



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
CONTEXTOS URBANOS

IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE EN
TACUBAYA:
FORTALEZAS, OBSTÁCULOS, DEBILIDADES Y AMENAZAS

TESIS
PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
LESLIE BERENICE VÁZQUEZ ANGUIANO

MTRA. ELENA TUDELA RIVADENEYRA. (TUTOR(A) PRINCIPAL)
FACULTAD DE ARQUITECTURA

DRA. AMY MICHELLE LERNER (MIEMBRO DE COMITÉ TUTOR)
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, SAN DIEGO
DEPARTMENT OF URBAN STUDIES AND PLANNING
(DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PLANEACIÓN URBANO)

MTRA. ROSA MICHELLE MEZA PAREDES. (MIEMBRO DE COMITÉ TUTOR)
FACULTAD DE ARQUITECTURA

DRA LOUISE GUIBRUNET. (REVISORA)
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

DR. ITZHUAUHTLI BENEDICTO ZAMORA SAENZ (REVISOR)
INSTITUTO BELISARIO DOMÍNGUEZ DEL SENADO DE LA REPÚBLICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su sesión 84 del 11 de octubre del 2022, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **Vázquez Anguiano Leslie Berenice** con número de cuenta **519013089**, con la tesis titulada "Implementación de infraestructura verde en Tacubaya: fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas", bajo la dirección de la Mtra. Elena Tudela Rivadeneyra.

PRESIDENTA: DRA. LOUISE GUIBRUNET
VOCAL: DR. ITZKUAUHTLI BENEDICTO ZAMORA SAENZ
SECRETARIA: MTRA. MICHELLE MEZA PAREDES
VOCAL: DRA. AMY MICHELLE LERNER
VOCAL: MTRA. ELENA TUDELA RIVADENEYRA

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 17 de abril de 2023.



Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Coordinador
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Dedicatoria.

Agradezco a la UNAM por permitirme ser parte de la comunidad de Ciencias de la Sostenibilidad: su campus y profesores fueron guías y a su vez me permitieron comprender que el proceso de aprendizaje requiere de paciencia, así como de un constante entendimiento de los cambios en diferentes contextos.

A su vez agradezco a Conacyt por la oportunidad y el apoyo económico que me se me otorgó para seguir estudiando en una Universidad y en específico por el apoyo PAEB que me permitió realizar una estancia en el IHE de la UNESCO, la cual me permitió ampliar los conocimientos y aplicarlos en la presente tesis.

Particularmente agradezco a mis tutoras y profesores por su paciencia y guía durante la elaboración de la tesis así como a mi familia y amigos quienes me motivaron a adentrarme en el mundo de la investigación y quienes me acompañaron en todo momento.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Abreviaturas..... | 5 |
| Índice de figuras..... | 6 |
| Índice de tablas | 8 |
| • Objetivos generales. | 15 |
| • Objetivos particulares | 15 |
| • Justificación..... | 16 |
| Capítulo 1. Marco Teórico..... | 18 |
| 1.1 La ciudad como un sistema socioambiental..... | 18 |
| 1.3 La disminución de servicios ecosistémicos y el caso de la Ciudad de México. 22 | |
| 1.4 Introducción del término Infraestructura Verde..... | 26 |
| Capítulo 2. Antecedentes de Tacubaya como zona de estudio. | 30 |
| 3.1 Tacubaya y su pasado hídrico. | 30 |
| 3.2 Territorio y población en Tacubaya: dinámicas sociales: de la colonia a la revolución..... | 32 |
| 2.3 Las infraestructuras hídricas en el paisaje urbano de Tacubaya | 33 |
| • Los molinos | 33 |
| • Los cambios del porfiriato (1876-1911) y la postrevolución..... | 36 |
| • Siglo XX: Obras de Comunicación y Saneamiento..... | 36 |
| 3.4 Causas y efectos de la urbanización en Tacubaya..... | 38 |
| Capítulo 3. Metodología para la definición de fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas en la implementación de I.V. en Tacubaya. | 40 |
| Capítulo 4. Resultados: Características específicas en el SAC Tacubaya..... | 45 |
| 7.1 Indicadores geomorfológicos: Topografía | 45 |
| 7.2 Indicadores geomorfológicos: Escorrentías. | 46 |
| 7.4 Indicadores geomorfológicos: Climatología | 48 |
| 48 | |
| 7.5 Indicadores geomorfológicos: Geología del sitio..... | 49 |
| Infraestructura vial..... | 50 |
| Figura 16. Infraestructura vial. Fuente: (ORU et al, 2018)..... | 50 |

| | |
|---|------------|
| 7.7 Áreas verdes existentes..... | 51 |
| 7.8 Equipamiento | 52 |
| 7.9 Características sociodemográficas del SAC Tacubaya..... | 53 |
| Capítulo 5. Resultados: Análisis FODA..... | 56 |
| Capítulo 6. Resultados. Análisis de actores que intervienen en la implementación de I.V..... | 60 |
| Capítulo 7. Resultados: Aplicación de I.V para Retener e infiltrar el agua pluvial..... | 62 |
| Capítulo 8. Propuesta de Paleta vegetal Básica y evaluación..... | 70 |
| 9.1 Criterios para la evaluación de especies vegetales | 70 |
| Capítulo 9. Resumen de evaluación de especies vegetales..... | 93 |
| Capítulo 10. Conclusiones..... | 97 |
| Anexo 1 | 100 |
| Anexo 2 | 103 |
| Bibliografía..... | 107 |

Abreviaturas

I.V.: Infraestructura Verde

PDDUMH (2008): Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Miguel Hidalgo.

PNDD (2019-2024): Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

PPDUZPT(2012): Programa Parcial de Desarrollo Urbano Zona Patrimonial de Tacubaya 2012.

SAC: Sistema de Actuación por Cooperación

SEDUVI_SAC (2016) Sistemas de Actuación por Cooperación

ZMCM: Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Índice de figuras

Figura 1. Polígono SAC Tacubaya

Figura 2. La ciudad de México, Fuente: (BBC News).

Figura 3. Ciudad de México y Tacubaya. Elaboración propia

Figura 4. Ubicación de Tacubaya, de las principales escorrentías de la zona y algunas de las infraestructuras hídricas de la época colonial.

Figura 5. Trayectorias del Acueducto de Chapultepec y el Acueducto de Santa Fe. Se indica en amarillo la ubicación de la garita de Belem, la cual daba paso a las semillas y productos del valle de Toluca y las harinas de los molinos. Fuente: Bustamante et al, 1999

Figura 6. Acueducto de Chapultepec. Archivo Casasola, ca. 1952. Instituto Nacional de Antropología e Historia Sistema Nacional de Fototecas.

Figura 7. Acueducto de Santa Fe en Molino del Rey; actualmente existen restos en Fuente de Nezahualcóyotl. Charles B. Waite, ca 1905, “ The Molino del Rey near Chapultepec, México”, Ciudad de México, Fototeca de la CNMH, INAH.

Figura 8. Disminución de servicios ecosistémicos: Causas y problemas. Elaboración propia.

Figura 9. Metodología propuesta para la implementación de I.V. en Tacubaya en base a Peñúñuri et al. 2019.

Figura 10. Polígono SAC Tacubaya.

Figura 11. Polígono SAC Tacubaya. Fuente: (ORU et al, 2018)

Figura 12. Escorrentías del poniente de la Ciudad de México Fuente: (ORU et al, 2018).

Figura 13. Encharcamientos y subsidencias del poniente de la Ciudad de México.

Figura 14. Climatología del poniente de la Ciudad de México Fuente: (ORU et al, 2018).

Figura 15. Secuencia estratigráfica de la Cuenca de México. Elaboración en base a Díaz. Gabriela 2018.

Figura 16. Infraestructura vial. Fuente: (ORU et al, 2018)

Figura 17. Áreas verdes existentes. Fuente (ORU et al, 2018)

Figura 18. Equipamiento existente. Fuente: (ORU et al, 2018)

Figura 19. Análisis de actores. Elaboración propia.

Figura 20. Ubicación de infraestructuras hídricas en SAC Tacubaya. Elaboración propia.

Figura 21. Propuesta de Plaza de Agua en Mercado Cartagena. Elaboración propia.

Figura 22. Jardín infiltrante Avenida Parque Lira. Elaboración propia.

Figura 23. Corte Transversal, Avenida Parque Lira, Jardín de Bioretención. Elaboración propia.

Figura 24. Propuesta de Jardín de Bioretención ubicado en Avenida Parque Lira. Elaboración propia

Figura 25. Fresno. Fuente: Sontag ,2015

Figura 26. Tronadora. Fuente: Martinez, 2017

Figura 27. Trompetilla. Fuente: Ciencias UNAM

Figura 28. Oreja de burro. Fuente: Lapshin, Succulentsnetwork, 2022

Figura 29. Palo loco. Fuente: Naturalista, 2020

Figura 30. Lavanda. Fuente: Compo, 2020

Figura 31. Duranta. Fuente: Dawn, 2006

- Figura 32.** Zacatón. Fuente: Naturalista, 2021
- Figura 33.** Conchita. Fuente: Cactus-art, 2022
- Figura 34.** Encino de asta. Fuente: ITESO,2021
- Figura 35.** Pascuita. Fuente: Sánchez,2021
- Figura 36.** Agave. Fuente: Stan Shebs, 2020
- Figura 37.** Cooperleaf. Fuente: Plantnet, 2022
- Figura 38.** Hierba de fuente. Fuente: Biodiversidade, 2020
- Figura 39.** Árnica de raíz. Fuente: Indiabiodiversity, 2013
- Figura 40.** Aralia Verde Fuente: Mokie, 2013
- Figura 41.** Rocío Fuente: Wikipedia, 2021
- Figura 41.** Hemerocalis Fuente: Gardenia, 2021
- Figura 42.** Bugambilia Fuente: Ochoa, 2022
- Figura 43.** Romero Fuente: Villa et al, 2021
- Figura 44.** Avenida Parque Lira. Fotografía tomada de Google Earth
- Figura 45.** Avenida Parque Lira. Fotografía tomada de Google Earth
- Figura 46.** Viaducto La Piedad. Fotografía tomada de Google Earth

Índice de tablas

Tabla 1. Problemáticas sociales y ambientales causadas por el crecimiento urbano en la ZMCM

Tabla 2. Sucesos históricos relacionados a la introducción del término infraestructura verde.

Tabla 3. Servicios ambientales o ecosistémicos. Fuente: SEMARNAT,2021

- Tabla 4.** Línea del tiempo: Asentamientos y manejo hídrico en Tacubaya
- Tabla 5.** Características sociodemográficas del SAC Tacubaya. Fuente: SEDECO,2021
- Tabla 6.** Características económicas del SAC Tacubaya. Fuente: SEDECO,2021
- Tabla 7.** Análisis FODA
- Tabla 8.** Sistema de infiltración aplicable en cada eje propuesto
- Tabla 9.** Evaluación de Fresno
- Tabla 10.** Evaluación de Trompetilla
- Tabla 11.** Evaluación de Oreja de burro
- Tabla 12.** Evaluación de Palo Loco
- Tabla 13.** Evaluación de Lavanda
- Tabla 14.** Evaluación de Duranta
- Tabla 15.** Evaluación de Conchita
- Tabla 16.** Evaluación de Encino de asta
- Tabla 17.** Evaluación de Pascuita
- Tabla 18.** Evaluación de Agave
- Tabla 19.** Evaluación de Cooperleaf
- Tabla 20.** Evaluación de Hierba de fuente
- Tabla 21.** Evaluación de Árnica de raíz
- Tabla 22.** Evaluación de Aralia Verde
- Tabla 23.** Resumen de especies seleccionadas
- Tabla 24.** Resumen de especies regionales
- Tabla 25.** Resumen de poca resistencia a inundaciones
- Tabla 26.** Especies con baja demanda de agua
- Tabla 27.** Especies con soporte a la biodiversidad

Resumen

Considerar las ciudades como sostenibles requiere incorporar estrategias que las encaminen hacia la adaptación y resiliencia. Bajo esta perspectiva, el proyecto aborda la implementación de Infraestructura Verde en el Sistema de Actuación por Cooperación de Tacubaya, entendiendo al mismo como una estrategia de planeación que permitirá la mejora urbana a partir de instrumentos como la Infraestructura Verde. Cabe mencionar que siendo la I.V. un tema recientemente aplicado en los contextos urbanos, el objetivo principal de la tesis es profundizar en las fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas que surgen en su implementación. Los resultados del estudio son un análisis que surge desde la descripción de las características históricas, biofísicas y sociales particulares del polígono así como una propuesta de I.V. a lo largo de la avenida Parque Lira ubicada en la colonia Tacubaya. La propuesta de I.V. incluye una paleta vegetal evaluada bajo los criterios de la herramienta Cgreensoup desarrollada por Radhakrishnan et al. (2019). Finalmente, la investigación en cada una de sus etapas proporciona información que permitirá tomar mejores decisiones para resolver problemas socioambientales dentro de la complejidad hídrica y ambiental de Tacubaya.

Palabras clave: Sostenibilidad, Infraestructura verde, FODA Analysis, Adaptation, Resilience

Abstract

Sustainable cities requires strategies that guides them towards adaptation and resilience. Under this perspective, this study describes the implementation of green infrastructure in “SAC Tacubaya”, understanding the same as planning strategy that could allow urban improvement. The Green Infrastructure is new as a concept, so the main objective of the study is characterize strengths, obstacles, weaknesses and threats that could improve the implementation of G.I. The results of the research is an analysis that comes from the description of the historical, biophysical and social characteristics of the polygon “SAC Tacubaya” as well a proposal of green infrastructure along Parque Lira Avenue. The proyect of Green

Infraestructure includes a vegetable palette evaluated under the criteria of Cgreensoup tool developed by Radhakrishnan et al. (2019). The final purpose of research is provide information that could allow better decisions to solve socio-environmental problems knowing the water and environmental complexity of Tacubaya.

Key words: Sustainability, Green Infraestructure,

Introducción

Los cambios y aumento de vulnerabilidad de las ciudades asociados a los procesos de expansión urbana requieren de análisis de información que aborden los desafíos urbanos propiciando la sostenibilidad y resiliencia. En el contexto urbano, siempre complejo y dinámico, el conocimiento de ambos conceptos es indispensable para comprender los cambios de las ciudades a través del tiempo, por un lado si se refiere a la sostenibilidad se habla de la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.¹ Por otra parte, la resiliencia se refiere a la capacidad de sobreponerse a momentos críticos y adaptarse luego de experimentar alguna situación inusual e inesperada². En tales términos, dentro del contexto de la Ciudad de México es necesario considerar un crecimiento urbano sostenible y resiliente sobre todo ante el aumento de población que la misma presenta y que ha evidenciado problemas como la escasez del recurso hídrico, aumento de inundaciones, así como contaminación de aire y suelo (Sánchez, 2012). Las problemáticas hídricas en la Ciudad de México han estado presentes desde el origen de la ciudad y se relacionan principalmente con su carácter lacustre, y debido a su impacto directo en la ciudad han sido abordadas por las políticas públicas e instrumentos de planeación, sobre todo a partir del presente siglo.

¹ <https://blog.oxfamintermon.org/definicion-de-sostenibilidad-sabes-que-es-y-sobre-que-trata/>

² (<https://resilience-inondations.net>),

Antes de profundizar en el tema de sostenibilidad y resiliencia en la Ciudad de México es necesario introducir el término Desarrollo Sostenible, el cual se introduce en 1987 en el informe titulado “Nuestro futuro común”, conocido también como “Informe Brundtland” (Brundtland, GH., 1987), y es definido como aquél que *“asegura satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”*. Por otra parte, aparece el término Ciudad Sostenible a principios del siglo XXI y se refiere a *“la conformación de sitios habitables, seguros, justos, de socialización, que permiten el desarrollo del ser humano sin comprometer el medio ambiente de las generaciones futuras.”* (Lezama et al., 2006). Ambos conceptos implican un cambio de actitudes, así como de valores sociales y culturales a partir de los cuales se pueda buscar la armonía del hombre con la naturaleza; son percepciones cuya idea central es mantener el uso y consumo de bienes para las necesidades humanas en el presente y futuro. Bajo el mismo contexto, al considerar a las ciudades como sostenibles, es necesario incorporar estrategias que refuercen su adaptación y resiliencia, es decir que permitan absorber perturbaciones en los entornos urbanos, reorganizarse, así como mantener sus principales funciones a lo largo del tiempo (Elmqvist et al., 2019). En teoría, una ciudad que implemente estrategias para mejorar su resiliencia, mantendrá su estructura a pesar de los riesgos y generará retroalimentaciones a múltiples escalas, así la solución o vulnerabilidad de un nivel (barrio, región) influirá de manera positiva o negativa en las zonas cercanas y en los sistemas relacionados a la misma (trayectorias sostenibles).

Desde la perspectiva de introducir nuevas estrategias de planeación, durante el presente siglo, en el sector gobierno de la Ciudad de México y principalmente en las secretarías relacionadas a la planeación urbana (SEDATU y SEDUVI), se han diseñado e implementado instrumentos de planeación específicos que integran los intereses públicos y privados para proponer proyectos y obras de infraestructura, equipamiento y espacio público. Uno de tales instrumentos son los Sistemas de Actuación por Cooperación, por sus siglas SAC, los cuales son un instrumento previsto en la Ley de Desarrollo Urbano regulado por la Secretaría de Desarrollo

Urbano y Vivienda de la CDMX (2019), la cual busca articular la acción de los sectores públicos, social y privado, para la realización de proyectos y obras específicas que generen beneficios directos al entorno urbano. (Artículo 114 y 117, del Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.) La articulación de instrumentos como el SAC Tacubaya (2019) con estrategias sostenibles y resilientes será fundamental para que las propuestas generadas por los mismos sean actuales y generen beneficios tanto en la escala territorial como en la escala socio-ambiental, la cual involucra las características sociales de quienes habitan un sitio así como las características ambientales como su clima, topografía, recursos hídrico, por mencionar algunos. La presente investigación se enfoca en uno de los SAC que se ha reactivado dentro de la Ciudad de México denominado como SAC Tacubaya, el cual incluye las colonias Tacubaya, Escandón, Observatorio y San Miguel Chapultepec I Sección dentro de la alcaldía Miguel Hidalgo, la zona se caracteriza por su potencial para la urbanización y por su conexión con uno de los pulmones de la Ciudad: el Bosque de Chapultepec.

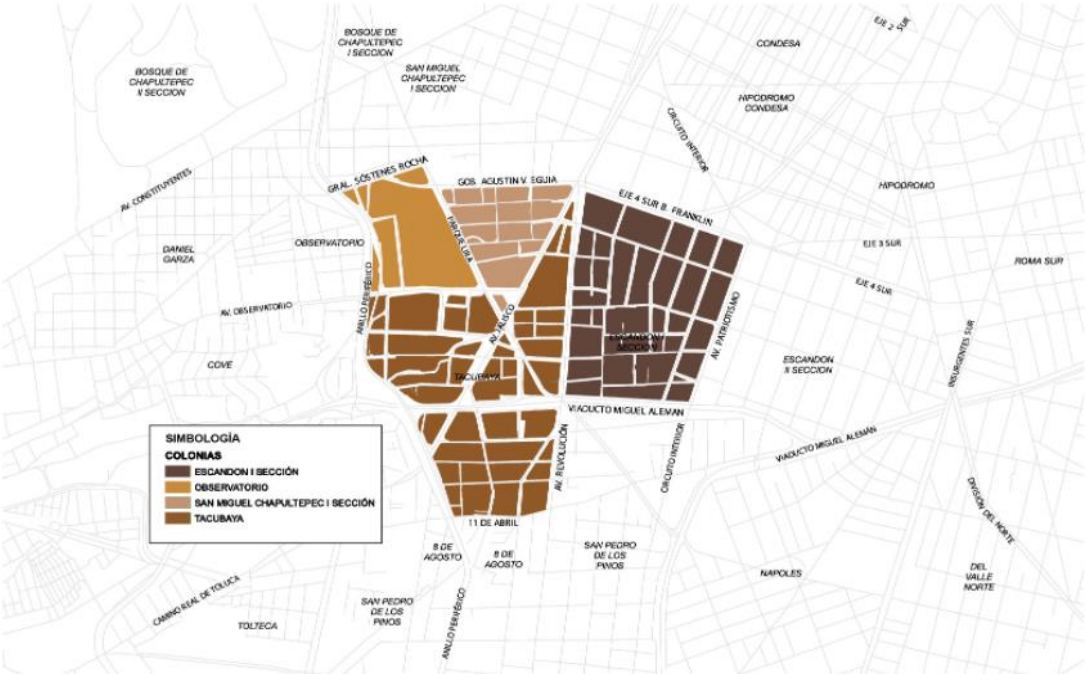


Figura 1. Polígono SAC Tacubaya

Cabe añadir que el SAC Tacubaya es particularmente importante para el manejo hídrico ya que es cercano a las escorrentías de la Sierra de las Cruces, donde su la altura, pendiente y clima permitieron el desarrollo de infraestructuras como pozos, fuentes, acueductos y molinos. (ORU, 2018). Como se menciona, la vocación hídrica del sitio se debe se debe principalmente a sus características topográficas así como a su suelo lacustre, el cual permitió la distribución hídrica así como el crecimiento urbano de la zona. Sin embargo, el mismo crecimiento acentuado desde el siglo XX generó problemáticas en el sitio como el deterioro y disminución de áreas verdes, la ocupación de las calles por el comercio informal, así como la falta de mantenimiento de algunas calles, andadores y parques. Tales características evidencian la necesidad y oportunidad de regenerar el espacio público de Tacubaya a través de la implementación de espacio público que pueda proveer de áreas de beneficio común, integración social y permitan la elevación del valor del suelo.

En este sentido, la Infraestructura Verde por sus sigas I.V. (definida como aquella que permite la conservación de la biodiversidad, adaptación al cambio climático, disminución de inundaciones, control de escorrentías y manejo de drenajes, aumento y mejoramiento de espacios verdes así como la creación de empleo y el aumento del valor económico de bienes inmuebles (SEDEMA, 2021)), es una estrategia que podría dar solución a las problemáticas ambientales y sociales anteriormente mencionadas y que es la parte central de la presente investigación.

Siendo la I.V. un tema recientemente aplicado en los contextos urbanos, el objetivo principal del presente documento es profundizar en las fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas que surgen en su implementación, específicamente en el polígono SAC Tacubaya. Dicho lo anterior, y al ser la I.V. proveedora de servicios culturales⁵, el análisis incorpora la descripción del contexto histórico del sitio desde su conformación como pueblo en 1519 hasta su

⁵ Por servicios culturales se entienden aquéllos que proporcionan belleza, inspiración y valores recreativos que contribuyen al bienestar espiritual (FAO, 2018) y por los de regulación se refieren a los que permiten la regulación del clima y las precipitaciones, el agua (inundaciones), residuos y propagación de enfermedades. (FAO, 2018).

inserción en la Delegación Miguel Hidalgo; por otra parte y por su importancia como proveedor de servicios ecosistémicos de regulación se describe el contexto específico de Tacubaya desglosando sus características biofísicas que permiten identificar las posibilidades que surgen en materia de regulación climática e hídrica. Por último, como resultado de la investigación se propone la implementación de I.V. sobre el eje Parque Lira, la propuesta da respuesta a las problemáticas hídricas y urbanas de la zona así como a las deficiencias de la planeación urbana tradicional orientada hacia la solución temporal de las problemáticas socio-ambientales. (Barton, 2006). Cabe mencionar que la investigación y los resultados propuestos en el presente se basan en el proyecto “*Distritos de renovación urbana a mediana escala como modelo de manejo hídrico sostenible en la Ciudad de México*” coordinado por el David Rockefeller Center for Latin American Studies, Mexico Innovation Fund Grants, Harvard Graduate School of Design y la Oficina de Resiliencia Urbana, teniendo como la finalidad impulsar en Tacubaya un manejo hídrico más sostenible que el de la infraestructura gris tradicional a partir de la implementación de I.V.⁶

- **Objetivos generales.**

Identificar fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas que surgen de la implementación de I.V. en Tacubaya

- **Objetivos particulares**

- a) Describir el contexto histórico de Tacubaya desde la época colonial hasta su incorporación a la colonia Miguel Hidalgo con el fin de conocer las características que con el tiempo caracterizaron a Tacubaya como un lugar propicio para el manejo de agua, lo cual se convierte en referencia para implementar I.V. en la zona.

⁶ Infraestructura gris (I.G.). También llamada infraestructura dura, es la alternativa que se emplea tradicionalmente alrededor del mundo. Consiste en sistemas de drenaje que tienen la única función de transportar el agua fuera de la ciudad lo antes posible. (IMPLAN, Hermosillo, 2017)

- b) Realizar un análisis FODA que permita describir las fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas que surgen del análisis histórico y biofísico, lo anterior permite generar fundamentos que justifican la aplicación de estrategias como la I.V..
- c) Identificar a los actores que intervienen en la toma de decisiones que permite la implementación de I.V. en Tacubaya.
- d) Una vez realizado el análisis histórico, biofísico y al identificar a los actores involucrados el propósito del presente documento es generar una propuesta de I.V. a lo largo del eje Parque Lira para visualizar su aplicación en la colonia Tacubaya.

- **Justificación**

Al considerar a la I.V. como una estrategia sostenible es necesario definir en un principio el concepto de Ciencias de la Sostenibilidad, el cual surge a principios del siglo XXI y aspira a vincular el conocimiento con acciones sociales que permitan el bienestar natural y social (Cash et al. 2003; Clark 2007; Jasanoff 1996), tal aspiración la convierten en una ciencia transdisciplinaria caracterizada por ser reflexiva y aplicable (Spangenberg et al., 2011). La cualidad reflexiva de las Ciencias de la Sostenibilidad le permiten cuestionar el contexto y aceptar la incertidumbre a partir de diferentes disciplinas y actores y al ser aplicable propone soluciones a problemas donde intervienen científicos, así como la propia comunidad. El presente documento profundiza la aplicación de la I.V. desde la perspectiva de las Ciencias de la Sostenibilidad siendo una estrategia que resuelve necesidades que surgen de las interacciones humano natural (problemas complejos), así como a problemáticas socioambientales. Entendiendo desde este marco a la I.V., su aplicación requiere del entendimiento de los actores involucrados, así como del establecimiento de metas y estrategias para la llevar la I.V. a la realidad, en este proceso se enriquece con las Ciencias de la

Sostenibilidad al proporcionar herramientas para permitir más y mejores decisiones y logrando que el conocimiento pase de la teoría a la acción. (Miller, 2012).

En resumen, la planeación de estrategias como la I.V. desde la perspectiva de las Ciencias de la Sostenibilidad permite transitar de una planeación funcional y sectorial con objetivos a corto plazo hacia una planeación multifuncional y versátil en donde se involucran distintos actores y disciplinas y se considera la complejidad del campo de acción. Por lo tanto, la estrategia se aborda desde la perspectiva interdisciplinaria propuesta por el marco teórico de Kates et al (2001) y Spangenberg et al, (2011), donde la integración de distintas disciplinas (en este caso el paisajismo, arquitectura y las ciencias sociales) permitirá obtener soluciones de mayor alcance y avanzar en el conocimiento de las Ciencias de las Sostenibilidad, así como en las capacidades técnicas e instrumentos que permiten hacerla realidad. Al dejar de considerar a la I.V. como parte de un sistema complejo como es la ciudad se debilita el conocimiento sobre el mismo, y las decisiones para su implementación serán sectoriales. Por ello no es casualidad que el marco de las Ciencias de la Sostenibilidad complemente y de fundamento a la aplicación de soluciones a problemas urbanos (problemas complejos) como lo es la I.V.

Capítulo 1. Marco Teórico



Figura 2. La ciudad de México, Fuente: (BBC News).

1.1 La ciudad como un sistema socioambiental.

Uno de los objetivos de las Ciencias de la Sostenibilidad es dar solución a problemas complejos en donde se vincule el conocimiento con acciones sociales que permitan el bienestar social y natural. En este contexto y en el caso de la implementación de estrategias para la solución de problemáticas urbanas es necesario entender a la ciudad no como un sistema aislado sino como un sistema complejo, es decir un sistema socio-ambiental que se estructura no sólo por elementos ambientales, sino que considera también sistemas sociales que interactúan en un espacio determinado. (Gómez et Cardenas, 2015). De ahí que surja la necesidad de considerar aspectos como la incertidumbre de las problemáticas, la variabilidad de su escala y la inserción de distintas disciplinas

para su solución (cualidad de las ciencias transdisciplinarias). Un ejemplo de sistema complejo que deberá involucrar los aspectos anteriores es la Ciudad de México, cuyo crecimiento transformó sus características ambientales originales, es decir su origen lacustre dando como resultado diferentes problemáticas socioambientales. Los estudios indican que desde 1980 hasta 2010, la población urbana de la Ciudad de México ha pasado de tener poco más de 14 millones de personas a más de 21 millones, lo que implica una tasa de crecimiento poblacional del 1.1. En paralelo, la tasa de crecimiento de la superficie urbana ha crecido a un ritmo tres veces superior (3.3%), pasando de una superficie de 61,820.37 hectáreas en 1980 a las 235,267.873 hectáreas que la Ciudad de México registra en 2017. Los datos anteriores permiten afirmar que la Ciudad de México sigue un patrón de crecimiento expansivo, este tipo de crecimiento implica un consumo ineficiente del suelo, genera estructuras urbanas discontinuas y con alto grado de fragmentación, es decir problemáticas socioambientales que deben ser comprendidas para ser solucionadas por programas públicos y privados. (ONU Habitat, 2018).

1.2. Problemáticas del crecimiento urbano en la Ciudad de México.

Como se ha mencionado, el crecimiento urbano impulsado por las transformaciones de la revolución industrial convirtió a las ciudades en un entramado de ríos entubados, lagos rellenados y pavimentos de grandes superficies reduciendo el espacio abierto y generando mayores costos en mantenimiento y planeación. (Gómez Mendoza, 2004). De esta manera, a pesar de que el crecimiento urbano trajo consigo desarrollo económico, a su vez dio como resultado la fragmentación del espacio público existente desde el aspecto físico y social, así como el aumento de demanda de recursos. En México, la gestión pública del medio ambiente se ha caracterizado por la generación de una estructura administrativa dividida en sectores con una organización jerárquica y desagregada en la atención de los problemas. Esta estructura no ha sido proclive para integrar a la sociedad en la toma de decisiones, como tampoco ha tenido la fuerza suficiente, dentro de las arenas de poder, para implementar programas

consistentes y de largo plazo que procuren el desarrollo sostenible (Sobrino, 2018). Desde la perspectiva sostenible propuesta por Sobrino, la mejora del espacio público requiere no sólo de planes sectoriales sino de que los mismos tengan continuidad y permitan la integración social para que el espacio público sea útil y benéfico desde sus diferentes escalas (geográficas y sociales); el espacio público así es un elemento estructurador que puede permitir conexiones sin ignorar las problemáticas inherentes al mismo, tales como contaminación, delincuencia y ocupación del mismo por el comercio informal.

A partir de la década de los 80, la Ciudad de México creció de manera acelerada y de manera expansiva comprometiendo su suelo y fragmentando a la ciudad. En la actualidad y de acuerdo a cifras del INEGI, del año 2010 al 2020 la tasa de crecimiento ha sido de 0.4 la cual refleja que el ritmo de crecimiento de la población capitalina ha ido descendiendo durante las últimas décadas, sin embargo, el crecimiento acelerado de los años anteriores favoreció el establecimiento de asentamientos humanos formales e informales sin tener los recursos necesarios para sostenerlos, provocando escasez hídrica. Por otra parte, hay que añadir que la renovación de los asentamientos existentes provocó la gentrificación del espacio ocasionando la desocupación forzada de los habitantes originales (Tabla 1.). En conjunto, se ocasionó la fragmentación no sólo espacial sino social de la ciudad, es decir que aquéllos que la habitaban y que no pudieron pagar sus servicios buscaron espacios económicamente accesibles. Habrá que añadir que en términos ambientales el antiguo lago y sus ecosistemas aledaños ahora se han convertido en redes de calles y edificios que han generado contaminación y desgaste de sus suelos. Ante tales problemáticas el reto consiste en encaminar el crecimiento hacia trayectorias sostenibles al mismo tiempo que incorporen nuevas estrategias y busquen integrar lo fragmentado generando así una Ciudad Sostenible.

Tabla 1. Problemáticas sociales y ambientales causadas por el crecimiento urbano en la ZMCM

1. Ocupación de las tierras agrícolas por asentamientos humanos, generalmente viviendas para personas de bajos ingresos, acentuando problemas como segregación social y espacial. (Aguilar & Guerrero, 2013; Aguilar & Santos, 2011)
2. Ocupación de ejidos por asentamientos formales aumentando la demanda de servicios como el agua y la electricidad. (Aguilar & Guerrero, 2013; Aguilar & Lopez, 2015).
3. Mayor extracción de los mantos acuíferos ante la demanda del recurso hídrico, ocasionado escasez y subsidencias. En este sentido se considera que el suelo en la Ciudad de México se está hundiendo a un ritmo de casi 50 centímetros (20 pulgadas) por año, y no se detendrá en el corto plazo, ni se recuperará. (Martínez et al, 2015)
4. Tendencia a la gentrificación de los centros urbanos ocasionando que el mismo sea desocupado por sus habitantes originales (Salinas, 2015).
5. Disminución de servicios ecosistémicos en la ciudad deteriorando el espacio público y ocasionando problemas en materia de salud pública. (Avedaño et al, 2019).

En síntesis, el crecimiento urbano que presenta la ciudad de México desde el siglo pasado ha incrementado las problemáticas socioambientales en la zona, así como las demandas de sus habitantes, ignorar tales problemáticas no aminora los efectos que se generan en la zona por lo que es necesario tomar acción al respecto. Aunque el presente documento se enfoca sólo en solucionar los problemas a partir de I.V. mejorando la calidad del espacio público, existen diversos programas que poco a poco se han insertado en las políticas públicas de la ciudad para atender los problemas de una ciudad tan compleja como lo es la Ciudad de México. Entre ellos cabe mencionar el programa Altépec Bienestar el cual está enfocado en conservar, mejorar, proteger y salvaguardar los servicios ecosistémicos de la Ciudad; el programa Cosecha de Lluvia, cuyo objetivo estratégico es construir nuevas pautas y políticas de manejo del agua que lleven a la estabilización de los acuíferos y el manejo sustentable integral de las cuencas que abastecen a la Ciudad de México garantizando el derecho al agua y a la sanidad de toda la población y el llamado Reto Verde, el cual tiene como objetivo principal incrementar y mejorar la vegetación en las zonas urbanas y rurales. Dentro del Reto Verde puede insertarse la implementación de I.V. generando múltiples beneficios como el aumento de la captura de carbono, la mejora de la calidad del aire, la mitigación del efecto isla del calor y la creación de hábitats adicionales para la vida silvestre y espacios recreativos. Cabe añadir que la creación de los programas para mejorar las problemáticas de la Ciudad de México refleja el interés público de responder a las mismas involucrando a la sociedad civil en beneficio de una ciudad más sostenible, resiliente y con una planeación más dinámica. El siguiente apartado profundiza sobre la problemática de los servicios ecosistémicos en la Ciudad de México con el fin de introducir el término I.V. para su solución.

1.3 La disminución de servicios ecosistémicos y el caso de la Ciudad de México.

Actualmente la Ciudad de México cuenta con una superficie aproximada de 30 mil hectáreas de ecosistemas naturales que brindan servicios ambientales a los

9,209,944 habitantes. (SEDEMA, 2020). De la misma superficie, en tan sólo 8 años se han perdido 18.7 kilómetros cuadrados de áreas verdes, de los cuales el 63.1% se han convertido en suelo habitacional. Ante tal panorama el reto es intentar proteger y preservar los ecosistemas naturales frente al crecimiento urbano permitiendo conservar sus beneficios como lo es la captura de carbono, la captación y filtración de agua, así como la asimilación de diversos contaminantes. Cabe mencionar que al referirse a ecosistemas naturales se incluyen las áreas verdes dentro de la mancha urbana, las cuales se consideran como superficie permeable que permite la recarga del acuífero y cuya mejora se refleja en una mayor cohesión del espacio público y disminución de problemáticas sociales. La protección y preservación de los ecosistemas naturales y en específico de las áreas verdes de la ciudad permite recuperar los servicios ecosistémicos perdidos (captura de carbono, captación y filtración de agua) así como guiar el desarrollo de la ciudad hacia trayectorias más sostenibles.

Para conocer de manera más detallada la problemática, existen indicadores que describen el aumento y disminución de áreas verdes entre los años 2000 y 2008. Los datos indican que dentro la Ciudad de México se han implementado programas para aumentar el porcentaje de áreas verdes en alcaldías como la Miguel Hidalgo, la cual aumentó su porcentaje en un 6.9 %, la alcaldía Magdalena Contreras en un 4.8%, la Benito Juárez aumentó en un 3.6%, la Cuauhtémoc en un 3% y finalmente la Iztacalco con un 0.6%. A su vez, en el mismo contexto existen las alcaldías donde el porcentaje de área verde disminuyó en beneficio del crecimiento urbano entre 2000 y 2008, entre las que destacan tres delegaciones: Cuajimalpa de Morelos, donde se cedió el 17% de áreas verdes al uso urbano, Coyoacán con un decrecimiento del 13.4% y finalmente la que cedió en menor proporción fue la alcaldía Álvaro Obregón con 12.5% de pérdida. Sumado a lo anterior existen otras problemáticas que han afectado a la ciudad como la construcción de proyectos viales, por ejemplo el puente vehicular ubicado en Periférico sur y Canal Nacional, el cual alterará de manera directa al humedal de Xochimilco considerado como Área Natural Protegida y que proporciona diversos servicios ecosistémicos a la ciudad (captación de agua, así como la regulación de

la temperatura ambiental). (Fuente: <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/10/01/la-ciudad-de-mexico-perdio-187-kilometros-de-areas-verdes-en-ocho-anos/>). Los datos anteriores demuestran que existe un incremento de problemáticas dentro de la Ciudad de México provocadas principalmente por la sustitución de bosques y áreas verdes por zonas urbanas y por infraestructuras grises, ante este panorama resulta imprescindible construir una conciencia ambiental en la ciudad que involucre a las instituciones gubernamentales y se vea reflejado en las políticas públicas, así como en estrategias que ayuden a minimizar los problemas en beneficio de los ciudadanos.

En resumen, siendo productos sociales las ciudades latinoamericanas presentan problemáticas como urbanización extensiva y abandono de sus espacios públicos, las cuales ocasionaron sobre todo durante los últimos siglos (siglo XX y XXI) pobreza y marginación social así como la alteración de los servicios ecosistémicos siendo uno de los más críticos la escasez hídrica y la pérdida de la biodiversidad. Uno de los puntos principales de la presente investigación es la recuperación de los servicios ecosistémicos, término desarrollado en la Metodología de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, la cual se enfoca en los vínculos existentes entre los mismos y el bienestar humano así como en la influencia de los agentes de cambio directos e indirectos. (Ash et al. 2010). En el caso de la Ciudad de México, los cambios directos están relacionados a su densificación, es decir su aumento poblacional; por otro lado los cambios indirectos se refieren a los cambios de uso de suelo, cambios climáticos, aumento de subsidencias por mencionar algunos.

Considerando el tema hídrico en la Ciudad de México, existen problemáticas que comprometen su sostenibilidad: la sobreexplotación del acuífero debida por agentes de cambio directos como lo es la densificación y el deficiente sistema de drenaje sobresaturado por las intensas lluvias que ocasionan inundaciones debidas a los cambios climáticos (cambios indirectos). Hablando sobre la escasez hídrica y la consecuente explotación del acuífero, cabe mencionar que más del 70 % del suministro de agua proviene del Acuífero de la Ciudad de México, y es

bombreada en un tasa de 45 a 54 m³/s cuando la recarga natural es sólo de 20 m³/s. En este sentido, tanto la escasez hídrica como las deficiencias del sistema hídrico requieren de soluciones necesarias para el bienestar social y ambiental de la ciudad, por lo que existen instrumentos de planeación urbana que permiten la reconstrucción de la ciudad, entendida como aquella que concentra la diversidad y es multifuncional, es decir un “producto social” en proceso de cambio constante que tiene historia (Carrión M, 2019); tales instrumentos incluyen la mejora y reconstrucción de los espacios verdes y azules que coexisten en la misma a través de modelos sostenibles ya sea superficiales o profundos (infraestructura verde o drenaje sostenible). Los anteriormente mencionados, son espacios capaces de regular temperaturas, permiten la recuperación del suelo urbano, proveen de recurso hídrico y recuerdan las estructuras que alguna vez lo formaron.

Por otra parte ORU et al, 2020, mencionan que la implementación de instrumentos de planeación sostenible a escala media pueden permitir una solución más efectiva de las problemáticas hídricas que las que podría resolver una estrategia aislada (ORU, 2020) y de mejor gestión que la de una estrategia de mayor escala (es decir escala metropolitana). Las estrategias a media escala incluyen a la infraestructura verde la cual permite retener, almacenar y recolectar agua (ORU,2022), la cual pueden ser incluida en distritos, donde la colaboración cívica, las decisiones tanto privadas y públicas permiten la reconstrucción del espacio que llamamos ciudad; por lo tanto a partir de la creación de distritos hídricos se abre la oportunidad a resolver las problemáticas ocasionadas por los agentes de cambio propios del espacio que el ciudadano habita para permitir el bienestar humano.

1.4 Introducción del término Infraestructura Verde.

Siendo cada vez más evidente la crisis ambiental y energética global de la segunda mitad del siglo XX, se produjeron sucesos históricos relacionados a la creciente necesidad de aumentar las áreas verdes en las ciudades y ante la conciencia de los servicios ecosistémicos que proporcionan. Entre los sucesos más importantes destacan los siguientes: en 1856 Frederick Law Olmsted crea enormes parques en ciudades norteamericanas, en 1958 Philip Lewis identifica el concepto de “corredores ecológicos”, en 1970 se reconoce la crisis ecológica y energética global y en el año 2006 se introduce el término I.V. por Benedict y MacMahon. Por otra parte, la introducción del término I.V. en la planeación se ve reflejada a partir de 2015 cuando comienza a aparecer en políticas públicas en México hasta que en el año 2018 se publica por Quiroz, la Hoja de Ruta de la mitigación y adaptación al Cambio Climático en Ciudades Mexicanas, la cual define la vía para implementar I.V. en México. (Tabla 2.). Lo anterior demuestra que la conciencia sobre la crisis ambiental en las ciudades se ha encaminado a la búsqueda, creación y materialización de estrategias que permiten un desarrollo sostenible, donde la I.V. surge como una oportunidad para incrementar áreas verdes, así como servicios ecosistémicos que cada vez aparece más en las políticas públicas y programas de planeación de las ciudades mexicanas.

Tabla 2. Sucesos históricos relacionados a la introducción del término infraestructura verde.

| | |
|-------------|--|
| 1857 | Frederick Law Olmsted crea enormes parques en centros urbanos de ciudades norteamericanas. |
|-------------|--|

| | |
|-------------|---|
| 1958 | Philip Lewis identifica el concepto de “corredores ecológicos” tras haber reconocido que las áreas verdes urbanas tendrían que estar conectadas entre sí para potenciar los servicios públicos que eran capaces de suministrar. |
| 1970 | Crisis ecológica y energética global |
| 1999 | El Servicio Forestal de USA institucionaliza el término I.V. con la idea de crear una red interconectada de espacios naturales |
| 2006 | <p>Introducción del término Benedict y MacMahon, 2006:</p> <p>“la infraestructura verde es aquella compuesta por una red interconectada de áreas naturales y otros espacios abiertos que conserva valores y funciones ecosistémicas naturales, sustenta agua y aire limpios, y provee una amplia gama de beneficios para las personas y la vida silvestre.”</p> |
| 2015 | Se menciona el concepto de I.V. en el documento de Lineamientos Hacia la Sustentabilidad Urbana de SEMARNAT, introduciendo este nuevo enfoque como parte de las políticas públicas nacionales. |

| | |
|--------------------------|---|
| Fecha desconocida | Elaboración y publicación del Mexicanos Fronterizos, elaborado por el IMPLAN de Hermosillo con el apoyo del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) |
| 2018 | Publicación de la Hoja de Ruta de la mitigación y adaptación al Cambio Climático en Ciudades Mexicanas, Quiroz et al. 2018 Norma Técnica que establece las características y requerimientos para la infraestructura verde en el municipio de Hermosillo. |
| 2019 | Diego Magaña Rodríguez propone la elaboración de la Guía temática de Infraestructura Verde para ciudades mexicanas. |

Bajo la perspectiva de Benedict y MacMahon, el término I.V. se define como: “aquella compuesta por una red interconectada de áreas naturales y otros espacios abiertos que conserva valores y funciones ecosistémicas naturales, sustenta agua y aire limpios, y provee una amplia gama de beneficios para las personas y la vida silvestre.” Dentro del concepto de I.V., existen cuatro términos generales que deben considerarse: el primero se refiere a la creación de **redes de espacios verdes y azules**, que incluyen áreas verdes no sólo como un elemento de paisaje sino como proveedoras de servicios ecosistémicos; el segundo considera la I.V. como un elemento **multifuncional**, es decir que además de proporcionar espacios de recreación, permite la integración de funciones estructurales de la ciudad; el tercero se refiere a que formará espacios **diversos**, ya sea naturales o creados por el hombre y por último la I.V. se desarrolla en un contexto **multi escalar**, es decir que puede abarcar desde un barrio, una ciudad o una zona territorial más amplia.(GIZ, Quiroz et al, 2018). Dentro de estos

conceptos cabe señalar el primer término que denota la relevancia de la I.V. al generar servicios ecosistémicos, entendidos como los servicios que son generados por la naturaleza o por los procesos ecológicos y que se clasifican en cuatro principales: **servicios de abastecimiento** definidos como los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas como agua, alimentos, medicinas y materias primas; **servicios de regulación** los cuales son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos, por ejemplo, la regulación de la calidad del aire y la fertilidad de los suelos; **servicios de apoyo** entendidos como los necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, por ejemplo, ofreciendo espacios en los que viven las plantas y los animales, permitiendo la diversidad de especies y manteniendo la diversidad genética y por último los **servicios culturales** los cuales son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas. En resumen, al implementar I.V. se garantiza la prestación de servicios ecosistémicos esenciales, necesarios para respaldar y mantener las funciones de los ecosistemas y proteger la biodiversidad, tales características son vitales para que los espacios de las ciudades funcionen de manera sostenible, así como se aseguren los beneficios que alguna vez la naturaleza proporcionó y que ahora la I.V. puede generar por sí misma. Dentro de la Ciudad de México son pocos los ejemplos que materializan la implementación de I.V., generalmente se tratan de jardines pluviales y plazas de agua ubicadas en distintos parques de la ciudad y a pesar de ser pocos, su reciente construcción refleja la permeabilidad de la estrategia en la Ciudad. En vista de lo anterior, el siguiente apartado resume los antecedentes de Tacubaya para encontrar en la historia los elementos que justifican la implementación de estrategias como la I.V. dentro de sus límites.

Capítulo 2. Antecedentes de Tacubaya como zona de estudio.

3.1 Tacubaya y su pasado hídrico.

Desde su origen, Tacubaya (Figura 2) ha sido una colonia privilegiada por su ubicación: era un lugar seguro cercano a fuentes de agua potable y a su vez era considerado uno de los asentamientos de mayor antigüedad de la Ciudad de México. La colonia se ubica al poniente del Valle, en la zona de transición entre las barrancas y el lago extinto, ubicación que favoreció, desde el siglo XV hasta la época colonial, la construcción de infraestructuras que aprovecharon el agua para el cultivo y consumo humano (Figura 2). En la alcaldía destacan el acueducto de Chapultepec y el de Santa Fe, los cuales canalizaron el agua desde los ríos y manantiales hacia los principales asentamientos (Figura 3). Cercanos a los acueductos se construyeron los molinos que utilizaban el agua de las escorrentías en la molienda de trigo, y contiguos a ellos pronto se establecieron las iglesias, casas veraniegas y haciendas. (Miranda, 2014). A partir de finales del siglo XIX, el crecimiento urbano sustituyó a las casas veraniegas, así como a los acueductos y molinos por nuevas viviendas, comercios y nuevas vialidades.

El crecimiento urbano continuó a lo largo del siglo XX convirtiendo a Tacubaya en un núcleo urbano comercial y económico, sin embargo, el mismo crecimiento dio lugar a una concentración de población, demanda de transporte y como consecuencia comprometió el abastecimiento de recursos como agua y suelo. En los apartados siguientes se resumen los cambios socio-territoriales de Tacubaya desde la época colonial hasta el siglo XX con el fin de ubicarla temporalmente, definir las relaciones causa-efecto de su proceso de crecimiento y proponer soluciones a partir de estrategias actuales que permitan conducir el crecimiento de Tacubaya hacia trayectorias sostenibles.

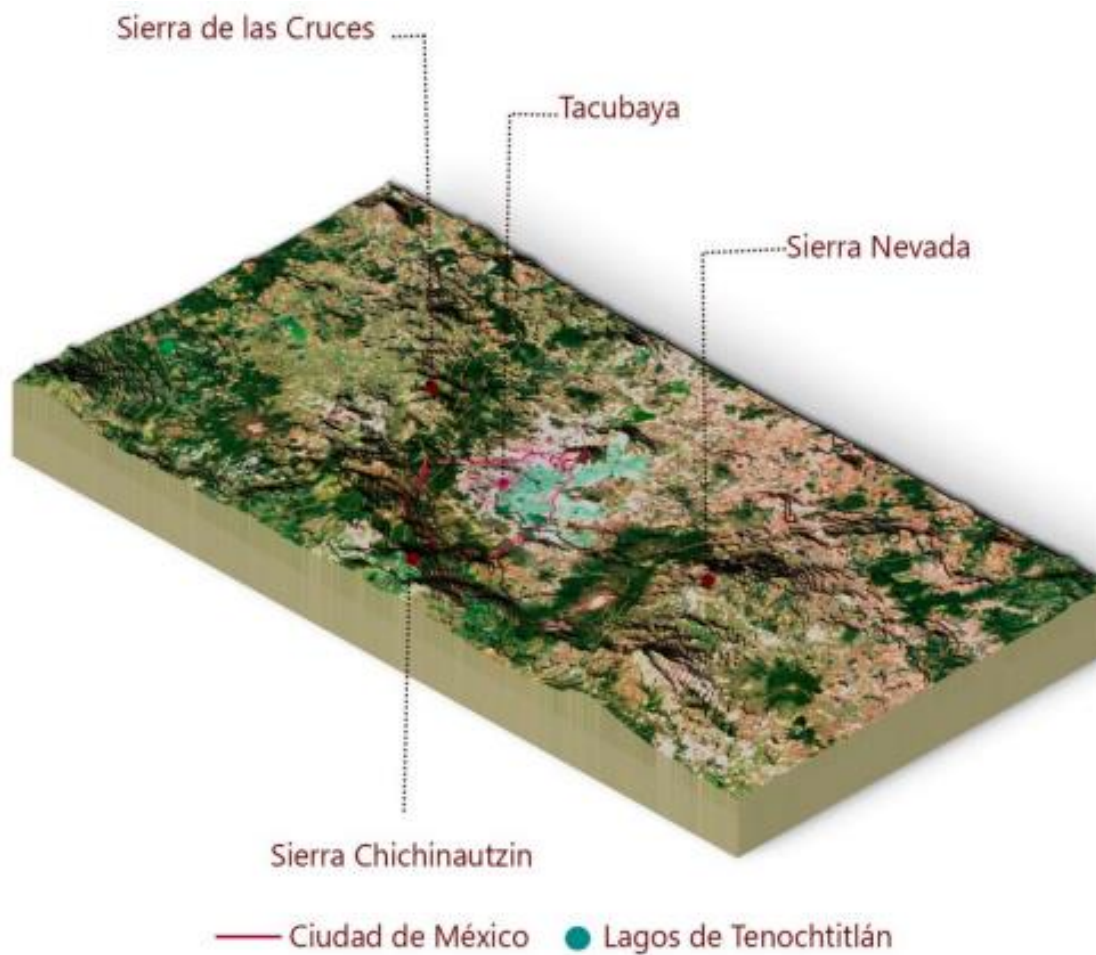


Figura 3. Ciudad de México y Tacubaya. Elaboración propia. Tacubaya se ubica al poniente de la Ciudad de México, cercana a la Sierra de las Cruces, ubicación propicia para el manejo hídrico sostenible.

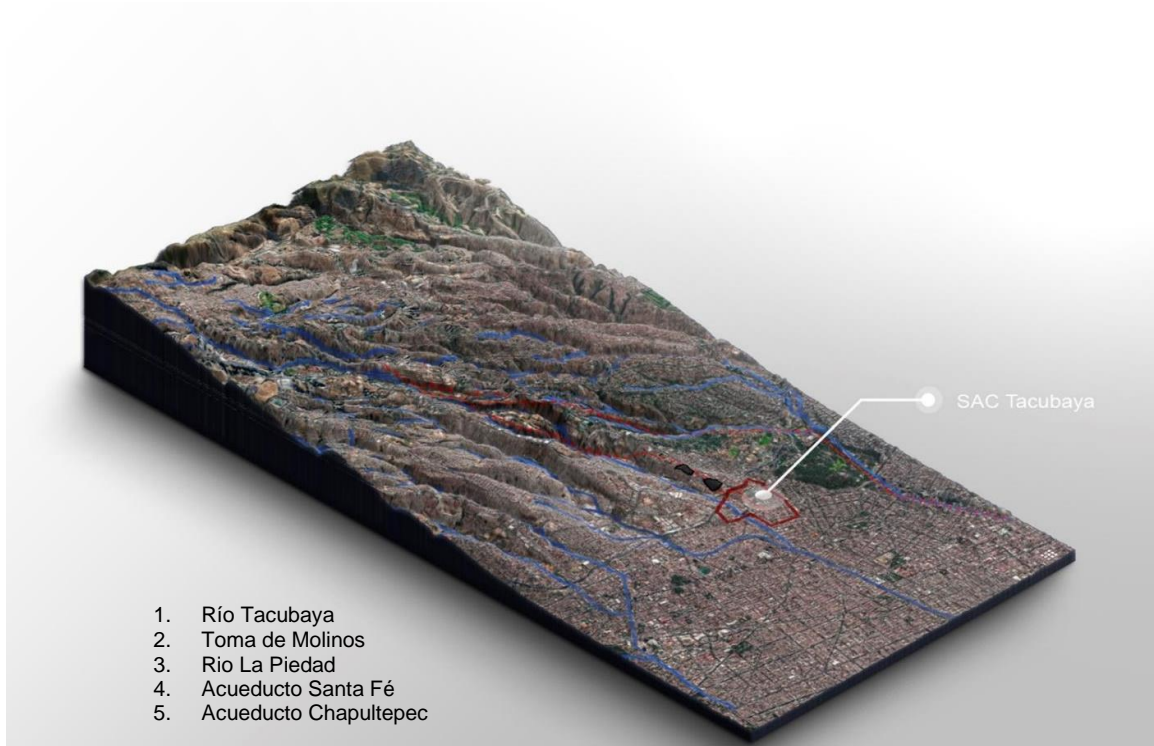


Figura 4. Ubicación de Tacubaya, de las principales escorrentías de la zona y algunas de las infraestructuras hídricas de la época colonial. Elaboración propia

3.2 Territorio y población en Tacubaya: dinámicas sociales: de la colonia a la revolución.

En 1519, la colonia Tacubaya estaba formada por pueblos dispersos en los lomeríos como en las orillas; eran pueblos sujetos a Coyacacán a quien se daba tributo en trigo, gallina, yerba y leña. En 1792 se distinguían quince poblaciones de 829 habitantes concentrados en la zona de los molinos y fue hasta las primeras décadas del siglo XIX cuando llegan los nuevos residentes a Tacubaya quienes adquieren las tierras de la población indígena instaurando el régimen de la propiedad privada; de 1830 a 1870 se construyen casas de campo para hombres de negocios, políticos y empleados y Tacubaya comienza a ganar fama como

suburbio de recreo y esparcimiento veraniego. Es desde entonces y hasta el siglo XX cuando la colonia se comienza a considerar como un lugar de refugio del bullicio del Distrito Federal concentrando el 11.4% del aumento poblacional que registró la Ciudad de México entre 1882 y 1910. Durante esta época, las dinámicas de poblamiento y urbanización fueron favorables para Tacubaya compitiendo durante el siglo XIX como núcleo urbano con la Ciudad de México. (Miranda Pacheco,2014).

2.3 Las infraestructuras hídricas en el paisaje urbano de Tacubaya

- Los acueductos

A medida que la capital crecía, la misma se enfrentaba a retos de suministro de agua y constantes precipitaciones. Como ejemplo, entre 1555 y 1607 las inundaciones llevaron a la construcción de nuevos diques y canales en los lagos del sur y del norte, evitando el flujo de agua hacia el Lago de Texcoco. En la misma época, los problemas de suministro de agua fueron temporalmente resueltos al reconstruir el Acueducto de Chapultepec (Figura 5) que fuera destruido durante la época de conquista, así, el paisaje en la Ciudad de México del siglo XVIII se configuró por calzadas que dividían a la población y sobre las cuales atravesaban los canales y acueductos que distribuían el agua en las fuentes, molinos y cajas de agua. Cercanos a Tacubaya, al poniente de la Ciudad se encuentran el acueducto de Chapultepec y el acueducto de Santa Fe (Figura 4), ambos utilizados para conducir agua de los manantiales desde la época colonial. (Maldonado, 2005). Debido a los sismos ocurridos en la capital los acueductos fueron constantemente reparados y ante el crecimiento demográfico su suministro resultó insuficiente por lo que fueron sustituidos por las obras de infraestructura gris impulsadas en la época porfiriana.

- Los molinos

Además de los acueductos, los molinos conformaron el paisaje de Tacubaya en la época colonial, este tipo de estructura utilizaba el agua que llegaba a la región procedente del río Tacubaya (que nacía en la Sierra de las Cruces) para moler

harina. Entre los molinos más conocidos se encontraban: el Molino de Belén de las Flores, el Molino de Valdés, el Molino de Santo Domingo y el Molino del Rey (Figura 6), ubicados entre un camino de agua —el del río Tacubaya— y otro de



tierra, mejor conocido como el camino a los molinos (hoy avenida Observatorio y Constituyentes).

Figura 5. Trayectorias del Acueducto de Chapultepec y el Acueducto de Santa Fe. Se indica en amarillo la ubicación de la garita de Belem, la cual daba paso a las semillas y productos del valle de Toluca y las harinas de los molinos. Fuente: Bustamante et al, 1999.



Figura 6. Acueducto de Chapultepec. Archivo Casasola, ca. 1952. Instituto Nacional de Antropología e Historia Sistema Nacional de Fototecas.



Figura 7. Acueducto de Santa Fe en Molino del Rey; actualmente existen restos en Fuente de Nezahualcóyotl. Charles B. Waite, ca 1905, “ The Molino del Rey near Chapultepec, México”, Ciudad de México, Fototeca de la CNMH, INAH.

- Los cambios del porfiriato (1876-1911) y la postrevolución.

Durante el porfiriato se presenta una mayor urbanización, concentración de poder y flujo de inversiones modificando el régimen de propiedad de la tierra; es cuando además de nuevos asentamientos se introducen servicios públicos como agua, drenaje, alumbrado y pavimentación. El 11 de abril de 1863 Tacubaya adquiere rango de ciudad y se integra a la dinámica metropolitana de la Ciudad de México. En 1928 en lugar de barrios Tacubaya contaba con colonias, en lugar de agricultura se encontraba el comercio y las fábricas y ante el aumento de las actividades comerciales se favorecía la creación del sistema ferroviario. Así, en 1898 se introduce el tranvía eléctrico y el alumbrado de las principales calles de Tacubaya (Pacheco,2014). En este escenario Tacubaya se convierte en una zona importante del crecimiento económico e intercambio comercial dentro de la Ciudad de México.

- Siglo XX: Obras de Comunicación y Saneamiento

Durante este siglo, a pesar de mejorar las condiciones higiénicas de Tacubaya, se requería aún de distribución de agua potable, saneamiento, drenaje y canalización, servicio de aseo además de arboledas, jardines, plazas, hospitales, departamentos de desinfección y baños públicos. Entre 1897 y 1900 se construyen y concluyen las obras del desagüe del Valle de México y siete años más tarde se inician las obras de saneamiento de Tacubaya, mismas que no redujeron la contaminación del Río Tacubaya. Entre 1930 y 1950 se produce la expansión de la ciudad, en donde se implementaron proyectos de vivienda, nuevos parques, avenidas y suburbios, así como se crea el primer plan de Desarrollo Urbano, por el cual se mejoró el sistema de suministro y drenaje. A pesar de tales obras, las medidas no fueron suficientes para frenar las inundaciones y los problemas urbanos de la ciudad en crecimiento.

Tabla 4. Línea del tiempo: Asentamientos y manejo hídrico en Tacubaya. Fuente ORU,2018

| | |
|------------------|--|
| 1276-1300 | Primer asentamiento mexicana en Tierras de Tacubaya. Cerca del manantial de Becerra. Población sujeta a Coyoacán. |
| 1600 | Se designa a Tacubaya como Villa |
| 1820 | Sismos derrumban varios acueductos |
| 1825 | Ante amenaza de inundaciones, se hizo la derivación del río Tacubaya unido al de Xola, para desembocar en el Canal Nacional. A este nuevo corte se llamó río de la Piedad. |
| 1836 | Tacubaya adquiere rango de ciudad. |
| 1880-1890 | Construcción de colonias alrededor de Tacubaya |
| 1898 | Se crea Dirección de Aguas Públicas y Obras Públicas de Tacubaya. Instalación de alumbrado eléctrico y tranvía. |
| 1907 | Obras de saneamiento en Tacubaya |
| 1920 | Construcción de colonias para obreros en Tacubaya. |

| | |
|-------------|--|
| | |
| 1942 | El Departamento del Distrito Federal entubó el Río Consulado, además se desarrollaron obras para controlar los ríos Mixcoac, Becerra y Tacubaya, cuyas aguas se encausaron al río Hondo. |
| 1951 | Inauguración del Sistema Lerma. |
| 1967 | Construcción del Drenaje Profundo. |
| 1970 | Instauración política de la Delegación Miguel Hidalgo |

3.4 Causas y efectos de la urbanización en Tacubaya.

A lo largo del siglo XIX, ante los cambios sociopolíticos y las tres primeras décadas del siglo XX, Tacubaya registró cambios en la morfología y estructura de sus asentamientos humanos, específicamente entre los años 1839-1840 (Miranda Pacheco, 2007). Asociados a los mismos, el crecimiento urbano en Tacubaya transformó las relaciones ciudad-ambiente dando lugar a la segmentación de las tierras, en su mayoría campestres, que la habían caracterizado como un suburbio veraniego: las casas de verano, con mayor superficie permeable, fueron sustituidas por colonias definiéndose nuevos usos de suelo que si bien han permitido el crecimiento urbano- económico han dado lugar a consecuencias poco favorables en materia hídrica y calidad ambiental. La urbanización se convirtió entonces en un proceso complejo que disminuyó los servicios ecosistémicos de la

zona teniendo como causa el incremento poblacional, la extensión de la mancha urbana y los cambios en la tenencia de la tierra (Figura 7.). La disminución de los servicios ecosistémicos hace necesario proponer estrategias de planeación que garanticen su provisión y de esta manera puedan disminuirse los efectos negativos de la urbanización. En este sentido la implementación de estrategias como la I.V. en una zona con la carga histórica e hídrica como es Tacubaya es la oportunidad de mitigar y adaptarse a los efectos del crecimiento urbano a la vez que se fortalecen las relaciones socio-ecológicas.

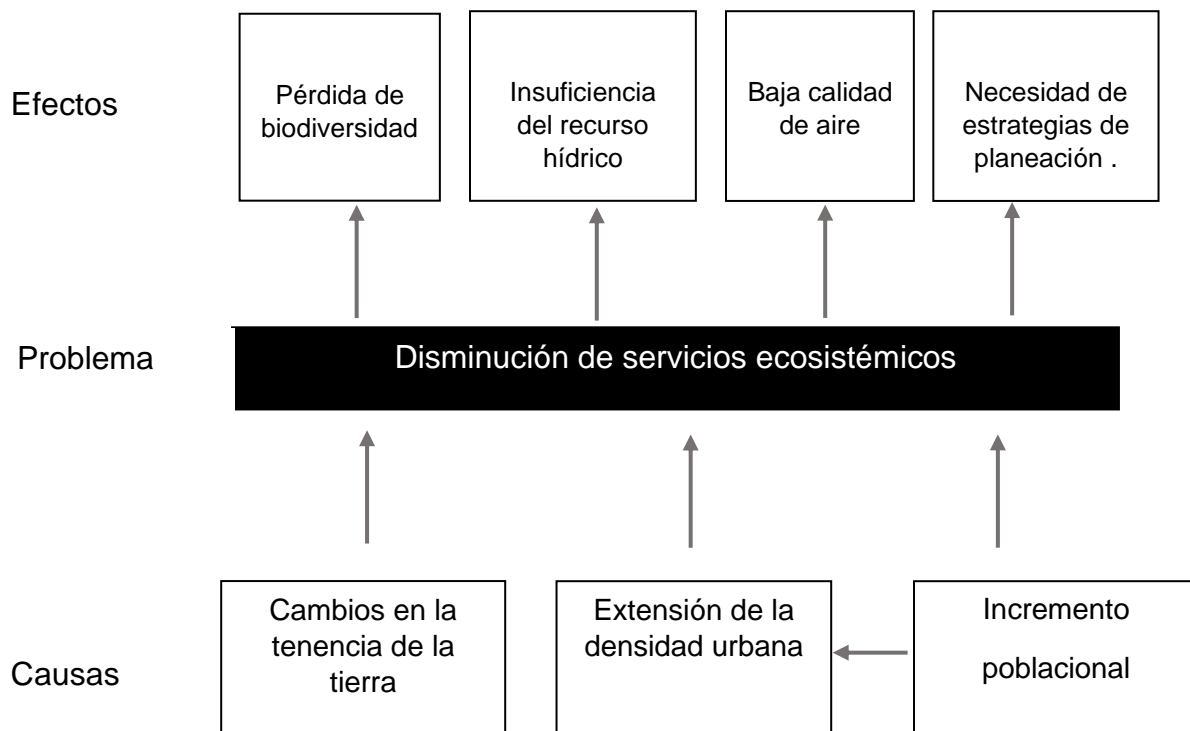


Figura 8. Disminución de servicios ecosistémicos: Causas y problemas. Elaboración propia.

Capítulo 3. Metodología para la definición de fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas en la implementación de I.V. en Tacubaya.

La metodología utilizada en el presente documento hace referencia a los pasos y principios propuestos por el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos con el fin de analizar las fortalezas, obstáculos, amenazas y oportunidades que surgen de la implementación de I.V. en el contexto específico de Tacubaya (Peñúñuri, M. G. et al., 2019). La metodología propuesta se divide en 4 secciones: la primera corresponde a la definición de características específicas al seleccionar un sitio de estudio dentro de Tacubaya, tales características corresponden a la topografía, las escorrentías, los encharcamientos y subsidencias, la climatología, los indicadores geomorfológicos, la infraestructura vial, las áreas verdes, el equipamiento y las características sociodemográficas. Una vez definidas tales características en la segunda sección y como parte de los resultados se analizaron las fortalezas, obstáculos, amenazas y oportunidades que surgen ante la posibilidad de implementar I.V. en Tacubaya. Dentro del análisis FODA se incluye un mapeo de actores que intervienen en la implementación con el fin de guiar la toma de decisiones relacionada a la implementación de I.V. en Tacubaya. En la tercera parte de la metodología se seleccionaron las técnicas más adecuadas dentro de la I.V. para proponer una intervención en el sitio con una paleta vegetal específica y finalmente se presentan las conclusiones que surgen del análisis de cada uno de los pasos anteriores. (Figura 8.). Si bien la metodología se basa en la propuesta de Peñúñuri, la misma se enriquece de una propuesta de I.V. en la colonia Tacubaya con el fin de materializar la misma y proponer un escenario.

Tomando en cuenta lo anterior se consideró como escala de aplicación de análisis el polígono SAC Tacubaya¹¹ (Sistema de Actuación por Cooperación) (Figura 9.),

¹¹ Son un instrumento previsto por la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el cual busca realizar proyectos y obras específicos de infraestructura, equipamiento y espacio público, que generen beneficios directos a las personas y entorno urbano de zonas específicas. (Seduvi,2016)

el cual concentra gran parte de equipamiento urbano y servicios, rutas de transporte público, así como una red de carreteras que atraen gran cantidad de viajes diarios dentro de la ciudad y su área metropolitana. (SEDUVI,2018). El SAC Tacubaya incluye una superficie de 141.2 hectáreas, superficie que abarca colonias de la Alcaldía Miguel Hidalgo (Tacubaya, Escandón, Observatorio y San Miguel Chapultepec I Sección) y al ser considerado como SAC, en él se prioriza la implementación de políticas de sustentabilidad con un enfoque integral que permitan restablecer el tejido social y el urbano-espacial, así como recuperar y renovar la zona con inversión pública y privada (SEDUVI,2018). El análisis propuesto incluye el SAC Tacubaya, ya que es instrumento previsto desde la Ley de Desarrollo Urbano que permite realizar proyectos y obras específicas que generan beneficios directos al entorno urbano. A su vez, aprovechar la existencia del SAC Tacubaya implica la creación de nuevos ambientes urbanos a partir de la integración de diferentes modos de transporte, mezcla de usos de suelo, diversificación y regeneración de espacios públicos promoviendo la interacción social, la equidad, la inclusión y la accesibilidad universal. Dentro de estas premisas, la implementación de I.V. en Tacubaya es un área de oportunidad para estructurar el espacio público de manera sostenible y generar soluciones integrales (SEDUVI,2018).

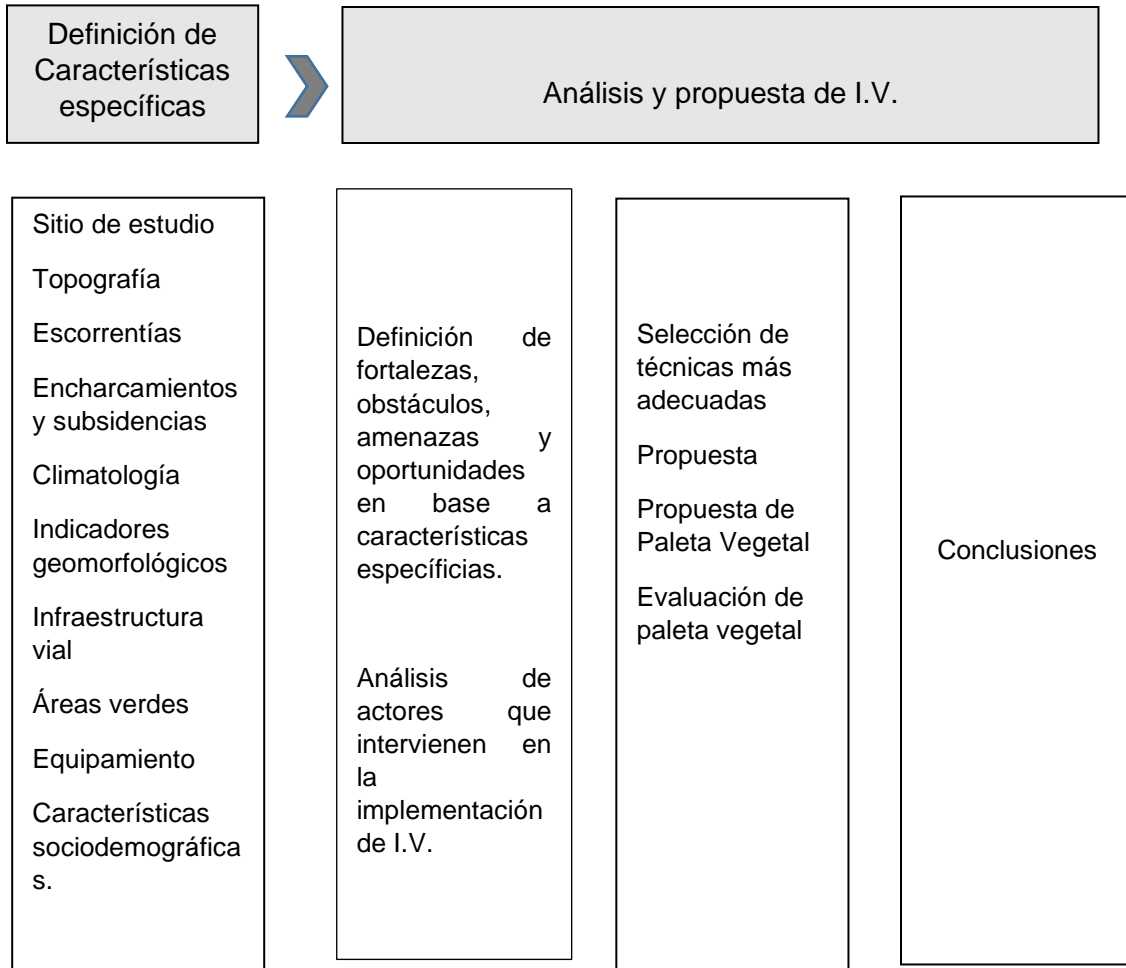


Figura 9. Metodología propuesta para la implementación de I.V. en Tacubaya en base al Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos, Peñúñuri et al. 2019.

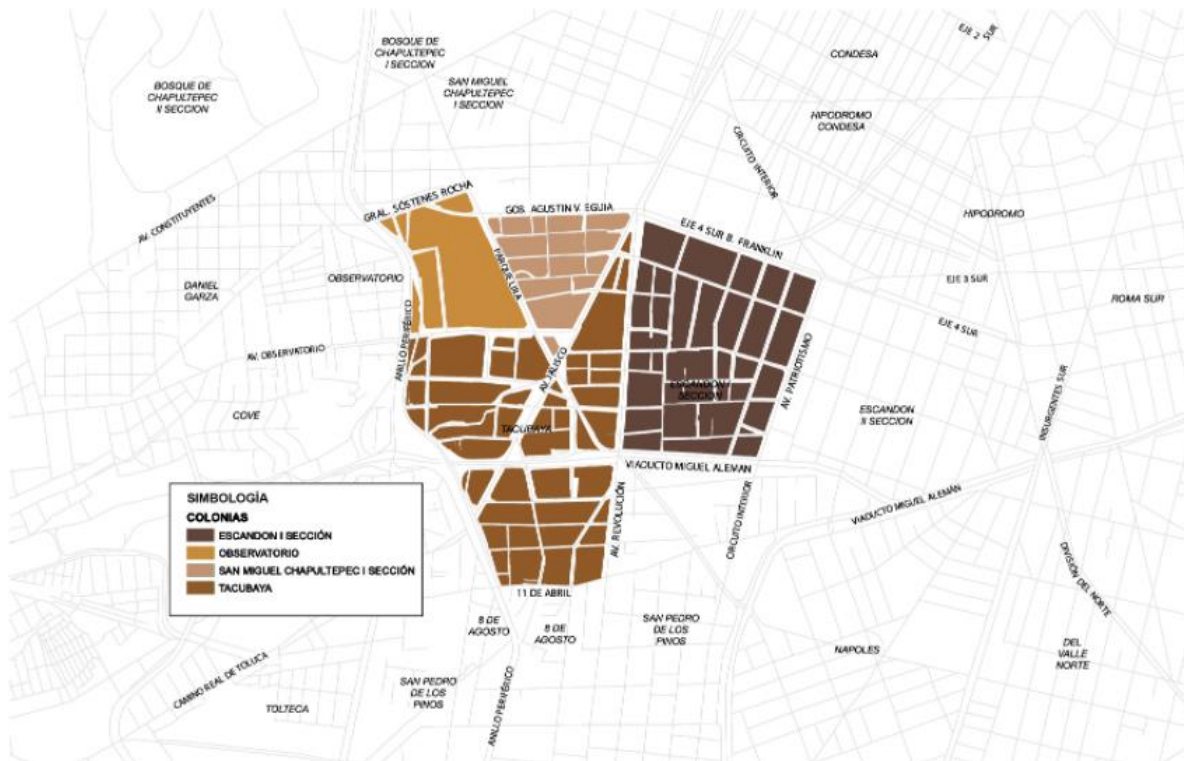


Figura 10. Polígono SAC Tacubaya

3.1 Criterios para la evaluación de especies vegetales

La metodología incluye una evaluación de la paleta vegetal que forma parte del análisis y propuesta de I.V., donde se aplicó la herramienta Cgreensoup, Radhakrishnan et al, 2019, la cual proponer evaluar la sostenibilidad de especies vegetales en base a 10 criterios fundamentales (Anexo 2):

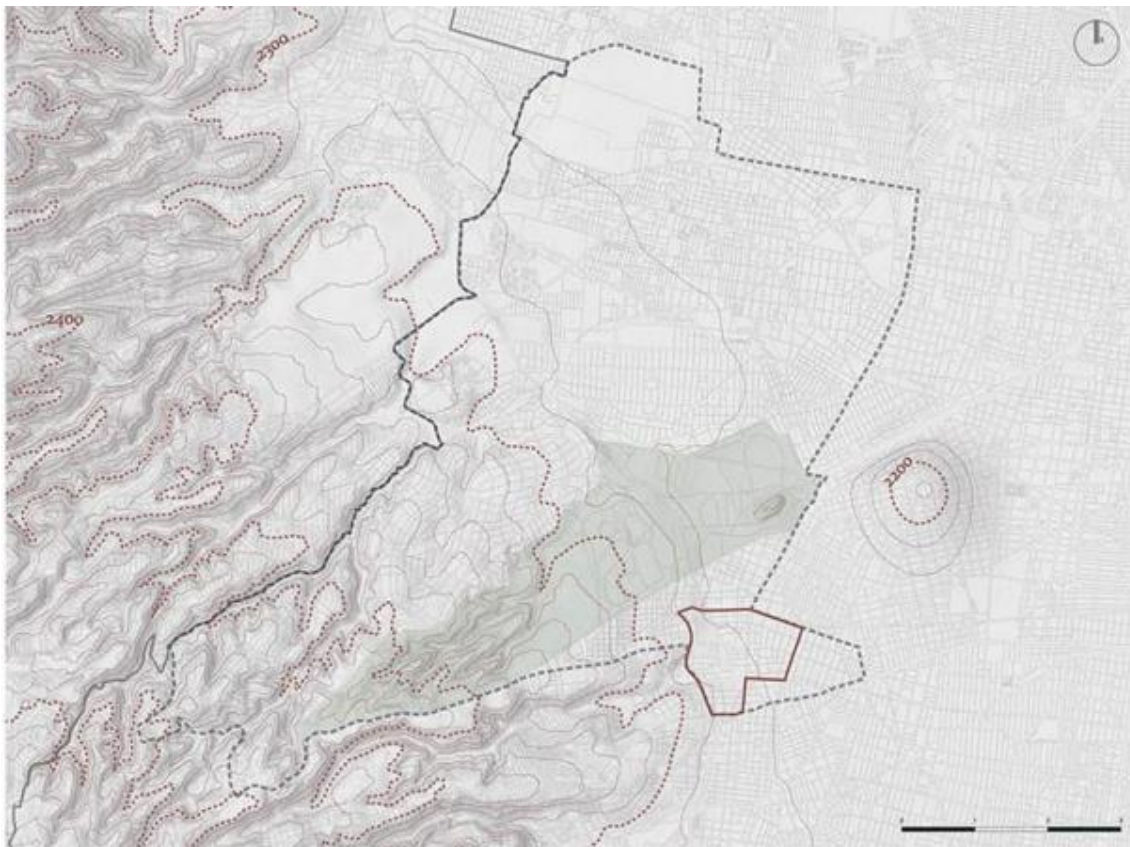
1. Estética, la cual se refiere a las características como color y forma que dan mayor o menor atractivo a la especie. ‘
2. Dañino para el humano: indica si la planta presenta características que puedan dañar al usuario, como espinas o causa de alergia.
3. Plagas e insectos, indica si la especie es receptora de plagas y patógenos.
4. Función social, indica si la planta es aplicable al paisaje.

5. Resistencia a inundaciones. Resistencia de la especie vegetales a niveles fluctuantes de agua.
6. Mejora la calidad ambiental. Se refiere a la capacidad de la especie de remover el nitrógeno, así como indica si la especie es nativa o no.
7. Soporte a la biodiversidad, indica si la especie atrae o no polinizadores.
8. Mala hierba ambiental; identifica la especie como una hierba ambiental.
9. Demanda de agua: define los requerimientos de agua.
10. Cuidado periódico, indica la necesidad de mantenimiento.

Cabe añadir que a pesar de que la selección de especies vegetales en base al ciclo de vida es útil y práctica, la teoría de las especies seleccionadas para la I.V. es poco estudiada y escasa por lo que considerar una evaluación basada en aspectos sociales y ambientales es un paso hacia una selección de especies con mayor fundamento científico. (Radhakrishnan et al. 2019). La evaluación Cgreensoup considera que un valor mayor a 10 representa un alto valor en términos de sostenibilidad, por lo que es importante considerar cada uno de los criterios considerados por (Radhakrishnan et al. 2019) así como las referencias bibliográficas que sustenten los resultados. Al obtenerse mayor o menor puntuación en cada criterio también se podrán conocer las especies con mayor o menor valor en cada clasificación lo cual da mejores herramientas para diseñar la paleta vegetal con la cual se intervendrán los jardines propuestos en una zona específica.

Capítulo 4. Resultados: Características específicas en el SAC Tacubaya.

}Ante la importancia de generar espacios públicos que enfrenten la crisis hídrica y climática del valle de México y para realizar el análisis FODA de la Estrategia de Gestión Hídrica para el SAC Tacubaya 2018, se desglosan los principales indicadores geomorfológicos, demográficos y de infraestructura existente en el área de estudio que permiten identificar las oportunidades y obstáculos físicos y sociales de la zona para la implementación de I.V.



7.1 Indicadores geomorfológicos: Topografía

- Curvas de nivel 100 m
- Curvas de nivel 20 m
- SAC Tacubaya

Figura 11. Polígono SAC Tacubaya

Fuente: (ORU et al, 2018)

En promedio el SAC Tacubaya presenta una altura de **2250 msnm (ORU et al, 2018)**. El polígono se ubica sobre suelos de transición, recibe las escorrentías del poniente y por su **pendiente moderada (menos de 15°)** se podría considerar un lugar adecuado para el manejo de agua lluvia, permitiendo retenerla y evitando inundaciones en las partes bajas. (ORU et al, 2018)

7.2 Indicadores geomorfológicos: Escorrentías.

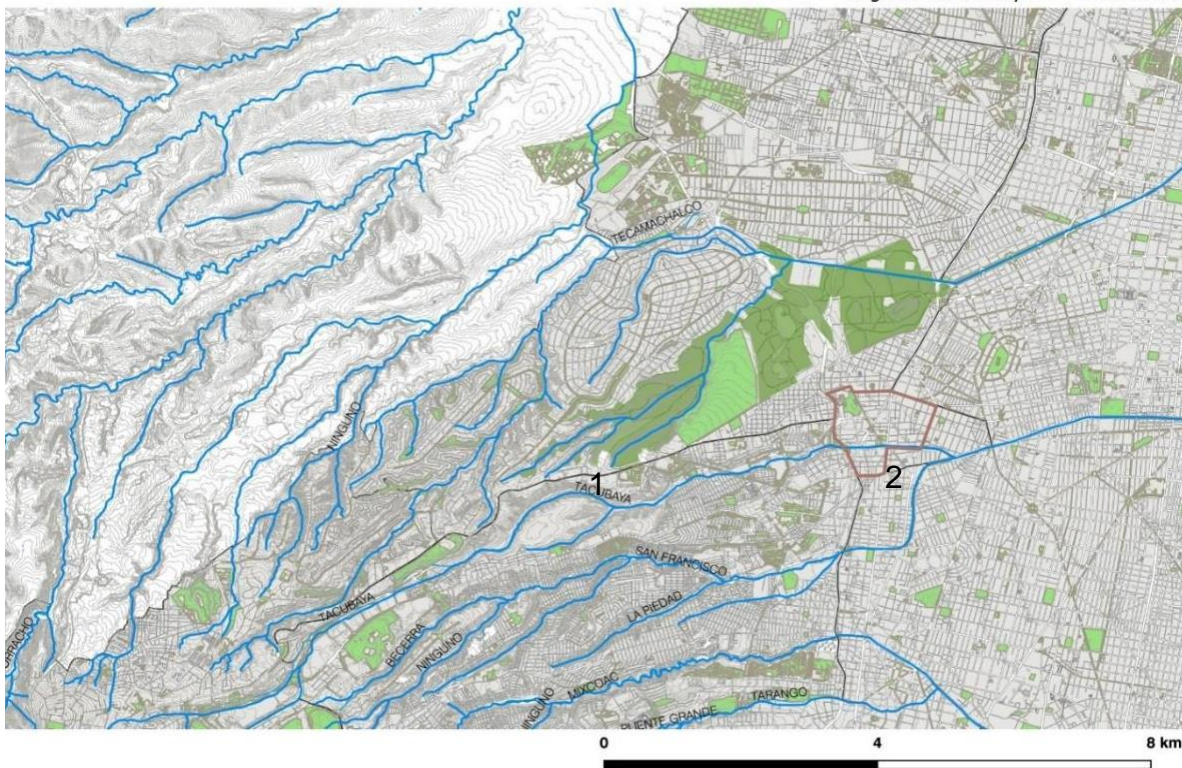


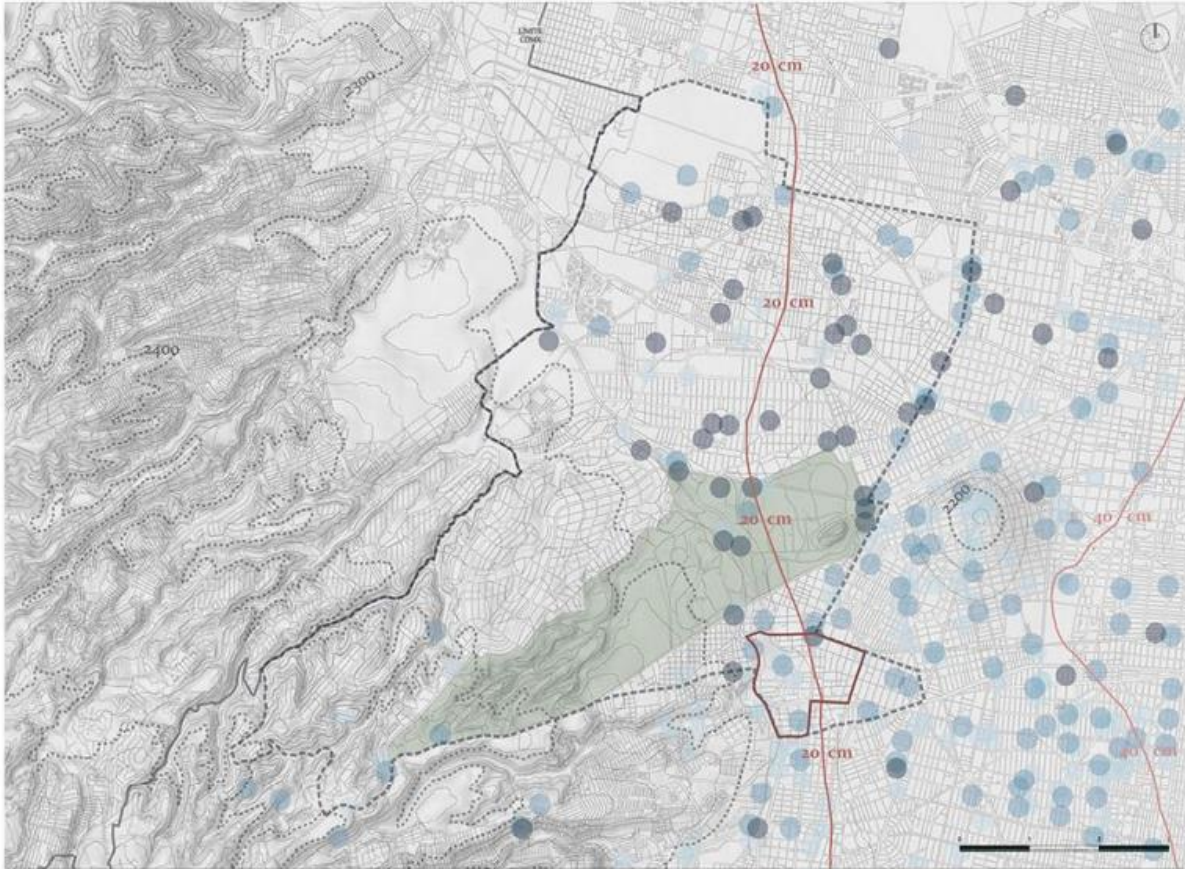
Figura 12. Escorrentías del poniente de la Ciudad de México

1. Río Tacubaya
2. Río La Piedad

Fuente: (ORU et al, 2018)

La escorrentía promedio en SAC Tacubaya se calcula entre **138.67mm.** (ORU et al, 2018). La zona es atravesada por el río Tacubaya, el cual desde el siglo XIX, ha presentado problemas de contaminación siendo uno de los principales las aguas negras que se vierten en su cauce. La implementación de I.V. desde las partes altas de las barrancas podría recuperar la cobertura vegetal aledaña;

complementar la misma con plantas de tratamiento permitirá la limpieza del cauce



de los ríos mencionados. (ORU et al, 2018)

Figura 13. Indicadores geomorfológicos: Encharcamientos y subsidencias.

— Curva de hundimiento: 0.20m

Fuente: (ORU et al, 2018)

— Curva de hundimiento: 0.40 m

La zona de Tacubaya presenta hundimientos de entre **20cm y 40cm anuales**, los cuales producen puntos de encharcamientos e inundaciones frecuentes. (ORU et al, 2018). Proponer I.V. en los principales puntos de riesgo contribuiría a mitigar las inundaciones durante las épocas de lluvia, permitiendo un manejo hídrico circular, donde el agua pluvial sea un recurso más que un gasto.

7.4 Indicadores geomorfológicos: Climatología

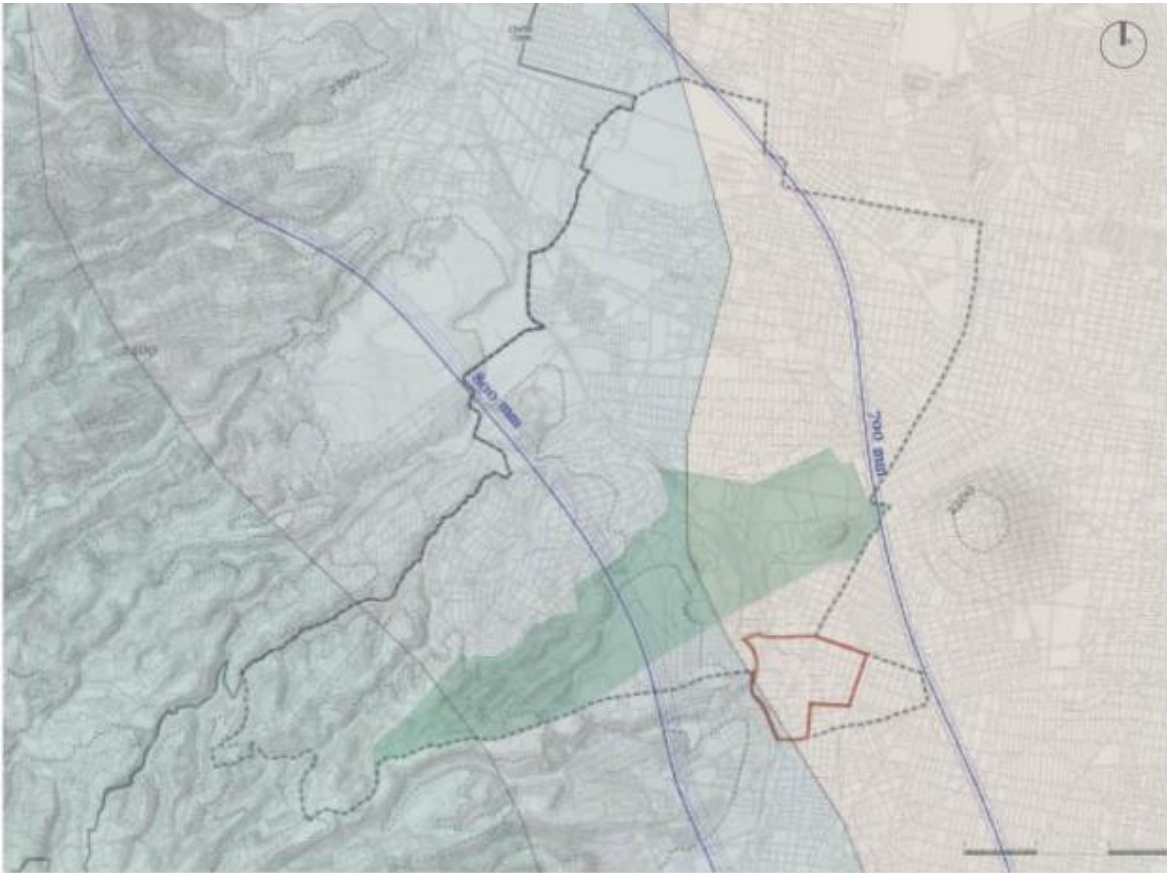


Figura 14. Climatología del poniente de la Ciudad de México

Fuente: (ORU et al, 2018)

El clima en Tacubaya es templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), la temperatura media anual se encuentra entre los 16.38° y la precipitación media anual oscila entre los 712 mm (ORU et al, 2018).

Tacubaya es un sitio donde la creación de nueva superficie permeable permitiría reducir la velocidad de las escorrentías en la época de lluvia y donde además se contribuiría a conservar y aumentar la cobertura vegetal manteniendo con ello las temperaturas en épocas de estiaje. (ORU et al, 2018).

7.5 Indicadores geomorfológicos: Geología del sitio

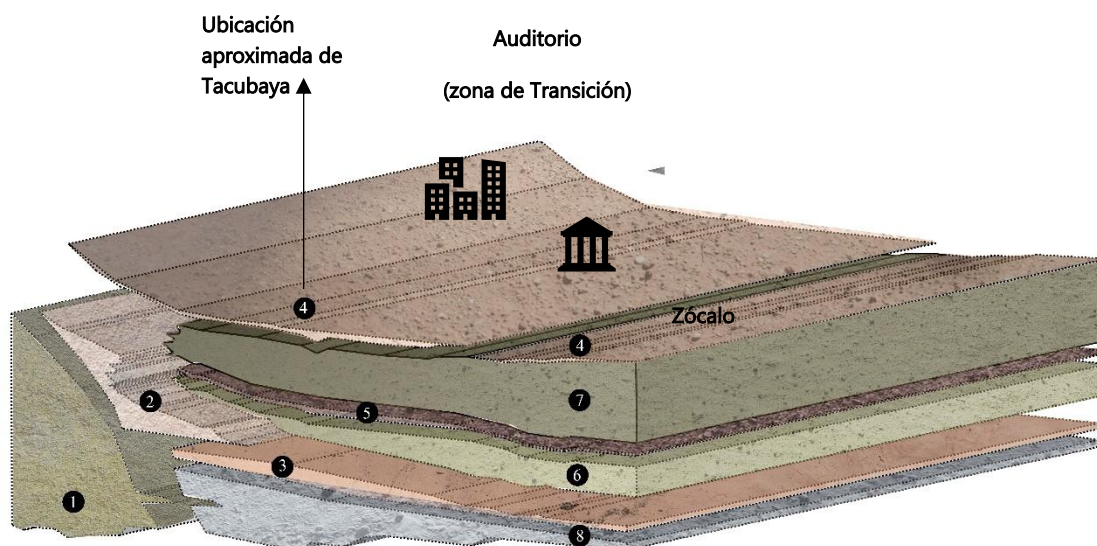


Figura 15. Secuencia estratigráfica de la Cuenca de México. Elaboración en base a Díaz, Gabriela. 2018. Fuente: Síntesis Geotécnica del Valle de México. Simbología: 1. Arenas compactadas y semi-compactadas; 2. Suelos abruptos de transición; 3. Depósitos aluviales-lacustres; 4.Costra superficial; 5. Capa dura; 6. Formación arcillosa inferior; 7.Formación arcillosa superior

La cuenca se forma por rocas volcánicas (resultado de la actividad volcánica que provocaba derrames de lava, piroclastos y cenizas) y sedimentos lacustres. Tomando como referencia a Díaz, Tacubaya se ubica sobre arena compactada, arcillas y depósitos aluviales (zona de transición). A pesar de la impermeabilidad del suelo ocasionada por el asfalto y concreto de las vialidades, en el área podrían implementarse medidas de mejoramiento que favorezcan la implementación de I.V., aumentando el área verde existente que a su vez permita proporcionar mayores servicios ecosistémicos.

Infraestructura vial

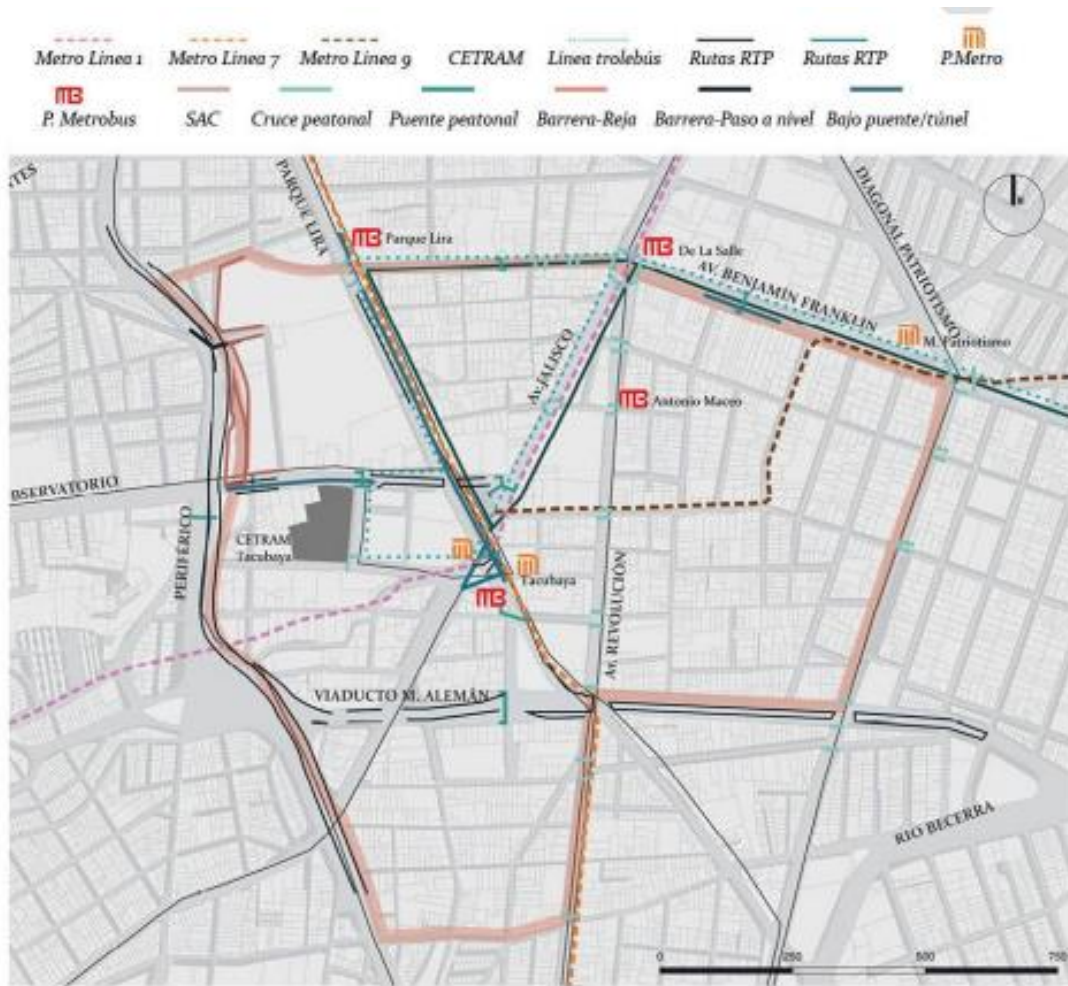


Figura 16. Infraestructura vial. Fuente: (ORU et al, 2018)

Los constantes flujos vehiculares y de población flotante hacen necesario la mejora de vialidades principales y secundarias dentro del polígono SAC Tacubaya. (ORU et al, 2018). A través de la implementación de I.V en puntos estratégicos se podría conectar el espacio público, las áreas verdes, la vivienda y el comercio; tales conexiones generarían una red de I.V, la cual mejoraría la composición del suelo, así como permitiría la cohesión del tejido urbano mejorando la imagen urbana.

7.7 Áreas verdes existentes



Figura 17. Áreas verdes existentes. Fuente: (ORU et al, 2018)

El área verde y los espacios permeables en Tacubaya representan aproximadamente el 26% del área total del polígono del SAC: entre los principales parques se encuentra el Parque Lira, la Alameda, el Parque Veracruz y el Jardín la Cove, los cuales representan una superficie aproximada de 71,060 m². (ORU et al, 2018). La conexión de las áreas verdes existentes y la creación de nuevas se podría promover la creación de redes de I.V. a lo largo del polígono SAC Tacubaya.

7.8 Equipamiento

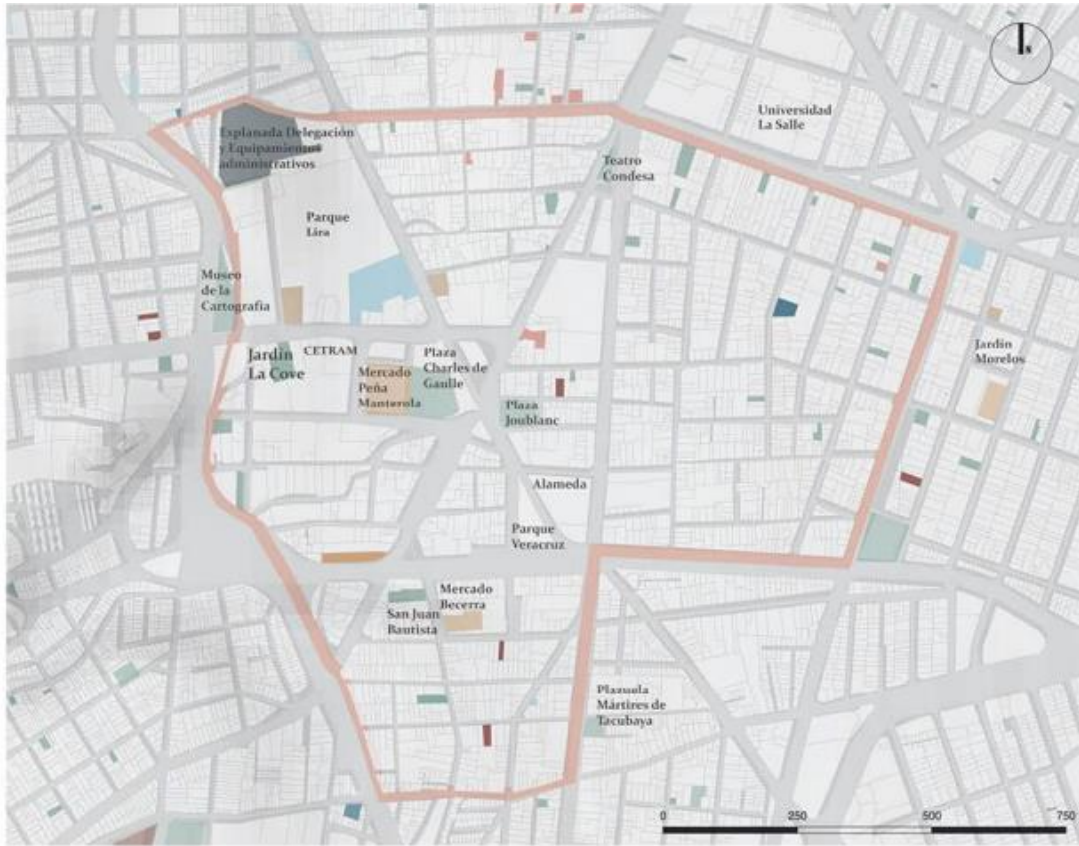


Figura 18. Equipamiento existente. Fuente: (ORU et al, 2018)

Dentro del polígono SAC Tacubaya existen instituciones de gobierno, unidades administrativas, instituciones educativas, así como comercio básico con un radio de influencia regional. (ORU et al, 2018) La implementación de redes de I.V. permitiría comunicar el equipamiento a la vez que se integrarían los diferentes actores para su implementación y manejo, a su vez, las estrategias de mejora urbana como la I.V. contribuirían a mitigar los problemas de saturación vial, inseguridad y falta de accesibilidad al espacio público. (ORU et al, 2018)

7.9 Características sociodemográficas del SAC Tacubaya

En referencia a los datos de SEDECO, 2021, el índice de desarrollo social alto del SAC Tacubaya es oportunidad para la construcción de infraestructura que pueda mejorar las condiciones de vida, la misma podría verse reflejada en espacio público de calidad, provisión de recurso hídrico y comercio. De acuerdo a datos de SEDECO, 2021, la población de Tacubaya se compone por 19,471 habitantes de los cuales 17.8% son niños; 14.8% son jóvenes; 34.5% son adultos jóvenes; la mayor parte universitarios; 22.2% son adultos y el 10.6% son adultos mayores donde las necesidades de cada grupo son particulares siendo más vulnerables las mujeres, los adultos mayores y los niños. En temas de seguridad pública Tacubaya como parte de la Ciudad de México presenta serios problemas de seguridad en parte porque en ella existe en su mayoría población flotante. Como parte de las acciones preventivas, la administración en Miguel Hidalgo trabaja en una reestructura con visión de prevención, el concepto de reinserción social a través de la capacitación a oficios, autoempleo, bolsa de trabajo, atención a violencia familiar y adicciones, apertura al deporte, impulso a la cultura cívica, y se realizan constantemente jornadas de limpieza en vía pública con 120 trabajadores por día para liberar mil 493 cámaras de vigilancia. (<http://www.aldf.gob.mx/comsoc-tacuba-tacubaya-y-tlaxpana-colonias-que-mas-delitos-reportan-miguel-hidalgo--25969.html>). Cabe mencionar que la conectividad de los espacios públicos nuevos y existentes permitirán la creación de redes que ante choques naturales y sociales podrían generar puntos de encuentro (movilizaciones sociales, centros de acopio).

Tabla 5. Características sociodemográficas del SAC Tacubaya. Fuente: SEDECO,2021

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Área SAC Tacubaya | 142.37 ha |
| Habitantes | 19,471 habitantes |
| Viviendas | 7,358 viviendas |
| Unidades económicas | 2,063 UE ¹⁴ |

Tabla 6. Características económicas del SAC Tacubaya. Fuente: SEDECO,2021

| | |
|---|---------------|
| Índice de desarrollo social alto | 0.88 |
| Porcentaje de hombres y mujeres | 53.8% mujeres |
| | 46.2% hombres |

¹⁴ Establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios.

| | |
|-----------------------------|--|
| | |
| Población | 34.2% de la población total son adultos jóvenes |
| Nivel de escolaridad | 26.8% de la población total son adultos universitarios |

Capítulo 5. Resultados: Análisis FODA

A partir de la recopilación de las características geomorfológicas, la infraestructura existente y las características sociodemográficas en Tacubaya se realizó un análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, entendiendo las fortalezas como aquellos factores positivos internos que dan sustento a la implementación de I.V. en el sitio; como oportunidades a los factores positivos que se deben aprovechar; debilidades como los factores negativos internos y las amenazas como los riesgos que pueden desviar del resultado. El análisis FODA se aplicó a cada una de las características específicas del SAC Tacubaya: topografía, escorrentías, encharcamientos y subsidencias, climatología, geología del sitio, infraestructura vial, áreas verdes existentes, equipamiento y características sociodemográficas del sitio. Los resultados de la recopilación permitieron encontrar que **los suelos de transición** en donde se ubica el SAC Tacubaya **permiten un manejo de lluvia más adecuado** ya que la zona recibe las escorrentías de las barrancas, sin embargo, **la velocidad de las mismas puede afectar las viviendas y vialidades aledañas**. Por otra parte, la preexistencia del río Tacubaya y el río La Piedad permite considerar como oportunidad **el tratamiento de su cauce con métodos adecuados como es la I.V, permitiendo la regulación climática**, así como la **recuperación de la cobertura vegetal** aledaña a partir de I.V.; **el mismo cauce puede ser contaminado por las aguas negras vertidas desde la mancha urbana cercana lo cual se convierte en una fuerte amenaza para la preservación de los ríos**. Otra oportunidad generada al implementar I.V. en el sitio es la reducción de subsidencias y encharcamientos que existen y pueden surgir en la zona al incrementarse los períodos de lluvia, la cual presenta una precipitación promedio de 712 mm. El aprovechamiento de la lluvia y la mejora de la composición del suelo del sitio permitiría **convertir los espacios de subsidencia en posibles jardines infiltrantes, microcuencas o bien serían resueltos mediante técnicas de drenaje**.

Tomando en cuenta la **composición del suelo de Tacubaya, la arena compactada, las arcillas y los depósitos aluviales** existentes son características que **benefician la implementación de I.V., mejorando con ello la calidad del suelo y favoreciendo la infiltración hídrica.** Por otra parte, como debilidad en Tacubaya se identificó otra característica: la aglomeración vial ocasionada por la existencia de medios de transporte como el metro y el metrobús, la cual puede ser solucionada mediante proyectos de mejora urbana que favorezcan la conexión del espacio público a partir de áreas verdes. **En relación con el espacio público cabe mencionar que el equipamiento existente se encuentra abandonado y puede ser objeto de vandalismo, por lo que la implementación de I.V. es una oportunidad para la construcción del espacio público así como la mejora de su equipamiento.** Finalmente, los resultados anteriores permiten conocer los aciertos y desaciertos que existen al considerar la implementación de la I.V. en una zona con características que se contrastan entre sí (espacio poco permeable ante altas precipitaciones 712 mm.) y es necesario añadir que los resultados del análisis (Tabla 8.) son relevantes ya que permiten tener un panorama completo de las características del sitio para tomar mejores decisiones relacionadas a la implementación de I.V. en el SAC Tacubaya.

Tabla 8. Análisis FODA para Implementar I.V. en el SAC Tacubaya

| | FORTALEZA | OPORTUNIDAD | DEBILIDAD | AMENAZA |
|---------------------------------------|--|---|--|--|
| Topografía | Ubicación de Tacubaya en suelos de transición | Ubicación adecuada para el manejo de agua de lluvia | Suelos impermeables ocupados por vivienda y vialidades | Velocidad de Escorrentías |
| Escorrentías | El Tratamiento del Cauce del Río Tacubaya permite la regulación climática debido a su relación con la cuenca del Valle de México | Recuperación de cobertura vegetal aledaña al implementar I.V. a su alrededor | Entubamiento de los Ríos que podrían materializarse en humedales | Contaminación por aguas negras debida a su cercanía a la mancha urbana |
| Encharcamientos y subsidencias | Mitigar inundaciones al proponer I.V. en puntos de subsidencia y encharcamientos en Tacubaya | Reducción de subsidencias y encharcamientos al implementar I.V. en Tacubaya. | Incremento de puntos Subsidencias y encharcamientos en Tacubaya al aumentar los periodos de lluvia pero no la I.V. | Presencia de subsidencias y encharcamientos nuevos y existentes. |
| Climatología | Clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w) | Reducción de la velocidad de las escorrentías en época de lluvias mediante la creación de nueva superficie permeable. | Humedad del sitio | Precipitación media de 712 mm lo cual puede provocar inundaciones en situación de lluvias extrema. |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Geología del sitio | Tacubaya se ubica sobre arena compactada, arcillas y depósitos aluviales (zona de transición) | Aumento de área verde existente en un área de depósitos aluviales incrementando el área permeable. | Desaprovechamiento de los suelos aluviales | Crecimiento urbano extensivo que disminuye el área libre |
| Infraestructura vial | Preexistencia de proyectos de mejora urbana como el Centram Tacubaya | Posibilidad de conectar el espacio público a partir de áreas verdes, vivienda y comercio, conexiones que generarían redes habitables | Desorganización del transporte público | Permanencia de las aglomeraciones viales |
| Áreas verdes existentes | Existencia de Áreas Verdes | Aprovechamiento de área verde para implementación de I.V. lo cual permite proporcionar servicios ecosistémicos como la captura de carbono | Contaminación de áreas verdes por usuarios y por mancha urbana. | Extensión de mancha urbana |
| Equipamiento | Integrar a partir del espacio público a los diferentes actores del equipamiento | Creación de mayores redes de I.V. que permitan mayor interacción de los mismos actores | Abandono de equipamiento y espacio público | Vandalismo que pueda afectar al equipamiento y espacio público aledaño |
| Características sociodemográficas del SAC Tacubaya | Índice de desarrollo social alto | Incorporar población económicamente activa a actividades laborales cercanas a la I.V. para fomentar su uso. | Gentrificación del espacio público | Falta de atención a población vulnerable |

Capítulo 6. Resultados. Análisis de actores que intervienen en la implementación de I.V.

Si bien en cada una de las características anteriores es posible entrever las fortalezas y oportunidades para implementar I.V. en el sitio, es necesario analizar a los actores públicos y privados que intervienen en su implementación definiendo su grado de influencia, así como el rol que toman en el proceso (gestión, monitoreo o proveedores de información), lo anterior permitirá guiar las propuestas, así como materializarlas. En base a lo anterior y en el caso específico de Tacubaya se identificaron 10 actores principales: (1) la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, (2) la Secretaría de Obras y Servicios, (3) la Secretaría del Medio Ambiente, (4) el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, (5) la Secretaría de Movilidad, (6) la Secretaría de Seguridad Ciudadana, (7) Consultorías, (8) ONG's y (9) Bancos como el Banco Interamericano del Desarrollo y los (10) Habitantes de Tacubaya. Como se ha mencionado, los actores pueden tener diferentes funciones dependiendo su grado de influencia, así como el interés que muestran en los resultados. Así pueden existir actores que tendrán un alto grado de satisfacción es decir mucha influencia en el proyecto pero poco compromiso activo en él (DESPACIOS DE ARQUITECTURA); actores con capacidad para la gestión, es decir alta influencia y alto interés en los resultados, es decir están involucrados en las decisiones y participan en ellas (SEDUVI, SEMOVI, SEDEMA y CONSULTORÍAS por mencionar algunos); actores con funciones de monitoreo que se sitúan en la periferia del proyecto y cuya relevancia cambia a lo largo del tiempo (SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS-Jefatura de Mantenimiento) y los actores que tienen alto interés en el proyecto pero poca influencia (LOS HABITANTES DE TACUBAYA) (Figura 18). En el caso de Tacubaya las decisiones y acciones que realizan los actores serán coordinadas por la SEDUVI-SEMOVI-SEDEMA así como por las CONSULTORÍAS que propongan la intervención, es decir los actores que participan en la gestión del proyecto. Al identificar a los actores que participan en un proyecto como la implementación de I.V. en Tacubaya es necesario recalcar que el éxito de la

materialización de la estrategia dependerá de la comunicación y gestión de los planes, decisiones y acciones entre todos los actores involucrados, así como de la priorización de recursos.



Figura 19. Análisis de actores. Elaboración propia en base a Savina,2011.

Capítulo 7. Resultados: Aplicación de I.V para Retener e infiltrar el agua pluvial

Tacubaya, como colonia y como parte de la ciudad debe estar preparada para sostener las necesidades de quienes la transitan al mismo tiempo que se puedan crear en ella ambientes saludables y bien conectados, es decir se deben incorporar estrategias de diseño urbano para abordar aspectos sociales, económicos y ambientales. La estrategia de I.V. puede abordar los tres aspectos antes mencionados al permitir la integración social, conectar colonias económicamente activas (Tacubaya, Escandón, Observatorio y San Miguel Chapultepec I Sección) y al incorporar sistemas que permiten mejorar la calidad ambiental del sitio. Introducir la I.V. en la ciudad implica cambiar la manera en que se construye la misma para dar lugar a un diseño más estructurado y estratégico que permita solucionar los retos emergentes, así como construir mejores ciudades. Crear I.V requiere de una planeación que se anticipe a un escenario con las características descritas en el capítulo anterior (topografía, escorrentías, subsidencias, clima, infraestructura vial, etc), el escenario propuesto deberá incorporar diferentes tipos de sistemas de I.V. que permitan la infiltración pluvial, la captación de oxígeno y la generación de espacio público. En base a lo anterior, para el polígono SAC Tacubaya se eligieron 4 sistemas de infiltración: los jardines infiltrantes, drenaje francés, pavimentos permeables y pozos de infiltración, los cuales se proponen a lo largo de la red de I.V. propuesta.

Por su importancia histórica la propuesta de I.V. en Tacubaya toma como referencia la ubicación de las infraestructuras hídricas coloniales cercanas (el Acueducto de Santa Fé al norte y el Acueducto de Chapultepec al centro (Figura 19).). La interconexión de las rutas donde se encontraban las infraestructuras permite la creación de redes verdes y azules convirtiendo gradualmente a Tacubaya en una microcuenca donde los diferentes sistemas de infiltración

permitirán un manejo hídrico sostenible en sus diferentes partes. El diagrama siguiente (Figura 19.) muestra la red de I.V. formada por el Acueducto de Santa Fe, la Avenida Constituyentes, el Acueducto Chapultepec, la Avenida Parque Lira y la Avenida Jalisco conectada hasta la avenida Chapultepec. El conjunto de los ejes forma una red de 17.5 metros lineales a lo largo de los cuales se implementan estrategias de I.V. complementarias como pozos de infiltración, drenaje francés, así como pavimientos infiltrantes, y jardín microcuenca. (Tabla 9.) Con fin de visualizarlo y por su conexión con el Bosque de Chapultepec y el Humedal la Piedad se seleccionó el Eje de la Avenida Parque Lira, a lo largo del cual es posible implementar los cuatro sistemas de infiltración antes mencionados y que se representan en las figuras siguientes. (Figura 21). Cabe mencionar que a lo largo de la Avenida ya se había intervenido el parque con el mismo nombre por lo que la implementación de I.V. a lo largo del mismo incrementa la superficie permeable, conecta la ya existente y genera espacio público de calidad.



Figura 20. Ubicación de Infraestructuras Hídricas en SAC Tacubaya: 1. Jardín

infiltrante Santa Fe. 2. Jardín infiltrante Constituyentes. 3. Jardín infiltrante Chapultepec. 4. Jardines infiltrantes en Parque Lira. 5. Jardines infiltrantes Av. Jalisco. 6. Bioswale. 7. Garita de Belén. Elaboración propia.

Como se ha mencionado, en cada eje se proponen los cuatro sistemas de infiltración principales de la I.V.: jardines infiltrantes, drenaje francés, pavimentos permeables y pozos de infiltración. Cada uno de ellos presenta características específicas que permiten sostener la incapacidad de los colectores actuales de captar agua lo cual contribuye a mitigar los encharcamientos, captar agua en época de estiaje y mejorar la calidad ambiental de la zona. En la presente investigación es de especial interés la formación de los jardines infiltrantes, dentro de los cuales también se encuentran los jardines de bioretención (Figura 22) o microcuencas, en ellos la existencia de cobertura vegetal es fundamental ya que permitirá la eliminación de sedimentos y materiales flotantes a la vez que se permite la sedimentación e infiltración de agua. (Sales, 2017). Por la importancia de la cubierta vegetal en este tipo de jardines, la propuesta incluye una paleta vegetal específica con especies seleccionadas en base a referencias bibliográficas y que presentan características que les dan valor en términos de sostenibilidad. La paleta vegetal propuesta permite aplicar la evaluación recientemente descrita por Radhakrishnan et al. (2019) y aportar al conocimiento de especies vegetales con valor en sostenibilidad que pueden aplicarse en la I.V., así se podrán elegir especies en términos de su durabilidad, mantenimiento, existencia y función específica.

Tabla 9. Sistema de infiltración aplicable en cada eje propuesto

| Eje propuesto | Sistema de infiltración aplicables | ML |
|--------------------|--|---------|
| Acueducto Santa Fe | Jardines infiltrantes, Jardines de bioretención | 6.33 km |

| | | |
|------------------------|-----------------------|---------|
| Avenida Chapultepec | Drenaje Francés | 2.5 km |
| | Pavimentos permeables | |
| Avenida Constituyentes | Pozo de infiltración | 4.4 km |
| Avenida Parque Lira | | 1.4 km |
| Av. Jalisco | | 2.87 km |
| Total | | 17.5 km |

Dentro del Eje de la Avenida Parque Lira, uno de los espacios que se decidió intervenir es la Plaza Charles de Gaulle, sitio donde se ha establecido el comercio de alimentos y objetos y que es visitado diariamente por población local y flotante. La plaza actualmente se encuentra en deterioro principalmente a causa del comercio informal, su cercanía a la estación del metro Tacubaya y el poco mantenimiento que se le ha dado. En vista de lo anterior, la intervención propone la ampliación de calles, la creación de un espacio libre rodeado por pavimentos filtrantes, espacios que puedan retener el agua en época de lluvias, así como recibir al peatón que lo circule (Figura 22), a su vez se aprovecha un espacio residual cercano a la Alameda Tacubaya para implementar jardines microcuenca, permitiendo la mejora de la calidad de suelo, infiltración y mejora del aire. Cabe resaltar que al intervenir la avenida Parque Lira también se mejora la conectividad de la Plaza Charles de Gaulle con el Parque Lira, el Bosque de Chapultepec y con la Alameda Tacubaya al sur. Sumado a lo anterior y en términos de cobertura vegetal, a lo largo de la misma (Figura 21) se propone integrar arbustos como las lavandas, mirtos, aralias y árboles como el fresno y la magnolia, especies que presentan buenas características en términos de sostenibilidad de acuerdo a la evaluación realizada y presentada en el siguiente capítulo. En resumen, la intervención en el eje Parque Lira es una muestra de cómo pueden integrarse las diferentes estrategias en un mismo lugar dando paso a su repetición en los ejes que complementan la red propuesta.

Eje 4. Eje Av. Parque Lira (conexión con posible conexión al humedal la Piedad).



Figura 21. Eje Avenida Parque Lira. Elaboración Propia.

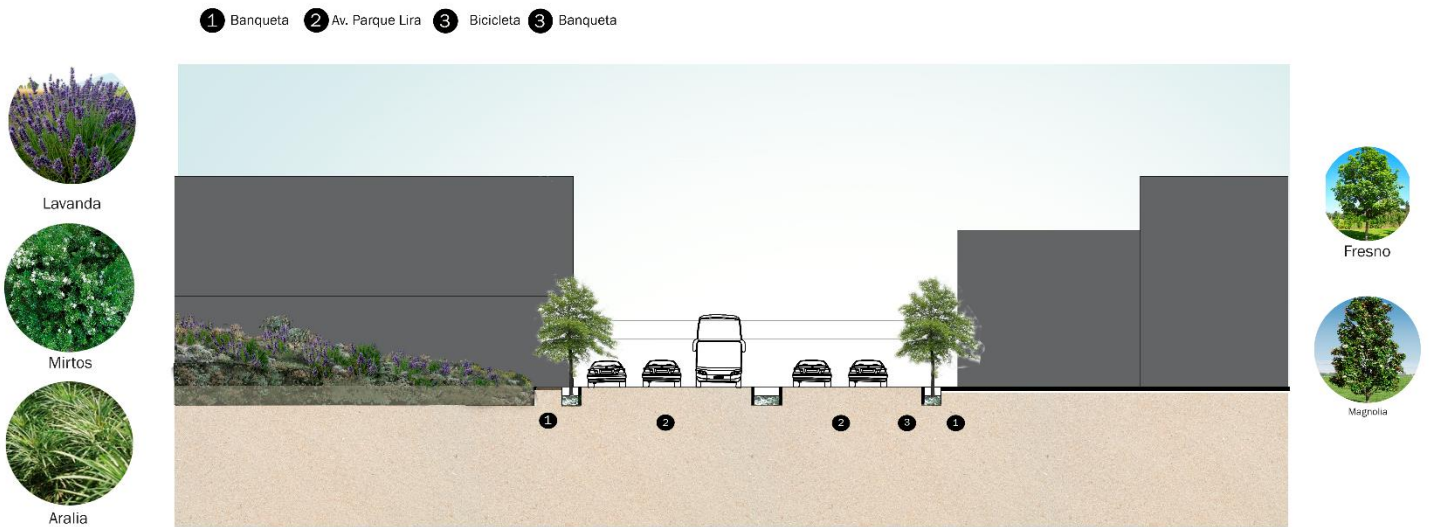


Figura 22. Propuesta de Plaza de Agua en Plaza Cartagena. (Elaboración propia). Se propone la intervención del sitio a causa del deterioro actual que presenta por su cercanía con la estación del metro Tacubaya así como por la

presencia del comercio informal cercano. El mercado estaría rodeado por pavimentos filtrantes, espacios que puedan retener el agua en época de lluvias, así como recibir al peatón que lo circule.



Figura 23. Plaza de agua en Plaza Charles de Gaulle (Elaboración propia).



CORTE TRANSVERSAL AV. PARQUE LIRA

Figura 24. Jardines infiltrantes a lo largo de Av. Parque Lira. Corte Transversal. A lo largo de la avenida se propone la ampliación de calles donde es posible implementar jardines infiltrantes, pavimentos permeables, así como mejora de drenaje. A su vez se incorpora vegetación nueva y existente (lavandas, mirtos, aralias, fresnos y magnolias)



CORTE TRANSVERSAL JARDÍN DE BIORETENCIÓN

Figura 25. Corte Transversal, Avenida Parque Lira, Jardín de Bioretención. Cercana a la Alameda Tacubaya se propone la implementación de un jardín de bioretención que permite el tratamiento de las escorrentías en eventos de lluvia,

este tipo de jardines se adapta al paisaje tomando diferentes formas, materiales, plantaciones y dimensiones.



Figura 26. Propuesta de Jardín de Bioretención ubicado en Avenida Parque Lira. La microcuenca o jardín de bioretención se acompaña de un puente que permitiría conectar la colonia Escandón con la colonia San Pedro de los Pinos facilitando la circulación peatonal y mejorando el espacio público. A su vez los jardines permiten la remoción de nitratos mejorando la calidad del suelo y permitiendo la infiltración hídrica.

Capítulo 8. Propuesta de Paleta vegetal Básica y evaluación.

En una ciudad en constante crecimiento, la I.V. es una estrategia de planeación urbana que incorpora elementos azules y verdes permitiendo una mejor planeación, desarrollo, mantenimiento y conservación de las áreas verdes; proporcionando servicios ecosistémicos y favoreciendo con ello la conservación de la biodiversidad y la adaptación a los efectos del cambio climático. En la I.V. los sistemas de infiltración naturales ya sean jardines pluviales o de infiltración son ejemplos de área verde con funciones específicas compuestos por cobertura vegetal, es decir de una capa de vegetación natural regional o introducida. El tipo de vegetación propuesta en cada sistema determina la función de esta, así como sus requerimientos.

Con el fin de ampliar el conocimiento sobre la composición de la cobertura vegetal de la I.V. en Tacubaya se aplicó la evaluación propuesta por Radhakrishnan et al. (2019), por medio de la cual se identificaron aquellas especies vegetales con mayor valor en términos de sostenibilidad. La paleta vegetal se seleccionó en base a dos referencias bibliográficas, la primera se refiere a especies regionales o xerófitas definidas como plantas que a lo largo de su evolución han desarrollado mecanismos de adaptación para soportar condiciones adversas en las que viven (escasez de agua, aridez) (Camarena et al, 2010) y la segunda a especies que permiten la remoción de nitratos generalmente implementadas en jardines de bioretención, es decir jardines que permiten el control de la calidad del agua antes de su vertido al medio (Hunt et al, 2015). Las especies seleccionadas fueron las siguientes: Fresno, Magnolia, Trompetilla, Oreja de Burro, Palo loco, Lavanda, Duranta, Conchita, Encino de hasta, Pascuita, Agave, Cooperleaf, Árnica de raíz, Hierba de fuente.

9.1 Criterios para la evaluación de especies vegetales

La selección de plantas para la I.V. es aún un reto ya que las mismas deben cumplir con funciones específicas y requerimientos como son: funcionalidad

(medicamentos naturales), adaptación al medio ambiente (remoción de nitratos), región y suelo, atractivo visual, origen además de proveer valores ecológicos como conservación y soporte a la biodiversidad. En muchas ocasiones las especies elegidas no cumplen con todos los requerimientos, por ejemplo, son atractivas, pero requieren mayor mantenimiento o bien no son especies nativas, por lo tanto, la aplicación de herramientas que apoyen en describir las características específicas de cada especie es de gran utilidad para lograr un diseño sostenible en la I.V. La presente investigación aplica la herramienta Cgreesoup, descrita por Radhakrishnan et al. (2019), la cual integra los aspectos sociales, ambientales y económicos aplicando un esquema de puntuación que incluye información específica del contexto como disponibilidad de agua, los requisitos de mantenimiento, la naturaleza de la planta en el contexto local, por mencionar algunos. El puntaje obtenido representa el valor agregado en términos de sostenibilidad que se atribuye a cada especie vegetal en donde las especies con puntaje menor al 10 son reconocidos como de bajo valor agregado y las de mayor valor tendrán que obtener un puntaje mayor a 10. (Ver Criterios en Anexo 1).

9.2 Resultados de la evaluación

| Nombre científico | Fraxinus excelsior |
|--------------------------------------|--------------------|
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 4 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 1 |
| | 17 |

Tabla 9. Evaluación de Fresno

Uno de los beneficios de esta especie es que no es dañina para el ser humano **al no producir espinas ni ser tóxico para los seres humanos.**

A su vez, **proveen sombra o pueden ser utilizadas como** barrera teniendo amplia aplicación en el paisaje como lo son caminos; pueden ser **fuentes de alimento o medicina.**

Otra característica que le añade valor es su **soporte a la biodiversidad ya que sus flores apoyan la polinización,** siendo comida de orugas, pájaros y otros insectos, por otra **parte su demanda de agua es moderada lo cual le añade valor en términos sostenibles.**



Figura 27. Fresno. Fuente: Sontag, 2015

| Nombre especie | Tronadora |
|--|------------------|
| Nombre científico: Tecoma stans | |
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 3 |
| Resistencia a inundaciones | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | -1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | 9 |

Tabla 10. Evaluación de Tronadora

Especie que tiene aplicación en parques, jardines o caminos, es fuente de alimento o medicina. No se adapta a niveles de agua fluctuantes. Apoya la polinización, es comida de orugas y otros insectos. No se reconoce como una hierba ambiental. Su demanda de agua es abundante. Su cuidado periódico es alto.



Figura 28. Tronadora. Fuente: Martinez, 2017

Tabla 11. Evaluación de Trompetilla

| Nombre especie | Trompetilla |
|---|-------------|
| Nombre científico: Bouvardia ternifolia | |
| Criterios | |
| Estética | 3 |
| Dañino para los seres humanos | -1 |
| Función social | 3 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 1 |
| | |
| | 12 |

Es un arbusto dañino para los seres humanos ya que produce espinas las cuales pueden ser peligrosas para el transeúnte. **Por sus propiedades puede ser utilizado como medicina, por otra parte, es especie nativa de la zona lo que incrementa su valor en términos de sostenibilidad.**



Figura 29. Trompetilla. Fuente: Ciencias UNAM

Apoya la polinización siendo comida de orugas y otros insectos, **en términos hídricos su demanda de agua es baja** y por su tamaño no resiste a inundaciones. Su cuidado periódico es bajo.

Tabla 12. Evaluación de Oreja de burro

| Nombre especie | Oreja de burro |
|--|----------------|
| Nombre científico: Echeveria gibbiflora | |
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 1 |
| Resistencia a inundaciones | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 1 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | |
| | 10 |

Especie cuya hoja **no representa daño al transeúnte al no presentar espinas**. Tiene amplia aplicación en parques, jardines y caminos. **Por su altura no es resistente a inundaciones**. Su demanda de agua es pequeña así como su cuidado periódico es bajo.



Figura 30. Oreja de burro. Fuente: lapshin, succulentsnetwork, 2022

| Nombre especie | Palo loco |
|---|-----------|
| Nombre científico: <i>Pittocaulon praecox</i> | |
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 0 |
| Función social | 2 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 3 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | |
| | |
| | 13 |

Tabla 13. Evaluación de Palo Loco

El matorral puede ser utilizado en **parques, jardines y caminos, además es fuente de alimento o medicina.** Como soporte a la biodiversidad apoya la polinización y es comida de insectos, pájaros y mamíferos. **Su demanda de agua es baja y su cuidado periódico es bajo, lo cual es un criterio que le da un mayor valor en términos de sostenibilidad.**



Figura 31. Palo loco. Fuente: Naturalista, 2020

| Nombre especie | Lavanda | |
|-------------------------------|-----------|----|
| Nombre científico: | Lavandula | |
| Criterios | | |
| Estética | | 2 |
| Dañino para los seres humanos | | 2 |
| Función social | | |
| Resistencia a inundaciones | | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | | 2 |
| Mala hierba ambiental | | 1 |
| Demanda de agua | | 2 |
| Cuidado periódico | | 1 |
| | | |
| | | |
| | | 14 |

Tabla 14. Evaluación de Lavanda

Es una especie con valor en **términos estéticos, con floración estacional, tiene aplicación en el paisaje, parques y caminos, apoya la polinización al ser comida de orugas y otros insectos, su demanda de agua es moderada, así como su cuidado periódico es medio.**



Figura 32. Lavanda. Fuente: Compo, 2020

| Nombre especie | Duranta | |
|-------------------------------|----------------|----|
| Nombre científico: | Duranta repens | |
| Criterios | | |
| Estética | | 1 |
| Dañino para los seres humanos | | 2 |
| Función social | | 2 |
| Resistencia a inundaciones | | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | | 2 |
| Mala hierba ambiental | | 1 |
| Demanda de agua | | 2 |
| Cuidado periódico | | 2 |
| | | 14 |

Tabla 15. Evaluación de Duranta

Es una especie que por sus hojas no es **dañina para los seres humanos** ya que no produce espinas ni causa alergias a los transeúntes. Tiene amplia aplicación en parques, jardines y caminos; su demanda de agua es moderada y su cuidado periódico es medio, por lo cual fue elegida en la aplicación del jardín infiltrante.



Figura 33. Duranta.

Fuente: Dawn, 2006.

| Nombre especie | Zacatón |
|---|---------|
| Nombre científico: Muhlenbergia Robusta | |
| Criterios | |
| Estética | 1 |
| Dañino para los seres humanos | 0 |
| Función social | 2 |
| Resistencia a inundaciones | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | |
| Soporte a la biodiversidad | |
| Mala hierba ambiental | |
| Demanda de agua | |
| Cuidado periódico | |
| | |



Tabla 16. Evaluación de Zacatón

Es una especie con poca estética, es **poco dañina para los seres humanos y es resistente a inundaciones**. Por su forma se **reconoce como una hierba ambiental**. Su demanda de agua es baja y presenta un cuidado periódico bajo.

Figura 34. Zacatón. Fuente: Naturalista, 2021

| Nombre especie | Conchita | |
|-------------------------------|--------------------|----|
| Nombre científico: | Echeveria coccinea | |
| Criterios | | |
| Estética | | 1 |
| Dañino para los seres humanos | | 2 |
| Función social | | 1 |
| Resistencia a inundaciones | | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | | 1 |
| Mala hierba ambiental | | 1 |
| Demanda de agua | | 3 |
| Cuidado periódico | | 2 |
| | | 11 |

Tabla 17. Evaluación de Conchita

Especie que no produce espinas ni causa alergias a los usuarios. **Apoya la polinización siendo comida de orugas y de otros insectos**, por su tamaño no soporta inundaciones y su demanda de agua es baja. **Su cuidado periódico es bajo lo cual le da mayor valor en términos sostenibles.**



Figura 35. Conchita.

Fuente: Cactus-art, 2022

| Nombre especie | Encino de hasta |
|---|-----------------|
| Nombre científico: Quercus candicans Née | |
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 4 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 3 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | 17 |

Tabla 18. Evaluación de Encino de asta

Especie característica **por su estética**, ya que **tiene una floración estacional**, es decir flores pequeñas; su aplicación en el paisaje es amplia incluyendo caminos, **generalmente en zonas rurales**, por otra parte, sus frutos tienen aplicación como alimento o medicina.

Apoya la polinización siendo comida de insectos, pájaros y mamíferos, y su demanda de agua es pequeña soportando sequías.



Figura 36. Encino de asta.

Fuente: ITESO,2021

| Nombre de especie | Agave |
|---|-------|
| Nombre científico: Euphorbia leucocephala Lotsy | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 1 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 2 |
| Cuidado periódico | 1 |
| | 11 |

Tabla 19. Evaluación de Pascuita

Es una especie nativa de la zona que al apoyar la polinización es comida de insectos, pájaros y mamíferos. Su demanda de agua es moderada. Su floración es estacional lo cual le da valor en términos estéticos. No produce espinas por lo que no es dañina al usuario ni es causante de alergias.



Figura 37. Pascuita. Fuente: Sánchez,2021

| | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----|
| Nombre científico: | Agave salmiana | |
| Estética | | 1 |
| Dañino para los seres humanos | | -2 |
| Función social | | 4 |
| Resistencia a inundaciones | | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | | -1 |
| Soporte a la biodiversidad | | 2 |
| Mala hierba ambiental | | 1 |
| Demanda de agua | | 3 |
| Cuidado periódico | | 2 |
| | | 9 |

Tabla 20. Evaluación de Agave

Es un arbusto cuya hoja contiene espinas las cuales pueden producir alergias y pueden ser tóxicas al usuario. Por otra parte, son arbustos de gran tamaño (hasta 5 m de diámetro) que pueden ser empleadas como barrera así como en parques y caminos. **Apoya a la polinización siendo comida de orugas y de otros insectos. Su demanda de agua es pequeña, así como su cuidado periódico es bajo.**



Figura 38. Agave. Fuente: Stan Shebs, 2020

Tabla 21. Evaluación de Cooperleaf


| Nombre especie | Cooperleaf |
|---|------------|
| Nombre científico: Acalypha wilkesiana | |
| Estética | 1 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 3 |
| Resistencia a inundaciones | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | 1 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Cuidado periódico | 1 |
| | 10 |

Es una especie característica por su capacidad de remoción de nitratos la cual alcanza hasta el 79% (Hunt et al, 2015), a su vez, por su tamaño puede ser utilizada como barrera y tiene una amplia aplicación en el paisaje y en caminos. **Apoya a la polinización siendo comida de orugas y otros insectos.** Su demanda de agua es moderada, así como su cuidado periódico es medio.



Figura 39. Cooperleaf. Fuente: Plantnet, 2022

Tabla 22. Evaluación de Hierba de fuente

| Nombre de la especie | Hierba de fuente |
|-------------------------------|---|
| Nombre científico: | Pennisetum alopecuroides (L.) Spreng |
| Estética |  |
| Dañino para los seres humanos | |
| Función social | |
| Resistencia a inundaciones | |
| Mejora la calidad ambiental | |
| Soporte a la biodiversidad | |

Es una especie que puede ser utilizada como **barrera además de tener aplicación única en parques, jardines o caminos**. Mejora la calidad ambiental al **permitir la remoción de más del 85% por ciento del nitrógeno**. Tienen la capacidad de adaptarse a niveles fluctuantes de agua. **Su cuidado periódico es bajo**.

| | |
|--|-----------------------|
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Nombre de la especie | Árnica de raíz |
| Nombre científico: Galphimia glauca Cav. | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 3 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | 0 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | 14 |

Figura 40. Hierba de fuente.

Fuente: Biodiversidade, 2020

Tabla 23. Evaluación de Árnica de raíz

Esta especie **se caracteriza por su soporte a la biodiversidad al permitir la remoción del 65% de nitratos**. Por otra parte apoya la polinización al ser comida **de orugas y otros insectos**, su demanda de agua es pequeña y su cuidado periódico es bajo. **Físicamente es una especie atractiva con floración estacional**, no presenta espinas ni características que la hagan dañina al usuario.



Figura 41. Árnica de raíz

Fuente: Indiabiodiversity, 2013

Tabla 24. Evaluación de Aralia Verde

| Nombre especie | Aralia Verde | |
|-------------------------------|--------------------|----|
| Nombre científico: | Osmoxylon lineare. | |
| Estética | | 1 |
| Dañino para los seres humanos | | 2 |
| Plagas e insectos | | -1 |
| Función social | | 2 |
| Resistencia a inundaciones | | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | | 1 |
| Mala hierba ambiental | | 1 |
| Demanda de agua | | 1 |
| Cuidado periódico | | 2 |
| | | 12 |

Especie que se caracteriza por ser monocromática, al no presentar espinas no daña al usuario. Es resistente a niveles fluctuantes de agua. Apoya la polinización; no se reconoce como una hierba ambiental. Su demanda de agua es moderada.



Figura 42. Aralia Verde Fuente: Mokkie, 2013

Tabla 25. Evaluación de Rocío

| Nombre especie | Rocio |
|--|-------|
| Nombre científico: Aptenia cordifolia | |
| Criterio | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Plagas e insectos | -1 |
| Función social | 2 |
| Resistencia a inundaciones | -1 |
| Mejora la calidad ambiental | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | -1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | |
| | 10 |

Especie con floración estacional, al no producir espinas no es dañina para el ser humano, puede recibir plagas e insectos. **Tiene aplicación en parques, jardines o caminos, aunque no es resistente a inundaciones.** No es especie nativa de la zona; su demanda de agua es moderada; su cuidado periódico es bajo.



Figura 43. Rocío Fuente: Wikipedia, 2021

Tabla 26. Evaluación de Hemerocalis

| Nombre de especie | Hemerocalis |
|-------------------------------|------------------|
| Nombre científico | Hemerocallis spp |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 2 |
| Función social | 2 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | 2 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 1 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | |
| | 14 |

Especie característica por su estética, no produce espinas ni causa alergias. Es una especie que no es resistente a inundaciones. Su cuidado periódico es bajo.



Figura 44. Hemerocalis

Fuente: Gardenia, 2021

Tabla 27. Evaluación de Bugambilia

| Nombre especie | Bugambilia |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Nombre científico: | Bougainvillea 'Sakura Variegata' |
| | |
| Criterio | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | -1 |
| Función social | 3 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | 3 |
| Soporte a la biodiversidad | 3 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 2 |
| | |
| | 17 |

Especie atractiva por su floración, no produce espinas ni causa alergias o es tóxico para los humanos. Además, es receptora de plagas y patógenos. Su aplicación es única en parques, jardines o caminos. Su demanda de agua es moderada, su cuidado periódico es bajo.



Figura 45. Bugambilia Fuente: Ochoa, 2022

Tabla 28. Evaluación de Romero

| Nombre especie | Romero |
|---|--------|
| Nombre científico: <i>Salvia rosmarinus</i> | |
| Criterios | |
| Estética | 2 |
| Dañino para los seres humanos | 0 |
| Función social | 4 |
| Resistencia a inundaciones | 1 |
| Mejora la calidad ambiental | 1 |
| Soporte a la biodiversidad | 1 |
| Mala hierba ambiental | 1 |
| Demanda de agua | 3 |
| Cuidado periódico | 1 |
| | 14 |

Es una especie monocromática, no produce espinas. **Es receptora de plagas y patógenos.** Tiene amplia aplicación en el paisaje. No se adapta a niveles fluctuantes de agua. **Es especie nativa de la zona.** No se reconoce como mala hierba ambiental. Su demanda de agua es moderada, su cuidado periódico es bajo.



Figura 46. Romero Fuente: Villa et al, 2021

Capítulo 9. Resumen de evaluación de especies vegetales

En base a la revisión bibliográfica los resultados de la evaluación demuestran que de las 20 especies seleccionadas, 18 especies presentan alto valor para ser consideradas como especies sostenibles en base a los criterios considerados por la herramienta Cgreensoup. Las dos especies restantes (Bugambilia y Romero), presentan una puntuación menor a 10, lo cual representa un valor intermedio. A continuación, se presenta el resumen de las puntuaciones, así como tres clasificaciones importantes que se obtuvieron de la evaluación de estas: especies regionales, especies con función social alta, especies con poca resistencia a inundaciones, especies con baja demanda de agua, especies con soporte a la biodiversidad.

Tabla 23. Resumen de especies seleccionadas.

| | Especie | Tipo | Especie regional | Puntaje |
|----|--|---------|------------------|---------|
| 1 | Fresno- <i>Fraxinus excelsior</i> | árbol | X | 16 |
| 2 | Tronadora - <i>Tecoma stans</i> | arbusto | X | 16 |
| 3 | Trompetilla - <i>Bouvardia ternifolia</i> | árbol | x | 15 |
| 4 | Oreja de burro - <i>Echeveria gibbiflora</i> | arbusto | x | 15 |
| 5 | Palo loco - <i>Pittocaulon praecox</i> | arbusto | x | 14 |
| 6 | Lavanda - <i>Lavandula</i> | arbusto | | 14 |
| 7 | Duranta - <i>Duranta repens</i> | arbusto | | 13 |
| 8 | Zacatón - <i>Muhlenbergia Robusta</i> | Arbusto | x | 13 |
| 9 | Conchita - <i>Echeveria coccinea</i> | Arbusto | x | 13 |
| 10 | Encino de asta - <i>Quercus candicans</i> néé | arbusto | x | 12 |
| 11 | Pascuita - <i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy | arbusto | x | 12 |
| 12 | Agave - <i>Agave salmiana</i> | arbusto | x | 12 |
| 13 | Cooperleaf - <i>Acalypha wilkesiana</i> | arbusto | | 11 |
| 14 | Hierba de fuente- <i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) | arbusto | | 11 |
| 15 | Árnica de raíz - <i>Galphinia glauca</i> Cav. | arbusto | | 10 |

| | | | | |
|----|--|---------|---|----|
| 16 | Aralia Verde - Osmoxylon lineare | arbusto | | 10 |
| 17 | Rocío - Aptenia cordifolia | arbusto | | 10 |
| 18 | Hemerocalis -Hemerocallis spp | arbusto | | 10 |
| 19 | Bugambilia - Bugainvillea "Sakura Variegata" | arbusto | x | 8 |
| 20 | Romero - Salvia rosmarinus | arbusto | | 7 |

Tabla 24. Resumen de especies regionales

| Especie | Tipo | Puntaje |
|-----------------------|---------|---------|
| Fresno | Árbol | 16 |
| Tronadora | Arbusto | 16 |
| Trompetilla | Árbol | 15 |
| Oreja de burro | Arbusto | 15 |
| Palo loco | Arbusto | 14 |
| Zacatón | Arbusto | 13 |
| Conchita | Arbusto | 13 |
| Encino de asta | Arbusto | 12 |
| Pascuita | Arbusto | 12 |
| Agave | Arbusto | 12 |
| Bugambilia | Arbusto | 8 |

Tabla 25. Especies con función social alta (especies aplicables al contexto urbano, ya sea como proveedoras de sombra o como barrera, las mismas presentaron una puntuación mayor a 10).

| Especie | Tipo | Puntaje |
|-----------------------|---------|---------|
| Fresno | Árbol | 16 |
| Tronadora | Arbusto | 16 |
| Encino de asta | Árbol | 12 |

| | | |
|-------------------------|---------|----|
| Agave | Arbusto | 12 |
| Cooperleaf | Arbusto | 11 |
| Hierba de fuente | Arbusto | 11 |
| Árnica de raíz | Arbusto | 10 |

Tabla 25. Resumen de poca resistencia a inundaciones

| Especie | Tipo | Puntaje |
|--------------------|-------------|----------------|
| Fresno | Árbol | 16 |
| Tronadora | Arbusto | 16 |
| Trompetilla | Arbusto | 15 |
| Palo loco | Arbusto | 14 |
| Lavanda | Arbusto | 14 |
| Duranta | Arbusto | 13 |
| Conchita | Arbusto | 13 |
| Pascuita | Arbusto | 12 |
| Romero | Arbusto | 7 |

Tabla 26. Especies con baja demanda de agua

| Especie | Tipo | Puntaje |
|-----------------------|-------------|----------------|
| Fresno | Árbol | 16 |
| Tronadora | Arbusto | 16 |
| Trompetilla | Arbusto | 15 |
| Oreja de burro | Arbusto | 15 |
| Duranta | Arbusto | 13 |
| Conchita | Arbusto | 13 |
| Encino de asta | Árbol | 12 |
| Agave | Arbusto | 12 |

Tabla 27. Especies con soporte a la biodiversidad

| Especie | Tipo | Puntaje |
|-----------------------|-------------|----------------|
| Fresno | Árbol | 16 |
| Tronadora | Arbusto | 16 |
| Trompetilla | Arbusto | 15 |
| Palo loco | Arbusto | 14 |
| Lavanda | Arbusto | 14 |
| Encino | Árbol | 12 |
| Pascuita | Arbusto | 12 |
| Árnica de raíz | Arbusto | 10 |
| Rocío | Arbusto | 10 |
| Hemerocalis | Arbusto | 10 |
| Bugambilia | Arbusto | 8 |

Capítulo 10. Conclusiones

El desarrollo sostenible de las ciudades se refleja en aplicación de instrumentos de planeación que permiten adaptarse y mitigar efectos del crecimiento urbano y del cambio climático, en este sentido la I.V. es un ejemplo de instrumento que permite la solución de problemas físicos-sociales y urbanos como la gestión de aguas pluviales, mitigación del calor, reducción de huella de carbono , regulación climática, reducción de contaminantes, entre otros. La creación de redes verdes y azules podría convertir gradualmente a Tacubaya en una microcuenca donde sistemas de infiltración permitirán un manejo hídrico sostenible en sus diferentes zonas (cuerpos de agua, jardines conectados mediante calles y transporte colectivo).

Si bien la vocación hídrica del sitio y la preexistencia de instrumentos de planeación urbana como lo es el SAC son puntos a favor para la implementación de estrategias como la I.V. existen también debilidades inherentes a la naturaleza propia del sitio. La principal debilidad que se logró identificar es la necesidad de reubicar el comercio informal, reordenar el transporte colectivo y permitir un mejor manejo de los residuos que en él se generan lo cual requiere de acuerdos entre los distintos actores involucrados. Por otra parte, tomando en cuenta la topografía, la velocidad de las escorrentías es una característica que puede producir daños a las viviendas aledañas que a su vez está expuesta a la contaminación del cauce de los ríos originada por el aumento de la mancha urbana.

Cabe añadir que los problemas sociales y ambientales (debilidades y amenazas) de la zona deberán ser resueltos a partir de propuestas presentadas por los actores que se identificaron: SEDUVI, los Despachos de Arquitectura, la Secretaría de Seguridad Ciudadana, la Secretaria de Movilidad, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, la Secretaria del Medio Ambiente y los Habitantes de la Ciudad de México, Secretaría de Obras y Servicios. Si bien SEDUVI, SEMOVI, SEDEMA, SACMEX , la SEOBSE y las Consultorías deberán está a cargo de la gestión de cada proyecto o propuesta, la participación de cada uno de los actores

será fundamental en la materialización de los proyectos, así como en la solución de problemáticas en los cuatro ejes fundamentales: agua, movilidad, espacio público y biodiversidad. A partir de los acuerdos generados por cada uno de ellos, el espacio público en Tacubaya será más resiliente, es decir podrá sobreponerse a los momentos críticos a medida que los actores involucrados lleven a la práctica las políticas públicas propuestas, resuelvan los problemas latentes en los cuatro ejes antes mencionados y se coordinen unos a otros en el proceso. Con fundamento en lo anterior se propicia lo que en teoría se ha mencionado: generar resiliencia y producir trayectorias sostenibles en donde la solución de un barrio influya de manera positiva o negativa en las zonas cercanas.

Si consideramos la calle completa como uno de los conceptos propuestos desde el marco teórico de la I.V. debemos considerar la unión de elementos como jardines infiltrantes, espacios dedicados al peatón y al ciclista, así como integración de biodiversidad. En relación con este último punto se realizó una propuesta de I.V. sobre el eje Parque Lira, sobre el cual se propone una paleta vegetal, respecto a la misma se profundizó sobre el conocimiento de especies vegetales aplicando la herramienta Cgreensoup propuesta por Radhakrishnan et al (2019). A su vez se propuso la inclusión de especies en los jardines infiltrantes de Tacubaya desde tres perspectivas: los jardines ornamentales, la xerojardinería y los jardines de Bioretención, lo anterior con el fin de añadir valor funcional a los mismos, es decir reducir su consumo hídrico por un lado (xerojardinería) y por otro permitir la absorción de nitratos y el tratamiento del cauce. Las especies ornamentales y de xerojardinería elegidas a partir de la bibliografía existente se encuentran disponibles en los invernaderos locales, lo cual reduce el costo de su traslado y mantenimiento, por otra parte, la disponibilidad de las especies de bioretención es limitado.

Aplicando la herramienta Cgreensoup se seleccionaron 14 especies cuyos resultados de la evaluación permitieron clasificarlas en 5 grupos principales debido a su alto valor en términos de sostenibilidad, así se obtuvieron especies regionales, especies con función social alta, especies poca resistencia a

inundaciones, especies con baja demanda de agua y especies con soporte a la biodiversidad. En base a lo anterior es posible considerar dentro de Tacubaya el diseño de jardines con especies como el Fresno, la Tronadora, la Trompetilla, el Palo Loco, la Lavanda, el Encino la Pasquita, la Árnica de raíz, el Rocío, el Hemerocalis, la Bugambilia, la Duranta o el Agave por mencionar algunos, jardines que tendrían alto valor en términos sostenibles. La evaluación de cada especie representa un aporte al conocimiento científico relacionado a las especies vegetales posibles de introducir, así como la posibilidad de mejorar la calidad de la composición de los jardines.

En síntesis, la propuesta de I.V. en Tacubaya contribuye a mitigar y adaptarse a los efectos del crecimiento urbano a la vez que se fortalecen las relaciones socio-ecológicas que fueron fragmentadas por las obras de infraestructura gris en años anteriores. Tomando en cuenta la teoría y los resultados del presente documento se da fundamento para generar cambios en Tacubaya a partir de los 4 ejes principales de la I.V.: agua, movilidad, espacio público y biodiversidad. En materia hídrica se generaría mayor superficie permeable, en materia de movilidad se permitiría la conexión de puntos de desarrollo en la zona oriente de la Ciudad de México; en materia de espacio público se generarían espacios de convivencia y por último en materia de biodiversidad se amplía el conocimiento sobre la misma para incluir, conservar y ampliar las especies vegetales que puedan incluirse en la paleta vegetal de las propuestas.

Concluyendo, cada uno de los pasos que se realizaron en la investigación acercan a resolver las necesidades que surgen de los problemas socioambientales de una ciudad tan compleja como la Ciudad de México y permiten visualizarla en el contexto específico de Tacubaya. La propuesta será más tangible si existe la coordinación entre los actores involucrados, si se consideran las debilidades y amenazas del sitio y si se impulsan las oportunidades y fortalezas, de esta manera se estarán dando pasos grandes en materia de sostenibilidad. Dicho lo anterior, hablar de sostenibilidad, implica construir conciencia ambiental en la ciudad que involucre a las instituciones gubernamentales y se vea reflejado en inversión

pública o privada para fomentar estrategias de planeación que ayuden a minimizar los problemas en beneficio de los ciudadanos.

Anexo 1

Contexto urbano.

Contexto: Av. Parque Lira como eje central de la Colonia Tacubaya

En el siglo XVII, la Avenida Parque Lira (Figura 21.) era conocida como la Calle Torres Torrija; su traza conecta con el Bosque de Chapultepec, el antiguo camino de Madereros (Constituyentes) y con los diferentes centros urbanos que surgieron a lo largo de las vías de comunicación, sistema urbano que comienza a formarse desde el siglo XVIII (Bustamante et al, 1999) y que se consolida durante el siglo XIX. En 1836, Tacubaya se convierte en una zona de crecimiento económico e intercambio comercial dentro de la Ciudad de México. Sin embargo, tal crecimiento urbano y poblacional del siglo XIX sustituyó las fincas y templos por comercios y edificios habitacionales de grandes dimensiones, lo que si bien refleja los procesos socioeconómicos de Tacubaya también son causa del aumento de vulnerabilidades tanto físicas como sociales (necesidad de nodos de comunicación, fragmentación del espacio público, incremento de demanda del recurso hídrico y pérdida del paisaje histórico).

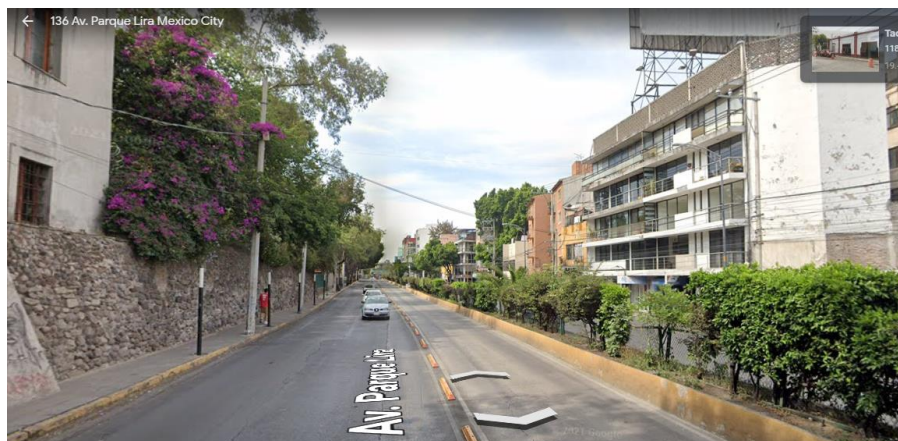


Figura 44. Avenida Parque Lira. Fotografía tomada de Google Earth



Figura 45. Avenida Parque Lira. Fotografía tomada de Google Earth

La necesidad de mejorar la infraestructura urbana de la Avenida Parque Lira lleva a considerar la ubicación de un Ecoducto a lo largo de la misma, lo cual permite recordar los acueductos que se localizan al norte de la ciudad; a su vez se consideran como infraestructuras que permiten la retención y almacenamiento hídrico, recurso con el cual se pueda realizar el riego de las áreas verdes nuevas y existentes. A su vez se podrían implementar estrategias como Jardín Microcuenca, Jardín de Lluvia, Drenaje Francés, Pozos de Infiltración y Pavimentos Permeables, Jardines a lo largo de quince mil 100 metros cuadrados.

Zona Sur de Tacubaya: posibilidad para mejora de biodiversidad en Viaducto Miguel Alemán la Piedad

El Viaducto Miguel Alemán fue planeado por el arquitecto Carlos Contreras e inaugurado en septiembre de 1950; atraviesa la Ciudad de este a oeste y en su centro se encuentran entubados los ríos Tacubaya y Becerra. Sobre el Viaducto se construyó el Ecoducto Río de la Piedad como un parque lineal de 4 mil 800 metros

cuadrados de vegetación que favorecen la producción de oxígeno, en una ciudad que necesita todavía más espacio público. El Ecoducto también funciona como depurador de aguas residuales que serán extraídas del Río de la Piedad, y se tratarán a través de un sistema de humedales artificiales y biodigestores, de los que se ultiman detalles de construcción, para convertir 30 mil litros diarios en aguas tratadas que serán utilizadas para riego. (mxcity, 2019)



Figura 46. Viaducto La Piedad. Fotografía tomada de Google Earth

A lo largo del Viaducto Miguel Alemán se han plantado especies locales e introducidas que permiten la captura de dióxido de carbono, así como la infiltración de agua pluvial; uno de los retos que se identifican es la mejora de la composición y disposición del paisaje permitiendo la diversidad biológica (especies xerófitas y especies con función específica).

Anexo 2

Criterios para la evaluación de especies vegetales

En base a la herramienta Cgreenoup, existen 10 criterios para evaluar las especies, los cuales se describen a continuación.

11. Estética: se refiere a las características como color y forma que dan mayor o menor atractivo a la especie. La puntuación se define entre 1 y 3: siendo 3 el mayor atractivo y 1 el menor.

Tabla 24. Criterios de estética

| Criterio | Puntaje | Descripción de puntaje |
|-----------------|---------|--|
| Menos atractiva | 1 | monocromático, principalmente verde y pasto plano, sin floración o características irregulares |
| Atractiva | 2 | floración estacional (flores pequeñas) y características notables, p. hojas ornamentales, crea atractivas formas y formas (patrón de crecimiento, como escaladores o pelos de punta) |
| Muy atractiva | 3 | plantas y árboles decorativos, p. flores y hojas ornamentales, floración independiente del tiempo /perenne |

12. Dañino para el humano: indica si la planta presenta características que puedan dañar al usuario, como espinas o causa de alergia.

Tabla 25. Criterios dañinos para el humano

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|----------|---------|---|---|----------------|
| Produce | -1 | o | 1 | si = -1, no= 1 |

| | | | | |
|---|----|---|---|----------------|
| espinas | | | | |
| Causa alergias o es tóxico para los humanos | -1 | 0 | 1 | si = -1, no= 1 |

13. Plagas e insectos, indica si la especie es receptora de plagas y patógenos, atribuyendo un valor binario 1 para si y -1 para no.

Tabla 26. Criterios de plagas e insectos

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|--------------------------------|---------|---|---|----------------|
| Plagas e insectos | | | | |
| Receptor de plagas y patógenos | -1 | 0 | 1 | si = -1, no= 1 |

14. Función social, indica si la planta es aplicable al paisaje.

Tabla 27. Criterios de función social

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|--|---------|---|---|--|
| Provee sombra o puede ser usada como barrera | 0 | 0 | 1 | si= 1, no = 0 |
| Aplicación en paisaje | 1 | 0 | 2 | aplicación única en parques, jardines o caminos = 1, amplia aplicación incluyendo caminos= 2 |
| Fuente de alimento o medicina | 0 | 0 | 1 | si= 1, no = 0 |

15. Resistencia a inundaciones. Resistencia de la especie vegetales a niveles fluctuantes de agua.

Tabla 28. Criterios de Resistencia a inundaciones

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|---|---------|---|---|----------------|
| Se adapta a niveles de agua fluctuantes | -1 | 0 | 1 | si = -1, no= 1 |

16. Mejora la calidad ambiental. Se refiere a la capacidad de la especie de remover el nitrógeno, así como indica si la especie es nativa o no.

Tabla 29. Criterios de mejora de calidad ambiental.

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|--------------------------------|---------|---|---|-----------------|
| Remoción de nitrógeno | 0 | | | menos del 45% |
| | 1 | | | entre 45% y 85% |
| | 2 | | | más del 85% |
| Especie nativa | | | | |
| ¿Es especie nativa de la zona? | -1 | 0 | 1 | si = -1, no= 1 |

17. Soporte a la biodiversidad, indica si la especie atrae o no polinizadores.

Tabla 30. Criterios de soporte a la biodiversidad.

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|--|---------|--|--|-----------------------|
| Fauna asociada: capacidad de atraer y mantener fauna local | 1 | | | apoya la polinización |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | 2 | | | apoya la polinización, comida de orugas y otros insectos |
| | 3 | | | apoya la polinización, comida de insectos, pájaros y mamíferos |

18. Mala hierba ambiental; identifica la especie como una hierba ambiental.

Tabla 31. Criterios de mala hierba ambiental.

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|---------------------------------------|---------|---|---|----------------|
| Se reconoce como una hierba ambiental | -1 | 0 | 1 | si = -1, no= 1 |

19. Demanda de agua: define los requerimientos de agua.

Tabla 32. Criterios de demanda de agua.

| Criterio | Puntaje | | | Descripción |
|----------|---------|--|--|-------------|
| Alta | 1 | | | Abundante |
| Moderada | 2 | | | Moderada |
| Baja | 3 | | | Pequeña |

20. Cuidado periódico, indica la necesidad de mantenimiento.

Tabla 33. Criterios de cuidado periódico.

| Criterio | Puntaje | Descripción |
|----------|---------|-------------|
|----------|---------|-------------|

| | | | | |
|--------|---|--|--|---|
| bajo: | 2 | | | Estacionalmente (1-2 veces / año) caen hojas/flores/frutos, requieren poda y otros cuidados, son resistentes a variación de clima (sequía e inundaciones) |
| medio: | 1 | | | propensas a dejar caer hojas con frecuencia, sensible a las variaciones climáticas (inundaciones y sequía, requieren frecuentes poda/siega/revitalización, fertilizante |
| alto: | 0 | | | requiere cuidado extra, riego, fertilización, sensible al contenido de nutrientes del suelo, poda frecuente / siega/revitalización |

Bibliografía

Alarcón, Y. (2019) *Fundamentos para el diseño ecológico-paisajístico: El Pedregal de San Ángel en Cd. Universitaria*. Ciudad Universitaria.

Avison, D. E.; Golder, P. A.; Shah, H. U. (1992). "Towards an SSM toolkit: rich picture diagramming". *Eur J Inf Syst.* 1 (6): 397–408.

Barton, J. R. (2006). *Sustentabilidad urbana como planificación estratégica*. Santiago de Chile: Revista Eure.

Bitacora (2010), *Número conmemorativo*, número 21, Revista de la Facultad de Arquitectura.

Bustamante, M., García, G., (1999) *Tacubaya en la memoria*, Gobierno de la Ciudad de México. Consejo de la Crónica de la Ciudad de México.

Camarena et al, 2010. *Xerojardinería. Guía para el diseño de los jardines de Ciudad Universitaria*. UNAM.

Camarena et al, 2011. *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México*. UNAM.

Castillo et al, 2007, *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos Florísticos y Ecológicos*. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM

City of Tucson, Arizona. Green Streets. *Tucson: City of Tucson: Department of transportation, Engineering Division*, (2013). —. Landscape design guidelines

City of Tucson: Watershed Management Group, (2014). *Infraestructura Verde para Comunidades del Desierto Sonorense*. Watershed Management Group.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2012), *Guía de campo, Árboles comunes de la Ciudad de México*. CONABIO.

Córdova, Ana. (2015). "Introducción a la Infraestructura Verde y oportunidades turísticas en Ciudad Juárez." *Seminario: "La infraestructura verde y el manejo de las aguas pluviales como detonadores del desarrollo económico y turístico"*. Ciudad Juárez: COCEF.

De Urbanisten, Deltares, Autoridad del Espacio Público, (2016), *Hacia una Ciudad de México Sensible al Agua*.

Douglas, I., 2015, *Ecosystems and Human Well-Being, The Basic Material for a Good Life, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Millennium Ecosystem Assessment

Eakin, H., Bojórquez-Tapia, L. A., Janssen, M. A., Georgescu, M., Manuel-Navarrete, D., Vivoni, E. R., ... Lerner, A. M. (2017). *Opinion: Urban resilience efforts must consider social and political forces*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(2), 186–189.

Elmqvist et al. (2019). *Sustainability and resilience for transformation in the urban century*. *Nature Sustainability* 2, 267-273.

F. Hunt, W., Lord B., Loh B., Sia, A., (2015) *Plant Selection for Bioretention Systems and Stormwater Treatment*.t SpringerOpen.

- Gómez et Cardenas. (2015). *Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica*. Open Edition Journals.
- Kates et al. (2001). *Sustainability Science*. Science, New Series, pp. 641,642.
- Lang, J., Marshall N., (2017). *Urban Squares as places, links and displays, Successes and Failures*. Routledge
- Lankao, P. R. (2010). *Water in Mexico City: what will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities*. Environment & Urbanization.
- Lot et al. (2009), *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- M. S. Singh, Z. Kuang, E. D. Maloney, W. M. Hannah, and B. O. Wolding, (2017), *Increasing potential for intense tropical and subtropical thunderstorms under global warming, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Vol. 114 (42)..
- Maldonado, C., (2005), Vol VI. *Tacubaya, pasado y presente*. Colección Ahuehuate
- Meza et Moncada. (2010). *Las áreas verdes de la Ciudad de México. Un Reto actual*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol. XIV, num 331(56), 741-98.
- National Research Council (1999) *Our common journey: a transition toward sustainability*. National Academy Press, Washington
- Oficina de Resiliencia CDMX,2016, *Estrategia de Resiliencia CDMX, Transformación adaptativa, incluyente y equitativa*. SEDEMA
- Oficina de Resiliencia Urbana et al (2018). *Estrategia de Gestión Hídrica para el SAC Tacubaya*. Ctsembarq, México.
- Ostrom, E. (2009). *A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems*. Science.

Pacheco Miranda, S., (2014) *Tacubaya. De suburbio veraniego a ciudad*, primera reimpresión, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 2014,

Peñúñuri, M, G., Hinojosa M.C., (2019), *Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos*. IMPLAN Hermosillo

Quiroz, D.E., (2018). *Implementación de Infraestructura Verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en Ciudades Mexicanas, Hoja de Ruta*. SEDATU/SEMARNAT/GIZ.

Radhakrishnan, M., I. Kenzhegulova, M.G. Eloffy et al, (2019). *Sustainable Production and Consumption*, Elsevier 20, pp 316-325.

Sánchez Almanza, A., 2012 *La evolución de la Ciudad de México factores para el desarrollo social*. Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal.

Sobrino, J. G. et al. (2018). *Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa*. UNFPA México

Spangenberg, J., 2011. *Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons*. Environmental Conservation 38 (3): 275-287

Wu, J., 2013, *Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes*, Springer Science+Business Media Dordrech 2013.

Carrión,M, 201

Sitios de internet

BBC Noticias. 2012. El “árbol de la vida en peligro”. BBC Noticias. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/11/121122_fresno_amenaza_am

Carrillo de Albornoz et al. 2015. *Simbolismo de el fresno*. Biblioteca Nueva Acrópolis. <https://biblioteca.acropolis.org/simbolismo-de-el-fresno/>

Ecured contributors, 2015. *Bugambilia*. Ecured. <https://www.ecured.cu/Bugambilia>

EcuRed contributors, 2021. *Fresno*. Ecured <https://www.ecured.cu/Fresno>

Estupiñan et al. 2020. *Combatiendo la plaga que ataca la planta de Duranta de la sede Guayabal. Enjambre.*
<http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/132709#:~:text=Entre%20los%20animales%20que%20ha,plaga%20permanece%20en%20la%20planta.>

Ezcurra, E et al., 2007. *La Ciudad de México: entre la vulnerabilidad ambiental y la sustentabilidad.* Universidad Autónoma Chapingo.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212008000300011

Ezcurra, E. et al., 2021. *Problemas ambientales en la ciudad de México.* Revista ciencias UNAM. <https://www.revistacienciasunam.com/es/169-revistas/revista-ciencias-21/1519-problemas-ambientales-en-la-ciudad-de-m%C3%A9xico.html>

Galindo-García et al, 2018. *Manual de caracterización agronómica de Pascuíta.* Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
<http://investigacion.uaem.mx/archivos/epub/manual-pascuita/manual-pascuita.pdf>

<https://ecocosas.com/plantas-medicinales/fresno/> Alarcon-Aguilar F, et al. 2006. *Tronadora.* Utep. <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/tronadora.html>

Infobae, 2020. La Ciudad de México perdió 18.7 kilómetros de áreas verdes en ocho años. Infobae <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/10/01/la-ciudad-de-mexico-perdio-187-kilometros-de-areas-verdes-en-ocho-anos/>

ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara, 2020. *Encino de hasta.* ITESO.
https://iteso.mx/web/general/detalle?group_id=13136454

Laboratorio de Plantas Vasculares. 2010. *Bouvardia Ternifolia.* Facultad de Ciencias, UNAM.
http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/bouvardia_ternifolia.html

Laboratorio de Plantas Vasculares. 2010. *Senecio Praecox,* Facultad de Ciencias, UNAM.
http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/senecio_praecox.html

Mannise, R., 2019. Fresno. Propiedades, beneficios y contraindicaciones. Ecocosas <https://ecocosas.com/plantas-medicinales/fresno/>

Martínez, C., 2017. *Propiedades medicinales de la tronadora.* Mundo deportivo. <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/salud/articulo/propiedades-medicinales-de-la-tronadora-43007.html>

Otero, 2020. *Plagas y enfermedades de la Lavanda: Guía completa con fotos.* AgroHuerto. <https://www.agrohuerto.com/plagas-enfermedades-lavanda/>

- Portillo, G., 2020. *Fresno común (Fraxinus excelsior)*. Jardinería On. <https://www.jardineriaon.com/fraxinus-excelsior.html>
- Proyectos Wikimedia, 2021. *Duranta*. Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Duranta>
- Savina, A., 2020. *Complete Stakeholder Mapping Guide*. Miro. <https://miro.com/blog/stakeholder-mapping/>
- Tenorio, 2001. *Trompetilla Bouvardia ternifolia (Cav.) Schltl.* CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/bouvardia-ternifolia/fichas/pagina1.htm>
- Wikidata, 2021. *Lengua de Conejo. Echeveria pulvinata*. Naturalista. <https://www.naturalista.mx/taxa/282758-Echeveria-pulvinata>
- Wikipedia, 2021. *Pittocaulon praecox*. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Pittocaulon_praecox
- WikiCity, 2020. *Río Tacubaya*. WikiCity. https://www.wikicity.com/Rio_Tacubaya