

Vulnerabilidad ante inundaciones y estrategias de mitigación basadas en la naturaleza. El caso del Vaso Regulador Puente Negro, Puebla, México

Nuñez López, Cynthia Pamela

2023

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5866>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto
Presidencial del 03 de abril de 1981



VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN BASADAS EN LA NATURALEZA: EL CASO DEL VASO REGULADOR PUENTE NEGRO, PUEBLA, MÉXICO

Director del trabajo

DR. ROMEO ALBERTO SALDAÑA VÁZQUEZ

ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO

que para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN HÁBITAT Y EQUIDAD SOCIO TERRITORIAL

presenta

ARQ. CYNTHIA PAMELA NÚÑEZ LÓPEZ

Puebla, Pue.

2023

Agradecimientos

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo, especialmente a las profesoras Adriana Cadena, Inés Lazcano y Elsa González, quienes amablemente me permitieron profundizar la investigación de campo.

Le agradezco a mi director de tesis Dr. Romeo Saldaña, por todo el apoyo que me brindó y el compromiso con el que dirigió mi trabajo de investigación.

A mis profesores, quienes fueron parte de mi desarrollo académico. Tengan por seguro que me quedo con muchos aprendizajes y deseos de poder aplicarlos en beneficio de la comunidad.

A la Universidad Iberoamericana Puebla que amplió mi panorama sobre las transformaciones del territorio y los procesos en el hábitat, lo que contribuyó a plantearme nuevos objetivos.

Agradezco al CONAHCyT por haberme dado la oportunidad de ser becaria para poder llevar a cabo mis estudios de posgrado.

Número de CVU CONAHCyT: 1138062

Dedicatoria

A mi amada madre, eres y siempre has sido mi ejemplo a seguir. Gracias infinitas por apoyarme incondicionalmente para alcanzar mis metas en la vida. Tu legado superará los límites de este plano físico.

Contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1. PROBLEMÁTICA Y ENFOQUE INVESTIGATIVO	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: DE LO GLOBAL A LO LOCAL.....	12
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y ENFOQUE INVESTIGATIVO.	16
1.3 OBJETIVOS	17
<i>Objetivo general</i>	17
<i>Objetivos específicos</i>	18
1.4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA	18
2. DIMENSIÓN TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	22
2.1 URBANIZACIÓN CRECIENTE: UN ESCENARIO COMPLEJO	22
2.2 VULNERABILIDADES EN LOS DESASTRES URBANOS	22
2.3 CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO Y SU GESTIÓN	24
2.4 LA RELACIÓN ENTRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA OCURRENCIA DE INUNDACIONES.....	26
2.5 SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA COMO ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN A LOS DESAFÍOS EN LA HABITABILIDAD	28
3. ACERCAMIENTO SOCIOTERRITORIAL AL ÁREA DE ESTUDIO	29
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO	29
3.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS: RÍO SAN FRANCISCO FUENTE DE VIDA	37
3.3 CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO EN EL ÁREA DE ESTUDIO	39
3.4 INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA MICROCUENCA PUENTE NEGRO	43
3.5 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	47
4. ANÁLISIS DE CASO PUENTE NEGRO Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN BASADAS EN LA NATURALEZA	49
4.1 PROYECTO DE TRABAJO DE GABINETE	49
4.1.1 <i>Condiciones del entorno impulsoras del Riesgo</i>	49
4.1.2 <i>Vulnerabilidad socioeconómica y por grupo de edad</i>	62
4.1.3 <i>Vulnerabilidad por condición educativa</i>	67
4.1.4 <i>Vulnerabilidad por condiciones de salud y dependencia física</i>	71
4.1.5 <i>Vulnerabilidad por densidad poblacional y ocupación de viviendas</i>	75
4.1.6 <i>Vulnerabilidad relativa por género</i>	79
4.2 PROYECTO DE TRABAJO DE CAMPO.....	82
4.2.1 <i>Situaciones experimentadas en época de lluvia</i>	82
4.2.2 <i>Vulnerabilidad institucional-organizacional</i>	83
4.2.3 <i>Percepciones de riesgo y cambio climático</i>	84
4.3 CASOS ANÁLOGOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA ENFRENTAR PROBLEMAS DE CIUDADES	88
4.3.2 <i>Ciudad esponja, China</i>	88
4.3.3 <i>Captación e infiltración de aguas lluvias in situ, Chile</i>	90
4.3.1 <i>Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe</i>	93
APRENDIZAJES Y SÍNTESIS DE RESULTADOS	97
RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	102
REFERENCIAS	108
ANEXOS	113

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA EN MÉXICO. ELABORACIÓN PROPIA.	29
ILUSTRACIÓN 2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO POR JERARQUÍA DE ESCALAS: ESTATAL, MUNICIPAL Y AGEB. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DEL INEGI (2020).	31
ILUSTRACIÓN 3. ACERCAMIENTO A LAS COLONIAS ESTUDIADAS. ELABORACIÓN PROPIA.	32
ILUSTRACIÓN 4. FOTOGRAFÍA EN CAMPO, JUNIO 2022.	33
ILUSTRACIÓN 5. FOTOGRAFÍA EN CAMPO, JUNIO 2022.	33
ILUSTRACIÓN 6. FOTOGRAFÍA EN CAMPO, JUNIO 2022.	34
ILUSTRACIÓN 7. CUENCA DEL ALTO ATOYAC Y SUBCUENCA PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA.	35
ILUSTRACIÓN 8. UBICACIÓN DE LOS RÍOS URBANOS DE PUEBLA Y LA ZONA DE ESTUDIO ENCERRADA EN UN CÍRCULO ROJO.	36
ILUSTRACIÓN 9. ACERCAMIENTO A LOS RÍOS URBANOS DE PUEBLA Y LA UBICACIÓN DE LAS COLONIAS ESTUDIADAS.	36
ILUSTRACIÓN 10. PLANO DE LA MUY NOBLE Y LEAL CIUDAD DE LOS ÁNGELES DE MIGUEL ALCALÁ Y MENDIOLA 1717. PROPIEDAD DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE BERKLEY CALIFORNIA, USA. FUENTE: CONSEJO CIUDADANO DEL CENTRO HISTÓRICO DE PUEBLA.	37
ILUSTRACIÓN 10. PROCESO DE ENTUBAMIENTO DEL RÍO SAN FRANCISCO. FUENTE: ARCHIVO HISTÓRICO DE PUEBLA.	38
ILUSTRACIÓN 11. CRUCERO DE LA FUENTE DE LA CHINA POBLANA. FUENTE: PUEBLA ANTIGUA PÁGINA OFICIAL.	39
ILUSTRACIÓN 12. TRAZO DEL ENTUBAMIENTO DEL RÍO SAN FRANCISCO, UBICACIÓN DE DETONANTES DEL CRECIMIENTO URBANO.	42
ILUSTRACIÓN 13. MICROCUENCA PUENTE NEGRO. FUENTE: DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA PUENTE NEGRO, PUEBLA, MÉXICO (IMPLAN, 2020).	44
ILUSTRACIÓN 14. DESBORDAMIENTO DEL VASO REGULADOR PUENTE NEGRO 2014. FUENTE: PERIÓDICO LA JORNADA DE ORIENTE.	46
ILUSTRACIÓN 15. PORCENTAJES DE POBLACIÓN POR GÉNERO.	48
ILUSTRACIÓN 16. MAPA DE CURVAS DE NIVEL Y REDES HIDROLÓGICAS.	50
ILUSTRACIÓN 17. ACERCAMIENTO A ELEVACIONES DEL TERRENO Y CONDICIÓN DE RED HIDROLÓGICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	50
ILUSTRACIÓN 18. MAPA DEL ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES A ESCALA MUNICIPAL Y MANZANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS (2017).	54
ILUSTRACIÓN 19. MAPA DEL ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIONES FLUVIALES A ESCALA MUNICIPAL Y MANZANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS (2017).	55
ILUSTRACIÓN 20. MAPA DE EMPALME DE ÍNDICES DE RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES Y FLUVIALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS (2017).	57
ILUSTRACIÓN 21. ESCENARIOS DE TEMPERATURA PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA PERIODOS 2015-2039 Y 2075-2099.	60
ILUSTRACIÓN 22. ESCENARIOS DE TEMPERATURA PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA.	61
ILUSTRACIÓN 23. ESCENARIOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA.	61
ILUSTRACIÓN 24. GRÁFICAS SOBRE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y POR GRUPO DE EDAD.	63
ILUSTRACIÓN 25. MAPA DEL NÚMERO DE HABITANTES POR MANZANA DE 60 AÑOS Y MÁS.	64
ILUSTRACIÓN 26. MAPA DEL NÚMERO DE HABITANTES POR MANZANA DE 0 A 5 AÑOS.	65
ILUSTRACIÓN 27. MAPA DEL NÚMERO DE HABITANTES POR MANZANA DE 12 AÑOS Y MÁS ECONÓMICAMENTE NO ACTIVA.	66
ILUSTRACIÓN 28. GRÁFICAS DE VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN EDUCATIVA.	67
ILUSTRACIÓN 29. MAPA DE POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS SIN ESCOLARIDAD.	68
ILUSTRACIÓN 30. MAPA DE POBLACIÓN DE 15 Y MÁS CON EDUCACIÓN BÁSICA INCOMPLETA.	69

ILUSTRACIÓN 31. MAPA DE POBLACIÓN DE 25 AÑOS Y MÁS CON AL MENOS UN GRADO DE EDUCACIÓN SUPERIOR APROBADO.....	70
ILUSTRACIÓN 32. GRÁFICAS DE VULNERABILIDAD POR CONDICIONES DE SALUD Y DEPENDENCIA FÍSICA	71
ILUSTRACIÓN 33. MAPA DE POBLACIÓN SIN AFILIACIÓN A SERVICIOS DE SALUD.	72
ILUSTRACIÓN 34. MAPA DE POBLACIÓN CON ALGUNA LIMITACIÓN.....	73
ILUSTRACIÓN 35. MAPA DE POBLACIÓN CON ALGUNA DISCAPACIDAD.....	74
ILUSTRACIÓN 36. DENSIDAD DE POBLACIÓN.	76
ILUSTRACIÓN 37. OCUPACIÓN DE VIVIENDAS.....	76
ILUSTRACIÓN 38. MAPA DE POBLACIÓN TOTAL.....	78
ILUSTRACIÓN 39. GRÁFICA DE JEFATURA DE VIVIENDA POR GÉNERO.....	79
ILUSTRACIÓN 40. POBLACIÓN EN HOGARES CENSALES CON JEFATURA FEMENINA.	80
ILUSTRACIÓN 41. POBLACIÓN EN HOGARES CENSALES CON JEFATURA FEMENINA CON HIJOS MENORES DE 18 AÑOS.....	81
ILUSTRACIÓN 42. GRÁFICAS SOBRE SITUACIONES EXPERIMENTADAS EN ÉPOCA DE LLUVIA.	82
ILUSTRACIÓN 43. GRÁFICAS SOBRE VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL-ORGANIZACIONAL EN LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN.	84
ILUSTRACIÓN 44. GRÁFICA SOBRE PERCEPCIÓN DEL RIESGO ANTE INUNDACIONES EN LA COMUNIDAD.	85
ILUSTRACIÓN 45. GRÁFICAS SOBRE CONOCIMIENTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON LAS INUNDACIONES.	87
ILUSTRACIÓN 46. CIUDAD ESPONJA. FUENTE: ONU-HÁBITAT.	89
ILUSTRACIÓN 47. PARQUE QIAOYUAN EN TIANJIN. FUENTE: BBC.	89
ILUSTRACIÓN 48. ESQUEMA Y FOTOGRAFÍAS DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN. FUENTE: CNR, MINISTERIO DE AGRICULTURA (2020).....	91
ILUSTRACIÓN 49. ESQUEMA DE RECOLECCIÓN E INFILTRACIÓN DE AGUA LLUVIA CON TECHOS. FUENTE: (CNR, 2020).....	92
ILUSTRACIÓN 50. ESQUEMA Y FOTOGRAFÍA AÉREA DE PISCINAS DE INFILTRACIÓN. FUENTE: CNR, MINISTERIO DE AGRICULTURA (2020).....	93
ILUSTRACIÓN 51. INFRAESTRUCTURA VERDE. FOTOS: PAMELA NÚÑEZ.	94
ILUSTRACIÓN 52. JARDINES DE VIDA SOBRE CAMELLÓN VIAL. FUENTE: FOTO 1: FERNANDA MARTÍNEZ., FOTO 2: PAMELA NÚÑEZ.....	95
ILUSTRACIÓN 53. SISTEMA DE CAPTACIÓN, FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA PLUVIAL. FOTOS: PAMELA NÚÑEZ.	96
ILUSTRACIÓN 54. PROCESO DE OBRA DE LA RESTAURACIÓN DEL PANTANO. FOTOS: PAMELA NÚÑEZ.	96
ILUSTRACIÓN 55. CRUCERO DE LA CALLE 4 NORTE CON DIAGONAL DEFENSORES DE LA REPÚBLICA. FOTOS: PAMELA NÚÑEZ.....	97
ILUSTRACIÓN 56. SOCIAL BUSINESS CANVAS 1 DE 2.....	105
ILUSTRACIÓN 57. SOCIAL BUSINESS CANVAS 2 DE 2.....	106

Índice de tablas

TABLA 1. ENFOQUE INVESTIGATIVO.....	16
TABLA 2. VARIABLES DE OBSERVACIÓN DEL PROYECTO DE GABINETE	19
TABLA 3. VARIABLES DE OBSERVACIÓN DEL PROYECTO DE CAMPO.....	21
TABLA 4. JERARQUÍA TERRITORIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS. INEGI (2020).	34
TABLA 6. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA ZONA.....	44
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL, MUNICIPIO DE PUEBLA, 1970-2020.....	47
TABLA 7. COMPARATIVA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2010-2020 POR AGEB	48
TABLA 9. NÚMERO DE MANZANAS CON ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES Y SU PORCENTAJE CON RESPECTO AL TOTAL DE MANZANAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	58
TABLA 10. NÚMERO DE MANZANAS CON ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIONES FLUVIALES Y SU PORCENTAJE CON RESPECTO AL TOTAL DE MANZANAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	58
TABLA 11. ATLAS DE RIESGOS RESULTADOS A NIVEL MUNICIPAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	59
TABLA 12. DENSIDAD POBLACIONAL EN ESCALA MUNICIPAL Y POR AGEB.....	75
TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE OCUPACIÓN DE VIVIENDA.....	77
TABLA 14. INTERVALOS DE OCURRENCIA DE LAS RESPUESTAS AFIRMATIVAS A SITUACIONES EXPERIMENTADAS EN ÉPOCA DE LLUVIA.	83
TABLA 15. PROPUESTA PUNTUAL DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN BASADAS EN LA NATURALEZA PARA EL CASO DEL VASO REGULADOR PUENTE NEGRO, PUEBLA, MÉXICO.	104

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal caracterizar la vulnerabilidad ante inundaciones de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, en Puebla, México. Para ello se usaron herramientas y metodologías relacionadas con sistemas de información geográfica, demográfica y ambiental, así como la ocurrencia de inundaciones en la ciudad. Así como la investigación de las percepciones de los habitantes de la zona.

Se propone el aprovechamiento del agua pluvial, no sólo para la disminución del riesgo, sino también para la reutilización y la regeneración de este recurso. Considerando la expansión urbana como un proceso de transformación de espacios naturales, cuyos cambios exponen al ser humano a diferentes amenazas; la orientación de las acciones de mitigación propuestas para este caso es hacia el diseño de sistemas urbanísticos ambientalmente amigables. Además de representar una respuesta a los impactos del cambio climático que, mucho tienen que ver con la ocurrencia de desastres.

Los resultados permiten obtener información apropiada para la toma de decisiones futuras, además del dimensionamiento de características de la población y de su entorno que componen la vulnerabilidad. Lo anterior con la finalidad de encaminar el proyecto hacia mecanismos holísticos de manejo y gestión de riesgos.

Introducción

Los desastres en las ciudades se han creado a partir de, la modificación de las condiciones naturales del entorno en procesos de urbanización, la alteración del equilibrio ecológico, los usos que se le ha dado al territorio, además del cambio climático y sus efectos.

En América Latina y el Caribe, un importante número de personas se encuentran en zonas propensas a desastres por eventos naturales extremos, como inundaciones por crecidas en ríos, deslizamientos en zonas inclinadas, terremotos, tormentas tropicales y huracanes (PNDU, 2012). Los desastres están asociados con condiciones de vulnerabilidad, incluyendo diferentes dimensiones: social, física, institucional, ambiental, etc., que conforman los escenarios de riesgo en zonas habitadas, ya sean rurales o urbanas.

El creciente reconocimiento de que el riesgo de desastre está íntimamente relacionado en términos causales con la desigualdad, la exclusión social, la pobreza y la degradación ambiental, ha servido para impulsar actividades asociadas a la reducción de niveles de riesgo existentes y controlar el riesgo futuro (Lavell, 2002). Así pues, este reconocimiento forma parte importante de la planificación urbana, además de la gestión adecuada del entorno natural, sin embargo, la mayoría de las veces el crecimiento urbano rebasa el marco de programas de planificación, acentuando diferencias entre segmentos poblacionales.

La vulnerabilidad es de carácter multifactorial, engloba procesos históricos, sociales, políticos, naturales, económicos, entre otros., por ende, son elementos en constante cambio y no tienen una sincronidad definida. Así pues, las condiciones de vulnerabilidad no son iguales para todos los segmentos de la población y están directamente relacionadas con sus formas de vivir, sus costumbres, actividades económicas, además del grado de exposición. Teniendo en cuenta que estas se consolidan a lo largo de décadas, se construye socialmente una maraña de riesgos de desastres.

A lo largo de la última década las inundaciones y las lluvias torrenciales han aumentado más de un 50% a nivel global y registran con una frecuencia cuatro veces mayor que en los años 80 (UN-WATER, 2021). Algunos de los casos durante el transcurso del año 2023 son: tormentas en Nueva York, Vermont, Massachusetts, Maine, al noreste de Estados Unidos de Norteamérica, desbordamiento de canales en Bucks, Pensilvania., rebasamiento

de muros de contención en Chongqing, China., desborde del río Citarum en Bandung, Indonesia., desbordamiento del río Vaal en Sudáfrica (UN-News, 2021). La mayoría de los casos ocurren por el derramamiento de cuerpos de agua inmersos en la urbanización.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) prevé que incrementa aún más la gravedad y frecuencia de desastres asociados con inundaciones y sequías gracias al cambio climático. En el periodo de 2009-2019, las inundaciones causaron 55,000 muertes aproximadamente, afectaron a 103 millones de personas y causaron pérdidas económicas de 76,800 millones de dólares en todo el mundo (UN-WATER, 2021). Mientras que, en América Latina durante el periodo de 2020-2022, se registraron 175 desastres, de los cuales 88% fueron de origen meteorológico, climatológico o hidrológico, y representaron el 40% de las muertes relacionadas con desastres (BID, 2023).

Por su parte, en México, durante la temporada de lluvias del año 2023, han ocurrido inundaciones en diversos estados del país: Jalisco, Estado de México, Ciudad de México, Sonora, Morelos, Tabasco, Michoacán, mayoritariamente en zonas urbanas. Cabe mencionar que, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2017), muchos de los peligros naturales de la región latinoamericana se agravan regularmente con fenómenos atmosféricos como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), además de los efectos de las variaciones en el clima a nivel global.

El crecimiento urbano de la ciudad de Puebla, México, ha alterado los procesos y recorridos naturales de sus ríos, al mismo tiempo, ha expuesto segmentos de población a escenarios de riesgo de inundación. Debido a que, la forma en cómo se gestionan los recursos naturales y los ecosistemas se relaciona con la construcción del riesgo, culminando en la presencia de desastres en zonas urbanas. Particularmente las colonias estudiadas, fueron elegidas por presentar dos características fundamentales: por haber sido víctimas de inundaciones en diversas ocasiones y por haber conformado asentamientos urbanos cercanos a la infraestructura del vaso regulador.

Este proyecto de investigación se enmarcó en los años 2020-2023, debido a que los observables estudiados provienen de dichos años. La información cuantitativa se obtuvo de bases de datos sociodemográficas (INEGI) y geográficas (Atlas Nacional de Riesgos),

además, se sistematizó con ayuda de sistemas de información geográfica (SIG). Mientras que, la investigación de campo se llevó a cabo durante los meses de julio y agosto del año 2022, en donde se entrevistó un total de 53 personas dentro del área de estudio de las cuales, se descartaron 16 en virtud de que no eran habitantes de la zona y así lograr una consistencia interna de las respuestas. Se incluyeron preguntas relacionadas con sus experiencias vividas, percepciones del riesgo, conocimiento y organización institucional en cuanto a los problemas ocasionados por inundaciones.

Debido a que, las características socioeconómicas de la población y la alteración del entorno natural, están íntimamente relacionadas para la consolidación de los escenarios de riesgo, el objetivo general de la investigación fue caracterizar las condiciones de vulnerabilidad ante inundación de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, tanto sociales como ambientales, permitiendo así, conocer las áreas de oportunidad para vislumbrar mejoras en la seguridad de la población.

Dentro de los objetivos específicos se plantearon los siguientes: (1) La descripción de variables sociales y ambientales relacionadas a la vulnerabilidad ante inundaciones de la zona de estudio., (2) La investigación de las percepciones de riesgo ante inundaciones y cambio climático de los habitantes de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro., (3) La propuesta de estrategias de mitigación ante inundaciones basadas en la naturaleza.

El enfoque del tercer objetivo específico es retomar el camino hacia un vínculo equilibrado con la naturaleza, a fin de evitar los impactos negativos que la actividad humana ha ocasionado. En ese mismo sentido se integra el concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza, las cuales abarcan todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como: el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres.

El diagnóstico de vulnerabilidades y percepciones no permanece estático ni dentro de una sola disciplina, por lo que, su principal fin es visualizarlo, cuestionarlo, complementarlo, para finalmente, idear nuevas formas de habitar, convirtiendo nuestro entorno en algo armónicamente seguro.

1. PROBLEMÁTICA Y ENFOQUE INVESTIGATIVO

1.1 Planteamiento del problema: de lo global a lo local

Considerando la época industrial como génesis de la ciudad actual, encontramos que los principios que determinaron las formas de asentamientos humanos fueron los intereses económicos para alcanzar un supuesto desarrollo, que, según Lander & Serrat (2015), conllevó a la dominación científica y tecnológica por encima de la naturaleza, que identifica el bienestar humano con la acumulación de objetos materiales.

A este periodo industrial, seguido de la lógica del capital se le atribuye la concentración productiva, además de la división del trabajo que modificó la morfología en la vida urbana, sustituyendo energías limpias como los molinos alimentados con agua de ríos, por tecnología basada en combustión. Sumado a lo anterior, la llegada del automóvil, el crecimiento poblacional y una mayor producción de desechos, recayó en el abuso del ser humano sobre el ambiente natural, viéndolo como un objeto sin valor.

Con relación en lo anterior, el paradigma del desarrollo y progreso conlleva desafíos, donde la calidad de vida se basa en variables materiales de la sociedad, como salud, educación e ingreso, mismas que sustentan el sistema capitalista (Therán & Rodríguez, 2018). Evidenciando la necesidad de alterar la naturaleza para extracción de recursos, transformar el territorio natural en zonas urbanas, desequilibrar los ecosistemas, dicho de otro modo, degradar el medio ambiente.

El uso de la razón instrumental ha conducido a un desequilibrio medioambiental y el impedimento de conservación de los ecosistemas, además de los servicios que de ellos se obtienen. Para lo que resulta importante recordar que, el sistema urbano es dependiente de los recursos naturales del medio externo, siendo este, deteriorado por la rapidez a la que se consumen los bienes (Therán & Rodríguez, 2018).

En este sentido, dentro de los impactos negativos que tiene el deterioro del medio ambiente en la búsqueda de un supuesto desarrollo, se encuentra el riesgo de desastres. Lo anterior debido a que, infinitos números de ciudades de tamaño intermedio y pequeño del mundo están ubicadas en áreas de gran amenaza física (Lavell, 1999). Adicionalmente, los

efectos del cambio climático alteran las economías y la vida de miles de millones de personas. Las anomalías en el comportamiento del clima dan lugar a eventos climáticos extremos con mayor frecuencia, provocando devastación y reversión de los avances en materia de desarrollo (PNUD, 2017).

De acuerdo con el Marco de Sendai para Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015), entre el periodo 2005 a 2015 los desastres a nivel global han cobrado un alto precio, viéndose reflejado en impactos negativos para con el bienestar y seguridad de las personas, comunidades y países. En el mismo periodo de 10 años:

Más de 1.500 millones de personas se han visto perjudicadas por los desastres en diversas formas., las mujeres, los niños y las personas en situaciones vulnerables han sido afectados de manera desproporcionada. Las pérdidas económicas totales ascendieron a más de 1,3 billones de dólares. Además, entre 2008 y 2012, 144 millones de personas resultaron desplazadas por desastres. Los desastres, muchos de los cuales se ven exacerbados por el cambio climático y están aumentando en frecuencia e intensidad, obstaculizan significativamente el progreso hacia el desarrollo sostenible (UNISDR, 2015, p. 10).

En relación con lo anterior, en diferente escala de observación, el Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe (UNDRR, 2021), afirma que, las manifestaciones de riesgo de desastres aumentan cada año en toda la región., el promedio anual de personas afectadas, así como las pérdidas económicas asociadas a esto ha crecido de forma acelerada. A pesar de la adopción de políticas y mecanismos para la reducción del número de desastres y sus impactos durante las últimas tres décadas, no se ha cumplido el objetivo central. Dentro de los acuerdos internacionales están: DIRDN (1990-1999), Declaración de Yokohama (1994-2004), Marco de acción de Hyogo (2005-2014) y Marco de SENDAI (2015-2020).

La deforestación, la urbanización creciente, el crecimiento demográfico exponencial, además del requerimiento de más zonas habitacionales, han alterado el entorno natural sin medida. Lo anterior, ha provocado erosión del suelo, disminución de cobertura vegetal, modificaciones en el clima, temperatura y precipitaciones, impulsando la aparición de fuertes

inundaciones. Entre 1997 y 2017, uno de cada cuatro desastres registrados en el mundo ocurrió en América Latina y el Caribe., nueve de cada diez personas perjudicadas en la región se vieron afectadas por eventos de origen climático, principalmente inundaciones (UNDRR, 2021).

Según el Plan Estratégico 2018-2021 del Programa Nacional de las Naciones Unidas (PNUD, 2017), hay retos de desarrollo particulares a los que los países se enfrentan y desde luego, las comunidades, debido a crisis de aparición lenta o repentina. Como ejemplos de lo anterior se encuentran: riesgos climáticos y geológicos, brotes de enfermedades, estancamiento en la economía, además de, crisis prolongadas como sequías, así mismo, epidemias.

De acuerdo con Libys Zúñiga (2018), en su análisis de inundaciones en Bogotá, Colombia, Lima, Perú., Río de Janeiro, Brasil., Holguín, Cuba., y el Salvador, El Salvador, la región latinoamericana evidencia problemáticas comunes, tales como:

(i) Desarrollo urbano-territorial no planificado y la consecuente reducción de los ecosistemas., (ii) asentamiento de ciudades sobre cuencas hidrográficas con suelo en niveles bajos de terreno., (iii) fallas de infraestructura del drenaje pluvial., (iv) mala calidad de las viviendas localizadas en zonas no adecuadas, así como la presencia de obras de construcción que han modificado los sistemas de drenaje natural en zonas rurales o suburbanas., (v) limitaciones en la percepción del riesgo y la preparación social ante estas problemáticas., y (vi) aspectos vinculados a la gestión pública ante los riesgos por inundaciones como los actores, los procesos y las acciones que se despliegan en dichas circunstancias (p.41).

Al instituir un vínculo entre el medio ambiente y las malas prácticas urbano-constructivas en las ciudades, efectuadas con un rotundo rechazo hacia las condiciones naturales del medio, se proyecta que, desencadena altos índices de vulnerabilidad.

Uno de los principales factores que impulsan el riesgo de inundación en zonas urbanas es la impermeabilización del suelo. La implementación de infraestructura necesaria para la vida en las ciudades como: calles, banquetas, plazas estacionamientos, etc., se llevan a cabo

con materiales constructivos que impiden la filtración de agua, dejando la tarea de desagüe al sistema de drenaje en su totalidad. En consecuencia, estas acciones generan la interrupción del ciclo natural del agua, disminuyen la recarga de acuíferos necesarios para abastecer a la población.

Concretamente, el vaso regulador Puente Negro de la ciudad de Puebla, México, surgió alternadamente con la culminación del proyecto de entubamiento del río San Francisco. Su principal función es regular los flujos de agua que escurren naturalmente por las características orográficas del territorio, con el propósito de evitar grandes daños a los asentamientos urbanos cercanos. En este caso las corrientes de agua provienen de las barrancas del volcán La Malinche y una de sus desembocaduras es el vaso regulador Puente Negro, el cual colinda principalmente con dos colonias: Adolfo López Mateos y Cuauhtémoc.

De acuerdo con Zamora (2018), el manejo de los ríos durante el siglo XX estuvo directamente relacionado con su tamaño:

Los grandes ríos fueron considerados ejes para el desarrollo y la modernización de los países mediante la construcción de infraestructura hidráulica que lograba captar mayor cantidad de agua para las actividades humanas, mientras que los pequeños fueron percibidos como un elemento indeseable del paisaje urbano y utilizados como drenajes, posteriormente la solución modernizadora consistió en entubarlos (p.14).

En cualquiera de los casos, el régimen hídrico de los ríos se modificó considerablemente. Se consideraba que entubando los ríos que recibían las aguas residuales y expulsándolos de la ciudad se protegía a los habitantes de problemas de salud pública. Sin embargo, no se consideró que la creciente densidad de población rebasaría aquellos límites de la ciudad y nuevos asentamientos urbanos terminarían a un lado de aquellos ríos indeseables.

En época de lluvias intensas la infraestructura del vaso regulador Puente Negro en la ciudad de Puebla resulta deficiente, lo cual, ocasiona desbordamientos e inundaciones de inmuebles, además de extenderse sobre vialidades con encarpado asfáltico, resultando en obstaculización del tránsito vehicular y afectaciones directas a los habitantes vecinos de la

zona. Las corrientes de agua pluvial provienen río arriba, de las barrancas del volcán La Malinche, adicionalmente, ahí se arrojan residuos urbanos y domésticos con frecuencia. Dichos residuos son arrastrados hasta el vaso regulador, lo que ocasiona su obstrucción e incorrecto funcionamiento.

No obstante, el problema no sólo radica en el desbordamiento del Puente Negro, sino también en las vialidades, principales y secundarias por el mal funcionamiento de la infraestructura de drenaje y alcantarillado. Puesto que, en situaciones que requieren desalojar grandes cantidades de aguas lluvias, se sobresatura, derivando en brotes de aguas residuales por las coladeras municipales, e incluso por coladeras en propiedad privada de los habitantes.

Por lo anterior, resulta importante enfatizar que el proceso incesante de urbanización trae consigo retos relacionados con la correcta gestión de las aguas pluviales, ya sean superficiales o subterráneas durante la planeación y ejecución de asentamientos urbanos. Una gestión adecuada del agua no sólo se enfoca en abastecer a las personas del recurso, sino en garantizar la seguridad hídrica y física de la población.

En ese contexto, caracterizar las condiciones de vulnerabilidad ante inundaciones de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, así como ayudar a conocer las áreas de oportunidad, permite vislumbrar mejoras en la habitabilidad de la sociedad.

1.2 Pregunta de investigación y enfoque investigativo.

Tabla 1. Enfoque investigativo.

Pregunta de investigación	¿Cuáles son las condiciones de vulnerabilidad ante el peligro de inundaciones ocasionadas por eventos naturales de las colonias colindantes al vaso regulador, Puente Negro, en Puebla, México?
Objetivo	Identificar las condiciones de vulnerabilidad ante inundaciones en los habitantes que colindan con el vaso

	regulador Puente Negro, Puebla, México, para proponer estrategias de mitigación basadas en la naturaleza.
Unidad de Análisis	Colonia Cuauhtémoc y colonia Adolfo López Mateos colindantes al vaso regulador, Puebla, México.
Objeto de observación	Población que habita el entorno del vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.
VARIABLES	Características sociales, económicas, físicas, de salud y ambientales de los habitantes de la unidad de análisis. Percepciones del riesgo y cambio climático de los habitantes de la unidad de análisis.
Recopilación de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de información: Atlas de Riesgos y CENAPRED, INEGI y SCINCE. • Entrevistas a los habitantes de la zona. • Observación y documentación en campo. • Casos de éxito de estrategias de mitigación basadas en la naturaleza

1.3 Objetivos

Objetivo general

Caracterizar las condiciones de vulnerabilidad ante inundaciones de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México, para proponer estrategias de mitigación basadas en la naturaleza.

Objetivos específicos

1. Describir las variables sociales y ambientales asociadas a la vulnerabilidad ante inundaciones de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.
2. Conocer las percepciones de riesgo y cambio climático de los habitantes de las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.
3. Proponer estrategias de mitigación de vulnerabilidades basadas en la naturaleza para las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.

1.4 Estrategia metodológica

La metodología para la identificación y análisis de vulnerabilidades existentes que se llevó a cabo fue de tipo mixto. Se incluyeron datos de carácter cuantitativo y cualitativo.

Dentro del proceso metodológico, se desarrollaron una serie de categorías de análisis de vulnerabilidades ante inundación. El criterio de selección fue a partir de la identificación de características o condiciones de la población y su entorno que representan mayor dificultad de respuesta en caso de un desastre por inundación.

La información cuantitativa, se obtuvo mediante datos sociodemográficos de las dos colonias del de población y vivienda del INEGI (2020), además de información ambiental obtenida del Atlas de Riesgos del CENAPRED (2022). Lo anterior, con la finalidad de identificar una serie de características poblacionales, y del entorno que se identificaron como condiciones de vulnerabilidad ante inundación, debido a que, representan un mayor grado de dificultad para responder en una situación de desastre.

Con respecto a los datos cualitativos, se obtuvieron en campo y se basaron en entrevistas hechas a los habitantes de los alrededores del vaso regulador. Los objetivos principales de estas entrevistas fue conocer: (i) las diferentes situaciones experimentadas en época de lluvias intensas, además de la recurrencia de estas; (ii) las percepciones de riesgo de inundación con respecto a la ubicación de su vivienda, así como también, la percepción de respuesta por parte de las autoridades locales ante inundaciones; (iii) los sistemas de respuesta con los que cuenta la población actualmente y (iv) la percepción social sobre el cambio climático.

Posteriormente, las variables de observación se clasificaron por tipo de vulnerabilidad de la siguiente manera:

Tabla 2. Variables de observación del proyecto de gabinete

Dimensión de vulnerabilidad	Unidad de análisis	Objeto de observación	Tipo de análisis	VARIABLES
SOCIAL	Colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos colindantes al vaso regulador, Puente Negro, Puebla, México.	Población	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> -Población con un plan de prevención ante inundación. -Población dependiente 60 y + años. -Población dependiente 0 a 5 años. -Densidad poblacional hab/km². - VPH con más de 2.5 ocupantes / dormitorio. -Población que ha experimentado inundación total o parcial de su vivienda. -Población que ha sufrido daños o pérdidas materiales. -Población que ha experimentado obstrucción en la movilidad peatonal.

				-Población que ha sufrido daño o pérdida de un medio de transporte.
ECONÓMICA		Población		-P.E.A. -Población desocupada sin ingresos económicos.
EDUCATIVA		Población		-Población con rezago educativo.
SALUD		Población		-Población sin derechohabiencia. -Población con alguna discapacidad.
FÍSICA-TÉCNICA		Viviendas		-Altitud de la ubicación de viviendas por medio de curvas de nivel. -Viviendas más cercanas al vaso regulador. -Usos de suelo en la carta urbana.
AMBIENTAL		Entorno		-Índices de riesgo por inundaciones pluviales y fluviales. -Precipitación y temperatura media anual. -Proyecciones de precipitación y temperatura por el cambio climático

Tabla 3. Variables de observación del proyecto de campo

Dimensión de vulnerabilidad	Unidad de análisis	Objeto de observación	Tipo de análisis	Variables
SOCIAL	Colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos colindantes al vaso regulador, Puente Negro, Puebla, México.	Población	Cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> -Percepciones de vulnerabilidad ante inundación con respecto a la ubicación de su vivienda. -Percepción del grado de respuesta por parte de las autoridades locales ante inundaciones. -Percepción social sobre el cambio climático.

Toda la información se recopiló y sistematizó para posteriormente ser representada por medio de gráficas, mapas o figuras, dependiendo del objetivo particular a resolver. Mientras que, para la propuesta de sistemas de **mitigación** basadas en la naturaleza se tomaron como referencia casos análogos de éxito con líneas de acción enfocadas en la preservación del agua como recurso vital para generaciones presentes y futuras. Sin perder de vista la reducción de vulnerabilidades que exponen a la población a escenarios de riesgo.

Además, se hizo hincapié en la pertinencia de revalorizar el vínculo del ser humano con el entorno natural, para evitar la construcción diacrónica del riesgo por medio de prácticas disruptivas con en el entorno y con ausencia de investigación que fundamente las decisiones en procesos del habitar.

2. DIMENSIÓN TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1 Urbanización creciente: un escenario complejo

En un enfoque histórico-urbano podemos entender los procesos que han experimentado las ciudades, para convertirse en lo que hoy conocemos. La historia de la urbanización alcanzó un punto de inflexión que coincidió con la Revolución Industrial, en el que un conjunto de invenciones tecnológicas permitió un crecimiento económico (Velásquez, 2012). Lo anterior generó una superpoblación, problemas sanitarios y ambientales, causados por la demanda de recursos naturales, además de servicios indispensables para vivir.

América Latina es el subcontinente con los más altos niveles de urbanización del mundo, 85% de la población es urbana., especialmente el crecimiento se presenta en las ciudades medianas y pequeñas (ONU-Habitat, 2012). Dichos procesos expansivos de urbanización se presentan en distintos escenarios de países en vías desarrollo, por lo que no están preparados urbana y socialmente para satisfacer las necesidades de los habitantes, así mismo se requiere sustituir superficies de cobertura vegetal con edificaciones en su mayoría precarias, sobrepasando los límites impuestos por la naturaleza.

Según Alcántara-Ayala et al. (2019):

Es necesario y urgente recuperar, difundir y alentar la investigación científica para generar teorías, métodos y modelos (cuantitativos y cualitativos) de análisis, destinados al conocimiento del territorio, la territorialidad y la habitabilidad (p.16).

2.2 Vulnerabilidades en los desastres urbanos

Cuando se habla de vulnerabilidad, es necesario aclarar que existen diversos tipos: que se presentan en ámbitos sociales, urbanos, físicos, económicos, ambientales, etc., se refiere a una propensión a sufrir daño, en uno o más ámbitos de los anteriormente mencionados. Mientras que la amenaza se refiere a un evento que atenta contra la sociedad, y puede ser un evento climatológico, tecnológico, antropogénico, entre otros. Entonces, la interrelación de estos dos conceptos se concibe como escenario de riesgo.

De acuerdo con Lucatello & Garza (2016), se identifican los siguientes tipos de amenazas:

- Amenazas de origen físico-natural: aquellas que provienen de la naturaleza misma, como fenómenos geológicos, hidrometeorológicos y biológicos.
- Amenazas de origen socio-natural: aquellas que presentan un peligro latente asociado a fenómenos que se intensifican debido a procesos de degradación ambiental por la actividad humana, como sucede con el cambio climático.
- Amenazas de origen antrópico: las generadas por la actividad humana, que deterioran los ecosistemas, por ejemplo: el consumo de bienes, servicios, el uso de sustancias tóxicas, además de la construcción de edificaciones en procesos de urbanización,

Así pues, de acuerdo con Allan Lavell (2008), los desastres urbanos ocasionados por amenazas de origen físico-natural amenazan el bienestar social y giran en torno a tres tipos de problemas: (i) el problema de que los factores causales tienden a aumentar; (ii) el problema de los sistemas de respuesta social ante las amenazas y las condiciones del entorno urbano donde se presentan; y, (iii) la problemática de la reconstrucción de los daños. Estos escenarios representan un nivel de riesgo, que exacerban la existencia de desastres.

La vulnerabilidad es una condición la cual surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características que convergen en una comunidad particular. Entonces, el concepto supone la suma de distintos tipos de vulnerabilidades, que agravan la predisposición de una sociedad de sufrir pérdidas cuando una amenaza se presenta (Lucatello & Garza, 2016). Según Soares & Murillo (2013) en la década de 1980 se comenzó a tener en cuenta las dimensiones sociales de la vulnerabilidad, centrándose en los afectados, en su capacidad de mitigar, resistir y recuperarse de los daños ocasionados por un desastre.

El Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) respalda el trabajo elaborado por Alcántara-Ayala (2019), quienes enfatizan el hecho que la vulnerabilidad está constituida por la combinación de aspectos de índole social, económico, cultural, político e institucional, todos ellos conformados a través del tiempo, exponiendo a la población a ser afectada ante posibles amenazas.

En el contexto urbano, la vulnerabilidad se relaciona tanto con la estructura, forma y función de la ciudad, como con las características de los diversos grupos humanos que ocupan el espacio y sus propios estilos o modalidades de vida (Lavell, 1999, p.7)

La incesante demanda de espacios para habitar debida a la expansión urbana descontrolada impulsa la aparición de asentamientos informales, las prácticas constructivas inadecuadas, la degradación del medio ambiente y la infraestructura de servicios básicos deficiente. Todo lo anterior agrava la vulnerabilidad socioeconómica de la población, en espacial de los segmentos con niveles alto de pobreza. En este sentido, los países más afectados serán aquellos que cuentan con esquemas de respuesta débiles, además de dificultades económicas para la rehabilitación y reconstrucción de zonas afectadas.

2.3 Construcción social del riesgo y su gestión

Los desastres no son naturales, sino socialmente contruidos; éstos reflejan la materialización del riesgo, el cual resulta del impacto potencial de diversas amenazas en una sociedad vulnerable y expuesta a las mismas (Alcántara et al., 2019). De este modo, la vulnerabilidad y el grado de exposición son los dos principales factores que expresan los procesos progresivos de la construcción social del riesgo.

¿A qué procesos progresivos nos referimos? Según el Programa de las Naciones Unidas (2012):

La construcción inadecuada de infraestructura, la destrucción del medio ambiente, la contaminación, la sobrepoblación de zonas peligrosas, el crecimiento urbano desordenado y la sobreexplotación de los recursos naturales son factores que han contribuido a incrementar las vulnerabilidades a lo largo del tiempo (p.6).

Por lo tanto, la presencia de amenazas en cualquiera de sus orígenes, afectan con más intensidad a poblaciones asentadas de forma irregular, en zonas con pendiente pronunciada, con construcciones precarias, con deficiencia de infraestructura de servicios básicos adecuada, y/o cercanas a cuerpos de agua., a diferencia de las poblaciones que no padecen estas condiciones en el lugar que habitan.

Está claro que la construcción del riesgo es un proceso que engloba distintos contextos: sociales, ambientales, económicos, de salud, de gobernanza, por mencionar algunos. Por lo que, para gestionar el riesgo se requiere conocerlo (Uribe, 2020, como se expuso en el Webinar de UNDRR).

En el Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe se abordan varios elementos que tienen que ver con el análisis y replanteamiento de los Impulsores De Riesgo (IDR). Partiendo del conocimiento que se tiene acerca de los IDR tradicionales, se identifican nuevos procesos que han cobrado gran relevancia en los últimos años, como lo es, el Cambio Climático. Además, la movilidad de personas por múltiples motivos también forma parte de los nuevos IDR, seguido del riesgo urbano que se presenta por las transformaciones en el territorio originadas por nuevos asentamientos urbanos informales, en zonas de riesgo, con construcciones poco estables (UNDRR, 2021).

Todos los impulsores de riesgo están relacionados de manera compleja, reconociendo que los procesos de los macro impulsores son innegablemente un conjunto de micro-procesos que tienen que ver con: segregación socioespacial, sistemas de gobernanza débiles, movilidad social, degradación ambiental, pobreza, marginación., afectando el desempeño y la creación del riesgo (UNDRR, 2022). Ahora bien, cada uno de los procesos cuentan con actores sociales que van conformando las condiciones de vulnerabilidad, del mismo modo alterando el grado de exposición.

Por lo anterior, la gestión del riesgo representa una de las respuestas que busca garantizar la seguridad de las personas y su entorno por medio de un proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres en una comunidad (PNDU, 2012). Refiriéndose también, a la adopción de estrategias, políticas y sistemas orientados a minimizar los efectos y riesgos de desastres, la gestión del riesgo puede ser: (i) prospectiva: acciones de planificación para no generar nuevos riesgos, (ii) correctiva: acciones de manera anticipada para reducir riesgos existentes, y (iii) reactiva: preparación y respuestas a emergencias.

Así mismo, la gestión integral del riesgo reconoce que el vínculo entre desigualdad, relaciones de género y riesgo es evidente entre la población, distribuyendo los impactos de manera diferente y pronunciada, afectando en mayor medida a mujeres, población indígena, niños, además de adultos mayores (Samsudin, 2020). Por tanto, el riesgo es una construcción sociocultural, donde las vulnerabilidades no son iguales entre segmentos poblacionales, en otras palabras, la capacidad para enfrentar un desastre no es la misma para todos.

2.4 La relación entre el cambio climático y la ocurrencia de inundaciones

En la actualidad el cambio climático forma parte de los principales problemas que se abordan en agendas y tratados internacionales, como la Nueva Agenda Urbana aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) en 2016, la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015. Así como por el Acuerdo de París, adoptado por 196 países en la Conferencia de Cambio Climático de las Naciones Unidas (COP22), por mencionar algunos. Lo anterior debido a que, paraliza e incluso revierte los logros obtenidos en la disminución de pobreza, educación, salud, infraestructura, derechos humanos, entre otros (Soares & Murillo, 2013).

La Convención Mundial de Cambio Climático afirma que, las actividades humanas directa o indirectamente alteran la composición de la atmósfera mundial y causan el cambio climático global. Una de las principales consecuencias antropogénicas sobre el sistema climático son los gases de efecto invernadero, que son compuestos químicos que se acumulan en la atmósfera de la Tierra, capaces de absorber la radiación solar y retener el calor, lo cual, intensifica el efecto invernadero y sus impactos en el clima (Therán & Rodríguez, 2018).

De acuerdo con la Publicación de la Estrategia Estatal de Cambio Climático 2021-2023 del Gobierno del Estado de Puebla (2022):

El nivel del impacto de las actividades humanas en los ciclos naturales ha llegado a 3/4 partes de la Tierra y 2/3 de los océanos, además, 1 millón de especies de las 8 millones que se conocen, están en peligro de extinción, 25% de las enfermedades corresponden a riesgos ambientales, mientras que la contaminación causa 9 millones de muertes prematuras al año, al mismo tiempo que de 7.8 mil millones de personas que viven actualmente, 1.3 mil millones viven en pobreza y otros 700 millones padecen hambre p.5.

El Copresidente del IPCC, Pan Zhai declaró que, el cambio climático ya afecta de múltiples maneras a todas las regiones de la Tierra, todo aumento del calentamiento global exacerbará los cambios se están experimentando (IPCC, 2021). Así mismo, el ciclo hidrológico se ve afectado directamente por las variaciones de temperatura y humedad en el ambiente,

alterando los patrones de precipitación. En este sentido, las zonas urbanas quedan expuestas ante el riesgo inminente de las inundaciones, además de sequías prolongadas.

En relación con lo anterior, se crean escenarios de vulnerabilidad para las comunidades. Los desastres ocasionados por eventos climatológicos están asociados en gran medida con los niveles de vulnerabilidad regional, sectorial y social (Soares & Murillo, 2013). Haciendo que aumenten las temperaturas, se alteran los volúmenes pluviométricos, agravando las catástrofes vinculadas a fenómenos meteorológicos (COM, 2009). Poniendo de manifiesto la vulnerabilidad social, debido a que, las poblaciones que no cuentan con recursos económicos y productivos estables y diversificados tienen una capacidad de respuesta limitada, para enfrentar los retos derivados del cambio climático.

Se tiene conocimiento acerca de la influencia del ser humano en la recurrencia y magnitud de fenómenos naturales, debido a que los impactos ambientales ocasionan en varias ocasiones la creación de algunos tipos de inundaciones. Las inundaciones ocasionadas por lluvias intensas en las últimas décadas, impulsadas por el cambio climático han incrementado su presencia, afectando zonas urbanas que se encuentran expuestas (Molina, 2016).

Los efectos del cambio climático no solamente se pueden ver a través de mediciones y estudios científicos, también se viven en la actualidad severos desastres: inundaciones, sequías, reducción de la disponibilidad de agua, pérdida de biodiversidad, ondas de calor, pérdidas masivas de cosechas, etc. (Lander & Serrat, 2015).

Según Lander & Serrat (2015) en su aportación a la revista “Estudios Latinoamericanos, nueva época”:

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático afirma, sobre la base de nuevas investigaciones, que algunas sequías, inundaciones y huracanes que han afectado a millones de personas en los últimos años son consecuencia del cambio climático (p.32).

La capacidad de conocer a la Tierra como un sistema complejo y el concebirla como fuente inagotable de materia bruta para la producción humana, no son sino dos fases, extremas, de

la misma voluntad de representar al planeta como algo que podemos conocer y dominar (Hernández, 2020, p. 08).

2.5 Soluciones basadas en la Naturaleza como estrategias de adaptación a los desafíos en la habitabilidad

Los gobiernos internacionales se están enfocando en brindar soluciones de adaptación a los retos que tienen que ver con la gestión del riesgo de desastres. De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012), en el caso del sector público de Chile, este se encarga de la elaboración y cumplimiento de normativa que incluye la dirección de obras hidráulicas. En donde se elaboran Planes Maestros de Aguas Lluvias para gestionar las inundaciones urbanas por agua pluvial, además de planes de Cauces para el manejo de inundaciones y erosiones de riberas por el crecimiento de cauces de ríos, arroyos, etc.

No obstante, un concepto más reciente de estrategias de adaptación ante problemas urbanos se está empleando por parte de autoridades gubernamentales, *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)*. Las SbN abarcan todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres (IUCN, 2019). Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son acciones enfocadas en la gestión sostenible de los ecosistemas naturales o modificados que contrarrestan los desafíos sociales, además, proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Zucchetti et al., 2020).

En relación a las inundaciones, la implementación de SbN en contextos muy distintos y en diferentes escalas, se considera como una de las alternativas con mayor potencial de eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad a diferencia de las medidas convencionales (Ribas & Saurí, 2022). Una SbN puede englobar intervenciones a microescala, como pueden ser las azoteas verdes, sistemas de captación de agua pluvial en un espacio determinado., así como también a macroescala, por ejemplo, la restauración de laderas con ayuda de infraestructura verde y azul, humedales o sistemas complejos que ayuden la recarga de acuíferos.

La diversificación de la estructura de las riberas de los ríos, la reconexión de cauces secundarios y meandros, la mejora de la conectividad del río con las llanuras aluviales y la restauración de humedales son algunas de las SbN que se presentan

como más idóneas para mejorar el estado de los sistemas fluviales como estrategia para prevenir el riesgo de inundación fluvial (Ribas & Saurí, 2022, p.5).

También es importante considerar que, la sensibilización de la población sobre la necesidad de cambiar el enfoque con el que se quiere brindar soluciones a problemas de inundación es un reto que hay que afrontar. Lo mismo sucede con las autoridades gubernamentales, entonces, se requieren nuevas vías de gestión enfocadas en la búsqueda de estrategias que aumenten la resiliencia social y ambiental. Teniendo en consideración que, como sociedad somos parte de un ecosistema complejo que requiere la naturaleza para sobrevivir.

3. ACERCAMIENTO SOCIOTERRITORIAL AL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Caracterización del territorio

La zona de estudio se encuentra en la República Mexicana. Como se observa en el mapa, México colinda al norte con los Estados Unidos de América, al suroriente con Guatemala y Belice, al oriente con el Golfo de México y al poniente con el océano Pacífico.



Ilustración 1. Ubicación del Estado de Puebla en México. Elaboración propia.

La zona de estudio se ubica dentro del Estado de Puebla, en la zona centro de México, y no cuenta con zonas costeras. La altitud promedio estatal es de 2,135m sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6.5°C

durante el mes de enero, mientras que, la precipitación media anual es de 1270mm y se presenta en los meses de junio a octubre.

La superficie total del Estado es de 34,309.6 km² y está dividido en 217 municipios. El municipio de Puebla cuenta con un total de 1,692,181 habitantes, ahí se ubica la ciudad capital. Además, se encuentra dentro de las cuatro metrópolis mexicanas que representan el 30% de la población urbana del país, junto con la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (CEPAL, 2017).

En total el municipio de Puebla cuenta con 126 Áreas de Geoestadística Básica **urbanas** (AGEBs urbanas) que son delimitadas a partir del número de manzanas pertenecientes a una colonia. La delimitación del territorio estudiado abarca dos colonias: Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos, se caracterizan por ser zonas de uso mixto, incluyendo uso comercial y uso habitacional mayoritariamente. Las dos colonias concentran 9,351 habitantes, lo que representa el 0.5% del total de población municipal de Puebla. Cada una corresponde a un número de AGEB (Área Geoestadística Básica) dentro del sistema de información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

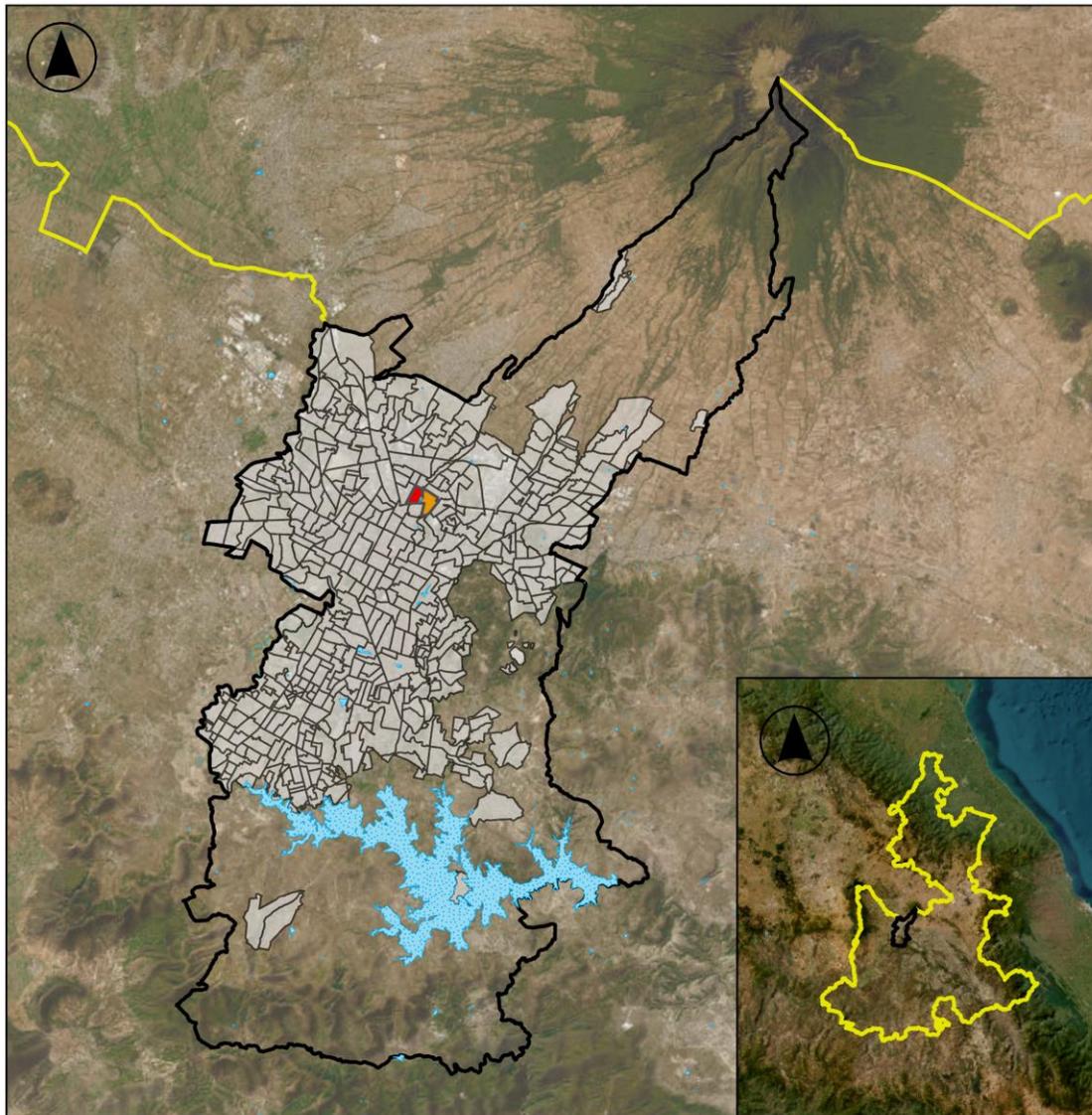
Con relación a lo anterior el área de estudio se jerarquiza territorialmente a partir del territorio de la Entidad Federativa, el municipio y las AGEB urbanas, como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Jerarquía territorial del área de estudio.

Jerarquía territorial de mayor a menor	NOMBRE	POBLACIÓN TOTAL censo 2021
Entidad Federativa	Puebla (21)	6, 583, 278
Municipio	Puebla (114)	1, 692, 181
AGEB urbana	Cuauhtémoc (3510)	4, 516
AGEB urbana	Adolfo López Mateos (353A)	4, 835

Se elaboró un mapa en donde se representa la delimitación de las escalas mencionadas anteriormente con la finalidad de observar la ubicación de las colonias Cuauhtémoc y Adolfo

López Mateos con respecto a la distribución de la mancha urbana en todo el municipio. Se puede apreciar que ambas están cerca del centro de las zonas urbanas.

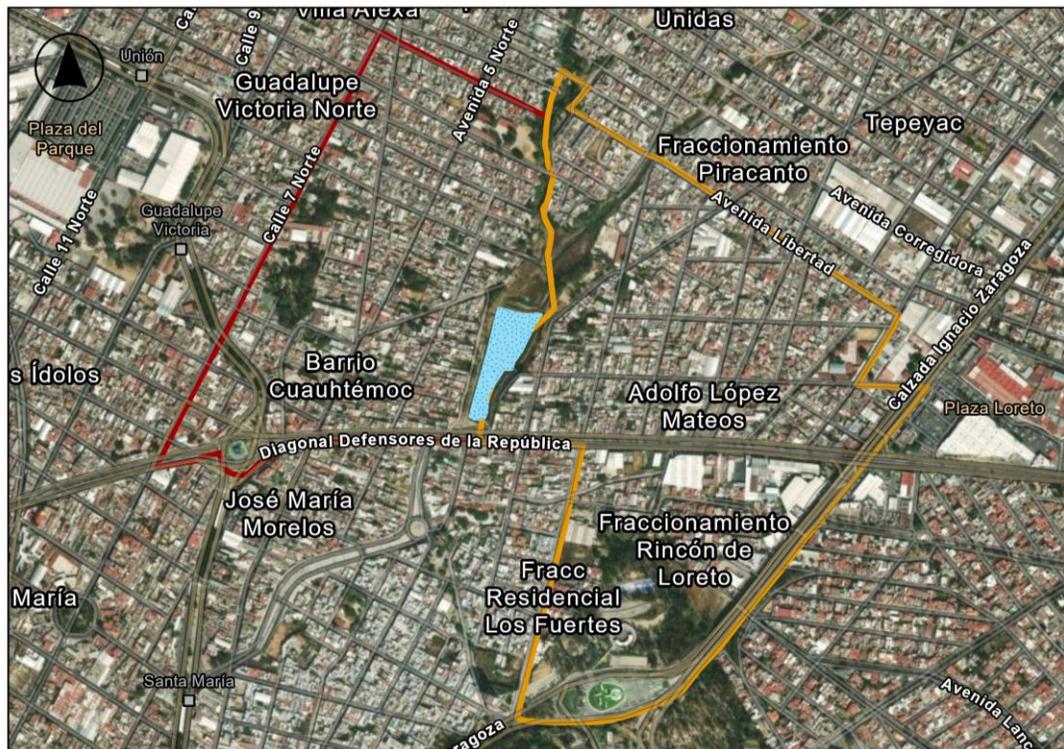


SIMBOLOGÍA

- | | | |
|--|--|--|
|  AGEB corresponsiente a la Col. Adolfo López Mateos |  Delimitación de AGEBs urbanas |  Delimitación del Estado de Puebla |
|  AGEB correspondiente a la Col. Cuauhtémoc |  Delimitación del municipio de Puebla |  Cuerpos de agua |

Ilustración 2. Ubicación de la zona de estudio por jerarquía de escalas: estatal, municipal y AGEB. Elaboración propia con base en información cartográfica del INEGI (2020).

Territorialmente, ambas colonias se encuentran divididas por el vaso regulador Puente Negro. El vaso regulador es una depresión del terreno que contiene la corriente de agua del río San Francisco que, se compone del agua pluvial y de deshielo proveniente del volcán La Malinche. La corriente de agua se direcciona hacia la red hidráulica del proyecto de entubamiento del río San Francisco. Se muestra a continuación un acercamiento con vista satelital a las colonias estudiadas:



SIMBOLOGÍA

-  Vaso regulador Puente Negro
-  Colonia Adolfo López Mateos
-  Colonia Cuauhtémoc

Ilustración 3. Acercamiento a las colonias estudiadas. Elaboración propia.

Se presentan algunas fotografías del contexto urbano de la zona, en donde se observa el vaso regulador con respecto a las viviendas e inmuebles de ambas colonias. Además, se visualiza la diferencia de alturas en el terreno y a grandes rasgos la morfología de las construcciones.



Ilustración 4. Fotografía en campo, junio 2022.



Ilustración 5. Fotografía en campo, junio 2022.



Ilustración 6. Fotografía en campo, junio 2022.

Con respecto a los servicios básicos, ambas colonias cuentan con agua potable, drenaje, alcantarillado, alumbrado público y la mayoría de las vialidades se encuentran pavimentadas, con excepción de las calles que se encuentran a un costado del vaso regulador. Uno de los costados no cuenta con suficiente espacio para establecer una vialidad, por lo que existe una banqueta improvisada.

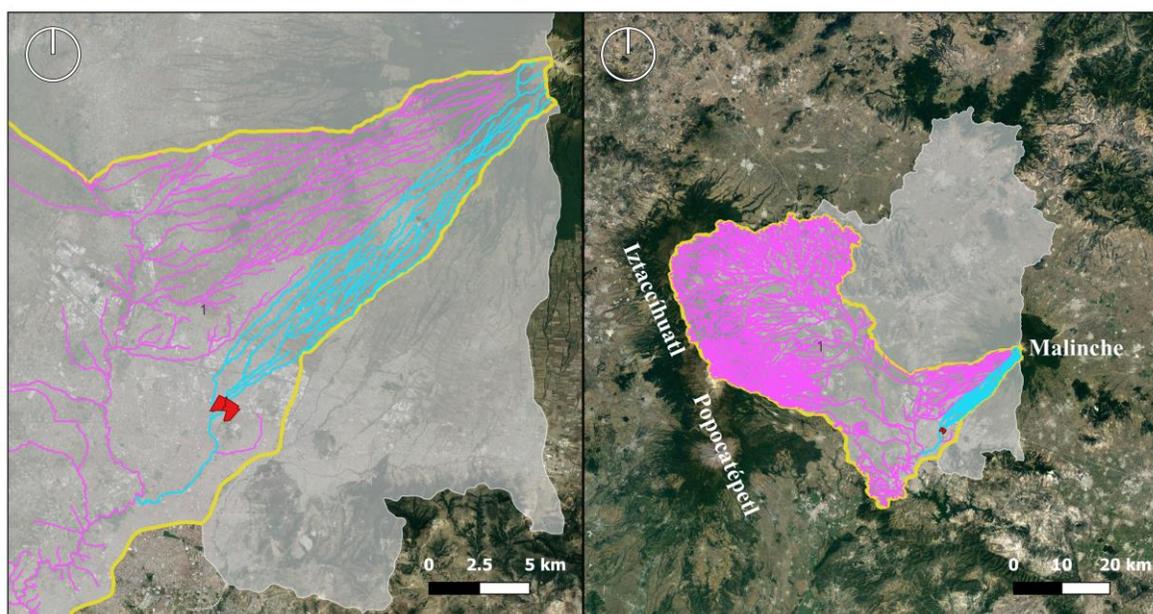
De acuerdo con el censo de población y vivienda del año 2020 del INEGI, el total de viviendas particulares habitadas (VPH) de ambas colonias es de 2601., las cuales cuentan con las siguientes características:

Tabla 5. Características de viviendas particulares habitadas. INEGI (2020).

	Cantidad	%
Total de viviendas particulares habitadas (VPH)	2601	100%
VPH con piso de tierra	81	3.11%
VPH que no disponen de agua entubada	4	0.15%
VPH que no disponen de excusado	8	0.31%
VPH que no disponen de drenaje	8	0.31%
VPH que disponen de automóvil o camioneta	879	33.79%
VPH que utilizan bicicleta como medio de transporte	416	15.99%
VPH sin tecnologías de la información y de la comunicación	10	0.38%
VPH sin ningún bien	4	0.15%

Delimitación hidrológica

Por las características orográficas de donde se encuentra la Ciudad de Puebla, forma parte de la Cuenca Alto Atoyac, que se delimita por los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Malinche. La superficie total de la cuenca está conformada por 70 municipios en total, de los cuales, 48 pertenecen al Estado de Tlaxcala, y 22 al Estado de Puebla.



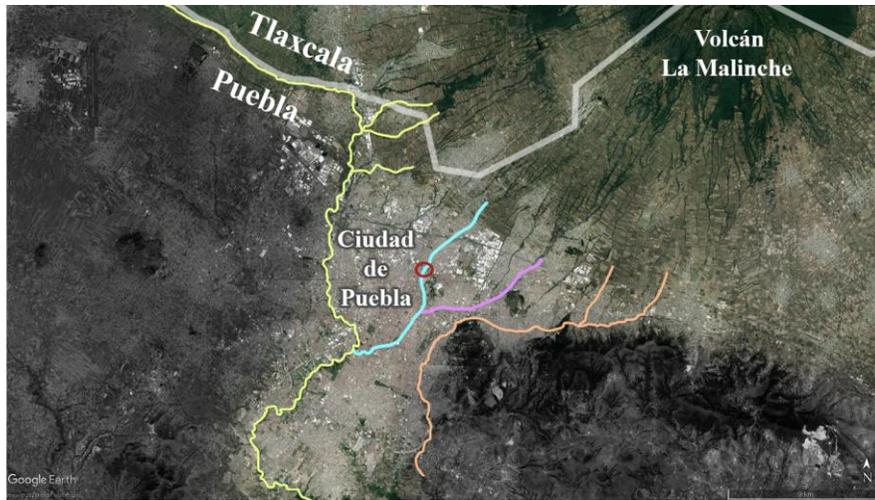
SIMBOLOGÍA

- AGEBS urbanas estudiadas
- Segmento que conforma el río San Francisco
- Red hidrológica subcuenca del Alto Atoyac
- Subcuenca del Alto Atoyac
- Cuenca del Alto Atoyac

Fuente: Elaboración propia con base en información cartográfica del INEGI.

Ilustración 7. Cuenca del Alto Atoyac y Subcuenca para el municipio de Puebla.

Debido a lo anterior, los escurrimientos del terreno alimentan los ríos en los que se encuentra inmersa la ciudad de Puebla, el río Atoyac, el río Alseseca, el río Zahuapan, el río San Francisco y el arroyo de Xonaca. El río San Francisco como se mencionó anteriormente proviene de la precipitación, así como del deshielo del volcán la Malinche, que se ubica al noreste de la ciudad, colindando con el Estado de Tlaxcala.

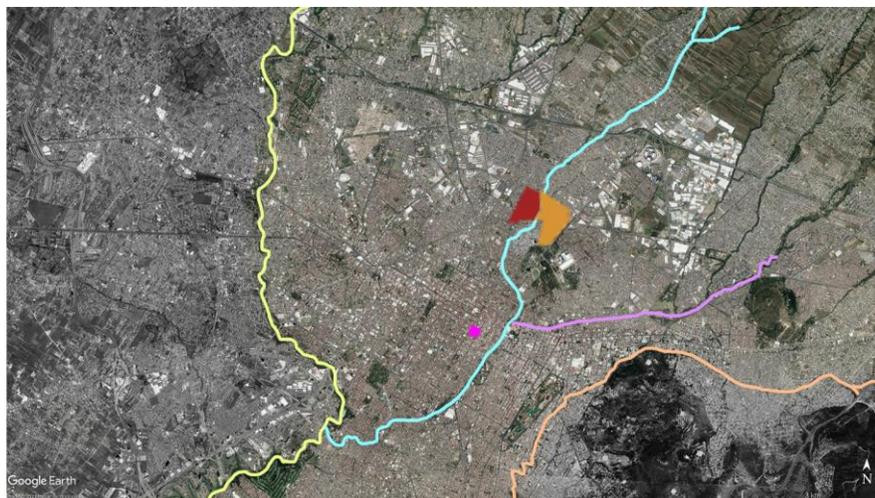


● Río Atoyac. ● Río San Francisco. ● Río Alseseca. ● Arroyo de Xonaca.

Fuente: elaboración propia con material de Google Earth Pro.

Ilustración 8. Ubicación de los ríos urbanos de Puebla y la zona de estudio encerrada en un círculo rojo.

Enseguida se presenta un acercamiento con vista aérea de las zonas urbanas de la ciudad de Puebla, en donde se ubicaron los ríos mencionados y sus recorridos. Como referencia se encuentra el zócalo de la ciudad, representado con un pequeño recuadro fucsia.



● Río Atoyac. ● Río San Francisco. ● Río Alseseca. ● Arroyo de Xonaca.

Fuente: elaboración propia con material de Google Earth Pro.

Ilustración 9. Acercamiento a los ríos urbanos de Puebla y la ubicación de las colonias estudiadas.

3.2 Antecedentes históricos: Río San Francisco fuente de vida

A lo largo de la historia, los asentamientos humanos se establecieron al pie de ríos., en la Baja Mesopotamia los ríos Nilo, Éufrates y Tigris, en El Cairo el río Nilo, en París el río Sena., en Londres el río Támesis, en Viena el río Danubio, entre otras. Lo anterior debido a que, el abastecimiento de agua dulce es primordial para la subsistencia humana, principalmente para su consumo, seguido de los diferentes usos que se le otorgan en sectores agrícolas o industriales para la producción de insumos necesarios para la población.

Los ríos son referentes simbólicos y recursos para la reproducción social, ellos son vías de comunicación, de transporte de personas, de bienes materiales y culturales, así como fuentes de conflictos y desastres (Oliveira, 2021). Son elementos dinámicos que son transformados históricamente por las sociedades que interactúan con ellos. Del mismo modo, la ciudad de Puebla de los Ángeles –nombre de la época virreinal- se fundó en el año de 1531 en la ribera del río San Francisco para aprovechar las benévolas condiciones naturales que le permitieron alcanzar un óptimo desarrollo económico y una vocación industrial (Cortés, 2021).



Ilustración 10. Plano de la Muy Noble y Leal Ciudad de Los Ángeles de Miguel Alcalá y Mendiola 1717. Propiedad de la biblioteca de la universidad de Berkley California, USA. Fuente: Consejo Ciudadano del Centro Histórico de Puebla.

El río San Francisco era un río pedregoso y de aguas cristalinas cuyo cauce, en cualquier punto de su trayecto, no significaba un problema para la movilidad de la población., sin

embargo, durante los meses de mayo a octubre –la época de lluvia-, la fuerza de la corriente y los niveles del cauce se convertían en una amenaza para los habitantes cercanos (Oliveira, 2021). Dentro de las principales afectaciones estaban las inundaciones a inmuebles, interrupción de la producción industrial –principalmente textil-, pérdida de sembradíos, muerte de animales de trabajo, además de la imposibilidad de circular en los barrios y el centro de la ciudad.

Con relación al incremento de población y la expansión de la mancha urbana, surgieron nuevas necesidades socioespaciales, que se atendieron sin tomar en cuenta el equilibrio ecológico del río San Francisco. La lógica del capital y el *boom* del periodo industrial, condicionaron al río como principal sistema de drenaje, en donde se vertían las aguas negras, tanto domésticas como industriales, mientras que, los desbordamientos e inundaciones continuaban, convirtiéndose en un elemento natural en deterioro con malos olores y aspecto.

Por lo tanto, el gobierno municipal decidió entubar el río. En el año 1963, el entonces presidente municipal, Carlos Vergara Soto, inauguró el comienzo de los trabajos de la obra del entubamiento del río San Francisco. Uno de los principales motivos del proyecto fue que se veía al río en época de lluvia, como un obstáculo para el desarrollo y progreso de la capital (Oliveira, 2021).



Ilustración 10. Proceso de entubamiento del río San Francisco. Fuente: Archivo histórico de Puebla.

Los trabajos de construcción culminaron en el año de 1973, con la inauguración de la fuente de la China Poblana, en el actual cruce entre Diagonal Defensores de la República y el boulevard Héroes del 5 de mayo.

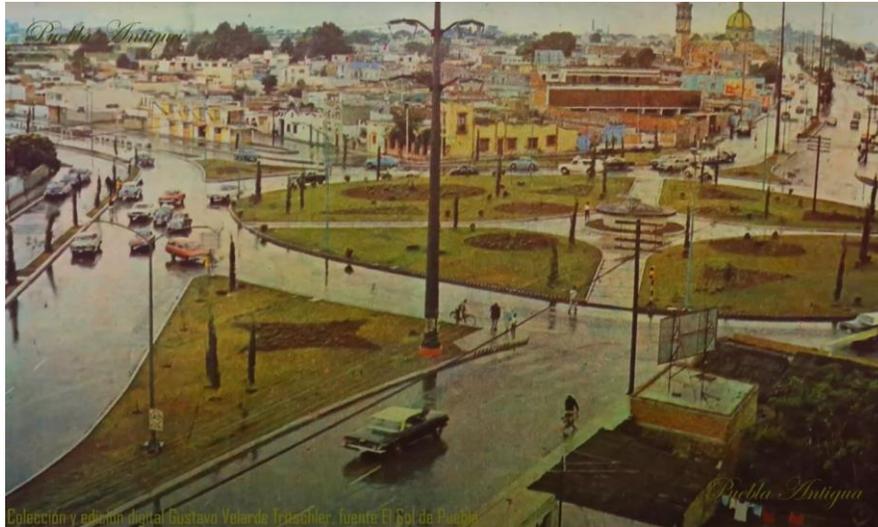


Ilustración 11. Cruce de la fuente de la China Poblana. Fuente: Puebla Antigua página oficial.

3.3 Construcción social del riesgo en el área de estudio

El crecimiento poblacional exponencial que muestran las ciudades de países en desarrollo ha representado mayor dificultad para la planificación urbana, Puebla no es la excepción. Las necesidades de la población, sumadas a los intereses políticos y económicos de algunos actores han transformado el territorio sin tomar en cuenta el medio ambiente, de modo que, han confundido la urbanización con desarrollo, y el desarrollo con bienestar.

Al no respetar las dinámicas naturales del medio ambiente, el ciclo hidrológico, configurar el territorio con una visión limitada de los pros y contras, se crean condiciones que exponen a la población a situaciones de riesgo de desastres. Puesto que, al ocupar espacios originalmente destinados a la absorción, flujo y almacenamiento de agua pluvial, en este caso el cauce del río San Francisco, aumentan las probabilidades que en situaciones de lluvias intensas resulten afectaciones por desastres ocurridos.

En virtud de lo señalado, el factor de vulnerabilidad que figura con mayor peso ante el peligro de inundación es la manera en la que se planeó el ordenamiento territorial en Puebla a través de los años., puesto que, los criterios ecológicos pertinentes para establecer un equilibrio entre el entorno natural y urbano no se consideraron. Los procesos biológicos que se llevan a cabo a nivel de cuenca hidrográfica fueron alterados gradualmente con la pérdida de vegetación, el establecimiento de infraestructura, los cambios de uso de suelo, además del aumento de las zonas de monocultivo que anteriormente eran ecosistemas funcionales.

Así es como, paulatinamente, se establecen las características del entorno y de la población que lo habita, que convierte a la sociedad en propensa a sufrir daños cuando una amenaza se presenta, sin darse cuenta de que, las circunstancias dadas la orillaron a exponerse a la ocurrencia de un desastre. Lucatello & Garza (2016) comparten un fragmento de una carta compartida entre importantes pensadores del siglo XVIII que dice:

“Sin apartarme del asunto de Lisboa, admita usted por ejemplo que la Naturaleza no construye veinte mil edificaciones de seis o siete pisos y que si los habitantes de esa gran ciudad (de Lisboa) hubieran estado más equitativamente distribuidos y menos hacinados los daños hubieran sido mucho menores y quizás, insignificantes”

Carta de Rousseau a Voltaire fechada el 18 de agosto de 1756 hablando acerca del primer desastre “moderno”, el terremoto de Lisboa ocurrido el 1° de noviembre de 1755.

Proceso de urbanización

El proceso de urbanización de la zona de estudio forma parte de la construcción social del riesgo, puesto que, no existían asentamientos urbanos formales en el lugar sino hasta los años 50's. La construcción de la Estación Nueva del ferrocarril en 1954, que sustituyó a las estaciones anteriores, ofreció un servicio especializado para el transporte de carga, la cual, se ubicó como remate de la calle 11 Norte, detonando la transformación de la entonces periferia de la ciudad (Varela, 2018).

La principal actividad industrial de Puebla era la rama textil y fue de gran importancia en el crecimiento urbano de la ciudad. Sin embargo, de acuerdo con Patrice Mele (1994), a partir de 1960 el desarrollo industrial ya no se basaría en el sector textil, sino principalmente en la situación de Puebla entre el puerto de Veracruz y la ciudad de México -primer mercado del país-.

La conjunción de múltiples elementos de infraestructura como el ferrocarril, gasoducto, línea de alta tensión y carretera a México en el espacio comprendido entre San Martín Texmelucan y Puebla, resultó decisiva para la nueva implantación industrial desde el año 1962, fecha de apertura de la autopista México-Puebla (Mele, 1994). Las principales tres empresas fueron:

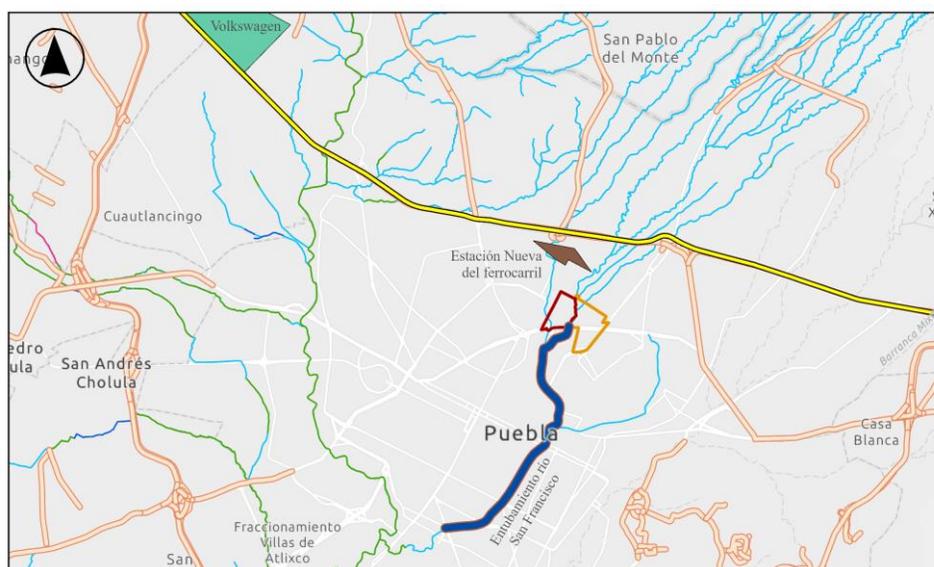
- En 1962 PEMEX creó una planta de metanol en San Martín Texmelucan, empleando a 360 personas.
- En 1965 Volkswagen se implantó en el municipio de Cuautlancingo y empleó a 16,000 personas.
- El 1967 HYLSA estableció una planta siderúrgica que ofreció empleo a 1,600 personas (p.85).

El elevado número de empleos generados por grandes y medianas industrias, además de la Nueva estación de Ferrocarril en operación, fue motivo suficiente para que las necesidades espaciales modificaran el entorno de la zona norte de la ciudad. La población comenzó a asentarse en predios cercanos, sin el conocimiento de las implicaciones a largo plazo en materia de riesgo y seguridad.

Del mismo modo, el proyecto de entubamiento del río San Francisco se llevó a cabo en el año 1963, casi a la par con la creación de la planta de PEMEX. El tipo de infraestructura que se utilizó fue con un rotundo rechazo a la naturaleza, lo que ocasionó la discontinuidad del cauce natural del río con la implementación de tuberías de concreto. La filtración y evaporación del agua se interrumpió en todo el recorrido de la tubería, al mismo tiempo, se establecieron conexiones de aguas residuales directamente en el río entubado.

El principal motivo de la obra de carácter municipal fue ponerle fin a las inundaciones que se presentaban en los barrios del centro histórico de la ciudad por desbordamientos del río., sin embargo, los problemas de inundaciones continúan, aunque con mayor intensidad donde el río se encuentra aún expuesto, es decir, antes y después del recorrido del entubamiento, las colonias más afectadas han sido, en la parte norte, la colonia Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos, y en la parte sur, la colonia Mayorazgo.

En el siguiente mapa se representó en color azul oscuro el recorrido del entubamiento del río que se cubrió con encarpetao asfáltico, con la finalidad de establecer una de las vialidades principales de la ciudad, el Boulevard Héroes del 5 de mayo. Mientras que, en azul claro se observan los dos segmentos del río expuesto, del lado norte y del lado sur. Del mismo modo, se ubicaron los detonantes de crecimiento urbano anteriormente mencionados.



SIMBOLOGÍA

Autopista México-Puebla	Colonia Cuauhtémoc	CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA	FLUJO VIRTUAL
Carreteras	Colonia Adolfo López Mateos	EN OPERACION	INTERMITENTE
			PERENNE

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía del INEGI (2020)

Ilustración 12. Trazo del entubamiento del río San Francisco, ubicación de detonantes del crecimiento urbano.

El crecimiento de la mancha urbana que se ha presentado desde la década de los años 80 del siglo pasado en la Microcuenca Puente Negro, ha derivado en la invasión de las riberas los afluentes del Río San Francisco, causando con ello el

desplazamiento de su cauce, lo que representa un riesgo potencial a la población residente ante posibles inundaciones (IMPLAN, 2020).

Por otro lado, no sólo se impulsan escenarios de riesgo con la urbanización sin planeación adecuada, sino que también se pone en riesgo la disponibilidad de recursos naturales necesarios para vivir. Debido a la disminución de zonas de absorción y cobertura vegetal, las posibilidades de renovación del agua disminuyen, vislumbrando temporadas de sequía, que provocarán un desabasto a escalas municipales, impactando tanto para el uso consuntivo y otros procesos de producción de bienes o servicios.

Se puede decir que, **decisiones de actores empresariales, respaldados, y en algunos casos, subsidiados por el gobierno municipal, además de la construcción de grandes obras públicas, impulsaron el crecimiento urbano hacia esta zona**, incluyendo asentamientos cercanos a las barrancas.

3.4 Inundaciones históricas en la microcuenca Puente Negro

El riesgo latente de sufrir una inundación ha sido una constante en la ciudad de Puebla. Sin embargo, determinadas zonas son más propensas a que ocurran debido a las características territoriales, urbanas y, sobre todo, por el comportamiento de las redes hidrológicas, es decir de las escorrentías fluviales y corrientes de agua en los ríos existentes.

Otro punto importante que impulsa la ocurrencia de desastres por inundación es la cercanía en la que se encuentran los asentamientos urbanos a zonas inundables. En la zona de Puente Negro la ocupación de los cauces por construcciones pone de manifiesto el peligro de inundación cuando las lluvias intensas aparecen.

La acumulación de agua pluvial en las colonias Adolfo López Mateos y Cuauhtémoc se debe a que, en la microcuenca Puente Negro la red fluvial desemboca al Sur en el vaso regulador. De acuerdo con el diagnóstico de la microcuenca Puente Negro del Instituto Municipal de Planeación de Puebla (IMPLAN, 2020), la microcuenca abarca 75 asentamientos humanos, de los cuales 53 son localidades urbanas y 24 localidades rurales. La superficie es de 3,782.3 ha, de las cuales 89% corresponden al municipio de Puebla, mientras que, el 11% al municipio de San Pablo del Monte del Estado de Tlaxcala.

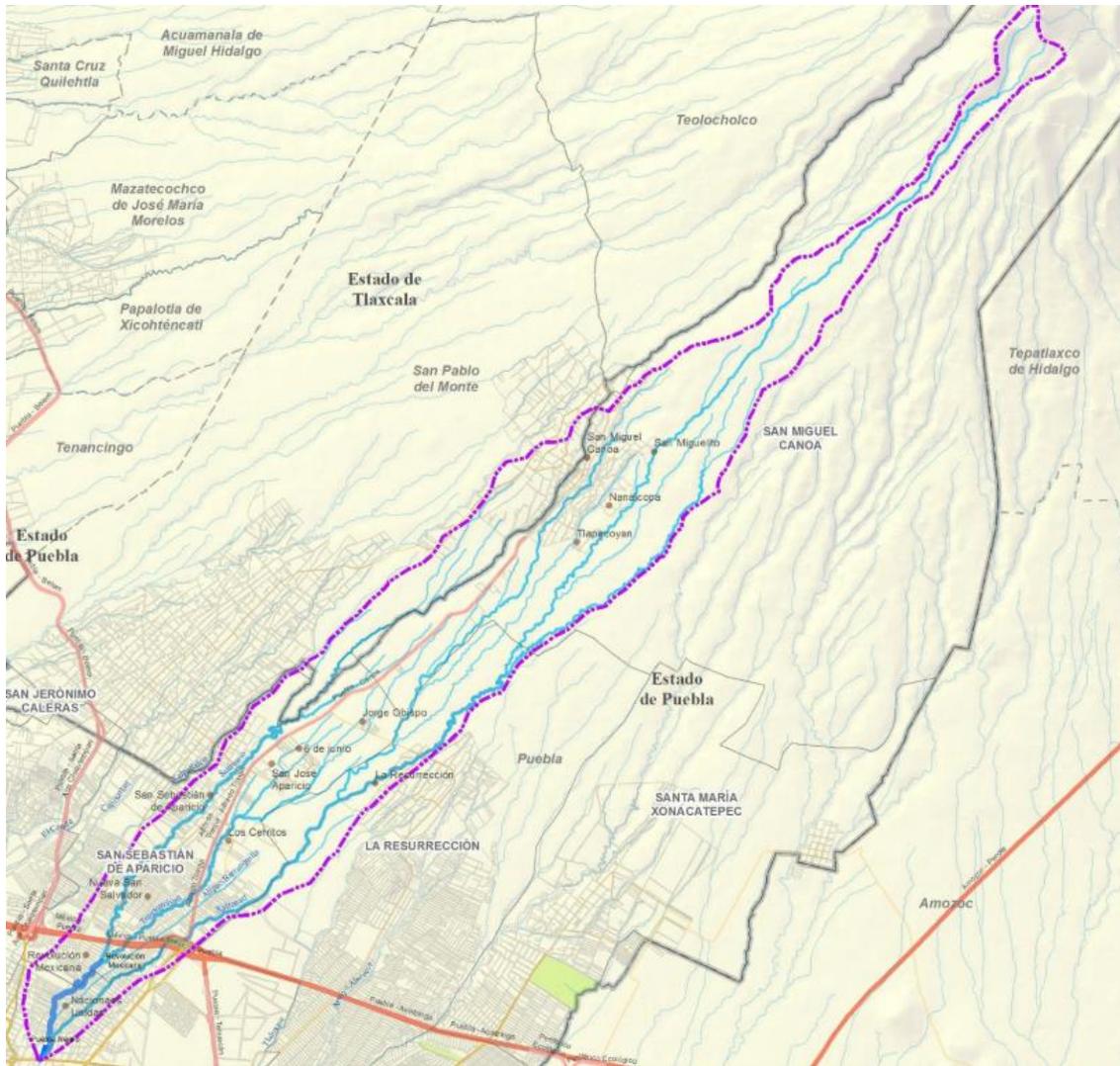


Ilustración 13. Microcuenca Puente Negro. Fuente: Diagnóstico de la Microcuenca Puente Negro, Puebla, México (IMPLAN, 2020).

Tabla 6. Inundaciones históricas en la zona.

Inundaciones históricas	
2006	De acuerdo con el Atlas de Riesgos del municipio de Puebla, se presentaron inundaciones en la zona de Puente Negro en estos dos años.
2007	
2012	Desborde del vaso regulador Puente Negro ocasionado por lluvias intensas. Afectó a 109 habitantes de la Col. Cuauhtémoc y 195 de la Col. Adolfo López Mateos.

2014	Desborde del vaso regulador por la obstrucción de la tubería con desechos urbanos y la intensidad de las lluvias. Afectó las colonias, Moctezuma, Guerrero, Cuauhtémoc, además de la Diagonal Defensores de la República y el carril del metro bus.
------	---

Fuente: Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Puebla, Gobierno Municipal del H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla, Diario Excélsior, citados en (IMPLAN, 2020).

De acuerdo con el Geógrafo británico y Coordinador del Programa Desastres Flacso, Allan Lavell (2002):

Aun cuando el riesgo siempre se sufre y se dimensiona en unidades sociales y territoriales micro, sus orígenes rebasan los límites territoriales de la unidad espacial afectada en la que un desastre finalmente se concreta (p.141).

El riesgo de desastre que sufren segmentos poblaciones ubicados en un área particular puede resultar en el entramado histórico-urbano, cuyos orígenes surgen en zonas diferentes al territorio afectado. Del mismo modo, el riesgo es el resultado de procesos y la presencia de actores sociales, cuyo origen, en lugar de delimitarse en un determinado territorio, se amplifica y vincula con una variedad de procesos globales, internacionales, además de locales (Lavell, 2002).

En relación con lo anterior, la problemática del caso del vaso regulador Puente Negro comienza a una escala de Subcuenca (Alto Atoyac) y recae a una escala de microcuenca (Puente Negro), donde las condiciones del entorno natural, en relación con la evolución de los asentamientos urbanos dentro del área, potencian la ocurrencia de desastres en colonias específicas, como ocurre en las colonias estudiadas.

En adelante, se muestran algunas imágenes recopiladas del periódico La Jornada de Oriente de la última situación de desbordamiento e inundación severa presentada en el año 2014 durante el mes de junio. Cabe destacar que la temporada de lluvias del Estado de Puebla oscila entre los meses de junio a octubre, según el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).



Ilustración 14. Desbordamiento del vaso regulador Punte Negro 2014. Fuente: Periódico La Jornada de Oriente.

3.5 Características demográficas del área de estudio

Población total y dinámica poblacional

Para la obtención de la siguiente información demográfica se acudió a la base de datos de censos poblacionales del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI) de los años 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020.

En primer lugar, se presentan los datos a nivel municipal de Puebla y el incremento constante que se ha vivido desde el año 1980. Aunque el porcentaje de aumento entre censos poblacionales es menor, no se ha observado en algún momento una disminución de habitantes en el municipio.

Tabla 8. Características de crecimiento poblacional, municipio de Puebla, 1970-2020

	1970	1980	1990	2000	2010	2020
población total	532,744	835,759	1,057,454	1,346,916	1,539,819	1,692,181
incremento		303,015	221,695	289,462	192,903	152,362
incremento porcentual		56.88%	26.53%	27.37%	14.32%	9.89%
% de cambio		36.26%	20.96%	21.49%	12.53%	9.00%
tasa de crecimiento		4.61%	2.38%	2.45%	1.35%	0.95%
veces		1.569	1.265	1.274	1.143	1.099

Fuente: Censos de Población y Vivienda obtenidos de INEGI, años 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020 por AGEB.

En contraste, el comportamiento de las AGEB urbanas estudiadas es opuesto a lo que ocurre a escala municipal. La cantidad de población en promedio de ambas colonias disminuyó 5.81% en el periodo de 2010 a 2020. Las causas de este decremento se desconocen, sin

embargo, este dato funciona como un preámbulo del comportamiento demográfico en la zona.

Tabla 7. Comparativa de crecimiento poblacional 2010-2020 por AGEB

COMPARATIVA CRECIMIENTO DE POBLACIÓN POR AGEB 2010-2020						
AGEB urbana	2010	2020	Incremento	% cambio	Tasa Crec. (%)	Veces
3510 (Col. Cuauhtémoc)	4821	4516	-305	-6.75%	-0.65%	0.937
353A (Col. Adolfo López Mateos)	5108	4836	-273	-5.65%	-0.55%	0.947
total	9929	9352	-578	-12.40%	-1.20%	1.883

Fuente: Censos de Población y Vivienda obtenidos de INEGI, años 2010 y 2020 por AGEB.

De acuerdo con el censo poblacional del año 2020, ambas colonias están conformadas por un total de 9,352 habitantes, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

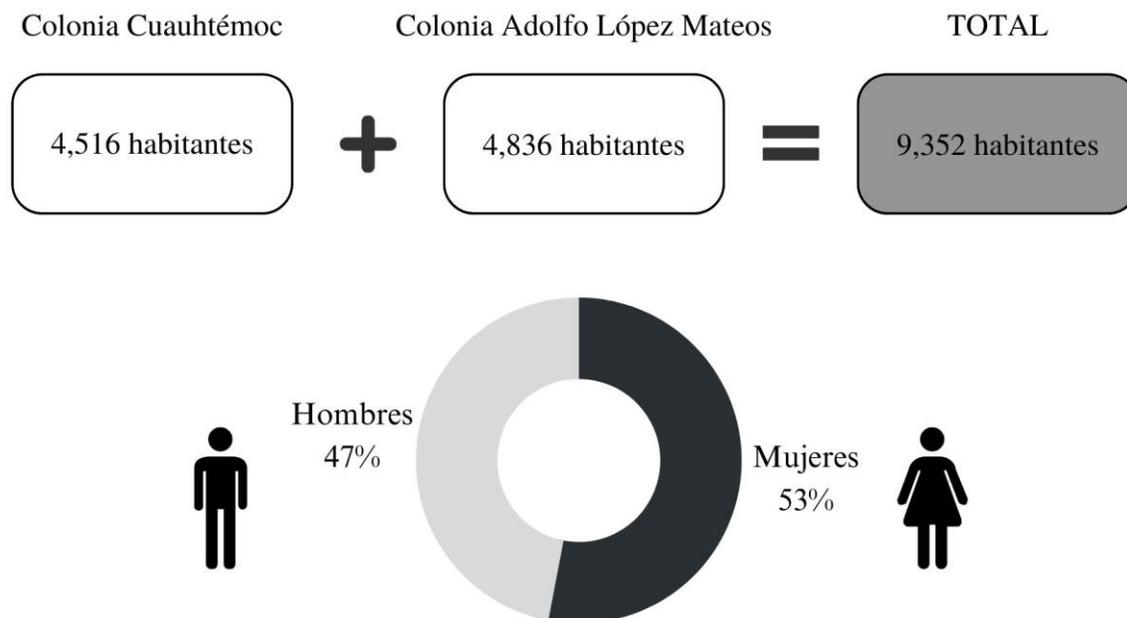


Ilustración 15. Porcentajes de población por género.

4. ANÁLISIS DE CASO PUENTE NEGRO Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN BASADAS EN LA NATURALEZA

4.1 Proyecto de trabajo de gabinete

4.1.1 Condiciones del entorno impulsoras del Riesgo

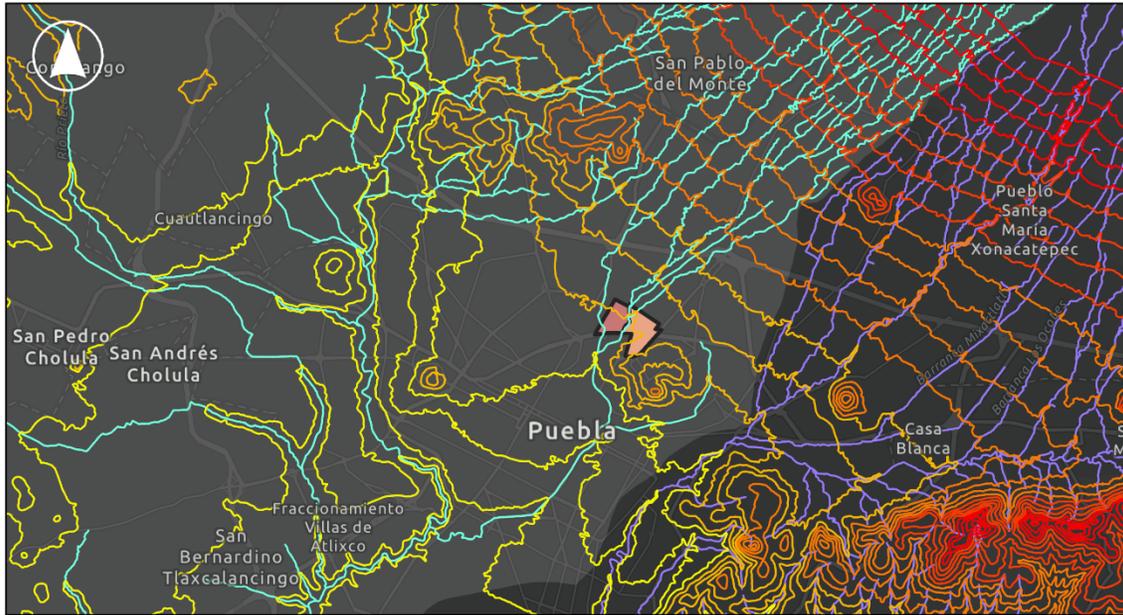
Elevación del terreno y escorrentías

La vulnerabilidad además de estar constituida por factores sociales, económicos, culturales, políticos e institucionales, consolidados a través de periodos de tiempo determinados, también involucra el concepto de exposición. Del mismo modo, el grado de exposición está directamente relacionado con las condiciones del entorno, debido a que, en el momento de presentarse una amenaza la ubicación de las personas y su patrimonio es un aspecto crucial.

Son precisamente la vulnerabilidad y la exposición los ingredientes del binomio que expresa fehacientemente los procesos de construcción social del riesgo que se deben atender con la finalidad de disminuir el riesgo de desastres (Alcántara et al., 2019).

Por lo anterior expuesto, se buscó información cartográfica que brindara una visión a mayor escala de las características físicas del entorno. En el mapa se visualizan las curvas de nivel que corresponden a la altitud del terreno con respecto al nivel del mar y la ubicación del área de estudio. El criterio de representación es una gradiente de color, siendo el rojo la elevación mayor y el amarillo la menor. Así mismo, se observa que los niveles descienden de la Malinche hacia el valle de Puebla.

El mapeo se complementó los flujos de la red hidrológica a la que corresponde la mayor parte del municipio, incluida las colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos. Los escurrimientos de agua pluvial descienden de las zonas montañosas hacia las zonas urbanas, en primera instancia en la zona norte de la ciudad.



SIMBOLOGÍA

CURVAS DE NIVEL	— 2221 - 2300	— Red hidrográfica RH18Ad	■ Colonia Adolfo López Mateos
Elevación en metros	— 2301 - 2380	■ Subcuenca RH18Ad	■ Colonia Cuauhtémoc
— 2080 - 2160	— 2381 - 2500	— Red hidrográfica RH18Aj	
— 2161 - 2220			

Fuente: Elaboración propia con base en información de la carta topográfica E14B43 (2020), la red hidrográfica RH18Ad (2010), la red hidrográfica RH18Aj (2010) y cartografía del SCINCE (2020).

Ilustración 16. Mapa de curvas de nivel y redes hidrológicas.



Fuente: Elaboración propia con base en información de la carta topográfica E14B43 (2020), la red hidrográfica RH18Ad (2010), y cartografía del SCINCE (2020).

Ilustración 17. Acercamiento a elevaciones del terreno y condición de red hidrológica en el área de estudio.

En el acercamiento se observa que gran parte de las manzanas de la colonia Cuauhtémoc, y algunas de la colonia Adolfo López Mateos **se encuentran en un nivel más bajo con relación al resto de manzanas**. Siendo una característica física del entono que impulsa el riesgo de acumulación de agua e inundación por lluvias intensas. La diferencia de elevación entre cada curva de nivel es de 20m. La zona más baja del municipio de Puebla es de 2080m, mientras que la más alta es de 2500m, que se ubica en la parte más alta de Malinche.

Adicionalmente, se indicó la condición en la que se encuentran las ramificaciones de la red hidrológica, teniendo cuatro opciones: en operación, flujo virtual, intermitente y perenne. **Los arroyos provenientes de la Malinche están catalogados con flujo intermitente**, y continúan a lo largo del Boulevard Héroes del 5 de mayo, es decir, sobre el encarpetao asfáltico del proyecto de entubamiento, ya que las corrientes de agua al aire libre son aguas arriba del vaso regulador Puente Negro.

Tipos de suelo

Es pertinente conocer los tipos de suelo por los que está conformada el área de estudio debido a que, las características del terreno son consideradas para cualquier proyecto de intervención. Las estrategias más adecuadas dependen del espacio, ubicación y características del suelo con las que se cuentan.

A continuación se exponen los 3 tipos de suelo que presenta la zona de la microcuenca Puente Negro de acuerdo con el Instituto Municipal de Planeación de Puebla (2020):

Los suelos en la microcuenca Puente Negro son mayoritariamente someros y jóvenes. El 93.1% de la superficie está ocupada por Regosoles, los cuales se caracteriza por apenas tener horizontes superficiales identificables, **textura gruesa, escasa materia orgánica y estructura poco consolidada**, por lo que su fertilidad es baja; estos suelos se extienden desde la zona urbana consolidada, en la parte baja de la microcuenca, y hasta las laderas altas de La Malinche (p.65).

Los suelos de tipo Fluvisol apenas ocupan el 3% de la superficie de la microcuenca y se localizan en las inmediaciones de la actual Colonia 16 de septiembre

Norte. Se caracterizan por su origen fluvial, es decir, como efecto de la formación de corrientes de agua superficial, ya que se constituyen de materiales de arrastres de las partes altas de las cuencas, tienen horizontes plenamente identificables, textura media y porcentajes considerables de materia orgánica, por lo que su fertilidad es alta, sin embargo, actualmente están ocupados por espacios urbanos consolidados (p.66).

Los suelos de tipo Litosol cubren el 2.5% de la superficie de la microcuenca, se limitan a las barrancas altas de La Malinche, y se caracterizan por carecer de horizontes identificables, pero con el afloramiento de rocas y abundancia de gravas, con casi nula presencia de arcillas y escasa de materia orgánica, por lo que su fertilidad es muy limitada, siendo los suelos de mayor aptitud forestal. De igual forma, en apenas el **1.4% de la microcuenca y en la zona más baja, se identifican suelos de tipo Cambisol, particularmente en las colonias 16 de septiembre Norte y Cuauhtémoc**. Son suelos caracterizados por tener un horizonte intermedio con marcada acumulación de arcillas, de textura media y fina, es decir con presencia de arcillas y arenas, de textura consolidada y un buen porcentaje de materia orgánica, por lo que **su fertilidad es aceptable, sin embargo, actualmente están completamente urbanizados** (p.66).

Con la información anterior se tiene un preámbulo de lo que podemos encontrar en el terreno previo a intervenir. Sin embargo, en el proceso de planeación para la construcción de estrategias de mitigación, sobre todo a grandes escalas, es importante realizar estudios de mecánica de suelos para asegurar el correcto funcionamiento de la implementación. Mientras que, en casos donde la escala de aplicación sea más pequeña, es decir a nivel de vivienda o predios particulares, se puede prescindir de esta información.

Índices y escenarios de riesgo en el municipio y en la zona de estudio a nivel manzana

En el Atlas Nacional de Riesgos se presenta información diversa sobre índices de riesgo a nivel municipal y de manzana. Para el caso del vaso regulador Puente Negro, los índices que presentan información relacionada al problema son: índice de riesgo por inundaciones pluviales e índice de riesgo por inundaciones fluviales.

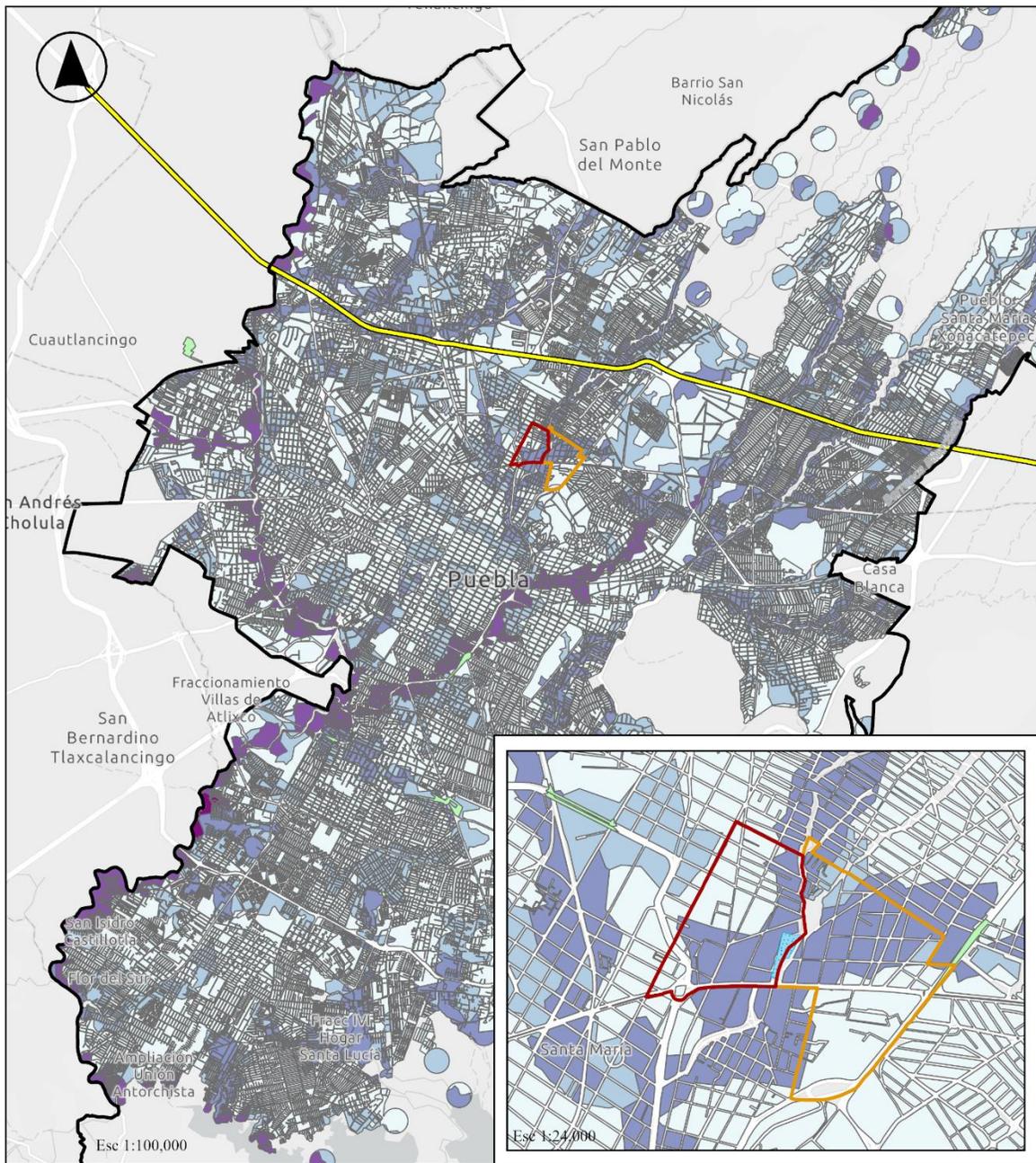
El procedimiento que se lleva a cabo para calcular ambos índices es distinto, sin embargo, ambos están vinculados con eventos hidrometeorológicos. A continuación, se especifica cómo se lleva a cabo la determinación de los índices mencionados:

*En el caso del índice de riesgo por **inundaciones fluviales**, se determina a partir del análisis de flujos superficiales en **una dimensión**, estableciéndose la variación de velocidades y estatus de los cauces naturales -ya sea perenne o intermitente-, dentro de la cuenca de interés (CENAPRED, 2016).*

Mientras que, para el caso del índice de riesgo por **inundaciones pluviales**:

*Se evalúa el riesgo a partir del análisis de flujos superficiales en **dos dimensiones** que son consecuencia de una lluvia distribuida espacial y temporalmente dentro de una cuenca de interés., se calcula la variación en el tiempo de las profundidades y velocidades del escurrimiento sobre un terreno definido a partir de un modelo digital de elevaciones, y con este nivel de inundación asociado a un periodo de retorno, se estiman los daños sobre los bienes expuestos (CENAPRED, 2016, p.54).*

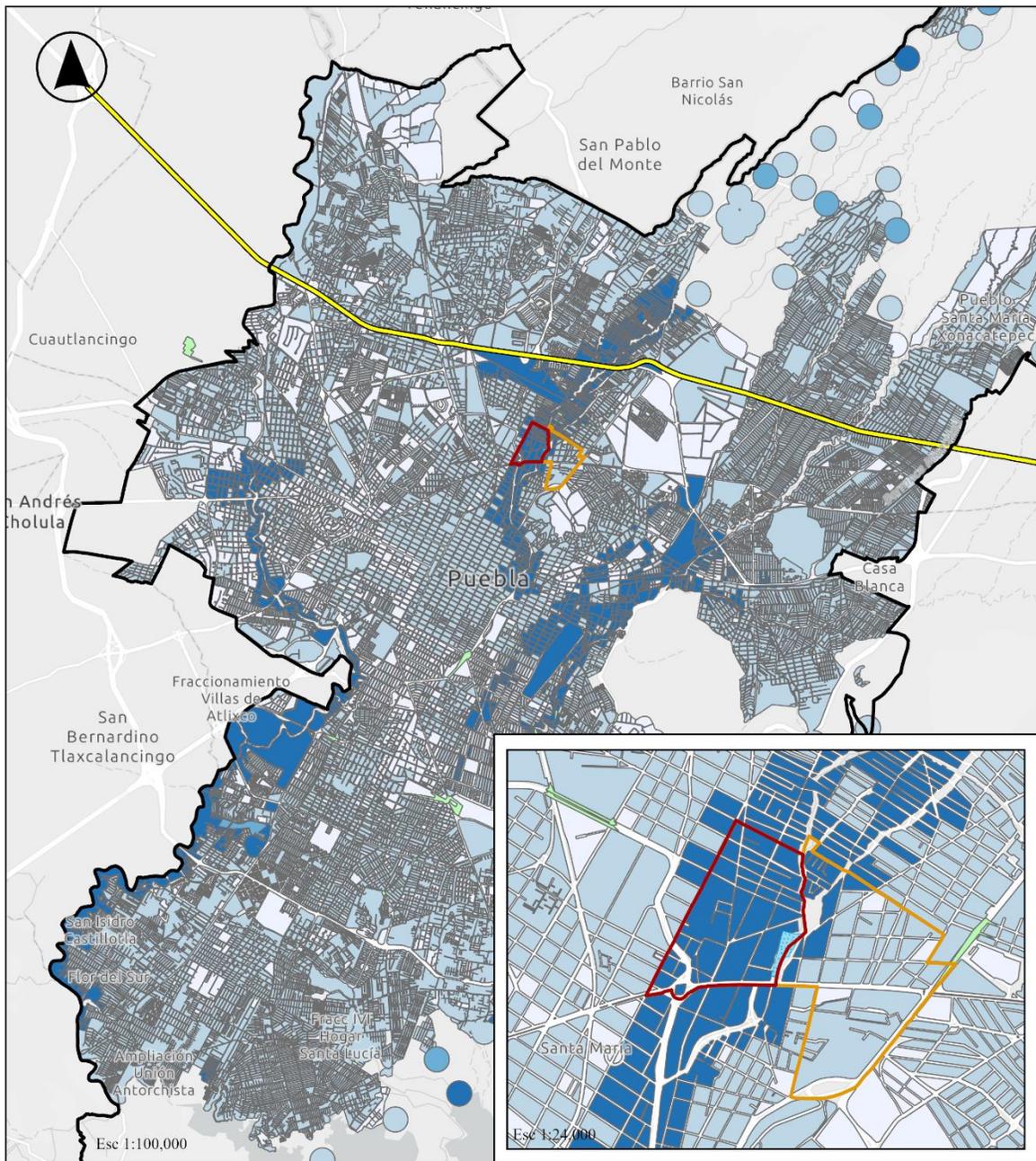
En relación con lo anterior, los datos obtenidos son presentados con ayuda de sistemas de información geográfica, donde se puede visualizar los niveles de riesgo por inundación en el municipio. Por lo que, se realizó un mapeo de la información en dos escalas: municipal y por manzana.



SIMBOLOGÍA

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Municipio de Puebla | Zonas de inundación. Secretaría de Protección Civil | 2 |
| Autopista México-Puebla | Índice de riesgo por inundaciones pluviales. Atlas de Riesgos | 3 |
| Colonia Cuauhtémoc | INTENSIDAD | 4 |
| Colonia Adolfo López Mateos | 1 | 5 |
| Vaso regulador Puente Negro | | |

Ilustración 18. Mapa del índice de riesgo por inundaciones pluviales a escala municipal y manzana. Fuente: Elaboración propia con información de la cartografía del Atlas Nacional de Riesgos (2017).



SIMBOLOGÍA

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Municipio de Puebla | Zonas de inundación. Secretaría de Protección Civil | 2 |
| Autopista México-Puebla | Índice de riesgo por inundaciones fluviales. Atlas de Riesgos | 3 |
| Colonia Cuauhtémoc | INTENSIDAD | 4 |
| Colonia Adolfo López Mateos | 1 | |
| Vaso regulador Puente Negro | | |

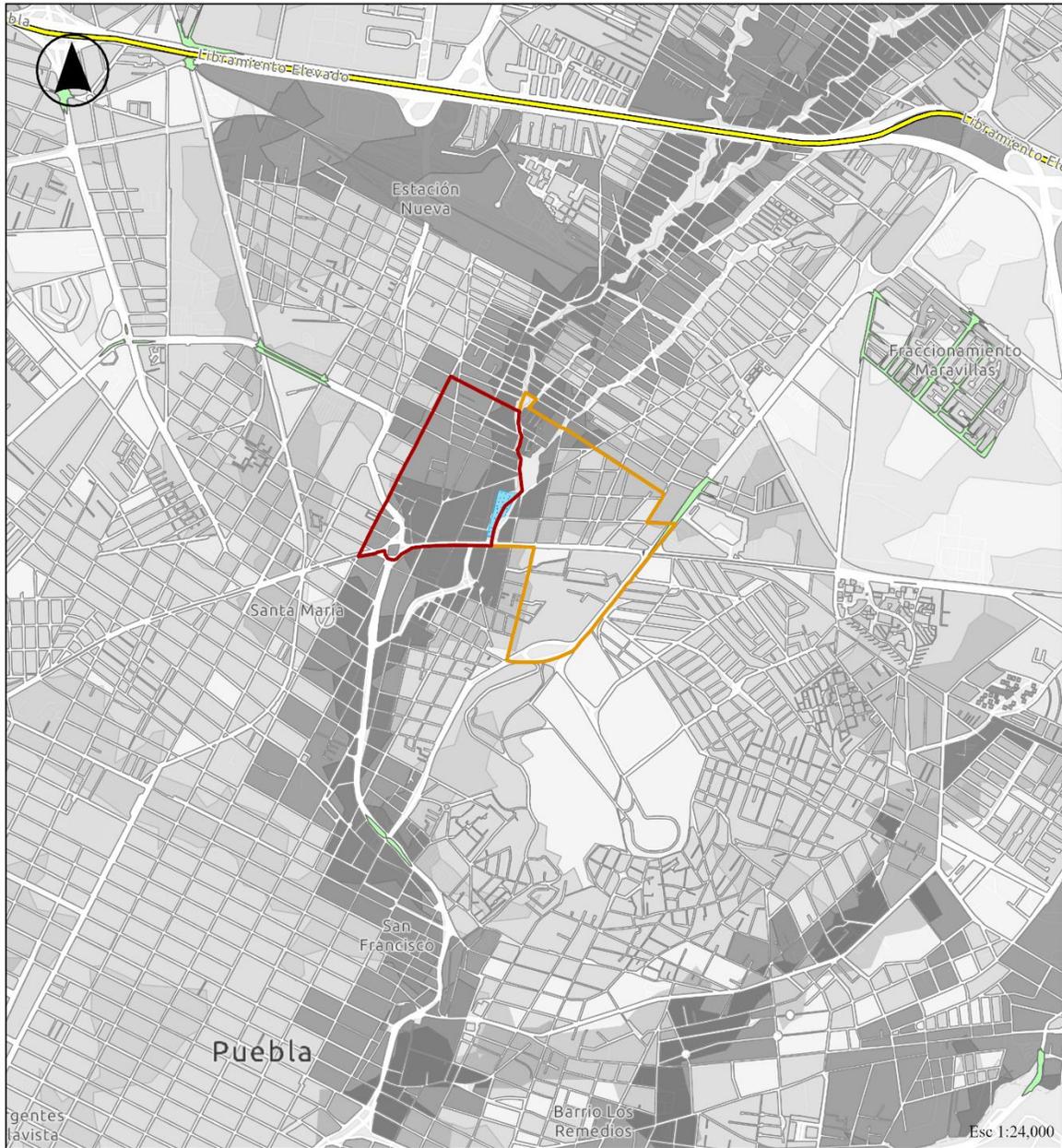
Ilustración 19. Mapa del índice de riesgo por inundaciones fluviales a escala municipal y manzana. Fuente: Elaboración propia con información de la cartografía del Atlas Nacional de Riesgos (2017).

La diferencia entre el índice pluvial y fluvial recae en la diferencia del origen del agua. El origen pluvial se restringe únicamente a las corrientes de agua que se derivan de la presencia de lluvias en el territorio, mientras que el fluvial incluye el flujo y ciclo natural de ríos, arroyos, lagos y lagunas dentro de los recorridos de la red hidrológica. En ambos casos los índices fueron aplicados en función de (i) riesgo, (ii) peligro o (iii) amenaza con vulnerabilidad, calculados por el Atlas Nacional de Riesgos.

Adicionalmente, en ambos mapas se incluyó la ubicación de zonas de inundación identificadas por la Secretaría de Protección Civil, información que se encuentra dentro del Atlas Nacional de Riesgos (2017). Con el mapeo de los datos, se pueden hacer las siguientes puntuaciones:

- Existen variaciones de distribución entre ambos casos de riesgo (pluvial y fluvial).
- Sin embargo, algunas manzanas de las colonias estudiadas cuentan con índices elevados de riesgo en ambos casos.
- Las zonas de inundación marcadas por la Secretaría de Protección Civil coinciden a la información del mapa por inundaciones pluviales, mientras que en el caso de riesgo por inundación fluvial no coincide su ubicación, quedando desvinculada la información con la de la cartografía del Atlas Nacional de Riesgos.

También se representó en un mapa el empalme de ambos índices de riesgo, cada uno en una capa (layer) con opacidad del 50% en escala de grises, para poder identificar en cuáles manzanas sobresalen los colores más intensos -indicando una doble intensidad elevada-, el resultado fue el siguiente:



SIMBOLOGÍA

Autopista México-Puebla	Zonas de inundación. Secretaría de Protección Civil	Índice de riesgo por inundaciones fluviales. Atlas de Riesgos	4	3
Colonia Cuauhtémoc		INTENSIDAD	Índice de riesgo por inundaciones pluviales. Atlas de Riesgos	4
Colonia Adolfo López Mateos		1	INTENSIDAD	5
Vaso regulador Puente Negro		2	1	
		3	2	

Ilustración 20. Mapa de empalme de índices de riesgo por inundaciones pluviales y fluviales. Fuente: Elaboración propia con información de la cartografía del Atlas Nacional de Riesgos (2017).

Se cuantificó el número de manzanas con cada nivel de intensidad, para calcular su porcentaje con respecto al total de manzanas.

Tabla 9. Número de manzanas con índice de riesgo por inundaciones pluviales y su porcentaje con respecto al total de manzanas. Fuente: Elaboración propia.

COLONIA	manzanas totales	Índice de riesgo por inundaciones pluviales									
		1	% de mzas totales	2	% de mzas totales	3	% de mzas totales	4	% de mzas totales	5	% de mzas totales
Cuauhtémoc	32	15	46,88%	0	-	17	53,13%	0	-	0	-
Adolfo López Mateos	41	12	29,27%	7	17,07%	22	53,66%	0	-	0	-
ambas	73	27	36,99%	7	9,59%	39	53,42%	0	-	0	-

Tabla 10. Número de manzanas con índice de riesgo por inundaciones fluviales y su porcentaje con respecto al total de manzanas. Fuente: Elaboración propia.

COLONIA	manzanas totales	Índice de riesgo por inundaciones fluviales							
		1	% de mzas totales	2	% de mzas totales	3	% de mzas totales	4	% de mzas totales
Cuauhtémoc	32	0	-	0	-	0	-	32	100,00%
Adolfo López Mateos	41	3	7,32%	28	68,29%	0	-	10	24,39%
ambas	73	3	4,11%	28	38,36%	0	-	42	-

Riesgos a nivel municipal

Por otro lado, no sólo se representan índices en el Atlas Nacional de Riesgos, sino también se identifican datos aislados, por ejemplo: eventos de inundación, susceptibilidad de deslizamiento de laderas, sequías, presencia de industrias con sustancias químicas peligrosas, además de niveles de contaminación del agua.

En el caso particular del municipio de Puebla se observan una serie de características que determinan degradación ambiental alta, representando un impulsor de riesgo que dificultará la seguridad y habitabilidad de la población. En este sentido, las sequías potencialmente traerán estrés hídrico en el municipio, reforzando las desigualdades y marginación de segmentos poblacionales, dificultando el suministro del recurso.

Aunado a lo anterior, la fuerte presión que ejercen las industrias en el desarrollo económico, y el débil sistema de gobernanza impulsan la creación de riesgos químico-biológicos que implican contaminación del suelo, agua y aire. La degradación ambiental convierte el territorio y sus habitantes en susceptibles ante los impactos negativos del deterioro.

Tabla 11. Atlas de Riesgos Resultados a nivel municipal. Fuente: Elaboración propia.

Atlas Nacional de Riesgos - Nivel municipal	
VARIABLE	RESULTADO
Regionalización sísmica	ZONA C- ALTO
Vulnerabilidad de inundación	MEDIA
Eventos de inundación en el municipio al año	13 a 18
Grado de vulnerabilidad por sequía	MUY ALTO

Escenarios de Cambio Climático en el municipio de Puebla

La vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático se ha incrementado debido al crecimiento industrial y urbano del municipio de Puebla, incluyendo el aumento de la contaminación que ha sido una constante desde la década de los 70's (SEMARNAT, 2012). De acuerdo con el Plan de Acción Climática del Municipio (2012) el desarrollo económico de la Zona Metropolitana del Valle de Puebla, se debe a múltiples factores como la inmigración y el aumento poblacional, que han impactado directamente en el medio ambiente. Eventualmente, se han excedido normas oficiales mexicanas en materia de gases de efecto invernadero, partículas suspendidas, etc., lo que ocasiona variaciones en temperatura y precipitación.

El municipio ha experimentado las consecuencias de las anomalías climatológicas en situaciones de sequía, inundaciones, fuertes vientos y elevadas temperaturas. Por lo tanto, se realizó una comparación del promedio de temperatura y precipitación con ayuda del Atlas Climático Digital de México, a manera de visualizar las condiciones climatológicas que se viven actualmente y las que se esperan en un futuro.

El siguiente gráfico presenta la media de los datos en el periodo de 1902-2015:

Años: 1902-2015

TEMPERATURA MEDIA ENERO	TEMPERATURA MEDIA JUNIO	TEMPERATURA MEDIA NOVIEMBRE
14°C	19.1°C	15.5°C
PRECIPITACIÓN MEDIA ENERO	PRECIPITACIÓN MEDIA JUNIO	PRECIPITACIÓN MEDIA NOVIEMBRE
8mm	176mm	11mm



Fuente: Elaboración propia con material del Atlas Climático Digital de México. Cynthia Pamela Núñez López, 2023.

Ilustración 21. Escenarios de temperatura para el municipio de Puebla periodos 2015-2039 y 2075-2099.

Posteriormente se utilizó el modelo HADGEM-2-ES 85 para generar el escenario a futuro de ambos observables climatológicos (temperatura y precipitación). Para lo cual, **se requiere comprender de dónde surge la información y qué es un escenario de cambio climático.**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022):

La construcción de escenarios de cambio climático depende del uso de modelos numéricos, específicamente de un modelo climático. Los modelos climáticos son herramientas numéricas que se basan en ecuaciones matemáticas que tienen como objetivo representar los procesos del sistema climático (p.25).

Dichas ecuaciones capturan la velocidad, la presión, la temperatura y la densidad de los gases en la atmósfera, con lo que se puede traducir la información para un modelo climático global. El modelo HADGEM-2ES, es desarrollado por el Met Office Hadley Center en Reino Unido.

Adicionalmente, los modelos se complementan con los escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCPs), que son conjuntos de proyecciones de las componentes de forzamiento radiativo -basadas en el forzamiento de gases de efecto invernadero y otros agentes de forzamientos-. Proporcionan una descripción plausible del futuro, la cual se basa en datos socioeconómicos, dentro de cuales incluye el crecimiento de la sociedad, su desarrollo y su consumo de energéticos (INECC, 2022).

Los resultados se representan en los siguientes gráficos para observar cuantitativamente los cambios., comenzando con la media municipal del periodo 1902-2015, seguido del periodo 2015-2039, finalizando con el periodo 2075-2099.

ESCENARIOS DE TEMPERATURA PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA PERIODOS 2015-2039 Y 2075-2099



Escenario HADGEM2-ES 85

PERIODO	TEMPERATURA ENERO	TEMPERATURA JUNIO	TEMPERATURA NOVIEMBRE
1902-2015	14°C	19.1°C	15.5°C
2015-2039	14.6°C	19.8°C	18.9°C
2075-2099	18.7C	23.3°C	22.9C

Fuente: Elaboración propia con material del Atlas Climático Digital de México. Cynthia Pamela Núñez López, 2023.

Ilustración 22. Escenarios de temperatura para el municipio de Puebla.

En el mes de enero, el aumento de temperatura entre el primer y el segundo periodo es de 0.6°C, mientras que entre el primer y el tercer periodo incrementa 4.7°C. Las temperaturas en todos los meses tienen a elevarse, lo que implicará que el deshielo que se lleva a cabo en las zonas altas de los volcanes del municipio, ya no se efectuarán, alterando ciclos hidrológicos que desencadenan en sequías y mayor concentración de elementos tóxicos en ríos.

ESCENARIOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA PERIODOS 2015-2039 Y 2075-2099



Escenario HADGEM2-ES 85

PERIODO	PRECIPITACIÓN ENERO	PRECIPITACIÓN JUNIO	PRECIPITACIÓN NOVIEMBRE
1902-2015	8 mm	176 mm	11 mm
2015-2039	19 mm	144 mm	149 mm
2075-2099	6 mm	146 mm	55 mm

Fuente: Elaboración propia con material del Atlas Climático Digital de México. Cynthia Pamela Núñez López, 2023.

Ilustración 23. Escenarios de precipitación para el municipio de Puebla.

En los escenarios de precipitación, se observa que en el periodo de 2015-2039 aumentaron considerablemente los niveles con respecto al periodo anterior., no obstante, para el periodo 2075-2099 disminuyen nuevamente. Se destaca que el mes en el que llueve más es el mes de junio, aunque la época de lluvia para 2075 será mucho más marcada, vislumbrando pocas precipitaciones de noviembre a enero.

El objetivo de trabajar con escenarios no es predecir el futuro, sino comprender mejor las incertidumbres y futuros alternativos, con la finalidad de considerar qué tan sólidas pueden ser las diferentes decisiones u opciones dentro de una amplia gama de futuros posibles (IPCC mencionado por INECC, 2022, p.29)

4.1.2 Vulnerabilidad socioeconómica y por grupo de edad.

Los aspectos socioeconómicos de los habitantes de la zona de estudio, conforman sus propios estilos o modalidades de vida, por lo tanto, la sumatoria de estos, determina los niveles de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un fenómeno natural o antropogénico.

En este caso, se consideraron rangos de edad que, presentan mayor dificultad para reaccionar en una situación de inundación. Los adultos mayores y los niños entre 0 a 5 años generalmente dependen de alguien más para realizar sus actividades, tanto económicamente como en el ámbito de capacidad motriz. Cabe destacar que, se estima que en 2050 casi la cuarta parte la población mexicana (21.5%) será adulta mayor (Calderón, 2022)., lo que representará un grupo poblacional vulnerable ante posibles desastres de origen natural, tecnológicos, o químico-biológicos (como la pandemia mundial por el virus SARS-CoV-2 en el año 2019).

Ahora bien, los integrantes de la familia que son quienes solventan los gastos económicos del hogar, son quienes tendrían que hacer frente a los costos originados por daños o pérdidas por inundación. Entre mayor sea la cantidad de personas sin un empleo, mayor será el obstáculo de recuperación para toda la familia.

La cantidad de población que cumple con determinada característica se representó de dos maneras:

1. En gráficas que determinan el **porcentaje de la población total**.
2. En mapas coropléticos que indican la **cantidad de habitantes por manzana**, en donde los colores más intensos indican mayor número de habitantes con dicha condición.

Adicionalmente, en cada mapa se incluyó el estatus de los segmentos de la red hidrológica que fluye dentro del área estudiada, así como las curvas de nivel del terreno, con **la finalidad de integrar los datos obtenidos en mapas que funcionen para una futura planeación y adopción de planes de emergencia para la población**.

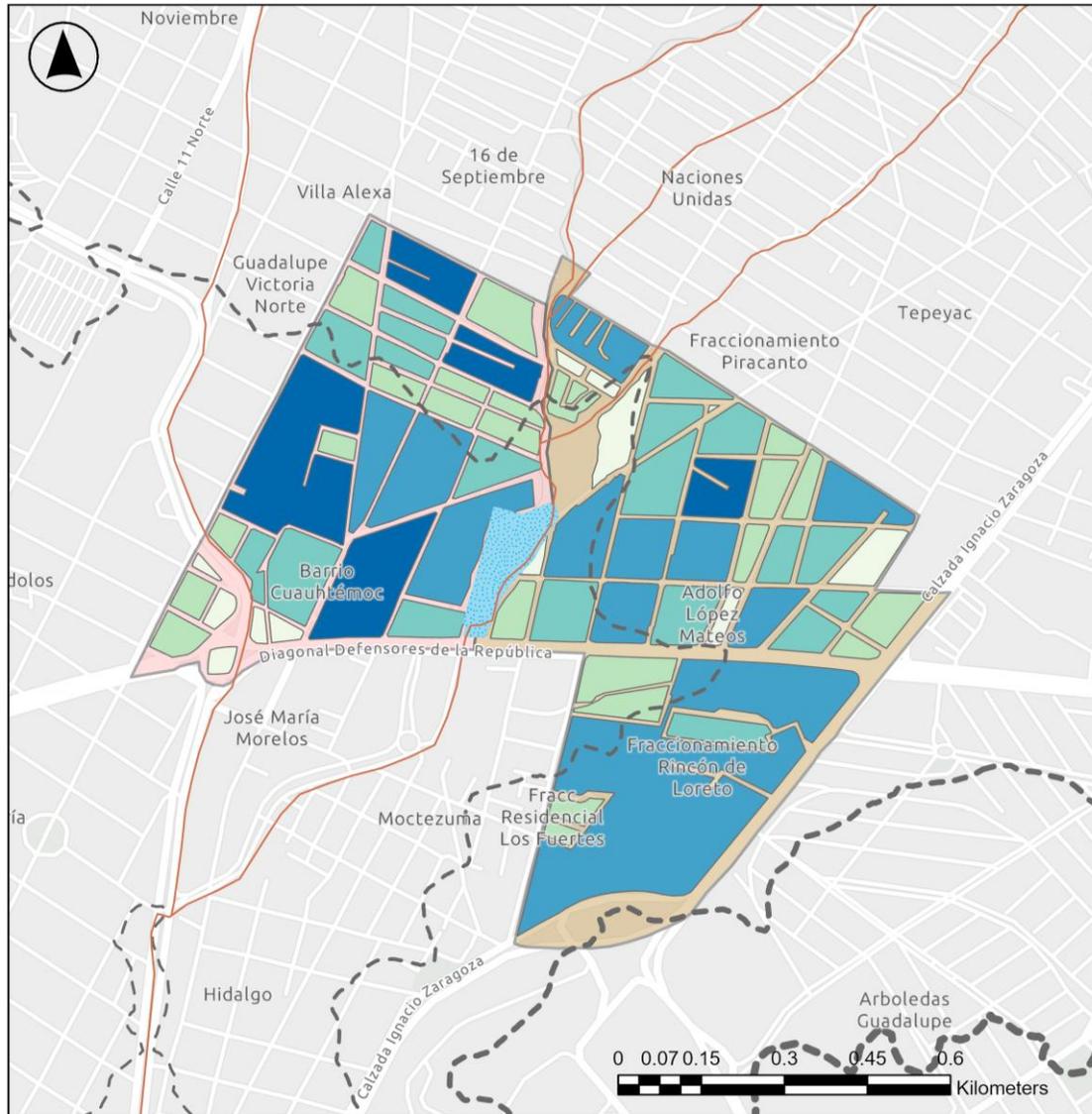


Ilustración 24. Gráficas sobre vulnerabilidad socioeconómica y por grupo de edad

VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA Y
 POR GRUPO DE EDAD /
 Representación de valores por manzana



Población de 60 y más años



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Población de 60 y más años</p> <ul style="list-style-type: none"> □ -8 - 4 □ 5 - 17 □ 18 - 31 □ 32 - 47 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 48 - 73 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	--	---	---

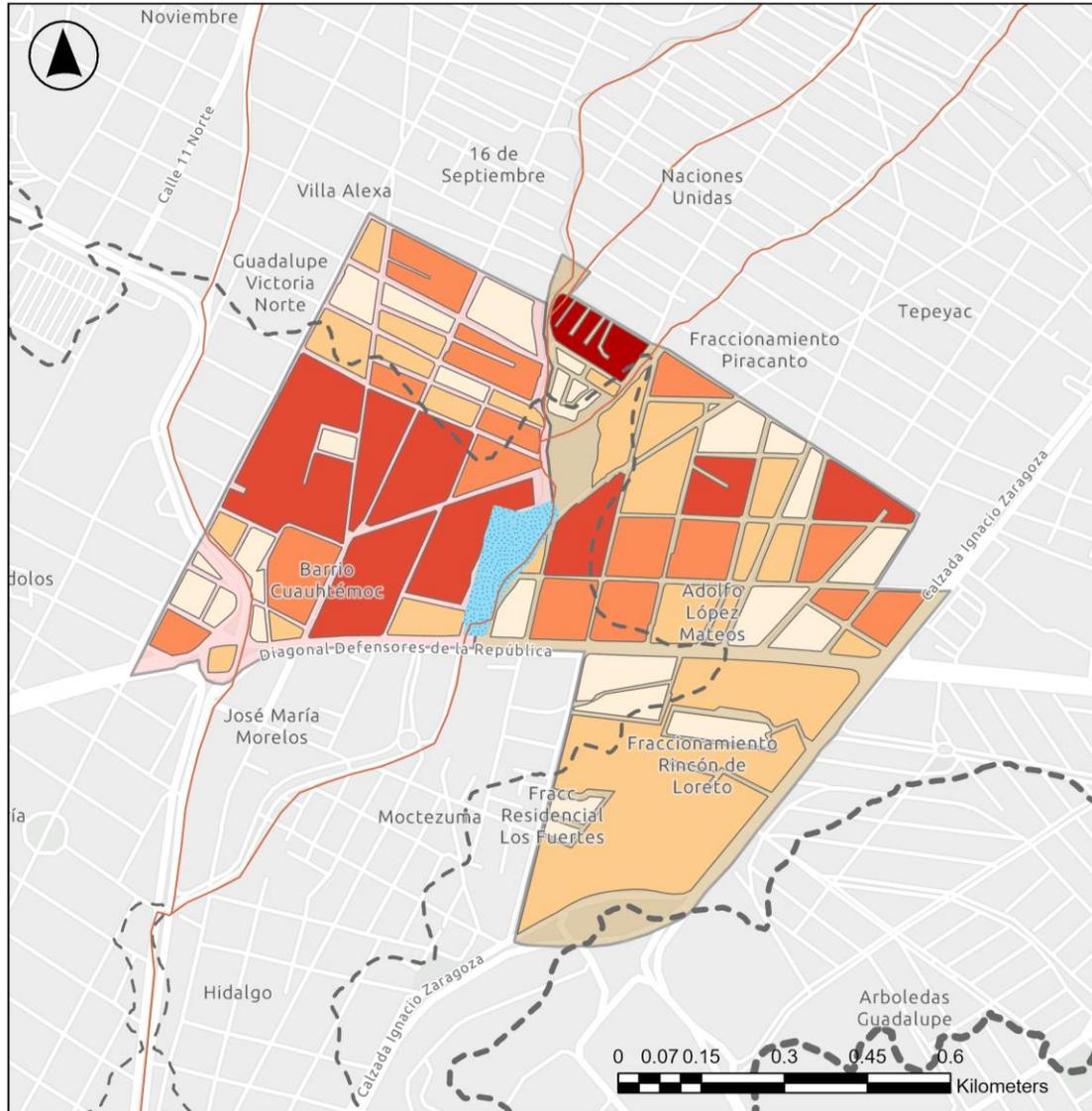
Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 25. Mapa del número de habitantes por manzana de 60 años y más.

VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA Y
 POR GRUPO DE EDAD /
 Representación de valores por manzana



Población de 0 a 5 años



Escala 1:10,000

SIMBOLOGÍA

—•— Elevación 2220 m	Población de 0 a 5 años	■ 24 - 34	CONDICIÓN DE RED
—•— Elevación 2200 m	■ -8 - -6	■ Col. Adolfo López	HIDROGRÁFICA
—•— Elevación 2180 m	■ -5 - 5	■ Col. Cuauhtémoc	— EN OPERACION
—•— Elevación 2160 m	■ 6 - 12	■ Vaso regulador Puente Negro	— FLUJO VIRTUAL
	■ 13 - 23		— INTERMITENTE
			— PERENNE

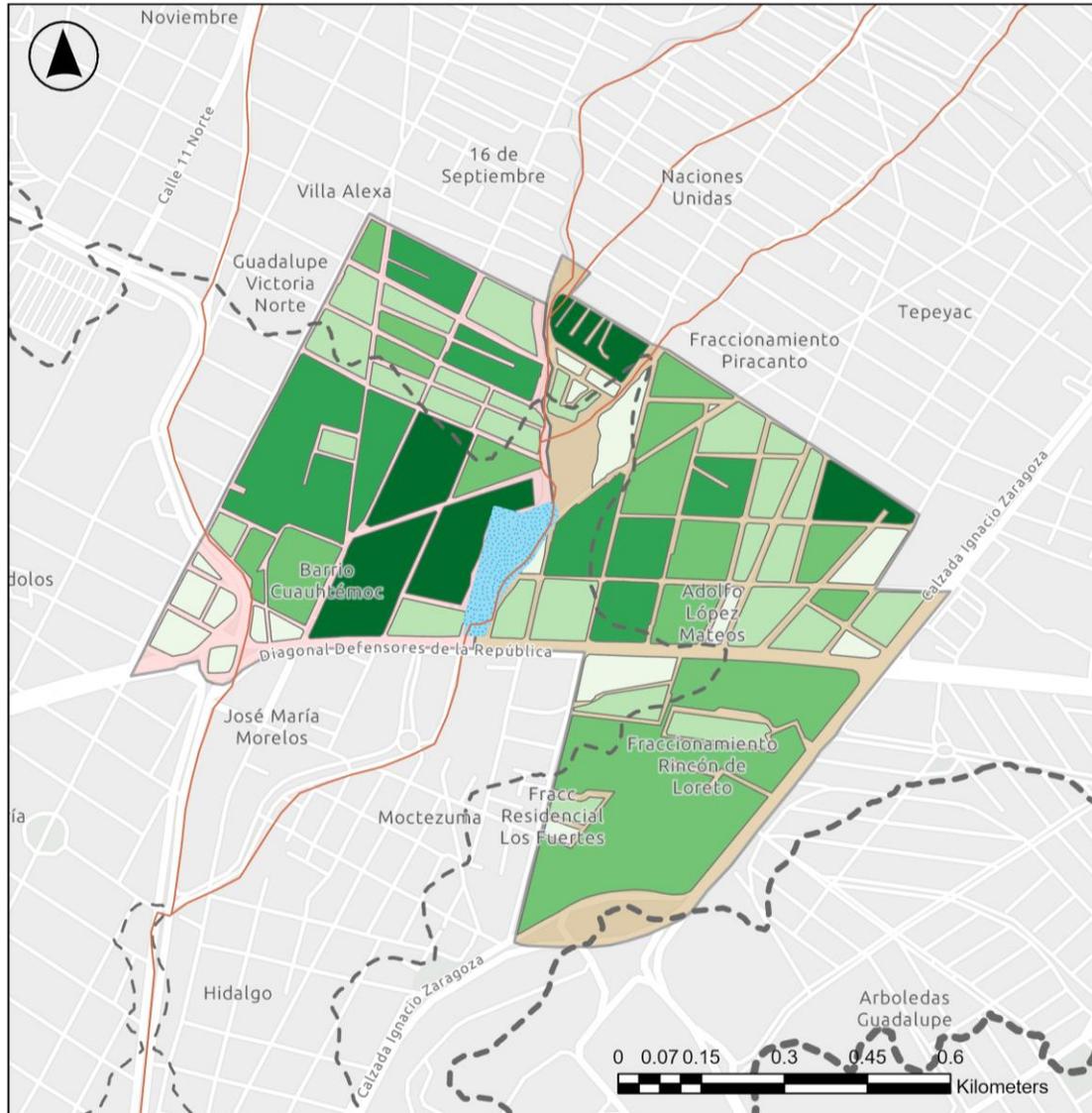
Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 26. Mapa del número de habitantes por manzana de 0 a 5 años.

VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA Y
 POR GRUPO DE EDAD /
 Representación de valores por manzana



Población de 12 años y más económicamente NO activa



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Pob. de 12 años y más económicamente NO activa</p> <ul style="list-style-type: none"> □ -8 - 14 □ 15 - 36 □ 37 - 59 □ 60 - 107 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 108 - 181 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	---	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 27. Mapa del número de habitantes por manzana de 12 años y más económicamente no activa

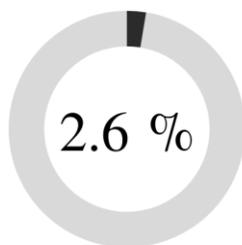
4.1.3 Vulnerabilidad por condición educativa

En cuanto la relevancia del nivel educativo en la población, tenemos que, se encuentra relacionado con la capacidad de conseguir y conservar un empleo que brinde una retribución monetaria para solventar los gastos familiares. Motivo por el cual, se relaciona con el apartado anterior y la población económicamente activa.

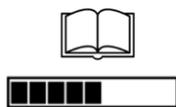
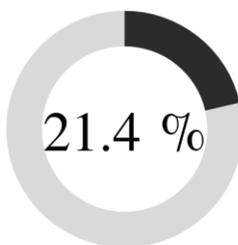
En el mismo sentido se consideró que, las personas que han cursado niveles educativos más altos han desarrollado mayores capacidades de comprensión, acatamiento de reglas, así como pautas de comportamientos sociales indispensables para el funcionamiento de una comunidad. Por tanto, en una situación donde las autoridades municipales de Protección Civil requieran dar instrucciones a los habitantes como sistema de reacción ante una emergencia, aquellas personas con niveles educativos bajos presentarán entorpecimiento para acatar indicaciones., aumentando entonces, la vulnerabilidad.

Se identificaron las siguientes condiciones que representen un rezago educativo:

Población de 15 años y más sin escolaridad



Población de 15 años y más con educación básica incompleta



Población de 25 años y más con al menos un grado aprobado de educación superior

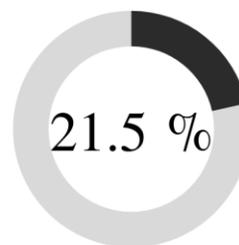
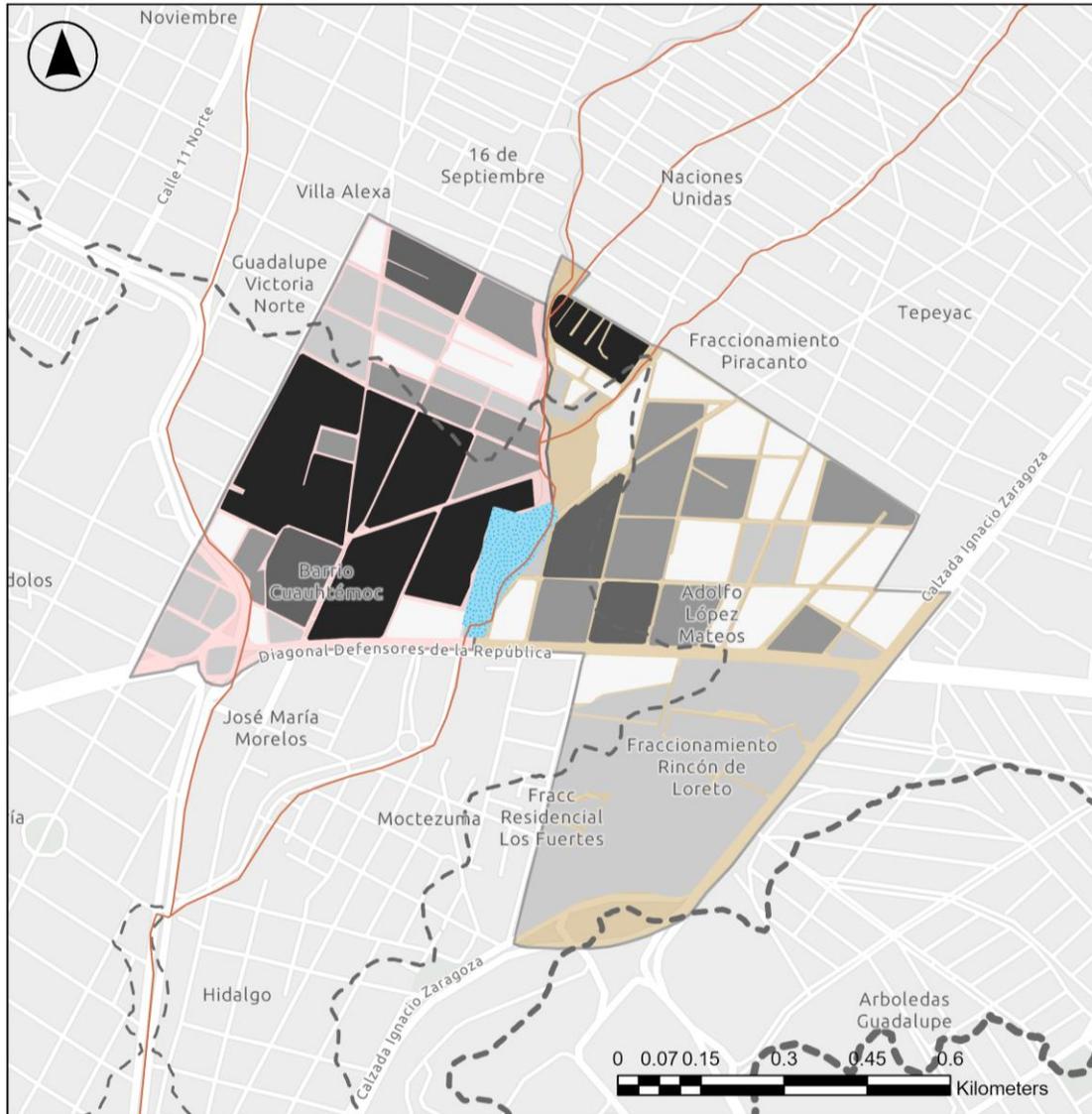


Ilustración 28. Gráficas de vulnerabilidad por condición educativa

VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN EDUCATIVA

Representación de valores por manzana

Población de 15 años y más sin escolaridad



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Pob. de 15 años y más sin escolaridad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 9 - 15 ■ 6 - 8 ■ 1 - 5 ■ -7 - 0 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -8 - -6 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	---	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

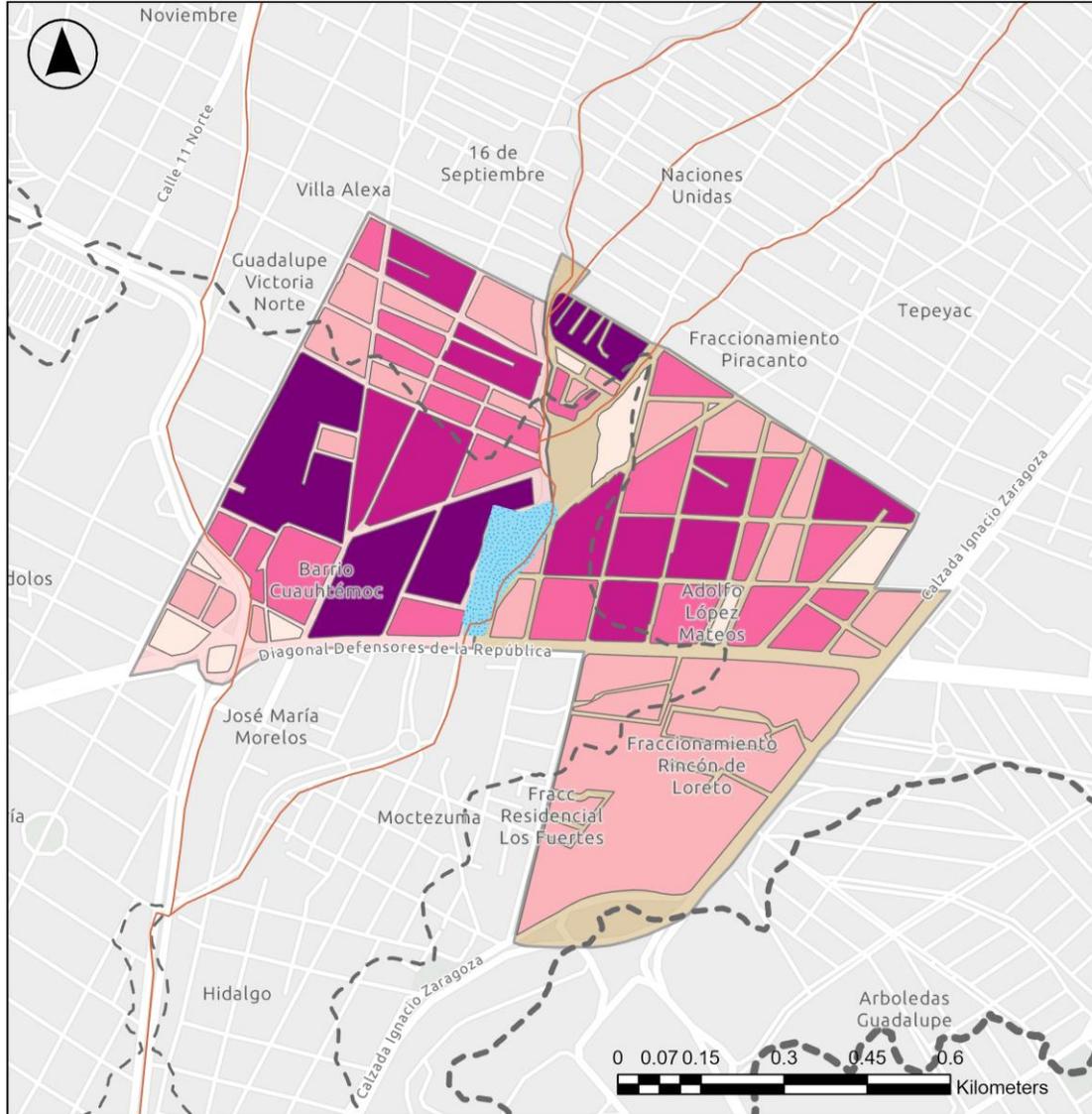
Ilustración 29. Mapa de población de 15 años y más sin escolaridad.

VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN EDUCATIVA

Representación de valores por manzana



Población de 15 años y más con educación básica incompleta



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Pob. de 15 años y más con educación básica incompleta</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 64 - 115 ■ 37 - 63 ■ 16 - 36 ■ 1 - 15 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -8 - 0 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	---	--	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

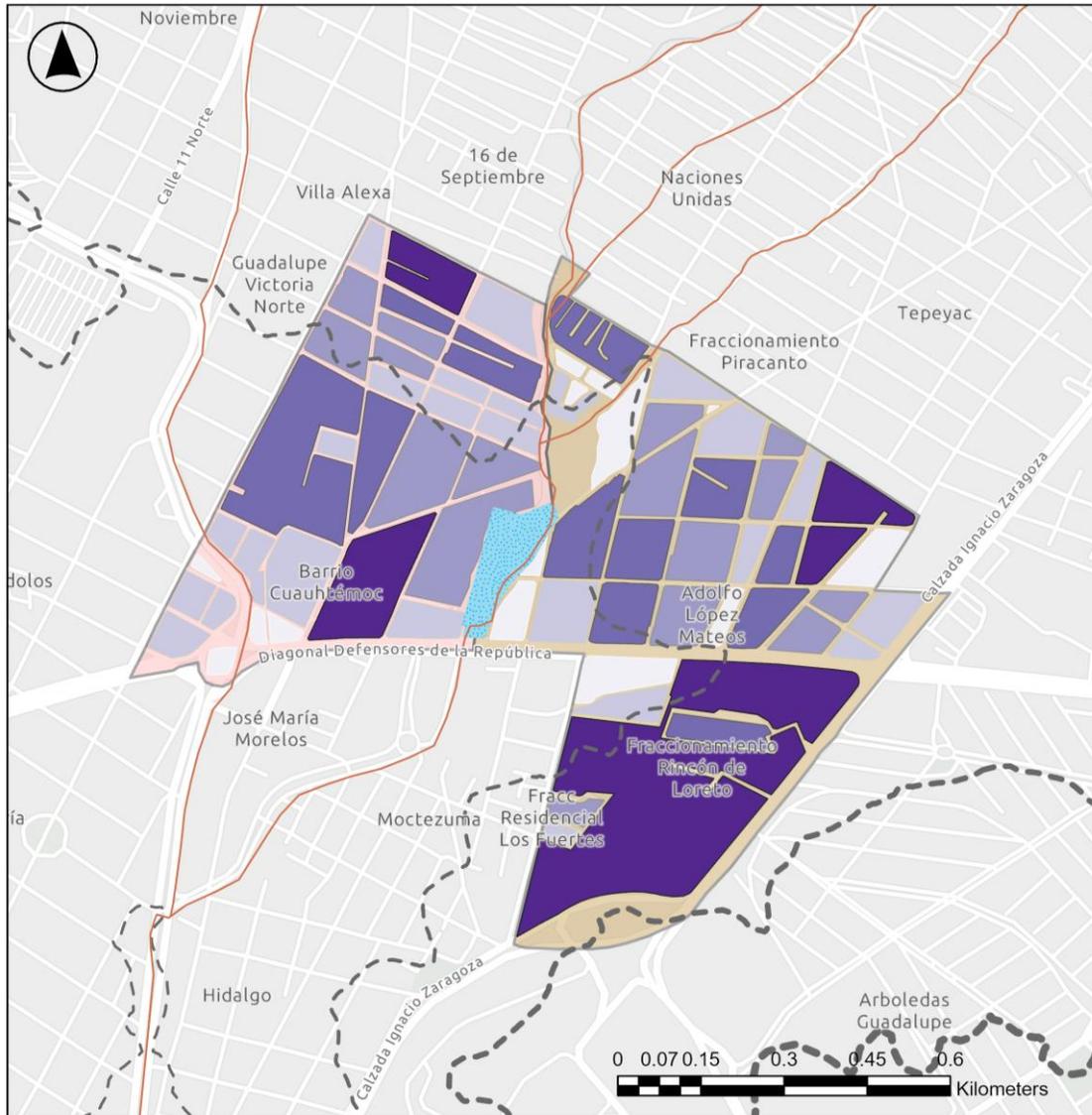
Ilustración 30. Mapa de población de 15 y más con educación básica incompleta.

VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN EDUCATIVA

Representación de valores por manzana



Población de 25 años y más con al menos un grado de educación superior



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•—•— Elevación 2220 m —•—•— Elevación 2200 m —•—•— Elevación 2180 m —•—•— Elevación 2160 m 	<p>Pob.de 25 años y más con al menos un grado edu. superior</p> <ul style="list-style-type: none"> □ -8 - 8 □ 9 - 21 □ 22 - 36 □ 37 - 60 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 61 - 93 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 31. Mapa de población de 25 años y más con al menos un grado de educación superior aprobado.

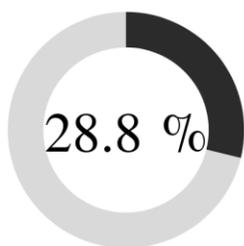
4.1.4 Vulnerabilidad por condiciones de salud y dependencia física.

Para evaluar la vulnerabilidad de las personas en caso de inundación, se contabilizó el porcentaje de personas con algún tipo de discapacidad o limitación, ya sea visual, auditiva o motriz, y que forzosamente requieren el apoyo de otro integrante de la familia para poder trasladarse. Lo cual, para este caso, es salir de la zona de peligro, sin poner el riesgo la vida de las personas que proporcionan la ayuda.

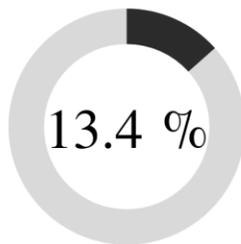
Cuando las amenazas se presentan, en la mayoría de los casos ocasionan daños materiales, sin embargo, eventualmente también pueden afectar directamente la integridad de las personas. Por las consideraciones anteriores, se examinó, la derechohabiencia como indicador que está relacionado con la salud. Contar con alguna afiliación a servicios de salud, resulta virtuoso a la hora de requerirlo inesperadamente, sobre todo en situación de desastre. En caso de no tenerlo, el afectado tendría que resolver su atención médica por su cuenta, en el mejor de los casos que pueda solventar los gastos.

Los siguientes grupos de población fueron identificados como vulnerables con las características antes mencionadas:

Población sin afiliación a servicios de salud



Personas que realizan con poca dificultad al menos una de las siguientes actividades: ver, oír, caminar, subir o bajar aún usando herramientas de apoyo, recordar o concentrarse; bañarse, vestirse o comer; hablar o comunicarse



Población con alguna discapacidad

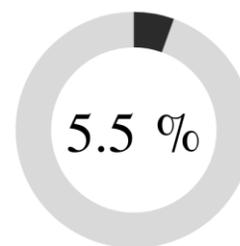


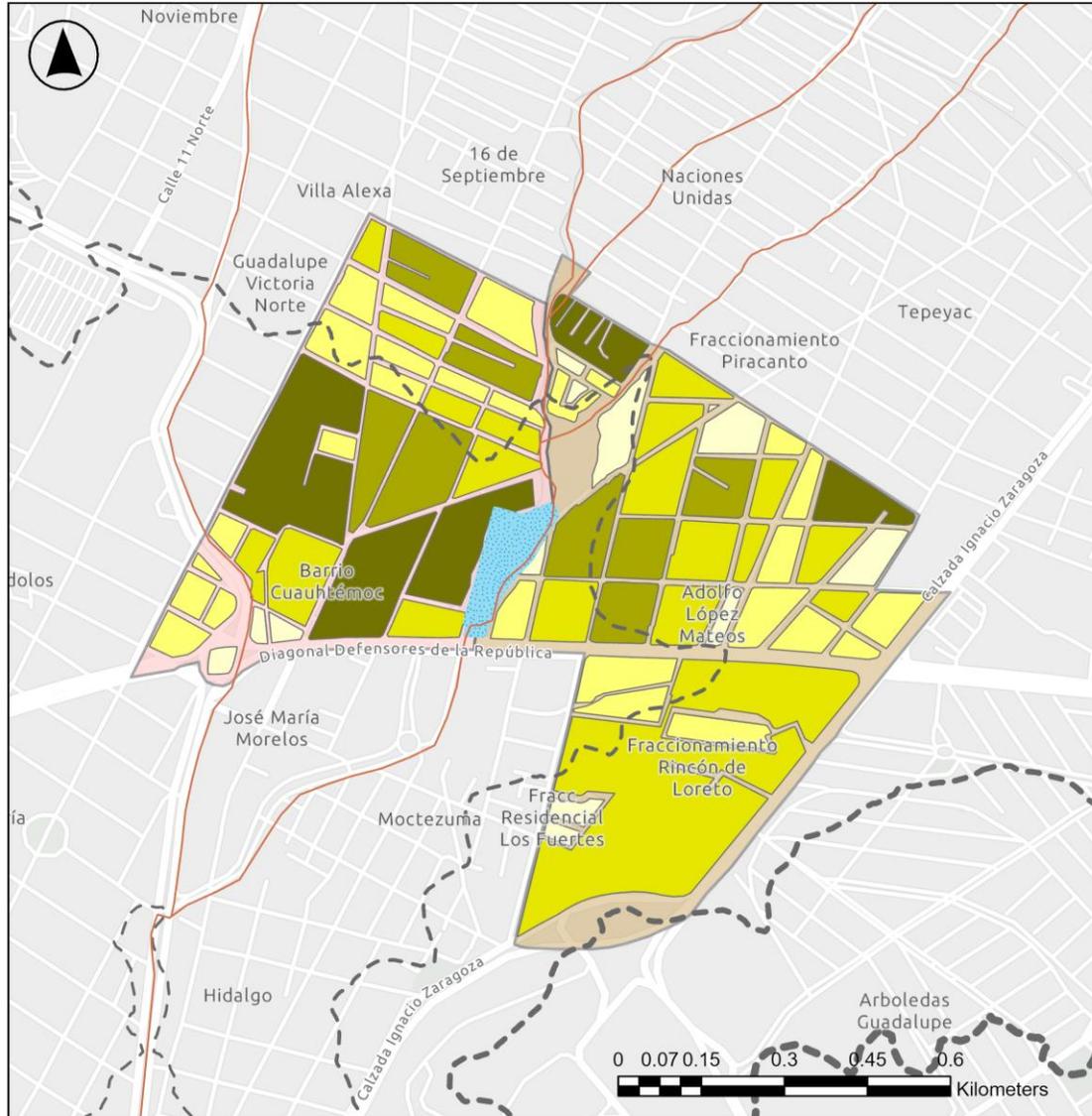
Ilustración 32. Gráficas de vulnerabilidad por condiciones de salud y dependencia física

VULNERABILIDAD POR CONDICIONES DE SALUD Y DEPENDENCIA FÍSICA

Representación de valores por manzana



Población sin afiliación a servicios de salud



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Población sin afiliación a servicios de salud</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ -8 - 10 ■ 11 - 26 ■ 27 - 49 ■ 50 - 102 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 103 - 177 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

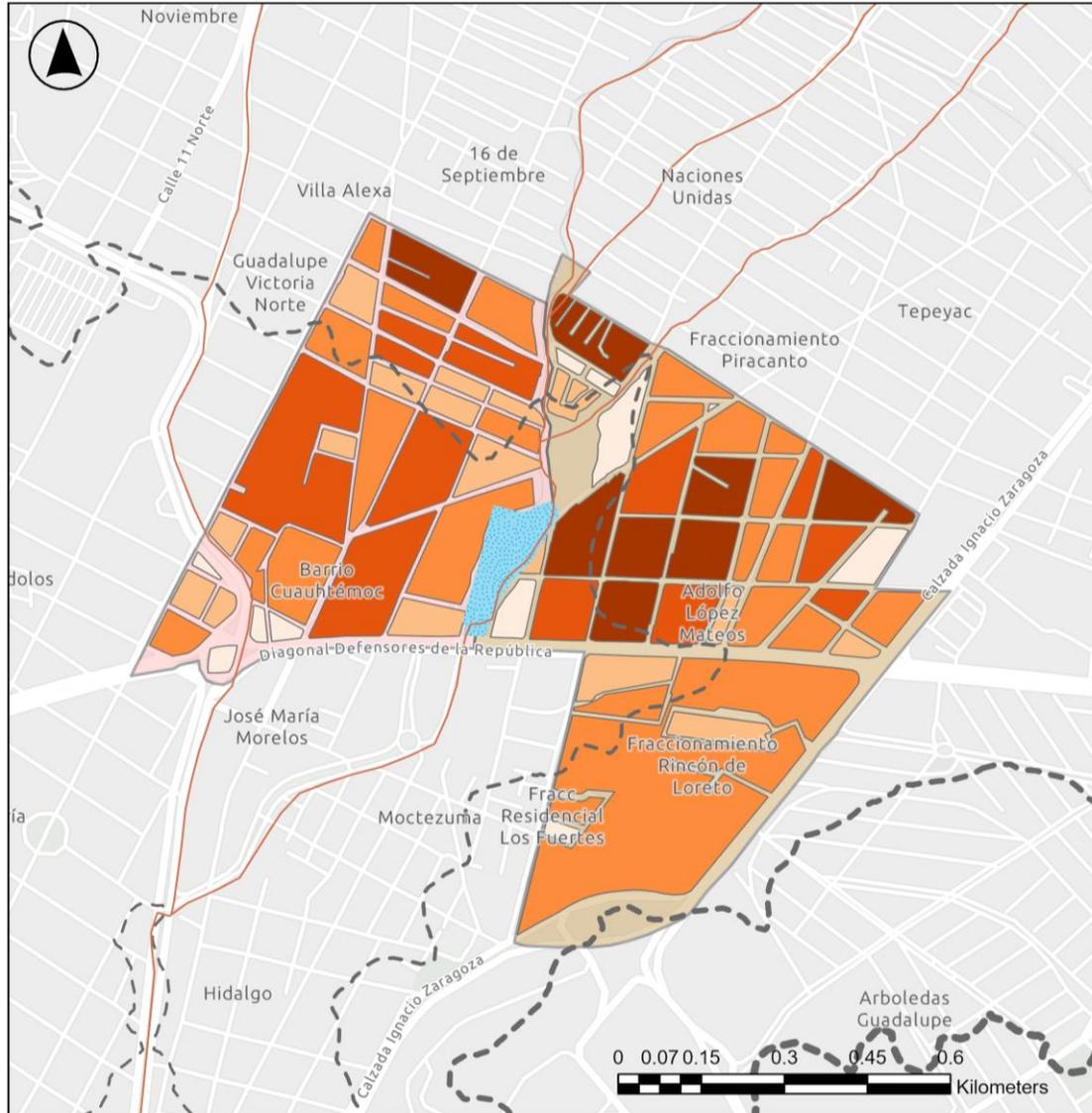
Ilustración 33. Mapa de población sin afiliación a servicios de salud.

VULNERABILIDAD POR CONDICIONES DE SALUD Y DEPENDENCIA FÍSICA

Representación de valores por manzana



Población con alguna limitación



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> --- Elevación 2220 m --- Elevación 2200 m --- Elevación 2180 m --- Elevación 2160 m 	<p>Población con alguna limitación</p> <ul style="list-style-type: none"> □ -8 - 0 □ 1- 10 □ 11 - 19 □ 20 - 36 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 37 - 76 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	--	---	---

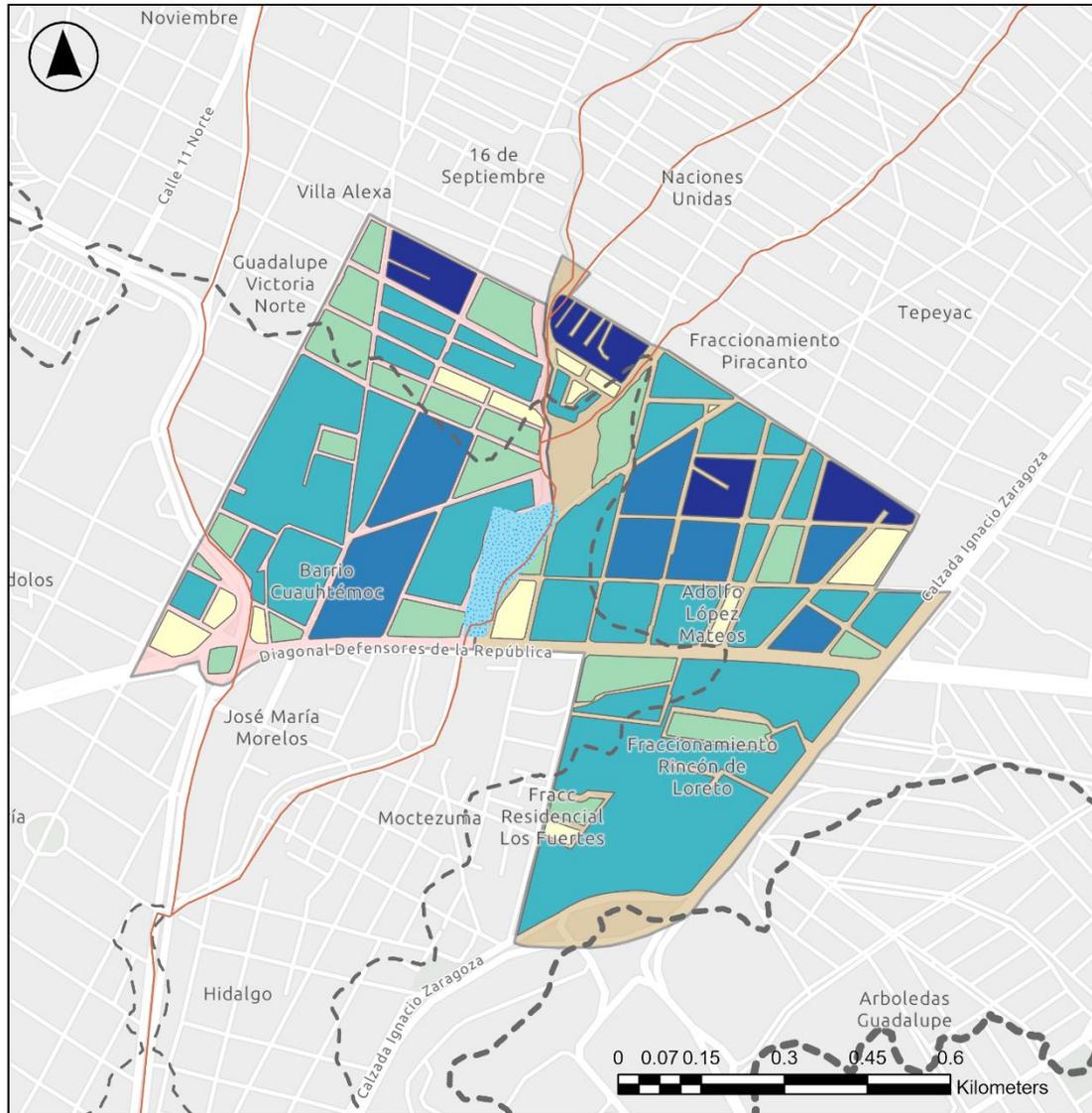
Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 34. Mapa de población con alguna limitación.

VULNERABILIDAD POR CONDICIONES DE SALUD Y
DEPENDENCIA FÍSICA
Representación de valores por manzana



Población con alguna discapacidad



Escala 1:10,000

SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<p>Población con alguna discapacidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 17 - 31 ■ 12 - 16 ■ 6 - 11 ■ 0 - 5 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 0 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<p>CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 35. Mapa de población con alguna discapacidad.

4.1.5 Vulnerabilidad por densidad poblacional y ocupación de viviendas

Un aspecto importante para evaluar la vulnerabilidad en condición de un desastre es la distribución de la población en la superficie, es decir, de la densidad poblacional. Debido a que, mientras el valor de densidad sea mayor, más alta será la dificultad para desplazarse y desalojar el escenario de riesgo en el menor tiempo posible. Así mismo, la capacidad de responder ante una catástrofe se dificulta en zonas con un gran número de habitantes debido a que se requiere un grado de organización mayor y planes de emergencia correctamente estructurados y acatados por parte de los actores involucrados.

En este sentido, se calculó la superficie en kilómetros cuadrados y la densidad de población distribuida en el área de estudio. Se planteó desde la escala municipal, seguida del Área Geoestadística Urbana (AGEB) correspondientes a las colonias estudiadas. Lo anterior, para hacer una comparación entre el promedio de densidad poblacional en ambas escalas.

Particularmente en las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro se observan las siguientes densidades.

Tabla 12. Densidad poblacional en escala municipal y por AGEB.

Superficie y densidad en (municipio - AGEB), 2020				
	Superficie (Km ²)	Total de viviendas	Densidad de población (hab/km ²)	Densidad de vivienda (vi/km ²)
Municipio Puebla	535.30		3161.18	1065.24
Total de AGEBS urbanas dentro de Mpo. De Puebla	228.96		7390.73	-
AGEB (3510) Col. Cuauhtémoc	0.37	1438	12205.41	3886.49
AGEB (353A) Col. Adolfo López Mateos	0.56	1555	8633.93	2776.79

Fuente: Censo de población y vivienda del INEGI (2020), superficies calculadas en ArcGIS Pro.

La densidad de población urbana se obtuvo mediante la división de la superficie total de las AGEBs urbanas, entre el número total de habitantes, mientras que la densidad de población contempló la superficie total del municipio (aunque no toda la superficie se encuentra habitada). Si comparamos la media de densidad poblacional del total de AGEBs del municipio de Puebla con el promedio de las dos colonias estudiadas, encontramos que, la densidad de población de las colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos **se encuentra 41% por encima del promedio de las urbanas** que corresponden a Puebla de Zaragoza.

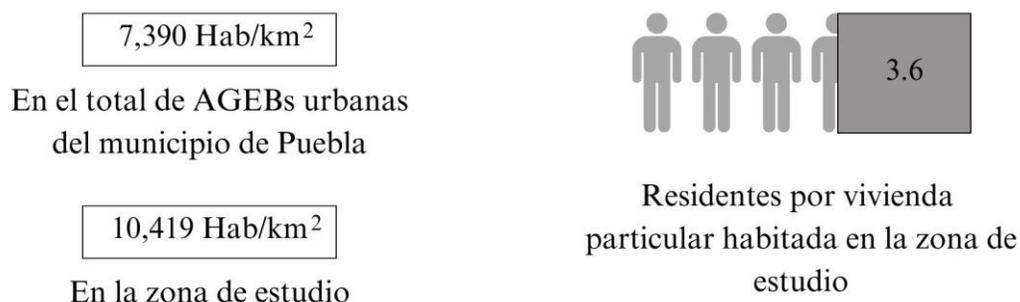


Ilustración 36. Densidad de población.

Adicionalmente, se pueden observar las siguientes características de ocupación de viviendas:

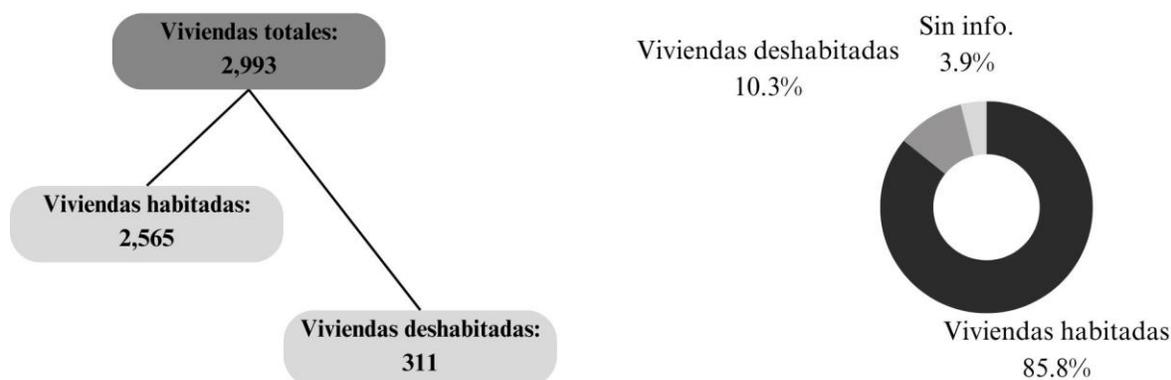


Ilustración 37. Ocupación de viviendas.

Tabla 13. Características de ocupación de vivienda.

Viviendas particulares habitadas, deshabitadas y viviendas p. hab. Con más de 2.5 ocupantes por dormitorio		
	Cantidad	%
Total de viviendas	2993	100%
Viviendas particulares habitadas	2565	85.80%
Viviendas particulares deshabitadas	311	10.39%
Viviendas particulares habitadas con más de 2.5 habitantes por dormitorio	604	20.18%

Fuente: Censo de Población y Vivienda obtenido de INEGI, año 2020.

El 3.91% de viviendas restante que no corresponde a las categorías, “viviendas particulares habitadas”, ni a “viviendas particulares deshabitadas”, son aquellas que no tienen información de ocupantes. Como se puede observar, las dos colonias estudiadas cuentan con alto porcentaje de ocupación, son casas mayoritariamente habitadas, que, además, el 20.18% cuentan con 2.5 habitantes por dormitorio. Datos que se tienen que tomar en cuenta en una situación de desastre, vislumbrando el alcance de los daños y la velocidad necesaria para actuar.

Tener en cuenta la escala en la que se representa la información es de gran relevancia para establecer un orden de prioridades en el establecimiento de planes de acción. En este propósito, se continuó con la representación de la cantidad de habitantes por manzana, donde se observa lo siguiente:

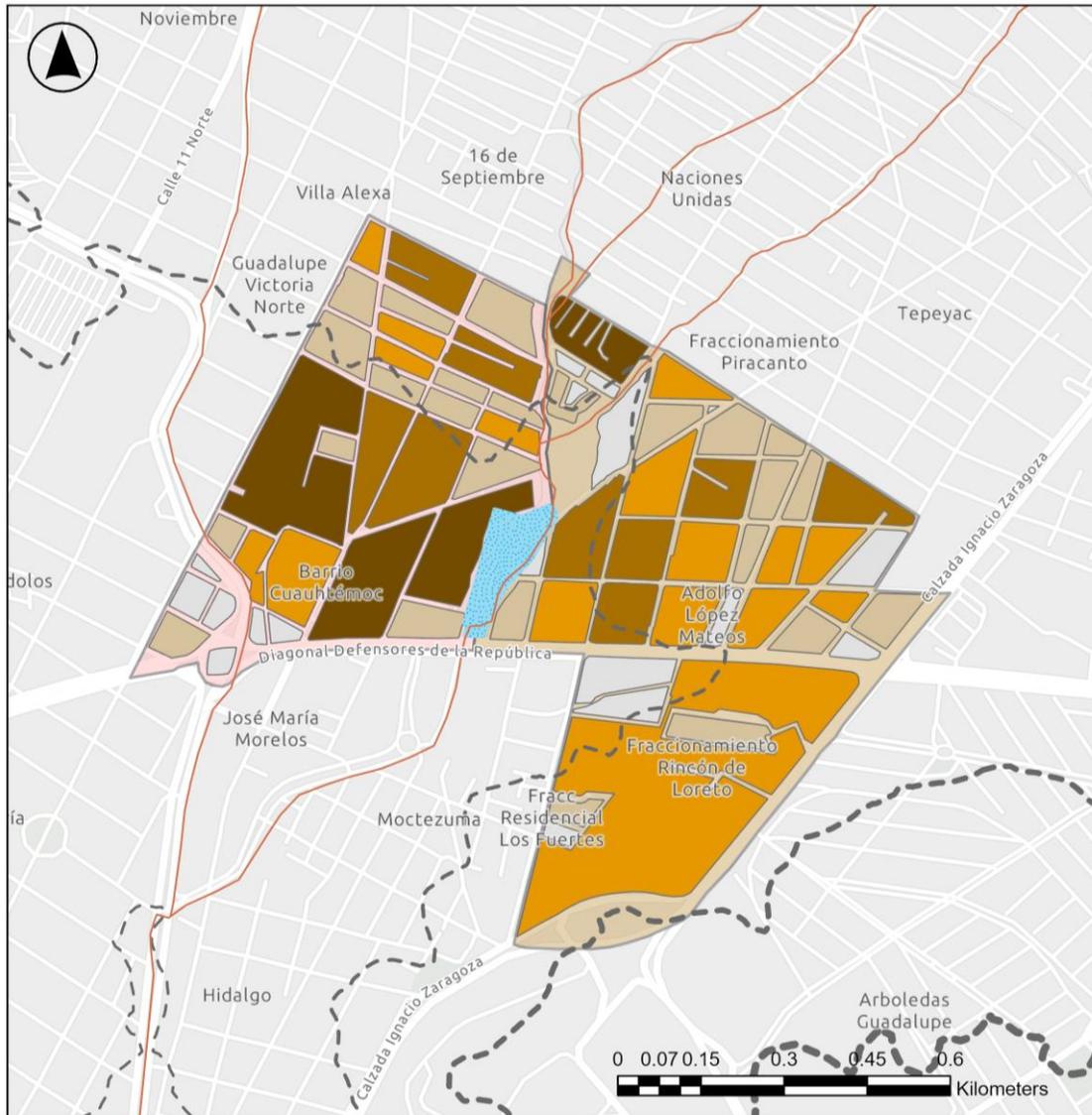
- Tres de las manzanas de la colonia Cuauhtémoc tienen un alto número de habitantes
- Una de las manzanas de la colonia Adolfo López Mateos se ubica entre dos vertientes de la red hidrológica con condición intermitente y además cuenta con alto número de habitantes
- Cinco manzanas de la colonia Cuauhtémoc cuentan con un intervalo de habitantes de 196 a 617 por manzana, y además se encuentran en una elevación del terreno menor que la mayoría de las manzanas de la colonia Adolfo López Mateos.

VULNERABILIDAD POR DENSIDAD POBLACIONAL

Representación de valores por manzana



Población total



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m 	<ul style="list-style-type: none"> □ Población total □ 0 - 47 □ 48 - 111 □ 112 - 195 □ 196 - 364 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 365 - 617 ■ Col. Adolfo López Mateos ■ Col. Cuauhtémoc ■ Vaso regulador Puente Negro 	<ul style="list-style-type: none"> CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA — EN OPERACION — FLUJO VIRTUAL — INTERMITENTE — PERENNE
--	---	---	---

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 38. Mapa de población total.

4.1.6 Vulnerabilidad relativa por género

El acercamiento hacia una gestión integral del riesgo requiere la comprensión de que hombres y mujeres poseen diferentes vulnerabilidades y capacidades de adaptación, en función de sus identidades socialmente construidas (Soares & Murillo, 2013). Por lo que, resultó pertinente documentar el porcentaje de viviendas que cuentan con una persona de referencia de género femenino, siendo ellas las que brindan soporte socioeconómico al resto de la familia. En la mayoría de los casos, la jefatura femenina se experimenta cuando no hay un padre de familia presente desempeñando un rol en el núcleo familiar., mientras que, son menos los casos donde aun existiendo una figura de autoridad masculina sea una mujer quien soporte el funcionamiento del hogar.



Ilustración 39. Gráfica de jefatura de vivienda por género

Considerando que el 37% de viviendas cuentan con una persona del género femenino como referencia, es importante profundizar en el número de integrantes de aquellas familias, además de grado de dependencia que tengan para con la representante del hogar. Es decir, si adicionalmente en la familia existen personas mayores de 60 años, se presenta una debilidad relativa frente amenazas, debido al acceso diferenciado a oportunidades y recursos.

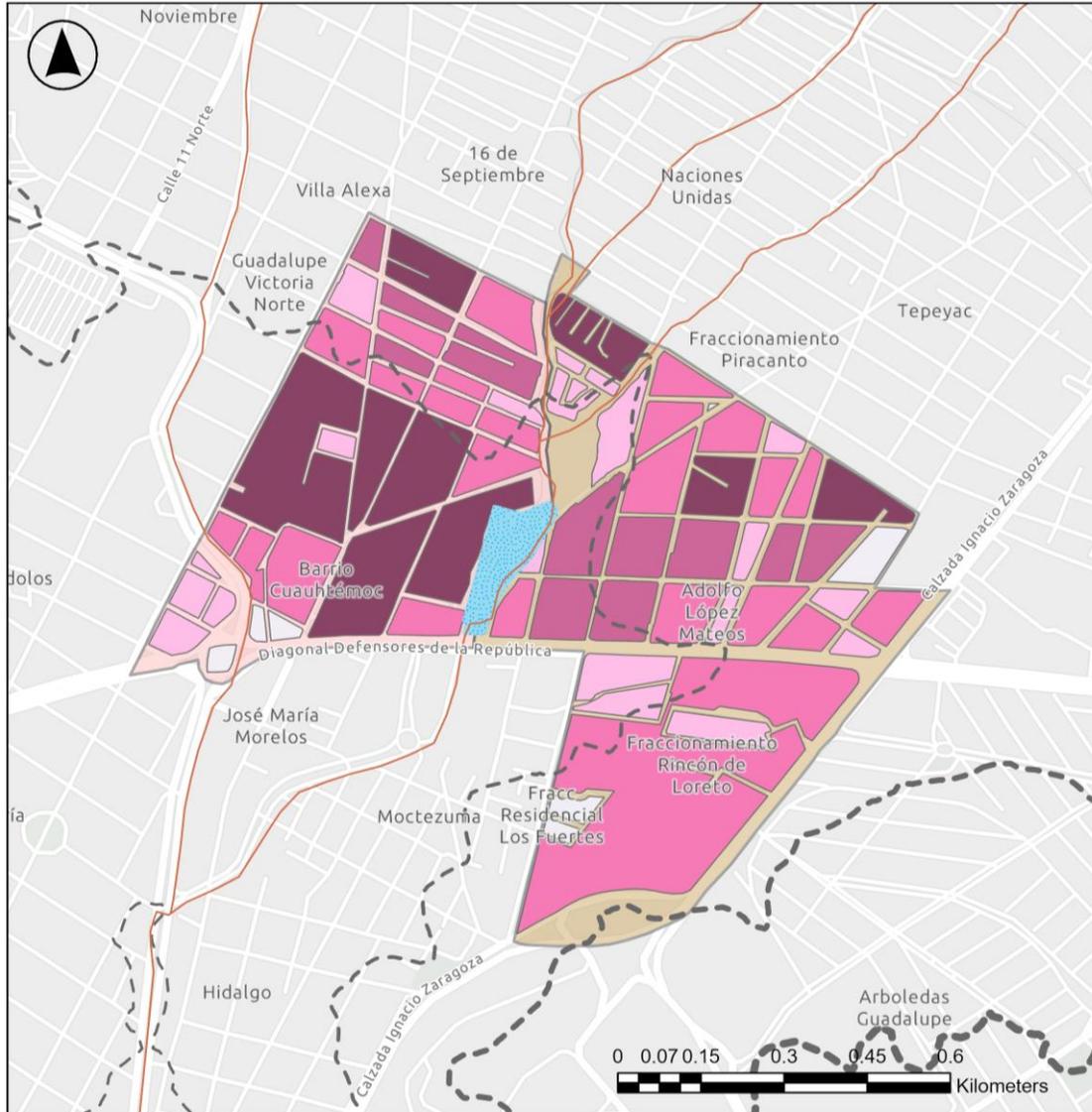
Otra condición que puede indicar mayor grado de vulnerabilidad relativa por género ante situación de desastre es el número de personas menores de 18 años que dependen de una madre soltera (jefa de familia), puesto que, ella requerirá mayores esfuerzos para movilizar a los menores de edad a un lugar seguro por sí sola. Adicionalmente, la capacidad económica de reposición a posibles pérdidas sufridas es menor que en hogares con dos personas que solventan los gastos.

VULNERABILIDAD RELATIVA POR GÉNERO

Representación de valores por manzana



Población en hogares censales con jefatura femenina



Escala 1:10,000

SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m —•— Col. Adolfo López Mateos 	<ul style="list-style-type: none"> Col. Cuauhtémoc Vaso regulador Puente Negro CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA — EN OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> FLUJO VIRTUAL INTERMITENTE PERENNE Pob. en hogares con jefatura femenina 1 - 5 	<ul style="list-style-type: none"> 6 - 28 29 - 49 50 - 89 90 - 160
--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

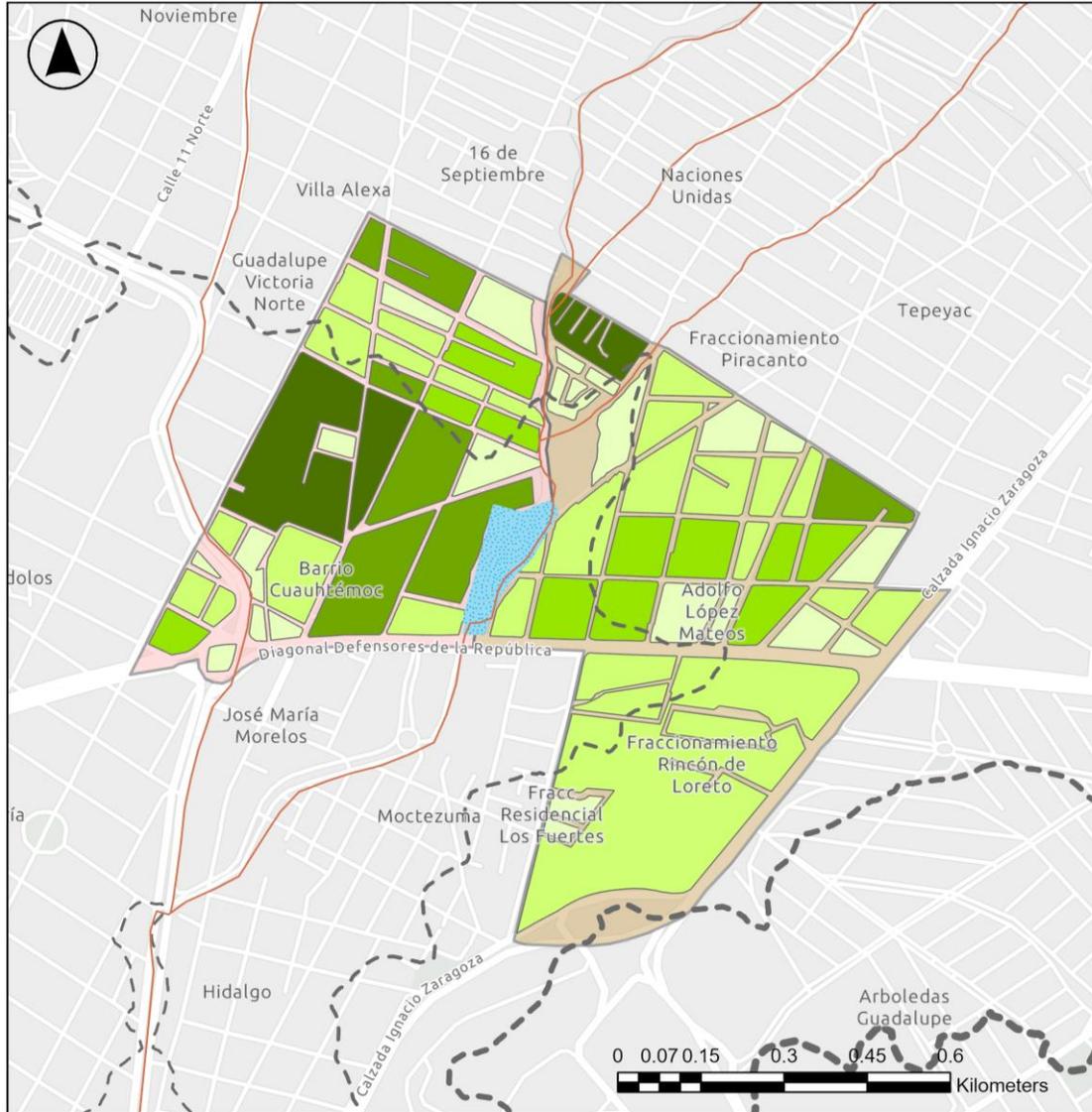
Ilustración 40. Población en hogares censales con jefatura femenina.

VULNERABILIDAD RELATIVA POR GÉNERO

Representación de valores por manzana



Población en hogares censales con jefatura femenina con hijos menores de 18 años



SIMBOLOGÍA

Escala 1:10,000

<ul style="list-style-type: none"> —•— Elevación 2220 m —•— Elevación 2200 m —•— Elevación 2180 m —•— Elevación 2160 m Col. Adolfo López Mateos 	<ul style="list-style-type: none"> Col. Cuauhtémoc Vaso regulador Puente Negro CONDICIÓN DE RED HIDROGRÁFICA EN OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> FLUJO VIRTUAL INTERMITENTE PERENNE Pob. en hogares jefatura fem con hijos menores de 18 años 0 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - 9 10 - 22 23 - 41 42 - 57
--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en información del censo de población y vivienda del INEGI (2020), carta topográfica E14B43 (2020) y red hidrográfica RH18Ad (2010).

Ilustración 41. Población en hogares censales con jefatura femenina con hijos menores de 18 años.

4.2 Proyecto de trabajo de campo

Para asegurar el mínimo sesgo en la obtención de información sin perder la atención de los participantes se elaboró un cuestionario que incluyó preguntas puntuales, abiertas y cerradas. Se entrevistó un total de 53 personas, de las cuales 37 habitan dentro de las dos colonias estudiadas. Por lo que, se descartaron el resto de los cuestionarios. Posteriormente se sistematizó y graficó la información recabada, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

4.2.1 Situaciones experimentadas en época de lluvia

Se hicieron preguntas a la población acerca de las situaciones y posibles daños experimentados en época de lluvias. Dentro de los resultados, 54% de las personas ha experimentado inundación total o parcial de su vivienda o negocio, 97% ha experimentado imposibilidad de cruzar la calle por grandes encharcamientos, 32% de las personas ha sufrido daños o pérdidas materiales derivadas de una inundación, y en la misma relación, 19% ha experimentado daño o pérdida de un medio de transporte.

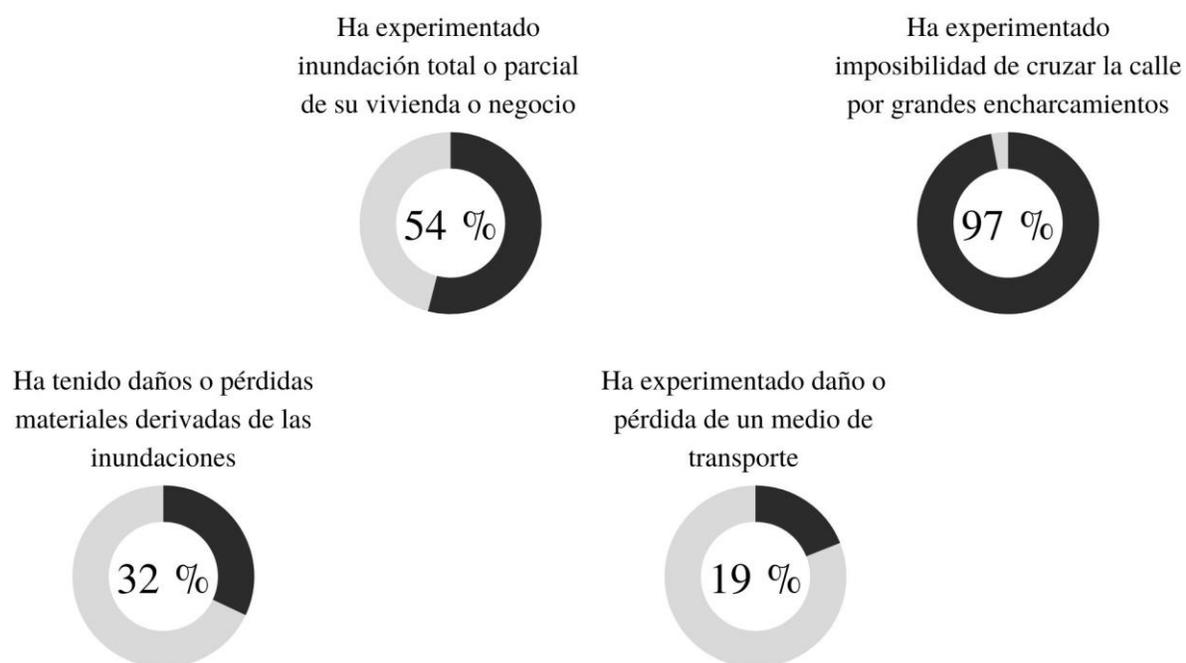


Ilustración 42. Gráficas sobre situaciones experimentadas en época de lluvia.

Las repuestas reforzaron la veracidad de los problemas generados. Además, se les preguntó un intervalo de ocasiones en las que han vivido dichas situaciones, en donde los intervalos a

elegir fueron: 1 o 2 veces y 3 o más veces. Los resultados se presentan a continuación en una tabla:

Tabla 14. Intervalos de ocurrencia de las respuestas afirmativas a situaciones experimentadas en época de lluvia.

	personas que dijeron que sí	1 o 2 veces	% del total que dijo que sí	3 o más veces	% del total que dijo que sí
Imposibilidad para cruzar la calle por grandes encharcamientos	36	13	36,11%	23	63,89%
Inundación total o parcial de vivienda o negocio	20	15	75,00%	5	25,00%
Daños o pérdidas materiales	12	11	91,67%	1	8,33%
Daño o pérdida de un medio de transporte	7	7	100,00%	0	0,00%

Fuente: entrevistas en campo.

4.2.2 Vulnerabilidad institucional-organizacional

En cuanto a la vulnerabilidad institucional y organizacional que se investigó en la zona en cuanto a gestión de riesgos, se hicieron dos preguntas: (i) Cuando hay inundaciones intensas ¿Crees que las autoridades locales responden adecuadamente? ¿Por qué?; y (ii) ¿Tienes algún plan de emergencia en época de inundaciones? SÍ / NO ¿En qué consiste?

Como resultado de la primera pregunta, se encontró una opinión negativa del 59% con respecto a la adecuada respuesta por parte de las autoridades locales ante inundaciones. Dentro de los argumentos a sus respuestas en su mayoría dijeron que: “el trabajo que hacen es deficiente”, “no tienen la capacidad de atender los problemas”, “omiten orientar a la población”, también que, “tardan mucho en ayudar”. Mientras que, algunos argumentos del 41% de la población que respondió que las autoridades locales sí responden adecuadamente son: “limpian el vaso regulador en época de lluvias”, “han venido a ayudar cuando se ha desbordado el vaso”, entre otras opiniones.

Referente a la segunda pregunta, se documentó una abrumadora respuesta negativa de no cuentan con un plan de emergencia: así lo expresó el 88%. Sin embargo, del 12% de

las personas que sí cuentan con un plan de emergencia, respondió que el plan consistía en: “poner en un nivel más alto las cosas de valor o mercancía”, “cerrar los negocios temprano”, “tapar las coladeras de la casa” y “esperar a que pase la lluvia para poder salir”.

Las respuestas muestran que la comunidad tiene poca o nula información acerca de la prevención de riesgo de inundación, además que se sienten desprotegidos por parte de las autoridades locales. Lo que manifiesta la falta de organización institucional al respecto.

¿Percibe que las autoridades locales responden adecuadamente?



¿Cuenta con un plan de emergencia ante inundaciones?

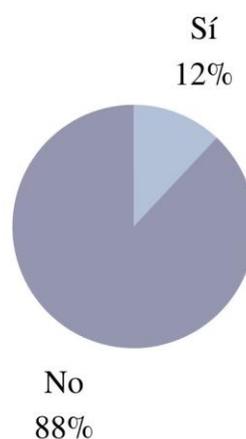


Ilustración 43. Gráficas sobre vulnerabilidad institucional-organizacional en la prevención y gestión del riesgo de inundación.

4.2.3 Percepciones de riesgo y cambio climático

La percepción social del riesgo se ve afectada por diversos factores, como pueden ser de origen cultural, educativo e incluso por rangos de edad. Por ejemplo: cuando las personas tienen poco o nulo conocimiento del nivel de peligro al que están expuestos ante ciertos desastres, existe la posibilidad que se sientan más seguros a diferencia de aquellas que sí tienen alguna idea o información al respecto. Lo mismo ocurre cuando no han sido víctimas de daños o grandes pérdidas ocasionados por un evento de origen natural como una inundación., es probable que sientan que no están en riesgo de sufrir afectaciones.

Sin embargo, a pesar de las variables que pueden influir en la percepción del riesgo de los habitantes entrevistados es pertinente conocerlas. Pero lo cual, se les preguntó ¿Qué tan seguros se sienten viviendo en su colonia con respecto a las inundaciones? Y ¿Por qué? Entonces, se logró contrastar el porcentaje de personas que se sienten seguras con las que se sienten inseguras. Los resultados son los siguientes:

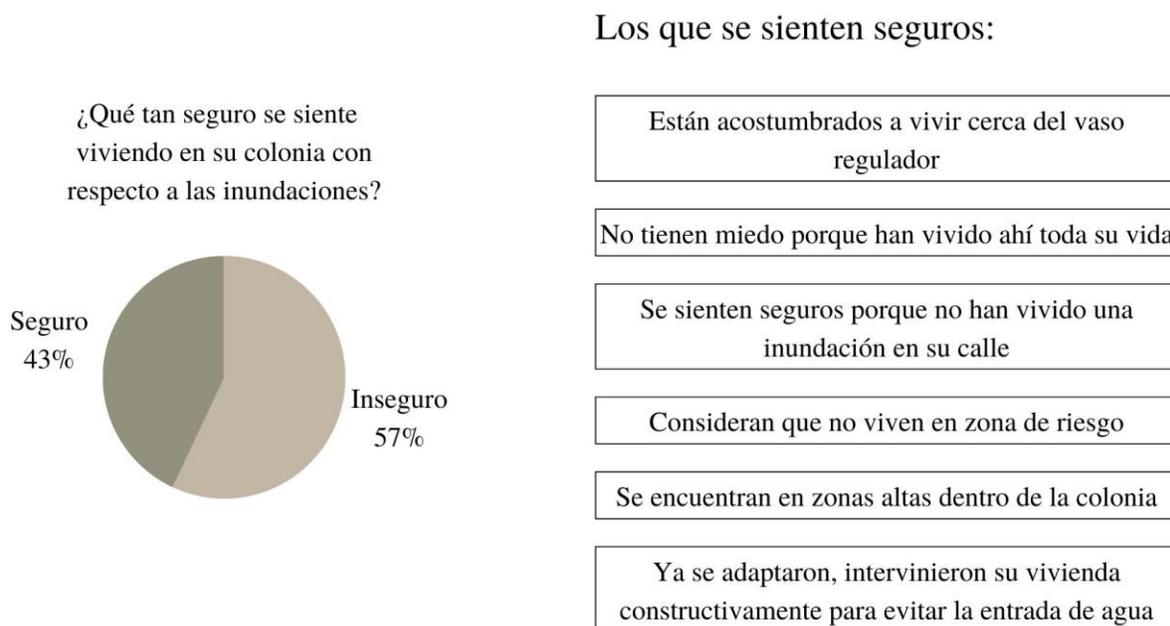


Ilustración 44. Gráfica sobre percepción del riesgo ante inundaciones en la comunidad.

Ahora bien, la edad es una característica que representa vulnerabilidad ante ciertas situaciones. En caso de una inundación las personas de la tercera edad tienen menos capacidades de desplazarse con rapidez, por lo que, pueden llegar a sentir mayor inseguridad o miedo en dichos casos., en comparación con adultos jóvenes o adolescentes con mayor facilidad de movilización. Es importante tener en consideración que las edades de los habitantes que participaron en la entrevista varían, y que se obtuvo una media general.

Los residentes entrevistados hicieron algunas declaraciones acerca de su experiencia personal viviendo en la zona y habiendo presenciado diversas situaciones en casos de lluvia intensa:

“No me siento muy segura porque vivo cerca del Puente Negro, la gente tira mucha basura en las barrancas de más arriba, y cuando llueve el agua trae toda la basura

tapando las tuberías del vaso. **Nos hemos inundado más de 2 veces**, la corriente de agua por la parte posterior de la propiedad y cruzaba hacia el frente de calle. También hemos tenido grandes **pérdidas materiales**, como: muebles, ropa y electrodomésticos” (Socorro, 66 años).

"Es una situación preocupante porque en tiempo de lluvias corre mucha agua sobre las calles, debido a que no tiene salida, las coladeras se tapan de basura y son muy pocas. Me pasa seguido que no puedo cruzar la diagonal Defensores por **grandes charcos de agua** y tengo que esperar que baje el agua o dar una vuelta más grande por donde esté menos hondo el charco, pierdo mucho tiempo, se hace más tráfico y **nadie soluciona el problema**" (Alfonso, 38 años).

“Aunado a las **inundaciones** siento **miedo por posibles socavones**, ya que hay hundimientos en las calles y cuando tenía 8 años de edad una casa se hundió con personas adentro. Cada que llueve muy fuerte tapamos las coladeras de la cochera con tablones porque en ocasiones sale agua negra por ahí, también los malos olores nos afectan. **Hemos sufrido inundación parcial** de nuestra vivienda más de 3 veces. **No tenemos un plan de emergencia**” (Adriana, 43 años).

Por otro lado, la presencia de inundaciones es una constante en la zona de estudio debido a la conexión territorial directa con los escurrimientos pluviales y de deshielo del volcán La Malinche, sin embargo, el cambio climático juega un papel importante en la periodicidad e intensidad de las lluvias, así como también del grado de impacto. En vista que, el cambio climático representa una amenaza para la supervivencia de la humanidad, me parece importante documentar las percepciones, además del conocimiento con el que cuentan los habitantes de las colonias estudiadas al respecto.

Las preguntas que se aplicaron fueron: (a) ¿ha oído hablar de cambio climático? describa con tus palabras a qué se refiere; (b) ¿piensa que hay un cambio en el clima?, (c)

escriba algunos ejemplos en los que ha visto estos cambios en el clima, y (d) ¿cree que las inundaciones están relacionadas con el cambio climático? Acerca de las preguntas a, b y d se graficaron los siguientes resultados:

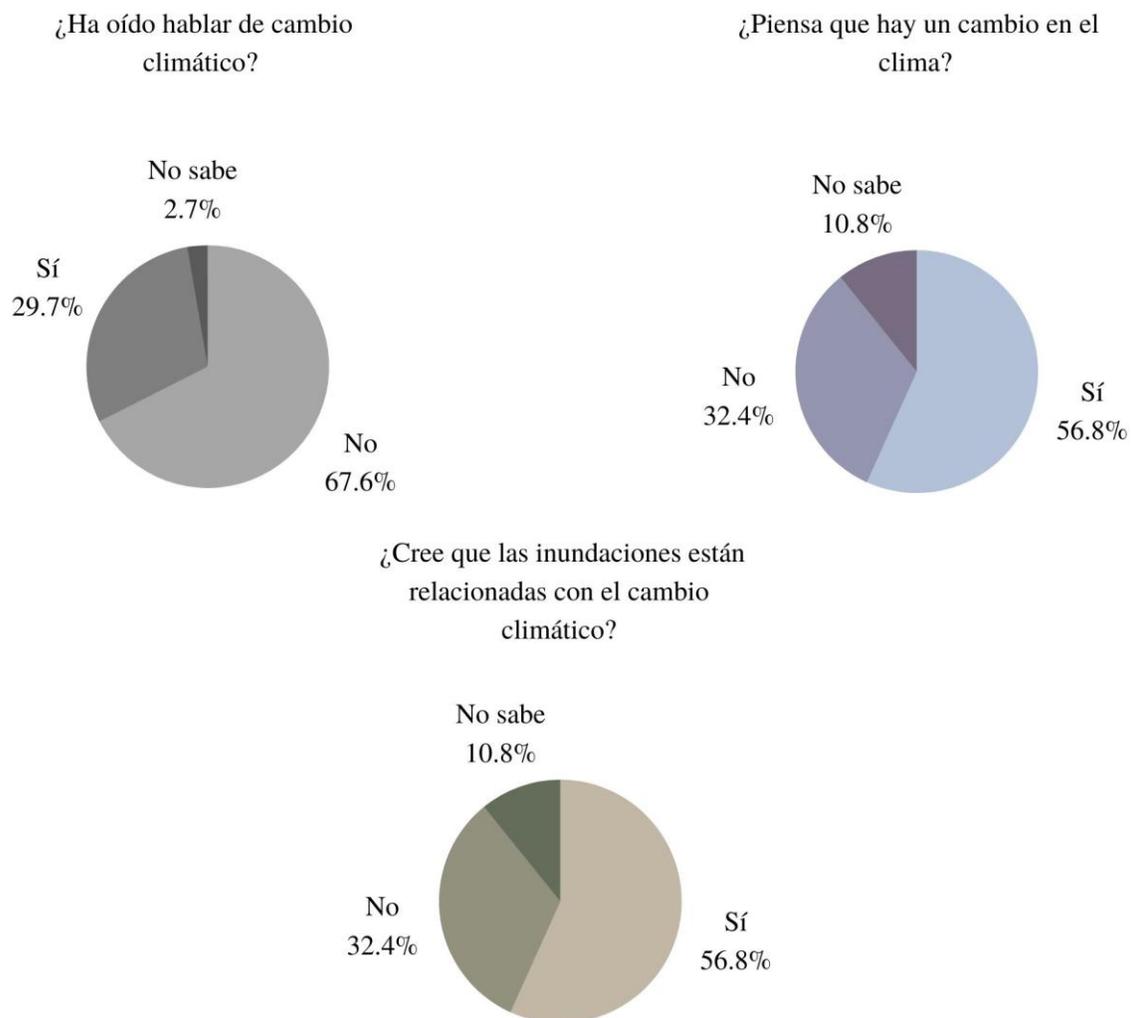


Ilustración 45. Gráficas sobre conocimiento sobre el cambio climático y su relación con las inundaciones.

Con respecto a los ejemplos que han visto en el clima, se repitieron la mayoría de las respuestas entre: sienten mayores temperaturas en el ambiente, presencia de olas de calor, el aire lo notan sucio, escases de agua, temporadas de lluvia indefinidas, temperaturas intensas tanto en frío como en calor.

4.3 Casos análogos de Soluciones basadas en la Naturaleza para enfrentar problemas de ciudades

Se realizó una búsqueda de casos análogos de diferentes aplicaciones de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) que se adecúan a las características específicas del problema presentado en cada zona.

La escala de implementación puede variar a partir de las condiciones dadas por el contexto, sin embargo, la posibilidad de combinar estrategias las convierte en un plan integral de solución. Es importante enfatizar que las SbN no son limitantes en cuanto al uso de materiales de construcción exclusivamente naturales, sino que, en algunos casos proponen una combinación con materiales convencionales.

Para el caso de inundaciones se plantean las siguientes propuestas de mitigación englobando intervenciones a micro y macro escala que, puedan ser implementadas en diferentes espacios del área de estudio:

4.3.2 Ciudad esponja, China.

Escala de aplicación: Espacios públicos, áreas verdes y libres en centros urbanos.

Yu Kongjian, uno de los principales representantes del diseño urbano en China y decano de la prestigiosa Facultad de Arquitectura y Paisaje de la Universidad de Pekín, es quien ideó el concepto de “ciudades esponja” que está siendo empleado para mitigar inundaciones en centros urbanos.

El principio de la “ciudad Esponja” recae en el uso eficiente del agua, particularmente en situaciones de lluvias extremas que colapsan el sistema de alcantarillado. Como su nombre lo indica, la técnica es replicar la acción de una esponja, utilizando la propiedad natural de absorción del suelo, para brindar beneficios en términos de disponibilidad de agua, calidad y mitigación de inundaciones.

Entonces, cuando se imita el ciclo natural del agua se aumenta la evaporación y filtración al subsuelo, con ello, se generan microclimas apacibles (Krieger, 2021). Adicionalmente, se obtiene mayor disponibilidad del recurso, debido a que, el suelo permite la purificación del agua y la retiene en cuerpos de agua subterráneos, como los acuíferos. No

se trata de deshacerse del agua, o de construir barreras que evitan los escurrimientos, sino de integrarlas en un sistema holístico funcional que trabaje en favor de la resiliencia social.



Ilustración 46. Ciudad esponja. Fuente: ONU-hábitat.

La iniciativa china de “ciudades esponja” se preguntó: ¿Cómo logramos retener el agua de lluvia en lugar de enviarla por el desagüe? La respuesta recae en la aplicación de SbN, que van desde el uso de vegetación, implementación de pavimentos permeables, hasta la restauración de humedales y riberas de ríos. Así pues, China tiene el objetivo de lograr para el año 2030, que el 80% de sus áreas urbanas cuente con la infraestructura necesaria para poder captar el 70% del agua pluvial (Krieger, 2021).



Ilustración 47. Parque Qiaoyuan en Tianjin. Fuente: BBC.

4.3.3 Captación e infiltración de aguas lluvias *in situ*, Chile

Como se explicó en apartados anteriores, una de las causas principales de la presencia de inundaciones en zonas urbanas, es por el déficit de áreas verdes o libres con superficies permeables, por lo que, la implementación de sistemas de captación de aguas pluviales puede ser una alternativa viable para disminuir la cantidad de agua en el sistema de drenaje urbano que suele colapsar en situaciones de lluvias intensas.

Después de las consideraciones anteriores, el Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile creó una guía de información sobre diversas aplicaciones de sistemas de captación e infiltración de aguas lluvias *in situ* (CNR, 2020). Por lo tanto, no sólo ayuda en materia de disminución del riesgo de inundación, sino que, naturalmente impulsa el ciclo hidrológico mediante la infiltración del agua al subsuelo., en consecuencia, los acuíferos existentes se recargan, abonando a la disponibilidad de agua de calidad para los habitantes de la zona de aplicación.

In situ quiere decir, en el sitio, en tal sentido, estos sistemas no requieren una infraestructura mayor para desviar el agua hacia su almacenamiento e infiltración., son ampliamente utilizados en zonas rurales para acumular superficialmente el agua y cada vez son más utilizados para recargar los acuíferos. Algunas aplicaciones son las siguientes:

I. Zanjas de infiltración. *Escala de aplicación: Laderas con pendiente pronunciada.*

Las zanjas de infiltración son canales construidos en laderas, su principal objetivo es captar el agua proveniente de escorrentías (CNR, 2020). Además, este tipo de aplicación evita la erosión del suelo, promoviendo su conservación, el aumento de infiltración de agua al subsuelo y por consiguiente la recarga hídrica del suelo.

Suelen construirse de forma paralela a las curvas de nivel, se recomienda esta técnica en pendientes de 10% a 40% de inclinación. En laderas con pendientes muy pronunciadas se sugieren zanjas angostas de mayor profundidad, mientras que, en laderas con menor pendiente pueden ser más anchas y menos hondas.

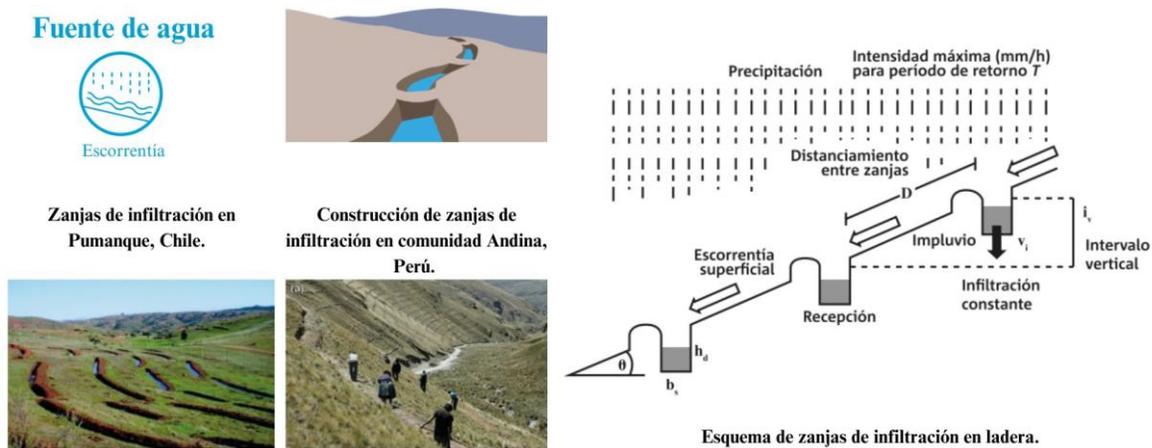


Ilustración 48. Esquema y fotografías de zanjas de infiltración. Fuente: CNR, Ministerio de Agricultura (2020).

De acuerdo con Flores (2012), el correcto diseño y construcción de una zanja de infiltración depende en gran parte del cálculo de los volúmenes de escorrentía y la capacidad de infiltración del suelo -por sus características-. Este autor propone un diseño de zanjas con una base física, empleando mayor cantidad de información, incluyendo datos obtenidos sobre el terreno y tasas de infiltración.

II. Techos para la recolección e infiltración. *Escala de aplicación: Vivienda, edificaciones y espacio público.*

Consisten en conectar tuberías de salida de la baja de aguas pluviales de las azoteas para dirigirla hacia pozos preexistentes u otros sistemas de recarga como galerías de infiltración. Es importante tener en cuenta que, para favorecer la buena calidad del agua, se requieren materiales de construcción de químicos inertes como: plástico, aluminio y hierro galvanizado.

Se recomienda utilizar galerías de 1 a 2 metros de ancho y de 2 a 3 metros de profundidad, pero pueden variar dependiendo de la precipitación potencial de la zona. Las estructuras deberían ser cerradas para prevenir posibles accidentes y generalmente se rellenan con piedras, grava y arena (CNR, 2020, p.1)

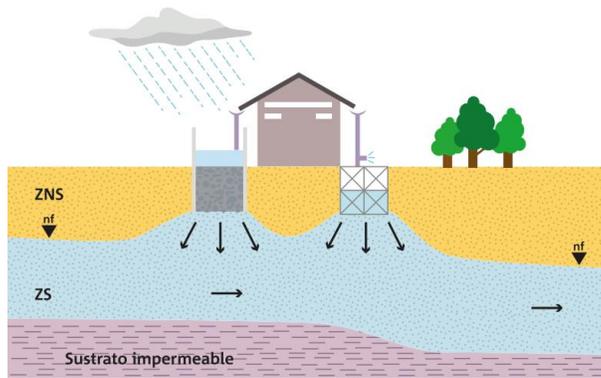


Ilustración 49. Esquema de recolección e infiltración de agua lluvia con techos. Fuente: (CNR, 2020).

Otro punto importante es que el acuífero debe tener disponibilidad de recarga, es decir, tener espacio disponible para recibir el agua que se quiere infiltrar. Del mismo modo, el suelo apropiado debe presentar una permeabilidad media o alta, en caso de presentar baja permeabilidad la profundidad y características de las piscinas cambiará.

III. Piscinas de infiltración. *Escala de aplicación: Cerca del cauce de ríos y arroyos.*

Las piscinas de infiltración se construyen fuera del cauce, donde el agua superficial del río o arroyo se desvía, ya sea por gravedad o por bombeo para su recolección en una o más piscinas de poca profundidad y de gran extensión superficial (CSIRO, 2016). El agua captada se infiltra hacia el acuífero cercano previamente ubicado y no debe estar confinado.

Existen esquemas que ocupan pocas hectáreas para lograr recargar 1hm^3 de agua por año, siempre y cuando las tasas de infiltración sean suficientes para recargar el volumen de agua requerido (CNR, 2020). Normalmente se construyen fuera del cauce, sin embargo, en ocasiones resulta conveniente ubicarlas aledañas al lecho del río para poder aprovechar la presencia de crecidas de agua en determinados periodos.

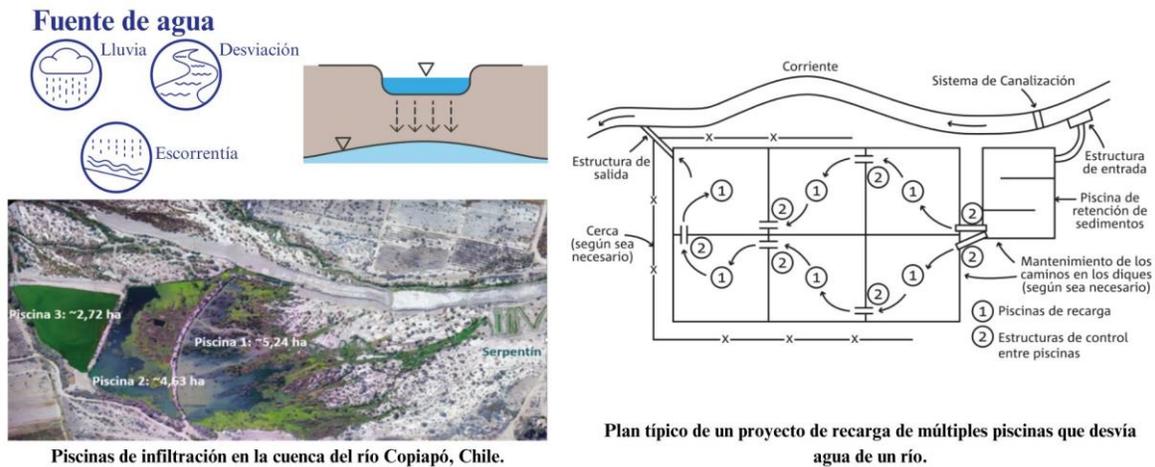


Ilustración 50. Esquema y fotografía aérea de piscinas de infiltración. Fuente: CNR, Ministerio de Agricultura (2020).

4.3.1 Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe

El proyecto de CityAdapt, financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés) e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), promueve la resiliencia climática en áreas urbanas a través de la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para la adaptación al cambio climático (PNUMA, 2021, p.5).

CityAdapt creó tres métodos prácticos para identificar, diseñar, implementar y monitorear SbN en contextos urbanos, los cuales incluyen el uso de diferentes datos, como la evaluación de los riesgos y de la vulnerabilidad, talleres participativos, asegurar la implementación, para finalmente replicar el modelo y monitorearlo en comunidades determinadas. La información conformó una guía metodológica que está disponible para su descarga y revisión en: www.cityadapt.com

Se tuvo la oportunidad de visitar 4 implementaciones de Soluciones basadas en la Naturaleza aplicadas por el equipo de CityAdapt en la ciudad de Xapala, México, gracias al puente de contacto que estableció el Dr. Romeo Saldaña, investigador del Instituto de Investigaciones del Medio Ambiente (IIMA) en Puebla, México. El recibimiento y visita guiada corrió a cargo del equipo de CityAdapt conformado por la Doctora Isabel, asesora en

ecosistemas y ordenamiento ecológico, el Doctor Sergio, coordinador de proyectos y el Maestro Carmelo, quien es el encargado del proceso de monitoreo y evaluación.

I. Infraestructura verde complementada con infraestructura gris contra deslaves en laderas. *Escala de aplicación: segmentos de laderas*

Se realizó un estudio de diversas variables de observación, dentro de las cuales están: las pendientes, tipo de suelo, precipitación, tipo de vegetación. Además, el problema que se presentó de deslave afectaba directamente a la población, puesto que obstruía parte de la carretera. La solución se complementó con infraestructura verde y gris, puesto que, que se empleó un muro de contención en la parte alta para después construir plataformas con muros de bambú. Se buscó incluir plantación de especies nativas del lugar para mimetizarse con el entorno natural y evitar nuevos deslizamientos. Entonces, gracias al conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas y su biodiversidad se pueden hacer adaptaciones en las ciudades y gozar de los beneficios a largo plazo con la menor huella ambiental.



Ilustración 51. Infraestructura verde. Fotos: Pamela Núñez.

II. Jardines de vida contra el riesgo de inundación. *Escala de aplicación: zonas inundables en vialidades.*

El peligro de inundación en Xalapa es elevado, puesto que, es una ciudad rodeada de montañas. La elección del sitio para los jardines de vida fue a través de la identificación de zonas inundables, así mismo, se buscó beneficiar a la población que asiste al hospital y requiere espacios para descansar. Benefician a la sociedad y al medio ambiente gracias a que,

infiltran el agua, mejoran la calidad del aire, disminuyen la temperatura, conservan la biodiversidad, reducen ruido, además de reducir el estrés. Entendiendo las ciudades como un ecosistema, analizando la hidrografía, la precipitación, además de las funciones de cada planta, se logró emplear una estrategia de ecología para la ciudad con incidencia socioambiental.



Ilustración 52. Jardines de vida sobre camellón vial. Fuente: Foto 1: Fernanda Martínez., Foto 2: Pamela Núñez.

III. Sistemas de captación de agua pluvial en la Universidad Veracruzana en la mitigación de inundaciones. *Escala de aplicación: viviendas y edificios.*

Estos sistemas tuvieron como principal objetivo mitigar las inundaciones que se presentaban en la Universidad, no obstante, se obtuvieron mayores beneficios gracias al aprovechamiento del agua pluvial. El agua se almacena y se trata con pastillas de cloro para que sea seguro su uso externo, es decir, no es apta para ingesta, por lo que se emplea en los lavabos y sanitarios., generando un ahorro económico. La instalación de este tipo de infraestructura mezcla conocimientos de ingeniería y ecología, que brinda beneficios económicos, sociales, además de que promueven la sensibilización ambiental de las personas que asisten a esta universidad.



Ilustración 53. Sistema de captación, filtración y desinfección de agua pluvial. Fotos: Pamela Núñez.

IV. Rehabilitación funcional del pantano en el Santuario de las garzas con un enfoque ecosistémico. Escala de aplicación: zonas restaurables de la microcuenca.

Se buscó rehabilitar las funciones naturales originales del pantano, ya que, por implementaciones nocivas con el entorno perdió sus propiedades de retención de aguas lluvias, proliferación de flora y fauna silvestre, además de amortiguar inundaciones. La técnica Miyawaki también será de gran ayuda para estimular el rápido crecimiento de las plantas y obtener los beneficios a corto plazo. Es así, como la información de los análisis a diversas escalas acerca de hidrografía, precipitación, identificación de peligros ante el cambio climático, sumado a los datos obtenidos de la población, como los socioeconómicos, pueden aterrizar en proyectos de ecología para la ciudad.



Ilustración 54. Proceso de obra de la restauración del pantano. Fotos: Pamela Núñez.

Para enfatizar, las SbN no sólo mejoran los resultados de gestión de agua, sino que pueden hacer frente a los peligros ocasionados por desbordamientos, inundaciones, deslizamiento de

laderas, entre otros. Así pues, brindan un acercamiento importante hacia la seguridad hídrica, por medio de la permanencia del recurso para las generaciones presentes y las futuras. Por lo que, su consideración en proyectos de diseño urbano en diversas escalas, vislumbra un mejor futuro para las ciudades, con mayor equidad y seguridad para los habitantes.

Aprendizajes y síntesis de resultados

Contexto socioeconómico

En cuanto a la vulnerabilidad física y las características del entorno se afirma que la colonia Cuauhtémoc tiene mayor propensión a sufrir inundación. Debido a que presenta un nivel más bajo de terreno a diferencia de la colonia Adolfo López Mateos. Por otro lado, las corrientes de agua de lluvia no provienen únicamente del vaso regulador y su posible desbordamiento, sino que, las vialidades asfaltadas también presentan encharcamientos y corrientes de agua que ingresan a las viviendas por el frente de calle.



Ilustración 55. Crucero de la calle 4 Norte con Diagonal Defensores de la República. Fotos: Pamela Núñez.

Las fotografías anteriores evidencian que a pesar de no efectuarse un desbordamiento directo del vaso regulador Puente Negro, las vialidades asfaltadas presentan abundantes corrientes de agua pluvial. Adicionalmente, en varias calles los encharcamientos aparecen, dificultando, y en ocasiones, imposibilitando, el cruce de personas y vehículos. Lo anterior permite ver que, la infraestructura que se empleó para evitar la aparición de inundaciones por parte de las autoridades gubernamentales no resulta del todo exitosa, sin dejar de lado el costo económico elevado que tuvo en su momento. No sólo el vaso regulador ha presentado “fallas” en su

funcionamiento, sino también el sistema de drenaje por las inclinaciones del terreno y las grandes cantidades de agua pluvial.

En relación con lo anterior, el Banco Interamericano de Desarrollo (2007) afirma que, para la selección de las medidas óptimas de reducción o mitigación del riesgo es necesario tener en cuenta aspectos técnicos, ambientales y sociales. El aspecto que tiene mayor peso para la elección de una alternativa de solución es, sin duda, la disponibilidad de recursos económicos, además que es necesario conocer los beneficios socioambientales que brindaría su implementación.

En ocasiones, las alternativas de intervención de tipo estructural representan un costo económico elevado. Se puede recurrir a otras medidas, de tipo no estructural de bajo costo con alto impacto, como la educación, la información pública y el trabajo en comunidades (BID, 2007). En ese mismo sentido, es alarmante saber que la comunidad de las colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos, muestra que tiene poca o nula información acerca de la prevención de riesgo de inundación, viéndose reflejada en la ausencia de planes de emergencia en las familias. En todo caso, impartir talleres educativos para aumentar el conocimiento y fortalecer medios de prevención, o en su defecto, de reacción, serían óptimos.

Un hallazgo importante proviene de las repuestas obtenidas en campo por parte de la población que, refuerzan la veracidad de los problemas generados por lluvias intensas en la zona de estudio. En cuanto a las percepciones sociales compartidas, se lograron documentar algunas similitudes en las respuestas. Los resultados mostraron que la mayoría de las personas se sienten desprotegidas por parte de las autoridades locales. Ellos mencionan que cuando han sido víctimas de una inundación en su colonia no reciben pronta ayuda, sino que cuando ya sufrieron pérdidas o daños materiales, lo que manifiesta la falta de organización institucional a este respecto.

Contexto socioambiental

La búsqueda del desarrollo económico, la falta de marcos regulatorios, la extracción de recursos naturales indispensables para la vida de una población expansiva, resultaron en asentamientos urbanos poco seguros e impactos ambientales severos. Abordar el desafío de

impulsar el desarrollo sostenible en las ciudades implica tener en cuenta la adaptación al cambio climático, la disponibilidad de recursos y servicios ecosistémicos, así como de buscar la salvaguarda de las personas por posibles impactos por escenarios de riesgo de desastres.

Queda de manifiesto que, el cambio climático y las anomalías hidrometeorológicas son impredecibles. En tal sentido, a pesar de contar con sistemas de proyección a futuro sobre el comportamiento de la temperatura y la precipitación, cabe la incertidumbre de la ocurrencia inesperada de eventos naturales extremos., pero lo cual, las comunidades en zonas de riesgo de inundación, deslaves o crecidas de ríos deberán estar preparadas social, técnica y económicamente.

De acuerdo con Castillo et al. (2023), más del 50% de México se vio afectado por una sequía de magnitud grave en el año 2021 a causa de una anomalía negativa de precipitación. Se debe tener en cuenta que, la interrelación que existe entre los impactos del cambio climático y la subsistencia humana., requiere medidas que abarquen problemas de riesgo de desastres, pero a su vez se ocupen por la disponibilidad y regeneración de recursos naturales, planes de acción integrales y coordinados con diversos actores.

El agua es sin duda un elemento indispensable para la vida, por lo que, se requiere de la participación social para su cuidado y correcto uso. Los sistemas de captación de agua pluvial no sólo representan una forma de cómo evitar que las redes de drenaje se saturen y ocasionen pérdidas socioeconómicas, sino también se basan en la gestión responsable del recurso. Resulta inconcebible que muchas comunidades sufran desabasto, mientras que, otras lo que buscan es deshacerse de ella porque inunda sus viviendas. Somos parte de un sistema complejo, en donde cualquier acción repercute directa o indirectamente en otros seres vivos, se requiere consciencia para administrar responsablemente la casa común: La Tierra.

Síntesis de resultados

En cuanto a los resultados más importantes para el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación, se realiza la siguiente síntesis:

Debido a las características físicas de la subcuenca del Alto Atoyac y de la microcuenca Puente Negro, se afirma que, ambas colonias estudiadas reciben gran parte de

las escorrentías pluviales de curvas de nivel más elevadas. La diferencia de alturas con respecto a su vecino cercano el volcán La Malinche las convierte en susceptibles de inundación. No obstante, la presencia de grandes encharcamientos y corrientes de agua se hacen presentes en cada ocasión de lluvia intensa, es decir, el vaso regulador no es el único depósito que recibe el agua pluvial, aun cuando no se desborde. La red de drenaje no logra cumplir su función, ocasionando inundaciones, daños a vehículos y obstrucción vehicular.

Además, como se observó en los mapas de la red hidrográfica, el río San Francisco aparece con la categoría “intermitente”, lo que significa que, a pesar de haberse efectuado la construcción del proyecto de entubamiento del mismo, continúa apareciendo en los registros como una corriente irregular. El problema radica en que las ramificaciones de este río intermitente atraviesan zonas urbanas, y las características constructivas del entorno imposibilitan la absorción y filtración del agua.

En el caso de los índices de riesgo por inundación calculados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), coinciden con las características observadas en la subcuenca del Alto Atoyac y estiman superficies que resultarían impactadas en caso de eventos hidrometeorológicos. El mapeo de la información permite vislumbrar cuál es el comportamiento de los escurrimientos de agua pluvial y fluvial. Se observan en ambos casos gran parte de las manzanas de las colonias Cuauhtémoc y Adolfo López Mateos con niveles de riesgo elevados en comparación con otras zonas del municipio. Algunas de las manzanas repiten alto riesgo en ambos índices de riesgo de inundación.

Con referencia al cambio climático a nivel municipal tenemos lo siguiente:

- En Puebla habrá un aumento en la media de temperatura de 0.7°C para el año 2039 durante el mes de junio.
- Para el año 2099 la temperatura ascenderá 4.2°C con respecto al 2015 durante el mes de junio.
- La temporada de lluvias que originalmente es de junio a octubre, decrecerá notablemente en los últimos meses y aumentará 2mm en el mes de junio en el periodo de 2015 a 2099.

La información anterior permite visualizar que, con altas temperaturas y una disminución de precipitaciones el periodo de tiempo en el que pueden ocurrir inundaciones se reduce. Sin embargo, se presentarán otros problemas como la baja disponibilidad de agua en el municipio. También se debe considerar que la ocurrencia de anomalías climáticas es impredecible, por lo tanto, el peligro de inundación permanecerá en situaciones de lluvias torrenciales no anticipadas, como sucede con las ondas tropicales. Mientras tanto, la alteración del medio ambiente por el incremento poblacional seguirá impulsando los efectos del cambio climático.

Por otro lado, ambas colonias tienen características sociodemográficas similares, algunas de ellas figuran como impulsoras del riesgo por representar un obstáculo para responder a una situación de inundación. Las personas de la tercera edad y los niños menores de 5 años representan actores más vulnerables al no ser completamente autónomos para trasladarse de lugar. El área de estudio cuenta con 3.41% más arriba de la media municipal de personas de la tercera edad, caracterizando una condición de vulnerabilidad considerablemente.

Para el caso de la vulnerabilidad por condiciones de salud, se visualiza un escenario complicado. En primer lugar, tres de las manzanas que colindan directamente con el vaso regulador cuentan con un promedio de 14 personas discapacitadas en cada una, lo que suma un total aproximado de 42 habitantes que requieren que alguien más los asista para evacuar la zona, forzando por lo menos a otro integrante de la familia a exponerse al peligro también. En segundo lugar, la colonia Cuauhtémoc cuenta con mayor número de personas sin alguna afiliación a servicios de salud. La manzana que ha padecido mayores daños en inundaciones pasadas es la de mayor superficie que es vecina directa del Puente Negro, y cuenta con un intervalo de 103 a 177 personas con esta característica, lo cual, dificulta la atención médica en caso de ser necesaria pos-desastre.

Lo mismo ocurre con la población de 15 años y más sin escolaridad, el mayor número de personas se encuentra en la colonia Cuauhtémoc, lo que complica la obtención de empleos bien remunerados y una preparación limitada para acatar indicaciones en caso de una emergencia. Adicionalmente, de las 4 manzanas con mayor cantidad de habitantes con educación básica incompleta mayores de 15 años están en la colonia Cuauhtémoc, en

comparación con 1 manzana de la colonia Adolfo López Mateos. Los datos permiten ver una diferenciación marcada entre colonias en relación a la vulnerabilidad por condiciones educativas.

Con respecto a la vulnerabilidad socio organizativa, figura considerablemente en la investigación. El hecho de no contar con planes de emergencia en la zona de estudio convierte a la población en propensa a sufrir daños con mayor facilidad. Adicionalmente, el desconocimiento del nivel de riesgo al que están expuestos debilita la posibilidad de gestionarlo. En ese sentido, hace falta el involucramiento de la participación ciudadana, instancias gubernamentales y asociaciones civiles para contar con planes operativos en materia de protección civil.

Por su parte, la pertinencia de buscar estrategias amigables con el medio ambiente recae en las consecuencias que se están padeciendo a nivel global por la actividad humana. La propuesta de aplicaciones comprobadas, de bajo costo y con grandes beneficios resulta asertiva para difundir una sensibilización ambiental. Atacar el problema desde diferentes escalas disminuye el riesgo de inundación. Además, la vinculación de los habitantes en las soluciones promueve el acceso a la información que es indispensable en la zona de estudio.

Recomendaciones y consideraciones para el caso de estudio

Para que una efectiva reducción de riesgo de desastre se lleve a cabo se requieren múltiples factores, dentro de cuales, está la adopción de políticas y procesos de diversas escalas territoriales. Las esferas locales, regionales, nacionales e internacionales, no se consuman como formas de intervención autónomas, sino como una jerarquía que requiere vinculación y coordinación para concretar acciones efectivas en la disminución del riesgo (Lavell, 2002).

En este sentido, se requiere la incorporación de conocimiento multidisciplinar experto que profundice y afine las características físicas y sociales que adoptan las inundaciones en las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México. Tomando en cuenta estudios de los procesos biológicos que ahí se llevan a cabo, que tienen que ver con el ciclo hidrológico, la degradación del suelo y la contaminación del agua. Cuando se vincula de

manera integral toda la información, se pueden formular acciones que benefician a corto y largo plazo a la población.

Tal como lo mencionan Ribas & Saurí (2022):

El éxito o fracaso de los proyectos de renaturalización o restauración fluvial, pensados como estrategia de mejora de la gestión frente al riesgo de inundación, depende del grado de conocimiento que tengamos de los procesos (erosión, sedimentación, crecidas, etc.), de la estructura y funciones (transporte, regulación, hábitat, etc.) de los cursos fluviales y del conjunto del espacio fluvial (presiones e impactos, bienes y servicios que aporta a la sociedad, etc.) (p.6).

El mal manejo del territorio ha creado y reproducido el grado de exposición de la población de la zona de estudio, por lo que, el mejoramiento del desempeño de los organismos gubernamentales de planeación y ordenamiento territorial, son fundamentales en la gestión integral del riesgo de desastres. Debe existir una transversalidad entre Protección Civil y las instancias que pertenecen a la administración del gobierno municipal, basada en principios de eficiencia y equidad, además de corresponsabilidad y el involucramiento de la sociedad en la toma de decisiones.

La gestión integral del riesgo de desastres debe tomar en consideración fundamentalmente a la sociedad civil. La participación ciudadana requiere que **la población, en primer orden, tenga acceso a la información** y conozcan los riesgos a los que está expuesta, seguido de programas de capacitación ante situaciones de desastre, como los planes de emergencia, de los que los habitantes deberán tener dominio sobre ellos. Todo lo anterior, con la finalidad de fomentar la reducción de vulnerabilidades y la exposición.

En función de que el **deterioro ambiental es un factor impulsor de riesgo**, se requiere sensibilizar a la población acerca del cuidado del medio ambiente, así como del cambio climático. Es importante comprender la necesidad de políticas públicas y sistemas a escala de comunidad que promuevan la recuperación del equilibrio ambiental, a manera de minimizar los impactos negativos que esto ha traído a la habitabilidad global. Incluyendo acciones dentro y fuera de la vivienda, alzando la voz para visibilizar el problema, y,

eventualmente, ser beneficiarios de inversiones gubernamentales en infraestructura congruente con las necesidades socioambientales.

Por lo anterior, las soluciones basadas en la naturaleza representan una respuesta acertada que, vincula la protección del medio ambiente con la reducción del riesgo de desastres. A continuación, se presenta una tabla que sintetiza las estrategias y propuesta de ubicación con base en el espacio disponible, los beneficios que proporciona cada solución y el tiempo de construcción estimado:

Tabla 15. Propuesta puntual de estrategias de mitigación basadas en la naturaleza para el caso del vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.

Escala de aplicación	Estrategia	Posible ubicación	Beneficios	Costo promedio	Tiempo de construcción
MICRO	Sistema de captación de agua pluvial	Azoteas de viviendas y edificios particulares	Reutilización del agua pluvial y disminución de volumen de agua en la red de drenaje	A partir de: MXN \$20,000.00 Incluye: material, mano de obra, equipo y herramienta*	Días a semanas
MEDIANA	Jardines de vida	Camellones sobre la Diagonal Defensores de la República y en espacios públicos de la zona	Disminución de encharcamientos y corrientes de agua sobre vialidades, promoción de la recarga de acuíferos	MXN \$3,327.00/m2** Incluye: análisis topográficos, de subsuelo, percepción social, mecánica de suelos, diseño arquitectónico, paisaje y construcción	Meses., depende de la obtención de información necesaria, por ejemplo: la ubicación de tuberías por escaneos con rayos X
MACRO	Zanjas de infiltración	Áreas contiguas a las barrancas del volcán la Malinche y zonas deforestadas	Captación del escurrimiento de agua proveniente de la Malinche, conservación del suelo y promoción de la recarga de acuíferos	Costo de excavación: A) Con medios manuales: MXN \$95/m3 b) Con medios mecánicos: MXN \$82/m3 ***	Días a semanas

Fuente: *Cálculo con información Isla Urbana Mx., ** City Adapt, **Generador de precios México.

Empresa Social como alternativa de solución y retribución económica

Por otro lado, es posible canalizar el problema visibilizado en la comunidad hacia la oferta de un producto o servicio –como solución al problema- en el que los principales actores sean los mismos miembros de la comunidad, y que además persiga beneficios ambientales. Las empresas sociales, representan esta posibilidad de hacer frente ante el riesgo de inundación o de cualquier otro tipo de problema, siempre y cuando se establezca una organización horizontal entre las partes involucradas, además de planificar las etapas del proyecto.

El enfoque de una empresa social se basa en la combinación de objetivos sociales, económicos, e incluso, ambientales, a diferencia de las empresas o negocios convencionales que buscan la multiplicación económica de la inversión inicial. En tal caso, **se hace la recomendación del tipo de empresa social que puede brindar soluciones a las colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro**, y a otras que padezcan los mismos problemas. A continuación, se explica en un *canvas social* las ideas del negocio:

SOCIAL BUSINESS CANVAS / Pluvi soluciones



Ilustración 56. Social business canvas 1 de 2.



Fuente: Elaboración propia, Cynthia Pamela Núñez López., 2023.

Ilustración 57. Social business canvas 2 de 2.

La idea principal es fundar una empresa social dedicada a sistemas de captación de agua pluvial y a la implementación de vegetación para disminuir el riesgo de inundación en época de lluvia, además de promover el aprovechamiento del recurso hídrico. Involucrar directamente a la población en empresas como esta, puede resultar positivamente por el bajo requerimiento de inversión inicial, hacer frente al riesgo de inundación, así como facilitar la capacidad de auto-emplearse, fortaleciendo la economía familiar.

Consideraciones finales

Con respecto al acceso de la información, este trabajo de investigación deberá ser de **dominio público**, así como también se pretende vincular a las instancias gubernamentales en materia de reducción de desastres y protección ciudadana.

Es sustancial la difusión de los resultados obtenidos a la **Secretaría de Protección Civil del municipio de Puebla**, seguida de la **Secretaría de Medio Ambiente Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial**, debido a que, la protección del medio ambiente y la defensa de los recursos naturales están directamente relacionados con la búsqueda de impulsar entornos más equilibrados con el entorno, con el principal objetivo de encaminar un proceso de gestión integral del riesgo de inundación.

Para abordar planes operativos ante emergencias hidrometeorológicas se deben planificar con el conocimiento y la conformidad de las comunidades afectadas. Es común la desvinculación de los diversos actores que intervienen en una emergencia, por lo que, las instancias gubernamentales y administrativas encargadas de accionar están obligadas a considerar a la población como los actores principales de la respuesta ante las consecuencias del escenario de riesgo.

Por otro lado, para fortalecer mecanismos de respuesta humanitaria se requieren **programas de capacitación permanente** que no sólo incorpore a funcionarios públicos, sino también a grupos de voluntarios e incluso organizaciones civiles organizadas, para lo que la coordinación resulta indispensable. Adicionalmente, el continuo replanteamiento de planes de acción con base en resultados obtenidos en desastres atendidos, será enriquecedor para mejorar métodos de respuesta.

Para terminar, cualquier alternativa que busque mitigar las vulnerabilidades y disminuir el riesgo de desastre requiere una **integración de diversos mecanismos**, desde políticos, como administrativos y de acción participativa. Además, la pertinencia de planificar acciones que eviten y prevean la configuración del riesgo a partir de: la **gestión del territorio**, la **coordinación**, la **transversalidad** y la **transparencia** entre instituciones serán prioritarias para garantizar la protección de la población, así como de su entorno.

Referencias

- Alcántara, I., Salinas, M., García, A., Rueda, V., Orozco, O., Aguilar, S., Velázquez, D., Lucatello, S., Rivera, N., Núñez, R., Venegas, M., & Rangel, G. (2019). Gestión Integral de Riesgo de Desastres en México: reflexiones, retos y propuestas de transformación de la política pública desde la academia. *Investigaciones Geográficas*, 98, 17. <https://doi.org/10.14350/rig.59784>
- BID. (2007). *Riesgo y desastres. Su gestión municipal en Centroamérica* (C. Clarke & C. Pineda (eds.); 1st ed.). IDB Bookstore. <https://publications.iadb.org/es/riesgo-y-desastres-su-gestion-municipal-en-centroamerica>
- BID. (2023). *Acción climática y Acuerdo de París : el rol de las ciudades de América Latina y el Caribe* (S. Castillo, V. Felipe, & M. Uribe (eds.)). <https://publications.iadb.org/es/accion-climatica-y-acuerdo-de-paris-el-rol-de-las-ciudades-de-america-latina-y-el-caribe>
- CENAPRED. (2016). *Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de Atlas de Riesgos*. 15, 39. http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf
- CEPAL. (2017). Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe: dinámicas y desafíos para el cambio estructural. In *CEPAL* (Issue October). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42141-desarrollo-sostenible-urbanizacion-desigualdad-america-latina-caribe-dinamicas>
- CNR. (2020). *Sistemas de captación e infiltración de aguas lluvias in situ*. https://research.csiro.au/rag-chile/wp-content/uploads/sites/374/2020/10/1.1-Ficha_agualluvia.pdf
- Cortés, J. (2021). Origen histórico de la contaminación hídrica y análisis jurídico del río Atoyac. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(1), 133–191. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-01-05>

- CSIRO. (2016). *Marco operativo para proyectos de recarga artificial de acuíferos*.
https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Guia-Methodologica-y-fichas-280720_ver_final_3.pdf
- Flores, J. (2012). Diseño de zanjas de infiltración en zonas no aforadas usando SIG. *Tecnología y Ciencias Del Agua, III*, 27–39.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n2/v3n2a2.pdf>
- Gobierno del Estado de Puebla. (2022). *Publicación de la Estrategia Estatal de Cambio Climático 2021-2030, que emite la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Gobierno del Estado de Puebla*. 38–42.
- IMPLAN. (2020). *Plan Integral Estratégico De Atención a La Problemática Urbano-Ambiental De La Microcuenca Puente Negro*.
- INECC. (2022). *Guía de Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones*.
https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/conten_intro/Guia_de_Escenarios_CC_mar2022.pdf
- IPCC. (2021). Comunicado de prensa del IPCC. In *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)* (Vol. 17).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
- Krieger, P. (2021). Ciudad esponja. Un escenario pospandémico. *Bitácora Arquitectura*, 46, 04. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2020.46.79031>
- Lander, E., & Serrat, J. M. (2015). Crisis civilizatoria, límites del planeta, asaltos a la democracia y pueblos en resistencia. *Estudios Latinoamericanos, Nueva Época*, 36, 29–58. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/cela.24484946e.2015.36.52598>
- Lavell, A. (1999). *Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-LA RED. <https://www.desenredando.org/public/articulos/1999/grau/>

- Lavell, A. (2002). *Nueva Sociedad Separatas Riesgo , desastre y territorio*.
- Lucatello, S., & Garza, M. (2016). *Análisis en materia de Desastres y Cambio Climático con énfasis en Política Pública*. <https://www.pincc.unam.mx/proyectos-pincc-unam/analisis-en-materia-de-desastres-y-cambio-climatico-con-énfasis-en-politica-publica-2016/>
- Mele, P. (1994). *Puebla urbanizacion y políticas urbanas*.
https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers19-04/41028.pdf
- Molina, L. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura*, 82–94. <https://doi.org/10.14718/revarq.2016.18.2.8>
- Oliveira, R. (2021). Entre el río y la calle. Un estudio historiográfico de la interrelación entre la ciudad de Puebla y el río de San Francisco. *Historia Mexicana*, 71(2), 899–946. <https://doi.org/10.24201/HM.V71I2.4346>
- ONU-Habitat. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe. In *Exit imagen y cultura* (Issue 17). <http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=1090144>
- PNDU. (2012). Conceptos generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto del País: Experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local. *PNUD. Cuadernillos de Gestión Del Riesgo de Desastres a Nivel Regional y Local Conceptos*, 28.
- PNUD. (2017). Plan Estratégico del PNUD para 2018-2021. *Policy*, 1–28.
<http://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/library/poverty/plan-estrategico-2018-2021.html>
- PNUMA. (2021). *Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe - Mecanismos de financiación para la replicación regional*. 1–75.
<https://cityadapt.com/guiassbn/>
- Ribas, A., & Saurí, D. (2022). LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA COMO ESTRATEGIAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN.

- Cuadernos de Geografía*, 109(2), 819–832. <https://doi.org/10.7203/CGUV.109.23829>
- Samsudin, C. (2020). Plan Operativo ante Emergencias Hidrometeorológicas. In *Coordinación General de Protección Civil*.
- SEMARNAT. (2012). *Plan de Acción Climática del Municipio de Puebla*.
<https://www.pueblacapital.gob.mx/images/transparencia/obl/vi-planes/pacmun.pdf>
- Soares, D., & Murillo, D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. In *Cuadernos de Desarrollo Rural* (72, Vol. 10). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11729823008>
- Therán, K., & Rodríguez, L. (2018). Hábitat Sostenible: Adaptación y Mitigación Frente Al Cambio Climático. Hacia Los Territorios Resilientes. *Módulo Arquitectura CUC*, 21(1), 63–96. <https://doi.org/10.17981/moducuc.21.1.2018.03>
- UN-News. (2021). *Devastadoras inundaciones en Europa muestran la urgencia de actuar contra el cambio climático*. <https://news.un.org/es/story/2021/07/1494492>
- UN-WATER. (2021). El valor del agua, datos y cifras. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia y La Cultura*, 1–225.
<https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/es>
- UNDRR. (2021). *Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- UNDRR. (2022). *Webinar Entendiendo el Riesgo de Desastres, conocerlo para manejarlo*. You Tube. <https://www.youtube.com/watch?v=dMoBr6ymnDI&t=3422s>
- UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. *Resolución Aprobada Por La Asamblea General El 3 de Junio de 2015*, 26.
http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf
- Varela, S. (2018). *Estrategia de rescate socio territorial de la calle Xaltonac como espacio*

público , en la ciudad de Puebla (Maestría En Hábitat y Equidad Socio Territorial).
<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Zamora, I. (2018). Comunidades epistémicas en la solución de problemas ambientales. Tendencias en la recuperación de ríos urbanos. *Espiral Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 25(71), 115–154. <https://doi.org/10.32870/espiral.v25i71.6106.g6136>

Zucchetti, A., Hartmann, N., Alcántara, T., Gonzales, P., Cánepa, M., & Gutierrez, C. (2020). INFRAESTRUCTURA VERDE Y SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA para la adaptación al cambio climático Prácticas. In *Prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina. Plataforma MiCiudad, Red AdaptChile y ClikHub. ISBN*. https://periferia.pe/assets/uploads/2020/09/reporte-infraestructura-verde-2020_version_web.pdf

Zúñiga, L. (2018). Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado Introducción. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 39–50. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376858935004/html/>

Calderón, M. (2022). Informe 2022: Envejecimiento y niveles de vida. https://web.iberopuebla.mx/noticias_y_eventos/noticias/vejez-digna-se-construye-lo-largo-de-la-vida-observatorio-de-salarios

Anexos

Fecha:

Hora:

No. de folio:

Lluvias intensas en Puebla

Gracias por formar parte de nuestro estudio de investigación. El propósito es conocer las condiciones que experimentan los habitantes del municipio de Puebla en épocas de lluvias intensas.

Nos interesa conocer tu opinión (las respuestas son confidenciales).

1. Nombre

2. Edad

3. Sexo

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

4. Colonia en la que vives

Marca solo un óvalo.

Cuauhtémoc

Adolfo López Mateos

Otra (escribe el nombre de la colonia:.....)

5. ¿Alguna vez has experimentado estas situaciones en épocas de lluvia?

Selecciona todos los que correspondan.

	Ninguna vez	1 o 2 veces	3 o más veces
Inposibilidad de cruzar la calle por grandes charcos de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inundación total o parcial de tu vivienda o negocio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daño o pérdida material (muebles, refrigerador, celular, TV, zapatos, ropa, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daño o pérdida de medio de transporte (auto, bici, moto, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. ¿Cuáles son los problemas que identificas relacionados con las inundaciones?

7. Cuando hay inundaciones intensas ¿Crees que las autoridades locales responden adecuadamente? y ¿Por qué?

8. ¿Qué tan seguro te sientes viviendo en tu colonia con respecto a las inundaciones? y ¿Por qué?

9. ¿Has oído hablar de cambio climático? Describe con tus palabras a qué se refiere

10. ¿Piensas que hay un cambio en el clima?

Marca solo un óvalo.

- sí
 NO

11. Escribe algunos ejemplos en los que has visto estos cambios en el clima

12. ¿Crees que las inundaciones están relacionadas con el cambio climático?

Marca solo un óvalo.

Sí

NO

13. ¿Tienes algún plan de emergencia en época de inundaciones? SÍ / NO ¿En qué consiste?

14. Si estás interesado en asistir a un taller GRATUITO sobre prevención ante inundaciones y cambio climático, proporciona un número de teléfono y correo electrónico:

Con toda sinceridad te damos las GRACIAS POR PARTICIPAR

Atentamente:

Arq. Cynthia Núñez.

Dr. Romeo Saldaña.

HOJA DE INFORMACIÓN DEL PARTICIPANTE. Verano 2022.

Título de la investigación:

“Lluvias intensas en colonias colindantes al vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.”

Nos gustaría invitarlo a formar parte de nuestro estudio de investigación. Antes de tomar una decisión es importante entender por qué se está realizando la investigación y qué implicaría para usted. Por favor tome tiempo para leer esta información y discútalas con otros si lo desea. Si hay algo que no está claro, o si desea más información, por favor pregúntenos. Gracias por leer esto.

El propósito de la investigación es conocer las condiciones que experimentan los habitantes en épocas de lluvias intensas en el municipio de Puebla, para brindar propuestas de mejora para un futuro. La información recolectada será parte fundamental de una tesis de posgrado con el interés legítimo de difundir y publicar la investigación, para involucrar a más personas en las propuestas de mejora.

¿Por qué he sido invitado?

Usted ha sido invitado debido a la ubicación cercana de su vivienda con respecto al vaso regulador Puente Negro.

¿Tengo que participar?

Su participación es enteramente voluntaria. Si decide no participar o retirarse en una etapa posterior, puede retirar su participación en cualquier momento.

¿Qué tengo que hacer si deseo participar?

Se le pedirá que complete una breve encuesta. No hay otros compromisos o restricciones asociados con su participación.

¿Cuáles son los posibles beneficios de participar?

Usted podrá tener acceso a los resultados de la investigación; por medio del archivo de la Universidad Iberoamericana Puebla una vez terminada, o directamente con su servidora. Además, habrá mayor visibilidad de las necesidades y condiciones de los habitantes de su colonia, con respecto a las lluvias intensas. Así mismo, podrá ser útil en un futuro para la toma de decisiones en donde su comunidad se vea beneficiada.

¿Mi participación será confidencial?

Sus respuestas serán enteramente confidenciales.

Para más información o personas interesadas en participar, comuníquese con:

Arq. Cynthia Núñez

cynthia.nunez@iberopuebla.mx

Dr. Romeo Saldaña

romeoalberto.saldana@iberopuebla.mx

Gracias por su valiosa participación

MAESTRÍA EN HÁBITAT Y EQUIDAD SOCIO TERRITORIAL



Vulnerabilidad ante inundaciones y estrategias de mitigación basadas en la Naturaleza:
El caso del vaso regulador Puente Negro, Puebla, México.

Alumna: Arq. Cynthia Pamela Núñez López. Director: Dr. Romeo A. Saldaña Vásquez.

**BITÁCORA
VERANO 2022**

SEMANA 01

UBICACIÓN

**REPORTE
01**

FECHA Lunes 06 de junio

**DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
DESARROLLADAS**

ANÁLISIS Y OBSERVACIONES

ANEXOS Y NOTAS

SEMANA 01

UBICACIÓN

**REPORTE
02**

FECHA Martes 07 de junio

Gabinete

**DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
DESARROLLADAS**

ANÁLISIS Y OBSERVACIONES

ANEXOS Y NOTAS