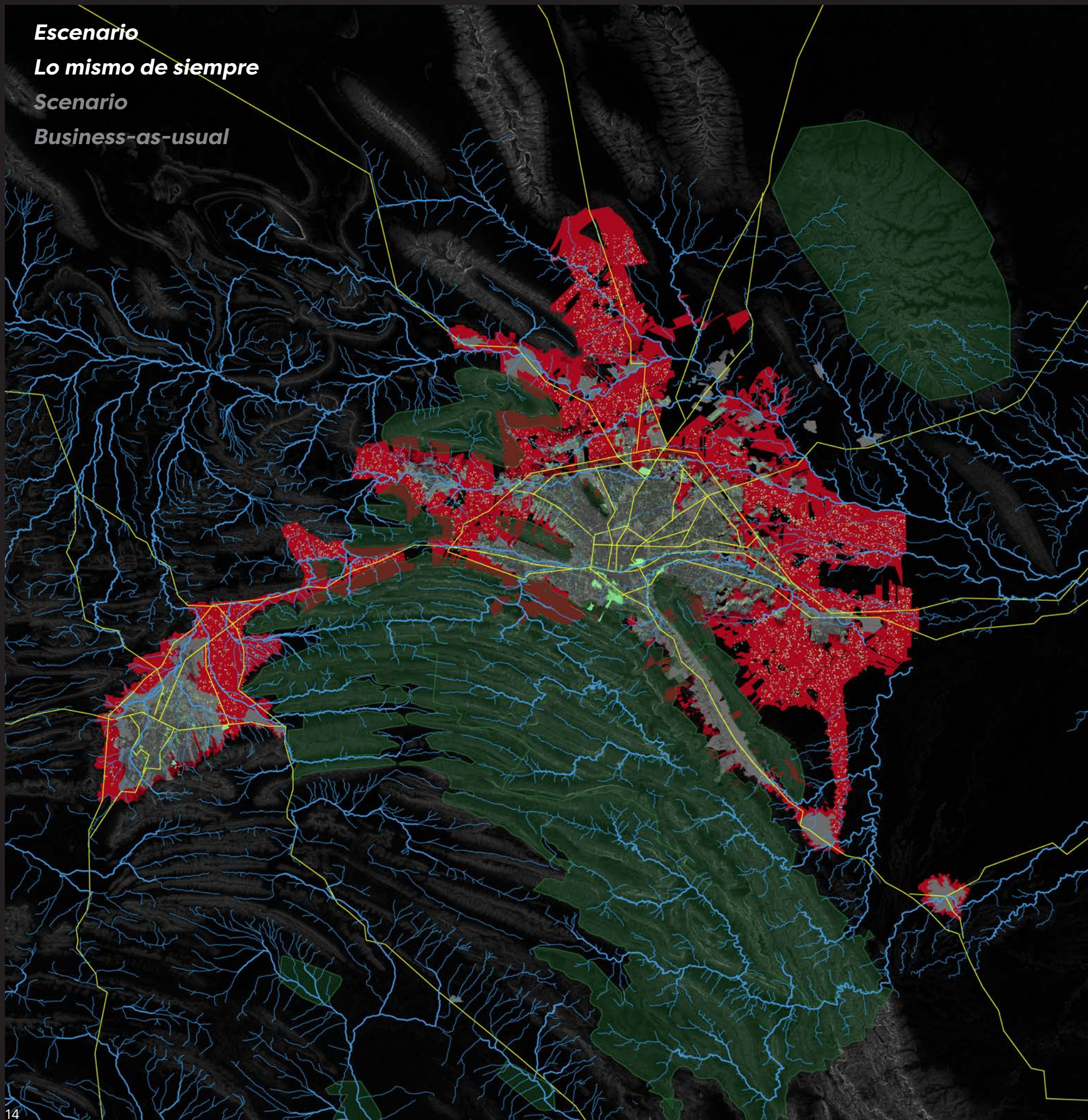


Escenario

Lo mismo de siempre

Scenario

Business-as-usual

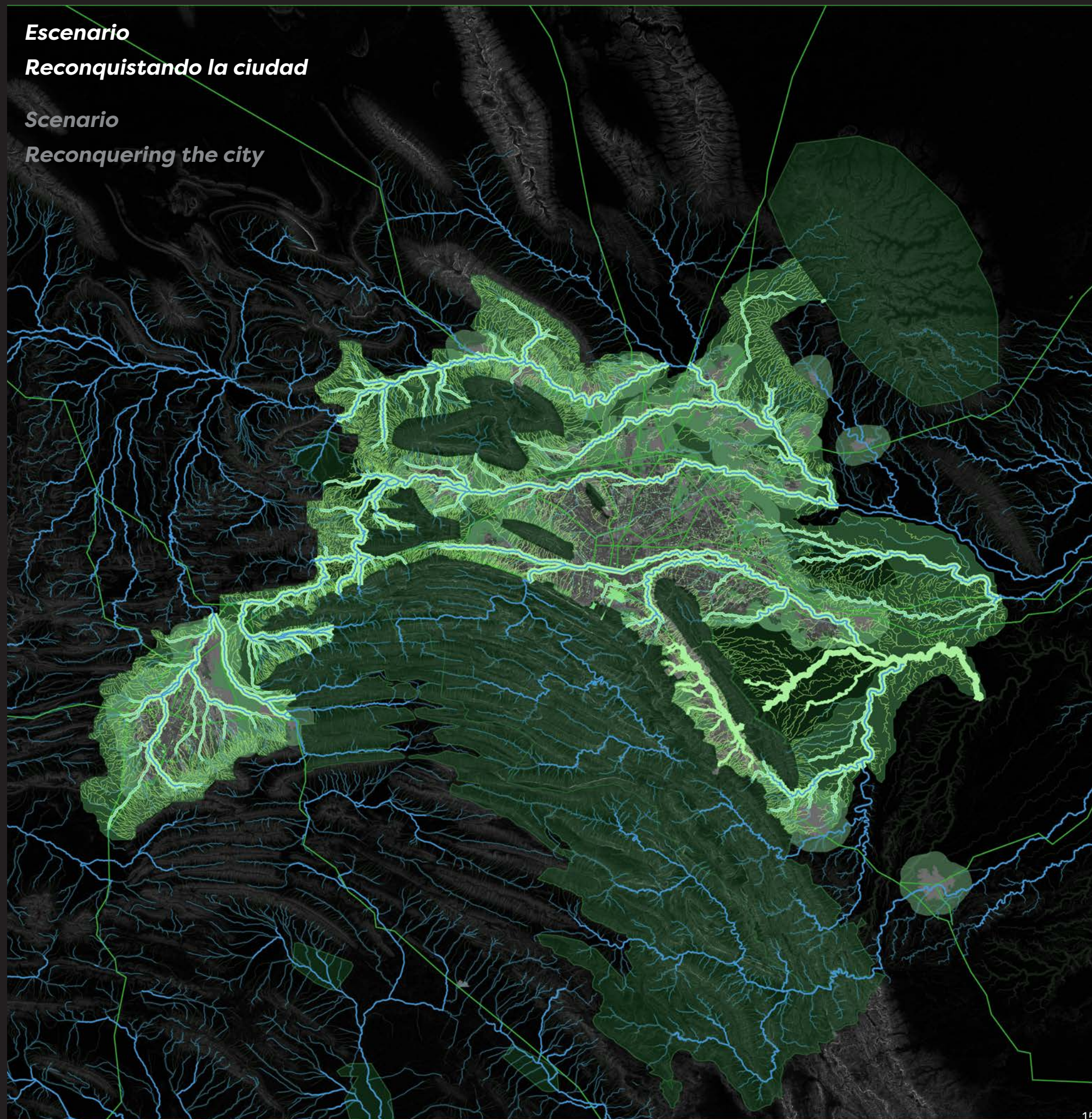


Escenario

Reconquistando la ciudad

Scenario

Reconquering the city



Escenario

Una metrópolis saludable

Scenario

A healing metropolis



Principales conclusiones

Una metrópoli verde se basa en el sistema regional de agua; necesita reconectarse y redescubrir los arroyos urbanos para aliviar el dolor hidrológico (Figura 12), rodearlos con corredores ecológicos (Figura 13) y adaptar sus usos urbanos a ellos (Figura 14).

Main findings

A green metropolis is based on the regional water system, needs to reconnect and uncover urban creeks in order to relieve the hydrological pain (Figure 12), surround them with ecological corridors (Figure 13), and adapt its urban uses to it (Figure 14).

Figura 12
Figure 12



Figura 13
Figure 13

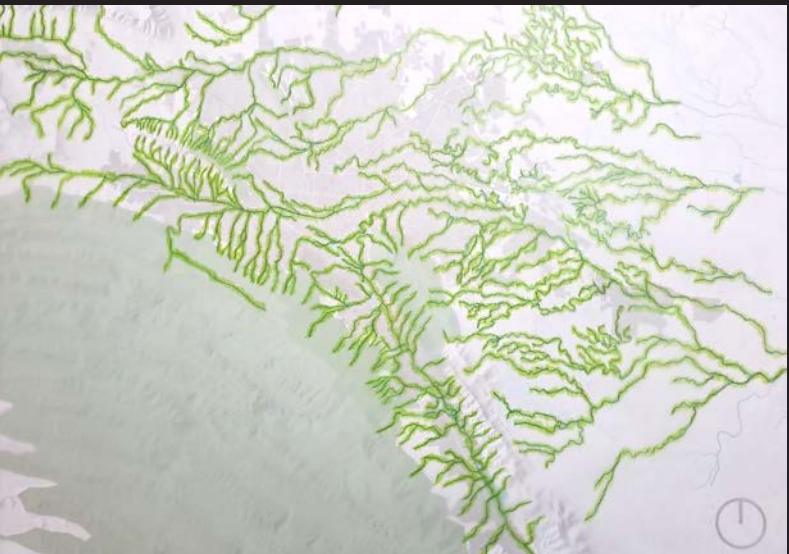


Figura 14
Figure 14



Figura 11. Escenario de una metrópolis saludable.
Figure 11. Scenario for a healthy metropolis.

Conectando la visión estratégica

La visión estratégica de largo plazo debe vincularse con proyectos locales transformadores a través de principios de diseño. Los sistemas y estructuras regionales están diseñados para conectar y aportar coherencia, pero sin proyectos hiperlocales concretos, estos sistemas más amplios no llegarán a consolidarse. Por ello, es esencial desarrollar proyectos a pequeña escala que encajen dentro del sistema y objetivo general. Cada proyecto pequeño contribuye a la ambición general de crear una metrópoli verde. En este informe, se desarrollan principios de diseño para inspirar y guiar proyectos locales, que pueden ser traducidos en diseños concretos para los siguientes elementos espaciales:

- **Ríos hidroecológicos:** Los grandes ríos pueden transformarse de entornos áridos y de concreto en espacios húmedos, verdes y atractivos para la vida animal, vegetal y el co-uso humano. El agua se redirige, desacelera y almacena siempre que sea posible.
- **Arroyos urbanos hidroecológicos:** Los arroyos urbanos ocultos u obstruidos se convierten en espacios urbanos visibles y atractivos, integrados en las calles y espacios públicos. El agua se utiliza como un recurso vital que da vida a ecosistemas locales, pequeños humedales y estanques de almacenamiento. Esto crea un entorno más fresco y espacios donde tanto la vida humana como no humana pueden prosperar.
- **Captación y almacenamiento de agua:** En lugares donde el agua provoca inundaciones repentinas, como en laderas empinadas o al pie de las colinas, se captura y almacena. Esto previene inundaciones en espacios públicos río abajo y crea oasis naturales con agua limpia, vegetación y fauna. Además, ayuda a reducir las temperaturas y mitigar la sequía.
- **Corredores verdes (Greenways):** Muchas infraestructuras cuentan con espacios infrautilizados, como las áreas sobrantes al costado o en el centro de estas infraestructuras. Aunque se usan intensamente por vehículos, no ofrecen calidad. En lugar de expandir espacio para autos, que solo incrementa la congestión, estas áreas urbanas pueden transformarse en vías verdes, sacrificando carriles para dar paso a espacios verdes, carriles exclusivos para autobuses y zonas de transporte activo. Se presta especial atención a los espacios descuidados bajo líneas de metro elevadas, que pueden funcionar como corredores ecológicos.
- **Islas verdes:** Una de las principales causas de las islas de calor urbano es el uso de concreto, superficies impermeables y techos grises. Esto puede mitigarse transformando estos espacios en techos verdes en complejos industriales grandes o convirtiendo estacionamientos en plazas verdes.

La investigación muestra que Monterrey carece de suficientes espacios verdes a nivel metropolitano, ha perdido su relación fundamental con el agua y los ecosistemas naturales, y sufre un gran impacto paisajístico e hidrológico. La estrategia espacial para resolver estas incongruencias consiste en crear conectividad y redes hidroecológicas que atraviesen toda la metrópoli (Figura 15). Los cursos de agua, como ríos y arroyos, son elementos esenciales para establecer estas conexiones. Transformar la metrópoli en esta dirección reducirá las islas de calor urbano, mejorará la calidad del aire, promoverá la salud de las personas y los sistemas naturales, y hará de la ciudad un lugar más atractivo para vivir. Sin embargo, este esfuerzo no puede detenerse en una visión abstracta; requiere implementación local. Proyectos como bosques urbanos pequeños, jardines comestibles, estanques de almacenamiento de agua, avenidas arboladas y jardines de plantas nativas son esenciales para dar cuerpo a esta estrategia de reverdecimiento. Así, es posible transformar la metrópoli actual, hostil al medio ambiente y altamente demandante de recursos, en un entorno urbano que brinde vida y salud. Esto creará una región resiliente, capaz de enfrentar los cambios climáticos y sostenible a largo plazo.

Connecting the strategic vision

Connect the long-term strategic regional vision with local transformative projects through design principles. The regional systems and structures are designed to connect and bring coherence. However, without concrete hyperlocal projects, these larger systems will never consolidate. Therefore, it is essential to develop small-scale projects that fit within the more extensive system and objective. Every small project will contribute to the overall ambition to create a green metropolis. In this report, design principles are developed to inspire and guide local projects and can be used to translate the principles to concrete designs. For the following spatial elements, design principles have been created:

- **Hydro-ecological rivers:** Larger rivers that can transform from a dried concrete environment into a space that is humid, green, and attractive to animal and plant life, and human co-use. Water is rerouted, slowed down, and stored wherever possible.
- **Hydro-ecological urban creeks:** THidden or obstructed urban creeks are transformed into visible, attractive urban spaces essential to the urban street and public space. Water is used as an attractive, life-giving resource for local ecosystems, small wetlands, and storage ponds. It provides a cooler environment and is a place where both human and non-human life can flourish.
- **Water capture and storage:** Wherever water forms a sudden flood, for instance, on steep mountain slopes or at the bottom of the hill, water is captured and stored. This prevents public spaces from flooding further downstream and creates a natural oasis with clean water, vegetation, and wildlife. This brings temperatures down and minimizes drought.
- **Greenways:** Many of the infrastructures are underused spaces. Although many cars use these spaces, the quality is not satisfying, and left-over space can be found alongside and in the middle of these infrastructures. At the same time, it has been overly investigated that more car space does not solve congestion. On the contrary, it opens spaces for more cars with more congestion to follow. These urban spaces can be transformed into greenways, in which some lanes are sacrificed to benefit green space, buslanes and active transport spaces. Special attention is given to the neglected urban spaces under elevated metro lines, which can be used as ecological corridors.
- **Green islands:** One core cause of urban heat islands is using concrete, impermeable surfaces, and roofs. This can be mitigated by transforming these spaces into green roofs of large industrial complexes and turning parking lots into green squares.

In conclusion, the investigation shows that Monterrey lacks sufficient green spaces at the metropolitan level, has lost its fundamental relationship with its natural, water- and ecosystems, and suffers a large amount of landscape and hydrological pain. The spatial strategy to solve this incongruence is creating connectivity and hydro-ecological networks that form a network throughout the metropolis (Figure 15). Watercourses, such as rivers and creeks, are essential elements for establishing these connections. By transforming the metropolis in this direction, the urban heat island will be diminished, the air quality will be improved, people and the natural systems will become healthy, and the city looks better and is more attractive place for people to live. This effort doesn't stop with an abstract vision of connecting green networks but requires implementation at the local level. Each space that can be greened adds, when located in the right place, to establish the overall goal. Therefore, local tiny forests, urban food gardens, small water storage ponds, tree-lined avenues, and native gardens are needed to substantiate the overall greening strategy. This way, it is possible to transform the current resource-absorbing and environmentally hostile metropolis into a life- and health-giving urban environment to create a resilient region that can cope with (climatic) changes and is a place that will last.

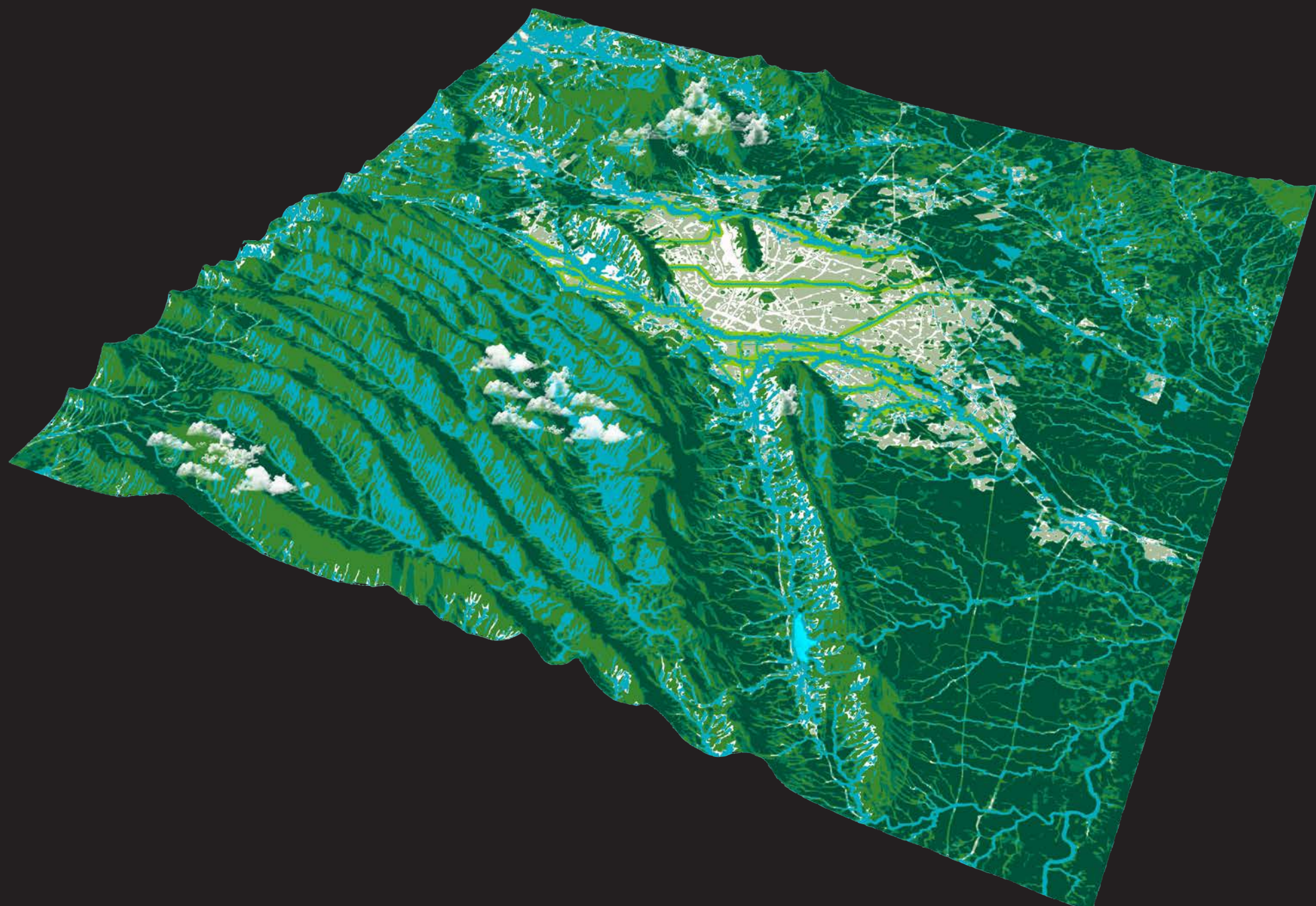


Figura 15
Figure 15

01

Introducción

Introduction

Introducción

La región de Monterrey es un lugar con belleza impresionante, especialmente cuando se toma un momento para reflexionar sin distraerse por el bullicio de la ciudad. Las majestuosas montañas, los valles serenos, arroyos y ríos han esculpido el paisaje que se convirtió en el hogar de muchos humanos después de un largo periodo de vida nómada. Este lugar no solo ofreció refugio seguro a quienes sentían amenazas, también se distinguió por estar menos influenciado de otros centros de población. En 1604, Alonso de la Mota y Escobar describieron la región de la siguiente manera:

“El ancho y hermoso valle de Extremadura, entre altas y boscosas montañas, surcado por varios ríos caudalosos alimentados por numerosas fuentes, arroyos y ojos de agua y bien irrigados por acequias de aguas claras y murmurantes, bordeado de árboles, y, más allá, rodeándolo todo, el espeso bosque abundante en caza.”

(Del Hoyo, 2014, p. 326).

Pero, – ¿qué hemos hecho de este lugar? Históricamente, el territorio está influenciado por su cercanía con la frontera política al norte. El valle natural y verde ha sido lentamente transformado por las actividades humanas (Figura 16). Las fuerzas del libre mercado han trastocado drásticamente el entorno natural, antes tan verde (Canales, 2006). Hoy en día, la ciudad sufre de una calidad del aire muy por debajo de las normas para la salud humana, también enfrenta una crisis del agua, ha degradado las reservas territoriales, contaminado y modificado los cauces del agua, provocando inundaciones repentinas, induciendo riesgos inminentes en montañas, y se enfrenta a cambios meteorológicos extremos incluidas las islas de calor que se han expandido hasta convertirse en continentes enteros. La mayor parte del área metropolitana de Monterrey (AMM) está afectada diariamente por uno o varios de estos factores (Cano, 2018). Por ejemplo, una de las conclusiones de este informe es que menos del 40% de los habitantes de la metrópoli tienen acceso a un espacio verde a una distancia de 300 metros.

Además de esta situación, el panorama futuro también es desalentador, el territorio urbano en constante expansión está reduciendo los espacios verdes, disminuyendo el aire fresco, escasea la disponibilidad de agua potable y un entorno habitable para los residentes humanos y de comunidades biológicas. El futuro urbano se vislumbra caluroso, polvoriento, reseco, sofocante, insalubre y contaminado. Los habitantes se resguardarán en sus hogares, oficinas y coches acondicionados artificialmente para reconfortarse. Será una lucha por el agua, un poco de aire fresco y suelo donde vivir. Ese puede ser el futuro que nos espera si permitimos que la expansión urbana continúe con su ritmo de crecimiento actual y de forma acelerada desde las últimas cuatro décadas.

Apostar únicamente por el crecimiento económico es peligroso. Cuando priorizamos el desarrollo urbano, como nuevas carreteras, viviendas e industrias, sobre la creación de espacios suficientes para el agua y lo verde, aumentamos la vulnerabilidad de la población regional ante los impactos del cambio climático. La tormenta tropical Alberto, el 20 de junio de 2024, demostró cómo aspectos clave de la vida urbana se vieron interrumpidos por las grandes cantidades de agua de lluvia que hubo que gestionar. Se rompieron infraestructuras clave, en varias comunidades la red de energía estuvo fuera de servicio durante días, localidades y pueblos de muchos valles montañosos quedaron incomunicados, y muchas personas no tuvieron acceso a agua potable y alimentos. Aunque “Alberto” llenó todas las presas de agua potable, como la de Cerro Prieto (Figura 17), los daños y perturbaciones podrían haber sido menores si se hubiera integrado más espacio para el verde y el agua en el ámbito urbano. Crear una red verde-azul interconectada que proporcione relaciones ininterrumpidas de agua y ecosistemas dentro y alrededor de la ciudad aumentará la capacidad de adaptación y la resiliencia de los sistemas urbanos y de su población.

Por lo tanto, resulta urgente llegar a comprender la coherencia, dependencia e interconexión de los sistemas naturales a escala regional, como los sistemas fluviales y las cuencas hidrográficas, las cadenas montañosas y el funcionamiento regional de sus ecosistemas. Esta comprensión debería luego traducirse en decisiones prácticas sobre el uso de los espacios, por ejemplo, la rehabilitación del sistema de ríos y arroyos, la revitalización de las vías fluviales, la creación de corredores ecológicos y el aumento de la cantidad de espacios verdes a costa del espacio industrial, de vivienda y de infraestructuras. Establecer la abundancia de espacios para el agua y la ecología es la única manera de que la metrópoli de Monterrey deje de estar en riesgo por las grandes inundaciones, el continuo aire contaminado, la crisis del agua y el calor.

Sin embargo, un factor importante que se interpone en el camino está relacionado con la identidad del lugar y la mentalidad correspondiente de sus habitantes. Los hábitos humanos e industriales que han surgido a lo largo del tiempo están fuertemente relacionados con la apreciación cultural de las actividades industriales (Figura 18). Algunos ciudadanos no tienen una comprensión conceptual de los riesgos e impactos negativos en sus vidas, como su salud, su esperanza de vida y la falta de espacios verdes en su entorno directo. Lo paradójico es que, aunque mucha gente hace referencia a un profundo aprecio por la ciudad de las montañas, Monterrey, y la ciudad de los ríos, al mismo tiempo no supone ningún problema comprometer las montañas y los ríos para obtener beneficios industriales.



Figura 16. Desarrollo ocupacional del valle.
22 Figure 16. Occupation development of the valley.

Introduction

Monterrey is so beautiful if only we could think away from the city. The mountains, the valleys, and the creeks and rivers have carved out the place where people settled after a long period of nomadic life. It was a place that also became a haven for many, where the influence from the country's capital was less, and threatened people could reside. In 1604, the region was described by Alonso de la Mota y Escobar as follows:

".... the wide and beautiful valley of Extremadura between high and wooded mountains, crossed by several mighty rivers fed by numerous springs, creeks, and waterholes and well irrigated by ditches of clear and murmuring waters, bordered by trees, and, beyond, surrounding everything, the thick forest abundant in-game." (Del Hoyo, 2014, pp. 326).

But what have we made of it? The human activities in Monterrey, near to northern national border, have influenced the natural and green valley (Figure 16). The powers of the free market imploded the once so green and natural environment (Canales, 2006). Nowadays, the city has an air quality well below standards, deals with a water crisis, has degraded ecological reserves, has polluted and obstructed waterways that cause flash floods, and suffers from heat islands that have grown into entire heated continents. Most of the metropolitan area is impacted by one or a mix of the above problems (Cano, 2018). For instance, one of the findings of this report is that less than 40% of the people who live in Monterrey metropolitan area (MMA) have access to a green space closer than the equivalent of 300 meters of walking time.

Further to this current state, the future outlook is also grim: an ever-expanding urban territory reduces green spaces, decreases fresh air clean water, and diminishes a livable environment for the human and non-human urban residents. The urban future is hot, dusty, and suffocated. People hide in their air-conditioned homes, offices, and cars, fighting for water and fresh air. This situation could be the future if we allow urban expansion to continue growing at the same pace and in the same way it has over the last decades.

Betting on economic growth only is dangerous. When we prioritize urban development, such as new roads, housing and industries over creating sufficient spaces for water and green, this increases the vulnerability of the regional population for the impacts of climate change. As the tropical storm Alberto has shown on 20 June 2024, key aspects of urban life have been interrupted by the amounts of rainwater that had to be digested. Key infrastructure broke down, for several communities the energy network was out of service for days, towns and villages in many of the mountainous valleys were disconnected and many people did not have access to drinking water and food. Although Alberto filled up all the drinking water reservoirs, such as the Cerro Prieto (Figure 17), the damage and disruption could have been less if more space for

green and water would have been integrated in the urban realm. If an interconnected green-blue network is created that provides undisrupted relations of water- and ecosystems within and around the city the adaptive capacity and resilience of urban systems and its population.

Therefore, it is urgent to understand the coherence, dependency, and interconnectedness of natural systems at the regional scale, such as the river systems and watersheds, the mountain ranges, and the regional functioning of its ecosystems. This understanding should then be translated into practical decisions about the use of spaces, e.g., rehabilitation of the river- and creek system, revitalizing the waterways, creating ecological corridors, and increasing the number of green spaces, even if it is needed to do this at the cost of industrial, housing and infrastructure space. Establishing an abundance of spaces for water and ecology is the only way to relieve the metropolis of Monterrey from being at risk of significant floods, continuous bad air, the water crisis, and the heat.

A significant factor that, however, does not make it easy to achieve this ambition is related to the identity of the place and the related mentality of its inhabitants. The human and industrial habits that have emerged over time are strongly connected to the cultural appreciation of industrial activities (Figure 18). Some citizens do not conceptualize the risks and negative impacts on their lives, such as their health, life expectancy, and the lack of green spaces in their direct surroundings. The paradox is that although many people refer to a deep appreciation of the city of mountains, Monter(rey), and the city of rivers (Río rey), at the same time, it is no problem at all to compromise the health of mountains and rivers to gain industrial benefits.

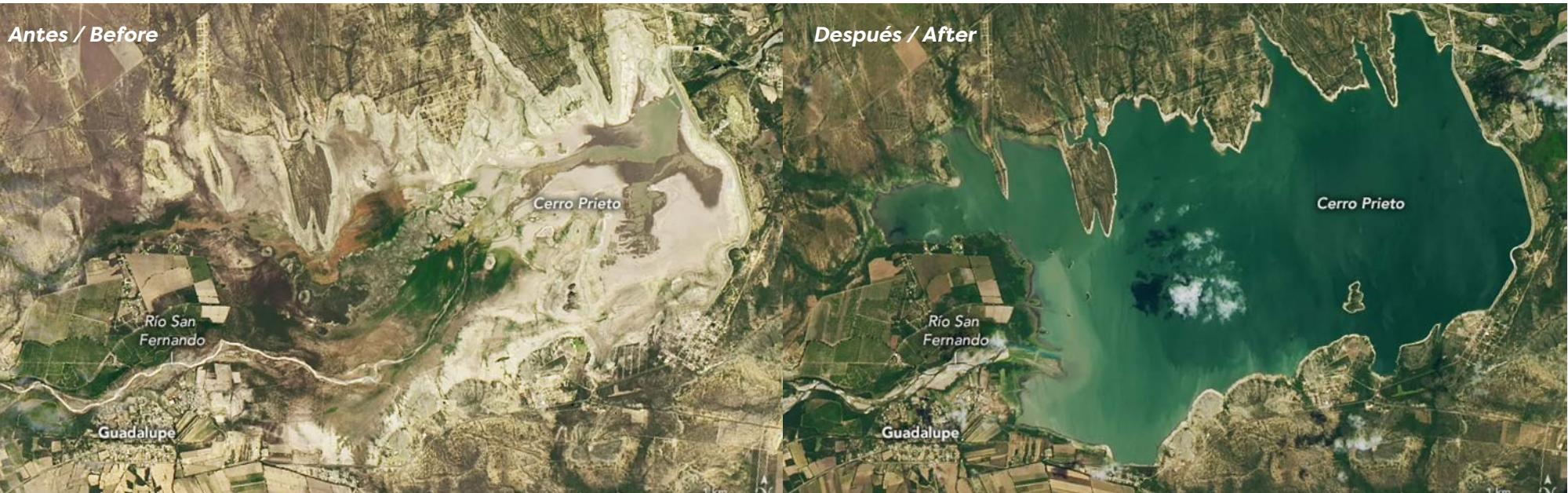


Figura 17 . Presa Cerro Prieto antes y despues de la tormeta tropical Alberto (2024). Fuente: NASA GOV.
Figure 17. Cerro Prieto before and after tropical storm Alberto (2024). Source: NASA GOV.

¿Resulta aceptable que la población de Monterrey tenga que respirar aire contaminado, que las plantas y los animales hayan tenido que desplazarse desde las montañas excavadas, que los ríos se hayan convertido en canales de concreto y que el agua, una vez que está disponible se descargue lo más rápido posible, que los edificios de gran escala dominen el paisaje urbano, que una enorme cantidad de camiones arruine las superficies de las carreteras, que los contaminantes fluyan por los cauces naturales, que las industrias extraigan tanta agua que el resto de la ciudad y las reservas naturales sufran sequías?

La cuestión de si esto es aceptable, es una cuestión de valor, de dignidad, de cuidado. Del propio entorno, de los conciudadanos, de sí mismo. Si pensamos que esto no es deseable, no es aceptable, nuestro sistema de valores necesita una actualización, un reseteo. Desde una visión tecnocrática mecánica que se basa en el crecimiento industrial, el valor de la vida debe ponerse al frente. Esto es lo que todo el mundo te dirá, que es imposible. Pero la dimensión cultural del "no actuar" no tiene por qué permanecer. Un futuro urbano regenerativo, impulsado por la naturaleza, se perfila en el horizonte. Además, no hay otra opción: si se siguen destruyendo nuestros sistemas naturales, la vida misma se hará imposible. Así que, para seguir viviendo en el hermoso valle del Monterrey, hay que explorar nuevas vías. Esto supone una ruptura con el pasado y hay que cruzar fronteras que parecen infranqueables.

Empezamos por el paisaje (Nijhuis, 2022; Nijhuis et al., 2022; Roggema, 2020; 2021; Roggema & Monti, 2021; Roggema, et al., 2021; Roggema, et al., 2021), aunque está escondido bajo la actual alfombra urbana. El valle original sigue ahí. Su suelo, las diferentes pendientes, las semillas de plantas y árboles desaparecidos hace tiempo, el sistema de aguas subterráneas. Todo está ahí. Lo único que debemos hacer es devolverlo a la superficie, devolverlo a la vida. Debemos permitir que estas fuerzas naturales vuelvan a ocupar la ciudad. Extender las montañas y colinas, destapar arroyos, ensanchar ríos y riachuelos, recuperar verdes y parques, ecologizar carreteras y autopistas, ocupar techos y recuperar baldíos. Utilice todos estos elementos y forme un sistema verde metropolitano.

La naturaleza no acaba en las fronteras administrativas. Los ríos siguen fluyendo, las aves sobrevuelan, las comunidades vegetales se cruzan y las montañas son inmóviles. Por tanto, es necesaria la colaboración de ambos lados de estas fronteras para conectar los sistemas naturales, hacer redundantes las iniciativas y mejoras aguas arriba o evitar el vertido de contaminación aguas abajo. La cuenca o subcuenca hidrográfica es una entidad espacial lógica para la planificación transfronteriza. En cada decisión de cambio de uso del suelo, construcción o desarrollo urbano, los valores de la salud humana y no humana deben desempeñar un papel importante. En efecto, sin condiciones naturales saludables, la vida estará en peligro. Para lograrlo, hay que jerarquizar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según el llamado modelo de la "tarta nupcial", sin la creación de una biosfera sana no hay interacción humana y social ni vida posible, y sin un sistema social sano, los valores económicos se verán comprometidos (Folke et al., 2016; Rockström & Sukhdev, 2016). Esto implica que los valores de salud, naturaleza y vida se prioricen sobre los económicos.

La creación de una metrópolis verde depende, por tanto, de:

- La comprensión de los potenciales del paisaje: suelo, relieve, agua, ecología: ¡VERLO!
- La voluntad de aceptar que son necesarios cambios radicales de mentalidad y voluntad política: ¡QUERERLO!
- La voluntad de actuar en colaboración más allá de los límites municipales u organizativos: ¡HACERLO!

The question to be discussed here is whether it is acceptable that Monterrey's population has to breathe polluted air, that plants and animals have to move from the excavated mountains, that rivers have turned into concrete canals and water, and that once it is available is discharged as quickly as possible, that an abundance of large scale buildings dominates the cityscape, that an enormous amount of trucks ruin highway surfaces, that pollutants flow in natural waterways, and that industries extract so much water that the rest of the city and natural reserves suffer droughts.

The latter is a matter of values, dignity, and care. It is a matter of caring for one's environment, caring for one's fellow residents, and taking care of oneself. If this is not desirable or acceptable, our value system needs to be updated and reset. This reset needs to move us from a mechanical technocratic view based on industrial growth toward putting the value of life at the forefront of our thinking and acting. Most likely, everyone will tell you that this transformation is an impossibility. However, a culture of not-to-act doesn't have to endure. A regenerative, nature-driven urban future longs on the horizon and is within reach. Moreover, we have no choice: if the degeneration of our natural systems continues, life itself will become impossible. So, new avenues must be explored to keep living in the beautiful Monterrey valley.

This is a break from the past, and boundaries that seem impassable must be crossed. Instead of starting our thinking processes and our planning and development with the urban, the ambition to create a living metropolis starts with The landscape (Nijhuis, 2022; Nijhuis et al., 2022; Roggema, 2020; 2021; Roggema & Monti, 2021; Roggema, et al., 2021; Roggema, et al., 2021), even though it is hidden under the current urban carpet. The original valley is still there. Its soil, the different slopes, the seeds of plants and trees long gone, the underground water system. It is all still there. The only thing we must do is to bring it back to the surface, to bring it back to life. We should allow these natural forces to reoccupy the city. Extend mountains and hills, uncover creeks, widen rivers and streams, recover green spaces and parks, reforest, ecologize roads and highways, occupy roofs, and retake wastelands. Use all these elements to form a metropolitan green system.

Nature does not end at administrative borders. Rivers, bird routes, plant communities, and mountains are unmovable and surpass human boundaries. Collaboration on either side of these borders is therefore necessary to connect natural systems, make upstream initiatives and improvements redundant, or prevent the discharge of polluted water downstream. The watershed, or sub-watershed, is a logical spatial entity for cross-border planning. In each land-use change, construction, or urban development decision, human and non-human health values must play an important role. Indeed, without natural healthy conditions, life is at risk. To achieve these challenges, the Sustainable Development Goals should be ranked. According to the so-called 'Wedding Cake' model, without creating a healthy biosphere, there is no human and social interaction and life possible, and without a healthy social system, economic values will be compromised (Folke et al., 2016; Rockström & Sukhdev, 2016). This implies that biospheric values such as health, nature, and life must be prioritized over economic ones.

The creation of a green metropolis depends on the following:

- *Understanding the potentials and fundamental values of the landscape: soil, elevation, water, ecology: SEEING IT!*
- *Accepting radical changes in mentality and political will is necessary: WANTING FOR IT!*
- *Willing to act collaboratively, beyond municipal or organizational boundaries: DOING IT!*

The objective of this research by design is to uncover the possibilities and strategies to create an integrated vision for a green metropolis in the Monterrey region by understanding the coherence in the natural landscape as a condition for regenerative urban transformation while aligning current ambitions and policies. It plans to shape a sustainable spatial future for all urban residents.



Figura 18. Monterrey y su apreciación a las actividades industriales.

Figure 18. Monterrey's appreciation of industrial activities.

02

Entorno natural
Natural landscape

Suelo y geología

Generando un análisis preliminar de la Geología del AMM podemos observar formaciones de lutita y lutita-arenisca, indicativas de sedimentos finos y procesos del depósito relacionados con ambientes de baja energía, como cuencas fluviales o ambientes costeros antiguos. Como se puede apreciar en la figura 19, estas formaciones no solo cubren una porción considerable del mapa, particularmente en áreas montañosas, también presentan un riesgo de deslave muy alto debido a la facilidad con la que la lutita se descompone al absorber agua, lo que puede desencadenar deslizamientos masivos en laderas empinadas (Potter, Maynard & Pryor, 2005).

Por otro lado, las zonas en amarillo, correspondientes a caliza y brecha sedimentaria, indican la presencia de depósitos carbonatados y sedimentarios de alta resistencia, asociados a ambientes marinos someros y eventos tectónicos. A pesar de su relativa estabilidad en terrenos planos, la caliza presenta un riesgo moderado de deslaves en áreas kársticas, donde la disolución en agua ácida puede debilitar su estructura (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003). Asimismo, la brecha sedimentaria puede tener un riesgo de deslave moderado a alto, especialmente en pendientes, donde su estructura cementada podría desestabilizarse con la saturación por lluvias (Tucker, 2003).

Las áreas verdes, correspondientes a depósitos aluviales, se encuentran principalmente a lo largo de los valles y ríos, lo que indica depósitos recientes transportados por la actividad hídrica. Estos depósitos presentan un riesgo de deslave alto, ya que los materiales sueltos y no consolidados pueden ser fácilmente erosionados y desplazados por el agua, especialmente durante lluvias intensas (Boggs, 2012). La caliza-yeso, presente en algunas áreas, tiene un riesgo alto de deslave debido a la naturaleza soluble del yeso, lo que puede provocar inestabilidad estructural en zonas con precipitaciones significativas (Warren, 2016).

Por último, formaciones como el conglomerado y la ríolita muestran un riesgo bajo a moderado de deslizamientos, dado que suelen estar bien cementadas y ser más resistentes a la erosión. Sin embargo, en condiciones extremas de saturación o actividad tectónica, podrían verse afectadas, aunque en menor medida que otras formaciones (Nichols, 2009; Best, 2002).

Soil and geology

The geological analysis of the Monterrey metropolitan aea shows a varied geological distribution in the region, accompanied by different levels of landslide risk. The red areas on the map in figure 19, mainly represent shale and shale-sandstone formations, with fine sediments and depositional processes related to low-energy environments, such as fluvial basins or ancient coastal areas. These formations not only cover a considerable portion of the map, particularly in the mountainous zones, but also present a very high landslide risk due to shale’s tendency to break down when absorbing water, which can trigger massive landslides on steep slopes (Potter, Maynard & Pryor, 2005).

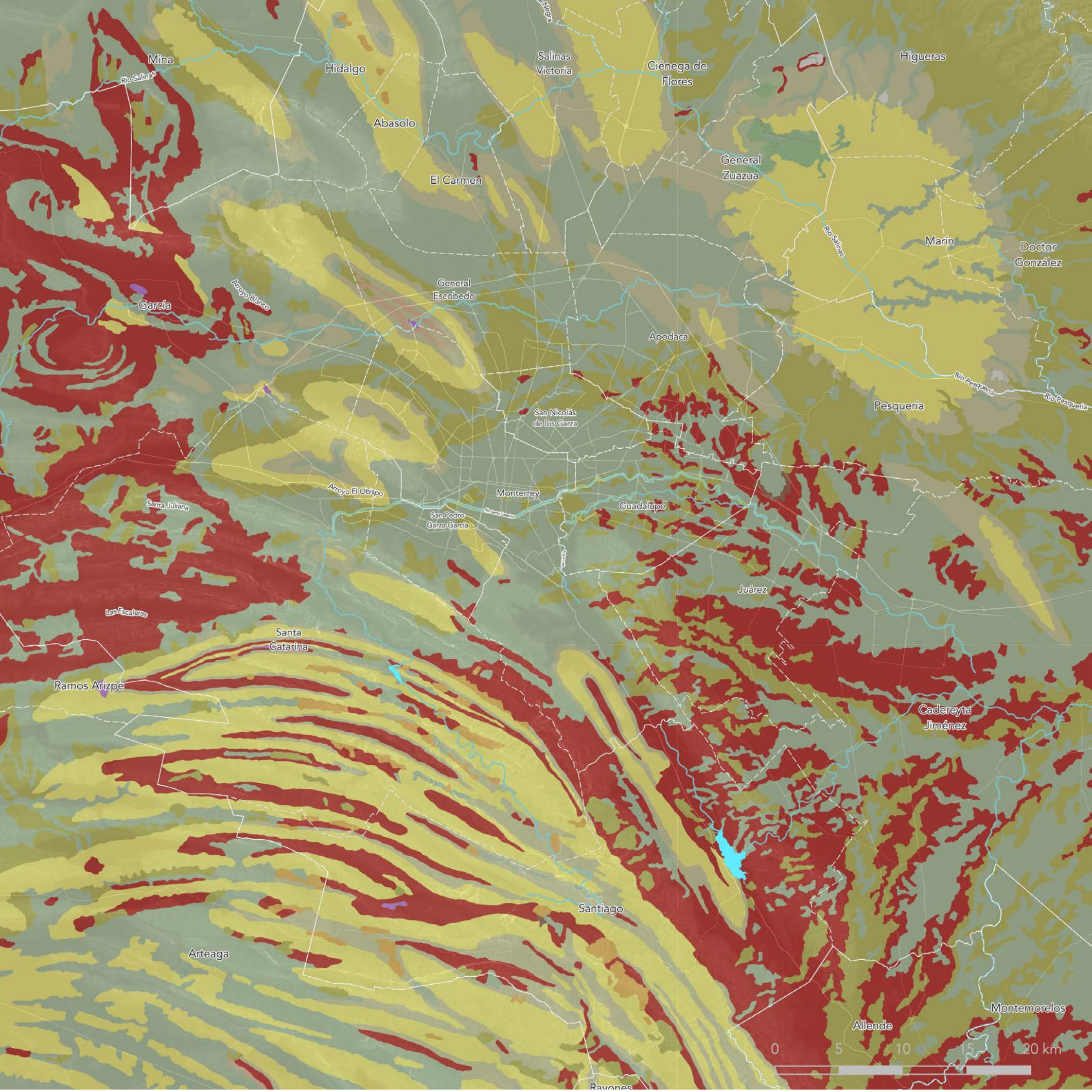
On the other hand, the yellow areas in the map correspond to limestone and sedimentary breccia, indicating the presence of high-resistance carbonate and sedimentary deposits associated with shallow marine environments and tectonic events. Despite their relative stability on flat terrain, limestone presents a moderate landslide risk in karst areas, where dissolution by acidic water can weaken its structure (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003). Similarly, sedimentary breccia may have a moderate to high landslide risk, especially on slopes, where its cemented structure could become unstable with rainfall saturation (Tucker, 2003).

The green areas on the map reflect the alluvial deposits, mainly found in valleys and along rivers, formed by recent deposits that were transported by hydrological movement. These deposits can be of high landslide risk, as the loose, unconsolidated materials erode quickly and are displaced by water, especially during heavy rains (Boggs, 2012). Due to gypsum’s soluble nature, limestone-gypsum formations can have a high landslide risk in some areas. This variety of rocks may cause structural instability in regions with significant precipitation (Warren, 2016).

Finally, conglomerate and rhyolite formations can lead to a low to moderate landslide risk, as they tend to be well-cemented and more erosion-resistant. However, under extreme saturation or tectonic activity, they may be affected (Best, 2002; Nichols, 2009)

Figura 19. Geología del área metropolitana de Monterrey.
Figure 19. Geology of the metropolitan area of Monterrey.





Suelo y geología

La zona metropolitana de Monterrey (ZMM) se extiende entre el cinturón de pliegues y cabalgamientos de la Sierra Madre Oriental (SMOr) y la Llanura Costera del Golfo (LCG), en el promontorio de Monterrey. La SMOr es una característica orográfica regional en el noreste de México, que desarrolla una curvatura en sus cadenas montañosas hacia el noreste. La Sierra está constituida principalmente por una secuencia de rocas sedimentarias marina carbonatada y clástica del Mesozoico, de edades Jurásico Tardío y Cretácico, que recubre rocas del Precámbrico y Paleozoico. Tanto la secuencia sedimentaria como el basamento cristalino fueron plegados y cabalgados durante la orogenia mexicana, entre el Cretácico Tardío y el Paleógeno. Hacia el este, en la LCG, predomina una topografía plana con una gruesa secuencia de sedimentos clásticos del Terciario.

La ZMM se ha asentado en una amplia llanura aluvial compuesta por sedimentos aluviales del Cenozoico, como gravas, arenas, limos y arcillas. Este relleno del valle proviene de materiales erosionados de las laderas del río Santa Catarina y de las colinas locales que bordean los límites urbanos. En la cima de las montañas predominan capas de caliza con inclinaciones pronunciadas, mientras que margas y lutitas afloran en las zonas medias de las laderas que bordean la ZMM (Figura 20) La topografía es abrupta, con elevaciones que varían desde los 580 hasta los 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el valle, y hasta los 2,100 msnm en las montañas, marcando la transición entre las características del paisaje de la SMOr y la LCG. Dentro del valle, se encuentran colinas suaves compuestas por lutitas y calizas arcillosas, que se distribuyen hacia el norte, alejándose del promontorio. Las rocas en la región comenzaron a erosionarse con el levantamiento de la Sierra, hace aproximadamente 60 millones de años.

Los sedimentos aluviales y coluviales del Cenozoico se superponen discordantemente sobre un sustrato más antiguo compuesto por lutitas. Estos depósitos aluviales se formaron a partir de ciclos sedimentarios de acumulación y erosión, modelando el valle. El espesor de los depósitos aluviales varía entre 18 y 24 metros. En las pendientes y cauces, se acumulan depósitos de deslizamientos, constituidos generalmente por brechas, gravas y materiales no consolidados de diversos tamaños. Localmente, los depósitos aluviales están cementados, formando depósitos de caliche con geometrías como lentes y cuñas. Estos depósitos se encuentran en entornos fluviales aguas abajo y en las riberas de pequeños arroyos que drenan hacia el este.

La dirección del flujo de los principales canales está relacionada con el volumen de agua y el material erosionado de las zonas altas. Las montañas son la fuente de fragmentos de roca y escorrentía que han moldeado el curso de los ríos a lo largo del tiempo. Las diferencias en el paisaje de los sedimentos aluviales corresponden a las variaciones de canales de ríos trenzados que cambian a ríos meándricos, dependiendo de la proximidad a las montañas y del tipo de roca en el lecho fluvial. Históricamente, el valle drenaba hacia el norte, a través de las estribaciones entre el cerro de las Mitras y el cerro del Obispado, y posteriormente se desvió hacia el este, fluyendo paralelamente al cerro de la Loma Larga. Al este del centro de la ciudad, la cuenca baja forma una amplia llanura aluvial donde confluyen los ríos Santa Catarina y La Silla con otros afluentes.

Cada tipo de roca y material presenta propiedades físicas y composiciones únicas, influenciadas por las condiciones climáticas, flujos subterráneos de agua y disolución química, los que afectan las capacidades geotécnicas necesarias para el desarrollo continuo del entorno urbano.

Soil and geology

The MMA extends between the Sierra Madre Oriental (SMOr) fold-thrust belt and the Gulf Coastal Plain (GCP) in the Monterrey Salient. The SMOr is a regional orographic feature in northeastern Mexico, developing a curvature of mountain ranges heading northeastern. The Sierra is mainly constituted by a Mesozoic carbonated and clastic marine sedimentary sequence of Late Jurassic and Cretaceous ages that overlie a Precambrian and Paleozoic basement. The sedimentary sequence and the crystalline basement complex were folded and overthrust during the Mexican Orogeny from the Late Cretaceous to the Paleogene. A flat topography prevails eastward in the GCP, corresponding to a thick sequence of clastic sediments from the Tertiary age.

The Monterrey metropolitan area (MMA) has settled on a broad floodplain filled with alluvial sediments composed of gravels, sands, silts, and clays of the Cenozoic age. The valley fill is material eroded upslope of Santa Catarina River and local hillslopes rimming the urban limits. Limestone beds with steep dips crown mostly atop the mountains, while marl and shale outcrop the midslope zone bordering the MMA (Figure 20). Topography is abrupt, with changes in terrain elevation from 580 to 600 meters above sea level (masl) in the valley and up to 2100 masl in the mountains, marking the shift of the landscape features between the SMOr and the GCP. Gentle hills composed of shales and clayed limestones occur inside the valley and distribute to the north, away from the salient. t in the region started to erode at the beginning of the uplift of the Sierra around 60 million years ago.

Cenozoic alluvial and colluvial sediments discordantly overlie older bedrock composed of shale. These alluvial deposits developed from sedimentary cycles of accumulation and erosion, forming the valley. The thicknesses of alluvial deposits range from 18 to 24 m. Landslide deposits accumulate on slopes and waterways. Generally, breccias, gravels, and unconsolidated materials in various particle sizes constitute the mass-wasting deposits. The alluvial deposits are locally cemented, forming caliche deposits with geometries such as lenses and wedges. These deposits are downstream of fluvial environments and river banks of small streams draining eastward.

The flow direction of the principal channels relates to how much water discharge and material erodes from higher grounds. Mountains are the sources of frock fragments and runoff that have shaped the course of the rivers over time. The landscape differences in alluvial sediments correspond to variations of the paleochannels of braided streams changing to meandering rivers, depending on the proximity to the mountains and the type of bedrock in the river bed. Historically, the valley discharged north through the foothills between the Cerro de las Mitras and Cerro del Obispado, and shifted toward the east to stream as we know it, draining east downslope parallel to the Cerro de la Loma Larga. East of downtown, the lower basin forms a wide floodplain where the Santa Catarina and La Silla rivers convey with other of their tributaries.

Each type of rock and material has unique physical properties and compositions influenced by weather conditions, underground water flows, and chemical dissolution, which affect the geotechnical capacities necessary to keep developing the urban setting.

Figura 20. Geología del área metropolitana de Monterrey.
Figure 20. Geology of Monterrey metropolitan area.

Cambisol

Suelo de color intenso por acumulación de arcilla y óxidos de hierro. Puede degradarse fácilmente si desaparece la cobertura vegetal
Intensely colored soil due to the accumulation of clay and iron oxides. It can easily degrade if the vegetation cover disappears

Leptosol

Suelo somero sobre roca continua, extremadamente gravilloso y pedregoso
Shallow soil over continuous rock, extremely gravelly and stony

Phaeozem

Suelo oscuro, poroso, rico en materia orgánica y fértil, es excelente tierra agrícola
Dark, porous soil, rich in organic matter and fertile, is excellent agricultural land

Luvisol

Suelo con acumulación de arcilla en el subsuelo de alta actividad y saturación a ciertas profundidades
Soil with accumulation of clay in the subsoil of high activity and saturation at certain depths

Calcisol

Suelos con acumulación secundaria sustancial de calcáreo o una capa cementada con carbonato de calcio mayor de 10 cm de espesor
Soils with substantial secondary accumulation of calcareous material or a cemented layer with calcium carbonate greater than 10 cm thick

Chernozem

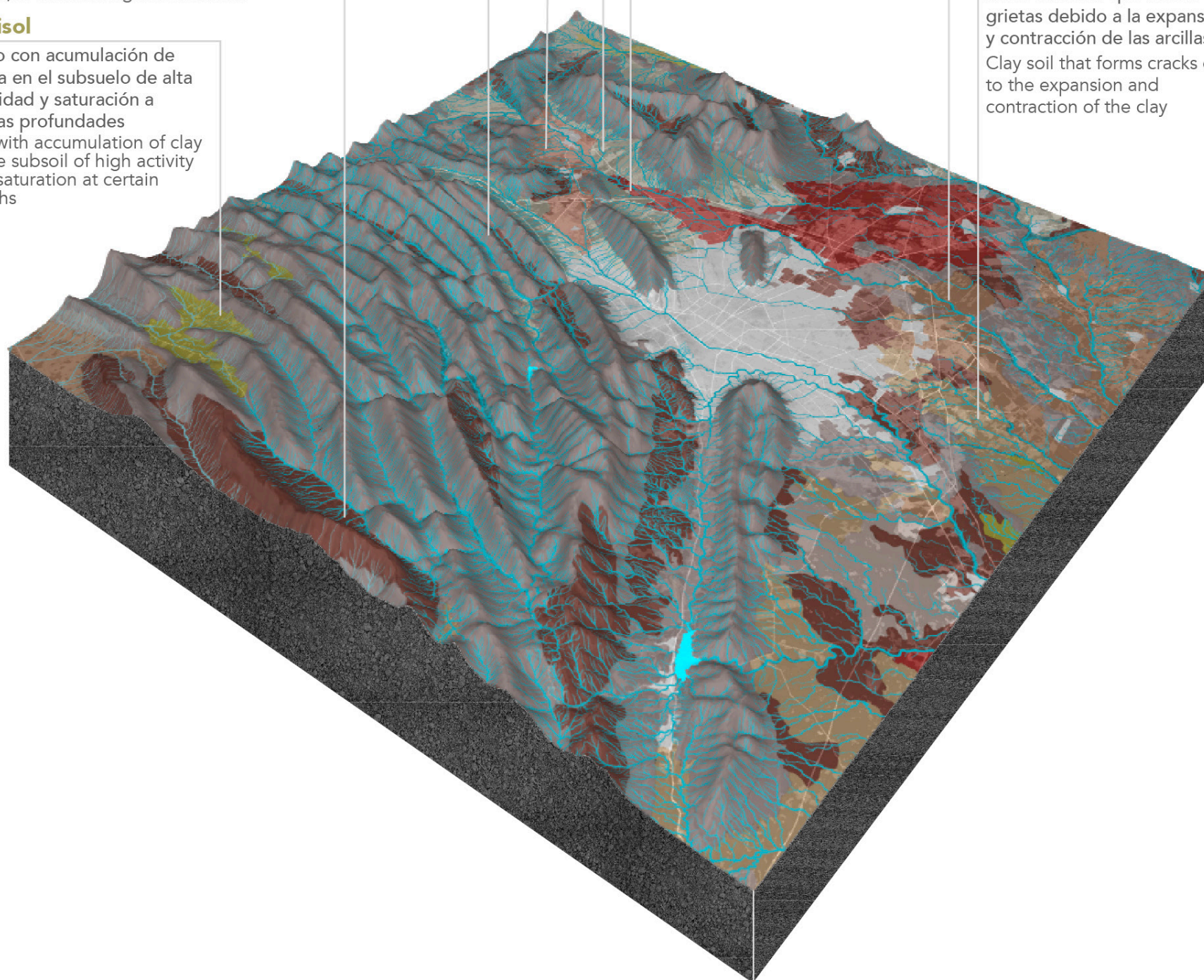
Suelos con una capa superficial negra gruesa, rica en material orgánica con carbonatos secundarios o un horizonte cálcico en el subsuelo
Soils with a thick black surface layer, rich in organic material with secondary carbonates or a calcic horizon in the subsoil

Kastañozem

Suelo oscuro rico en materia orgánica y concentraciones de carbonato de calcio
Dark soil rich in organic matter and concentrations of calcium carbonate

Vertisol

Suelo arcilloso que forma grietas debido a la expansión y contracción de las arcillas
Clay soil that forms cracks due to the expansion and contraction of the clay



Agua

El agua es esencial para la vida y la supervivencia. Aunque el ciclo del agua varía en cada parte del mundo, sigue principios universales: se condensa, forma nubes, precipita y recarga el suelo y los sistemas de aguas subterráneas. Este proceso favorece el crecimiento de plantas y árboles, para luego evaporarse nuevamente al aire. Este ciclo cerrado puede observarse en diferentes escalas espaciales, desde el nivel de cuencas hidrográficas de grandes sistemas fluviales hasta ciclos locales en jardines o calles.

Cada cuenca, subcuenca y los ciclos dentro de ellas están integrados en un sistema más amplio, junto a los escurrimientos superficiales, el flujo subterráneo y las fuentes de abastecimiento en presas. Comprender esta comparación espacial es fundamental, ya que los sistemas más pequeños contribuyen a los mayores, y los ciclos de gran escala determinan y alimentan a los más pequeños. El área metropolitana de Monterrey forma parte de la cuenca del río Bravo, aunque dentro de esta región emergen varias subcuencas.

El objetivo principal relacionado con el agua es conservarla en el sistema lo antes posible. El agua que entra al ciclo como lluvia debe capturarse y almacenarse de manera inmediata mediante técnicas de retención. Esta práctica regenerativa previene inundaciones aguas abajo en el sistema fluvial y asegura reservas de agua para usos urbanos. Las soluciones para la sequía, las inundaciones y la recarga de acuíferos deben analizarse mejor a escala de subcuenca y de las sub-subcuencas dentro de cada una.

Cuando estas soluciones son efectivas en esta escala y se aplican en todas las subcuencas, mejoran la salud general de la cuenca, promoviendo un sistema hídrico más resiliente y sostenible. La región hidrológica del río Bravo cubre una superficie total de 457,275 km², de los cuales el 49.5% se encuentran dentro del territorio mexicano, específicamente en los Estados de Durango, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, distribuidos en 146 municipios (Consejo de Cuenca del Río Bravo).

En México se encuentran 12,196,107 personas dentro de la cuenca del río Bravo. Estas personas están distribuidas en Durango con 20,709 personas, Chihuahua con 3,878,832, Coahuila con 1,938,110 personas, y por último con el mayor porcentaje de población dentro de la cuenca Nuevo León con 6,358,456. (INEGI, 2020)

Por medio de la base de datos de HydroSHEDS del 2013, se identificaron los límites de las cuencas hidrográficas en la región de América del Norte, posteriormente con información de la misma base de datos se visualizó la red vectorial de todos los ríos de la región que cuentan con una cuenca de al menos 10 km² o un caudal medio de al menos 0,1 m³/seg, o ambos. A partir de esto se elaboró un mapa que identifica las cuencas a través de una diversa paleta de color, resaltando la red de ríos y corrientes hidrológicas (Figura 21).

Water

Water is essential for life and survival. The water cycle is different in every part of the world, but in every region, water follows the same principles: it condenses, forms clouds, rains, and adds water to the soil and groundwater systems. It helps the growth of plants and trees and will evaporate again into the air. This closed cycle can be witnessed at many different spatial scales, from the watershed level of entire large river systems to local small cycles in your garden or street.

Each of the watersheds, sub-watersheds, and the cycles within them is embedded in a more extensive system, along with the surface runoff, underground water flow, and dam sources. This spatial comparison is essential to understand because, this way, the smaller systems add to the bigger ones, and the large-scale cycles fill and determine every smaller one. The Monterrey metropolitan area is part of the Bravo river watershed, but several sub-basins appear within this area.

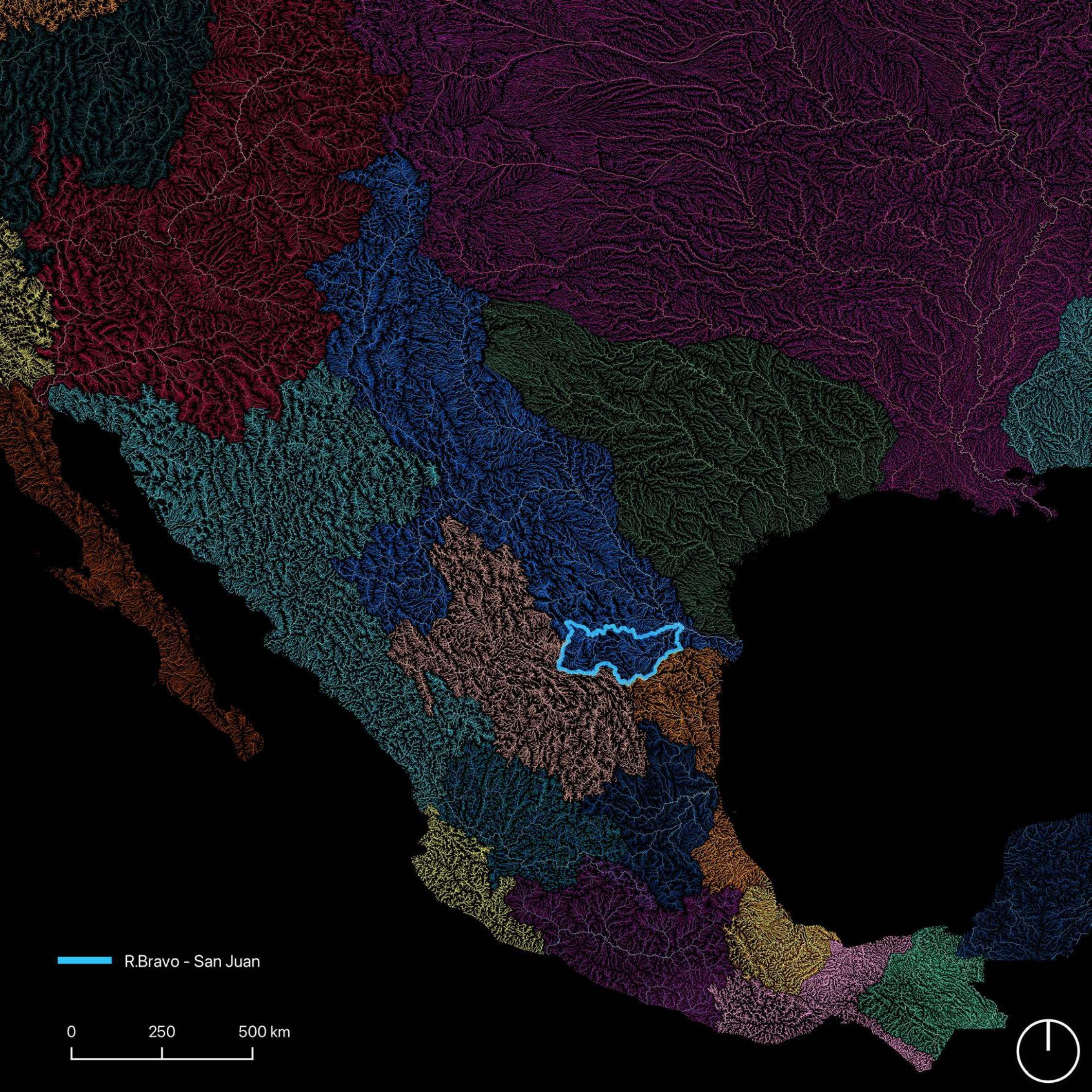
The general objective related to water is to conserve as much water in the system as early as possible; water that enters the cycle as rain needs to be captured and stored as soon as possible using water retention techniques. This regenerative practice further prevents flooding in the fluvial system and stores water for urban use. Solutions for drought in the cycle, floods, and replenishing aquifers can be best monitored at a sub-basin scale and to smaller (sub-)sub-basins within each basin.

When solutions at this scale are successful and applied of the sub-basins, the watershed's overall health will improve and become healthy. The Bravo River hydrological region (figure 2.3) covers a total area of 457,275 km². 49.5% of this area is located within Mexico, in the states of Durango, Chihuahua, Coahuila and Nuevo León (Consejo de Cuenca del Río Bravo).

In the Mexican part of the río Bravo basin, 12,196,107 people live there. Most of them, 6,358,456 people, live in Nuevo León (INEGI, 2020). The boundaries of the watersheds in the North American region were identified using the HydroSHEDS database from 2013. Subsequently, using information from the same database, we visualized the vector network of all the rivers in the region with a watershed of at least 10 km² or an average flow of at least 0.1 m³/sec, or both. From this, a map was produced that identifies the watersheds through a diverse color palette, highlighting the network of rivers and hydrological currents (Figure 21).

Figura 21. Región hidrológica del Río Bravo y la subcuenca del Río San Juan. Datos de INEGI 2020, y Lehner & Grill, 2013.

Figure 21. Bravo River watershed basin and the San Juan sub-watershed. Data from INEGI 2020, and Lehner & Grill, 2013.



 R.Bravo - San Juan

0 250 500 km



Subcuencas y microcuencas

El área metropolitana de Monterrey se asienta sobre la cuenca del río San Juan con diversas subcuencas (Tabla 1; Figura 22), cada una con su extensión y población (Figura 23). Estas subcuencas pertenecen al río Salinas, río Pesquería, río San Juan, río Ramos y río Monterrey (cuenca mayormente conocida como río Santa Catarina).

Tabla 1. Relación entre área y población en las regiones hidrográficas del AMM.
Table 1. Relationship between area and inhabitants in the hidrographic regions of the AMM.

Región	Área (Km)	Población
Region	Area in km	Inhabitants
R. Ramos	943.00	30,040
R. Monterrey	1812.97	1,833,371
R. Pesquería	5255.56	2,892,224
R. San Juan	5530.32	73,657
R. Salinas	4095.35	498,255

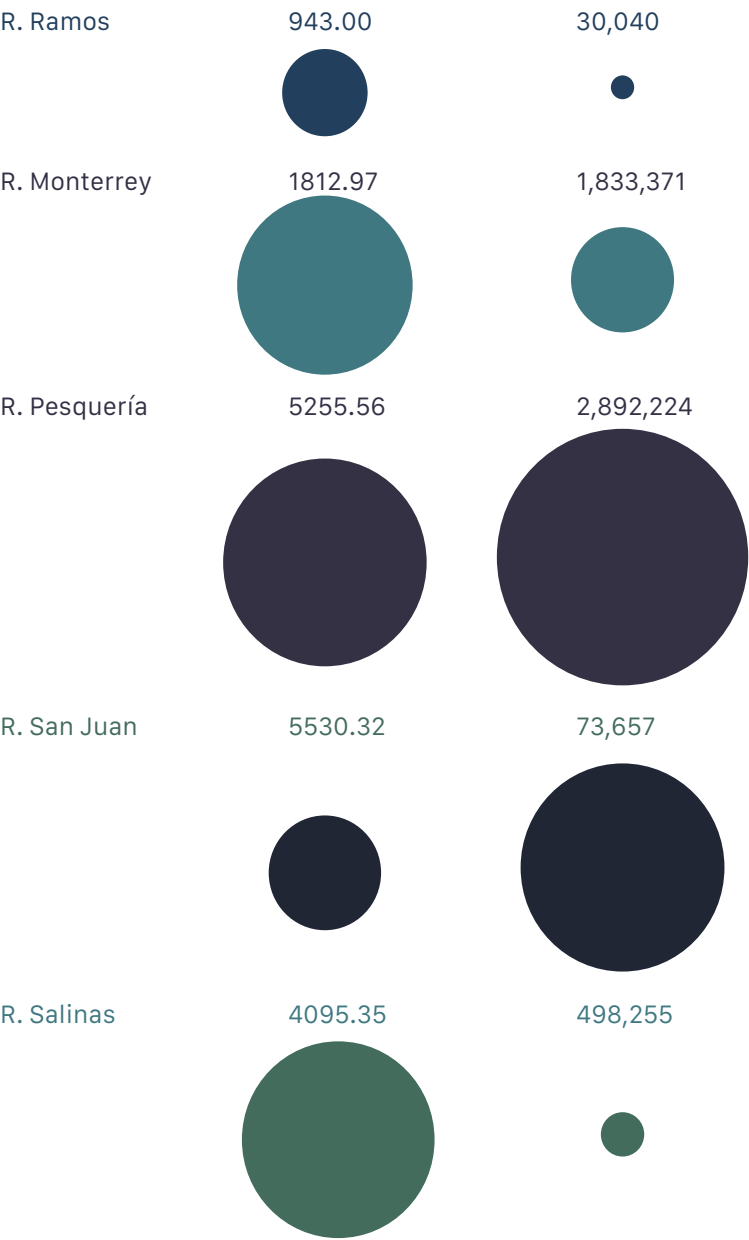


Figura 23. Proporción de la extensión de las cuencas en km².
Figure 23. Proportion of the basins' extension in square kilometers.

Sub-basins and micro basins

Several sub-basins comprehend the extent of the Monterrey metropolitan area. Part of the larger río San Juan Basin are many sub-basins (Table 1; Figure 22), each with its size and the number of people living there (Figure 23). These sub-basins are río Salinas, río Pesquería, río San Juan, río Ramos, and río Monterrey (mainly known as río Santa Catarina).

Figura 22. Subcuencas del área metropolitana de Monterrey.
Datos de INEGI 2020.
Figure 22. Monterrey's metropoli sub-basins. Data from INEGI 2020.

Simbología / Legend

Cuenca San Juan / San Juan Basins

Sub-cuencas / Sub-basins

Río Salinas

Río Pesquería

Río Monterrey / Santa Catarina

Río Ramos

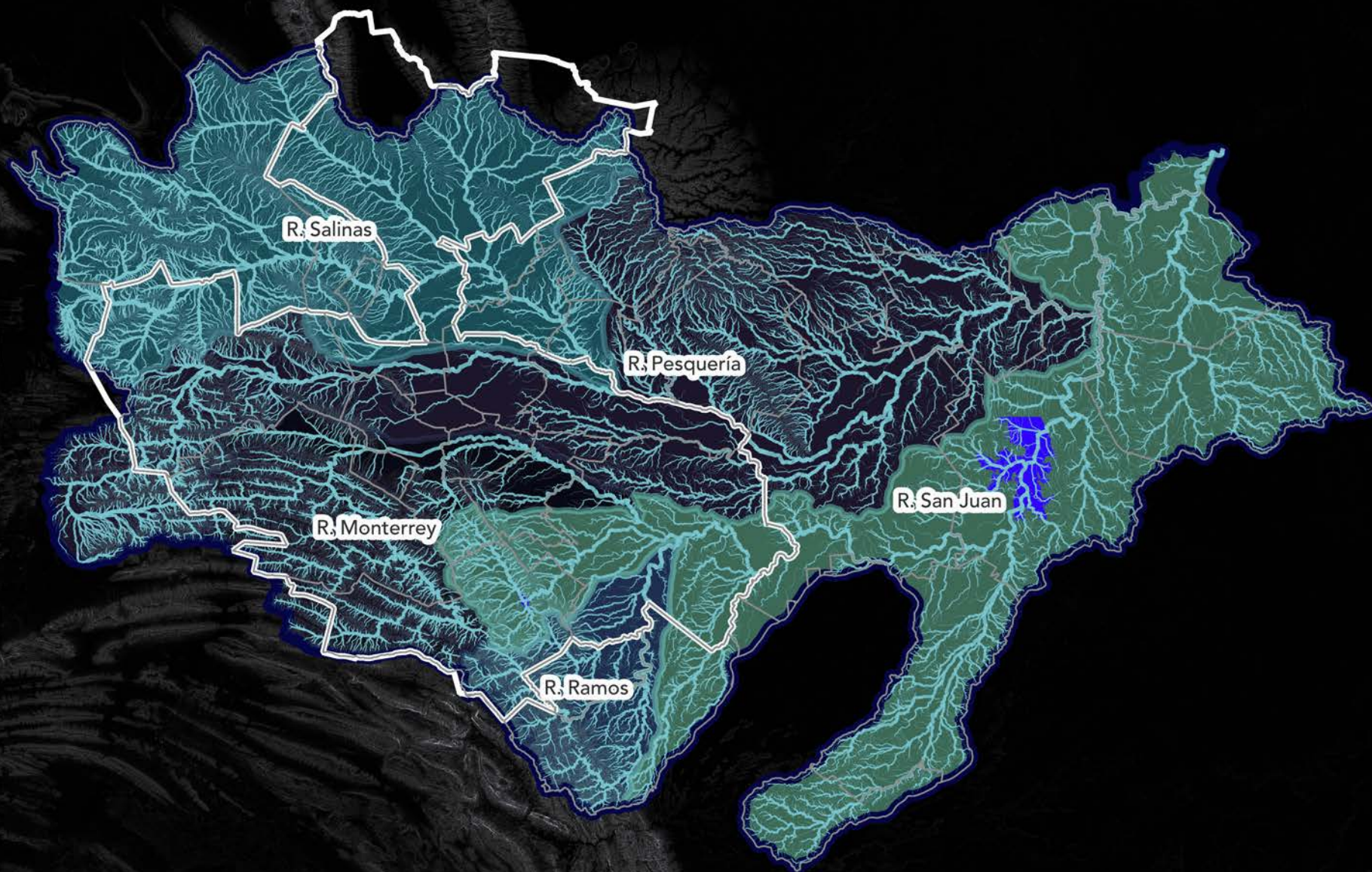
Río San Juan

Presas

Mapa Base / Base Map

Corrientes hidrológicas / Hydrological currents

Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area



0 25 50 km



Sistema hídrico

La ciudad se encuentra en un área semiárida con precipitaciones irregulares y una alta demanda de agua debido a su rápido crecimiento urbano e industrial. Esta combinación de factores hace que Monterrey enfrente dificultades notables en el manejo y conservación de sus ríos y arroyos. Entre los principales cursos de agua que atraviesan la ciudad y que son cruciales para su abastecimiento y gestión de aguas pluviales se encuentran (Figura 24):

- Río Santa Catarina:** El río Santa Catarina, es el río más significativo en Monterrey y en gran parte del estado de Nuevo León. Tiene una longitud aproximada de 150 kilómetros, y atraviesa diversas zonas urbanas y rurales. El río es crucial para el abastecimiento de agua y el control de inundaciones. El río ha enfrentado ciertas presiones para proyectos urbanos, teniendo varios intentos de remoción de vegetación. Durante los periodos de lluvias intensas, el río puede experimentar crecidas que afectan a las zonas circundantes, causando inundaciones y daños (Cano, 2018), como en la última tormenta tropical.
- Río Pesquería:** Situado al noreste de Monterrey, este río es fundamental para el abastecimiento de agua en el área metropolitana. Sin embargo, en sus márgenes habitan aproximadamente 700 familias, las cuales enfrentan un riesgo sanitario considerable debido a la elevada contaminación que afecta al cauce. Este deterioro ambiental pone en peligro no solo la calidad del agua, también la salud de los residentes. Además, el río presenta un riesgo de inundación, lo que agrava aún más la vulnerabilidad de estas comunidades. El caudal del río puede variar significativamente debido a las condiciones climáticas y a las actividades industriales cercanas, que influyen en su flujo y calidad del agua (Zúñiga, 2019).
- Río La Silla:** Este río cruza Monterrey de sur a norte y se une al río Santa Catarina. Es importante para el equilibrio hídrico de la región y ha sido objeto de estudios sobre contaminación y manejo de aguas. Su calidad se ve afectada por las descargas residuales y el desarrollo urbano en su cuenca (Gómez et al., 2020).
- Arroyo del Obispo:** Este arroyo actúa como una vía de drenaje en Monterrey, ayudando a gestionar las aguas pluviales. Su flujo se ha visto afectado por la urbanización y la acumulación de desechos, lo que ha reducido su capacidad para manejar grandes volúmenes de agua y ha aumentado el riesgo de inundaciones locales (Ramírez, 2017).
- Arroyo Seco:** Localizado en el sur de Monterrey, el Arroyo Seco es estacional y su caudal varía considerablemente con las precipitaciones. Su flujo puede ser insuficiente durante las temporadas secas, afectando la gestión de aguas pluviales y la calidad del agua (Mendoza & López, 2018).
- Arroyo Topochico:** Este arroyo cruza de poniente a oriente en el área Monterrey y es importante para el drenaje de las zonas residenciales cercanas. Aunque es menos significativo que otros ríos, su flujo puede estar afectado por la expansión urbana y la falta de mantenimiento (Ramírez, 2017).
- Arroyo San Miguel:** Ubicado en el sur de Monterrey, este arroyo también contribuye al drenaje de la ciudad. Su capacidad para manejar aguas pluviales se ve afectada por la urbanización y los residuos, que pueden obstruir su cauce y reducir su eficiencia (Mendoza & López, 2018).
- Arroyo Talavera:** Este arroyo nace en el municipio de San Nicolás de los Garza, en la intersección de la Avenida Ruiz Cortines y San Nicolás. Constantemente se ha visto afectado por una mala gestión de los residuos, tales como basura residencial y escombros. Esto genera riesgos en temporada de lluvias debido a las inundaciones por la obstrucción del drenaje.

Hydrological network

Monterrey is located in a semi-arid area with irregular precipitation patterns and a high demand for water because of the rapid urban and industrial growth. This combination of factors causes Monterrey to deal with severe challenges in managing and conserving its rivers and streams. Among the main watercourses that traverse the city and are crucial for its water supply and stormwater management are the following (Figure 24):

- Santa Catarina River:** The Santa Catarina River is the most significant in Monterrey and much of Nuevo León. It has an approximate length of 150 kilometers, crossing several urban and rural areas. The river is crucial for water supply and flood control. It has faced pressures from urban projects, including several attempts to remove vegetation. During periods of heavy rainfall, the river can experience floods that affect the surrounding areas and infrastructure, causing flooding and damage (Cano, 2018), as could be witnessed during the most recent tropical storm Alberto (20 June 2024).
- Pesquería River:** Located northeast of Monterrey, this river is essential for the metropolitan area’s water supply. Its flow can vary significantly due to climatic conditions and nearby industrial activities, which influence the magnitude of its flows and water quality (Zúñiga, 2019).
- La Silla River:** flows through Monterrey from south to north and joins the Santa Catarina River. It is crucial for the region’s water balance and has been the subject of pollution and water management studies. Its quality is affected by wastewater discharges and urban development in its basin (Gómez et al., 2020).
- Arroyo del Obispo:** This stream acts as a drainage conduit in Monterrey, helping to manage stormwater. Its flow has been affected by urbanization and the accumulation of waste, which has reduced its capacity to handle large volumes of water, which has increased the risk of local flooding (Ramírez, 2017).
- Arroyo Seco:** Located south of Monterrey, Arroyo Seco is seasonal, and its discharge varies considerably with precipitation. Its flow can be insufficient during dry seasons, affecting stormwater management and water quality (Mendoza & López, 2018).
- Arroyo Topochico:** This stream flows west to east in the Monterrey area and is essential for draining nearby residential areas. Although less significant than other rivers, its flow may be affected by urban expansion and lack of maintenance (Ramírez, 2017).
- Arroyo San Miguel:** Situated in the southern part of Monterrey, this stream also contributes to the city’s drainage network. The river’s capacity to conduct stormwater is impacted by urbanization and waste, which obstruct its channel and reduce efficiency (Mendoza & López, 2018).
- Arroyo Talavera:** The stream originates in the municipality of San Nicolás de los Garza, at the intersection of Avenida Ruiz Cortines and San Nicolás. It has constantly been affected by poor waste management, such as residential trash and debris. Garbage creates flood risks during the rainy season due to drainage blockages.

Figura 24. Monterrey: Ciudad de montañas , ciudad de ríos.
Figure 24. Monterrey: City of mountains, city of rivers.

Ciudad de Montañas
City of Mountains

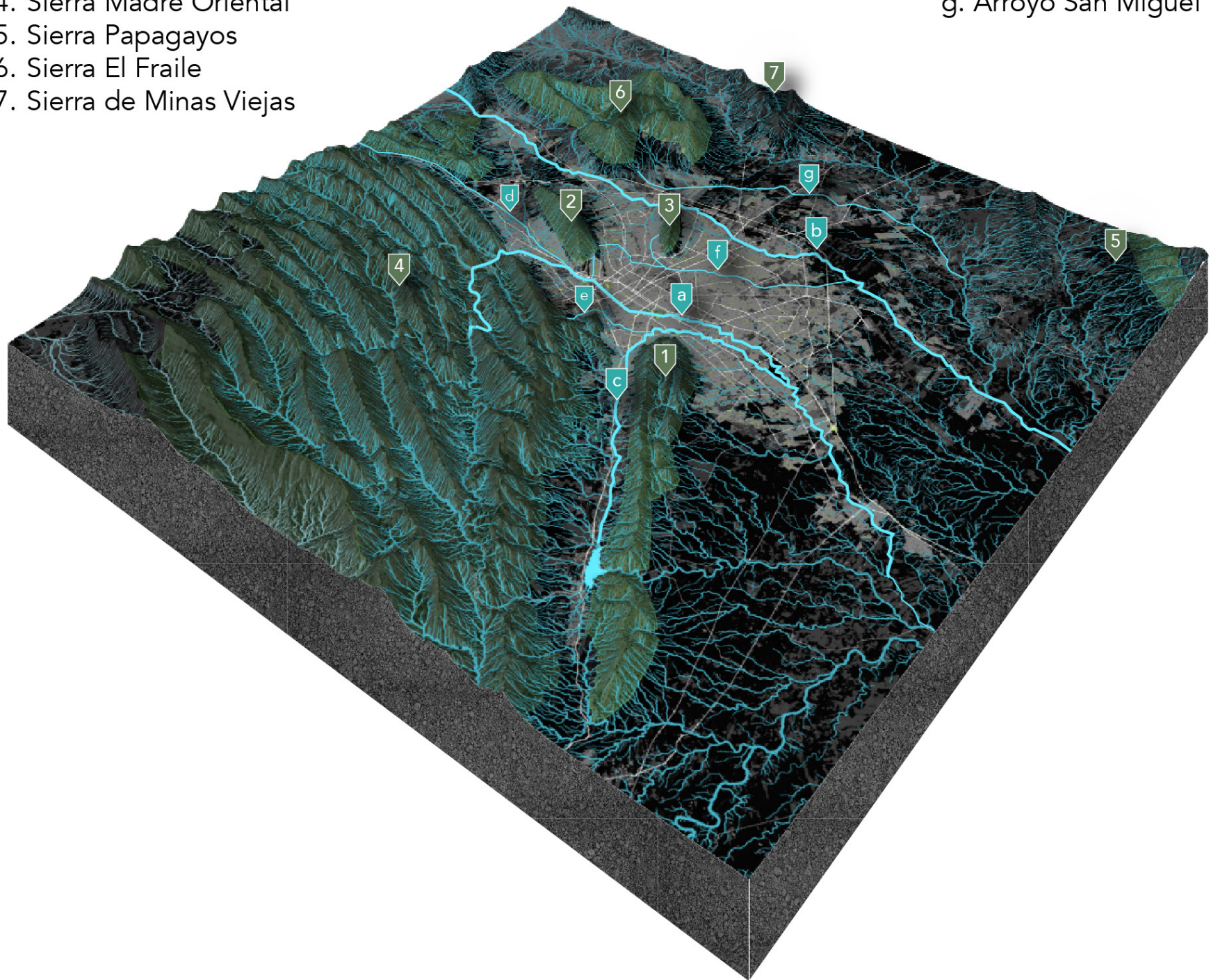
1. Cerro de la Silla
2. Cerro de las Mitras
3. Cerro Topo Chico
4. Sierra Madre Oriental
5. Sierra Papagayos
6. Sierra El Fraile
7. Sierra de Minas Viejas

Ciudad de Ríos
City of Rivers

- a. Río Santa Catarina
- b. Río Pesquería
- c. Río La Silla

Ciudad de Arroyos
City of Creeks

- d. Arroyo El Obispo
- e. Arroyo Seco
- f. Arroyo Topo Chico
- g. Arroyo San Miguel



Lluvias y sequías

Monterrey, ubicada en una región semiárida del noreste de México, ha enfrentado históricamente desafíos relacionados con la variabilidad de las precipitaciones y las sequías recurrentes (Figura 25; Figura 26). A lo largo de los años, la ciudad ha experimentado fluctuaciones significativas en las lluvias. Por ejemplo, en 2010, Monterrey vivió uno de sus años más lluviosos, con más de 1,000 milímetros de precipitación, lo que provocó graves inundaciones y daños a la infraestructura (CONAGUA, 2011). En contraste, la ciudad también ha enfrentado periodos prolongados de sequía, como la sequía extrema de 2011 a 2013, que ocasionó niveles críticamente bajos en la Presa Cerro Prieto y tuvo un profundo impacto en el suministro de agua y la agricultura (García, 2014). Estos patrones históricos subrayan la necesidad de estrategias de gestión del agua robustas para enfrentar la vulnerabilidad de la ciudad a eventos meteorológicos extremos.

En los últimos años, Monterrey ha seguido demostrando su susceptibilidad a las condiciones climáticas extremas. La tormenta Alberto en 2024 trajo lluvias sin precedentes a Monterrey, con más de 500 milímetros registrados en solo unos pocos días. Este torrente intenso provocó inundaciones generalizadas, daños a la infraestructura y disrupciones significativas en el suministro de agua y los sistemas de transporte (CONAGUA, 2024). Por otro lado, la sequía que persistió desde 2022 hasta 2023 se caracterizó por niveles de precipitación excepcionalmente bajos, alcanzando menos del 40 % del promedio anual. Este periodo seco prolongado afectó gravemente la Presa Cerro Prieto y obligó a implementar racionamientos de agua extensivos y enfrentó desafíos para la agricultura y la vida diaria (García, 2023).

Estos eventos recientes e históricos ilustran los profundos impactos de los extremos climáticos en los recursos hídricos y la infraestructura de Monterrey. Los patrones recurrentes de lluvias intensas y sequías graves presentan tanto desafíos como oportunidades para el desarrollo de estrategias de gestión del agua más resilientes. Existe una necesidad crítica de planificación integral que incorpore medidas adaptativas para la gestión de inundaciones y la mitigación de sequías. Aprovechando las lecciones aprendidas de eventos pasados y recientes, Monterrey tiene la oportunidad de mejorar su infraestructura hídrica, aumentar la resiliencia climática y desarrollar estrategias que gestionen eficazmente los recursos de agua frente a una creciente variabilidad climática (Smith et al., 2024). La integración de pronósticos avanzados, mejora con la infraestructura y la participación comunitaria será esencial para crear un sistema de gestión del agua sostenible y adaptable para el futuro.

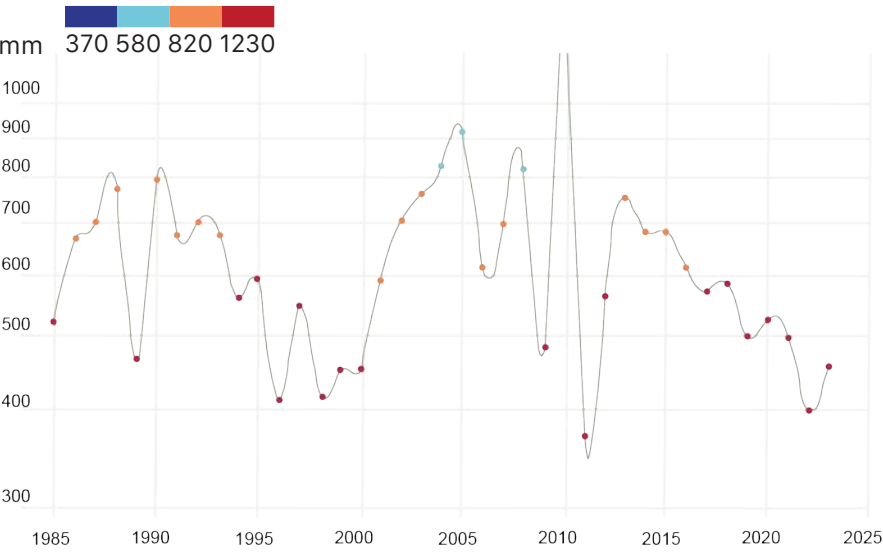


Figura 26. Datos históricos de precipitación anual en el AMM. Datos del Servicio Meteorológico Nacional (2023).
Figure 26. Historical annual precipitation data in the metropolitan area of Monterrey. Data retrieved from Servicio Meteorológico Nacional (2023).

Rainfall and droughts

Monterrey, situated in a semi-arid region of northeastern Mexico, has long grappled with variable precipitation and recurring droughts (Figure 25; Figure 26). Historically, the city has experienced significant fluctuations in rainfall. For instance, in 2010, Monterrey faced one of its wettest years on record, with over 1,000 millimeters of rain, leading to severe flooding and damage (CONAGUA, 2011). Conversely, the city has also endured prolonged droughts, such as the severe drought from 2011 to 2013, which resulted in critically low water levels in the Cerro Prieto Dam and profoundly impacted water supply and agriculture (García, 2014). These historical patterns underscore the need for robust water management strategies to address the city's vulnerability to extreme weather events.

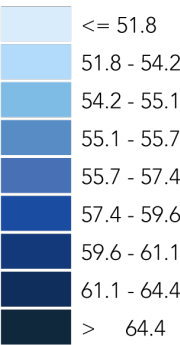
Recent years have continued to illustrate the city's susceptibility to extreme weather conditions. The storm Alberto in 2024 brought unprecedented rainfall to Monterrey, with over 500 millimeters recorded in just a few days. This intense rainfall led to widespread flooding, infrastructure damage, and significant disruptions to water supply and transportation systems (CONAGUA, 2024). On the other hand, the drought that persisted from 2022 to 2023 was marked by deficient precipitation levels, reaching less than 40% of the annual average. This prolonged dry spell severely affected the Cerro Prieto Dam, prompting extensive water rationing and challenges to agriculture and daily life (García, 2023).

These recent and historical events illustrate the profound impacts of climatic extremes on Monterrey's water resources and infrastructure. The recurring patterns of intense rainfall and severe droughts present challenges and opportunities for developing more resilient water management strategies. There is a critical need for comprehensive planning incorporating adaptive measures for flood management and drought mitigation. By leveraging the lessons learned from past and recent events, Monterrey can enhance its water infrastructure, improve climate resilience, and develop strategies that effectively manage water resources in the face of increasing climatic variability (Smith et al., 2024). Integrating advanced forecasting, infrastructure upgrades, and community engagement will be essential in creating a sustainable and adaptable water management system for the future.

Figura 25. Zonas de mayor precipitación en AMM.
Figure 25. Zones with higher precipitation in MMA.

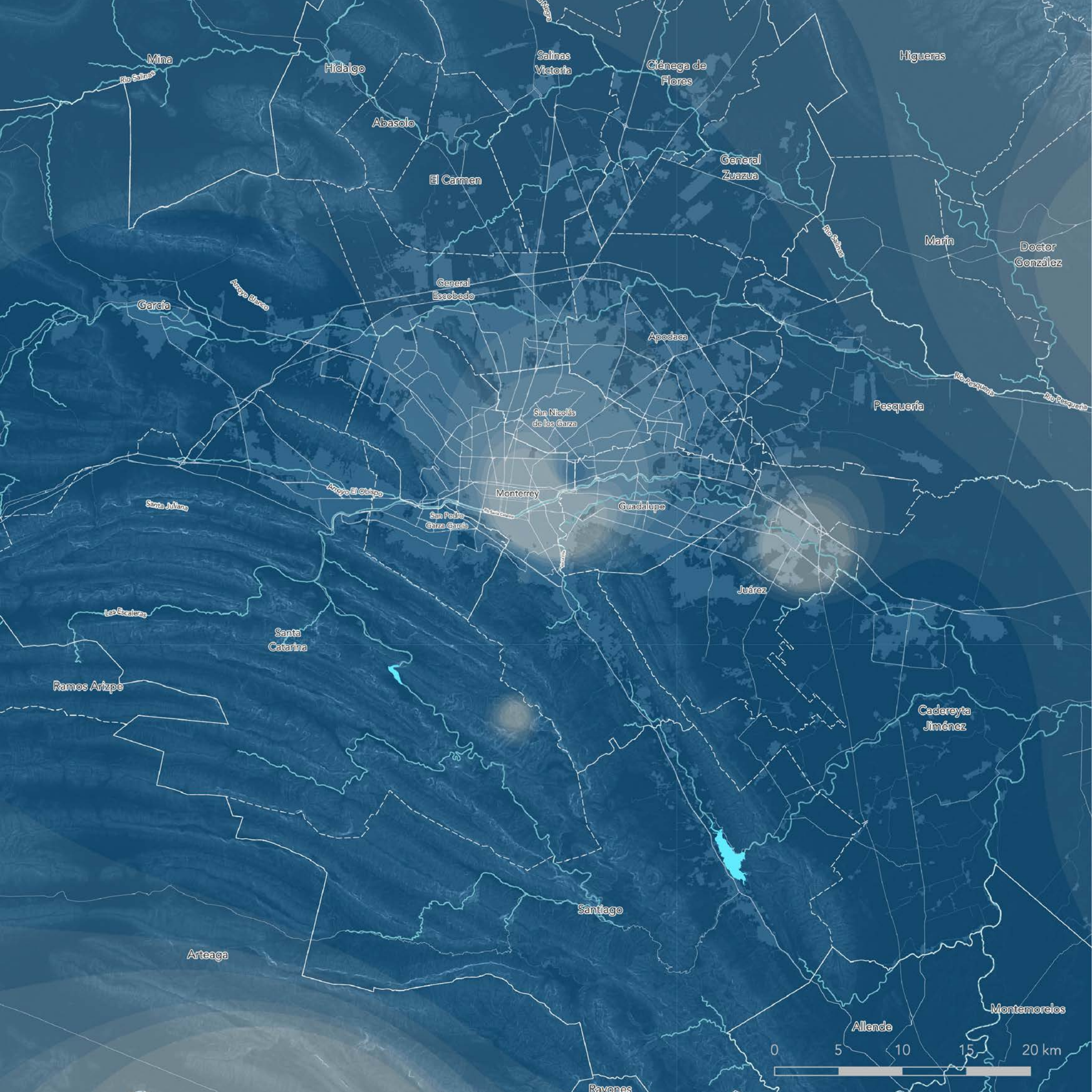
Simbología / Legend

Milímetros por mes 2020-2024 / Millimeters per month 2020-2024



Mapa Base / Base Map





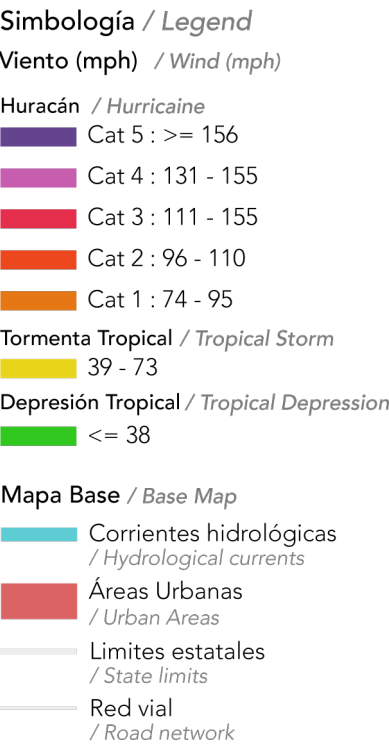
Huracanes

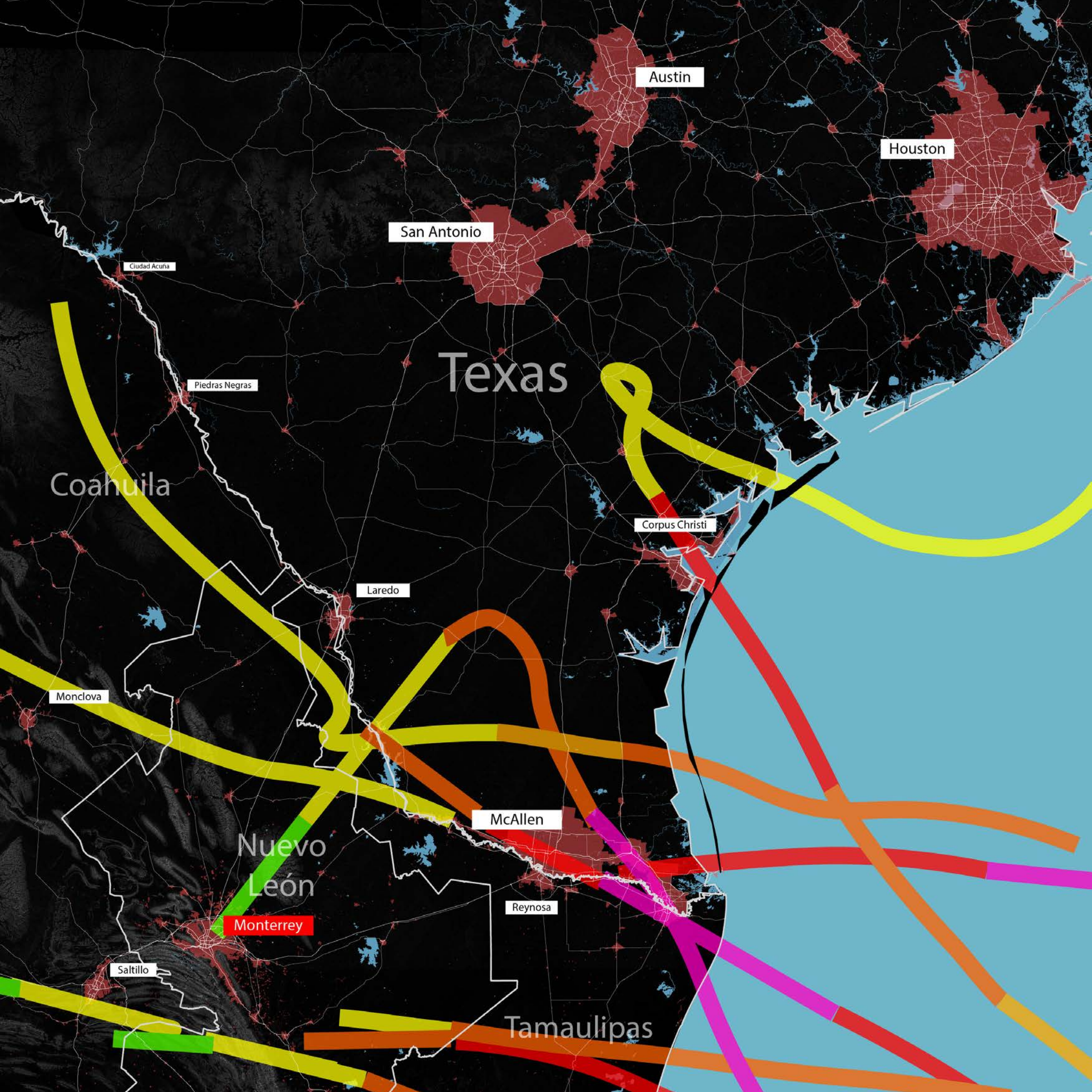
Los huracanes han tenido un impacto devastador en el área metropolitana de Monterrey (AMM), evidenciado por eventos significativos como el huracán Alex en 2010 y el huracán Gilberto en 1998 (Figura 27). El huracán Alex, que descargó 446 mm de lluvia en 60 horas, dio como resultado tragedia con 3,500 muertos y 1,500 desaparecidos, además de provocar un impacto socioeconómico de aproximadamente 7,275,000,000 MXN. En contraste, el huracán Gilberto, con 370 mm de lluvia en 24 horas, causó la muerte de 200 personas y un impacto económico de 200,000,000 MXN. Estos eventos subrayan la creciente vulnerabilidad del AMM a fenómenos meteorológicos extremos, destacando la necesidad urgente de estrategias de mitigación y adaptación para enfrentar el cambio climático y proteger a las comunidades locales.

Hurricanes

Hurricanes have devastated the Monterrey metropolitan area (AMM), as evidenced by significant events like Hurricane Alex in 2010 and Hurricane Gilberto in 1998 (Figure 27). Hurricane Alex, which brought 446 mm of rainfall over 60 hours, resulted in a tragedy with 3,500 deaths and 1,500 disappearances, alongside a socioeconomic impact of approximately 7,275,000,000 MXN. In comparison, Hurricane Gilberto, with 370 mm of rain in 24 hours, caused 200 deaths and a socioeconomic impact of 200,000,000 MXN. These events highlight the increasing vulnerability of the AMM to extreme weather phenomena, underscoring the urgent need for mitigation and adaptation strategies to address climate change and protect local communities.

Figura 27. Huracanes con impacto en el área metropolitana de Monterrey.
Figure 27. Hurricanes with Impact on the Monterrey metropolitan area.





Sensación térmica

Se observa que las áreas más urbanizadas de Monterrey presentan una mayor intensidad de calor, con temperaturas percibidas que oscilan entre los 5 y 6 grados (Figura 28; Figura 29). Este fenómeno contrasta de manera evidente con las zonas naturales circundantes, donde la sensación térmica es significativamente más baja, entre 1 y 3 grados. Esta disparidad se debe en gran medida a la disminución de áreas verdes (Figura 30) y a la histórica priorización del desarrollo industrial en el área metropolitana, factores que han contribuido a la acumulación de calor en las zonas urbanas.

Sin embargo, también el uso intensivo de materiales como el concreto y el asfalto en estas áreas urbanizadas refuerza el efecto de isla de calor urbana, incrementando la retención de calor (Wu, 2016). Finalmente, se recalca cómo la expansión urbana no planificada limitó la cantidad de espacios verdes, cruciales para regular la temperatura y ofrecer un alivio natural frente al calor extremo.

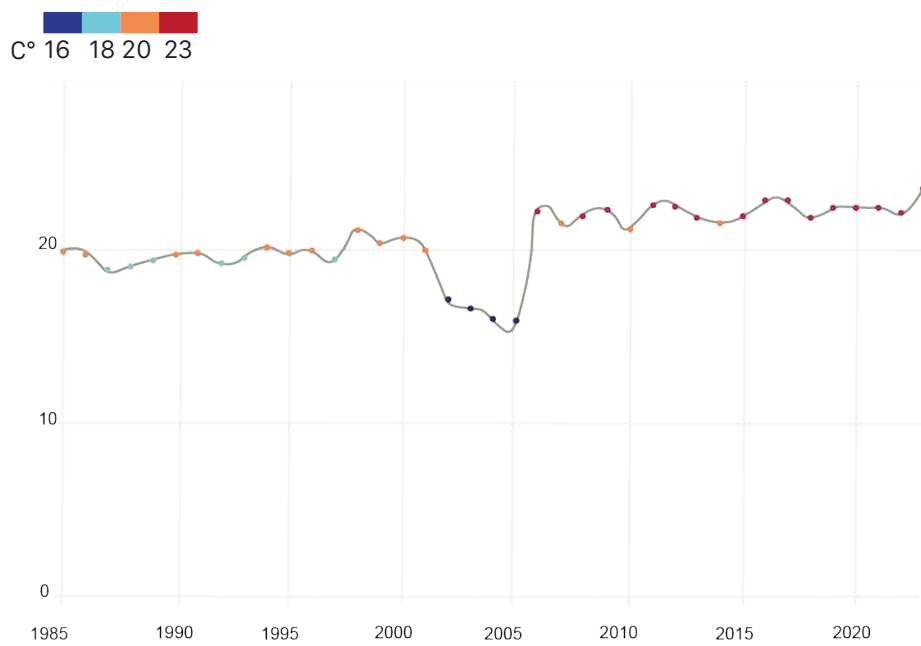


Figura 29. Temperatura media histórica del AMM. Datos del Servicio Meteorológico Nacional (2023).
Figure 29. Historical average temperature of the metropolitan area of Monterrey. Data from Servicio Meteorológico Nacional (2023).

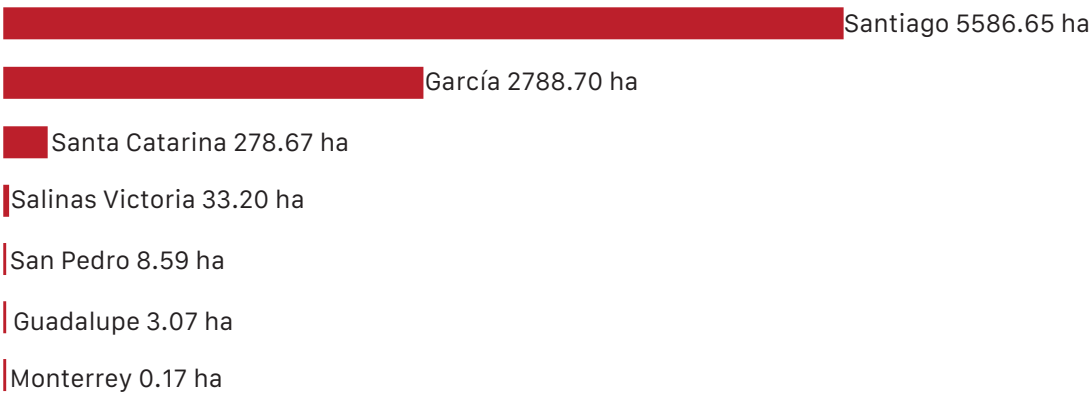


Figura 30 Principales municipios afectados por incendios forestales. Datos de Global loss due to fire (2022).
Figure 30 Main municipalities affected by forest fires. Data from Global loss due to fire (2022).

Heat index

Most urbanized areas of Monterrey exhibit a higher heat intensity, with perceived temperatures ranging between 5 and 6 degrees (Figure 28; Figure 29). This phenomenon contrasts sharply with the surrounding natural areas, where the thermal sensation is significantly lower, between 1 and 3 degrees. This disparity is mainly due to the reduction in green spaces (Figure 30) and the historical prioritization of industrial development in the metropolitan area, contributing to heat accumulation in urban areas.

However, the intensive use of materials such as concrete and asphalt in these urbanized areas also reinforces the urban heat island effect, increasing heat retention (Wu, 2016). Finally, it is emphasized how unplanned urban expansion has limited the number of green spaces crucial for regulating temperature and providing natural relieve from extreme heat.

Figura 28 .Sensación térmica en el área metropolitana de Monterrey.
Figure 28. Heat index on the Monterrey metropolitan area.

Simbología / Legend

Sensación Térmica / Heat index

1 - 2 C°

2 - 3 C°

3 - 4 C°

4 - 5 C°

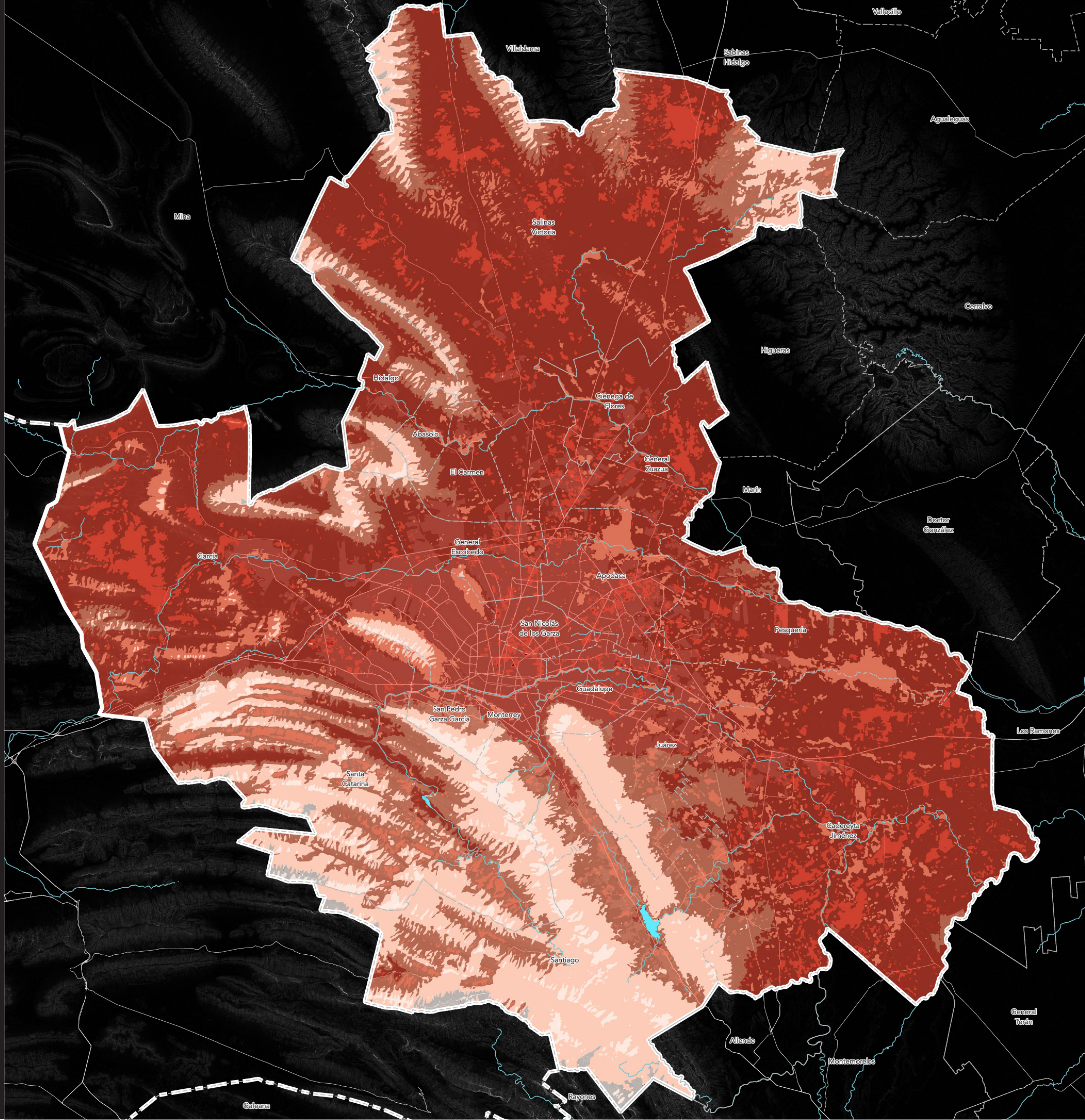
5 - 6 C°

6 - 7 C°

Mapa Base / Base Map

Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area

Límites municipales / Municipality limits



Las ecorregiones de Nuevo León

Las ecorregiones o biorregiones son aquellas unidades geográficas con flora, fauna y ecosistemas característicos. Son una división de las grandes “ecozonas” o regiones biogeográficas de nuestro país. (CONABIO, 2020) Estas se encuentran subdivididas por diferentes atributos ambientales, según la vegetación con estructura y composición de especies similares, por rasgos fisiográficos como sierras, mesetas, planicies y cuencas, y por categorías climatológicas como humedad y temperatura. (Secretaría Medio Ambiente de Nuevo León, 2020)

En Nuevo León existen 5 ecorregiones (Figura 31), las cuales tienen diferentes atributos que las caracterizan, por ejemplo, la ecorregión 1 Matorral Espinoso Tamaulipeco (Figura 32), es la comunidad vegetal más abundante en el noreste de México, (Patiño-Flores, et al., 2021) y la ecorregión 2 Matorrales Xerófilos del Desierto Chihuahuense incluye los valles (Figura 33; Granados-Sanchez, et al., 2011) y cañones intermontanos localizados dentro de la Sierra Madre Oriental que constituyen límites de distribución de varias especies endémicas de la familia Cactáceae. Por otro lado, la ecorregión 3 Matorral Submontano de Tamaulipas Y Nuevo León es una formación arbustiva y subarbórea rica en sus formas de vida, característica de estas regiones del norte (Canizales-Velázquez et al., 2009). La ecorregión 4 Bosques de Coníferas y Encinos de la Sierra Madre Oriental zona, también conocida como bosque templado, ya que presenta un clima templado o semifrío propio de las montañas. Según la especie que predomine, puede clasificarse como bosques de oyamel, ayarín, cedro, pino- encino, encino y abeto (INEGI, 2020). Por último, la ecorregión 5 Matorrales Xerófilos del Norte de la Meseta Central esta planicie elevada árida tiene un aislamiento generado por las inmensas cordilleras de las Sierras Madres Oriental y Occidental, sin embargo, ocupa extensiones bastante menores en el extremo suroeste de Nuevo León. (2017)

En el área metropolitana de Monterrey coexisten 4 de las ecorregiones del estado, siendo estas la ecorregión 1 Matorral espinoso Tamaulipeco, ecorregión 2 Matorrales xerófilos del desierto Chihuahuense, ecorregion 3 Matorral submontano de Tamaulipas y Nuevo León y la ecorregión 4 Bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre Oriental. Siendo las ecorregiones 1 y 3, las que tienen mayor cobertura en la metrópolis.

Nuevo Leon’s ecoregions

Ecoregions or bioregions are geographical units characterized by distinctive flora, fauna, and ecosystems. They represent divisions within our country's more prominent “ecological zones” or biogeographical regions. These are further subdivided based on various environmental attributes, including vegetation with similar structure and species composition, physiographic features such as mountains, plateaus, plains, and basins, and climatological categories such as humidity and temperature.

Nuevo León has 5 ecoregions (Figure 31), each characterized by distinct attributes. For instance, Ecoregion 1 (Figure 32), Tamaulipan Thorn scrub, is northeastern Mexico’s most abundant plant community. Ecoregion 2 (Figure 33), the Chihuahuan Desert Xeric Scrub, includes valleys and intermontane canyons within the Sierra Madre Oriental, serving as distribution limits for several endemic species of the Cactaceae family. Ecoregion 3, Tamaulipan Submontane Scrub in Tamaulipas and Nuevo León, consists of shrubby and subshrub vegetation, rich in biodiversity typical of these northern regions. Ecoregion 4, Coniferous and Oak Forests of the Sierra Madre Oriental, also known as temperate forest, features a temperate or cool climate typical of mountainous areas. Depending on the predominant species, it may be classified as oyamel, ayarín, cedar, pine-oak, oak, or fir forests. Lastly, Ecoregion 5, the Northern Xeric Scrub of the Central Plateau, is an arid, elevated plain isolated by the immense mountain ranges of the Sierra Madre Oriental and Occidental, although occupying smaller areas in the southwest extremity of Nuevo León.

In Monterrey metropolitan area coexists four ecoregions: Ecoregion 1, Tamaulipan Thorn Scrub, Ecoregion 2, Chihuahuan Desert Xeric Scrub, Ecoregion 3, Tamaulipan Submontane Scrub in Tamaulipas and Nuevo León and Ecoregion 4, Coniferous and Oak Forests of the Sierra Madre Oriental. The two ecoregions with higher coverage in the metropolis are ecoregions 1 and 3.

Figura 31. Ecorregiones de Nuevo León.
Figure 31. Nuevo Leon’s ecoregions.

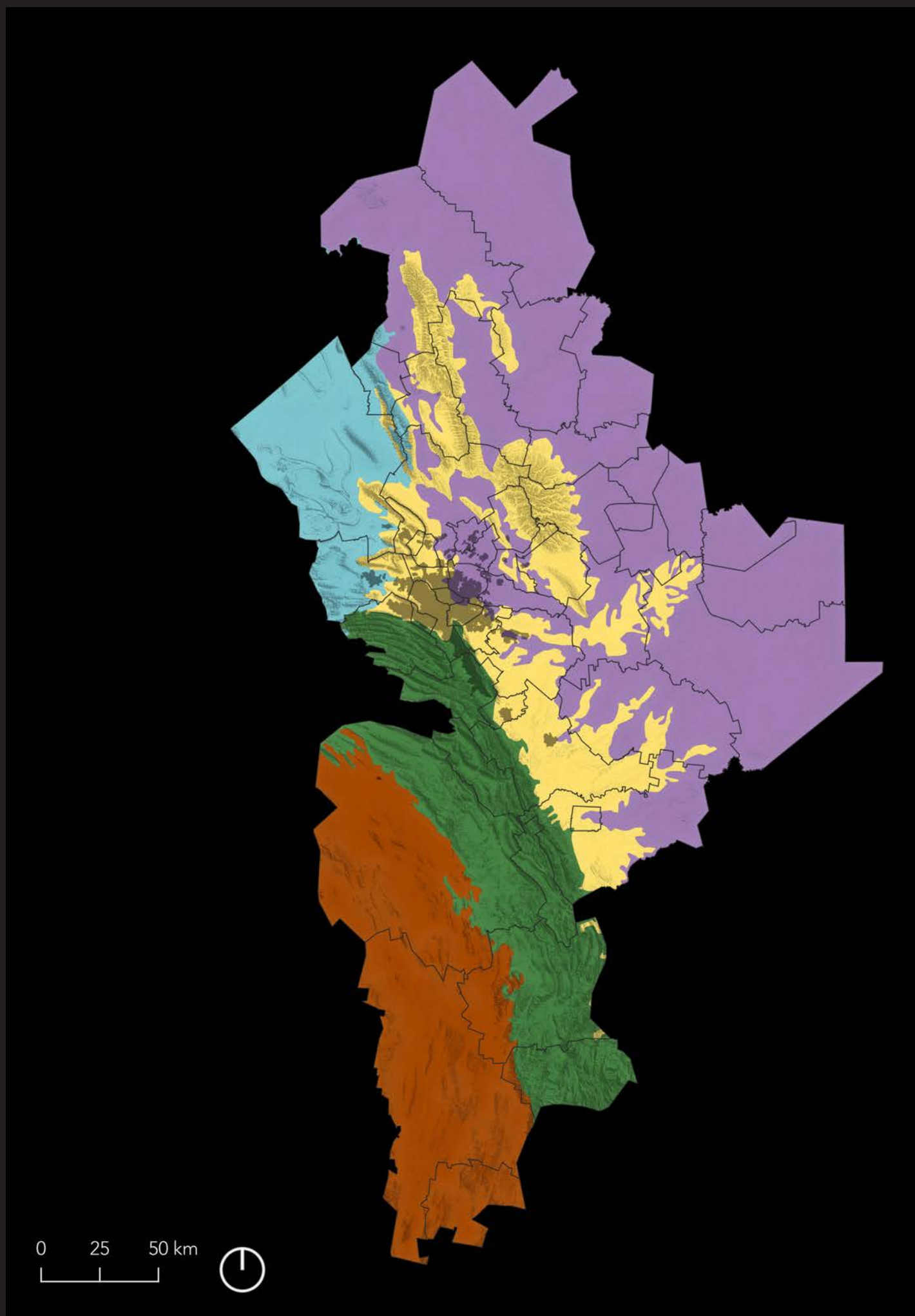
Simbología / Legend

Ecorregiones / Ecoregions

- Matorrales Xerófilos del Desierto Chihuahuense / Chihuahuan desert xeric scrub
- Matorral Espinoso Tamaulipeco / Tamaulipan thorn scrub
- Matorral Submontano de Tamaulipas y Nuevo León / Submontane scrub in Tamaulipas and Nuevo Leon
- Bosques de Coníferas y Encinos de la Sierra Madre Oriental and Oak Forests of the Sierra Madre Oriental
- Matorrales Xerófilos del Norte y de la Meseta Central / Northern xeric scrub of the Central Plateau

Mapa Base / Base Map

- Limites municipales / Municipality limits
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey’s Metropolitan Area



El Valle

Por medio de *Google Earth* se realizó un corte topográfico entre el cerro de las Mitras y la Sierra Madre Oriental (Figura 34), identificando que este valle se extiende aproximadamente a 7 km de distancia entre estos cuerpos montañosos, en donde se pueden identificar 2 tipos de ecorregiones, siendo el matorral submontano de Tamaulipas y Nuevo León y los bosques de coníferos y encinos de la Sierra Madre Oriental (Figura 35; Figura 36). Este paisaje cuenta con una notable diversidad ecológica, donde convergen características únicas de formación arbustiva y subarbórea y bosques templados de ambas formaciones montañosas en el noreste de México.

Paleta vegetal

La siguiente sección muestra una paleta vegetal para cada ecorregión que se encuentra en el área metropolitana de Monterrey. Para elaborar estas figuras se utilizó el Listado de Árboles y Plantas Nativas del Estado de Nuevo León (2020) de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado, para identificar aquellas especies características de estas zonas, esto con el fin de que estas puedan plantarse para incrementar la biodiversidad de especies en la ciudad. Sin embargo, las imágenes de las especies pueden ser o no ser específicamente esa especie, pero sí dentro de la misma familia.



Figura 32. Ecorregión 1: Matorral Espinoso Tamaulipeco.

The valley

Through *Google Earth*, a topographic cut was made between Cerro de las Mitras and the Sierra Madre Oriental (Figure 34), identifying that this valley extends approximately 7 km between these mountainous bodies, where two types of ecoregions can be identified, such as the Tamaulipan Submontane Scrub in Tamaulipas and Nuevo Leon and the Coniferous and Oak Forests of the Sierra Madre Oriental (Figure 35; Figure 36). This landscape has a remarkable ecological diversity, where unique characteristics of shrub and subarboreal formation and temperate forests of both mountainous formations in northeastern Mexico converge.

Vegetal palette

The following section shows a vegetal palette for each ecoregion in the Monterrey metropolitan area . To prepare these figures using the List of Trees and Native Plants of Nuevo Leon’s State (2020) from the Secretary of the Natural Environment of the State, to identify those species that are considered typical from that zone to plant these species to increase biodiversity rates in the city.



Figura 33. Ecorregión 2: Matorrales Xerófilos del Desierto Chihuahuense.



Figura 34. Ecorregiones en el cerro de las Mitras y la Sierra Madre Oriental.

Figure 34. Ecoregions found in Cerro de las Mitras and Sierra Madre Oriental.

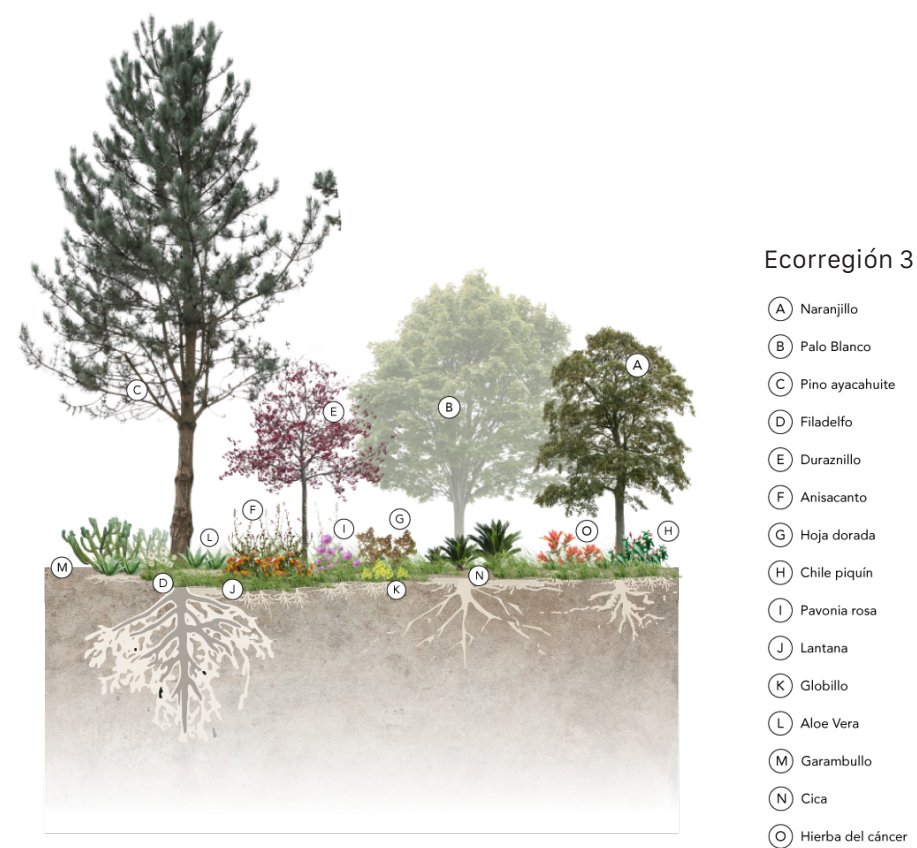


Figura 35 .Ecorregión 3: Matorral submontano de Tamaulipas y Nuevo León.

Figure 35. Ecoregion 3 : Tamaulipan submontane scrub in Tamaulipas and Nuevo León.



Figura 36. Ecoregión 4: Bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre Or.

Figure 36. Ecoregion 4: Coniferous and oak forests of the Sierra Madre Oriental.

Herencia natural

Según el Artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son espacios dentro del territorio nacional, así como aquellos sobre los que la Nación tiene soberanía y jurisdicción. Estas son áreas donde los ecosistemas originales no han sido significativamente modificados por la actividad humana, o donde es necesario preservar y restaurar sus ecosistemas y funciones esenciales. Estas áreas estarán reguladas por la normativa establecida en esta Ley y en otras disposiciones pertinentes. Las ANP en Nuevo León desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y el manejo sostenible de los recursos naturales. Estas áreas están clasificadas en diferentes categorías de manejo (Figure 37), cada una con objetivos específicos que reflejan la diversidad de necesidades y prioridades en la región. A continuación, se detallan las principales categorías de manejo:

Parque Nacional: Los Parques Nacionales en Nuevo León están diseñados para conservar ecosistemas significativos y representativos, que incluyen tanto valores naturales como culturales. Estas áreas permiten el acceso público para actividades recreativas y educativas, facilitando la interacción entre los seres humanos y el medio ambiente de manera controlada. Los objetivos primarios de manejo incluyen la conservación de la biodiversidad, el fomento del ecoturismo y la promoción de la educación ambiental, así como el soporte a la investigación científica sobre los ecosistemas presentes en el parque.

Reserva de la Biosfera: Las Reservas de la Biosfera abarcan grandes áreas que incluyen ecosistemas naturales o seminaturales y están orientadas a la conservación de la biodiversidad a nivel regional. Esta categoría permite una combinación de zonas de manejo que van desde áreas de protección estricta hasta zonas destinadas al uso sostenible de los recursos. Los objetivos de manejo se centran en la conservación regional de la biodiversidad, el apoyo a prácticas de desarrollo socioeconómico local que sean compatibles con la conservación, y la promoción de usos sostenibles de los recursos naturales.

Reserva Ecológica: Las Reservas Ecológicas están establecidas para proteger ecosistemas, especies o procesos ecológicos que son críticos para la salud ambiental de la región. Las restricciones sobre el uso del suelo en estas áreas son más estrictas en comparación con otras categorías, con el objetivo de minimizar el impacto humano y preservar las características ecológicas esenciales. La gestión de estas reservas busca la conservación de ecosistemas específicos, la protección de especies de interés y la preservación de procesos ecológicos vitales.

Área de Protección de Recursos Naturales: Esta categoría está destinada a la protección de recursos naturales específicos como cuencas hidrográficas, fuentes de agua y hábitats críticos. Las Áreas de Protección de Recursos Naturales permiten ciertos usos humanos, siempre que no comprometan la integridad de los recursos protegidos. Los objetivos de manejo en estas áreas incluyen la salvaguarda de recursos vitales y la implementación de un manejo sostenible que equilibre las necesidades humanas con la conservación del medio ambiente.

Área Natural Protegida de Conservación Regional: Las Áreas Naturales Protegidas de Conservación Regional se establecen para abordar problemas específicos de conservación a nivel regional. Estas áreas pueden incluir hábitats importantes o corredores ecológicos necesarios para mantener la conectividad entre áreas protegidas y apoyar la biodiversidad a escala regional. Los objetivos de manejo se enfocan en la conservación de hábitats clave, la promoción de la conectividad ecológica y el apoyo a la conservación regional.

Natural heritage

According to Article 44 of the General Law of Ecological Balance and Environmental Protection (LGEEPA), Natural Protected Areas (NPA) are zones within the national territory, and those over which the Nation exercises sovereignty and jurisdiction. These areas are where the original ecosystems have not been significantly altered by human activity or where the preservation and restoration of their ecosystems and essential functions are necessary. These areas will be subject to the regulations established in this Law and other applicable provisions. The Natural Protected Areas (NPA) in Nuevo León play a crucial role in conserving biodiversity and the sustainable management of natural resources. These areas are classified into different management categories (Figure 37), each with specific objectives that reflect the diverse needs and priorities of the region. Below are the main management categories established by the Government of Nuevo León and their respective functions:

National Park: National Parks in Nuevo León are designed to conserve significant and representative ecosystems, including natural and cultural values. These areas allow public access to recreational and educational activities, facilitating controlled human-environment interaction. Primary management objectives include biodiversity conservation, promoting ecotourism, enhancing environmental education, and supporting scientific research on the park’s ecosystems.

Biosphere Reserve: Biosphere Reserves encompass large areas that include natural or semi-natural ecosystems and are aimed at regional biodiversity conservation. This category allows for a mix of management zones ranging from strictly protected areas to zones designated for sustainable resource use. Management objectives focus on regional biodiversity conservation, supporting local socioeconomic development practices compatible with conservation, and promoting sustainable resource use.

Ecological Reserve: Reserve Ecological Reserves protect ecosystems, species, or ecological processes critical to the region’s environmental health. Land use restrictions in these areas are stricter than those in other categories, aiming to minimize human impact and preserve essential ecological characteristics. The management of these reserves seeks to conserve specific ecosystems, protect species of interest, and maintain vital environmental processes.

Natural Resource Protection Area: This category is intended to protect specific natural resources such as watersheds, water sources, and critical habitats. Natural Resource Protection Areas allow specific human uses as long as they do not compromise the integrity of the protected resources. Management objectives in these areas include safeguarding vital resources and implementing sustainable management practices that balance human needs with environmental conservation.

Regional Conservation Natural Area: Regional Conservation Natural Areas are established to address specific regional conservation issues. These areas may include important habitats or ecological corridors necessary to maintain connectivity between protected areas and support regional biodiversity. Management objectives focus on conserving critical habitats, promoting environmental connectivity, and supporting regional conservation efforts.

Each management category within the Protected Natural Areas of Nuevo León is designed to meet specific objectives that address the region’s diverse environmental challenges and conservation needs. Effective implementation and management of these categories are essential to ensure the preservation of natural resources, maintenance of ecosystem services, and sustainable development in the region.

Figura 37. Áreas naturales protegidas de la zona metropolitana de Monterrey.
Figure 37. Natural protected areas of the metropolitan area of Monterrey.

Sierra El Fraile y San Miguel

Superficie Total: 23,506.35 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
Año Plan de Manejo: 2002
Ecoregión: Matorral Submontano

Cumbres de Monterrey

Superficie Total: 177,395.95 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Parque Nacional
Año Plan de Manejo: 2023
Ecoregión: Matorral Submontano

Cerro la Mota

Superficie Total: 9,432.26 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
Año Plan de Manejo: 2002
Ecoregión: Matorrales Xerofilos

C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan

Superficie Total: 197,156.79 ha
Año de Decreto: 1949 / Ultimo DOF: 2002
Categoría de Manejo: Area de Protección de Recursos Naturales
Año Plan de Manejo: Sin Plan de Manejo
Ecoregión: Sierras Templadas

Sierra Las Mitras

Superficie Total: 3,744.22 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
Año Plan de Manejo: 2002
Ecoregión: Matorral Submontano

Cerro del Obispado

Superficie Total: 18.39 ha
Año de Decreto: 2005
Categoría de Manejo: Parque Urbano
Año Plan de Manejo: 2008
Ecoregión: Matorral Submontano

Cerro El Topo

Superficie Total: 1,093.3 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
Año Plan de Manejo: 2002
Ecoregión: Matorral Submontano

Parque Ecológico La Pastora

Superficie Total: 143.7 ha
Año de Decreto: 2009
Categoría de Manejo: Parque Urbano
Año Plan de Manejo: 2013
Ecoregión: Matorral Submontano

Cerro de la Silla

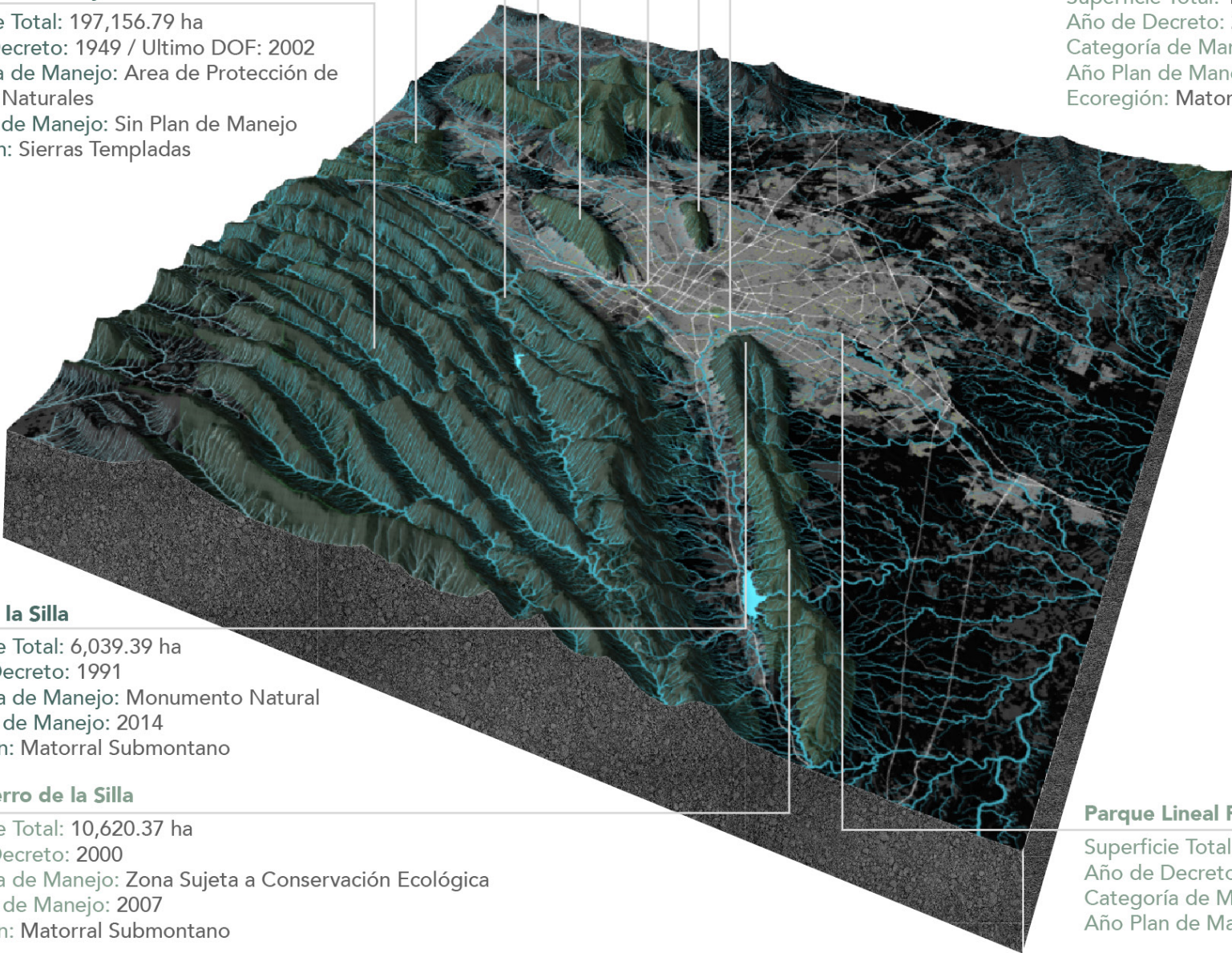
Superficie Total: 6,039.39 ha
Año de Decreto: 1991
Categoría de Manejo: Monumento Natural
Año Plan de Manejo: 2014
Ecoregión: Matorral Submontano

Sierra Cerro de la Silla

Superficie Total: 10,620.37 ha
Año de Decreto: 2000
Categoría de Manejo: Zona Sujeta a Conservación Ecológica
Año Plan de Manejo: 2007
Ecoregión: Matorral Submontano

Parque Lineal Río Santa Catarina

Superficie Total: 677.36 ha
Año de Decreto: 2009
Categoría de Manejo: Parque Urbano
Año Plan de Manejo: 2009



Cobertura vegetal

Se analizó la cobertura vegetal de los 18 municipios del área metropolitana de Monterrey a partir del conjunto de datos de “Cobertura del Suelo de América del Norte a 30 metros” (2020), disponible en Google Earth Engine (Tabla 2), y producida por el Sistema de Monitoreo de Cambio de Uso de Suelo de América del Norte (NALCMS)¹. Dentro de la zona metropolitana de Monterrey y de acuerdo con la clasificación del conjunto de datos, se identificaron (Figura 38):

Tabla 2. Cobertura vegetal en el área metropolitana de Monterrey.

Table 2. Vegetation coverage in the Monterrey metropolitan area.

Cobertura de suelo	Área total (ha)	Porcentaje
Matorral y pastizal tropical o subtropical <i>Tropical grasslands and shrublands</i>	419,624	54.81%
Suelo agrícola <i>Cropland</i>	133,466	17.43%
Suelo urbano <i>Urban</i>	86,961	11.36%
Matorral y pastizal templado <i>Temperate grasslands and shrublands</i>	55,347	7.23%
Bosque de coníferas templado o subpolar <i>Temperate needle leaf forest</i>	34,532	4.51%
Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical <i>Temperate broadleaf deciduous forest</i>	31,251	4.08%
Agua <i>Water</i>	1,668	0.22%
Suelos descubiertos <i>Barren Lands</i>	1,372	0.18%
Humedal <i>Wetland</i>	1,125	0.15%
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical <i>Tropical broadleaf deciduous forest</i>	214	0.03%
Total	765,562	100%

Realizada con datos de Sistema de Monitoreo de Cambio de Uso de Suelo de América del Norte (NALCMS).

La cobertura más extensa es la de matorrales y pastizales tropicales y subtropicales, que representa el 54.81 % del área, equivalente a 419,624 hectáreas. Le sigue el suelo agrícola con un 17.43 %, totalizando 133,466 hectáreas, lo que refleja una actividad agrícola significativa en la región. Las áreas urbanas cubren el 11.36 % del terreno, es decir, 86,961 hectáreas, lo que indica una considerable expansión urbana. Los matorrales y pastizales templados constituyen el 7.23 % del área, o 55,347 hectáreas. Los bosques de coníferas templados cubren el 4.51 % (34,532 hectáreas), mientras que los bosques de latifoliadas caducifolias tropicales o subtropicales abarcan el 4.08 % del área, equivalente a 31,251 hectáreas. Los cuerpos de agua ocupan un mínimo 0.22 % (1,668 hectáreas), y los suelos descubiertos, humedales y bosques de latifoliadas perennifolias tropicales o subtropicales en conjunto constituyen solo el 0.56 % del área total. Este conjunto de datos proporciona una visión integral de la distribución de la cobertura del suelo en Monterrey, destacando la predominancia de los matorrales y pastizales, junto con el notable uso urbano y agrícola de la tierra.

¹ El sistema es un esfuerzo trilateral por Natural Resources Canada, United States Geological Survey y las tres organizaciones mexicanas; INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), la CONABIO (Comisión Nacional Para el

Land cover

The vegetation coverage of the 18 municipalities of the Monterrey metropolitan area was analyzed using the "North American Land Cover at 30 meters" dataset (2020), available on Google Earth Engine (Table 2) and produced by the North American Land Change Monitoring System (NALCMS)¹. Within the Monterrey metropolitan zone and according to the dataset classification, the following were identified (Figure 38):

The most extensive land cover is tropical and subtropical shrubland and grassland, which account for 54.81% of the area, covering 419,624 hectares. Agricultural land follows with 17.43%, totaling 133,466 hectares, reflecting significant agrarian activity in the region. Urban areas cover 11.36% of the land, equivalent to 86,961 hectares, indicating substantial urban expansion. Temperate shrubland and grassland comprise 7.23% of the area or 55,347 hectares. Temperate needleleaf forests cover 4.51% (34,532 hectares), while tropical and subtropical broadleaf deciduous forests account for 4.08% of the area, amounting to 31,251 hectares. Water bodies cover a minimal 0.22% (1,668 hectares), and barren lands, wetlands, and tropical broadleaf evergreen forests constitute only 0.56% of the total area. This dataset provides a comprehensive overview of land cover distribution in Monterrey, highlighting the dominance of shrublands and grasslands alongside notable urban and agricultural land use.

¹ The system is a trilateral effort by Natural Resources Canada, United States Geological Survey and the three Mexican organizations; INEGI (National Institute of Statistics and Geography), CONABIO (National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity) and CONAFOR (National Forestry Commission).

Figura 38. Cobertura vegetal en el área metropolitana de Monterrey con información del Sistema de Monitoreo de Cambio de Uso de Suelo de América del Norte (NALCMS).
Figure 38. Land coverage in Monterrey metropolitan area with data from North American Land Change Monitoring System (NALCMS).



Proporción de la cobertura vegetal
Proportion of land coverage

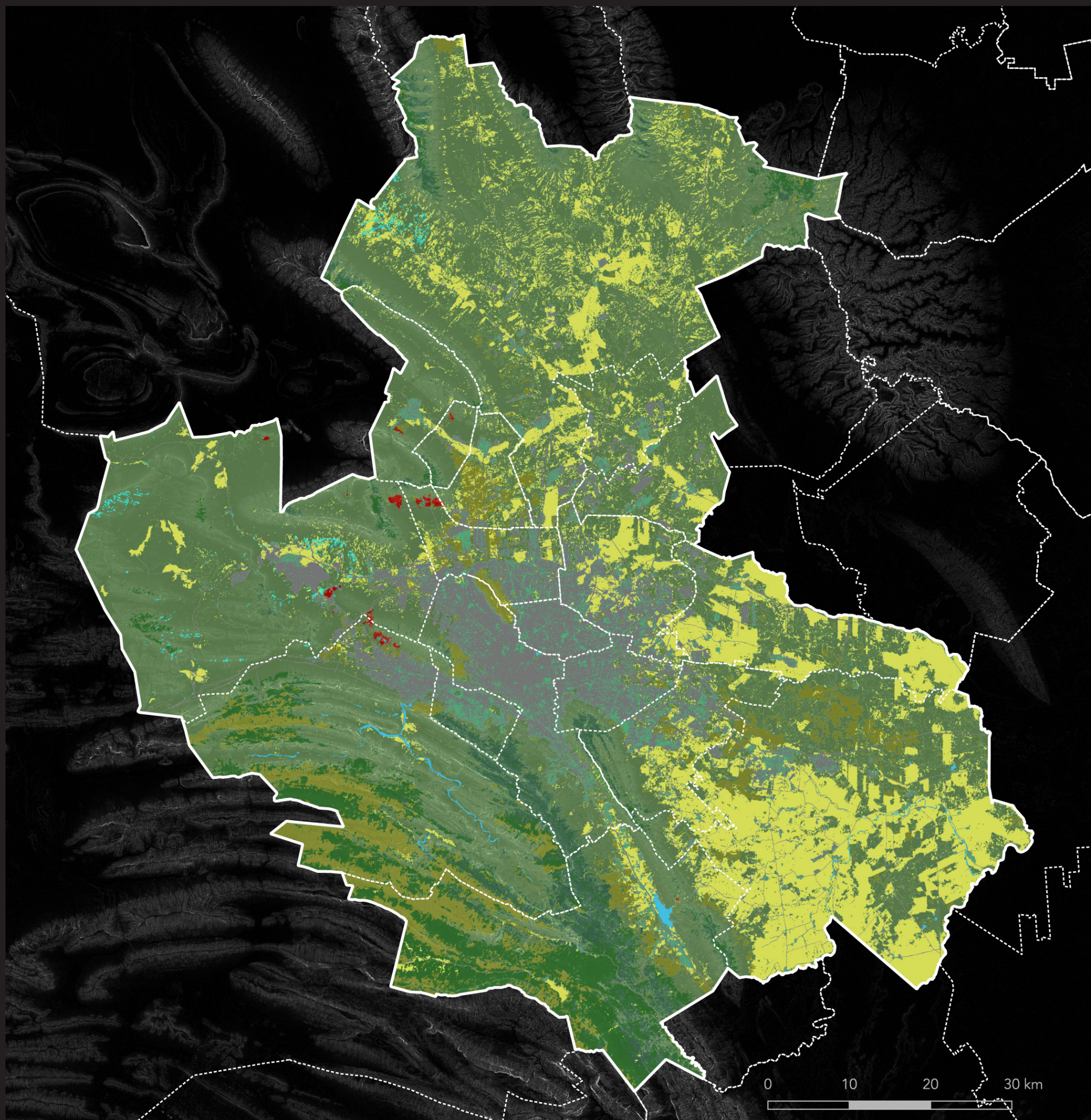
Simbología / Legend

Uso de suelo / Land Cover

- Agua / Water
- Agua / Wetland
- Suelo Desnudo / Barren Land
- Bosque Coníferas / Needleleaf Forest
- Bosque Caducifolio Tropical / Tropical Broadleaf Deciduous Forest
- Bosque Caducifolio Templado / Templado Broadleaf Deciduous Forest
- Pastizales y Matorrales Tropicales / Tropical Grassland and Shrubland
- Pastizales y Matorrales Templados / Temperate Grassland and Shrubland
- Suelo Agrícola / Cropland
- Áreas Verdes Urbanas / Urban Green Areas

Mapa Base / Base Map

- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits



¿Qué tan verde es la zona metropolitana de Monterrey?

How green is the Metropolitan Area of Monterrey ?

En 2020, se estimó que el área urbana de la zona metropolitana de Monterrey abarcaba 86,960.83 hectáreas (Consejo Nuevo León, 2023). De esta superficie, solo el 12 % (10,315.5 hectáreas) correspondía a áreas verdes de mediana o alta densidad. Considerando que la ciudad albergaba una población de 4,643,232 habitantes (INEGI, 2020), esto se traduce en aproximadamente 22.2 metros cuadrados de área verde por habitante. Sin embargo, esta cifra no refleja equidad en el acceso a áreas verdes, y resulta insuficiente en comparación con ciudades reconocidas por su extensa cobertura de áreas verdes, como Barcelona, que cuenta con 51 m² de área verde por habitante (Figura 39).

Para evaluar de manera efectiva qué tan verde es la zona metropolitana de Monterrey bajo un enfoque de optimización de los beneficios del arbolado y vegetación urbana, así como, para atender los retos de adaptación climática, reducción de la contaminación, regulación hídrica, conservación de la biodiversidad y problemas de salud pública como mala calidad del aire y sus efectos en poblaciones urbanas, así como estrés, enfermedades cardiovasculares y obesidad (WHO, 2016, 2017; Dobbs et al., 2017); se adoptó la regla 3-30-300 de arborización urbana, desarrollada por Cecil Konijnendijk para establecer una línea de base en la provisión y accesibilidad equitativa a espacios verdes y arbolados. Konijnendijk definió su modelo a través de establecer tres tipos de exposición a la naturaleza: (1) Oportunidades de ver naturaleza a través de árboles y áreas verdes, (2) Exposición a áreas verdes al vivir rodeado de árboles y otros tipos de vegetación y, (3) Oportunidades de acceder y disfrutar de parques y otras áreas verdes para fines recreativos.

Es a través de estos principios que definió la regla 3-30-300 que establece el parámetro de tener al menos 3 árboles a la vista desde casa, escuela o trabajo, al menos 30% de cobertura arbórea en cada barrio y no estar a más de 300 m del espacio público verde más cercano desde cada vivienda (Konijnendijk, 2023).

Dada la complejidad y falta de bases de datos georreferenciados de los árboles de toda la zona metropolitana de Monterrey, únicamente se calcularon los indicadores para el segundo y tercer factor de la regla "3-30-300"; al menos 30% de cobertura arbórea en cada barrio y accesibilidad de no más 300 metros al espacio público verde más cercano de cada vivienda.

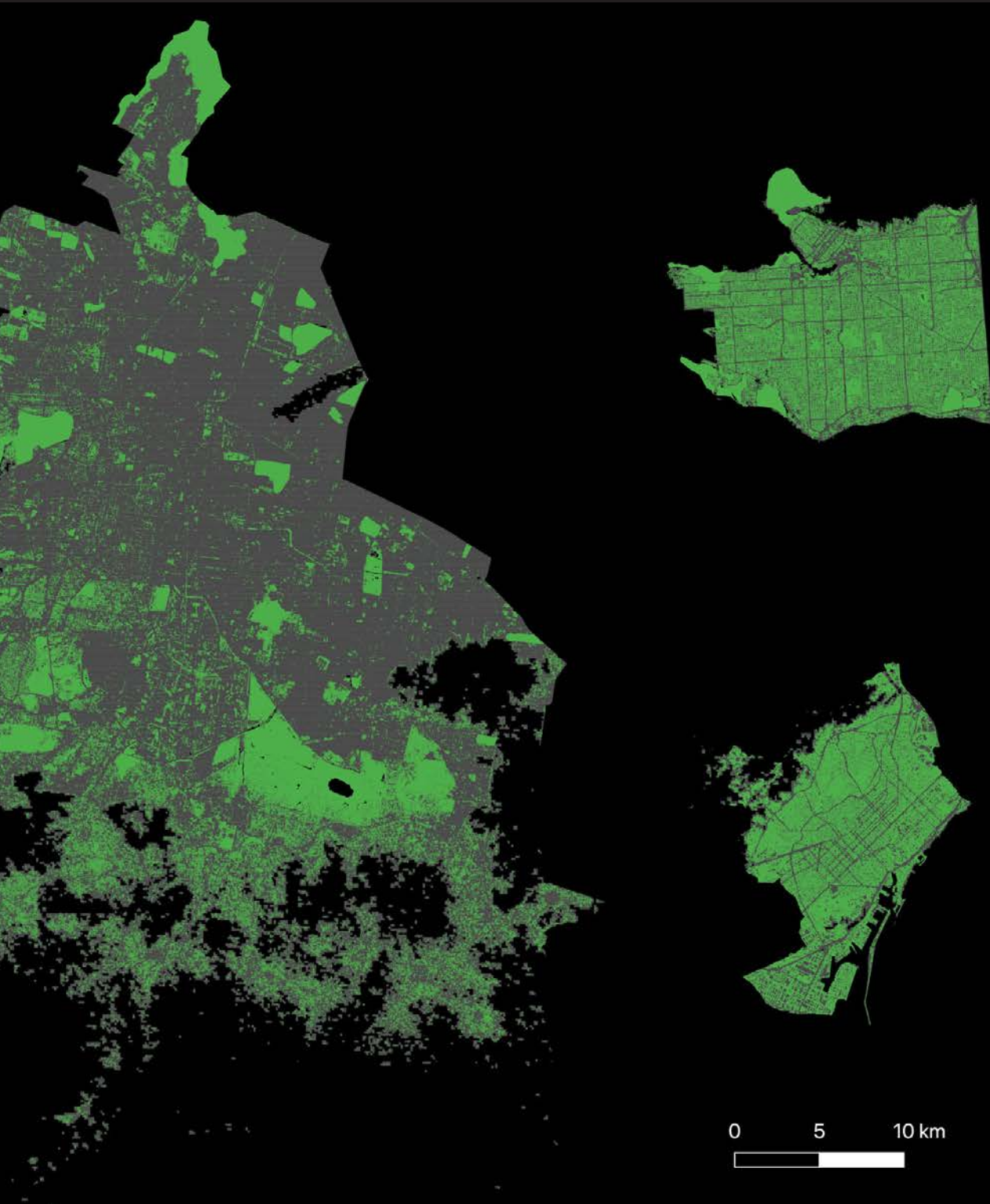
It was estimated that the urban area of the Monterrey metropolitan zone in 2020 was 86,960.83 hectares, of which only 12% (10,315.5 hectares) corresponded to green areas of medium or high density. Considering that the city has 4,643,232 inhabitants (Consejo Nuevo León, 2023; INEGI, 2020), it could be indicated that there are at least 22.2 square meters of green space per inhabitant in the Metropolitan Zone. However, these green spaces are not equitably accessible to all inhabitants, and the indicator is not representative of a green city compared to the 51 m² per capita in Barcelona, one of the greenest cities in the world (Figure 39).

To measure how green the Monterrey metropolitan zone is under an approach that optimizes the benefits of urban trees and vegetation to address challenges such as climate adaptation, pollution reduction, water regulation, biodiversity conservation, and public health issues like poor air quality and its effects on urban populations, as well as stress, cardiovascular diseases, and obesity (WHO 2016, 2017; Dobbs et al., 2017), considering the 3-30-300 rule of urban greening. Cecil Konijnendijk developed this rule to establish a baseline for the equitable provision and accessibility to green and tree-covered spaces. Konijnendijk defined his model by establishing three types of exposure to nature: (1) Opportunities to see nature through trees and green areas, (2) Exposure to green areas by living surrounded by trees and other types of vegetation, and (3) Opportunities to access and enjoy parks and other green areas for recreational purposes. Through these principles, he defined the 3-30-300 rule, which sets the parameter of having at least three trees visible from home, school, or work, at least 30% tree canopy coverage in each neighborhood, and no more than 300 meters to the nearest public green space from each residence (Konijnendijk, 2023).

Given the complexity and lack of georeferenced databases for trees throughout the Monterrey metropolitan zone, only the indicators for the second and third factors of the "3-30-300" rule were calculated: at least 30% tree canopy coverage in each neighborhood and accessibility of no more than 300 meters to the nearest public green space from each residence.

Figura 39 .Comparativa de ciudades con datos de INEGI (2020), BC Stats (2023), Instituto Nacional d'Estadística i Institut d'Estadística de Catalunya (2022) y GHS Settlement Characteristics (2018). Siguiente Hoja
Figure 39. City comparison with data from INEGI (2020), BC Stats (2023), National Institute of Statistics and Institute of Statistics of Catalonia (2022), and GHS Settlement Characteristics (2018). Next Page





Vancouver, B.C, Canada

732,581 habitantes / inhabitants

68 habitantes por hectárea
inhabitants per hectare

84 m² de area verde urbana por habitante
*square meters of urban green areas
per inhabitant*

Barcelona , España

1,636,193 habitantes / inhabitants

185 habitantes por hectárea
inhabitants per hectare

51 m² de area verde urbana por habitante
*square meters of urban green areas
per inhabitant*

Necesitamos al menos 30% de cobertura arbórea y vegetal en cada barrio

De acuerdo con diversos estudios, la exposición a la naturaleza tiene efectos significativamente beneficiosos para la salud mental y en la reducción de los índices de mortalidad (Van den Berg et al, 2015) al tener espacios más sombreados que permitan la recreación y la generación de espacios de encuentro que propicien interacciones sociales (Holtan et al., 2014). Asimismo, el arbolado urbano juega un papel importante en la mitigación de los efectos el cambio climático (Janowiak et al., 2021), especialmente al mitigar las olas de calor al generar un efecto de enfriamiento aunque la cobertura vegetal debe ser de al menos 40 % para que se perciba un enfriamiento considerable (Ziter et al., 2019). En este sentido, la regla 3-30-300 establece la necesidad de un 30 % de cobertura vegetal o arbórea a nivel barrial, ya que medirlo a escala de ciudad podría ocasionar un indicador falso que omita la provisión equitativa de arbolado.

Para analizar la situación de la zona metropolitana de Monterrey respecto a esta regla (Figura 40), se trazaron hexágonos de 500 metros de radio para los 18 municipios de la zona metropolitana como unidad de medida y como homólogo de un barrio (o colonia). Para cada uno de los hexágonos se calculó el porcentaje de área natural no agrícola a partir de los conjuntos de datos de NALCMS3 de 2020 sobre la cobertura del suelo a 30 metros de resolución y de GHSL (Global Settlement Characteristics) de 2018, que identifica espacios abiertos con diferentes intensidades de vegetación, así como cuerpos de agua y edificios con una resolución de 10 metros.

A grandes rasgos, el 50% del área urbana de la zona metropolitana de Monterrey no cumple con el mínimo de 30% de cobertura natural por unidad de análisis. Aunque no hay áreas naturales considerables, cabe recalcar la deficiencia de áreas naturales en el centro de Monterrey y se extiende al poniente, oriente, norte y nororiente de la ciudad, mientras que en la periferia de la ciudad es más probable encontrar barrios más balanceados en superficies urbanizadas y cobertura natural. Las zonas industriales, que representan el 5 % de la zona metropolitana de Monterrey, son las que tienen mayor déficit de cobertura natural, con un 67 % de su superficie sin el mínimo proporcional de cobertura natural. Las zonas industriales en Escobedo, Apodaca, Monterrey, San Nicolás y Juárez tienen un desbalance considerable entre sus superficies construidas y sus áreas verdes, lo que potencializa el efecto de isla de calor (ver capítulo Islas de calor). En el caso de Cadereyta y Pesquería, la deficiencia de área natural se debe principalmente a sus suelos agrícolas intensivos.

We need at least 30% tree and vegetation canopy coverage in each neighborhood

According to various studies, exposure to nature significantly benefits mental health. It reduces mortality rates (Van den Berg et al., 2015) by providing shaded spaces that allow recreation and creating meeting spaces that promote social interactions (Holtan et al., 2014). Additionally, urban trees play an essential role in mitigating the effects of climate change (Janowiak et al., 2021), especially by mitigating heat waves by generating a cooling effect. However, the vegetation cover must be at least 40% for a considerable cooling effect to be perceived (Ziter et al., 2019). In this regard, the 3-30-300 rule establishes a 30% vegetation or tree canopy coverage, emphasizing that it is at the neighborhood scale, as measuring it at the city level could result in a misleading indicator that overlooks the equitable provision of trees.

500-meter radius hexagons were drawn to analyze the situation of the Monterrey metropolitan zone (Figure 40), regarding this rule for the 18 municipalities as the unit of measure and as an equivalent of a neighborhood (or colony). For each of the hexagons, the percentage of non-agricultural natural area was calculated based on the 2020 NALCMS datasets on land cover with a 30-meter resolution and the 2018 GHSL (Global Settlement Characteristics), which identifies open spaces with different vegetation intensities, as well as water bodies and buildings with a 10-meter resolution.

50% of the urban area in the Monterrey metropolitan area does not meet the minimum requirement of 30% natural coverage per unit of analysis. Although there are no significant natural regions, it is worth noting the deficiency of the natural areas in downtown Monterrey, which extends to the west, east, north, and northeast of the city. In contrast, neighborhoods in the city's periphery are more likely to have a balanced ratio of urbanized areas and natural coverage.

The Industrial Zones, which represent 5% of the Monterrey metropolitan area, have the highest deficit of natural coverage, with 67% of their surface area lacking the minimum proportional natural coverage. The Industrial Zones in Escobedo, Apodaca, Monterrey, San Nicolás, and Juárez have a considerable imbalance between their built-up areas and green spaces, exacerbating the urban heat island effect (see chapter Urban Heat Islands). In the case of Cadereyta and Pesquería, the lack of natural areas is mainly due to their intensive agricultural lands.

Figura 40. Cobertura arbórea y vegetal por municipio en el área metropolitana de Monterrey, y su relación con la regla 3-30-300.
Figure 40. Tree and vegetation coverage in the metropolitan area of Monterrey and its relationship with the 3-30-300 rule.

Municipio

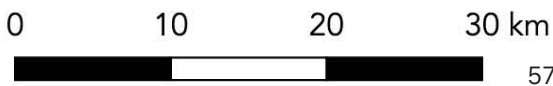
% del municipio que no cumple con la regla 3-30-300

Abasolo	20 %
Apodaca	70.4 %
Cadereyta Jiménez	64.1 %
Ciénega de Flores	5.9 %
El Carmen	14.8 %
García	44.3 %
General Escobedo	51.5 %
General Zuazua	21.6 %
Guadalupe	65.3 %
Hidalgo	16.0 %
Juárez	37.7 %
Monterrey	57.8 %
Pesquería	46.2 %
Salinas Victoria	24.4 %
San Nicolás de los Garza	95.6 %
San Pedro Garza García	36.5 %
Santa Catarina	59.6 %
Santiago	21.6 %
AMM	50.1 %

Porcentaje de área natural

Percentage of natural area

- 75% - 100%
- 50% - 75%
- 30% - 50%
- 20% - 30%
- 10% - 20%
- 0% - 10%
- Area Urbana
- Urban Area
- Zonas Industriales
- Industrial Areas
- Suelo Agrícola
- Cropland



Proximidad: Viviendas a menos de 300 m del espacio público verde

Dentro del área metropolitana se identificaron 3,171 hectáreas de áreas verdes públicas. La distribución de espacios públicos en la zona metropolitana corresponde en la mayor parte a parques (53 %) y camellones y rotondas (40 %), de acuerdo con la base de datos de áreas verdes de 13 municipios 4 de la ZMM generada por Lozano (2019) a partir de percepción remota. Sin considerar rotondas y camellones, existen apenas 4 m² de áreas verdes por habitante dentro de los 13 municipios de estudio (Tabla 3).

La Oficina Europea de la Organización Mundial de la Salud recomienda que los residentes tengan acceso a al menos un espacio público verde a menos de 300 metros de sus viviendas, lo equivalente a 5 minutos caminando (WHO, 2017). Tomando en cuenta esta recomendación, se llevó a cabo un análisis de redes a partir de la red de calles del área metropolitana para identificar las manzanas que se encuentran a 300 metros o menos del espacio público verde más cercano. Para la evaluación de la accesibilidad de áreas verdes en la zona metropolitana de Monterrey, se adoptó un enfoque metodológico que excluyó ciertos tipos de espacios públicos de la evaluación.

En particular, se descartaron camellones y rotondas debido a que estos espacios no son considerados áreas realmente “disfrutables” ni ofrecen una extensión adecuada para la realización de actividades recreativas. Esta exclusión se basa en la premisa de que los camellones y rotondas, aunque cumplen funciones de infraestructura urbana y pueden contribuir al embellecimiento de la ciudad, no proporcionan el espacio necesario para actividades recreativas sustanciales y la interacción prolongada con la naturaleza.

A nivel metropolitano (Figuras 41 a 53), solo el 43 % de los habitantes tienen acceso a un espacio público verde a menos de 300 metros caminando, aunque la situación varía dependiendo del municipio, como se verá en el análisis desagregado por municipio (Tabla 4). Analizando la situación respecto a los grupos de edad más vulnerables, el 46 % de las infancias viven a menos de 300 metros caminando de un parque, pero en Monterrey solo 1 de cada 4 infancias tiene acceso a un parque a menos de 5 minutos, aunque estos espacios son clave para el desarrollo de la primera infancia. Para los adultos mayores, solo 2 de cada 5 adultos mayores acceden a un parque a una distancia caminable (Figura 48).

Proximity: For each household to be in less than 30 m from the closest green public space

Within the metropolitan area, 3,171 hectares of public green spaces were identified. The distribution of public spaces in the Metropolitan Zone is primarily composed of parks (53%) and medians and roundabouts (40%), according to the green spaces database of 13 municipalities within the Monterrey metropolitan area (ZMM) generated by Lozano (2019) through remote perception. Excluding roundabouts and medians, there are only 4 square meters of green public spaces per inhabitant within the 13 municipalities studied (Table 3).

The European Office of the World Health Organization recommends that residents have access to at least one public green space within 300 meters of their homes, equivalent to a 5-minute walk (WHO, 2017). Considering this recommendation, a network analysis was conducted with the road network of the metropolitan area to identify the blocks located 300 meters or less from the nearest green public space.

An approach was adopted to evaluate green space coverage and accessibility in the Monterrey metropolitan area that excluded certain types of public spaces from the assessment. Medians and roundabouts were excluded because these spaces are not considered “enjoyable” areas and do not provide an adequate extent for recreational activities. This exclusion is based on the premise that medians and roundabouts, while serving urban infrastructure functions and contributing to the city’s aesthetic enhancement, do not offer the necessary space for substantial recreational activities and prolonged interaction with nature.

At the metropolitan level (Figures 41 to 53), only 43% of the population has access to a green public space within a 300-meter walking distance. However, the situation varies depending on the municipality, as shown in the analysis broken down by municipality (Table 4). Analyzing the situation for the most vulnerable age groups, 46% of children live within a 300-meter walking distance from a park. However, in Monterrey, only 1 in 4 children have access to a park within a 5-minute walk, even though these spaces are crucial for early childhood development. In the case of older adults, only 2 out of 5 seniors have access to a park within walking distance (Figure 48).

Tabla 3. Distribución de espacios verdes públicos.

Table 3. Distribution of green public spaces.

Municipio	Camellones y rotondas	Jardines y plazas	Parques	Área total (hectáreas)
Municipality	Medians and roundabouts	Gardens and squares	Parks	Total area (hectares)
Apodaca	43%	-	57%	345.2 ha
Cadereyta	48%	4%	48%	57 ha
El Carmen	55%	5%	40%	27.9 ha
García	46%	7%	46%	192.7 ha
Escobedo	48%	1%	50%	232.9 ha
Guadalupe	36%	8%	57%	279.2 ha
Juárez	33%	12%	55%	237.6 ha
Monterrey	32%	7%	62%	639.8 ha
Pesquería	43%	-	57%	45.4 ha
San Nicolas de los Garza	99.2%	0.4%	0.3%	70.6 ha
San Pedro Garza García	27%	12%	61%	144.5 ha
Santa Catarina	45%	15%	41%	143.8 ha
Santiago	79%	8%	12%	18.6 ha
Total (13 municipios)	40%	6%	53%	2425.1 ha

Tabla 4. Población con acceso a un espacio verde público a menos de 300 metros.

Table 4. Population with access to a green public space within 300 meters distance.

Municipio	Población total		0 a 4 años		65 años y más	
	Total	% con acceso	Total	% con acceso	Total	% con acceso
Municipality	Total	% with access	Total	% with access	Total	% with access
Santiago	46,784	9%	6%	9%	10%	12%
Monterrey	1,142,99	28%	6%	25%	12%	27%
Guadalupe	643,143	37%	6%	38%	11%	31%
San Pedro Garza García	132,169	40%	6%	42%	13%	41%
Escobedo	481,213	45%	8%	46%	4%	37%
Cadereyta	122,337	46%	7%	61%	5%	33%
Apodaca	656,464	47%	8%	49%	3%	43%
Santa Catarina	306,322	49%	8%	49%	7%	56%
San Nicolás de los Garza	412,199	51%	5%	50%	13%	52%
Juárez	471,523	53%	9%	57%	2%	42%
García	397,205	55%	10%	58%	2%	49%
Pesquería	147,624 5	6%	11%	62%	1%	49%
El Carmen	104,478	62%	12%	67%	1%	39%
Total	5,064,455	43%	8%	46%	7%	36%

* En la tabla 4 el encabezado "% con acceso" se refiere al porcentaje de la población que tiene acceso a un espacio público a menos de 300 metros de su vivienda.

* In table 4, the title "% with access" refers to the percentage of the population that has access to a public space in a 300 radius from them house.

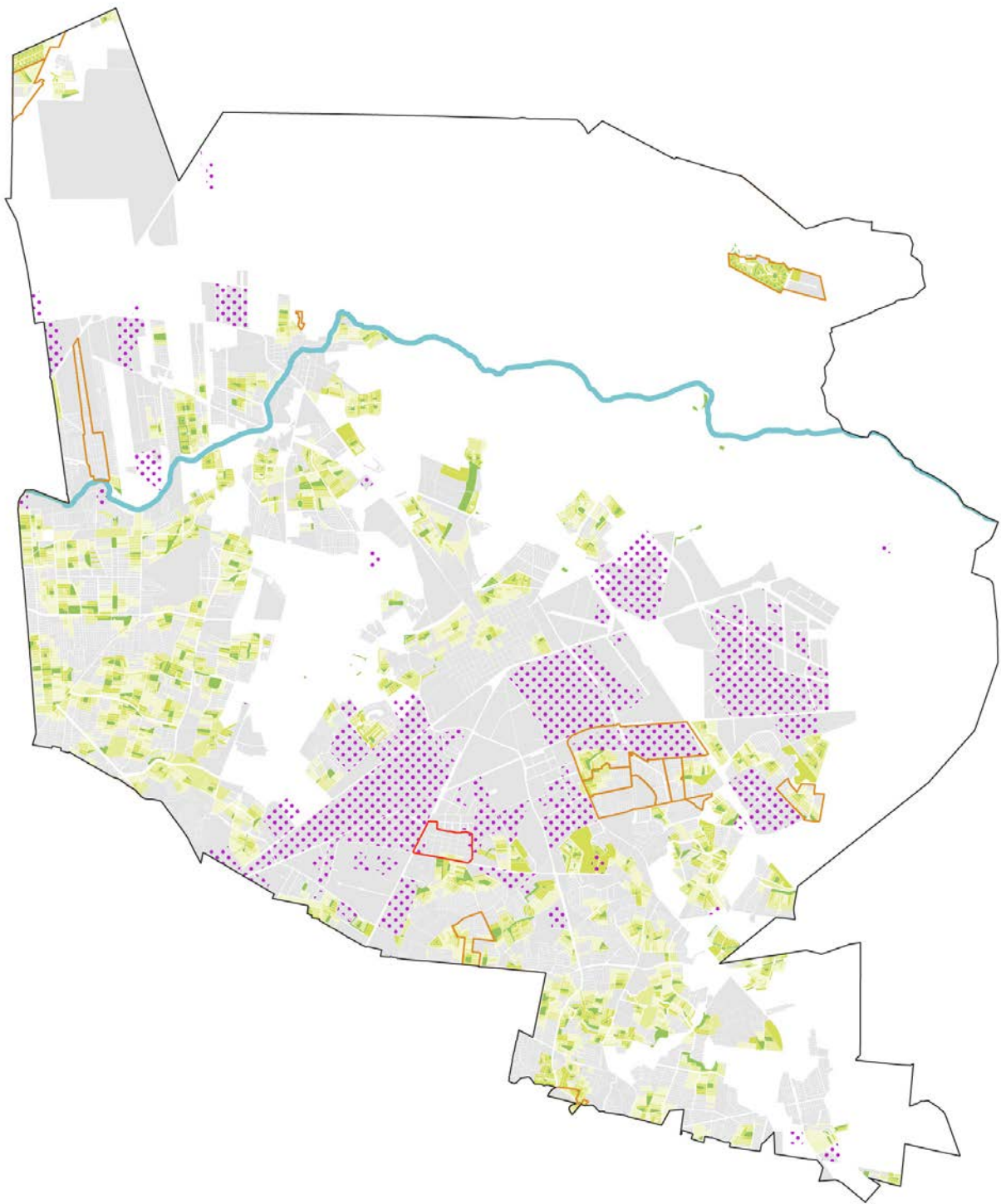
Análisis por municipio
Analysis by municipality

Apodaca

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

Figura 41. Municipio de Apodaca, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 41. Apodaca's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Cadereyta

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

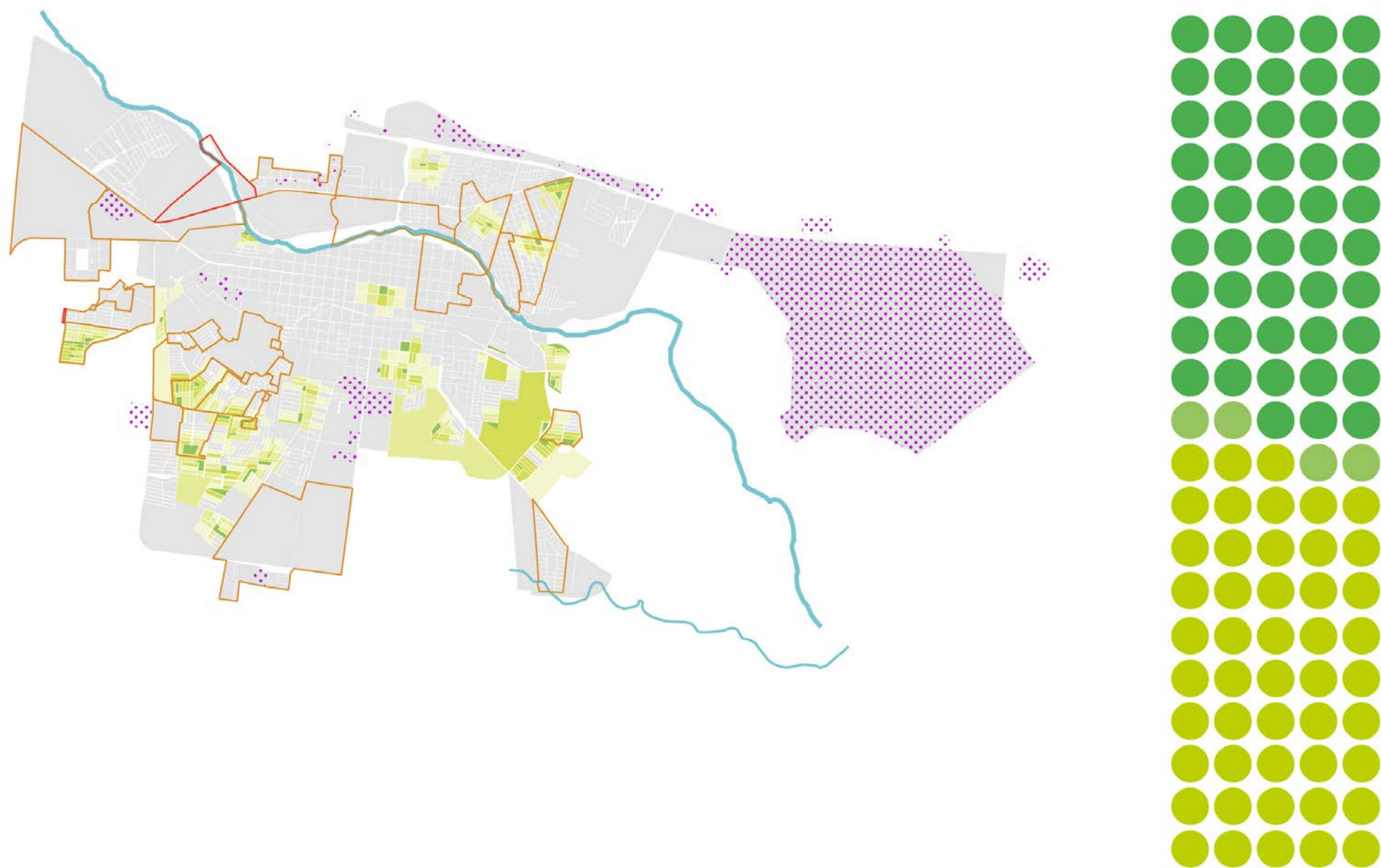
Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces

<100 m / < 100 m
100 < 200 m / 100 < 200 m

200 < 300 m / 200 < 300 m
Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ Blocks without access within 300 m

Alto / High

Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

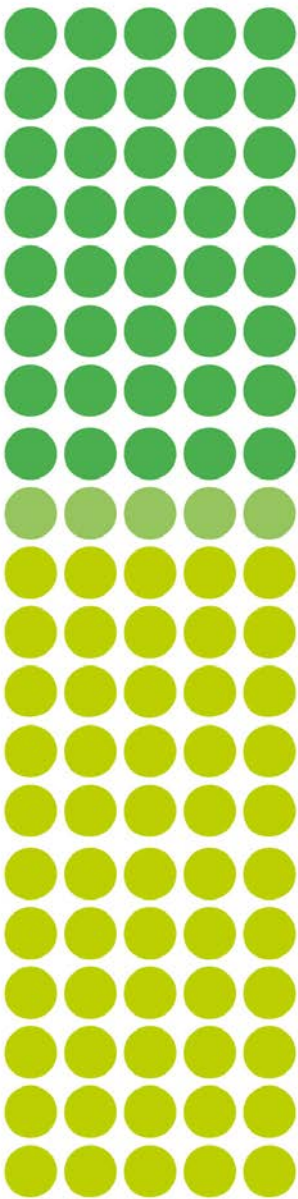
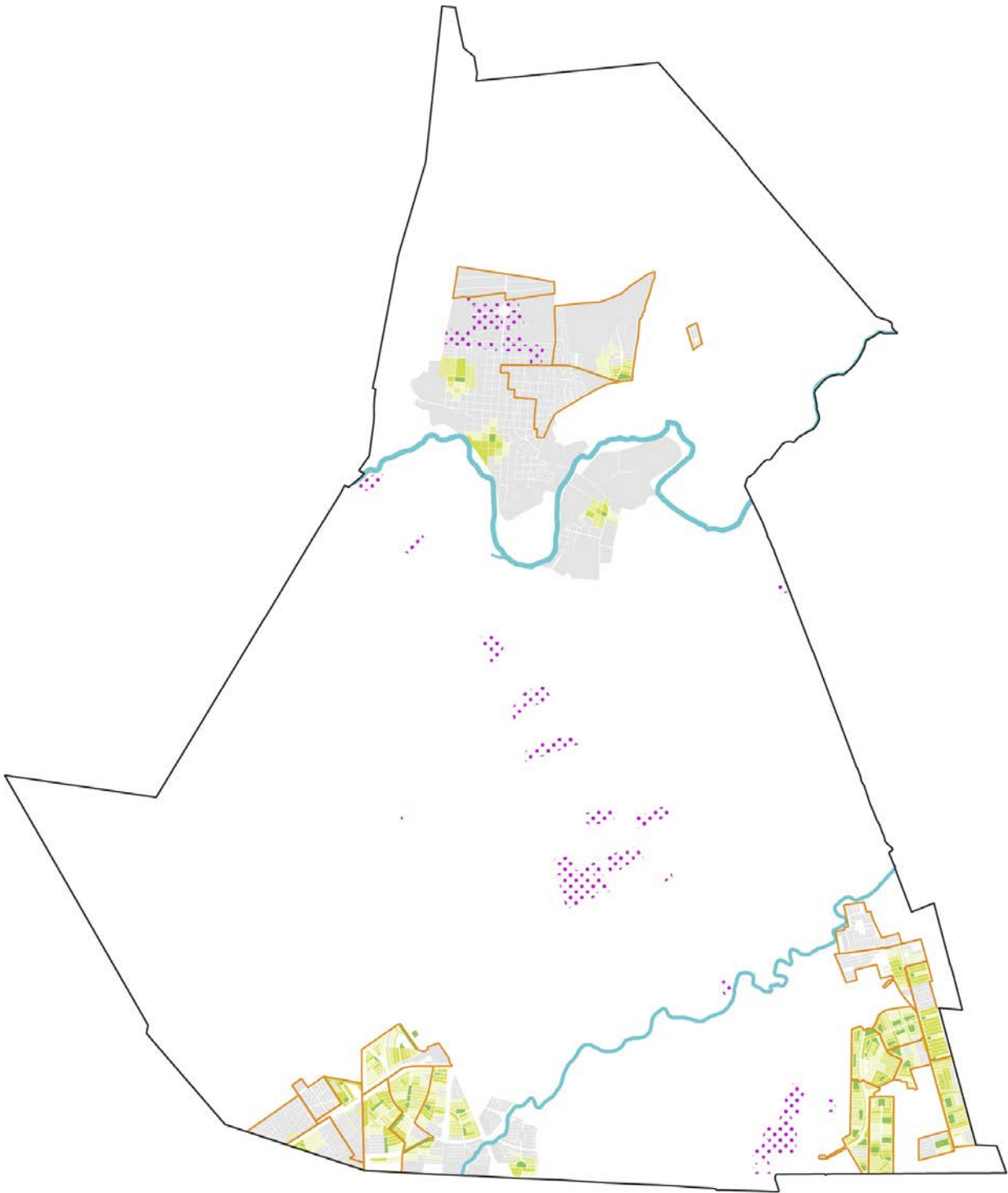
Figura 42. Municipio de Cadereyta, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
62 Figure 42. Cadereyta's, proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

El Carmen

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

Figura 43. Municipio El Carmen, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 43. El Carmen's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

García

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces

<100 m / < 100 m

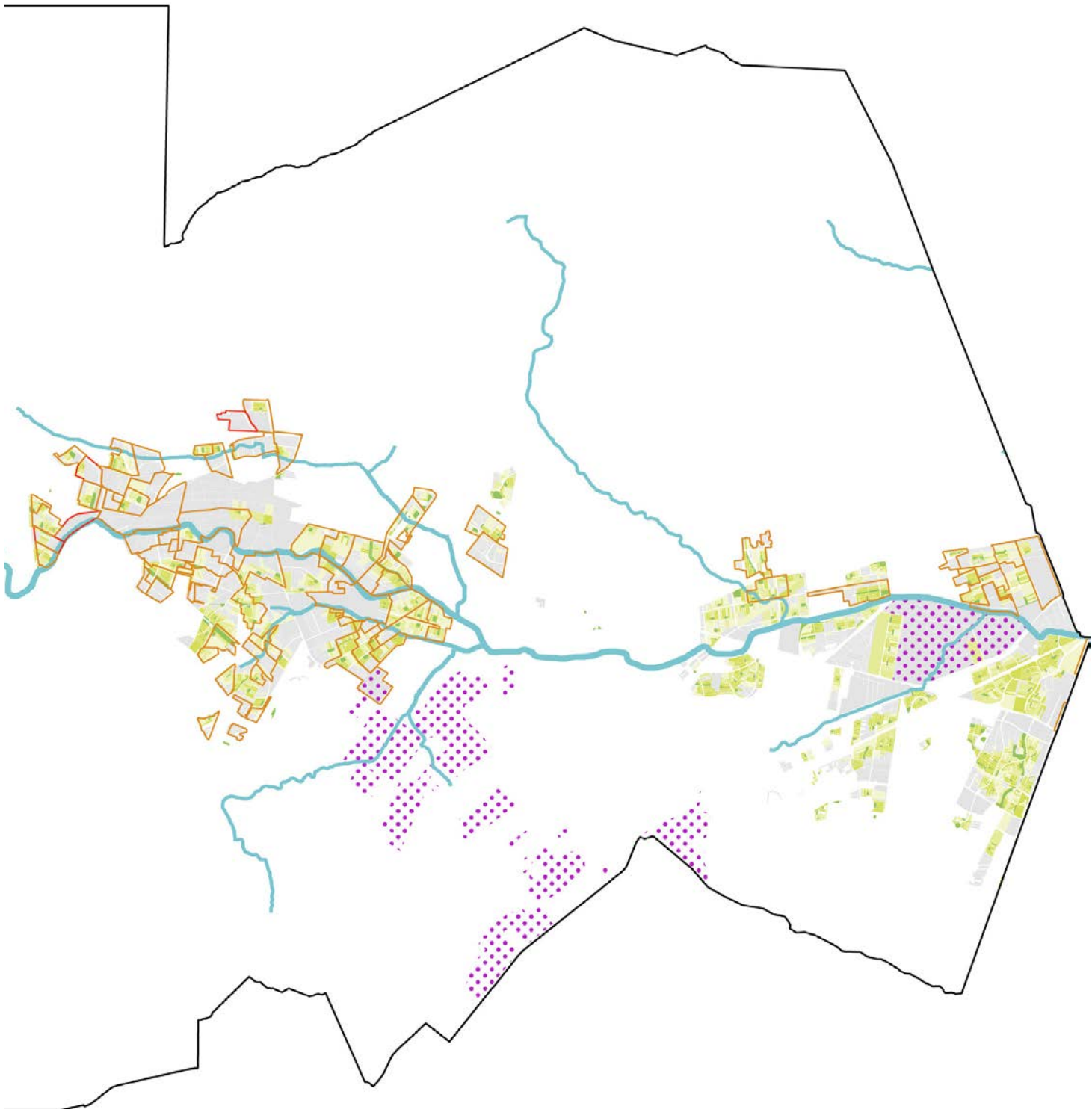
100 < 200 m / 100 < 200 m

Alto / High

200 < 300 m / 200 < 300 m

Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ Blocks without access within 300 m

Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

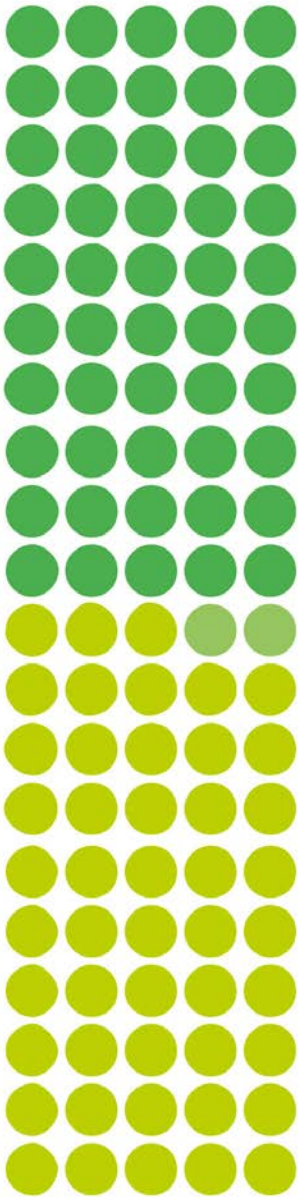
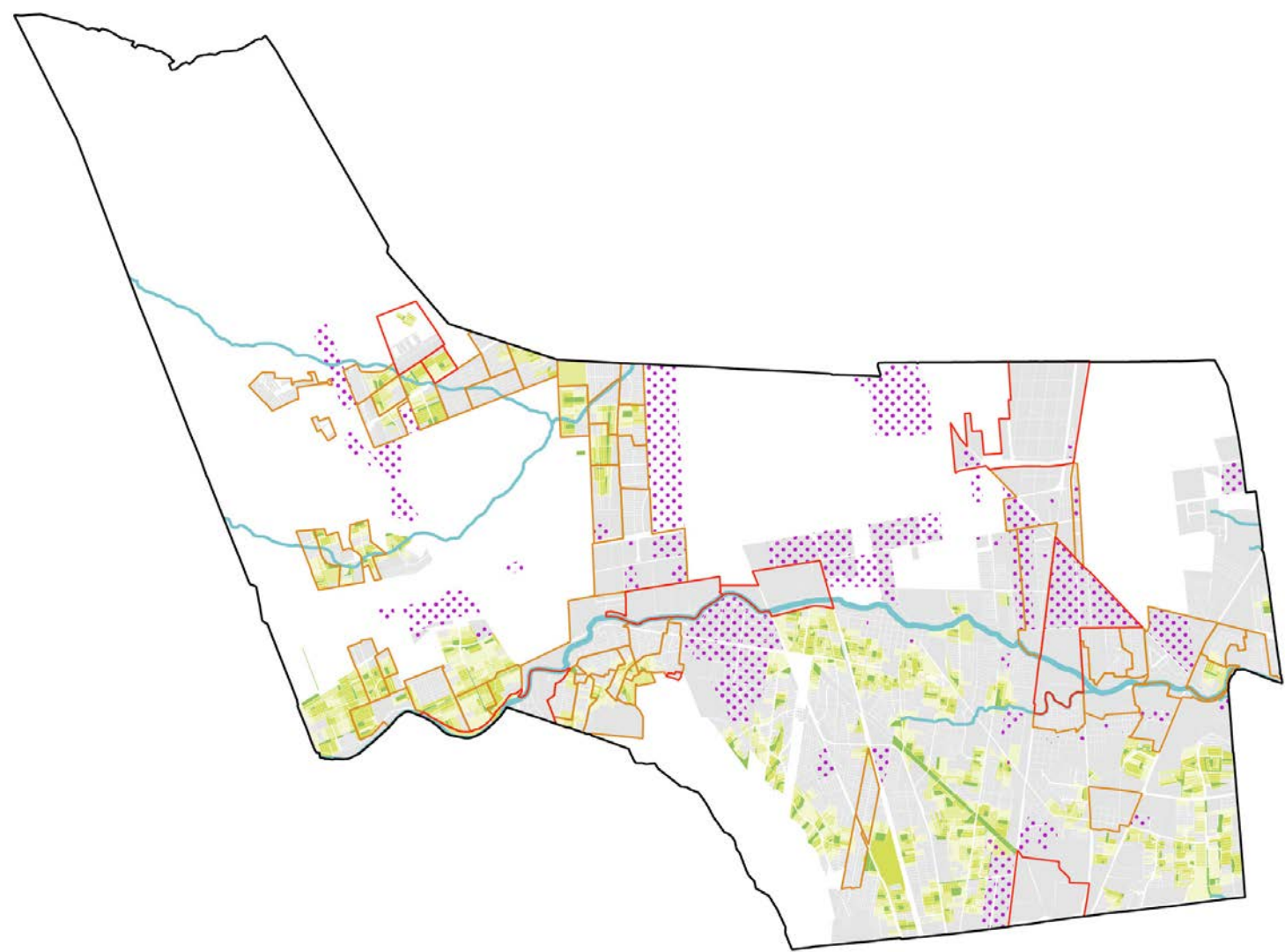
Figura 44. Municipio de García, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
64Figure 44. García's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

General Escobedo

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



- Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces
- Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts
- Jardines y Plazas
Gardens and squares
- Parques
Parks

Figura 45. Municipio de Escobedo, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 45. Escobedo´s proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Guadalupe

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

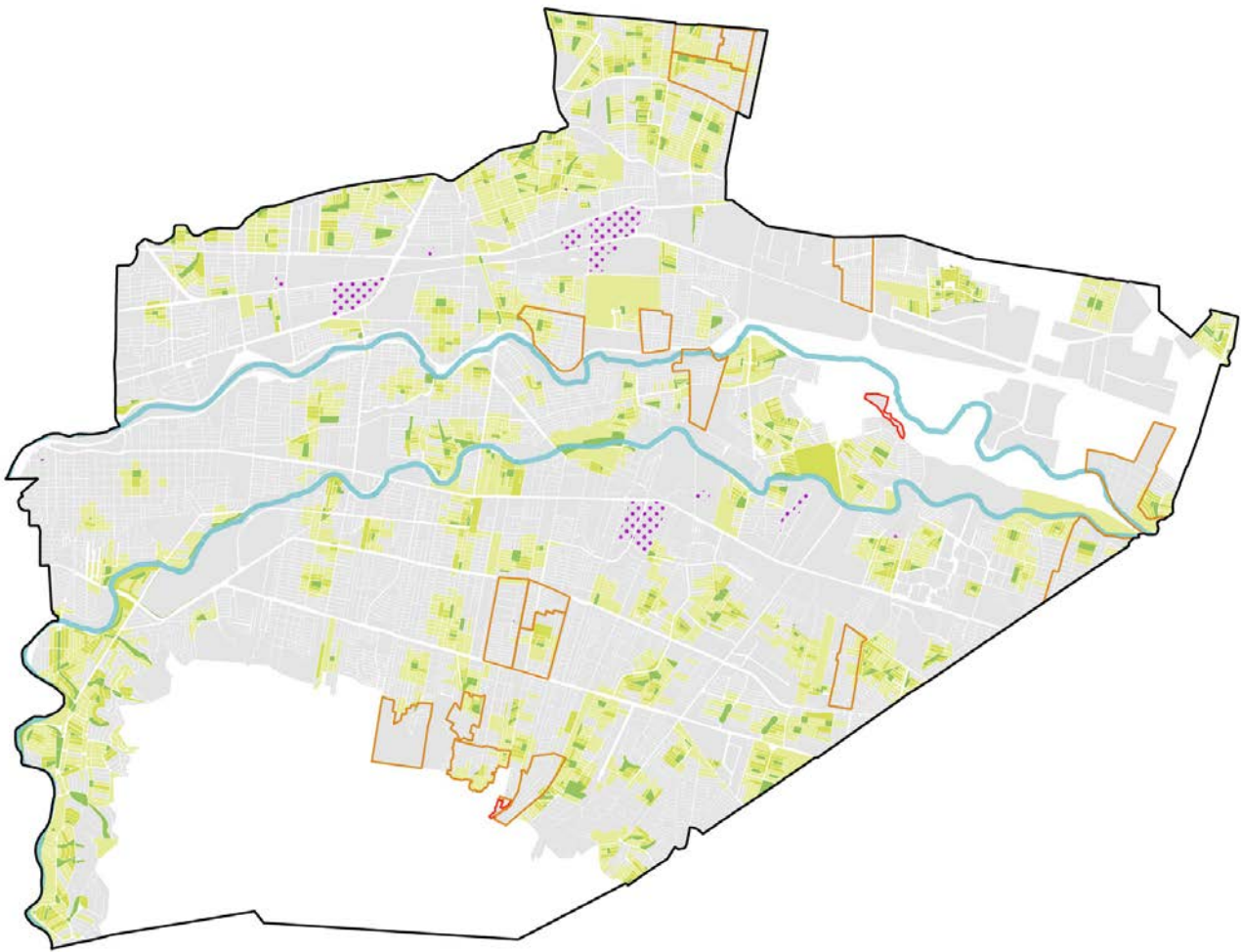
Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces

<100 m / < 100 m
100 < 200 m / 100 < 200 m

200 < 300 m / 200 < 300 m
Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ Blocks without access within 300 m

Alto / High

Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

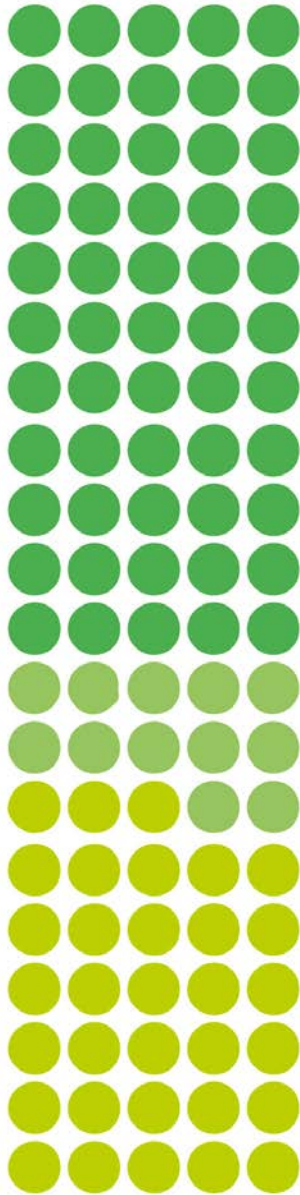
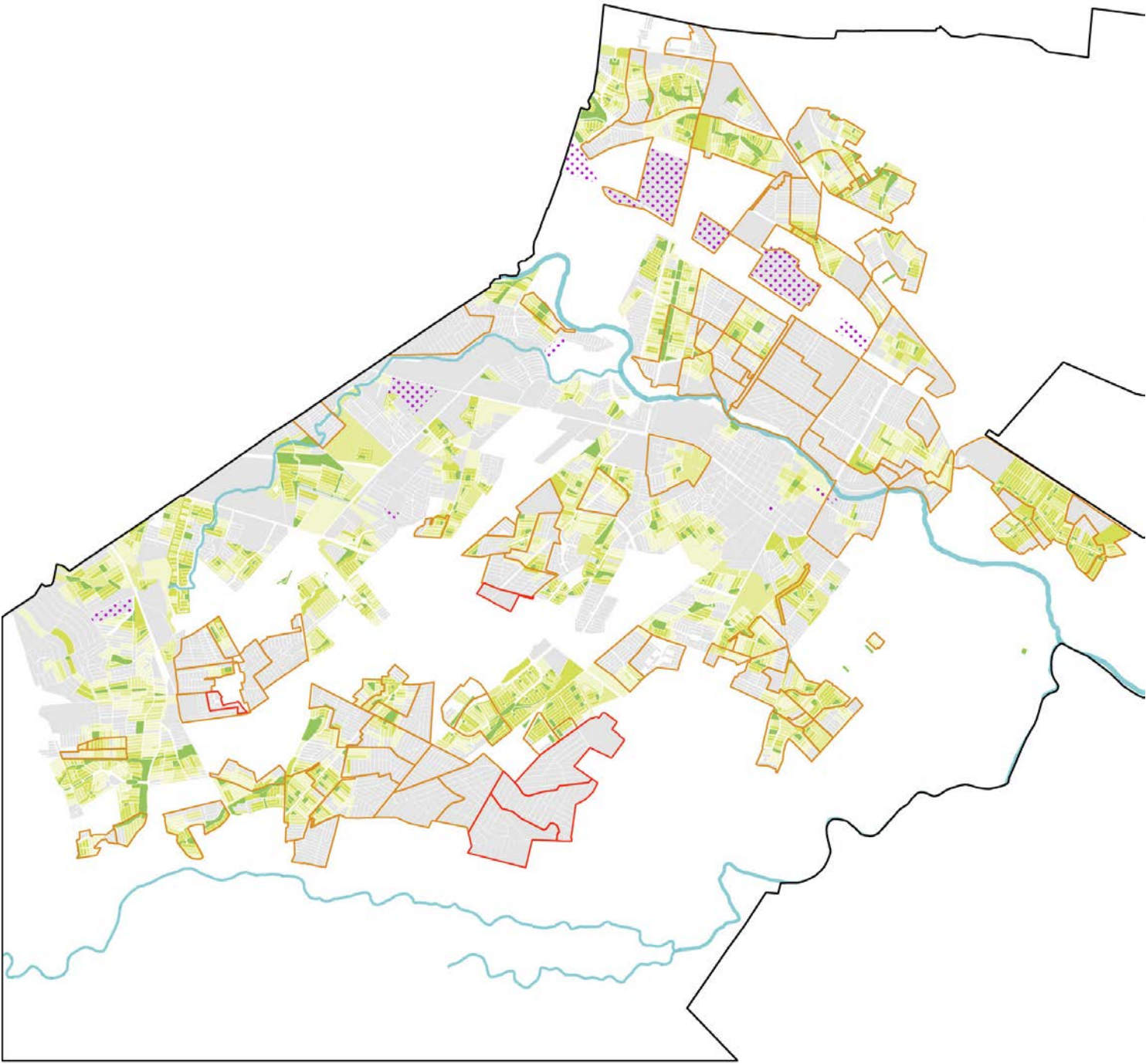
Figura 46. Municipio de Guadalupe, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
66 Figure 46. Guadalupe's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Juárez

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



- Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces
- Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts
- Jardines y Plazas
Gardens and squares
- Parques
Parks

Figura 47. Municipio de Juárez, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 47. Juárez's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

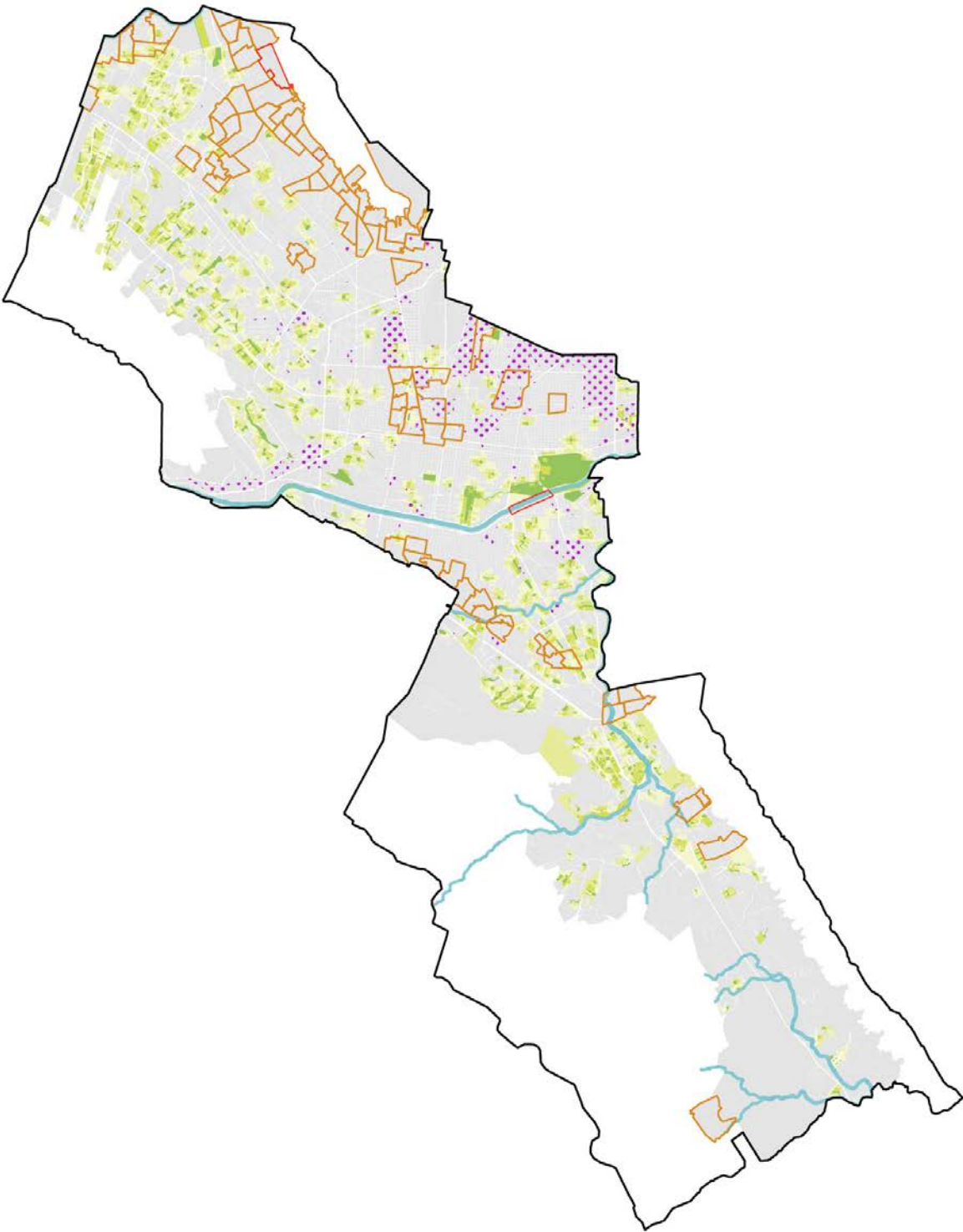
Monterrey

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

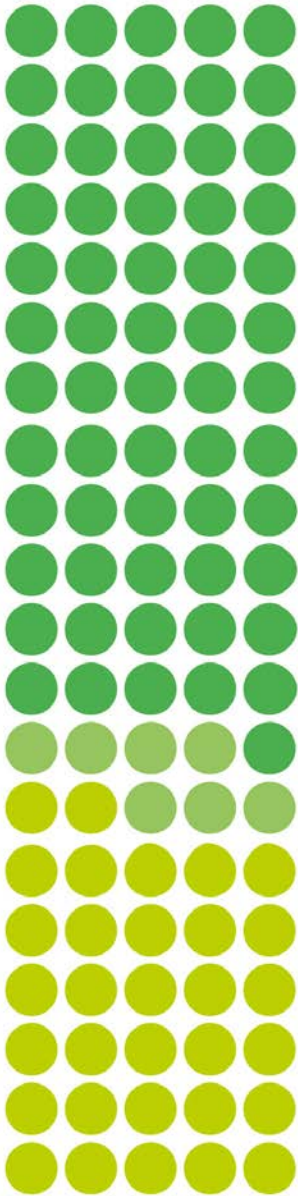
Grado de Marginación por AGEb (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- Alto / High

- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Medium / Medium



Proporción de Espacios Públicos Verdes



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

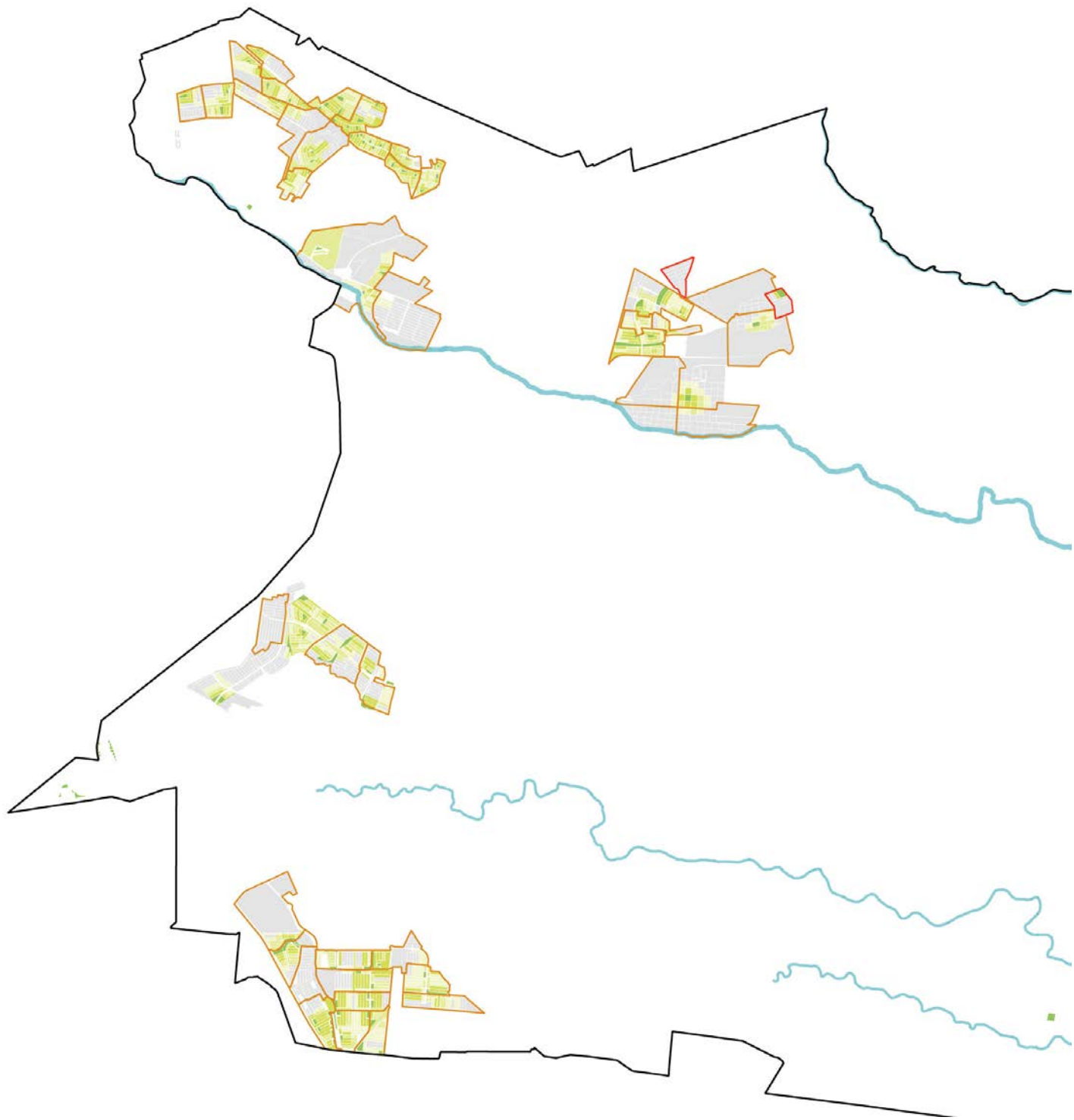
Figura 48. Municipio de Monterrey, proximidad al espacio público a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
68 Figure 48. Monterrey's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Pesquería

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

Figura 49. Municipio de Pesquería, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 49. Pesquería´s proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

San Nicolás de los Garza

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

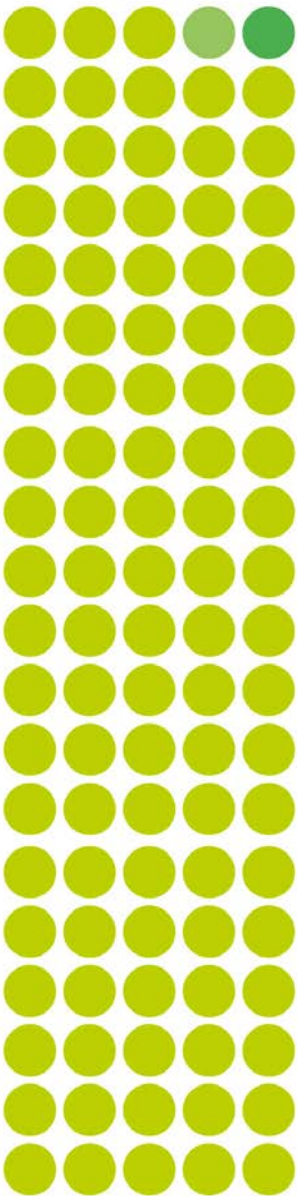
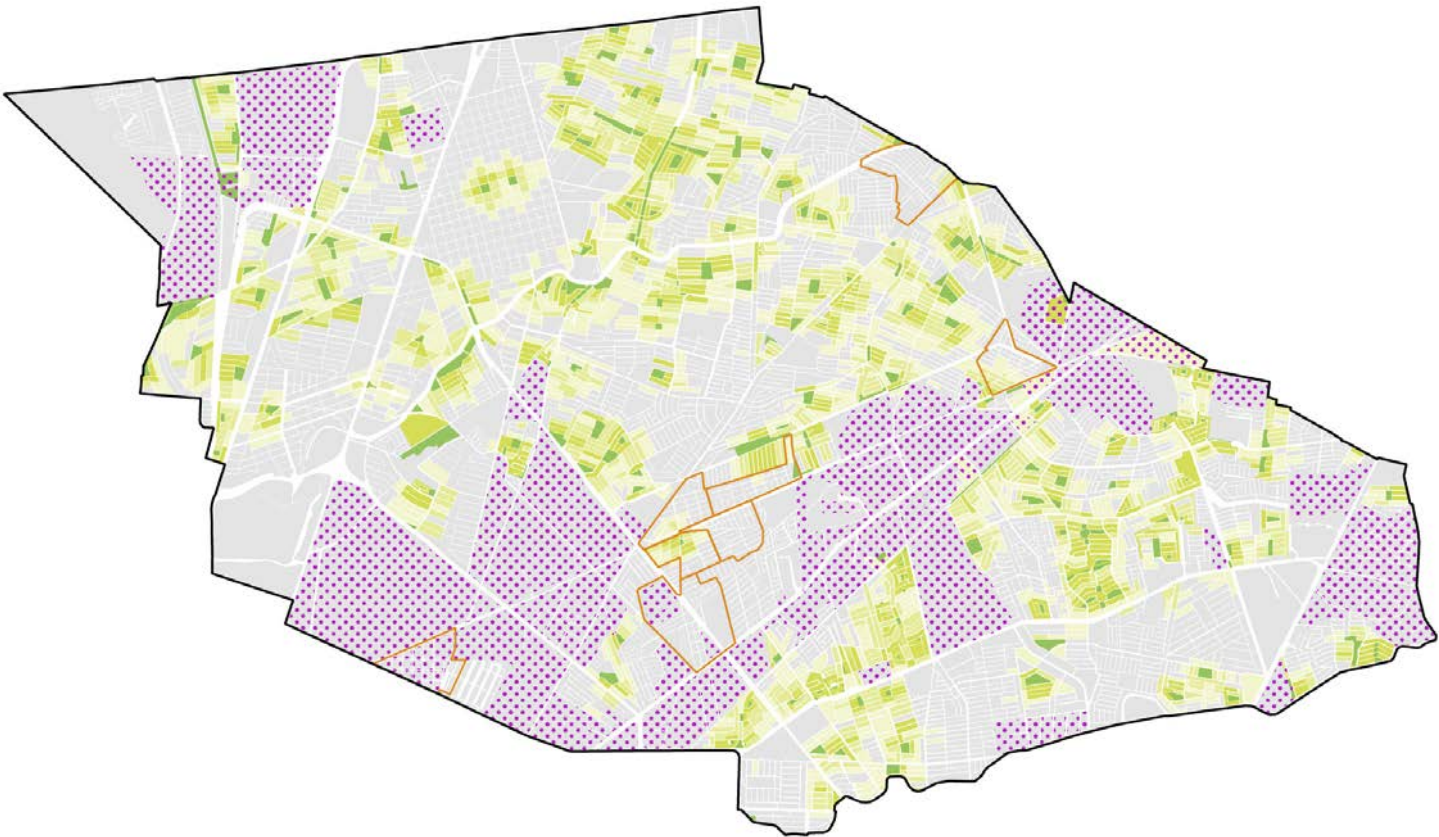
Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces

<100 m / < 100 m
100 < 200 m / 100 < 200 m

200 < 300 m / 200 < 300 m
Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ Blocks without access within 300 m

Alto / High

Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

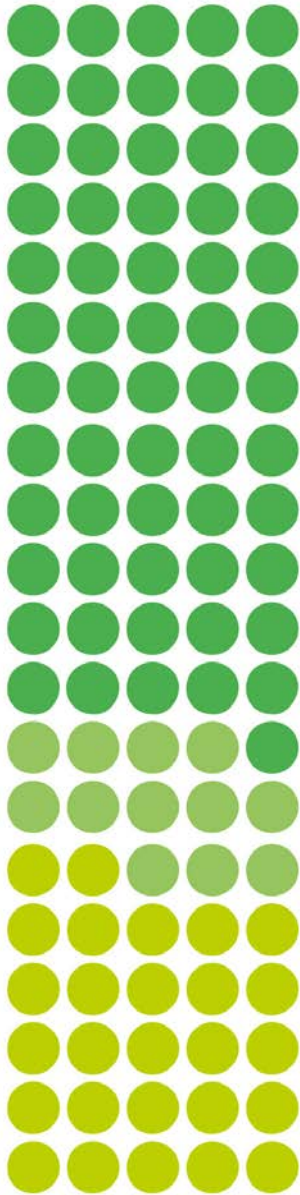
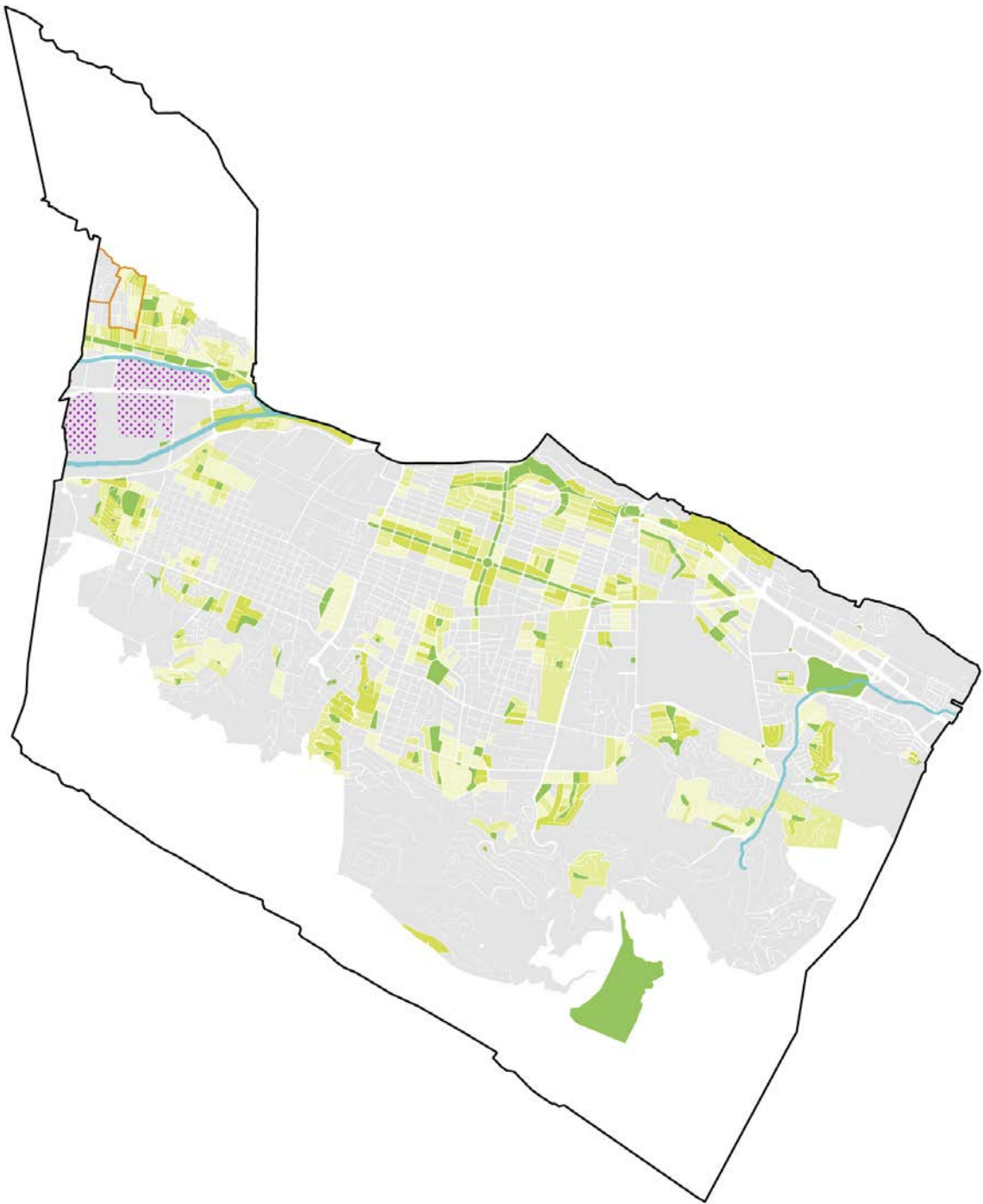
Figura 50. Municipio de San Nicolás, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
70 Figure 50. San Nicolas ´ proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

San Pedro Garza García

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m / Blocks without access within 300 m
- Alto / High
- Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

Figura 51. Municipio de San Pedro Garza García, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 51. San Pedro Garza García's proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Santa Catarina

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

Espacios Públicos Verdes / Green Public Spaces

<100 m / < 100 m

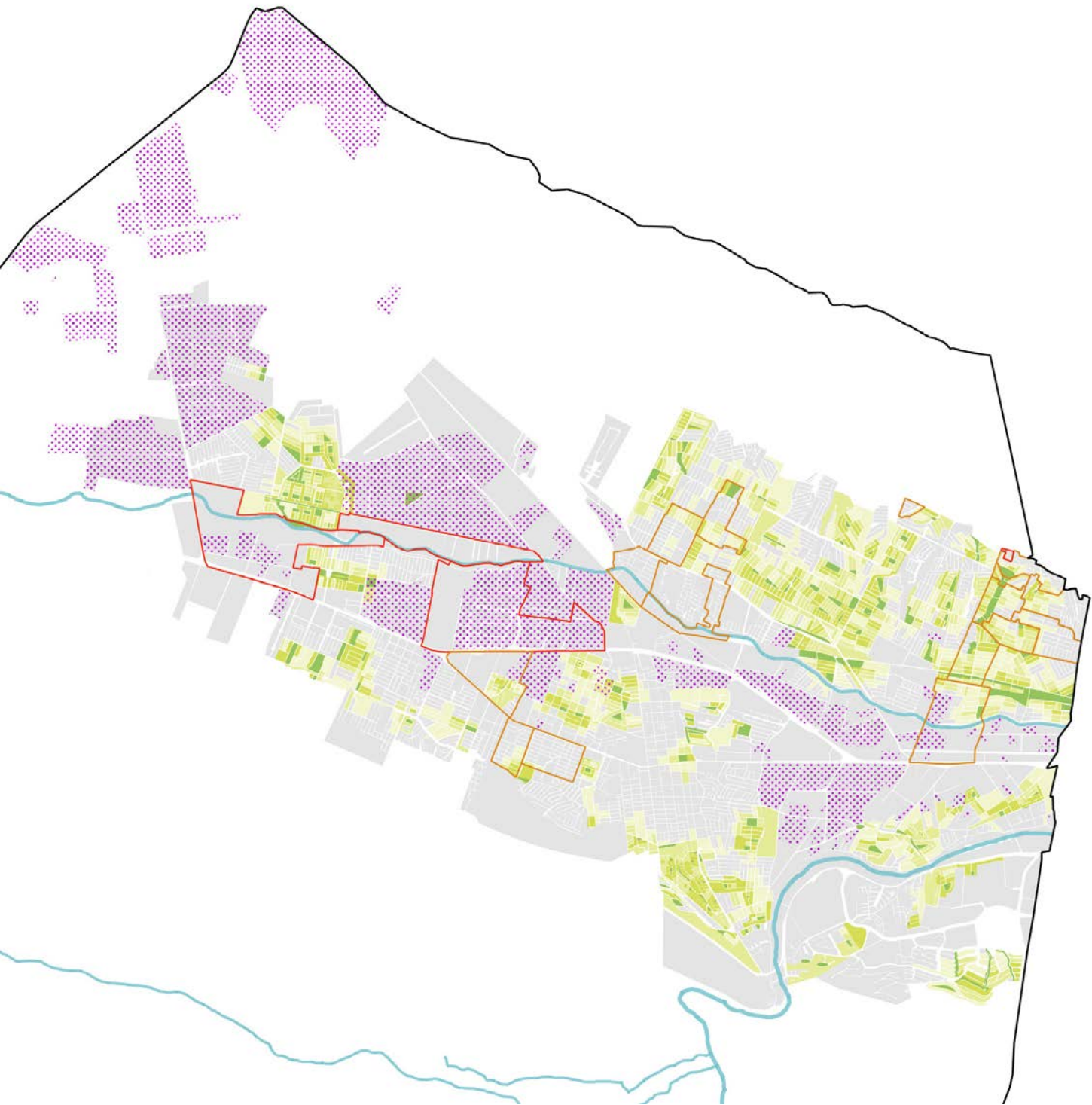
100 < 200 m / 100 < 200 m

Alto / High

200 < 300 m / 200 < 300 m

Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ Blocks without access within 300 m

Medium / Medium



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

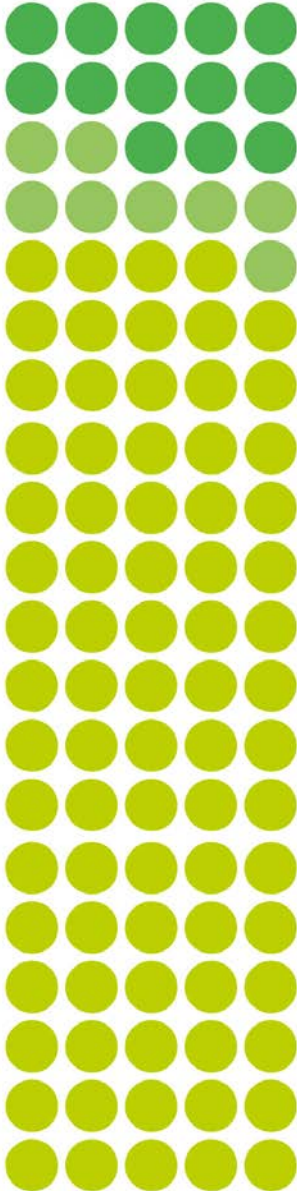
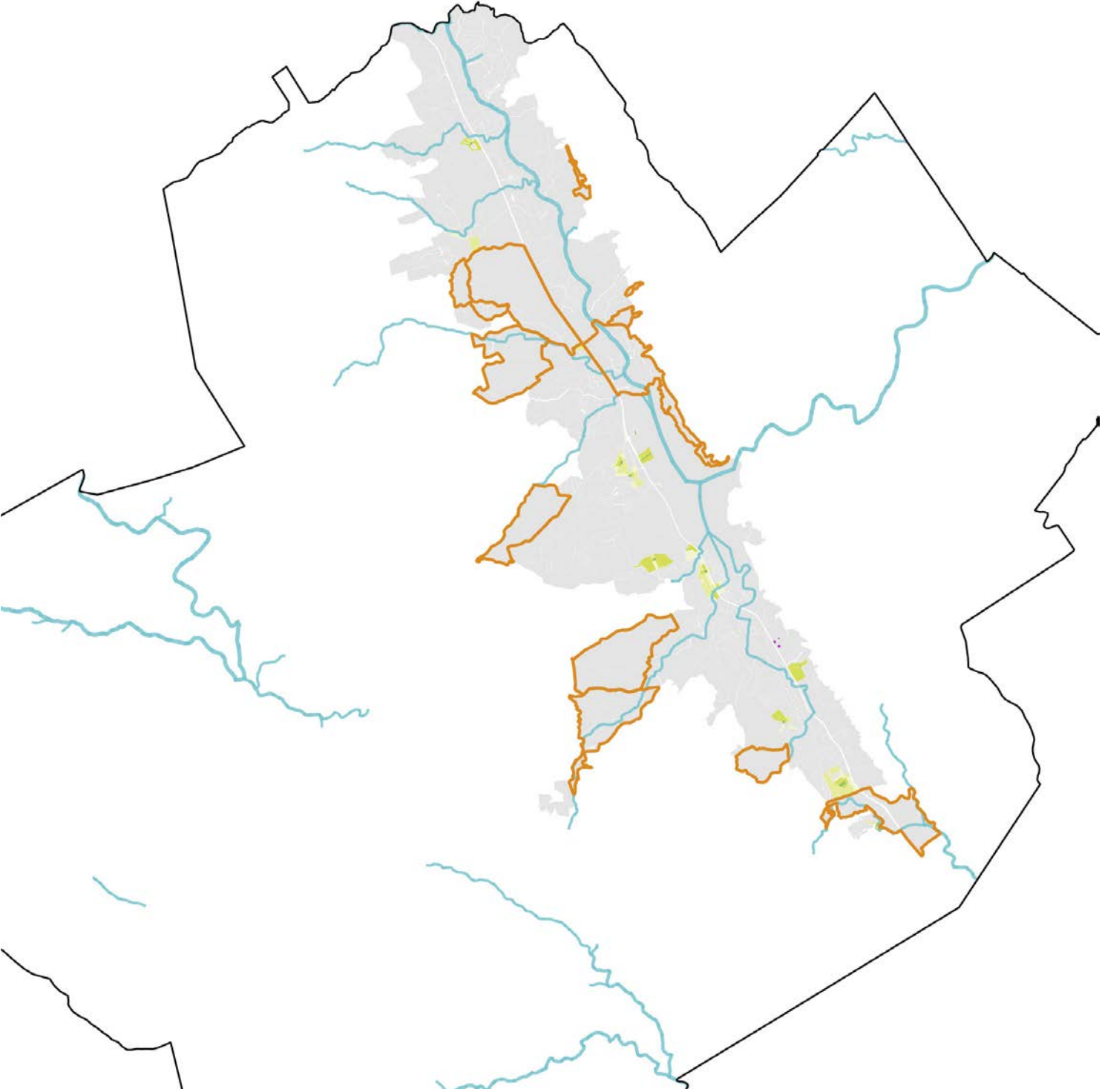
Figura 52. Municipio de Santa Catarina, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
72 Figure 52. Santa Catarina , proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Santiago

Manzanas con acceso a Espacios Públicos Verdes a:
Blocks with access to green public spaces within:

Grado de Marginación por AGEB (CONEVAL)
Social Lag Index (CONEVAL)

- Espacios Públicos Verdes / *Green Public Spaces*
- <100 m / < 100 m
- 100 < 200 m / 100 < 200 m
- 200 < 300 m / 200 < 300 m
- Manzanas sin acceso a menos de 300 m
/ *Blocks without access within 300 m*
- Alto / *High*
- Medium / *Medium*



Espacios Públicos Verdes
Public Green Spaces

Camellones y Rotondas
Medians and roundabouts

Jardines y Plazas
Gardens and squares

Parques
Parks

Figura 53. Municipio de Santiago, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).
Figure 53. Santiago proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).

Tener un acceso equitativo a espacios públicos verdes

El acceso justo y equitativo a espacios públicos verdes se ha convertido en un objetivo de política pública a nivel global. El objetivo de desarrollo sostenible 11.7 establece “De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles” (ONU: United Nations, 2022). Sin embargo, poblaciones marginalizadas comúnmente viven en comunidades con menor arborización. Según un estudio de Zhou (2021), las poblaciones urbanas socialmente vulneradas suelen vivir en las áreas más calientes de la ciudad con menos árboles, cuando una mejor distribución de árboles y áreas verdes reduciría la sensación de calor.

En el caso de la zona metropolitana de Monterrey (Figura 54), esto no es la excepción, 1.3 millones de personas viven en una condición de Rezago Social Media o Alta (26% de la población metropolitana) de acuerdo con el Grado de Rezago Social de CONEVAL (2020) . Tan solo el 40 % de la población que vive en esta condición tiene acceso a un espacio público verde a menos de 5 minutos caminando, mientras que este porcentaje asciende a un 45 % en el caso de la población con un Grado de Rezago Social Bajo (Tabla 5).

Si analizamos la situación en relación con los grupos de edad más vulnerables, resulta preocupante que solo el 44 % de las infancias que viven en una condición de rezago social medio-alto viven cerca de un espacio verde, aun cuando estos espacios son clave para el desarrollo de la primera infancia. Por otra parte, de los adultos mayores que viven en condiciones similares, solo el 20 % tiene acceso a un espacio público.

Tabla 5. Población en zonas con rezago medio - alto con acceso a un espacio verde público a menos de 300 metros.

Table 5. Population living in areas with medium – high lag with access to a green public space within 300 meters distance.

Municipio <i>Municipality</i>	Población con rezago Social <i>Population with Social Lag</i>			0 a 4 años <i>0 – 4 y/o</i>		65 años y más <i>65 y/o or older</i>	
	Total <i>Total</i>	Porcentaje con rezago Social medio-alto	% con acceso <i>% with access</i>	% población infantil con rezago social	% con acceso <i>% with access</i>	% población 65 y más con rezago social	% con acceso <i>% with access</i>
		<i>% with med-high social lag</i>		<i>% children with social Lag</i>		<i>% + 65 y/o with Social Lag</i>	
Santiago	5,603	12%	0%	18%	0%	8%	0%
Monterrey	272,551	24%	7%	33%	7%	17%	6%
San Nicolás de los Garza	25,717	6%	20%	9%	20%	6%	20%
Guadalupe	64,854	10%	22%	13%	22%	9%	23%
Apodaca	46,443	7%	37%	8%	41%	13%	25%
Escobedo	190,173	40%	38%	49%	41%	34%	24%
San Pedro Garza García	7,402	6%	43%	8%	43%	5%	43%
Santa Catarina	51,208	17%	44%	18%	43%	20%	47%
Juárez	209,425	44%	48%	51%	53%	48%	28%
García	199,718	50%	55%	57%	56%	49%	42%
Pesquería	120,079	81%	62%	87%	63%	93%	46%
Cadereyta	59,234	48%	65%	69%	70%	35%	34%
El Carmen	83,799	80%	68%	84%	71%	66%	45%
Total	1,336,206	26%	40%	36%	44%	16%	21%

To have an equal access to green public spaces

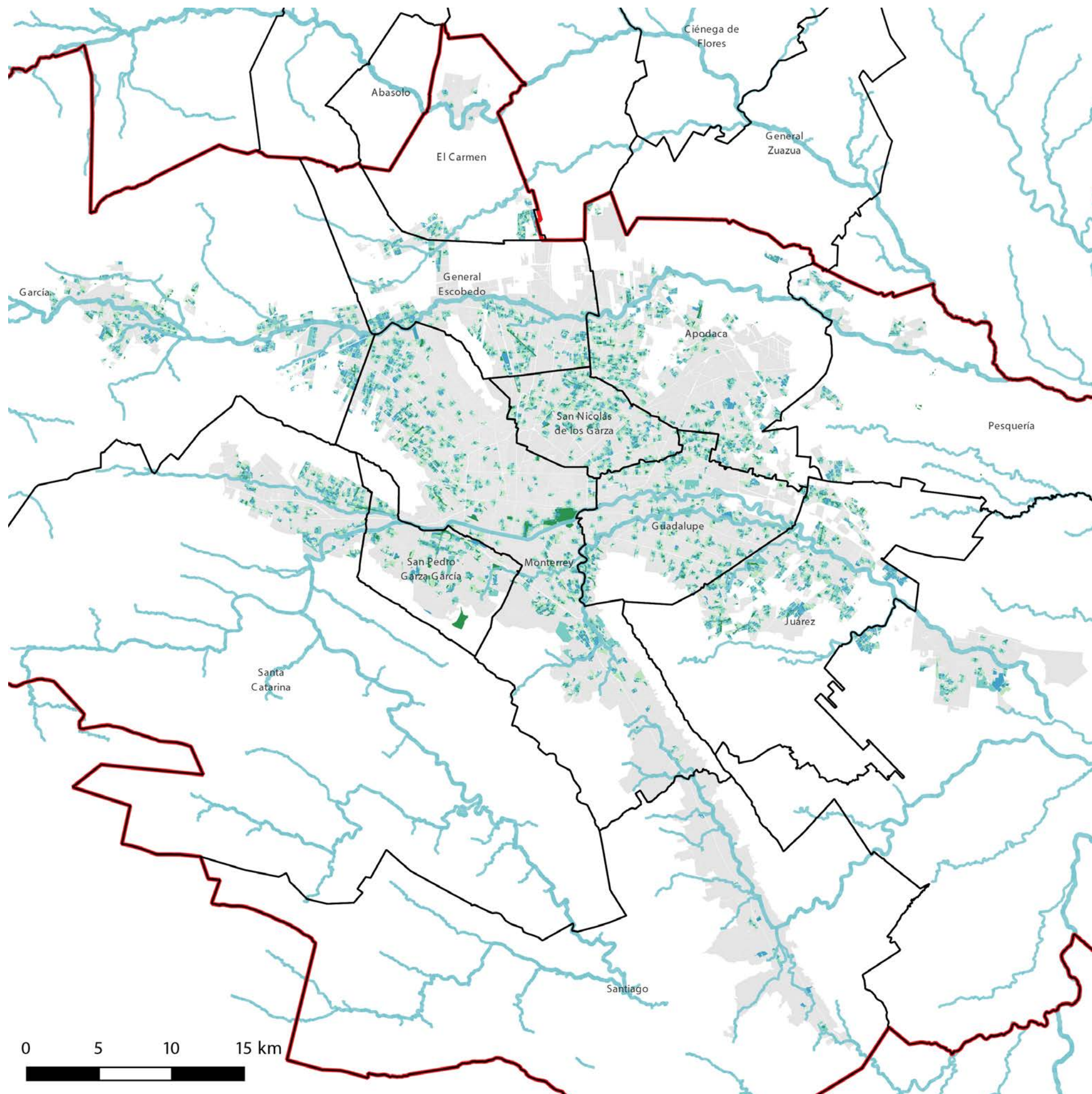
Fair and equitable access to green public spaces has become a global public policy goal. Sustainable Development Goal 11.7 establishes, “By 2030, provide universal access to safe, inclusive, and accessible green and public spaces” (United Nations, 2022). However, marginalized populations often live in communities with fewer trees. According to a study by Zhou (2021), socially vulnerable urban populations tend to live in the city’s hottest areas with fewer trees. In contrast, a better distribution of trees and green spaces would reduce the sensation of heat.

In the case of the Monterrey metropolitan zone (Figure 54), this is no exception. 1.3 million people live in Medium or High Social Lag (26% of the metropolitan population), according to the Social Lag Index by CONEVAL (2020). Only 40% of the population in this condition has access to a public green space within a 5-minute walk, while this percentage rises to 45% for the population with a Low Social Lag Index (Table 5).

Suppose we analyze the situation concerning the most vulnerable age groups. In that case, it is concerning that only 44% of children living in medium-high social lag conditions live near a green space, even though these spaces are crucial for early childhood development. On the other hand, only 20% of older adults living in similar conditions have access to a public green space.

Figura 54. Metrópoli de Monterrey, proximidad a espacios públicos a menos de 300 metros caminando (5 minutos caminando).

Figure 54. Monterrey’s metropoli, proximity to public spaces within 300 meters walking (5 minutes walking).



Conclusiones del análisis de proximidad

Este análisis revela la falta de áreas verdes, lo cual afecta la calidad de vida de los habitantes en la zona metropolitana de Monterrey. A continuación, se presentan propuestas para las zonas con menor cobertura de áreas verdes. Estos ejemplos se podrán ver más adelante en el reporte:

Creación de nuevos parques: Convertir terrenos vacíos en espacios recreativos.

Revitalización de espacios existentes: Mejorar parques y plazas actuales.

Proyectos de jardines comunitarios: Fomentar la participación ciudadana en jardines locales.

Conexiones verdes: Desarrollar corredores que conecten diferentes áreas verdes.

Zonas de recreación en nuevas urbanizaciones: Incluir espacios verdes en desarrollos urbanos.

Programas de educación ambiental: Implementar iniciativas educativas sobre áreas verdes.

Espacios multifuncionales: Diseñar áreas que ofrezcan diversas actividades.

Políticas de incentivos: Crear incentivos para fomentar la creación de áreas verdes.

Evaluación continua y participación ciudadana: Realizar evaluaciones periódicas y promover la participación local.

Colaboraciones intermunicipales: Fomentar la cooperación entre municipios para el desarrollo de áreas verdes.

Proximity analysis conclusion

This analysis reveals the lack of green spaces, which affects the quality of life for residents in the Monterrey metropolitan area. Below are proposals for areas with the least coverage of green spaces. These examples will be detailed later in the report:

Creation of new parks: *Convert vacant lots into recreational spaces.*

Revitalization of existing spaces: *Improve current parks and plazas.*

Community garden projects: *Encourage citizen participation in local gardens.*

Green connections: *Develop corridors that link different green areas.*

Recreational areas in new developments: *Include green spaces in urban developments.*

Environmental education programs: *Implement educational initiatives about green spaces.*

Multifunctional spaces: *Design areas that offer diverse activities.*

Incentive policies: *Create incentives to encourage the development of green spaces.*

Ongoing evaluation and citizen participation: *Conduct periodic assessments and promote local involvement.*

Intermunicipal collaborations: *Foster cooperation between municipalities for green space development.*

03

Entorno urbano

Urban landscape

Monterrey contemporáneo

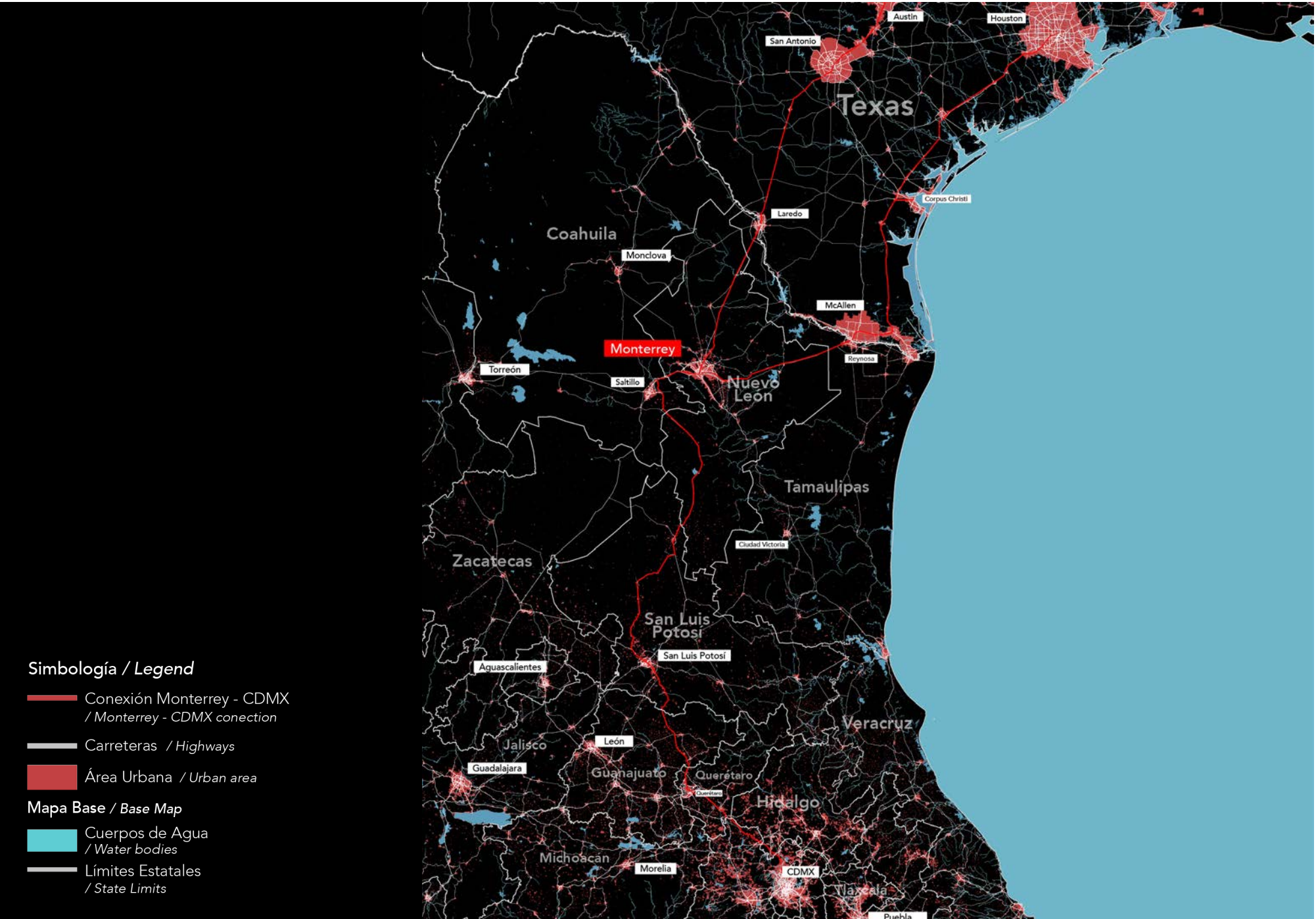
La ubicación estratégica de Monterrey, a 225 kilómetros de la frontera con Estados Unidos y a 300 kilómetros del Golfo de México, posiciona a la ciudad como enlace entre la Ciudad de México, el Bajío y Estados Unidos. Esta ubicación estratégica posiciona a la zona metropolitana de Monterrey como un eslabón clave para el nearshoring (Figura 55). Este nuevo auge industrial no solo representa una gran oportunidad de crecimiento económico, además demanda la adopción de un nuevo modelo de ciudad regenerativa que asegure un futuro sustentable.

Contemporary Monterrey

Monterrey's strategic location, 225 kilometers from the border with the United States and 300 kilometers from the Gulf of Mexico, positions the city as a link between Mexico City, the Bajío and the United States. This strategic location positions the Monterrey's Metropolitan Area as a key link for nearshoring (Figura 55). This new industrial boom not only represents an excellent opportunity for economic growth, but also demands adopting a new regenerative city model that ensures a sustainable future.

Figura 55. Conectividad de Monterrey.

Figure 55. Monterrey's conectivity.



Historia

El área metropolitana de Monterrey (AMM) se estableció estratégicamente en un valle rodeado de montañas y ríos, elementos que desempeñaron un papel crucial en su desarrollo inicial. Las corrientes fluviales poco profundas del río Santa Catarina y el arroyo Santa Lucía proporcionaban suficiente agua para el riego de huertas y labores agrícolas. Además, la Sierra Madre Oriental ofrecía abundante madera, mientras que, hacia el sureste, sus alrededores brindaban buenos pastizales. Estos recursos naturales eran suficientes para sostener a una población de 3,334 habitantes en 1753 (Vizcaya, 2006).

A partir de mediados del siglo XIX, Monterrey comenzó a transformarse con la aparición de nuevas fuentes de desarrollo que definirían la ciudad en el siglo XX. Este proceso se inició con la fundación de la primera fábrica de textiles,"La Fama", y continuó con el establecimiento de industrias siderúrgicas, cerveceras, de bebidas gaseosas y cementeras alrededor de 1940 (Morado Morena, 2003). Estos desarrollos industriales sentaron las bases para construir una metrópolis, entre 1960 y 1970, integró poblacionalmente a los municipios periféricos de Monterrey (Alanís Flores, 2005). Así, la industria aprovechó la riqueza natural del AMM, consolidando su desarrollo económico y atrayendo inversión al estado.

Sin embargo, este crecimiento industrial trajo consigo una desatención de los ecosistemas naturales. El rápido aumento de la población, la transformación tecnológica, y los cambios en las relaciones laborales y sociales, junto con la pavimentación y la construcción masiva, borrarón casi por completo la presencia de la naturaleza, dejándola solo en fragmentos. La ciudad y sus habitantes experimentaron cambios drásticos que, si bien han proporcionado estabilidad económica, también han creado una fragilidad climática (Abalerón-Vélez et al., 2014). Esta vulnerabilidad puede compararse metafóricamente con las plantas: aquellas que crecen rápidamente son las más débiles y vulnerables.

En las últimas décadas, el cambio climático y la alteración de los ecosistemas han incrementado la vulnerabilidad del AMM ante desastres por fenómenos naturales. Las temperaturas extremas y la escasez de agua son problemas crecientes, pero la amenaza más notoria son los huracanes. Eventos como el Huracán Alex en 2010 y el reciente Huracán Alberto han demostrado que ignorar la integración del ecosistema en la planificación urbana puede resultar más perjudicial que beneficioso. Estos desastres han revelado que el desarrollo sostenible debe equilibrar el progreso económico con la preservación ambiental, para garantizar un futuro más seguro y resiliente en Monterrey.

History

The Metropolitan area of Monterrey (AMM) was strategically established in a valley surrounded by mountains and rivers, elements that played a crucial role in its initial development. The shallow streams of the Santa Catarina River and the Santa Lucía Creek provided sufficient water for irrigating orchards and agricultural activities. Additionally, the Sierra Madre Oriental offered abundant timber, while the southeastern areas provided good pastures. These natural resources were sufficient to sustain a population of 3,334 inhabitants in 1753 (Vizcaya, 2006).

Starting in the mid-19th century, Monterrey began to transform with the emergence of new sources of development that would define the city in the 20th century. The transformation began with the establishment of the first textile factory, "La Fama," and continued with the development of steel, brewery, soft drink, and cement industries around 1940 (Macias, 2003). These industrial developments laid the groundwork for building a metropolis between 1960 and 1970 and integrated the surrounding municipalities into Monterrey (Alanís Flores, 2005). Thus, the industry capitalized on the natural wealth of the AMM, consolidating its economic development and attracting investment to the state.

However, this industrial growth brought with it a gradual detachment from natural ecosystems. The rapid population increase, technological transformation, and changes in labor and social relations, along with extensive paving and construction, nearly erased the presence of nature, leaving it fragmented. The city and its inhabitants experienced drastic changes that, while providing economic stability, also created climatic fragility (Abalerón-Vélez, 2014). This induced vulnerability can be metaphorically compared to plants: those overgrowing are often the weakest and most vulnerable.

In recent decades, climate change and the alteration of ecosystems have increased the AMM's vulnerability to natural disasters. Extreme temperatures and water scarcity are growing problems, but the most notable threat comes from hurricanes. Events such as Hurricane Alex in 2010 and the recent Hurricane Alberto have shown that neglecting ecosystem integration in urban planning can be more detrimental than beneficial. These disasters have revealed that sustainable development must balance economic progress with environmental preservation to ensure Monterrey's safer and more resilient future.

Crecimiento

La Ciudad de Monterrey ha seguido un modelo de ciudad expansiva donde entre 1970 y 1980 hubo un crecimiento considerable derivado del rápido desarrollo económico de la ciudad, el cual se estabilizó por un par de décadas (Tabla 6). A partir del año 2000 comenzó un crecimiento exponencial y desordenado, donde la superficie urbana creció casi 3 veces, mientras que la población apenas se ha duplicado en los últimos 30 años (Ponce y Lozano, 2021), lo que implica una pérdida de densidad y una ciudad ineficiente (Figura 56).

Growth

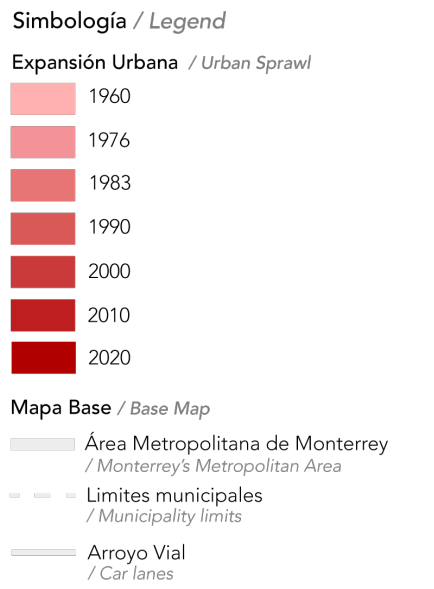
The City of Monterrey followed an expansive city model with considerable growth between 1970 and 1980, which was derived from the city's rapid economic development, which stabilized for a couple of decades (Table 6). From the year 2000, exponential and disorderly growth began, where the urban surface grew almost 3 times, while the population has barely doubled in the last 30 years (Ponce & Lozano, 2021), which implies a loss of density and an inefficient city (Figure 56).

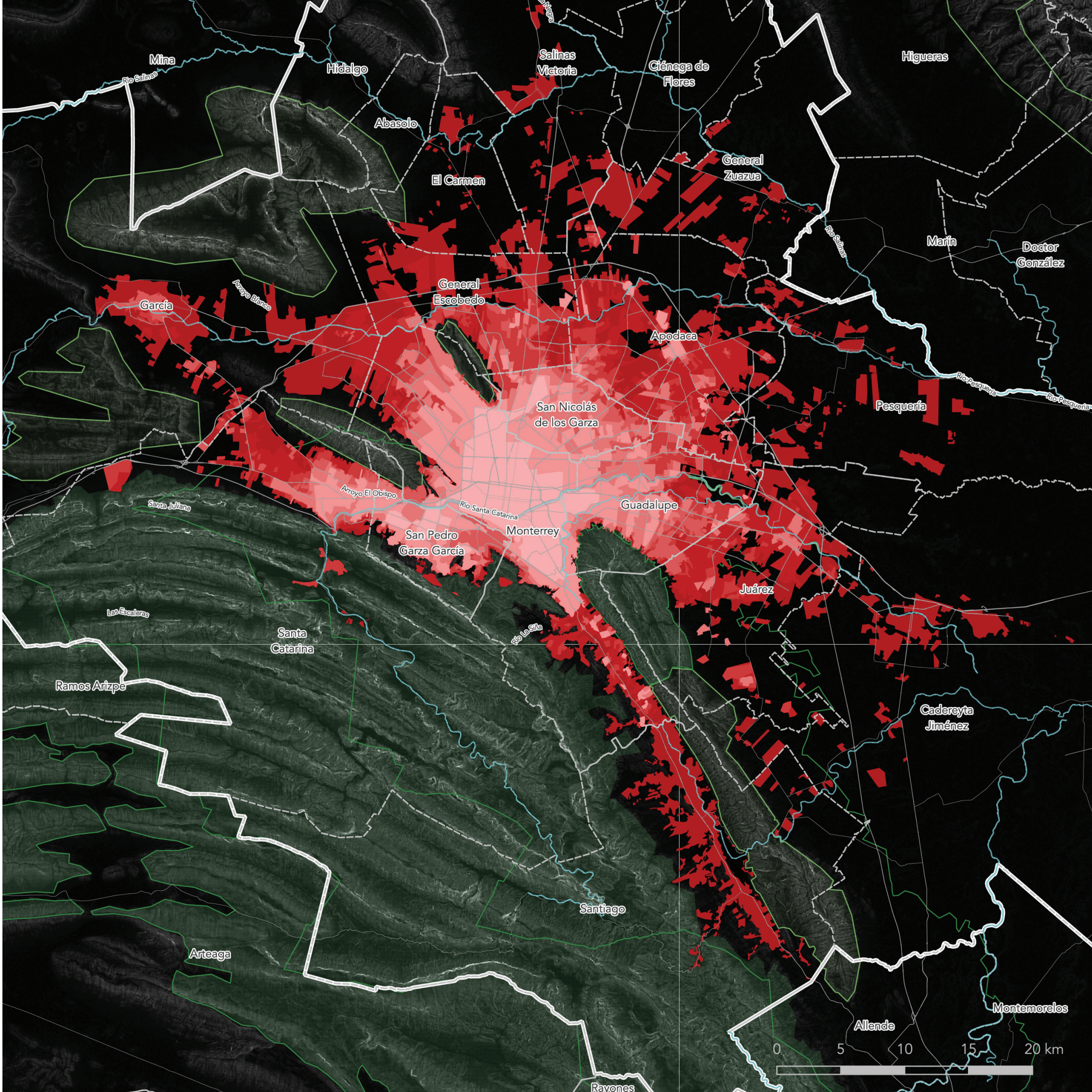
Figura 56. Crecimiento del área metropolitana de Monterrey. Datos de Información de la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Nuevo León (2018) y, Ramírez y Alanís (2020).
Figure 56. Urban expansion of Monterrey metropolitan area.

Tabla 6. Crecimiento de la mancha urbana y poblacional de la zona metropolitana de Monterrey.
Table 6. Growth of the population and urban soil of Monterrey metropolitan area.

Año	Superficie urbana	Crecimiento porcentual de la superficie	Población Total	Crecimiento poblacional
Year	Urban Surface (ha)	Percentage Growth of the surface	Total Population	Population Growth (%)
1960	7,781 ha	-	695,504	-
1970	13,193 ha	70%	1,232,043	77%
1980	29,734 ha	125%	1,988,012	61%
1990	30,761 ha	3%	2,573,527	29%
2000	39,744 ha	29%	3,243,466	26%
2010	58,973 ha	48%	3,930,388	21%
2020	84,596 ha	43%	4,643,232	18%

Elaboración propia con datos de la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Nuevo León (2018), Carpio et al. (2021), Global Human Settlement Layer y Consejo Nuevo León (2023).





Densidad

Entre 1960 y 1970 la densidad se mantuvo estable hasta 1980 donde hubo un decremento del 28.4% que se recuperó parcialmente para 1990 (Tabla 7). En las últimas décadas la densidad poblacional ha decaído, provocando serios problemas en su eficiencia en cuanto a movilidad, provisión de servicios públicos y áreas verdes, sumado a una dinámica urbana que expulsa a la población a las periferias mientras los centros de empleo y educación se quedan en el centro.

Este crecimiento desordenado ha propiciado retos en la accesibilidad a espacios públicos verdes y sus beneficios, como se presentó en el capítulo 2.5. De acuerdo a Haaland & van den Bosch (2015) la densificación y el crecimiento de la mancha urbana comúnmente resultan en la pérdida y fragmentación de la naturaleza urbana como se observa en la figura 57, donde las zonas más densas y en la mayoría de los casos las zonas industriales, no cumplen con el 30% de cobertura

Density

Between 1960 and 1970, the population density remained stable until 1980, when there was a 28.4% decrease, partially recovered by 1990 (Table 7). In recent decades, population density has declined, causing severe issues regarding mobility efficiency, provision of public services, and green areas. Gentrification is compounded by an urban dynamic that pushes the population to the outskirts while employment and education centers remain in the city center.

This disorderly growth has created challenges in access to public green spaces and their benefits, as discussed in Chapter 2.5. According to Haaland & van den Bosch (2015), densification and urban sprawl often result in the loss and fragmentation of urban nature, as seen in figure 57, where the densest areas, and in most cases, the industrial zones, do not meet the 30% vegetation coverage requirement.

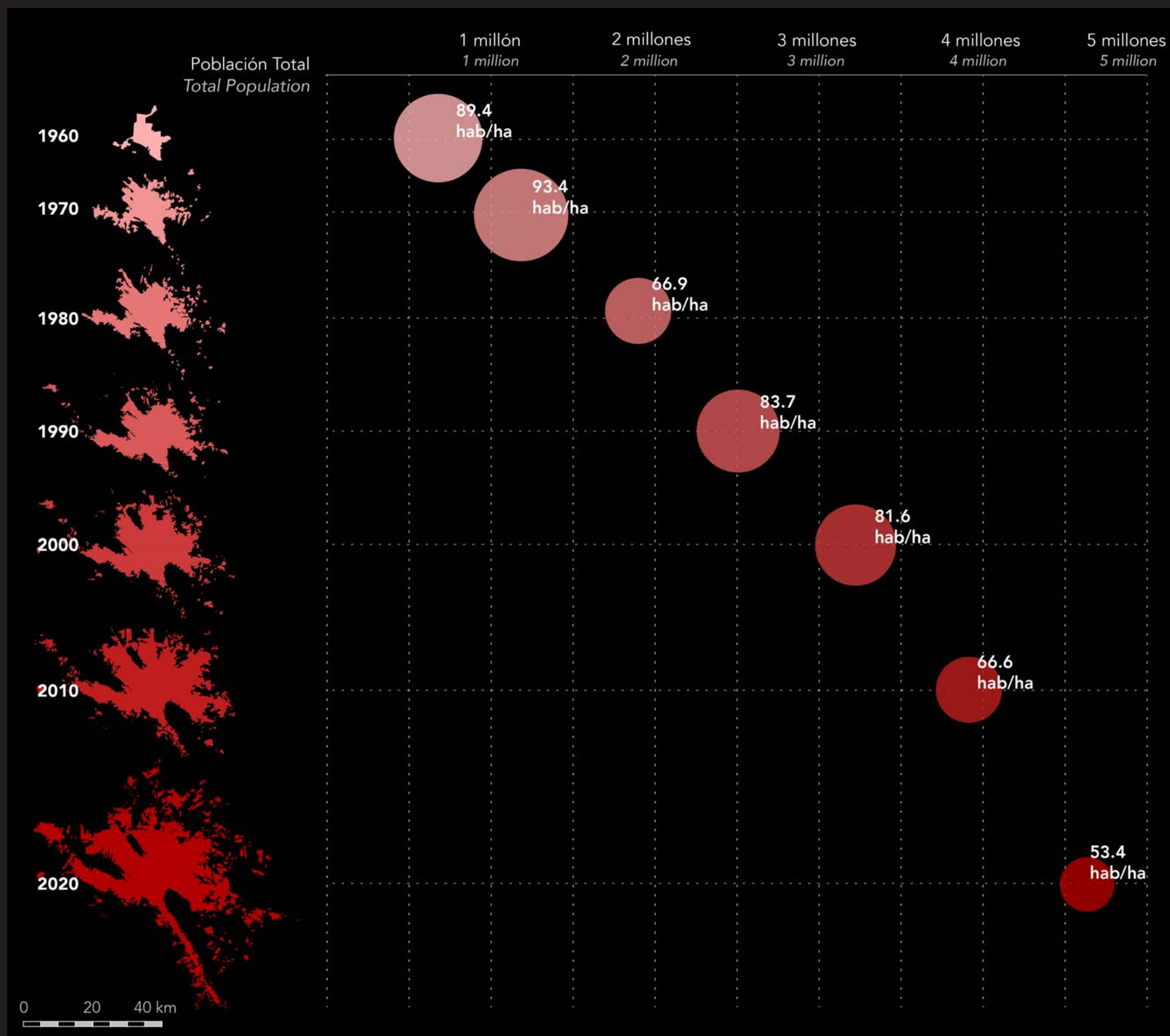
Figura 57. Densidad urbana histórica del área metropolitana de Monterrey.

Figure 57. Historic urban density of Monterrey metropolitan area .

Tabla 7. Dinámicas de crecimiento y densidad de la zona metropolitana de Monterrey.

Table 7. Growth and density dynamics of Monterrey’s metropoli.

Año	Superficie urbana	Población Total	Densidad hab/ha	Variacion en densidad urbana
Year	Urban Surface (ha)	Total Population	Density hab/ha	Changes in urban density
1960	7,781	695,504	89.4	
1970	13,193	1,232,043	93.4	4.5%
1980	29,734	1,988,012	66.9	-28.4%
1990	30,761	2,573,527	83.7	25.1%
2000	39,744	3,243,466	81.6	-2.4%
2010	58,973	3,930,388	66.6	-18.3%
2020	84,596	4,643,232	54.9	-17.6%



Distribución de la densidad habitacional, porcentaje de áreas verdes y las zonas industriales

El análisis de la relación entre densidad poblacional y cobertura de áreas verdes en el área metropolitana de Monterrey (Figura 58) evidencia una tensión clave en la planificación urbana: la coexistencia entre urbanización y las áreas naturales. Las zonas de baja densidad (1-50 hab/ha), coinciden con un mayor porcentaje de cobertura verde (50-100 %), lo que destaca cómo las zonas con mayor número de habitantes tienen menos acceso a áreas verdes.

Por otro lado, las zonas industriales presentan un porcentaje de áreas verdes prácticamente nulo o en los rangos más bajos (30-50 %), reflejando un modelo de ocupación del suelo donde las actividades económicas predominan sobre la preservación de espacios verdes.

Distribution of population density, percentage of natural area and industry zones

Analyzing the relationship between population density and green area coverage in the Monterrey metropolitan area (Figure 58) highlights a key tension in urban planning: the coexistence between urbanization and natural areas. Low-density zones (1-50 inhab/ha), coincide with a higher percentage of green coverage (50-100%), highlighting how zones with higher population numbers have less access to green areas.

On the other hand, industrial zones present a percentage of green areas practically null or in the lowest ranges (30-50%), reflecting a land occupation model where economic activities predominate over preserving of green spaces.

Figura 58. Relación entre densidad, provisión de áreas naturales y ubicación de la industria del área metropolitana de Monterrey.
Figure 58. Relationship between density, provision of natural areas and industrial zones of Monterrey metropolitan area .

Simbología / Legend

 Industria / Industry

Porcentaje de área natural / Percentage of natural area

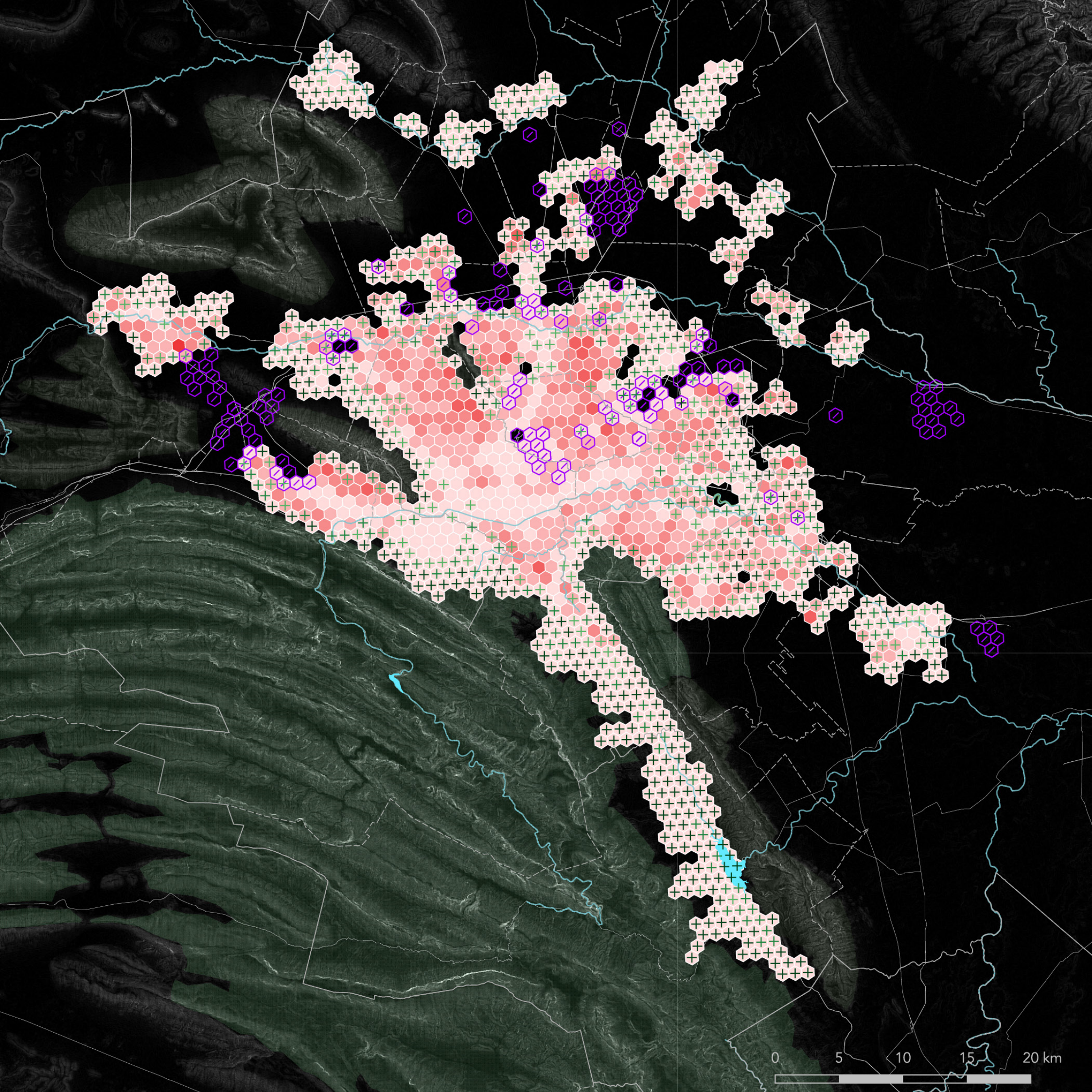
-  30 - 50 %
-  50 - 75 %
-  75 - 100 %

Densidad / Density

-  1 - 50 Hab/Ha
-  50 - 100 Hab/Ha
-  100 - 150 Hab/Ha
-  150 - 200 Hab/Ha
-  200 - 216 Hab/Ha

Mapa Base / Base Map

-  Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
-  Limites municipales / Municipality limits



Crecimiento urbano vs. espacios verdes públicos

En el transcurso de los años, la metrópoli de Monterrey ha experimentado un rápido crecimiento en cuanto al número de habitantes y al área urbana. Sin embargo, este crecimiento no se ha reflejado de manera acelerada en los espacios públicos verdes. Según la figura 59, en 1960 se contaba con 11.1 metros cuadrados de espacios verdes por habitante, pero esta cifra ha disminuido con el paso del tiempo, llegando a un promedio de 7.6 metros cuadrados por habitante en 2020.

Aunque reconocemos que cada ciudad tiene sus propias características y desafíos específicos, es importante destacar que Monterrey tiene significativamente menos espacios públicos verdes en comparación con otras ciudades similares (Figura 39). Es crucial abordar esta situación para mejorar la calidad de vida de los habitantes y garantizar un entorno urbano sostenible a largo plazo (Van den Bosch, 2016).

Es fundamental que las autoridades locales tomen medidas efectivas para aumentar la cantidad de áreas verdes accesibles para todos los residentes. El desarrollo sostenible y el bienestar ciudadano deben ser prioridades en la planificación urbana futura. Solo a través del compromiso y la colaboración entre el gobierno, las empresas y la comunidad se podrá revertir esta tendencia preocupante y crear un entorno más saludable y equitativo para todos los habitantes de Monterrey.

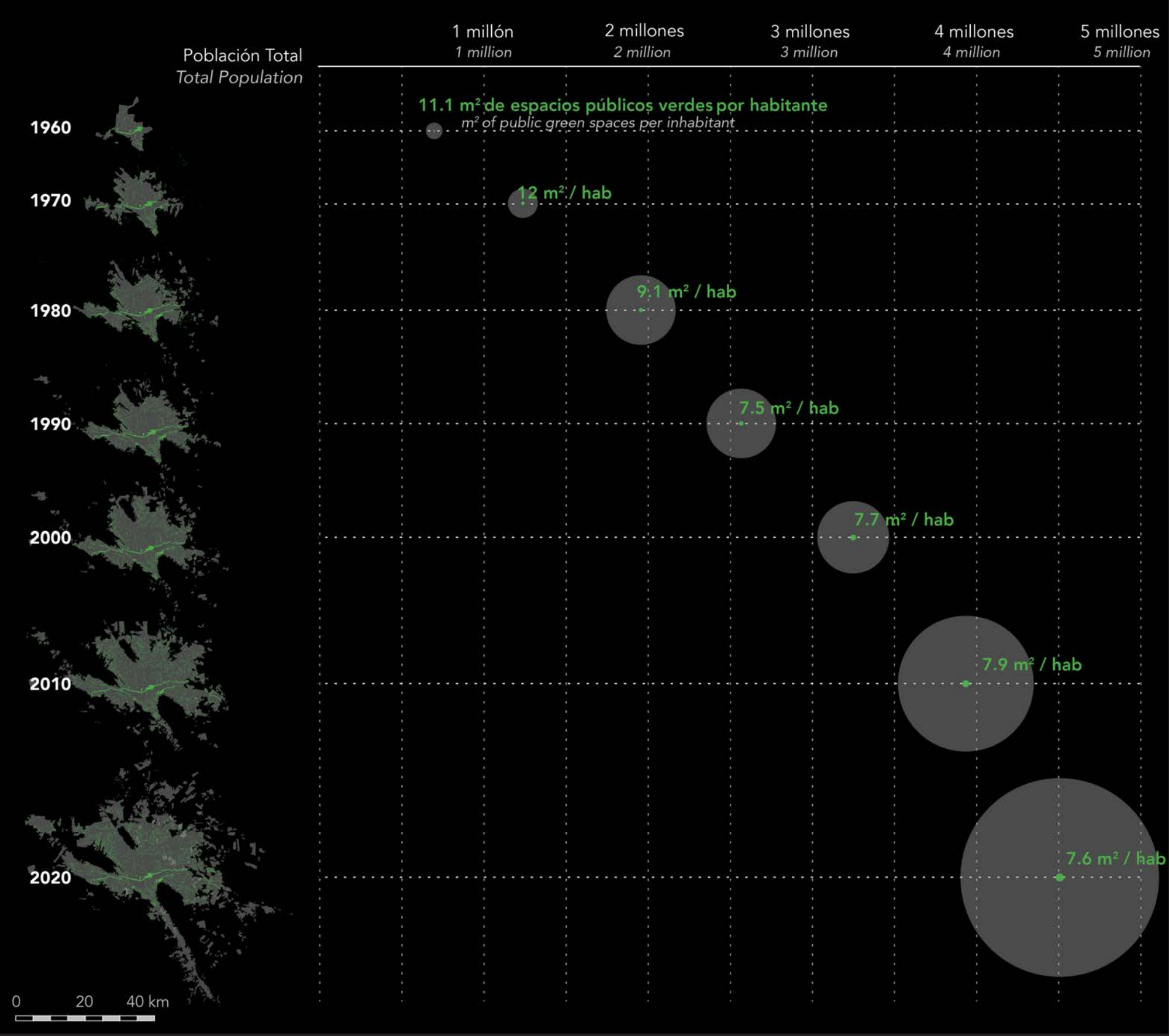
Urban growth vs. green public spaces

Over the years, Monterrey metropolitan area has witnessed rapid population and urban growth. However, this growth has not been reflected as rapidly in green public spaces. According to figure 59, in 1960, there were 11.1 square meters of green spaces per inhabitant, but this number has decreased over time, reaching an average of 7.6 square meters per inhabitant in 2020.

Although we recognize that each city has its characteristics and specific challenges, it is essential to note that Monterrey significantly lacks public green spaces compared to similar cities (Figure 39). It is crucial to address this situation to improve the quality of life for residents and ensure a sustainable urban environment in the long term (Van den Bosch, 2016).

Local authorities must help take adequate measures to increase the number of accessible green areas for all residents. Sustainable development and citizen well-being should be priorities in future urban planning. Only through commitment and collaboration between government, businesses, and the community can this trend be reversed and create a healthier and more equitable environment for all inhabitants of Monterrey.

Figura 59. Crecimiento urbano vs. espacios verdes públicos del área metropolitana de Monterrey.
Figure 59. Urban growth vs. Green public spaces of Monterrey metropolitan area .



Islas de calor

Monterrey ha experimentado un aumento significativo en las temperaturas superficiales debido a su modelo de expansión urbana. El crecimiento expansivo de la ciudad, junto con la reducción de áreas verdes y el aumento de superficies impermeables, han intensificado el fenómeno de las islas de calor en la metrópolis. Una de las principales preocupaciones de salud que se espera aumenten con el avance del cambio climático son las enfermedades y muertes relacionadas con el calor (Debbage & Marshall Shepherd, 2015). De hecho, en promedio, estas afecciones causan más muertes vinculadas al clima que cualquier otro tipo de fenómeno meteorológico extremo. Para visualizar este problema, se creó un mapa de calor utilizando datos del día más caluroso del julio del 2023 con el programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea. Del mismo modo (Figura 60), se encontró que las colonias con mayor temperatura superficial se encuentran en los municipios de García y Mina (Tabla 8).

Tabla 8. Colonias con mayor sensación térmica en 2023.

Table 8. Neighborhoods with a higher heat index in 2023.

Ubicación <i>Location</i>	Municipio <i>Municipality</i>	Temperatura <i>Temperature</i>
Colonia Valles del Mirador	García	58°C
Paseo de Capellania	García	58°C
División del Norte	García	58°C
La Guerra	García	58°C
Las Bugambilias	Mina	56°C

Urban heat

Monterrey has experienced a significant increase in surface temperatures due to its urban expansion model. This expansive growth, the reduction of green areas, and the increase in impervious surfaces have intensified the phenomenon of urban heat islands. One of the significant health concerns expected to increase as climate change advances is heat-related illness and death (Neil Debbage & J. Marshall Shepherd, 2015). In fact, on average, these conditions cause more weather-related deaths than any other type of severe weather event. To better understand this health issue, a heat map was created using data from the hottest day in July 2023 with the Copernicus program of the European Space Agency (Figure 60). The interpretation of the data suggests that neighborhoods with the highest surface temperature are in the municipalities of García and Mina (Table 8).

Figura 60. Islas de calor e incendios en el área metropolitana de Monterrey. Datos de Copernicus Agencia Espacial Europea (2024); Incendios en Nuevo León hasta el 2022 con datos de Global forest loss due to fire (2022), Tyukavinaet al., 2022.

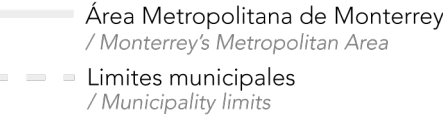
Figure 60. Urban heat and fires of Monterrey metropolitan area. Data retrieved from European Space Agency{ fire records in Nuevo León to 2022, with data from the Global forest loss (2022), and Tyukavinaet al., 2022.

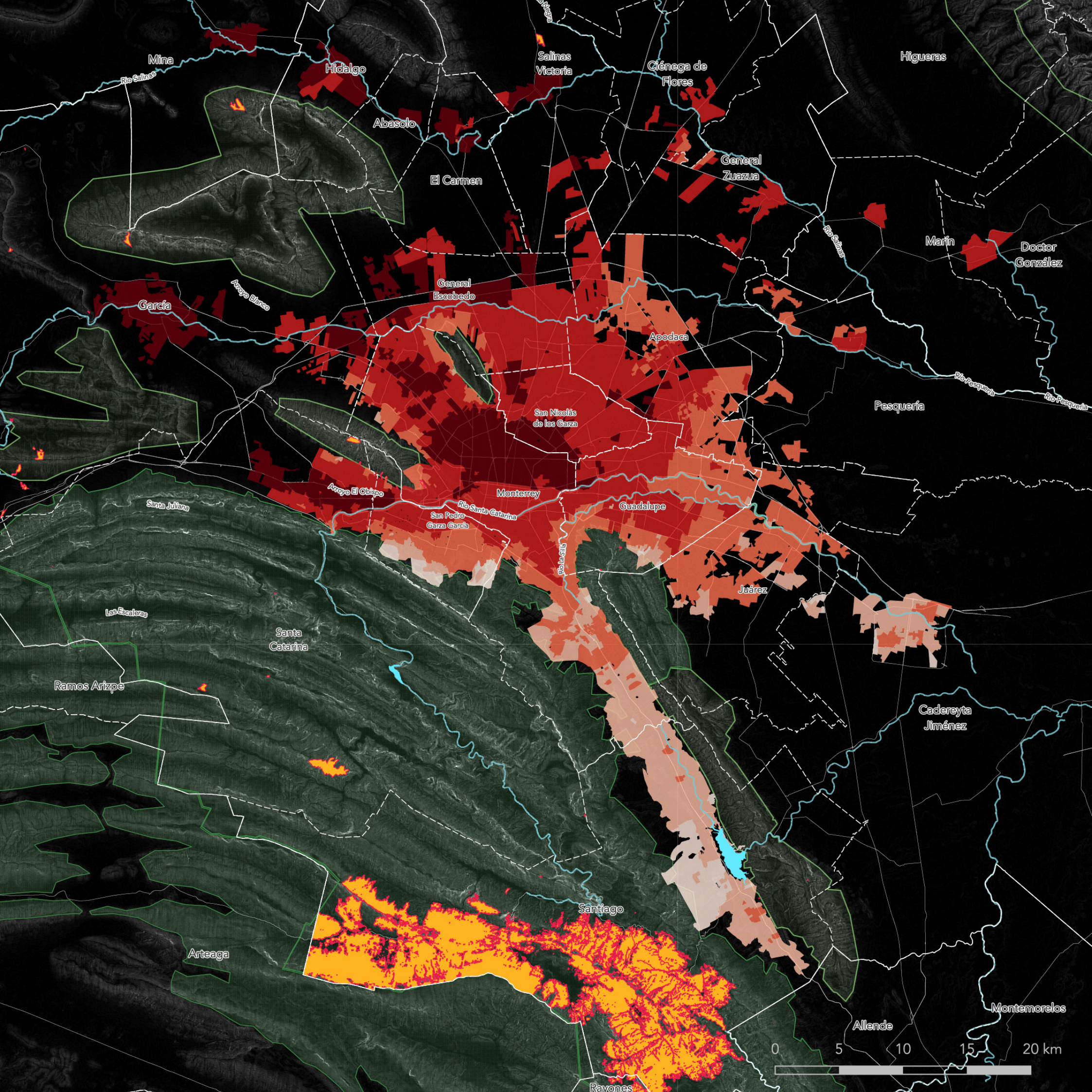
Simbología / Legend

Islas de calor / Urban Heat Island



Mapa Base / Base Map





Calidad del aire

Históricamente, el área metropolitana de Monterrey (AMM) ha experimentado cambios significativos en la calidad del aire (Figure 61). A lo largo de los años, las políticas públicas han desempeñado un papel determinante en la variabilidad de la calidad del aire (Figure 62). Según los datos históricos proporcionados por el Observatorio de la Calidad del Aire (2024), la buena calidad del aire ha variado y no es constante. Por ejemplo, en 2006, el promedio anual de PM 2.5 era de 37 partículas por metro cúbico, un valor significativamente superior al límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS:WHO); estos valores de mala calidad persisten y son frecuentes, que son de 10 partículas por metro cúbico (World Health Organization, 2021). La situación pone de manifiesto la urgencia de continuar implementando políticas que aseguren la reducción sostenida de contaminantes para cumplir con los estándares internacionales. Otros estudios acerca de la calidad del aire, han demostrado la relación directa entre la exposición prolongada a niveles elevados de PM 2.5 y problemas graves en la salud pública (Institute for Health Metrics and Evaluation).

Air quality

Historically, the Monterrey’s Metropolitan Area (MMA) has experienced significant changes in air quality (Figure 61). Over the years, public policies have played a crucial role in the air quality variability (Figure 62). According to historical data from the Air Quality Observatory (2024), the air quality has varied and is not constant. For example, in 2006, the annual average of PM 2.5 was 37 particles per cubic meter, a value significantly above the recommended limit of 10 particles per cubic meter by the World Health Organization (WHO, 2021); these values of bad air quality persist and are frequent. This situation underscores the urgency of implementing policies that ensure the sustained reduction of pollutants to meet international standards. Other air quality studies, have demonstrated the direct link between prolonged exposure to elevated levels of PM 2.5 and serious public health issues (Institute for Health Metrics and Evaluation).

Figura 62. Promedio Anual 2023 de la calidad del Aire del área Metropolitana de Monterrey con datos del Observatorio Ciudadano de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey (OCCAMM).

Figure 62. Annual average in 2023 of the air quality in the Monterrey’s metropoli with data from the Citizen Observatory of the air’s quality in the Metropolitan Area of Monterrey (OCCAMM).

La “calidad de aire” considera las concentraciones promedio de la última hora de las partículas respirables más dañinas para la salud (PM 2.5) y el riesgo a la salud asociado por respirarlas, con base en el Índice de Aire y Salud mexicano. Adicionalmente, se utilizan los rangos de color de los valores más protectores para PM 2.5 del nuevo Índice Mexicano de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud (NOM-172-SEMARNAT-2023) que entrarán en vigor a partir de enero de 2026.

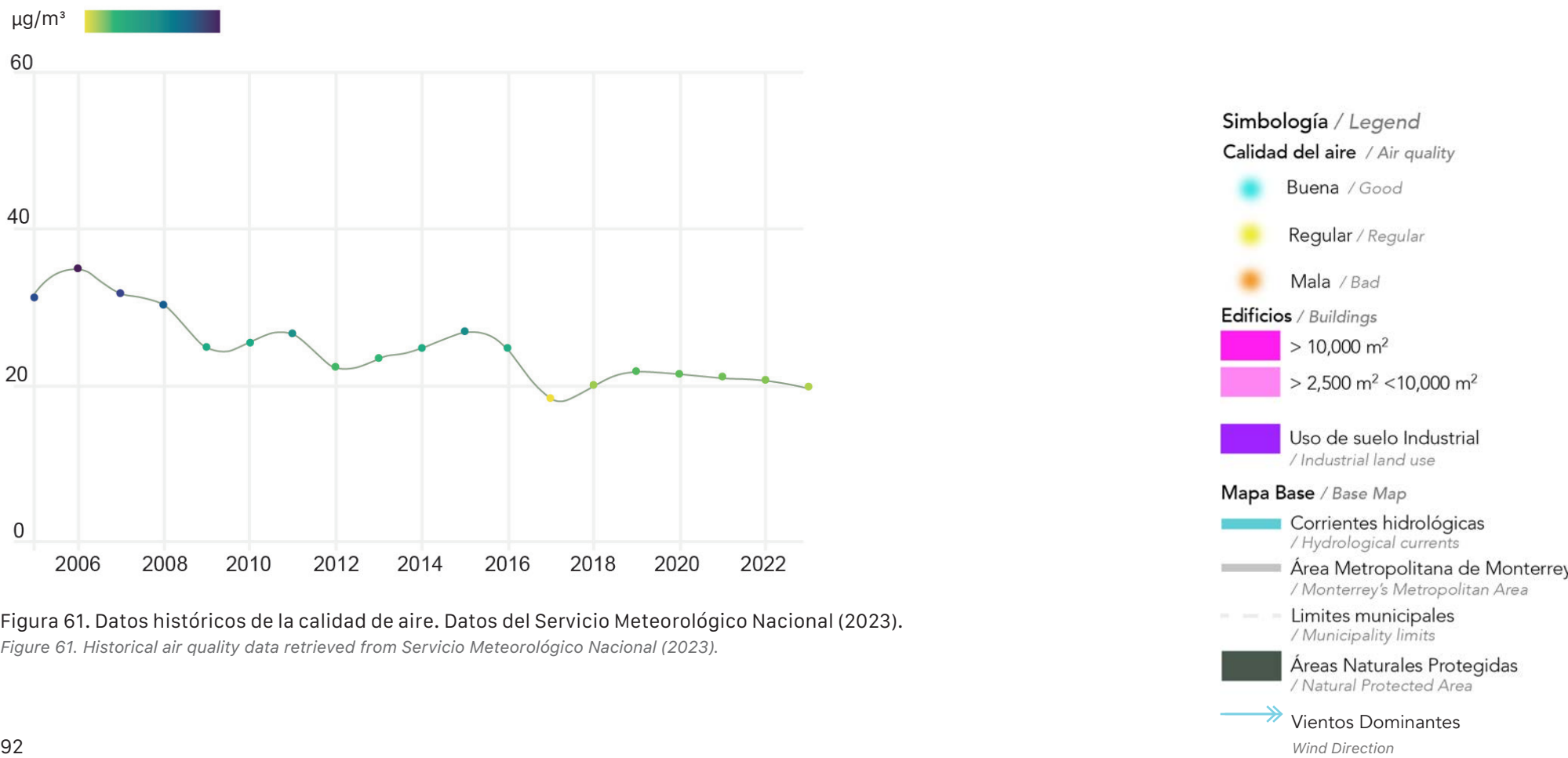
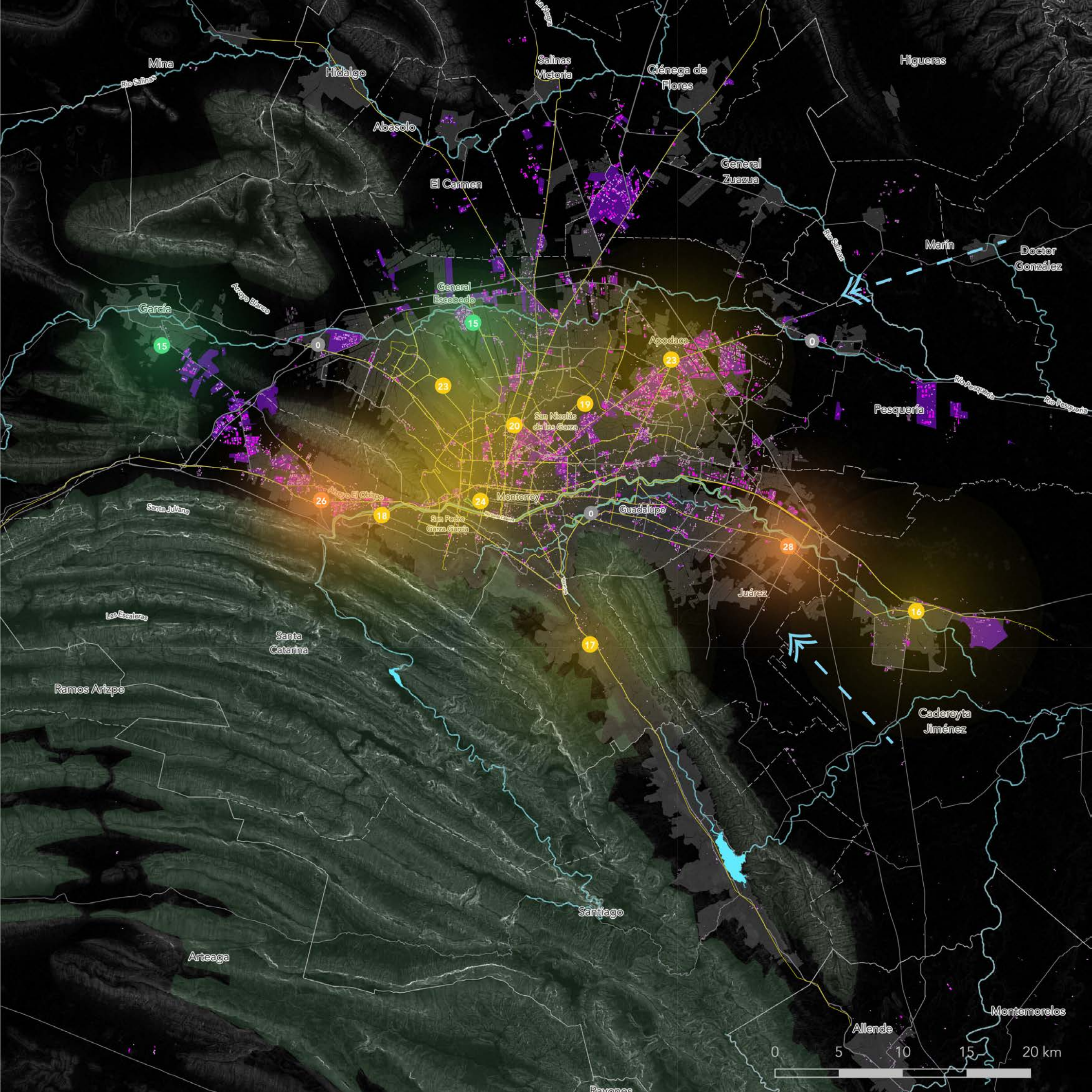


Figura 61. Datos históricos de la calidad de aire. Datos del Servicio Meteorológico Nacional (2023).
Figure 61. Historical air quality data retrieved from Servicio Meteorológico Nacional (2023).



O4

Dolor paisajístico
Landscape pain

Introducción del dolor

Cuando las actividades urbanas y el cambio de uso de suelo comenzaron en la región, alteraron el paisaje natural y su ecosistema. Al principio, todavía existía un cierto equilibrio, pero con el tiempo los impactos se hicieron más graves y negativos. Glenn Albrecht (2019) denomina a estos procesos terraphtora (arruinar la Tierra), tierratrauma (herir la Tierra), solastalgia (sentir nostalgia al quedarse en casa) y terrafury (enfurecer a la Tierra). Estas heridas y la ruina de ciertas zonas aparecen como impactos visuales y no visuales en la salud de los sistemas ecológicos y sociales. En este análisis hemos distinguido entre el dolor paisajístico general (pedreras, problemas de calidad del aire derivados de autopistas e industrias, edificios de gran tamaño como los de logística y manufactura, construcciones (ilegales) en reservas naturales, estacionamientos colectivos, el metro y las infraestructuras ferroviarias) y el dolor hidrológico, que consiste en la interrupción de las corrientes de agua naturales.

Dolor paisajístico

El dolor paisajístico es todo aquello que preferiríamos no ver o experimentar en el paisaje. Puede ser visual (aunque esto puede ser arbitrario) o ambiental, como un curso de agua contaminado o la calidad general del aire. Cuando todas estas formas de dolor se reúnen en un mapa, se hace visible el impacto que tiene la suma de todas las pequeñas influencias individuales a escala regional. Al juntar todas estas, influyen en grandes zonas residenciales y naturales (Figura 63).

Introduction to pain

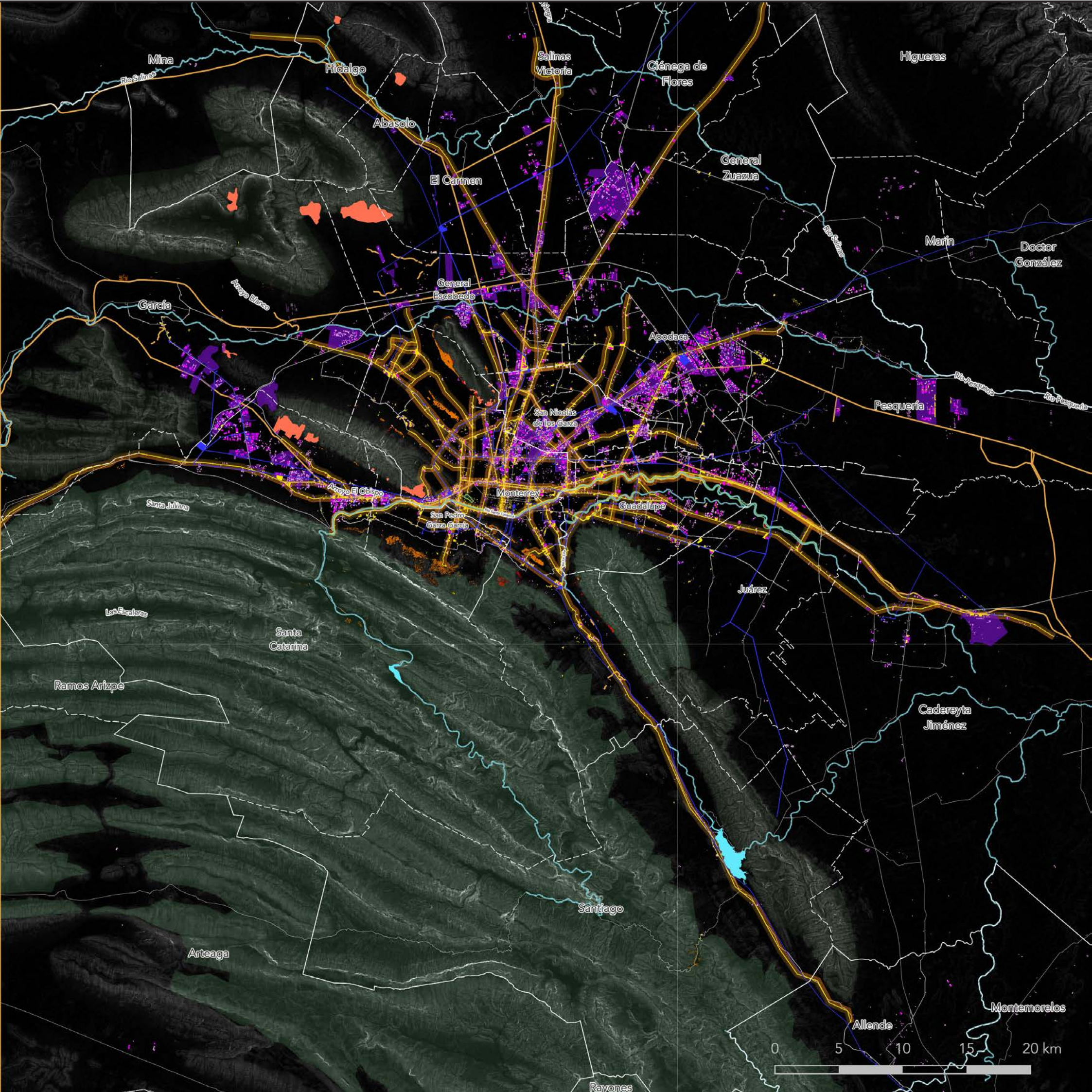
When urban activities and land uses started in the region, they altered the natural landscape and its ecosystem. Initially, there was still a certain balance, but the impacts became more severe and adverse over time. Glenn Albrecht (2019) calls these processes terraphtora (ruin the Earth), tierratrauma (wounding the area), solastalgia (feeling homesick while staying at home), and terrafury (raging the Earth. These wounds and the ruining of certain areas appear as visual and non-visual impacts on the health of eco- and social systems. In this analysis, we distinguished between the general landscape pain (quarries, air quality problems resulting from highways and industries, ultra-large buildings such as logistics and manufacturing, (illegal) constructions in nature reserves, collective parking areas, and metro of train infrastructure) and hydrological pain, consisting of interrupted natural waterways.

Landscape pain

Landscape pain is everything that we would instead not want to see or refuse to experience in the landscape. These perceptions can be visual (however, this can be arbitrary) in the environment, such as polluted waterways or in general air quality. When all these different forms of pain are displayed on a single map to show how impactful all the individual minor affectations are distributed in the region. All pains affect large residential and natural areas (Figura 63).

Figura 63. Síntesis de todos los dolores paisajísticos.
Figure 63. Overview of all types of landscape pain.





Extracción pedrera y ocupación de ANP y montañas

Como se menciona anteriormente, la topografía fracturada que conforma nuestras cordilleras y montañas es parte integral de un sistema esencial que sustenta nuestras ecorregiones. La expansión urbana descontrolada ha ocasionado la invasión de estas áreas sensibles, con 3,497 construcciones en Áreas Naturales Protegidas (ANP) y 29,928 construcciones sobre montañas. Se contabilizaron este número de construcciones a partir del conjunto de datos Open Buildings disponibles en Google Engine y construidas a partir de imágenes satelitales de 2023 bajo la metodología desarrollada por Sirko et al., 2021.

Además, las actividades industriales como la extracción de minerales pétreos han tenido un impacto significativo (Macías, 2013), afectando aproximadamente 1,289 hectáreas, principalmente en zonas montañosas (Figura 64). Estas actividades no solo fragmentan los hábitats y reducen la biodiversidad (Forman, 2014), también alteran el flujo natural del agua, incrementan la erosión del suelo y disminuyen la capacidad de recarga de los acuíferos; exacerbando los riesgos geológicos de deslizamientos de tierra y la contaminación del agua (Wang & Cheng, 2018; Guzzetti et al., 2012). A largo plazo, la modificación de la topografía en áreas montañosas puede tener efectos perjudiciales sobre el microclima local y la regulación hídrica natural, comprometiendo tanto la calidad de vida de las comunidades urbanas como la sostenibilidad de los ecosistemas (Oke et al., 2017; Pickett et al., 2013).

Quarries and construction in natural reserves and hills

As previously mentioned, the fractured topography that forms our mountain ranges is an essential part of the ecosystems that support our ecoregions. However, the relentless pressure of urban expansion has led to the encroachment upon these vital areas, with 3,497 constructions within Natural Protected Areas (NPA) and 29,928 constructions on mountainous terrain. This number of buildings was counted using the Open Buildings dataset available on Google Earth Engine, constructed from 2023 satellite images and using the method proposed by Sirko et al., 2021.

In addition, industrial activities such as extracting stone minerals have significantly impacted approximately 1,289 hectares (Macías, 2013), primarily in mountainous regions (Figure 64). These activities not only fragment habitats and reduce biodiversity (Forman, 2014), but they also disrupt natural water flow, increase soil erosion, and decrease groundwater recharge capacity, thereby worsening geological risks of landslides and water contamination (Wang & Cheng, 2018; Guzzetti et al., 2012). In the long term, the alteration of topography in mountainous areas can have detrimental effects on the local microclimate and natural water regulation, ultimately compromising both the quality of life for urban communities and the sustainability of ecosystems (Oke et al., 2017; Pickett et al., 2013).

Figura 64. Dolores por el paisaje debido a la extracción en pedreras y la ocupación de las Áreas Naturales Protegidas y montañas.

Figure 63. Landscape pain by quarries and construction in natural reserves.

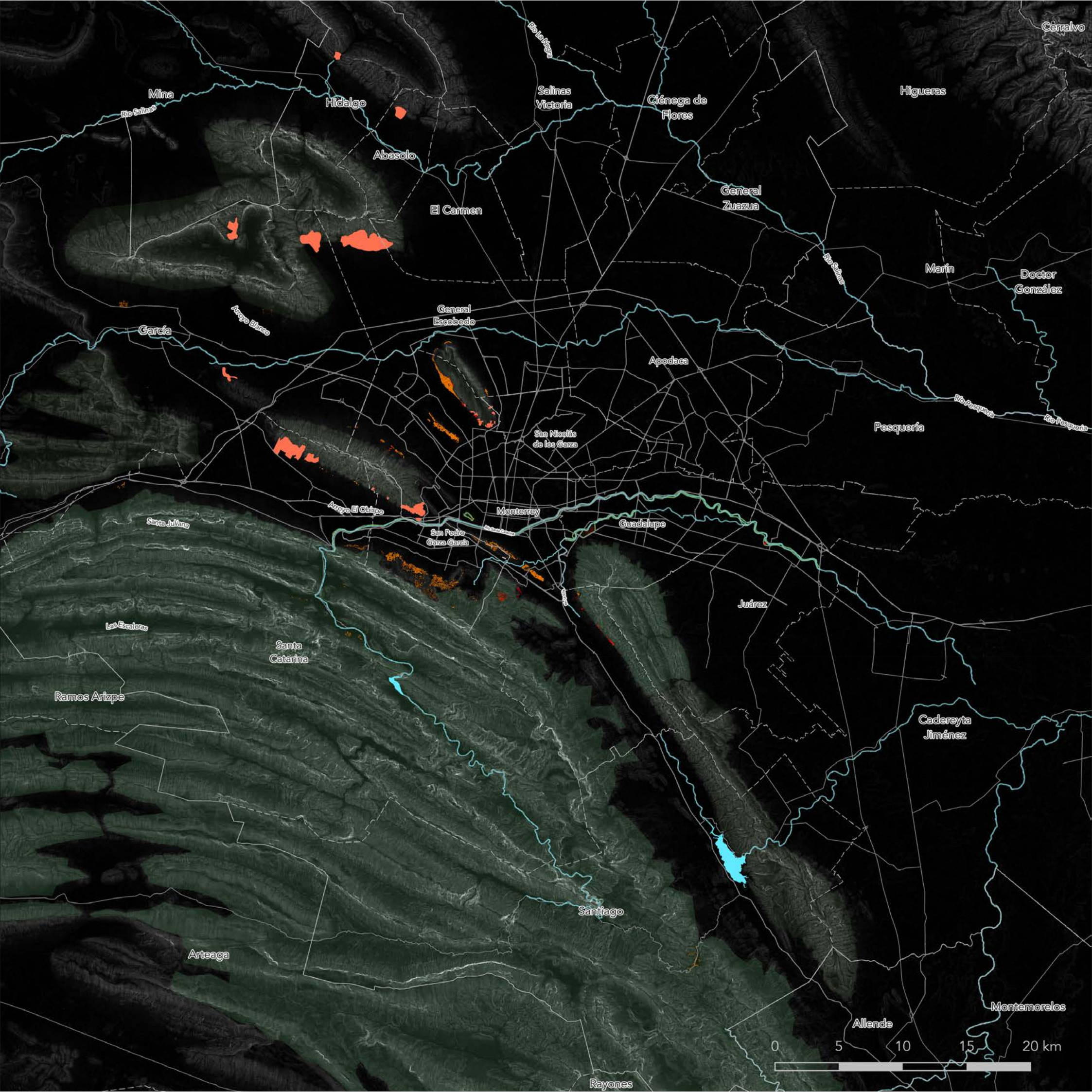
Simbología / Legend

Construcción / Construction

- en Áreas Naturales Protegidas / in Natural Protected Areas
- en Montañas / in Mountains
- Extracción de Materiales Pétreos / Quarries

Mapa Base / Base Map

- Corrientes hidrológicas / Hydrological currents
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits
- Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Infraestructura para el automóvil privado

Derivado del modelo de una ciudad expansiva, es crucial destacar el impacto que este ha tenido en la inducción de la necesidad de transporte, lo que ha ocasionado la creación de 670 km de vialidades con más de seis carriles (Figura 65). Esta expansión refleja una gran inversión en infraestructura destinada a satisfacer la creciente demanda de movilidad y conectividad, promoviendo indirectamente la necesidad de contar con un automóvil propio (Figura 66). Actualmente, esto se traduce en 2,441,835 vehículos registrados en el parque vehicular de los 18 municipios del AMM (Inegi 2023); contribuyendo con la emisión de 7,764,568.10 toneladas de CO₂ al año (Figura 67).

El desequilibrio en la distribución del espacio urbano se evidencia aún más cuando se analiza la asignación de espacios para estacionamientos. A lo largo de los años, se han destinado 996 hectáreas a estacionamientos en una superficie, equivalentes a 2,657 establecimientos de estacionamiento, lo que es siete veces el tamaño del Parque Fundidora. En comparación, solo 1,537 hectáreas están dedicadas a parques dentro del área metropolitana de Monterrey (AMM), lo que muestra una clara preferencia por la infraestructura vehicular sobre los espacios públicos.

Esta desigualdad en la asignación de recursos no solo exacerba la injusticia espacial, también tiene un impacto negativo en la salud pública y el medioambiente. La priorización de la infraestructura para automóviles sobre la infraestructura peatonal y los espacios verdes contribuye a la contaminación del aire, la degradación del suelo y la disminución de la calidad de vida urbana (Litman, 2013; Shoup, 2011; Wolch et al., 2014). Además, el diseño de las ciudades que favorecen a los vehículos privados limita el acceso equitativo a la movilidad y reduce las oportunidades para que los ciudadanos disfruten de entornos más saludables y sostenibles (Harvey, 2008; Martens, 2017).

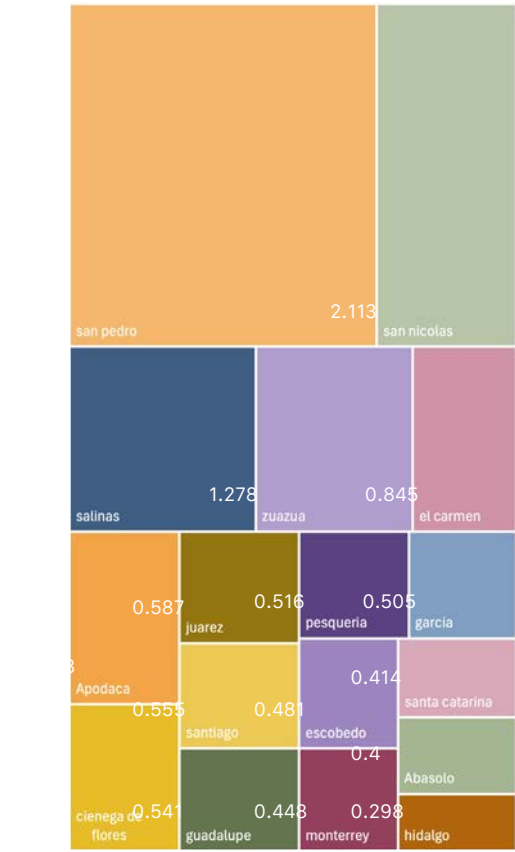


Figura 66. Número de parque vehicular por persona.
Figure 66. Vehicle fleet size per person.

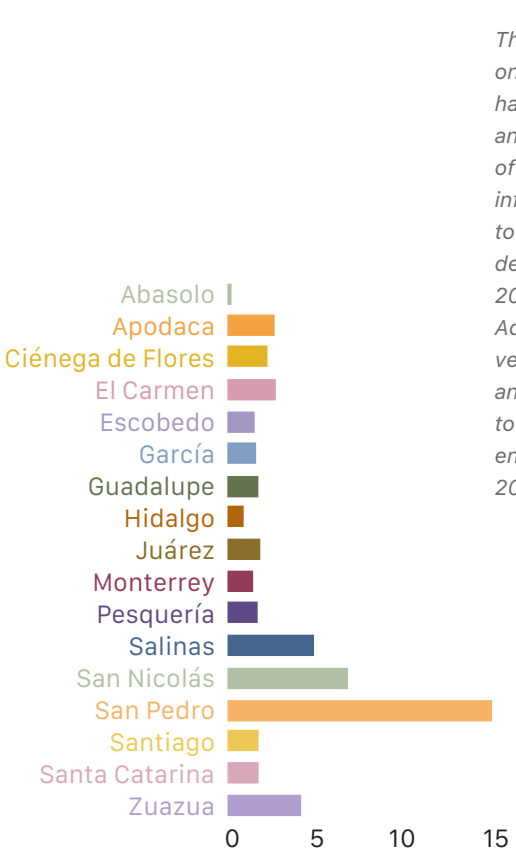


Figura 67. Toneladas anuales de CO2 producido por automóviles por persona.
Figure 67. Annual CO₂ Tons produced by vehicles per person.

Private automobile infrastructure

Due to the expansive city model, it is crucial to highlight the impact this has had on inducing the need for transportation, resulting in the creation of 670 km of roadways with more than six lanes (Figure 65). This expansion reflects a significant investment in infrastructure to meet the growing demand for mobility and connectivity, indirectly promoting the necessity of owning a car (Figure 66). Currently, this is reflected in 2,441,835 registered vehicles within the vehicular fleet of the 18 municipalities of the Monterrey metropolitan area (MMA) (INEGI, 2023), which in turn contributes to the emission of 7,764,568.10 tons of CO₂ annually (Figure 67).

The imbalance in the distribution of urban space becomes even more evident when analyzing the allocation of land for parking. Over the years, 996 hectares have been dedicated to surface parking, equivalent to 2,657 parking spaces, seven times the size of Fundidora Park. In contrast, only 1,537 hectares are devoted to parks within the Monterrey metropolitan area, highlighting a clear preference for vehicular infrastructure over public spaces.

This inequality in resource allocation not only exacerbates spatial injustice but also has negative impacts on public health and the environment. The prioritization of infrastructure for cars over pedestrian infrastructure and green spaces contributes to air pollution, soil degradation, and a decrease in urban quality of life (Litman, 2013; Shoup, 2011; Wolch et al., 2014). Additionally, city designs that favor private vehicles limit equitable access to mobility and reduce opportunities for citizens to enjoy healthier and more sustainable environments (Harvey, 2008; Martens, 2017).

Figura 65. Dolores paisajísticos por la infraestructura para el automóvil privado.
Figure 65. Landscape pain by the infrastructure of private vehicles.

Simbología / Legend

- Avenidas con 6 o más carriles / Highways with 6 or more car lanes
- Estacionamientos / Parking Lots
- Barrera de impacto de contaminación automotriz (500 m) / Car pollution buffer (500 m)

Mapa Base / Base Map

- Corrientes hidrológicas / Hydrological currents
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits
- Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Mina

Rio Salinas

Hidalgo

Abasolo

Salinas Victoria

Ciénega de Flores

Higuera

El Carmen

General Zuazua

Marín

Doctor González

García

Aroyo Blanco

General Escobedo

Apodaca

San Nicolás de los Garza

Pesquería

Rio Pesquero

Rio Pesquero

Santa Juana

Aroyo El Obispo

Monterrey

Guadalupe

San Pedro Garza García

Juárez

Las Escaleras

Santa Catarina

Ramos Arizpe

Cadereyta Jiménez

Arteaga

Santiago

Allende

Montemorelos

0 5 10 15 20 km

Construcciones L + XL

Para este análisis, se mapearon aquellas construcciones con huellas constructivas superiores a 10,000 m², categorizadas como construcciones XL, y aquellas superiores a 2,500 m², pero inferiores a 10,000 m², categorizadas como construcciones L. Se identificaron un total de 972 edificios XL y 7,628 edificios L. Al analizar el posicionamiento de dichas edificaciones y considerar el uso de suelo industrial, resulta evidente que el desarrollo urbano ha sido impulsado por el crecimiento de corredores económicos industriales que conectan los municipios de Santa Catarina, San Pedro, Monterrey, Escobedo y Apodaca (Figura 68).

Las grandes superficies ocupadas por la industria tienen repercusiones significativas en el medioambiente, afectando especialmente los sistemas hídricos, superficiales y climáticos de la región. En particular, estas áreas industriales contribuyen de manera notable al fenómeno de las islas de calor urbano. Como se ha documentado en la literatura, las zonas altamente industrializadas suelen presentar temperaturas más elevadas debido a la concentración de infraestructuras y la falta de vegetación (Rizwan et al., 2008; Santamouris, 2015). Esto se debe a que las grandes edificaciones y superficies impermeables intensifican la acumulación de calor, lo que agrava los efectos de las islas de calor, especialmente en corredores urbanos densamente industrializados (Imhoff et al., 2010; Zhou et al., 2017).

L + XL buildings

For this analysis, we mapped buildings with construction footprints exceeding 10,000 m², categorized as XL constructions, and those exceeding 2,500 m² but below 10,000 m², categorized as L constructions. A total of 972 XL buildings and 7,628 L buildings were identified. By analyzing the positioning of these buildings and considering the industrial land use, it becomes evident that urban development has been driven by the growth of industrial economic corridors connecting the municipalities of Santa Catarina, San Pedro, Monterrey, Escobedo, and Apodaca (Figure 68).

The large areas occupied by industry significantly impact the environment, mainly the region's surface watersheds and climate systems. Notably, these industrial areas significantly contribute to urban heat islands. As documented in the literature, highly industrialized areas exhibit higher temperatures due to the concentration of infrastructure and the lack of vegetation (Rizwan et al., 2008; Santamouris, 2015). This temperature rise is an induced phenomenon intensified by large buildings and impervious surfaces causing heat accumulation, exacerbating the effects of heat islands, especially in densely industrialized urban corridors (Imhoff et al., 2010; Zhou et al., 2017).

Figura 68. Dolores paisajísticos por construcciones extra grandes (XG).
Figure 68. Landscape pain by extra large (XL) constructions.





Infraestructura ferroviaria y transporte masivo

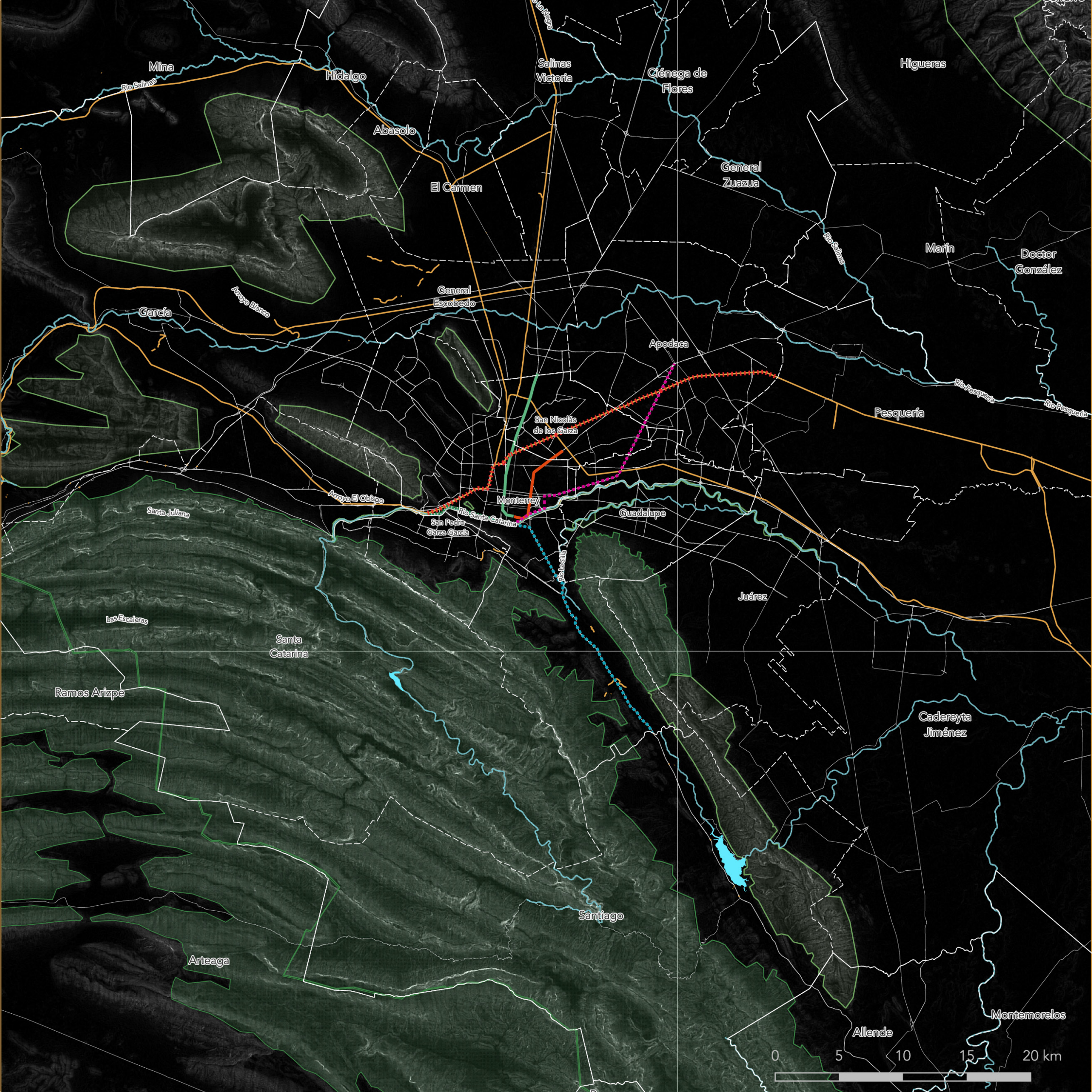
Las infraestructuras ferroviarias son esenciales servicios para transportar bienes, especialmente en el sector industrial, y desempeñan un papel crucial en el funcionamiento eficiente de las ciudades. En el AMM, el sistema de transporte incluye 19.3 km de líneas elevadas de metro y una red ferroviaria de 411 km, lo que fomenta un desarrollo urbano lineal, concentrado en torno a las vías del tren. Con el tiempo, y debido a la expansión urbana, estas infraestructuras han penetrado profundamente en la red de comunicación urbana, creando desafíos medioambientales y de movilidad (Figura 69). Los trenes que circulan por estas zonas deben reducir su velocidad, lo que puede complicar la fluidez del tráfico. Además, los trenes generan niveles altos de ruido que oscilan entre 80 y 100 decibeles (dB), alcanzando en algunos casos los 110 dB (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2020); lo que representa una amenaza significativa para la salud de los residentes cercanos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS: WHO), la exposición a niveles de ruido superiores a 70 dB puede causar problemas de salud, como estrés y enfermedades cardiovasculares (WHO, 2009; CDC, 2020). Asimismo, las infraestructuras del metro, al estar integradas en el entorno urbano, presentan desafíos espaciales, como la creación de bajopuentes que pueden convertirse en áreas inseguras y deterioradas.

Railway and masive transport infrastructure

Railway infrastructures are essential for the transportation of goods, particularly in the industrial sector, and play a crucial role in the efficient functioning of cities. In the Monterrey metropolitan area (AMM), the transportation system includes 19.3 km of elevated metro lines and a 411 km railway network, which promotes linear urban development concentrated around the train tracks. Over time, and due to urban expansion, these infrastructures have deeply penetrated the urban fabric, creating environmental and mobility challenges. Trains operating in these areas must reduce their speed, which can complicate traffic flow (Figure 69). Additionally, these trains generate noise levels ranging from 80 to 100 decibels, reaching 110 dB in some cases (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2020), which poses a significant threat to the health of nearby residents. According to the World Health Organization (WHO), exposure to noise levels above 70 dB can cause health problems, such as stress and cardiovascular diseases (World Health Organization [WHO], 2009; CDC, 2020). Similarly, integrating metro infrastructures into the urban environment presents spatial challenges, such as creating underpasses that can become unsafe and deteriorated areas.

Figura 69. Dolores paisajísticos por la infraestructura ferroviaria y transporte masivo.
Figure 69. Landscape pain by the railway and massive public transport infrastructure.





Mina

Rio Salinas

Hidalgo

Abasolo

El Carmen

Salinas
Victoria

Ciénega de
Flores

Higueras

General
Zuazua

Marín

Doctor
González

García

Aroyo Blanco

General
Escobedo

Apodaca

San Nicolás
de los Garza

Pesquería

Rio Pesquería

Rio Pesquería

Santa Juliana

Aroyo El Obispo

Monterrey

San Pedro
Garza Garza

Guadalupe

Juárez

Santa
Catarina

Las Escaleras

Ramos Arizpe

Cadereyta
Jiménez

Arteaga

Santiago

Montemorelos

Allende

0 5 10 15 20 km

Infraestructura de energía

Dentro del área metropolitana de Monterrey (AMM), la producción de energía y el uso de combustibles fósiles representan uno de los principales desafíos ambientales (Figura 70). En la ciudad se emiten contaminantes como las partículas PM 10 y PM 2.5, medidas en (µg/m³), que “tienen efectos adversos directos sobre la salud humana, incluyendo posibles asociaciones con enfermedades mortales” (Kheifets & Swanson, 2020). Según el Institute for Health Metrics and Evaluation, en 2021, la mala calidad del aire en el AMM fue responsable del 13.4 % de las muertes por cardiopatías isquémicas, el 24.4 % de las muertes por COVID-19 y el 4 % de las muertes por enfermedades vasculares cerebrales. A partir de estos datos, se estima que 1,684 muertes ocurridas en el estado durante 2021, estuvieron relacionadas con la baja calidad del aire.

Un factor crucial en esta problemática es la Refinería de Pemex en Cadereyta, la cual, según un análisis realizado por El Norte en marzo de 2024, “emite cuatro veces más toneladas de contaminantes al año que las principales ocho compañías privadas de Nuevo León... juntas.” En particular, la Refinería de Cadereyta lidera las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) con 44,193 toneladas anuales, así como de óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas menores a 10 (PM 10) y 2.5 (PM 2.5) microgramos, y compuestos orgánicos volátiles (COV). En total, la planta genera 51,041 toneladas de contaminantes al año, mientras que las ocho principales empresas privadas, incluidas Cemex y Ternium, suman solo 12,763 toneladas, una cuarta parte de lo emitido por la Refinería.

La calidad del aire en el AMM se ve gravemente afectada por estas emisiones, especialmente en relación con las partículas PM 2.5, donde las estaciones que registran peor calidad del aire suelen estar marcadas en naranja. Además, al analizar estos datos en conjunto con las ubicaciones de las estaciones de energía, se observa una correlación significativa entre la presencia de infraestructuras energéticas y la degradación de la calidad del aire. “La construcción de líneas de alta tensión puede llevar a la alteración considerable de hábitats naturales, con efectos adversos en la fauna local” (García & Martínez, 2019), además de generar campos electromagnéticos que “han sido asociados con trastornos a la salud como el cáncer y problemas neurológicos” (Kheifets & Swanson, 2020). Estos factores subrayan la necesidad de abordar la calidad del aire en el AMM no solo desde la perspectiva de las emisiones directas y externas de contaminantes, también considerando el impacto de las infraestructuras energéticas y la contribución desproporcionada de ciertas fuentes locales como la Refinería de Pemex en Cadereyta.

Energy infrastructure

Within the Monterrey metropolitan area (AMM), energy production and the use of fossil fuels are significant environmental challenges (Figure 70). The city emits pollutants such as PM 10 and PM 2.5 particles, measured in (µg/m³), which “have direct adverse effects on human health, including potential associations with life-threatening diseases” (Kheifets & Swanson, 2020). According to the Institute for Health Metrics and Evaluation, in 2021, poor air quality in the AMM was responsible for 13.4% of deaths from ischemic heart disease, 24.4% of deaths from COVID-19, and 4% of deaths from cerebrovascular diseases. Based on these data, it is estimated that 1,684.48 deaths in the state in 2021 were directly related to poor air quality.

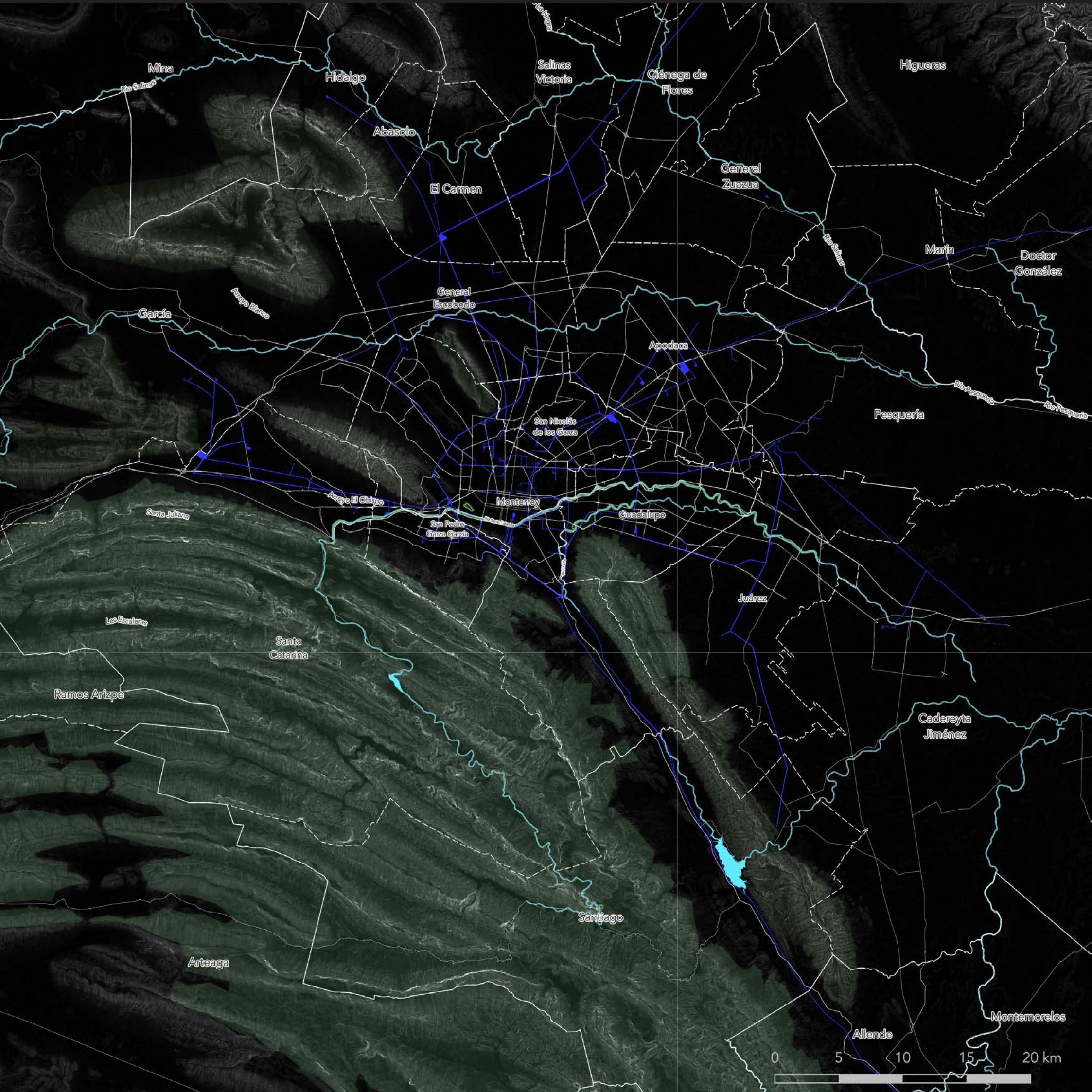
A crucial factor in this issue is the Pemex refinery in Cadereyta, which, according to an analysis conducted by El Norte in March 2024, “emits four times more tons of pollutants per year than the top eight private companies in Nuevo León combined.” In particular, the Cadereyta refinery leads in sulfur dioxide (SO₂) emissions with 44,193 tons annually, as well as nitrogen oxides (NO_x), particles smaller than 10 (PM 10) and 2.5 (PM 2.5) micrometers, and volatile organic compounds (VOC). In total, the plant generates 51,041 tons of pollutants per year. At the same time, the eight leading private companies, including Cemex and Ternium, account for only 12,763 tons, one-fourth of the refinery's emissions.

These emissions severely impact air quality in the AMM, especially PM 2.5 particles, where stations recording the worst air quality are often marked. Additionally, when analyzing these data alongside the locations of energy stations, a significant correlation is observed between the presence of energy infrastructure and the degradation of air quality. “The construction of high-voltage power lines can lead to significant alteration of natural habitats, with adverse effects on local fauna” (García & Martínez, 2019), in addition to generating electromagnetic fields that “have been associated with disorders such as cancer and neurological problems” (Kheifets & Swanson, 2020). These factors highlight the need to address air quality in the AMM from the perspective of direct and abroad pollutant emissions and the impacts from energy infrastructure with disproportionate emissions of specific local sources, such as the Pemex refinery in Cadereyta.

Figura 70. Dolores paisajísticos por la infraestructura de energía.
Figure 70. Landscape pain by energy infrastructure.

Simbología / Legend

- Subestaciones Eléctricas / electric sub-stations
- Red de distribución / Distribution network
- Corrientes hidrológicas / Hydrological currents
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits
- Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Hidrología superficial interrumpida : obstrucciones

El agua, como recurso vital para cualquier ciudad y fuente principal de vida en nuestro planeta, ha sido gravemente afectada por el crecimiento desmedido de la mancha urbana, resultado del desarrollo expansivo. En este análisis, se identificaron 17,003 obstrucciones en el sistema hidrológico del área metropolitana de Monterrey (AMM) mediante datos geo espaciales (Figura 71). Estas obstrucciones se encontraron en lotes construidos que interfieren con las escorrentías naturales. Se estableció un umbral del 25 % de construcción sobre el total del lote para clasificarlo como un área de no absorción, evaluando el impacto de estas obstrucciones en el cauce natural de las escorrentías.

La impermeabilización del suelo y la alteración del sistema hídrico impiden la adecuada absorción del agua al manto freático, ocasionando un incremento de la velocidad de las escorrentías y afectando negativamente el ciclo del agua. Este fenómeno crea riesgos de inundaciones y tiene serias repercusiones en la ecología del caudal natural. La reducción de las áreas de absorción afecta la vegetación y los hábitats acuáticos, reduciendo la biodiversidad y alterando localmente los ecosistemas.

Además, la urbanización y la impermeabilización del suelo contribuyen al aumento de las temperaturas urbanas, un fenómeno conocido como "isla de calor". La falta de vegetación y la sustitución de suelos naturales por superficies artificiales intensifican la acumulación de calor, lo que exacerba el efecto de isla de calor y eleva las temperaturas locales. Este ambiente difícil impacta la calidad de vida de los residentes, incrementando la demanda de energía para el enfriamiento artificial de los espacios y contribuye al cambio climático global.

Como indican Smith y Davies (2020), "las escorrentías naturales son esenciales para mantener la calidad del agua y regular el ciclo hidrológico. La alteración de las escorrentías, particularmente debido a la urbanización, puede reducir la calidad del agua, aumentar la frecuencia y magnitud de las inundaciones urbanas, y tener un impacto negativo en los ecosistemas naturales." Un análisis detallado de la región revela que las obstrucciones de escorrentías son particularmente alarmantes en el municipio de Santa Catarina, donde se encuentran la mayoría de las escorrentías obstruidas, muchas de las cuales están ubicadas cuenca arriba del río Santa Catarina. La rápida urbanización en las zonas montañosas ha exacerbado el problema, dando como resultado un aumento en la velocidad de los caudales durante las lluvias y contribuyendo a la expansión de zonas de riesgo en el área metropolitana de Monterrey.

Interrupted surface watersheds: obstructions

Water, a vital resource for any city and the primary source of life on our planet, has been severely impacted by the unchecked expansion of urban sprawl resulting from expansive development. This analysis identified 17,003 obstructions in the hydrological system of the Monterrey metropolitan area (AMM) through geospatial data (Figure 71). The obstructions are located on built plots, interfering with natural runoff. A threshold of 25% construction coverage of the total lot area was established to classify it as a non-absorption area, assessing the impact of these obstructions on the natural flow of runoff.

Impervious soil and alterations to the hydrological system impede groundwater absorption, increasing surface runoff velocities and negatively affecting the water cycle. This phenomenon creates the risk of flooding and significantly impacts the ecology of the natural flow volume. Reducing areas for water absorption affects vegetation and aquatic habitats, decreasing biodiversity and altering local ecosystems. Additionally, urbanization and impervious soil contribute to rising urban temperatures, known as the "urban heat island" effect. The lack of vegetation and replacing natural soils with artificial surfaces intensify heat accumulation, exacerbating the urban heat island effect and raising local temperatures. This harsh environment affects residents' quality of life, increases energy demand for artificially cooling spaces, and contributes to global climate change.

Smith and Davies (2020) noted that "natural runoff is essential for keeping water quality and regulating the hydrological cycle. Alterations to these runoff areas, particularly due to urbanization, can reduce water quality, increase the frequency and magnitude of urban flooding, and negatively impact natural ecosystems." A regional map analysis reveals that runoff obstructions are particularly concerning in the municipality of Santa Catarina, where most of the obstructed runoff areas are located, many of which are situated upstream of the Santa Catarina River. Rapid urbanization in mountainous zones has exacerbated runoff obstructions, increasing flow velocities during rainfalls and escalating risk zone formation in the Monterrey metropolitan area.

Figura 71. Hidrología interrumpida.
Figure 71. Interrupted watersystems.

Simbología / Legend

Escorrentías Orden 1-3 / Runoff order 1 - 3

en superficies no permeables
/ in non permeable surfaces

en superficies permeables
/ in non permeable surfaces

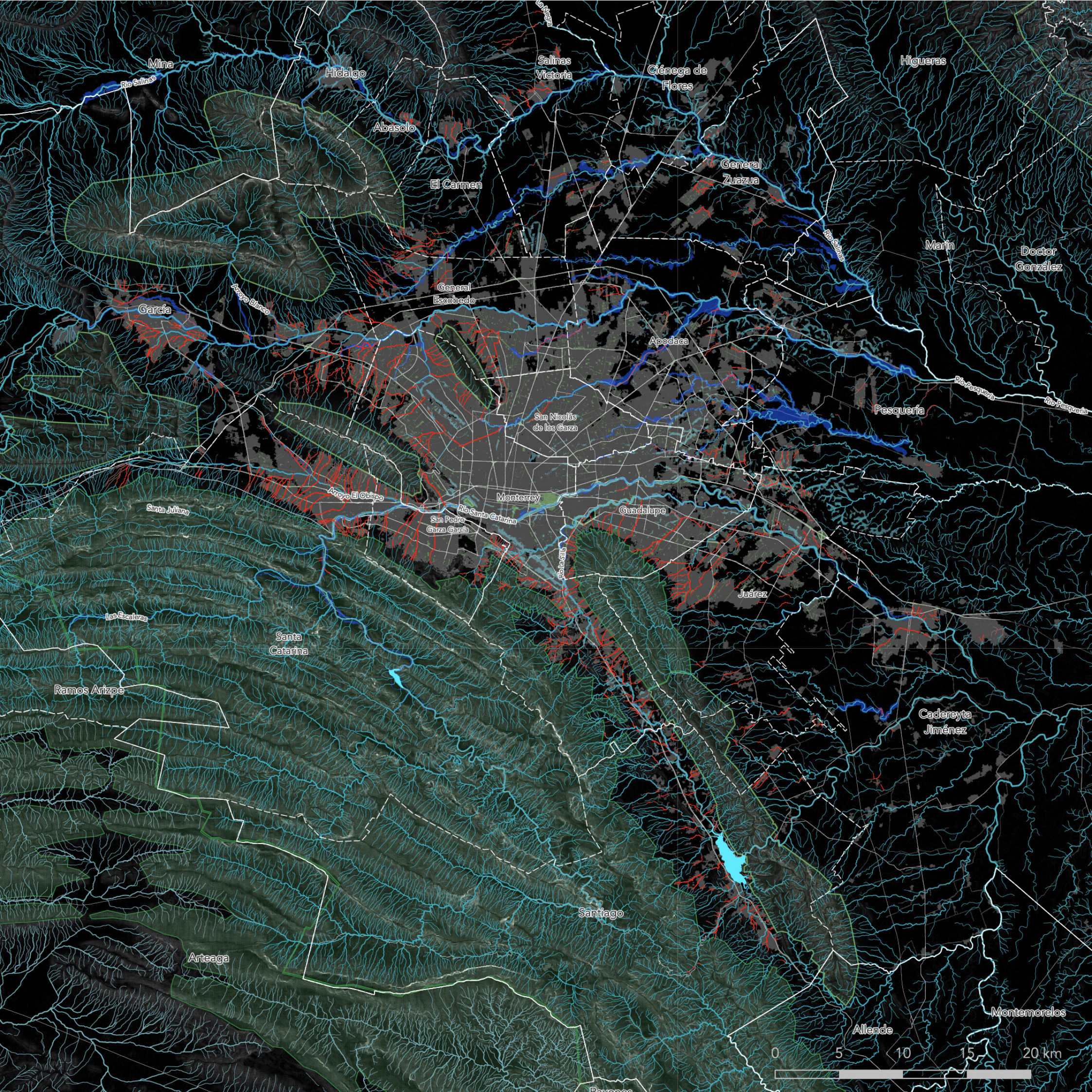
con obstrucción de construcciones
/ with construction obstruction

Mapa Base / Base Map

Área Metropolitana de Monterrey
/ Monterrey's Metropolitan Area

Limites municipales
/ Municipality limits

Áreas Naturales Protegidas
/ Natural Protected Area



Transformación del paisaje natural

La percepción de la naturaleza que nos rodea cambia a medida que la ciudad se desarrolla y se expande. Esta sección busca capturar cómo las condiciones naturales se pierden y se ven afectadas por el "dolor paisajístico"; el impacto visual del crecimiento urbano (Figuras 72 a 77).

Transformation of the natural landscape

Our perception of the surrounding nature shifts as the city develops and expands. This section aims to capture how natural conditions are lost and impacted by the "landscape pain" caused by urban growth; the visual impact pf the urban (Figures 72 to 77).

Topo Chico

En la zona Topo Chico se ve cómo el paisaje natural circundante se ha reemplazado por concreto. Incluso los arroyos que alimentaban el inicio de las llanuras del este del estado se han visto afectados.

In the Topo Chico zone, you can see how the surrounding natural landscape has been replaced by concrete. Even the streams that used to feed the beginning of the state's eastern plains have been affected.

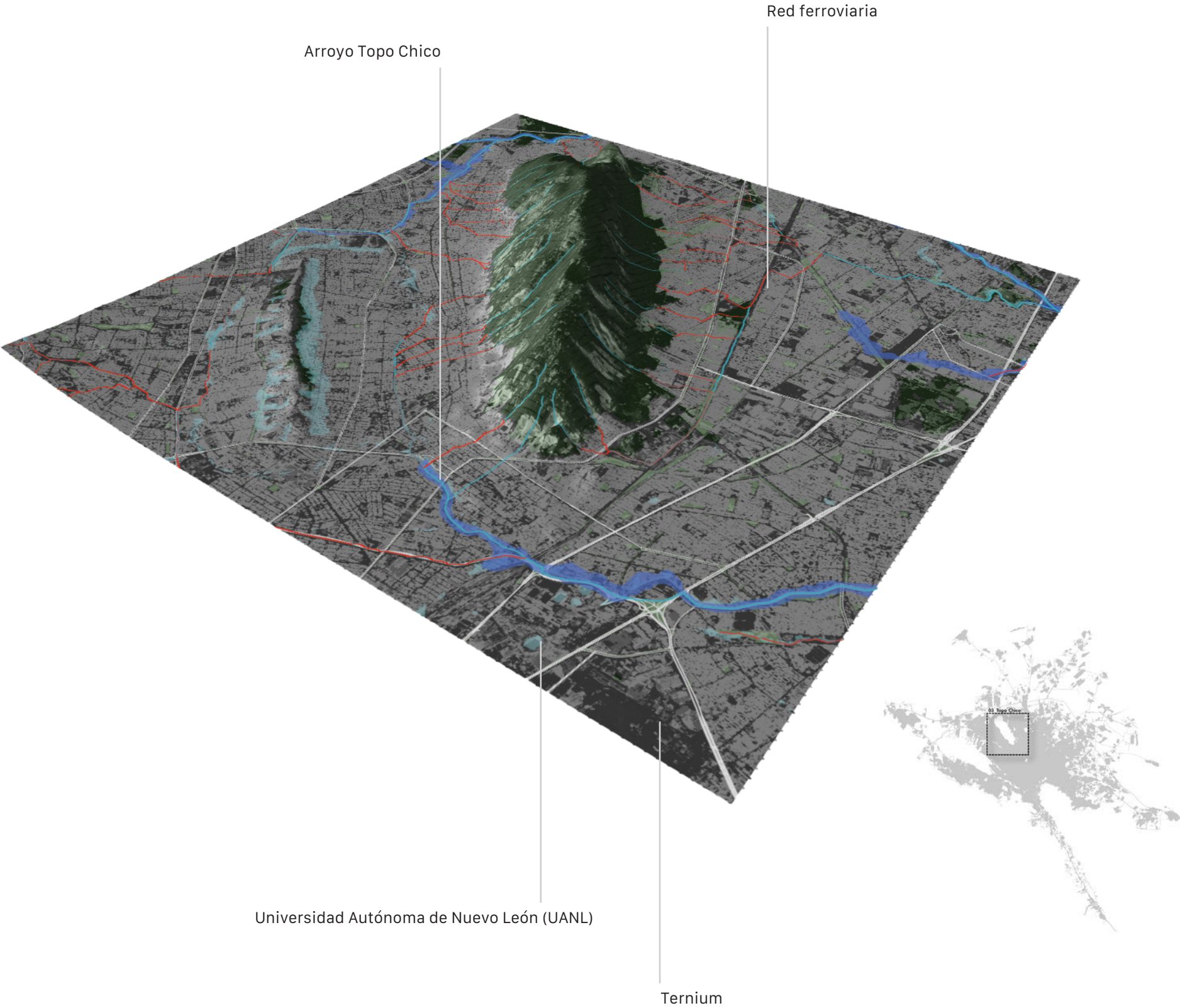


Figura 72. Cuadrante de la zona Topo Chico.
Figure 72 .Topo Chico quadrant.

La Silla

Cerro de la Silla, que fue una de las áreas más verdes del área metropolitana de Monterrey, ha perdido hábitats naturales, provocando un mayor riesgo de desastres naturales y una degradación sustancial de la calidad ambiental en la región. Incluso áreas como el río La Silla se han visto gravemente afectadas por este desarrollo.

Cerro de la Silla, once one of the greenest areas in the Monterrey metropolitan area, has experienced a loss of natural habitats, leading to an increased risk of natural disasters and a substantial degradation of environmental quality in the region. Even areas like Río la Silla have been severely impacted by this development.

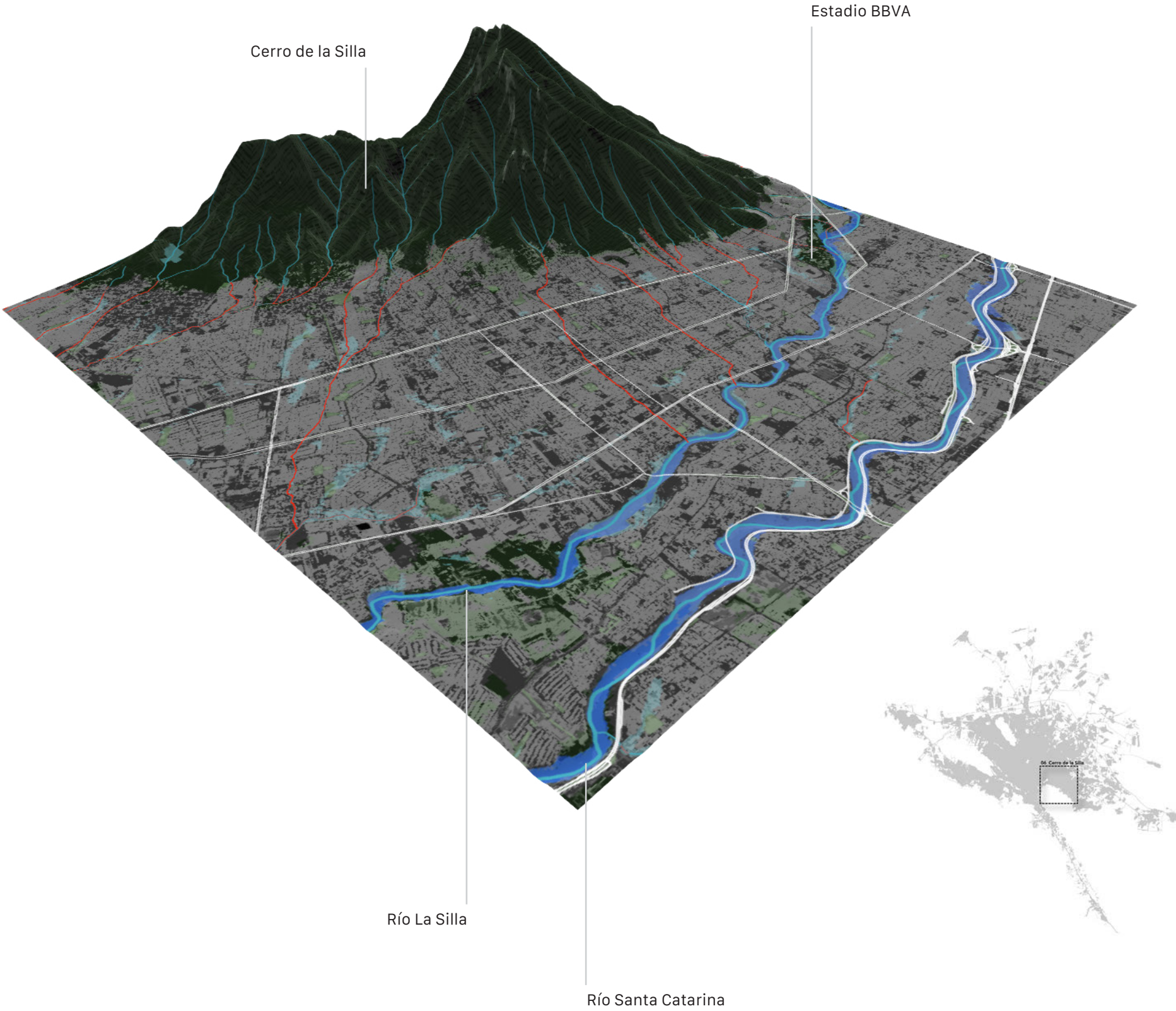


Figura 73. Cuadrante norte de La Silla.
112 Figure 73. La Silla's North quadrant.

La Estanzuela

Los desafíos que enfrenta la zona de la Estanzuela son la conservación de los ecosistemas circundantes, como el Parque Natural La Estanzuela en Monterrey. El desarrollo urbano en esta zona ha comenzado a invadir gradualmente las áreas naturales, poniendo en riesgo a los habitantes por la obstrucción de los escurrimientos aguas arriba.

The pain the Estanzuela Zone faces is conservation of the surrounding ecosystems, such as the Estanzuela Monterrey Natural Park. The urban development in this zone has begun a gradual invasion of the natural areas, putting the inhabitants at risk by obstructing runoff from higher grounds.

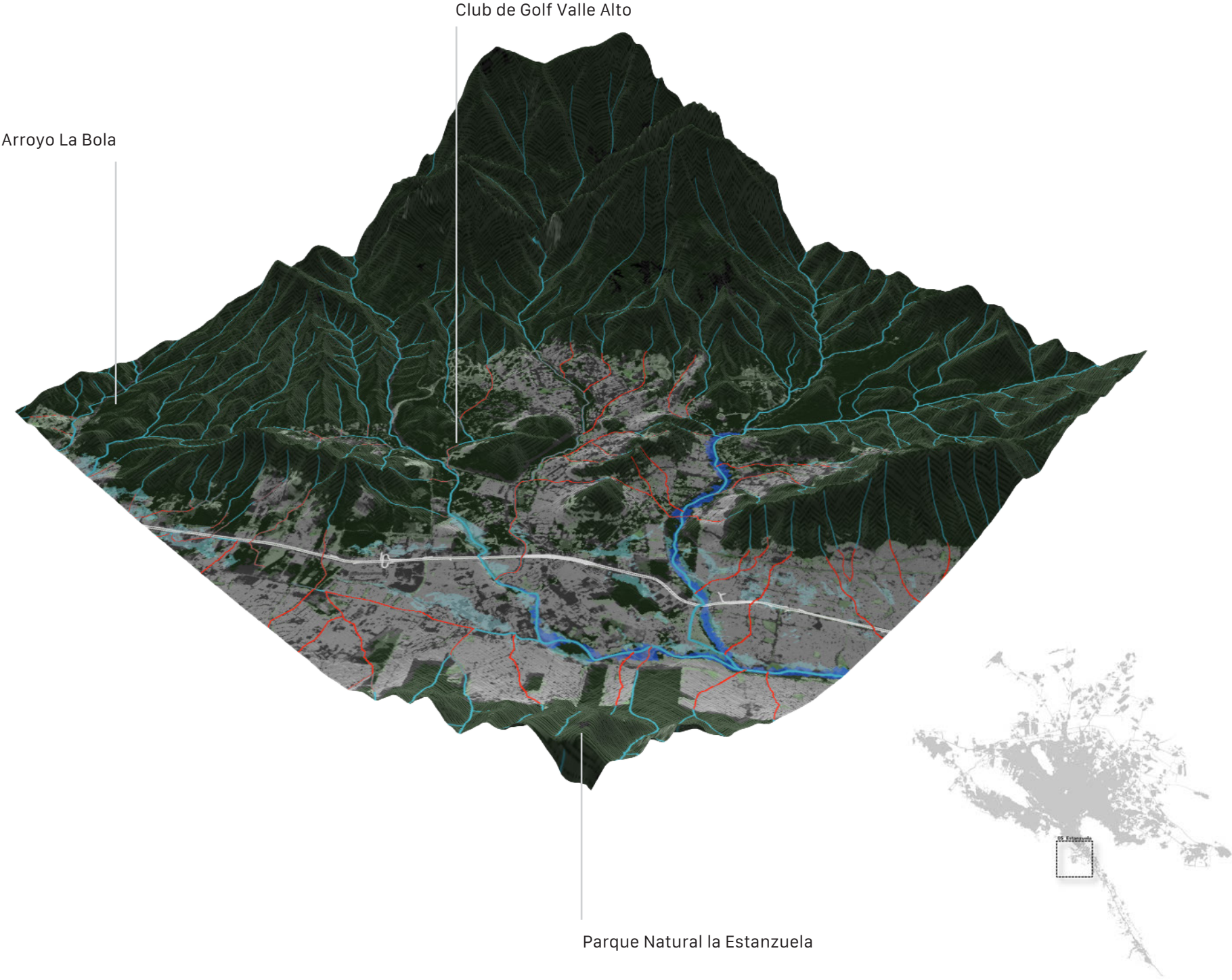


Figura 74. Cuadrante de la zona de La Estanzuela.
Figure 74. La Estanzuela quadrant.

Arroyo Seco

Para la zona del Arroyo Seco, se contemplan los cambios, desde la estructura natural del arroyo San Agustín hasta la integridad ecológica del Arroyo Seco y poniendo en riesgo la conservación del río La Silla. El desarrollo urbano ha convertido en basureros a los arroyos de la zona con la acumulación de aguas negras hasta materiales sólidos.

For the Arroyo Seco area, changes are contemplated, from the natural structure of the San Agustín stream to the ecological integrity of the Arroyo Seco and putting the conservation of the La Silla River at risk. Urban development has turned the area's streams into garbage dumps, leading to the accumulation of sewage with solid materials.

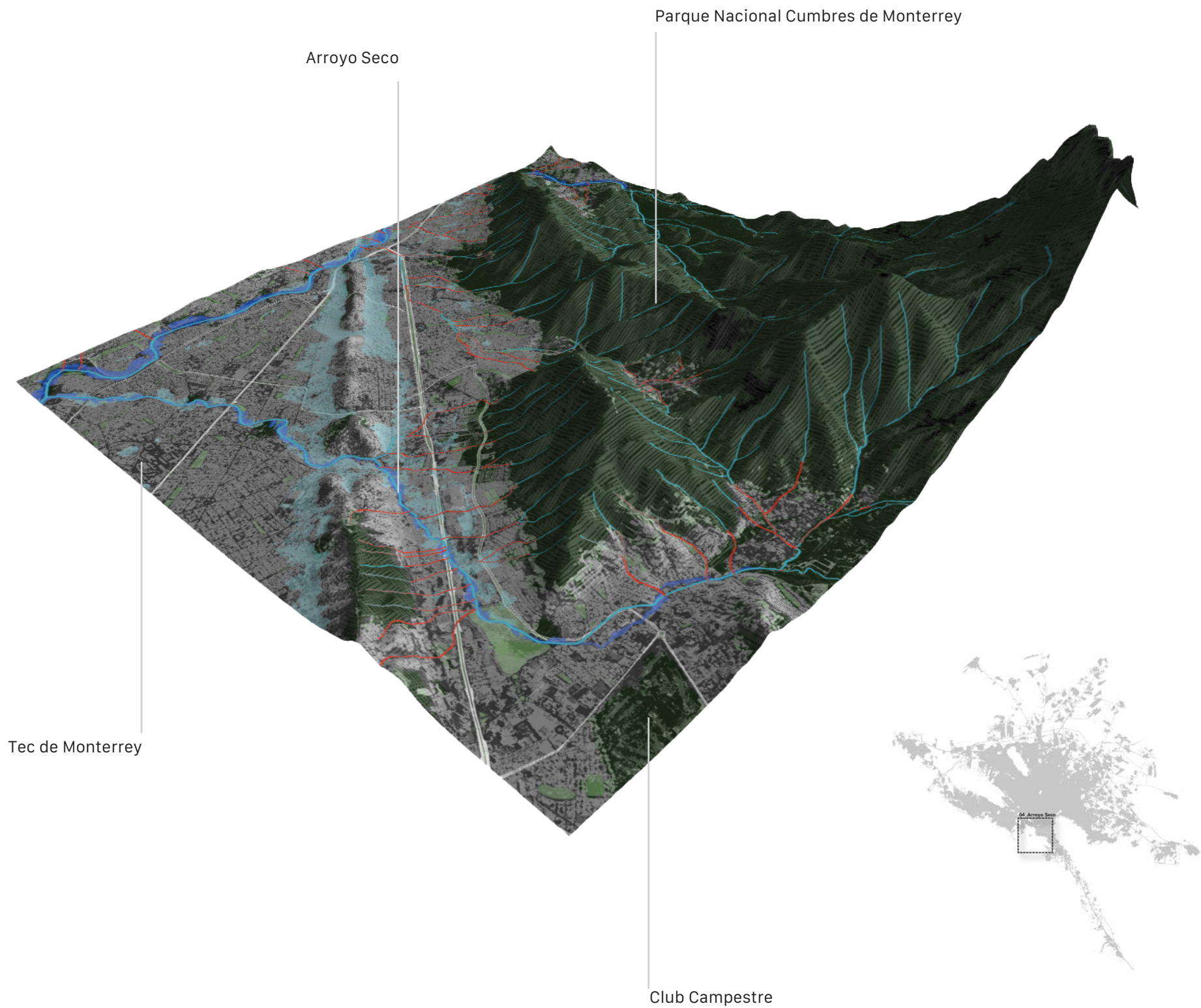


Figura 75. Cuadrante de la zona Arroyo Seco.

Mitras

En la zona Mitras la presión urbana amenaza con desestabilizar un entorno que es vital tanto para la biodiversidad como para la seguridad de los habitantes, en donde en zonas como la huasteca en temporada de huracanes, el río Santa Catarina ha tomado su curso original.

In the Mitras zone, urban pressure threatens to destabilize the environment, which is vital for biodiversity and the safety of its residents. In areas like La Huasteca, during hurricane season, the Santa Catarina River has reclaimed its original course.



Figura 76. Cuadrante de la zona Mitras.
Figure 76. Mitras quadrant.

Obispado

En la zona Obispado, el impacto urbano y las actividades extractivas industrial ha reducido significativamente las áreas verdes que servían como amortiguadores naturales. Las laderas del cerro del Obispado están siendo transformadas, erosionando la identidad visual y ambiental del lugar, afectando no a los habitantes sino también la memoria histórica del área.

In the Obispado area, urban impact and extractive activities have significantly reduced the green areas that served as natural buffers. The slopes of Cerro del Obispado are being transformed, eroding the visual and environmental identity of the place, affecting not only the inhabitants but also the historical memory of the area.

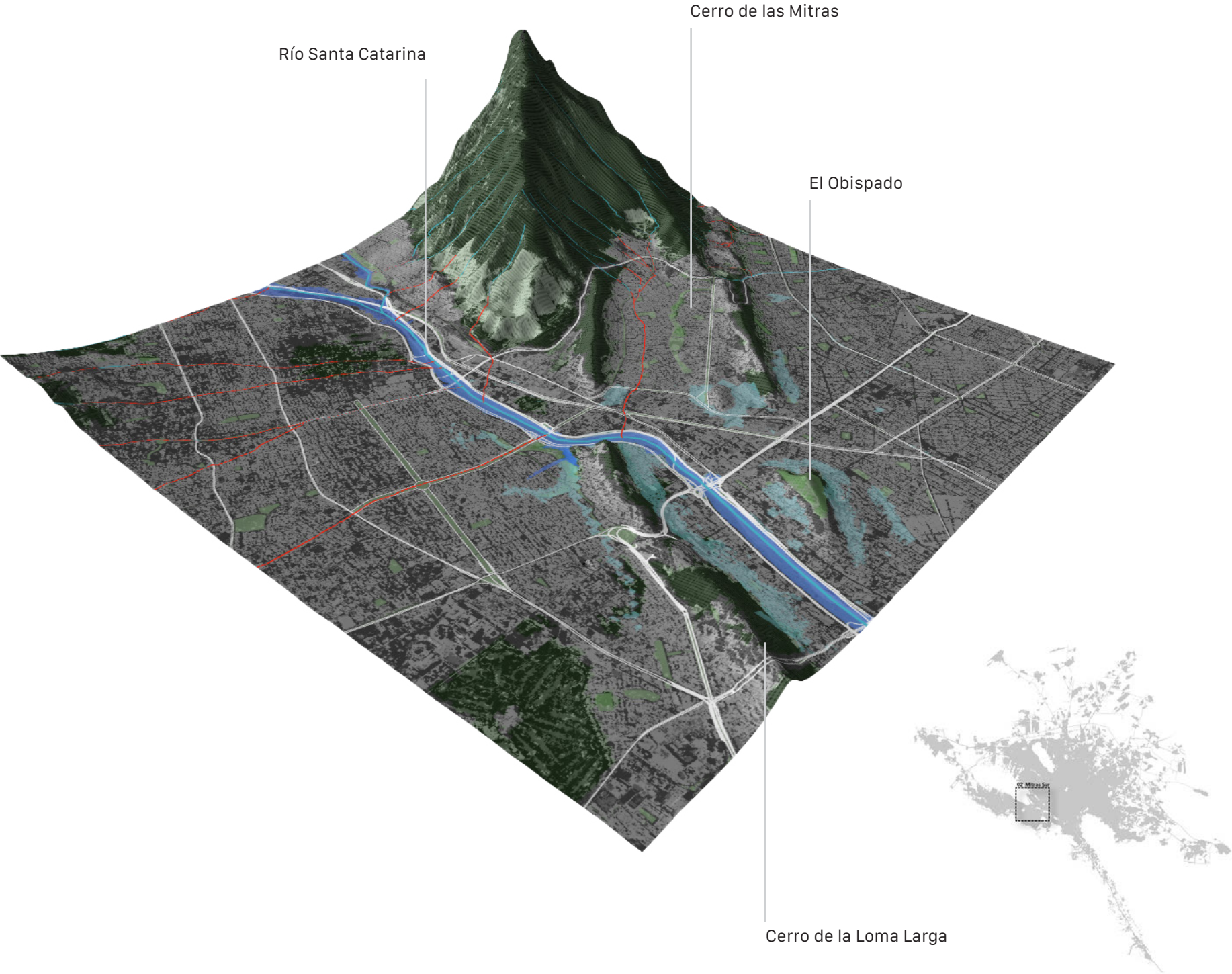


Figura 77. Cuadrante de la zona Obispado
116 Figure 77. Obispado quadrant.

Conclusión

Se llegó a la conclusión de que los dolores paisajísticos e hidrológicos se han multiplicado a lo largo de los años. Estos cambios han pasado desapercibidos o desatendidos. Son tantos los impactos sobre las condiciones naturales que afectan negativamente a la salud humana y a la estabilidad de los ecosistemas. Una metrópolis verde remediará esta situación y revertirá los impactos ambientales para que la población urbana pueda abrazarla. Glenn Albrecht (2019) utiliza las siguientes terminologías para reparar y sanar los impactos adversos conocidos: sumbiofacto (construir con la naturaleza) y simbioceno (convivencia renovada de los seres humanos en su entorno natural). Las palabras a las que se refiere para abrazar y amar un lugar son endomofilia (amor por lo autóctono), eutierria (conexiones goo planeta), psochoterrática (almas humanas relacionadas con la Tierra) y terranascia (nacido en la Tierra). Una nueva forma de pensar sobre el uso de la tierra es esencial para la sanación y el amor. Cada elemento de la ciudad debe ser revisado y convertido en un lugar que pueda ser abrazado por los residentes, contribuyendo a su salud y habitabilidad. Avanzar actuando de la misma manera que en el pasado reforzará los impactos que se experimentan actualmente. El dolor del paisaje solo puede aliviarse con un punto de vista y un ejemplo novedosos.

Conclusion

The conclusion is that landscape and hydrological pains have multiplied over the years. These changes have gone unnoticed or unattended. There are so many impacts on natural conditions that they adversely affect human health and ecosystem stability. A green metropolis will remediate this situation and reverse environmental impacts so the urban population can embrace it. Glenn Albrecht (2019) uses the following terminologies for repairing and healing the adverse impacts known sumbiofact (building with nature) and symbiocene (renewed living together of humans in their natural environment). The words he refers to for embracing and loving a place are endomophilia (love for the native), eutierria (goo planet connections), psochoterratic (human souls relating to Earth), and terranascia (born in Earth). A new way of thinking about land use is essential for healing and love. Every element in the city must be revisited and turned into a place that can be embraced by the residents, contributing to their health and livability. Moving forward by acting in the same way as in the past will reinforce the impacts that are experienced currently. The landscape pain can only be relieved with a novel point of view and example.

05

Governanza

Governance

Políticas actuales: Visión metropolitana

El objetivo principal de este resumen es identificar las principales visiones ambientales en los municipios del área metropolitana de Monterrey y analizarlas junto a la sostenibilidad. Se priorizó el análisis de los programas y planes con mayor visión a largo plazo e identificar aquellos municipios con una visión poco significativa a futura. La revisión de los documentos de desarrollo urbano se centró en identificar las mejores prácticas que puedan ser replicadas en otros contextos urbanos. Se examinaron las visiones que guían los planes, buscando entender el enfoque responsable de la planificación urbana en cada municipio, y comprender cuál es la asignación que se le da al medioambiente en el desarrollo de las ciudades y la metrópolis. Se ordenaron las estrategias propuestas y los objetivos establecidos para emitir una opinión sobre su ambición y coherencia con los principios de sostenibilidad ambiental. En general, a pesar de que se establecieron metas ambientales en el plan estratégico, algunos planes carecen de medidas concretas y no hay una cohesión en lo que cada uno entiende por medioambiente.

Current politics: Metropolitan vision

The main objective of this summary is to identify the primary environmental visions of the municipalities in the Monterrey metropolitan area and analyze their environmental perspectives and sustainability. The analysis prioritized programs or plans with a long-term vision and identified municipalities with less future foresight. The review of these urban development plans focused on identifying best practices that can be replicated in other urban contexts. The visions guiding these plans were examined to understand the approach of urban planning officials in each municipality and the role assigned to the environment in the development of cities and the metropolitan area. The proposed strategies and established objectives were analyzed to provide an opinion on their ambition and coherence with the principles of environmental sustainability. Overall, despite the establishment of environmental goals in the strategic plan, some plans lack concrete measures, and there is no cohesion in what each municipality does for the environment.

Entrevistas

Para formular una visión compartida para Monterrey como Metrópolis Verde, invitamos a representantes de organizaciones e instituciones de la zona metropolitana de Monterrey a participar en entrevistas individuales en un taller para reflexionar sobre los hallazgos del análisis presentado en las secciones anteriores y compartir las acciones, planes y visiones de sus organizaciones para caminar hacia una Metrópolis Verde.

A partir de estas entrevistas se identificaron los principales retos para lograr una metrópolis verde desde la perspectiva de algunos actores (Figura 78). Entre estos retos están el crecimiento de la mancha urbana, la contaminación e invasión de ríos, arroyos y Áreas Naturales Protegidas, pero sobre todo la falta de una coordinación metropolitana y voluntad política para implementar acciones de mediano y largo plazo.

Ante estos retos, los entrevistados compartieron acciones a diferentes escalas que ya se llevan a cabo para el ordenamiento del territorio con enfoque en regeneración de ecosistemas. Se han actualizado Atlas de Riesgos y Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU), establecido declaratorias de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y creado planes maestros, reglamentos, manuales y programas.

Interviews

To formulate a shared vision for Monterrey as a Green Metropolis, we invited representatives from organizations and institutions in the Monterrey metropolitan area to participate in individual interviews and a workshop to reflect on the findings presented in the previous sections and to share their organizations' actions, plans, and visions for moving towards a Green Metropolis.

These interviews identified the main challenges to achieving a green metropolis from the perspective of some stakeholders (Figure 78). These challenges include the expansion of urban areas, pollution, and the encroachment on rivers, streams, and Protected Natural Areas, as well as the lack of metropolitan coordination and political will to implement medium- and long-term actions.

In response to these challenges, the interviewees shared actions at different scales already being carried out for land-use planning, focusing on ecosystem regeneration. Risk Atlases and Municipal Urban Development Plans (PMDU) have been updated, declarations of Protected Natural Areas (ANP) have been established, and master plans, regulations, manuals, and

Adicional, los participantes generaron una serie de recomendaciones orientadas a generar una Metrópolis Verde basadas en estrategias de adaptación sobre lo existente y la prevención sobre lo que está por construirse para generar proyectos menos dolorosos y en lo posible, regenerativos, para la ciudad:

1. Estrategia Estatal de Biodiversidad.
2. Hacer de la ciudad un parque nacional con la implementación de corredores biológicos que conecten un Sistema Metropolitano de Parques, de tal manera que los traslados cotidianos se puedan realizar sin salir del parque, promoviendo modos de transporte no motorizados.
3. Crear redes de parques que correspondan a una lógica de orígenes y destinos para generar mayor impacto.
4. Aprovechar espacios no edificables para generar este Sistema Metropolitano de Parques interconectado por corredores biológicos, empezando por áreas de ámbito nacional como ríos, arroyos, líneas de alta tensión y redes ferroviarias, seguido de espacios residuales como lotes baldíos.
5. Cinturón Verde que conecte las Áreas Naturales como Chipinque, Sierra Madre, Huasteca, cerro de las Mitras, cerro del Topo Chico y cerro de La Silla.
6. Rescate del río Santa Catarina: Como columna vertebral de la región
7. Con la implementación del metro con el tiempo, se necesitarán menos carriles que se pueden convertir en un corredor biológico.
8. Plan de manejo y recuperación del río Pesquería.
9. Monitoreo de índices de biodiversidad, como indicadores de un medioambiente sano y buena calidad del aire.
10. Parques urbanos con especies nativas (autosuficientes).
11. Creación de nuevas Áreas Naturales Protegidas para proteger lomas y cerros.
12. Rescate de mantos acuíferos superficiales y subterráneos, ríos y arroyos.
13. Hacer de los ríos y arroyos los principales elementos conectores de la red de parques.
14. Ampliar el cauce de ríos y arroyos.
15. Reducir la contaminación y tiradero de escombros en ríos y arroyos.
16. Plantas de tratamiento de aguas residuales, lejos de mantos acuíferos y cerca de áreas con necesidad de aumento de cobertura vegetal.
17. Gestión del agua: Ciudad esponja.
18. Implementación de superficies permeables y verdes.
19. Transformar suelos descubiertos y erosionados (especialmente en zonas industriales en García y Escobedo).
20. Recuperación de parques urbanos.
21. Arborización de estacionamientos.
22. Techos verdes.
23. Agricultura urbana.
24. Estrategias de retención de agua con jardines y represas.
25. Políticas de suelo: Implementar acciones para evitar la expansión de la mancha urbana y el uso ineficiente del suelo.
26. Densificación y mezcla de usos.
27. Vivienda.
28. Promover el reciclaje de inmuebles industriales o comerciales para la provisión de vivienda.
29. Conservación de ecosistemas.
30. Desincentivar metros cuadrados ineficientes como espacios de estacionamiento.
31. Gestión de residuos sólidos urbanos y de construcción.

Additionally, the participants generated a series of recommendations aimed at creating a Green Metropolis based on strategies of adaptation to existing structures and prevention regarding future developments to create projects that are less harmful and, if possible, regenerative for the city:

1. *Statewide Biodiversity Strategy.*
2. *Transform the city into a national park by implementing biological corridors that connect a Metropolitan Park System, enabling daily commutes without leaving the park and promoting non-motorized transportation modes.*
3. *Create networks of parks that align with the logic of origins and destinations to generate a more significant impact.*
4. *Utilize non-buildable spaces to create this interconnected Metropolitan Park System through biological corridors, starting with National areas such as rivers, streams, power lines, and railways, followed by residual spaces such as vacant lots.*
5. *Establish a Green Belt connecting Natural Areas such as Chipinque, Sierra Madre, Huasteca, cerro de las Mitras, cerro del Topo Chico, and cerro de La Silla.*
6. *Rescue the Santa Catarina river as the backbone of the region.*
7. *With the implementation of the metro over time, fewer lanes will be needed, which can be converted into a biological corridor.*
8. *Develop a management and recovery plan for the Pesquería river.*
9. *Monitor biodiversity indices as indicators of a healthy environment and good air quality.*
10. *Create urban parks with native (self-sufficient) species.*
11. *Establish new Protected Natural Areas to protect hills and mountains.*
12. *Rescue surface and underground aquifers, rivers, and streams.*
13. *Make rivers and streams the main connecting elements of the park network.*
14. *Expand the channels of rivers and streams.*
15. *Reduce pollution and illegal dumping in rivers and streams.*
16. *Build wastewater treatment plants away from aquifers and nearby areas needing more vegetation cover.*
17. *Water management: Implement the "Sponge City" concept.*
18. *Introduce permeable and green surfaces.*
19. *Transform bare and eroded lands (especially in industrial zones in García and Escobedo).*
20. *Recover urban parks.*
21. *Plant trees in parking lots.*
22. *Install green roofs.*
23. *Promote urban agriculture.*
24. *Implement water retention strategies with gardens and reservoirs.*
25. *Land Policies: Implement actions to prevent the expansion of the urban area and the inefficient use of land.*
26. *Encourage densification and mixed-use development.*
27. *Housing.*
28. *Promote the recycling of industrial or commercial properties to provide housing.*
29. *Conserve ecosystems.*
30. *Discourage inefficient square meters like parking spaces.*
31. *Management of urban and construction solid waste: Improve the management of solid urban and construction waste.*

Entrevistas

Asimismo, se recalcó la importancia de una gobernanza y coordinación metropolitana. Ante esto, se propusieron las siguientes ideas en torno a normativas y programas:

Instrumentos normativos

- Actualización de Atlas de Riesgos.
- Armonizar planes de manejo de Áreas Naturales Protegidas con Planes Municipales de Desarrollo Urbano y Planes Metropolitanos.
- Homologación del Plan de Manejo del Parque Cumbres de Monterrey con el Plan de Manejo que rige el Parque Ecológico Chipinque.
- Generar los instrumentos pertinentes para la aplicación a nivel local de Normas Estatales como la Norma Estatal de Arbolado Urbano.
- Norma Estatal de disposición de escombros.
- Manuales de diseño para la implementación de jardines de lluvia / captación.

Mecanismos de gobernanza

- Gobernanza Metropolitana vinculante a lo local para una mejor gestión del suelo, vigilancia y generación de acuerdos para curar los dolores.
- Visión y compromiso a largo plazo en favor de la conservación y la recuperación de arroyos.
- Colaboración basada en resultados e intercambio de experiencias.
- Incentivar mezcla de usos de vivienda, servicios y transporte público.
- Cooperación para la compra de tierras para recuperación de arroyos, vivienda pública, servicios de proximidad y estacionamientos remotos.
- Institutos de planeación y gestión descentralizados que den continuidad a planes de largo plazo como el Consejo Nuevo León e institutos municipales de planeación.
- Modelos como San Pedro Parques que impliquen más ciudadanía y menos dependencia de instituciones gubernamentales.
- Estrategias para la donación y financiamiento verde.
- Dar prioridad a las Áreas Naturales Protegidas en la designación de presupuesto estatal.
- Robustecer marcos normativos con objetivos y estrategias específicas.
- Plan de manejo de recuperación de parques urbanos.
- Generar manuales con las bases técnicas que faciliten la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.
- Generar planes de Áreas Naturales Protegidas municipales que le den al cuidado de los ecosistemas el mismo peso que los aspectos sociales y económicos.
- Democracia ambiental y participación ciudadana.
- Educación y concientización sobre temas de agua y cuidado de la naturaleza a través de relacionar los ecosistemas a la cotidianeidad.
- Invertir en estrategias de comunicación y educación para crear conciencia.
- Estrategia de educación ambiental que incluya a las infancias en el cuidado de la naturaleza.
- Mecanismos Bottom-Up para la recuperación de arroyos.
- Empoderar juntas vecinales y colectivos para implementar acciones de recuperación de cuerpos de agua e implementación de huertos urbanos.

Interviews

Likewise, the importance of metropolitan governance and coordination was emphasized. In response, the following ideas were proposed regarding regulations and programs:

Normative instruments

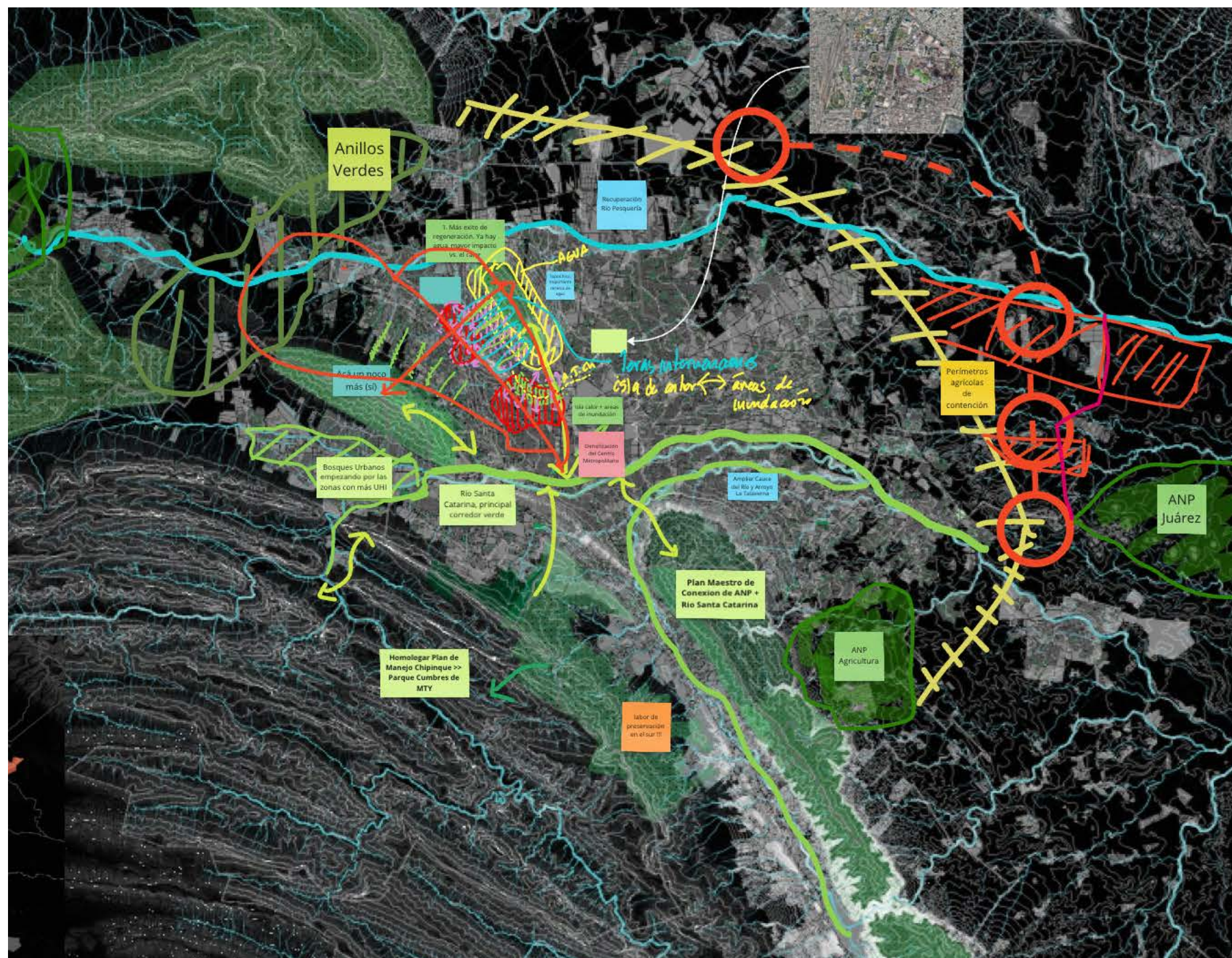
- Update of Risk Atlases.
- Harmonize management plans for Protected Natural Areas with Municipal Urban Development Plans and Metropolitan Plans.
- Standardize the Management Plan for Cumbres de Monterrey Park with the Management Plan governing Chipinque Ecological Park.
- Develop relevant instruments for the local application of State Norms, such as the State Urban Tree Norm.
- State norm for debris disposal.
- Design manuals for the implementation of rain gardens/water harvesting systems.

Governance mechanisms

- Binding Metropolitan Governance linked to local levels for better land management, monitoring, and the creation of agreements to address issues.
- Long-term vision and commitment to the conservation and restoration of streams.
- Collaboration based on results and the exchange of experiences.
- Encourage mixed uses of housing, services, and public transportation.
- Cooperation for the purchase of land for stream restoration, public housing, proximity services, and remote parking.
- Decentralized planning and management institutes to ensure continuity of long-term plans, such as the Nuevo León Council and municipal planning institutes.
- Models like San Pedro Parques that involve more citizen participation and less reliance on government institutions.
- Strategies for green donation and financing.
- Prioritize Protected Natural Areas in the allocation of state budgets.
- Strengthen regulatory frameworks with specific objectives and strategies.
- Management plan for the restoration of urban parks.
- Develop manuals with technical foundations to facilitate the implementation of nature-based solutions.
- Create municipal Protected Natural Area plans that give ecosystem conservation the same importance as social and economic aspects.
- Environmental democracy and citizen participation.
- Education and awareness on water issues and nature conservation by relating ecosystems to daily life.
- Invest in communication and education strategies to raise awareness.
- Environmental education strategy that includes children in nature conservation.
- Bottom-up mechanisms for stream restoration.

Figura 78. Síntesis de los mapeos realizados durante las entrevistas.

Figure 78. Syntesis of the maps ellaborated during the interviews.



Los participantes de las entrevistas representan las organizaciones e instituciones: Secretaría de Competitividad Territorial y Económica y Dirección de Medioambiente de Guadalupe, Instituto de Planeación y Gestión Urbana de San Pedro Garza García (IMPLANG), San Pedro Parques, Asociación Parque Ecológico Chipinque, Club Región Norte del Tecnológico de Monterrey, Dirección de Desarrollo Verde del Municipio de Monterrey, Subsecretaría de Ordenamiento Territorial y Espacio Público, Consejo Nuevo León para la Planeación Estratégica, Sociedad de Urbanismo Región Monterrey, Observatorio Ciudadano de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey, y el Centro del Agua del Tecnológico de Monterrey.

The interview participants represent the following organizations and institutions: Secretariat of Territorial and Economic Competitiveness and the Directorate of Environment of Guadalupe, Institute of Urban Planning and Management of San Pedro Garza García (IMPLANG), San Pedro Parques, Chipinque Ecological Park Association, Club North Region of Tecnológico de Monterrey, Directorate of Green Development of the Municipality of Monterrey, Subsecretariat of Territorial Planning and Public Space, Nuevo León Council for Strategic Planning, Monterrey Region Urbanism Society, Citizen Observatory for Air Quality of the Monterrey metropolitan area, and the Water Center of Tecnológico de Monterrey.

06

Escenarios

Scenarios

Introducción a escenarios

En contextos altamente disruptivos es útil desarrollar diferentes escenarios de futuro. Dado que se requiere/desea una transformación fundamental para la metrópoli de Monterrey, los escenarios ofrecen tanto percepciones como posibles visiones de futuro. Hemos creado cuatro escenarios: "No nos importa", "Lo mismo de siempre", "Una metrópolis sanadora" y "Reconquistando la ciudad".

Para los métodos de los siguientes escenarios se utilizaron diversos datos vectoriales provenientes de INEGI del 2020, como la red hidrológica, la red ferroviaria y vial, los polígonos de manzanas, áreas verdes y áreas naturales protegidas, entre otros. Con esta información, se realizó una sobre posición en imágenes satelitales, prediciendo cada escenario.

Escenario: No nos importa

El primer escenario se basa en un crecimiento económico continuo y se centra en más consumo, exportaciones, empleo y riqueza (Figura 79). Esto implica que se puede ocupar un espacio ilimitado para desarrollar polígonos industriales, usos comerciales y viviendas. El espacio necesario se encuentra fuera de los límites urbanos actuales. Las planicies al norte y oeste de Monterrey se transformarán en mancha urbana. Las infraestructuras existentes, como las carreteras y el ferrocarril, son los ejes que vertebran el desarrollo. En este escenario, la expansión urbana eventualmente conectará Monterrey con Saltillo, formando una mega ciudad. En la expansión urbana, el espacio se utiliza más eficientemente, sin comprometer la eficiencia económica por otros usos, como el verde, el espacio público o el agua. Esto conduce a interminables barrios de concreto y áreas industriales.

En este escenario, las emisiones de carbono y otras partículas aumentarán, provocando una mayor disminución de la calidad del aire. Dentro de los desiertos de concreto, aumentan las islas de calor urbanas, y las grandes cantidades de agua consumidas disminuirán los recursos disponibles, exagerando así la crisis del agua. El aumento sustancial de suelos y pavimentos impermeables da lugar a grandes cantidades de agua sobrante que es necesario verter a través del sistema. Sin embargo, este sistema no puede absorber toda esta agua; por lo tanto, ocurren inundaciones periódicas en los barrios y a lo largo de toda la red de ríos. Al ocupar el paisaje y utilizar más recursos, la degradación ecológica se acelera y cada vez hay más especies que no pueden sobrevivir.

Introduction to scenarios

In highly disruptive contexts, developing different scenarios for the future is helpful. Because a fundamental transformation is required/desirable for the Monterrey metropolis, the scenarios give both insights and possible future visions. We have created four scenarios: "We don't care", "Business as usual", "A Healing Metropolis", and "Reconquering the City".

For the methods of the following scenarios, several vector data from INEGI from 2020 were used, such as the hydrological network, the railway and road network, the polygons of blocks, green areas, and protected natural areas, among others. With this information, an overlay was performed on satellite images, predicting each scenario.

Scenario: We don't care

The first scenario is based on continuous economic growth and focuses on more consumption, exports, jobs, and wealth (Figure 79). This scenario also implies unlimited space is occupied for developing industrial sites, commercial uses, and housing. The needed space is outside the current urban boundaries. The flatlands north and west of Monterrey will be transformed into urban sprawl. The existing infrastructure, such as roads and rail, are the axes that form the backbones of development. In this scenario, urban expansion will eventually connect Monterrey with Saltillo, forming one megacity. In urban expansion, space is used most efficiently without compromising economic efficiency through other uses, such as green, public space, or water. It leads to endless concrete neighborhoods and industrial areas.

In this scenario, the carbon emissions and other particles will increase, leading to a further decrease in air quality. Within the concrete deserts, urban heat islands increase, and the large amounts of water used will decrease the resources available and thus exaggerate the water crisis. The substantial increase in impervious soils and pavements leads to large amounts of excess water that needs to be discharged through the system. However, this system cannot take up all this water; therefore, regular floods occur in neighborhoods and alongside the entire river system. By occupying landscapes and using more resources, ecological degradation accelerates, and more and more species cannot survive.

Figura 79. Representación esquemática del escenario "No nos importa".

Figure 79. Schematic representation of the scenario "We don't care".

Simbología / Legend

- Avenidas principales / Main highways
- Expansión urbana / Urban expansion

Mapa Base / Base Map

- Corrientes hidrológicas / Hydrological currents
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits
- Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Escenario:

Lo mismo de siempre

En el segundo escenario, las prácticas actuales se extienden hacia la planeación del futuro (Figura 80). El desarrollo de nuevas zonas industriales y de vivienda se lleva a cabo con los mismos lineamientos en relación con los coeficientes de área verde, el número de metros cuadrados por espacio público, y en la forma en la que los materiales se usan. Sin embargo, esto también implica, en este escenario, que el expansivo crecimiento de esta ciudad continúe hacia el noreste y el corredor Monterrey-Salttillo se desarrolle. Aunque se contemplan espacios verdes dentro de la expansión, su tamaño y cantidad son limitados, igual que la situación actual de los municipios en la metrópoli de Monterrey.

En el escenario, "Lo mismo de siempre", las emisiones siguen creciendo, y la captura de carbono en los espacios verdes es muy limitada. El uso de agua y otros recursos crece aún más, lo que significa que no se resolverá la actual crisis del agua. En numerosas zonas, el calor afectará a muchas personas. El tamaño y el número limitados de espacios verdes en los nuevos desarrollos urbanos no serán capaces de prevenir las inundaciones, porque los espacios no son lo suficientemente grandes como para retener el agua y liberarla lentamente al sistema más grande. Por el contrario, debido a las expansiones urbanas añadidas, habrá más exceso de agua que se verterá a los ríos más grandes, que son demasiado pequeños para hacer frente a estas cantidades adicionales. La degradación ecológica continúa al ritmo actual.

Scenario:

Business-as-usual

In the second scenario, the current practice is extended to future planning (Figure 80). The development of new neighborhoods and industrial estates is undertaken with current standards in relation to the amount of green space, the number of public spaces, and the way materials are used. However, this also implies that in this scenario, the city's further growth will continue and spread over the northwestern landscape and towards Saltillo. Within these expansions is green space created, only at the identical amounts found in the current municipalities in the metropolis.

In the "Business-as-usual" scenario, emissions continue to grow, and carbon capture in green spaces is minimal; water unavailability grows further, so the water crisis will not be solved. In many neighborhoods, the heat will impact many people. The limited size and number of green spaces in the new urban developments will not be capable of preventing floods because the spaces are not large enough to retain the water and release it slowly to the bigger system. On the contrary, due to the added urban expansions, more excess water will be discharged to the larger rivers, which are too small to deal with these extra amounts. Ecological degradation continues at the current pace.

Figura 80. Representación esquemática del escenario "Lo mismo de siempre".
Figure 80. Schematic representation of the scenario "Business-as-usual".

Simbología / Legend

Avenidas principales / Main highways

Expansión urbana / Urban expansion

Áreas verde Urbanas / Green urban areas

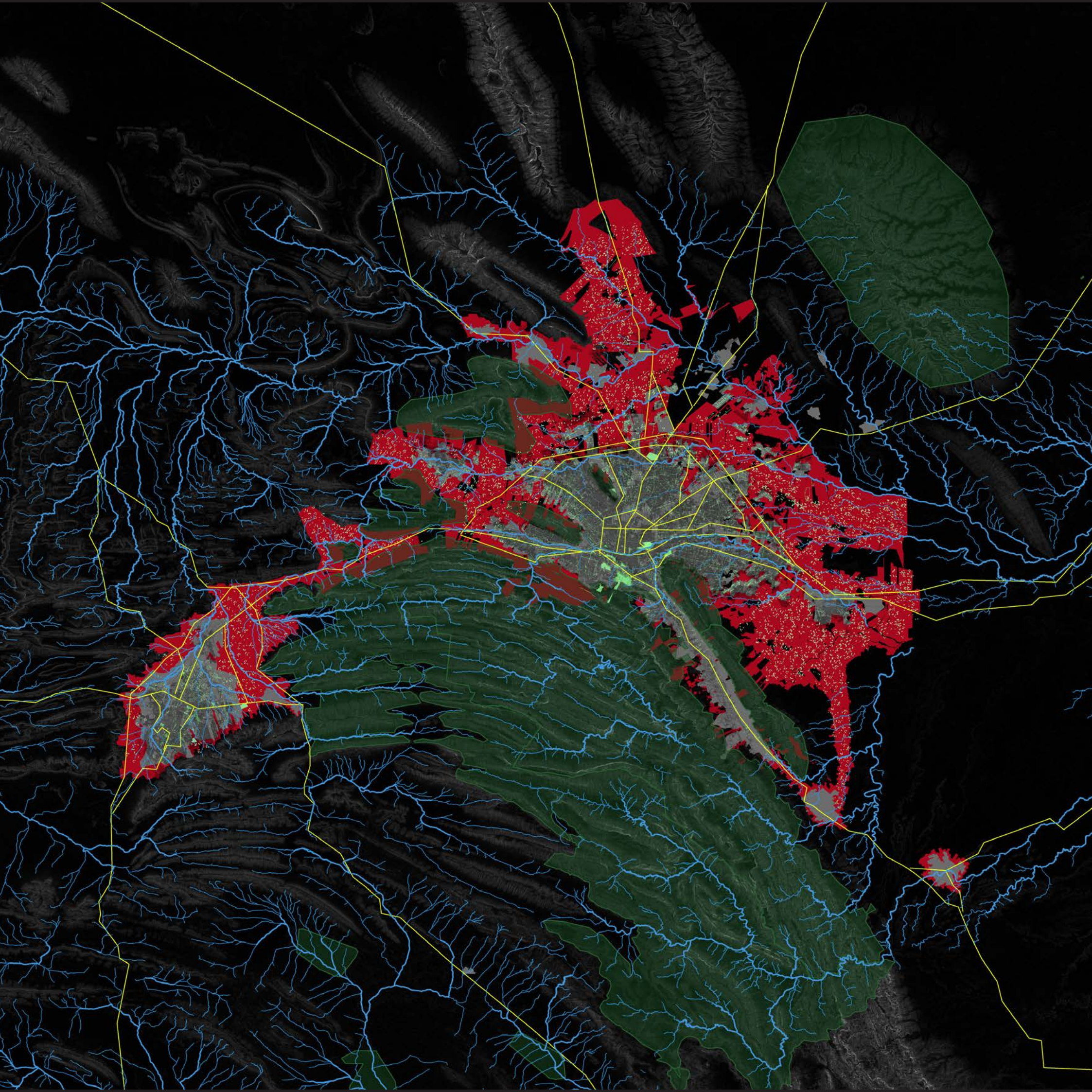
Mapa Base / Base Map

Corrientes hidrológicas / Hydrological currents

Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area

Limites municipales / Municipality limits

Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Escenario:

Una metrópolis saludable

El tercer escenario repara el dolor identificado en la ciudad (Figura 81). Los grandes sistemas fluviales y las autopistas se convierten en corredores verdes y los arroyos más pequeños se recuperan y salen a la superficie. Esto permite una reconexión entre las montañas y los ríos, y surge un entramado verde-azul. El reverdecimiento de estas corrientes de agua aumenta la permeabilidad de los espacios públicos y la infiltración del agua en el suelo. También aumentará la vida general del suelo, de modo que recuperará su fertilidad y posibilidades de empezar a cultivar. Además, alrededor de los límites actuales se crea un cinturón verde, en el que tienen cabida los bosques, la agricultura ecológica regional y el ocio. Estas intervenciones verdes capturan carbono y reducen las altas temperaturas (COOKFOX Architects, 2024).

Además, proporcionan una mayor humedad, por lo que se puede cosechar agua útil. Las pedreras se rehabilitan y recuperan su pendiente original. Esto puede hacerse rellenándolas con materiales de desecho de la construcción o construyendo un techo verde sobre las urbanizaciones. El resultado es que las montañas recuperen su aspecto original y los gradientes ecológicos restauren su biodiversidad. El verde a lo largo de las autopistas y alrededor de las antiguas industrias contaminantes compensa la pérdida de calidad del aire, proporcionando un aire menos contaminado a toda la metrópoli. Por último, los edificios más prominentes (X y XL) adoptarán todos un tejado verde. En los tejados se puede coleccionar el agua, cultivar o plantar vegetación nativa, previniendo inundaciones aguas abajo. Localmente, la isla de calor urbana se reduce gracias a la infraestructura verde y del agua. La restauración en las pendientes, el cinturón verde y las cubiertas verdes a gran escala, aumentan en general la calidad ecológica.

Scenario:

A healing metropolis

The third scenario repairs the pain identified in the city (Figure 81). The large river systems and highways become ecological corridors, and the smaller creeks are recovered and brought to the surface. This situation allows for a reconnection between the mountains and the rivers, and a green-blue framework emerges. Greening these waterways increases public spaces' permeability and water infiltration in the soil. It also adds fertility to the general soil, allowing the cultivation of crops. Moreover, there is a green belt around the current boundaries, where forests, regional organic agriculture, and leisure find a place. These green interventions capture carbon and reduce the high temperatures (COOKFOX Architects, 2024)..

Additionally, it provides a higher humidity so beneficial water can be harvested. The quarries are redeveloped and brought back to their original slope. This remediation can be done by refilling using construction waste materials or constructing a green ceiling over urban developments. The result is that the mountains regain their original look, and the ecological gradients restore their biodiversity. The green along highways and around formerly polluting industries compensates for the loss of air quality, with less polluted air for the entire metropolis. Finally, the most prominent buildings (X and XL) will all adopt a green roof. Water can be retained on these roofs, crops can be cultivated, or native vegetation can be planted. At roofs, water is collected in the system, preventing downstream flooding. Locally, the urban heat island is reduced by green and water infrastructure. Restoring slopes, the green belt, and the large-scale green roofs enhance the overall ecological quality.

Figura 81. Representación esquemática del escenario "Una metrópolis saludable".
Figure 81. Schematic representation of the scenario "A healing metropolis".

Corredores verdes / Green corridors

Cinturon Verde / Green buffer

Áreas verde Urbanas / Green urban areas

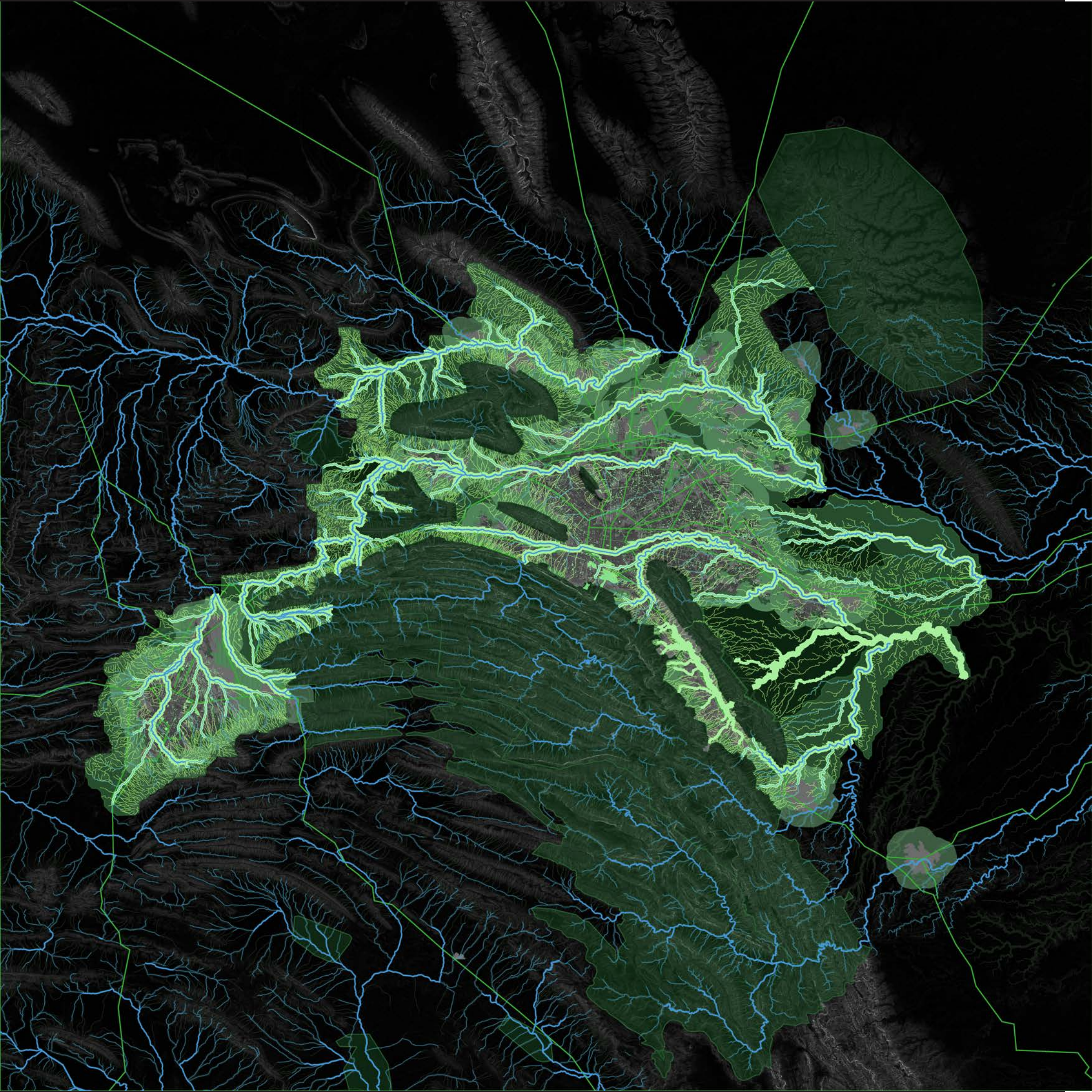
Corredor hidroecológico / hydro-ecological corridor

Corrientes hidrológicas / Hydrological currents

Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area

Limites municipales / Municipality limits

Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Escenario:

Reconquistando la ciudad

El último escenario pretende sanar el dolor, con la creación de espacios y condiciones que los residentes metropolitanos de Monterrey puedan abrazar; además de recuperar arroyos y ríos, establecer un cinturón verde y enverdecer azoteas (Figura 82). En este escenario también se transforman las azoteas más pequeñas, así como, las calles y plazas residenciales. Los tejados de los edificios bajos, residenciales y comerciales se transforman en una instalación de captación de agua con vegetación nativa. El programa para las calles y plazas residenciales reduce significativamente la impermeabilidad de la superficie. En la medida de lo posible, se retiran los pavimentos existentes (los residuos pueden utilizarse para el relleno de canteras) y en el suelo descubierto se plantan árboles y otras plantas. De esta forma, se puede capturar gran cantidad de carbono en árboles y en varias especies de agave. Estas intervenciones mediante el diseño transformarían la ciudad en una metrópolis verde. La ciudad sería visible en imágenes de satélite como en Google Earth, destacando su verdor, en viviendas, industrias y otros usos del suelo urbano. Esta es una transformación de una ciudad que estresa su entorno, a una ciudad que es un espacio natural por sí misma. Un ambiente urbano donde se puede respirar, está sano, y es habitable.

Scenario:

Reconquering the city

The last scenario aims to heal the pain by creating spaces and conditions that metropolitan residents of Monterrey can embrace, restoring creeks and rivers, establishing a green belt, and greening roofs (Figure 82). In this scenario, smaller-scale roofs, as well as residential streets and squares, are used. Roofs at low-rise buildings, residential and commercial, are changed into water harvesting facilities with native vegetation. The program for residential streets and squares significantly reduces surface impermeability. Where possible, the existing pavements are removed (residues can be used for filling quarries) and placed in the uncovered soil for planting trees and other plants. This way, large amounts of carbon are captured in trees and various Agave species. These interventions, by design, could transform the city into a green metropolis. The city would be seen from satellite images like Google Earth, showing its greenness in housing, industries, and other urban land uses. This transformation is from a city that stresses its surroundings to a town that is natural by itself. An urban environment that is habitable, where people can breathe and be healthy.

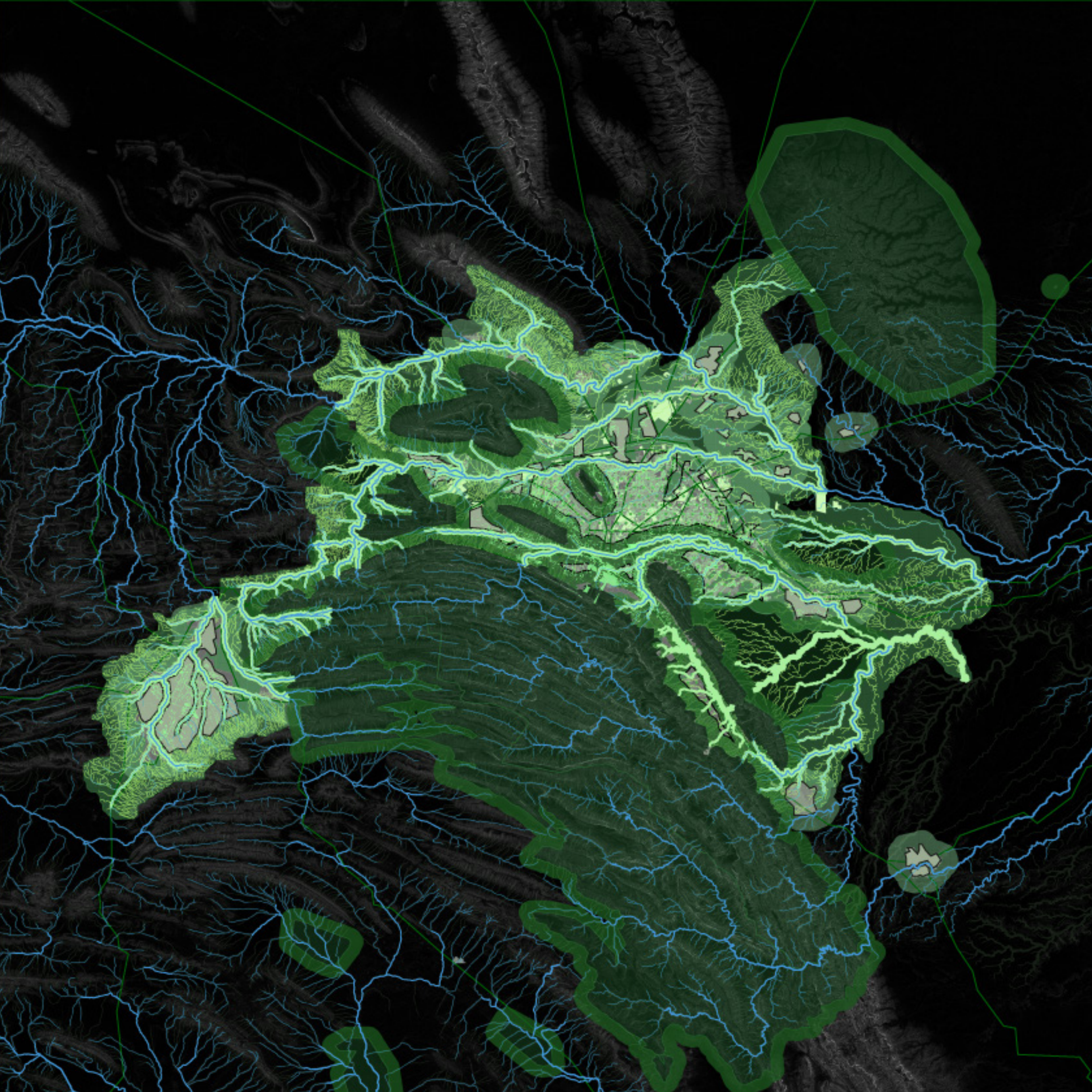
Figura 82. Representación esquemática del escenario "Reconquistando la ciudad".
Figure 82. Schematic representation of the scenario "Reconquering the city".

Simbología / Legend

- Corredores verdes / Green corridors
- Cinturon Verde / Green buffer
- Áreas verde Urbanas / Green urban areas
- Corredor hidroecológico / hydro-ecological corridor
- Extensión de Áreas Naturales protegidas / Extended natural protected areas
- Islas urbanas verdes / Urban green islands

Mapa Base / Base Map

- Corrientes hidrológicas / Hydrological currents
- Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
- Limites municipales / Municipality limits
- Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



07

Visión conceptual
Conceptual vision

Introducción a la Visión conceptual

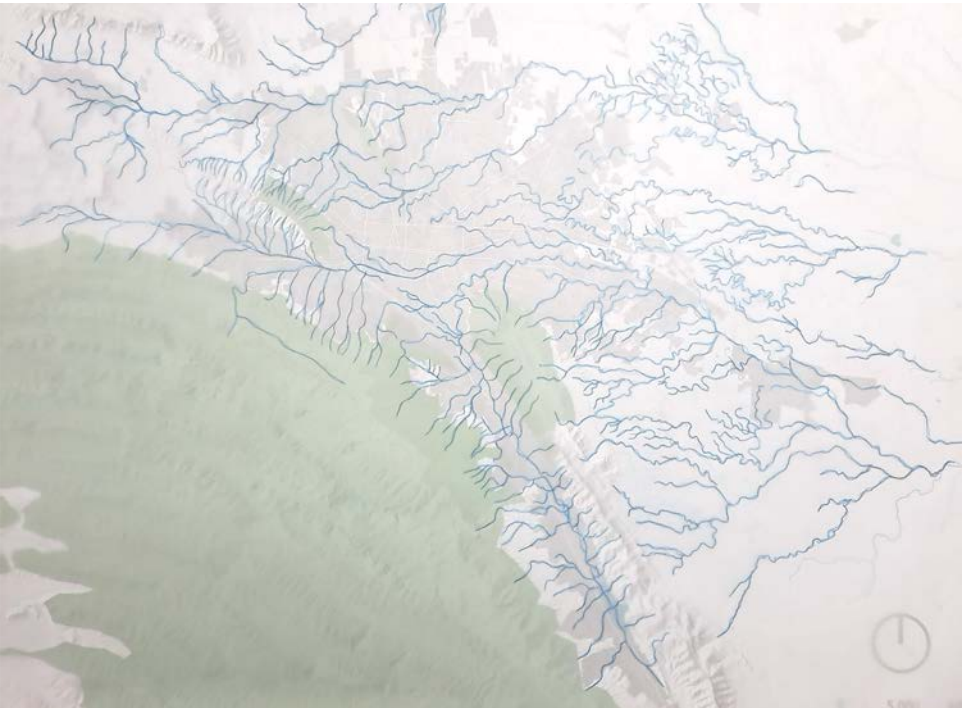
Como se menciona en el capítulo 6, la perspectiva de una metrópolis verde es la de reocupar la ciudad con espacios naturales, quitando los espacios de usos de suelo que impactan negativamente al medioambiente, y sustituirlos por espacios verdes, ricos en agua, ecológicos y amigables con el ser humano. El suelo puede ser descubierto removiendo el pavimento y retornando su fertilidad. Los cauces del agua en la metrópolis podrán regar una red verde (Figure 12). El primer paso es descubrir los arroyos que están ocultos y desenterrar los cauces del cemento, conectando las pequeñas cañadas con los ríos, se forma una mayor red hidrológica fluyendo por la metrópoli (Figura 83).

Introduccing the Conceptual vision

As mentioned in Chapter 6, the perspective of a green metropolis is to reoccupy the city with nature by removing land uses that impact the environment negatively and replacing them with green, water-rich, ecological, and human-friendly spaces. The soil can be uncovered by ripping off the pavement and returning fertility. The waterways in the metropolis could irrigate a green network. (Figure 12) The first step is to expose the hidden creeks and dig the riverbeds under concrete by connecting the small creeks to rivers, forming a more extensive hydrological network that flows through the entire metropolis (Figure 83).

Figura 83. Un sistema de arroyos y ríos descubierto y conectado.
Figure 83. An uncovered and connected creek and river system.

Figura 12. Arroyos urbanos (en Resumen ejecutivo).
Figure 12. Urban creeks (in Executive summary).



Simbología / Legend

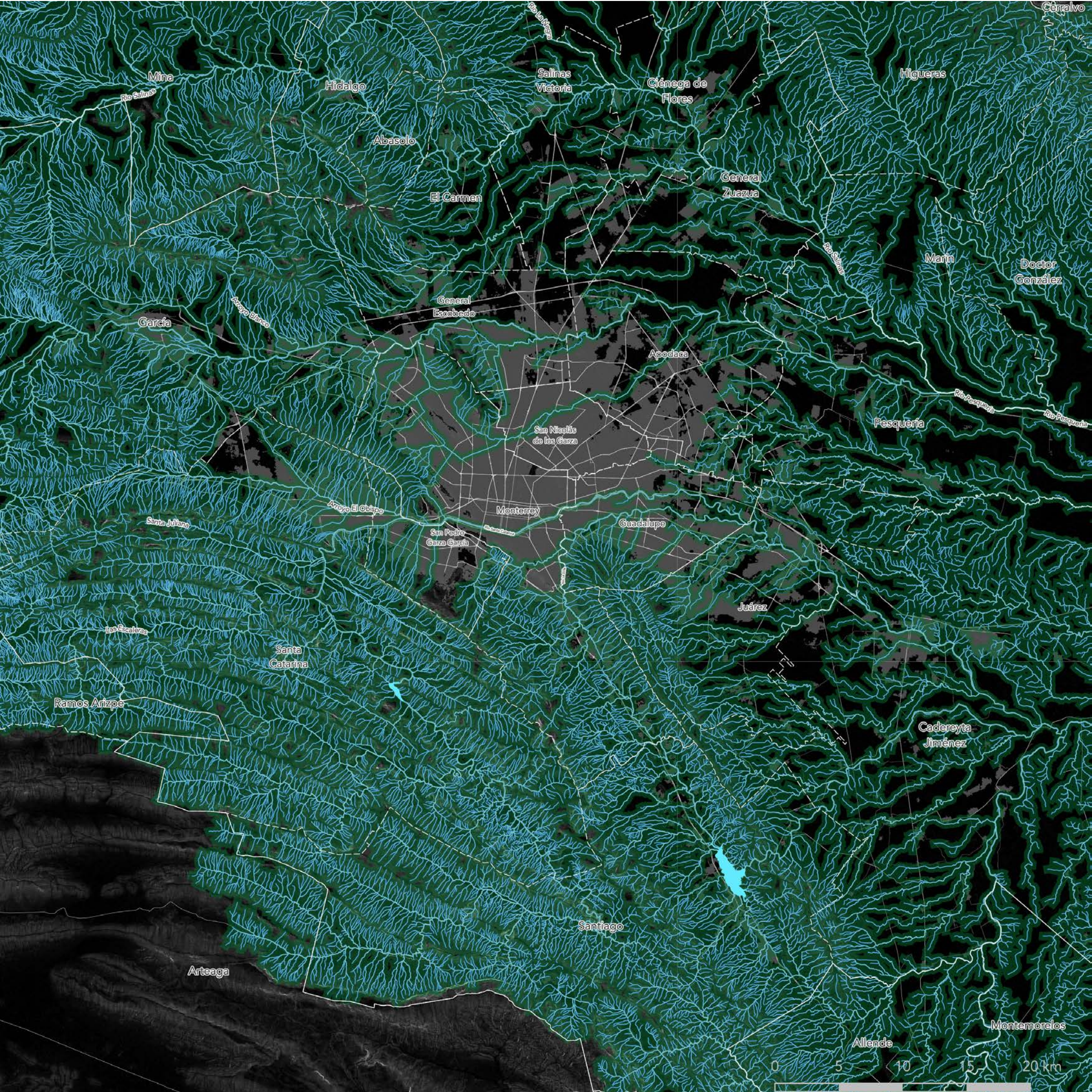
Corrientes hidrológicas abiertas
/ open hydrological currents

Mapa Base / Base Map

Área Metropolitana de Monterrey
/ Monterrey's Metropolitan Area

Limites municipales
/ Municipality limits

Áreas Naturales Protegidas
/ Natural Protected Area



Introducción a la Visión conceptual

Junto a los arroyos y ríos se propone una zona amplia que funcione como corredor ecológico, zona de retención e infiltración de agua y parque urbano (Figura 13). Estos corredores biológicos siguen el escurrimiento superficial del agua (Figura 84), proporcionando a los residentes un espacio público agradable y saludable frente a su hogar.

Introduccing the Conceptual vision

Adjacent to creeks and rivers, a broad zone is proposed to function as an ecological corridor, water retention, infiltration zone, and urban park (Figure 13). These biological corridors follow the surface runoff (Figure 84), providing residents with a pleasant and healthy public space in front of their homes.

Figura 84. Un marco hidroecológico.
Figure 84. A hydro-ecological framework.

Figura 13. Corredores ecológicos (en Resumen ejecutivo).
Figure 13. Ecological corridors (in Executive summary).



Simbología / Legend

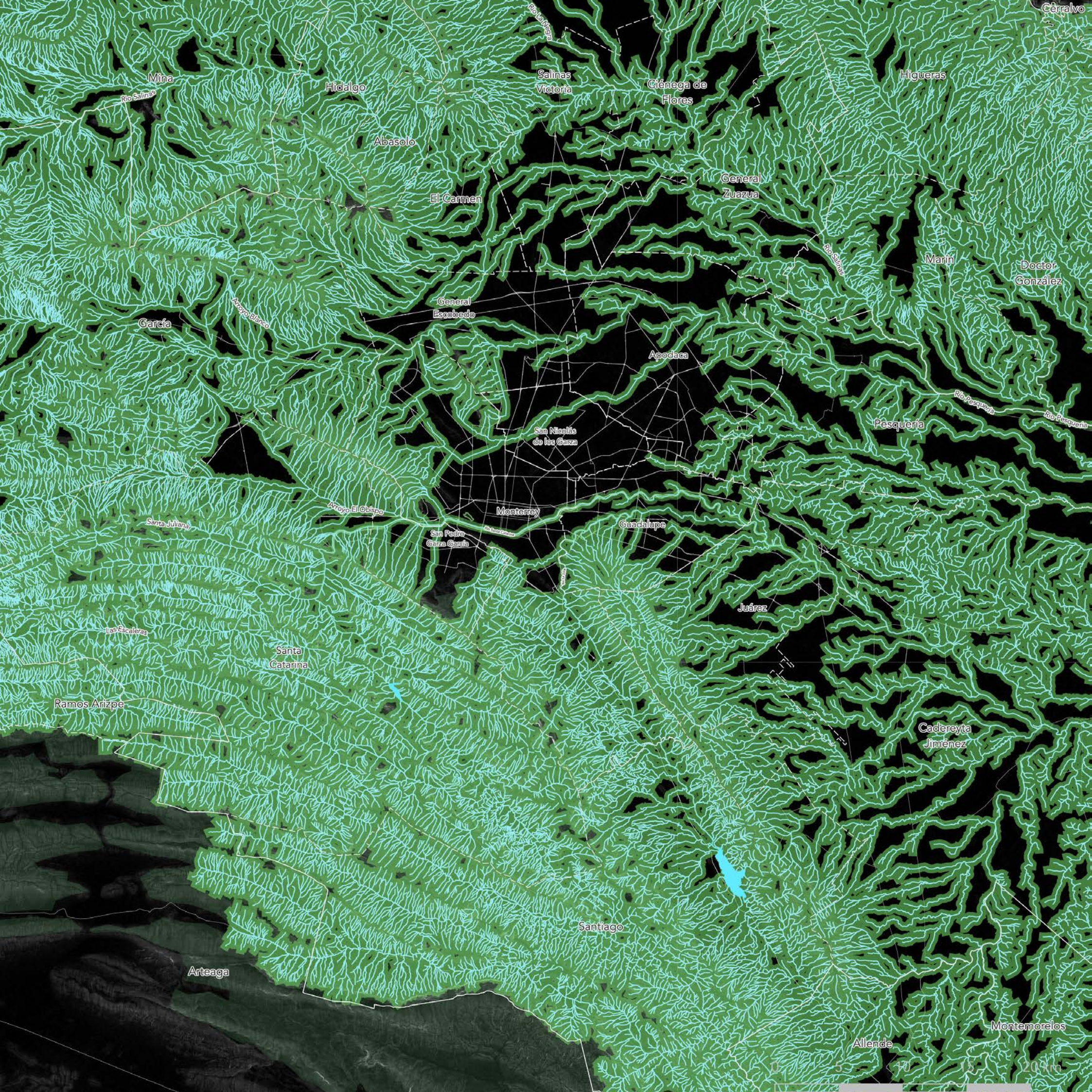
Corredor hidroecológico
/ hydro-ecological corridor

Mapa Base / Base Map

Área Metropolitana de Monterrey
/ Monterrey's Metropolitan Area

Limites municipales
/ Municipality limits

Áreas Naturales Protegidas
/ Natural Protected Area



Introducción a la Visión conceptual

La extensión de las montañas y las reservas naturales forman parte del entramado ecológico. En lugar de tener estas zonas ocupadas por construcciones, sus extensiones podrían conectarse con la red hidroecológica, juntando las partes más altas con las elevaciones más bajas de los valles fluviales (Figura 14).

Los espacios de este marco hidroecológico pueden utilizarse para actividades urbanas (Figura 85), con la condición de que cada superficie de calle, jardín y tejado contribuya a la infiltración y retención del agua para mejorar las cualidades naturales. A escala metropolitana, un cinturón verde crece en la periferia de la ciudad, mediante una estrategia de reforestación.

Introduccing the Conceptual vision

The extension of mountains and natural reserves is part of the ecological framework. Instead of having these zones occupied by constructions, their extensions could be connected to the hydro-ecological network, joining the higher grounds with the lower elevations in fluvial valleys (Figure 14).

The spaces in this hydro-ecological framework can be used for urban activities (Figure 85) under the condition that every surface in the street, garden, and roof contributes to water infiltration and retention to improve the natural qualities. At a metropolitan scale, a green belt grows on the outskirts of the city through a reforestation strategy.

Figura 85. Espacios y usos del suelo urbano guiados por la red hidroecológica.
Figure 85. Urban spaces and land uses guided by the hydro-ecological network.

Figura 14. Arroyos urbanos adaptados a los corredores ecológicos (en Resumen ejecutivo).
Figure 14. Urban creeks adapted to ecological corridors (in Executive summary).

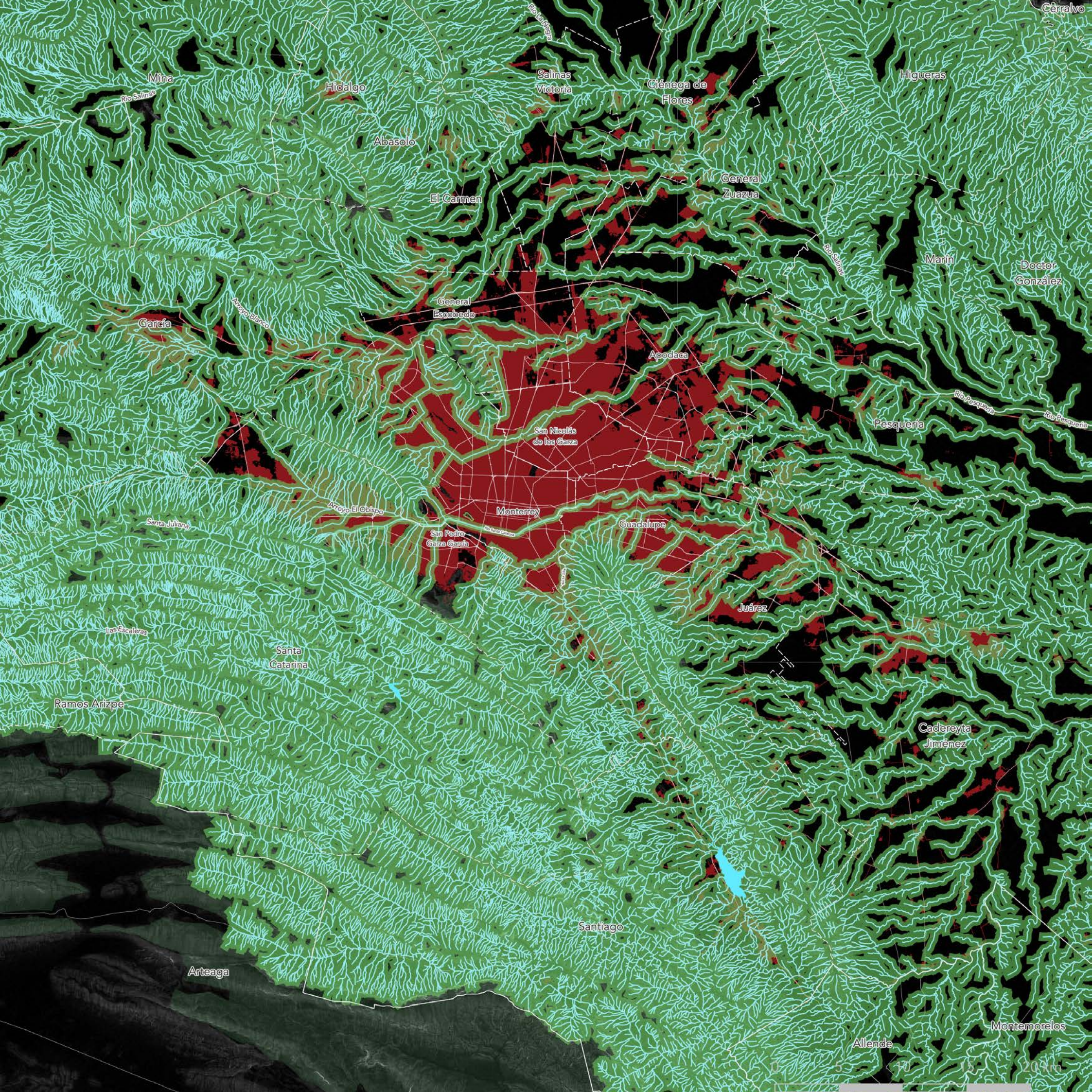


Simbología / Legend

-  Corredor hidroecológico / hydro-ecological corridor
-  Área Urbana / Urban area

Mapa Base / Base Map

-  Área Metropolitana de Monterrey / Monterrey's Metropolitan Area
-  Limites municipales / Municipality limits
-  Áreas Naturales Protegidas / Natural Protected Area



Visiones a escala

En el futuro, los municipios alrededor de la ciudad de Monterrey se conformarán en una metrópoli verde donde los ríos y arroyos restaurados se conectarán a través de corredores biológicos; creando una red ecológica que integre parques, zonas de retención de agua y espacios públicos saludables. Los techos y calles residenciales se convertirán en áreas de retención de agua con vegetación nativa, mientras que el pavimento se reemplazará por suelos fértiles y verdes. Este enfoque revitaliza el entorno urbano y convierte a Monterrey en un paisaje natural que contribuye a mejorar la respiración, está más limpio y se vive en armonía con el entorno (Figuras 86 a 90).

Visions to scale

In the future, the municipalities around Monterrey City will conform to a green metropolis where restored rivers and streams will be connected through biological corridors, creating an ecological network that integrates parks, water retention zones, and healthy public spaces. Rooftops and residential streets will become water retention areas with native vegetation, while pavement will be replaced with fertile and green soils. This approach revitalizes the urban environment and transforms Monterrey into a natural landscape that contributes to better breathing, is cleaner, and thrives in harmony with its surroundings (Figures 86 to 90).

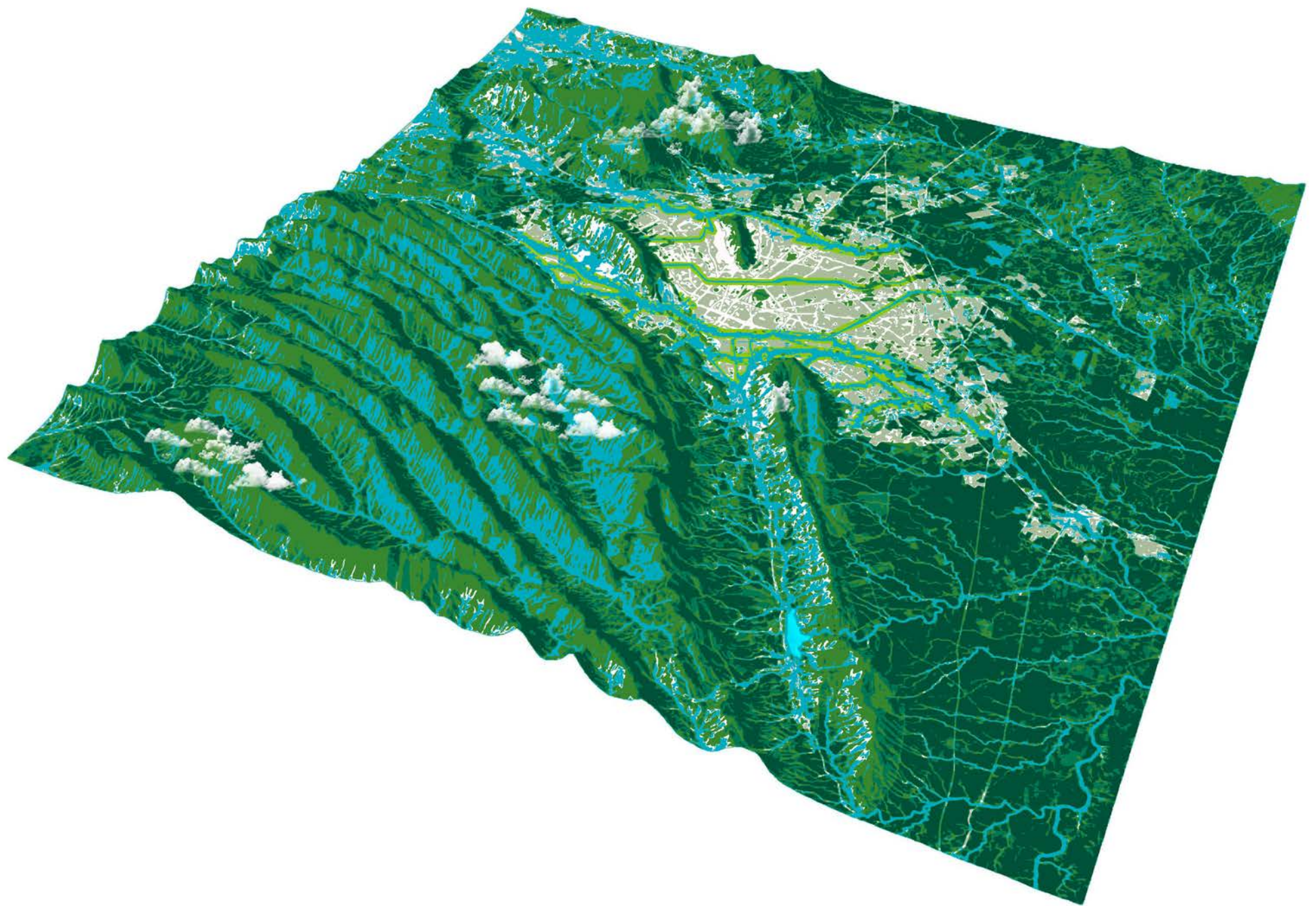


Figura 86. Visión del área metropolitana de Monterrey vista desde el sureste.
Figure 86. Monterrey metropolitan area viewed from the southeast.

Topo Chico

En la zona Topo Chico, al poniente del área metropolitana, se observa cómo el paisaje natural circundante puede ser transformado en un entorno urbano sustentable, con una reforestación notable. Inclusive, los arroyos que alimentan a las llanuras hacia el este han sido restaurados y protegidos naturalmente, retornándolas a un paisaje con vida.

In the Topo Chico Zone, west of the metropolitan area, the surrounding natural landscape can be transformed into a sustainable urban environment with notable reforestation. In addition, the streams flowing to the eastern plains have been naturally restored and protected, returning a living landscape.

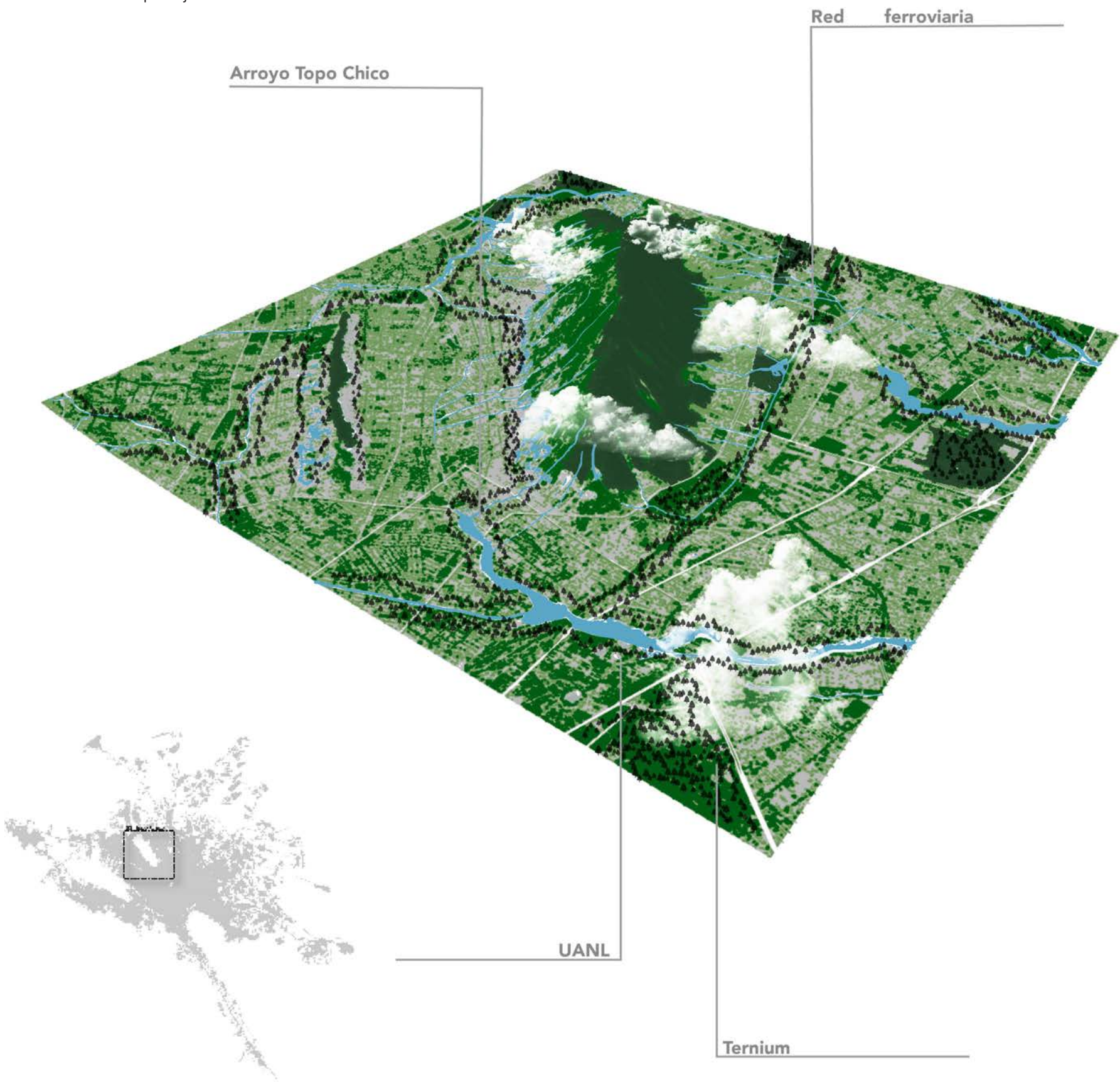


Figura 87. Visión de la zona Topo Chico desde el este.

La Silla

La zona del cerro de La Silla al este del centro de Monterrey, que fue una de las áreas más verdes del área metropolitana, ahora es posible regenerarla junto a sus alrededores, restaurando los hábitats naturales y reduciendo los riesgos de desastres naturales por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos (Rubio-Cisneros, 2023). Esta visión conceptual contribuye significativamente a mejorar la calidad ambiental en la región. Incluso áreas del río La Silla pueden ser revitalizadas y protegidas como parte de esta propuesta regenerativa.

The zone in Cerro de La Silla east of downtown Monterrey, which was one of the greenest areas in the metropolitan area, is now possible to regenerate with its surroundings, restoring natural habitats and reducing the risk of natural disasters caused by geological and hydrometeorological phenomena. This conceptual vision significantly contributes to improving environmental quality in the region. Even areas of the río la Silla can be revitalized and protected as part of this regenerative proposal.

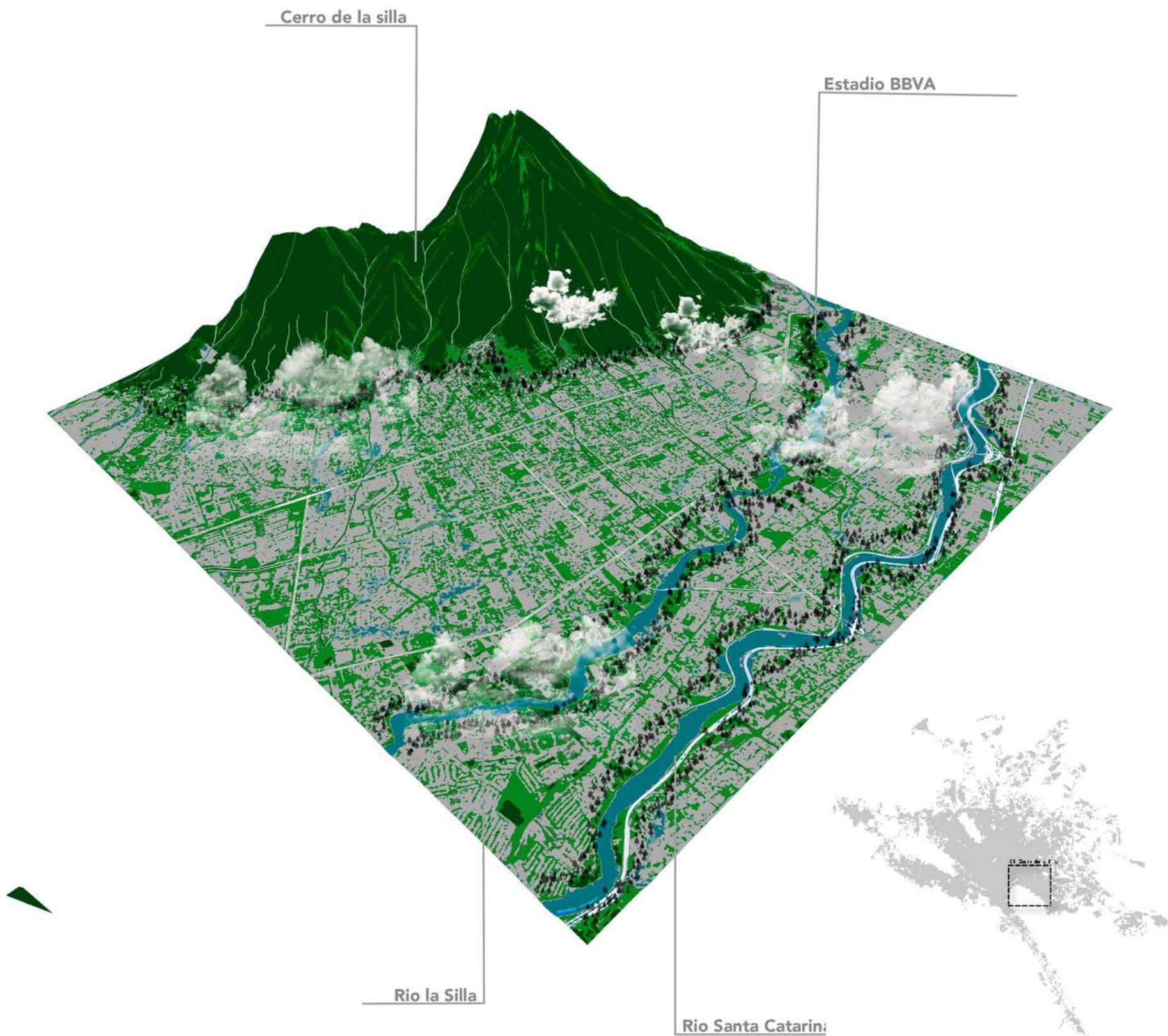


Figura 88. Visión de zona la Silla desde el norte.
Figure 88. View of the Silla Zone from the north.

La Estanzuela

En la zona de La Estanzuela es posible conservar los ecosistemas circundantes, como el Parque Natural La Estanzuela en Monterrey, protegiendo las áreas naturales para garantizar el bienestar de los hábitats naturales y de los humanos. Aquí, el desarrollo urbano puede planearse con cautela para permitir que los flujos de agua local escurran en su cauce natural, promoviendo un entorno armonioso entre la naturaleza y la comunidad.

In the La Estanzuela Zone, it is possible to preserve the surrounding ecosystems successfully, such as in the La Estanzuela Natural Park in Monterrey, protecting the natural areas to ensure the well-being of both natural habitats and humans. Here the urban development can be carefully planned to allow local water flows to run through their natural course, promoting a harmonious environment between nature and the community.

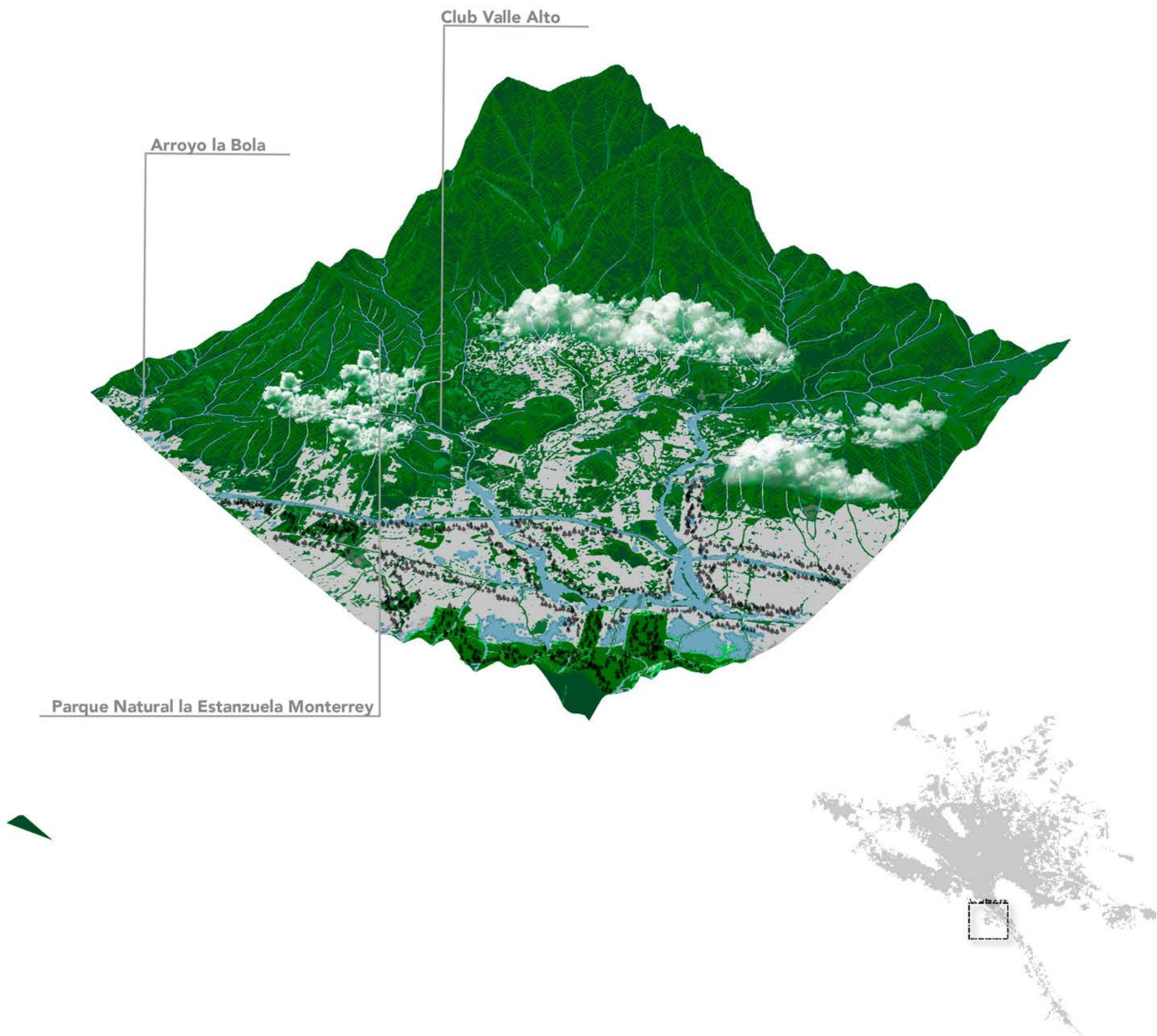


Figura 89. Visión de zona La Estanzuela desde el noreste.
148 Figure 89. View of the La Estanzuela from the northeast.

Arroyo Seco

En la zona del arroyo Seco, al sur de la ciudad, es posible restaurar y preservar los cuerpos de agua, eliminando los desechos acumulados y promoviendo las prácticas sostenibles para prevenir su contaminación. El diseño de la zona permite crear un entorno donde la belleza natural se fusione con una planeación cuidadosa para garantizar la salud y el bienestar. El resultado de la propuesta de diseño es un entorno resiliente.

In the Arroyo Seco Zone south of the city, restoring and preserving the waterbodies is possible, eliminating the accumulated waste and promoting sustainable practices to prevent pollution. The design in the zone allows creating a setting where natural beauty is combined with careful planning to ensure health and well-being. The outcome of this proposal in design is a resilient environment.

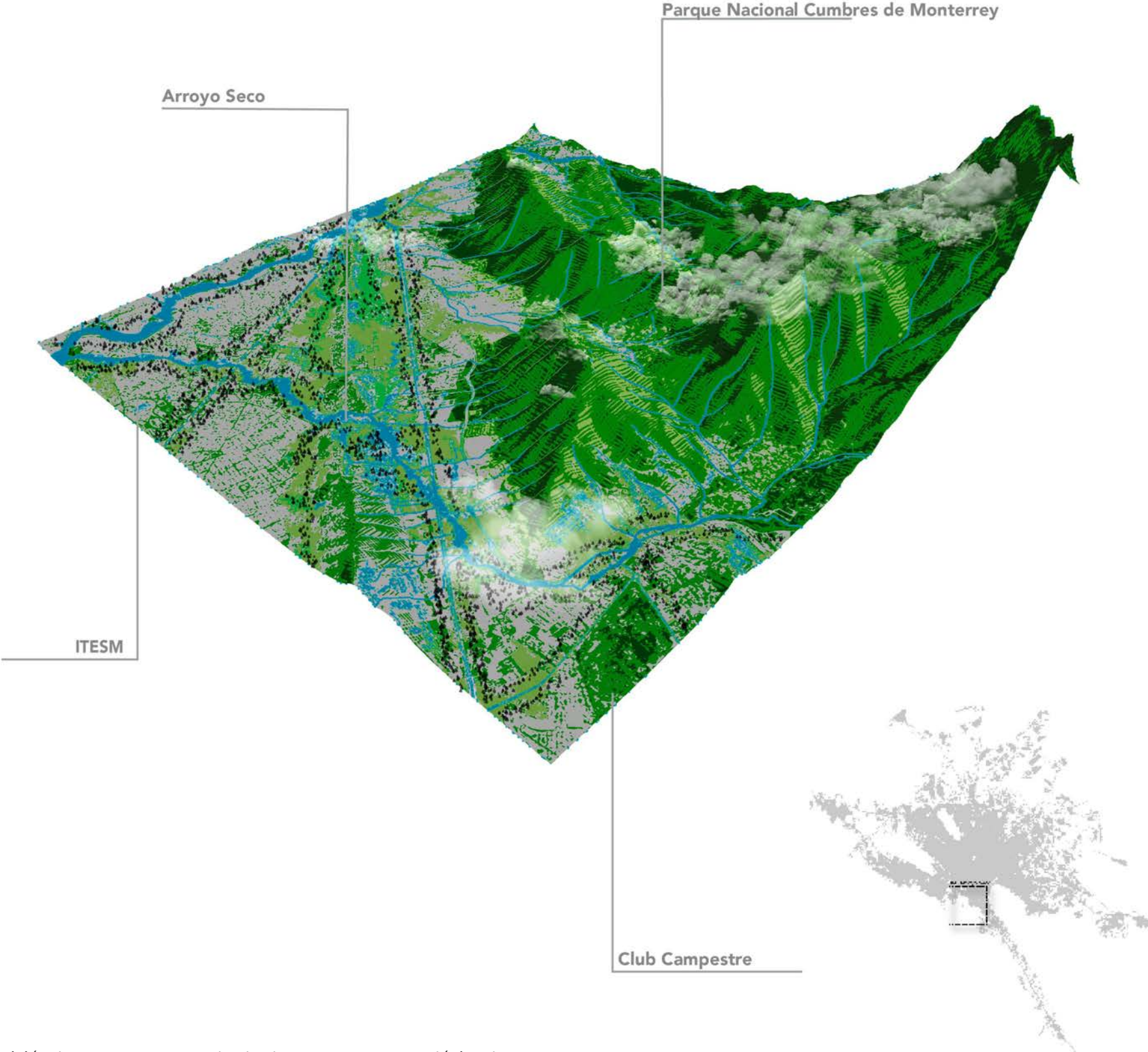


Figura 90. Visión de zona arroyo Seco desde el norte. ITESM- Tecnológico de Monterrey.
Figure 90. View of the arroyo Seco Zone from the north.

Principios de diseño

El diseño y la planificación urbana son indispensables para dar forma a las ciudades. El propósito de este capítulo es introducir y aclarar principios clave del diseño que puedan guiar a los profesionales a abordar los desafíos contemporáneos y mejorar la habitabilidad, sostenibilidad y resiliencia de la ciudad.

Los principios de diseño sirven como un marco para transformar conceptos teóricos en soluciones prácticas e impactantes. Al proporcionar un enfoque estructurado, estos principios aseguran que los proyectos sean estéticamente agradables, funcionales y beneficiosos para la comunidad. Estos guían la integración de infraestructura verde, sensibilidad ecológica y estrategias innovadoras en los paisajes urbanos, los cuales son relevantes para mitigar los impactos ambientales y fomentar espacios vibrantes y saludables.

Esta guía está hecha para urbanistas, desarrolladores urbanos, planificadores, arquitectos, ingenieros, tomadores de decisiones y todas las partes interesadas en el diseño y planeación urbana. También, ofrece perspectivas prácticas sobre la implementación de soluciones que aborden diversos aspectos de la restauración ecológica y la gestión del agua en el desarrollo urbano, hasta la mejora de los espacios verdes y la promoción de la movilidad sostenible. A través de estos principios, aspiramos a lograr un equilibrio armonioso entre los entornos construidos y los ecosistemas naturales, conduciendo, en última instancia, a áreas urbanas más resilientes y adaptativas.

A continuación, los 4 ejes para guiar los principios del diseño; estos pretenden formar una metrópolis en correspondencia con el medioambiente.

Design principles

Urban design and planning are essential for shaping cities. This chapter introduces and clarifies key design principles that can guide professionals in addressing contemporary challenges and improving the city's livability, sustainability, and resilience. Design principles are a framework for transforming theoretical concepts into practical and impactful solutions. By providing a structured approach, these principles ensure that projects are aesthetically pleasing, functional, and beneficial for the community. They guide the integration of green infrastructure, ecological sensitivity, and innovative strategies into urban landscapes, which are crucial for mitigating environmental impacts and fostering vibrant and healthy spaces.

This guide is intended for urban planners, developers, designers, architects, engineers, decision-makers, and all stakeholders involved in urban design and planning. Also, it offers practical insights into implementing solutions that address various aspects of ecological restoration and water management in urban development, such as enhancing green spaces and promoting sustainable mobility. Through these principles, we aspire to achieve a harmonious balance between built environments and natural ecosystems, ultimately leading to more resilient and adaptive urban areas.

The following are the four key points that guide the design principles, aiming to create a metropolis in harmony with the environment.

1

2

3

4

Corredores hidro-ecológicos

La creación de una red de corredores ecológicos, guiada por las formas naturales en las cuencas hidrológicas, conecta con los hábitats urbanos. La estrategia aprovecha las escorrentías y ríos como principales vías de conectividad, se facilita la integración de la naturaleza en la ciudad, lo que mejora las condiciones hidrológicas y contribuye a la reducción de la temperatura en el área metropolitana de Monterrey (AMM). En lugar de depender de intervenciones de cemento y pavimento, la estrategia regresa la naturaleza a las cuencas, creando espacios más resilientes y sostenibles (Wohl, 2015). Medellín es un ejemplo notable de cómo la implementación de corredores verdes puede transformar la calidad de vida urbana, al conectar fragmentos de hábitat y permitir la movilidad de especies dentro de la ciudad (Benedict & McMahon, 2006; Mecanoo et al., 2022).

Captura de agua

La creación de áreas de retención de agua es una estrategia clave para fortalecer la resiliencia climática frente al estrés hídrico urbano. Inspirada en los principios de las ‘Ciudades Esponja’, la estrategia implementa soluciones basadas en la naturaleza que permitan la recarga del manto freático, mediante la absorción y almacenamiento del agua de lluvia (Yu et al., 2015). Además de mitigar el riesgo de inundaciones, estos espacios se transforman en áreas recreativas para la población, promoviendo al mismo tiempo la conservación del hábitat y la expansión de zonas verdes. Ejemplos internacionales, como las ciudades de Wuhan en China y Róterdam en Europa, han demostrado el éxito de estos enfoques en la gestión sostenible del agua y la mejora de la calidad ambiental urbana (Chan et al., 2018; Van de Ven et al., 2016).

Corredores verdes

El desarrollo de conectividades de movilidad sostenible debe promover los trayectos peatonales, mejorando tanto las condiciones climáticas como la infraestructura para reforzar la seguridad y comodidad de las personas peatones. Esta iniciativa mejora la salud pública y reduce la dependencia de los vehículos motorizados, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad urbana (Gehl & Svarre, 2013). Además, se busca mitigar el impacto medioambiental de la movilidad motorizada mediante la implementación de infraestructura verde y retenes biológicos en las calles, que son herramientas clave para el manejo del agua pluvial y la mitigación de inundaciones en áreas urbanas (Fletcher et al., 2015).

Islas verdes

Reconociendo la necesidad crucial de coexistir de manera armónica con nuestro entorno natural, este enfoque propone estrategias para un desarrollo urbano que integren la producción sostenible de alimentos a escala de barrio, ayudando con la reducción de temperaturas mediante techos verdes y la captación eficiente de agua en construcciones. La agricultura urbana y la producción local de alimentos contribuyen a la seguridad alimentaria, fortalecen las economías locales y fomentan comunidades más resilientes (Mok et al., 2014). También, los techos verdes, han demostrado ser efectivos en la reducción de la temperatura urbana y mitiga el efecto de la isla de calor urbana al mejorar el clima local (Berardi et al., 2014). Además, la instalación de sistemas de captación de agua en las construcciones permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos, adaptándose a los desafíos climáticos actuales (Stovin et al., 2008).

Hydro-ecological corridors

Creating a network of ecological corridors following the natural forms of watersheds connects urban habitats. The strategy leverages runoff and rivers as the main pathways for connectivity, and the integration of nature into the city is facilitated, which improves hydrological conditions and contributes to the reduction of temperature in the Monterrey metropolitan area (MMA). Instead of relying on cement and pavement interventions, the strategy promotes the regeneration of nature in watersheds, creating more resilient and sustainable spaces (Wohl, 2015). Medellín is a notable example of how implementing green corridors can transform urban quality of life by connecting habitat fragments and allowing the mobility of species within the city (Benedict & McMahon, 2006; J)Mecanoo et al., 2022).

Water retention

Creating water retention areas strengthens climate resilience to face urban water stress. Inspired by the principles of 'Sponge Cities,' the strategy implements natural-based solutions that allow for the aquifer's recharge through rainwater absorption and storage (Yu et al., 2015). In addition to mitigating flood risks, these spaces are transformed into recreational areas for the population, simultaneously promoting habitat conservation and expanding green regions. International examples, such as the cities of Wuhan in China and Rotterdam in Europe, have demonstrated the success of these approaches in sustainable water management and improving urban environmental quality (Chan et al., 2018; Van de Ven et al., 2016).

Greenways

The development of sustainable mobility connections must promote pedestrian pathways, improving both climatic conditions and infrastructure to ensure the safety and comfort of pedestrians. This initiative enhances public health and reduces dependence on motorized vehicles, significantly contributing to urban sustainability (Gehl & Svarre, 2013). Besides, it aims to mitigate the environmental impact of motorized mobility by implementing green infrastructure and bio-retention systems in streets, which are key tools for stormwater management and flood control in urban areas (Fletcher et al., 2015).

Green islands

This approach is needed for urban development to coexist harmoniously with the natural environment and produce sustainable food yields on the neighborhood scale, helping to reduce temperature through cultivated green roofs and efficient water harvesting in constructions. Urban agriculture and local food production contribute to food security, strengthen local economies, and foster more resilient communities (Mok et al., 2014). Also, green roofs have proven effective in reducing urban temperature and mitigating the effect on urban heat islands by improving the local climate (Berardi et al., 2014). Additionally, installing water harvesting systems in buildings allows for more efficient water resource management, adapting to current climate challenges (Stovin et al., 2008).

Corredores hidro-ecológicos

El plan maestro forestal

Dado el acelerado crecimiento de la mancha urbana en las últimas décadas en el área metropolitana de Monterrey (AMM), se ha implementado la delimitación de este crecimiento mediante estrategias de cinturones verdes forestales. ArborMetropolis de Van der Bijl (2024), tiene como misión desarrollar estrategias de reforestación para el AMM, utilizando una diversidad de especies arbóreas adaptadas al clima, tipo de suelo y niveles de precipitación de los diversos ecosistemas y ecotonos que coexisten en la región (Figura 91).

Hydro-ecological corridors

Forestry Master Plan

Given the accelerated growth of the urban area in recent decades in the Monterrey metropolitan area (AMM), the delimitation of this growth has been implemented through forest green belt strategies. ArborMetropolis by Van der Bijl (2024) aims to develop reforestation strategies for the MMA, using diverse tree species adapted to the climate, soil, and precipitation levels of the various ecosystems and ecotones that coexist in the region (Figure 91).

ArborMetropolis vision

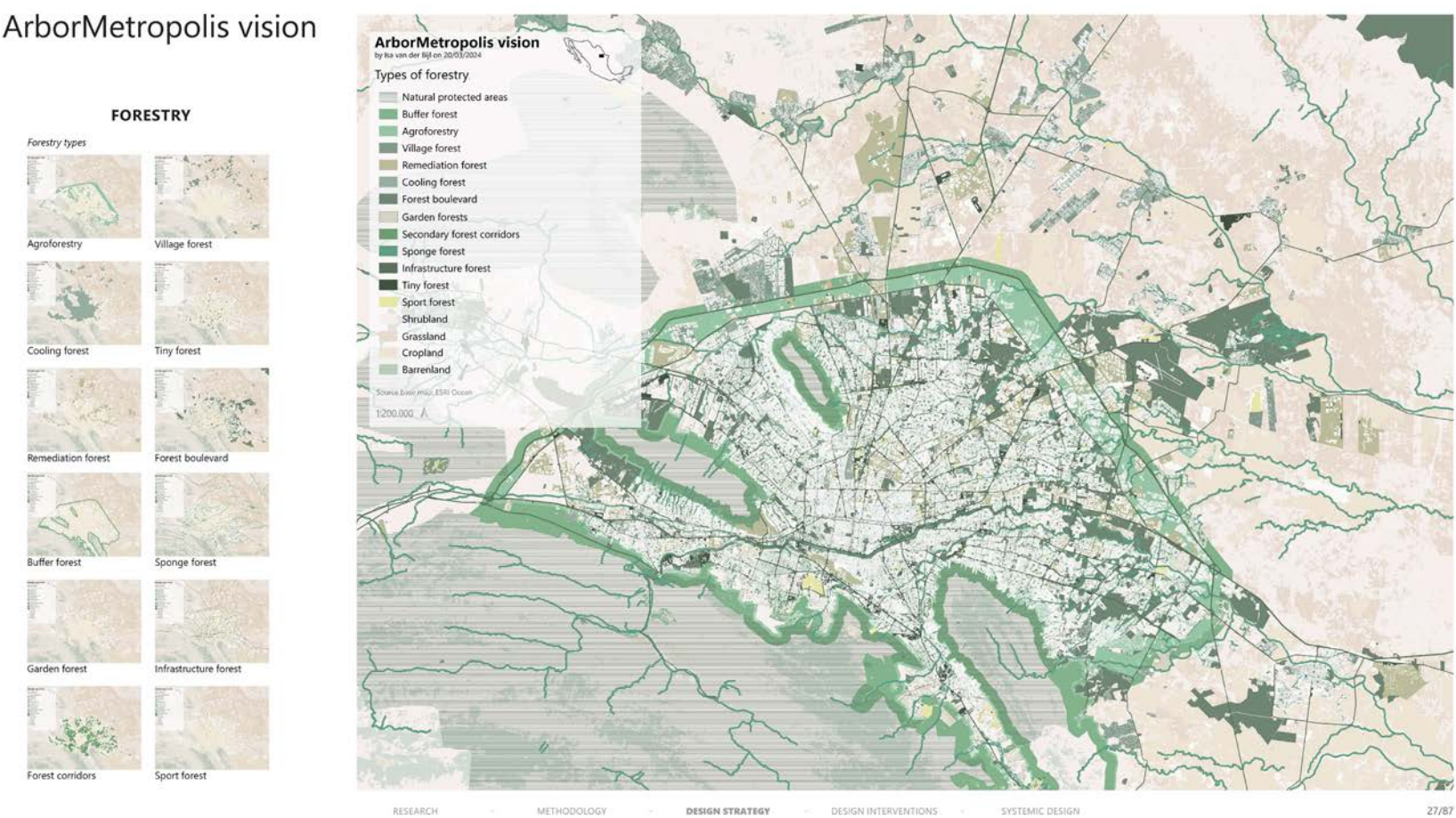


Figura 91. ArborMetropolis por Van der Bijl (2024). Para más información <http://resolver.tudelft.nl/uuid:eb15e2a4-14e2-4f91-8016-e6f3eaa84f3d>
Figure 91. ArborMetropolis by Van der Bijl (2024). For more information <http://resolver.tudelft.nl/uuid:eb15e2a4-14e2-4f91-8016-e6f3eaa84f3d>

Corredores hidro-ecológicos

Ríos

Los ríos en la ciudad de Monterrey están sepultados y encauzados por concreto. El arroyo El Obispo es un ejemplo de un canal revestido de concreto y el río San Agustín es otro cuerpo de agua oculto bajo el arroyo vial en la avenida Lázaro Cárdenas. Una estrategia para abordar esto es implementar proyectos para el rescate y la revitalización de los ríos, regresándoles su condición natural, con escorrentía controlada y vida (p.ej., Figuras 92 a 94).

En la planeación urbana contemporánea, la creación de corredores hidroecológicos se ha vuelto esencial para la revitalización y protección de los arroyos existentes. Los corredores permiten los diseños para descubrir y ampliar espacios verdes llenos de técnicas de retención de agua, parques y conexiones ecológicas. También, juegan un papel fundamental en la mejora de la biodiversidad local y la reducción de riesgos ambientales. Proporcionan un entorno resiliente que promueve la infiltración natural del agua, reduce el riesgo de inundaciones y mejora la calidad ambiental general de las áreas urbanas (Barton, 2016; Serra et al., 2020). Los corredores hidroecológicos son espacios que combinan elementos naturales y arquitectura para fomentar la biodiversidad, la infiltración del agua y la reducción de riesgos ambientales.

Hydro-ecological corridors

Rivers

Rivers in the city of Monterrey are buried and channelized using concrete. El Obispo Creek is an example of a channel armored with concrete, and the San Agustín River is another water body hidden beneath a road creek in Lazaro Cardenas Avenue. One strategy to address this is implementing projects for reclamation and revitalizing rivers, returning to their natural condition with controlled runoff and life (i.e., Figures 92 to 94).

In contemporary urban planning, hydro-ecological corridors have become crucial for revitalizing and protecting existing streams. The corridors allow designs to uncover and expand green spaces filled with water retention techniques, parks, and ecological connections. Also, they play an essential role in enhancing local biodiversity and reducing environmental risks. They provide a resilient environment that promotes natural water infiltration, reduces flood risk, and improves the overall ecological quality of urban areas (Barton, 2016; Serra et al., 2020). Hydro-ecological corridors combine natural and structural elements to foster biodiversity, water infiltration, and environmental risk reduction.

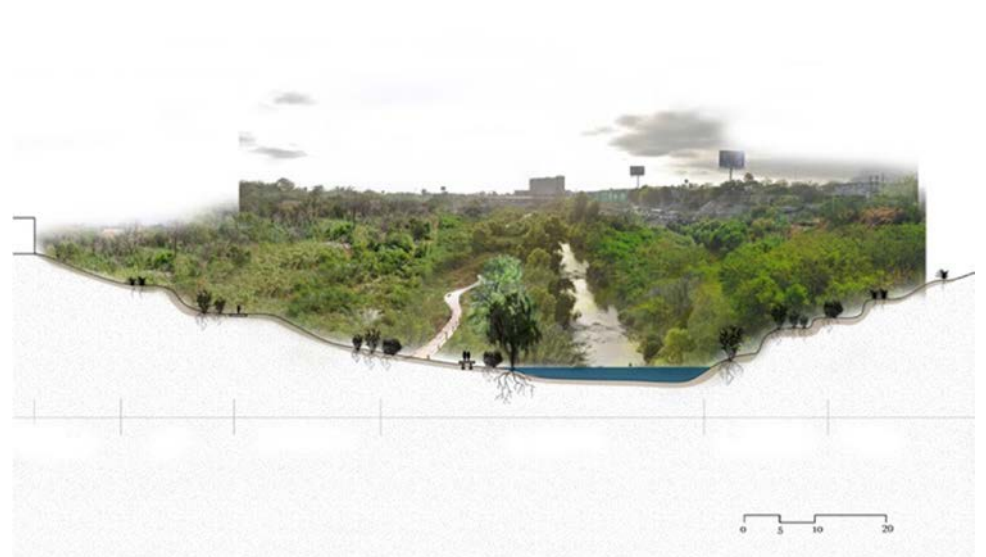
Figura 92



Figura 93



Figura 94



Figuras 92 y 94. XAM TAP; Cultivated Connections por Handelé (2024). Para más información <http://resolver.tudelft.nl/uuid:22f2b1f9-932f-4e1c-ae9a-cd326bd4a225>

Figures 92 and 94. XAM TAP; Cultivated Connections by Handelé (2024). For more information <http://resolver.tudelft.nl/uuid:22f2b1f9-932f-4e1c-ae9a-cd326bd4a225>

Figura 93 Heal + Love Arroyo Topo Chico Canal. Dibujo por Sheila Quintana (2024).

Figure 93 Heal + Love Canal Topo Chico Creek by Sheila Quintana (2024).

Corredores hidro-ecológicos

Arroyos

La ampliación de la infraestructura verde a lo largo de los arroyos en el área metropolitana de Monterrey (AMM) es crucial para mitigar los crecientes impactos del cambio climático, como el estrés por calor y la escasez de agua; también para atender las consecuencias inducidas por el cambio de uso de suelo (Figura 95). La investigación realizada por Pieter van der Wel, de la Universidad TU Delft, se basa en mejorar el equilibrio ecológico y la calidad del espacio público, mediante la infraestructura verde y azul. La integración de los sistemas naturales en la planificación urbana debe ser una estrategia irremplazable para crear parches verdes y corredores formando un mosaico ecológico interconectado. Este enfoque mitiga la sequía y el estrés térmico, restaurando los ciclos naturales del agua y mejorando los microclimas urbanos.

El proyecto de van der Wel enfatiza el almacenamiento de agua en la parte alta de la cuenca y la retención de agua en la parte baja, aprovechando la cuenca local para apoyar una gestión sostenible del agua. La continuidad en los arroyos y la vegetación se utilizan para reducir las islas de calor y gestionar el escurrimiento del agua de manera efectiva.

En general, transformar las áreas urbanas con infraestructura verde y azul mejora la calidad de vida de los residentes y les ayuda a adaptarse a los efectos del cambio climático y mitigar los riesgos inducidos. Los resultados en la accesibilidad a los espacios verdes y la salud ecológica contribuirán a un entorno urbano más resiliente y placentero para los habitantes de Monterrey (Beatley, 2011; Elmqvist et al., 2015).

Hydro-ecological corridors

Creeks

Expanding green infrastructure along creeks in the Monterrey metropolitan area is crucial for mitigating the escalation of impacts of climate change, such as heat stress and water scarcity, and addressing induced consequences for land use changes (Figure 95). The research by Pieter van der Wel at the University TU Delft is based on enhancing ecological balance and quality in public space through green and blue infrastructure. Integrating natural systems into urban planning must be an irreplaceable strategy for creating green patches and corridors that form an interconnected environmental mosaic. This approach mitigates drought and heat stress by restoring natural water cycles and improving urban microclimates.

The project from van der Wel emphasizes upstream water storage and downstream water retention, leveraging the local watershed to support sustainable water management. The continuity in streams and vegetation cools the environment and effectively manages water flow.

Overall, transforming urban areas with green and blue infrastructure enhances residents' quality of life and helps them adapt to the effects of climate change and mitigate the induced risks. The results in the accessibility to green space and ecological health will contribute to a more resilient and pleasant urban environment for Monterrey's inhabitants (Beatley, 2011; Elmqvist et al., 2015).

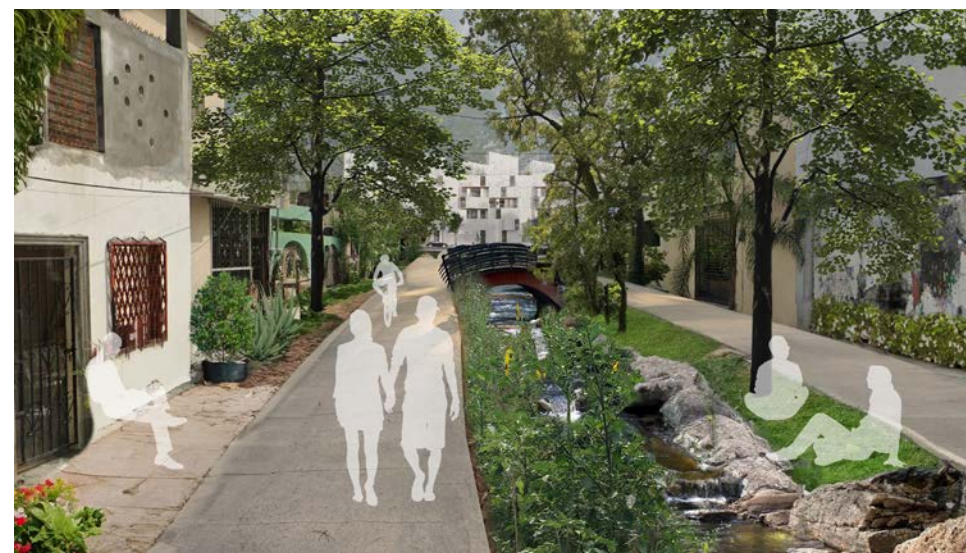
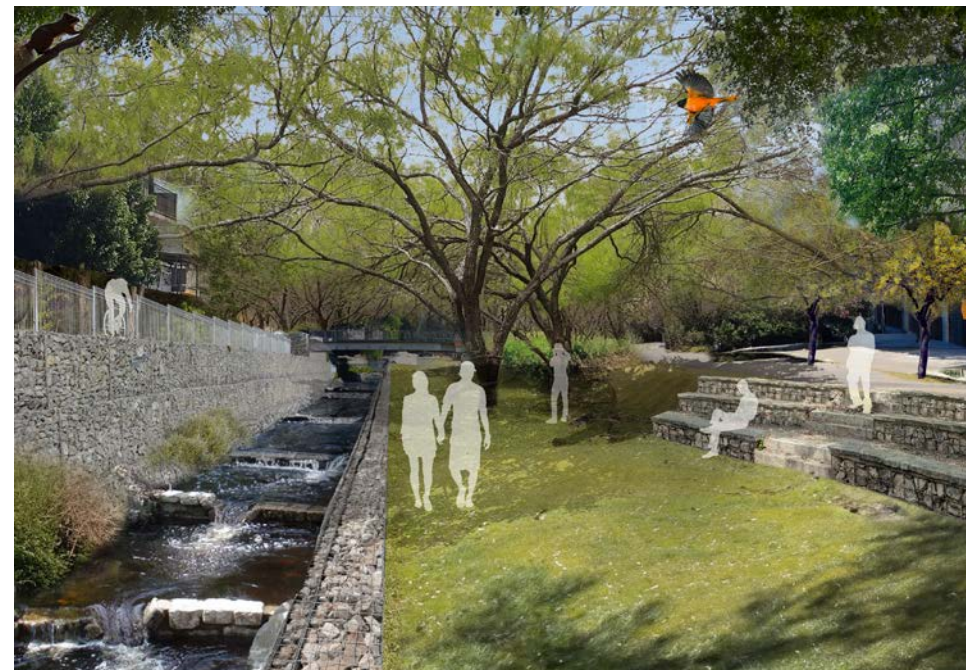


Figura 95. Hydrate Monterrey por P. van der Wel (2024). Para más información <http://resolver.tudelft.nl/uuid:794ec220-c8a3-4c15-a509-50dc29cd633d>
 Figure 95. Hydrate Monterrey by P. van der Wel (2024). For more information <http://resolver.tudelft.nl/uuid:794ec220-c8a3-4c15-a509-50dc29cd633d>

Corredores hidro-ecológicos + Captura de agua

Pedreras

La siguiente propuesta es para la restauración de las pedreras en el cerro de Las Mitras mediante el diseño de gradientes ecológicos en las pendientes escarpadas (Figura 97; Figura 98). Las canteras son un problema ambiental por su alteración al paisaje y el impacto a la biodiversidad. Sin embargo, al transformar estas áreas, adaptándoles diferentes gradientes ecológicos según la elevación en la montaña, se pueden lograr múltiples beneficios ambientales y cumplir con el derecho humano a un ambiente sano.

Las canteras abandonadas suelen ser áreas degradadas que afectan negativamente al entorno natural. El diseño de laderas y cañadas con técnicas para estabilizar el suelo y el macizo rocoso permiten restaurar el perfil natural de la montaña, lo que previene la erosión, facilita la infiltración del agua superficial, recarga el acuífero subterráneo, estimula la fertilidad del suelo y fomenta la conservación de hábitats para la biodiversidad (Damian, 2023). Esta transformación es paulatina con la sucesión natural de especies vegetales y animales, contribuyendo a la regeneración del paisaje y mejorando la conectividad ecológica entre las zonas (Gómez-Baggethun et al., 2013).

Hydro-ecological corridors + Water retention

Quarrys

The following proposal is to restore quarries on cerro de Las Mitras by designing ecological gradients in steep slopes (Figure 97; Figure 98). Quarries are an environmental problem that alters the landscape and impacts biodiversity. However, by transforming these areas by adapting different ecological gradients according to the mountain's elevation, multiple environmental benefits can be achieved and comply with the human right to a healthy environment.

Abandoned quarries are typically degraded areas that negatively impact the surrounding natural environment. By reinstating slopes using techniques such as gabion walls, the natural mountain profile is restored, promoting water infiltration, preventing soil erosion, and reinstating habitats for biodiversity (Damian, 2023). This transformation creates ecological gradients that facilitate the natural succession of plant and animal species, thereby contributing to landscape regeneration and enhancing environmental connectivity in the area (Gómez-Baggethun et al. 2013).

Figura 97.



Figura 98.



Figura 97. Cerro de las Mitras por P. van der Wel (2024). Para más información <http://resolver.tudelft.nl/uuid:794ec220-c8a3-4c15-a509-50dc29cd633d>
Figure 97. Mitras hill by P. van der Wel (2024). For more information <http://resolver.tudelft.nl/uuid:794ec220-c8a3-4c15-a509-50dc29cd633d>
Figura 98. La Pedrera del cerro de las Mitras por Rodrigo Damián (2024).
Figure 98. Mitras quarry promenade by Rodrigo Damián(2024).

Captura de agua

Zonas inundables

Monterrey enfrenta riesgos hidrometeorológicos significativos debido al cambio climático y obras urbanas peligrosas sin factibilidad. El escenario regional concentra un clima cada vez menos predecible y una infraestructura incapaz de soportar riesgos inminentes. El problema se agudiza con el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos naturales extraordinarios como huracanes, inundaciones y temporadas más prolongadas de sequía. Estas amenazas se ven agravadas por la infraestructura insuficiente y la falta de planes integrales en la gestión de riesgos, que limitan la capacidad de la ciudad para adaptarse y responder eficazmente. Un enfoque prometedor para mitigar estos desafíos es la estrategia de captura de agua desarrollada por Eline Onih Holtes de la Universidad TU Delft. La estrategia está centrada en capturar y retener agua en zonas elevadas para promover una infiltración gradual en el subsuelo. El resultado podría ser clave para mejorar la recarga del recurso de agua subterránea en Monterrey, fundamental de un balance hidrológico para mantener la disponibilidad del agua a la demanda de las necesidades ecológicas y humanas (Figura 99).

Además, la estrategia contempla la restauración de bosques de pino-encino que han sido afectados por los incendios, sobre todo los más recientes. Regenerar los bosques es esencial para continuar con las funciones ecológicas primarias, como el hábitat para la vida silvestre, el control de la erosión, el apoyo al ciclo del agua, la circulación del aire, captura de partículas suspendidas, secuestro de dióxido de carbono (CO₂) y cuidar a los polinizadores. Al integrar la captura de agua con esfuerzos de restauración forestal, Monterrey podría avanzar hacia un equilibrio más sostenible entre el desarrollo urbano y la preservación ecológica, fortaleciendo su resiliencia frente a los impactos por fenómenos naturales e

Water retention

Flooding zones

Monterrey faces significant hydrometeorological risks due to climate change and dangerous urban infrastructure that is without feasibility. The regional setting concentrates more frequent unpredictable weather and infrastructure incapable of containing imminent risks. The problem worsens with the increase in frequency and intensity of extraordinary natural phenomena like hurricanes, flooding, and extended drought periods. These threats are exacerbated by insufficient infrastructure and the lack of comprehensive risk management plans, which limit the city's ability to adapt and respond effectively. A promising approach to mitigating these challenges is the water capture strategy developed by Eline Onih Holtes at the University TU Delft. The plan focuses on capturing and retaining water in elevated areas to promote gradual infiltration to the underground. The result could be key to improving the recharge of groundwater resources in Monterrey, which is essential for a water balance to maintain water availability on demand for ecological and human needs (Figure 99).

The strategy also includes restoring pine-oak forests affected by fires, especially the most recent. Regenerating the forests is essential to continue with primary ecological functions, such as wildlife habitats, erosion control, supporting the water cycle, air circulation, capturing suspended particulates, sequestering CO₂, and nursing pollinators. By integrating water capture with forest restoration efforts, Monterrey could move toward a more sustainable equilibrium between urban development and ecological conservation, thereby enhancing its resilience to the impacts of natural and induced phenomena.

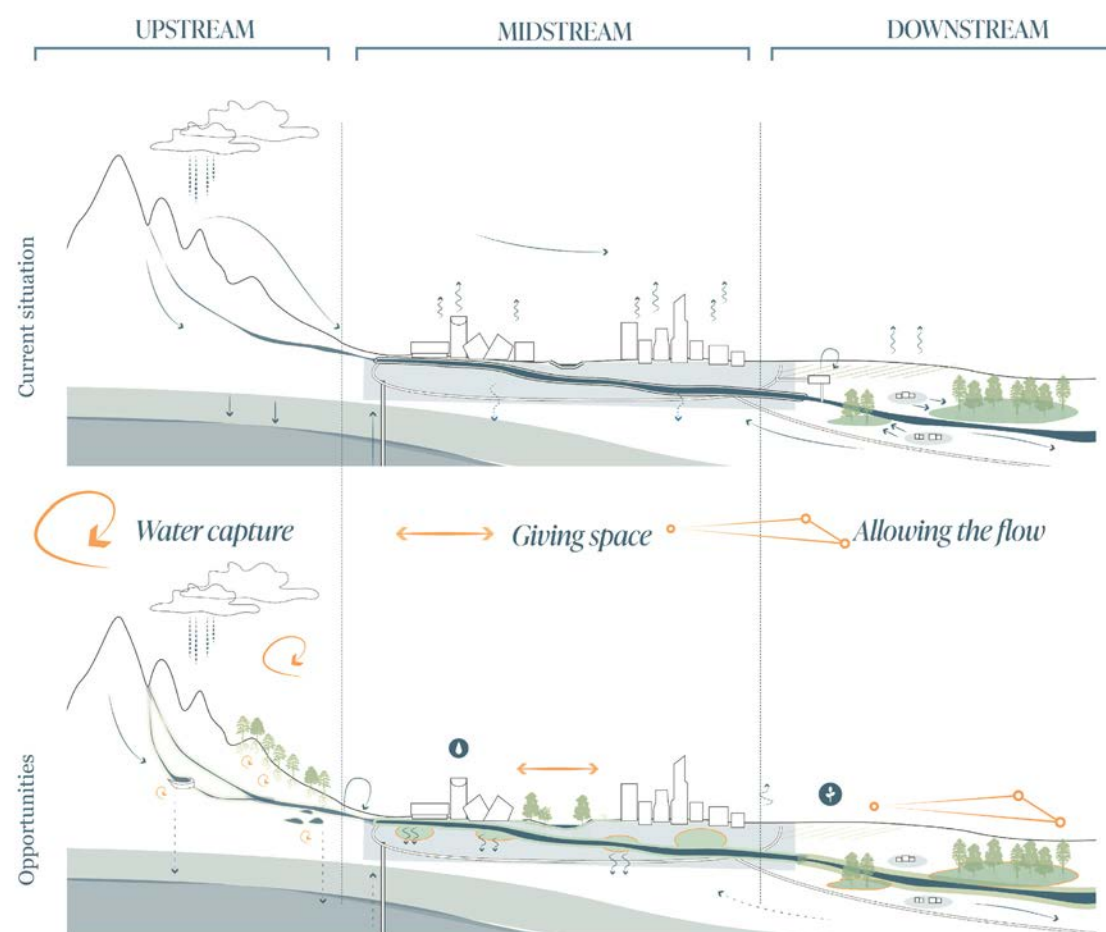
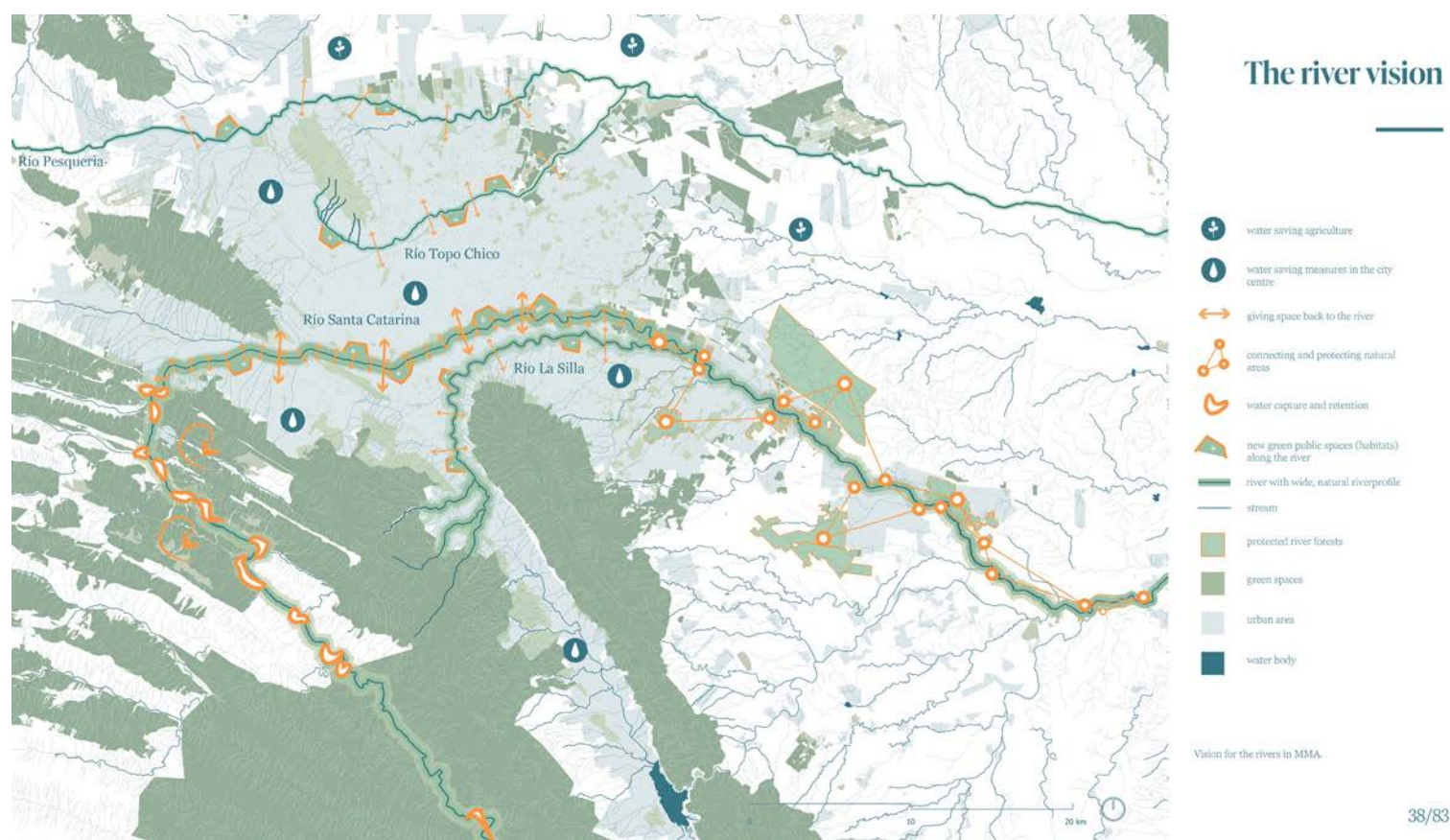


Figura 99. La voz del río por E.O Holtes (2024). Para más información <http://resolver.tudelft.nl/uuid:2d088aed-ae8b-460a-9295-16be846ce40f>
 Figure 99. The river's voice by E.O Holtes (2024). For more information <http://resolver.tudelft.nl/uuid:2d088aed-ae8b-460a-9295-16be846ce40f>

Captura de agua

Zonas inundables

En áreas cercanas a los arroyos, cañadas y amplios espacios verdes, se pueden implementar zonas de retención de agua. El trabajo de Andrea Estrada ilustra un proyecto donde "los parques actúan como una 'esponja' que absorbe la vida del río y la lleva al área, creando espacios para practicar deportes, donde los niños puedan jugar, donde pueda crecer alimentos... pero sobre todo, un espacio donde la naturaleza pueda ser libre". Dentro de su propuesta implementa cinco principios de diseño: Río vivo, producción de alimentos, recreación, educación y ecología, a través de los cuales este modelo puede repetirse en todos los cuerpos de agua del área metropolitana de Monterrey (Figura 100).

Water retention

Flooding zones

Water retention zones can be implemented near river streams, creeks, and broad green spaces. The work of Andrea Estrada illustrates a project where "parks act as 'sponges' that absorb the life of the river and bring it to the area, creating spaces for sports, where children can play, where food can grow... but overall, a space where nature can be free." She implemented five design principles: Living river, food production, recreation, education, and ecology, which through this model can replicated in all the waterbodies in the Monterrey metropolitan area (Figure 100).



TYPOLOGIES



Figura 100. Tipologías de las zonas inundables por Andrea Estrada (2024).

Figure 100. Flooding zones typologies by Andrea Estrada (2024).

Corredores verdes

Transporte público masivo (metro)

En la búsqueda por una metrópolis más sostenible y accesible, el diseño urbano ha evolucionado para aprovechar las infraestructuras existentes, como las líneas de metro elevadas, para transformarlas en corredores verdes y espacios públicos vibrantes. Estos proyectos han mostrado mejorar la conectividad urbana, promueven la biodiversidad, ofrecen áreas recreativas y fomentan el bienestar comunitario. Este enfoque revitaliza áreas urbanas subutilizadas, además contribuye significativamente a la resiliencia y sostenibilidad de las ciudades modernas (Barton, 2016; Serra et al., 2020).

En Miami, las líneas de metro elevadas se están transformando en un parque lineal de 120 acres y un sendero urbano de 10 millas, con un enfoque en arte público y conectividad comunitaria. Este proyecto tiene como objetivo conectar a más de 107,000 residentes con escuelas, tiendas y transporte público, revitalizando áreas urbanas y proporcionando espacios recreativos significativos para la comunidad (Miami-Dade County, 2021).

Tomando en cuenta los casos de estudio, se realizó una imagen objetiva de los espacios debajo de las líneas de transporte masivo. El proyecto para estos espacios cuenta con una ciclovía que ofrece una alternativa para una movilidad inclusiva; además, se instalan jardines de especies nativas de la región y zonas para la infiltración de agua. Se plantaron árboles nativos para proporcionar más sombra para los peatones y ciclistas, así como, para disminuir el efecto de la isla de calor (Figura 101).

Greenways

Subway

In pursuing a more sustainable and accessible metropolis, urban design has evolved to leverage existing infrastructures, such as elevated metro lines, transforming them into green corridors and vibrant public spaces. These projects enhance urban connectivity, promote biodiversity, provide recreational areas, and foster community well-being. This approach revitalizes underutilized urban regions and significantly contributes to the resilience and sustainability of modern cities (Barton, 2016; Serra et al., 2020).

In Miami, elevated lines are transformed into a 120-acre linear park and a 10-mile urban trail, focusing on public art and community connectivity. This project aims to connect over 107,000 residents to schools, shops, and public transportation, revitalizing urban areas and providing significant recreational spaces for the community (Miami-Dade County, 2021).

Considering the case studies, a target image was created for the spaces below the mass transit lines. The project for these spaces features a bike lane that offers an alternative for inclusive mobility and growing gardens with native species from the region and areas for water infiltration. Native trees are planted to provide more shade for pedestrians and cyclists and reduce the heat island effect (Figure 101).



Figura 101. Antes y después: Transporte público masivo (metro). Elaboración propia.
Figure 101. Before and after: Metro system. Authors' own work.

Corredores verdes

Ferrocarriles

En las zonas adyacentes a las vías de tren, se plantea una regeneración ambiental con un enfoque que incluya la plantación de especies nativas y la creación de cunetas de infiltración. El propósito es mejorar la salud ecológica y ambiente de la zona. Esta propuesta busca mitigar el impacto ambiental asociado con las infraestructuras ferroviarias y promover la biodiversidad mediante la integración de plantas autóctonas (BenDor et al., 2015), reducir la erosión del suelo y la escorrentía superficial con la cobertura vegetal (Pimentel & Burgess, 2013), y optimizar la gestión de aguas pluviales a través de las zonas de infiltración (Davis et al., 2001). Además, esta estrategia mejora la calidad visual del área, también proporciona un valor recreativo para las personas (Cunningham & Paluska, 2008), reforzando así la resiliencia del ecosistema urbano (Figura 102).

Greenways

Railroads

An environmental regeneration plan is proposed in the areas adjacent to active railway tracks, including planting native vegetation and creating infiltration ditches. The aim is to improve the zone's ecological health and environmental quality. This proposal seeks to mitigate the environmental impact associated with railway infrastructure and promotes biodiversity through planting of native species (BenDor et al., 2015), reducing soil erosion and surface runoff with vegetation cover (Pimentel & Burgess, 2013), and optimizing stormwater management through infiltration zones (Davis et al., 2001). Additionally, this strategy aims to enhance the visual quality of the area and provide recreational value for people (Cunningham & Paluska, 2008), thereby strengthening the resilience of the urban ecosystem (Figure 102).



Figura 102. Antes y después: Infraestructura ferroviaria. Elaboración propia.
Figure 102. Before and after: Train infrastructure. Authors' own work.

Corredores verdes

Torres de distribución de energía

La estrategia de modificar las bases de las torres de transmisión para apoyar la biodiversidad local está respaldada por estudios que muestran un aumento en la riqueza de especies y en las densidades poblacionales en hábitats alterados cerca de líneas eléctricas (Ferrer et al., 2020). El corredor peatonal y ciclista incluye distintos modos de transporte, proporciona beneficios ecológicos al crear corredores de hábitat y pasos para el movimiento de la vida silvestre, y tiene el potencial para mejorar la salud general del ecosistema en paisajes fragmentados por los efectos de la radiación electromagnética (Figura 103).

Greenways

Transmission towers

The strategy of modifying transmission tower bases to support local biodiversity is supported by studies demonstrating increased species richness and population densities in altered habitats adjacent to power lines (Ferrer et al., 2020). The pedestrian street and bicycle track includes different modes of transportation, provides ecological benefits by creating habitat through corridors and passages for wildlife movement, and has the potential for enhancing overall ecosystem health in fragmented landscapes after the effects of electromagnetic radiation (Figure 103).



Figura 103. Antes y después: Infraestructura eléctrica. Elaboración propia.
 Figure 103. Before and after: Electric infrastructure. Authors' own work.

Corredores verdes

Avenidas

Para las avenidas, se propone una guía de diseño integral centrado en la integración de infraestructura verde y características de la sostenibilidad. La visión conceptual incluye la plantación de árboles y espacios verdes a lo largo de la autopista, siguiendo enfoques como en los ejemplos de la India, donde los árboles crean un dosel sobre la carretera. Este enfoque busca mejorar la calidad ambiental y el atractivo estético del corredor vial (Figura 104). El diseño contempla la creación de espacios verdes en la mediana, lo que realza la apariencia visual, y apoya con servicios ecológicos al proporcionar hábitat y promover la biodiversidad (BenDor et al., 2015).

Además, la guía sugiere reducir el número de carriles de uno o dos carriles para ampliar el espacio de los sistemas de retención de agua y jardines ecológicos. La reducción de los carriles facilita la gestión de aguas pluviales mediante la instalación de sistemas de retención de agua que disminuyen la escorrentía y mejoran la sostenibilidad general de la infraestructura de la autopista (Davis et al., 2001). La integración de jardines ecológicos ayuda a la flora y fauna local, al tiempo que proporciona áreas verdes para el uso recreativo (Pimentel & Burgess, 2013).

Adicionalmente, se incluyen ciclovías en el diseño para promover opciones de transporte sostenible y mejorar la seguridad de los ciclistas. Estas características fomentan el transporte ecológico, también mejoran la funcionalidad y accesibilidad general de la autopista (Cunningham & Paluska, 2008). En conjunto, estas estrategias buscan crear un sistema de autopistas más resiliente, estéticamente agradable y respetuoso con el medioambiente.

Greenways

Avenues

A comprehensive design guideline for the highways is proposed to focus on integrating green infrastructure and sustainability features. The plan includes planting trees and green spaces along the highway, as in examples in India, where trees create a canopy over the roadway. This approach aims to improve the highway corridor's environmental quality and aesthetic appeal (Figure 104). The design also includes creating green spaces in the median, which enhances visual appeal and supports ecological services by providing habitat and promoting biodiversity (BenDor et al., 2015).

Furthermore, the guideline suggests reducing the number of lanes by one or two to extend the space for the water retention systems and ecological gardens. The reduction in lanes facilitates stormwater management by installing water retention systems that decrease runoff and enhance the overall sustainability of the highway infrastructure (Davis et al., 2001). Integrating ecological gardens helps the local flora and fauna while providing green areas for recreational purposes (Pimentel & Burgess, 2013).

Additionally, bicycle lanes are included in the design to promote sustainable transportation options and improve cyclist's safety. These features encourage eco-friendly transportation but also enhance the overall functionality and accessibility of the highway (Cunningham & Paluska, 2008). These strategies aim to create a more resilient, aesthetically pleasing, and environmentally friendly highway system.



Figura 104. Antes y después: Avenidas. Elaboración propia.
 Figure 104. Before and after: Avenues. Authors' own work.

Corredores verdes

Calles

Se recomienda plantar en las calles residenciales, mezquites y agaves, según las directrices del diseño. Ambas especies están reconocidas por su eficiente absorción de CO₂. Al plantar estas plantas en ambos lados de la calle, se reduce el espacio asignado para autos y se crean más áreas verdes. Este enfoque mejora el atractivo estético del vecindario y contribuye significativamente con beneficios ambientales (Figure 105). Los árboles de mezquite (*Prosopis* spp.) y las plantas de agave (*Agave* spp.) son conocidos por su capacidad para secuestrar dióxido de carbono de manera efectiva, ayudan a mitigar los efectos de la isla de calor urbana y mejoran la calidad del aire (Hernández et al., 2019). Además, aumentar los espacios verdes en áreas urbanas ayuda a regular la temperatura, reducir el escurrimiento de aguas pluviales y proporcionar hábitats para la biodiversidad local (Escobedo et al., 2010).

Greenways

Street

*Planting mesquite and agave is recommended according to the design guidelines, as both species are known for their efficient CO₂ absorption. Planting these species on both sides of the road reduces the space allocated for cars to create more green areas. This approach enhances the aesthetic appeal in the neighborhood and contributes significantly to environmental benefits (Figure 105). Mesquite trees (*Prosopis* spp.) and agave plants (*Agave* spp.) are noted for their ability to sequester carbon dioxide effectively, helping to mitigate the urban heat island effects and improve air quality (Hernández et al., 2019). Moreover, increasing green spaces in urban areas helps to regulate temperature, reduce stormwater runoff, and provide habitats for local biodiversity (Escobedo et al., 2010).*



Figura 105. Antes y después: Calles. Elaboración propia.
Figure 105. Before and after: Streets. Authors' own work.

Corredores verdes

Con la visión de desarrollar estrategias para sanear la ciudad, se recomienda implementar techos verdes en las zonas residenciales (Figura 106). Estos techos crearían espacios verdes adicionales, ofreciendo múltiples beneficios ambientales y urbanos. En primer lugar, los techos verdes ayudan a incrementar la biodiversidad al proporcionar hábitats para diversas especies de plantas, insectos y aves, que enriquezcan el ecosistema urbano (Smith & Pearce, 2020).

Además, estos techos actúan como aislantes naturales, reduciendo la necesidad de calefacción y refrigeración en los edificios, bajando el consumo energético y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Zhang & Li, 2018). La vegetación de los techos verdes también mejora la calidad del aire al absorber contaminantes y producir oxígeno (Oberndorfer et al., 2007). Otra ventaja significativa es su capacidad para mitigar el efecto de isla de calor urbana, al disminuir las temperaturas superficiales y absorber la lluvia, reduciendo el riesgo por inundación y mejora la gestión de aguas pluviales (Li & Lam, 2012; Mentens et al., 2006).

Greenways

With the vision of developing strategies to heal the city, it is recommended that green roofs be implemented in residential areas (Figure 106). These roofs would create additional green spaces, offering multiple environmental and urban benefits. First, green roofs help to increase biodiversity by providing habitats for various species of plants, insects, and birds, enriching the urban ecosystem (Smith & Pearce, 2020).

Moreover, green roofs act as natural insulators, reducing the need for heating and cooling in buildings, lowering energy consumption, and reducing greenhouse gas emissions (Zhang & Li, 2018). The vegetation on green roofs also improves air quality by absorbing pollutants and producing oxygen (Oberndorfer et al., 2007). Another significant advantage is their ability to mitigate the urban heat island effect by lowering surface temperatures and absorbing rain, which reduces flood risks and enhances stormwater management (Li & Lam, 2012; Mentens et al., 2006).



Figura 106. Techos verdes en calles residenciales por José Alfredo Hinojosa de la Torre.

Figure 106. Green roofs in residential streets by José Alfredo Hinojosa de la Torre.

Islas Verdes

Estacionamientos

Dado que la mayoría de los estacionamientos en el área metropolitana de Monterrey están conformados por planchas de concreto y asfalto sin vegetación, se hace necesario implementar estrategias para convertir estas superficies en islas verdes. Esa transformación destinaría espacio para el estacionamiento de vehículos, también integraría elementos que benefician la biodiversidad y la sostenibilidad urbana (Smith & Pearce, 2020).

Una de las medidas clave en este proceso es la instalación de áreas verdes dentro de los estacionamientos (Figura 107). La creación de jardines o camas de vegetación con plantas nativas puede enriquecer el ecosistema urbano al proporcionar hábitats para la fauna local y mejorar la calidad del aire (Oberndorfer et al., 2007). Además, el uso de pavimentos permeables en lugar de asfalto convencional facilitaría la infiltración de agua de lluvia, reduciendo la escorrentía y promoviendo la sostenibilidad hídrica (Li & Lam, 2012).

Plantar árboles en los bordes de los estacionamientos también es indispensable. Los árboles proporcionan sombra, lo que ayuda a disminuir la temperatura ambiente y mitigar el efecto de isla de calor urbana. Asimismo, contribuyen a la captura de agua y a la reducción de la escorrentía (Zhang & Li, 2018). Implementar sistemas de captación de agua de lluvia, como cisternas integradas en las áreas verdes, permite utilizar el agua para el riego de las plantas, optimizando así el uso de recursos (Mentens et al., 2006).

Green Islands

Parking Lots

Given that most parking lots in the Monterrey metropolitan area consist of concrete and asphalt surfaces without vegetation, it is necessary to implement strategies to transform these surfaces into green islands. That transformation would provide space for vehicle parking but also integrate elements that benefit biodiversity and urban sustainability.

One key measure in this process is installing green spaces in the parking lots (Figure 107). Creating gardens or vegetation beds with native plants can enrich the urban ecosystem by providing habitats for local wildlife and improving air quality (Oberndorfer et al., 2007). Additionally, using permeable pavements instead of conventional asphalt would facilitate rainwater infiltration, reduce runoff, and promote water sustainability (Li & Lam, 2012).

Planting trees along the edges of parking lots is also essential. Trees provide shade, which helps to lower ambient temperatures and mitigate the urban heat island effect. They also contribute to water capture and runoff reduction (Zhang & Li, 2018). Implementing rainwater harvesting systems, such as cisterns integrated into green areas, allows water use for plant irrigation, optimizing the use of resources (Mentens et al., 2006).



Figura 107. Antes y después : Estacionamientos. Elaboración propia.
 Figure 107. Before and after: Parking lots. Created by the authors.

Islas verdes

Zonas industriales

En la búsqueda de un entorno urbano sostenible y resiliente, es necesario que las industrias de gran escala adopten principios de diseño que mejoren la biodiversidad y la productividad dentro de sus infraestructuras. Este enfoque mitiga el impacto ambiental, también promueve el bienestar de los empleados y la eficiencia operativa mejora (Barton, 2016; Serra et al., 2020). Las industrias pueden desempeñarse positivamente por cambiar el aspecto negativo del paisaje urbano, adecuando los techos industriales en espacios verdes para absorber el agua de lluvia, combatir el efecto isla de calor urbana e integrar hábitats naturales que beneficien a los ecosistemas locales y la convivencia de personas en nuevos agradables.

Se realizó una imagen objetiva en la zona industrial de Apodaca, teniendo en cuenta los beneficios de los techos verdes en las industrias de gran superficie (Figura 108). El objetivo es mejorar la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en el área. Los techos verdes ofrecen múltiples ventajas: disminuyen el efecto de isla de calor urbana al reducir la temperatura de los techos, mejoran la calidad del aire mediante la absorción de contaminantes, producen oxígeno, gestionan las aguas pluviales al colectar el agua de lluvia y reducir la escorrentía (Gaffin et al., 2012). Además, proporcionan aislamiento térmico, reduciendo los costos de calefacción y refrigeración (Köhler, 2006), fomentan la biodiversidad al crear hábitats para la fauna y flora urbana (Barton et al., 2009), y mejoran la estética y el bienestar al ofrecer un entorno más verde y agradable para empleados y residentes cercanos (Beatley, 2011).

Green islands

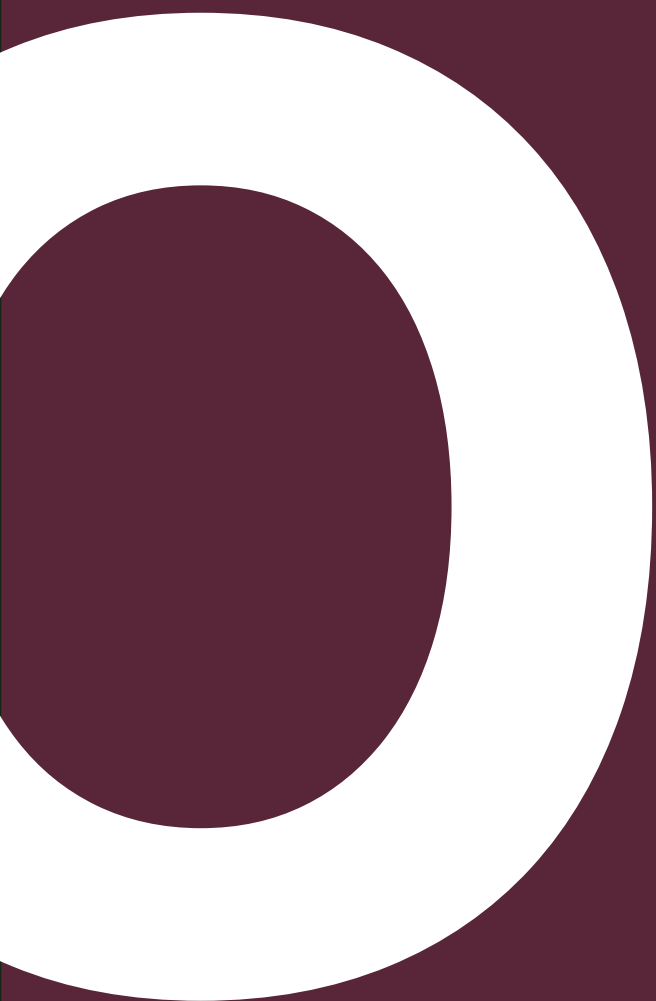
Industrial zones

To pursue a sustainable and resilient urban environment, large-scale industries must adopt design principles that enhance biodiversity and a resilient surrounding within their infrastructures. This approach mitigates environmental impact and fosters enhanced employee well-being and operational efficiency (Barton, 2016; Serra et al., 2020). Industries can positively change the negative aspect of urban landscapes by transforming industrial rooftops into green spaces to absorb stormwater, combat the urban heat island effect, and integrate natural habitats that benefit local ecosystems and allow people to coexist in pleasant spaces.

A target image was developed for the industrial area of Apodaca, considering the benefits of green roofs in extensive industrial facilities (Figure 108). The objective is to enhance environmental sustainability and quality of life. Green roofs offer multiple advantages: they reduce the urban heat island effect by lowering roof temperatures, improve air quality by absorbing pollutants, produce oxygen, enable stormwater management by collecting rainwater, and reduce runoff (Gaffin et al., 2012). Additionally, they provide thermal insulation, which lowers heating and cooling costs (Köhler, 2006), promotes biodiversity by creating habitats for urban fauna and flora (Barton et al., 2009), and enhance aesthetics and well-being by providing a greener and more pleasant environment for employees and nearby residents (Beatley, 2011).



Figura 108. Antes y después: Industrias. Elaboración propia.
Figure 108. Before and after: Industries. Created by the authors.



Conclusiones

Conclusions

Conclusión

La visión conceptual metropolitana verde para Monterrey, Nuevo León, representa una visión espacial, sistémica y estratégica para regenerar las condiciones naturales del medioambiente con el trazo de la ciudad, siguiendo un modelo de sostenibilidad y resiliencia. De cada recomendación, en la visión conceptual, se desprenden propuestas para una integración de fondo de los espacios naturales y urbanos. El enfoque conceptual es crear un Sistema Metropolitano de áreas verdes, interconectando áreas naturales protegidas federales, estatales, áreas de conservación, preservación, mejoramiento, consolidación, o con alguna denominación especial de uso público y privado. Las áreas candidatas para ser regeneradas están distribuidas en zonas suburbanas del área metropolitana. La unión de las áreas y su articulación entre las zonas configuran un plano urbano renovado. La restauración de las áreas alteradas en desuso, con daños por obras peligrosas, con cambios de uso de suelo, en zonas de montaña y en valles con riesgos, se conectan urbanísticamente mediante corredores biológicos. El desarrollo metropolitano en grises recupera un arco perimetral verde, con calles y avenidas al interior que facilitan el acceso con recorridos por áreas verdes. La remediación de los elementos del paisaje obsoletos fomenta el derecho a un medioambiente sano y el cuidado del agua, también, el uso de transporte no motorizado y propicia una movilidad más inclusiva del ser humano y las especies.

El enfoque en la rehabilitación de las áreas naturales y urbanas se logra con el empleo de aplicaciones y técnicas prácticas basadas en la naturaleza, la arquitectura y la ingeniería. Particularmente, la preservación de los ríos y arroyos, como el río Santa Catarina y el río Pesquería, señala la importancia de los cuerpos de agua como ejes centrales del ecosistema para recuperar la urbe. Además, la emergencia de responder con estrategias hacia la gestión del agua, como la instalación de superficies permeables y techos verdes, apunta a mejorar la resiliencia hídrica de la ciudad y a mitigar el impacto en las cuencas por la urbanización.

Cada uno de los escenarios de la visión conceptual para promover los parques urbanos con especies nativas, la recuperación de suelos erosionados, la introducción de prácticas de agricultura urbana y el reciclaje de inmuebles, reflejan estrategias de compromisos con la sostenibilidad y la autosuficiencia. El avance de cada escenario merece actualizar las políticas del uso de suelo, para mejorar el plan del desarrollo territorial. Los cambios para regenerar la zona metropolitana necesitan una revisión al uso de las reservas territoriales y una gestión eficiente del cambio de empleo del suelo para un manejo ordenado de los recursos naturales y la vida.

Conclusion

The green metropolitan conceptual vision for Monterrey, Nuevo León, represents a spatial, systemic, and strategic vision to regenerate the environment's natural conditions with the city's layout, following a model of sustainability and resilience. From each recommendation in the conceptual vision, proposals arise for a fundamental integration of natural and urban spaces. The conceptual approach is to create a Metropolitan System of green areas, interconnecting federal and state natural protected areas, areas of conservation, preservation, improvement, consolidation, or with some special designation for public and private use. The candidate areas to be regenerated are distributed in suburban areas of the metropolitan area. The merging of the regions and their junction between the zones configure a renewed urban plan. The restoration of altered areas in disused, with damages from dangerous constructions, with changes in land use, in mountain zones and valleys with risks, are connected to urban planning through biological corridors. The metropolitan development in gray recovers a green ring on the periphery, with streets and avenues inside that facilitate access with routes through green areas. The recovery of obsolete landscape elements promotes the right to a healthy environment and water care, and the use of non-motorized transportation. It favors of more inclusive mobility of human beings and species.

The focus on rehabilitating natural and urban areas is achieved through practical applications and techniques based on nature, architecture, and engineering. Particularly, preserving rivers and streams, such as the Santa Catarina River and the Pesquería River, points out the importance of water bodies as central axes of the ecosystem to recover the city. Furthermore, the emergence of strategies for responding to water management, such as installing permeable surfaces and green roofs, aims to improve the city's water resilience and mitigate the impact on watersheds due to urbanization.

Each of the scenarios in the conceptual vision are to promote urban parks with native species, the recovery of eroded soils, the introduction of urban agriculture practices, and the recycling of properties reflect strategies of commitment to sustainability and self-sufficiency. The progress of each scenario deserves updating land use policies to improve the territorial development plan. The changes to regenerate the metropolitan area require a review of the use of territorial reserves and efficient management of the change in land use for an orderly management of natural resources and life.

Referencias

References

Referencias

Abalerón-Vélez, C.A., Adriani, H.L., Albertos-Puebla, J.M., Antón-Burgos, F.J., Cairo-Carou, H., Campo-García, E., Córdova-Aguilar, H., Czerny, M., Delgado-Viñas, C., Fernández-Mayorales, G., Gómez-Delgado, M., Grimalt-Gelabert, M., Hernández-Aja, A., Jorda-Borrel, R., Márquez-Domínguez, J.A., Martín-Vide, J., Moncada-Maya, J.O., Mora-Aliseda, J., Navalón-García, R., Ortega-Cantero, N., Plaza, J.I., Requés-Velasco, P., Rodríguez-Rodríguez, V., Romero-Díaz, A., Ruyán-Salamanca, O., Suárez-Plascencia, C. & Tonda-Monllor, E.M. (2014). Revisando paradigmas, creando alianzas. VIII Congreso Internacional de Geografía de América Latina, Universidad Complutense de Madrid.

Alanís Flores, G.J. (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. Ciencia UANL, VIII, 001, 20-32.

Albrecht, G.A. (2019). Earth emotions: New words for a new world. Cornell University Press: Ithaka.

Barton, H., Grant, M., & Mitchell, R. (2009). A health map for the local environment: The spatial distribution of health and the role of urban green space. Health & Place, 15(2), 106-115.

Barton, H. (2016). City of Well-being: A radical guide to planning (1st ed.). Routledge.

Beatley, T. (2011). Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning. Island Press.

BenDor, T., Lester, T. W., Livengood, A., Yonavjak, L., & Davis, A. P. (2015). Estimating the Size and Impact of the Ecological Restoration Economy. PLOS ONE, 10(6), e0128338.

Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., GhaffarianHoseini, A., (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. Applied Energy, 115, (411-428).

Canales, I.V. (2006). Los orígenes de la industrialización en Monterrey: Historia e investigación. Fondo Editorial Nuevo León.

Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., Uvalle-Sauceda, J. I., & Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 15(2), 115-120.

Cano, J.R. (2018). Estudio del impacto ambiental de las actividades industriales en el río Santa Catarina. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Carpio, A., Ponce-Lopez, R., Lozano-García, D.F. (2021). Urban form, land use, and cover change and their impact on carbon emissions in the Monterrey Metropolitan area, Mexico. Urban Climate, 39, 100947.

CDC. (2020). What causes noise-induced hearing loss? Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/hearing-loss/causes/index.html>

Shun Chan, F.A., Griffiths, J.A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y-T., Xu, Y., Thorne, C.R. (2018). "Sponge City" in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. Land use policy, 76, 772-778.

CONABIO. (2020). ¿Qué es una ecorregión? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/>

quees.

CONAGUA. (2011). Informe de precipitaciones y eventos hidrometeorológicos en México. Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA (2024). Informe sobre la tormenta Alberto y sus efectos en Monterrey. Comisión Nacional del Agua.

Consejo de Cuenca del Río Bravo. Consejo de Cuenca del Río Bravo. <https://https://www.cuencariobravo.org/>

COOKFOX Architects. (2024). COOKFOX Green roof. <https://cookfox.com/projects/cookfox-green-roof/>

Cunningham, J., & Paluska, L.G. (2008). The influence of green space on neighborhood satisfaction. Journal of Urban Design, 13(4), 395-413.

Damian, 2023. (personal communication)

Davis, A.P., Shokouhian, M., Sharma, H., & Minami, C. (2001). Laboratory study of pollutant removal in bioretention systems. Water Environment Research, 73(1), 5-14.

Debbage, N., & Shepherd, J.M. (2015). The urban heat island effect and city contiguity. Computers, Environment and Urban Systems, 54, 181–194.

Del Hoyo, E. (2014). Historia del Nuevo Reino de León: 1577-1723. Fondo Editorial Nuevo León.

Dobbs, C., Martinez-Harms M.J., Kendal, D. (2017). Ecosystem services. En: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch, A. Fini. (Eds.) Routledge Handbook of Urban Forestry. Routledge, London, pp. 51–64.

Elmqvist, T., Gragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., McDonalds, R.I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K.C. & Wilkinson, C. (2015). Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment. Springer.

Escobedo, F.J., Kroeger, T., Wagner, J.E., & Luz de la Maza, C. (2010). Urban forests for sustainable urban development. En: J.K. Settle & F.J. Escobedo (Eds.), Urban forests and trees: A reference book. Springer Netherlands, pp. 43-58.

Ferrer, M., Lucas, M. de, Hinojosa, E., & Morandini, V. (2020). Transporting biodiversity using transmission power lines as stepping-stones? Diversity, 12(11), pp. 439.

Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J-L., Steen Mikkelsen, P., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban water journal, 12(7), 525-542.

Folke, C., Biggs, R., Norström, A.V., Reyers, B., Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. Ecology & Society, 21(3), pp. 41.

Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., Parshall, L., Beaty, R. M., & Lui, Y. (2012). Energy impacts of green roofs and urban heat island mitigation in New York City. Urban Climate, 1(1), 40-60.

- García, A. (2014). Impacto de las sequías en el abastecimiento de agua en Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García, A. (2023). Impacto de la sequía 2022-2023 en la disponibilidad de agua en Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García, L., & Martínez, E. (2019). Impacto ambiental de las líneas de transmisión de energía eléctrica: un análisis desde la ecología. *Environmental Science & Policy*, 102, pp. 123-135.
- Gehl, J., & Svarre, B. (2013). *Public Life Studies and Urban Policy*. En: J. Gehl, B. Svarre, J. Gehl, & B. Svarre (Eds.), *How To Study Public Life*. Island Press, Washington, DC. 149–160.
- Gobierno del Estado de Nuevo León. Áreas naturales protegidas. <https://historico.nl.gob.mx/campanas/areas-naturales-protegidas>
- Gómez-Baggethun, E., Barton, D.N., & Braat, L.C. (2013). Contribución de los servicios ecosistémicos a la calidad de vida urbana y regional. En: P.A., Martínez-Álvarez (Ed.), *Ecología de Servicios Ecosistémicos: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 187-208.
- Gómez, M.A., Pérez, C., & Vargas, R. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación en el río La Silla. *Revista Mexicana de Recursos Hídricos*, 12(2), pp. 45-60.
- Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados Victorino, R.L., & Borja de la Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, pp. 111-130.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., & Galli, M. (2012). Landslide hazard assessment, vulnerability, and risk. *Landslides: Types, mechanisms, and modeling*, pp. 287-299.
- Haaland, C., van den Bosch, C.K. (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(4):760–771.
- Handelé, K. (2024). XAM TAP, Cultivated connections: Developing an integrated foodscape model for the Metropolitan Area of Monterrey, Mexico (Master's thesis). *Architecture and the Built Environment*, Delft University of Technology.
- Harvey, D. (2008). The right to the city. *New Left Review*, 53, pp. 23-40.
- Hernández, J., Cuevas, E., & López, J.C. (2019). Urban forests and their role in mitigating climate change: A review focusing on Mexico City. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, pp. 36-44.
- Holtan, M.T., Dieterlen, S.L., & Sullivan, W.C. (2014). Social Life Under Cover: Tree Canopy and Social Capital in Baltimore, Maryland. *Environment and Behavior*, 47(5), 502-525.
- Holtes, E. O. (2024). La voz del río: Landscape interventions to restore the river ecosystem in Monterrey, Mexico (Master's thesis). *Architecture and the Built Environment*, Delft University of Technology.
- Horner, M., & Weitz, R.M. (1990). Effects of urbanization on the hydrology of small watersheds. *Journal of Hydrology*, 118(1-4), pp. 65-90.
- Imhoff, M.L., Zhang, P., Wolfe, R.E., & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), pp. 504-513.
- INEGI. (2020). Censo de población y vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#resultados_generales
- INEGI. (2020). Cuéntame INEGI. Bosque de coníferas y encinos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/vegetacion/bc.aspx#:~:text=El%20bosque%20de%20con%C3%ADferas%20y,Oriental%20y%20el%20Eje%20Neovolc%C3%A1nico.>
- INEGI. (2023). Registro vehicular en los 18 municipios del Área Metropolitana de Monterrey. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease (GBD). <https://www.healthdata.org/gbd>
- Institute for Health Metrics and Evaluation. GBD Compare. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
- Janowiak, M.K., Brandt, L.A., Wolf, K.L., Brady, M., Darling, L., Derby Lewis, A., Fahey, R.T., Giesting, K., Hall, E., Henry, M., Hughes, M., Miesbauer, J.W., Marcinkowski, K., Ontl, T., Rutledge, A, Scott, L., & Swanston, C.W. (2021). Climate adaptation actions for urban forests and human health. General Technical Report NRS-203., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Madison WI.
- Kheifets, L., & Swanson, J. (2020). Electric and magnetic fields and cancer: The epidemiological evidence. *Environmental Research*, 186, 109565.
- Köhler, M. (2006). Long-term performance and sustainability of green roofs. *Building Research & Information*, 34(3), pp. 291-300.
- Konijnendijk, C. C. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of Forestry Research*, 34(3), pp. 821-830.
- Lehner, B., & Grill G. (2013). Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15), pp. 2171–2186.
- Li, D. H. W., & Lam, J. C. (2012). Impact of green roof on building energy performance. *Energy*, 48(1), pp. 306-312.
- Litman, T. (2013). Transportation and public health. *Annual Review of Public Health*, 34, pp. 217-233.
- Macías, C.M. (2003). Empresas mineras y metalúrgicas en Monterrey, México: 1890-1908. *Archivo General del Estado de Nuevo León, México*.
- Martens, K. (2017). *Transport justice: Designing fair transportation systems*. Routledge.
- Mecanoo, S.D. Atelier Architects & ARIA Architects & Planners. (2022). Corredor verde de Taichung. ARQA. <https://arqa.ar/cykw7zzf37>
- Mendoza, S., & López, F. (2018). Análisis del estado del arroyo La Silla y su influencia

en el drenaje urbano. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(1), pp. 29-42.

Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 77(3), ppp. 217-226.

Mok, HF., Williamson, V.G., Grove, J.R. Kristal Burry, Barker, S.F., & Hamilton, J.A. (2014). Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 21–43.

Nieuwenhuijsen, M.J., Dadvand, P., Márquez, S., Bartoll, X., Barboza, E.P., Cirach, M., Borell, C. & Zijlema, W. L. (2022). The evaluation of the 3-30-300 green space rule and mental health. *Environmental Research*, 215, 114387.

Nijhuis, S. (2022). Landscape-based urbanism: Cultivating urban landscapes through design. En: *Design for regenerative cities and landscapes: Rebalancing human impact and natural environment*, R. Roggema., (Ed.), Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 249–277.

Nijhuis, S., Xiong, L., Cannatella, D. (2022). Towards a landscape-based regional design approach for adaptive transformation in urbanizing deltas. *Research in Urbanism Series*, 6, pp. 55–80.

NALCMS. North American Land Change Monitoring System. Comisión para la Cooperación Ambiental. www.cec.org/north-american-land-change-monitoring-system

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., & Dunn, R. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), pp. 823-833.

Observatorio de la Calidad del Aire. (2024). Datos históricos sobre la calidad del aire en el Área Metropolitana de Monterrey. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Oke, T R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

WHO. (2009). Night Noise Guidelines for Europe. World Health Organization. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

Patiño-Flores, A.M., Alanís-Rodríguez, E., Jurado, E., González-Rodríguez, H., Aguirre-Calderón, O.A., & Molina-Guerra, V.M. (2021). Estructura y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado posterior a uso pecuario. *Polibotánica*, 52(26), pp. 75-88.

Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., & Grove, J.M. (2013). *Resilience in ecology and urban design: Linking theory and practice for sustainable cities*. Springer.

Pimentel, D., & Burgess, M. (2013). Soil erosion: A food and environmental threat. *Environmental Development*, 6, pp. 23-26.

Ramírez, A.J. (2017). Impacto de la urbanización en los arroyos de Monterrey: El caso del arroyo del Obispo. Tesis de maestría, Universidad de Monterrey.

Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), pp. 120-128.

Rockström, J. & Sukhdev, P. (2016). Sustainable Development Goals – The SDGs wedding cake: A new way of viewing the Sustainable Development Goals and how they are linked to food. <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>

Roggema, R. (2020). *Nature Driven Urbanism*. (Ed.) Springer: Dordrecht, The Netherlands,

Roggema, R. (2021). From nature-based to nature-driven: Landscape first for the design of Moeder Zernike in Groningen. *Sustainability*, 13(4), 2368.

Roggema, R., Keeffe, G. & Tillie, N. (2021). Nature-based urbanization: Scan opportunities, determine directions and create inspiring ecologies. *Land*, 10(6), pp. 651.

Roggema, R. & Monti, S. (2021). Nature driven planning for the FEW-Nexus in Western Sydney. En: *TransFEWmation: Towards design-led food-energy-water systems for future urbanization*, R.

Roggema, (Ed.), Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 59–94.

Roggema, R., Tillie, N. & Hollanders, M. (2021). Designing the adaptive landscape: Leapfrogging stacked vulnerabilities. *Land* 10(2), pp. 158.

Rubio-Cisneros, I.I. (2023). Diagnóstico cartográfico preliminar para compensaciones ambientales y geológicas en el municipio de Guadalupe, Nuevo León. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 24(2).

Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Science of The Total Environment*, 512-513, pp. 582-598.

Serra, J., Llinares, C., Iñarra, S., Torres, A., Llopis, J. (2020). Improvement of the integration of visually impacting architectures in historical urban scene, an application of semantic differential method. *Environmental Impact Assessment Review*, 81, 106353.

Sheila Quintana, 2024. (personal communication)

Gobierno del Estado de Nuevo León. (2020). Listado de árboles y plantas nativas del estado de Nuevo León. <https://www.nl.gob.mx/es/publicaciones/listado-de-arboles-y-plantas-nativas-del-estado-de-nuevo-leon>

Servicio Meteorológico Nacional. (2023). Información meteorológica y climatológica. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/>

Shoup, D. (2011). *The high cost of free parking*. Planners Press.

Smith, A.R., & Pearce, G. (2020). Green roofs and biodiversity: An assessment of the potential for urban wildlife habitat. *Urban Ecology Journal*, 45(3), pp. 239-253.

Smith, J., & Davies, C. (2020). Urban hydrology: Managing runoff in cities. *Environmental Science and Technology*, 54(2), pp. 745-760.

Smith, J., López, M., & Hernández, P. (2024). Gestión del agua y adaptación al clima en Monterrey: Lecciones aprendidas de eventos extremos. *Journal of Environmental Management*, 35(1), pp. 45-59.

Smith, J., López, M., & Hernández, P. (2024). Impacto histórico de huracanes en

- Monterrey: Evaluación y preparación. *Journal of Climate Studies*, 29(3), pp. 78-92.
- Stovin, V., Jorgensen, A., & Clayden, A. (2008). Street trees and stormwater management. *Arboricultural Journal*, 30(4), 297-310
- Tyukavina, A., Potapov, P., Hansen, M.C., Pickens, A.H., Stehman, S.V., Turubanova, S., Parker, D., Zalles, V., Lima, A., Kommareddy, I., Song, X.P., Wang, L. & Harris, N. (2022). Global trends of forest loss due to fire from 2001-2019. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.825190>
- United Nations. (2022.) Sustainable Development Goal 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. United Nations. <https://sdgs.un.org/goals/goal11>
- Van den Berg, M., Wendel-Vos, W., Van Poppel, M., Kemper, H., Van Mechelen, W. & Maas, J. (2015) Health benefits of green spaces in the living environment: a systematic review of epidemiological studies. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), pp. 806– 816.
- Van der Wel, P. (2024). Hydrate Monterrey: A spatial strategy to implement green and blue infrastructure in order to tackle droughts and heat stress in Monterrey, Mexico (Master's thesis). *Architecture and the Built Environment*, Delft University of Technology.
- Van de Ven, F.H.M., Snep, R.P.H., Koole, S., Brolsma, R., van der Brugge, R., apijker, J., Vergroesen, T. (2016). Adaptation planning support Toolbox: Measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decision-makers and stakeholders. *Environmental, Science & Policy*, 66, 427-436.
- Sirko, W, Kashubin, S., Ritter, M., Annkah, A., Bouchareb, Y.S.E., Dauphin, Y., Keyzers, D., Neumann, M., Cisse, M. & Quinn, J. (2021). Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery. *arXiv:2107.12283*.
- Wang, G., & Cheng, G. (2018). Permafrost degradation and its environmental impact on a warming Qinghai-Tibet Plateau: A review of recent research. *Quaternary Research*, 89(2), pp. 95-110.
- Van den Bosch, M. (2016). Urban green spaces and health: A review of evidence. World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Bonn.
- WHO. (2017). Urban green spaces: A brief for action. World Health Organization, Regional Office for Europe. Bonn. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289052498>
- Wolch, J.R., Byrne, J., & Newell, J.P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 125, pp. 234-244.
- WHO. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Wu, H., Liu, Z., Yang, Y., & Bai, S. (2016). Characterizing thermal impacts of pavement materials on urban heat island (UHI) effect. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*.
- Zhang, X., & Li, Y. (2018). The thermal performance of green roofs and their impact on building energy consumption. *Energy Reports*, 4, pp. 670-676.
- Zhou, W., Wang, J. & Cadenasso, M.L. (2017). Effects of the spatial configuration of trees on urban heat mitigation: A comparative study. *Remote Sensing of Environment*, 195, pp. 1-12.
- Ziter, C.D., Pedersen, E.J., Kucharik, C.J. & Turner, M.G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(15), pp. 7575–7580.
- Zúñiga, J. P. (2019). El río Pesquería y su rol en el suministro de agua de Monterrey. *Investigación Ambiental*, 5(1), pp. 78-92.

Este trabajo de investigación inició en el mes de febrero de 2024, para el proceso de análisis y diagnóstico de la zona metropolitana de Monterrey, se recopilaron datos desde el año 2020 hasta el mes de junio de 2024. El contenido del libro terminó de escribirse en los últimos meses de 2024; sin embargo, la edición, impresión y publicación del mismo se realizó en febrero de 2025. La impresión se llevó a cabo por Fuerza Gráfica. Para la composición tipográfica se utilizaron tipos de la familia Galvji y Filson Pro. Se imprimieron cincuenta ejemplares en papel couché mate de 130 g con encuadernado en pasta dura.

Impreso en México.

This investigation work was initiated in February 2024 to analyze and diagnose the metropolitan area of Monterrey. The data analyzed was from 2020 through June 2024. The book content was written in the first half of 2024, nevertheless the editing, copyediting, book design, printing and publishing was done in February 2025. Fuerza Gráfica was in charge of the printing. Galvji and Filson Pro families were used for the typography composition. Fifty copies were printed in matte coated paper 150 g with hardcover binding.

Printed in Mexico.

In a globalized world where urbanization has increased over the last decade, and more people live in cities than in the countryside, it is important to watch closely the living conditions in metropolises. Many health problems are caused by how our urban society works, with devastating impacts on both human health and the quality of natural systems and biodiversity. The pressure put on natural systems by the activities of the urban population is multifold. The impacts of climate change translate into severe urban heat islands, floods and droughts, emaciated soils, and an air quality that is more often below healthy standards than above. At the same time, we know that green spaces, regeneration of resources, and rewilding of natural systems increase the resilience of urban systems and have a profound positive effect on human health. Therefore, striving for a coherent, connected, and abundant natural, green network at the regional and metropolitan scale increases the chances of improving living conditions, lengthening human lives, and allowing us to cope with and survive climate hazards and natural disasters.

The situation in the Monterrey Metropolitan Area is no exception. The use of resources such as water, fuel, and raw construction materials impacts the current health of the urban system. Moreover, the degradation of ecosystems and natural forests accelerates these impacts, and the ongoing urban sprawl, industrial activities, and landscape occupation only increase the pace at which the quality of life degenerates.

Therefore, the Fondo Ambiente Metropolitano de Monterrey and Tecnológico de Monterrey, Escuela de Arquitectura, Artes y Diseño, have collaborated to develop an integrated conceptual vision for Greening the Monterrey Metropolis. Many municipal and state government plans clearly describe the ambition to become more sustainable and resilient. A widespread portion of good intentions is undoubtedly visible and commendable. However, the aims are not always aligned and sometimes discontinue when passing an administrative boundary. The planning horizons are often oriented towards the next elections, causing spatial plans to focus on the short term, suffering from political change. Also, the planning scale differs, making a coherent vision a complex endeavor.

The conceptual vision for a Green Monterrey Metropolis extensively analyzes the sometimes hidden natural systems of the region and the long-term dynamics of nature, not hindered by administrative boundaries, and is based on taking care of natural systems first.

This report presents our findings and vision for how the Monterrey Metropolis can transform into a more livable and healthier place and survive in the long term. Therefore, the objective of this spatial research is to develop an integrated vision for greening the Monterrey Metropolitan Area, uniting existing policies and plans to cope with and anticipate Anthropogenic disruptions such as heat, droughts, floods, and air pollution, by centralizing the coherence and quality of natural systems such as forests, ecosystems, and the hydrological system.

En un mundo globalizado donde la urbanización ha aumentado en las últimas décadas y más personas viven en ciudades que en zonas rurales, es de suma importancia vigilar de cerca las condiciones de vida en las metrópolis. Muchos de los problemas de salud son causados por la forma en que nuestra sociedad urbana funciona, con impactos devastadores tanto en la salud humana como en la calidad de los sistemas naturales y la biodiversidad. La presión ejercida sobre los sistemas naturales por las actividades de la población urbana es múltiple. Los impactos del cambio climático se traducen en intensas islas de calor urbano, inundaciones, sequías, suelos degradados y una calidad del aire que, con frecuencia, está por debajo de los estándares saludables. Al mismo tiempo, sabemos que los espacios verdes, la regeneración de recursos y la restauración de sistemas naturales aumentan la resiliencia de los sistemas urbanos y tienen un efecto profundamente positivo en la salud humana. Por ello, aspirar a una red natural y verde, coherente, conectada y abundante a escala regional y metropolitana no solo mejora la calidad de vida y alarga la vida humana, también nos permite enfrentar y sobrevivir a los riesgos climáticos y desastres naturales.

La situación en la zona metropolitana de Monterrey no es una excepción. El uso de recursos como agua, combustible y materiales de construcción impacta directamente la salud del sistema urbano. Además, la degradación de ecosistemas y bosques naturales acelera estos impactos, y la constante expansión urbana, las actividades industriales y la ocupación del paisaje solo aumentan el ritmo al que se deteriora la calidad de vida.

Por ello, el Fondo Ambiental Metropolitano de Monterrey y el Tecnológico de Monterrey, a través de la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño, han colaborado para desarrollar una visión conceptual integral para el enverdecimiento de la metrópoli de Monterrey. En muchos planes municipales y estatales se describe claramente la ambición de ser más sostenibles y resilientes. Una amplia gama de buenas intenciones es sin duda visible y encomendable. Sin embargo, los objetivos no siempre están alineados y, a veces, se interrumpen al cruzar los límites administrativos. Los horizontes de planificación a menudo están orientados hacia las próximas elecciones, lo que provoca que los planes espaciales se centren en el corto plazo, sufriendo los efectos de los cambios políticos. Además, las escalas de planificación varían, lo que complica el desarrollo de una visión coherente.

La visión conceptual para una Metrópoli Verde en Monterrey analiza exhaustivamente los sistemas naturales, a veces ocultos, de la región y utiliza esta comprensión para crear una visión a largo plazo, sin estar limitada por fronteras administrativas y basada en el principio de priorizar los sistemas naturales.

En este informe presentamos nuestros hallazgos y visión sobre cómo la Metrópoli de Monterrey puede transformarse en un lugar más habitable y saludable, capaz de perdurar en el tiempo. Por ello, el objetivo de esta investigación espacial es desarrollar una visión integrada para el enverdecimiento del área metropolitana de Monterrey, uniendo políticas y planes existentes para enfrentar y anticiparse a las alteraciones antropogénicas como el calor, las sequías, las inundaciones y la contaminación del aire, centralizando la coherencia y calidad de los sistemas naturales como los bosques, los ecosistemas y el sistema hidrológico.