



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

INFRAESTRUCTURA VERDE. MÉTODO PARA LA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES
EN ZONAS URBANAS. CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑOSO, PUEBLA, PUE.

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

PRESENTA

UDA. EDUARDO GIBRAN BOLAÑOS CARRERA
ID 218470343, CVU 919418

DIRECTORA: DRA. JULIA JUDITH MUNDO HERNÁNDEZ
ID 100467500, CVU 37167

CODIRECTORA: DRA. GLORIA CAROLA SANTIAGO AZPIAZU
ID 100128911, CVU 73344

ASESORA: DRA. NORMA LETICIA RAMÍREZ ROSETE
ID 100443088, CVU 224288

ASESORES EXTERNOS:

DR. VÍCTOR MANUEL MARTÍNEZ LÓPEZ ID 100018856, CVU 163497

DR. PEDRO MARTÍNEZ OLIVAREZ CVU 496888

PUEBLA, PUE. 2020



AGRADECIMIENTOS

Particularmente quiero agradecer a mis directoras Dra. Julia Mundo y Dr. Gloria Carola, quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron en el desarrollo de este trabajo de investigación y las etapas que me llevaron a tener este resultado.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme los recursos financieros en la beca de maestría, para llevar a cabo esta investigación. Finalmente, agradecer a mis compañeros y a mi familia por el apoyo brindado en estos dos años.

INDICE

INTRODUCCIÓN	4
Planteamiento del Problema	6
Pregunta de investigación	8
Hipótesis	8
Objetivos	8
General	8
Específicos	9
CAPITULO I. IMPORTANCIA DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN LA PLANEACIÓN URBANA	12
1.1 Cambio climático y sus efectos	12
1.1.1 Inundaciones en zonas urbanas	16
1.1.2 Carencia de espacios verdes	18
1.2 ¿Qué es la infraestructura verde?	19
1.3 Beneficios y aportes de la Infraestructura Verde	25
1.4 Referentes de estudio. Las buenas prácticas de la Infraestructura Verde	27
Ciudad de Estocolmo, Suecia	27
Vitoria Gazteiz, España	30
1.5 Normas y leyes en torno a la gestión de Infraestructura Verde	31
A. Nivel Internacional	32
B. Nivel Nacional	33
C. Nivel Estatal	34
D. Nivel Municipal	34
CAPITULO II CARACTERIZACIÓN URBANO-AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHINGUIÑOSO	38
2.1 Medio Natural Actual	40
2.1.1 Clima	40
2.1.4 Áreas verdes y Vegetación	46
2.1.5 Riesgos y peligros	50
2.2. Medio físico Urbano	53
2.2.1 Zonificación de Usos de suelo	53
2.2.2 Estructura vial	55

2.2.3 Equipamiento y servicios.....	58
2.2.4 Densidad de población y demografía	59
CAPITULO III INUNDACIONES Y CARENCIA DE ESPACIOS VERDES EN COLONIAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHINGUIÑO	62
3.1 Principales puntos de inundación.....	62
3.2 Efectos de las inundaciones	64
3.2.1 Percepción de los afectados por las inundaciones.....	69
3.3 Función de áreas verdes y zonas recreativas	73
<i>Espacios de oportunidad</i>	75
3.3.1 Evaluación ambiental de áreas verdes	77
CAPITULO IV METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA MITIGAR PROBLEMAS AMBIENTALES EN ZONAS URBANAS	83
4.1 Etapa 1 Diagnóstico Integral.....	86
4.1.1 Fase 1 Diagnostico urbano ambiental	86
4.1.2 Fase 2 Determinación de problemas.....	90
4.1.3 Fase 3 Delimitación espacial del área a intervenir.....	91
4.2 Etapa 2 Proceso	92
4.2.1 Fase 1. Análisis de aptitud espacial para el desarrollo de infraestructura verde.....	92
4.2.2 Fase 2 Selección de Infraestructura Verde.....	97
4.2.3 <i>Fase 3 Análisis Normativo y Legal</i>	108
4.3 Etapa 3 Proyecto conceptual- caso practico.....	112
4.3.1 Fase1 Desarrollo de proyecto- Concepto General.....	112
4.3.1.1 Estrategia territorial.....	113
4.3.1.2 Viabilidad financiera	122
4.3.2 Fase 2 Transferencia de proyecto	124
5.4. Aplicaciones de la metodología.....	125
CONCLUSIONES	128
REFERENCIAS	132

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo enfrenta grandes problemas ambientales a causa del cambio climático que han derivado en alteraciones de los ciclos hidrológicos, en diversas zonas del planeta han aumentado las lluvias extremas y en otras se presentan grandes periodos de sequía, esto impacta a muchas ciudades donde se presentan problemas de inundaciones, contaminación de suelos, mala calidad de aire, también se ha puesto en riesgo la seguridad alimentaria por afectaciones en zonas agrícolas (Ojeda, 2018).

En muchas ciudades mexicanas el proceso de expansión urbana se ha desarrollado sin una planeación adecuada a los requerimientos de suelo lo cual ha derivado en la conformación de asentamientos humanos en zonas inadecuadas para el uso habitacional.

En la ciudad de Puebla se encuentra la microcuenca del río Chinguiñoso, perteneciente al sistema del río Atoyac, la cual está dividida en tres partes, cuenca baja, media y alta (ver figura 1), es en la baja donde se identifican al menos tres puntos de inundación que causan diversos daños principalmente económicos y físicos.

Dentro de la microcuenca existe una enorme carencia de espacios verdes y una gran cantidad de suelo gris que anula la permeabilidad del suelo como se muestra en la tabla uno, por lo que el estado actual de la microcuenca es de un gran deterioro ambiental que va en aumento. Mientras tanto que los encargados de la gestión del territorio sugieren acciones de mitigación convencionales¹ que no logran dar solución a estos problemas.

¹ Nos referimos como acciones de mitigación convencionales a las obras publicas de infraestructura gris, como pueden ser obras de ingeniería hidráulica que implican ampliación de diámetros de tuberías o crear mas redes de drenaje sanitario, donde no existe un análisis certero del problema y no se toman en cuenta los aspectos de medio ambiente y del entorno social que contribuyen a las inundaciones de la zona de estudio.

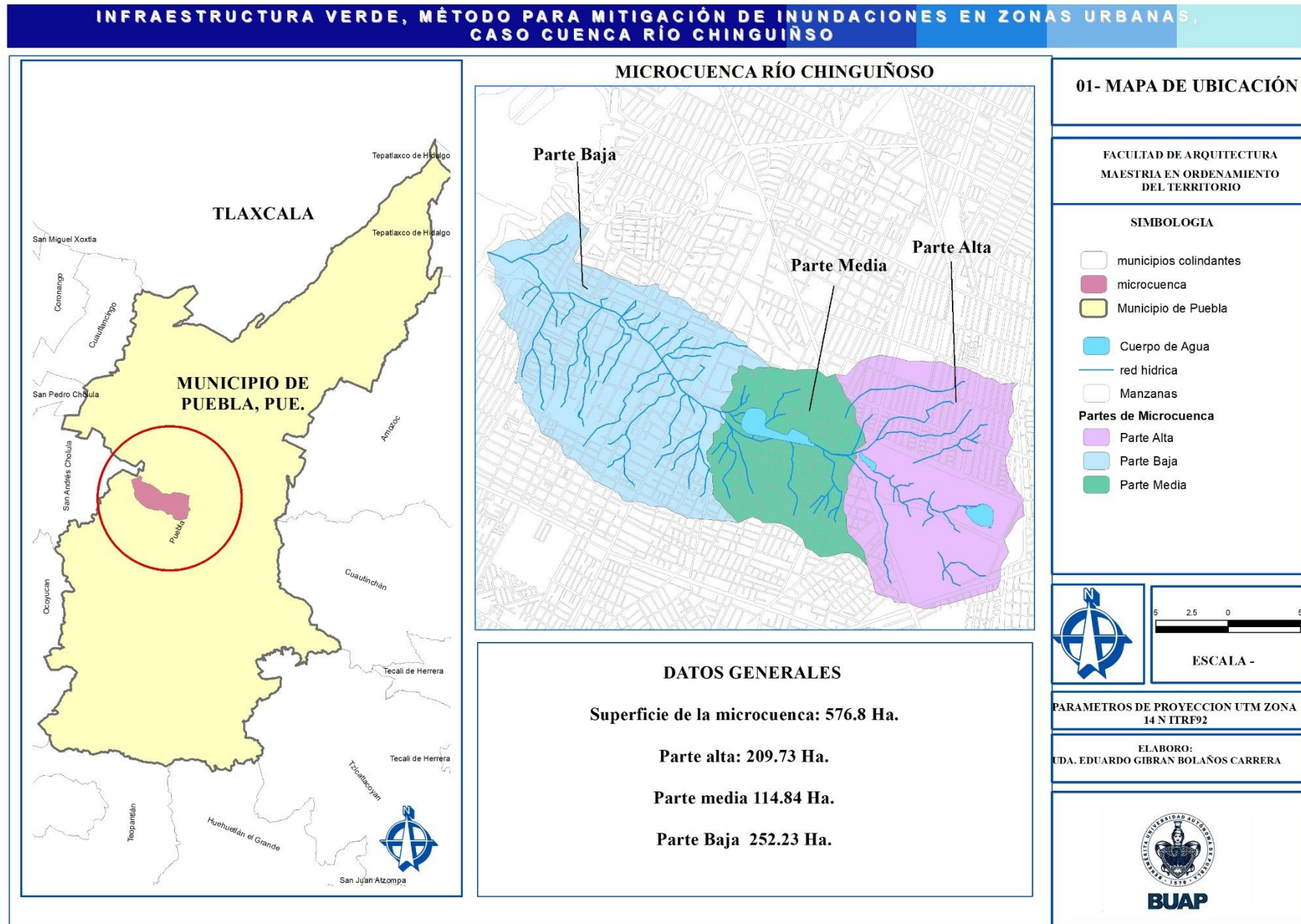


Figura 1. Mapa de Ubicación
Fuente: Elaboración propia.

En años recientes la Infraestructura Verde se ha posicionado como un concepto de planeación territorial que ofrece múltiples servicios ecosistémicos y que ayuda a combatir diversos problemas ambientales, existen variadas definiciones para la infraestructura verde, todas ellas concuerdan en los beneficios ambientales o servicios ecosistémicos que pueda aportar este tipo de infraestructuras dentro de una ciudad.

Algunos autores como Austin (2017) y Calaza (2016), mencionan beneficios más allá de lo ambiental y que puede favorecer el desarrollo urbano y económico. Es por lo que este trabajo de investigación plantea que la implementación de infraestructura verde a partir de una metodología que considere las características sociales, urbanas y ambientales de las microcuencas en zonas urbanizadas, representa una alternativa que contribuye a la mitigación de inundaciones y los impactos que estas generan a la sociedad, a la economía, la movilidad y la salud; y evidentemente al aumento de áreas verdes, componente primordial de la estructura urbana.

Es, por lo tanto, objetivo principal de este trabajo, construir una propuesta metodológica de caracterización y análisis urbano-ambiental para la implementación de Infraestructura Verde en la microcuenca del río Chinguiñoso, que mediante la participación de actores sociales involucrados contribuya a mitigar los problemas de inundación y aumentar la resiliencia ambiental.

Planteamiento del Problema

Durante los últimos años, la ciudad de Puebla ha padecido de constantes inundaciones y encharcamientos en distintas zonas de la ciudad en la temporada de lluvias y huracanes, la cual se desarrollan en verano y otoño. Es en el periodo de mayo a octubre cuando la precipitación alcanza sus niveles máximos salvo los meses de julio-agosto que es cuando se presenta el fenómeno de la canícula o sequía de medio verano. Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019)

En la actualidad una de las zonas con mayor afectación es el área de la microcuenca del río chinguiñoso perteneciente al sistema del río Atoyac. Dentro de esta zona se pueden identificar puntos importantes de afectación por inundaciones (Figura 2),

como es el cruce de la Avenida Margaritas con Avenida Nacional, así como la calle Abasolo en dos cruces el primero con la calle segunda de Benito Juárez, el segundo con calle del bosque.

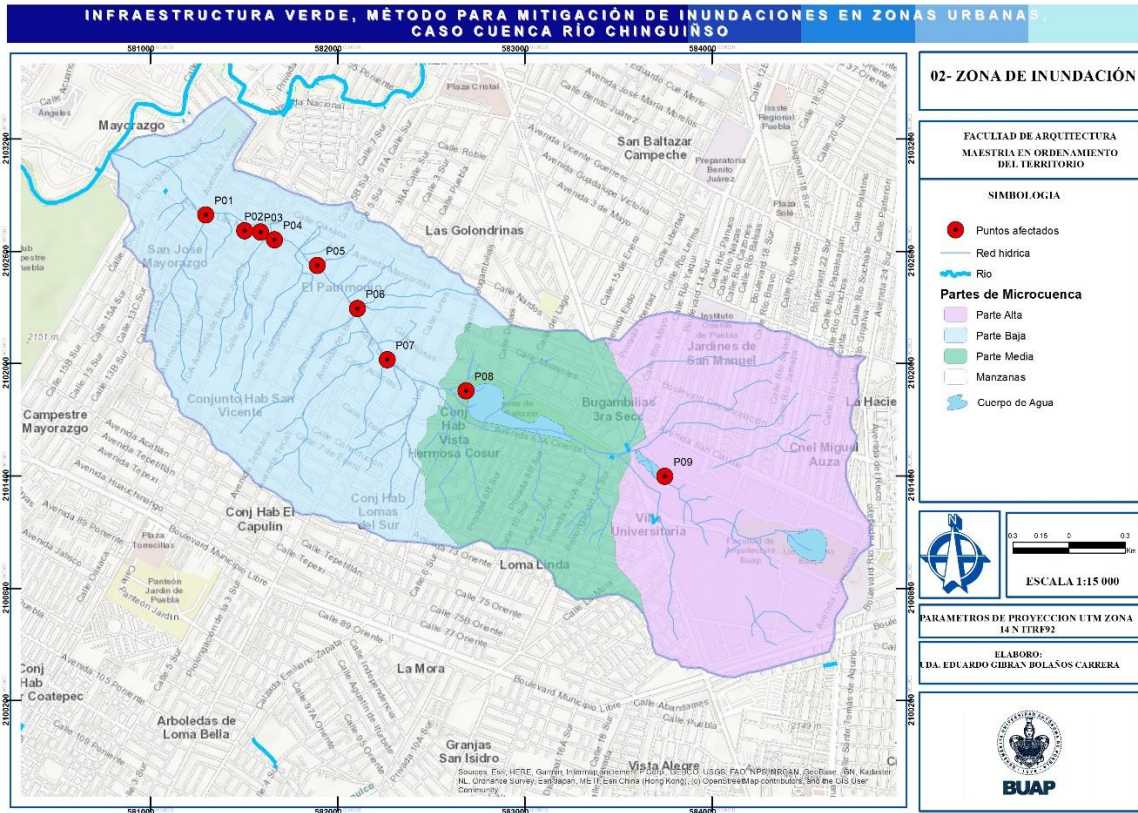


Figura 2. Puntos inundables en la microcuencia
Fuente: Elaboración propia

En los últimos 10 años se ha intensificado esta problemática afectando a gran parte de la población de las colonias aledañas como Mayorazgo, El Paraíso, Leobardo Coca, Patrimonio y Bugambilias causando impactos negativos sobre la dinámica urbana, ya que el nivel de agua ha llegado hasta el metro de altura como sucedió en junio del 2016 de acuerdo con la nota del diario e-consulta (Jimenez, 2016); algunos de estos problemas se dan en la movilidad retrasando los tiempos de traslado y estancando el flujo vehicular, o en lo económico donde las pérdidas materiales en vivienda y comercios son latentes.

Dentro de toda la microcuencia existe una gran carencia de espacios verdes que puedan proporcionar algún beneficio ambiental (figura), y de los pocos espacios

identificados se encuentra los de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) que cabe señalar se ubica en la parte alta de la microcuenca y es también constantemente afectada por las inundaciones.

Por otro lado, durante los últimos cinco años los tres niveles de gobierno con diferentes instancias, secretarías o dependencias han actuado como responsables de la gestión territorial intervenido a través de la realización de obras como la ampliación del diámetro en las tuberías de la red pluvial y la construcción del colector pluvial a cielo abierto “chinguiñoso”. Sin embargo, estas obras no han logrado mitigar los problemas de las inundaciones que año con año se presentan, debido a que no se lleva a cabo una planeación de proyectos integral coordinada entre las diversas instituciones, si no que cada instancia planifica con diferentes criterios.

Pregunta de investigación

¿Qué alternativas ambientales pueden contribuir a la mitigación de los problemas de inundación en las colonias pertenecientes a la microcuenca baja del río Chinguiñoso en la ciudad de Puebla?

Hipótesis

La implementación de Infraestructura Verde en cuencas o microcuencas urbanizadas representa una alternativa de planeación territorial que, a partir de una metodología que considere las características sociales, urbanas y ambientales, contribuye a la mitigación de inundaciones urbanas y al aumento de áreas verdes como recurso de permeabilidad en la estructura urbana y para la provisión de servicios ecosistémicos.

Objetivos

General

Construir una propuesta metodológica para la implementación de infraestructura verde en la microcuenca del río Chinguiñoso, a partir de su caracterización y análisis urbano-ambiental, y de la participación de actores sociales involucrados para mitigar

los problemas de inundación, aumentar el número de áreas verdes la capacidad de resiliencia medio ambiental.

Específicos

- Explicar el desarrollo del concepto de la Infraestructura Verde y los aportes que tienen en la planeación territorial, en materia de problemas ambientales como las inundaciones en zonas urbanas, así como los servicios ecosistémicos que genera.
- Enunciar el marco jurídico en torno a la aplicación de la Infraestructura Verde en los diferentes niveles de planeación.
- Identificar las causas que generan las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso a través de una caracterización de sus condiciones físicas, urbanas y ambientales.
- Incorporar la perspectiva del sector social afectado por las inundaciones, y hacerlo participe en las soluciones que se determinen en el método propuesto.
- Construir una propuesta de diseño conceptual de infraestructura verde basada en los resultados obtenidos del desarrollo metodológico.
- Establecer lineamientos y recomendaciones para la gestión social del proyecto de implementación de infraestructura verde de la microcuenca del río chinguiñoso.

La zona de estudio es el sistema del afluente “Chinguiñoso” perteneciente al río Atoyac, este sistema tiene una longitud aproximada de 3.5 km iniciando en la laguna de San Baltazar y terminando en el río Atoyac. En esta zona el proceso de urbanización ha interferido en la dinámica natural del sistema provocando diversos impactos ambientales que han propiciado en la microcuenca un estado de deterioro ambiental.

Así, las instituciones responsables de la gestión del territorio han tenido una gran dificultad técnica y de coordinación para la elaboración de propuestas que resuelvan el problema de inundaciones, hasta ahora las propuestas que se han tenido son totalmente técnicas con soluciones de infraestructura gris y no integran la

participación social ni se toman en cuenta las condiciones naturales de la microcuenca.

Es por ello que las obras que se han hecho no representan una solución, mientras que las afectaciones a la población siguen latentes, por lo tanto, resulta urgente explorar alternativas en la planeación del territorio que logren contribuir a la mitigación de los problemas de inundación, así como a la recuperación ambiental de la microcuenca.

En este trabajo se estudia como alternativa a la Infraestructura Verde, el cual es un concepto poco explorado en nuestro país y que representa una solución innovadora, dinámica y sencilla que aborda las cuestiones relativas a la gestión del suelo, agua y la vegetación. Desde el punto de vista espacial aporta múltiples beneficios que ya han sido comprobados en ciudades como Copenhague en Dinamarca o San Francisco California en los E.U. donde se planifica con esta infraestructura.

La Infraestructura Verde resulta entonces, una alternativa para mitigar impactos al medio ambiente como las inundaciones en zonas completamente urbanizadas y con deterioro ambiental, tal como sucede en la microcuenca del río Chinguiñoso, por lo que es fundamental integrar este concepto a la planeación territorial del municipio, de esta manera se lograría contribuir a la mitigación de impactos e incluso desarrollar la capacidad de resiliencia ambiental ante los efectos de la urbanización y el cambio climático.

Es por ello que la metodología de esta investigación se trabajó mediante técnicas de investigación mixta, lo que implicó realizar un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cualitativos y cuantitativos para aprovechar las fortalezas de ambos tipos de indagación. R.Sampieri (2014, P. 532)

En esta investigación se han utilizado las siguientes técnicas:

- Observación como participante
- Entrevista semiestructurada

La primera técnica que se empleó es el de Observador como Participante, de acuerdo con los tipos de observación que propone Bufford Junker (1906) citado por Álvarez (2003, p.89). En este método el investigador solo cumple la función de observar durante periodos cortos y puede involucrarse con algún sector para lograr una mejor comprensión.

En la microcuenca, se identificaron diversos grupos, sectores y actores involucrados en los problemas de inundaciones, por lo que se optó en solo realizar la observación y no relacionarse con un grupo específico.

La segunda técnica fue la entrevista semiestructurada, que para Steinar Kvale (1996, p. 6) citado por Álvarez (2003a, pp.109-113) es “la entrevista en la investigación cualitativa que consiste en obtener descripciones del mundo de vida del entrevistado respecto a la interpretación de los significados de los fenómenos descritos”. Se deduce que es la mejor forma de conocer los puntos de vista en torno a las inundaciones por lo que ésta se aplicó a un grupo específico de personas, concretamente a quienes se encargan de la gestión territorial y que han sido partícipes en los proyectos para mitigar las inundaciones.

Como instrumento de apoyo se utilizó un cuestionario mixto con preguntas cerradas y abiertas, para obtener datos puntuales es muy efectiva ya que la información se extrae de manera sencilla en preguntas cerradas. En cuanto a las preguntas abiertas fueron el complemento de ciertos temas donde se pretenden integrar postulados teóricos, opiniones o ideas, este instrumento se aplicó a los habitantes que resultan afectados directamente ya sea por inundaciones en su calle o por pérdidas económicas en sus viviendas.

CAPITULO I. IMPORTANCIA DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN LA PLANEACIÓN URBANA

En este capítulo se exponen los problemas urbanos que se padecen actualmente por el cambio climático, así como los impactos que genera en el medio ambiente y la manera en que repercuten en la forma de vida de la población, particularmente las inundaciones en ciudades. También se analizan las medidas que se han tomado para contrarrestar estos impactos y sus efectos. Asimismo, se hace un análisis del concepto de Infraestructura Verde, su origen y evolución conceptual, los beneficios que aporta al medio ambiente y cómo contribuye a la resiliencia ambiental exponiendo para ello algunos casos de aplicación en ciudades.

Finalmente se revisan tanto a nivel local como internacional, los instrumentos legales y normativos que sirven para la aplicación de la Infraestructura verde, observando también algunos casos de aplicación por parte de algunos sistemas de gobierno.

1.1 Cambio climático y sus efectos

El Cambio Climático “Se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad del clima observada durante periodos de tiempo comparables” Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio climático (CMNUCC, 1992 P.3)

En ese entendido, el hombre en su proceso evolutivo y por diversas acciones ha contribuido a este cambio en el clima y se podría afirmar que el cambio climático es quizá el principal desafío global al que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI, este fenómeno se encuentra en estrecha relación con las actividades económico-industriales que a través de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)²

² GEI.-Siglas de Gases de Efecto Invernadero.- Son Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y Antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero.

intensifican el calentamiento global y los desequilibrios meteorológicos a nivel mundial.

Desde el siglo pasado se ha estudiado al cambio climático desde una perspectiva macro ecológica, y fue así como se comenzaron a realizar estudios y evaluaciones de las actividades humanas desde las ciencias de la sustentabilidad que buscaban guiar a las naciones hacia un desarrollo sostenible, como lo hizo la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la cual comenzó a trabajar en crear instrumentos que guíen a los países miembros a la reducción de gases contaminantes.

El primer paso para tratar de revertir el problema de la emisión de gases contaminantes se dio en 1992 con la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC), y en 1995 los países iniciaron las negociaciones para fortalecer la respuesta mundial al cambio climático y; dos años después, adoptaron el Protocolo de Kyoto, el cual, obliga jurídicamente a los países desarrollados que son parte de las naciones unidas a cumplir las metas de reducción de las emisiones.

Para el año 2015 se firmaría el acuerdo de Paris, que basado en CMNUCC, agrupa a todas las naciones bajo una causa común: realizar esfuerzos con el objetivo de combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos, brindando mayor apoyo para ayudar a los países en desarrollo a que lo hagan. Finalmente, en septiembre de 2015 se aprobó la agenda 2030 donde se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los que, particularmente el objetivo 13 de acción por el clima pretende hacer frente al cambio climático. Agenda 2030 Para El Desarrollo Sostenible (2015).

Actualmente el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) es la institución encargada de realizar las evaluaciones sobre los efectos que genera este fenómeno. Creado en 1988 por la Organización meteorológica Mundial y el programa de la ONU para el medio ambiente, el IPCC elabora informes y documentos técnicos que son fundamentales para la elaboración de políticas para el combate al cambio climático, está

conformado por una sociedad de científicos que estructuran su organización en tres grupos de trabajo con los siguientes objetivos:

1. Evaluar aspectos científicos del sistema y cambio climáticos.
2. Evaluar la vulnerabilidad de los sistemas socio económicos y naturales, las consecuencias y las posibilidades de adaptación.
3. Evaluar las posibilidades de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Desde 1990 el panel ha presentado cinco informes de evaluación, el último informe, es del 2014 y el sexto informe estará listo para el 2022, los principales aspectos que se han evaluado según IPCC (2014) son:

- Aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera.
- Emisiones de CO₂
- Crecimiento del nivel del mar
- Acidificación del mar
- Elevación de la temperatura en el Ártico

En el último informe de 2014 se afirma que el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, sostiene lo siguiente:

De 1983 a 2012 ha sido el periodo de 30 años más cálido de los últimos 1400 años, entre 1992 y 2012 los mantos de hielo de Antártida y Groenlandia han perdido masa, el ritmo se aceleró entre 2002 y 2012 y de 1901 a 2012 el nivel del mar se incrementó en 0.19 m. (IPCC, 2014, P.4)

Tenemos entonces que los principales problemas causantes del calentamiento global son las emisiones de gases de efecto invernadero con lo que, actualmente muchas emisiones antropogénicas están acumuladas en la atmosfera. De los principales gases acumulados se tienen:

- CO₂ (Dioxido de Carbono)
- CH₄ (Metano)
- N₂O (Óxido Nitroso)

De estos, el CO₂ es el principal gas que emite el ser humano, y aunque la naturaleza lo produce de igual manera, las sociedades con todos los procesos productivos-industriales como la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento, cambios de uso de suelo, incendios forestales, entre otros, aceleran estas emisiones causantes del cambio climático; “ de 1750 al 2011 la atmosfera acumulo 2040+-310 Gt ³ de CO₂, 40 % de esas están aún en la atmosfera, el 30 % lo absorbieron los océanos provocando su acidificación y el resto las plantas” Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014a, P.5).

Las emisiones antropogénicas dependen en gran medida del crecimiento demográfico, las actividades económicas, estilos de vida, uso de energía, usos de suelo, tecnología y la política climática, esta última es fundamental para regular y cambiar las formas de producción y así disminuir las cantidades que emiten.

Toda esta contaminación ha causado el aumento de temperatura en la tierra, provocando cambios en el clima lo cual ha alterado el ciclo hidrológico y en este último informe el IPPC (2014b) afirma que si no se moderan las emisiones y se llevan a cabo políticas y estrategias de reducción:

- La temperatura en la superficie terrestre seguirá aumentando a lo largo del siglo XXI, que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duraran más, para el año 2037 se espera que la temperatura promedio aumente entre 0.3°C a 0.7° y para finales de siglo habrá aumentado entre 1.5°C y 4°C.

³ Gt.- Abreviatura de Giga tonelada. La Giga tonelada equivale a 1000 millones de toneladas métricas y es la unidad de medida para saber la cantidad de masa acumulada de gases en la atmosfera.

- Es muy probable que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema.
- Disminuirá la extensión del hielo marino del Ártico y es probable que a mediados del siglo este casi libre de hielo.

Por lo tanto, el aumento de la temperatura intensificará los riesgos y creará nuevos, para gran parte de especies terrestres y marinas, ya que afrontan un riesgo de extinción, además se debilitará la seguridad alimentaria, y habrá una reducción de aguas superficiales y subterráneas renovables. En zonas urbanas es probable que aumenten los riesgos para las personas, los recursos, las economías, los ecosistemas, se propiciará el estrés térmico, tormentas, inundaciones por precipitaciones extremas, contaminación del aire, sequías, escasez de agua por nombrar solo algunos.

Una de las principales estrategias que deben tomar las sociedades son la adaptación y mitigación, la adaptación puede hacer que se perciban los cambios en menor medida sin embargo entre mayor sea la intensidad de cambio climático es probable que se llegue a un umbral de adaptación., es por ello que resulta urgente que los gobiernos trabajen en acciones de mitigación a corto plazo, ya no para evitar los problemas del cambio climático, sino más bien para reducir los impactos en las siguientes décadas del siglo XXI.

1.1.1 Inundaciones en zonas urbanas

Las inundaciones son definidas por el IPCC (2012) como el rebase de los límites normales de confinamiento de una corriente u otro cuerpo de agua o la acumulación de ésta sobre áreas que no están sumergidas. Las inundaciones pueden ser pluviales, fluviales, costeras y de lacustres; en el caso de las inundaciones en zonas urbanas están dentro de la categoría de las pluviales, ya que en las zonas urbanas casi siempre se presentan, debido al colapso de los sistemas de alcantarillado por lluvias intensas de alta duración, sin embargo, resulta fundamental conocer los factores que inciden en las inundaciones.

Se deben considerar en las inundaciones: la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos,

la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso de suelo, la basura dejada en las calles, la invasión de la gente en las zonas inundables, y la expansión de la mancha urbana sin planificación.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2014P.1).

La expansión urbana sin planificación es un tema fundamental, ya que deriva en la conformación de asentamientos humanos en áreas que forman parte de una corriente hidrológica, esto los hace susceptibles a presentar inundaciones; y en general, la urbanización ha contribuido a la pérdida de suelos permeables, ya que se ha cubierto el suelo natural, no permitiendo la infiltración del agua.

Así mismo, existen otras características de la urbanización causantes del deterioro ambiental, como los procesos industriales y algunas otras actividades, que impactan en los ecosistemas causando deforestación, erosión de suelos, disminución de fauna y flora nativa, transformación de zonas boscosas en áreas de cultivo y la sobre explotación de mantos acuíferos.

Por otro lado, nuestro país es susceptible a la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos, ya que de un lado está el Golfo de México y del otro lado el Océano Pacífico, además de que muchas ciudades mexicanas se han desarrollado en las planicies inundables; en el caso de la ciudad de Puebla, esta se encuentra en un valle, rodeado por un sistema de topofomas, que vierten sus escurrimientos por medio de los ríos que atraviesan la ciudad.

En ese sentido, las inundaciones en México son un tema para trabajar ya que según el INEGI (2011) 41% del territorio nacional y aproximadamente 31 millones de personas están expuestas a fenómenos hidrometeorológicos, siendo las inundaciones las que más daños económicos generan; es por ello que determinar los costos de las inundaciones no es nada sencillo, ya que existen costos directos asociados con los daños causados en las zonas urbanas, así como costos indirectos ligados con bienes y servicios afectados como empleos perdidos de manera temporal o definitiva, o como la afectación a cadenas de producción.

Así, el efecto de las inundaciones es difícil de predecir ya que se complica por el arrastre de sedimentos, rocas, árboles, espectaculares, basura y muchas veces causa afectaciones a la infraestructura urbana, vías de comunicación, viviendas, fauna e incluso afecta algunas actividades económicas; dichos costos incluyen impactos tangibles e intangibles difíciles de evaluar cómo es la salud humana, demás controlar las inundaciones resulta complejo ya que los factores que inciden no son constantes y tienden a incrementarse como la intensidad de las lluvias o de los ciclones tropicales debido a que son afectados por el cambio climático.

1.1.2 Carencia de espacios verdes

Los espacios verdes en una ciudad pueden ser todas las superficies permeables que cuenten con vegetación, sean árboles, arbustos o pastos, los espacios más comunes son jardineras, camellones, parques, áreas de preservación ecológica inmersas dentro de un espacio urbano.

Las ciudades que ofrecen calidad de vida no solo deben contar con buenos servicios, éstas se caracterizan por tener suficientes áreas verdes, sin embargo, la mala planeación urbana, ha propiciado cifras bajas de áreas verdes por habitante, y en Puebla capital, según datos del Inventario Municipal de Áreas Verdes (IMAV 2016) se estima tener apenas 2.12 metros cuadrados de superficie verde por habitante.

La consecuencia de no contar con suficientes áreas verdes impacta directamente en la calidad de vida, ya que al existir muchas zonas de asfalto y concreto aumenta la temperatura que en temporada de calor puede propiciar estrés, así mismo el exceso de estas superficies sólidas que no permiten la filtración del agua al subsuelo, esto agrava los problemas ambientales como inundaciones y encharcamientos, tal como sucede en eventos de alta precipitación donde se sobrecargan las capacidades de los alcantarillados, además de que no permite la recarga de mantos acuíferos.

Por consiguiente, es necesario contar con vegetación ya que ésta ofrece múltiples beneficios, las zonas arboladas o los grandes espacios verdes pueden mejorar la salud de la población pues actúan como pulmones que renuevan el aire

polucionado, al tiempo que relajan y suponen una evasión necesaria para olvidar el concreto, ayudan a tener una buena salud emocional, “los entornos naturales también permiten que sus habitantes se sientan mejor físicamente pues fomentan la creatividad, las capacidades mentales y afectivas” (Cardona, 2018) . Vivir rodeado de espacios verdes y parques anima a la población a salir a la calle, a pasear e incluso a practicar deporte, no tener un área verde como espacios recreativos fomenta el sedentarismo y contribuye a los problemas de obesidad.

1.2 ¿Qué es la infraestructura verde?

En la actualidad los intereses económicos y los procesos de globalización ejercen una fuerte influencia en la planeación territorial urbana, en ese sentido los gobiernos, empresarios, planificadores urbanos y demás gestores del territorio debemos ser conscientes de incorporar nuevos intereses de tipo público, que logren proporcionar un bienestar social, mejorar la calidad de vida y una cultura de responsabilidad sobre el cuidado del medio ambiente natural y la mitigación de los impactos ambientales a causa del cambio climático, es por ello que se expone el concepto de Infraestructura Verde como una solución de planeación a diversas escalas y de múltiples beneficios.

Podemos señalar entonces, que la Infraestructura Verde parte de un principio general, el cual consiste en lograr la integración de los elementos naturales con el desarrollo de las ciudades, de tal forma de que se llegue a un equilibrio entre lo natural y lo construido, constituyendo así una especie de ecosistema híbrido.

Este principio no es nuevo, existen varios autores que han abordado este tema, históricamente la arquitectura del paisaje como una disciplina que desarrollo este principio, destacando dos autores considerados los pioneros de esta disciplina, Frederick Low Olmsted y Andrew Jackson Downing.

Andrew Jackson fue un horticultor y jardinero con gran visión de diseño de paisaje, reconocía la necesidad de espacios abiertos dentro de las ciudades y la creación de parques públicos. Por su parte Frederick Low Olmsted fue un arquitecto que comenzó desde 1857 a diseñar e implementar parques en centros urbanos como el

Central Park en New York, y 1859 hizo lo propio con Prospect Park en Brooklyn y en 1878 realizó el Franklin Park en Boston, en este último diseño la conexión del parque con otros espacios mediante un corredor conocido como esmeraldas de Boston (figura 3) que representa quizás el primer planteamiento de una red de parques, donde se integran propiedades y características de la Infraestructura Verde como la interconexión y la multifuncionalidad.



Figura 3. Mapa de Emerald Necklac (collar de esmeraldas) diseño de Olmste
Fuente www.habitatge.gva.es

Uno de los autores más emblemáticos en el tema de las ciudades verdes, es el Británico Ebenezer Howard que en 1902 publicó su libro Ciudades Jardín del mañana, en el cual expone un nuevo modelo de ciudad conocido como ciudad jardín (Figura 4). Este concepto plantea unir las cualidades del campo y la ciudad en un mismo modelo, el cual parte de una ciudad central o capital, conectada con otras de menor población las cuales tendrían autonomía, las ciudades estarían limitadas en población porque no habría expansión urbana y la extensión territorial entre una ciudad y otra sería una gran área verde.

planificada que puede ofrecer múltiples funciones y beneficios ambientales en un mismo ámbito territorial, dichas funciones pueden ser de tipo medioambientales como la conservación de la biodiversidad o la adaptación al cambio climático.

Al tratarse de una estructura espacial que genera beneficios de la naturaleza a las personas, la Infraestructura Verde tiene como objetivo mejorar la capacidad de la naturaleza para facilitar bienes y servicios ecosistémicos, múltiples y valiosos como el aire y el agua limpios, “La infraestructura Verde comprende la red de elementos territoriales destinados deliberadamente por la sociedad a mantener el sistema de soporte vital y el funcionamiento de los ecosistemas naturales” (Vicente de Lucio, 2016, p.66)

Existen variadas definiciones para la Infraestructura Verde; todas ellas concuerdan en los beneficios ambientales que pueda aportar este tipo de infraestructuras dentro de una ciudad, incluso algunos autores mencionan beneficios más allá de lo ambiental y que puede favorecer el desarrollo urbano y económico, “las infraestructuras verdes mitigan la contaminación, generan recreación, valor económico, estructura urbana, estructura paisajística y otros beneficios más para el hombre” (Austin, 2017, p.16-17) es por ello que esta infraestructura resulta atractiva para los planificadores urbanos y para quienes se encargan de la gestión territorial.

Por otro lado, el constante aumento de la población va en paralelo con el surgimiento de nuevos asentamientos humanos, lo cual ha impactado en la modificación de los ecosistemas naturales, ocasionando así daños mayores a los que soporta el medio ambiente, es por ello, que al proponer la aplicación de la Infraestructura Verde es necesario conocer el contexto medio ambiental en el que se pretenda aplicar.

La información que surge de las investigaciones sobre ecología urbana y ecosistemas permite a los urbanistas y a los diseñadores elaborar políticas y prácticas en las que los valores antropocéntricos y

egocéntricos se incluyan en un sistema de infraestructuras verdes a varios niveles. (Austin, 2017a, p. 25)

En la medida en que la infraestructura se convierta en una tendencia dentro de la planeación urbana y del ordenamiento territorial, se deben considerar algunos puntos en los que convergen las diversas definiciones, y en este sentido la infraestructura verde siempre:

- Está formada en una red de espacios interconectados, pueden ser corredores, vialidades, andadores, áreas verdes etc.
- Contiene elementos naturales o semi naturales, que proveerán en su funcionamiento múltiples beneficios ambientales en favor de los ecosistemas y de las sociedades humanas.
- La infraestructura verde se puede desarrollar a diversas escalas (Barrio, Urbana y Regional).

Tomando como referencia el planteamiento de Austin y de la EEA sobre la Infraestructura Verde, como una red de elementos naturales o seminaturales planificados y que en su funcionamiento conjunto generan, múltiples beneficios ambientales que favorecen las condiciones del hábitat en ciudades, así como la adaptación al cambio climático; se elaboró la Tabla T1, donde se clasifican de acuerdo a su escala de influencia territorial, algunos de los principales elementos que pueden ser considerados como Infraestructura Verde .

Tabla T1. Elementos de Infraestructura Verde

ELEMENTOS QUE PUEDEN SER UNA INFRAESTRUCTURA VERDE				
	Elementos	Escala de Barrio	Escala Urbana-ciudad	Escala Regional
Corredores	Calles arboladas	X		
	Arroyos o canales	X	X	
	Camellones	X	X	
	Caminos peatonales	X		
	Pistas deportivas	X		
	Ciclo pistas	X	X	
	Calles con pendiente	X		
	Vialidades o Bulevares arbolados	X	X	
	Vías férreas		X	X
	Franjas de derechos de vía		X	X
Espacios Urbanos y Naturales	Parques	X	X	
	plazas públicas -cívicas, comerciales o residenciales	X	X	
	Patios	X		
	Jardines comunitarios	X		
	Huertos	X		
	Humedales	X	X	
	Estanques	X		
	Baldíos	X	X	
	Lagos - lagunas	X	X	X
	Reservas naturales- áreas protegidas		X	X
	Cerros		X	X
	Bosques		X	X
	Tierra agrícola		X	X
	Parques nacionales			X
Bordes costeros			X	
Espacios verde deportivos	X			

Fuente: Elaboración propia

1.3 Beneficios y aportes de la Infraestructura Verde

La mayoría de los autores que hemos mencionado, Benedict & MacMahon, Vicente de Lucio, o Gary Austin; hacen referencia sobre la multiplicidad de beneficios que aporta una infraestructura verde, y que dichos beneficios se dan gracias a los servicios ecosistémicos que aporta en su funcionamiento.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, con sus siglas en inglés FAO, los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, y en ese sentido un factor indispensable es la biodiversidad, entendida como la diversidad existente entre los organismos vivos, y que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios, los cuales pueden variar desde los más tangibles como el agua potable y el alimento, hasta aquellos de carácter psicológico como las sensaciones de paz y relajación experimentadas por el contacto con la naturaleza.

La Organización de las Naciones Unidas, realiza una publicación periódica denominada Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Ecosystem Millennium Assessment EMA (2015), en este documento se clasifica a los servicios ecosistémicos en los siguientes cuatro grupos:

- Servicios de Provisión o Abastecimiento: son los productos obtenidos de la naturaleza para su consumo o utilización.
- Servicios de Regulación: son procesos ecológicos que mejoran o hacen posibles procesos de vida.
- Servicios Culturales: Valores o beneficios no materiales, que se obtienen del enriquecimiento personal o espiritual, cognitivo y de disfrute de la naturaleza.
- Servicios de Soporte: Engloba los procesos ecológicos necesarios para la producción de los tres anteriores.

Gary Austin (2017b) plantea un modelo de Infraestructura Verde mediante la interacción de tres sistemas:

1. Servicios del ecosistema

2. Salud del ecosistema

3. Salud física y psicología humana

En este modelo también se plantea algo fundamental en relación con los servicios ecosistémicos:

Los factores espaciales y ambientales de la mayoría de los componentes de la infraestructura verde generan beneficios para el ecosistema y para el hombre, sin embargo, estos valores y la capacidad del ecosistema o de la Infraestructura Verde de proporcionar estos servicios depende de la salud de este. (Austin, 2017c, P.20)

Algunos elementos que se deben evaluar para determinar la salud del ecosistema son:

- La calidad del aire.
- La calidad del agua.
- Estructura del Suelo.
- Ciclo de la energía y la materia.
- Diversidad de hábitats y especies.
- Capacidad de resiliencia del ecosistema.

Aspectos económicos, sociales y la salud humana, son los beneficiados de las redes de infraestructura verde, por lo que para mejorar las condiciones de calidad de vida se requiere una planeación estratégica para la implementación de Infraestructura Verde y en general el correcto funcionamiento de una infraestructura verde trae consigo beneficios ambientales, sociales, económicos y de combate al cambio climático.

1.4 Referentes de estudio. Las buenas prácticas de la Infraestructura Verde Ciudad de Estocolmo, Suecia.

Estocolmo es la capital de Suecia y con 935 619 habitantes es la ciudad más grande de su país, en 2010 fue nombrada Capital Verde Europea, que es un reconocimiento entregado desde el 2008 por la EEA para las ciudades que cumplen con las normas medio ambientales más exigentes y que están comprometidas con el desarrollo sostenible.

La ciudad de Estocolmo destaca por su buena planificación y la implementación de infraestructura verde a diversas escalas, una de las razones principales es la forma de su territorio pues está conformada por 14 islas donde la hidrología superficial desemboca al mar Báltico (Figura 5), esto obligó a la ciudad a encontrar un equilibrio con su entorno natural para evitar causar daños al medio ambiente.

El Ministerio de Medio Ambiente Miljödepartementet, (2018) menciona que las acciones que la convirtieron en ciudad verde se lograron porque los gobiernos locales durante los últimos años han seguido las normas relacionadas a la protección del medio ambiente, por encima de los intereses privados, la ciudad cuenta con un sistema regional de corredores verdes que se empezó a planificar desde los años 30's como un principio general de desarrollo, se han realizado planes como el *Stockholm City Plan* de 2018 (Figura 5) que implementa corredores en concordancia con los cambios de uso de suelo , logrando así constituir áreas protegidas, parques urbanos y espacios públicos verdes, actualmente existen 8 áreas naturales que comprenden reservas naturales, culturales y un parque nacional urbano de 2299 hectáreas.

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS, CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

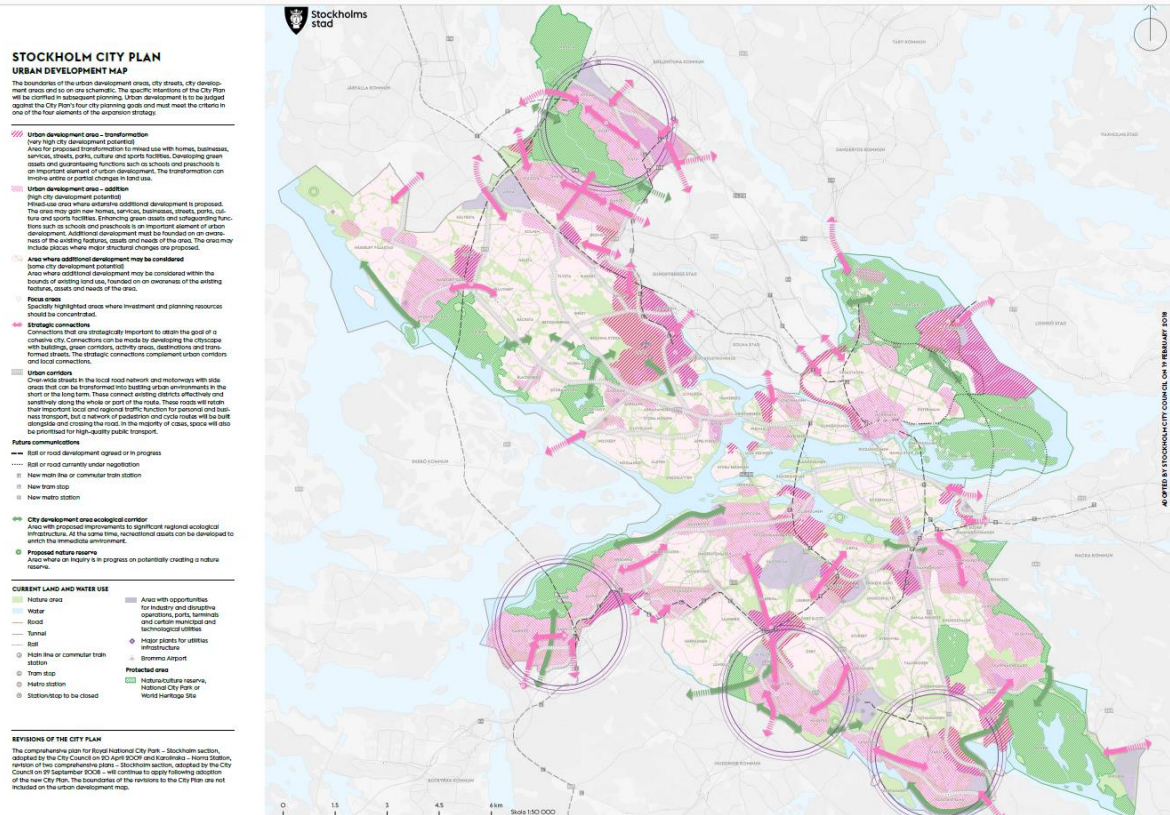


Figura 5. Mapa conectividad por corredores de Infraestructura Verde en la Ciudad de Estocolmo, Suecia

Fuente: Stockholm City Plan 2018, recuperado de https://vaxer.stockholm/globalassets/tema/oversiktplan_ny_light/english_stockholm_city_plan.pdf

Cabe destacar las estrategias que se han seguido en los siguientes ámbitos como:

1.- Ecología y corredores verdes: se estudiaron e identificaron condiciones para la conservación de especies de flora y fauna nativa dentro de los corredores propuestos.

2.- Parques Urbanos y espacios públicos verdes: los corredores verdes son tan amplios que se extienden desde las zonas de campo hasta la ciudad, dentro de la ciudad existen 8 parques distritales de aproximadamente 81 hectáreas cada uno, lo que representa 1/3 parte de la superficie de la ciudad.

3.- Accesibilidad a los parques: se tiene un parque de bolsillo a una distancia mínima de 200 metros por zona residencial y un parque distrital a no más de 500 metros, así como una reserva natural a no más de 1 km.

4.- infraestructura de transporte: fortalecimiento del transporte público, mayor uso de la bicicleta y mayor infraestructura peatonal; 62% de los hogares cuentan con un automóvil, pero no se utilizan diario, el 52% de los residentes se desplaza en transporte público y 21% lo hace en auto, el restante es por movilidad no motorizada.

5.- Proceso de urbanización: controlado por el municipio, compra y expropiación de predios para reserva natural, valorización de las rentas del suelo en base a la cercanía de áreas verdes y parques, usos de suelo mixto y espacios verdes para satisfacer necesidades humanas.

Tecnología y diseño

El tratamiento de agua de lluvia ha sido fundamental, se utilizan varias maneras de tratar las aguas de lluvia, comprenden filtros, sistemas de infiltración, zanjas, separadores de aceite/arena, canales abiertos, estanques, infiltración a través de un suelo especial, plantas de tratamientos y descargas directas.

Esta ciudad las maneja de 3 maneras diferentes:

- Tratamiento de aguas residuales (plantas de tratamiento).
- Cuencas de captación de aguas pluviales a nivel local y por diversos elementos de paisaje (bajo suelo).
- Descarga directa de las calles residenciales con circulación menor a 800 vehículos por día.

Un ejemplo de estos sistemas se ubica en *Hammarby Sjöstad* (Figura 6), dentro de la ciudad de Estocolmo, donde se construyó y probó una zanja de infiltración en un camellón que tiene 4.5 metros de ancho y 0.60 a 0.75 de profundidad, con una cubierta de tela filtrante y cubierta con tierra vegetal, este tipo de zanjas tratan el agua de toda una calle y es alimentada por sumideros de agua, podría mantener agua de calidad durante 2 años y retener el agua de una tormenta con duración de 27 minutos sin desbordarse



Figura 6. Vista en perspectiva del Barrio Hammarby Sjostad,
Fuente: www.plataformaurbana.cl

Vitoria Gazteiz, España

Es una ciudad española capital de Álava una de las tres provincias españolas, considerada otra de las capitales verdes de Europa, según datos del Ayuntamiento de Vitoria Gazteiz (2019) ha trabajado desde 1990 en una fuerte política de implementación de Infraestructura verde, invirtiendo en un cinturón verde de 950 hectáreas, se ha posicionado como una de las ciudades con mejor proporción de área verde por habitante con una cifra aproximada de 45m² por persona.

El cinturón verde seminatural (Figura 7) aún no se encuentra terminado y ha requerido de una gran cantidad de obras e inversiones gubernamentales para recuperar áreas degradadas como humedales secos o zonas erosionadas, también se han implementado sistemas de retención y purificación de agua, aumentando los índices de permeabilidad del suelo y la presencia de vegetación como un sistema de gestión de agua, que ayuda a solventar los problemas de inundabilidad que se producen periódicamente.

Toda la población vive a menos de 300 metros de un espacio verde y que el gobierno de Vitoria-Gasteiz está invirtiendo todo lo posible en educación y empleo verde, vinculados a la tecnología y a la innovación, o en programas para mejorar el entorno natural y la recuperación de la biodiversidad. (Abellan, 2015, párr. 2)

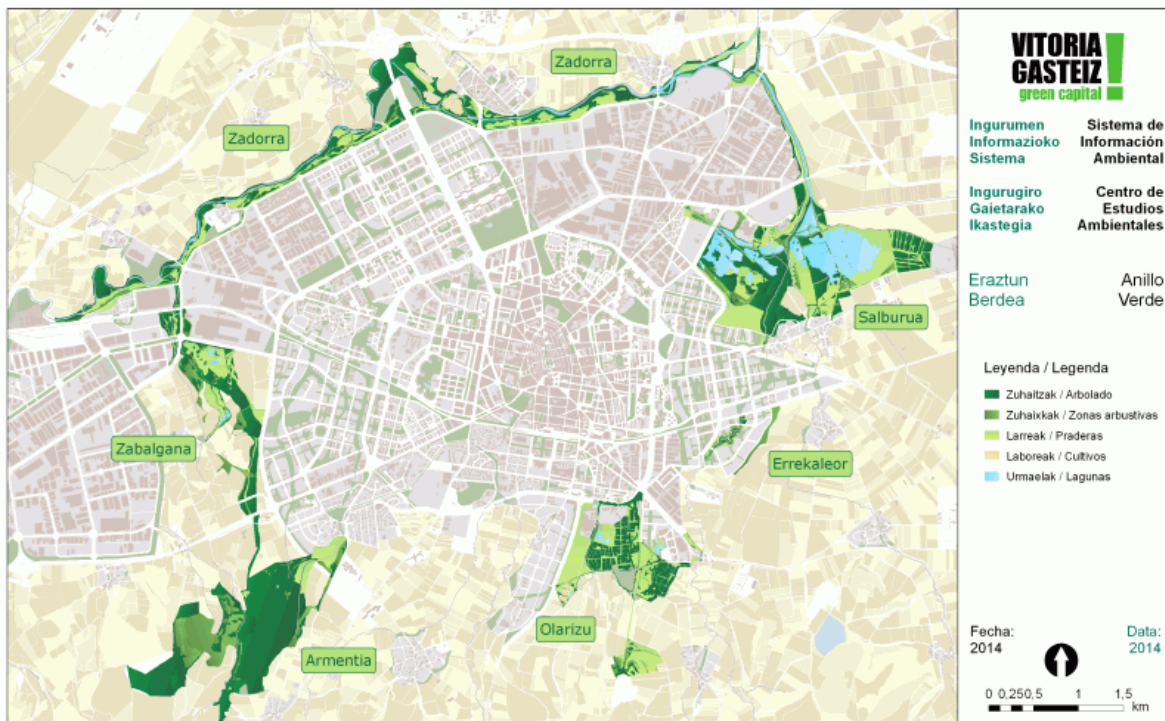


Figura 7. Mapa del cinturón verde de la ciudad de Vitoria Gasteiz. Fuente: <http://sudsostenible.com> y <https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&accion=home&accionWe001=ficha>

1.5 Normas y leyes en torno a la gestión de Infraestructura Verde

La evolución del concepto de infraestructura verde, ha permitido la concertación de normas y políticas dirigidas al desarrollo territorial sustentable y a la adaptación de los problemas ambientales derivados del cambio climático, ejemplo de esto son algunas ciudades pertenecientes a la unión europea, en donde la infraestructura verde se constituye como un nuevo modelo de gestión, sin embargo en algunos países como México es un concepto que se encuentra aún en desarrollo, razón por la cual en el Estado de Puebla no se tienen referencias de planeación sobre ello.

Así, para este apartado se realizó, una revisión del actual marco legal y normativo sintetizando en la Tabla T2, los principales instrumentos que a manera de leyes, normas, planes y programas que sirven de sustento para la administración y planificación del territorio y que son utilizados por las instituciones que se encargan de la gestión en relación con Infraestructura Verde, los problemas ambientales, los riesgos y planeación urbana sustentable y resiliente; tenemos entonces un análisis que se elaboró tomando en cuenta los siguientes cuatro niveles de planeación:

A. Nivel Internacional

1. Marco Sendai Para La Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 Prioridad 2.- Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo. Integrar la reducción de riesgos de desastres en los marcos nacionales y locales, regulaciones y políticas públicas, que ayuden al sector público y privado hacer frente al riesgo de desastres en los servicios y la infraestructura de propiedad pública o administrados por el estado. Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2015).
2. Nueva Agenda Urbana, Hábitat III Compromiso 65.- Desarrollo Urbano resiliente y ambientalmente sostenible. Fomentar el desarrollo económico sostenible y que se proteja a las personas, mediante infraestructuras, servicios y planificaciones urbanas y territoriales desde el punto de vista ambiental. Organización de las Naciones Unidad Hábitat (NUA, 2016).
3. Agenda 2030 ONU, Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Meta 11.b de aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2016).

4. Agenda Territorial Europea 2020 III. Prioridades para el desarrollo de la Unión europea. 6. Gestionar y conectar los valores ecológicos, paisajísticos y culturales de las regiones. La gestión conjunta de los riesgos es especialmente importante, teniendo en cuenta las distintas especificidades geográficas. Respaldamos la integración de los sistemas ecológicos y las áreas protegidas por sus valores naturales en redes de infraestructuras verdes a todos los niveles. Agenda (UE,2012)

B. Nivel Nacional

1. Ley General de Protección civil Art.4 Fracción III. Es obligación del Estado en sus distintos órdenes de gobierno, reducir los riesgos sobre los agentes afectables y llevar a cabo las acciones necesarias para la identificación y reconocimiento de la vulnerabilidad. Diario Oficial de la Federación (2012)
2. Ley de Aguas Nacionales Art. 14 Bis 6. Se consideran instrumentos básicos de la política nacional Hídrica la prevención, mitigación y solución de conflictos en materia de agua y su gestión. Art. 84 La comisión realizara acciones para atender zonas de emergencia hidráulica afectada por fenómenos climatológicos, en coordinación con las autoridades competentes. Diario Oficial de la Federación (2020)
3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente Art.2 Fracción V. Se considera de utilidad pública la formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Art.19 En la formulación del ordenamiento ecológico se debe considerar el equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales. Diario Oficial de la Federación (2018)
4. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Art.4 Fracción VIII. En la planeación de asentamientos humanos y el Ordenamiento Territorial deben incluirse principios de políticas públicas de resiliencia, seguridad urbana y riesgos. Propiciar y fortalecer las medidas de prevención, mitigación, adaptación y resiliencia para proteger a las personas y su patrimonio frente a riesgos naturales y antropogénicos.

Art.101 Fracción XII y XIV. La federación, estados y municipios deben fomentar la coordinación del sector social, público y privado, para:

XII.- la aplicación de tecnologías que restauren el equilibrio ecológico, protejan al ambiente e impulsen acciones de adaptación y mitigación del cambio climático.

XIV.- La protección, mejoramiento y ampliación de los espacios públicos para garantizar el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles. Diario Oficial de la Federación (2020)

C. Nivel Estatal

1. Ley Para La Protección del Ambiente Natural y El Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, Art. 16, Fracción II. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente natural adecuado para el desarrollo, la salud y el bienestar. Las Autoridades, en los términos de ésta y otras Leyes aplicables, tomarán las medidas para preservar este derecho. Orden Jurídico Poblano, Congreso del Estado de Puebla (2020).
2. Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla Art.15, Fracción VI, corresponde al municipio ejecutar por sí o en coordinación con las autoridades estatales, acciones para la prevención de riesgos y contingencias ambientales, naturales y urbanas en los centros de población. Orden Jurídico Poblano, Congreso del Estado de Puebla (2020).

D. Nivel Municipal

1. Plan de Gestión ambiental para el Municipio de Puebla Tomo IV Programa de Gestión al ambiente. El Plan de Gestión Ambiental para el Municipio de Puebla (PGAMP), establece las directrices para, la preservación, restauración y el mejoramiento del ambiente, a través de la integración de un conjunto de disposiciones, políticas y acuerdos que mediante la planeación garantiza el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Instituto de Planeación Municipal Puebla (IMPLAN,2013)

2. Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla Tomo IV. Visión y Objetivos estratégicos. Visión del municipio al 2030. Una Zona Urbana que cuenta con la infraestructura adecuada que permite el desarrollo de conjuntos habitacionales verticales y de oficinas y transformar los espacios factibles en áreas verdes de manera integral formando redes de eco – parques urbanos.
3. Objetivo estratégico para el equilibrio ambiental, lograr un municipio Urbano que conserve la riqueza Biótica de los ecosistemas aún existentes, fomentar la participación ciudadana en acciones de restauración. Periódico Oficial del Estado de Puebla (2016).
3. Plan Municipal de Infraestructura verde del Municipio de Mérida, Yucatán. Objetivo General. Construir un instrumento innovador de gestión integral de la infraestructura verde que promueva la movilidad urbana y la sustentabilidad a través de una nueva cultura del espacio público, atendiendo el establecimiento y cuidado de los árboles como individuos importantes que contribuyen a mejorar la calidad de vida en el Municipio con el fin de mejorar la capacidad de la naturaleza para facilitar bienes y servicios ecosistémicos valiosos dentro de la ciudad. Ayuntamiento de Mérida, Yucatán (2020)

En total se hizo la revisión de 20 documentos (Tabla T2) relacionados con los temas de infraestructura verde, problemas ambientales y desarrollo sustentable, así como los aportes que estos tiene, el resultado es, que a nivel internacional los instrumentos son normativos y funcionan como recomendaciones a seguir a excepción de la unión europea donde sus países miembros incorporan los objetivos y términos de la agenda territorial a sus políticas nacionales.

En el caso de México el instrumento rector que puede establecer las metas en materia de desarrollo urbano y medio ambiente es en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, que en este apartado del capítulo no se mencionada debido a que en su contenido no existen ninguna meta u objetivo hacia un desarrollo urbano sostenible, ordenamiento territorial ni tampoco hay objetivos en materia ambiental.

A nivel federal las leyes rectoras del marco legal establecen normas sobre desarrollo sostenible y prevención de riesgos a las que los Estados y Municipios deben alinearse por lo que, al analizar el contenido, en las leyes municipales suelen replicarse los artículos de nivel superior (federal).

Tabla T2. Instrumentos legales y normativos

	INSTRUMENTOS	APORTES			
	Marco Internacional	Normativo	Prevenición	Diagnostico	Propositivo
1	<i>Marco Sendai Para La Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (Sendai, Japón 18-03-15)</i>		X		X
2	<i>Nueva Agenda Urbana, Hábitat III</i>	X			
3	<i>Agenda 2030 ONU</i>		X		X
4	<i>Agenda Territorial Europea 2020</i>				X
	Marco Federal				
5	<i>Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos</i>	X			
6	<i>Ley General de Protección civil</i>	X			
7	<i>Ley de Aguas Nacionales</i>	X	X		
8	<i>Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente</i>	X			
9	<i>Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano</i>	X			
10	<i>Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024</i>	X			
11	<i>Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018</i>	X			
12	<i>Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018</i>	X			X
	Marco Estatal				
13	<i>Plan Estatal de Desarrollo Puebla 2017-2018</i>	X			X
14	<i>Ley de Desarrollo Urbano Sustentable del Estado de Puebla</i>	X			
15	<i>Ley Para La Protección del Ambiente Natural Del Estado de Puebla</i>	X	X		
	Marco Municipal				
16	<i>Plan de Gestión ambiental para el Municipio de Puebla</i>				X
17	<i>Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla</i>	X		X	
18	<i>Código Reglamentario Municipal de Puebla</i>	X			X
19	<i>Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Puebla</i>		X	X	X
20	<i>Plan Municipal de infraestructura verde de Mérida</i>	X	X		X

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior rescatamos que lo más valioso de todos los instrumentos legales revisados, es su incidencia y sus aportes al ordenamiento territorial. Sin embargo, la mayoría de las leyes suelen ser normativas y no propositivas, es decir, suelen estar inmersas en un discurso de sustentabilidad, pero son poco propositivas para cumplir este fin, y muchas veces, aunque existan reglamentos derivados de estas leyes, no suelen profundizar en medidas para alcanzar objetivos, como ejemplo se analizaron 16 instrumentos a nivel Nacional de los cuales solo 6 son propositivos. En este análisis de instrumentos existentes en México, se observó que en ninguna de sus leyes rectoras se hace mención del concepto de Infraestructura Verde, esto seguramente se debe a su reciente incorporación al ordenamiento territorial y la planeación.

Un caso destacable es el municipio de Mérida, en el estado de Yucatán, el cuál es el primero en el país, en incorporar el concepto de Infraestructura Verde en un instrumento normativo como lo es el Plan Municipal que incorpora a la Infraestructura Verde, sin la necesidad de que se contenga el termino en las políticas federales, y se logró llevar a cabo al alinear el plan a los términos establecidos en el marco jurídico.

Para los municipios mexicanos sería de gran impacto si se incorpora el termino de Infraestructura Verde en el marco legal y normativo de la planeación y la gestión, pues la gestión medio ambiental en las ciudades seria beneficiada.

CAPITULO II CARACTERIZACIÓN URBANO-AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHINGUIÑOSO

En este capítulo se desarrolló un análisis descriptivo y cartográfico de las características naturales de la microcuenca, como la hidrología, clima, topografía, vegetación, etc. Al tratarse de una zona completamente urbanizada se identificó su estructura física, redes, equipamientos, servicios, densidades y principales usos de suelo, finalmente se hizo un análisis de la población, edades, nivel socio económico y las proyecciones del comportamiento demográfico futuro.

Para poder realizar un análisis de las condiciones urbano-ambientales de la microcuenca se hizo una delimitación de acuerdo con la estructura urbana, basada en el trazo de vialidades y los límites de algunas colonias (Figura 8); al ser una zona completamente urbanizada se requiere un límite que pueda facilitar el manejo de la información que se trabajó.

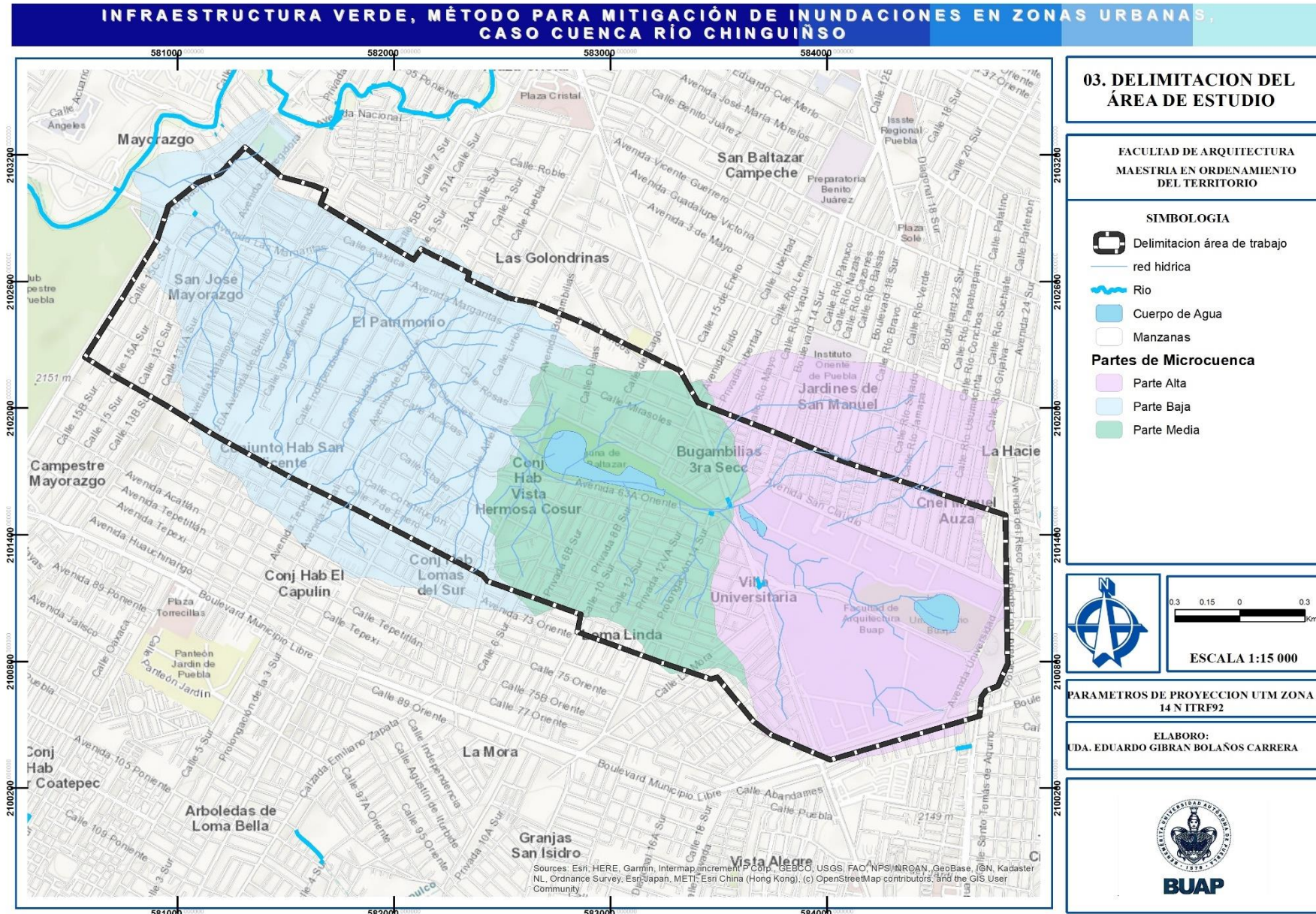


Figura 8. Delimitación del área de estudio
Fuente: Elaboración Propia

2.1 Medio Natural Actual

En este apartado se hace una descripción de las características del medio ambiente como el clima y la hidrología, también de aquellos espacios de tipo público conformados por áreas verdes que contienen algún tipo de vegetación, y se idéntica los principales riesgos o peligros naturales a los que puedan estar expuesta la población de la microcuenca río Chinguiñoso.

2.1.1 Clima

El tipo de clima que predomina en el municipio de Puebla es el Templado subhúmedo donde se presentan lluvias en verano, la lluvia aumenta en verano principalmente por la humedad proveniente de los sistemas tropicales que comienzan a formarse.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen (1936), modificada por Enriqueta García en 1964 se pueden identificar 2 claves climáticas en la zona de la microcuenca del río chinguiñoso C(w1) (w) y C(w2) (w) ambas claves derivan del clima templado subhúmedo (Ver mapa Anexo de Clima)

C(w1) (w) es un clima Templado subhúmedo, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y la temperatura del mes más caliente es mayor a 25°C. La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.

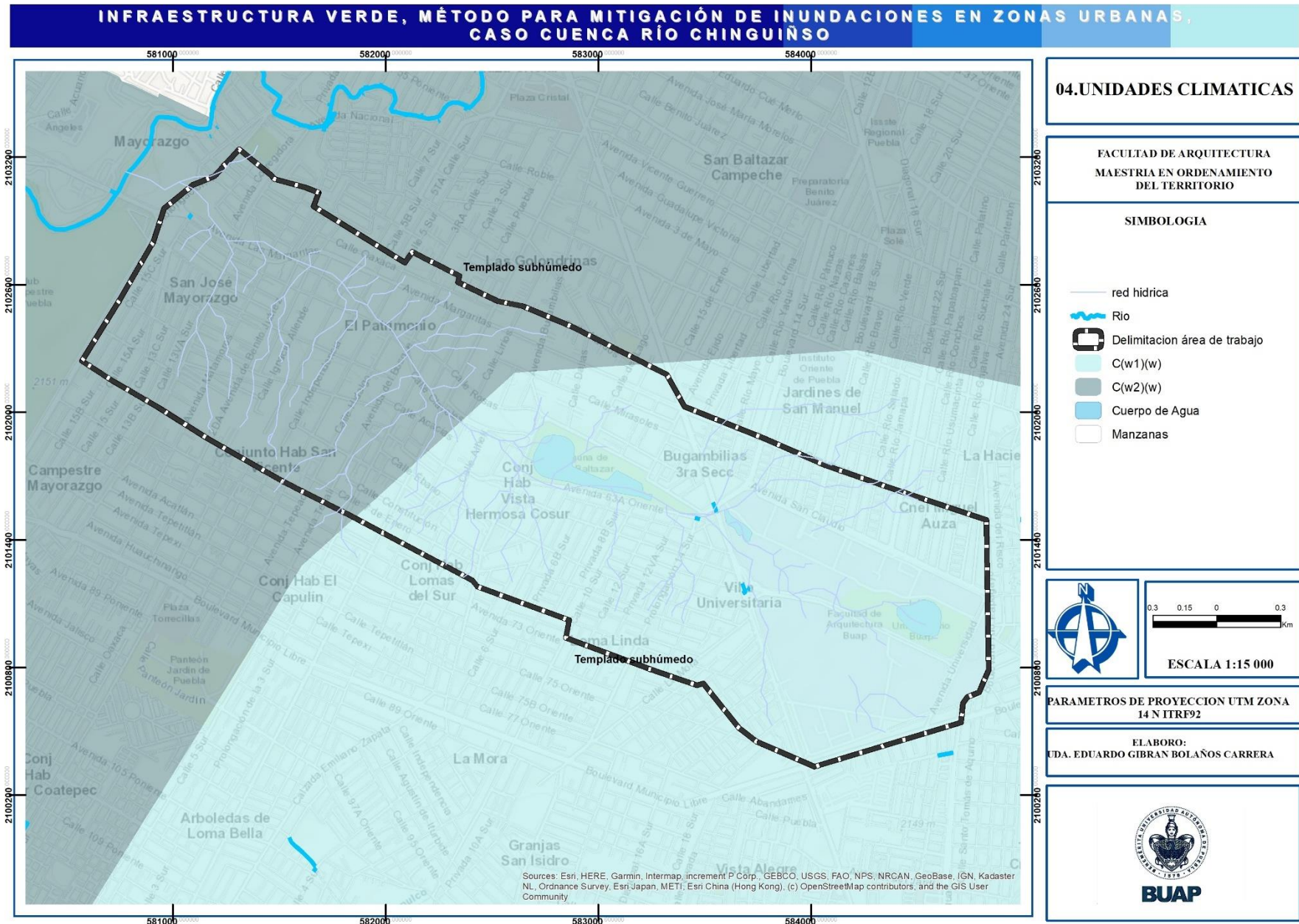


Figura 9. Mapa de Clima
Fuente. Elaboración Propia

2.1.2 Hidrología

De acuerdo con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) y su clasificación de regiones hidrológicas la cuenca del río Atoyac que abarca gran parte del estado de Puebla pertenece al sistema hidrológico del río Balsas uno de los más grandes del país. La cuenca Atoyac esta subdividida en 10 subcuencas donde hay inmersos varios municipios, la mayoría de la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala, en el municipio de Puebla convergen tres subcuencas:

- Subcuenca Río Atoyac- San Martín, con una superficie de aproximadamente 19676.5 km².
- Subcuenca Miguel Ávila Camacho, con una superficie aproximada de 202.81 km².
- Subcuenca Río Alseseca, con una superficie aproximada de 220.94 km².

La microcuenca del río Chinguiñoso se ubica al centro sur de la ciudad de Puebla, y está subdividida en tres áreas de cuenca, baja, media y alta tal como se mostró en la Figura uno de este trabajo. De acuerdo con la división de subcuencas se pudo identificar que la parte baja de la microcuenca está inmersa dentro de la subcuenca Atoyac-San Martín, mientras que la parte media y alta en subcuenca Miguel Ávila Camacho, de igual manera existen una influencia hídrica de la Subcuenca del río Alseseca sobre la parte alta de la cuenca que vierte gran cantidad de agua sobre la media y alta. (ver Figura 10)

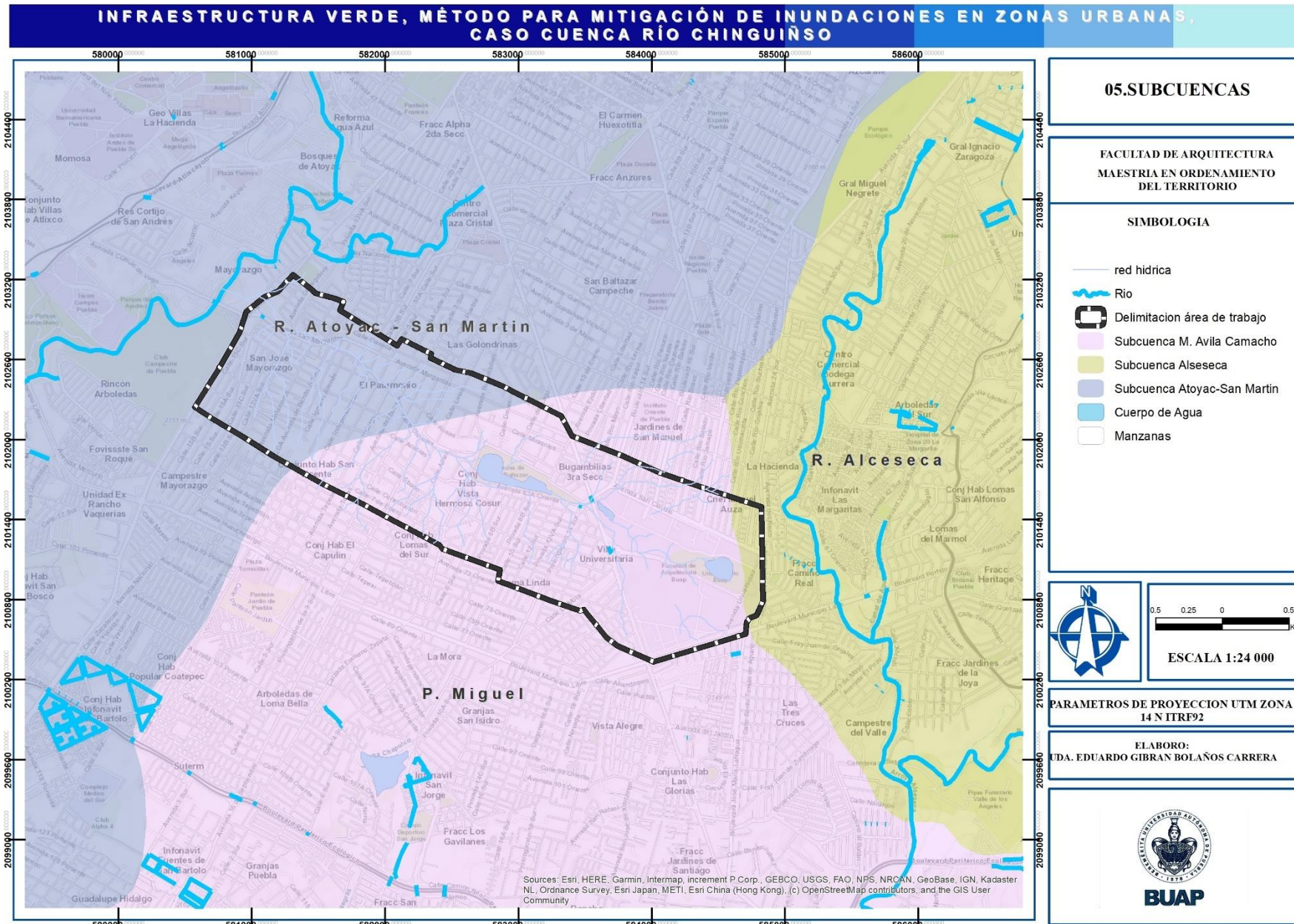


Figura 10. Mapa de Subcuencas

Fuente: Elaboración propia.

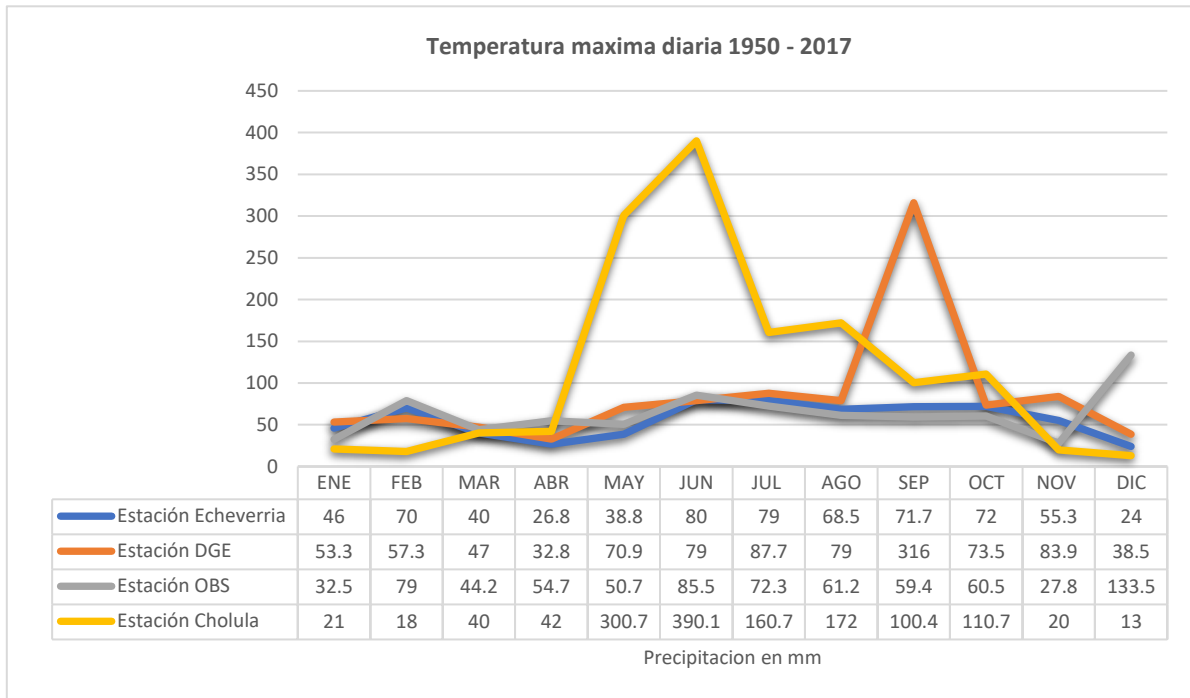
2.1.3 Precipitación

La precipitación es el componente principal del ciclo hidrológico y es responsable de depositar la mayor parte del agua dulce al planeta, de acuerdo con el INEGI (2019) la precipitación media en el estado de Puebla es de 1270 mm anuales, las lluvias se presentan en los meses de verano de junio a octubre, la precipitación en la ciudad de Puebla es causada debido a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos que impactan al país.

Para evaluar el comportamiento de la precipitación en la ciudad y en el área de estudio la microcuenca río Chinguiñoso se tomaron como referencia datos de las estaciones climatológicas de CONAGUA (2019), en función de las que se ubican más cercanas a la zona de estudio:

- Estación 21034 Echeverría
- Estación 21035 DGE
- Estación 21065 OBS
- Estación 21247 Cholula

Los datos que se tomaron de estas estaciones fueron los valores de precipitaciones máximas por día, con lo que se identificó la cantidad de lluvia que se puede presentar en un evento de alta precipitación, de acuerdo con la Gráfica 1 se puede observar que los meses en que se han registrados los valores más altos en precipitación han sido mayo, junio y septiembre.



Grafica 1. Valores máximos diarios registrados por lluvia
Fuente: Elaboración propia con base en datos de las estaciones de CONAGUA

En la estación Cholula 21247, se tienen registrados los mayores valores de precipitación por lo que se deduce que esta zona es una de las que mayor intensidad presenta dentro del valle de Puebla.

Para tener más precisión de la información en la zona de estudio y como dato que servirá para análisis posteriores de este trabajo, se tomó la información de la estación 21035 esto debido a la cercanía a la zona de estudio pues se ubica a menos de 1 km de la zona alta, por lo que se considera esta información como la más viable a representar la realidad de la microcuenca y que se observa en la Gráfica 2.



Grafica 2. Valores extremos de precipitación en estación 21035
Fuente; Elaboración Propia con base en información de las estaciones de CONAGUA

Si se promedian los valores más altos de precipitación máxima diaria registrados en la estación, la precipitación es de 75.01 mm, que representa lo que se podría esperar en una cantidad de lluvia máxima promedio en la zona de la microcuenca. Tomar en cuenta este factor resulta fundamental ya que está directamente relacionado con el problema de las inundaciones en la microcuenca.

2.1.4 Áreas verdes y Vegetación

Como se mencionó en el capítulo uno, la vegetación y las áreas verdes son de gran importancia para lograr la regulación climática, hidrológica y de suelos. En el municipio de Puebla la vegetación autóctona ha sido removida o transformada por la influencia de las actividades humanas como la expansión urbana, y solamente en algunas zonas del municipio como las faldas de la malinche o partes de los alrededores es donde se pueden encontrar pequeñas áreas verdes de vegetación nativa.

La zona de la microcuenca río Chinguiñoso es un claro reflejo de lo que ha representado el proceso de urbanización en Puebla ya que la zona carece de espacios verdes de valor ambiental, donde se puedan realizar actividades

recreativas; actualmente con una amplia superficie gris de concreto y asfalto, algunas de las zonas verdes más representativas dentro del área de la microcuenca son:

- La laguna de San Baltazar (Figura 12)
- Ciudad Universitaria
- Campo deportivo Seminarios
- Predio del colector Chinguiñoso (Figura 11)



Figura 11. Predio colector chinguiñoso,
Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Laguna de San Baltazar
Fuente: <https://www.elpopular.mx/>

Estas áreas destacan por su gran superficie, a pesar de ello no son de acceso al público en general, la laguna de san Baltazar funciona como un parque recreativo concesionado a una agrupación y para acceder se debe pagar una módica cuota monetaria. La ciudad universitaria BUAP es un campus donde albergan zonas verdes importantes como el jardín botánico, donde también se debe pagar el acceso mientras que sus áreas verdes deportivas son para uso exclusivo de los estudiantes del campus, en el caso del predio Chinguiñoso es un predio en disputa entre un particular y la CONAGUA y es un espacio inaccesible a los vecinos.

Por otro lado, en la zona alta de la microcuenca se ubica la colonia San Manuel donde existen en nuestra zona de estudio 13 parques vecinales, es decir un parque por manzana en esta colonia, estos son de libre acceso al público en general, sin

embargo, sus dimensiones no se comparan con las áreas verdes anteriores. (Ver Figura 13 Mapa de áreas verdes)

En cuanto a la vegetación generalmente siendo arbolado urbano su vocación es meramente ornamental. También existen algunos arbustos y malezas urbanas, en las áreas de Ciudad Universitaria y la Laguna de San Baltazar donde hay vestigios de la vegetación nativa; las principales especies de árboles que se pueden observar son:

- Trueno (*ligustrum Lucidum*)
- Eucaliptos (*Eucaliptus*)
- Álamo italiano (*Populus*)
- Cedro Blanco (*Cupressus Benthhammi*)
- Fresnos (*fraxinus*)
- Cedro Italiano (*Cupressus sempervirens*)

Un problema que sucede en muchas ciudades Mexicanas ha sido la nula aplicación de la normatividad para el cumplimiento de los porcentajes de áreas verdes en relación con las zonas de vivienda, y la adecuada distribución de espacios verdes públicos para el disfrute de los habitantes, tal como sucede en las colonias inmersas en la microcuenca, así como en su proporción por habitante, de acuerdo a cifras del Inventario Municipal de áreas verdes (IMAV,2016) en Puebla existen 3 355 435.07 m² de áreas verdes, que con base en la cantidad de habitantes la proporción de superficie verde por cada habitante es de 2.12 m², cifra que está muy por debajo de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud que va de los 9 a las 15 m².

En la microcuenca del río Chinguiñoso la superficie de área verde por habitante es de aproximadamente 5.8 m² por habitante, esto cuantificando todas las superficies de espacios semipúblicos como la laguna de san Baltazar o las superficies de ciudad universitaria, si se descontaran estas últimas la superficie seria de 2.33 metros cuadrados por habitante.

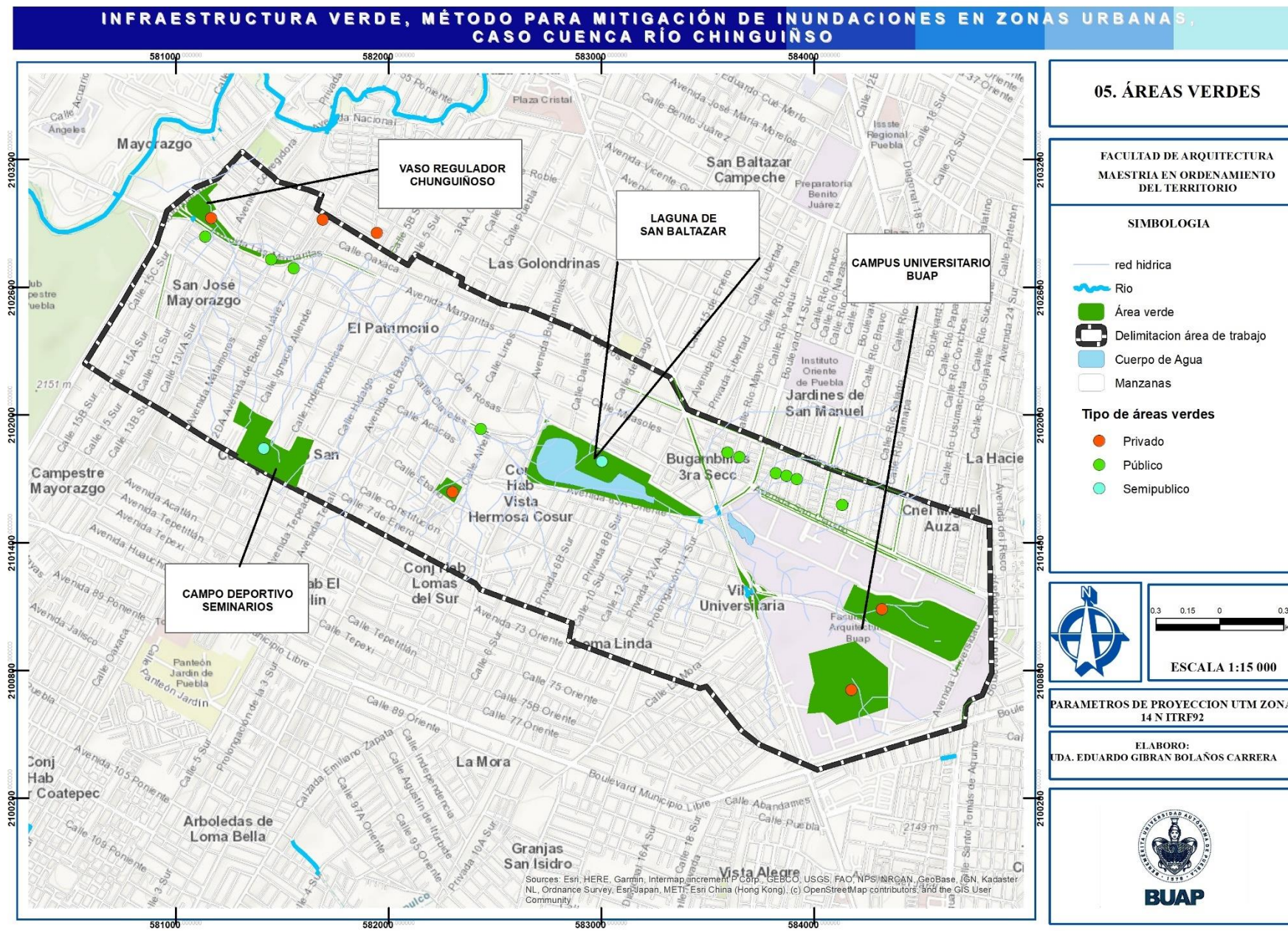


Figura 13. Mapa de áreas verdes
Fuente: Elaboración propia.

2.1.5 Riesgos y peligros

El atlas de riesgos del municipio es el instrumento que tiene identificado todos los peligros a los que está expuesta la población del municipio, es por ello que se retomó su información para saber el contexto de peligros en la zona de estudio, según la información del Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Puebla existen un peligro latente hacia las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso (Figura 14), que por su ubicación y características hidrológicas y topográficas es susceptible a inundarse principalmente en las zonas de la parte baja, debido a que en las partes media y alta existen 2 cuerpos de agua que suelen desbordarse en temporada de lluvias.

Entre los factores importantes que condicionan las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos, todos estos factores fueron tomados en cuenta para la elaboración del mapa de peligros por inundación, según los datos del Atlas.

Cabe destacar que el Atlas de Riesgos identifica 64 puntos en la ciudad donde hay un peligro alto por inundaciones, y en la Tabla T3 se puede ubicar el punto de inundación del canal Chinguiñoso o dicho de otra manera en la intersección de Avenida Nacional con Avenida Margaritas.

Tabla T3. Nivel de riesgo Alto, puntos inundables,

Nivel de Riesgo Alto		
Río	Colonia	Nivel de riesgo
Río Atoyac	Luz Obrera	Alto
Río Atoyac	Campestre del Bosque	Alto
Río Atoyac	Reforma Sur	Alto
Río Atoyac	La constancia	Alto
Río Atoyac	Bosque de Atoyac	Alto
Río Atoyac	Ampliación Reforma Sur	Alto
Río Atoyac	Fraccionamiento las Animas	Alto
Río Atoyac	Fraccionamiento Bosque de Atoyac	Alto
<i>Río Atoyac</i>	<i>Colonia Mayorazgo</i>	<i>Alto</i>
Río Atoyac	Concepción Guadalupe Mayorazgo	Alto

Fuente: Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Puebla

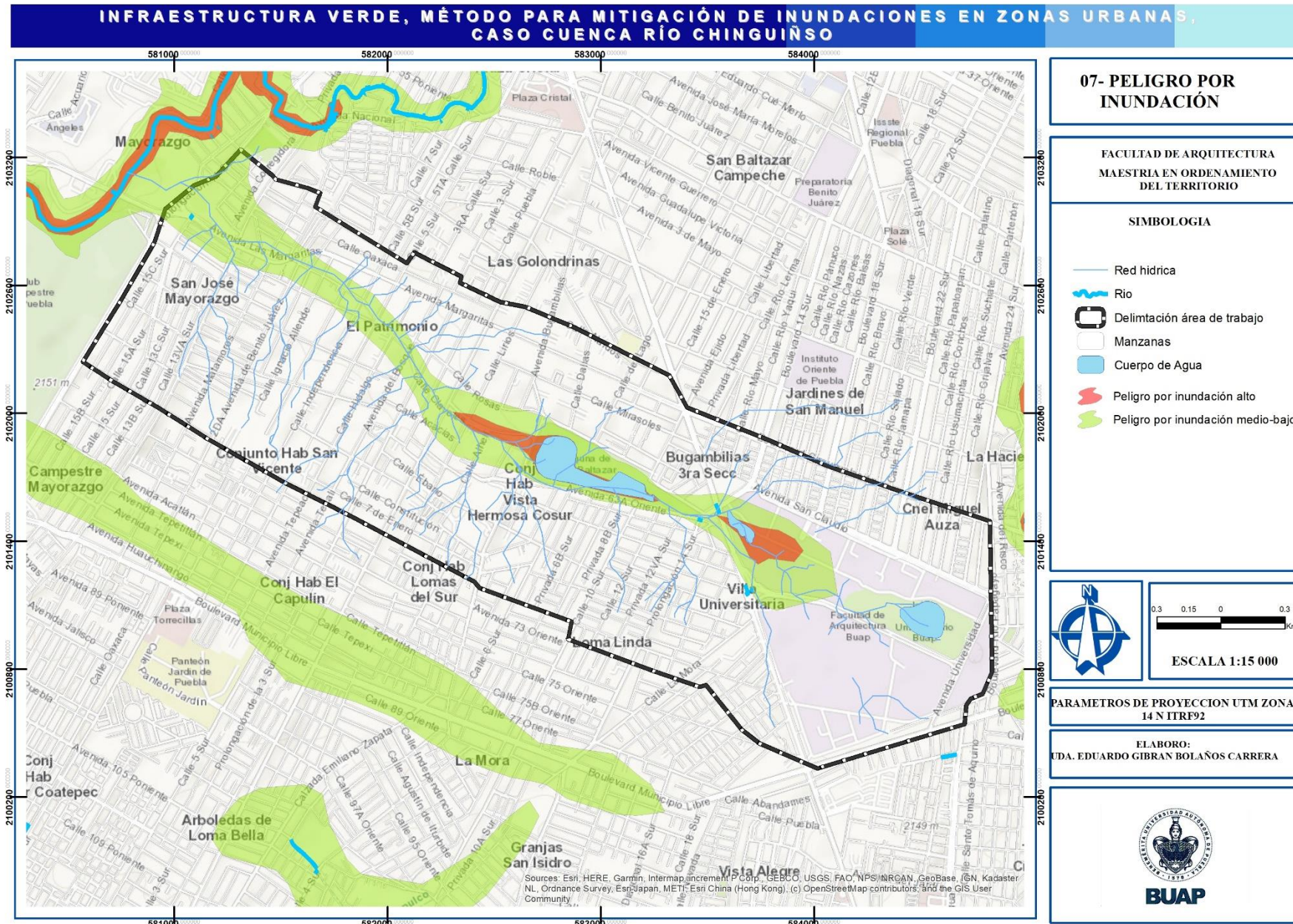


Figura 14. Mapa de peligro por inundación
Fuente: Elaboración propia, con datos del Atlas de Riesgos del Municipio de Puebla

2.2. Medio físico Urbano

En este punto se elabora la descripción de algunos aspectos que nos permiten entender para el funcionamiento del entorno urbano de la microcuenca río Chinguiñoso, para ello es fundamental conocer, los principales usos de suelo, la estructura vial, y el equipamiento urbano, así mismo resulta esencial conocer datos específicos sobre la cantidad de población que habita en la zona de estudio.

2.2.1 Zonificación de Usos de suelo

Las distribuciones de los usos del suelo del área urbana del municipio responden a diversos factores: históricos, condiciones geográficas, políticas y sobre proyectos detonadores de la economía, en el caso de la microcuenca del río Chinguiñoso responde a un uso de suelo de base habitacional donde resaltan colonias como mayorazgo, de origen obrero y donde aún existe vivienda antigua.

En el aspecto del equipamiento destaca ciudad universitaria que alberga una gran población estudiantil y que debido a su oferta académica rebasa la cobertura de los límites del municipio, otro equipamiento relevante es el mercado “Zapata” de gran importancia para el abastecimiento de alimentos en todas las colonias que conforman la microcuenca, finalmente es de destacar la gran cantidad de escuelas públicas y privadas en la zona.

Con base en la información de la carta urbana vigente (IMPLAN Puebla, 2019) el uso de suelo predominante de la microcuenca es de uso mixto de densidad alta con comercio y servicios, y zonas de alta influencia por corredores, esto se debe al sistema de vialidades y al tipo de equipamiento que existe en la zona.

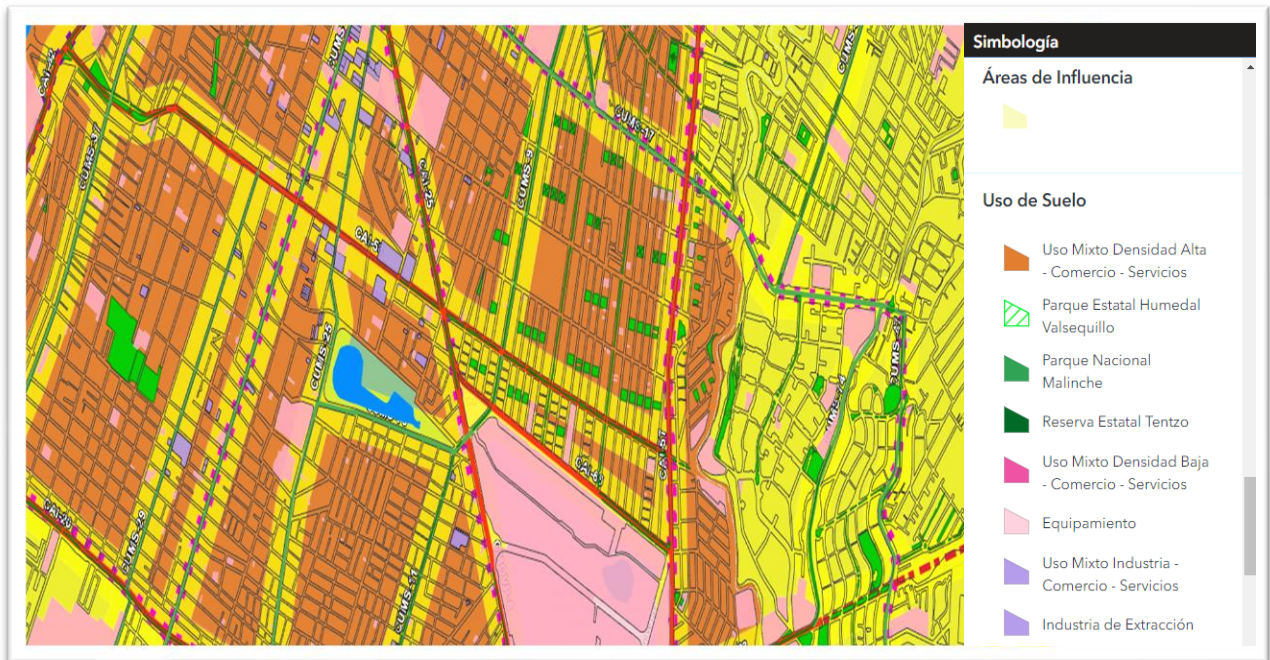


Figura 15. Mapa de usos de suelo, Zonificación secundaria

Fuente: <http://www.implanpuebla.gob.mx>

Tomando un criterio de observación en campo en las diferentes colonias y de acuerdo con la carta urbana se determinó que los usos que conforman la microcuenca son:

- Habitacional
- Habitacional Comercial
- Zona Federal
- Área verde
- Comercio y Servicios
- Equipamientos públicos y privados.

Es fundamental conocer la zonificación del área de estudio pues debido a su tamaño se desarrollan una gran cantidad de actividades, se aprecia que el uso de suelo que predomina en la zona de estudio es el uso mixto de densidad alta, sin embargo, la ocupación de zonas de viviendas conforma la mayor parte de la microcuenca río Chinguiño, y en zonas como la parte baja es el uso más alto, así mismo los espacios definidos para áreas verdes son muy pocos, lo que demuestra que las zonas donde se pueda filtrar el agua son muy escasas.

2.2.2 Estructura vial

La estructura vial de la ciudad de Puebla, parte de un modelo ortogonal que con variantes propias de la expansión urbana se ha ido conservado a lo largo de los siglos. Desde su fundación la ciudad de Puebla fue trazada siguiendo dos ejes de calles sobre las cuales se desarrolló la traza reticular visible principalmente en el centro histórico, y con el proceso de desarrollo y crecimiento urbano se trató de dar continuidad a la traza hasta donde las condiciones topográficas lo permitieron. Es con la llegada del automóvil y la creciente población de la ciudad que se fueron formando nuevas vialidades como bulevares y vías primarias para conectar distintos sectores de la ciudad hasta llegar a la red vial actual.

De acuerdo con la Ley de vialidad para el Estado libre y soberano de Puebla, en su artículo 14 clasifica a las vialidades de la siguiente manera:

- Vía de acceso controlado: Aquella vía pública que presenta dos o más secciones centrales y laterales, en un solo sentido con separador central y accesos y salidas sin cruces a nivel, controlados por semáforo;
- Vía primaria: Aquella vía pública que, por sus dimensiones, señalización y equipamiento, posibilita un amplio volumen de tránsito vehicular;
- Vía secundaria: Aquella vía pública que permite la circulación al interior de las colonias, barrios y pueblos, callejones, callejuelas, rinconadas, cerradas, privadas, caminos de terracería, calles peatonales, pasajes, andadores y portales; y
- Vialidad Estatal: Aquella vialidad que:
 - a) Une dos o más Municipios del Estado de Puebla;
 - b) Haya sido construida en su totalidad o mayor parte por el Gobierno; o
 - c) Esté concesionada por parte del Gobierno del Estado a un particular.

A partir de la información anterior en la zona de estudio de la microcuenca del Chinguiñoso se puede identificar que el sistema de jerarquías viales (Tabla T4), se conforma de la siguiente manera: 4 vías de acceso controlado y 9 primarias, mientras que el resto son vialidades secundarias conformadas con calles interiores de las colonias, cerradas y andadores. (Figura 16)

De acuerdo con los problemas ambientales de inundación de la microcuenca entre las vialidades que resultan más afectadas están vías primarias como son la Avenida Margaritas y Avenida Nacional, así como la prolongación de la Avenida 14 sur.

Tabla T4. Clasificación de Vialidades,

ID	Vialidades de Acceso controlado	ID	Vialidades Primarias
1	11 sur	A	Av. Margaritas
2	16 de septiembre	B	Circunvalación
3	Boulevard Valsequillo	C	Av. Nacional
4	Boulevard Municipio Libre	D	Prolongación 14 Sur
		E	Av. San Claudio
		F	4 sur
		G	Av. Bugambilias
		H	63 A Oriente
		I	Calle Cedros

Fuente: Elaboración Propia

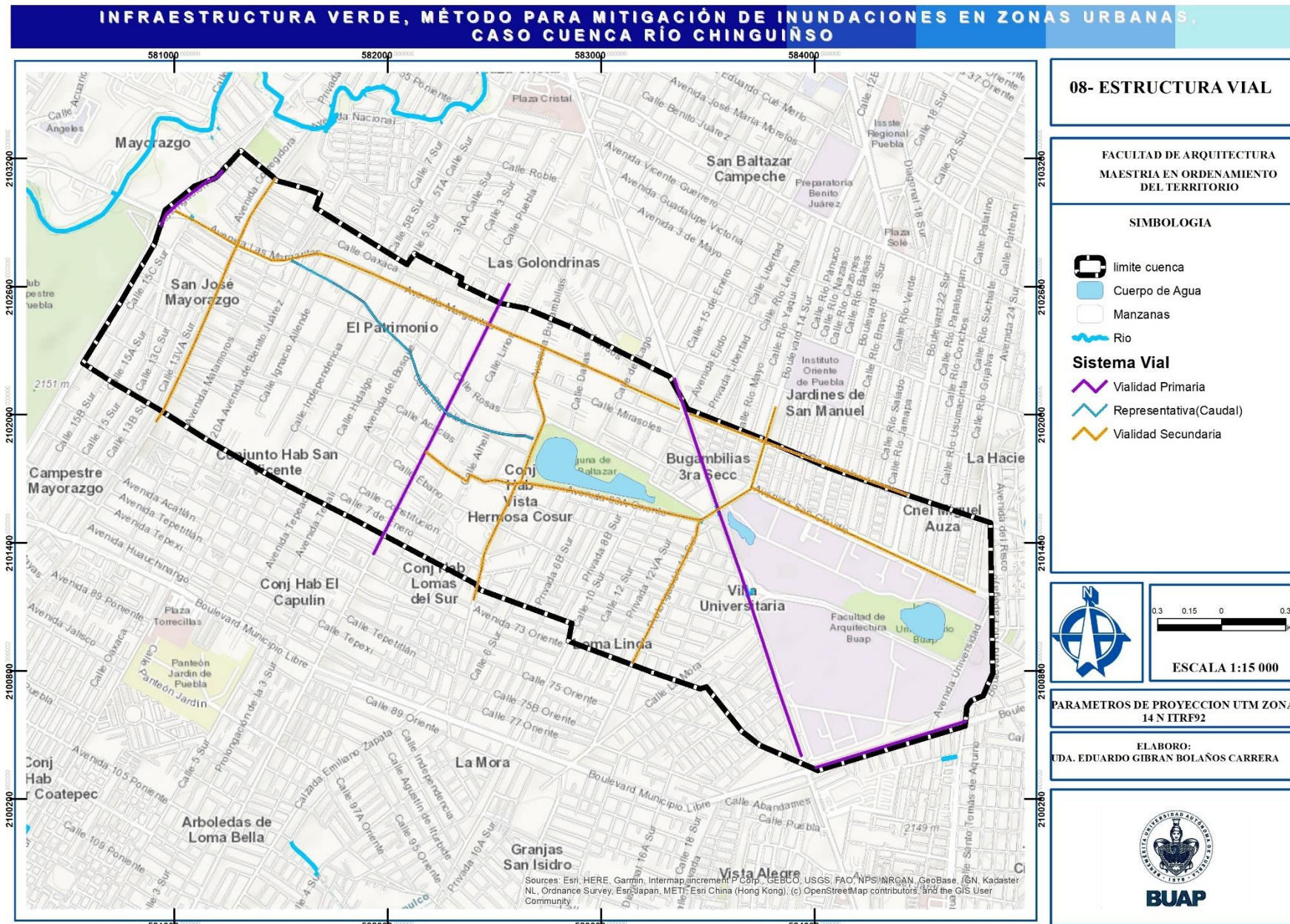


Figura 16. Mapa de estructura vial
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Equipamiento y servicios

El equipamiento del municipio se distribuye difusamente en la estructura urbana del municipio de acuerdo con los requerimientos y necesidades de la población, así como a las mismas capacidades de servicio que estos brindan. Los equipamientos que suministran servicios regionales (metropolitanos) o locales y presentan las pautas territoriales de concentración específica que, en conjunto robustecen la estructura urbana de la ciudad e influyen en la dinámica y distribución de la población, así como en la movilidad y la habitabilidad. En el caso de la zona de estudio se identificaron los siguientes cantidades y tipos de equipamientos:

Tabla T5. Tipos de equipamientos

Equipamiento	
Tipo	cantidad
<i>Escuelas</i>	62
<i>Centro comercial</i>	1
<i>Centro de atención medica</i>	3
<i>instalación deportiva o recreativa</i>	2
<i>Mercado</i>	2
<i>Parques o plazas</i>	20
<i>Templos</i>	18

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2014

De acuerdo con los datos de la tabla se aprecia que la zona tiene diversos equipamientos sobre los que destacan los equipamientos educativos, si bien la carta urbana nos dice que es una zona de usos mixtos, la vocación de la zona es habitacional por ello la gran oferta de espacios educativos donde muchos de estos son de carácter privado, entre los equipamientos de educación y los mercados son los que marcan las pautas de las dinámicas urbanas de la zona en cuanto a movilidad.

2.2.4 Densidad de población y demografía

A partir de la información contenida en Censo de Población y Vivienda 2010. del INEGI, se realizó un proceso de vinculación con información geográfica en ArcGIS para una clasificación de la densidad de población por manzana (Figura 17) ubicada dentro del área de estudio, derivado de ello los resultados fueron los siguientes:

En el área de la microcuenca del río Chinguiñoso la población total es de 48 538 habitantes de los cuales 22 598 son hombres y 29 934 son mujeres, este dato nos permite visualizar la dimensión poblacional del área de estudio, el tamaño de la población es relevante ya que la zona cuenta con más habitantes que algunos de los municipios del estado.

Otro dato para destacar es la cantidad de niños y de adultos de 60 años y más. Si se toma en cuenta que han pasado nueve años desde la aparición de los resultados del censo citado, tenemos que la población de cero a cinco años en la microcuenca es de 7467 niños que deben estar en los rangos de edad de entre 9 y 14 años, y las personas con 60 años o más en 2010 representaban una cantidad de 6562 que a la fecha rondan los 70 años o más. Estos datos sirven de apoyo para determinar la actual distribución de equipamiento y áreas verdes y también para determinar o construir escenarios de la posible ubicación de estos en base a la distribución de población, es decir donde hay mayor densidad de población y también de acuerdo con sus edades el tipo de espacio que requiere.

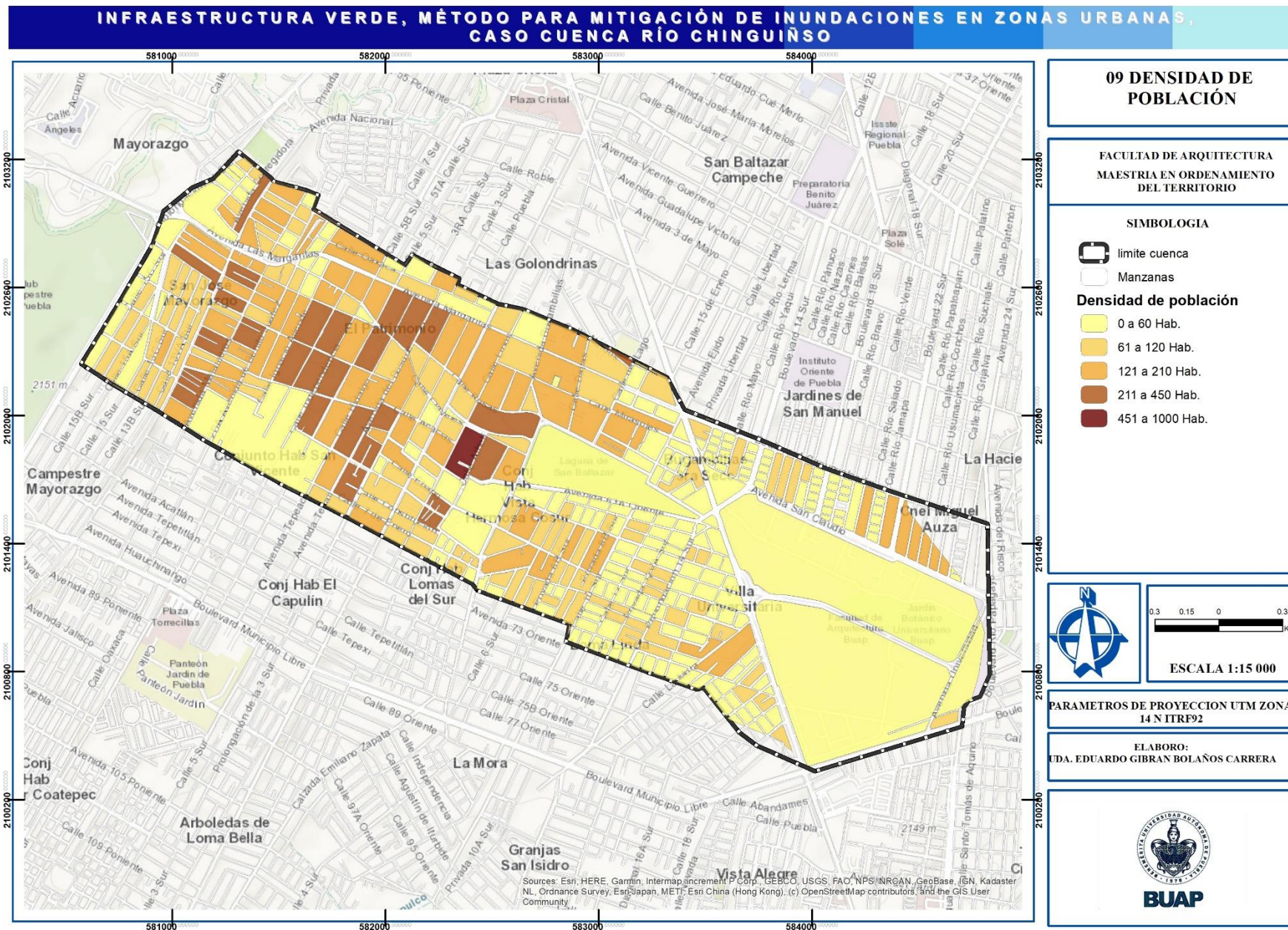


Figura 17. Mapa de densidad de población por manzana
Fuente: elaboración propia, con datos geoestadísticos de INEGI 2010

Conclusiones

Las condiciones del medio natural de la microcuenca del río Chinguiñoso, han sido modificadas por causa principalmente del desarrollo urbano, dando paso a la conformación de colonias que, hoy estando inmersas en la microcuenca, traen consigo pautas negativas y exigencias de la vida urbana, como la pérdida de áreas verdes propias de la zona, así como el entubamiento del caudal del río Chinguiñoso.

La falta de rigor en la planeación municipal, así como la desigualdad económica y social están presentes en la estructura urbana de la zona de estudio, en ese sentido en la microcuenca río Chinguiñoso, por ejemplo, se ha identificado una disparidad en la distribución y acceso de áreas verdes, que sean producto del ejercicio de una distribución igual en los usos de suelo.

En ese sentido la microcuenca es un área urbana, con usos de suelo mixtos, que en el tema de equipamientos destaca en cuanto a los equipamientos educativos con un total de 62 instituciones públicas y privadas, en su mayoría de educación básica.

Así mismo en la microcuenca la densidad de población es 120 a 210 habitantes por manzana aproximadamente, y según el último censo de población del INEGI en 2010 habitan la microcuenca 48 538 personas, lo que nos demuestra la alta densidad poblacional que requiere de espacios recreativos como pueden ser las áreas verdes públicas.

La conectividad vial de la zona de estudio se da en torno a 9 vialidades primarias que conectan a diversos puntos de la ciudad y que, en sus tramos dentro del área de estudio, converge con calles secundarias que permiten la distribución hacia las colonias de la zona, así mismo no existen vías de transporte no motorizado y las condiciones de accesibilidad peatonal cubren apenas parámetros básicos que no garantizan una movilidad incluyente y confort para los habitantes de la zona.

CAPITULO III INUNDACIONES Y CARENCIA DE ESPACIOS VERDES EN COLONIAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHINGUIÑOSO

Lo que se presenta este capítulo, es, la identificación de los principales puntos inundables dentro de la microcuenca del río Chinguiñoso, una recopilación documental sobre los sucesos que se han desarrollado en relación con las inundaciones tratando de comprender los efectos que estas generan en la población. Además, con el apoyo de la aplicación de un cuestionario, se busca medir el grado de afectación en viviendas por las inundaciones y la percepción social en torno al problema. Finalmente se analiza el funcionamiento actual de las áreas verdes de la microcuenca, así como sus características para comprender la correlación con la problemática de las inundaciones.

3.1 Principales puntos de inundación

Debido a las condiciones geomorfológicas de la microcuenca río Chinguiñoso, existen algunas áreas donde son recurrentes las inundaciones cuando hay un evento de alta precipitación fluvial. En toda la microcuenca se han identificado 9 puntos inundables (Tabla T6), que son los que causan mayor impacto a la dinámica urbana de la zona y suelen generar afectaciones a vecinos de las colonias cercanas a estos.

Tabla T6. Principales puntos inundables,

ID	Punto Inundable- ubicación	Zona de cuenca	Colonia
P01	Cruce av. Nacional y margaritas	Baja	Leobardo Coca C.
P02	Av. margaritas entre matamoros y Abasolo	Baja	Leobardo Coca C.
P03	Cruce de calle Abasolo con 2da. De Benito Juárez	Baja	Leobardo Coca C.
P04	Calle Abasolo entre calle Ignacio Zaragoza e Ignacio Allende	Baja	Leobardo Coca C.
P05	Cruce Calle Abasolo y calle independencia	Baja	Patrimonio
P06	Cruce Calle Abasolo con calle del Bosque	Baja	Bugambilias
P07	Cruce 16 de septiembre y claveles	Media	Bugambilias
P08	Avenida Bugambilias frente a laguna de San Baltazar	Media	Bugambilias
P09	CU. BUAP	Alta	Ciudad Universitaria

Fuente: elaboración propia.

Para el proceso de urbanización, la topografía de la microcuenca es el factor que ha marcado la pauta de las inundaciones en la zona de estudio, y si bien se identificaron los puntos de conflicto en toda el área de la microcuenca (Figura 18), es en la zona de la parte baja de la microcuenca donde se concentra la mayoría, afectando así a tres colonias y el área de Ciudad Universitaria.

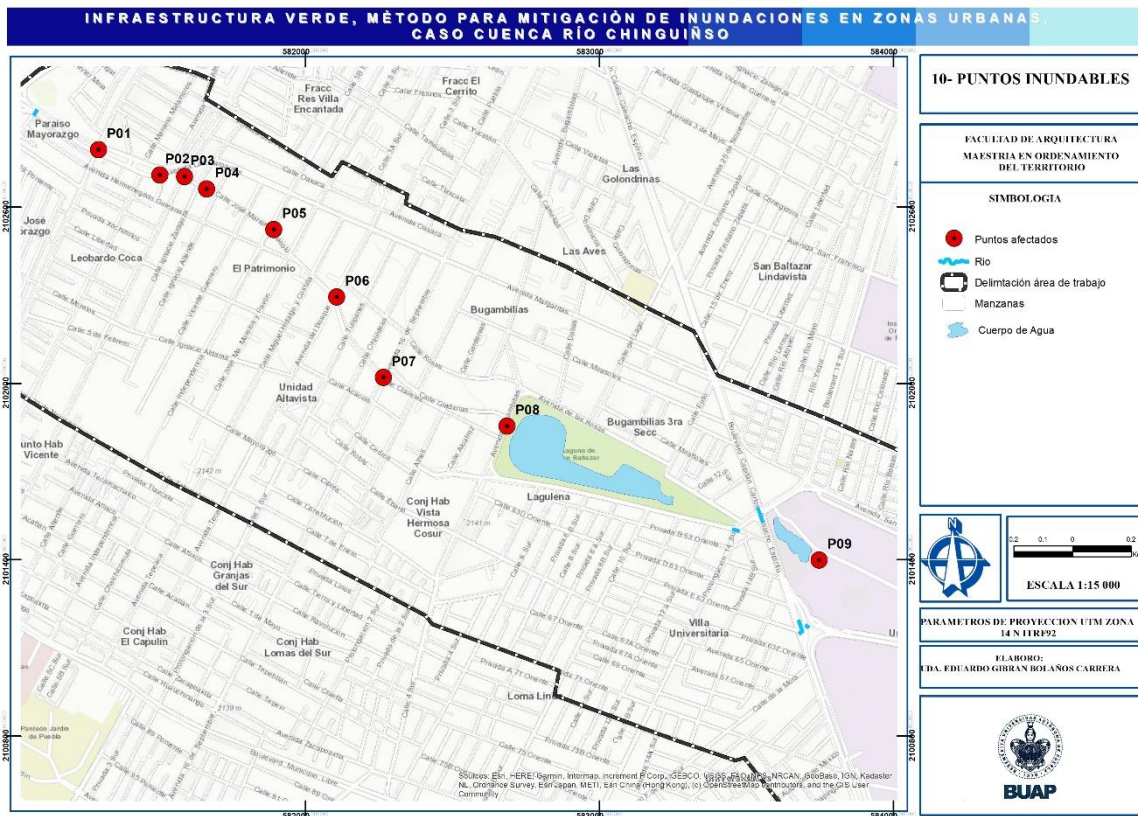


Figura 18. Principales puntos inundables en la zona baja
Fuente: Elaboración propia.

Otro factor que incide en las inundaciones, han sido las condiciones materiales de las vialidades, principalmente aquellas que cruzan con la calle Abasolo, ya tener superficies de asfalto y concreto, en un evento de precipitación alta se convierten en vertedores de escurrimientos pluviales. (ver Figura 19)

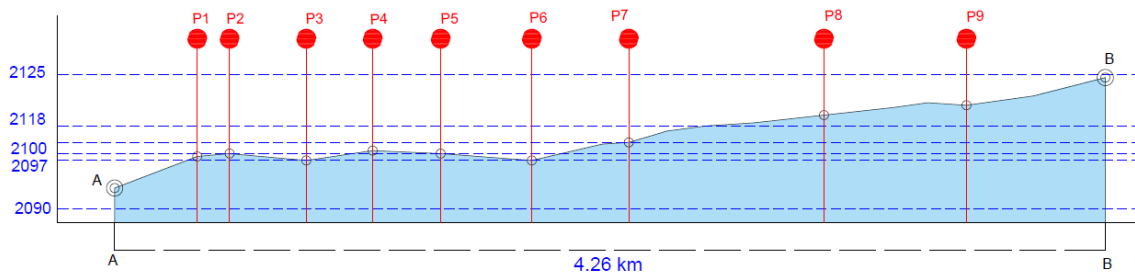


Figura 19. Perfil de microcuenca y principales puntos inundables
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se observa esto último mediante un corte longitudinal de la microcuenca, donde se marca el punto A como el punto más bajo y el punto B como al más alto y en la extensión de un punto a otro se distribuyen los nuevos puntos inundables identificados como los que generan mayores impactos.

3.2 Efectos de las inundaciones

El problema de las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso afecta directamente a dos colonias de la zona baja en la microcuenca río Chinguiñoso, las colonias son la Leobardo Coca y la Patrimonio, en la parte media resulta afecta la colonia Bugambilias y en la parte alta de la microcuenca, las mayores afectaciones están dentro del campus de Ciudad Universitaria, concretamente en las Facultades de arquitectura e ingeniería.

De este modo, las afectaciones que causan las inundaciones y encharcamientos son distintas en cada zona. Como se mencionó en el planteamiento del problema de esta investigación, existen afectaciones en salud, economía y movilidad, por lo que el efecto y el impacto que tienen estas inundaciones están sujetas principalmente a la ubicación en la microcuenca, pues las afectaciones en una colonia de la parte baja, no son iguales que en el campus universitario ubicado en la parte alta.

Para profundizar entonces en los problemas actuales que generan las inundaciones, se analizaron una serie de eventos que se tienen documentados en un lapso de 10 años tal y como se muestra en la siguiente Tabla T7.

Tabla T7. Serie de eventos entorno a las inundaciones en la microcuenca

FECHA	EVENTO / AFECTACIÓN
Noviembre 2009	Se especulaba la construcción de una plaza comercial sobre el predio ubicado en la colonia Mayorazgo sobre Avenida Cumulo de Virgo entre 11 sur y Avenida Nacional, los vecinos de la colonia Mayorazgo y Leobardo Coca se organizaron para denunciar la supuesta venta del predio, pues la función de este predio es la de vaso regulador, el cual piden se reconstruya para mitigar las inundaciones.
Septiembre 2012	Muere una persona de la calle Abasolo que por causas de salud no logro salir de su vivienda durante una inundación y fallece de un paro cardiaco. En ese año comienza la construcción del colector a cielo abierto del río Chinguiñoso sobre el predio federal.
13 de Junio 2014	Cae tormenta en la ciudad que provoco el desbordamiento de la laguna de San Baltazar y por ende el desbordamiento o inundación del caudal del entubado río Chinguiñoso.
02 de Julio de 2014	CONAGUA estatal declara que la construcción del colector no se ha terminado por incumplimientos de la Secretaria de Infraestructura del estado, mientras las inundaciones se siguen presentando.
09 de Julio de 2014	Cae una tormenta con granizo que provocó afectaciones e inundaciones en Avenida Margaritas.
29 de Julio de 2014	El presidente Municipal anuncia una inversión tripartita de 40 millones de pesos para terminar el colector Chinguiñoso y resolver el problema de las inundaciones.

Marzo 2015	Se concluye la construcción del colector, y es inaugurado por el gobernador Rafael Moreno Valle.
20 de junio de 2016	Una vez mes se inunda el cruce de la Avenida Margaritas con Avenida Nacional.
21 de junio de 2016	Cae una tormenta en la ciudad de Puebla y se inunda por segundo día el cruce de las Avenidas Nacional y Margaritas, así como la calle Abasolo con la calle 2da de Benito Juárez, el nivel de agua rebaso un metro de altura y los vecinos reportaron daños en sus vehículos, algunos periódicos locales critican que el colector que apenas tiene un año de construcción no fue sirvió para controlar el volumen de agua. (ver Figura 21 y 22)
24 de mayo de 2018	Llueve con gran intensidad en la ciudad provocando una vez más inundaciones los puntos ya conocidos.
9 de septiembre de 2019	El problema no se ha resuelto y con una hora de alta precipitación se inunda una vez más la calle Abasolo, la segunda de Juárez y Margaritas con Nacional. (Figura 24)

Fuente: Elaboración propia.

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS,
CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO



Figura 20. Inundación cruce calle Abasolo con 2da de Juárez, 21 de junio 2016
Fuente: Juan Carlos Sánchez Díaz (2016).



Figura 21. Inundación cruce margaritas y nacional, 20 de Junio 2016
Fuente: www.poblanerias.com

En la Figura 23 se puede apreciar la cantidad de agua que corre en un día de alta precipitación por la calle Abasolo, cuando el nivel de inundación alcanzado es de aproximadamente 30 centímetros



Figura 22. Inundación en calle Abasolo, 24 de mayo 2018
Fuente: Francisco Javier Ponce (2018)



Figura 23. Afectaciones por inundaciones en calle 2da de Juárez, 09 de septiembre 2019
Fuente: www.diariocambio.com.mx/

De acuerdo con los eventos antes descritos, resulta evidente que quienes residen en torno a la calle Abasolo, son los que mayores afectaciones han tenido, ya que sus viviendas se ubican en los bordes de lo que era el río Chinguiñoso y en la parte más baja de la microcuenca.

Las inundaciones en esta zona son las que más afectaciones han causado en toda el área de estudio, debido a que el nivel de acumulación de agua es más alto que en otros puntos de la microcuenca, esto ha provocado la saturación de las redes de drenaje pluvial y sanitario cuando se presenta un evento de alta precipitación.

Otro factor común es la combinación de las aguas del drenaje sanitario con el pluvial y esto causa afectaciones a muchas viviendas, ya que esa combinación de volúmenes de agua inunda algunas casas, llegando a generar daños físicos o pérdidas materiales.

En la Figura 25 se aprecia el interior de la vivienda no. 799 de la misma calle, donde el agua inundó el patio de una vivienda y con el testimonio del C. Francisco Javier Ponce propietario de esta, narró que el día 09 de septiembre del 2019 como suele suceder cada año el agua entró en su domicilio causando daños en muros, algunos muebles y contaminó el agua potable que almacena en su cisterna.



Figura 24. Afectaciones por encharcamientos de aguas pluviales, interior de vivienda, 09 de septiembre 2019, Fuente: Francisco Javier Ponce (2019)

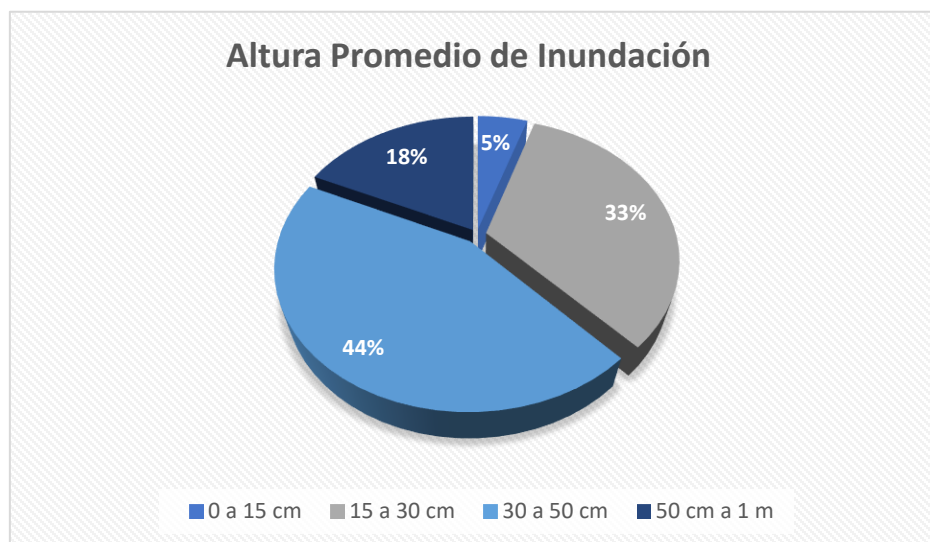
3.2.1 Percepción de los afectados por las inundaciones

Para conocer a profundidad cómo perciben los vecinos de las colonias los problemas entorno a las inundaciones se aplicó una encuesta (ver anexo) en las colonias Leobardo coca, Bugambilias y Patrimonio que son en las que se ubican los puntos más vulnerables a las inundaciones. La información que se recopiló en este instrumento permitió visualizar un panorama de la situación actual de los afectados por las inundaciones y de los que viven cerca de las áreas inundables.

Entre los principales datos registrados se tuvo:

Conocimiento social sobre la calle: saber si las personas tienen conocimiento de que la calle que habitan es el caudal de un río. De este cuestionamiento, resultó que el 73% de los encuestados tiene conocimientos que la calle Abasolo-Claveles antes de ser vialidad fue el caudal del río Chinguiñoso, además de ello, el 86 % de los encuestados afirma que su calle se inunda.

Altura de Inundación: Para identificar cómo son las inundaciones en el área de estudio se preguntó la altura a la que llega el agua cuando sucede uno de estos eventos y de acuerdo con los resultados, tenemos que la altura de las inundaciones comúnmente está en un margen de entre 30 a 50 cm y en eventos donde la precipitación es muy alta la acumulación puede llegar hasta un metro de altura, puntualmente en el cruce de la calle Abasolo y 2da de Juárez.



Grafica 3. Altura Promedio de inundación, elaboración propia con datos de campo.

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS, CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

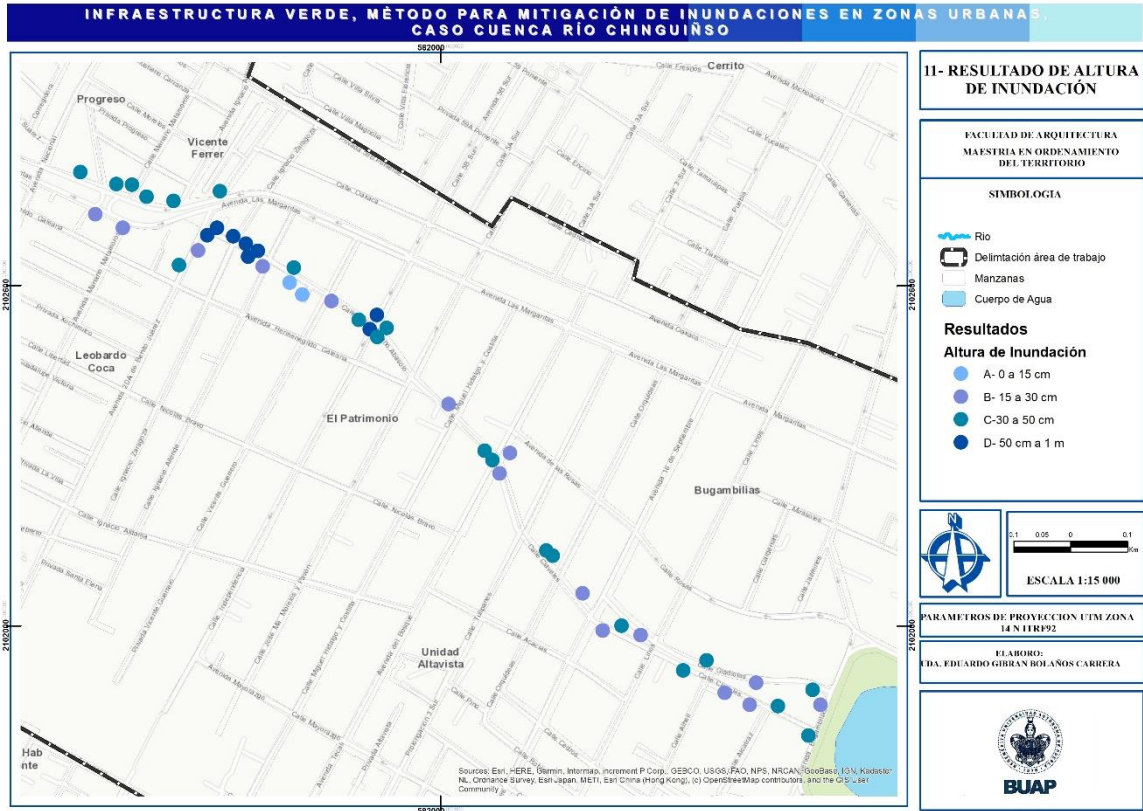
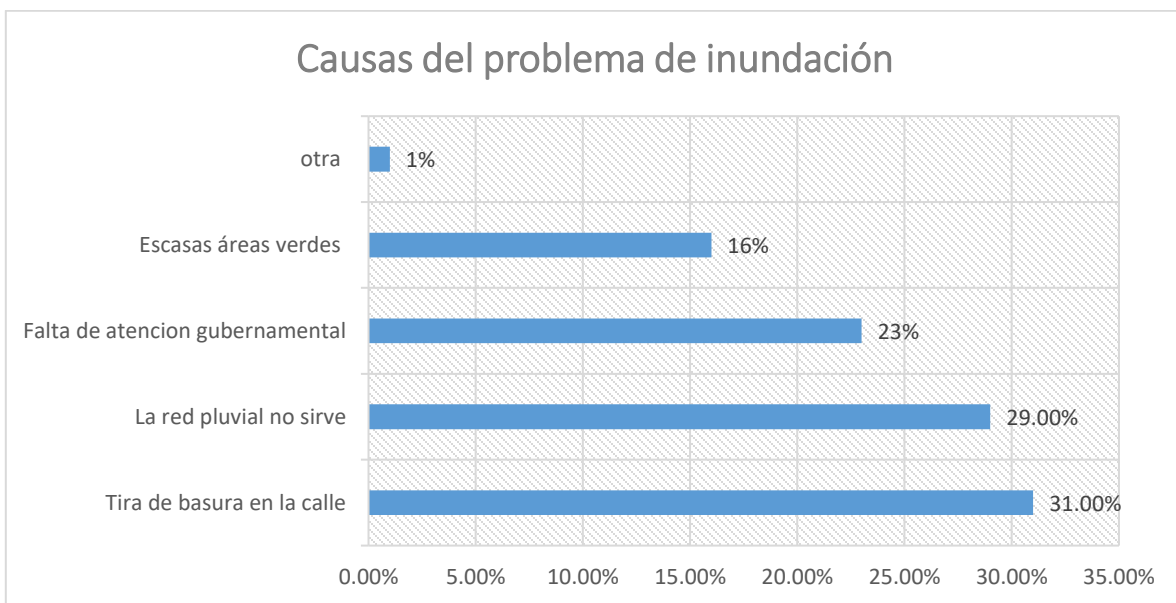


Figura 25. Mapa Altura promedio de inundación.
Fuente Elaboración propia

Causa de las inundaciones: otra de las preguntas de este cuestionario estaba dirigida a saber cuál creen los ciudadanos que es la causa de las inundaciones en su calle, las respuestas se muestran en la siguiente Grafica.

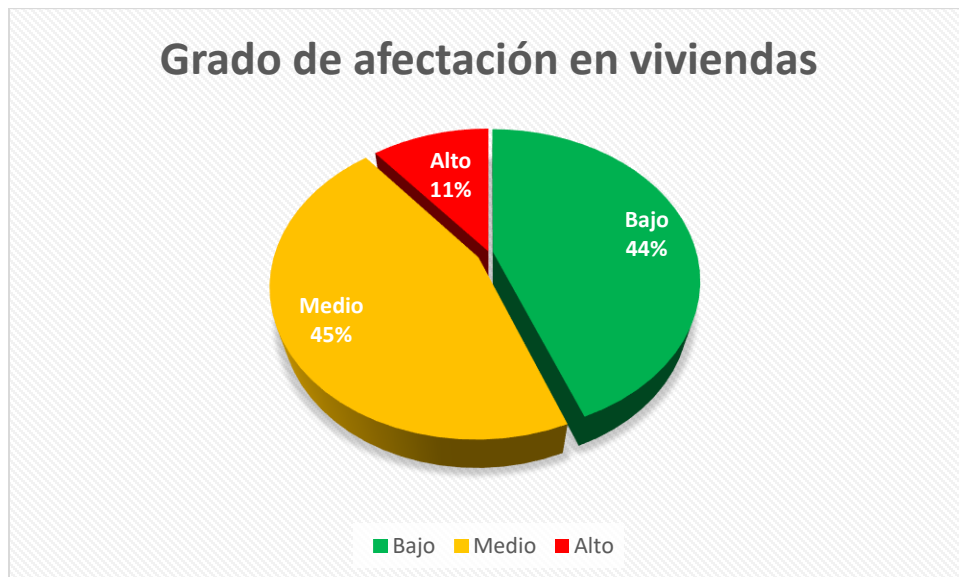


Grafica 4. Causas de inundación
Fuente: elaboración propia con datos de campo.

De acuerdo con el criterio de los ciudadanos la principal causa de las inundaciones es que la gente tira basura en la calle o que la red pluvial no sirve, en el instrumento esta pregunta fue de opción múltiple con 4 posibles respuestas, sin embargo, se anexo el rango de otra, ya que el 1% de los encuestados dieron una respuesta diferente a las anteriores, las opciones que engloban en inciso de otra, son las siguientes:

- Mal diseño de la calle, pues al construirse la calle, el nivel aumentó, cuando solía estar a nivel más bajo.
- El desbordamiento de la Laguna de San Baltazar.
- Una Mala planeación de las obras que se han realizado para mitigar los problemas.

Grado de Afectación en viviendas: Aquí se trataba de conocer el grado de afectación que han sufrido las viviendas durante las inundaciones. Para interpretar los resultados que arrojó la encuesta se clasificaron las respuestas en tres rangos de afectación, bajo, medio y alto, los resultados son los siguientes:



Grafica 5. Grado de afectación en viviendas
Fuente: elaboración propia con datos de campo.

EL 11% de las personas encuestadas, dicen que sus viviendas presentan un grado de afectación alto y el 45% una afectación media, la concentración de las personas que afirman sus viviendas tienen mayor afectación son las que se ubican en la zona de la microcuenca baja, que son las más cercanas al cruce de la calle Abasolo y segunda de Juárez tal como se observa en el mapa

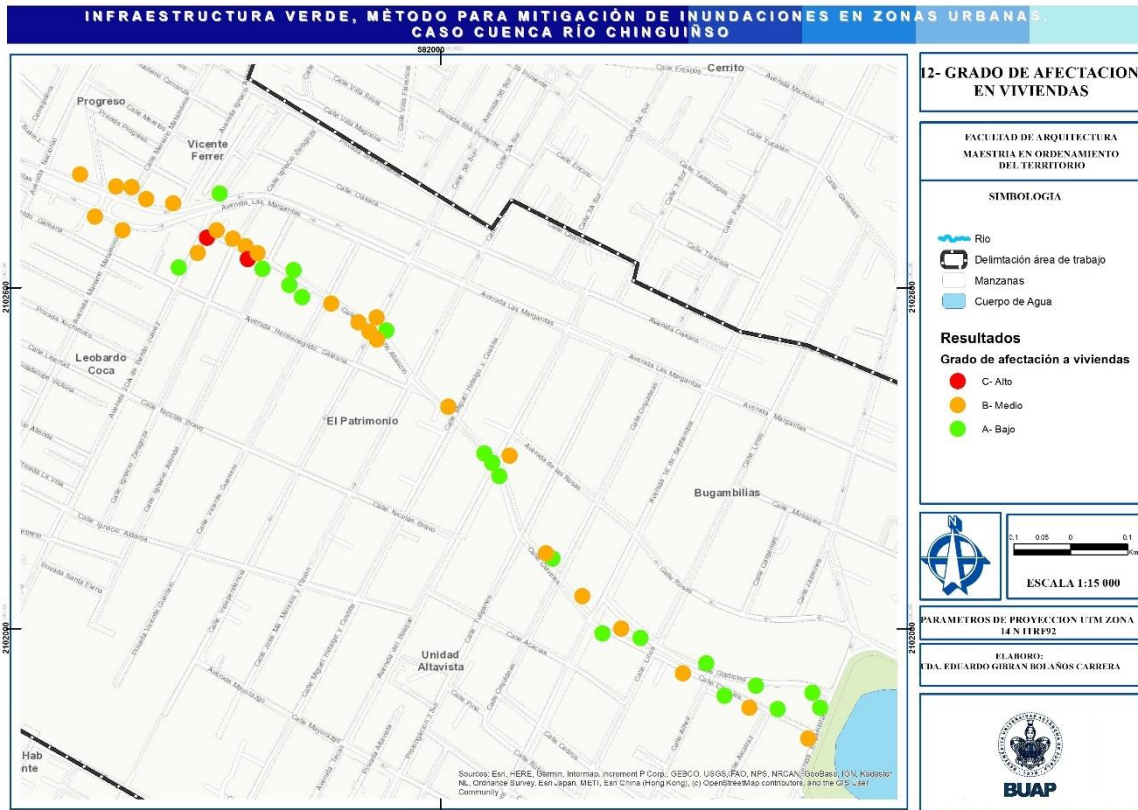
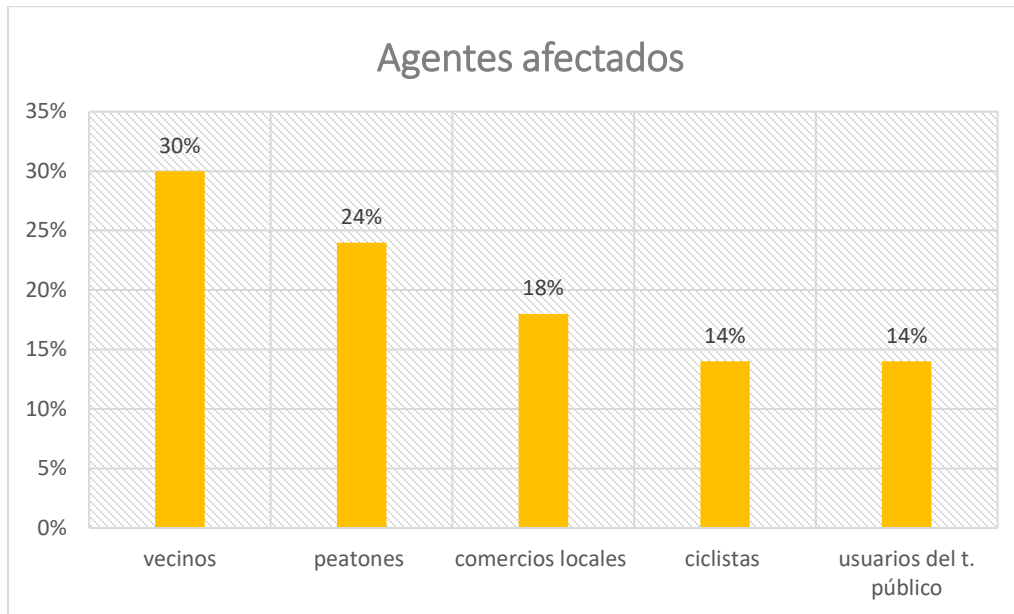


Figura 26. Grado de afectación en viviendas
Fuente: Elaboración propia

Agentes afectados: para conocer cuál de los agentes resulta más afectado en las inundaciones, se preguntó a los habitantes de las colonias afectadas, a quienes señalaban como principales; la respuesta fue que los mismos vecinos se consideran como los principales afectados, debido a que además de tener pérdidas económicas, muchas veces deben realizar labores de limpieza o reparar desperfectos después de los eventos de inundación. Las personas que llevan más de 10 años viviendo por la zona son quienes lo afirman.

En segundo lugar, señalaron como afectados a los peatones pues muchas veces sus trayectos se ven afectados y tienen que caminar varias calles para rodear los puntos inundables, y en tercer lugar están los comercios locales pues para ellos si hay pérdidas económicas cuando se mete el agua.



Grafica 6. Agentes afectados

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Una vez expuestas las problemáticas en orden cronológico y la forma en que son percibidas las inundaciones por parte de los vecinos, se puede determinar:

- Que de las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso, durante los últimos 10 años no se ha atendido correctamente por las autoridades competentes.
- Las afectaciones que padecen los vecinos cercanos a los puntos inundables están en un grado medio y hay pérdidas materiales.
- Quienes llevan más años viviendo en la zona son quienes más afectaciones tienen a pesar de que se han adaptado a las condiciones de la zona en temporada de lluvia.

3.3 Función de áreas verdes y zonas recreativas

Las áreas verdes son aquellos espacios formados por superficies que permiten la filtración de agua hacia el subsuelo, los espacios más comunes en las ciudades son

los parques, jardines públicos o camellones, dentro del área de estudio existen algunos espacios verdes públicos y semipúblicos que ofrecen un lugar para realizar actividades recreativas.

A pesar de que en toda el área de la microcuenca existen más de 40 colonias son pocos los espacios públicos verdes y recreativos a los que pueden acudir los habitantes de esta zona, los más desatacados son los siguientes:

- **Cancha elevada de la colonia Leobardo Coca C.:** esta área tiene una superficie de 1650 m², cuenta con una cancha de deportiva y una pequeña área de juegos infantiles. Ubicado en una zona habitacional tiene gran afluencia de usuarios principalmente niños de la colonia Leobardo Coca, es un área bien iluminada con espacios verdes, plantas y árboles que son cuidados por los mismos vecinos de la colonia.



Figura 27. Parque y cancha en colonia Leobardo Coca C.
Fuente: Elaboración propia

- **Campo Seminarios:** Este espacio cuenta con una extensión de 57 405 m², es un terreno que alberga cuatro canchas de soccer y un campo de béisbol. En este espacio se llevan a cabo diversos eventos deportivos principalmente los fines de semana que es cuando mayor afluencia de usuarios tiene el lugar, este espacio se podría considerar semi público ya que los usuarios deben pagar una cuota para el mantenimiento del sitio, además, existe una controversia en torno a la propiedad del predio. Ambientalmente este espacio

suma bastante superficie verde permeable a la zona de estudio y tiene gran potencial de intervención para volverse completamente público.



Figura 28. Campo deportivo seminarios,
Fuente: Elaboración propia (2019)

Espacios de oportunidad

En esta descripción se mencionan aquellos espacios dentro de la microcuenca, que reúnen las características necesarias para convertirse en espacios verdes de uso recreativo o ambiental. Así tenemos los siguientes:

Camellón Margaritas: El camellón está dividido en dos partes con las siguientes superficies; la primera es de 1990 m², y el otro es de 1696 m². La función de este espacio es totalmente ambiental, ya que forma parte del caudal del río Chinguiñoso, es un espacio verde que se encuentra en abandono, cuenta con espacio suficiente para realizar algún tipo de actividad, se intentó darle vocación de parque sin embargo la propuesta fracasó.



Figura 29. Camellón de avenida margaritas,
Fuente: Elaboración propia (2019)

Predio Federal (antiguo vaso regulador): este predio cuenta con una superficie de área verde de 7155 m², y en el interior existió una cancha de básquet a la cual acudían vecinos de la zona, actualmente está en abandono. La extensión de este predio permite desarrollar diversas actividades y en ocasiones era rentado por vecinos de la colonia Mayorazgo para que se instalar circos o ferias, en el año 2009, se especuló la venta de este predio, pero se determinó una zona federal por la CONAGUA.



Figura 30. Predio Federal junto a colector chinguiñoso,
Fuente: Elaboración propia (2019)

Camellón Calle Claveles: Este camellón se ubica en la zona de la parte media, su y su función actual es completamente ornamental. Tiene una superficie de 503 m², y las especies que ahí se encuentran están en buen estado, ya que los vecinos de las zonas les dan mantenimiento. Este espacio reúne las características para convertirse en una zona de aportación ambiental más que recreativa.



Figura 31. Camellón de Calle Claveles
Fuente: Google Earth

3.3.1 Evaluación ambiental de áreas verdes

Para conocer el estado actual de las zonas descritas anteriormente se evaluó cada espacio, tomando como referencia al Plan de Indicadores de Sostenibilidad de la Ciudad de Vitoria Gazteiz (2010), el cual siendo un instrumento de planeación a uno de los casos que, consideramos notables y exitosos en cuanto a Infraestructura Verde, contempla la evaluación de espacios verdes bajo algunas características que pueden verificarse en nuestro caso de estudio, tenemos algunas como:

- Permeabilidad del suelo
- Superficie verde por habitante
- Proximidad simultánea a espacios verdes
- Índice de funcionalidad de parques y jardines
- Densidad de árboles por calle

Estas características se evalúan en función de tres indicadores que se consideran como variables de estudio, fundamentales para conocer la calidad medio ambiental: Proximidad, Cantidad de especies y Superficies de absorción.

Tabla T8. Evaluación ambiental de las áreas verdes

Espacio	Tipo	Proximidad	Cantidad de especies		Superficie de absorción
		Radio de influencia	Arboles	Arbustos	
Cancha elevada	Consolidado	200 m	8	14	35%
área deportiva Seminarios	Consolidado	1 km	7	0	90%
camellón margaritas	Área de oportunidad	200 m	82	8	98%
Antiguo vaso regulador	Área de oportunidad	500 m	4	0	95%
Camellón Claveles	Área de oportunidad	100 m	16	8	98%

Fuente Elaboración propia

Indicadores evaluados:

Proximidad

La proximidad o el radio de influencia de cada espacio, es determinada por sus dimensiones, algunos autores afirman que entre mayor sea la extensión de un espacio mayor será su capacidad de atracción, por lo que, para nuestro caso se establecieron los siguientes radios de influencia, 200 metros para aquellos que tienen de 1000 a 5000 metros cuadrados, 500 metros en los que tienen de 5000 a 9000 y 700 metros de una a cinco hectáreas de superficie y que bien pueden considerarse parques urbanos.

Cantidad de especies

La segunda característica evaluada es la cantidad de especies y tipos de vegetación que se encuentran en estas áreas ya que se considera un componente estructural del hábitat urbano, es importante diferenciar el tipo de vegetación para conocer lo aportes ambientales que brindan.

Superficies de absorción

Representa el porcentaje de superficie permeable en relación con la superficie total de cada espacio, pues las superficies de absorción de agua hacia el subsuelo son un indicador de que un espacio brinda servicios ecosistémicos, en este caso contribuir a la recarga del subsuelo.

De los cinco espacios calificados en la Tabla T8, dos se consideran consolidados por su uso y los otros tres, como áreas de oportunidad, el resultado es interesante, los radios de cobertura son variados, existen dos espacios con cobertura de 200 metros, uno de un kilómetro, uno de 500 metros y uno de 100.

Por lo que el supuesto de que todas las áreas verdes de la microcuenca fuesen públicas, la cobertura de espacios verdes con valor ambiental en la microcuenca Chinguiñoso, sería casi del 80 % como se muestra en la Figura 32, esto arroja una lectura muy interesante, ya que esta característica es poco común en otras partes de la ciudad de Puebla.

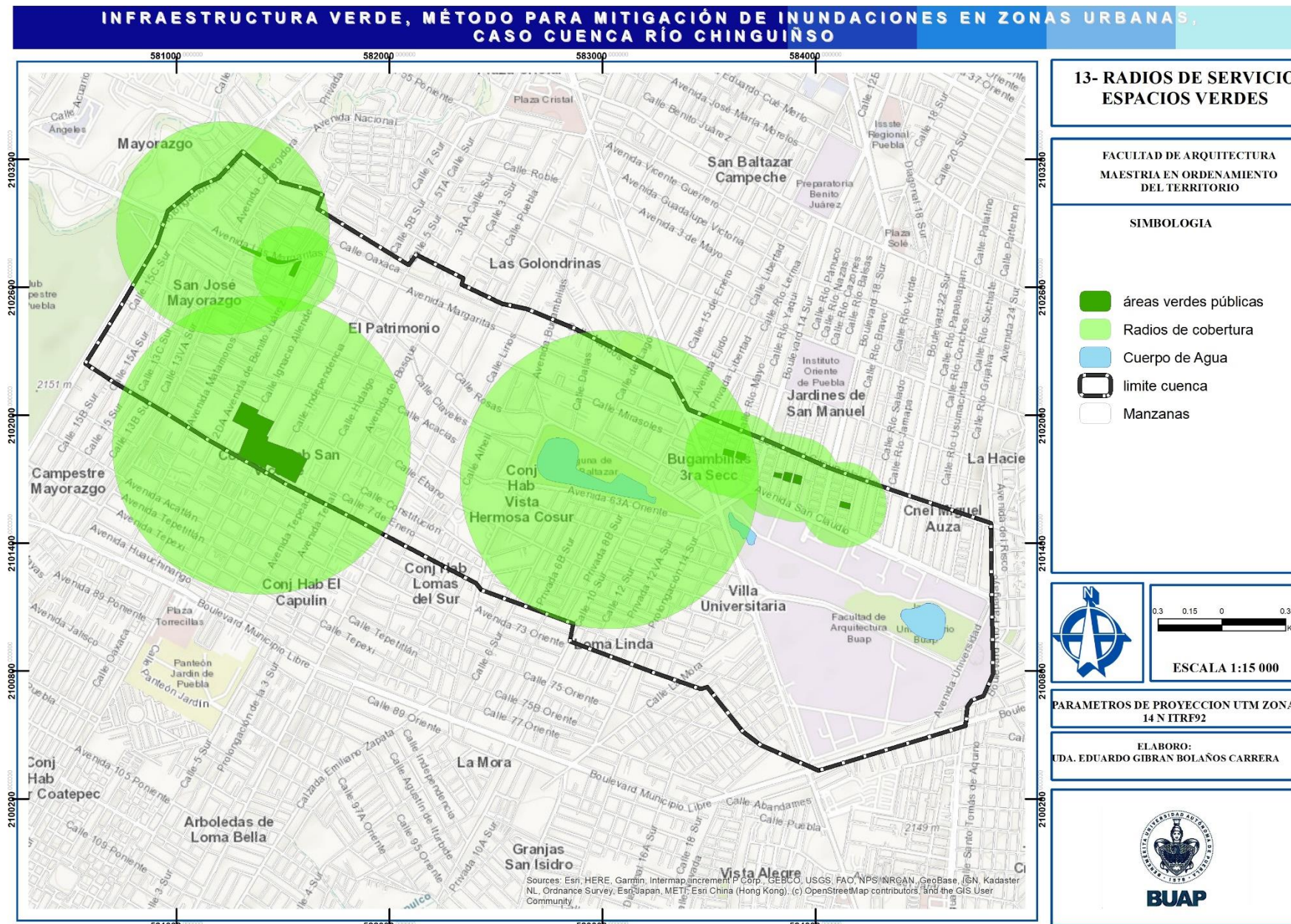


Figura 32. Mapa de cobertura de servicios de áreas verdes
Fuente: Elaboración propia

Un aspecto que resulta alarmante es la poca variedad de especies de árboles, en los espacios consolidados, sobre todo el área deportiva Campo Seminarios, puesto que es la de mayor superficie, lo mismo sucede con la segunda más grande el predio Federal o Antiguo vaso regulador, las cuales son grandes extensiones territoriales con poca vegetación.

Contrario a lo anterior, en superficies como la del Camellón Margaritas o el de la Calle Claveles existe una gran cantidad de vegetación que cubre varias funciones ambientales además de ornamentales.

En cuanto a la permeabilidad la mayoría cumple ese aspecto, cuatro de las áreas evaluadas tienen más del 90% de su superficie permeable a excepción de la cancha elevada de la colonia Leobardo Coca, pues tiene dos planchas de concreto que se utilizan como canchas de fútbol.

Conclusiones

Dentro de la microcuenca del río Chinguiñoso se identificaron nueve puntos inundables que causan diversos conflictos, y donde la topografía y las condiciones de la estructura urbana actual son las que marcan la pauta sobre la ubicación de estos puntos inundables.

Las colonias que resultan con más afectaciones cuando hay eventos de alta precipitación y que derivan en inundaciones son: Patrimonio, Leobardo Coca C. y Bugambilias, ellas encontrándose en la parte baja, el nivel de agua alcanzado en inundaciones es de entre 30 a 50 cm promedio.

De acuerdo con los indicadores evaluados en las áreas verdes de la microcuenca, se puede concluir que la mayoría de los espacios tiene características suficientes para ser espacios que brinden servicios ecosistémicos y recreativos, sobre todo los que se clasificaron como áreas de oportunidad, sin embargo, el indicador bajo en todos ellos es el de la vegetación y es que la relación entre superficies y cantidad de especies es muy desigual.

Durante los últimos 10 años las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso, han sido atendidas de manera inadecuada por el sector gubernamental en sus diferentes niveles competentes al problema, mientras que quienes viven entorno a los puntos de inundación se han adaptado a estas condiciones, siendo quienes más afectaciones y molestias tienen cuando se presenta un evento de inundación.

CAPITULO IV METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA MITIGAR PROBLEMAS AMBIENTALES EN ZONAS URBANAS

Con la finalidad de mitigar los problemas ambientales que se presentan en la zona, se propone una metodología para la implementación de Infraestructura Verde dentro de la microcuenca río Chinguiñoso, la cual está diseñada para una aplicación a escala urbana. Para ello se acude a los nueve puntos inundables que fueron identificados en la microcuenca, es de destacar que en la parte baja de la cuenca se encuentran las zonas inundables que mas daños generan, por esta razón es que se determino dirigir el desarrollo de esta metodología para implementar Infraestructura Verde en la parte baja y la parte media de la microcuenca.

Así la propuesta metodológica para la microcuenca del rio chinguiñoso, tiene como objetivo primordial la mitigación de problemas de inundación y aunado a esto, brindar una alternativa ambiental, mediante el estudio, análisis y propuestas de proyectos de Infraestructura Verde, para que especialistas en ordenamiento y gestión territorial, así como a instancias del sector gubernamental y social, cuenten con un método desde el que puedan generar propuestas para contribuir a la mitigación de inundación así como demostrar viabilidad de aplicación, y aceptación por parte de aquellos sectores de la sociedad que padecen los impactos de las problemáticas referidas.

La metodología se estructura en tres etapas a desarrollar que se muestran en la Figura 34.

RUTA DEL DESARROLLO METODOLOGICO

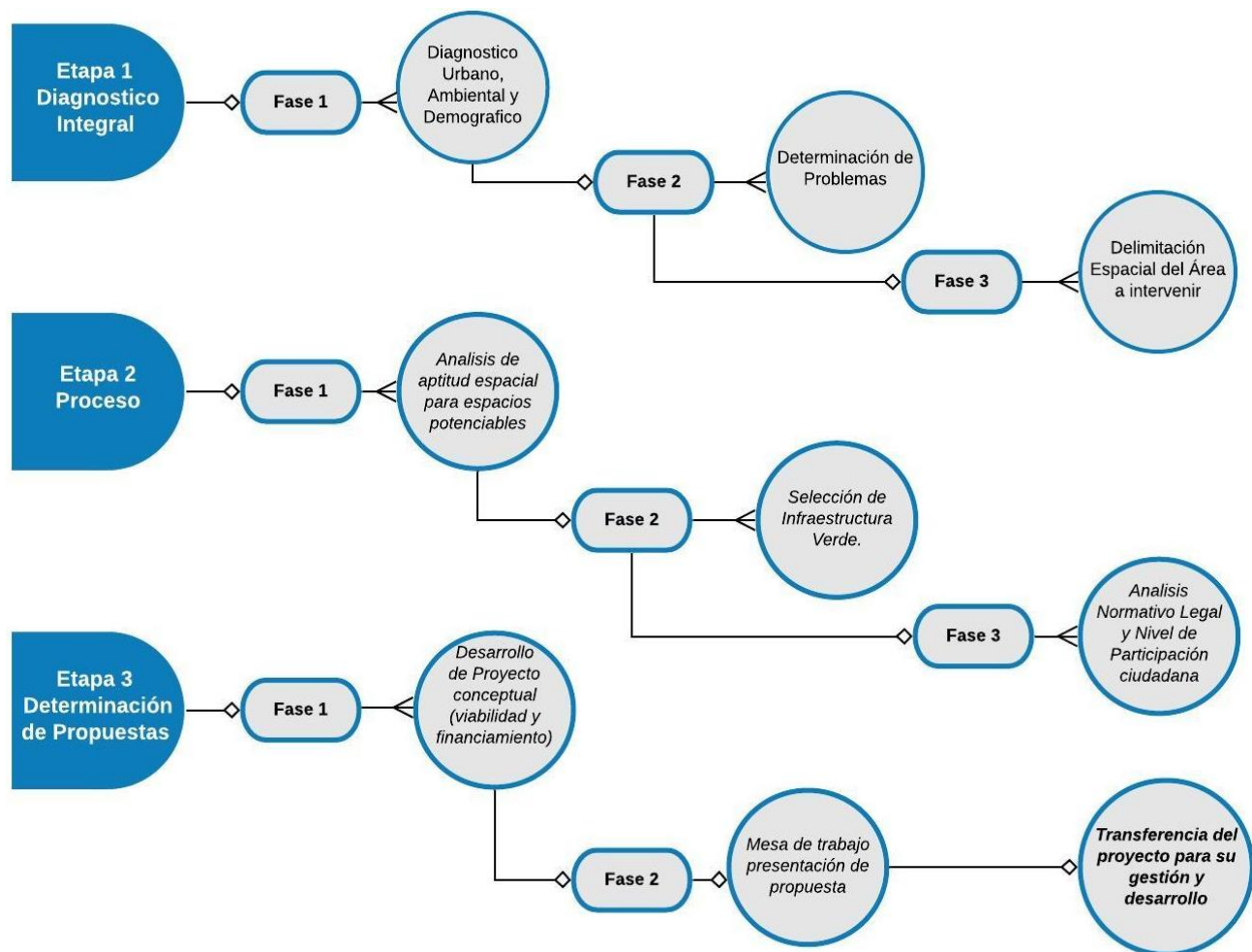


Figura 33. Esquema de desarrollo metodológico

- Etapa 1 Diagnóstico Integral

Consiste en un diagnóstico desarrollado en tres fases, la primera fase comprende el diagnóstico integral de la microcuenca (aspectos físicos, sociodemográficos y ambientales) que serán la base en la cual se desarrolle el proyecto, la segunda fase consiste en la definición y valoración del problema que se quiere resolver con base en los resultados del diagnóstico y la aplicación de un instrumento para conocer los niveles de afectación con los sujetos afectados por dichos problemas, finalmente la tercera fase consiste en realizar una delimitación espacial del área a intervenir.

- Etapa 2 Proceso

Dividida en tres fases, la primera fase consiste en un análisis espacial evaluado aptitudes de los espacios con mejores características para desarrollar infraestructura verde, la segunda fase trata la selección de la Infraestructura Verde más adecuada para los espacios seleccionados, y la tercera fase implica un análisis del marco legal y normativo para su implementación, esta etapa se termina con una evaluación de resultados y la elaboración de propuestas de proyectos posibles a desarrollar.

- Etapa 3 Determinación de propuesta

Se encuentra dividida en dos fases, en la primera fase se elabora el proyecto de Infraestructura Verde, se realiza un análisis de viabilidad del proyecto.

La fase dos, que además es el final del método, consiste en la transferencia del proyecto, por lo que esta etapa consiste en la realización de una mesa de diálogo entre representantes vecinales, el asesor del proyecto y los sectores involucrados en la gestión gubernamental de competencia con la problemática que se quiere resolver, así como la presentación del proyecto con la finalidad de iniciar la gestión para su realización.

- Adaptación de la metodología.

Se debe reevaluar las fases del proyecto, su viabilidad y destacar los aspectos positivos en el desarrollo de la metodología, así como los negativos y establecer una base de trabajo que se adapte para la resolución de cualquier problemática ambiental en zonas urbanas.

4.1 Etapa 1 Diagnóstico Integral

En esta etapa resulta fundamental conocer las características de los elementos urbanos y medioambientales que conforman la estructura física del área de estudio, para así poder generar una propuesta adecuada de Infraestructura Verde, acorde a estas características de la microcuenca Chinguiñoso.

4.1.1 Fase 1 Diagnóstico Urbano ambiental

En esta fase de la metodología se tiene que desarrollar un diagnóstico de las condiciones actuales de la microcuenca, recomendándose analizar los siguientes aspectos tanto del medio ambiente como del medio urbano y demográfico:

En Medio Ambiente:

- Clima: Tipo de clima en la zona de estudio y su comportamiento.
- Hidrología superficial: red hídrica, los principales ríos, barrancas, lagos y demás cuerpos de agua, así como la topografía de la zona.
- Precipitación: deben obtenerse datos de la precipitación en la zona de estudio de por lo menos 10 años, se recomienda obtener los datos de la red de estaciones meteorológicas más cercanas, del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA.
- Áreas verdes y vegetación: se deben identificar todas las áreas verdes de uso público como parques, jardines, áreas deportivas o recreativas para hacer una estimación de superficie de espacios verdes por habitante.
- Riesgos y peligros naturales: se requiere la identificación de riesgos y peligros naturales geológicos e hidrometeorológicos, para ello se deben consultar los principales instrumentos normativos de planeación en materia

de riesgos como: Atlas de Riesgos municipal, Programa Municipal de Desarrollo Urbano, Programa de protección civil o en su casa buscar algún otro documento oficial que sirva de apoyo.

En Medio Urbano y Demografía:

- Usos de suelo: Es importante conocer los usos de suelo de la zona de estudio para realizar una mejor lectura del contexto urbano, se sugiere consultar una carta oficial de los Usos de Suelo del Programa Municipal de Desarrollo Urbano.
- Estructura vial: La identificación de la estructura vial debe constar de vialidades primarias y corredores, vías secundarias y colectoras, de vialidades terciarias o calles locales, andadores, calles peatonales y ciclovías, conocer cómo se estructuran en la zona de estudio ayudara a identificar como es el comportamiento de la movilidad.
- Equipamientos y Servicios: Se tiene que identificar los equipamientos de comercio y abasto, educación recreación, así como los servicios existentes en la zona de estudio.
- Densidad de población y grupos por rango de edad: se debe analizar la población, conocer la cantidad de habitantes por manzana y ver los rangos de edad que predominan, para este tema se deben tomar los datos del último censo de población y vivienda del INEGI.

Para hacer el diagnóstico del medio urbano es necesario conocer cada aspecto recomendado, en este método se propone un formato de Tabla resumen (ver Tabla) para optimizar la información y evitar la saturación.

Tabla 9. Ficha resumen de diagnostico

FICHA RESUMEN			
DATOS			
CLIMA	Cantidad	Descripción	Tipo
Tipo de Clima y Clave		C(w1) (w) Templado Subhúmedo	
Temperatura Prom.		12° A 18°C	
Temp. Max Registrada			
Temp. Min Registrada			
HIDROLOGIA	Cantidad	Descripción	Tipo
Ríos	3	Río Chinguiñoso	
		Río Atoyac	
		Río San Francisco	
Barrancas	1	Chinguiñoso	
Lagos	3	San Baltazar	
		Paseo del Lago	
		Laguna del Jardín Botánico	
PRECIPITACIÓN	Cantidad	Descripción	Tipo
Precipitación media anual	1270 mm	precipitación estimada anual	
Meses de mayor precipitación	5	Mayo a Septiembre	
Valor máximo registrado	390 mm		
Periodo de tiempo estimado	60 años	Es el tiempo de registro de los datos de las estaciones	
AREAS VERDES	Cantidad	Descripción	Tipo
Áreas verdes publicas	21	áreas verdes de libre acceso	
Deportivas	2		
Recreativas	19		
Áreas verdes públicas de acceso controlado	8	áreas verdes controladas por cuotas de acceso o para grupos sociales específicos	
Deportivas	3		
Recreativas	5		
Sup. De áreas verdes por habitante	5.82 m2	Es el resultado de dividir la suma de las superficies de todas las áreas verdes entre el número de habitantes	

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS,
CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

VEGETACIÓN	Cantidad	Descripción	Tipo
Especies		figus	arbus tos
		Bugambilias (Bougainvillea)	arbus tos
Especies		Trueno (ligustrum Lucidum)	árbol
		Eucaliptos (Eucaliptus)	árbol
		Álamo italiano (Populus)	árbol
		Cedro Blanco (Cupressus Benthhammi)	pino
		Cedro Italiano (Cupressus sempervirens)	pino
		Fresnos (fraxinus)	árbol
PELIGROS NATURALES			
PELIGROS NATURALES	Cantidad	Descripción	Tipo
Inundaciones		Las inundaciones dentro de la microcuenca Del rio chinguiñoso, están perfectamente Identificadas en el Atlas de riesgos, en un Rango de peligro medio.	
Población expuesta			
PRINCIPALES USOS DE SUELO			
PRINCIPALES USOS DE SUELO	Cantidad	Descripción	Tipo
Usos Mixto de Densidad Alta		Usos habitacionales con comercios, microindustrias, comercios y servicios	
Comercio-Servicios		Corredores con comercio y servicios	
Equipamiento		Equipamientos diversos, públicos y privados.	
ESTRUCTURA VIAL			
ESTRUCTURA VIAL	Cantidad	Descripción	Tipo
Vías de acceso controlado	4	11 sur	
		16 de septiembre	
		Boulevard Valsequillo	
		Boulevard Municipio Libre	
Vías Primarias	9	AV. Margaritas	
		circunvalación	
		Av. Nacional	
		Prolongación 14 sur	
		Av. San Claudio	
		4 sur	
		avenida Bugambilias	
		63 A oriente	
Calle cedros			
Vías secundarias	1000 aprox.	incluyen vías de circulación interior de las colonias, callejones, cerradas y andadores peatonales.	

EQUIPAMIENTO	Cantidad	Descripción	Tipo
Escuelas	62		
centros comerciales	1		
centros de atención medica	3		
instalación deportiva o recreativa	2		
Mercado	2		
Parques o plazas	20		
Templos	18		
POBLACIÓN	Cantidad	Descripción	Tipo
Hombres	22598		
Mujeres	29234		

Fuente Elaboración propia

4.1.2 Fase 2 Determinación de problemas

Una vez realizado el diagnóstico urbano ambiental, se recomienda hacer una revisión documental entorno al problema principal que se quiere atender, en este caso las inundaciones, para ello se recabaron datos de notas periodísticas en medios impresos y digitales para conocer como han sido las afectaciones por inundaciones, también se hace un levantamiento en campo, de los principales puntos inundables, esto con el fin de identificarlos y georreferenciarlos, así se pueden determinar los siguientes problemas:

1. El principal problema de la microcuenca río Chinguiñoso son las inundaciones que por lo menos se presentan dos veces por año.
2. La mayor concentración de puntos inundables está localizada sobre la parte baja.
3. La inundación que se forma en la calle Abasolo y 2da de Juárez es el que más conflictos presenta.
4. De acuerdo con el diagnóstico podemos determinar que existen pocas áreas verdes de uso público.

- La superficie de estos espacios no cumple con los parámetros recomendados por la OMS para una calidad de vida optima en los habitantes de las colonias inmersas en el área de estudio.

4.1.3 Fase 3 Delimitación espacial del área a intervenir

Una vez analizadas las problemáticas, y siguiendo la delimitación que se hizo para la caracterización, definimos que la parte correspondiente a la zona baja de la microcuenca es sobre la cual se hará la propuesta de intervención para implementar Infraestructura Verde que contribuya a la mitigación de las inundaciones y demás problemas ambientales, ello debido a que en esta parte se presentan ocho de los nueve puntos inundables de toda la microcuenca río Chinguiñoso.

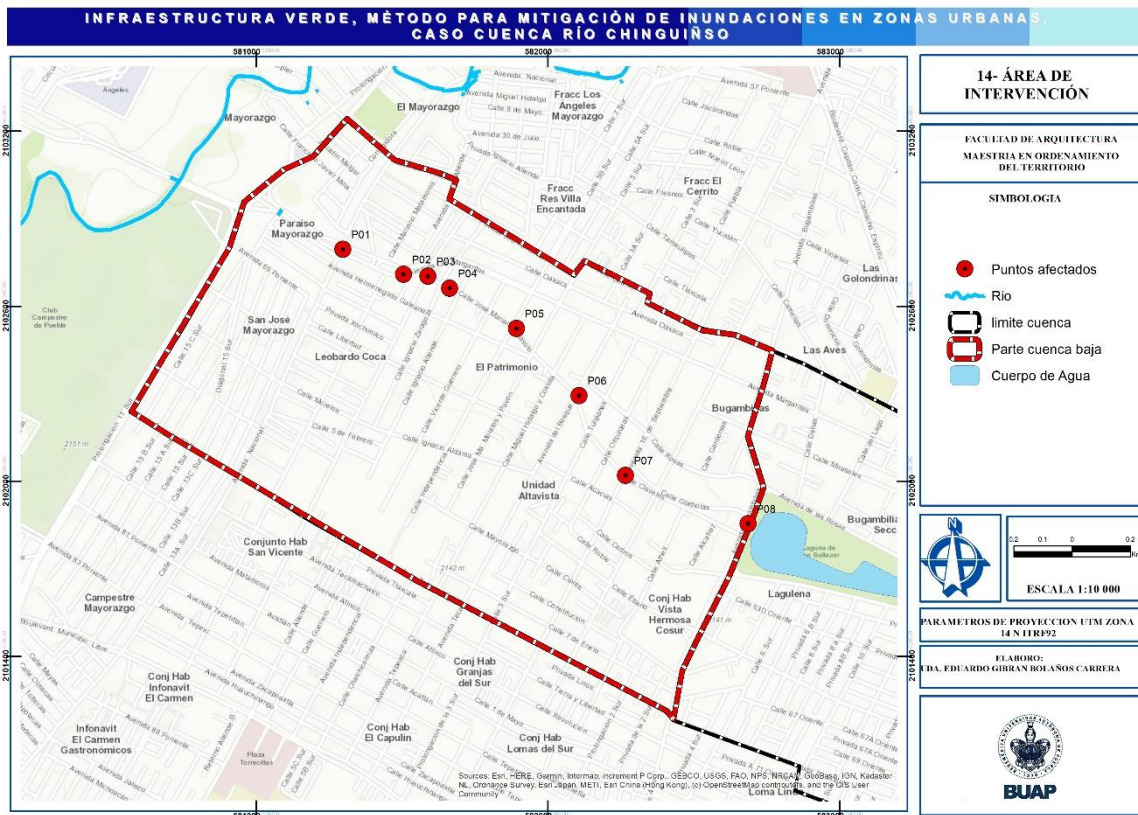


Figura 34. Limite cuenca baja
Fuente Elaboración propia.

4.2 Etapa 2 Proceso

4.2.1 Fase 1. Análisis de aptitud espacial para el desarrollo de infraestructura verde.

En esta fase del trabajo se va a realizar una evaluación de las aptitudes espaciales de áreas verdes y vialidades propuestas en torno a los principales puntos inundables de la zona de trabajo. En esta evaluación se proponen espacios que por sus características tienen un potencial para desarrollar algún tipo de Infraestructura Verde y será con base en esas características que se determine un nivel de aptitud aceptable para su desarrollo.

Aspectos que deben cumplir las áreas verdes:

- Ser áreas públicas
- Brindar algún servicio ecosistémico
- Ofrecer actividades de recreación
- Ubicarse cercana a un punto inundable
- Contar con más de 100 m²
- Tener superficies permeables
- Suelos limpios, sin contaminación.
- Contar con un radio de servicio de mínimo 100 metros.

Las vialidades deben ser:

- Vialidades de acceso controlado de más de 5 carriles con camellones
- Vialidades de acceso controlado de más de 5 carriles
- Vialidades secundarias de mínimo 3 carriles de velocidades mínimas de 30 km/h.
- Buena conectividad
- Calles peatonales y/o andadores.
- Banquetas de mínimo 1 metro.
- Contar con pendiente adecuada para captación de agua.

Las áreas y vialidades a evaluar se presentan en la siguiente tabla:

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS, CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

Tabla 10. Espacios para evaluar

ÁREAS VERDES	VIALIDADES		
Cancha Elevada	Calle Abasolo	Calle 5B Sur o Independencia	Calle Gladiolas
Vaso regulador	Calle Segunda de Juárez	Calle del Bosque	Calle Rosas
Camellón Margaritas	Calle Ignacio Zaragoza	Calle Orquídeas	Avenida Nacional
Campo deportivo Seminarios	Calle Ignacio Allende	Avenida 16 de septiembre	Avenida Margaritas
Laguna de San Baltazar	Calle Vicente Guerrero	Calle Claveles	

Fuente: Elaboración propia.

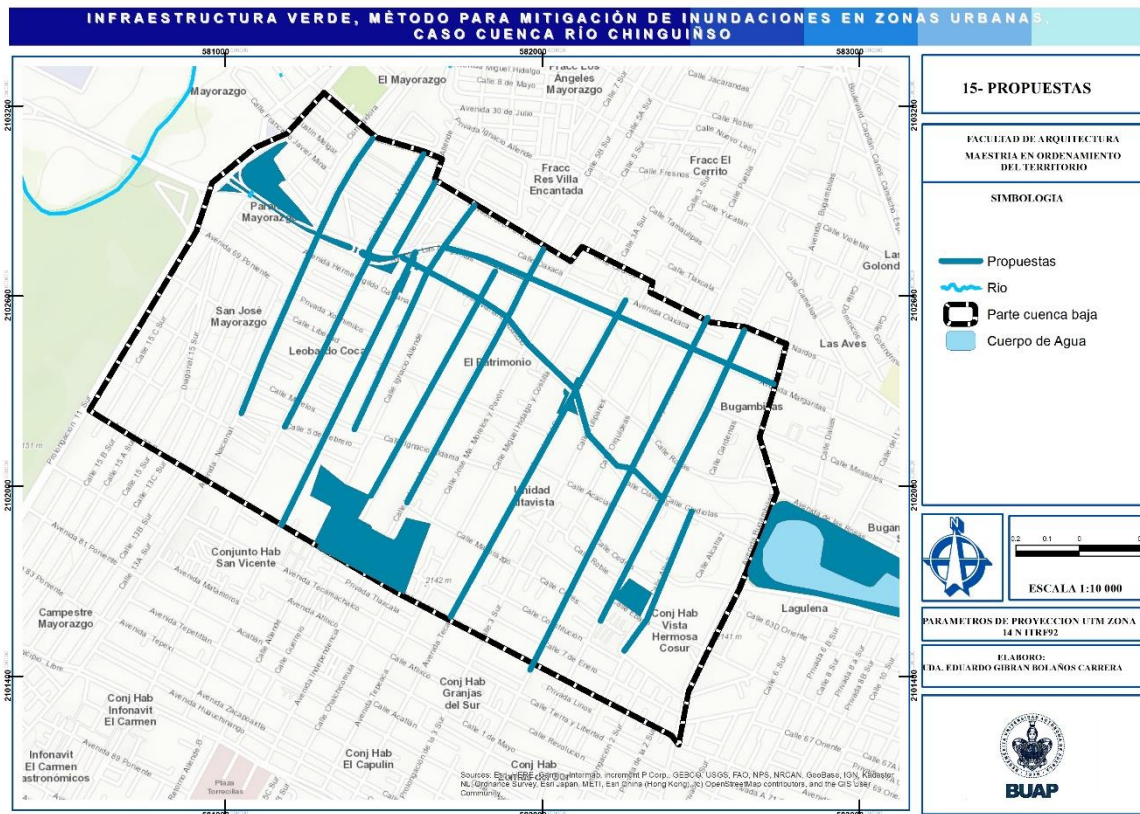


Figura 35. Propuesta de vialidades y espacios a intervenir
Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE APTITUDES

En la siguiente tabla se realiza la evaluación de las aptitudes necesarias para que se implemente infraestructura verde en alguno de los espacios propuesto, tomando como referencia al Plan de Indicadores de Sostenibilidad de la Ciudad de Vitoria Gazteiz (2010), diseñamos un método de evaluación de estas aptitudes en espacios verdes públicos, que consiste en la evaluación de cada característica necesaria para implementar técnicas de Infraestructura Verde que contribuyan a la mitigación de inundaciones, cada espacio sumará puntos de acuerdo a sus características que son valoradas en la siguiente Tabla, el puntaje máximo es de 100 puntos, que representa una alta aptitud para desarrollar alguna técnica de Infraestructura Verde, y determinamos que para que un espacio sea apto sus características mínimas deberá obtener un puntaje mínimo de 65.

Tabla 11. Evaluación de aptitudes en espacios públicos

EVALUACIÓN DE APTITUD ESPACIAL PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA VERDE																	
ESPACIOS	VEGETACIÓN PRESENTE		TIPO DE VEGETACIÓN			% DE TERRENO PERMEABLE				SANIDAD ACTUAL DE SUELO			RADIO DE COBERTURA				PUNTAJE
	SI	NO	ARBOLES	ARBUSTOS	OTRA	10 A 25 %	26 A 50 %	51 A 75 %	76 A 100 %	RELLENO	RESIDUOS O ESCOMBRO	LIMPIO	100 m	200m	500 m	700m	
AREAS VERDES																	
Puntaje de evaluación	10	0	10	10	10	5	10	20	30	-10	-10	15	5	10	15	15	
Cancha Elevada	X		X	X			X					X		X			65
Antiguo vaso regulador	X		X	X					X	X					X		65
camellón margaritas	X		X	X					X			X		X			85
campo deportivo seminarios	X		X	X					X			X				X	75
Laguna de san Baltazar	X		X	X					X			X			X		90

Fuente: Elaboración Propia con datos de campo

La evaluación de aptitud para vialidades y calles se hace con el mismo método de evaluación de las áreas verdes, sin embargo, aquí se evalúan tras características y con diferente puntaje, en esta tabla la sumatoria de las características es de un máximo de 90 puntos, se considera que para que una vialidad sea apta para desarrollar Infraestructura Verde tendría que obtener un mínimo de 60 puntos.

Tabla 12. Evaluación de aptitudes en calles

EVALUACIÓN DE APTITUD ESPACIAL PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA VERDE																							
ESPACIOS	TIPO DE VIALIDAD			NIVEL DE TRANSITO			NO. DE CARRILES			CONECTIVIDAD CON				PEMDIENTE PERMITE CAPTACIÓN DE AGUA		INTERSECTA A PUNTOS INUNDABLES		INTERSECTA CON CAUDAL		ANCHO DE BANQUETA			PUNTAJE
	ACCESO CONTROLADO	PRIMARIA	SECUNDARIA	ALTO	MEDIO	BAJO	3	4	5 +	VIALIDADES	COLONIAS	AREAS VERDES	EQUIPAMIENTO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	50 CM A 1 M	1.5 A 2 mts	2mts O +	
VIALIDADES Y CALLES	5	5	10	-5	5	10	5	10	5	5	5	10	5	10	0	10	0	10	0	5	5	10	
puntaje de evaluación	5	5	10	-5	5	10	5	10	5	5	10	5	5	10	0	10	0	10	0	5	5	10	
Calle Abasolo			X			X		X			X			X		X		X		X			70
2da. De Juarez			X			X		X			X			X		X		X			X		70
Ignacio Zaragoza			X		X			X			X			X		X		X		X			65
Ignacio Allende			X			X		X			X			X			X	X		X			60
Vicente Guerrero			X			X		X			X		X			X	X		X				65
5B sur o Calle Independencia		X			X			X		X	X					X		X			X		55
Calle del Bosque			X		X			X			X			X		X		X		X			60
Orquidias			X			X		X			X				X		X	X			X		50
16 de Septiembre	X			X				X		X	X				X		X	X			X		30

Fuente: Elaboración Propia con datos de campo

Una vez realizado el análisis de aptitudes que se muestra en el cuadro anterior y tomando en cuenta las características de los espacios y vialidades analizados, se determina cuáles son los más adecuadas para desarrollar algún tipo de Infraestructura Verde.

Los resultados fueron los siguientes:

En las áreas verdes se consideraron adecuadas las 5 evaluadas, ya que sus condiciones son favorables para el desarrollo de Infraestructura Verde de acuerdo con los puntajes establecidos.

1. Cancha o parque elevado = 65 puntos
2. Antiguo vaso regulador = 65 puntos
3. Camellón de avenida Margaritas = 85 puntos
4. Campo deportivo "seminarios" = 75 puntos
5. Laguna de San Baltazar = 90 puntos

El lugar que alcanzo mayor puntaje es la laguna de San Baltazar. Es importante mencionar que este espacio, funciona como un parque recreativo y que al mismo tiempo brinda un servicio ecosistémico pues alberga una gran cantidad de vegetación, así como fauna. Estas características lo hacen funcional como un elemento de Infraestructura Verde, por lo que será considera no para intervención de diseño sino como un elemento de integración a una red de espacios de la parte baja si el diseño lo permite.

En cuanto a las vialidades se evaluaron 16 propuestas y con base en la matriz de aptitudes se seleccionaron 11 que cumplen con un puntaje mayor a 60 que quiere decir que se tienen las condiciones y características para implementar Infraestructura Verde, las seleccionadas son las siguientes:

1. Calle Abasolo = 70 puntos
2. Calle 2da de Juárez = 70 puntos
3. Calle Ignacio Zaragoza = 65 puntos
4. Calle Ignacio Allende = 60 puntos
5. Calle Vicente Guerrero = 65 puntos

6. Calle del Bosque = 60 puntos
7. Calle del Bosque = 60 puntos
8. Calle claveles = 70 puntos
9. Calle Alcatraz = 70 puntos
10. Calle Rosas = 60 puntos
11. Avenida Margaritas/cumuló de virgo = 60

4.2.2 Fase 2 Selección de Infraestructura Verde

La selección de Infraestructura Verde es una de las partes fundamentales de esta metodología ya que el tipo de técnicas seleccionadas debe aportar beneficios y ser parte de la solución al problema que se trate de mitigar.

Se deben tomar en cuenta 4 aspectos para realizar su selección:

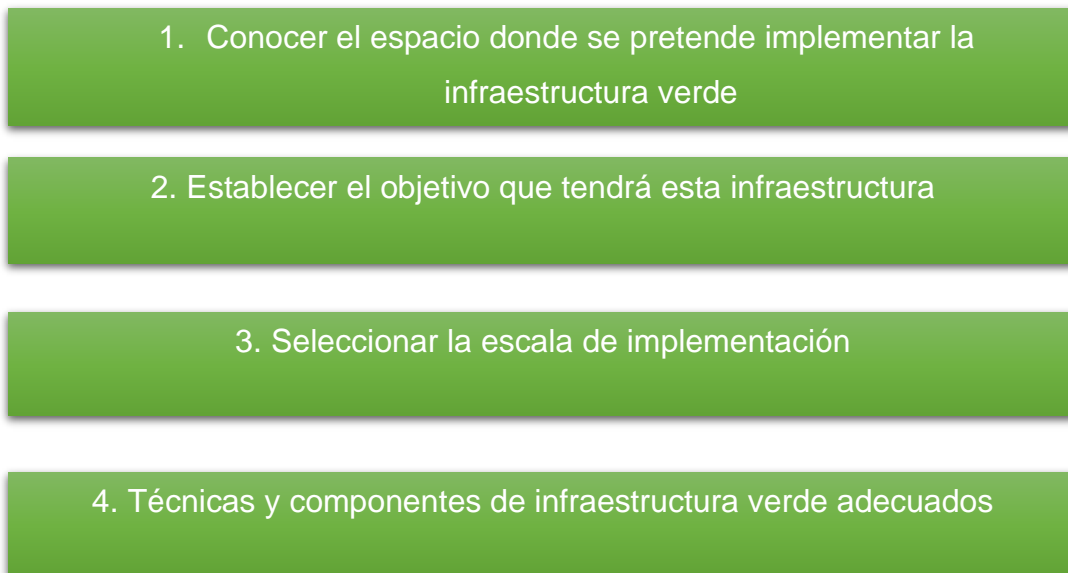


Figura 36. Esquema para selección de infraestructura verde

A continuación, se desarrollan los 4 puntos antes descritos, formulados en el problema de estudio.

1.- Espacios donde se va a implementar

Esta información se retoma los resultados del punto 4.2.1 Fase 1 Análisis de aptitud espacial para el desarrollo de infraestructura verde, donde se hizo la evaluación de aptitudes para el desarrollo de Infraestructura Verde, la cual se implementará en calles y espacios públicos previamente seleccionados (Figura), concretamente el desarrollo de Infraestructura Verde, se puede hacer sobre cuatro espacios abiertos de distintas dimensiones y once vialidades en su mayoría de tipo secundarias con cuatro carriles de conectividad entre colonias.

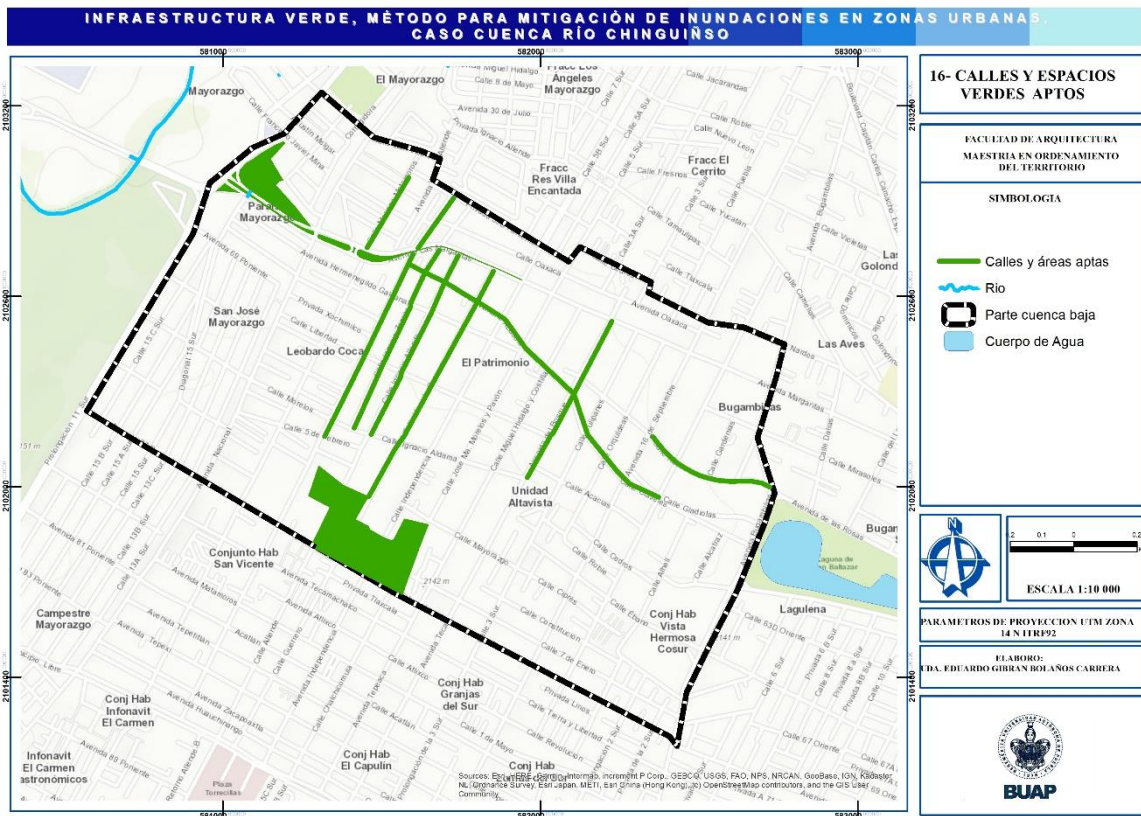


Figura 37. Espacios seleccionados por aptitud
Fuente: Elaboración propia.

2.- Objetivo de la Infraestructura Verde

Objetivo General

El objetivo que se persigue al implementar Infraestructura Verde, es el de brindar un soporte ambiental para la retención de escorrentías entorno a los principales puntos inundables y contribuir a la mitigación de inundaciones.

Objetivos Particulares

- ❖ Aumentar el número de áreas verdes con valor ambiental que generan servicios ecosistémicos al entorno urbano de la zona de estudio.
- ❖ Proveer un mayor porcentaje de permeabilidad del suelo y contribuir a la recarga del subsuelo.
- ❖ Establecer mejores condiciones de movilidad y accesibilidad en la zona de estudio.
- ❖ Contribuir al mejoramiento de la imagen urbana y paisajística de las colonias de la parte baja o zona de estudio.

3.- Escala de implementación

De acuerdo con estudios sobre Infraestructura Verde, esta se puede implementar a diversas escalas: escala de barrio, escala de ciudad y escala regional, el factor que determina está en función de los elementos urbanos y naturales en que se pueden desarrollar Infraestructura Verde. En la delimitación de estudio se han propuesto espacios como parques públicos, camellones, jardines, grandes áreas verdes sin uso, así como distintas calles; la mayoría de los elementos mencionados se clasifican como elementos a una escala de barrio, sin embargo, en el momento en que pudiesen conectarse pueden subir a una escala de ciudad.







Una vez expuesta la clasificación de los elementos se puede determinar que la escala de este trabajo será **“escala de barrio”** y en ese sentido se analizarán los elementos de diseño que se pueden implementar y que mejor se adapten a las condiciones del área de estudio.

4.- Técnicas y componentes para implementar

En este apartado se debe seleccionar el tipo de diseño y técnicas de Infraestructura Verde que se implementarán. Al ser un tema de poco desarrollo en México, se seguirán las recomendaciones del Manual de Lineamiento de Diseño de Infraestructura Verde para municipios mexicanos elaborado por IMPLAN de Hermosillo Sonora, así como algunos lineamientos del Manual de Calles elaborado por SEDATU y BID en 2018.

El manual de Infraestructura Verde recomienda una serie de técnicas que son aptas para desarrollarse en una microescala (ver Tabla 13)

Tabla 13. Principales técnicas de infraestructura verde

Técnica	Otras denominaciones
 5.4.3. Jardín Microcuenca	Canales vegetados, franjas de filtrado o contención, infiltration basin, bioswales, vegetated swales.
 5.4.4. Jardín de Lluvia	Humedales de banqueta, biorretenedores, rain garden, bioswales, bioretention basins.
 5.4.6. Zanja-Bordo	Berm and basin, swales on-contour, swales off-contour.
 5.4.7. Drenaje Francés	Zanja de infiltración, infiltration trench, dry well, french drain.
 5.4.9. Presa Filtrante	Gaviones, diques de control, check dams, gabions.
 5.4.5. Pozo de Infiltración	Pozo de absorción, infiltration well, dry well.
 5.4.8. Pavimento Permeable	Permeable paving, permeable pavers, pervious pavement.
 5.4.10. Cisterna	Tanques, cisterns, rainwater tanks.
 5.4.11. Techo Verde	Azoteas naturadas, techos vivos, green roofs, living roofs.
 5.4.12. Muro Verde	Jardines verticales, green walls, living walls, vertical gardens.

Fuente: Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios Mexicanos .
IMPLAN, SONORA (2017)

Dadas las condiciones del área de estudio y de los espacios seleccionados para la implementación de infraestructura verde se propone un listado (Tabla 14)con las características de cada técnica para poder determinar su viabilidad de aplicación en los elementos que cada espacio previamente seleccionado contiene.

En la Tabla se presentan los tipos de técnicas que podrían utilizarse en el desarrollo de este proyecto. Se presentan sus características y en una evaluación a criterio, se seleccionarán las técnicas que presentan las mejores condiciones para desarrollarse.

Tabla 14. Evaluación de técnicas, fuente: elaboración propia

Técnica	Lugar de aplicación						Disponibilidad de materiales en Puebla		mantenimiento requerido
	Camellón	banqueta	vialidades	rio/barranca	Vivienda/edificación	espacio abierto	SI	NO	
jardín microcuena	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓		Podas y limpieza de entradas.
jardín de lluvia	✓	✗	✗	✓	✗		✓		Poda deshierbe, riego y limpieza de entradas
Zanja bordo	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓		Limpieza de entradas de agua
zanja de infiltración	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓		Limpieza de entradas de agua y poda
presa filtrante	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓		Limpieza de entradas de agua, poda, cambios de Mallas en muros.
pavimento permeable	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓		--
cisterna	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓		Limpieza cambio de tuberías
techo verde	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓		Limpieza, riego cambio de bases
muro verde	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓		Riego y podas

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la técnica seleccionada

De acuerdo con la evaluación hecha en la Tabla 13 se determinó viable el desarrollo de tres tipos de técnicas para implementar en los espacios seleccionados, las técnicas son las siguientes.

Jardín microcuenca: son cavidades conformadas en el terreno para que alcance un nivel inferior que el de las superficies adyacentes para captar agua de lluvia.

Características:

- ❖ Bajos costo
- ❖ Fácil construcción
- ❖ No requiere de conocimiento técnico especializado
- ❖ Se puede construir en cualquier área permeable



Figura 38. Esquema de jardín microcuenca

Fuente: Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios Mexicanos . IMPLAN, SONORA (2017)

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS,
CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

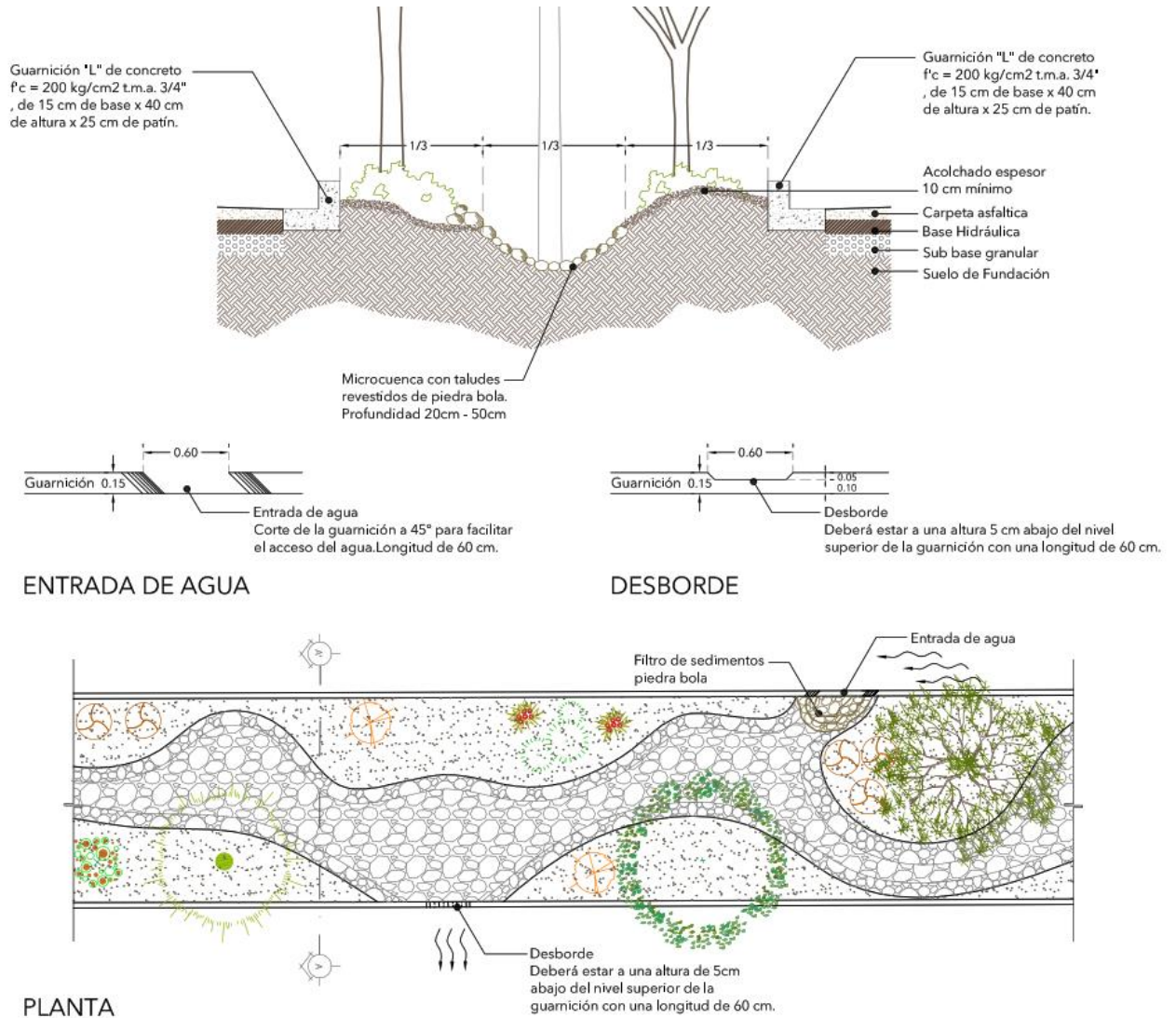


Figura 39. Esquema en planta de jardín microcuenca
Fuente: Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios Mexicanos . IMPLAN, SONORA (2017)

Jardín de Lluvia: son elementos similares a la microcuenca ya que consta de una cavidad a un nivel inferior a las superficies adyacentes, sin embargo, tiene mayor capacidad de captación que una microcuenca debido a su estructura de capas permeables.

Características:

- ❖ Mayor captación
- ❖ Mejor tratamiento de agua
- ❖ Se adapta a espacios reducidos
- ❖ Sirve como elemento ornamental a la imagen urbana



Figura 40. Esquema jardín de lluvia
Fuente: City of Philadelphia Green Streets Design Manual (2014)

INFRAESTRUCTURA VERDE, MÉTODO PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS,
CASO MICROCUENCA RÍO CHINGUIÑO

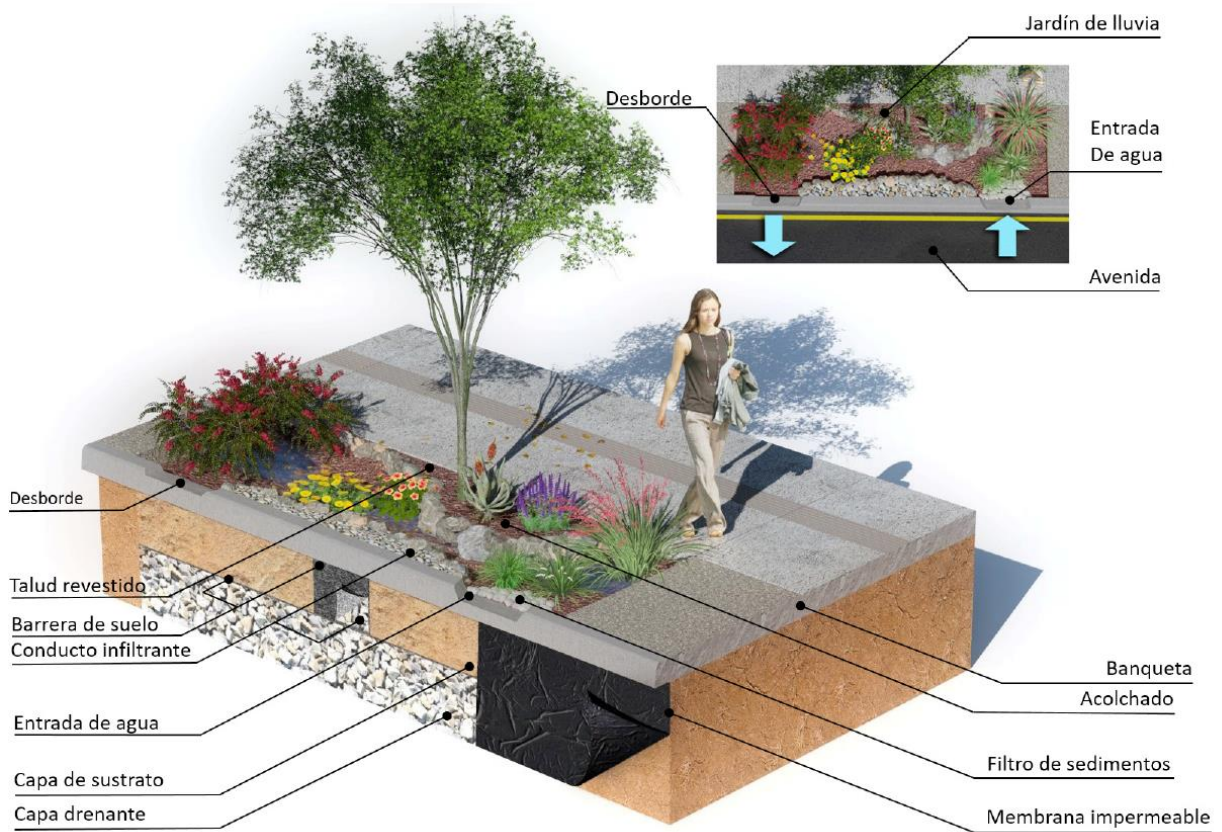


Figura 41. Esquema corte y planta jardín de lluvia

Fuente: Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios Mexicanos . IMPLAN, SONORA (2017)

Zanja de infiltración o drenaje francés

Esta técnica se desarrolla haciendo una zanja llena de rocas, puede llevar un tubo en el centro, esta técnica permite la infiltración del agua y sirve para conectar y conducir el agua.

Características

- ❖ Protege de humedad a las edificaciones
- ❖ Se adapta a espacios reducidos
- ❖ Puede conducir el agua de otras técnicas como los jardines de lluvia
- ❖ Requiere un mantenimiento muy sencillo y de baja frecuencia.

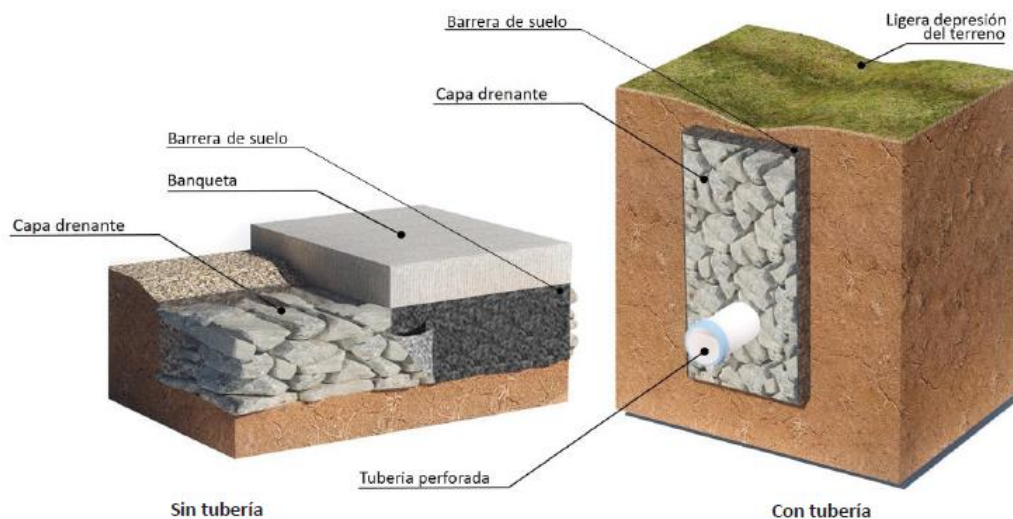


Figura 42. Esquema zanja de infiltración
Fuente: City of Philadelphia Green Streets Design Manual (2014)

Una vez que se seleccionaron las técnicas de Infraestructura Verde adecuadas, se presenta el mapeo (Figura 43) con la ubicación de las técnicas a implementar en el área de estudio, de acuerdo con las aptitudes que tienen los espacios evaluados para el desarrollo de éstas.

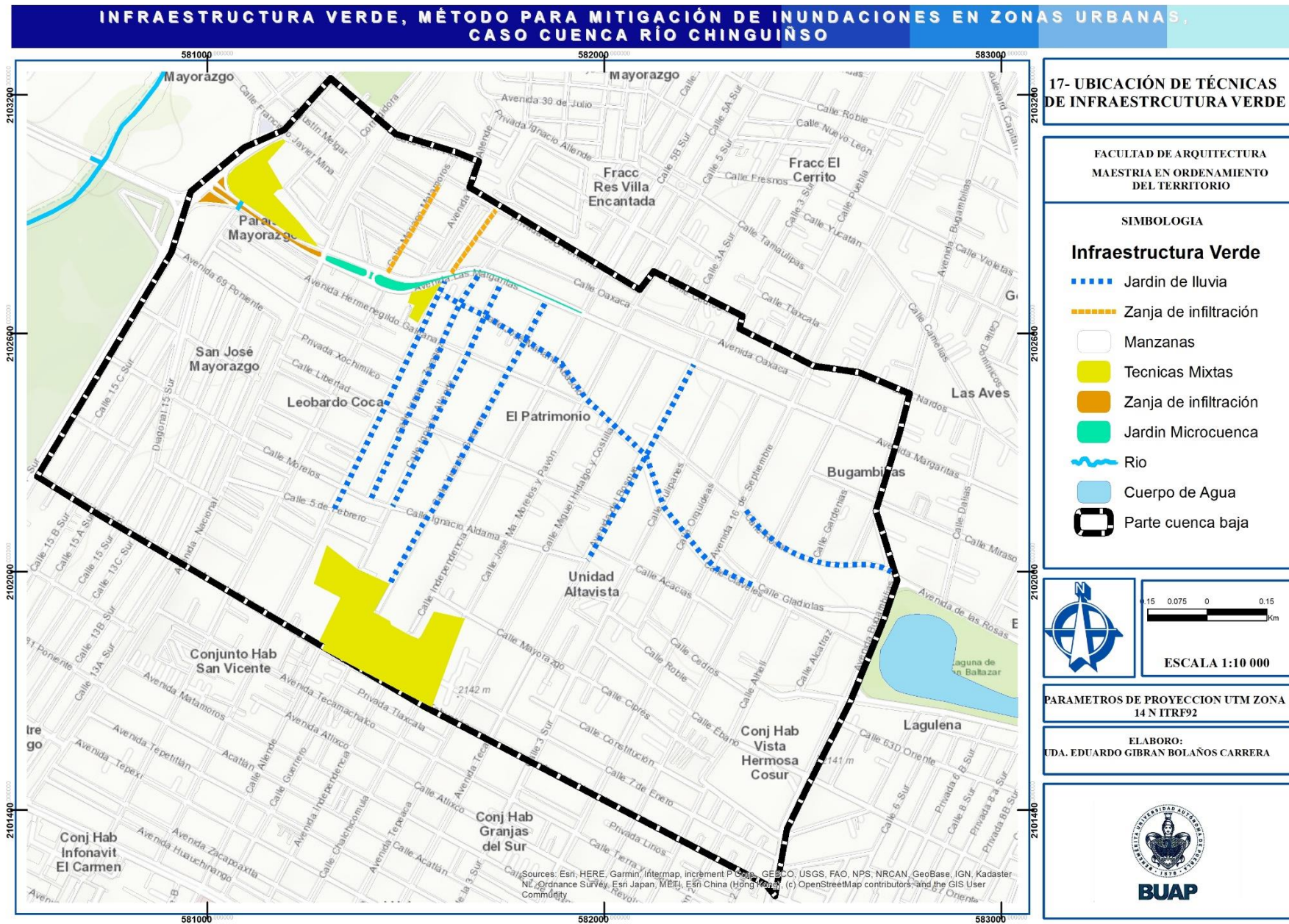


Figura 43. Ubicación de técnicas seleccionadas
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Fase 3 Análisis Normativo y Legal

Para el caso de estudio de la microcuenca del río chinguiñoso y la propuesta de Infraestructura Verde que se plantea el soporte legal en torno al diseño, se sustenta en los siguientes instrumentos listados por orden de acuerdo con el nivel de planeación.

Internacional

Agenda 2030 Objetivos de Desarrollo sostenible

- Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Federal

- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, artículo 4 Fracción VIII, Art.101 Fracción XII y XIV.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente Art.2 Fracción V y Art.19.

Estatal

- Ley de Desarrollo Urbano Sustentable del Estado de Puebla Art.13

Municipal

- Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla Tomo IV. Visión y Objetivos estratégicos. Objetivo estratégico para el equilibrio ambiental, lograr un municipio Urbano que conserve la riqueza Biótica de los ecosistemas aún existentes, fomentar la participación ciudadana en acciones de restauración.
- Plan de Gestión ambiental para el Municipio de Puebla Tomo IV Programa de Gestión al ambiente.
- Norma técnica de diseño e Imagen Urbana del Municipio de Puebla.

Los instrumentos a los que se hace referencia son de carácter legal y marcan los parámetros a seguir para la resolución de problemas urbanos ambientales, a pesar de que ninguno de estos menciona específicamente a la Infraestructura Verde como una solución a los problemas ambientales y de cambio climático, dejan abierto a la consideración de quienes se encargan de la gestión del territorio a buscar implementar las estrategias que le sean más convenientes, en ese sentido se debe verificar que lo que se propone no esté fuera de establecido en las leyes nacionales, sobre todo en las municipales.

Aunque la Infraestructura Verde es un concepto apenas en desarrollo en México ya existen algunos instrumentos normativos que sirven de guía y soporte para el desarrollo de la Infraestructura Verde de los cuales destacan dos:

1. La Hoja De Ruta para la Implementación de Infraestructura Verde como Estrategia para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Ciudades Mexicanas, de la SEDATU / SEMARNAT/ GIZ.
2. Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos, desarrollado por el IMPLAN Hermosillo.

La importancia de estos documentos radica en que establecen parámetros de diseño que están previamente estudiados y validados por las instituciones que los emitieron, por lo que no contradicen alguna disposición legal.

Es importante mencionar que este proyecto se adapta a los parámetros de los instrumentos normativos y resultaría una de las acciones a las que diversas leyes hacen referencia cuando habla de sustentabilidad, resiliencia y combate al cambio climático y sobre todo contribuye al cumplimiento de 2 de los objetivos esenciales de la Agenda 2030.

4.2.4 Nivel de Participación

Es prioritario metodológicamente medir el grado de participación entorno a la implementación del proyecto, de los ciudadanos que habitan en las colonias afectadas por las inundaciones, así como aquellas cercanas a los espacios que se han seleccionado por su aptitud para desarrollar Infraestructura Verde.

Por lo tanto, resulta prioritario, conocer el contexto social referente a la participación y organización vecinal de la zona de estudio por lo que teniendo como supuesto la implementación de infraestructura verde como jardines de lluvia y jardines microcuenca, se ha aplicado una encuesta y los resultados han sido los siguientes:

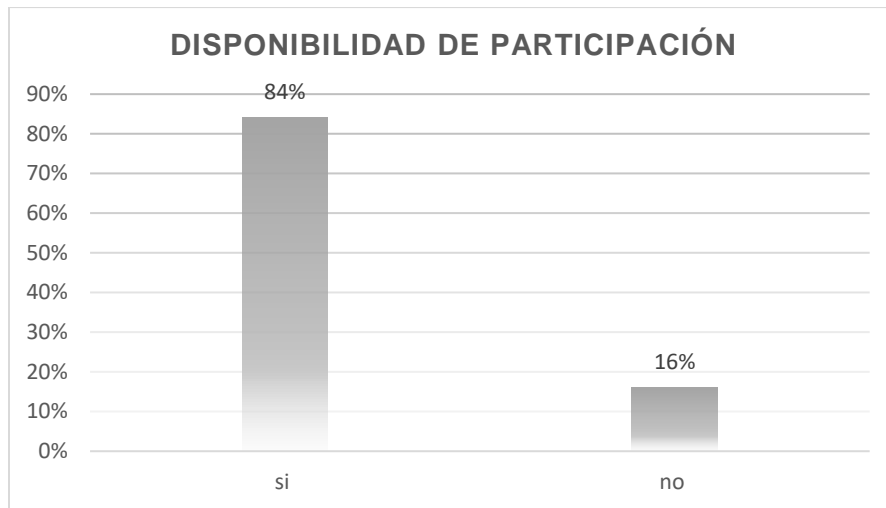
El primer aspecto a conocer fue saber si los vecinos de la parte baja han participado en proyectos para su colonia en colaboración con instancias gubernamentales u organizaciones sociales, el resultado se puede observar en la siguiente Gráfica. Indica que 96% de los encuestados afirmaron nunca haber participado en proyectos para su colonia, pues nunca han sido invitados a participar por alguna instancia gubernamental y tampoco por alguna organización civil o de su colonia.



Gráfica 7. Participación en proyectos vecinales
Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Lo anterior nos muestra que los trabajos de gestión participativa no son desarrollados en la zona de estudio y la planeación actual de proyectos urbanos no incluye a los ciudadanos. A pesar de ello también se preguntó a los vecinos su

disponibilidad para participar en el proyecto que se está desarrollando en este trabajo y que serviría para disminuir el impacto de las inundaciones, la respuesta como se muestra en la Gráfica 8 , indica que el 84 % de los vecinos encuestados está dispuesto a participar en el proyecto en sus diversas etapas.



Grafica 8. Disponibilidad de participación,
Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Existe, entonces, una gran disponibilidad de participación ciudadana. Los vecinos están dispuestos a contribuir en el cuidado de las técnicas de infraestructura verde mediante el mantenimiento como el riego e incluso sembrando nuevas plantas, pues hay vecinos de esta zona que preocupados por lo situación medio ambiental realizan actividades como la siembra de plantas y árboles en los espacios verdes como callones y jardines en torno a los puntos inundables.



Figura 44. Aplicación de cuestionario

Esta propuesta de Infraestructura Verde sigue los principios de ecología, funcionalidad y sostenibilidad, pues se crea una red de calles permeables que coadyuvan a mitigar las inundaciones y que generan una conexión entre las principales áreas verdes públicas. Estas áreas verdes, definidas como áreas verdes centrales, ofrecen actividades recreativas aportan beneficios ambientales, mejoran la imagen urbana y contienen elementos naturales benéficos para la población de las colonias de la parte baja de la microcuenca río Chinguiñoso.

Así mismo la implementación de las técnicas de infraestructura verde,

Entre los principales servicios ambientales esperados:

- Captación de aguas pluviales en puntos inundables.
- Infiltración de aguas al subsuelo
- Regulación climática y captura de carbono.

4.3.1.1 Estrategia territorial

El proyecto contempla la aplicación de la Infraestructura Verde mediante dos estrategias:

Estrategia de mitigación: En ella se busca crear una red de jardines de lluvia y jardines de microcuenca en torno a los puntos inundables que más impactos generan. Se propone esta red de jardines sobre aquellas vialidades que fueren previamente evaluadas por sus aptitudes y donde se ha identificado que debido a la topografía existen escorrentías que en eventos de precipitación desembocan en los puntos inundables. (ver Figura 46)

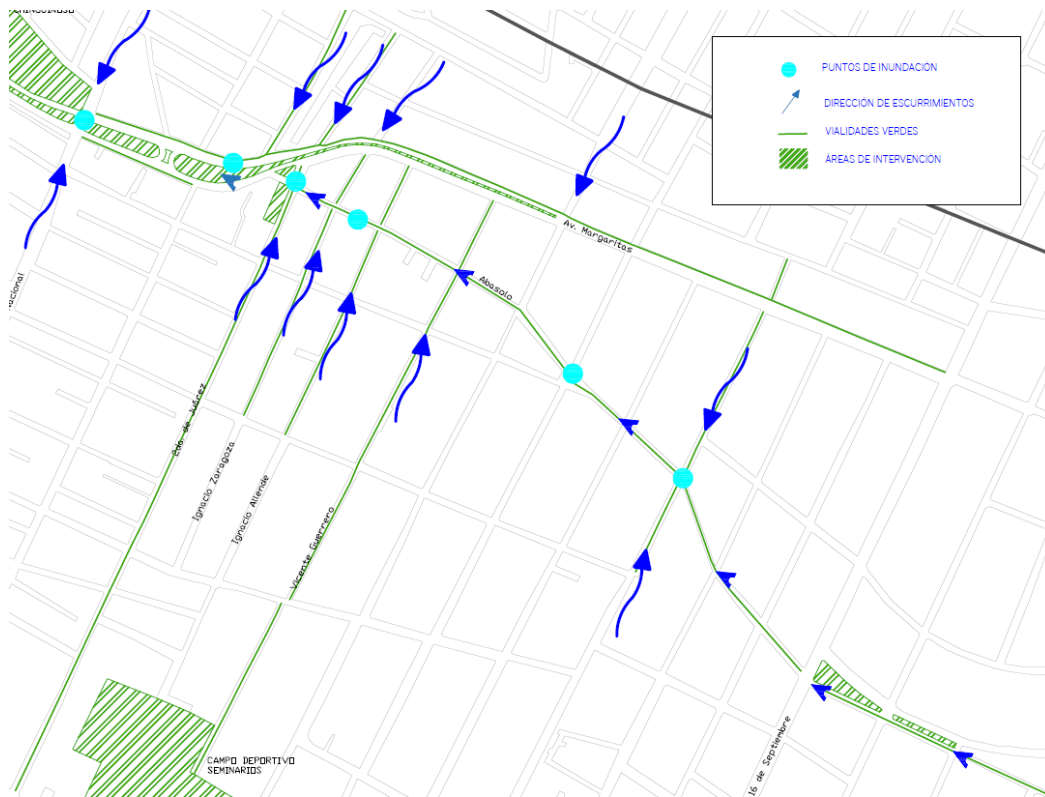


Figura 46. Esquema de escorrentías
Fuente Elaboración propia.

Lo que se pretende con esta red de jardines es aprovechar sus condiciones topográficas para retener parte del agua pluvial que corre por estas calles y de esa manera disminuir la cantidad de agua que toma dirección hacia las zonas bajas donde las inundaciones generan problemas.

Para conocer la cantidad de agua que puede retener un jardín de lluvia se recurrió a los cálculos de captación de agua de agua pluvial del Manual de lineamientos de diseño de Infraestructura Verde.

El método propuesto por el manual es para estimar la capacidad de captación que tiene un jardín de lluvia, esta estimación se basa en 6 pasos a seguir.

1. Es necesario contar con las medidas de la superficie de la técnica a desarrollar en este caso se va a calcular la capacidad de un jardín de lluvia.

Se debe conocer las siguientes medidas:

Área del jardín ----- **7.5 m²**

Profundidad de la microcuenca ----- **0.3 m**

Profundidad de la capa de sustrato ----- **0.6 m**

Profundidad de la capa drenante ----- **0.4 m**

Para este cálculo se toma el diseño de jardín tipo, (ver Figura 51 y 52) el cual será replicado en las calles que formaran la red de Infraestructura Verde.

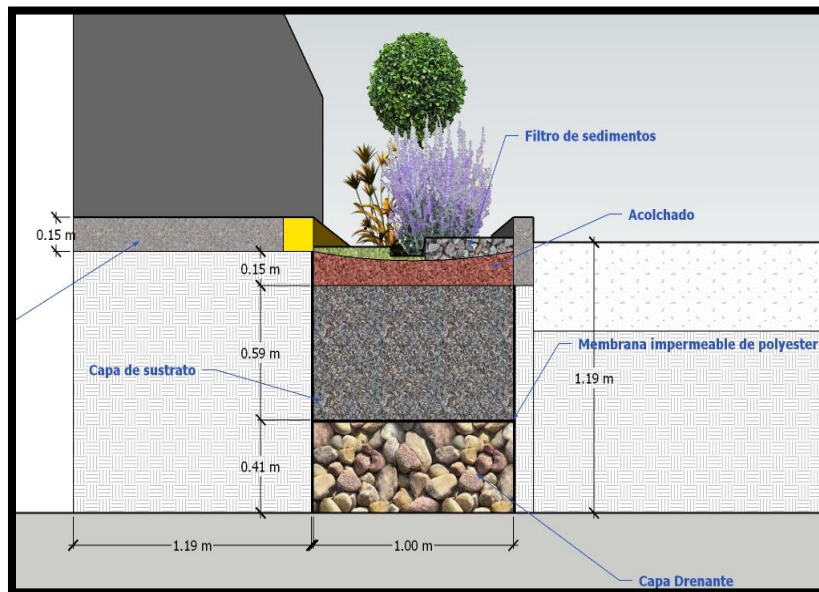


Figura 47. Corte vista frontal de jardín de lluvia
Fuente Elaboración propia.

2. Se debe determinar la lámina de lluvia esperada en un evento de alta precipitación, para esta información se retoma del capítulo II, la precipitación de la zona con base en los datos de las estaciones de CONAGUA, por lo que después de promediar los valores de precipitaciones máximas se estimó que se puede esperar en un evento de lluvia una precipitación de **75.01 mm**.
3. Se calcula el volumen de precipitación ocupando la siguientes formulas recomendadas por el Manual de Infraestructura Verde Para Municipios Mexicanos (2017):

$$V = A \times H \times F$$

A= área de captación en m²

H= Lamina de lluvia en mm.

F= factor de conversión (1metro = 1000 mm)

Haciendo la sustitución de los valores en la formula el volumen es el siguiente

$$V= 7.5 \times 75.01 \times (1\text{m}/1000\text{mm})$$

$$V= 562.57 \times (0.001)$$

$$\mathbf{V= 0.56 \text{ m}^3}$$

4. Se calcula el volumen de captación de la microcuenca, para ello se multiplica al área que abarca la microcuenca por la profundidad de esta.

$$\text{Volumen} = 7.5\text{m}^2 \times 0.3\text{m}^2$$

$$\mathbf{V= 2.25 \text{ m}^3}$$

5. Se calcula el volumen de la capa de sustrato y de la capa filtrante, primero se debe considerar el volumen de vacío para los dos estratos, este se estima en un 5%.

Para el volumen de la capa de sustrato se multiplica el área del jardín por la profundidad de la capa por el porcentaje de vacíos.

$$\text{Volumen} = 7.5 \text{ m}^2 \times 0.6\text{m}^2 \times 5\% \text{ de vacíos}$$

$$V = 7.5 \text{ m}^2 \times 0.6\text{m}^2 \times 0.05 \text{ m}$$

$$\mathbf{V= 0.22 \text{ m}^3}$$

Para el volumen de la capa filtrante se multiplica el área del jardín por la profundidad de la capa filtrante por el porcentaje de vacíos, que para esta capa de grava es del 40%.

$$\text{Volumen} = 7.5 \text{ m}^2 \times 0.4\text{m}^2 \times 0.4 \text{ m}$$

$$\mathbf{V= 1.2 \text{ m}^3}$$

6. Finalmente se suma el volumen de captación de la microcuenca, la capa de sustrato y la capa filtrante.

$$\mathbf{\text{Volumen de captación de microcuenca} = 2.25 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{\text{Volumen de la capa de sustrato} = 0.22 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{\text{Volumen de la capa filtrante} = 1.2 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{\underline{\text{Volumen total} = 3.67 \text{ m}^3}}$$

Una vez determinadas las capacidades se concluye que se espera un volumen de 0.56 m^3 y el jardín de lluvia tiene una capacidad total de 3.67m^3 y se cuenta con

un sobrante de 3.11 m^3 , en el caso de un evento de precipitación la capacidad sobrante será ocupada para retener el agua que fluye por las calles donde se implementaran estas técnicas.

Estrategia de incorporación:

En esta estrategia se propone la incorporación de algunos espacios para convertirse en áreas verdes urbanas y puedan integrarse a la red de calles donde existe Infraestructura Verde y tendrán una función como elementos centrales, pues estos espacios brindaran servicios ecosistémicos y tendrán una función recreativa, cubriendo las necesidades de esparcimiento y de zonas verdes, por lo que se espera tengan un impacto muy positivo para el medio ambiente y para la salud de la población en general.

Otro de los elementos importantes en estos espacios es la arborización que aportaran a la zona.

Camellón Margaritas

Se propone desarrollar dentro del camellón de la avenida margaritas un jardín microcuencia, adecuándolo a las dimensiones disponibles, estará formado por desniveles para cada capa, entradas de agua para recibir el volumen que pueda desbordarse del cruce de la Calle Abasolo y Segunda de Juárez además se diseñara un cruce peatonal frente al colegio de esta zona.



Figura 48. Vista perspectiva de diseño de camellón



Figura 49. Vista frontal camellón
Fuente: Elaboración propia

Parque Leobardo Coca C.

La propuesta del parque elevado se basa en la remodelación de las áreas actuales, proponiendo una cancha de pasto natural que permita una mayor permeabilidad del suelo, en áreas de juegos infantiles uso de ado-pasto y el diseño de jardineras en armonía con el jardín de lluvia de la calle Abasolo.



Figura 50. Perspectiva Parque Leobardo Coca C.

En la propuesta se contempla la transformación de un jardín por un espacio para la recepción del volumen de agua que corre por la calle Abasolo y evitar la acumulación en el cruce con la calle segunda de Juárez.



Figura 51. Perspectiva dos Parque Leobardo Coca
Fuente: Elaboración propia

Parque recreativo “Mayorazgo”

El Parque recreativo Mayorazgo es un espacio que recupera dos predios en desuso para la creación de un parque urbano que brindará servicio a vecinos de la parte baja, y que contribuirá considerablemente al aumento de áreas verdes en la zona. La principal función de este parque es la captación de un gran volumen de agua mediante el colector existente y una propuesta para restaurar un lago donde se almacenará el excedente de agua que corre por las zonas inundables de la microcuenca. El parque contará con una pequeña área deportiva y senderos para el disfrute de los usuarios, así mismo contará con diversas especies de árboles, arbustos y plantas nativas.



Figura 52. Perspectiva lago de Parque Mayorazgo
Fuente: Elaboración propia



Figura 53. Perspectiva 2 área deportiva Parque Mayorazgo
Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Vista de acceso a Parque Mayorazgo
Fuente: Elaboración propia



Figura 55. Vista de jardín Parque Mayorazgo
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Viabilidad financiera

En México se cuenta con instrumentos legales que apoyan el desarrollo sostenible e incluso se tiene la ley de cambio climático que faculta a cada municipio del país para crear estrategias y proyectos para combatir los efectos del cambio climático, sin embargo, a pesar de ello el financiamiento para este tipo de proyectos de Infraestructura Verde no resulta muy claros pues como se ha mencionado es un término y concepto urbano en desarrollo del que se tiene poca información.

En este caso es el gobierno a través de sus dependencias el que tiene los medios para movilizar y destinar recursos a este tipo de proyectos sin embargo tal y como lo menciona Ivanova (2014) “en la mayoría de los países las políticas de acción climática y de inversión se han desarrollado de forma separada, lo que ha impactado de manera negativa en la inversión sobre infraestructuras de resiliencia climática”.

En el caso de la microcuenca río Chinguiñoso, se han identificado distintas dependencias del gobierno y en diferentes niveles, que tienen facultades que los involucra directamente en la resolución de los problemas ambientales de la microcuenca, principalmente en el de las inundaciones.

Le compete en primera instancia a la CONAGUA, pues como se sabe existe un decreto de zona federal publicado el primero de diciembre de 1982 en el Diario Oficial de la Federación, referente a la delimitación del cauce de río Chinguiñoso, de igual responsabilidad la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, y a nivel Municipal están involucradas la Secretaría de Desarrollo Urbano y el sistema Operador de Agua Potable, estas instancias disponen de recursos para ejecutar obras que contribuyan a la mitigación de los problemas de inundación, tal y como se hizo en 2014 cuando se construyó el colector Chinguiñoso.

En el 2018 la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento en colaboración con la Conagua trabajaron una propuesta de proyecto para hacer la separación de aguas pluviales y fluviales con el fin de regular la capacidad de los colectores de la zona y disminuir las inundaciones, teniendo como base un presupuesto de colaboración tripartita de \$185,609,848 m.n., Comisión Estatal Agua y Saneamiento del Estado

de Puebla (2018), sin embargo, debido a su alto costo no logro concretarse pues los recursos que cada instancia disponía fueron insuficientes.

El proyecto que este trabajo propone es una alternativa a las obras de infraestructura gris que resultan de un alto costo y por ello suelen no llevarse a cabo, el proyecto de este trabajo se podría poner en marcha con tan solo el 50 % del costo que se planteó en el año 2018, lo que da viabilidad a la propuesta, pues el financiamiento se puede lograr con la colaboración organizada de todas las instituciones involucradas en la gestión territorial de la microcuenca río Chinguiñoso.

Por otro lado, resulta importante reconocer que las capacidades financieras de los gobiernos actuales son limitadas, sobre todo en tiempos de crisis económicas, por lo que se debe planear el uso eficiente de los recursos, así como la incorporación del capital del sector privado, pues todos los sectores de la sociedad son corresponsables en el cuidado del medio en que se habita y se desarrollan las actividades económicas, sociales y culturales. En ese sentido sabemos que el financiamiento de la iniciativa privada se hace comúnmente para el desarrollo de tecnología de resiliencia climática y que pocas veces se dirige a infraestructuras verdes, pero esto no es limitativo.

Así una vez expuesto el panorama general entorno a la viabilidad financiera del proyecto, la propuesta de este trabajo es la siguiente:

- El financiamiento para llevar a cabo el proyecto de Infraestructura Verde se puede conseguir en los presupuestos que dispongan las secretarías y dependencias involucradas.
- Para la parte operativa del proyecto se requiere de mantenimiento de la infraestructura, esto debe de ser corresponsabilidad entre sectores y no solo de instituciones gubernamentales.
- Se debe incentivar el comodato del mantenimiento de las áreas públicas al sector privado, que está presente en los comercios y servicios existentes en la zona.
- Incorporar la participación del sector social para el mantenimiento, pues de acuerdo con el nivel de participación que se midió en la encuesta aplicada,

el % de los vecinos de la zona está dispuesto a contribuir en el cuidado de la infraestructura verde que se implemente.

4.3.2 Fase 2 Transferencia de proyecto

Una vez que el proyecto de Infraestructura Verde se ha definido, se deben buscar los mecanismos adecuados para transferir el proyecto, con el fin de que pueda ser desarrollado, esto implica un proceso de organización entre los involucrados. En el caso de este trabajo se identifican dos sectores claves, aquellas instancias del sector gubernamental que son responsables de la gestión territorial de la zona y el sector social que contiene a la población afectada por los problemas de inundación en la microcuenca.

Para ello se ha propuesto realizar una mesa de gestión participativa entre los sectores involucrados en el proyecto, donde se sugiere que participen:

1. Representante Vecinal (presidente de colonos)
2. Secretario de Desarrollo Urbano del Municipio de Puebla y el director de planeación y proyectos de la misma instancia.
3. Encargado de zonas federales de la delegación estatal de CONAGUA
4. Director de la comisión Estatal de agua y saneamiento
5. Secretaría de desarrollo Urbano Estatal
6. Director de obras de la universidad BUAP
7. Asesor del Proyecto

La finalidad de esta mesa de gestión es para que, mediante el dialogo de los involucrados se logre definir la ejecución del proyecto de Infraestructura Verde que coadyuvara a mitigar los problemas ambientales en la microcuenca, especialmente en los puntos de mayor afectación.

Para llevar a cabo este proceso se recomiendan los siguientes pasos:

- El representante vecinal debe ser quien promueva la organización de la mesa de gestión.
- El asesor del proyecto de Infraestructura Verde debe dar acompañamiento al o las personas que estén organizando la mesa.

- Debe existir un acercamiento previo con alguna institución de las involucradas en la gestión territorial para mostrar el proyecto y solicitar su apoyo para la vinculación con otras dependencias.
- Se debe convocar a los agentes sugeridos mediante invitación personalizada.
- Contar con un espacio adecuado a la capacidad de personas que se espera asistan.
- Se debe hacer una programación de las actividades de la mesa para no cambiar el enfoque y el objetivo de esta.
- Al finalizar la mesa se deberá hacer una minuta con las actividades o acuerdos a los que se llegaron.

Lo que se esperaría de esta mesa de gestión en crear un vínculo de trabajo entre las distintas dependencias del sector gubernamental, pues son quienes tienen los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto y lo ideal es que se llegue a firmar un convenio de colaboración interinstitucional; es necesario precisar que la mayoría de las veces quien debe tener la iniciativa de esta organización será el sector social a través de sus representantes.

5.4. Aplicaciones de la metodología

El objetivo de este trabajo es hacer una metodología para incorporar Infraestructura Verde, que ayude a generar propuestas para mitigar los problemas ambientales que se presentan en las zonas urbanas de ciudades como Puebla, está dirigida para que la puedan desarrollar, una organización ciudadana o una asociación civil, sin embargo por el tipo de información requerida es preferente y para mayor eficiencia, que un profesional de la planeación urbana o un servidor público con conocimientos de la gestión territorial puedan llevar la dirección del desarrollo metodológico propuesto.

Idealmente, sería benéfico que este método pudiera desarrollarse en los departamentos de planeación de las diferentes dependencias o secretarías que están involucradas en la gestión del territorio en materia de desarrollo urbano, agua

y ecología en general generaría un proceso de planeación estructurado para la resolución o mitigación de problemas ambientales en zonas urbanas.

Debido a que el método busca la implementación de Infraestructura Verde y esta a su vez se conoce es de múltiples beneficios, las aplicaciones pueden ser variadas, este trabajo se ha enfocado en mitigar los problemas de inundaciones, sin embargo, el método es adaptable, y se debe tomar en cuenta que el problema que se quiere atender estará en función de las técnicas de infraestructura verde existentes y los servicios que estas generan.

Se sabe que en la mayoría de los casos los problemas ambientales que se generan en zonas urbanas, tienen su origen en una carente planeación urbana y en la intensificación de los ciclos climáticos a causa del calentamiento global, a pesar de ello la forma de contrarrestar los problemas no ha sido muy eficaz, pues las soluciones ingenieriles de infraestructura gris no suelen resolver los problemas.

Entre las principales problemáticas que se pueden atender en zonas urbanas con la metodología están las siguientes:

- Inundaciones y encharcamientos
- Polución atmosférica e hídrica
- Falta de espacios verdes urbanos
- Carencia de espacio públicos
- Pérdida de suelo permeable
- Formación de islas de calor

Se pueden incorporar otro tipo de problemáticas, pero esto está en función del tema que se pretenda abordar y de quien desarrolle este método. En ese sentido es importante establecer algunos criterios que se deben tomar en cuenta para adaptar esta metodología a otros casos.

Como se ha presentado la metodología, observamos que está estructurada en tres etapas, la fase uno de Diagnóstico integral podrá conservar su estructura en cualquier caso que se desee analizar, como la metodología se diseñó para ciudades

mexicanas la información requerida es pública y se puede obtener fácilmente y existirán variaciones en la cantidad de información.

La segunda fase del proceso mantiene también su estructura de tres etapas, sin embargo, aquí es donde se deben hacer algunas adaptaciones pues en la fase uno de aptitud espacial, se buscó evaluar algunas características en espacios públicos que tuvieran la aptitud para desarrollar la Infraestructura Verde, que para fines del trabajo busca mitigar los problemas de inundación. Cuando se tiene una finalidad distinta, los requerimientos de aptitud pueden no ser los mismos por lo que es necesario tener claro cuál será la infraestructura para implementar y con base en ello se pueden cambiar los aspectos evaluados, también se recomienda no evaluar más de 10 aspectos.

Es importante considerar que el alcance de aplicación de esta metodología es para una escala local es decir que se recomienda desarrollar en un ámbito espacial en zonas urbanizadas como colonias, juntas auxiliares, barrios e incluso en algunos centros de población tipo rural. Cuando la escala de atención sea a nivel de ciudad es posible que este método ya no sea tan eficiente, pues la propuesta busca ser muy específica y a una escala mayor la cantidad de información incrementaría y podría generar algunas dificultades para el manejo de los datos.

CONCLUSIONES

Como lo afirma el IPCC (2014) el cambio climático es inequívoco y en los siguientes años el aumento de la temperatura intensificará el sistema hidrológico del mundo por lo que aumentarán los riesgos hacia la población y se crearán nuevos, las zonas urbanas serán vulnerables a estos riesgos pues ya son evidentes los impactos en los recursos naturales, en la economía, en la salud poblacional y general en la alteración de los ecosistemas.

La urbanización en ciudades mexicanas se ha dado en un contexto donde la demanda de suelo rebasó a la planeación, propiciando asentamientos humanos en zonas no aptas para viviendas, esto ha traído como consecuencia la exposición de personas a riesgos y peligros naturales. Además de lo anterior, no existen suficientes espacios verdes urbanos que brinden servicios ecosistémicos, tal y como sucede en la zona de estudio de la microcuenca del río Chinguiñoso, aunado a esto, los problemas de cambio climático han intensificado estos riesgos como son las inundaciones que actualmente se desarrollan con más frecuencia y causan más impactos.

Se puede afirmar entonces que los problemas de inundaciones y encharcamientos en zonas urbanas se presentan por tres factores, el primero una planeación urbana que no ha tomado en cuenta la incorporación de áreas verdes y conservación del medio ambiente, el segundo la escasa aplicación de políticas para el desarrollo sustentable y por último el cambio climático que ha modificado los ciclos hidrológicos intensificando los impactos generados por los problemas ambientales.

Actualmente la implementación de Infraestructura Verde a nivel territorial representa para las ciudades una oportunidad de recuperar elementos naturales que permiten mejorar la calidad de vida de las sociedades, en urbes que han carecido en su desarrollo de planeación estratégica, por ende, ahora presentan diversos problemas ambientales.

En México la Infraestructura Verde es un concepto que se encuentra en desarrollo, por lo que se carece de manuales en torno a la amplia gama de técnicas que engloba, tampoco existe un instrumento legal o normativo a nivel Federal o Estatal que haga referencia del término, a nivel municipal Puebla no cuenta con algún sustento legal, sin embargo, es posible lograr su aplicación, justificando un marco legal congruente con los objetivos y funciones de la Infraestructura Verde.

Las condiciones urbanas, demográficas, sociales y naturales de la microcuenca la hacen una zona muy diversa de usos mixtos, es atravesada por parte del sistema vial primario de la ciudad y se identificaron una gran cantidad de equipamientos del tipo educativo, con una población del 48 538 habitantes de acuerdo al censo de población y vivienda del 2010, estas características demuestran un contexto urbano muy dinámico donde los problemas de inundación impacta en diversos sectores y donde también es necesario contar con espacios verdes que beneficien a la población sobre todo en aquellas zonas que carecen de estas.

Este trabajo contribuye en el marco de la planeación territorial, presentando un concepto de planeación poco explorado y un método de aplicación muy adaptable, enfocado en mitigar problemas ambientales como las inundaciones o la falta de espacios verdes urbanos, entre otros. Estos Problemas que son muy comunes en las ciudades mexicanas y latinoamericanas no se resuelven, pues las instituciones encargadas de la gestión urbana en ciudades como Puebla, suelen proponer soluciones ingenieriles de infraestructura gris que no han tenido buenos resultados en la resolución de problemas como los de la microcuenca del río Chinguiñoso.

El implementar Infraestructura Verde mediante la aplicación de este método contribuirá a la mitigación de diversos problemas ambientales y puede complementar las soluciones ingenieriles de infraestructura gris; en el desarrollo de esta metodología se han podido determinar que las inundaciones en la microcuenca del río Chinguiñoso son más intensas en la parte baja, pues en esta zona, se identificó:

- ❖ Una mayor concentración de puntos inundables.
- ❖ Las viviendas más afectadas están en esta área y sobre la calle Abasolo.
- ❖ El número de espacios públicos y los metros cuadrados de áreas verdes por habitante está por debajo de lo recomendado por la OMS.

Una de las principales dificultades que se presentan al implementar la metodología es lograr estimular la participación de los vecinos que viven en torno a los puntos inundables pues, aunque existen voluntad para hacerlo debido a las condiciones urbanas de la microcuenca existe una fragmentación en la estructura urbana de las colonias que han propiciado baja participación social y organización vecinal, sin embargo de acuerdo a la encuesta aplicada para medir el nivel de participación el 84 % de los encuestados estaría dispuesto a contribuir al cuidado y mantenimiento de las técnicas de Infraestructura Verde propuestas.

Para probar la eficacia de la metodología resta entonces concluir la propuesta del proyecto con el desarrollo de los mecanismos de implementación que se proponen como la mesa de gestión que queda a expensas de las condiciones de organización y coordinación de los sectores involucrados para conseguir el financiamiento y ejecución.

Se podría afirmar que la estructura de la propuesta metodológica se puede adaptar a zonas urbanas con problemas ambientales similares a los de este caso de estudio, pues el tipo de información es de fácil acceso, es en su mayoría de consulta pública, por lo menos en México y el orden de investigación será el mismo. En cualquier caso, sin embargo, el enfoque y los objetivos de la Infraestructura Verde que se implemente estará a determinada en función del problema que quiera atenderse.

Finalmente se puede decir que se alcanzaron los objetivos planteados para este trabajo de investigación pues el objetivo general de construir una propuesta metodológica para la implementación de Infraestructura Verde a partir de una caracterización y un análisis urbano ambiental.

De los seis objetivos particulares planteados se alcanzaron todos en el desarrollo de este trabajo:

1. Se realizó el análisis del concepto de Infraestructura Verde y su relación con la planeación territorial.
2. Se hizo en el capítulo dos una caracterización urbano-ambiental y su representación cartográfica de la microcuenca del río Chinguiñoso.
3. En el capítulo tres y cuatro se implementaron instrumentos como cuestionarios y entrevistas semiestructuradas para conocer el grado de aceptación, compromiso y participación en el proyecto planteado.
4. Se diseñaron tablas para la evaluación de aptitudes en espacios para desarrollar infraestructura verde y también para la selección adecuada de técnicas de Infraestructura Verde para estos espacios.
5. Con base en los resultados de los capítulos anteriores, se diseñó la estructura metodológica donde en una de sus fases finales se hace una propuesta conceptual de proyecto de Infraestructura Verde para la microcuenca.
6. El final del capítulo cuatro y última fase de la propuesta metodológica se han establecido algunos mecanismos para poder hacer la transferencia de este proyecto e iniciar su gestión.

REFERENCIAS

- Abellan, A. (09 de Septiembre de 2015). *udsostenible.com*. Obtenido de <http://sudsostenible.com/ejemplo-de-infraestructura-verde-en-espana-el-anillo-verde-de-vitoria-gasteiz/>
- AEE. (2015). *Agencia Europea de Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/articulos/infraestructura-verde-una-vida-mejor>
- AGENCIA DE ECOLOGÍA URBANA DE BARCELONA . (2010). *PLAN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA DE VITORIA-GASTEIZ*. Vitoria-Gasteiz.
- Ahern, R. (2004). *Greenways in the USA: Theories, Trends and Prospects, ecological Networks and Greenways*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Alvarez, J. L. (2003). *Como Hacer Investigación Cualitativa Fundamentos y metodología*. Mexico D.F.: Paidós Mexicana S. A.
- Alves d´Acampora, B. H. (2015). Resiliencia Ambiental: el uso de la Infraestructura verde en la cuenca Itacurubi, municipio de Florianópolis Brasil. *Estudios Urbanos*.
- APA. (2013). *American Planning Association*. Obtenido de American Planning Association: <https://www.planning.org/aboutapa/>
- Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Puebla . (2012). Puebla : SEDESOL.
- Austin, G. (2014). *Green Infrastructure For Landscape Planning*. New York, NY: Reutledge Taylo & Francis Grup.
- Austin, G. (2017). *Infraestructura Verde para la planeación del Paisaje*. Mexico: Trillas.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green Infrastructure*. Washington, DC.: Island Press.
- Brand, A. A. (2018). *Salidas del Laberinto Capitalista* . Quito, Ecuador: Fundación Rosa Luxemburg.
- Caballero, A. P. (s.f.). Acupuntura Urbana. . *Intervencion en la Ciudad y Participación* . Valencia , España: Universidad Politecnica de Valencia .
- Cardona, A. (06 de Junio de 2018). *Ecologia Verde*. Obtenido de www.ecologiaverde.com: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-los-espacios-verdes-en-las-ciudades-272.html>

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (5 de Febrero de 1917).
Mexico: Diario Oficial de la Federación.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL. (2014). *MANUAL DE PLANTACIÓN DE ARBOLES EN ÁREAS URBANAS*. SANTIAGO DE CHILE: MAVAL LTDA.
- Diario Cambio* . (19 de Septiembre de 2019). Obtenido de
<https://www.diariocambio.com.mx/>
- Dige, G. (17 de Diciembre de 2015). *Agencia Europea de Medio Ambiente*.
Obtenido de Agencia Europea de Medio Ambiente:
<https://www.eea.europa.eu/downloads/9d6981999e4f46f99612b6226509c641/1527156406/infraestructura-verde-una-vida-mejor.pdf>
- E., V. A. (2016). INFRAESTRUCTURA VERDE, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SUS APORTES PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES: EL CASO DEL CORREDOR RIBEREÑO DEL RÍO MAPOCHO EN SANTIAGO DE CHILE. *REVISTA DE GEOGRAFÍA NORTE GRANDE*, 63-86.
- emeraldnecklace. (Diciembre de 2018). *Emerald 20 Necklace Conservancy*.
Obtenido de <https://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/>
- Fernandez, R. (2000). *La ciudad Verde, Teoría de la Gestión Ambiental Urbana* .
Buenos Aires, Argentina: Espacio Editorial Buenos Aires.
- HERRERA EDUARDO, M. V. (2018). RELACIÓN ENTRE EVENTOS DE PRECIPITACIÓN CON INUNDACIONES. ESTUDIO DE CASO TULANCINGO HIDALGO. *NOVA SCIENTIA*, 191-206.
- IMPLAN HERMOSILLO . (2017). *MANUAL DE LINEAMIENTOS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA MUNICIPIOS MEXICANOS* .
HERMOSILLO SONORA.
- INEGI. (2010). *Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010*. Mexico:
INEGI.
- INEGI. (2019). Obtenido de Marco Geoestadístico Municipal :
<https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- INE-SEMARNAT, UAM Y PNUMA . (2002). *La Transición Hacia el Desarrollo Sustentable, perspectivas de América Latina y el Caribe* . Mexico.
- INTEGRAL, N. D. (2018). Estudio de Inundaciones en el campus Universitario Buap. Puebla, Mexico.
- IPCC. (2015). *CAMBIO CLIMÁTICO 2014 INFORME DE SÍNTESIS*. GENEVE, SUIZA: IPCC, OMM.

- Jan, B. (2011). *Planeación Urbana Estratégica*. México: Trillas.
- Jimenez, D. (20 de Junio de 2016). *Otra vez se inunda el cruce de avenida Nacional y Margaritas*. Obtenido de e-consulta.com: <http://www.e-consulta.com/nota/2016-06-20/ciudad/otra-vez-se-inunda-cruce-de-avenida-nacional-y-las-margaritas>
- Leopold, A. (1989). *A Sand Country And Almanac AND Sketches Here And There*. New York Oxford: Oxford University Press.
- Lerner, J. (2003). *Acupuntura Urbana* . Río de Janeiro: Record.
- Ley de Aguas Nacionales. (06 de Enero de 2020). Mexico: Diario Oficial de la Federación.
- Ley de Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla . (26 de Marzo de 2003). Puebla, México.
- Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla. (02 de Octubre de 2020). Puebla, Mexico: Orden Juridico Poblano, Congreso del Estado de Puebla.
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (01 de Diciembre de 2020). MEXICO: Diario Oficial de la Federación.
- Ley General de Cambio Climático. (13 de Julio de 2018). México: Diario Oficial de la Federación .
- Ley General de Protección Civil. (6 de Junio de 2012). Mexico: Diario Oficial de la federación.
- Ley General del Equilibrio Ecológico Y la Protección al Ambiente. (5 de Junio de 2018). México, México: Diario Oficial de la Federación .
- Ley Para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla. (24 de Julio de 2020). Mexico: Orden Juridico Poblano, Congreso del Estado de Puebla.
- LOPÉZ, M. T. (2014). LA ORDENACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN EL SUDESTE IBÉRICO (COMUNIDAD VALENCIANA, ESPAÑA). *CUADERNOS DE BIODIVERSIDAD*, 10-22.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology Press.
- MAYORS OFFICE OF TRANSPORTATIONS AND UTILITIES. (2014). City of Philadelphia Green Streets Design Manual. PHILADELPHIA, ESTADOS UNIDOS: WRT.

- Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). Marco Sendai para la reducción de riesgo de desastres 2015-2030.
- Norma Técnica de Diseño e Imagen Urbana Para el Municipio de Puebla. (Octubre de 2018). Puebla, Mexico.
- Ojeda Revah, L., & Ochoa Gonzalez, Y. (2016). Conservación de Vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una Metrópoli fronteriza. *Estudios Fronterizos nueva epoca*, 47-69.
- ONU. (1992). *Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico*. Nueva York : ONU.
- ONU. (2016). AGENDA 2030 Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE . CEPAL.
- Plan de Gestión Ambiental para el municipio de Puebla. (2013). Puebla: Instituto de Planeación Municipal.
- Plan Municipal de Infraestructura Verde. (2019). Mérida, Yucatán: Ayuntamiento Municipal.
- Plan Nacional De Desarrollo 2013-2018. (2013). Diario Oficial de la Federación .
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. (2019). Mexico: Gaceta Parlamentaria .
- Predilla, E. (2013). *La Ciudad Capitalista En El Patrón Neoliberal De Acumulación En America Latian*.
- Puebla, Secretaria de Desarrollo Urbano del municipio de. (2018). *Inventario Municipal de Áreas Verdes (IMAV)*. Puebla: Secretaria General de Gobierno.
- Quiroz Benitez, D. E. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE COMO ESTRATEGIA PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES MEXICANAS, HOJA DE RUTA*. Ciudad de Mexico: SEDATU / SEMARNAT / GIZ.
- Rodríguez, A. A. (s.f.). *Problemática de Inundaciones en Zonas Urbanas y Propuestas de Solución desde Un Enfoque Matematico*. Mexico, Mexico : SEMARNAT IMTA .
- SERRANO DE LA CRUZ BERTHA, G. G. (2016). PERCEPCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO DE PRESA EN ZONA URBANA VULNERABLE . *PAPELES DE GEOGRAFÍA*, 77-89.
- Spencer, P. (01 de Octubre de 2012). *Vecinos Protestan por inundación*. Obtenido de Diario Poblannerias.com: <https://www.poblannerias.com/2012/10/vecinos-de-la-nacional-y-margaritas-protestan-por-inundacion/>

Vazquez , A. E. (2016). Infraestructura Verde, Servicios ecosistemicos y sus aportes para enfrentar el cambio climatico en ciudades: el caso del corredor riveroño del río mapocho en Santiago de Chile . *Geografia Norte Grande* , 63-86.

Vicente, D. L. (2016). Infraestructura Verde Urbana . *Ambienta*, 60-75.