



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

INUNDACIONES PLUVIALES EN LAS ÁREAS URBANAS DE LA CUENCA DEL RÍO SAN
BUENAVENTURA EN LAS ALCALDÍAS XOCHIMILCO Y TLALPAN

T E S I S

QUE ES PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

ANABELL PÉREZ FLORES

TUTOR

DRA. ALEJANDRA TOSCANA APARICIO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA- XOCHIMILCO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DEL 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo que es mi fortaleza y mi energía para seguir adelante cada día. Este logro es para ti. Te amo

A mis padres que me han apoyado y cuidado en los momentos más difíciles que se me han presentado; dándome ánimos para seguir. También es para ellos, que siempre estuvieron conmigo.

A mi hermana Eva Berenice que me centra y me alienta en seguir. Eres la mejor hermana del universo.

A mi asesora Dra. Alejandra Toscana que siempre me apoyó, escuchaba y orientaba para obtener los mejores resultados. Eres la mejor.

A mi tía Beatriz que siempre me ha apoyado y cuidado como una madre. Te quiero mucho

A las personas que ya no están, que me motivaron a estudiar y fueron cruciales para la toma de decisiones en su momento. Gracias por estar en ese momento.

I. INDICE

II. INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1: Marco teórico, histórico y conceptual	11
1.1. Introducción	11
1.2. Antecedentes de las inundaciones de la Cuenca de la Ciudad de México.....	11
1.3. Marco Conceptual	16
1.3.1. Categoría Espacial.....	16
1.3.2. Peligro y amenaza	17
1.3.3. Gestión de Riesgo de Desastres	17
1.3.4. Inundaciones.....	20
1.4. Marco Legal	24
1.4.1. Marco Jurídico por alcaldía.....	25
1.5. Marco teórico- metodológico.....	27
1.6. Conclusiones	28
CAPÍTULO 2: Metodología	31
2.1. Introducción	31
2.2. Delimitación del área de estudio y temporalidad.....	32
2.3. Delimitación de la cuenca	33
2.4. Mapa base	34
2.5. Validación de los datos de precipitaciones	34
2.5.1. Periodos de retorno y probabilidad de ocurrencia.....	36
2.5.2. Datos hidrométricos	36
2.6. Inundaciones: Adquisición y análisis de las imágenes de satélite	37
2.6.1. Corrección atmosférica	38
2.6.2. Correlación de las bandas.....	39
2.7. Índice de vegetación normalizado	40
2.8. Uso y tasa de cambio del suelo	41
2.9. Mapa geomorfológico	44
2.10. Mapa edafológico	45
2.11. Delimitación de la cuenca alta, media y baja	45
2.12. Análisis de tendencia poblacional	45
2.13. Sistemas de Salud pública y privada	47
2.14. Establecimientos por actividad económica	47

2.15.	Microcuencas e información hidrológica de la cuenca	48
2.16.	Encuesta y entrevista	48
2.17.	Distribución de atarjeas	50
2.18.	Validación de la cartografía en campo	50
2.19.	Conclusiones	52
CAPÍTULO 3.: Características socio- ambientales del área de estudio		54
3.1.	Introducción	54
3.2.	Localización	54
3.3.	Localización de la cuenca del río San Buenaventura y sus afluentes	54
3.4.	Precipitación promedio mensual por alcaldía	57
3.5.	Temperatura promedio mensual por alcaldía.....	58
3.6.	Clima por estación meteorológica y alcaldía	59
3.7.	Situación de la cuenca.....	65
3.8.	Fisiografía de la cuenca	66
3.9.	Edafología	69
3.10.	Vegetación.....	73
3.10.1.	Tipos de vegetación.....	75
3.11.	Características poblacionales	76
3.11.1.	Características generales de la población actual:	82
3.12.	Cambio de Uso de Suelo	95
3.13.	Conclusiones	100
CAPÍTULO 4. . Características hidrológicas de la subcuenca del Río San Buenaventura en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan y sus relaciones con la dinámica de variables atmosféricas que influyen en la presencia de las inundaciones pluviales.		104
4.1.	Introducción	104
4.2.	Antecedentes del cambio del uso del suelo, causantes de las inundaciones	104
4.3.	Vientos y nubosidad.....	107
4.4.	Análisis de la precipitación.....	109
4.5.	Caudal	115
4.6.	Presencia de las inundaciones en la zona de estudio	117
4.6.1.	Inundaciones actuales.....	122
4.6.2.	Últimos eventos.....	127
4.7.	Estado de las vialidades y la relación con las inundaciones	127

4.8.	Atarjeas en la cuenca baja.....	130
4.9.	Encuesta y entrevista.....	134
4.9.1.	Encuesta	134
4.9.2.	Entrevista.....	135
4.10.	Conclusiones	138
III.	CONCLUSIONES GENERALES	141
IV.	REFERENCIAS	143
V.	ANEXOS	160

II. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son un problema complejo que incrementa cada vez más su frecuencia y magnitud, principalmente en áreas urbanas, a causa del crecimiento de la población que se manifiesta fuera de las defensas existentes, por el incremento de la superficie de pavimentación impermeable, es decir de los cambios de uso de suelo o del aumento de los sitios críticos de mayor densidad de población. Asimismo, también derivan de los daños al sistema de drenaje y de las infraestructuras de saneamiento, así como el manejo inadecuado de los desechos sólidos; de las acciones que bloquean el desalojo rápido del agua; de la sobre extracción en los mantos freáticos que ocasiona subsidencia en el terreno; y finalmente, de la escasa preparación de autoridades en el manejo del riesgo de inundación (Jha *et al.*, 2012).

Se requiere como punto básico el conocimiento de los peligros que pueden presentarse en áreas determinadas; este estudio busca conocer la dinámica de las inundaciones en la cuenca del río San Buenaventura en las alcaldías Tlalpan y Xochimilco, para tener un insumo que eventualmente pueda considerarse en la gestión del riesgo y en la planeación territorial.

Durante el año 2015 la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México registró 2,653 encharcamientos e inundaciones, mientras que en el 2014 se reportó 5,029 en este año, Iztapalapa se colocó como la zona más afectada con 353 eventos, seguida por Cuauhtémoc con 378, Gustavo A. Madero con 333, Benito Juárez con 297, Venustiano Carranza con 261 y Coyoacán con 240 (Betanzos, 2016)

De acuerdo con Protección Civil (2018), durante el periodo 2016-2018, la incidencia de lluvias torrenciales que originaron inundaciones en la Ciudad de México fue de 41, tales eventos afectan tanto a la población como a sus actividades económicas; esta problemática que se incrementa con la contaminación, el crecimiento desmedido de la población, el abatimiento de los mantos freáticos, los cambios de uso de suelo, la modificación de los cauces, la deforestación o la forestación inadecuada con especies no propias, la subsidencia del terreno, entre otros procesos que configuran un factor acumulativo que deriva en la afectación de la infraestructura y viviendas.

En la Cuenca del Río San Buenaventura, ubicada al sur de la Ciudad de México, ocurrieron 332 eventos de inundaciones que fueron registrados en noticias de diferentes medios de comunicación

locales y nacionales y por la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México entre los años de 1972 y 2022

El Río San Buenaventura es un escurrimiento intermitente en la parte superior y perenne en la parte inferior de la cuenca; se ubica entre las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan y en cada temporada de lluvias el nivel de su caudal se incrementa y se registran afectaciones a las colonias circundantes como la colonia la Cebada- San Lorenzo, Residencial Villa Coapa, Arenal Tepepan, Granjas Coapa y San Bartolo el Chico; esta última, actualmente se encuentra en un proceso legal por las pérdidas materiales que han ocurrido a causa de las inundaciones, así como otros sitios cercanos al cauce y donde naturalmente el río se desplaza como Viaducto Tlalpan.

Las inundaciones son detonadas por la cantidad de lluvia que precipita en la zona, y su potencial se incrementa por variables antropogénicas como es el diseño del canal, los cambios de uso de suelo, la degradación ecosistémica de los bosques ubicados en la zona alta del río, la densificación urbana, entre otras.

En consecuencia, resulta indispensable analizar las inundaciones pluviales del río San Buenaventura, en una escala local que permita observar la dinámica de los factores físicos en relación a otras variables como los cambios antrópicos realizados a la cuenca. Esto permitirá en un futuro mejorar la gestión del riesgo en la cuenca y con ello la planeación territorial. Otras investigaciones se han realizado a escalas menores y no logran identificar de manera clara las causas de las inundaciones.

En este sentido, se llegó a la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuáles son las causas de las inundaciones pluviales en las áreas urbanas del Río San Buenaventura en las alcaldías Tlalpan y Xochimilco?* Esta será la guía que permitirá conocer las causas principalmente sociales que han desencadenado la presencia de inundaciones en esta parte de la ciudad. Por lo que se planteó la hipótesis que al final de este proyecto se tendrá que comprobar, con el trabajo de campo, gabinete tanto de aspectos físicos como humanos en un contexto geográfico: los modelos espaciales geotecnológicos permiten identificar las áreas propensas a inundación, a partir de factores geográficos socio-ambientales, que son acumulativos e incrementan a la existencia de esta amenaza.

La justificación para esta tesis es la elaboración de una propuesta metodológica que incluye los elementos del espacio geográfico presentes en las zonas urbanas del río San Buenaventura, el cual se ubica entre las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan. Estos elementos, construidos a lo largo del tiempo, como el crecimiento urbano, los cambios de uso de suelo, la densidad de población, así como, las características del sistema ambiental y urbano, permiten visualizar las condiciones de la construcción de la amenaza por inundación que se llevó a cabo en el territorio y como resultado de sus interacciones, desencadenaron a las condiciones presentes en el espacio.

En relación a lo anterior, se podrán conocer las condiciones internas del espacio geográfico desencadenantes de la amenaza, a partir del manejo de datos geospaciales, cartográficos y estadísticos, a partir del uso de insumos y herramientas de bajo costo como Qgis, SNAP, Google Earth, imágenes Landsat y Sentinel, entre otras, que se encuentran en la red de internet, las cuales facilitan la generación de una base de datos que determina las variables críticas tanto del medio físico y socioeconómico y las áreas que cada año en temporada de lluvias provocan eventos de inundación y que se han consolidado a lo largo del tiempo; por lo que, esta investigación podrá aportar una herramienta técnica y de consulta para la toma de decisiones en las colonias, donde se presentan inundaciones.

El objetivo general que permitirá centrar la tesis y delimitarla en su contexto técnico, temporal y espacial es el siguiente:

Identificar las causas que determinan la presencia de inundaciones pluviales en la zona urbana del río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan

Los objetivos particulares son:

Analizar las características hidrológicas de las subcuencas del Río San Buenaventura en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan y sus relaciones con la dinámica de variables atmosféricas que influyen en la presencia de las inundaciones pluviales.

Identificar las características físicas, ambientales, sociales y económicas donde se ubica el río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan y sus relaciones con la frecuencia de los eventos de inundación.

Zonificar las zonas propensas a inundación en el Río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan, sus afectaciones y su incidencia en el riesgo, así como los elementos afectados y que generan otros riesgos.

La tesis presenta la siguiente estructura capitular: en el primer capítulo se realiza una revisión documental para explicar el marco teórico, histórico y conceptual necesarias para este trabajo de investigación, con la finalidad que sea entendible el contexto científico en el que se explica esta tesis dentro del área geográfica. Si bien la Cuenca San Buenaventura de la Alcaldía de Xochimilco y Tlalpan forma parte de un sistema hídrico de la Cuenca de la Ciudad de México con la presencia de inundaciones importantes desde la época prehispánica, esto nos ayudará para identificar y construir los cambios que han ocurrido a lo largo de la historia, que son algunos de los procesos que se manifiestan en la complejidad del espacio y que se construyen el contexto actual, por lo tanto se tuvieron que revisar diferentes textos que explicaran sobre las inundaciones más importantes y las obras que se fueron realizando para la ciudad. En seguida, se habla de los conceptos empleados y que se utilizan para ubicarla en la Gestión del Riesgo, sin embargo, esta tesis solo estudia las inundaciones para su gestión como amenaza, para conocer la causalidad de esta problemática. Por último, se realiza una revisión de las metodologías de inundaciones que utilizaron en este proyecto, pero que tienen alguna variación en los insumos o en los pasos a seguir.

En el segundo capítulo se hace una explicación de la metodología e insumos que se utilizaron para la elaboración de este proyecto, que incluye las fórmulas estadísticas para medir las inundaciones pluviales, sus periodos de retorno, validación de datos, la superficie del espejo de agua a través de las imágenes satelitales, las cuales, tendrán sus características espectrales y espaciales que se ubican dentro geotecnologías; además se incluyen los procesos que se realizaron, como el uso de suelo, redes viales y de las atarjeas. También se explican las clasificaciones que se utilizaron para la elaboración de la simbología para los mapas, como el de cambio de uso de suelo, por medio de los Sistemas de Información Geográficas. Por último, se incluye la verificación de datos en campo, la elaboración de la encuesta y las entrevistas. Asimismo, se exponen las limitaciones en la obtención y manejo de los datos.

En el tercer capítulo se aplica la metodología de las variables socio ambientales que explica la construcción de las inundaciones en la Cuenca del río San Buenaventura: las precipitaciones,

temperatura, clima, morfología de la cuenca, los suelos, vegetación, crecimiento poblacional, densidad poblacional, salud, población con discapacidad, actividades económicas en la cuenca, que en un futuro servirá para medir la vulnerabilidad como una continuidad del trabajo. En este trabajo también se incluyen las características generales de la Cuenca, como su localización, extensión, orden, longitud del cauce.

En el capítulo cuarto se presenta el análisis de las características hidrológicas y atmosféricas que implican el origen de las inundaciones, desde los vientos, dirección y las precipitaciones a partir de la revisión documental que generaron inundaciones importantes y que se relacionaron a la base de datos que se recopiló durante el proceso de investigación. También se explica la importancia de la cuenca a través de la historia y su utilidad para el uso de los habitantes y su importancia para las actividades económicas; por último, se realiza la espacialización de los espejos de agua obtenidas del manejo y la interpretación de las imágenes de satélite con su frecuencia en los años y su superficie del espejo de agua; además se incluye la encuesta y la entrevista realizada a la población para conocer las acciones de la población y el gobierno durante la presencia del fenómeno perturbador, forma de prevención y el forma de reducirlo, que será importante para poder realizar la continuidad del proyecto.

CAPÍTULO 1: Marco teórico, histórico y conceptual

1.1. Introducción

En este capítulo se hace una revisión cronológica documental y de investigaciones de las inundaciones de la Cuenca de la Ciudad de México y de la del Río San Buenaventura, que han desembocado en desastre¹, así como sus probables causas que han construido un problema de vulnerabilidad hacia la población que reside en el sitio y de eventos con mayor magnitud e intensidad, con la finalidad de enmarcar en un contexto histórico la problemática objeto de este estudio. También se identifican los factores que otras investigaciones han vislumbrado en el proceso de construcción del evento de inundación.

Posteriormente se realiza una revisión conceptual de diferentes autores que han tratado la temática desarrollada en este documento, referente a los conceptos de peligro y amenaza e inundaciones; esto es importante para entender la terminología que se emplea en el desarrollo de esta investigación. En este apartado, se incluye la categoría espacial del territorio que nos permite justificar la escala que se utiliza en este proyecto: la local.

A continuación, se hace una revisión de diferentes investigaciones científicas sobre los aportes metodológicos y conceptuales actuales sobre las inundaciones; esto permite identificar algunos procesos útiles este proyecto, así como algunos insumos y resultados que se validará en el desarrollo de esta investigación.

1.2. Antecedentes de las inundaciones de la Cuenca de la Ciudad de México.

En relación al tema de este proyecto, la Ciudad de México ha presentado históricamente eventos de inundaciones, debido a la configuración de la cuenca y a las interacciones del ser humano a lo largo del tiempo; entre estas son los cambios de uso de suelo, el deterioro ecosistémico de los canales y la modificación del sistema hídrico para la construcción de la infraestructura, el crecimiento desordenado de las ciudad, el abaratamiento del suelo, los asentamientos irregulares, la contaminación urbana, el retroceso de la frontera agrícola, la introducción de especies invasoras e introducidas entre otras que son los factores físicos, económicos, políticos y sociales que pueden

¹ Se considera desastre cuando, a partir de las inundaciones, se presentan daños y pérdidas para las personas y sus bienes, así como en las infraestructuras y servicios de la ciudad.

materializarse en los desastres; los registros de eventos que ocasionaron pérdidas humanas o materiales de gran magnitud y que en la memoria colectiva de la población tienen mayor intensidad son los de los años *1449, 1500, 1510, 1555, 1579, 1604, 1607, 1628, 1900, 1951, 1975 y 1992* (Pérez, 1993; Cruz, 2009).

La Ciudad de México se ubica en una cuenca endorreica que carece del drenaje natural que permita permite expulsar el agua del centro de la Ciudad, en donde anteriormente se formó un lago y progresivamente fue urbanizado y para ello, se modificaron sus cauces de los escurrimientos. Los pobladores, desde un inicio registraron las inundaciones en códices que relatan los daños a las formas de vida de la población (Pérez, 1993), así como las medidas de mitigación que se han realizado, las cuales suelen ser las principales causas en nuevos eventos, al modificar la Cuenca y provocar daños al sistema. Sin embargo, estas tienen como finalidad permitir la permanencia de la población en este espacio durante un periodo de tiempo y de reducir el impacto de los eventos que afecten a los asentamientos humanos, lo cual, no tiene en cuenta la aptitud del suelo que siempre ha sido diferente al urbano.

Pérez (1993) y otros autores, han realizado el análisis histórico de las inundaciones de la Ciudad, en el cual, el registro más antiguo es el 1382 y las afectaciones provocaron que se construyera el albarradón de Nezahualcóyotl. Este dique fomentó la participación de las comunidades de la Cuenca en su planeación y construcción, ya que sirvió para regular las crecidas del lago de Texcoco a causa del desbordamiento del lago de Zumpango que cada año sus aguas dulces se combinaban con las aguas salobres del sureste de la Cuenca, lo que afectaba en las actividades económicas de la agricultura y pesca.

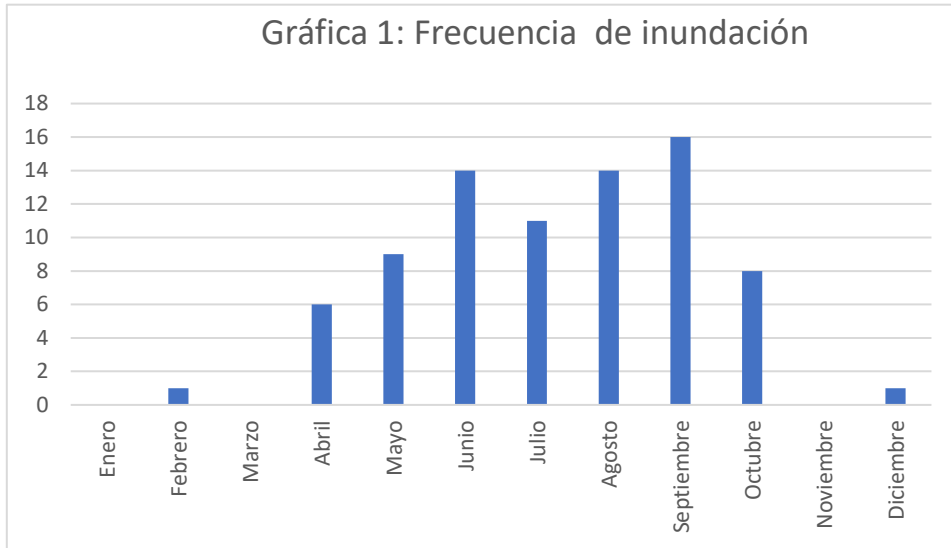
Las mayores afectaciones fueron durante la época Colonial, que a causa del desconocimiento hídrico de las características físicas de la Cuenca comenzaron por destruir el albarradón de Nezahualcóyotl que había mantenido la regulación del sistema hídrico y, por lo tanto, de la frecuencia de las inundaciones. A causa de la magnitud e intensidad de las lluvias y la frecuencia de las inundaciones, los hispanos pensaron en cambiar la sede de la Ciudad, por la recurrencia de los eventos y varias familias se vieron forzadas a desplazarse a la Ciudad de Puebla de los Ángeles (Pérez, 1993).

Desde entonces ha sido una carrera constante en la Ciudad de México, por la respuesta de los gobernantes ante el peligro de las inundaciones, en el cual, han construido medidas para la solución momentánea al registrarse pérdidas humanas y materiales, que si bien, ya no tiene una escala estatal, sí existen puntos donde la frecuencia de los eventos es anual. Una de las soluciones fue en 1941 donde se construye el Drenaje Profundo de la Ciudad, que son *Dos interceptores de 5 km de diámetro y 18 km de longitud conjunta, con una profundidad que varía de 30 a 50 m. Los interceptores descargan al Emisor Profundo de 6.5 de diámetro y 50 km de longitud* (Domínguez, 2000: 2-3).

Esta medida era para extraer por gravedad hacia el Sistema de Lerma el superávit de la precipitación que cae en la Ciudad de México, sin embargo, existió en su diseño la combinación con las aguas negras provenientes de la zona urbana y al paso de los años se tuvo que entubar los ríos que pasaban por el centro de la ciudad, con la finalidad de evitar malos olores y epidemias, como son el Río de Piedad, Churubusco, La Viga, Consulado y Mixcoac (Domínguez, 2000) entre otros, por lo que, propició el desequilibrio de las aportaciones del agua en los mantos freáticos de la Ciudad, aunado con el crecimiento urbano existente a mediados del SXX, llamado “BUM demográfico”; estas acciones concatenadas, provocaron los hundimientos diferenciales a causa del abatimiento de los mantos freáticos para el consumo humano, por lo tanto, los emisores del agua ya no eran funcionales y se tuvieron que instalar bombas, para extraer el agua residual para enviarla fuera de la Ciudad.

En las alcaldías de Tlalpan y Xochimilco no ha sido la excepción la presencia de este tipo de eventos. En Xochimilco se presentó una grave inundación en 1609 que destruyó sus sementeras y redujo la pesca debido al cierre de la acequia de Mexicaltzingo, para impedir que se inundará la Ciudad (Vidrio y Ávila, 2000)

En la actualidad, las inundaciones se presentan anualmente en la temporada de lluvias de junio a septiembre, (Gráfica 1), principalmente en áreas reas urbanizadas y con alta densidad de población.



Gráfica 1: Elaboración propia. Los datos son obtenidos de notas periodísticas de internet 1980 al 2019. Fuente: Desinventar.

Ambas alcaldías cuentan con cauces como el río San Buenaventura, San Gregorio, San Luís, San Lucas, Santiago y Magdalena (Cámara de Diputados, 2017), los cuales cuentan con presas para regular sus escurrimientos provenientes del Ajusco o de la Sierra del Chichinautzin, que, a su vez, naturalmente es una zona permeable por la presencia de roca basáltica (Domínguez, 2000), sin embargo, actualmente las zonas urbanas y pavimentadas se han extendido sobre otros usos de suelo que permitían mayor filtración al subsuelo.

Desde 1980 a la fecha se han registrado 81 reportes de noticias sobre inundaciones en Tlalpan y Xochimilco, y aunque cada año se anuncian medidas para reducir su presencia, no se han obtenido los resultados que se pretenden, por lo que la frecuencia y magnitud han incrementado (Domínguez, 2000) y los eventos repentinos afectan en mayor y menor medida a la población. Esto es un problema que debe ser estudiado a partir del conocimiento de los factores físicos, económicos, políticos y sociales que se involucran en el espacio geográfico.

La Cuenca del Río San Buenaventura que se ubica en las alcaldías de Tlalpan y Xochimilco forma parte de un escurrimiento intermitente, que en la época prehispánica era utilizado para traer agua desde los manantiales del Ajusco hasta la Zona Chinampera (Martínez y Padilla, 2011), por lo que su cauce fue confinado a un canal con características que permitían el desalojo del agua a Xochimilco en 1992 (Ballinas, 1992).

En 1950, al tener los canales azolvados e imposibilitado para navegar, se comenzó a desviar a los ríos Churubusco y San Buenaventura a través de Canal Nacional (Aréchiga, 2004:106, citado en Domínguez, 2021: 5). A partir de 1968 y la construcción del Anillo Periférico (fotografía 1), este cauce ha tenido modificaciones. En la parte baja de la cuenca, el cauce se confinó en su totalidad, por lo que se dejaron tramos muy rectos sin zonas de meandros, por lo que aumentó su velocidad en su desalojo, así mismo, se dejó una inclinación hacia las zonas agrícolas, que anteriormente se encontraban en Xochimilco, con lo cual, en la temporada de lluvias se inundaba, para evitar la afectación de la circulación en la nueva avenida que conectaría el poniente y el oriente de la Ciudad. También se construyó un vaso regulador en Muyuguarda y colectores (DGCOH, 1994) y la pista de canotaje Virgilio Uribe (fotografía 2), que recibe parte del escurrimiento del río.



Fotografía 1: Construcción de Viaducto- Tlalpan en 1968, al fondo se observa los predios deprimidos y la construcción del Anillo Periférico. Fuente: ICA aerofoto (1966). CIA Mexicana Aerofoto S.A. (visto por última vez el día 23 de diciembre del 2022 en <https://www.facebook.com/tlalpanhistoria/photos/el-tr%C3%A9bol-del-anillo-perif%C3%A9rico-y-el-viaducto-tlalpan-en-una-fotograf%C3%ADa-%C3%A9rea-de/623164207768036/>).



Fotografía 2: Construcción de Anillo Periférico y la pista olímpica Virgilio Uribe en 1968, se observa el bosque de galería del Río San Buenaventura y Canal Nacional. Fuente: ICA aerofoto 1968 (visto por última vez el día 23 de diciembre del 2022 en <https://www.facebook.com/tlalpanhistoria/photos/a.467007373383721/1638997556184691/>).

La construcción del Anillo Periférico Sur permitió y estimuló el crecimiento de la Ciudad de las zonas inundables, asimismo, en el área de captación de agua en el Ajusco. En consecuencia, aumentó la demanda de la infraestructura y de servicios básicos en las nuevas colonias (Santos y Aguilar, 2016), y las zonas de infiltración del río disminuyeron a causa de la pavimentación y el cambio de uso de suelo.

Lo anterior provocó que para inicios de 1970 se empezaran a presentar inundaciones en estos asentamientos humanos, lo que afecta los bienes materiales y la calidad de vida de sus habitantes. En 1992 se determinó que sería mejor entubar el tramo abierto (fotografía 3), ubicado en Colonia la Cebada, San Lorenzo; Xochimilco, pero hasta la fecha, no se han culminado las obras (fotografía 4) (Ballinas, 1992).



Fotografía 3: parte entubada. Colonia La Cebada San Lorenzo, Xochimilco. Fuente: Fotografía propia.



Fotografía 4: parte sin entubar. Colonia San Bartolo, Xochimilco. Fuente: Fotografía propia.

Actualmente este río tiene descargas combinadas de aguas residuales y pluviales que ingresan a Canal Nacional, a la zona chinampera de Xochimilco y la Pista de Canotaje de “Virgilio Uribe” (López *et al.*, 2015), lo que provoca un problema de salud pública y descontento social.

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Categoría Espacial.

La categoría espacial utilizada en esta tesis es el territorio que se encuentra definida *por límites físicos, naturales, políticos, jurisdiccionales, simbólicos y funcionales, donde los actores interactúan, compiten y establecen relaciones de poder, cooperación y confianza* (Montañez y Delgado, 1998: 1-2; Elden, 2010: 799-817; Llanos-Hernández, 2010: 207-220 citado por Suárez, 2013: 19), que se materializan en el territorio conjuntamente con los objetos, los cuales modifican su fisiología y fisionomía, por las fuerzas que inciden a causa de los actores (Santos, 2000).

Por su parte los actores, dependen de su apropiación y valorización, inscrita en un espacio de dominio, hegemónico del uso de los recursos naturales, compuesto de normas y códigos que permiten reproducir el espacio (Cuervo, 2016) y son estructuradoras de la realidad (Santos, 2000),

en el cual, los actores regulan las relaciones y la funcionalidad dentro del sistema, con fronteras diluibles y sobrepuestas.

Las territorialidades quedan definidas a partir de la ocupación y apropiación con diferentes grupos sociales, agentes económicos y sus características diferenciadas. El territorio se define por la dimensión material, que cuenta con los sistemas (Colavitti, 2018) natural, espacio económico, hábitat, espacio social y cultural, con sus relaciones que ordenan en función de sus actividades y procesos de degradación, que a partir de su territorialización determina el modelo de uso de suelo que utiliza normas y reglas de organización espacial. La dimensión política incorpora las relaciones complejas entre los procesos sociales, económicos y ambientales (Rodríguez, 2014).

1.3.2. Peligro y amenaza

Estos son sinónimos y se refieren a un daño latente o un factor externo de riesgo de un sistema o sujeto expuesto. Este puede ser expresado en forma matemática como una probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad en un sitio específico y durante determinado periodo de tiempo de exposición.

Las amenazas comenzaron a estudiarse en el área de las ciencias naturales, para entender y conocer el funcionamiento de *fenómenos geodinámicos, hidrometeorológicos y tecnológicos, a partir de una probabilidad de ocurrencia en un periodo de tiempo dado* (Cardona, 1993) que se materializan en un territorio específico; y que en la actualidad, se incluye en su análisis el proceso de formación histórico para la medición de la duración del evento y sus afectaciones al ser humano (Lavell, 2003), que detonan en acciones reguladas dentro de las fronteras jurisdiccionales y normativas.

1.3.3. Gestión de Riesgo de Desastres

La Gestión Integral de Riesgo de Desastre es " un proceso planificado, concertado y participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo, ... que están íntimamente ligada a la búsqueda de desarrollo" (Molpaceres et al., 2012). Este proceso se hace implícito en la *toma de decisiones* (Lucatello et al., 2014), en el cual, se acuerdan un conjunto de acciones en el espacio, a partir de la organización de los actores; para construir planes y políticas (ONU, 2016), que se encaminan a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial, en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres órdenes de gobierno, así como a los sectores de la sociedad.

La Gestión Integral del Riesgo puede ser:

1. *Prospectiva: que implica abordar medidas y acciones de la planificación, para evitar la construcción de nuevos riesgos, por lo tanto, es hacia futuro.*
 2. *Correctiva: se requiere adoptar medidas de manera anticipada para reducir riesgos.*
 3. *Reactiva: implica la preparación y respuesta durante la emergencia de desastre.*
- (Chuquisengo, 2011:11-12, citado por Molpaceres *et al.*, 2012) puede ser,

Lo anterior, fortalece las *capacidades de resiliencia* o resistencia de la sociedad, *que se entiende como la capacidad de recuperación y respuesta para afrontar el impacto de un evento* (Etulain y López, 2017). Este es un proceso continuo, multidimensional, interjurisdiccional y sistémico orientados a reducir el *riesgo de desastre* y el *riesgo residual* (ONU, 2016), ocasionados por las consecuencias de las actividades relacionadas con el manejo de emergencias y/o desastres (Etulain y López, 2017), que a su vez en el Marco de Sandai, se menciona como una prioridad de preparación para *la reducción del riesgo de desastre con una respuesta eficaz para evitar la pérdida de vidas, medios subsistencia y salud, así como bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales* (ONU, 2016); por medio de medidas anticipatorias en el marco del desarrollo sustentable, con una *planeación transversal y coordinada* (Ruíz, 2019).

Lavell (1996) menciona que la gestión de desastres es manejo o administración y lo divide en subconjuntos, importantes para conocer el objetivos y alcances de los proyectos o instrumentos. La gestión de riesgo de desastres engloba los cuatro apartados

- **Gestión de amenazas:** son actividades para reducir la probabilidad de las amenazas físicas que se conviertan en hechos o eventos reales, o disminuir su probable intensidad o impacto.
- **Gestión de vulnerabilidades:** son actividades para reducir la vulnerabilidad de la sociedad frente a las amenazas físicas.
- **Gestión de la emergencia o de respuesta inmediata:** son actividades que restauran las condiciones mínimas de seguridad y bienestar social y económico de las poblaciones afectadas por el impacto de un evento.
- **Gestión de la rehabilitación y reconstrucción:** son aquellas actividades encaminadas a restablecer las condiciones normales para las poblaciones afectadas

Por otra parte: Soldano (2009) en la gestión de riesgos en la evaluación de las amenazas propone cuatro niveles

- a) *Histórica: A partir de estudios de cartografía de eventos históricos, donde se puede obtener la magnitud y el periodo de retorno.*
- b) *Heurística: El especialista es el que pondera las variables, de acuerdo con su experiencia y los criterios de evaluación.*
- c) *Estadística: Se realiza bajo el estudio de las relaciones de los datos que se midieron a partir de un método estadístico.*
- d) *Determinística: Bajo la simulación de eventos, a partir de modelos matemáticos en relación con su naturaleza física.* (Soldano, 2009: 4-5 citado por Reygadas, 2012)

El estudio de los peligros como las inundaciones incluyen variables antropogénicas, en particular de infraestructura, equipamiento y de aspectos sociales, que dentro de las acciones falta incluir las medidas no estructurales para la prevención y prospectiva del riesgo (Vinet, 2018)

Lavell (2003), menciona que identifican los factores del riesgo desde una visión sistémica mono o multi amenaza, que a través de la concertación y coordinación transversal e integral se desarrollan acciones no aisladas al desarrollo; al contrario se identifican los factores de vulnerabilidad a partir de las condiciones de pobreza, desigualdad, acceso a recursos económicos y de poder, de la explotación y el uso de los recursos naturales entre otros que se encuentran en la comunidades participantes. El riesgo no respeta límites administrativos e incluso, el autor propone el estudio a partir de cuencas, el cual, permite analizar e identificar las amenazas en su contexto geográfico, que, a su vez, se puede subdividir en espacios homogéneos; estos se pueden estudiar, sin embargo, requiere de la coordinación territorial del municipio, que norma y administra el espacio.

La escala de manejo cartográfico, el grado de desagregación y calidad de la información, así como su accesibilidad, para la estadística permite que instituciones sean flexibles y equitativos en la toma de decisiones, para evitar que sectores económicos como las empresas privadas tomen ventaja en comparación a las comunidades, con los análisis de costo- beneficio (Wilby y Keenan, 2012) por parte de las aseguradoras.

En relación a lo anterior, la población puede ser vulnerable ante la amenaza de las inundaciones, que se mide a partir de una probabilidad de que esta, pueda sufrir daño y tenga dificultad a reponerse (Romero y Maskrey, 1993), a su vez va más allá de lo económico, sino, que es determinado por factores físicos, sociales, políticos y ambientales, así como de la infraestructura (Birkman, 2007; Vergara *et al.*, 2011), nivel de estudios, *formas de producción, calidad y cantidad de los recursos naturales, segregación social* (Romero y Maskrey, 1993), a veces poco entendibles en su construcción de la resistencia ante una amenaza, que comúnmente enriquece una cultura y la transforma (Birkman, 2007; Macías, 2015)

En esta tesis, es importante tomar en cuenta algunos aspectos de la Gestión del Riesgo para su elaboración, necesarios para la Gestión de la Amenaza o Peligro, debido a la construcción de la causalidad de las inundaciones en la Cuenca del Río San Buenaventura, se debe de tomar la parte social y la parte ambiental, con la finalidad de encontrar los factores geográficos que desencadenan la presencia del evento y lo materializa en el espacio.

1.3.4. Inundaciones

Las inundaciones se definen como un *flujo mayor que sobrecarga a del cauce natural provista en ese momento por las precipitaciones* (Chow, 1956 citado por Smith y Ward 1998), el agua es acumulada en la superficie de una zona donde comúnmente no se encuentra y la profundidad es donde se considera de alto nivel de *peligro* (Alcocer *et al.*, 2016) por la dificultad de la capacidad de adaptación del ser humano a estos ambientes.

La saturación es determinada por la capacidad de captación del suelo donde cae la lluvia; el agua, así puede permanecer por días, pero la afectación es directamente en la zona (Rodríguez, 2012: 7). Considerando el evento, en este caso la inundación, este depende de los factores de magnitud del flujo, de la intensidad de la lluvia y su duración, así como las condiciones de humedad anteriores, que son valores desconocidos muchas veces (Smith y Ward, 1998); estas variables en conjunto o solas pueden entenderse como peligro (Birkman, 2007); sin embargo, como ya se mencionó, para una comprensión amplia de las inundaciones es necesario considerar también las acciones y transformaciones antrópicas hechas al entorno.

Rosengaus, M (2000 diciembre), clasifica las inundaciones en:

- a) *Repentinas: Son ocasionadas por precipitaciones en cuencas de reacción rápida, las cuales están acompañadas de lodo y ocurren principalmente en zonas periurbanas, donde muchas veces se ubican asentamientos irregulares, por lo que pueden ocasionar pérdidas humanas y materiales.*
- b) *Inundaciones de larga duración: Ocurren en planicies sin pendiente, donde el agua acumulada por la precipitación dura varios días en la superficie. Estas pueden ocasionar pérdidas humanas por el descuido.*
- c) *Encharcamientos: Se presentan en lugares urbanos con periodicidad anual y solo ocasionan el retraso de tiempo en las actividades productivas (Rosengaus, 2000: 22-23 citado por Trejo, 2001)*

También se clasifican por origen (Rodríguez, 2013: 15 citado por Rosas, 2019) en pluviales, fluviales, costeras y por afectación en la infraestructura, así como en rápidas y lentas. Brody y Highfield (2013) menciona que el origen de las inundaciones es principalmente a causa de precipitaciones, que son repentinas, de carácter extremo; y en la actualidad han aumentado su frecuencia, por lo que pueden ocurrir en algunos lugares que comúnmente no se presentaban y son sorpresivas para la población (Rotger *et al.*, 2018).

El estudio de las inundaciones tiene una perspectiva multidisciplinaria (Vinet, 2018), multifactorial y multidimensional debido a la complejidad del sistema, por medio de modelos cuantitativos y cualitativos (Birkman, 2007).

La probabilidad de las inundaciones pluviales puede ser estudiadas a partir de la construcción de modelos de amenaza en zonas urbanas que son medidas estructurales (Ran y Nedovic. 2016), en el cual, se utilizan criterios que consideran el tirante, velocidad, esfuerzo al vuelco y deslizamiento generado por el escurrimiento de la lluvia (Alcocer *et al.*, 2016), a su vez, se deben de incluir las variables sociales, legales y económicas (Rosenfeld, 1994) con lo que se obtienen mapas más apegados a la realidad. Con lo anterior, se puede observar que existen diferentes metodologías para la medición de las inundaciones, a diferentes escalas y con variables distintas, que dependen del autor y de la problemática a abordar.

En relación con lo anterior, para construir estos modelos matemáticos con principios físicos como es en la geografía física:

“Se recopilan datos meteorológicos por periodos de tiempo mayores a 20 años, como es la lámina de precipitación... la cual es una variable independiente del área, ...obteniendo el promedio que permite convertir la lluvia en volumen (mm) en diferentes puntos;... la intensidad de precipitación acumulada a 10 hrs. para conocer la temporalidad ...y la localización de las lluvias; el hietograma para medir la precipitación en una hora, ...o el gasto que se define como la cantidad de escurrimiento que pasa por un determinado lugar en un cierto tiempo (que es el caudal),... así como otras mediciones que permiten obtener el periodo de retorno de eventos extremos“(CENAPRED, 2014).

“Las radiosondas...generan un perfil vertical o “sondeo” de la atmósfera, a partir de las mediciones obtenidas, esto permite determinar datos atmosféricos tales como: humedad relativa, estabilidad, cizalladura, vertical del viento, tiempo severo y potencial de inundaciones repentinas en el lugar del sondeo” (Laing, 2011).

Otra manera de abordar este tema, es por medio de la incidencia de eventos de inundación, que se realiza a partir de la búsqueda sistematizada de información con la finalidad de ubicar la probabilidad de que ocurra el riesgo en el territorio, con diversos criterios de consulta en artículos científicos, informes periodísticos, documentos institucionales y libros publicados en un periodo de tiempo determinado (Arreguín *et al.*, 2011; Sedano *et al.*, 2013; SEDATU, 2016), asimismo la comparación de documentos gubernamentales y de gestión (Parada, 2017).

Los modelos deben de ser descriptivos, predictivos, prescriptivos o normativos, que obedece y simula la solución de problemas, para que sean factibles y que pueda ser evaluados a partir de indicadores (German, 1996); uno de los más utilizados son los de hidrología e hidráulica que cuentan con errores inherentes y de forzamiento, llamados incertidumbre en la gestión de riesgos por su análisis del tiempo histórico y la escala.

Otra forma de abordar las inundaciones es por la hidrogeomorfología mediante el análisis entre los procesos físicos del flujo de agua sobre la superficie terrestre, que incluye la mecánica de los sedimentos de la parte móvil y sus formas presentes de los canales aluviales. Su estudio se realiza a partir de los sistemas complejos, que estudia la parte histórica del desarrollo de evento y sus modificaciones que determinan la forma de la cuenca y caudal que desencadena en un nuevo evento, que puede afectar al ser humano, para ello se realizan modelos para delimitación de zonas

de expansión, cambio y ocupación del suelo. Al final mapa queda clasificado en tipología, ya que su análisis se realiza a partir del paisaje, que se complementa con el análisis estadístico de las crecidas y de la erosión (Volonte y Gil, 2019)

Los datos pueden ser obtenidos (Briggs y Matojo, 2019) directamente en campo o en gabinete en la *web* y/o literatura (Goff y Chague, 2014). Los datos de los desastres tienen raíces históricas y futuros potenciales, que evidencian las formas de reconstrucción (materiales y el tiempo), su estructura sociopolítica y sus patrones de producción e ideología (Shuller, y Morales; 2012), que, a su vez, determina su capacidad de resiliencia y recuperación.

En México, la elaboración de cartografía de áreas sujetas a inundación se enmarca en la *Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos* (DOF, 2016), en la cual, se incluye el método para la elaboración obligatoria del documento técnico- científico para la toma de decisiones de cada alcaldía o municipio, que, a su vez, este incluye los elementos del riesgo desde el peligro, amenaza, exposición hasta la vulnerabilidad, todo ello representado y analizado espacialmente a nivel territorial. Este documento contiene las indicaciones para la elaboración de los mapas, que tiene como obligación expresar la metodología utilizada y las bases de datos, sin embargo, no toma en cuenta las escalas diferentes y proyecciones que pueden presentar, ya que los mapas base son a nivel federal, estatal y local.

La metodología detallada para la elaboración de *mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas* considera principalmente inundaciones fluviales (Salas, 2011) y no pluviales. Como alternativa, la SEDATU (2016) incluye un nivel general de cartografía de inundación, denominado “Cartografía general de inundaciones históricas”, la cual corresponde al nivel elemental de representación cartográfica sobre las amenazas, a partir del análisis estadístico (Rosenfeld, 1994) de la construcción social e histórica del riesgo como un proceso de un territorio dado, en el cual, las amenazas son relacionadas con otros tipo de proceso, por ejemplo, la contaminación y otras tecnológicas (Merlinsky. y Ayelén, 2016).

A partir de la obtención de relación de la geografía humana y física se utilizan

“Modelos hidráulicos” ... por medio de cartografía de INEGI a escala 1:50,000 y 250,000 en formato impreso y digital, así como modelos digitales de elevación ortofotos,

cartografía (manzanas, curvas de nivel, hidrografía, uso de suelo, etc), ... Imágenes de satélite (Landsat, Spot, Radar SAR), ... datos del “hidroestimador” ...con estimaciones de lluvia y... levantamientos aerofotogramétricos de cauces y zonas inundables (Arreguín et al., 2011).

Un ejemplo de modelos de simulación hidráulica por medio de uso de Sistemas de Información Geográfica y el sistema Hec Ras, permiten medir *los cauces de los escurrimientos, las profundidades de flujo y las velocidades entre otras variables* (Torres y Gonzales, 2009). así mismo, en el corte lateral de la *sedimentación en el uso del suelo y control de las estructuras* (Rosenfeld, 1994).

1.4. Marco Legal

La Carta Magna, en sus garantías individuales, señala que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano, además de proveer y facilitar el acceso a los recursos naturales entre ellos a los hídricos; el Estado tiene la responsabilidad de proveer servicios de salud, educación y de una vivienda digna y segura a la población (DOF, 2020). En relación al agua, este documento solamente habla de su abatimiento del manto freático, mas no de su disposición final.

Por otra parte, la Ley de Aguas Nacionales, a través del Ejecutivo Federal declarará zonas de desastre a aquellas cuencas o regiones hidrológicas (Art. 38) donde los ecosistemas, incluyendo a los asentamientos humano se encuentran en riesgo. La Comisión Nacional del Agua realizará declaratorias de zonas de alto riesgo de inundación y elaborará atlas de riesgo (Art 9, fracción XLIII) emitirá recomendaciones y normas a los Órganos de Cuenca en zonas con probabilidad de inundación, así como aplicación de seguros (Art. 83) a los daños a los bienes ocasionados por los eventos (DOFb, 2020).

La Constitución de la Ciudad de México indica que se tiene derecho a un medio ambiente sano y seguro, por lo tanto, el ciudadano tiene derecho a la protección civil, a la su atención en caso de la ocurrencia de un evento de origen natural o antropogénico, así como la falla de la infraestructura. Las autoridades elaborarán instrumentos necesarios para la protección de las comunidades y de la ciudadanía (Art 14), como es la Gestión Integral de Riesgo.

Las alcaldías que son entes autónomos y con recursos fiscales propios tienen como atribuciones la atención de los pueblos originarios en caso de emergencia y auxilio; en el área de estudio se encuentran: Magdalena Petlacalco, San Andrés Totoltepec, San Miguel Ajusco, San Miguel Xicalco y Santo Tomás Ajusco; en relación con la colaboración de los otros niveles de gobierno, promover la seguridad y el desarrollo económico, por medio de la implementación de medidas que reduzcan la desigualdad y la pobreza; además de fomentar la participación social en la toma de decisiones y de la protección del medio ambiente (Gobierno de la Ciudad de México, 2019).

La alcaldía vigilará y verificará el cumplimiento de disposiciones y sanciones de la protección civil; recibirá y evaluará programas internos de Protección Civil, elaborará el Programa de Protección Civil de la demarcación y coordinará con el órgano público garante de la Gestión Integral del Riesgo. En este apartado, incluye la declaratoria de emergencia que se le solicita al jefe de Gobierno, sin embargo, el único que puede dar la declaratoria es el presidente de la Nación en sesión ordinaria o extraordinaria conjuntamente con el CENAPRED. Marco Jurídico por alcaldía

a) Alcaldía Tlalpan:

Programa Delegacional de Desarrollo Urbano: Indica que por causas de la actividad humana están contaminados los cauces y barrancas, principalmente en el Río San Buenaventura, que incrementa sus niveles de aguas residuales. Estas a su vez son alteradas por la despositación de desechos sólidos y cambios de uso de suelo de forestal a urbano que provocan inundaciones y otros eventos que son de riesgo para la población, como son bacterias dañinas para la salud, movimientos de ladera y azolve en los cauces de los ríos (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2010).

Programa Interno de Protección Civil: En esta alcaldía, este programa se encuentra en construcción desde el 2021; que va ser de utilidad para los edificios de gobierno, hospitales, mercados, obras en construcción, deportivos, centros de desarrollo infantil, campamentos. Por otra parte, cada empresa privada tiene la obligación de realizar su propio programa (Alcaldía de Tlalpan y Dirección de Protección Civil, 2021).

Atlas de Riesgo y Peligros (Tlalpan): Este instrumento todavía no se encuentra con acceso al público, pero por las publicaciones de la Gaceta UNAM y del Instituto de Geografía menciona que el principal riesgo que incide en la Alcaldía Tlalpan son las inundaciones causadas por el cambio de uso de suelo y la alteración en los ecosistemas del Suelo de Conservación que provoca el acarreo

de lodo y materiales en ellos, bardas que van hacia la Cuenca Baja, bloquea las alcantarillas y provocan este tipo de eventos que causan desastres (López, 2018).

b) Alcaldía Xochimilco

Programa Delegacional de Desarrollo Urbano: En este programa nos menciona que se requiere un sistema de drenaje más eficiente, debido a que existen colonias que no tienen este servicio o se han colapsado por el hundimiento de la ciudad. Asimismo, de la atención de la vivienda en zonas vulnerables a riesgos como son las inundaciones, esto principalmente en terrenos lacustres que tiene una fuerte presión antrópica por el cambio de uso de suelo de agrícola a urbano, por los asentamientos irregulares presentes (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2005).

Programa Interno de Protección Civil: El programa interno de protección civil de la alcaldía no se encuentra disponible en internet, pero algunos edificios del gobierno y autónomos tiene su programa en demarcación, por ejemplo, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (Instituto de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2023) y la UAM campus Xochimilco (Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, 2023). En ambas, se describen los riesgos que ocurren en el espacio que ocupan, principalmente sismos, incendios, agentes químicos y explosivos, ambos se encuentran en línea para poderse consultar; describen las acciones y el personal que participa, así como sus obligaciones; sin embargo, sólo en el Instituto de Nutrición se menciona las acciones que se deben de llevar en caso de inundación.

Atlas de Peligros y Riesgos de la Ciudad de México (Xochimilco): El atlas de riesgo de la delegación indica que las inundaciones ocurren en las barrancas, debido a la gravedad y a la velocidad del agua, así como los cambios de uso de suelo y contaminación por la descarga de aguas residuales y basura causan este tipo de eventos. También menciona, que el río San Buenaventura es un cauce que nace en el Ajusco, llegaba hasta los caminos de Tlalpan y Tepepan, donde cambiaba de pendiente y descargaba su agua en Canal Nacional con la finalidad del uso de las chinampas; así mismo, el Lago de Xochimilco era alimentado por los manantiales que nacían a las faldas de la Sierra Chichinautzin- Ajusco. La zona con mayor densidad de población se encuentra en la geoforma originada por el acarreo de materiales de la cuenca alta, de acumulación y la geoforma de inundación es la zona chinampera. La incidencia de fenómenos perturbadores es clasificada por cuatro tipos que son fallas, deslizamientos, hundimientos y agrietamientos del suelo,

en los cuales el río San Buenaventura se encuentra en los deslizamientos entre la calle Guadalupe I. Ramírez y Rincón del Amor (Gobierno de la Ciudad de México- Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, 2014).

1.5. Marco teórico- metodológico

Desde el punto vista metodológico se utilizan índices para medir principalmente el análisis de la presencia de la amenaza de la población hacia inundaciones, de los cuales, se integran en análisis estadísticos multivariados de clusters, para comparar diferentes variables del espacio geográfico, por ejemplo el K-means (Hongshi *et al.*, 2018); otros utilizan el análisis de percentiles a partir del método de la máxima verosimilitud con parámetros bayesianos de los periodos de retorno, para crear escenarios de diferente factor (antrópico) causal de las inundaciones a considerar del espacio geográfico (Jalayer, 2014), estos parámetros bayesianos permite incluir aspectos históricos de las inundaciones, el resultado en general, se visualiza en los sistemas de información geográfica y en imágenes de percepción remota (Chan y Huang, 2015),

También incluye modelos hidrológicos en conjunto a los sistemas de drenaje como la infraestructura urbana predominantemente causal de las inundaciones (Liu *et al.*, 2014, Mignot *et al.*, 2019; Ara *et al.*, 2020; Marcos *et al.*, 2001) los cuales, utilizan las escalas locales, pero Huang (2013), lo utilizan desde nivel de áreas metropolitana, en donde sugiere el uso de mayor escala para identificar patrones generales en diferentes partes de la Cuenca y los factores que intervienen en formación de inundaciones (Huang *et al.*, 2013).

Entre otros insumos que se utilizan están los patrones de cambios de uso de suelo, por medio de imágenes de satélite CORONA de dos fechas diferentes, una antes de la degradación del medio ambiente y otro después (Agha *et al.*, 2020); pero otros estudios, como el de Mustafá y sus colaboradores (2018) analizan los efectos de la planeación territorial sobre el riesgo de inundación a futuro en ambientes urbanos, a partir de la expansión urbana y la densificación, por medio, de los valores de la precipitación local diaria (Huang *et al.*, 2013); que también puede ser obtenida por imágenes con radiación infrarroja de la estación CHIRPS (Agha *et al.*, 2020). En otros estudios se obtuvieron las áreas pavimentadas, el análisis topográfico de humedad, la morfología urbana y datos censales para la densidad de población (Jalayer *et al.*, 2014) que pueden incluir los desechos sólidos urbanos (Ara y *et al.*, 2020), para el estudio de las inundaciones.

En relación de a la percepción del riesgo, los métodos más utilizados son las entrevistas, casi siempre estructuradas (Lo *et al.*, 2015) y se procesan con análisis estadísticos descriptivos y pruebas de Chi cuadrada (Ajibade *et al.*, 2013) o de regresión lineal (Lo *et al.*, 2015); asimismo, se realizan observaciones de campo y estudios de archivo y/o etnográficos (Rita y Mike, 2015), con la finalidad de conocer la valoración del riesgo por inundación, la respuesta de la población a la emergencia y la actuación de las instituciones en situaciones de desastre. En la percepción de riesgo se han realizado estudios de género, que utiliza la base teórica de la ecología política y de la teoría de la vulnerabilidad social, con la finalidad de observar cómo son percibidos, experimentados y manejados los eventos de inundación.

En relación a la base teórica, gran cantidad de investigaciones sobre inundaciones se han abordado desde el punto de la Teoría de Sistemas con el concepto de la emergía para explicar los flujos energéticos entre la sociedad y el medio ambiente con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad (Chang y Huan, 2015); en otras investigaciones se mide el peso de la entropía de estos flujos energéticos (Xiu *et al.*, 2018); a estas se conocen para otros autores, como las dimensiones, las cuales miden lo social, económico, físico/infraestructural, institucional y actitudinal. Otros incluyen la construcción de escenarios verdes (Liu *et al.*, 2014), que quiere decir, el incluir la presencia de los espacios de vegetación natural y con todas las funciones ecosistémicas durante la inundación como una forma de mitigación.

1.6. Conclusiones

Los aportes en el conocimiento histórico del riesgo de inundaciones en el río San Buenaventura, nos permiten reconstruir la forma en que se materializó la presencia de los eventos a lo largo del tiempo, asimismo se pueden identificar los factores y elementos (variables) que otras investigaciones encontraron en el mismo sitio o dentro del sistema hídrico que pertenece, ya que se ubica en un sistema más complejo, que es la Cuenca de la Ciudad de México, sin embargo, está delimitado por alcaldías; por lo tanto, en los siguientes capítulos nos queda validar lo encontrado y resaltar los hallazgos que permitan construir un conocimiento nuevo del sitio.

Esta tesis es un estudio social, en la cual se analizan los cambios existentes en el territorio debido a su apropiación por parte de sus habitantes a lo largo del tiempo; si bien un peligro existente son las inundaciones, las acciones dentro del mismo, provocaron que se convierta en un riesgo para la

población. El riesgo de inundaciones fue construido desde la época prehispánica y se ha incrementado hasta la actualidad.

La población modifica el espacio natural, por lo que incluye el análisis de variables sistémicas de parte física y antropogénica; en relación a lo anterior, se requiere representar la totalidad de las interacciones sociales dentro del espacio geográfico, que fueron interviniendo en el desarrollo de esta problemática.

El territorio es parte importante de esta tesis, ya que los habitantes y sus representantes tomaron decisiones y modificaron su espacio, que depende de la apropiación de su espacio y sus modos de vida; sin embargo, su representación es a escala local, de Cuenca, por ser un sistema natural que no se separa por la vía administrativa y que tiene una relación directa e intrínseca con la población del Río San Buenaventura, por lo tanto si se afecta la cabecera de la cuenca esto repercutirá en la parte baja, en el desalojo del río y viceversa, ya que el territorio no respeta los límites físicos por ser impuestos por el marco jurídico del Estado e instituciones; el sistema hídrico no respeta los límites jurídicos debido a que los peligros se sobreponen y se diluyen para formar uno solo en el espacio geográfico.

En cuanto a los instrumentos por alcaldía, muchos de ellos carecen de difusión al público, no son actuales como los Planes de Desarrollo Urbano, en el cual Xochimilco tiene 18 años de haberse elaborado y Tlalpan 13 años. En otros instrumentos, mencionan sobre un solo tipo de riesgo, por ejemplo: el Atlas de Riesgo de la Delegación de Xochimilco que indica solo de Riesgos geológicos y no hidrometeorológicos. En relación a los Programas Internos de Protección Civil, ninguna de las dos alcaldías ha presentado una propuesta al público, en cambio para algunas construcciones, Xochimilco se encuentra con mayor difusión y ya están para consultarlos, sin embargo, todavía el riesgo de inundación no se toma en cuenta como en la UAM Xochimilco, que se ubica a un costado de Canal Nacional. Algunas colonias que son de alto riesgo que se encuentran en este proyecto, no se observan en los instrumentos como San Bartolo el Chico. En casi todos los instrumentos, el río San Buenaventura no se ve como un riesgo.

Este estudio se trata de inundaciones pluviales por su origen, pero se diluye con las fluviales dentro de la información que se utiliza a lo largo del trabajo y por la relación espacial con el río, ya que se utiliza en el cauce para su expresión en el espacio geográfico.

En la consulta documental de las investigaciones sobre las inundaciones se toma en cuenta las variables estadísticas físicas y sociales como las precipitaciones, la población, las actividades económica, y el uso del suelo e infraestructura, los resultados de encuestas y entrevistas en una plataforma de internet; asimismo variables cartográficas, para las cuales se utilizan las imágenes de satélite y cartográficas ya publicadas en geovisores o generadas a partir de la interpretación de los SIG y de la percepción remota, con la finalidad de obtener un modelo lo más cercano a la realidad.

En el siguiente capítulo, se profundizará sobre el uso de las variables y la forma en que se realizó cada proceso. La metodología propuesta tiene como finalidad poder reconstruirla en otros espacios con riesgos, limitaciones, escalas e instrumentos semejantes, como una alternativa para conocer la génesis y dinámicas de las inundaciones que permita gestionar su riesgo.

CAPÍTULO 2: Metodología

2.1. Introducción

En este capítulo se expone la metodología propuesta para la elaboración de esta tesis las cuales son obtenidas de diferentes experiencias científicas que midan las inundaciones y valoran el riesgo que representan para la población. Se parte de que cada escurrimiento forma una subcuenca y un subsistema con sus características e interrelaciones con los elementos espaciales que lo componen, que se encuentran determinados por la escala y su tipo de representación espacial, así como de los materiales que se encuentran en internet. No todos estos materiales son utilizados en esta tesis, ya que deben de ser validados para su uso, por lo tanto, aquí se describe el procedimiento que se utilizó para obtener los resultados que en capítulos subsiguientes se presentan.

a) Materiales, insumos y productos

Esta investigación es un tipo de estudio explicativo que analizará la incidencia de las inundaciones en el Río San Buenaventura en las alcaldías Tlalpan y Xochimilco. Se identifican variables dependientes e independientes que permiten conocer la presencia y causas de la amenaza de inundación en un marco de la gestión del riesgo. La información es de gabinete y campo y con ella se pretende conocer las características del espacio geográfico (Tabla 1).

Tabla 1 Insumos, análisis y variables

Materiales	Análisis	Variables
Inundaciones del Río San Buenaventura (Noticias)	Análisis histórico de las inundaciones del Río San Buenaventura	<ul style="list-style-type: none">● Frecuencia de las inundaciones.● Localización de las zonas inundables a causa del Río San Buenaventura● Tirante máximo de las inundaciones presentes● Espejo de la inundación● Daños● Respuesta de la inundación
Imagen Lidar de INEGI 1:10,000	Modelo Digital del Terreno	<ul style="list-style-type: none">● MDT● Análisis Geomorfológico y de Pendiente● Búsqueda de información histórica
Cuenca Hidrológica de Tláloc	Cuencas Hidrológicas	<ul style="list-style-type: none">● Red hidrológica del Río● Cuenca

		<ul style="list-style-type: none"> • Cauce
Datos hidrométricos de la CNA	Precipitación	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de la Lluvia • Máximos eventos de precipitación • Periodos de retorno • Probabilidad de precipitaciones
Censo de Población y Vivienda 2010 y 2015	AGEB	<ul style="list-style-type: none"> • Población infantil menor a 15 años. • Población mayor a 55 años • Población discapacitada • Porcentaje de viviendas con piso de Tierra • Hacinamiento • Vivienda de un solo cuarto • Vivienda con Radio
Google Earth		<ul style="list-style-type: none"> • Coladeras
Campo		<ul style="list-style-type: none"> • Respiraderos
Encuesta y entrevista		<ul style="list-style-type: none"> • Personas afectadas por inundaciones
Índice de Marginación de la CONAPO, 2010		<ul style="list-style-type: none"> • Población mayor de 15 años sin escolaridad • Porcentaje de viviendas sin drenaje, agua potable y fosa séptica • Porcentaje de viviendas sin excusado • Porcentaje de Viviendas con Piso de Tierra
Fuente: Elaboración propia		

2.2. Delimitación del área de estudio y temporalidad

En la propuesta de investigación se requiere analizar la frecuencia de las inundaciones pluviales, por lo tanto, el primer paso será la búsqueda de notas periodísticas en la red de internet de periódicos locales y de difusión nacional sobre eventos de inundación en las alcaldías de Tlalpan y Xochimilco, desde la más antigua hasta la más reciente, con la finalidad de poder delimitar la zona de estudio y la temporalidad que se llevaría este proyecto, que sería desde 1980 al 2022; la información fuera de este rango de tiempo, son los antecedentes que permiten construir lo que se está investigando de la causalidad, con la finalidad de construir el contexto espacial de las inundaciones. Se tomó en cuenta desde esta década por el acceso de la información, por la

validación y relación de los datos con las imágenes de satélite. Así mismo, la década de 1980 fue donde la cuenca tuvo mayor cambio en su contexto espacial, del crecimiento urbano, de la densificación poblacional, cambio de la superficie forestal a agrícola y urbana, la modificación del cauce entre otros factores importantes para el análisis de la causalidad de las inundaciones.

Las fechas de las noticias permitirán realizar la búsqueda de imágenes Sentinel en la plataforma de USG, tres días antes y tres días después del evento. También en algunos casos que la información lo permita, se obtendrá el tamaño del espejo de agua y el tirante que reportó Protección Civil, asimismo los daños en viviendas, automóviles, en los modos de vida y pérdidas humanas; con esto se elaborará una base de datos. Se incluye la fecha de noticia año y los datos recabados, así como la institución que se presentará en el sitio durante el desastre, con la finalidad de comparar con los datos de CENAPRED, que solo incluye del 2016 al 2018. Esto permitirá ampliar el rango de búsqueda de las imágenes de satélite y elaborar una base de datos.

En los datos de las inundaciones se obtendrá la frecuencia que se presentaba el evento, en el programa de Excel y posteriormente se aplican otras pruebas estadísticas para poder hacer una comparación con otras variables, como la T de Student en R Studio para relacionar la frecuencia de las inundaciones con la atención de la emergencia, lo cual, nos permitirá validar la información y su utilidad en el proyecto, así como su funcionalidad en el espacio geográfico.

2.3. Delimitación de la cuenca

Para la delimitación de la zona de estudio se utilizarán imágenes la Plataforma de Tlálloc de la CONAGUA para el cauce, fotografías aéreas de 1963 y un mapa antiguo de 1885 que permiten observar el cambio del cauce por la construcción del anillo periférico; éstas se georreferenciaron en el SIG QGIS 3.14, y se digitaliza la cuenca. A partir de las cimas más altas se trazó el polígono, así como el caudal original que se tenía anteriormente.

Esto permitió obtener el polígono y con la interpretación de las imágenes, las variaciones antropogénicas en el cauce, que, como se verá, aumentaron el riesgo de inundación. Esto se validó con observaciones directas en campo, mediante las cuales se georreferenciaron puntos de interés, se tomaron fotografías y se realizaron mediciones que sirvieron para otros procesos. Con esta información, en el SIG se midió la superficie, la forma de la cuenca y la longitud del escurrimiento.

Es importante conocer el contexto espacial de la cuenca, para conocer la población, infraestructura y actividades se encuentran expuestos a las inundaciones. A continuación, también se presentan los demás insumos que se requirieron para este proyecto.

2.4. Mapa base

En el mapa se utilizaron las imágenes Lidar de INEGI 2011 para elaborarlo en QGIS 3.14, a partir del algoritmo de sombras y se obtuvo el modelo digital del terreno, el cual se hizo a un metro con una escala 1: 50,000 de la cuenca de la Ciudad de México y luego se realizó una máscara que permitió localizar la cuenca del río San Buenaventura, así se puede observar el espacio sin vegetación e infraestructura, solo con características geomorfológicas; a partir de ahí se puede visualizar los escurrimientos, pendientes y geoformas, por lo tanto, se identificó el contexto físico de la cuenca y posteriormente se incluyeron las variables antropogénicas en cada proceso y con el uso de otras bases de datos, que se describe más adelante.

2.5. Validación de los datos de precipitaciones

Se realizó el análisis de ocho estaciones climatológicas obtenidas en CONAGUA, 5 de la alcaldía de Tlalpan y 3 de Xochimilco, con ello se vio la validación manual de los datos, incorporando valores máximos y mínimos, por lo que se eliminaron los datos incoherentes para los datos de las estaciones climatológicas anuales; después se obtuvo información de las lluvias acumuladas máximas mensuales, sus periodos de retorno y su probabilidad de ocurrencia.

En la validación de datos meteorológicos se utilizó el propuesto por (Guajardo et al., 2017) de la validación espacial, en la cual se calcula el intervalo de confianza de los registros mensuales históricos de la precipitación, con la expresión

$$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} S / \sqrt{n}$$

Donde:

\bar{X} =Promedio

S=Desviación estándar

$Z_{\alpha/2}$ =2.58 valor estadístico de la curva normal de frecuencias, asociado con un nivel de confianza de 99% o significancia de 1% ($\alpha=0.001$) (Steel & Torrie, 1985 citado en Guajardo *et al.*, 2017)

Este proceso permite identificar el intervalo de precipitación normal de los datos en estudio, por lo tanto, para este proyecto nos permite identificar los valores extremos que pueden ser los detonantes de las inundaciones pluviales, con las que trabajaremos más adelante.

En seguida, se calculó una prueba de homogeneidad de los datos, llamada “Homogeneidad normal estándar” (SNHT) (tabla 2) que permite comparar la variación de los datos primeros y últimos medidos en cada estación meteorológica, asimismo se validó estadísticamente los datos obtenidos para reducir los errores de medición tanto humanos como tecnológicos, para los siguientes cálculos como el periodo de retorno, probabilidad de ocurrencia y el análisis de los datos. Esta prueba, utiliza las fórmulas:

$$T_d = dZ_1 + (n-d)Z_2 \text{ para } d=1,2,\dots,n$$

Donde para obtener z se calcula:

$$Z_1 = 1/d * \sum_{i=1}^d (y_i + \bar{y}) / s$$

$$Z_2 = 1/n-d * \sum_{i=n-d+1}^n (y_i - \bar{y}) / s$$

Tabla 2 Prueba de homogeneidad normal estándar de datos de precipitaciones:

ID	Altitud (m.s.n.m)	Clave	Lugar	Alcaldía	Núm_años con datos	Años	Núm_años faltantes	Max anual (mm)	Min anual (mm)	Núm. de años fuera del rango máximo	Total de meses por año fuera de los rangos máximos
1	2900	9002	Ajusco	Tlalpan	28	1961-1988	0	1499.8	1015.0	6	78
2	2726	9004	Calvario 61	Tlalpan	45	1970-2016	2	1304.7	919.6	11	84
3	2296	9020	Desviación Alta al Pedregal	Tlalpan	63	1952-2016	1	1358.5	1095.7	13	169
4	2990	9022	El Guarda	Tlalpan	51	1961-2016	5	1723.6	1171.5	11	132
5	2290	9024	Hacienda Peña Pobre	Tlalpan	20	1961-1992	12	1068.5	554.9	2	50
6	2260	9034	Moyuguarda	Xochimilco	46	1921-1988	1	1041.1	764.2	12	123
7	2620	9041	San Francisco Tlanpantla	Xochimilco	46	1961-2016	6	1356.1	993.9	11	121
8	2549	9042	San Gregorio Atlapulco	Xochimilco	23	1961-1983	0	968.8	701.6	5	59

Tabla 2: Prueba de Homogeneidad de los datos. Elaboración propia

Posteriormente, en la zona de estudio se utilizaron las estaciones más cercanas, las cuales se encuentran inactivas y los datos que son asincrónicas, ya que presentan diferentes años, sin embargo, para cada una de ellas se obtuvieron los valores máximos y mínimos de lluvias para calcular la homogeneización de los datos y validación con las normales de precipitación, asimismo, por cada mes se contabilizaron los datos fuera del rango, que sirvieron para obtener la

correspondencia con las precipitaciones que permiten identificar las inundaciones con el registros de noticias de los eventos. En ello, se obtuvo una característica importante: la cantidad de agua precipitada en el sitio, asimismo los máximos y mínimos, con la finalidad de analizar la distribución de la precipitación, las características de las lluvias para que se presentara un evento que se detone desastre; este resultado se complementa con la información de la estación hidrométrica y de esta forma, se obtuvo otro valor importante que es el gasto y tirante de agua.

2.6. Periodos de retorno y probabilidad de ocurrencia

Para obtener la dinámica de las precipitaciones en la zona de estudio, se utilizó la metodología de CONAFOR 2015 (Tabla 3).

Tabla 3: Cálculo de la probabilidad y periodos de retorno de las precipitaciones

Indicador	Descripción	Fórmula
Probabilidad de lluvia	Es la probabilidad de lluvia de una determinada zona en un periodo de 15 años mínimo.	$P=m*100/n+1$ Donde: P=probabilidad de lluvia m= número de orden de lluvia n= número de eventos registrados
Periodos de retorno	Es la periodicidad estadística en años con que pueden presentarse tormentas con características similares en intensidad y duración.	$F=n+1/m$ Donde: F= frecuencia o periodo de retorno. n= número total de años de registro m= número de orden de lluvia

Tabla 3: Cálculo de la probabilidad y periodos de retorno, Bolaños *et al.*, 2015

Esta base de datos se comparó con las inundaciones detonadas por precipitaciones máximas, lo cual, al no ser necesariamente la lluvia máxima mensual, se utilizó el valor al máximo cercano mensual y se observó el periodo de retorno que le corresponde por la estación meteorológica que lo registró.

2.7. Datos hidrométricos

Por lo anterior, se obtuvieron los datos de la estación hidrométrica 26514 La Agraria de CONAGUA (que se ubica en la zona baja de la Cuenca), con la cual se calculó el gasto mensual acumulado, los rangos máximos y mínimos por mes. Los datos de la base de datos corresponden a los años de 1986 al 2014, de los cuales, los valores diarios y mensuales se calcularon los percentiles a 25%, 50%, 75% y 100% con la finalidad de obtener los momentos de la inundación y los niveles

máximos que alcanzó el río, asimismo, permite conocer el día presente del desbordamiento del río y la hora.

2.8. Inundaciones: Adquisición y análisis de las imágenes de satélite

En seguida se buscaron en la plataforma USGS de los Estados Unidos las fechas de las imágenes de satélite Sentinel, por medio, de la correspondencia de la base de datos de noticias y de CENAPRED; en seguida, se recortaron en la zona de estudio y se calculó la correlación en el programa de SNAP y QGIS 3.1, para poder conocer el peso de las bandas que expliquen la presencia de las inundaciones mediante el espejo del agua.

A continuación, se aplicó el NDVI con la comparación entre la banda del rojo e infrarrojo cercano con el resultado, se interpretaron los valores negativos que explican la presencia de agua, por lo que se descartó la presencia de vegetación. Por último, se vectorizan los polígonos por fecha y se midió su superficie, con el propósito de conocer el tamaño del espejo de agua, que es importante, para la base de datos que se construyó y que ayudó en otros procesos cartográficos.

El Sentinel 2B (tabla 4) se puso en órbita en el 2016 con un desfase de la órbita de 180°, se encuentra a una altura de 786km de la superficie terrestre. Es un satélite de forma pasiva helio sincrónico:

Tabla 4 Características del sensor Sentinel 2B

Resolución temporal	Resolución espacial	Resolución radiométrica	Resolución espectral	
10 días conjuntamente	10 a 60 m	450,000 píxeles por cada imagen	Banda 1	443 nμ
5 días individualmente	Un tamaño de pixel de las bandas 2, 3, 4 y 8 de 10 m.		Banda 2	490 nμ
	Un tamaño del pixel de las bandas 5, 6, 7, 8, 11 y 12 de 20 m		Banda 3	560 nμ
	Por último, de las bandas 1, 9 y 10 de 60 m		Banda 4	665 nμ
			Banda 5	705nμ
			Banda 6	740 nμ
			Banda 7	783 nμ
			Banda 8	842 nμ
			Banda 8 ^a	865 nμ
			Banda 9	940 nμ
			Banda 10	1375 nμ
			Banda 11	1610 nμ
			Banda 12	2190

Tabla 4: Características del sensor Sentinel 2B..Sentinels, 2021

El Sentinel 2 lleva una cámara multispectral que permite tener 13 bandas que permite información de la superficie terrestre y de la vegetación. Así mismo, un sistema de barrido a lo largo de su trayectoria (*push- boom*) que genera una imagen de 290 km de ancho. La cámara cuenta con dos grandes planos focales en la banda del visible y del infrarrojo próximo (NIR) y del medio (SWIR), equipado con 12 detectores con un total de 450,000 píxeles (Sentinels, 2021)

En relación, a las Landsat 1 utilizadas para el cambio de uso de suelo, se puede mencionar que fue el primer sensor utilizado para medir los recursos naturales, el cual, llevó por nombre ERST que fue lanzado el 23 de junio de 1972 y dejó de estar en operación el 5 de enero de 1978. Este tenía una órbita circular, sincrónica al sol casi Polar (Butler *et al.*, 1990). El sensor operaba en espectro del visible y del infrarrojo cercano. Su resolución espacial es de 80 x 80 metros, por lo que el Sentinel es de 60 x 60 m y de 10 x 10 m (Tabla 5). La multispectral de Landsat que se utilizó para este trabajo, está compuesta por 4 bandas, sus características son las siguientes:

Tabla 5: Características del sensor Landsat 1

Resolución temporal	Resolución espacial	Resolución radiométrica	Resolución espectral	
18 días	80X80 m	8 bits	Banda 4	0.5-0.6 μm
			Banda 5	0.6-0.7 μm
			Banda 6	0.7-0.8 μm
			Banda 7	0.8-1.1 μm
Butler <i>et al.</i> , 1990				

2.9. Corrección atmosférica

Como se indicó, para el estudio de las inundaciones se revisaron imágenes de satélite de diferentes fechas (antes y después de las inundaciones registradas) de la USGS con y sin nubosidad cotejadas con la base de datos de los registros hemerográficos y de CENAPRED, después se realizó tanto en QGIS 3.14 como con SNAP la corrección atmosférica, que es un plugin que se incluyen en el mismo programa.

En QGIS se utiliza el SCP/DOS1, el cual funciona de la siguiente manera: el programa revisa la reflectancia de los valores de píxeles que se encuentran en sombra o efecto de bruma (Chávez, 1996; Sobrino *et al.*, 2014, citado en Congedo, 2017: 164), como cuerpos negros, presentes en el sitio por ser temporada de precipitaciones, que, a su vez, puedan alterar el resultado y se obtengan falsos positivos, en relación a las inundaciones, lo cual es de interés en este proyecto.

El algoritmo del programa, se expresa de la siguiente manera:

$$L_p = L_{\min} - L_{D01\%}$$

Donde:

L_{\min} : Es la suma de todos los píxeles con valores digitales menores o iguales a 0.01%. La radiancia obtenida con ese valor de conteo digital (DNmin)

$L_{D01\%}$: radiancia de objetos de color oscuro, con una radiancia menor a 0.01 (Sobrino *et al.*, 2004 citado en Congedo, 2017)

En DOS se calcula de la siguiente forma la bruma

$$L_p = M_L * DN_{\min} + A_L - 0.01 * [(ESUN_{\lambda} - \cos \psi_s * T_z) + E_{\text{down}}] * T_v / (\pi * d^2)$$

Se supone que

$$T_v = 1$$

$$T_z = 1$$

$$E_{\text{down}} = 0$$

Entonces el programa recalcula los píxeles con datos contiguos y hace una reclasificación de la información; sin embargo, no acepta imágenes con más del 10% de nubes, ya que en este procesamiento se observa píxeles sin información y aparecen en color blanco.

También en el programa SNAP el plugin SenCor 2, permite realizar correcciones del terreno y atmosféricas, crea diferentes imágenes o máscaras con clasificaciones opcionales: La imagen cambia su formato de 1C a 2A, con una resolución de 10 a 60 m.

En las imágenes Landsat, se hicieron las correcciones atmosféricas en el programa de QGIS en el complemento de *Semi-Automatic Classification* y también a partir de los datos nulos se hizo una corrección del baneo que presenta este sensor. De la imagen Landsat y Sentinel se escogieron las fechas dos días antes y dos días después, para evitar la aparición de nubes y que el proceso se altera por su presencia.

2.10. Correlación de las bandas

En las imágenes para obtener el NDVI se calculó los componentes principales para cada banda y conocer el peso de cada una y obtener el indicador, lo cual esto evita la redundancia reflectancia de los valores de la imagen, y representa que tanto varían los datos dentro de la matriz (Mather, 1999). El resultado de este proceso se observa en la Tabla 6.

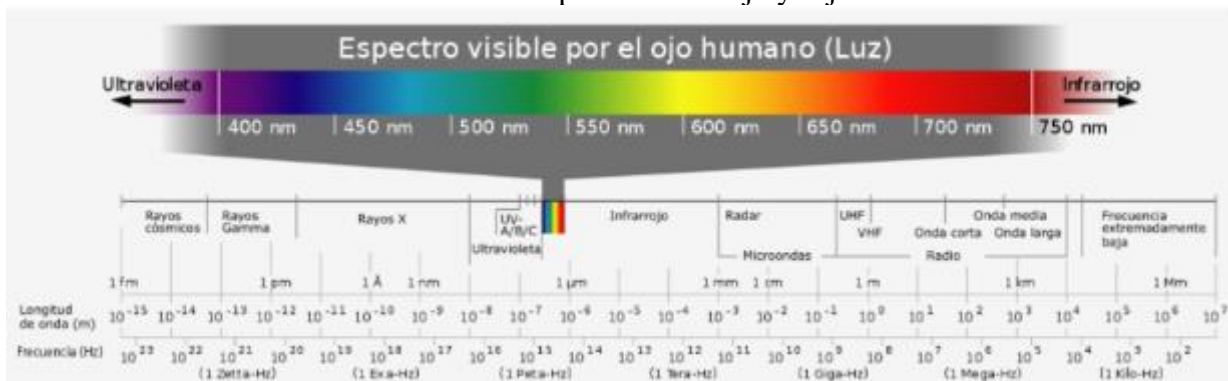
Tabla 6: Correlación de bandas

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8	Banda 8A	Banda 9	Banda 10	Banda 11	Banda 12
Banda 1	1	0.996	0.989	0.976	0.874	0.811	0.815	0.890	0.256	0.901	0.778	0.971	0.889
Banda 2	0.996	1	0.994	0.987	0.901	0.842	0.840	0.903	0.235	0.918	0.811	0.974	0.913
Banda 3	0.989	0.994	1	0.989	0.881	0.817	0.802	0.888	0.241	0.932	0.783	0.977	0.914
Banda 4	0.976	0.987	0.989	1	0.927	0.873	0.847	0.921	0.210	0.946	0.845	0.980	0.944
Banda 5	0.874	0.901	0.881	0.927	1	0.991	0.964	0.935	0.096	0.868	0.981	0.883	0.932
Banda 6	0.811	0.842	0.817	0.873	0.991	1	0.970	0.910	0.058	0.819	0.997	0.825	0.899
Banda 7	0.815	0.840	0.802	0.847	0.964	0.970	1	0.878	0.046	0.777	0.965	0.792	0.869
Banda 8	0.890	0.903	0.888	0.921	0.935	0.910	0.878	1	0.322	0.839	0.897	0.925	0.866
Banda 8A	0.256	0.235	0.241	0.210	0.096	0.058	0.046	0.322	1	0.096	0.026	0.272	0.004
Banda 9	0.901	0.918	0.932	0.946	0.868	0.819	0.777	0.839	0.096	1	0.798	0.916	0.974
Banda 10	0.778	0.811	0.783	0.845	0.981	0.997	0.965	0.897	0.026	0.798	1	0.796	0.885
Banda 11	0.971	0.974	0.977	0.980	0.883	0.825	0.792	0.925	0.272	0.916	0.796	1	0.894
Banda 12	0.889	0.913	0.914	0.944	0.932	0.899	0.869	0.866	0.004	0.974	0.885	0.894	1

Tabla 6: Correlación de bandas. Elaboración propia

Estos valores permiten diferenciar y medir la representatividad entre el juego de bandas para obtener el NDVI y evitar confusiones de los datos, por lo que, tiene una varianza de 0.921 entre las bandas, ya que esta se encuentra en el rojo (banda 4) y en el infrarrojo cercano (banda 8). El siguiente paso es obtener NDVI (gráfico 2).

Gráfico 2: Ubicación de las bandas en el espectro infrarrojo y rojo



Fuente: Mapping SIG 2022 visto el 28 de diciembre del 2022 en <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>

2.11. Índice de vegetación normalizado

En el análisis de las inundaciones se observó que no existía un registro continuo que proporcionara información sobre el tamaño del espejo del agua que permitiera conocer la amenaza y las colonias

vulnerables ante este fenómeno, por lo que, se utilizó imágenes de satélite Sentinel 2B de las fechas obtenidas de los registros de eventos.

Este se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Este índice se obtiene a partir de la relación de la máxima reflexión de la banda del infrarrojo cercano IRC y la absorción de la banda del rojo (R). Al obtener la información se adquiere un rango de 1 a -1. Los valores a cero son con escasa vegetación y a uno son con vegetación vigorosa, por lo que los valores negativos serán cuerpos negros con presencia de agua, es de la forma que se obtendrán los polígonos de las inundaciones.

2.12. Uso y tasa de cambio del suelo

En las imágenes adquiridas se calculó la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo urbano. Para años anteriores, se buscó imágenes Landsat con la finalidad hacer una comparación de cambio de uso de suelo en dos fechas diferentes, por lo que, no existe otro sensor que nos permita observar periodos de tiempo preliminares

La imagen Landsat 1 es del año de 1972, para el análisis y comparación entre las Sentinel se dificulta el tamaño del píxel; sin embargo, se podrá observar y comparar la variación de las zonas urbanas existentes anteriormente, con las actuales, así como, las pérdidas y ganancias de la superficie forestal y/o agrícola.

Los procesos de las imágenes son diferentes para cada una; sin embargo, a ambas se les aplicó el Índice de Vegetación Normalizado en QGIS en dos fechas: 10 de noviembre de 1972 (Landsat) y 22 de enero del 2020 (Sentinel), por lo que se tuvo en cuenta las características espectrales de cada imagen, por ejemplo, en Landsat se utilizó la banda 6 y 7, mientras que en Sentinel, la 4 y 8.

Después de aplicar el indicador del NDVI normalizado en ambas imágenes se procedió a su reclasificación, en Landsat se utilizó directamente en la calculadora ráster una clasificación conforme la respuesta espectral de las imágenes (histograma), ya que la vegetación vigorosa tendrá

una respuesta hasta de 1 mientras el agua será de -1. El valor del pixel de la imagen Landsat se multiplicó por 1000 (tabla 7).

Tabla 7: Reclasificación de las imágenes Landsat y Sentinel

Sensor		
Elemento geográfico	Landsat (Respuesta espectral)	Sentinel (Respuesta espectral)
Agua	-535 a 0	0.18 a -0.98
Urbano	0 a 200	0.22 a -0.47
Suelos desnudos	201 a 300	0.21 a 0.01
Agua con florecimiento		0.79 a 0.15
Vegetación herbácea		0.91 a 0.20
Vegetación urbana		0.90 a 0.22
Agrícola	300 a 650	
Vegetación natural	650 a 1000	0.99 a 0.32

Tabla 7: Reclasificación de las imágenes Landsat y Sentinel. Fuente:Elaboración propia.

En la imagen Sentinel se retomaron los valores de la clasificación que se realizó en el trabajo Nova Enrique *et al.*, 2018, en el cual, se obtuvieron a partir de una clasificación supervisada de K-Means del índice normalizado, que obtiene los umbrales de la vegetación urbana. En este caso, se utilizará para diferenciar las zonas urbanas de las agrícolas, a su vez, de los bosques, a través del plugin de r.cor. del QGIS. Al terminar cada proceso se validaron los datos en una imagen de satélite de Google Earth, que permite afinar la clasificación.

En relación el mapa, se tuvo que realizar una reclasificación, debido a que diferentes polígonos principalmente de suelo desnudo puedan ser láminas de casas y de centros comerciales, así como zonas vegetación natural puedan ser agrícolas, debido a que la imagen del 2020 se tomó en enero cuando en la zona todavía se puede presentar el cultivo de la papa.

El paso siguiente fue analizar la tasa de cambio de uso de suelo, con la finalidad de una probable causa de las inundaciones en la Cuenca baja; por lo tanto, se hizo un cruce entre los dos tipos de mapas, homogeneizando el tamaño del píxel y clasificando con un mismo valor de las categorías en las imágenes, debido a las escalas diferentes de Sentinel y Landsat, a su procesamiento anteriormente explicado, solo se tomarán las variables que en ambas bases de datos tienen relevancia (urbano, agrícola, suelos desnudos y vegetación natural) que en ambas clasificaciones aparecen.

En seguida se cruzaron y se obtuvieron 16 clases diferentes (tabla 8), que son los cambios, tanto la ganancias y pérdidas en cada categoría. Estas son:

Tabla 8: Reclasificación de la tasa de cambio

1970		2020
Sin cambio agrícola		
Sin cambio urbano		
Sin cambio vegetación natural		
Sin cambio suelos desnudos		
Agrícola	a	Vegetación natural
Agrícola	a	Urbano
Agrícola	a	Suelo desnudo
Vegetación natural	a	Urbano
Vegetación natural	a	Agrícola
Vegetación natural	a	Suelo desnudo
Suelo desnudo	a	Vegetación natural
Suelo desnudo	a	Agrícola
Suelo desnudo	a	Urbano
Urbano	a	Vegetación natural
Urbano	a	Agrícola
Urbano	a	Suelo desnudo

Fuente: REDD+ 2011 (Modificada)

De cada una se calculó la superficie por cada polígono en hectáreas y se procedió a elaborar la matriz de cambio de las superficies de las cuatro clasificaciones (urbano, agrícola, vegetación natural y suelo desnudo), para ello se aplicó la siguiente fórmula (Camacho *et al.*, 2015):

$$t=1-(S2/S1)^{1/n}$$

Donde:

t= tasa de cambio de uso de suelo en dos fechas distintas

S2: tipo de uso de suelo en el tiempo 2 (2020)

S1: tipo de uso de suelo en el tiempo 1 (1970)

n: número de años transcurridos entre las dos fechas

Por último, del proceso anterior, se clasificaron los polígonos de acuerdo tipo de cambio (sin cambio, degradado, deforestado, conservado y en transición), para obtener la leyenda de mapa (tabla 9):

Tabla 9: Clasificación por tipo de cambio

Tiempo 1	Cambio	Tiempo 2			
		Urbano	Suelo desnudo	Agrícola	Vegetación natural
Urbano	Sin cambio	Media degradación	Baja transición	Alta transición	
Suelo desnudo	Baja degradación	Sin cambio	Media transición	Media transición	
Agrícola	Media degradación	Baja degradación	Sin cambio	Baja transición	
Vegetación natural	Alta degradación	Deforestado	Deforestado	Conservado	

Tabla 9: Clasificación por tipo de cambio. REDD+ 2011

Se utilizó la clasificación propuesta de REDD+ (2011) en la estimación de los costos de oportunidad de cambio de uso de suelo, en la cual dice:

- Degradación: es la reducción de la densidad de los árboles, medida por la cobertura o la población de copas dentro de un bosque (Schoene *et al.*, 2007 citado en REDD+, 2007), las cuales pueden ser por causas naturales y antrópicas, donde se reduce considerablemente la calidad de los servicios ecosistémicos (almacenamiento de carbono).
- Deforestación: La conversión de la tierra forestada a tierra no forestada.
- Transición: Son los cambios de uso de la tierra que no se repiten con el transcurso del tiempo, en él se requiere gran mano de obra e inversión de capital, como es la restauración de los ecosistemas de un suelo urbano a bosque.

2.13. Mapa geomorfológico

En el mapa geomorfológico se utilizó la metodología de Parrot 2016 con imágenes Lidar, se utilizaron los mapas dxf con una curva de nivel equidistante a 20 m, se hizo la transferencia a vector, los valores obtenidos son *integer o double*.

Posteriormente se realizó la transferencia de datos vectoriales a ráster. Estos datos incluyen la información descriptiva de las curvas de nivel, la tabla de correspondencia de grises y su altitud. Se realizó la limpieza de las curvas de nivel que presenta defectos, por lo tanto, se hizo la dilatación de curvas y la de tipo de vecindad; por último, la corrección multidireccional.

Lo anterior se aplicó para obtener la interpolación ráster y se obtuvo el MDE, para la elaboración de este mapa. Con el uso de este producto se obtuvieron las características de pendiente y forma del terreno (superficie plana, cóncava o convexa y sus transiciones).

Con el programa Tlálóc y otros micro programas de Lansdcape y Multidim_clas, que Parrot en el 2016 elaboró, por lo que se calculó el valor de la pendiente, con lo tonos y una normalización a 90°, que significa la relación entre los tonos de gris y los grados de pendiente, el cual por cada valor que en total son 255 valor corresponde a 1° de 180° en total es para cada uno 0.25°. Por último, se realizó la clasificación de acuerdo a la propuesta por Lugo Hup para la Ciudad de México y se obtuvieron 7 categorías, con sus geoformas (Siebe *et al.*, 2020).

2.14. Mapa edafológico

En la descripción edafológica, se utilizó la base de datos de INEGI 2013, de la cual se obtuvieron los puntos de perfiles más cercanos a la zona de estudio, que no se ubican en el polígono de estudio, pero se puede describir para obtener sus características físicas y químicas, así mismo con ayuda de la bibliografía consultada de otros estudios se completó la información.

2.15. Delimitación de la cuenca alta, media y baja

La delimitación de la cuenca alta (cabecera), media (captación) y baja (emisión) se realizó con base en la clasificación propuesta por Cotler *et al.*, 2013, con ayuda de las curvas de nivel y el mapa geomorfológico en el QGIS, donde se observa el cambio de pendiente. Así mismo, con la finalidad de conocer la dinámica de la cuenca, se calculó con el programa de Grass en QGIS las microcuencas, flujos y drenaje con el Lidar a 5 m que permite identificar los cambios de antrópicos en el natural.

2.16. Análisis de tendencia poblacional

En el análisis de la tendencia poblacional se obtuvo a partir de la tasa de crecimiento poblacional total de las alcaldías Tlalpan y Xochimilco, así mismo, de las colonias que se ubican en la zona de estudio, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_t = P_0(1+r)^t$$

Donde

P_t = población en un periodo base para llevar a cabo la medición-

P_0 = Población inicial. En el caso de las alcaldías se obtuvo la información con los censos de población de INEGI desde 1940 a la fecha; en cambio, en las colonias se obtuvo a partir del 2010 y 2020 por AGEB y calcular la población total por colonia.

t =tiempo de medición. Se calculó la tendencia a 20, 30, 40, 50 y 100 años

r = tasa de crecimiento poblacional

Esto con la finalidad de observar el crecimiento tendencial y los cambios probables en la cuenca.

En relación, al uso de los indicadores de la base de datos de la población del 2020 del INEGI se realizó el cálculo inverso, para obtener la mayor cantidad de los valores ocultos que se encuentran con el signo (*), con la finalidad de que los cálculos y cartografía posteriores fueran con mayor precisión.

En seguida se calculó en Excel la correlación con los indicadores de INEGI y el registro de las inundaciones, con la finalidad de explicar la relación entre ambos, por lo tanto, se obtuvo la variable dependiente (inundaciones) y la independiente (que es la población). El resumen del resultado es el siguiente (tabla 10):

Tabla 10: Correlación de las variables poblacionales con las inundaciones

	REL_ H_M	con alg disc aud	GRA PRO ES	GRA PRO ES_F	GRA PRO ES_ M	PAFIL _PDO M	PDER _IMS SB	PRO M_O CUP	VPH_ PISOT I	Num ero de repo rtes	Lluvi a torre ncial	Ench arca mien to	Inun daci on
Número de reportes	0.024	0.009	0.01 4	0.01 8	0.01 3	- 0.004	- 0.003	0.007	0.007	1.00 0			
Lluvia torrencial	0.028	- 0.005	0.01 6	0.02 0	0.01 5	- 0.003	- 0.003	0.005	0.008	0.92 3	1.00 0		
Encharcamiento	0.022	0.003	- 0.02	0.02 4	0.02 4	0.02 5	- 0.001	- 0.002	- 0.005	0.62 3	0.67 1	1.00 0	
Inundación	- 0.006	- 0.002	0.00 8	0.00 8	0.00 9	- 0.001	0.000	0.002	0.000	0.50 8	0.53 6	0.36 1	1.00 0

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores que tuvieron correlación positiva (cuadros color anaranjado) en este proceso fue la relación entre hombres y mujeres, personas con alguna discapacidad auditiva, grado escolar aprobados (en hombres y mujeres), con servicios médicos (Petróleos Mexicanos, Defensa Nacional o Secretaría de Marina), promedio de casas habitadas ocupadas, piso de tierra. Los datos que son de color son el peso de las relaciones entre el objeto de estudio de esta tesis.

2.17. Sistemas de Salud pública y privada

Posteriormente se describió algunas variables generales y el acceso a los servicios de salud de la población, que anteriormente se observó su importancia para las inundaciones. Se construyó un indicador para medir el déficit de servicios de salud de la zona, por medio, de la resta entre las que presentan y carecen acceso al servicio de salud, entre el número total de población, todo ello por AGEB, por lo que obtuvo una nube de puntos que describe en números negativos el déficit de dicho servicio en la población.

2.18. Establecimientos por actividad económica

Para identificar los establecimientos que realizan algún tipo de actividad se utilizó la base de datos del DENU, 2017 de INEGI, se midió la frecuencia de los tipos de establecimiento, posteriormente se utilizó el clasificador de INEGI de actividades económicas, que se basa en el Clasificador Industrial de América del Norte (SCIAN) de 2017, que tiene como objetivo jerarquizar las actividades y procesos productivos, que se divide en 21 clases principales (Tabla 11), que se enumeran a continuación:

Tabla 11: Clasificador por actividades económicas

Núm.	Clave	Tipo de actividad
1	11	Agricultura, cría, explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca, caza
2	21	Minería
3	22	Generación, transmisión y distribución de energía, suministro de agua y gas por ductos al consumidor final
4	23	Construcción
5	31-33	Industrias manufactureras
6	43	Comercio al por mayor
7	46	Comercio al por menor
8	48-49	Transporte, correos y almacenamiento
9	51	Información en medios masivos
10	52	Servicios financieros y de seguros
11	53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
12	54	Servicios profesionales, científicos y técnicos
13	55	Corporativos
14	56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
15	61	Servicios educativos
16	62	Servicios de salud y de asistencia social
17	71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos y otros servicios recreativos

18	72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y viviendas
19	81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales
20	93	Actividades legislativas, gubernamentales de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales
21	99	Descripciones insuficientemente especificadas general de sector de actividad
Fuente: SCIAN, 2017		

2.19. Microcuencas e información hidrológica de la cuenca

Por otra parte, con anterioridad, se obtuvo a partir de QGIS.3.14/GRASS con el uso MDT a 5 m en el *watershed*, las microcuencas a partir de las elevaciones y depresiones del terreno, pueden ocurrir errores por las modificaciones del terreno, por lo que requiere una supervisión por parte del investigador en su clasificación. También se obtuvieron los insumos de escurrimientos y la dirección de flujo que se analizarán más adelante.

También con la dirección del flujo, como es una cuenca urbanizada, se incluyó la información en las calles y avenidas, ya que es donde se presentan la captura del agua precipitada y se forman los cauces urbanos, que se aceleran con la pendiente en zonas pavimentadas.

En ambas se calculó una correlación espacial con las vialidades del área de estudio, si bien, el resultado de la dirección de flujo es un ráster, se vectoriza y reclasificó para cada valor, en la cual, los negativos se eliminaron y solo se utilizarán del 1 al 8. El 1 es el noroeste, en seguida, en el sentido de las manecillas del reloj el 2 corresponde el norte, el 3 al noreste y así sucesivamente hasta el 8 que es hacia el centro.

En seguida, se calculó una malla de puntos cada 100 metros en la cuenca y se representó en la simbología las direcciones por medio de flechas. Por último, se escogieron los valores más cercanos para cada línea de las vialidades, para incluirles la dirección del flujo.

2.20. Encuesta y entrevista

Se realizó una encuesta a los habitantes de la zona con la finalidad de conocer la percepción del riesgo de inundaciones. Esta se elaboró a partir del programa de google formularios (Anexo 1) y se realizó su difusión a partir grupos de la colonia San Lorenzo la Cebada, alcaldía Xochimilco,

que fue la primera colonia donde se pudo acudir a campo y donde por medio de los actores principales y de las notas periodísticas se puede conocer la magnitud e intensidad del evento.

El instrumento consta de 25 preguntas de las cuales se divide de la siguiente forma:

Características del encuestado

1. Localización del río: En esta parte los habitantes localizan su problemática sobre las inundaciones
2. Años de residencia: si la persona lleva el suficiente tiempo de habitar la casa (si es afectada) y colonia para conocer la problemática de las inundaciones del Río San Buenaventura.
3. Características poblacionales: Se identifica los rasgos de la persona que contesta la encuesta: sexo, edad, ocupación, y grado de estudios.
4. Calidad de construcción de su vivienda: año de construcción y número de pisos

Inundaciones

1. Ocurrencia del evento: Cuando el encuestado observa las inundaciones, mes que se originan y lugares donde ocurre cerca de su domicilio, asimismo, si él encuestado es afectado por ellas.
2. Medios de difusión individual y colectiva, así como institucional. En estas preguntas se conoce si los vecinos tienen un sistema de alerta temprana o acuden a las notificaciones de la alcaldía.
3. Grado de preparación de la población ante un evento: Conocimiento de primeros auxilios y medidas que se realizan durante las inundaciones.
4. Medidas de mitigación: Son medidas que han realizado por la ocurrencia de las inundaciones.
5. Actuación de las autoridades de la delegación tiempo y tipo de acciones que realiza la alcaldía.
6. Infraestructura hidráulica: atarjeas.
7. Manejo de residuos sólidos.
8. Efectos de la salud a causa de las inundaciones: enfermedades respiratorias.

También se realizó en un recorrido de campo, una entrevista a la señora Eugenia Martínez, actora principal y dirigente de los colonos de San Bartolo; que explicó las problemáticas durante las inundaciones del 2008, la forma de actuación de la delegación y de los colonos, la problemática de recibir los seguros y las obras realizadas para reducir el riesgo durante las inundaciones. Esta entrevista fue no estructurada, con el permiso de la persona fue grabada para su posterior análisis.

2.21. Distribución de atarjeas

Las atarjeas son parte de la infraestructura más importante en el control de inundaciones y debido a las condiciones pandémicas que se presentó durante la elaboración de este proyecto y las escasas visitas presentes a campo, se decidió utilizar Google Earth, por medio del Street View que es un visualizador de fotografías. Estas se digitalizaron tomando el criterio de la mayor incidencia de inundaciones y conocimiento de la zona de estudio, por lo que se realizó el proceso en las colonias de Villa Copa y en San Lorenzo la Cebada, que se ubican en la cuenca baja, por lo que este análisis solo se ubicó en esta área.

Como solo la muestra fue en sitios distribuidos en la cuenca baja, el resultado se interpola la cantidad de puntos a un valor de 100, utilizando IDW (Peso Distancia Inversa), con ello se obtuvo las zonas donde se presenta una red de drenaje y donde se carece de ella. Esta información se tendrá que validar en campo.

2.22. Validación de la cartografía en campo

En el trabajo de campo se tomó en cuenta la influencia directa del río y de la localización de las inundaciones, por lo tanto, se realizó una malla de puntos a 100 m de distancia en la cuenca del río San Buenaventura en QGIS, posteriormente se hizo un *buffer* con la misma distancia a lo largo del cauce original y se hizo una intersección tanto de las zonas inundables como en el cauce del río.

Posteriormente se obtuvo el tamaño de muestra con la finalidad de reducir los costos y tiempo para el proyecto, por lo tanto, se obtuvieron en total 1,882 puntos posibles de muestreo para validación, se le aplicó para muestras finitas un intervalo de confianza de 95% y un error de estimación máximo de 5%, debido a los errores en el manejo de datos y de las imágenes de datos. La probabilidad de ocurrencia fue del 1% por la naturaleza del evento que son repentinas y porque puede ocurrir una

vez al año dependiendo las precipitaciones que en el desarrollo de la tesis se menciona, por lo que se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

donde:

n=Tamaño de muestra buscado
N=Tamaño de la Población o Universo
Z=Parámetros estadístico que depende el Nivel de Confianza (N.C)
e= error de estimación máximo aceptado
p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado
q=(1-q)=Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

El resultado fueron 15 puntos como tamaño de muestra, por lo que se realizó un muestreo estratificado al azar y el resultado anterior se dividió 3 en la cuenca alta, 5 en la cuenca media y 7 en la cuenca baja, que es donde se presentan las inundaciones con mayor frecuencia. En la verificación se observó la correspondencia con la información arrojada por imágenes de satélite, se registró el punto de muestreo en el GPS, se observó el grado deterioro en las zonas boscosas y el grado de perturbación antrópica en el río, tanto en zonas urbanas como rurales, así como las medidas de mitigación existentes y su viabilidad para el control de inundaciones.

En la primera visita de campo, en mayo del 2020, se recorrió la parte de la cuenca baja del río, se tomaron fotografías y se midió la anchura del cauce, en la lumbrera se observó la profundidad del cauce a la altura del Pueblo de San Bartolo, Alcaldía de Xochimilco, posteriormente, se calculó el área y el volumen con un corte transversal a 1m de largo para evitar variaciones en la forma del río; se observaron medidas de mitigación de las inundaciones implementadas por los vecinos de la zona. También, se recorrió la parte confinada del río, se localizaron los respiraderos con GPS y la disposición del cauce con referencia a la zona habitada.

En la segunda visita, en marzo 2022 se acudió a la cuenca media en la ciclovía de Parque de Ciudad de México donde se observaron los cauces del río, infraestructura hidráulica (pozos de captación) nuevas y antiguas, medidas de mitigación como gaviones de roca acomodada, tubos para el paso de corrientes fluviales, grado de perturbación de la vegetación y presencia antrópica.

2.23. Conclusiones

En este capítulo se fue construyendo la metodología de diferentes fuentes que ayudaron a responder las preguntas y objetivos de la investigación, sin embargo, el contexto actual me permitió ir adaptándola a las necesidades y herramientas disponibles en internet, sin acudir a ninguna institución gubernamental y realizándose a muy bajo costo, ya que el sistema de información geográfica (QGIS 3.18) y de percepción remota (SNAP) fueron de libre acceso, solo cumpliendo con los requerimientos de los programas. El trabajo de campo se suplió con el Google Earth por medio del Street View que permite recorrer la zona urbana y las carreteras, no de esta forma, las zonas agrícolas

En relación a lo anterior, siempre con algunos problemas como la capacitación para la programación de algunos procesos; los requerimientos y limitaciones del software y el hardware requerían para hacer más eficiente su funcionamiento, por ejemplo, el uso de tarjetas de memoria (instalación y mantenimiento) en la computadora, el uso de algunos tipos de imágenes para algunos programas, como el Landsat que no se puede procesar en el SNAP, si no solo en QGIS.

Para los insumos del proyecto se encontró como ya se había mencionado en internet, sin embargo, en la base de datos de precipitaciones se encontraron errores de medición, además de que fue proporcionada a nivel mensual, por lo que debería de acuerdo a la teoría, de diario cada 24 horas o con visitas en el momento que ocurren los eventos como algunos autores lo mencionan. También para obtener mayor certidumbre en la medición de los eventos de precipitaciones; se solucionó a partir del uso de otros instrumentos entre ellas las notas periodísticas, la estación hidrométrica de la “Agrícola”, así como las imágenes de satélite, que permitieron conocer la dinámica de estas en la zona de estudio.

También el acceso a la información más detallada está limitado para los usuarios internos de las dependencias, sin embargo, con las condiciones de pandemia/cuarentena/aislamiento que predominaron en el periodo en que se realizó esta tesis, no había quien atendiera las solicitudes, ni por teléfono o correo, por lo que la investigación se ajustó a las características del momento y se buscaron métodos que se ajustaran a los datos. Además, la base de datos de CENAPRED no contiene la información necesaria para el manejo de los eventos como el tirante y el tamaño del espejo de agua; por otra parte, otros datos solo existen para tres años, por lo tanto, se reconstruyó

la información a partir de la lectura de las notas periodísticas y de investigaciones de la misma zona de estudio.

En relación a los escurrimientos, en la interpretación se pudo observar las modificaciones del cauce ocurridas en la cuenca, por las causas de la disposición de avenidas, cambios en el drenaje artificial y los procesos de subsidencia de la Ciudad de México, por lo que se puede explicar la presencia de inundaciones en otros sitios.

CAPÍTULO 3. : Características socio- ambientales del área de estudio

3.1. Introducción

En este capítulo se analizan las características socio ambientales de la zona de estudio: los aspectos físicos, como la precipitación y clima de cada una de las estaciones meteorológicas de las dos alcaldías; se hace una revisión documental de la vegetación y edafología que se complementa con un análisis por los recorridos en campo, de textos y fotografías de los horizontes obtenidos de INEGI.

También se hace un análisis de las condiciones ambientales a través de la comparación de imágenes de satélite para obtener la tasa de cambio de vegetación y uso, con lo cual, se obtuvo las causas por lo que las inundaciones se producen anualmente. También se hace un análisis de población con la finalidad de visualizar la exposición existente en la zona de estudio, a partir de los datos obtenidos del Censo poblacional INEGI y del DENU.

3.2. Localización

a) Tlalpan

Se ubica al sur de la Ciudad de México, entre los paralelos 19° 05' y 19° 19' latitud Norte y los meridianos 99° 19' de longitud Oeste, altitud de 2,200 y 3,900msnm. (INEGI_b, 2009)

b) Xochimilco

Se ubica en la parte sur de la Ciudad de México, entre los paralelos 19°09' y 19°19' latitud Norte y los meridianos 99°10' longitud Oeste; altitud entre 2,200 y 3,100 msnm. (INEGI, 2009).

3.3. Localización de la cuenca del río San Buenaventura y sus afluentes

Las regiones hídricas de las alcaldías de Tlalpan y Xochimilco son Pánuco, Balsas y Lerma Santiago, sus cuencas son del Río Moctezuma, Río Grande Amacuzac y Río Lerma Toluca, de las subcuencas del Lago de Texcoco y Zumpango, Apatlaco, Almoloya Otzolotepec (INEGI, 2009; INEGI_b, 2009).

En la alcaldía de Xochimilco había diversos manantiales Acuexcomac, Santa Cruz Acalpixcan, Nativitas, Zacapan y la Noria, que era utilizado anteriormente para el consumo humano y las actividades agrícolas. El caudal del agua en el lago aumentó al desviar el agua de Río Churubusco,

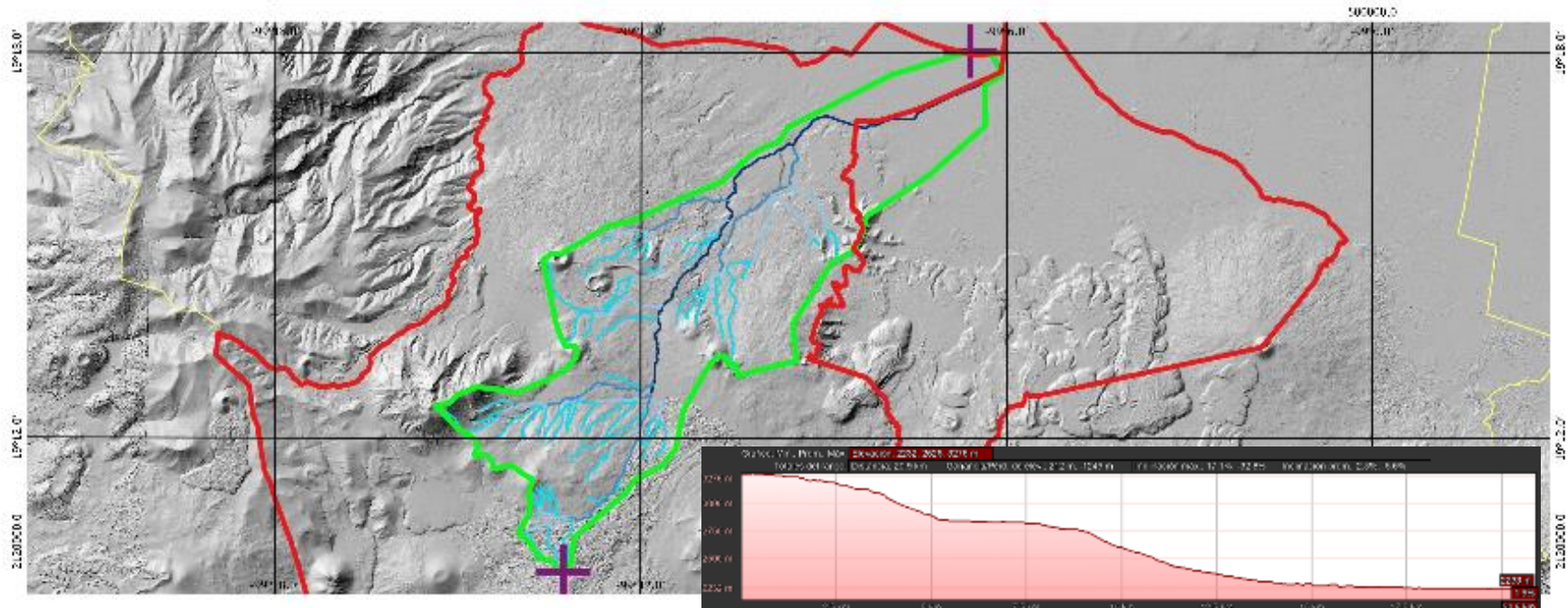
San Juan de Dios y San Buenaventura que bajan de la Sierra del Ajusco (Porrúa,1995). Los pequeños Riachuelos de Santiago y San Lucas desembocaban en el lago de Xochimilco y al Sureste, en el lago de Tláhuac.



Fotografía 5: La Cañada donde nace el Río San Buenaventura. Santo Tomas –Ajusco. Fuente: Archivo propio

El río San Buenaventura nace entre Mezontepec y Santo Tomás en las faldas del Volcán Olicán en el arroyo de La Cañada o Tepech que tiene pendientes intermitentes (fotografía 5), hacia la cuenca media recibe el nombre de arroyo Tetencuentla donde algunos de sus corrientes llegan hasta el Parque Nacional de Bosque del Pedregal y Fuentes Brotantes, actualmente llega hasta Club de Golf de México, donde su cauce desemboca a la Ciénega Grande y Ciénega Chica, en Xochimilco en Canal Nacional que drena hacia el Río Churubusco (Asesoría y Consultoría en Medio Ambiente, 2010).

La Cuenca del Río San Buenaventura se ubica en el Sistema Hídrico del Río Pánuco, el cual es un escurrimiento intermitente, por lo que solo escurre en temporada de lluvias; este atraviesa las dos alcaldías Xochimilco y Tlalpan de Oeste a Este. Nace en el Ajusco a 3,875 msnm y desemboca en sistema de canales de Xochimilco, en Canal Nacional a 2,230 msnm. La cuenca del río tiene sus coordenadas extremas de 19°17'57.69" N y -99°06'32.07" O; 19°09'53.28" N y -99°13'13.91" O y su extensión es de 768.16 hectáreas, su escurrimiento tiene una longitud de 120.33 km; su orden máximo es de cuatro.



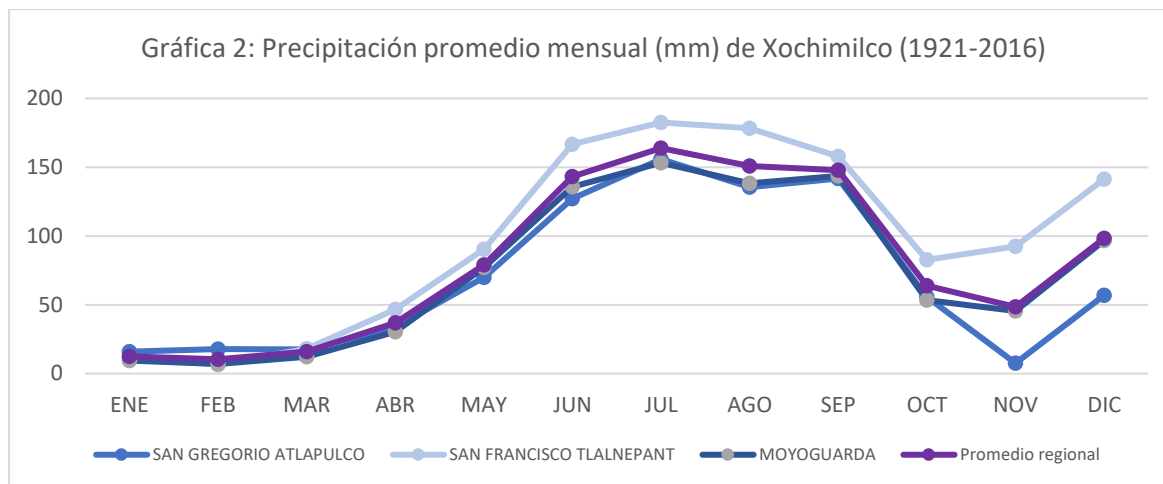
SIMBOLOGÍA			UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA	
<ul style="list-style-type: none"> División Estatal Alcaldías Xochimilco y Tlalpan Cuenca Hidrológica 1 Sistema Hídrico (Orden) 2 3 4 	<ul style="list-style-type: none"> + Coordenadas Extremas Modelo de Elevación 1 255 		Num. mapa 1 Localización del Sistema Hídrico de la Cuenca del Río San Buenaventura, Alcaldías Xochimilco y Tlalpan, Ciudad de México, 2020	
Escala numérica: 1 : 87,000		Proyección: UTM zona 14 Datum: WGS84		
Escala gráfica: 1.5 0 1.5 3 4.5 6 km		Autor: Geog. Araceli Pérez Flores		
Fuente: INEGI, 2010, Modelo Digital de Elevación con 5m, servidos en línea mediante el portal de datos y de servicios, Datum ITRF 1988, UTM, 14Q, UTM, 14Q. SEDUEC 2008, De aguas y suelos, Datum WGS84. INEGI, 2010, Censo Estatal, Datum WGS84, Esc. 1:250,000. INEGI, 2010, Censo Estatal, Esc. 1:250,000.				

Mapa 1: Mapa de localización del Sistema Hídrico de la Cuenca del Río de San Buenaventura, alcaldía Xochimilco y Tlalpan. Fuente Elaboración propia

3.4. Precipitación promedio mensual por alcaldía

a) Xochimilco

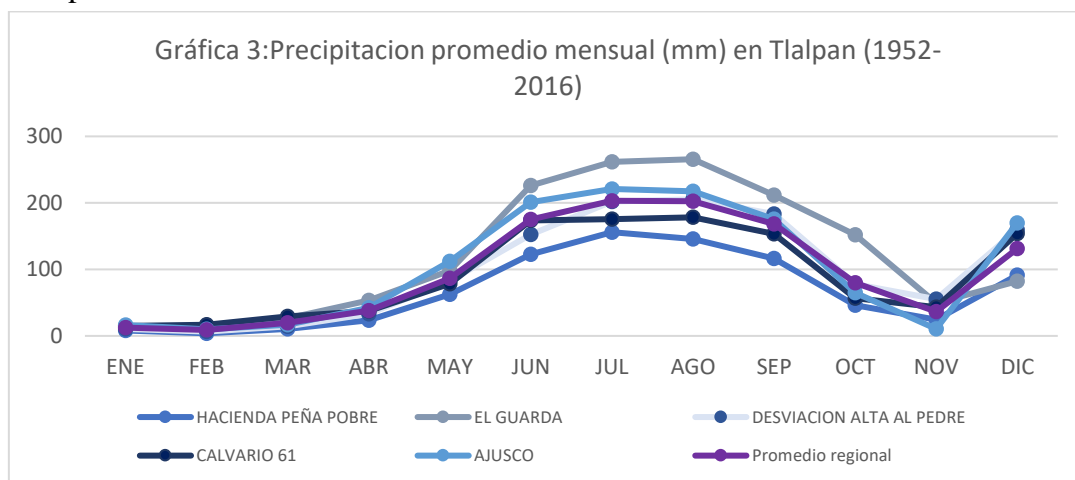
En la distribución de la precipitación en las estaciones climatológicas cercanas a la cuenca de estudio, la mayor es en el mes de julio en las tres estaciones, notoriamente en la estación de San Francisco Tlalnepantla 166. 60 mm, la menor es en el mes de noviembre (gráfica 2), principalmente en la estación de San Gregorio Atlapulco (45.48mm).



Fuente: Elaboración propia

El promedio regional de la alcaldía Xochimilco presenta mayor precipitación en el mes de julio de 163mm y la menor precipitación ocurre en el mes de noviembre de 48. 51mm.

b) Tlalpan



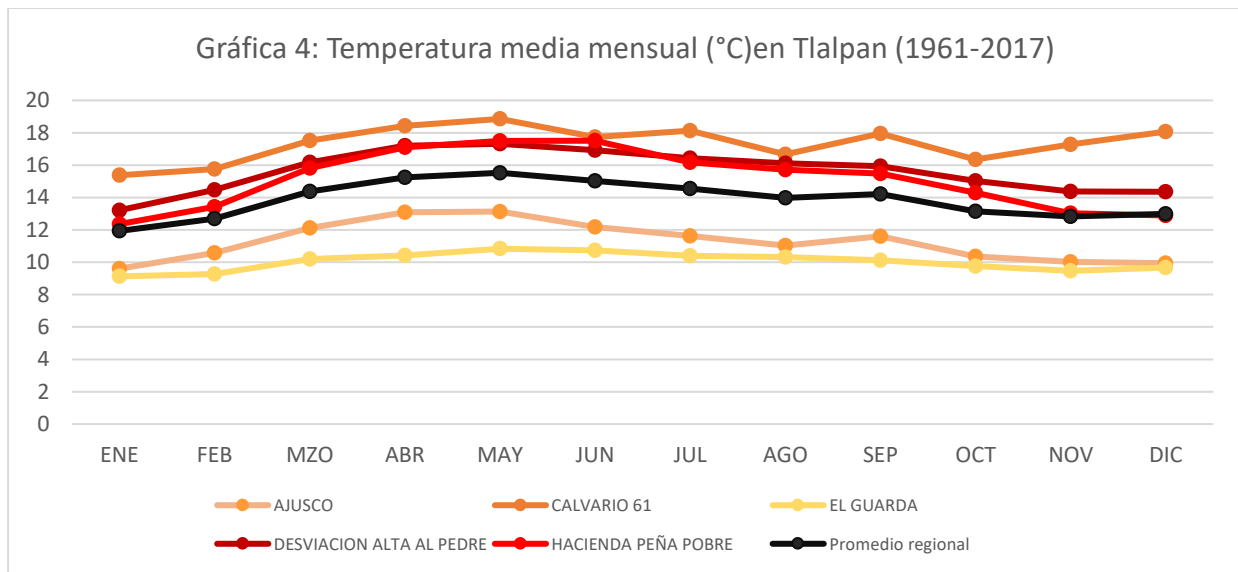
Fuente: Elaboración propia

En la alcaldía de Tlalpan, la mayor precipitación ocurre en el mes de agosto principalmente en la estación del Guarda y la menor en el mes de noviembre (10.61mm), notoriamente en la estación del Ajusco (265.69 mm). En Tlalpan existe un incremento durante el mes de diciembre para disminuir en enero (Gráfica 3).

La precipitación promedio mensual de la Alcaldía de Tlalpan presenta mayor precipitación en agosto de 202.55mm y la menor en el mes de febrero 8.96mm.

3.5. Temperatura promedio mensual por alcaldía

a) Tlalpan

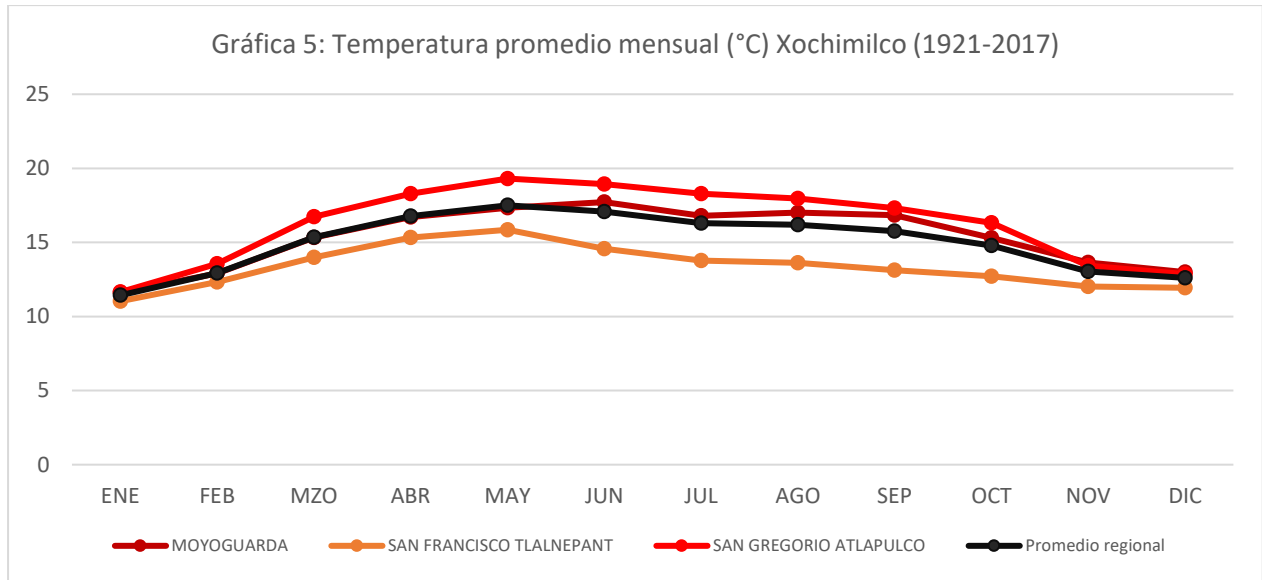


Fuente Elaboración propia

La temperatura en la Alcaldía de Tlalpan varía de acuerdo con la altitud, por lo que se presentan las menores temperaturas en el Guarda (en enero 9.12° a 2,990 msnm) seguido en el Ajusco (en enero 9.6°C a 2,900 msnm) y las mayores temperaturas ocurre en el Calvario (en mayo 18.85°C a 2,726msnm) (Gráfica 3).

El promedio mensual regional de la alcaldía de Tlalpan presenta mayores temperaturas en el mes de mayo de 15.52°C y las menores temperaturas en el mes de enero de 11.93°C, en el área no existe una gran variación térmica.

b) Xochimilco

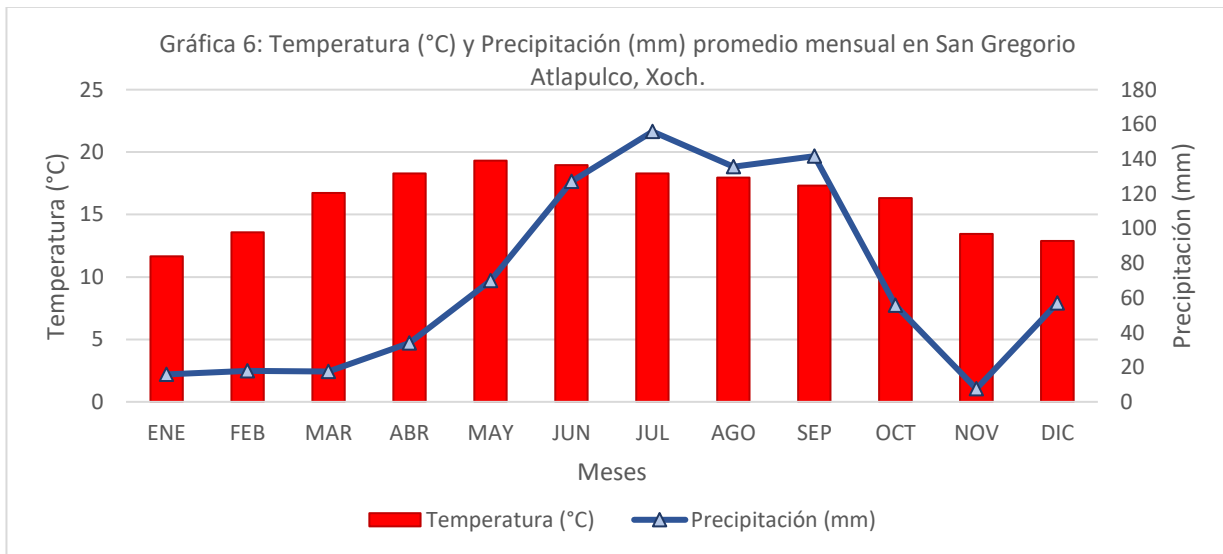


Fuente: Elaboración propia

La temperatura en la alcaldía de Xochimilco es similar en las tres estaciones climatológicas. La mayor temperatura ocurre en el mes de mayo (19.31°C) en la estación de Moyoguarda que se ubica a 2,260 msnm y la menor temperatura ocurre en diciembre 11.9°C en la estación de San Francisco Tlalnepantla que se ubica 2,620 msnm (gráfica 5).

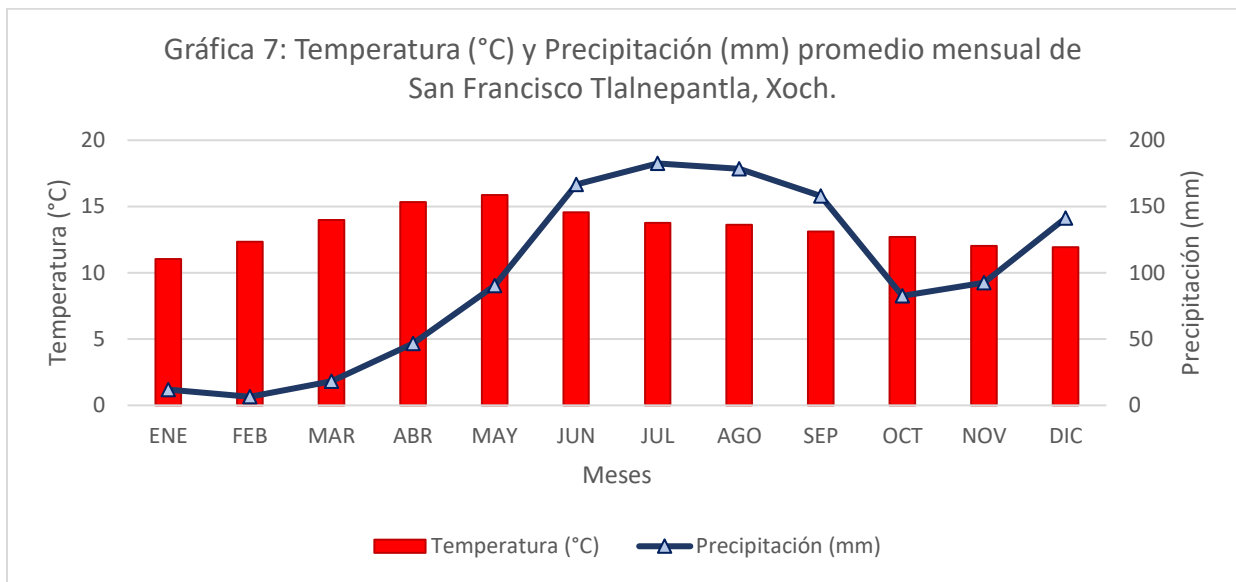
3.6. Clima por estación meteorológica y alcaldía

a) Xochimilco



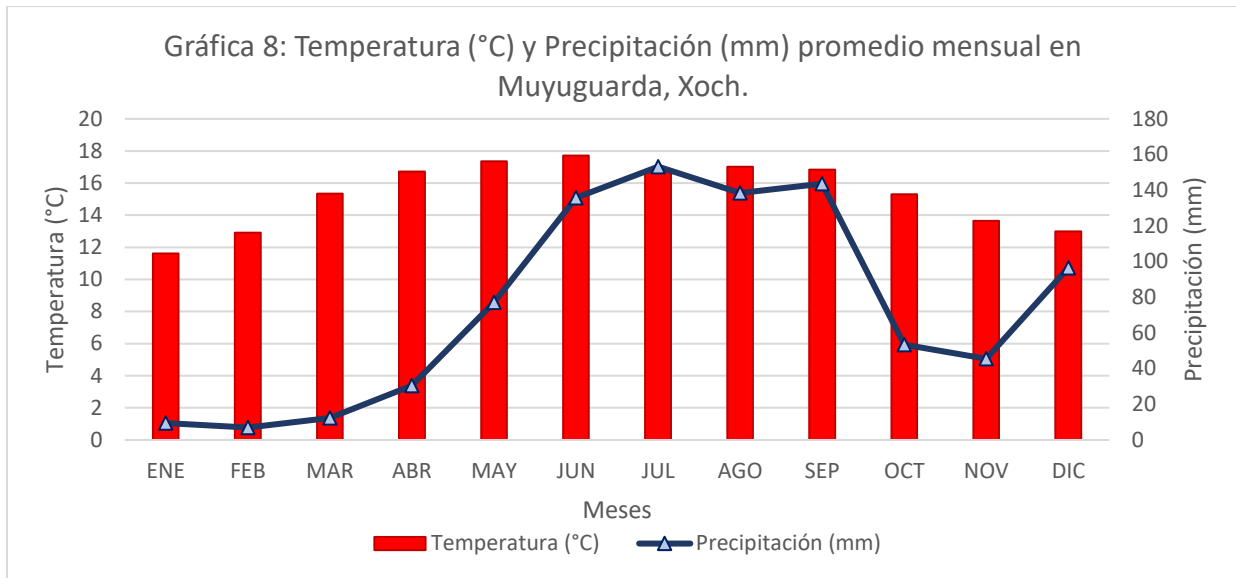
Fuente Elaboración propia

La estación climatológica de San Gregorio Atlapulco de la Alcaldía de Xochimilco se ubica a 2, 549 msnm. Los datos registrados son de 1961 a 1983. En el sitio presenta mayor temperatura en el mes de mayo 19.3°C y una menor en 11.6°C. El promedio anual, la temperatura es de 16.2°C. La precipitación es mayor en julio de 155.8 mm y menor en noviembre de 7.54mm, durante la canícula. El promedio anual es de 835.1 mm. El clima de Köppen que presenta es el Cw (b) (g), es un clima Templado con lluvias verano, templado propiamente dicho, con marcha isotermal de tipo Ganges (gráfica 6).



Fuente: Elaboración propia

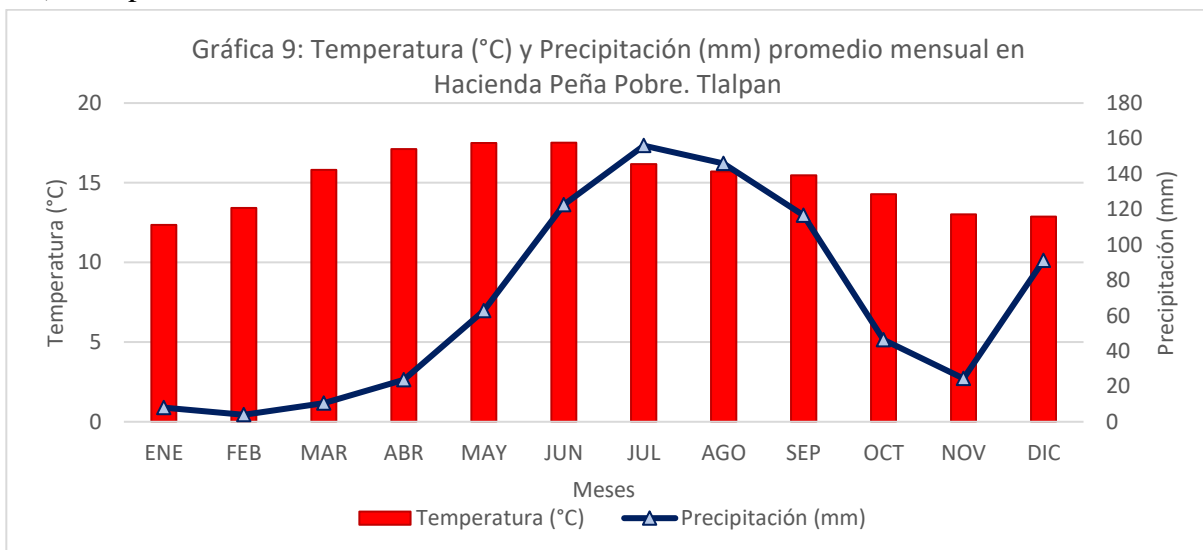
La estación climatológica de San Francisco Tlalnepantla (gráfica 7) de la Alcaldía Xochimilco se ubica a 2, 620 msnm. Los datos registrados son de 1961 al 2016. En el sitio presenta mayor temperatura en mayo 15.8°C y la menor en enero de 11.0°C. Su promedio anual es de 13.3°C. La precipitación mayor es en el mes de julio 182.4mm y la menor en febrero de 6.48mm. El promedio anual es de 1,175mm. El clima de Köppen que presenta es Cw (b) (w'') (g) es Templado con lluvias en verano, con dos máximas de lluvia separada por dos estaciones secas una larga en invierno y otra corta en verano. La marcha media isotermal es tipo Ganges.



Fuente: Elaboración propia

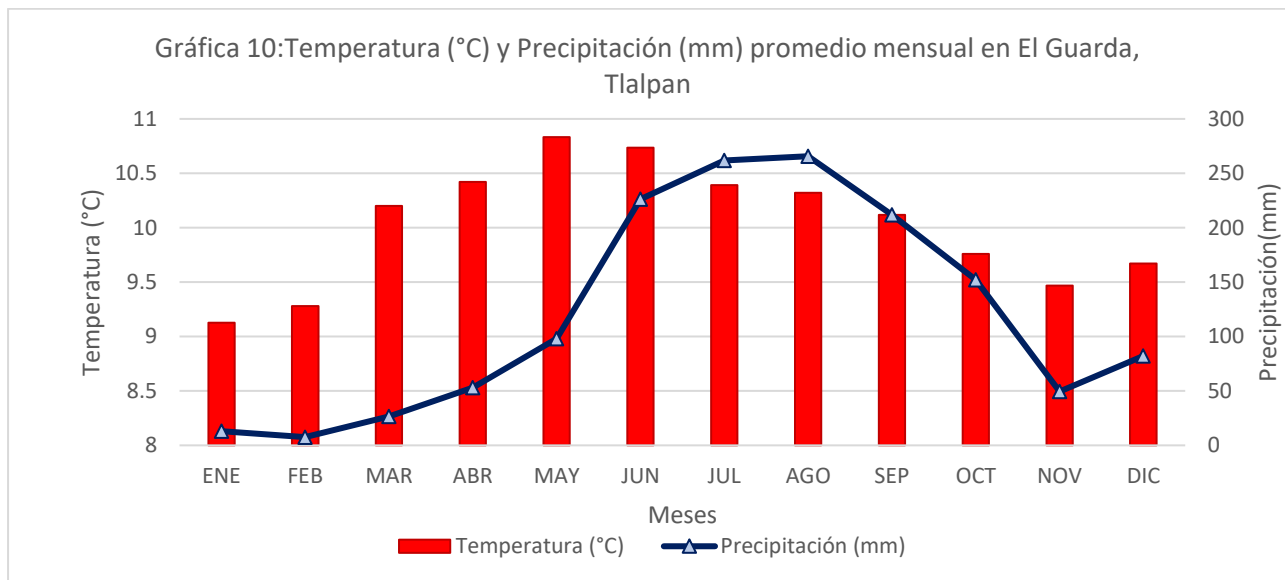
La estación de Muyuguarda (gráfica 8) en la Alcaldía de Xochimilco se ubica a 2,260 msnm. Los datos registrados son de 1921 a 1988. La temperatura mayor del sitio es en el mes de junio 17.7°C y la menor es enero de 11.6°C. El promedio anual es de 15.3°C. La precipitación mayor es en el mes de julio con 153.2mm y la menor es en el mes de febrero con 6.98mm. El promedio anual es de 902.6mm. El clima de Köppen en el sitio es Cw (b) (w”) (g) es Templado con lluvias en verano seco en invierno, con dos máximos de lluvia separado por dos estaciones secas, una larga en invierno y otra en corta en la temporada lluviosa; su marcha isotermal es tipo Ganges.

b) Tlalpan



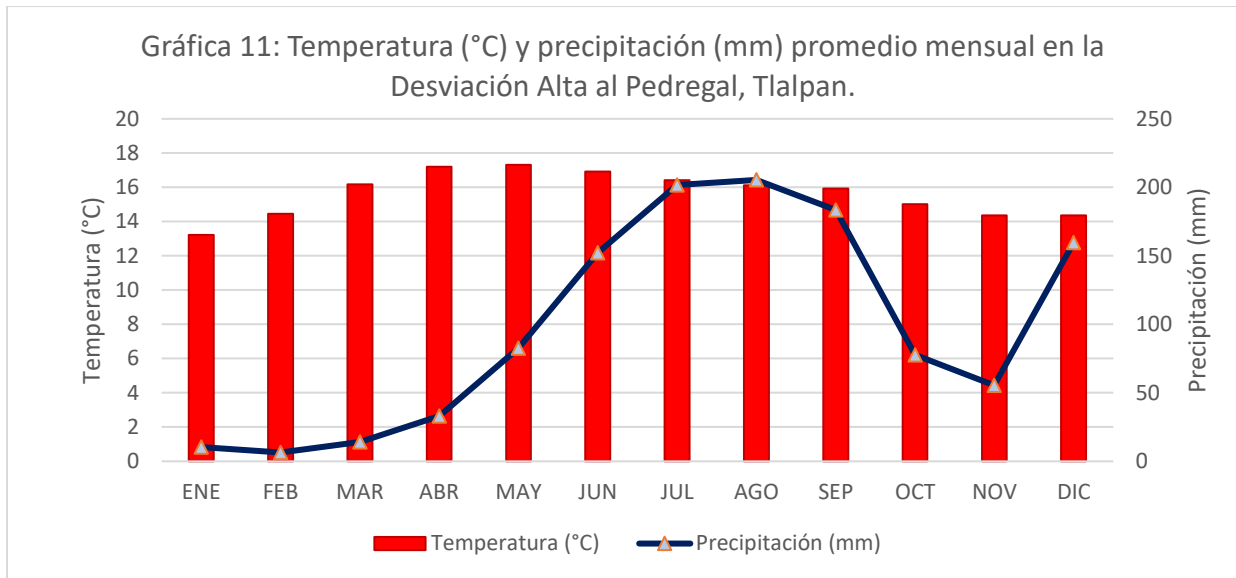
Fuente: Elaboración propia.

La estación climatológica de la Hacienda Peña Pobre (gráfica 9) en la Alcaldía de Tlalpan se ubica a 2,290 msnm. Los registros de los datos son de 1961 a 1992. Su temperatura mayor se presenta en el mes de junio a 17.5°C y la menor en enero con 12.3°C. Su promedio anual es de 15.1°C. La precipitación máxima se presenta en el mes de julio (155.9mm) y la mínima en febrero (3.9mm). Su promedio anual es de 811.7mm. El clima según Köppen es Cw (b)(w'') (g) Templado con lluvias en verano, con máximas de lluvias separadas por dos estaciones secas, una larga en invierno y otra corta en la temporada lluviosa. La marcha media anual de la temperatura es tipo Ganges.



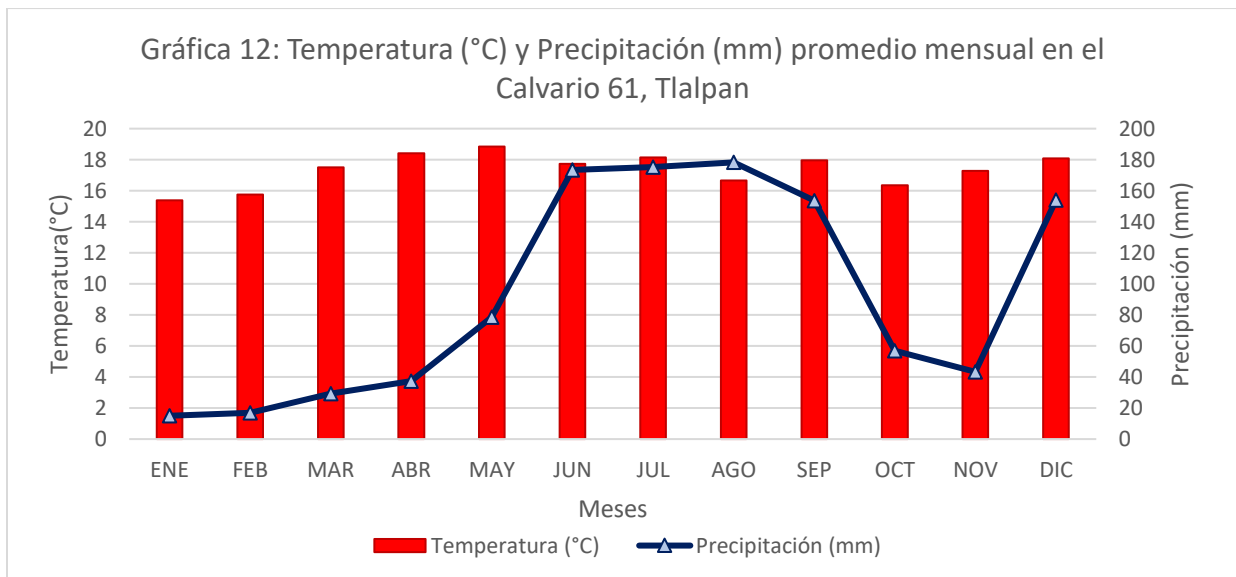
Fuente: Elaboración propia

La estación climatológica de El Guarda (gráfica 10) se ubica a 2290 msnm. Los datos registrados son de 1965 al 2017. La temperatura máxima es en el mes de mayo (10.8°C) y mínima en el mes de enero (9.12°C). La temperatura media anual es de 10.02°C. La precipitación mayor es en el mes de agosto (265.6mm) y la menor en febrero (7.56mm). El clima de Köppen es Cw(b) (i) (g) que se refiere a Templado con lluvias en verano, isotermal, la marcha termal es tipo Ganges.



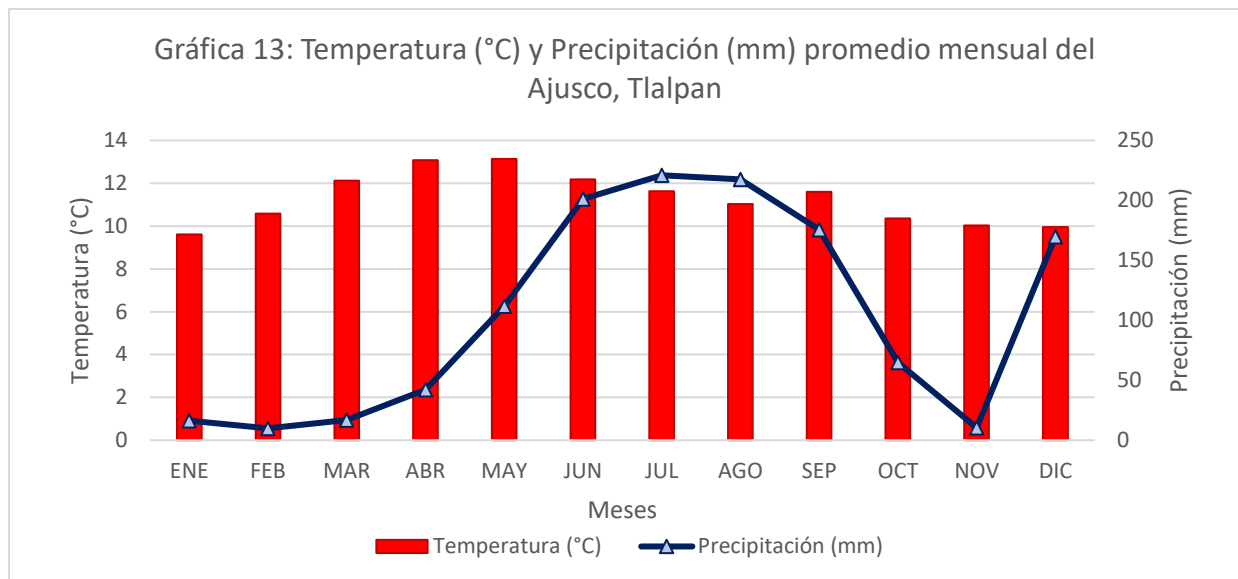
Fuente: Elaboración propia

La estación climatológica de la Desviación Alta al Pedregal (gráfica 11) se ubica a 2,296 msnm. Los datos registrados son de 1967 al 2017. La temperatura máxima es en el mes de mayo (17.3°C) y la mínima en enero (13.2°C). El promedio anual es 15.6°C. La precipitación máxima es en agosto (205.4mm) y la mínima en febrero (6.45mm). El promedio anual en el sitio es de 1,182mm. El clima local de Köppen es Cw (b)(w'') (i) (g) que se refiere templado con lluvias en verano, con dos máximas de lluvias, separado por dos estaciones secas una larga en invierno y la otra corta en la temporada lluviosa, es isotermal y la marcha media anual de temperatura es tipo Ganges.



Fuente: Elaboración propia

La estación climatológica El Calvario 61 (gráfica 12) de la Alcaldía de Tlalpan se ubica a 2,726 msnm. Los datos registrados son del 2011 al 2017, por lo tanto, para estudios locales de la precipitación no son funcionales para los análisis estadísticos y serán eliminados para este proyecto, sin embargo, pueden ser complementarios para los análisis de la región de la Cuenca. La gráfica de los años registrados presenta una temperatura máxima en el mes mayo (18.8°C) y mínima en enero (15.3°C). La media anual del sitio es de 17.3°C. La precipitación máxima se presenta en agosto (178mm) y la mínima en enero (15 mm) de lluvia. El promedio anual es de 1,112mm. El clima del sitio no se puede calcular por el número reducido de años.



Fuente: Elaboración propia

La estación climatológica del Ajusco (gráfica 13) se ubica a 2,900 msnm. Los datos registrados son de 1962 a 1988. La máxima temperatura se registra en el mes de mayo (13.1°C) y la mínima en el mes de enero (9.6°C). El promedio anual es de 11.2°C. La máxima precipitación ocurre en el mes de julio (220.9mm) y la mínima es en febrero (9.92mm). El promedio anual es de 1,257.3 mm de lluvias. El clima según la clasificación de Köppen es Cw (b)(w'') (i) (g) Templado con lluvias en verano, con dos máximas de lluvia separadas por dos estaciones secas, una larga en invierno y otra corta en temporada de lluvias. Es isotermal y la marcha media anual de la temperatura es tipo ganges.

3.7. Situación de la cuenca

La Cuenca de la Ciudad de México tiene 9,270 km² de superficie, con una población al 2020 de 22,817,341 habitantes, que representan más del 18.1% del total del país en menos del 0.5% del territorio. La principal problemática es el crecimiento urbano sin planificación. Desde la primera década del siglo XX, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha crecido muy rápidamente; esto implica una cadena de consecuencias negativas para el medio ambiente y en el bienestar de la población.

Como se mencionó en los antecedentes, la Ciudad de México se ubica en una cuenca endorreica compuesta por los lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco que tenían diversas características salobres, profundidad y densidad diferente, así como diversas canales y ríos, que se encontraba rodeado de montañas y bosques de diversos niveles altitudinales.

Desde los primeros asentamientos, se presentaban dificultades en el control de las crecidas de los lagos en la temporada de lluvias, como se ha mencionado en los antecedentes de este proyecto, por lo que se realizaron diferentes medidas para mitigarlo, que fueron muy adelantadas a su época como son acueductos por gravedad para traer agua potable desde las partes altas; albaderrones que son grandes diques que regulaba las crecidas por las precipitaciones y escurrimientos, las calzadas que mantenían seccionado el lago y mantenía la comunicación con las zonas altas de la Cuenca y los canales de desagüe y comunicación que mantenía el equilibrio en el sistema.

Después de la conquista de México, los españoles comenzaron a desecar los lagos y modificar el ciclo hidrológico de la Cuenca y dejó zonas inundables cubiertas de zonas habitacionales, sin analizar las características edafológicas y estas arcillas quedaron cubiertas de materiales impermeables que impidieron su dinámica natural en las partes bajas, así mismo los ríos quedaron delimitados por cauces artificiales y desviados a consecuencia del crecimiento y de las necesidades de las población llegada de zonas rurales debido a su centralización de las actividades políticas y económicas que permitía la Ciudad de México, Se modificaron las barrancas y la vegetación de las zonas altas que aumentaron su valor de uso de suelo y el crecimiento comenzó en las zonas del captación. Al paso del tiempo la carga ecosistémica quedó sobrepasada por el crecimiento poblacional y la modificación del sistema hidrológico.

3.8. Fisiografía de la cuenca

La Cuenca de México se localiza al Sur de la Altiplanicie Mexicana, en el centro de una zona volcánica denominada faja volcánica transmexicana, la cual se extiende desde el paralelo 19° de oeste a este. Compuesta principalmente de montañas, que se encuentran alternas con planicies (Lugo y Córdoba, 1991)

En relación a la zona de estudio, durante el Terciario Medio la actividad sísmica y volcánica incrementa, que forma una serie de fracturas y fallas (Formación de Xochitepec) que crea hundimientos escalonados, fosas y pilares. Durante el Mioceno Superior se forma la Sierra de Guadalupe que drenó los ríos hacia la Cuenca Amacuzac. Durante el Pleistoceno se produjeron fallas que dieron lugar a la Sierra de Chichinautzin y posteriormente la Sierra de las Cruces. Esta actividad hizo que la Cuenca se hiciera endorreica y formará un lago en su interior (Martínez, 2011).

El Ajusco es un cono de lavas andesíticas de hornblenda de actividad volcánica situada durante el Mioceno inferior, el cual fue expuesta a erosión después del Plioceno. Las erupciones plinianas (explosivas) originaron depósitos de piroclastos y estructuras distantes (Cruz, 2019). Con planicies estrechas que son marginales a las zonas montañosas (Lugo y Córdoba, 1991), donde se presentan suelos delgados, que son utilizados para zonas agrícolas y algunos asentamientos urbanos de los pueblos originarios. La pendiente en estas zonas es 7 a 69° con diferentes procesos erosivos y de intemperismo; en zonas inaccesibles para el ser humano se presentan bosques de mayor grado de conservación.

La actividad volcánica durante y después del Plioceno en la Cuenca de la Ciudad de México fue intensa, el cual, se ubican en el llamado de malpaís del Ajusco. La actividad de las estructuras volcánicas estaba separada por periodos de inactividad seguidos por erosión que contribuyeron en el relleno de la Cuenca.

La formación de la Cuenca estuvo compuesta por tres fases: 1) una continua y prolongada por la emisión de roca volcánica, 2) después por la formación de acumulaciones residuales de materiales piroclásticos de lapilli y calizas en las laderas de los volcanes que resultaron de las fuertes explosiones de los diversos productos cineríticos y por último 3) la acumulación de agua sobre los depósitos de aproximadamente de 800 m durante el Plioceno, se formó el arco plio-Plaiostocénico,

donde se emplazaron las lavas alcalinas sódicas y potásicas en conjunto de magnetismo calcoalcalino. Se construyeron campos volcánicos monogenéticos (Cruz, 2019). En el Pleistoceno existieron efusiones basálticas que brotaron a las bases de las montañas y se deslizaron hasta la orilla de la Cuenca (Cannon, 1957)

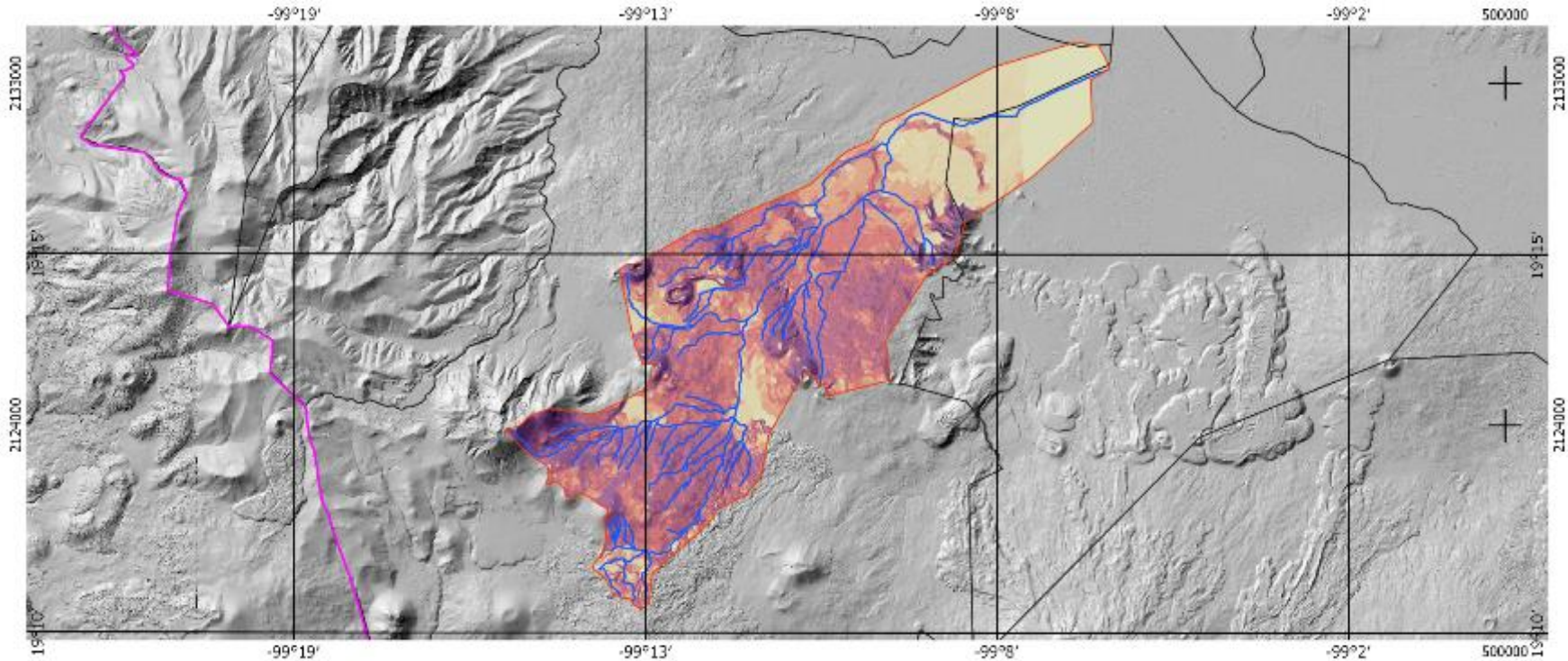
Esta zona lacustre, se forma por las fracturas ocurridas en el mismo periodo que permitieron el flujo de emisiones de suroeste a noreste, se intensificaron y formaron depósitos lacustres por el desplazamiento de basaltos de olivino, piroxenos y andesitas basálticas y en menor cantidad piroxena y andesita hornblenda, así mismo, abanicos aluviales integrados por arena con lahares púmicos. La acumulación de material por procesos erosivos son de menor dimensión que forman abanicos aluviales, colinas y montículos (Lugo y Córdoba, 1991), en el caso de Río San Buenaventura de reciente formación y en su mayoría cubiertas por la zona urbana, que son zonas propicias por la pendiente de (4-6°). En cambio, las zonas de las planicies lacustres se encuentran en una pendiente de 0-3°, que es donde se encuentra la mayor densidad de población y con mayor frecuencia las inundaciones pluviales (mapa 2).

Las superficies en hectáreas por tipo de geoforma es la siguiente (tabla 12)

Tabla 12: Pendiente y superficie de las geoformas del área de estudio.

Geoforma	Pendiente (en grados)	Superficie en hectárea
Plano	0-1	554.65
Plano_2	2-3	1,305.56
Pie de Monte	4-6	45.75
Ladera Media	7-12	1,414.86
Ladera Considerable	13-25	4,141.45
Ladera Fuerte	26-35	218.51
Ladera Empinada	>35	1.04
Fuente: Elaboración propia		

Geoformas y Pendiente de la Cuenca del Río San Buenaventura, Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan, Ciudad de México.



<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>— Cauce del Río San Buenaventura</p> <p>□ Límite de las Alcaldías</p> <p>□ Geoformas y Pendiente</p> <p>□ (0-1°) Plano</p> <p>□ (2-3°) Plano 2</p> <p>□ (4-6°) Pie de Monte</p> <p>□ (7-12°) Ladera Media</p> <p>□ (13-25°) Ladera Considerable</p> <p>□ (26-35°) Ladera Fuerte</p> <p>□ (36-69°) Ladera Empinada</p> <p>□ Modelo Digital del Terreno</p> <p>□ 1</p> <p>□ 255</p>		<p>Proyección: UTM Zona 14 Datum: WGS84</p>	<p>Escala gráfica: 1:110,000</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p> <p>POSGRADO EN GEOGRAFÍA</p> <p>Mapa 2: Geoformas y Pendiente del Río San Buenaventura, Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan</p> <p>Autor: Geóg. Anabell Pérez Flores</p> <p>Fuentes -INEGI.2010. Modelo digital del Terreno a 5m. LIDAR -CONAGUA. 2020. Río y Cuencas de la Ciudad de México</p>
---	--	--	---	---

Mapa 2: Geoformas y pendientes del Río San Buenaventura, alcaldías Xochimilco y Tlalpan. Fuente: Elaboración propia

3.9. Edafología

Los suelos ubicados en la zona de estudio son Phaeozem háplico, Andosol húmico y Andosol mólico (Asesoría y Consultoría en Medio Ambiente, 2010).

El Andosol mólico se ubica en la cuenca alta y son suelos que tienen propiedades ándicas o vítricas por su origen volcánico, que son una combinación de ígnea, arcilla y diatomitas poco intemperizadas, que formaron arcillas expandibles alofánicas con la presencia de agua y ricos en silicatos. Se pueden presentar a una superficie mayor a 30 cm y menor a 100cm. (Guevara B *et al.*, 2015).

De color oscuro por la presencia de materia orgánica, como material parental se encuentran cenizas volcánicas, piedra pómez, toba, escoria y/o otros. Como subcalificador es mollic por su alta saturación de bases y alto contenido de materia orgánica. También se encontraron andosoles húmicos, debido a que contiene carbono orgánico en su fracción de tierra fina hasta su suelo mineral (WGS, 2015)

Así mismo, existen suelos Leptosoles que se ubican en la Cuenca media donde la formación de suelo es mínima, lo cual, demuestra su origen volcánico, con eventos de erosión e intemperismo incipiente.



Fotografía 6: INEGI, 2013. Perfil E 14226

(fotografía 6) Perfil ubicado al Sur de la Cuenca de estudio, con coordenadas 490376 en X y 2124057 en Y, a una altitud de 2,610 msnm, pendiente de 10° y precipitación anual de 800 mm De acuerdo a la WRB 1999 fue clasificado como Leptosol Uhmbrihúmico de textura franco arcillosa y su uso de suelo es Bosque en relieve ondulado. El perfil está fuertemente pedregoso (31 60%) con afloramiento de roca ígnea extrusiva perceptible y un pH de moderado ligeramente ácido (5.2). Es un suelo somero de tan solo 22 cm de profundidad. De estructura granular por la composición de cenizas de las erupciones efusivas de menor a 5mm. El color en campo es de rojo marrón (10YR 2/1). Su consistencia en húmedo es friable del horizonte A, con adherencia y plasticidad moderada. La

conductividad eléctrica es baja de 0.1. Se encuentra drenado tanto en el horizonte interno como externo.

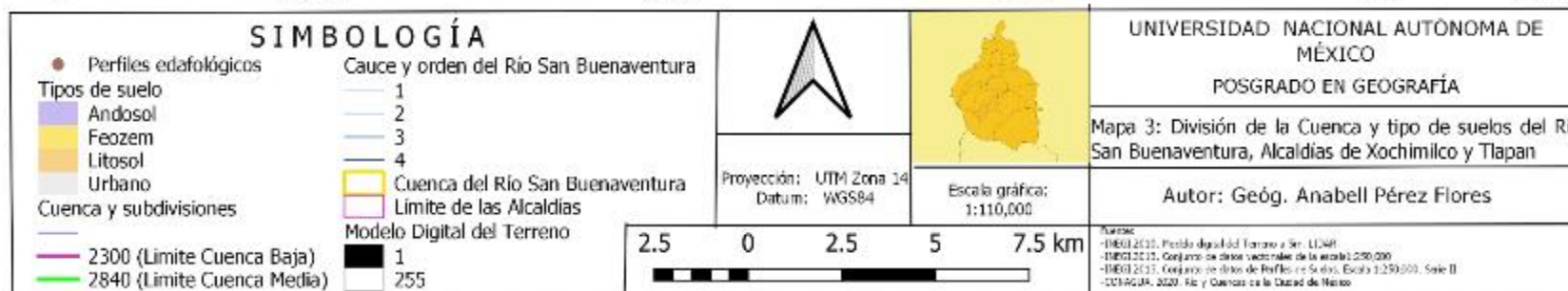
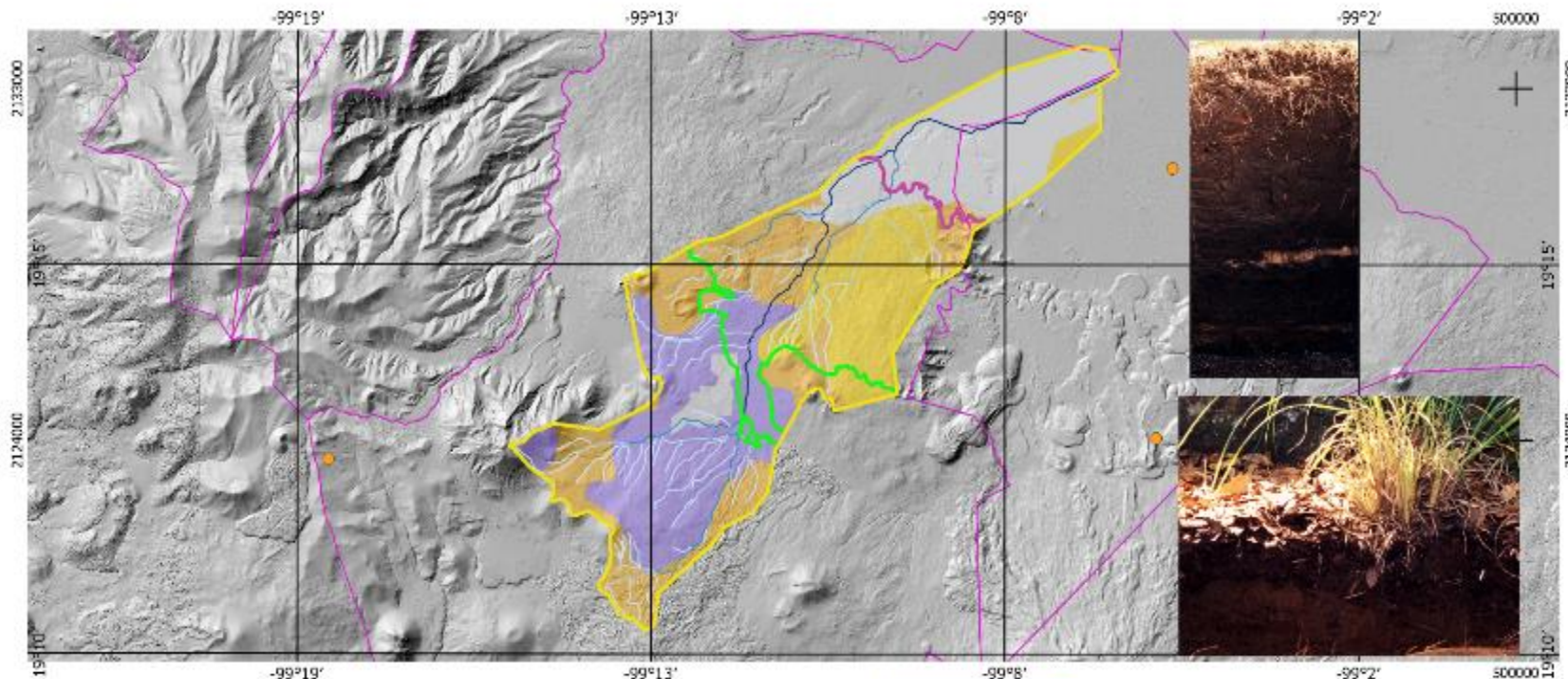
Los Phaeozem están libres de carbonatos secundarios o los tienen a mayores profundidades por su alto contenido de materia orgánica, por eso son de color oscuro. Tienen suelos superficiales alta saturación de bases con alta lixiviación, los cuales en su horizonte no tienen cambios significativos, son profundos a causa de la acumulación de sedimentos, por lo tanto, es háplico (WGS, 2015). Está compuesto por arcillas, limos y arenas lacustres depositados durante el Pleistoceno-Holoceno, que se encuentran integrados con flujos de lava producto de la actividad efusiva, cenizas y materiales piroclásticos resultado de las diversas etapas eruptivas y sedimentos fluviales y aluviales, llegando a tener un espesor de 45 m de profundidad, esta evolución formó suelos ricos en halitas, albitas y plagioclasas, que favoreció la acumulación de materia orgánica en proceso de humificación de textura de migajón arcillosa. Este tipo de suelo se ubica en la cuenca baja, donde la hidrólisis provocó el intemperismo de materiales primarios como Anfíboles y Piroxenos que, en condiciones de anaeróbicos produjo condiciones de óxido reducción de sales de hierro y magnesio formando concreciones de color gris a pardo verdoso. Actualmente con altos contenidos de fosfatos que permite el crecimiento de plantas para la agricultura, pero es tóxico para el consumo humano, además de las altas concentraciones de salinidad que provoca el estrés fisiológico de las plantas y disminuye la productividad en las zonas chinamperas. Los perfiles muestran un manto freático expuesto a 90 cm de profundidad, seguido de una capa de 20 cm de arena fina, negra y compacta que forman un acuífero de arcillas bentónicas y montmorillonita con carbonatos de calcio, diatomeas, ostrácodos e inter estratificaciones de cenizas volcánicas y arenas pumíticas, que se relacionan a la obstrucción del desagüe de la cuenca por la actividad del Chichinautzin (Guevara *et al.*, 2015)



Fotografía 7: INEGI, 2013. Perfil E 14227

Este perfil (fotografía 7) se ubica hacia el SE de la Cuenca de estudio con unas coordenadas 490809 en X y 2130954 en Y, a una altitud de 2252 msnm y una pendiente de 1°, con una precipitación de 700 mm clasificado como Phaeozem Sódico por la WRB 1999. Se ubica en la antigua zona de inundación lacustre; que actualmente tiene uso de suelo de agricultura de temporal. En relación a sus características, físicas es un suelo profundo tiene textura arcillosa en los horizontes superiores a franco arcillosa en los niveles inferiores, de color rojo oscuro marrón (10YR 2/1 en campo) y un horizonte 0 de tipo Mólico por su alto contenido de materia orgánica, presencia de raíces, pelo y bioturbación en estratos inferiores, así mismo con concreciones sódicas en el horizonte B por la iluviación de silicatos de la cuenca alta. Se encuentra expuesto el manto freático y se observa el cambio de nivel en temporada de seca y de lluvia, por lo que, su pH es de moderadamente a fuertemente alcalino. Carece de pedregosidad y sin afloramiento de roca aparente. No existe efervescencia al HCL, con una estructura de migajón, por lo que es poroso, lo cuales tienen un tamaño mayor a 5 a 10 mm con una agregación débil o incipiente. La adhesividad y plasticidad en estado húmedo es moderada. Se encuentra escasamente drenado en la superficie y moderadamente drenado en el interior. La conductividad eléctrica disminuye conforme la profundidad de 2.8 en la superficie a 1.6 en el horizonte B.

La aptitud agrícola se debió a la translocación de arcillas que se desarrollaron en periodos de estabilidad en largos periodos de tiempo. En la zona intermedia de la cuenca son de carácter somero que mantuvieron corrientes intermitentes.

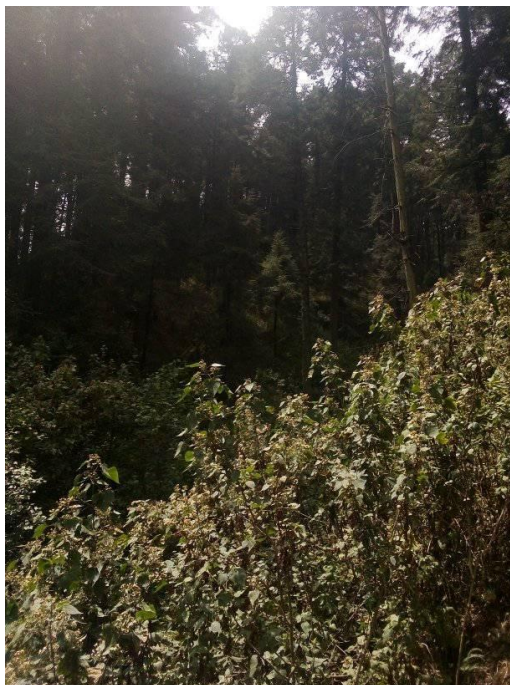


Mapa 3: División de la Cuenca y tipos de suelos del Río San Buenaventura, alcaldía de Xochimilco y Tlalpan. Fuente: Elaboración propia

3.10. Vegetación

La zona de estudio cuenta con amplias Zonas de Conservación Ecológica como Cumbres del Ajusco de 920 hectáreas; su vegetación es principalmente por pinos, oyamel, matorrales y pastos de alta montaña, que fue declarada como Parque Nacional el 5 de abril 1926, originalmente contribuía para la captación de agua con el propósito de alimentar las corrientes de los manantiales, ríos y lagunas de la cuenca sosteniendo su régimen hidráulico, para evitar la erosión del suelo y mantener el equilibrio climático de las regiones vecinas. En el decreto se excluye de expropiación a terrenos en producción o habitados que se ubiquen $\leq 8\%$ de pendiente o que pueda causar inestabilidad del suelo (Diario Oficial, 1936).

La Reserva Ecológica Comunitaria San Miguel Ajusco tiene 1,175.99 hectáreas declarada como Área Destinada Voluntariamente a la Conservación el 16 de noviembre del 2010, su vegetación es de bosques de oyamel, pino y pastizales de alta montaña (fotografía 8), por lo que se considera de este sitio la riqueza biológica, que contiene 150 especies de plantas distribuidos en 105 géneros y 47 familias. En esta reserva no se autoriza 1) el establecimiento de algún asentamiento irregular, y de nuevos asentamientos o su expansión territorial; 2) la realización de actividades que modifiquen el ecosistema; 3) actividades riesgosas como la deposición de desechos de alto riesgo; 4) el depósito de cualquier residuo; 5) la extracción de suelo o materiales del suelo que sean diferentes al Programa de Manejo; 6) La interrupción o afectación del sistema hidrológico diferentes al Programa de Manejo; 7) La realización actividades de caza y de extracción para su explotación ilícita de flora o fauna (cinegéticas); 8) otras actividades disponibles. En el decreto menciona su importancia y funcionalidad ecosistémica es para la recarga del acuífero (GODF, 2010)



Fotografía 8: Vegetación de la cuenca alta: Oyameles. Bosque deteriorado por presencia antrópica. Fuente: Archivo propio.

En la cuenca media se ubica el Parque Ecológico de la Ciudad de México (fotografía 9 y 10), que se decretó como Parque Urbano el día 24 de octubre de 1997, con 2,528,684. 61 metros cuadrados en los predios del ejido de San Andrés Totoltepec con la finalidad de conservar y proteger los ecosistemas y servicios ecosistémicos, para evitar la presión antrópica y el cambio de uso de suelo presente en el sitio. Esta zona tiene una riqueza biológica de 611 especies, compuesta de 308 géneros y 95 familias, principalmente de matorral xerófilo, encino y pinos, debido a la presencia de las lavas del Xitle con una antigüedad de 2,200 años que no cuenta con escurrimientos superficiales y presenta un paisaje de malpaís (Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2016).

Entre las acciones en las poligonales de la zonificación del Área Natural Protegida, es conservar la diversidad de flora fauna, proteger la integridad de los ecosistemas, procurar el uso público sustentable; vigilancia y control ante un cambio de uso de suelo por la presencia de asentamientos irregulares, del paso vehicular e infraestructura; acciones contra la degradación y erosión de suelo (manejo de cárcavas), recuperación de los servicios ecosistémicos en zonas donde se encuentre perturbado, por medio de bosques inducidos con vegetación nativa; el diseño de brechas cortafuegos y el retiro de material combustible; control de la extracción de material de vegetación y de suelo; control de plagas y el monitoreo de especies; y la vigilancia de las visitas científicas y ecoturísticas de bajo impacto (Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2016)



Fotografía 9: Bosque Mixto en la cuenca media. Parque Ecológico de la Ciudad de México y lavas del Xitle. Encinos y matorral xorófilo.



Fotografía 10: Parque Ecológico de la Ciudad de México. Vista panorámica en la Ciclovía. Fotografía propia

3.10.1. Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación (tabla 13) del área de estudio es la siguiente:

Tabla 13: Tipo de vegetación, comunidades, subcomunidades altitud, precipitación y altura máxima del dosel del área de estudio.

Tipo de vegetación	Comunidades vegetativas	Sub comunidades	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Altura máxima del dosel (m)
Pastizales	Zacatonal subalpino		2,250-4,300	1,200	0.60-1.20
	Pradera		2,900 - 3,500	600-750	0.30
Bosques de Coníferas	<i>Pinus hartwegii</i>		2,900 - 4,100	1200	15-20
	<i>Pinus spp</i>	<i>Pinus leiophylla</i>	2,350 – 2,600	900	
		<i>Pinus montezumae</i>	2,500 - 3,100	700-1200	20-30
<i>Abies religiosa</i>			2,400 - 3,800	900 a 1,500	20-40
	<i>Pinus spp Quercus spp</i>		2,300-2,600	700-1,200	8-12

Bosque mixto	<i>Pinus spp con Alnus spp,</i>		2,500-3,100	700-1,200	20-30
Bosque de encino	<i>Quercus crassipes y Quercus obtusata:</i>		2,500	700 – 1,200	5-12
	<i>Quercus rugosa</i>		2,240 - 3,100		25
	<i>Quercus mexicana y Quercus crassipes</i>		2,500 - 2,900		3-5
	<i>Quercus laurina</i>		2,800		5-12
Matorral Xerófilo	Matorral de <i>Quercus</i>		2,450 – 2,650	700 – 1,600	0.20-1.0
	Matorral de <i>Senecio preacox</i>		2,240 - 2800	700 – 950	2-4
	Matorral de <i>Hechtia podantha</i>		2,250-2700	700-1,600	0.3-0.8
	Matorral de <i>Bursera</i>		2,000 - 2150	1250 – 1,400	5
	Matorral de <i>Salix</i>		2,250 -2500	700-1,600	2-4
Otros tipos	Megarrosetas		2500 -3400	400-700	8

(Calderón, G. y Rzedowski, 1975; Silva *et al.*, 1999, citado en Velázquez *et al.*, 2010)

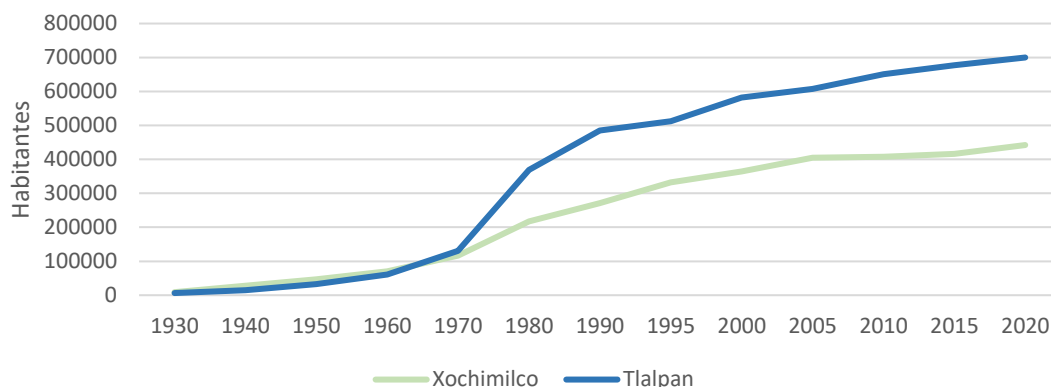
Son diferentes tipos de vegetación que se ubican en el área de estudio, que presentan estratos altitudinales que se localizan en zonas conservadas, como son las Áreas Naturales Protegidas y en las zonas urbanas crean ecosistemas artificiales, con diferente grado de conservación. Esto provoca que los grados de intensidad y magnitud de los eventos de inundaciones sean diferenciados (Ochoa y Ojeda., 2017)

El tipo de vegetación con mayor superficie es el bosque de pino con 1,188 ha y el de menor el bosque mixto 141 ha debido a la gran presión antrópica y al cambio de uso de suelo, sin embargo, todas ellas se ubican en las partes altas de la cuenca, inaccesible a la población: La vegetación riparia que sería importante para reducir la velocidad y frenar las crecidas (Granados *et al.*, 2006) para las inundaciones ha desaparecido en las partes de la cuenca baja.

3.11. Características poblacionales

En ambas alcaldías habitan 1,142,106 personas que es el 12.4% del total de la Ciudad de México, que se encuentran en riesgo de ser afectadas por las inundaciones:

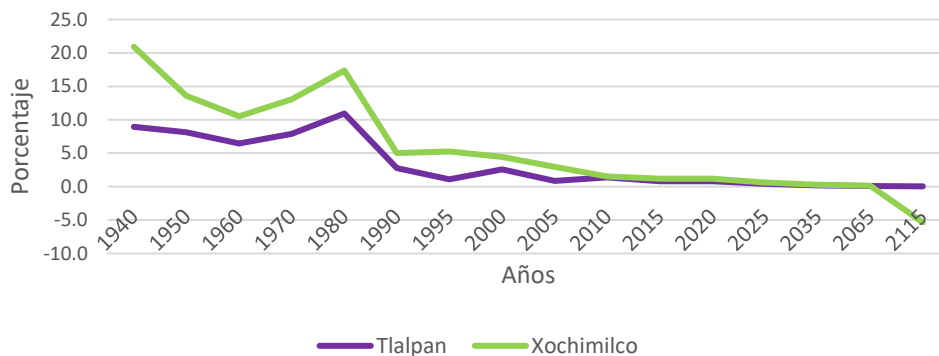
Gráfica 14: Comportamiento del total de población en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan (1930- 2020)



Fuente: Elaboración propia

La población de las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan comenzó a incrementar a partir de 1970 (gráfica 14) en ambas, la cual continúa en aumento; sin embargo, la tendencia, en Xochimilco se convierte asintótica a partir del año 2000. En relación a Tlalpan disminuye su crecimiento en 1995 (gráfica 15) pero después continúa en crecimiento. Este aumento poblacional a partir de 1970, condujo a una alta demanda de obras hidráulicas para el uso de los manantiales en el consumo de la zonas de élites y de la ciudad; el incremento de las aguas residuales altamente contaminadas que eran tratadas en plantas de tratamiento; su acondicionamiento al turismo para ser Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO; la introducción y la irrupción del tranvía, la construcción de vías de acceso como Anillo Periférico, avenidas, ejes viales y el tren ligero; el fraccionamiento y la construcción masiva de casas, escuelas, comercios e industrias que produjeron un cambio de suelo inmediato, que produjo el deterioro ecosistémicos (Boehm, 2006)

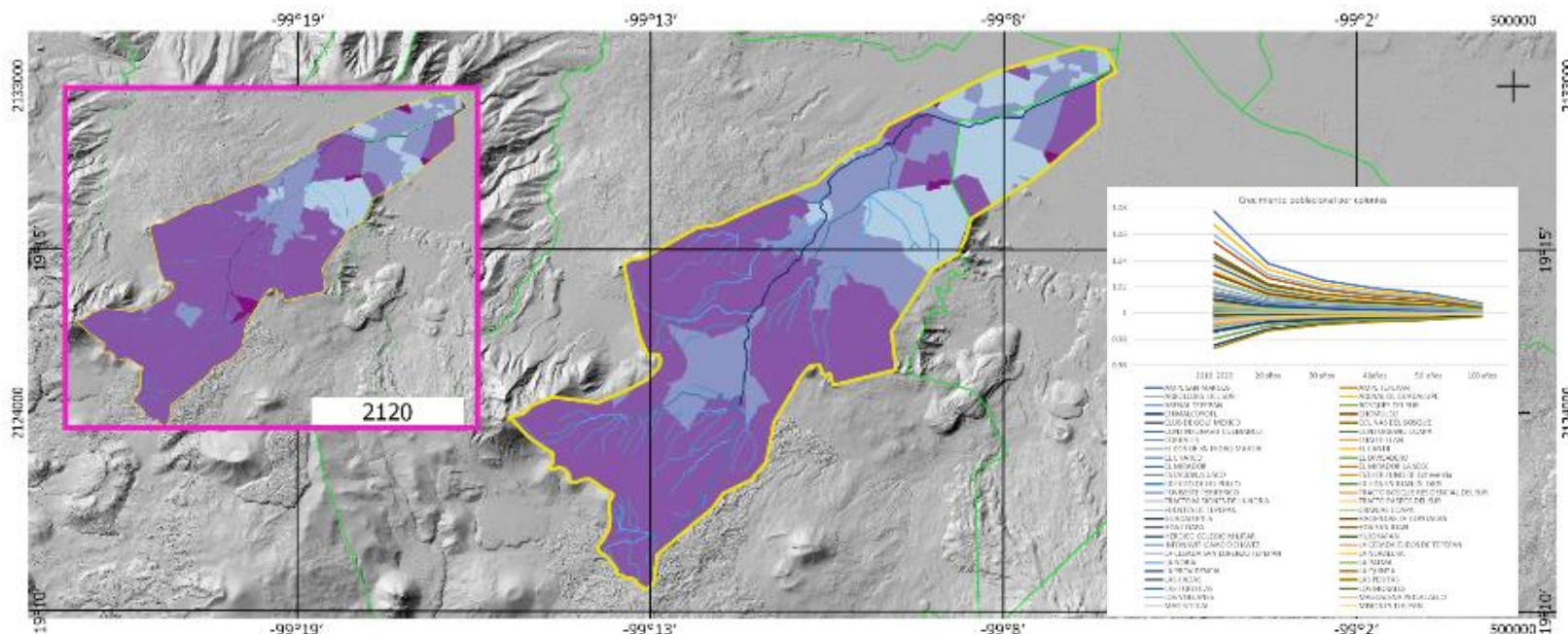
Gráfica 15: Porcentaje de la Tasa de Crecimiento Poblacional Absoluta Anual de Xochimilco y Tlalpan (1940-2115)



Fuente: Elaboración propia

En relación a lo anterior, las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan presentan un decrecimiento en su tasa poblacional a partir del 2010 a la fecha y continua en una prospección hacia 100 años hasta que la tasa es negativa (mapa 5).

Crecimiento Poblacional por colonia en la cuenca del Río San Buenaventura del 2020-2120
(Alcaldías Xochimilco y Tlalpan)



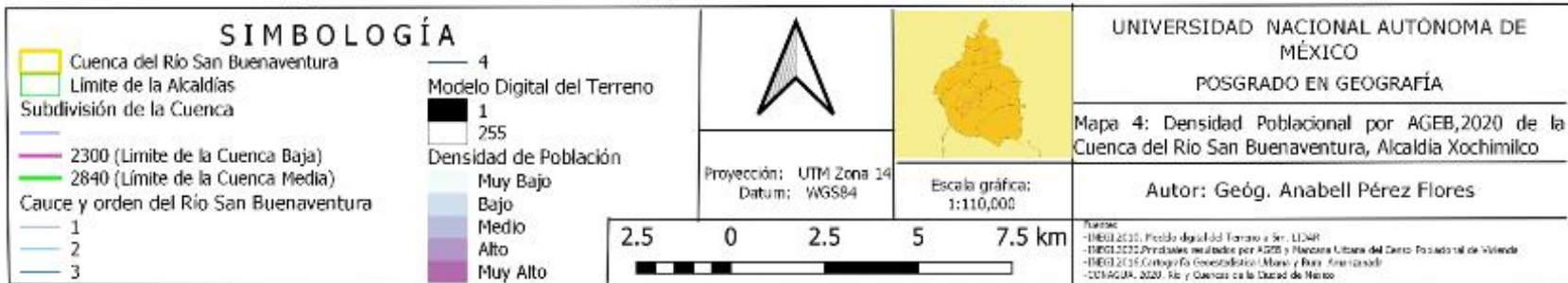
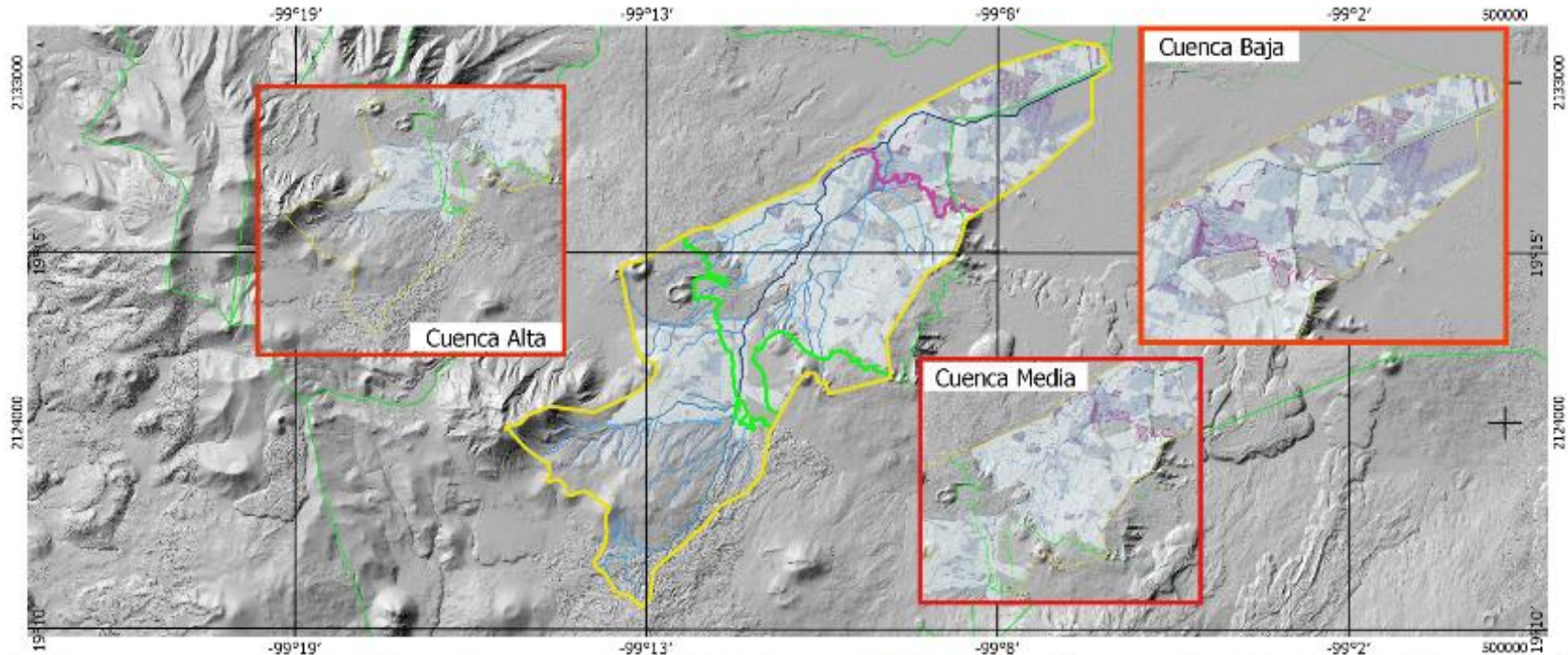
<p>SIMBOLOGÍA</p> <p> Cuenca del Río San Buenaventura Límites de las Alcaldías Cauce y orden del Río San Buenaventura 1 2 3 4 Crecimiento Poblacional 2010-2020 0 - 0 0 - 0.997 0.997 - 1.016 Crecimiento Poblacional 100 años 0 - 0 0 - 0.9994 0.9994 - 1.0011 1.0011 - 1.0036 1.0036 - 1.0075 MDT 1 255 </p>		<p>Proyección: UTM Zona 14 Datum: WGS84</p>	<p>Escala gráfica: 1:110,000</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA</p> <p>Mapa 5: Crecimiento Poblacional del 2020-2120 por colonia en la Cuenca del Río San Buenaventura (Alcaldías Xochimilco-Tlalpan)</p> <p>Autor: Geóg. Anabell Pérez Flores</p> <p><small>Fuente: -INEGI 2020, Proceso digital del Terrero a Sim. UNAM -INEGI 2012, Proceso digital del Terrero por ASEP y Mapeo Urbano del Centro, Proceso digital de vivienda -INEGI 2010, Censo de Población y Vivienda, Principales Resultados por AGEV, sexo y estado civil -DOTAGUA, 2020, Río y Cuencas de la Ciudad de México -INEGI-INEC 2019, Cuentas de la Ciudad de México</small></p>
--	--	---	--------------------------------------	--

Mapa 5: Crecimiento poblacional del 2020 al 2120 por Colonia en la Cuenca del Río San Buenaventura (alcaldía Xochimilco y Tlalpan). Fuente Elaboración propia

Su dinámica poblacional a 20 años disminuye y luego su tendencia es asintótica; el crecimiento de la población es principalmente en el Suelo de Conservación, en el cual a 100 años se generaliza, que es la zona de recarga del río en la Cuenca Alta, así mismo, en la zona Chinampera en San Gregorio Atlapulco y en Cuenca Media en San Juan Tepepan, Los Morales, Xolapa que tendrá que ser dotado de servicios.

El crecimiento poblacional de la Cuenca de la Ciudad de México se registra a partir de 1970 hacia el Sur y Sureste de la cuenca, principalmente en los pueblos originarios. En la Cuenca del Río San Buenaventura se ubican los pueblos originarios de San Andrés Totoltepec, San Miguel Ajusco, San Miguel Xicalco, San Pedro Mártir y Santo Tomás Ajusco ubicadas en la alcaldía de Tlalpan y San Gregorio Atlapulco en la Alcaldía de Xochimilco, los cuales, se expandieron principalmente de forma horizontal, en zonas de transición lomeríos y suelo lacustre, que se ubican en zonas de captación de natural de agua. Los nuevos asentamientos fueron dotados de infraestructura de drenaje y desagüe, sin embargo, en temporadas de lluvias, es insuficiente por las características propias del lugar, lo cual provoca inundaciones en colonias de reciente creación (Canabal y Narchi México, 2014)

Este crecimiento fue incentivado por la incorporación de medios y vías de comunicación que acortó la distancia hacia el centro de la Ciudad, que a su vez podía, se convirtió en una zona turística y de descanso para los habitantes de la metrópoli. Sin embargo, desde 1920 en el reparto de tierra fue desigual y desorganizado, por lo que con el paso del tiempo la Zona Chinampera perdió su productividad, por lo que los canales hundieron las chinampas y fueron abandonadas, en seguida los ejidatarios comenzaron a vender sus parcelas, por ejemplo, La Cebada y el Barrio 18 (Rendón, 2012)



Mapa 4: Densidad Poblacional por AGEB, 2020 de la Cuenca del Río San Buenaventura, Alcaldía Xochimilco. Fuente: Elaboración Propia

Otro momento histórico que acelera los cambios del espacio geográfico de la Cuenca de México, fue la consolidación de la Ciudad de México en 1910 como un núcleo centralizador del poder político, que la convirtieron en el lugar principal de intercambio comercial, de consumo, y en el centro de atención y publicidad nacional (Díaz, 1997), por lo que, las haciendas colindantes fueron expropiadas en el periodo de Lázaro Cárdenas y repartidas las tierras entre los ejidos y comunidades, que en un futuro se convertirían en suelos de reserva para el crecimiento urbano, en donde en esta zona, son principalmente para clases medias y altas, y no para la conservación debido a su importancia ecológica y su aptitud del suelo.

La aptitud del suelo es la adaptabilidad de ésta a un tipo específico tipo de uso, su determinación se hace por comparación entre los requerimientos de uso y sus propiedades, acopladas a análisis ambientales, económicos y sociales (FAO, 1985 citado en Otto, 2006).

En la dinámica poblacional en la actualidad, la mayor densidad de población se ubica en la zona de la cuenca baja en la Colonias de la Cebada San Lorenzo, Narciso Mendoza, Villa del Puente, Mirador, Prado Coapa 3ª Sección, Los Morales, Corrales, Ampliación San Marcos, San Gregorio Atlapulco, mayores a 12 habitantes por vivienda. En la zona de transición de la Cuenca Baja y Media en las colonias Chimalcoyotl, Villa Tlalpan, Unidad Habitacional San Pedro Mártir, San Pedro Mártir y Los Volcanes (mapa 4).

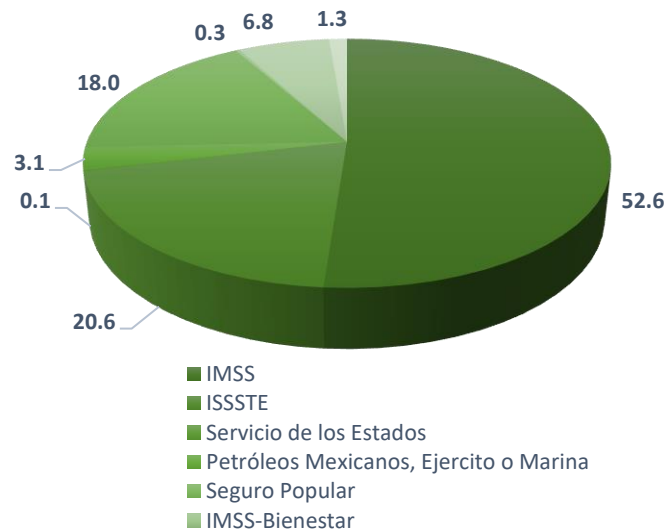
3.11.1. Características generales de la población actual:

La cuenca del Río San Buenaventura tiene 96 colonias: 74 de la Alcaldía de Tlalpan y 22 de Xochimilco, donde, en el 2020 habitan 295,186 habitantes, de los cuales, el 52% son mujeres y el 48% son hombres. La población de la zona de estudio se encuentra en el rango de edad de los 15 a 64 años (70.3% de la población), en el segundo lugar de 0 a 14 años (17.8%) y, por último, de más de 65 años (11.9%). Por lo anterior, la población económicamente activa mayor a 12 años de edad es 63.5% y la inactiva es 36.4% de la población total; así mismo, el grado máximo de escolaridad es en promedio de 11.8 años (preparatoria trunca o terminada) (INEGI, 2020).

En la zona de estudio 1.26 de cada 10 personas cuenta con una limitación física, motriz, auditiva, visual, comunicación, mental y/o combinada, para adaptarse y reaccionar ante una condición de riesgo ante inundaciones, ya que los sitúa con mayor vulnerabilidad, y que están expuestas a mayores índices de morbilidad y mortalidad debido a sus condiciones físicas y mentales, aunado

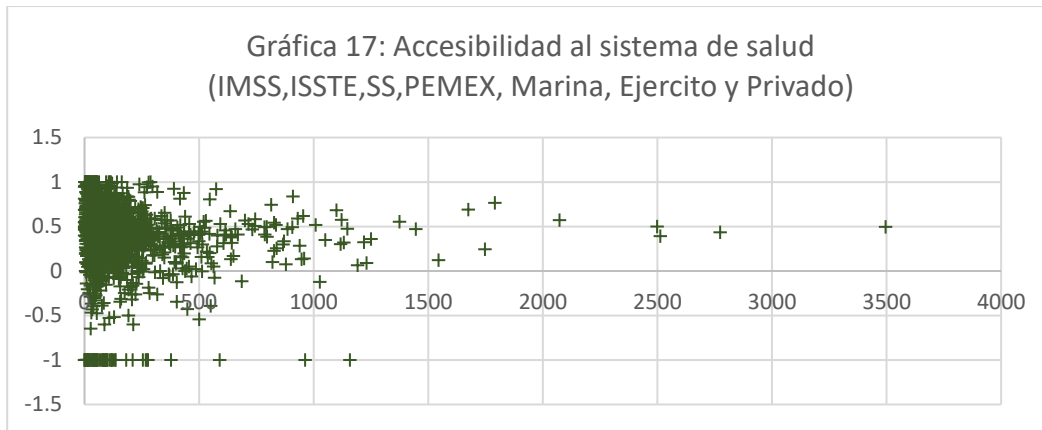
con los inclusión a un sistema de salud, son factores que influyen en la etapa del desastre y la reconstrucción (Clemens, 1999; citado en Sánchez *et al*, 2016), los cuales con el nivel socioeconómico eleva el estrés por no poder recuperar los bienes afectados, que detonan su dependencia a los recursos gubernamentales y familiares. En la zona de estudio el 68.9% de la población tienen algún tipo de acceso de servicio de salud (gráfica 16 y mapa 6), de las cuales, el 52.6% tienen IMSS; 20.6% ISSSTE; 0.1% Seguridad Social de los estados; 3.1% de Petróleos Mexicanos, Ejército y Marina; 18.0% Seguro Popular; 0.3% IMSS (Bienestar); 6.8% Institución Privada y 1.3% en otra Institución (INEGI, 2020).

Gráfica 16: Porcentaje de la población con algún tipo de servicio de salud



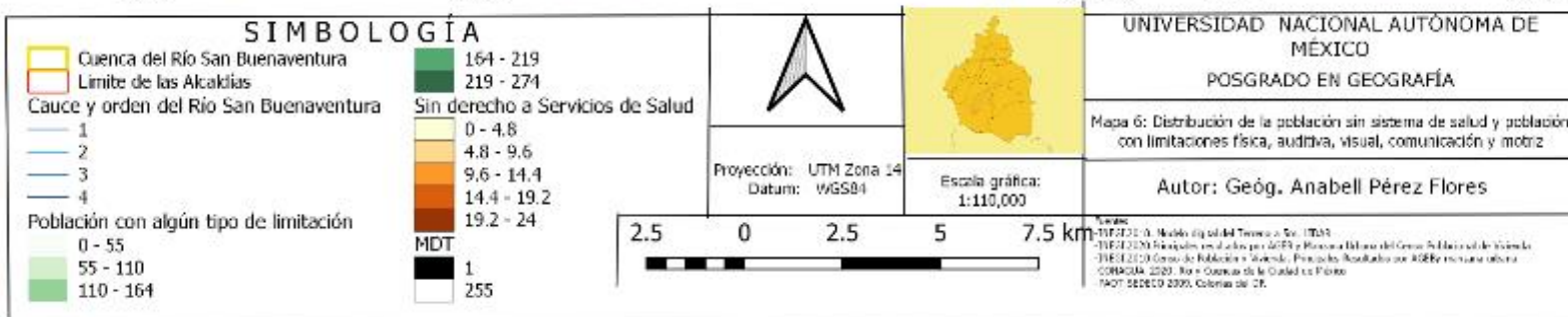
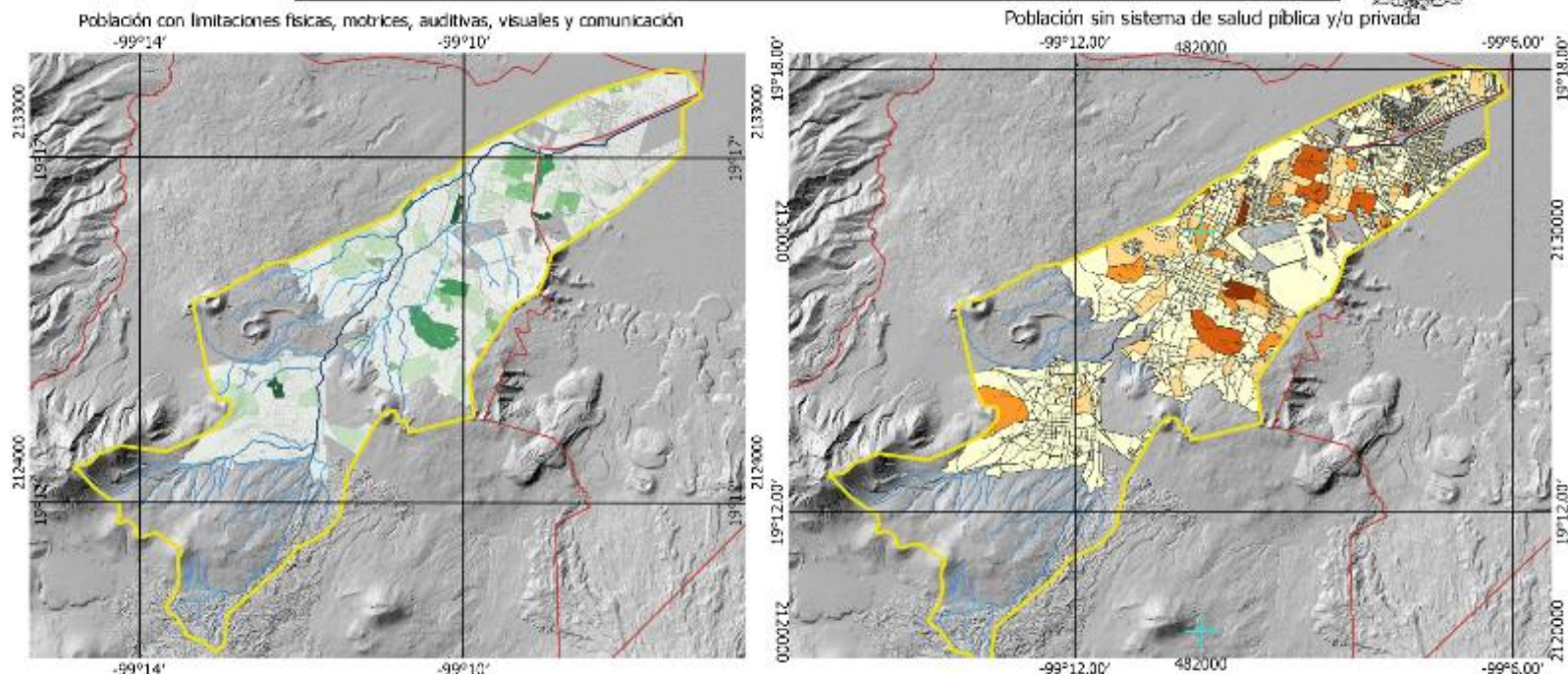
Fuente: INEGI (2020); Elaboración propia

El 30.9% no cuenta con un servicio de salud, por lo tanto, se elaboró un indicador con relación con los derechohabientes, menos los que no cuentan de servicios de salud, entre la población total con la finalidad de observar el déficit de este servicio.



Fuente: Elaboración propia

Los valores negativos representan el déficit por AGEB de los Servicios de Salud, el cual representa el 0.95% de confianza y una variación de los datos de 0.14%. La población que carecen con mayor frecuencia de un servicio de salud se ubica en La Palma, Ejido de San Pedro Mártir, Valle Tepepan, Colinas del Bosque, San Juan Tepepan, Valle Escondido y Las Peritas (gráfica 17).



Mapa 6 Distribución de la población sin sistema de salud y población con limitaciones físicas, auditivas, visual, comunicación y motriz. Fuente Elaboración propia

La vivienda tiene diferentes características, que dependen directamente de las características de la población, como son los ingresos familiares, de la necesidad de las personas, de los aspectos históricos de la población, relaciones sociales, culturales, la conformación de la propiedad (Torres *et al.*, 2011).

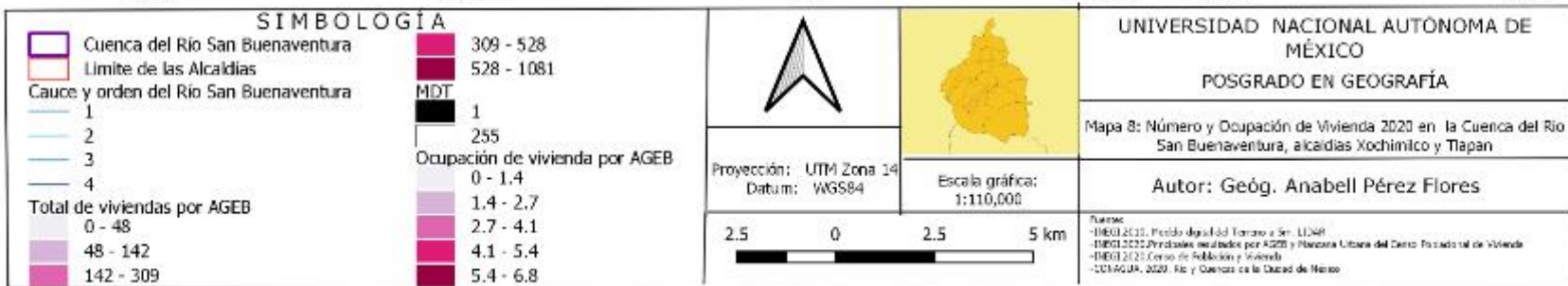
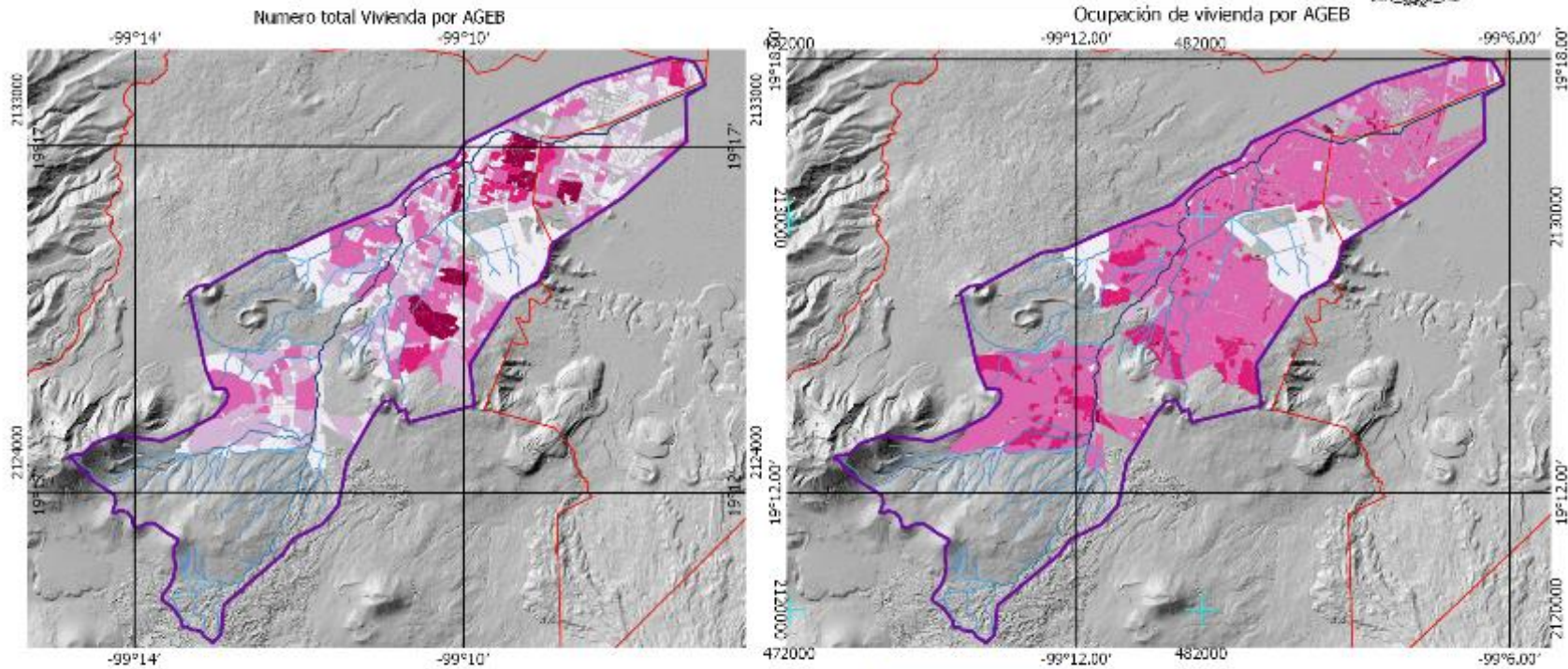
Tlalpan y Xochimilco presentaron crecimiento de población de bajos, medios y altos ingresos, durante el S XX. Sin embargo, los daños en las inundaciones urbanas impactan directamente en sectores sociales pobres. La pobreza juega un papel importante, ya que induce a una gran exposición alta vulnerabilidad y baja capacidad de respuesta (Pérez *et al.*, 2018)

Las tipologías de las viviendas generan rápidas visualizaciones y evaluaciones para una variedad de viviendas, con diferentes tipos de climas y características propias del espacio (Pérez *et al.*, 2018). La tipología utilizada en el Censo de Población y Vivienda 2020 es de: Casa única en el Terreno, Casa que Comparte Terreno con Otras, Departamento en Edificio, Vivienda en Vecindad o Cuartería, Vivienda en Cuarto de Azotea de un Edificio, Local no Construido para Habitación Vivienda Móvil y Refugio (INEGI, 2020)

En la zona de estudio se ubican 137,473 de viviendas, de las cuales se encuentran habitadas el 89.6% tanto particulares o de otro tipo de tenencia; el 10.4% no se encuentran ocupadas al momento de la realización del Censo de INEGI del 2020, de estas 9.4 de cada 10 viviendas están adaptadas como alojamiento de personas. Así mismo el 7.5% de las viviendas particulares se encuentran desocupadas y el 3.1% son de uso temporal. La tasa de ocupación es de 3.2 personas por cada vivienda. En relación a las características de la vivienda, el 0.79% son de piso de tierra, el 23.8% de un dormitorio y 5.2% de un solo cuarto (INEGI, 2020) (fotografía 11 y 12 y mapa 6).



Fotografía 11 y 12. Tipo de casa y estructura urbana, en la Colonia San Lorenzo La Cebada en la alcaldía Xochimilco. Cuenca Baja. Fuente: Archivo propio.

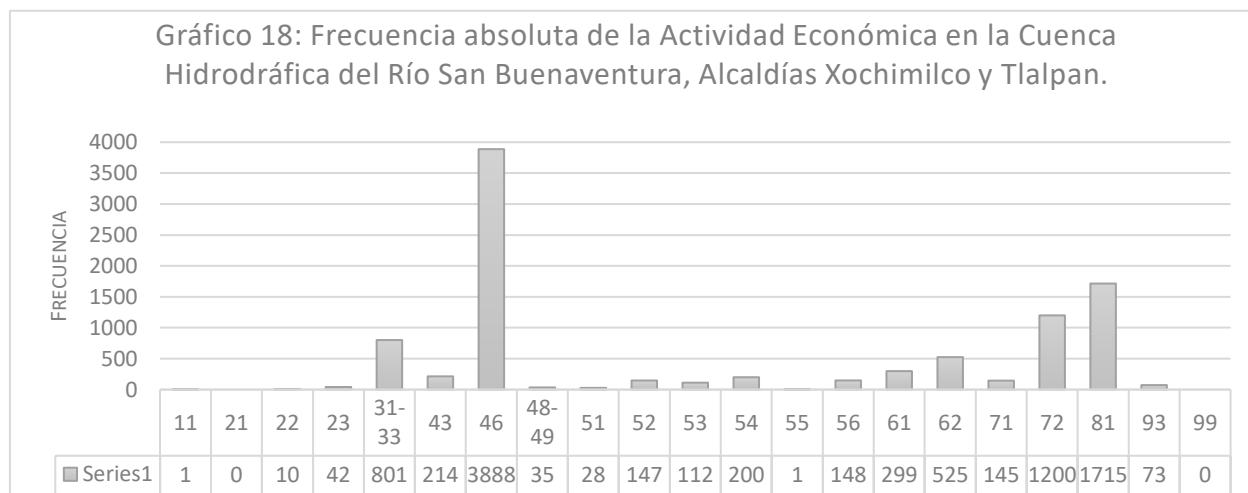


Mapa 8: Número y ocupación de vivienda 2020 en la Cuenca del Río San Buenaventura, alcaldía Xochimilco y Tlalpan. Fuente Elaboración Propia

Las áreas residenciales son frecuentemente afectadas por inundaciones fluviales, donde las medidas emergentes tradicionales (estructurales y de ingeniería) para reducirlas pueden desencadenar consecuencias en el medio ambiente y en la sociedad (Dinh y McIntosh, 2019). Las pérdidas en toda la economía en la destrucción de la infraestructura, capital y mano de obra son significativamente mayores que las pérdidas directas del desastre (Oosterhaven y Többen, 2017)

Para el análisis de las actividades económicas que se realizan en la cuenca hidrográfica de estudio, se midió a partir de las Unidades Económicas del DENUE 2017, se presentan 9,584 unidades económicas, que principalmente fijos (97%) y emplean de 0 a 5 personas. Los tipos de unidades económicas en la zona son (gráfica 14 y tabla 18):

Tabla 14: Clasificación y frecuencia de las actividades económicas



Clave	Tipo de actividad	Clave	Tipo de actividad
11	Agricultura, cría, explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca, caza	54	Servicios profesionales, científicos y técnicos
21	Minería	55	Corporativos
22	Generación, transmisión y distribución de energía, suministro de agua y gas por ductos al consumidor final	56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
23	Construcción	61	Servicios educativos
31-33	Industrias manufactureras	62	Servicios de salud y de asistencia social
43	Comercio al por mayor	71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos y otros servicios recreativos
46	Comercio al por menor	72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y viviendas
48-49	Transporte, correos y almacenamiento	81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales
51	Información en medios masivos	93	Actividades legislativas, gubernamentales de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales

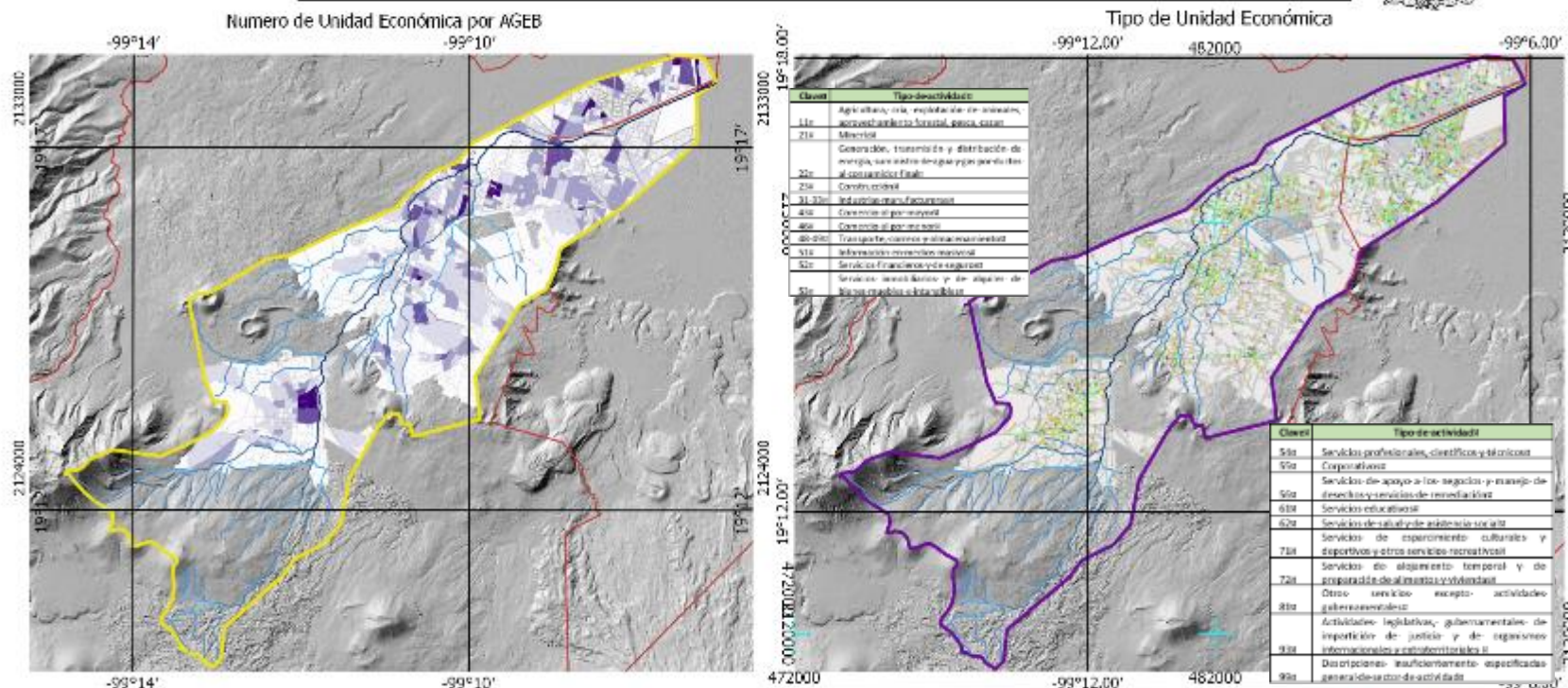
52	Servicios financieros y de seguros	99	Descripciones insuficientemente especificadas general de sector de actividad
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles		
Fuente Denue 2017. Elaboración propia			

En la zona de estudio las Unidades Económicas son principalmente de comercio al por menor, que corresponde al 40.5%, que corresponden tradicionalmente al sector terciario, que se dedican principalmente a la compra venta (sin transformación) para uso personal o del hogar, así mismo en gasolineras, que son conocidos como tiendas, farmacias, supermercados, minisúper etc., que tienen servicios de empacado, envasado y entrega a domicilio.

En segundo lugar, se encuentra los otros servicios excepto actividades gubernamentales (17.89%), que igualmente son del sector terciario, que por su naturaleza no se pudieron en otro sector de clasificación, por ejemplo, los servicios de reparación y mantenimiento, de asociaciones civiles y empleados domésticos, los dos primeros requieren una cierta especialización y conocimiento para la realizar las actividades.

Por otra parte, son los destinados a los servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y viviendas (tradicionalmente del sector terciario) que corresponden al 12.5% que corresponden a hoteles, moteles, hoteles con casino, cabañas, villas o similares, así mismo, de la preparación de alimentos y bebidas para el consumo inmediato, o por encargo, preparación y servicio de bebidas alcohólicas (mapa 7).

Número por AGEB y tipo de Unidad Económica
en la Cuenca del Río San Buenaventura, alcaldías Xochimilco y Tlalpan.



SIMBOLOGÍA				UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA	
	Cuenca del Río San Buenaventura		2 - 8		51
	Límite de las Alcaldías		8 - 17		52
	Cauce y orden del Río San Buenaventura		17 - 36		53
	1		36 - 71		54
	2		Tipo de Unidad Económica (Clave)		55
	3		11		56
	4		22		61
	MDT		23		62
	1		31-33		71
	255		43		72
	Número de Unidad Económica por AGEB		46		81
	0 - 2		48-49		93

	Proyección: UTM Zona 14 Datum: WGS84		Escala gráfica: 1:110,000
	2.5 0 2.5 5 km		

Autor: Geóg. Anabell Pérez Flores	
Fuente: -INEGI 2010, Población por Sexo y Sexo Nat. por Sexo Nat. -INEGI 2012, Productos resultados por AGEB y Necesaria Urbana del Censo Tricenal de Vivienda -INEGI 2017, Dirección Estadística Nacional de Unidades Económicas, por AGEB -CONAGUA, 2020, Río y Cuencas de la Cuenca de México	

Mapa 7: Número por AGEB y tipo de Unidad Económica en la Cuenca del Río San Buenaventura, alcaldías Xochimilco y Tlalpan. Fuente Elaboración propia

El tipo de crecimiento de la ciudad horizontal presente en países en desarrollo, crean vialidades que provocan el incremento de zonas impermeables, así mismo nuevos escurrimientos que forman parte del sistema fluviales, que conducen a una movilidad insostenible en temporada de lluvias (Isabeles *et al.*, 2019)

En relación a las vías y vialidades, SEDUVI en el 2019 las clasifica (mapa 8): *vías de acceso controlado*: como Boulevard Adolfo Ruíz Cortines (Periférico), Viaducto- Tlalpan, Autopista México Cuernavaca que se caracteriza por ser todas las arterias que no tienen semáforos, ni topes con una velocidad no mayor a 80 km/h, asimismo se interconectan con autopistas y carreteras a nivel federal.

Las anteriores se encuentran interconectadas con *Vialidades Primarias (arterias)* como Calzada de Miramontes, Calzada del Hueso, Acoxpa, El Arenal, Insurgentes Sur (a la altura de la Joya), Av. México Xochimilco, Prolongación División del Norte, las cuales cuentan con semáforos y su velocidad es de 50 km/h que pueden ser a desnivel o controladas a desnivel.

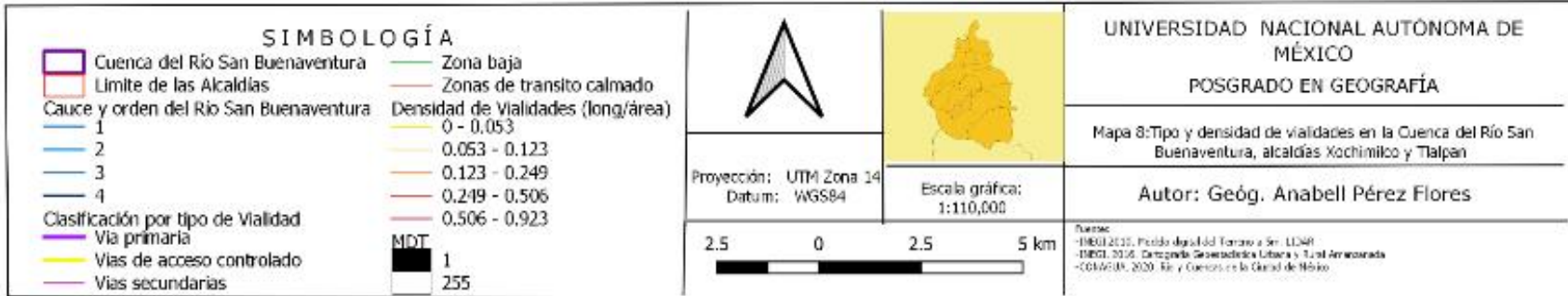
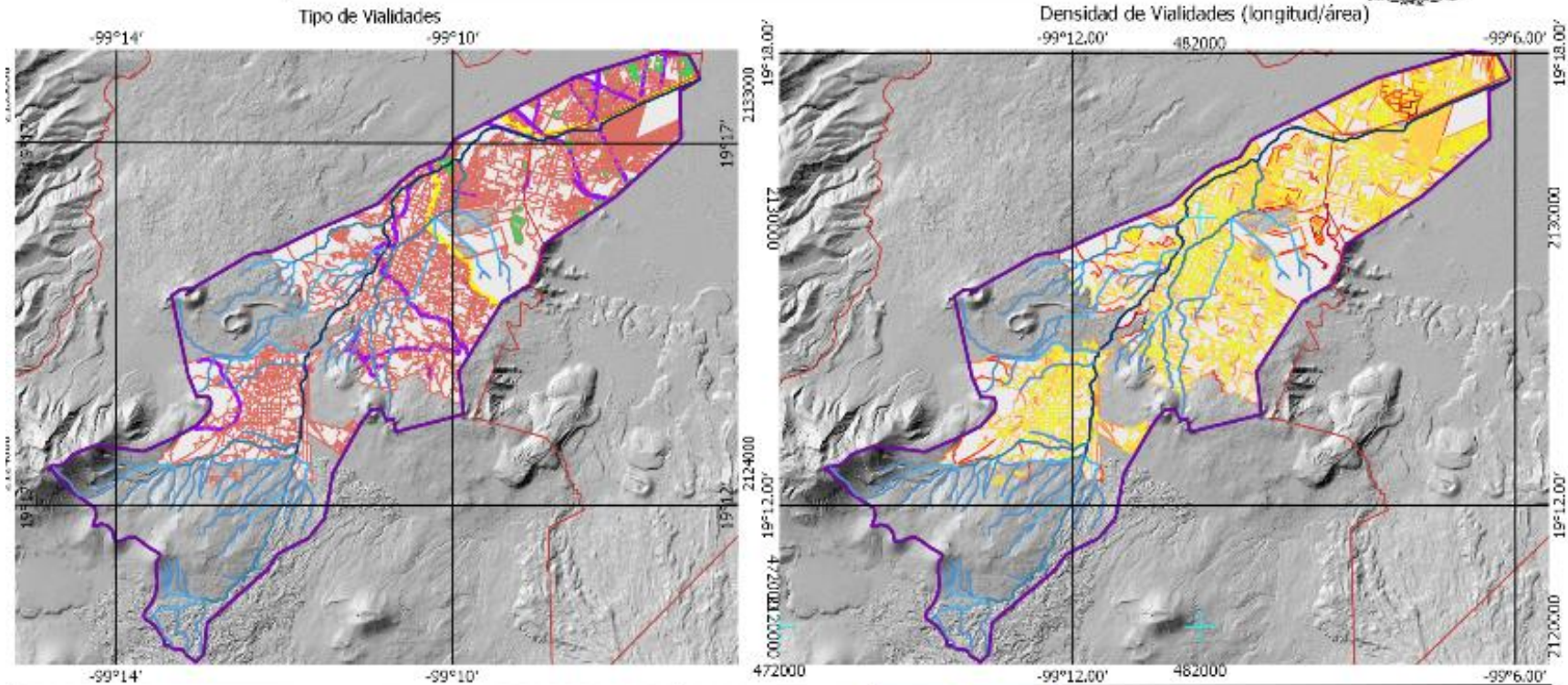
La interconexión de las anteriores, se realizan a partir de *vías secundarias* que pueden ser laterales del sistema de vías de acceso controlado y que unifican con calles locales, tienen geometrías más reducidas que las arterias con interés de un recorrido corto o de incorporación, su velocidad permitida es de 40 km/h.

Las *calles locales o de tránsito calmado*, son diferentes en la zona de estudio; estas permiten el ingreso a las propiedades. Los recorridos de tránsito son cortos y volúmenes, así mismo cuentan con topes y semáforos, su velocidad permitida es de 30 km/h

Las *calles peatonales o de baja* son para el desplazamiento libre y autónomo de personas, dando el acceso directo a las propiedades colindantes a espacios abiertos, o sitios de concentración de personas (se ubican principalmente en unidades habitacionales, centros comerciales, estacionamientos). La velocidad permitida es de 10 km/h

La mayor densidad se encuentra en zonas comerciales y unidades habitacionales hacia noreste de la cuenca y en la zona de centro sur (de color rojo 0.923m de vialidad por metro cuadrado), así

mismo es más baja en las zonas de tránsito lento (de color amarillo 0.053m de vialidad por metro cuadrado).



Mapa 8: Tipo y densidad de vialidades en la Cuenca del Río San Buenaventura, alcaldías Xochimilco y Tlalpan. Fuente: Elaboración propia

3.12. Cambio de Uso de Suelo

Las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan los asentamientos humanos se presentan desde tiempos prehispánicos, sin embargo, hasta el Siglo XX por el crecimiento urbano y por la escasa dotación de agua (Terrones, 2006) de la Ciudad de México se convierte en zonas de establecimiento de población en asentamientos irregulares de tipo Ejidal o Comunal, principalmente de características agrícolas; se fueron vendiendo a particulares y regularizando para convertirse en suelos para construcción.

La modernidad que se transforma en políticas públicas, como la desecación de los canales y lagos y el entubamiento de los ríos han cambiado las características geográficas de la cuenca, con la finalidad de incentivar el crecimiento urbano y el cambio de uso de suelo (Terrones, 2006).

Las chinampas que también fueron utilizadas por los asentamientos humanos prehispánicos para la agricultura, comercio y comunicación (Terrones, 2006), posteriormente para turismo con la construcción de la Carretera México Tulyehualco, (Salles, 1992), propiciaban el manejo de cauces y conservación de las características hídricas de la cuenca, para el consumo humano de los asentamientos existentes. Las necesidades presentes durante el siglo XX hicieron que achicaran los canales, lagos y terrenos agrícolas, al desecarse los manantiales por el consumo de la gran metrópoli se aceleró el crecimiento urbano (Terrones 2006), que eliminó las zonas de infiltración y de captura de agua.

La escasez de agua de los principales manantiales y de los cauces de los ríos, así como, los nuevos asentamientos humanos sin drenaje propició que se rellenaran de aguas tratadas o negras, que provocan el mayor deterioro de la producción agrícola y ecosistémica de la Cuenca (Salles, 1992), principalmente de zonas vegetación natural (bosques de pino, encino, pastizales de alta montaña y matorrales xerófilos) que con anterioridad que ya eran amenazados, actualmente la frontera agrícola se va desplazando en los espacios que los ocupan.

Los Juegos Olímpicos de 1968 propiciaron el crecimiento urbano desordenado, por la construcción de pista de Canotaje Virgilio Uribe, Periférico o la Ruta de la Amistad, Viaducto Tlalpan y comenzó el mercado inmobiliario con la construcción de Unidad Habitacional Narciso Mendoza en antiguos terrenos de la hacienda de San Antonio de Padua, durante los juegos olímpicos fueron para los medios de comunicación que cubrían las actividades deportivas, que posteriormente fueron

vendidas a la clase media, que fueron privilegiadas con la conectividad hacia el centro de la Ciudad con vías rápidas y servicios, actividades comerciales, igualmente ocurre en Tepepan por lo que incrementa su valor del suelo (Terrones, 2006).

Tabla 15: Superficie de la comparación del tipo de uso de suelo de 1970 y 2020

Tipo de Uso de Suelo	1970 (hectáreas)	2020 (hectáreas)
Agua	0.7	0
Urbano	126.5	2,407.0
Suelos desnudos	22.7	2.322
Vegetación herbácea	0	28.2
Vegetación urbana	0	281.8
Agrícola	4,168.3	2,714.8
Vegetación natural	3,812.350	2,627.1

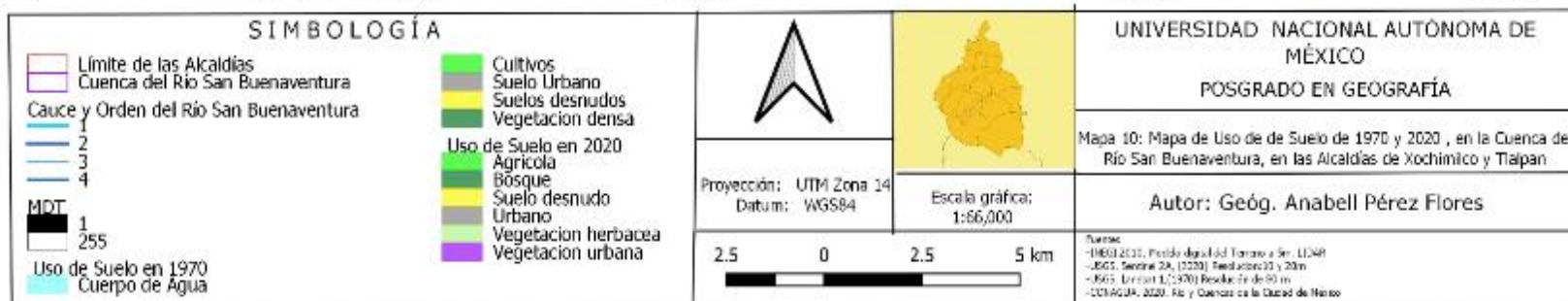
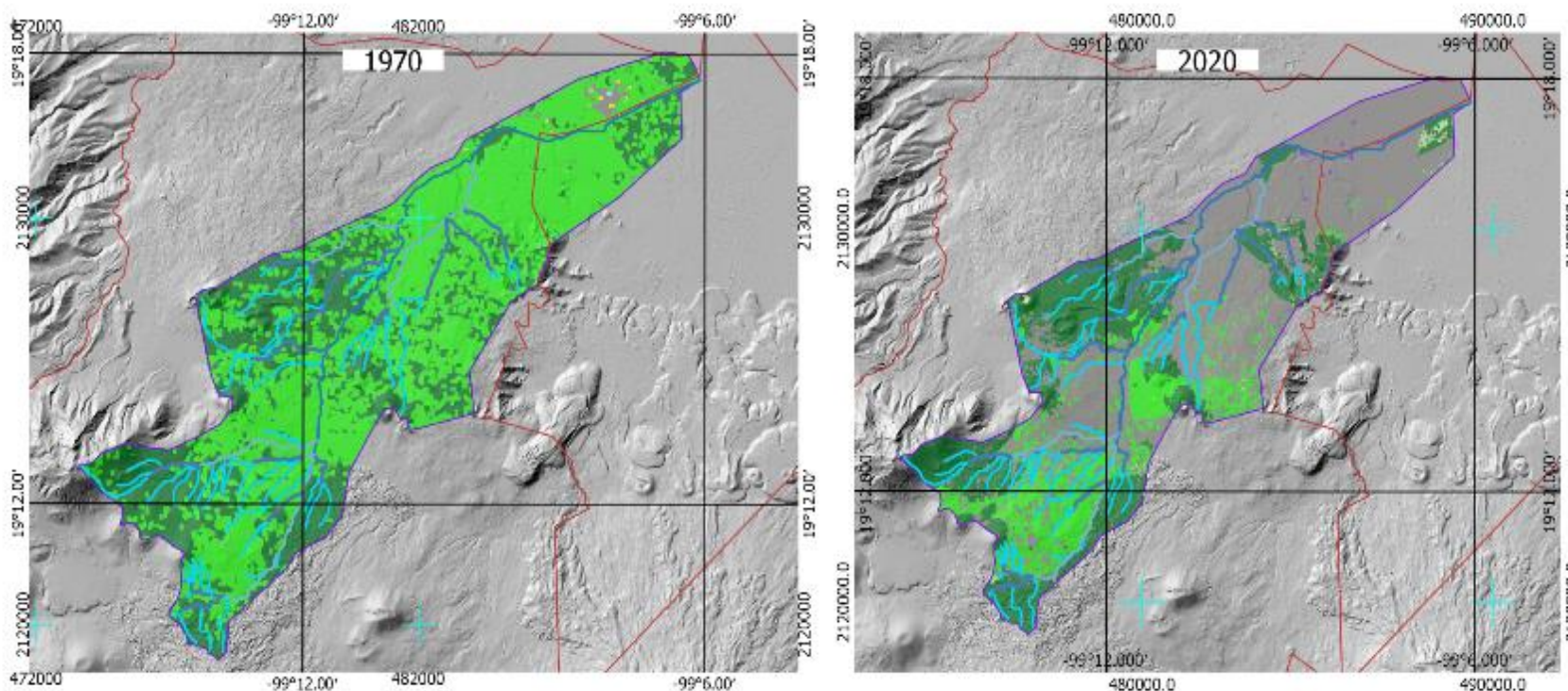
Fuente: Elaboración propia

En esta tabla 15 se observa el cambio ocurrido entre el año más cercano donde los ecosistemas comienza a ser degradado, por lo tanto, reducen su capacidad de infiltración y aumenta la erosión de las zonas altas por lo que aumenta los riesgos de inundación en las zonas bajas de la cuenca.

En el análisis de uso de suelo entre las dos imágenes se observó que aumentó la zona urbana, la agrícola se sigue desplazando hacia las zonas de vegetación natural, sin embargo, también las políticas de reforestación y la sucesión de los bosques han permitido la recuperación de los mismos, principalmente en las Áreas Naturales Protegidas tanto estatales, federales, comunitarias y ejidales. También las zonas de vegetación urbana que muchas veces son relictos de las zonas de vegetación natural aprovechadas para el paisaje urbano, sirven como refugio de especies y pueden mantener un equilibrio en el escurrimiento e infiltración del agua.

Además, las zonas agrícolas son reservorios para el crecimiento urbano, que promueven la especulación del suelo en la Cuenca, debido a que a la productividad por la degradación ambiental y otros factores que en esta investigación no es de interés analizar, los ejidatarios y comuneros han vendido sus terrenos a particulares e incentivado el crecimiento de zonas urbanas, principalmente de clase media y baja, en unidades habitacionales y colonias populares, donde carecen de vegetación urbana que permita reducir el impacto de la precipitaciones.

Mapa de Uso de Suelo de 1970 y 2020, en la Cuenca del Río San Buenaventura, en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan.



Mapa 10: Mapa de uso de suelo de 1970 y 2020, en la Cuenca del Río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan. Fuente Elaboración propia

En la Cuenca del Río San Buenaventura presenta la siguiente tasa de cambio (tabla 16, 17 y mapa 10):

Tabla 16: Superficie de la tasa de cambio del Río San Buenaventura de 1970-2020

1970 (hectáreas)	2020 (hectáreas)				
	Tipo de uso	Urbano	Suelo desnudo	Agrícola	Vegetación natural
Urbano		385.4	0.0	3.2	0.2
Suelo desnudo		9.5	0.0	0.0	0.4
Agrícola		2032.8	0.8	1679.7	707.2
Vegetación natural		558.9	1.3	1080.0	1969.0

Fuente: Elaboración propia

La superficie con mayor cambio de uso de suelo es de la agrícola a urbano o de la vegetación natural a agrícola, los que el cambio ha sido menor es en suelo desnudo. También en existen superficie recuperadas por la reforestación y la sucesión de los bosques. La tasa de cambio del suelo es la siguiente (tabla 17 y mapa 10):

Tabla 17: Tasa de cambio del uso del suelo 1970-2020

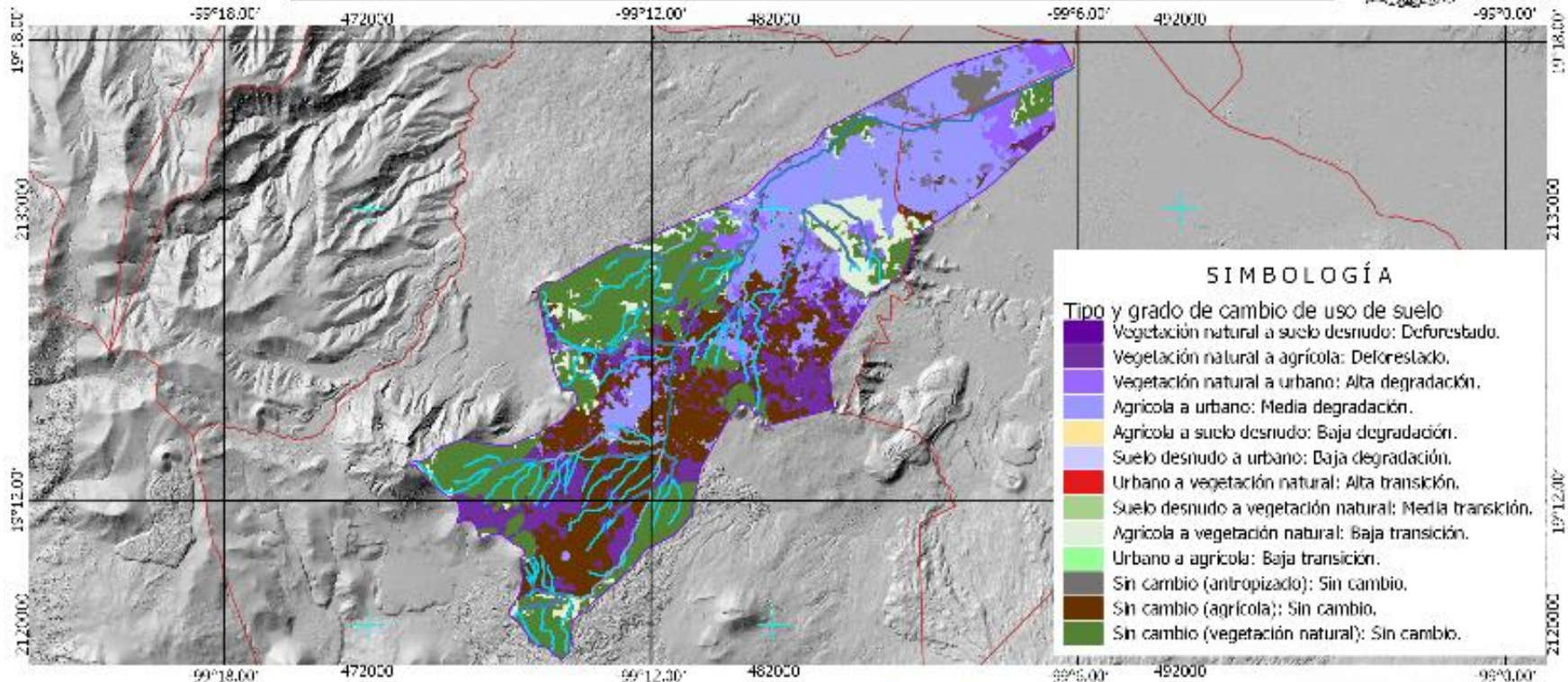
1970	2020				
	Tipo de uso	Urbano	Suelo desnudo	Agrícola	Vegetación natural
Urbano		-6.7	1.0	0.9	1.0
Suelo desnudo		0.8	1.0	1.0	1.0
Agrícola		-39.7	1.0	-32.6	-13.1
Vegetación natural		-10.2	1.0	-20.6	-38.4

Fuente: Elaboración propia

Los valores negativos es la fuerza de cambio que existe por los usos de suelo analizados y los valores positivos son los que han tenido un cambio constante entre los tipos de suelo, por lo tanto, el cambio más rápido ha sido de agrícola a urbano (-39.7%) de la superficie, seguido de la vegetación natural a lo agrícola (-20.6%) y, por último, de lo agrícola a la vegetación natural (-13.1%) (mapa 11).

En relación al mapa de cambio de uso de suelo, las áreas con mayor cambio de uso de suelo agrícola se ubican en el piedemonte de las zonas montañosas, donde anteriormente existía vegetación natural, sin embargo, en las partes altas de las mismas, ocurre la recuperación de suelos forestales por políticas de reforestación y restauración en suelos que eran agrícolas. El crecimiento urbano se observa hacia la parte de la cuenca alta y sur de la Cuenca.

Mapa de Cambio de Uso de Suelo de 1970 a 2020, en la Cuenca del Río San Buenaventura, en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan.



SIMBOLOGÍA

Tipo y grado de cambio de uso de suelo

- Vegetación natural a suelo desnudo: Deforestado.
- Vegetación natural a agrícola: Deforestado.
- Vegetación natural a urbano: Alta degradación.
- Agrícola a urbano: Media degradación.
- Agrícola a suelo desnudo: Baja degradación.
- Suelo desnudo a urbano: Baja degradación.
- Urbano a vegetación natural: Alta transición.
- Suelo desnudo a vegetación natural: Media transición.
- Agrícola a vegetación natural: Baja transición.
- Urbano a agrícola: Baja transición.
- Sin cambio (antropizado): Sin cambio.
- Sin cambio (agrícola): Sin cambio.
- Sin cambio (vegetación natural): Sin cambio.

<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> — Límite de las Alcaldías — Cuenca del Río San Buenaventura <p>Cauce y Orden del Río San Buenaventura</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 2 				<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA</p>
<ul style="list-style-type: none"> 3 4 	<p>MDI</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 255 	<p>Proyección: UTM Zona 14 Datum: WGS84</p>	<p>Escala gráfica: 1:66,000</p>	<p>Mapa 11: Mapa de Cambio de Uso de Suelo de 1970 a 2020, en la Cuenca del Río San Buenaventura, en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan.</p>
		<p>Autor: Geóg. Anabell Pérez Flores</p>		<p>Fuente: - INEGI (2011). Muestreo Agrícola del Terrestre a Escala 1:250,000. Serie 1.01, G.2001. Serie 1.01.2011. - INEGI (2011). Muestreo Agrícola del Terrestre a Escala 1:250,000. Serie 1.01, G.2001. Serie 1.01.2011. - INEGI (2011). Muestreo Agrícola del Terrestre a Escala 1:250,000. Serie 1.01, G.2001. Serie 1.01.2011.</p>

Mapa 11: Mapa de cambio de uso de suelo de 1970 al 2020 en la Cuenca del Río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan Fuente: Elaboración propia

3.13. Conclusiones

Este capítulo se obtuvo la descripción de los factores socio- ambientales permitirá explicar la causalidad de los eventos de inundaciones y del contexto actual de la cuenca, si bien, por su ubicación y génesis trajo beneficios a las poblaciones que se asentaron en el sitio, que implicó la degradación del medio ambiente.

El manejo del río y de la cuenca fue inexistente durante el crecimiento urbano, que fue utilizado como una reserva territorial, esto trajo como consecuencia que su funcionalidad en las actividades económicas y en la calidad de vida de sus habitantes fuera mermada por el avance de la frontera agrícola o urbana que trajo la deforestación de gran parte de los bosques presentes en área, además de la contaminación de los canales que se ubican en la parte baja de la cuenca por la construcción del drenaje urbano e industrial que fue hacia el cauce.

En su historia solo existieron acciones puntuales como son las áreas naturales protegidas, sin embargo, cada una con un programa de manejo desvinculante, sin ser transversales a la funcionalidad de la cuenca.

Las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan tienen paisajes y un sistema hídrico en común, por lo que por su altitud constituye una serie de pisos altitudinales con diferente tipo de vegetación que tiene una gran importancia en la captación de agua y servicios ecosistémicos para la Cuenca de la Ciudad de México, por lo tanto, la toma de decisiones debería de ser conjunta con la finalidad de no alterar las condiciones de la cuenca.

En relación a sus características y del origen de las inundaciones desde una visión sistémica; la cuenca se encuentra compuesta de pendientes y corrientes intermitentes, principalmente por sus características geológicas desde la formación de la Sierra Ajusco-Chichinautzin (desde el Pleistoceno) y su actividad volcánica, que constituyó en la construcción de diversos edificios volcánicos, así mismo, del Volcán del Xitle que tiene un origen más reciente (hace 1700 años), por lo tanto formó en la cuenca media una zona importante de filtración de agua para la parte baja donde afloraba el agua, Además esta zona ha tenido poca erosión, las pendientes son suaves, lo que fomenta el establecimiento de la población y su infraestructura, asimismo de la presencia de vegetación endémica.

Esto permitió que los tipos de roca y la configuración del terreno fuera una zona de filtración de agua y que se dirigiera a la zona de chinampera de la cuenca, por lo que desde la aparición de los pueblos originarios y de los centros población, este fuera utilizado para el consumo humano y sus actividades económicas, lo que contribuyó que siempre estuviera sujeto a la regulación y manejo hídrico, con beneficio a la Ciudad.

La erosión ocurrida desde el origen del Ajusco durante el Pleistoceno hasta la actualidad, formaron suelos ricos en arcillas, vidrio volcánico y cenizas que fueron trasladadas a la parte baja de la cuenca, por lo que formaron suelos profundos que favorecieron a la agricultura principalmente de hortalizas, sin embargo, con el crecimiento y la presencia del drenaje, el suelo se ha contaminado con fosfatos que es dañino para la salud del ser humano. Esto hizo que la productividad de las zonas agrícolas disminuyera y se promovió la venta durante la década de los 70s hasta la actualidad, por lo que quedó cubierta de construcciones y pavimento en la zona de inundación de la cuenca.

El régimen de lluvias y del clima no son diferentes; en relación a las precipitaciones, la temporada de lluvias comienza durante los meses de mayo a junio, sin embargo, la cantidad de precipitación es mayor hacia las laderas del oeste (Ajusco) que hacia el este (Guarda). En tanto el clima, es templado con lluvias en verano con dos máximas de lluvias, por lo que será de observación para la presencia de inundaciones pluviales.

El crecimiento urbano comienza a partir de los años setentas, por la construcción de vías de comunicación que permitirían la conectividad hacia el centro de la Ciudad y la realización de las actividades de los Juegos Olímpicos. Este crecimiento urbano se presentó principalmente en pendientes menos a 3°, donde anteriormente era las zonas de inundación del Río San Buenaventura, por lo tanto, eran zonas agrícolas de chinampas, que en un pasado ya habían presentado daños por inundaciones.

El crecimiento ha sido continuo y constante, por lo tanto, la tendencia a 20 años, la población se establecerá en los lugares que anteriormente se encontraban bosques con pendientes mayores a 7° y solo quedarán relictos en pendientes mayores a 30° en zonas inaccesibles.

En tanto, el crecimiento poblacional se detendrá a 100 años, ya que se volverá asintótico, debido a la falta de espacios disponibles para los asentamientos; a su vez, afectará en su funcionalidad,

capacidad y regulación natural, por la presencia de materiales poco permeables, los cambios de la fisiografía e hidrografía, que como consecuencia ocurrirán eventos en zonas donde anteriormente no se presentaban. Entre otras consecuencias, será la falta de agua en los mantos freáticos, debido a la disminución de las zonas de captación de agua por el cambio de suelo, que afectan a la parte urbana; además de la contaminación de las partes bajas en el suelo y agua, a causa de la conexión del drenaje, será un sitio de expulsión y de abaratamiento del costo del suelo.

En la actualidad, la población está compuesta por hombres y mujeres, pero con mayor relevancia en las segundas; en una edad de 15 a 64 años, que trabajan y tienen en general, nivel de estudios en preparatoria, por lo que tienen el conocimiento para identificar los eventos de inundaciones, leer e interpretar las instrucciones de la Secretaría de Protección Civil, así mismo identificar la falta de justicia social ante el pago de seguros, de reconstrucción y en la toma de decisiones, también buscarán tener una participación activa y el reconocimiento de las afectaciones del medio ambiente.

La población tiene servicios de salud principalmente del IMSS y solo el 12% tiene alguna limitación física o mental, por lo que requiere atención y seguimiento en caso de algún evento de inundación que le permita el acceso a los sistemas de salud, al pago de seguros y el ingreso a los programas sociales.

La principal actividad económica es de servicios de consumo directo a la población, como tiendas, gasolineras, minisúper etc, seguida por oficinas de gobierno y, por último, de actividades de alojamiento, por lo tanto, es importante realizar estudios de vulnerabilidad para este tema, que incluya las inundaciones y la población posiblemente afectada por este tipo de evento, que permita elaborar medidas de mitigación y adaptación.

Durante su crecimiento poblacional, la tenencia ejidal y comunal de los pueblos originarios fueron vendidas a particulares de clases media y alta, por lo que el crecimiento fue horizontal, con varios cuartos con todos los servicios y en el momento de este estudio, se encuentran ocupadas.

La modificación de la cuenca y la sobrepoblación presente en la cuenca se debió a la construcción de vías de comunicación, cada una modificó el paisaje; que posteriormente, se convirtieron en cauces urbanos, que incrementaron la presencia de inundaciones, además de la modificación física de la cuenca.

En comparación a 1970 a 2020, el cambio de uso de suelo es de agrícola a urbano, debido al abandono de las actividades primarias, al aumento de la calidad de vida de la población y a la centralización del poder, así mismo de la migración del campo a la ciudad y la oferta del suelo. En cambio, para el 2020, existió ganancia por zonas forestales a las urbanas y agrícolas que puede ser por el abandono de tierra y construcciones o acciones de las alcaldías para desplazamiento de los asentamientos irregulares; esto promovió que existió el crecimiento natural de especies, que están proclives al crecimiento urbano.

CAPÍTULO 4. Características hidrológicas de la subcuenca del Río San Buenaventura en las Alcaldías de Xochimilco y Tlalpan y sus relaciones con la dinámica de variables atmosféricas que influyen en la presencia de las inundaciones pluviales.

4.1. Introducción

En este capítulo se analizan las causas históricas y las variables atmosféricas que son desencadenantes a las inundaciones, así mismo la dinámica atmosférica como el viento y su relación con las precipitaciones, en sus periodos de retorno de presencia de los eventos y sus características como el tirante, el espejo de agua y extensión, asimismo su ubicación, resultado del análisis de la base de datos y las imágenes de satélite.

También se hace una recopilación de información de las causas desencadenantes anteriores y presentes de las inundaciones del Río San Buenaventura desde la presencia de las inundaciones, asimismo de la infraestructura como son las atarjeas del drenaje y las avenidas que ha incentivado su presencia en el espacio geográfico.

Por último, se hace el análisis de las encuestas recabadas y de la entrevista realizada a la Señora Eugenia Martínez que es un activista en relación a la inundación del 2008, donde nos relató el momento que ocurrió el evento y su forma de actuación por parte de los vecinos y de la delegación, así como las repercusiones y consecuencias de la toma de decisiones, que se relaciona con el resultado del primer instrumento aplicado en el sitio de estudio

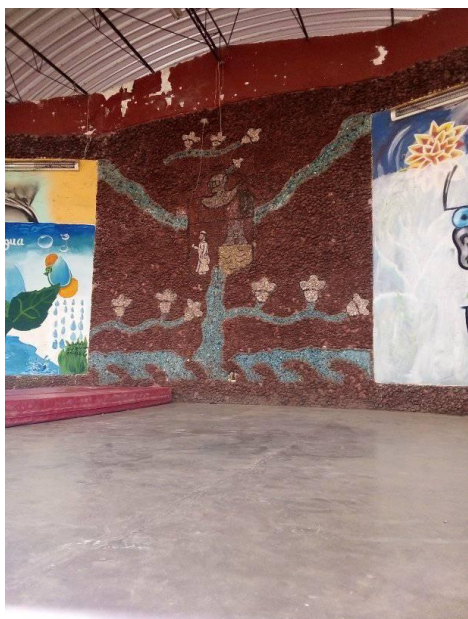
4.2. Antecedentes del cambio del uso del suelo, causantes de las inundaciones

El río San Buenaventura ha sufrido los efectos del crecimiento urbano por la especulación del suelo (Iracheta, 2000), y por lo tanto, la modificación de su cauce durante cuatro siglos y varias generaciones (González *et al.*, 2010), ya que desde los primeros pobladores fue confinado para asegurar el agua para la zona chinampera y agrícola de la zona lacustre y de los pueblos originarios de Xochimilco y Tlalpan, e igualmente para la Ciudad de México, ya que en la cuenca baja proveía agua en los manantiales que afloraban al pie de las lavas del Xitle como el de Nativitas y Santa Cruz Acapilxca (Perchero, 2008) y que alimentaban los canales que actualmente forman parte de la red vial de la Ciudad de México, como Calzada del Hueso que desembocaba en el Canal de Miramontes, Acoxta que proveía de agua al Pueblo de Huipulco y llevaba a través de canales agua hasta el Río San Juan de Dios (gráfico 3).



Gráfico 3: Carta Geográfica del Distrito Federal formada por la dirección de Estudios de Geografía y Clima por disposición de C. Secretaría y Fomento. Esc 1:50,000. Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, 1918

La anterior imagen de 1918, permite observar la relación que existía con el río San Buenaventura y su importancia económica del río. A lo largo del cauce se encuentran los pueblos originarios de Tepepan, Tlalpan, Santa Úrsula, Chimalcoyotl, San Pedro y San Andrés Totoltepec, que, a su vez, llevaba agua al acueducto de Xochimilco y la Noria. Durante la época prehispánica, el río San Buenaventura no tenía un gran uso por la cantidad de agua que escurría (fotografía 13), ya que mermaba en temporada de secas, pero durante la Colonia fue utilizado en las haciendas que eran restringidos del agua en la época invernal por la carencia del agua, por lo tanto, se desarrolló una agricultura de temporal; por lo que provocaron problemas sociales sobre la gestión y reparto del agua, hasta la obstrucción o modificación de los cauces para las haciendas, como el ocurrido en 1631 en los pueblos originarios (Perchero, 2008).



Fotografía 13: Pintura del auditorio de Santo Tomás Ajusco, donde se observa la importancia del Ajusco y de los escurrimientos, entre ellos el de San Buenaventura que escurre hacia la zona chinampera. Foto propia

La creciente urbanización del Siglo XX obligó a reducir las inundaciones a partir de medidas de mitigación, a modificar el ciclo hidrológico de la cuenca y a utilizar el agua del manto freático por lo que se eliminó su autorregulación de la cuenca (Escamilla y Santos, 2012), lo cual, provocó que el suelo se compactara y provoca hundimientos diferenciales, lo que a su vez modifica la configuración de las microcuencas. Posteriormente, se buscó traer agua de otras cuencas Lerma y Cutzamala (Iracheta, 2000), ambas soluciones procuraron abastecer el consumo humano, por lo que la convirtieron en una cuenca semidesértica y carente de este recurso (González *et al.*, 2010)

Además, los cauces naturales de la cuenca fueron contaminados, siendo un riesgo sanitario para la población, por lo que se entubaron, en el Río San Buenaventura se entubaron 200 m y se buscó que sus aguas salieran de la cuenca y utilizar los antiguos cauces para la infraestructura vial principalmente al poniente de la cuenca (González *et al.*, 2010). En el caso de la cuenca del Río San Buenaventura se secaron varios canales, se modificó el cauce en la construcción del Anillo Periférico, Calzada de Tlalpan, Viaducto Tlalpan y otras avenidas como el Arenal. Recientemente se construye un puente del periférico en su desembocadura hacia la Ciénega Grande.

Por lo anterior, para entender la dinámica del agua en la zona de estudio y su complejidad en el estudio del riesgo por inundaciones pluviales, es trascendente entender la dinámica atmosférica en la Cuenca del Río San Buenaventura, con la finalidad de ubicar las zonas con frecuencia de inundaciones detonadas por severas precipitaciones, de las cuales, se identificará su localización, magnitud, intensidad, frecuencia y periodo de retorno, a partir de métodos estadísticos, de percepción remota y de campo, que permiten conocer las múltiples causalidades de la problemática que aquí se presenta.

4.3. Vientos y nubosidad

Las precipitaciones y escurrimientos que son relevantes para analizar las inundaciones desde un punto de vista sistémico, se generan por su configuración geomorfológica, así como la dirección de los vientos de la cuenca de la Ciudad de México provocan precipitaciones severas que afectan a la población, a la infraestructura y las formas de vida.

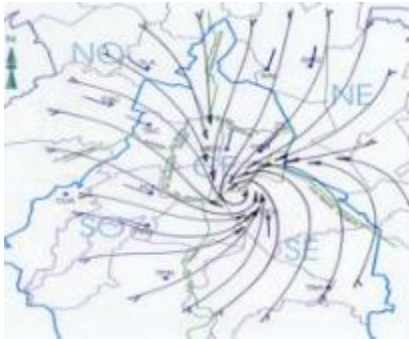


Gráfico 4: Temporada de secas

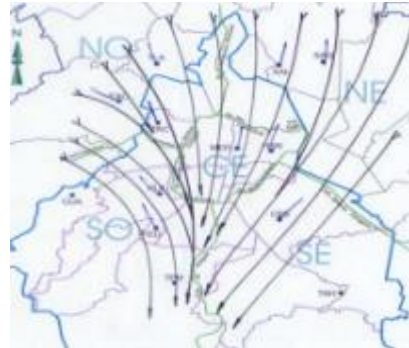


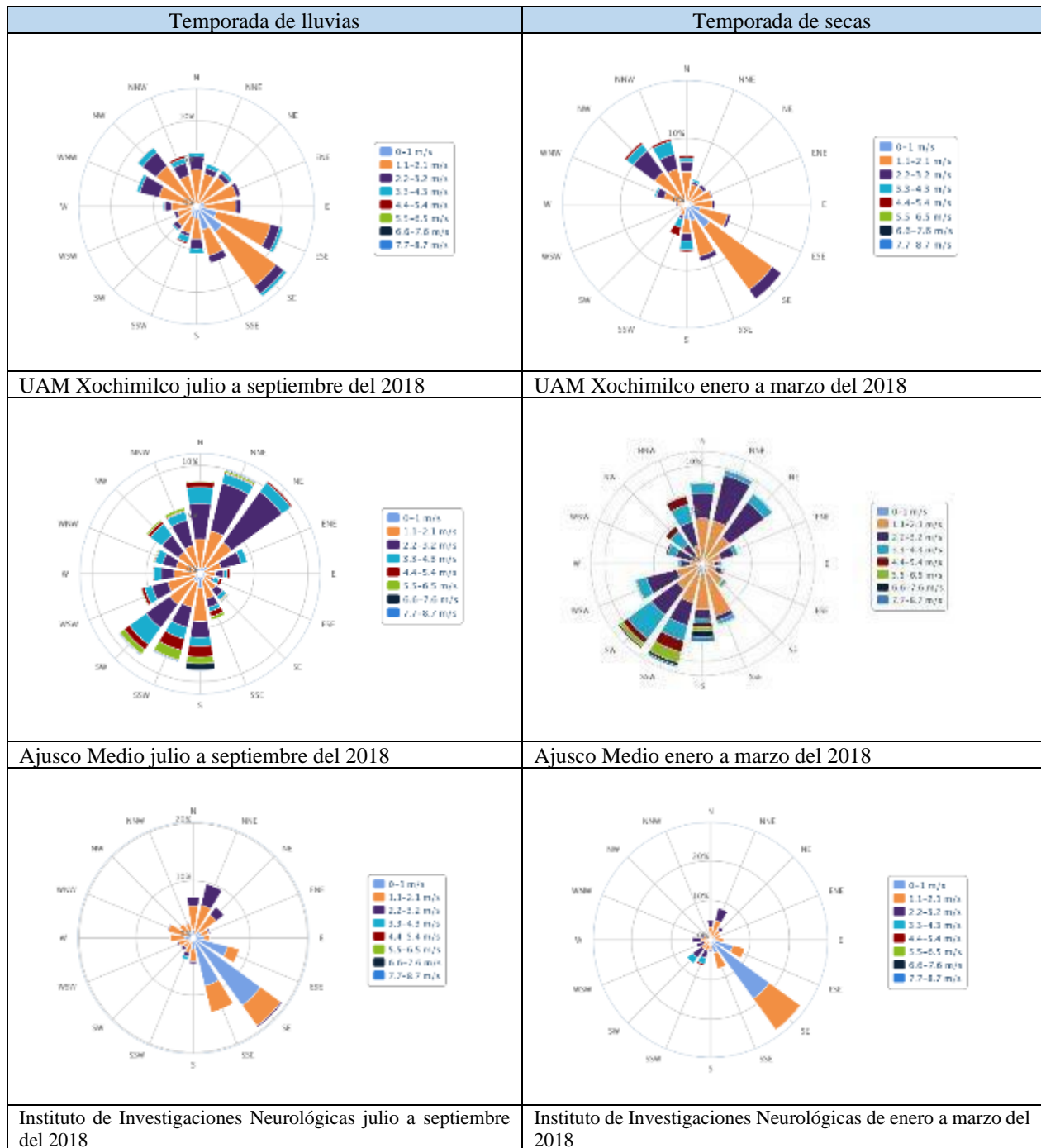
Gráfico 5: Temporada de lluvias

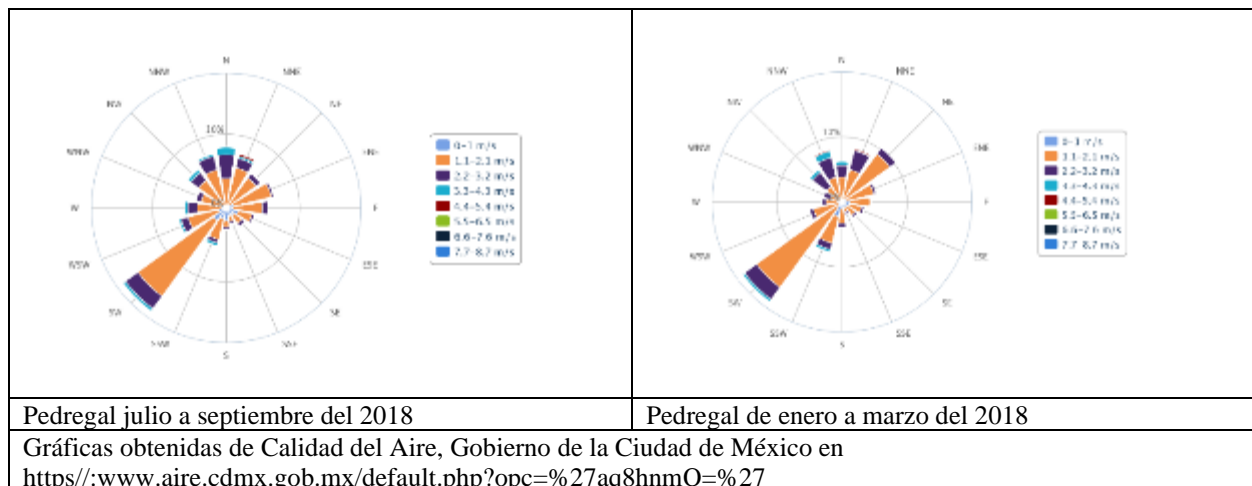
Fuente: Secretaría del Medio Ambiente. 2006. Gestión Ambiental del Aire. Gobierno del Distrito Federal

Los vientos que en temporada de lluvias se dirigen de Norte a Sur (flujo del Norte), que se comportan de manera altamente convergente debido a sistemas montañosos que rodean la ciudad, que provocan movimientos ciclónicos hacia el centro (Carreón, 2014), como un embudo. Esto provoca que la humedad que ingresa por los vientos alisios se dirija a la zona montañosa y converjan hacia la parte alta de la atmósfera, con formaciones verticales de nubes (gráfico 4)

Los vientos Catabáticos con dirección SW a Norte presentan una convergencia alta. Los cúmulos crecen a la puesta del Sol (19-20hrs) que decaen al amanecer en invierno y primavera. También existen vientos Catabáticos de Medianoche hacia SW en la Sierra de Chichinautzin (Carreón, 2014) por el efecto orográfico que presenta, principalmente por la tarde o noche (2 mm/h) y por las mañanas pueden alcanzar hasta 5 mm/h (Méndez *et al.*, 2009), así mismo, estas precipitaciones presentan una gran actividad eléctrica debido a la densidad de las nubes y su temperatura que se enfría adiabáticamente, la cual, es menor que en las zonas bajas (Novo y Raga, 2013) (gráfico 6).

Gráfico 6: Dirección de los vientos regionales de la zona de estudio en temporada de lluvias y secas



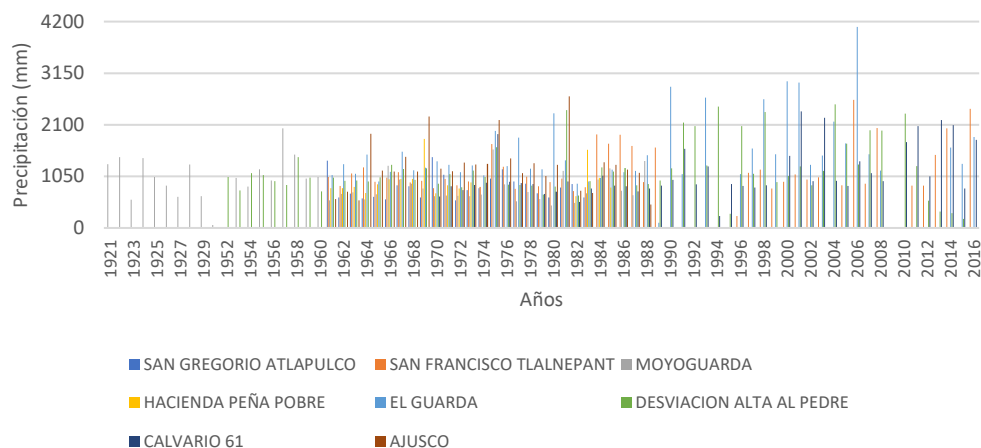


La dirección del viento varía con relación a la localización del punto de medición, altitud y de su situación geográfica y la cercanía a las zonas montañosas, lo cual, localmente presenta patrones, en la parte baja de la cuenca los vientos provienen del sureste en temporada tanto de lluvias como de secas con velocidades que alcanzan hasta 4.3 m/s en cambio en secas hasta 7.6m/s (gráfico 6). En la parte media de la cuenca provienen del suroeste tanto en temporada de secas (gráfico 15) como de lluvias que tiene una velocidad constante de 4.3m/s En la parte alta de la cuenca, su dirección en temporada de lluvias es de noreste 5.4 m/s y en secas de 8.7 m/s del sur suroeste.

4.4. Análisis de la precipitación

Se analizaron las normales pluviométricas mensuales por cada año obtenidas en la validación de los datos, ya que se obtuvo el promedio mensual y su desviación estándar en una distribución normal, por lo que, para este estudio es relevante el análisis de los valores máximos por mes, para poder hacer una relación en las inundaciones registradas. Antes de ello, se identificó los años presentes en la base de datos que permiten hacer el cálculo y sus periodos faltantes de medición, los periodos presentes en las estaciones.

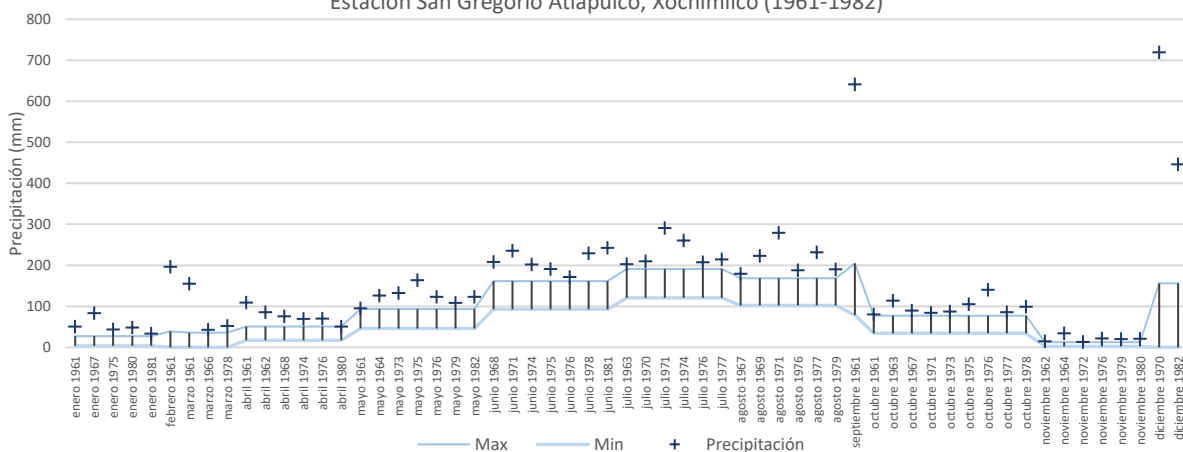
Gráfica 19: Precipitación acumulada anual (1921-2016)



Fuente: Elaboración propia

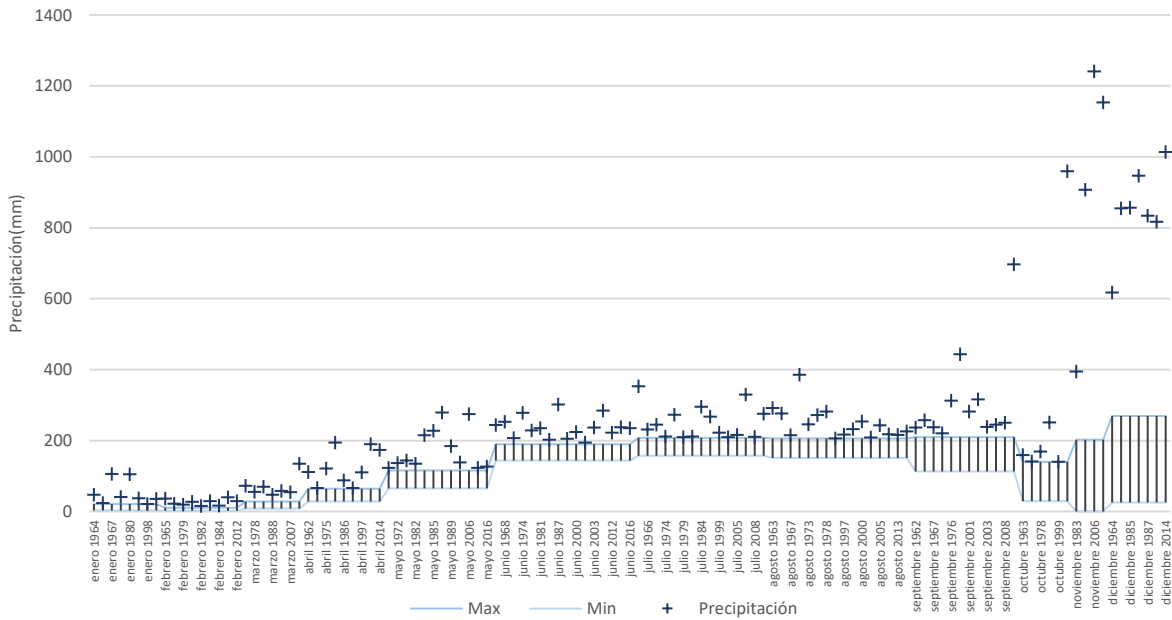
El registro más antiguo es de 1921 de la estación Muyoguarda y el registro más actual es el de San Gregorio Atlapulco del 2016, el periodo con mayor cantidad de registros es 1960 a 1988 (gráfica 19). El mayor registro se presenta de 3,180 mm en el 2006 en la estación del Guarda. En el análisis de los valores máximos en cada estación se obtuvo lo siguiente:

Gráfica 20: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas, Estación San Gregorio Atlapulco, Xochimilco (1961-1982)



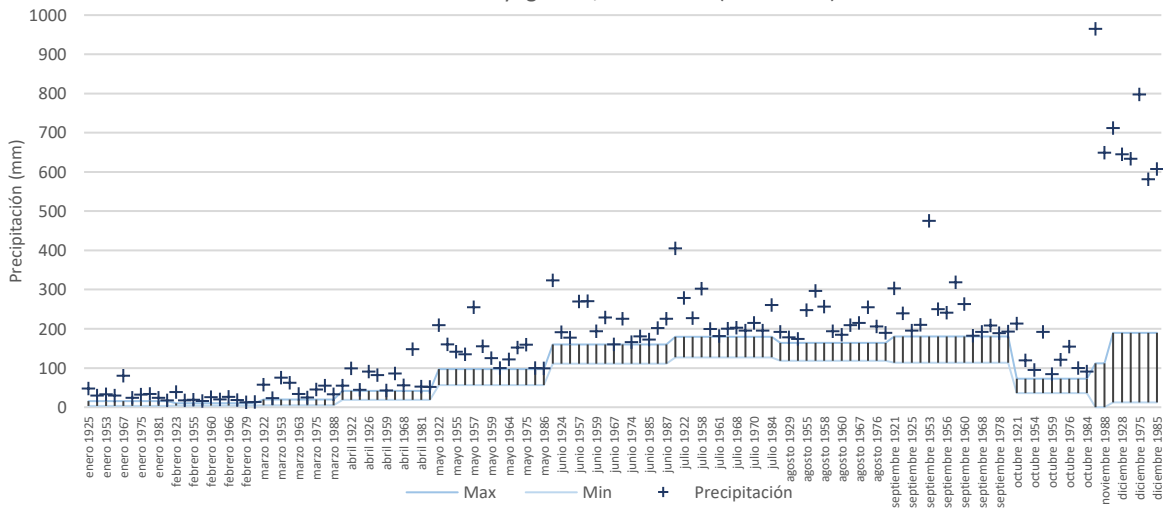
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 21: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas de la Estación de San Francisco Tlanepantla, Xochimilco (1961-2016)



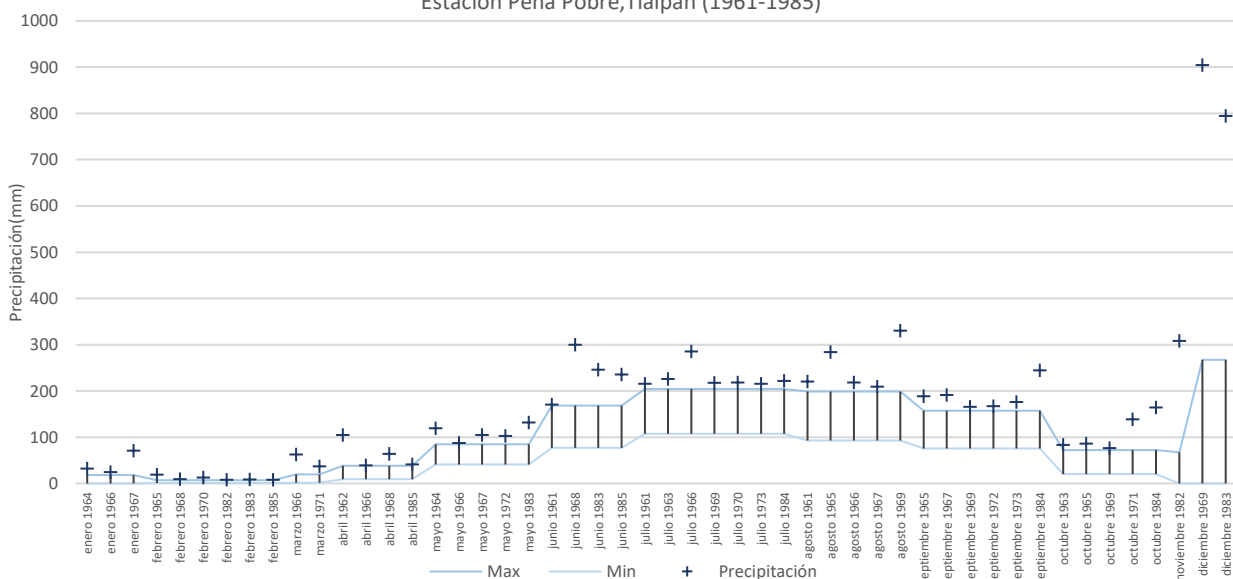
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 22: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas en la Estación de Muyuguarda, Xochimilco (1921-1988)



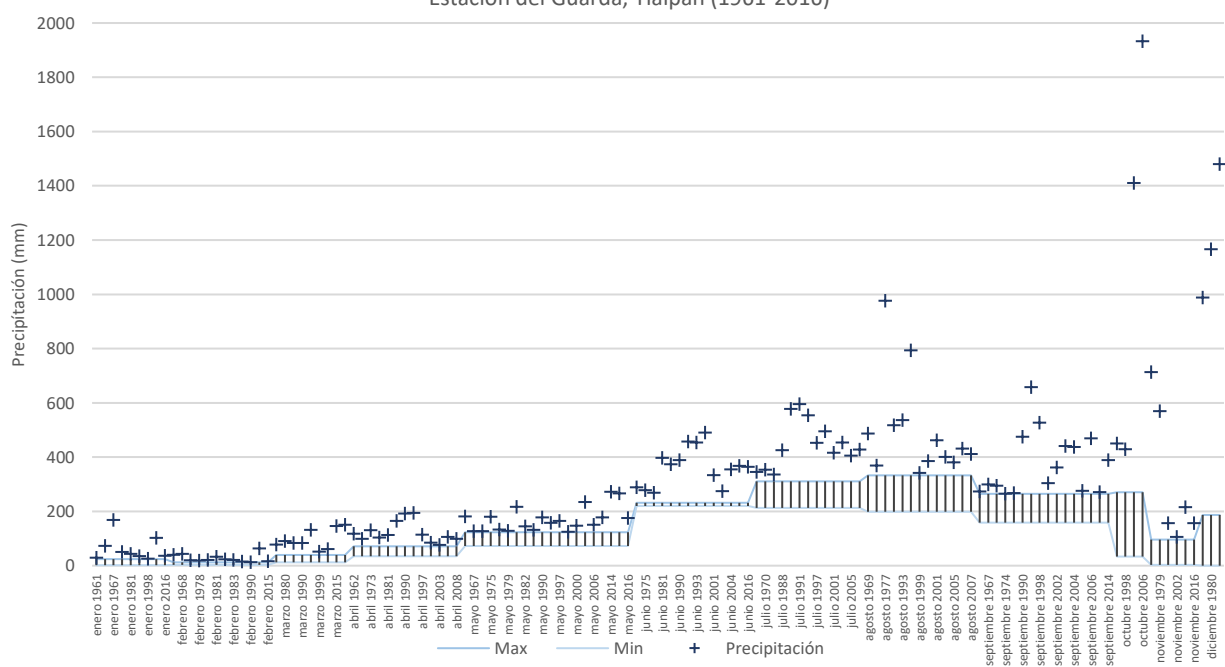
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 23: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas en la Estación Peña Pobre, Tlalpan (1961-1985)



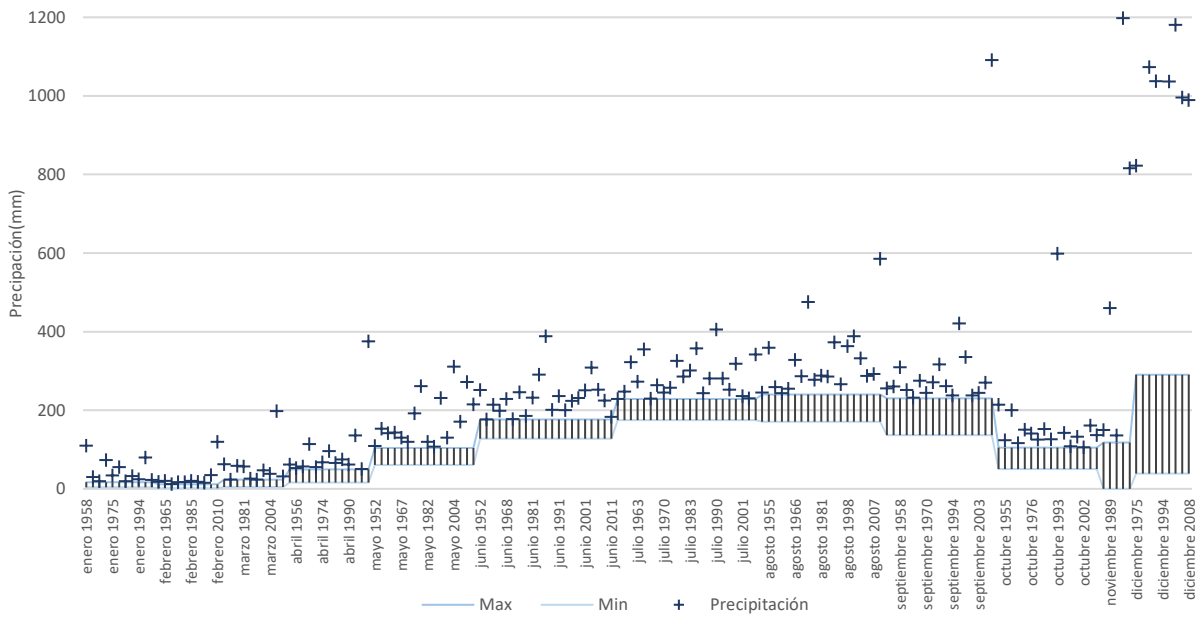
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 24: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas de la Estación del Guarda, Tlalpan (1961-2016)



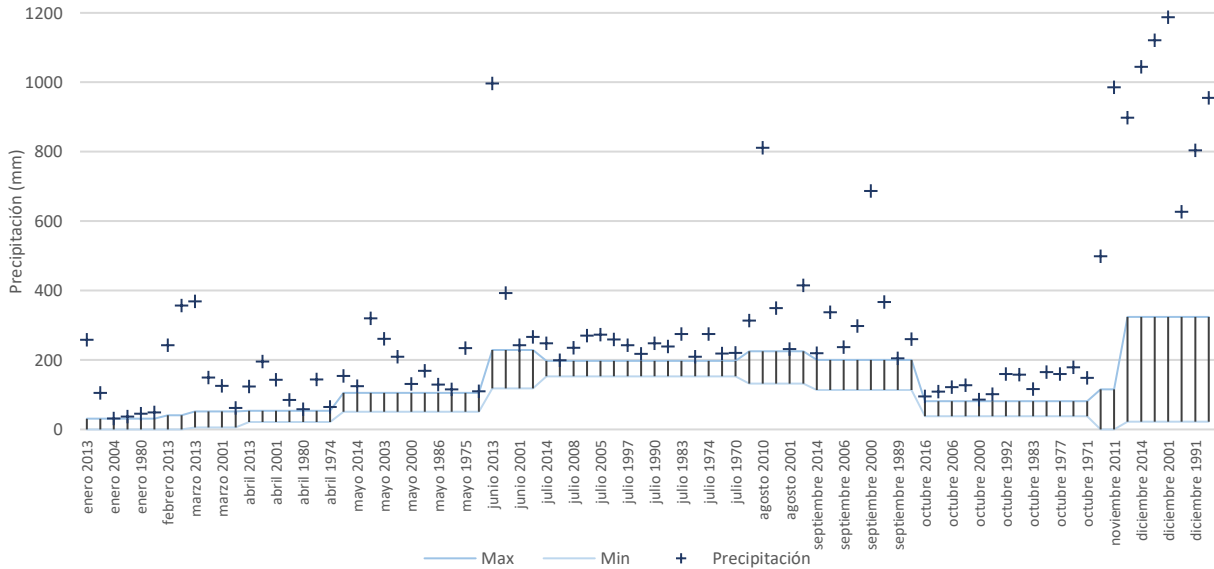
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 29: Precipitación máxima fuera de las normales pluviométricas de la Estación Desviación Alta del Pedregal, Tlalpan (1952-2015)



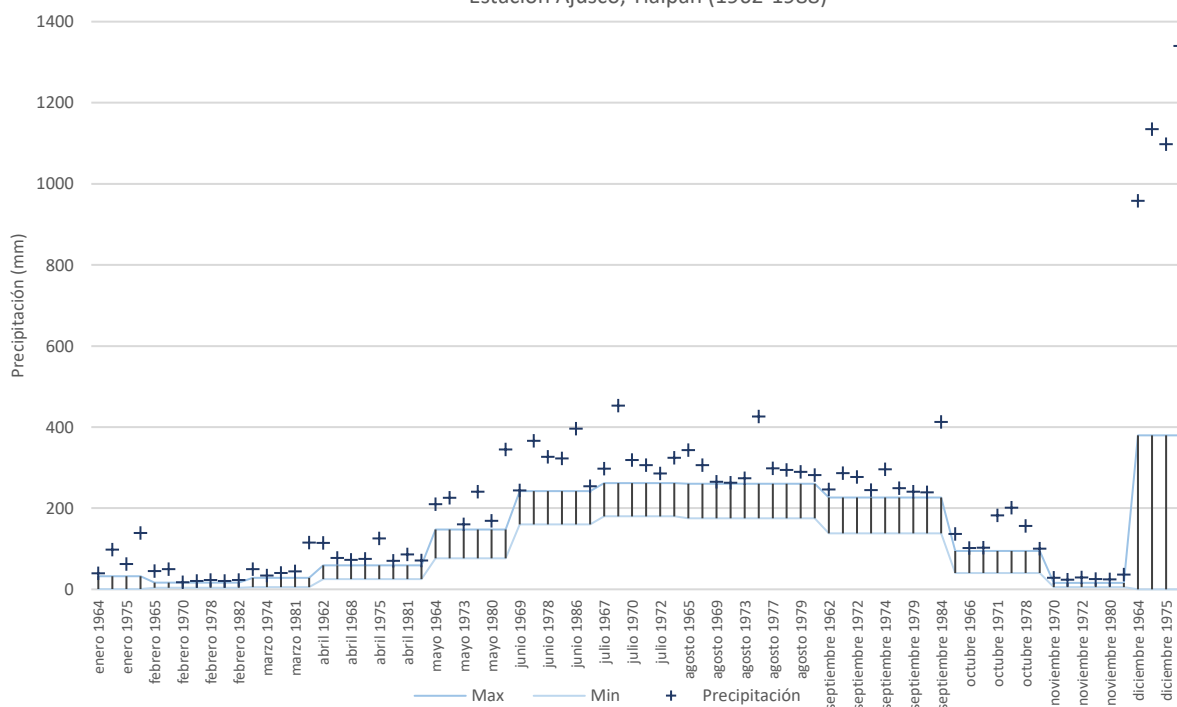
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 30: Precipitación máxima en las normales pluviométricas en la Estación Calvario 31, Tlalpan (1970-2016)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 31: Precipitación máxima en las normales pluviométricas en Estación Ajusco, Tlalpan (1962-1988)



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que cada mes se han presentado lluvias máximas de las normales pluviométricas, que no necesariamente desencadenó en un evento de inundación, en seguida se observaron las coincidencias entre estos valores, las noticias y las imágenes de satélite que nos permitiera conocer las características del evento de inundación pluvial.

Otro aspecto que se observa es que los eventos aislados con precipitaciones de mayor intensidad se han presentado en años recientes en el mes de diciembre, cuando la temporada de precipitaciones es de mayo a octubre. Sin embargo, dentro del análisis de frecuencia de las precipitaciones por mes que exceden de las normales son registradas en mayo (20 eventos en la estación del Guarda), junio (14 eventos en la estación Muyuguarda y 14 en San Francisco Tlalnepantla), julio (7 en la estación de Peña Pobre; 15 en el Calvario y 22 en la Desviación Alta del Pedregal), agosto (10 eventos en la estación del Ajusco y 16 en San Francisco Tlalnepantla), septiembre (14 en septiembre en la estación de Muyuguarda) y octubre (9 en la estación de San Gregorio Atlapulco).

Los años con mayor frecuencia de registro de precipitación mensuales son 1922 (6 eventos en Muyuguarda); 1953 (6 eventos en Muyuguarda); 1955 (6 eventos en Muyuguarda); 1958 (6 eventos en Muyuguarda); 1961 (7 eventos al mes en San Gregorio Atlapulco); 1966 (6 en la estación de

Peña Pobre);1970 (5 eventos en la estación Ajusto); 1975 (84 eventos en la estación del Calvario 31); 1976 (7 eventos en San Gregorio Atlapulco); 1978 (5 eventos en la estación Ajusto); 1981 (7 eventos en la estación de Desviación Alta al Pedregal y 5 en el Ajusto); 1984 (5 eventos en San Gregorio Atlapulco); 1990 (9 eventos en el Guarda); 2006 (5 eventos registrados en San Gregorio Atlapulco); 2010 (7 eventos en la Desviación Alta al Pedregal) y 2016 (5 eventos registrados en San Gregorio Atlapulco) (gráfica 20 a la 31).

4.5. Caudal

El río en la parte alta de la cuenca y en media de la cuenca es intermitente, pero sale a la superficie en la cuenca baja donde es un canal de aguas mixtas, que se encuentra confinado a cielo abierto y entubado. La sección a cielo abierto tiene una longitud de 3.74 km, una anchura superficial del cauce mide entre 30.4m y 26.2m de lecho del río, a una profundidad de 4m a la altura del pueblo de San Bartolo, Xochimilco. Su área es de 112.4m² al corte perpendicular al cauce y su volumen es de 224.8m³ (fotografía 14 y 15)



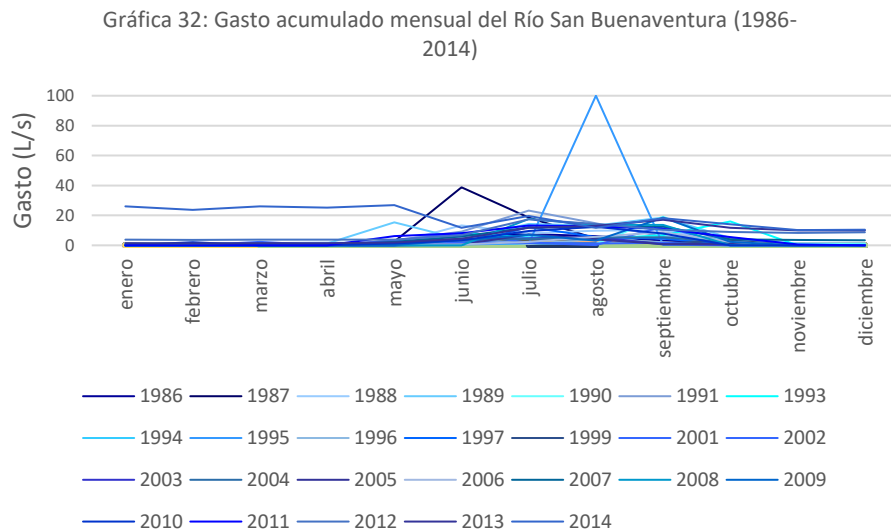
Fotografía 14: Ancho del río San Buenaventura. Foto propia



Fotografía 15: Profundidad de lumbreira. Foto propia

El río San Buenaventura en el periodo de 1986 al 2014 ha tenido dos crecidas importantes en 1995, el cual, acumuló hasta 100 l/s de agua en un periodo de 31 días, que se incrementó desde julio y disminuyó hasta septiembre; el segundo más importante fue en 1987 que alcanzó hasta 30 m de agua en el mes de julio, que comenzó a incrementar desde mayo y disminuyó hasta agosto (gráfica

32). Otro dato importante es durante el año 2014 que incrementó su caudal de enero a mayo, lo cual probablemente, sea por descarga de aguas residuales al sistema.



Fuente Elaboración propia.

Los valores máximos por mes del periodo de 1986-2014 se presentan en julio, sin embargo, el valor mayor de gasto del río se presentó en agosto 100 l/s (gráfica 32).

En la parte media y alta la longitud (fotografías 16 a la 19) y el ancho puede variar, lo que es importante hacer notorio es el grado de degradación y la presencia antrópica, que se pudo observar durante los recorridos en campo:



Fotografía 16: cauce de la cuenca media, con vegetación poco conservada de encinos y sotobosque en la Ciclovía del Parque Ecológico de la Ciudad de México. Foto propia.



Fotografía 17 de canaleta para el paso de los escurrimientos. Foto propia.



Fotografía 18: boca de tormenta en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. Fotografía: Archivo propio



Fotografía 19: cauce de la cuenca alta, con alta contaminación por residuos sólidos y aguas negras. Fotografía propia

4.6. Presencia de las inundaciones en la zona de estudio

De la relación existente de la base de datos de inundaciones y de precipitación se puede obtener la cantidad de lluvia que precipitó durante ese mes que fue la que ocasionó la inundación, además, con la base de datos de la estación hidrométrica se obtiene el gasto, la duración y fecha de la crecida

del río y, por último, el periodo de retorno. Sin embargo, en la estación hidrométrica no tiene el mismo rango de años que la estación meteorológica o no cuenta con la seriación de datos por año, por ejemplo, el año 1992, no existe en la base de datos. A continuación, se describirán estas inundaciones:

El evento de **mayo de 1972**: se registró por 7 estaciones meteorológicas (Calvario, Desviación hacia Peña Alta del Pedregal, San Francisco Tlalnepantla, el Guarda, Ajusco, Peña Pobre y Muyuguarda). Los milímetros máximos registrados en las estaciones van de 226 (Ajusco) mm a 102 mm (Peña Pobre), lo cual, por características geográficas la lluvia es orográfica y se ubicó en la totalidad de la cuenca en estudio. El periodo de retorno a este evento, en relación al análisis de los datos meteorológicos por estación, es de 1 a 1.2 años.

El evento de **mayo de 1980**: se registró por dos estaciones del Ajusco y el Guarda con una precipitación de 168.8 a 216mm, por lo que, por la disposición y ubicación de la cuenca, este evento ocurrió en la cuenca alta, siendo un evento local. El periodo de retorno a esta cantidad de lluvia es de 1 año a 1.1 años.

El evento de **agosto de 1984**: se registró el evento solo por la estación Desviación Alta al Pedregal con 285.6mm de agua, por lo las características topográficas, solo ocurrió hacia el norte de la cuenca. El periodo de retorno para este evento es de 1.9 años.



Fotografía 20 Evento 27 de noviembre 2016. Foto: www.universal.com.mx

El evento de **junio de 1986**: se registró por tres estaciones Meteorológicas (Muyuguarda, Desviación Alta al Pedregal, Ajusco) con valores de precipitación de 396mm a 201.7mm. El gasto máximo del río alcanzado el 23 de junio de 1986 a las 12 fue de 14.58 litros por segundo, por lo

que el nivel más bajo registrado fue de 1 hora de antelación. El periodo de retorno para la cantidad de agua precipitada es de 1.9 a 4.1 años.

El evento de **julio de 1990:** fue registrado por tres estaciones meteorológicas (Calvario, Desviación de Peña Alta y El Guarda) con valores de precipitación de 248.5 a 577 mm. El nivel máximo del gasto del río fue en la fecha del 10 de julio de 1990 a las 22:00 hrs, por lo que el nivel mínimo anterior se registró una hora antes. El periodo de retorno para este evento por estación meteorológica fue de 2.1 a 4.7 años.

El evento de **mayo 1991:** fue registrado solo la estación meteorológica del Calvario con una precipitación de 169mm. El gasto máximo del río fue de 0.255 litros por segundo el 15 de mayo de 1991^a las 18:00 hrs, el valor mínimo inmediato anterior se presentó 5 horas antes. El periodo de retorno de esta precipitación fue de 1.1 años.

El evento de **julio 1991:** se registró en las estaciones de Desviación Alta al Pedregal y el Guarda con valores 280.5mm y 595 mm. El gasto máximo fue de 7.219 litros por segundo registrado el 26 de julio 1991 a las 22hrs, por lo que el valor mínimo anterior de este incremento se registró 6 horas antes. El periodo de retorno para la precipitación es de 1.9 a 5.2 años

El evento de **septiembre 1992:** se registró en la estación de la Desviación Alta al Pedregal de una precipitación de 261.5mm. En la estación hidrométrica carecía de información registrada. El periodo de retorno 1.7 años.



Fotografía 21: Evento 4 de octubre 2016. Foto www.impacto.mx

El evento de **octubre 1992:** se registró en las estaciones de Desviación Alta al Pedregal y el Calvario con una precipitación de 126 a 159.8mm en el mes. Igual que el registro anterior la

estación hidrométrica no contaba con los datos de este mes. El periodo de retorno para esta precipitación es de 1 a 1.1 años.

El evento de **junio del 2003**: se registró en las estaciones del Guarda, San Francisco Tlanepantla y la Desviación Alta al Pedregal; los valores de precipitación van de 236.5 a 308.5mm: El gasto máximo fue de 1.156 litros por segundo el 22 de junio del 2013, el registro de la hora no se obtuvo ni la duración de la crecida en la estación hidrométrica. El periodo de retorno calculado para este evento fue de 1.1 a 2.3 años.

El evento de **junio del 2013**: se registró en la estación del Calvario con una precipitación mensual máxima de 996.5mm. El gasto máximo fue de 2.06 litros por segundo que se registró el 27 de junio del 2013 a las 18:00hrs; el registro mínimo anterior a la crecida del río fue 3 horas antes. El periodo de retorno para esta precipitación en la estación del Calvario es de 11.5 años.

El evento de **julio del 2013**: se registró en la estación del Calvario con una precipitación mensual del 199.3mm. El gasto máximo registrado es de 2.71mm el 17 de julio del 2013 a las 17:00 hrs; por lo que el valor mínimo anterior a este, fue 23 horas antes. El periodo de retorno para esta cantidad de precipitación es de 1.2 años.

El evento de **agosto del 2013**: se registró en la estación de San Francisco Tlanepantla con una precipitación máxima mensual de 215.5mm. El gasto máximo del río se registró el 14 de agosto a las 18:00 hrs con un volumen de 2.85 litros por segundo; el valor mínimo anterior a este valor, se registró 6 horas antes. El periodo de retorno para el evento de precipitación de esta estación es de 1.2 años.



Fotografía 22. Evento 1 de junio 2016.Foto www.mvsnoticis.com

El evento de **septiembre del 2013:** se registró en la estación de San Francisco Tlanepantla con una precipitación máxima mensual de 697 mm. El gasto máximo del río se registró el 21 de septiembre del 2013 a las 0:00hrs con un volumen de 3.30 litro por segundo, el valor mínimo anterior a este valor ocurre 1 hora antes. El periodo de retorno calculado para la precipitación de esta estación fue de 4.3 años.

El evento de **abril de 2014:** se registró en la estación de San Francisco Tlanepantla con una precipitación máxima mensual de 173mm. El gasto máximo del río es de 0.84 litros por segundo. Este valor fue constante de inicio al fin de mes, sin mostrar variaciones. El periodo de retorno calculado para esta precipitación en esta estación es de 1 año.

El evento de **mayo del 2014:** se registró en tres estaciones meteorológicas (Calvario, San Francisco Tlanepantla y el Guarda) con una precipitación máxima mensual de 123 a 272mm. El gasto máximo del río se presentó el día 24 mayo y duro el mismo nivel hasta el 26 de mayo del mismo año con un volumen de 1.14 litros por segundo; el valor mínimo registrado se presentó 11 horas antes. El periodo de retorno calculado para estas estaciones es de 1 a 1.4 años.

El evento de **septiembre del 2014:**se registró en las estaciones del Calvario y del Guarda con una precipitación máxima mensual de 219.3 a 389 mm respectivamente. El gasto máximo fue de 20.12 litros por segundo el día 26 de septiembre del 2014 a las 22:00 hrs; el valor mínimo anterior tiene una diferencia de 4 horas transcurridas. El periodo de retorno calculado para la precipitación en las en estas estaciones es de 1.6 a 2.48 años.

El evento de **marzo de 2016:** se registró en las estaciones meteorológicas de San Francisco Tlanepantla y el Guarda, con una precipitación máxima mensual de 135 a 151 mm respectivamente. La estación hidrométrica carece con estos valores de gasto, debido a que solo registro hasta el 2014. El periodo de retorno calculado para las estaciones anteriormente indicadas es de 1 a 1.1 años

El evento de **mayo de 2016:** se registró en las estaciones meteorológicas de San Francisco Tlanepantla y el Guarda, con una precipitación máxima mensual de 126.9 a 175 mm respectivamente. El gasto igualmente que el registro anterior carece de datos, por la periodicidad

de registro de la estación hidrométrica. El periodo de retorno calculado para la precipitación de estas estaciones es de 1 a 1.1 años.

El evento de **junio de 2016**: se registró en las estaciones de San Francisco Tlalnepantla y el Calvario con una precipitación máxima mensual de 234.5 a 364 mm respectivamente. El registro del gasto en la estación hidrométrica solo es existente hasta el 2014. El periodo de retorno para esta precipitación es de 1.3 a 2.26 años (fotografía 22).

El evento de **agosto de 2016**: se registró en las estaciones de San Francisco Tlalnepantla y Calvario, con una precipitación máxima mensual de 225.5 a 313.7 mm respectivamente. El gasto no se identificó, debido a que la estación hidrométrica solo contiene datos hasta el 2014. El periodo de retorno calculado para la precipitación en estas estaciones es de 1.2 a 2.7 años.

El evento de **octubre de 2016**: se registró en la estación del Calvario con una precipitación de 95 mm La estación hidrométrica no contiene datos en este periodo. El periodo de retorno calculado para la precipitación en esta estación es de 1 año (fotografía 21).

El evento de **noviembre del 2016**: se registró en las estaciones del Guarda y San Francisco Tlalnepantla con una precipitación de 156 a 1153.4mm. En este periodo se carece de información en la estación hidrométrica. El periodo de retorno calculado para esta precipitación en las estaciones meteorológicas indicadas es de 1.1 años a 23.5 años respectivamente (fotografía 20).

4.6.1. Inundaciones actuales

Las inundaciones (espejos de agua) que se reflejaron en las imágenes Sentinel corresponden a los años de 2017 a 2020 (tabla 18 y mapa 9) y se ubican en 26 microcuencas de la Cuenca del Río San Buenaventura. Su presencia geográfica es la siguiente:

Tabla 18: Superficie en kilómetros cuadrados y frecuencia de los espejos de agua del 2017 al 2020

Microcuenca (color del contorno la línea)	Área (km ²)	Frecuencia de espejos de agua por Subcuenca
1	11.78	1,006
2	5.33	593
3	6.45	97
4	4.59	18
5	4.91	22
6	10.55	62
7	6.06	1

8	1.99	0
9	0.26	0
10	0.22	0
11	3.06	4
12	0.98	0
13	0.05	0
14	3.69	24
15	7.04	48
16	3.90	10
17	0.004	0
18	1.70	11
19	0.001	1
20	1.20	0
21	0.71	0
22	2.18	0
23	0.42	33
24	1.73	34
25	0.10	0
26	0.003	0

Fuente: Elaboración propia

En la Cuenca Baja hacia la desembocadura del cauce con orden cuatro es donde se frecuentan las inundaciones 1,006 de espejos de agua. Las precipitaciones pueden ser por varios días, por lo que concluye en una inundación que se observa en el mapa, por lo que se construye a partir de la relación de las noticias, la base de datos de CENAPRED y las imágenes de satélite.

El evento del **06 de julio del 2017** tuvo una precipitación de 70 cm (Rodea, 2017), ocurrió cerca de las 18:00 hrs de 0.2 a 1.5 de tirante, fue una precipitación que afectó más hacia el Sur en el pueblo San Mateo Xalapa en la cuenca de Río Santiago (Romero, 2018), sin embargo, hubo baja presencia de inundaciones en la cuenca del río San Buenaventura, principalmente en la Av. México Xochimilco. Bosques del Sur (este con 22 minutos de respuesta) y en la Avenida Picacho- Ajusco. A causa de los eventos, la alcaldía realiza las acciones y trabajos en el cauce el sitio, por ejemplo; la reja para detener los materiales como ramas, troncos y basura de cuenca alta y construyó 100 metros de concreto armado en leveé del río, colocó ataguías (placas de acero) de 10 a 12 metros de profundidad (Romero, 2018).

El evento de precipitación comenzó el **02 de abril del 2018** (fotografía 23) y la inundación el 4 de abril hasta el 11 de abril a las 21:00 hrs las inundaciones ocurrieron en Viaducto- Tlalpan y Anillo Periférico de la colonia Arenal Tepepan, Tlalpan y Renato Leduc, La Joya a la altura de Insurgentes, Glorieta de Vaqueritos y Prolongación División del Norte (Quadratín, 2018) que tuvo 80 a 720 m de longitud el espejo de agua y de 10 a 20 cm de tirante (Kal, 2018). Las afectaciones

fueron en vialidades y transporte (Línea 1 de Metrobús), Instituto de Cancerología, viviendas y automóviles. También se desbordó el Río San Buenaventura que dejó afectaciones en la Glorieta de Vaqueritos, La Cebada y San Bartolo el Chico y Bosques Residenciales del Sur. (Heraldo de México, 2018)



Fotografía 23 de Kal, (2018 abril 4) Lluvias deja inundaciones al Sur de la Ciudad de México Chilango. (En línea visto por última vez el 8 de enero del 2023 en <https://www.chilango.com/noticias/inundacion-en-la-ciudad-de-mexico/>)

El evento del **06 de julio del 2018** al 13 de julio que ocurren inundaciones; tiene una precipitación de 10 a 29mm principalmente en la Alcaldía Tlalpan, esta tuvo 7 espejos de agua (20 m) y 0.15 a 0.5m de tirante (CENAPRED, 2018), con daños en vialidades y automóviles. Las inundaciones se ubicaron en la Av. Tlalpan.

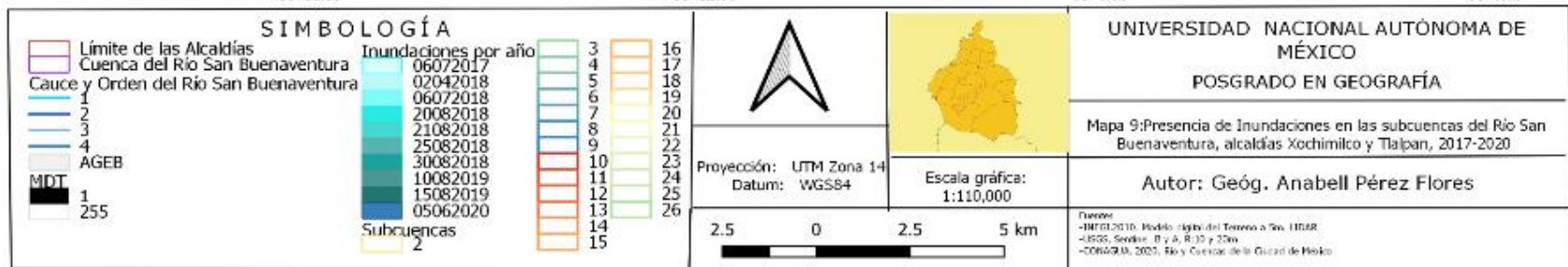
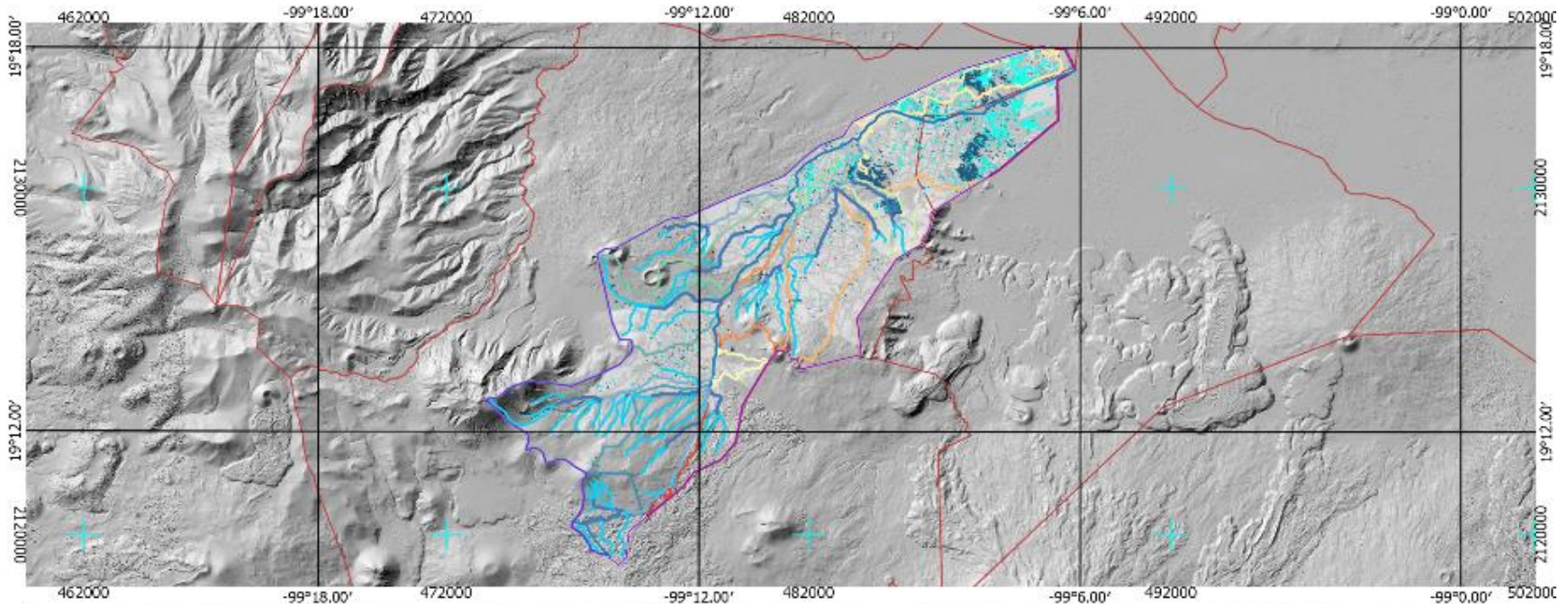
Los eventos del **20 al 30 de agosto del 2018** (fotografía 24) tuvieron una precipitación entre 10 a 70 mm (Voragine, 2018, Regeneración 2018) a las 18:45 hrs a 21:00hrs alcanzó un tirante de 26.16cm en Tlalpan (Zaya, 2018). La inundación del 30 de agosto afectó algunas vialidades como Huipulco, Periférico (Zaya, 2018) y en la Av México-Ajusco (Regeneración 2018) en Av México en Huichapan (eje central 2018), existió daño a vialidades y automóviles.



Fotografía 24: Picacho Ajusco en Fuerza Informativa Azteca (2018 agosto 30) Si tiene que transitar por la zona de Picacho-Ajusco, al sur de la #CDMX tome otras rutas alternas, ya que hay inundaciones debido a la caída de #granizo de esta tarde. En Twiter (visto por última vez en 09 de enero del 2023 en https://twitter.com/AztecaNoticias/status/1035324315519123456?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwtterm%5E1035324315519123456%7Ctwgr%5E29d280c1778c6a5bfd96f8ba0fbbfed02d2b9e17%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fregeneracion.mx%2Finunda-granizo-cdmx-calzada-ignacio-zaragoza-picacho-ajusco-perisur-tlalpan-y-xochimilco-zonas-afectadas%2F)

Los eventos del **10 al 15 de agosto del 2019** ocurrieron entre 16:00 a 19:00, las inundaciones ocurrieron en la Picacho Ajusco, Huipulco, Neurología, Viaducto- Tlalpan, Tlalpan y Periférico; así como caídas de árboles en Av Hueso en la Rinconada Coapa; Viaducto- Tlalpan y Capirote en la colonia San Lorenzo Huipulco (Milenio Digital, 2019)

El evento del **05 de junio del 2020**, se presentó a las 22:00hrs donde precipitó en toda la Ciudad 17 millones de metros cúbicos con 14 espejos de agua en la alcaldía de Tlalpan que alcanzaron hasta 44.70mm de lámina de lluvia en la Picacho Ajusco (Soluciones hidrológicas 2020), donde afectó Hospitales que daban atención a pacientes de COVID 19 entre ellos el nosocomio Manuel Gea González, en este evento se desbordó el Río San Buenaventura, debido al arrastre de material como troncos, ramas y basura. En este evento se mencionó la importancia de la construcción del semiprofundo de Miramontes (Navarrete, 2020).



Mapa 9: Presencia de inundaciones en las subcuencas del Río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan 2017-2020. Fuente elaboración propia

4.6.2. Últimos eventos

El 27 de septiembre del 2021 en cuenca baja a las 20:30 hrs existió un evento de 15 a 29 mm de lluvia de las 20:30 a las 00:00 hrs, que afectó el Ejido Comercio, División del Norte y Av. Xochimilco (Infobae, 2021)



Fotografía 25 Río San Buenaventura en el pueblo de San Andrés Totoltepec. (Alonzo, 2022)

El 11 de julio del 2022 (fotografía 25 en cuenca media en San Andrés Totoltepec a las 20:30 hrs se dio una lluvia de 29 mm que, a causa de la construcción de una barda, se bloqueó el cauce y acarreó escombros y lodo sobre el pueblo, por lo que varias viviendas y una escuela resultaron afectadas (Alonzo, 2022)

Estos eventos no son nuevos y no se encuentran en la base de datos por lo que se podría recopilar la información y buscar las imágenes de satélite para alimentar la base de datos, ya que los periodos de retorno son anuales y se están presentando en toda la cuenca y causa diferentes daños en la viviendas y vialidades.

4.7. Estado de las vialidades y la relación con las inundaciones

El trazado urbano se define en torno a un curso de agua, este es dinámico, de mutua transformación, en la interacción entre lo natural y lo antropizado, en el cual, se ha decidido en períodos históricos pasados entubar y modificar la existencia de los arroyos y ríos (López y Rotger, 2013).

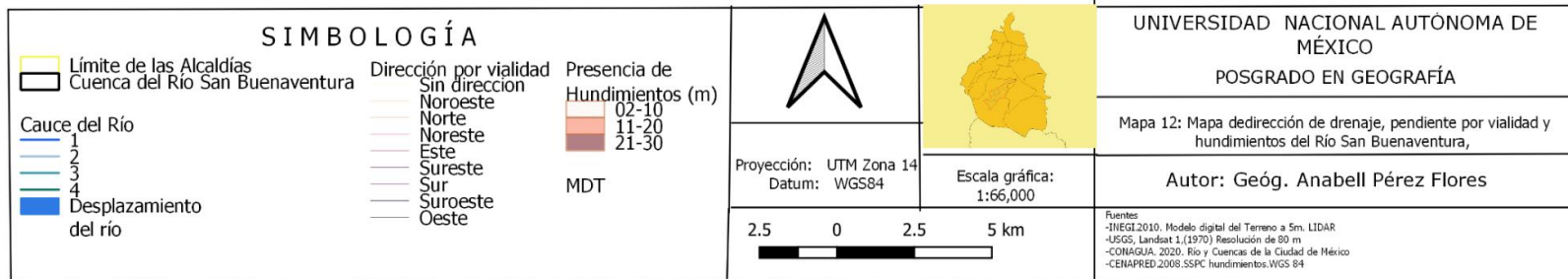
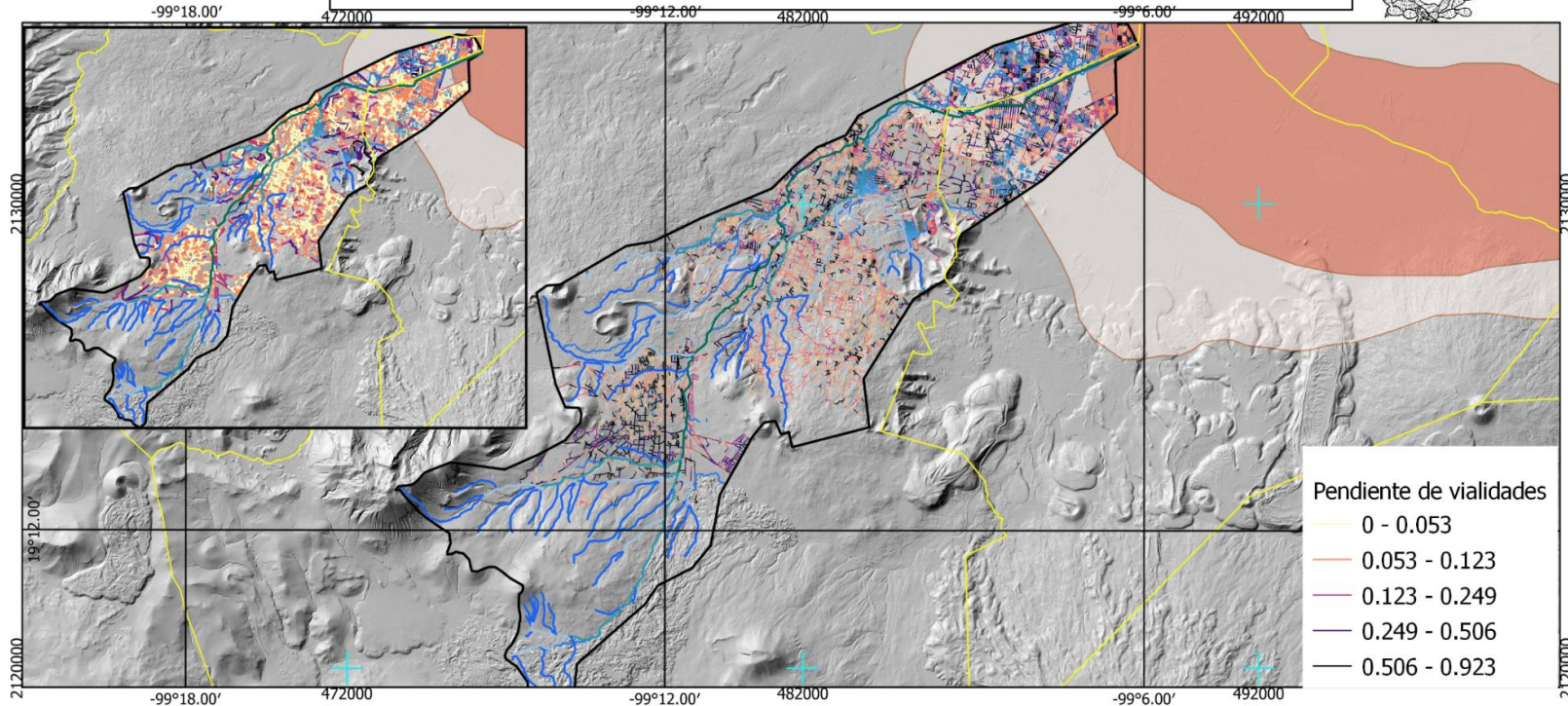
En el panorama actual del Río de San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan es de importancia reconocer el patrón espacial de las tuberías, alcantarillado y sistemas complementarios con relación a las características existentes y nuevas del relieve del sitio de estudio, a partir de diseños combinados de captación de aguas pluviales y manejo de aguas negras, que provienen de las actividades humanas, principalmente en zonas con altas precipitaciones.

Por lo tanto, en ella se observa que en la cuenca media y alta tiene una relación con el relieve que anteriormente existía, sin embargo, en la cuenca baja que está mayormente antropizada y modificada tiene otro patrón de escorrentías. Por el hundimiento de la ciudad está siendo afectado hacia el noreste de la cuenca baja por lo que el cauce original fue desplazado hacia esta nueva

configuración del relieve hasta 1.47 km, que afecta principalmente a la Villa Coapa, Narciso Mendoza, Prados Coapa 3ª Sección, Granjas Coapa y Las Hadas. En esta zona presenta un hundimiento hasta de 20m y una pendiente en las avenidas de 0 a 5%, asimismo, diferentes direcciones en el drenaje (mapa 12).

En el Sur de la cuenca, es otra dinámica debido a la presencia de elevaciones que se relacionan con la disposición de las calles, por lo tanto, el drenaje tiene relación con la pendiente y a la dirección de la ladera hacia el Oeste principalmente con una pendiente hasta del 12%. Estas inundaciones frecuentes se ubican en San Juan Tepepan.

En la zona media las inundaciones son por la captación del agua de la parte alta de la Cuenca y a la infraestructura hídrica que en este sitio se ocupa para llevar el agua al cauce destapado. Muchas de las calles no cuentan con dirección del drenaje o es de Oeste a Este, por lo que forma una cuneta y evita su escurrimiento. Esto ocurre en los Ejidos de San Pedro Mártir (mapa 12)



Mapa 12: Mapa de la dirección del drenaje, pendiente por vialidad y hundimiento del Río San Buenaventura en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan. Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, “la ausencia sistémica en la planificación de la ciudad y el territorio ha originado condiciones hostiles manifiestas en el espacio físico” (De Quevedo *et al.*, 2017, citados en Isabeles, 2019., 56) en la actualidad, ha provocado que exista el cambio en las escorrentías superficiales del agua de lluvia, debido a la presencia de materiales impermeables, al crecimiento urbano, así como al diseño de las vialidades, que reducen la evaporación por la escasa presencia de la vegetación (Gill *et al.*, 2007, citados en Isabeles, 2019:57), a la modificación del relieve que existía con anterioridad y la construcción de sistemas de drenaje hechos por el hombre, por lo que el ciclo hidrológico se ve modificado. El desarrollo urbano incrementa significativamente las cantidades de escurrimientos y la frecuencia de eventos hidrológicos extremos en estas cuencas (Castrillón, 2014).

En la mayoría de los casos, dentro de la planeación territorial, se trata a los cauces como elementos secundarios dentro de la realidad urbana considerada, a partir de la toma de decisiones de carácter de una ingeniería desarrollista, sin tomar en cuenta las modificaciones al cauce y funcionalidad de los ecosistemas (González, 2017) como un sistema complejo, donde se desarrolla el espacio urbano y que tiene una inherente funcionalidad en el drenaje.

En la actualidad los planes son medidas paliativas que aumentan el riesgo de inundaciones, por lo tanto, no es de origen medioambiental, sino sociopolítico, a partir de las medidas que puedan encaminar a mitigar la vulnerabilidad de la población en riesgo y de decisiones en un tiempo definido antes, durante y después de una catástrofe, por lo que en estas se toman instrumentos de planeación y políticas públicas (López y Rotger, 2013) solo en el momento donde la necesidad es imperante. La solución está encaminada a la coordinación de políticas territoriales y sectoriales, en un modelo de preservación de ríos en entornos urbanos (González, 2017).

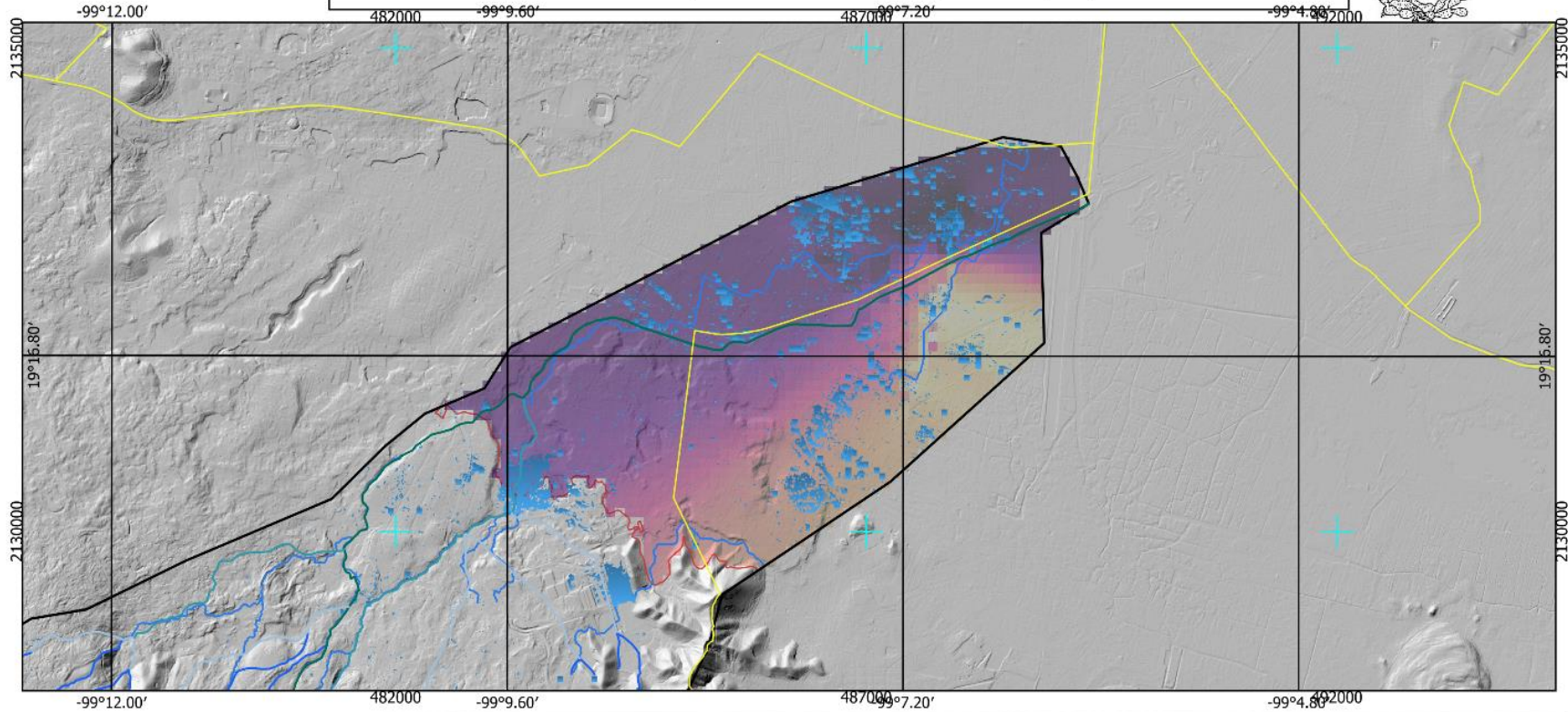
4.8. Atarjeas en la cuenca baja

El sistema de alcantarillado forma parte de la infraestructura hidráulica (Monroy, 2014), que permite recibir, conducir y evacuar, aguas residuales y de los escurrimientos de las precipitaciones que ocurren en Xochimilco y Tlalpan. Estas pueden ser sanitarias, pluviales y combinadas; las primeras sirven para desahogar de forma rápida las aguas residuales de uso doméstico y de establecimientos comerciales hacia una planta de tratamiento donde no causen problemas sanitarios; las segundas captan y conducen aguas pluviales para su infiltración, almacenamiento o

depósito y, por último, las terceras conducen al 100% de las anteriores y son las más comunes, por lo que provocan diferentes problemas socioambientales por verterse en cauces naturales (SIAPA, 2014) como en el Río San Buenaventura.

En los sistemas combinados, las precipitaciones pueden causar mayor volumen de agua, que el agua producida por un sistema residual, las cuales son captadas en la parte alta de la cuenca y se desaguan en la parte baja; por lo tanto, la falta de planeación por el crecimiento de la Ciudad hace que existan problemas de inundaciones siendo insuficientes para el desagüe del drenaje artificial resultante (Otalora, 2018).

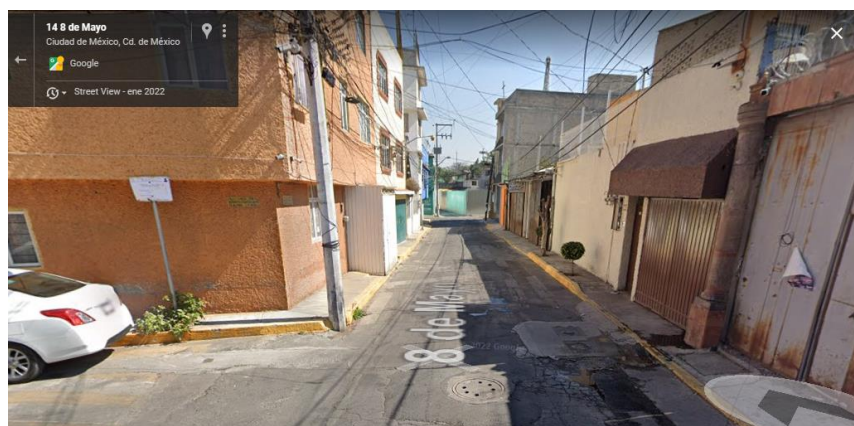
Durante las inundaciones se puede provocar las sobrepresiones capaces de fracturar la línea de conducción, también de las obstrucciones a causa del crecimiento de raíces que disminuye el área útil del conducto (Monroy, 2014). Las ventajas del alcantarillado pluvial es el manejo menor de volúmenes de aguas residuales, así como el posible reúso o aprovechamiento de aguas pluviales (CNA, 2007).



<p>SIMBOLOGÍA</p> <p> Límite de las Alcaldías Cuenca del Río San Buenaventura Límite de la Cuenca Baja del Río San Buenaventura Inundaciones 2017-2020 Cauce y orden del río San Buenaventura 1 2 </p>		<p> 3 4 Cauce desplazado </p>			<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA</p>
<p> Presencia y ausencia de atarjeas Número de atarjeas 1,424.158905 11.646958 </p>		<p>Proyección: UTM Zona 14 Datum: WGS84</p>			<p>Escala gráfica: 1:66,000</p>
<p>MDT</p>				<p>Fuentes: -INEGI.2010. Modelo digital del Terreno a 5m. LIDAR -USGS, Landsat 1.(1970) Resolución de 80 m -CONAGUA. 2020. Río y Cuencas de la Ciudad de México -Google Earth- Street View. 2019. Airbus LANDSAT, Copernicus INEGI</p>	

Mapa 13: Mapa de presencia y ausencia de la red de atarjeas en la Cuenca Baja del Río San Buenaventura. Fuente: Elaboración propia.

En el muestreo de atarjeas se analizó que, al norte de la Cuenca baja del Río San Buenaventura, hay mayor cantidad de atarjeas, hasta 11 por calle, mientras que en el sur solo una; sin embargo, algunas son de uso combinado de aguas residuales y otras son pluviales (fotografía 27) y se ubican a las orillas de las avenidas o calles (mapa 13). En el mapa 13 no se observan las atarjeas obstruidas por basura u objetos a causa del uso de la población.



Fotografía 26: Atarjea. Calle 8 de Mayo. Xochimilco. Google Earth 2022



Fotografía 27: Atarjeas pluviales y combinadas. Avenida las Brujas. Tlalpan Google Earth 2022

La red se inicia en la descarga domiciliar o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. La red está compuesta de un pozo de visita (fotografía 26) donde permite el contacto con el exterior para su inspección y maniobras de limpieza, así como la eliminación de gases. Estos se ubican en los cruceros, cambios de dirección o pendientes y diámetro (Monroy, 2014).

4.9. Encuesta y entrevista

4.9.1. Encuesta

Durante la etapa de pandemia del COVID 19 se utilizaron diferentes formas para poder estar en contacto con la población; sin embargo, no hubo una intervención directa, por lo que existió una baja participación de la población en esta investigación, debido a que no se logró dar a conocer los objetivos y alcances de la investigación.

La encuesta se realizó con la aplicación Classroom de Google y se dejó abierto para las respuestas de la población; sin embargo, solo algunas las personas que tenían internet y un hardware en casa, así como el conocimiento para realizar el instrumento y de la investigación lo pudieron realizar. Los individuos que lo realizaron son personas interesadas en el tema y que participan directamente en los efectos de las inundaciones del Río San Buenaventura, por lo tanto, no fue generalizada y su alcance fue limitado, pero los resultados no dejan de ser importantes para la investigación.

Las personas que participaron fueron 9, de las colonias de San Bartolo el Chico (87.5%) y la Cebada San Lorenzo (12.5% de la población) de la alcaldía Xochimilco, que tienen entre 46 a 55 años de edad, principalmente mujeres, que llevan viviendo más de 21 años en el lugar, con los mismos años de antigüedad de construcción y con viviendas de 1 a más pisos. El 50% de la población que participó en la encuesta son profesionistas y técnicos operadores de alguna maquinaria industrial, así como funcionarios (37.5%) con niveles de estudio superior o licenciatura 66.7% de la población.

Las inundaciones son identificadas principalmente cuando llueve mucho en el río San Buenaventura o en las zonas montañosas, durante el mes de septiembre (88% de la población). De acuerdo a su experiencia son en Periférico Sur, la Glorieta de Vaqueritos, División del Norte, en el Rincón de la Buganvilias. Estas inundaciones en algunas ocasiones su casa ha sido afectada por las inundaciones (77.8% de las respuestas). Las inundaciones son reconocidas hasta que son afectadas sus casas o por los vecinos que avisan sobre el crecimiento del nivel del río.

Los habitantes conocen los boletines meteorológicos el 88.9% de las respuestas, pero no conocen de primeros auxilios (66.7% de las respuestas). Entre algunas acciones que se identifican durante la inundación son:

- Cerrar las llaves del gas, desconectar aparatos electrónicos y resguardarse.
- Monitoreo de los vecinos de la zona del Río San Buenaventura (desde el 2017), con el apoyo de las dependencias de gobierno.
- Se apoyan entre los vecinos durante las inundaciones
- Tratar de detener el ingreso de agua y barrer.
- Subir los muebles a pisos más altos y esperar que bajen los niveles de agua.

Solo se han construido bardas de concreto armado para detener el flujo del agua, paralelas al cauce del río con la finalidad de proteger su casa; la mayoría de las personas no han construido alguna modificación en sus casas. En cambio, la delegación actúa con la limpieza de las calles o alcantarillas y el desazolve del cauce del río horas después del evento (anexo 1).

4.9.2. Entrevista

Después de la etapa de cuarentena por la pandemia de COVID-19 se acudió a la zona de estudio y se recorrió la parte abierta del Río donde ocurren constantemente las inundaciones, en ella se entrevistó a la señora Eugenia Martínez que actúa activamente en las acciones y durante los eventos de inundación del Río San Buenaventura, ya que fue una afectada directa en el evento del 2018, por lo tanto, ella acude a las reuniones con la delegación, organiza a los vecinos y realiza actividades y seguimiento para el pago de los seguros.

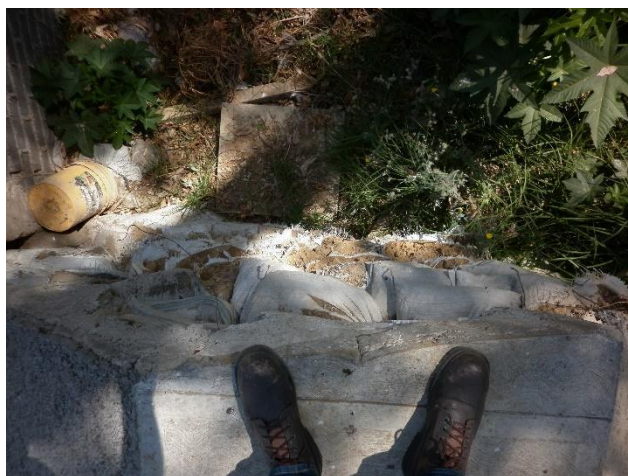
El río (hace más de 20 años) era angosto y sin agua, seco, en temporada de sequía, lugar donde los ejidatarios pasaban a caballo o a pie; en temporada de lluvia acarrea animales y personas y llenaba todo el cauce. La zona era agrícola principalmente de hortalizas como calabazas. El agua era limpia e iba hacia los canales de Xochimilco y a unos ductos circulares y no hacía ruido El crecimiento urbano y la descarga de agua residual al cauce ha incrementado, de la misma forma, el nivel de agua sucia y los olores, que en las primeras horas de la mañana disminuye su contaminación. Los predios donde habitan se vendieron con escritura.

El evento de inundación ocurrió el 4 de abril del 2018 (fotografía 27 y 28), cuando ya había sido avisado la delegación por la configuración del río y debido a que carecía de una trampa de sólidos que redujera los desechos traídos desde la cuenca alta. Las inundaciones anuales ocurrían principalmente en La Cebada, por lo que anualmente las personas veían afectado su patrimonio.



Fotografía 27 y 28 de la inundación del 2018 en la cerrada de las Buganvilias en el Pueblo de San Bartolo, Xochimilco. (Hidalgo, 2022)

En 2018, durante una madrugada, se rompió una barrera de contención del cauce en San Bartolo, Xochimilco donde el nivel del tirante de agua alcanza 10 a 20 cm, pero en algunas zonas llega hasta 2.20 metros. En la calle de las Buganvilias rompió un muro e ingresó a las casas y calle, los escombros como los troncos destruyó el patrimonio de algunas familias por el impacto más cercanas al cauce, además de la velocidad del removi6 agua, autos y zaguanes, lo que cubrió hasta el primer piso hasta dos metros, en tan solo 56 minutos, por lo que los vecinos se apoyaron para subir a las partes más altas como edificios. El rápido proceso de la inundación no dio tiempo de salvar pertenencias, solo la vida. Durante la inundación, la delegación instaló costales de tepetate (fotografía 29) y rescató a personas por medio de lanchas, principalmente a las de la tercera edad. La inundación ocurrió también en lugares como Viaducto Tlalpan, Tlalpan, Anillo Periférico, Renato Leduc, Vaqueritos, Avenida México-Xochimilco, Arenal con tirantes de agua hasta 2 metros (Hidalgo, 2020)



Fotografía 29: Costales de tepetate, que se utilizaron durante la inundación. Archivo propio

El seguro fue de \$2,500 a \$15,000 pesos por los daños a cada persona, por lo que entraron en proceso de demanda contra el gobierno porque hasta la fecha (2022) no se ha pagado. Después los vecinos construyeron una barda paralela al cauce del río de 5 metros de altura (fotografía 28) y el comportamiento del río se encuentra monitoreado por medio de cámara y la información llega directamente a los teléfonos celulares de los vecinos. Los vecinos realizan mítines y acuden a las reuniones con SACMEX y en la delegación para lograr sus objetivos, buscar acuerdos y mantenerse informado sobre las necesidades y requerimientos del río.



Fotografía 30: Condiciones actuales del río. La alcaldía de Xochimilco y SACMEX, cementaron el leveé del río reduciendo la dinámica natural del río en la cuenca baja, con la intención de aumentar la velocidad de desagüe. Fuente: Archivo propio.



Fotografía 31: Construcción de la barda de 5 metros, en la calle de las Buganvilias. Fuente: Archivo propio

La alcaldía realizó una serie de medidas para evitar de nuevo estas inundaciones, como:

- La construcción de la trampa de sólidos con piedras procesadas y con cemento.
- Se cementó el leveé del río y diseñó recto el cauce para un desalojo rápido por la pendiente hacia Canal Nacional (fotografía 30)
- Talar el bosque de galería y encementar (fotografía 31)
- Los ductos ya no son circulares, si no en forma de “V” y hacia abajo.
- Planes la construcción del Semiprofundo de Miramontes, donde desalojaron el río.

Actualmente, el manto freático disminuyó su nivel, el agua se ha filtrado hacia otros lugares, ya que existen zonas de la Gran Ciénega, canales y presas que se encuentran secas; en las laderas del río se encuentran fracturas y filtraciones: Se están trayendo el agua residual de San Fernando y de Churubusco por lo que la cantidad del agua es mayor durante las crecidas del Río San Buenaventura en la temporada de lluvias.

4.10. Conclusiones

El río San Buenaventura siempre tuvo importancia para los pueblos originarios de la cuenca, ya que fue utilizado para la agricultura durante la época prehispánica, por lo que los pobladores sabían obtener un beneficio por la acumulación y arrastre de materiales de la cuenca alta, que hacía suelos ricos en minerales y profundos. Durante la Colonia, las haciendas, las siguieron utilizando para la agricultura, y realizaron construcciones para favorecer el uso de los manantiales que afloran en la cuenca baja, por lo que construyeron acequias y acueductos que llevaban el agua a los centros poblacionales, entre ellas al centro de la ciudad.

Durante la época moderna fue utilizado para la industria incipiente que se ubicaba fuera de la ciudad como la Fábrica de papel de Peña Pobre, a través de los manantiales que se originan por los cauces subterráneos que se filtraban en la roca basáltica proveniente del Xitle. El crecimiento urbano hizo que estos manantiales disminuyeran considerablemente, pero la dinámica del río seguía en estabilidad debido a que no se ocupaban los terrenos de la cuenca baja. Esto cambió a partir de 1970, debido a la presencia de los primeros asentamientos en Xochimilco, por ello, se construyeron represas y bocas de tormenta que eliminaran la velocidad del río y dragas para reducir el acarreo de materiales a la cuenca baja,

En relación al estudio de precipitaciones, se pudo observar que las lluvias mayores a las normales y con más frecuencia son en el mes diciembre; pero las que han causado inundaciones se ubican en los meses de abril a septiembre; las cuales principalmente se registraron en las estaciones de la Desviación al Pedregal de San Ángel y del Ajusco. Estas precipitaciones se forman por la dinámica atmosférica de los vientos que provienen del norte y a causa del enfriamiento adiabático, debido a la forma de la cuenca y la presencia de la Sierra del Ajusco- Chichinautzin se forman nubes de ascendencia vertical; por lo tanto, este tipo de lluvias se presentan en las tardes y noches con granizo y tormentas eléctricas, que a su vez son empujadas por los movimientos de aire fuertes en la cuenca baja durante esta temporada del año. En cambio, en temporada de secas, durante primavera y verano se desplazan hacia el este, por lo general a la Alcaldía de Milpa Alta.

Las precipitaciones que se producen en el sitio pueden ser de menor o mayor magnitud y no necesariamente detonan inundaciones, por lo que se puede observar que existan eventos con poca cantidad de lluvia con 95 mm (en octubre del 2016) y de mayor con 1153 mm (en noviembre del 2016). Las precipitaciones presentan un retorno entre un año a 11.5 años, esto depende de la cantidad de datos para su registro y análisis con esta metodología.

Con ello se puede analizar que las inundaciones no son por las precipitaciones, sino por las alteraciones antrópicas que existan en el espacio geográfico como cambios del suelo significativos durante el crecimiento urbano de 1970; la deforestación de la cuenca alta y la presencia de infraestructura vial, así como la mala calidad de la construcción de la red de drenaje e infraestructura hídrica. También la atención que exista en el río por el gobierno federal, de la ciudad y de las alcaldías (antes delegaciones) durante el año, como el desazolve y la limpieza del cauce, que impida el acarreo de materiales que bloqueen el flujo del río.

La frecuencia de las inundaciones se presenta en cuenca baja, donde anteriormente se encontraba el Lago de Xochimilco que pertenecía al sistema lacustre del Lago de Texcoco, por lo que lo limita con la zona del pedregal del Xitle. En relación a lo anterior, la mayor frecuencia de espejos de agua es en los años del 2017 y 2018, por lo tanto, de acuerdo a la entrevista la presencia de la inundación alcanzó hasta Viaducto Tlalpan, el Arenal, Prolongación de División del Norte, Tlalpan, Avenida México- Xochimilco, Renato Leduc y calles adyacentes.

La red vial construida dentro de la cuenca centraliza la captación de escurrimientos de la cuenca alta y en consecuencia forma un embudo en la cuenca media a la altura del Pueblo de San Pedro

Mártir, por lo que se presentan anualmente inundaciones. El hundimiento de la Ciudad de México, por el abatimiento de los mantos freáticos, desplaza el cauce del río hacia el noreste de la cuenca baja, que resulta que los eventos se presenten en Villa Coapa.

La pendiente y la orientación de la red vial, como son avenidas y calles, determinará la presencia de inundaciones, en el caso de la cuenca del río San Buenaventura se ubican hacia la zona noreste y centro de la cuenca media. Además de la distribución y disposición de las atarjeas en la microcuenca de la calle, así como su limpieza determinará la acumulación de agua en algunos sitios, pero esto depende principalmente de los factores de los niveles sociales de las colonias.

Con la inundación del 2018, los afectados se organizaron para tener presencia en la toma de decisiones de SACMEX y la Alcaldía de Xochimilco, ante las inundaciones y el pago de seguros por los daños por la presencia del evento. Las inundaciones son eventos que son puntuales y en poco tiempo, donde las decisiones personales son inmediatas, por lo que en general, la población del sitio debe de hacer simulacros ante inundaciones y conocer las zonas de seguridad y rutas de evacuación del sitio, deben de continuar monitoreando las crecidas del río, pero también esta tendría que ser extensiva a otras colonias y a nivel de alcaldía tanto de Xochimilco como Tlalpan, con la finalidad de identificar la dinámica de la crecida en la cuenca alta.

La participación de la población es importante desde cuenca alta en la limpieza del cauce y su desazolve, asimismo del conocimiento a través de pláticas de los eventos que ocurren en cuenca baja para sensibilizarlos y fomentar la participación en las acciones de la alcaldía; preparar a la población y equipar con cuerdas, lanchas, lámparas, plantas de energía, salvavidas y bolsas impermeables a la población.

Las acciones de la alcaldía son momentáneas para resolver los posibles daños a futuro, se debe de conocer los años que tendrán utilidad y la capacidad que podrán soportar ante otro evento similar o con mayor magnitud. Además, se debe fomentar la conservación, protección y restauración de la zona del cauce, que reduzcan los cambios que alteren la dinámica hídrica del río.

III. CONCLUSIONES GENERALES

En los diferentes niveles del análisis, desde la gestión de la amenaza hasta la del riesgo, debe tomarse en cuenta la dimensión social, porque esta es construida a partir de las interacciones de la sociedad en su espacio geográfico.

En esta tesis se presentaron diferentes métodos e insumos que permitieron conocer las causas que generan las inundaciones en la Cuenca de San Buenaventura, que, si bien no son exhaustas, permiten conocer algunos factores que intervienen en su presencia, así mismo abre las puertas a otros tipos de análisis a nivel local o regional, que ayudarían a mejorar las condiciones sociales de la población.

La inclusión de diversos factores permite que la interpretación y el análisis de un problema en particular, como son las inundaciones, sea más profundo y con mayor número de elementos que permitan identificar riesgos a futuro y problemas sociales, que, a su vez, se puedan presentar como una propuesta de tesis.

Debido a la pandemia y sobre todo a las condiciones de cuarentena, aislamiento y distanciamiento social, durante el tiempo en el cual se elaboró este proyecto, se abrió la oportunidad para que la autora desarrollara el ingenio para solucionar la problemática que se le presentaba. Sin poder realizar suficientes visitas de campo y recorridos por la Cuenca con GPS, a través de los medios digitales buscó la forma para lograr cumplir los objetivos de la investigación; tampoco fue posible acceder a la información de las instituciones gubernamentales de las alcaldías y de la Ciudad. Esto conllevó a tener que agudizar la interpretación y el análisis de las imágenes y fotografías, para después clasificarlas y obtener la información que se requería.

A partir de ello se realizó un análisis de toda la información que provenía de las redes de información y plataformas de información como videos, textos científicos, tesis, metodologías de las instituciones y particulares, así mismo de la presentación de los datos, por lo que de acuerdo con los alcances se fue construyendo este documento.

La información tuvo limitaciones tanto de temporalidad como también instrumentales, ya que no siempre se tuvieron los datos que se requerían para obtener los resultados que en otras investigaciones se han logrado; además que las computadoras de uso personal no soportaban los procesos, por lo que se tuvieron que hacer adecuaciones en su marcha, como el aprendizaje de la

programación de algoritmos y su interpretación, por medio de textos científicos de diferentes idiomas.

El resultado de esta información fue validado en campo a partir una muestra de puntos para analizar lo observado en las imágenes de satélite, así mismo se complementó el resultado de la encuesta con una entrevista presencial, donde se observaron a lo largo del cauce de la cuenca baja las acciones y daños que tiene la población, por lo que se pudo hacer recomendaciones y escuchar la parte social sobre la frecuencia de estos eventos y su forma de intervención en el espacio geográfico.

Como anteriormente se mencionó, la metodología se puede replicar en otras cuencas, así como puede ser base de diferentes estudios de diferente escala como el análisis de los suelos y erosión de la cuenca; infraestructura hídrica de la cuenca, la vulnerabilidad de población ante estos eventos; la degradación de las áreas naturales y calidad y nivel potencial de la vegetación a nivel de cuenca, la presencia de asentamientos humanos, huella antrópica entre otros a nivel local o puntual como la inundación del 2018 que podrían ser tema de otras tesis, pero esta es un referente importante, ya que la información se encontraba disgregada o poco actualizada sobre el lugar.

IV. REFERENCIAS

- Alcocer, V., Rodríguez, J., Bourguett, V., Llaguno J., y Albornoz M. (2016). *Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas*. [versión electrónica] Tecnología y ciencias del agua, Vol. 7 (5) pp. 33-55.
- Arreguín, F., Rosengaus, M., Acosta, A., Chávez, R., López, M., Hungsberg, U., Dávila, A., Mejía, E. y Rubio, H. (2011) *Manual para el control de Inundaciones*. [versión electrónica] SEMARNAT- CONAGUA. México. pp. 2-156.
- Asesoría y Consultoría en Medio Ambiente. (2010). *Diagnósticos técnicos para determinar las condiciones de perturbación ambiental de barrancas en el Distrito Federal*. Procuraduría ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. (visto el 23 de diciembre del 2020 en https://centro.paot.org.mx/documentos/paot/estudios/EsPA_08_2010_perturbacion%20barrancas.pdf)
- Ballinas, V. (1992, 8 mayo). *El suroriente de la capital, a salvo de las inundaciones*. La Jornada (recuperado el día 5 de marzo de 2022 en <https://www.files.cenapred.unam.mx/es/BibliotecaVirtual/1992C9/1992-5-8-C9-N157.PDF>)
- Betanzos. J.L.A (2016). *Distribución temporal y espacial de la precipitación pluvial en la Ciudad de México y su aplicación a la planeación urbana*. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México. pág.83.
- Birkman, J. (2007). *Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications*. Elsevier- Environmental Hazards (7) pp.20-31.
- Briggs, C., y Matejova, M.. (2019). Cap 3. *Scenario Planning and Complex Scenario Approach. En Disaster security: using intelligence and military planning for energy and environmental risks*. Cambridge: Cambridge Press. pp. 38-60. Recuperado el 11 de diciembre de 2019 en <http://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1017/9781108560023>

- Boehm, S. (2006). Sobre María Eugenia Terrones López (coord.) *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX*. Revista Historia Mexicana. pp. 350-357. (Visto por última vez el 18 de diciembre del 2020, en <https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/1659/1477>)
- Bolaños, N; Cardoza, R; García, J; Guerrero, J; Quintero, M; Nieves, J; Rodríguez, A y Tejeda, D. (2015). *Manual de Obras y Prácticas de la Comisión Nacional Forestal*. 2ª. Reimp. CONAFOR, pp. 55-63
- Brody, D., y Highfield, W. (2013). *Open space protection and flood mitigation: A national study*. Land Use Policy. No.. 32. pp. 89–95. Recuperado el 11 diciembre de 2019, de [www.sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S02264837712002050?via%3Dihub](http://www.sciencedirect.com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S02264837712002050?via%3Dihub)
- Butler, M.J.A.; Mouchot, M.C.; Barale, V. y LeBlanc C. (1990). *Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas: manual introductorio*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 295. Roma, FAO. 1990. Pág. 212.
- Calderón, G y Rzedowski (1975). *Flora fanerogámica del Valle de México* 1ª Reimp. Comisión Nacional del Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pág. 85.. Visto el 07 de septiembre del 2020 en https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf
- Cannon, J. (1957). *La influencia de la geomorfología sobre la hidrología y las condiciones del suelo en la Cuenca Chalco-Tláhuac*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM
- Carreón, S (2014). *Taxonomía de los vientos en superficie en la Ciudad de México con un Modelo Celular de Representación a Escala Meso-B Periodo 2001-2006*. Tesis para obtener el título en Matemáticas Aplicadas y Computación. Facultad de Estudios Superiores campus Acatlán. UNAM. Pág. 207

Cámara de Diputados. (2018). *Ley de Planeación*. Honorable Congreso de la Unión. México. Pág. 2. Recuperado el día 19 de enero del 2019 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/59_160218.pdf

Cámara de Diputados (2017). *Dictamen de la proposición con punto de acuerdo relativas a las inundaciones de Xochimilco y la adopción de medidas para su rescate*. Comisión Ciudad de México. Recuperado por última vez el día 4 de marzo del 2022 en [20171214-II-2.pdf \(gobernacion.gob.mx\)](http://www.gob.mx/gobernacion/documentos/20171214-II-2.pdf)

Camacho, J. M; Pérez, J; Pineda, B; Cadena, E; Bravo, L y Sánchez, M. (2015). *Cambios de cobertura / Uso de suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña*. Revista Maderas y Bosques. Vol. 21 No. 1. Pp.93- 112.

Canabal, B y Narchi, N. (2014). *El agua en los pueblos del sur de la Ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Plaza y Valdés Editores. Pág. 204.

CNA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales-IMTA. México. Pág. 375.

Cardona, O. (1993). *Evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo: Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo*. En: Los desastres no son naturales. [versión electrónica]. La Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina. Pp. 48-50.

Castrillón, A. (2014). *Estrategia para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del Río Meléndez*. Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniería Sanitaria. Instituto CINARA- Facultad de Ingeniería- Universidad del Valle. Chile. Pág. 85.

CENAPRED. (2014). *Inundaciones*. [versión electrónica] 3ª reimp. SEGOB. México. Pp. 6-8.

Colavitti A.M. (2018). Cap. 1 *Building the Process of Knowledge*. [versión electrónica] En Urban Heritage Management: Planning with History. The Urban Book Series. Springer, Cham. New York. Pp. 1-33.

- Collins, T. (2020). *Marginalizations, Facilitation, and the Production of Unequal Risk: The 2006 Floods*. Antipode. Vol. 42. No.2. Pp.258-288.
- Congedo, L. (2017). *Semi-Automatic Classification Plugin*. (visto en internet el día 25 de abril del 2021 [http://www.semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/ /downloads/es/latest/pdf/](http://www.semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/downloads/es/latest/pdf/))
- Cotler, H; Galindo, A; González, A; Pineda, R y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. fundamentos y perspectivas de manejo*. SEMARNAT-Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable y la Red Mexicana de Cuencas Hidrológicas. Pàg. 37.
- Cruz, A. (2009). *Alternativas para solucionar los problemas de inundaciones en el sureste de la Cuenca de México*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. UNAM. México. Pp. 4-7.
- Cuervo, M. (2006). *Globalización y territorio*. Cepal. Chile. Pág.58. Recuperado el 12 de diciembre de 2019 en https://www.researchgate.net/publication/227432362_GLOBALIZACION_Y_TERRITORIO
- DGCOH. (1994). *Plan Maestro de Drenaje de la zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1994-2010*. Recuperado de la biblioteca de la DGCOH el día 04 de marzo 2022 en [Plan_Maestro_Drenaje_VM_1994_PMD.pdf \(www.gob.mx\)](http://www.gob.mx/Plan_Maestro_Drenaje_VM_1994_PMD.pdf).
- Diario Oficial. (1936). *Decreto que declara Parque Nacional Cumbres del Ajusco, la porción que de esa serranía que él mismo delimita*. Departamento Forestal y de Caza y Pesca. Pp. 12-13. Visto el 06 de noviembre del 2020 en internet http://189.240.89.18:9000/datos/storage/app/media/av_decretos/ajusco_decreto.pdf
- Díaz, X. (1997). *Crecimiento Poblacional y Política de Desarrollo Urbano en la zona metropolitana de la Ciudad de México*. Tesis para obtener el título de en Ciencias Políticas y Administración Pública (Especialidad de Administración Pública). UNAM
- Dinh, G. y Macintosh, B. (2019). *An application of Integrated Water Resource Management principles to flood risk mitigation in Mossman, North Queensland, Australia*. Word Water Policy, 5(2) Pp. 138-160.

- DOF. (2016). *Acuerdo por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos*. Diario Oficial de la Federación. México. Tomo 759. No.. 15. Pág.43. Recuperado el día 12 de diciembre del 2019 en <https://dof.vlex.com.mx/vid/acuerdo-emite-guia-contenido-655926041>
- DOF_b. (2020). *Ley de Aguas Nacionales*. Última actualización el 06 de enero del 2020. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. México. Pág. 112. Visto por última vez el 21 de julio del 2020 en internet, en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- Domínguez, R. (2000 octubre). *Las inundaciones en la Ciudad de México. Problemática y Alternativa de Solución*. Revista Digital Universitaria. Vol. 1. No.. 2. Pp.2-3. Recuperado el día 14 de diciembre del 2019 en revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/
- Domínguez J. (1 de diciembre de 2021). [*Desde la montaña. La incidencia de la urbanización de San Mateo Xalpa, Xochimilco, Ciudad de México, en la disminución de la contribución de agua para el acuífero y a los cuerpos de agua de Xochimilco*] Mesa: Geografías de la Desecación: ríos, lagos, canales y manantiales. La obra hidráulica transforma el paisaje, siglo XX. VI Congreso de la Red de Investigadores Sociales sobre el agua (RISSA). El agua, problemáticas sociales y soluciones: pasado presente y futuro.
- Eje central. (2018 agosto 23). *Inundaciones en Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco por lluvias en CDMX. Eje central* En línea, visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://www.ejecentral.com.mx/inundaciones-en-tlahuac-tlalpan-y-xochimilco-por-lluvias-en-cdmx/>.
- Escamilla, I. y Santos. (2012). *La zona Metropolitana del Valle de México: transformación urbano rural, en la región centro del México*. XII Coloquio Internacional Geocrítica: La independencia y construcción de estados nacionales: poder territorialización y socialización, siglos XIX- XX. Bogotá.
- Etulain, J. y López, I. (2017). *Inundaciones urbanas: mapas de riesgo y vulnerabilidad y lineamientos de ordenamiento urbano territorial en la región de gran La Plata: Aspectos teóricos- metodológicos y propositivos*. Centro de Investigaciones Urbanas y Territoriales-

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Argentina. Vol. 15(2). Argentina. Pp. 6-7. Recuperado el día 12 de diciembre del 2019 en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/64722>

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2005 última actualización marzo 2017). *Decreto que contiene el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación del Distrito Federal en Xochimilco*. Asamblea Legislativa del Distrito Federal- Órgano del Gobierno del Distrito Federal. Pág. 154. isto por última vez el día 5 de enero del 2023 en: [https://paot.org.mx/centro/programas/df/pdf/2021/PROGRAMA%20DESARROLLO%20URBANO%20XOCHIMILCO%2006mayo05_ter%20\(2\).pdf](https://paot.org.mx/centro/programas/df/pdf/2021/PROGRAMA%20DESARROLLO%20URBANO%20XOCHIMILCO%2006mayo05_ter%20(2).pdf)

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2010 última actualización marzo del 2017). *Decreto que contiene el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Tlalpan del Distrito Federal*. Administración Pública del Distrito Federal- Jefatura de Gobierno- Asamblea Legislativa del Distrito Federal y Legislatura-Órgano del Gobierno del Distrito Federal. Pág. 190.isto por última vez el día 05 de enero de 2023 en: <https://paot.org.mx/centro/programas/df/pdf/2021/TLALPAN.pdf>

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2016). *Decreto por el que se establecen como Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva Ecológica Comunitaria, la zona conocida con el nombre de “San Miguel Ajusco”*. Administración Pública del Distrito Federal- Gobierno del Distrito Federal. Pp. 7-12. isto el 06 de septiembre del 2020 en: http://189.240.89.18:9000/datos/storage/app/media/av_decretos/decreto_ajusco_16112010.pdf

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2016). *Aviso por el que se da a conocer el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Parque Ecológico de la Ciudad de México”*. Órgano de difusión del Gobierno del Distrito Federal. Pp. 3-96. Visto el 28 de diciembre del 2022 en: <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/rally/pex/src/docs/594d401d7fb77176590927.pdf>

Gobierno de la Ciudad de México. (2019). *Constitución Política de la Ciudad de México*. Publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, el 05 de febrero del 2017, 148 pág

Goff, J. y Chagué, C. (2014). *The Australian tsunami database: A review*. Progress in Physical Geography. Vol. 38 (2) Pp. 218-240. Recuperado el día de 12 de diciembre del 2019 de https://www.researchgate.net/publication/263464537_The_Australian_Tsunami_Database_A_review/link/59fecca1aca272347a2883ea/download.

González, E; Hernández; Perlo y Zamora. (2010). *Rescate de ríos urbanos: Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos*. Coordinación de Humanidades- Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad-UNAM. México. Pàg. 112.

González, D. (2017) *Tratamiento de los espacios fluviales urbanos andaluces en la planificación territorial y sectorial*. Cuadernos Geográficos. Universidad de Granada. Vol. 56. No. 2. Pp. 72-93.

Granados, D; Hernández y López, R. (2016). *Ecología de las Zonas Ribereñas*. Revista Chapingo. Serie de Ciencias Forestales y Ambiente. Vol. 12. No. 1. Pp. 55-69.

Guevara, B; Ortega, H; Ríos, R; Solano, E y Vanegas, J.M. (2015). *Morfología y geoquímica de los suelos de Xochimilco*. Terra Latinoamericana. Chapingo. Vol. 33. No.. 4. .

Guajardo, R; Granados, G; Sánchez, I; Díaz G. y Barbosa, F. (2017). *Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: caso Veracruz, México*. Tecnología y ciencias del agua. Vol. VIII No. 5 157-177.

Heraldo de México. (2018 abril 5). *Así se vio la inundación al sur de la Ciudad de México*. El Herald de México. Enen línea, visto la última vez el 09 de enero del 2023 en <https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2018/4/5/asi-se-vio-la-inundacion-al-sur-de-la-ciudad-de-mexico-36647.html>)

Hidalgo, C. (2022) *56 minutos*. Amazon Mexico Service, INC. México. Pp. 60.

Hongshi, X; Chao, Kui y Jijian. (2018). *Urban flooding risk assessment based on an integrated k-means cluster alghoritm and improved entropy weight method in the región of Haikou, China*. Journal of Hydrology. No. 563. Pp.975- 986.

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Xochimilco, Distrito Federal*. Clave Geoestadística 09013. México. Pág. 9..

-----_b. (2009). *Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Tlalpan, Distrito Federal*. Clave Geoestadística 09012. México. Pág. 9..

INEGI. (2013). *Conjunto de datos de Perfiles de Suelos*. Esc 1:250,000. Serie III. INEGI. México.

INEGI (2020) *Cuestionario Básico*. Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Población y Vivienda. Pp. 7. Publicado en internet en: http://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/Censo2020_cuest_basico.pdf Visto por última vez el 06 de marzo del 2021.

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición. (2023). *Programa Interno de Protección Civil*. En línea, visto por última vez el 6 de enero del 2023 en: <https://www.incmnsz.mx/descargas/departamentos/Proteccion-Civil/programa-interno.docx>

Informativa Azteca. (2018 agosto 30). *Si tiene que transitar por la zona de Picacho-Ajusco, al sur de la #CDMX tome otras rutas alternas, ya que hay inundaciones debido a la caída de #granizo de esta tarde*. En Twiter, visto por última vez en 09 de enero del 2023 en: [https://twitter.com/AztecaNoticias/status/1035324315519123456?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1035324315519123456%7Ctwgr%5E29d280c1778c6a5bfd96f8ba0fbbfed02d2b9e17%7Ctwcon%5Es1 &ref_url=https%3A%2F%2Fregeneracion.mx%2Finunda-granizo-cdmx-calzada-ignacio-zaragoza-picacho-ajusco-perisur-tlalpan-y-xochimilco-zonas-afectadas%2F](https://twitter.com/AztecaNoticias/status/1035324315519123456?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1035324315519123456%7Ctwgr%5E29d280c1778c6a5bfd96f8ba0fbbfed02d2b9e17%7Ctwcon%5Es1&ref_url=https%3A%2F%2Fregeneracion.mx%2Finunda-granizo-cdmx-calzada-ignacio-zaragoza-picacho-ajusco-perisur-tlalpan-y-xochimilco-zonas-afectadas%2F).

Iracheta, A. (2000). *El agua y el suelo en la zona Metropolitana del Valle de México*. Sao Paulo en Perspectiva. 14 (4) pp. 7.

Isabeles, D; Olavaria, A; Quintanilla, A y Ríos A, J. (2019). *Adaptación metodológica en el diseño y desarrollo urbano de bajo impacto para el manejo de aguas pluviales en Colima*. México, Tecnura. Vol 23. No. 62.

- Jha, A., Bloch, R., y Lamond, J. (2012). *Ciudades e inundaciones: guía para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en ciudades del siglo 21*. [versión electrónica] E.U. Word Bank-GFDRR. pp. 14-21.
- Kal. (2018 abril 4). *Lluvias dejan inundaciones al Sur de la Ciudad de México*. Chilango. En línea, visto por última vez el 8 de enero del 2023 en: <https://www.chilango.com/noticias/inundacion-en-la-ciudad-de-mexico/>.
- Lavell, A. (2003). *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Guatemala. Pp. 11-17.
- Lavell, A. y Franco, E. (1996). *Introducción al Estado, sociedad y gestión de desastres en América Latina: en búsqueda del paradigma perdido*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Perú. Pp. 404.
- Laing, A. (2011). Cap. 9. *Diagramas termodinámicos: análisis de radiosondeo*. En: Introducción a la meteorología tropical. 2ª Ed. E.U. University Corporation for Atmospheric Research-NOAA. Pág. 2. Recuperado el 20 de enero del 2019 en: https://met-wrf.cicese.mx/gfs/ayuda_diagrama_termodinamico.pdf
- López, I. y Rotger, D. (2013). *La naturaleza de la ciudad. El papel de los cauces urbanos como espacios públicos en la gestión del riesgo hídrico*. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires Argentina. Pp. 32.
- López, E; Murillo, D., Martínez, J. y Chávez, P. (2015). *Alternativas viables para la provisión de servicios básicos en áreas periurbanas*. Lecciones desde Xochimilco, Ciudad de México. Pp. 226.
- López, P. (2018 agosto 20). *Vulnerabilidad de la demarcación y su población: Presentan atlas de riesgos en Tlalpan*. Gaceta UNAM. No..09. isto por última vez en línea el día 6 de enero del 2023 en: <https://www.gaceta.unam.mx/index/wp-content/uploads/2018/08/200818.pdf>.

- Lucatello, S.; Ruiz, N., Rodríguez, D., Pérez, L., y Espinoza, I. (2014). *Elaboración de Criterios y Lineamientos para la Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático*. INECC-Instituto Mora. México. Pág.19.
- Lugo, J. y Córdoba, C. (1991). *Regionalización geomorfológica de la república mexicana*. Investigaciones Geográficas. Universidad Nacional Autónoma de México. No.. 25.
- Macías, M. (2015, abril). *Crítica de la noción de resiliencia en el campo de estudios de desastres*. Revista Geográfica Venezolana. Universidad de los Andes. Venezuela. Vol. 56. No. 2. Pp. 309-325. Recuperado el día 8 de septiembre de 2019 en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34774307909>
- Mapoteca Manuel Orozco y Berra. (1918). *Carta Geográfica del Distrito Federal formada por la dirección de Estudios de Geografía y Clima*. C. Secretaria y Fomento. Esc 1:50,000. Obtenida de internet: <http://w2.siap.sagarpa.gob.mx/mapoteca/> el día 27 de abril del 2021.
- Martínez, Ma. y Padilla. (2011). *Actores e instituciones en México posrevolucionario*. Resistencia, luchas y apropiaciones de la política hídrica en el sur de la ciudad de México Cuicuilco. No. 51, mayo- agosto.
- Martínez, J. (2011). *Evaluación de las grietas de la Cuenca de México originadas de la morfología roca basal usando las mediciones de microtemores*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Geofísico. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Maskrey, A. (1993). Cap VI: *Vulnerabilidad y mitigación de desastres*. En: Los desastres no son naturales. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Panamá.
- Mather, P.M. (1999). *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*. An: Introduction. John Wiley& Sons: Chichester. Second Edition. Pp. 292 .
- Merlinsky, M. y Ayelén, T. (2016). *Inundaciones y construcción social del riesgo en Buenos Aires*. Acciones colectivas, controversias y escenarios de futuro. [en línea] Cuadernos del CENDES. Vol. 33. No.. 91. Pp. 45-6. Recuperado el día 5 de septiembre de 2019 de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40347542004>

Méndez, B; Magaña; Da y Domínguez. (2009). *Analysis of daily precipitation base on weather radar information in Mexico City*. *Atmósfera Ciudad de México*. Vol22. No.3.

Milenio Digital. (2019 agosto 18). *Granizada en Tlalpan provoca inundaciones en calles*. Milenio. isto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/tlalpan-inundaciones-granizo-deja-calle-inundadas-18-agosto>.

Molpaceres, A; Parra, A., Marambio, P. e Ibáñez, G. (2012). *Conceptos Generales sobre la Gestión de Riesgos de Desastre y Contexto del País: Experiencias y Herramientas de Aplicación a Nivel Regional o Local*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Chile. Pág. 6 Recuperado el día 25 de noviembre del 2019 en: https://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf

Monroy, G. (2014). *Problemática de los sistemas de alcantarillado*. Tesina para obtener el grado de especialista en hidráulica. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. México. Pp. 100.

Mustafá, A; Bruwier, M; Archambeau, P; Erpicum, S; Piroton, M; Dewals, B; y Teller, J. (2018). *Effects of spatial planning on future flood risks*. En: *Urban environments*. Belgium. Elsevier-Journal of environmental management. Vol. 225. Pp. 193-204. Recuperado el día 12 de diciembre del 2019 en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718308533>

Navarrete, S (2020 junio 09). *Las lluvias en la CDMX afectan a hospitales para pacientes con COVID-19*. Expansión. Ee en línea, visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://politica.expansion.mx/cdmx/2020/06/09/las-lluvias-en-la-cdmx-afectan-a-hospitales-para-pacientes-con-covid-19>.

Nova, E; Castro y Ramos. (2018). *Identificación de la vegetación urbana de la Ciudad de México; evaluación de cuatro métodos para la determinación de umbrales en el índice normalizado de diferencias de vegetación y de la clasificación supervisada*. INEGI. México.

- Novo, S. y Raga. (2013). *The properties of convective storms in central Mexico: A radar and lightning approach*. *Atmósfera*. Elsevier, España. 26(4), pp. 461-472.
- Ochoa, Y. y Ojeda. (2017). *Conservación de vegetación para reducir el riesgo hidrometeorológico en una metrópoli fronteriza*. Universidad Autónoma de Baja California. Estudios Fronterizos. Vol. 18. No. 35. Visto por última vez el 29 de diciembre del 2022 en: <https://www.redalyc.org/journal/530/53051786003/html/> .
- Oosterhaven, J. y Többen, J. (2017). *Wider economic impacts of heavy flooding in Germany: a non linear programming approach..* *Spatial Economics Analysis*. Vol. 12. Issue 4, pp. 404-428.
- Otto, E. (2006). *Xochimilco hoy una realidad insustentable*. UNAM- Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México. Pp. 106.
- Parada, J. (2017). *Inventario de Atlas de Riesgos en México: Informe del Estado Actual*. Academia de Ingeniería de México. Conacyt. México. Pág. 10. Recuperado el día 11 diciembre de 2009 de: https://www.ai.org.mx/sites/default/files/atlas_riesgo.pdf
- Pérez, A. (1993). Capítulo II: *Antecedentes de inundaciones*. En: Análisis de la problemática por inundaciones en la cuenca del Valle de México. Tesis para obtener el Grado de Ingeniero Civil. México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán. UNAM. Pp. 20-31.
- Pérez, J; Nardini, A. y Zúñiga, Y. (2018). *Identificación Multiatributo de Tipologías de Vivienda Vulnerables e Inundaciones en Riohacha, La Guajira- Colombia*. Información tecnológica. 29(5) pp. 187-202.
- Porrúa. (1995). *Diccionario Porrúa: Historia, Biografía y Geografía de México*. 6a ed. Editorial porrúa. Pp.3789-3791.
- Quadratín. (2018 abril 4). *Delegaciones Tlalpan y Xochimilco, causando inundaciones, caos vial y la suspensión de un tramo de la Línea 1 del Metrobús*. Querétaro. En línea, visto por última vez el 08 de enero del 2023 en: <https://www.info7.mx/nacional/fuerte-lluvia-y-granizo-inundan-calles-de-cdmx/2138619>.

- Regeneración. (2018 agosto 30). *Inunda #granizo CDMX: Calzada Ignacio Zaragoza, Picacho-Ajusco, Perisur, Tlalpan y Xochimilco, zonas afectadas*. Regeneración. En línea visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://regeneracion.mx/inunda-granizo-cdmx-calzada-ignacio-zaragoza-picacho-ajusco-perisur-tlalpan-y-xochimilco-zonas-afectadas/>.
- Rendón, G. (2012). *Análisis histórico acuático de la cuenca de México: Xochimilco propuesta para su mejoramiento*. Tesis para obtener el título de Arquitecto. UNAM.
- REDD+. (2011). Cap 4: *Uso de la Tierra y cambio de uso de la tierra*. En: Estimación de los costos de oportunidad de REDD+: Manual de capacitación. Banco Mundial. Washington Pp. 38.
- Reygadas, Y. (2012). *Cambio en la amenaza de inundación en cuatro subcuencas del Sur de la Ciudad de Morelia, 1995-2050*. Tesis para obtener el grado de Maestra en Geografía. México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM.
- Rodea, F. (2017 julio 11). *Lluvia provoca inundaciones de 70 cm en la Ciudad de México*. El Financiero. Periódico en línea, visto por última vez el 08 de enero del 2023 en: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/lluvia-provoca-inundaciones-de-hasta-70-cm-en-la-cdmx/>.
- Rodríguez, H. (2012). *Inundaciones en zonas urbanas. Medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Ingeniería Civil-Hidráulica). Morelos. Facultad de Ingeniería. UNAM. Pág. 7.
- Rodríguez, M. (2013). Segunda Parte. Cap. 1. *El ordenamiento territorial y urbano y la gestión de riesgos en Cuba: De la Teoría a la Práctica*. [versión electrónica]. En: La Política de Ordenamiento Territorial en México: De la Teoría a la Práctica. Instituto de Geografía. UNAM. México. Pp.135-165.
- Rodríguez, M. (2014). *Geografía y planeación territorial*. Revista Entorno Geográfico. No.. 10. Pp. 1-24. Recuperado el día 20 de septiembre del 2019 en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://bibliotecadigital.univalle.edu.co:8080/bitstream/10893/8346/1/geografia%2520y%2520planificacion.pdf>

- Romero, G. (2018 julio 4). *Frenan estragos de río en Xochimilco*. La Jornada. En línea, visto por última vez el 8 de enero del 2023 en: <https://www.jornada.com.mx/2018/07/04/capital/034n1cap>
- Rosas, C. (2019). *Vulnerabilidad de inundación en la Línea A del Metro de la Ciudad de México*. Tesis para obtener el grado de maestro de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Rosenfeld, C. (1994). *The geomorphological dimensions of natural disasters*. [versión electrónica]. Elsevier Science Revista Geomorphology. Oregon State University, Corvallis. Estados Unidos. No. 10. Pp. 27-36. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444820129500074>
- Ruíz, N. (2019). *Tres lecciones para la planeación de la Ciudad de México a 2 años del sismo de 2019*. México. Revista Nexos. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: <https://labrujula.nexos.com.mx/?p=2497>
- Ruíz, M. (2011). *Vulnerabilidad territorial y evaluación postcatástrofe: Una aproximación desde la geografía del riesgo*. Memoria de Tesis Doctoral para optar por el grado de Doctor. Universidad Complutense, España. Pág 47.
- Salas, M. (2011). *Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas: Fenómenos Hidrometeorológicos*. [versión electrónica]. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. Pp. 7- 68.. Sánchez, D. y Chávez, R. (2016). *Personas afectadas por inundaciones en la Ciudad de Monterrey, México. Análisis de su entorno físico- social*. Cuadernos Geográficos. Vol. 55, No. 2. Pp 85-106.
- Santos, M. (2000). Cap. 9: *Objetos, Acciones, Normas y Territorio. Técnica y tiempo, razón y emoción*. En La naturaleza del espacio. Ariel. Barcelona. Pág. 352.
- Santos, C. y Aguilar. (2016). *Expansión urbana en el suelo de conservación*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México. Vol. I. CONABIO/SEDEMA. México. Pp. 127-138.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2006). *Gestión Ambiental del Aire*. Gobierno del Distrito Federal. Recuperado el día 29 de abril del 2021 de: <https://www.aire.cdmx.gob/descargas/publicaciones/gestion-ambiental-aire-memoria->

[documental-2001-2006/descargas/gaa_avances_propuestas_2000_2006.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/135433/TR_AR_231016_Publico.pdf) SEDATU. (2016). *Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos* Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano: Subsecretaría de Ordenamiento Territorial, Dirección General de Ordenamiento Territorial y de Atención a Zonas de Riesgo. México. Pág. 10. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/135433/TR_AR_231016_Publico.pdf

SEDUVI. (2019). *Nuevo Reglamento de Tránsito 2019 en la Ciudad de México*. Administración Pública de la Ciudad de México- Jefatura de Gobierno. México. Pp. 6-7. Visto en: internet el 08 de marzo del 2021 en <http://www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/RT%202019%20CDMX.pdf>

Sentinels. (2021). *Satellite Description*. Copernicus. Visto por última vez el día 04 de enero del 2021, en la página de internet: <https://www.sentinel.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/satellite-description>

SIAPA, (2014). *Actualización de los Criterios y Lineamientos técnicos para Factibilidad en ZMG*. SIAPA. Visto por última vez el 24 de febrero de 2022 en: [capitulo 3. alcantarillado sanitario.pdf \(siapa.gob.mx\)](#)

Siebe, C; Vazquez, L. y Ramírez, C. (2020). *Curso Práctico de Suelos y Geomorfología: Manual para la extracción de parámetros del terreno y cobertura por medio de MDE e imágenes de satélite*. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Ciencias Biológicas y Geografía. México. Pp. 7-34.

Smith, K. y Ward, R. (1998). *Flood Physical Process and Human Impacts*. [versión electrónica] Reino Unido. Wiley. Pág.382.

Soluciones hidrológicas. (2020 junio 09). *Lluvia intensa recorre la CDMX*. Soluciones Hidrológicas. En línea, visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://hidrológicas.com/2020/06/09/lluvia-intensa-recorre-la-cdmx/>

Suárez, N. (2013). *Empoderamiento y reapropiación del Territorio para el manejo de recursos naturales: Un análisis Geográfico para la planeación del uso del suelo*. Tesis para obtener

el grado de Maestra en Geografía. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM.

Torres, E. y González, E. (2009). *Aplicación del modelo de simulación hidráulica Hec- Ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de Inundaciones en tiempo Real, en la cuenca Media del Río Bogotá- Sector Alicachín. Colombia.* Universidad Libre. Colombia. Pág. 4. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista10/articulos/aplicaci%C3%B3n-del-modelo-de-simulacion-hidr%C3%A1ulica-hec-ras.pdf>

Torres, E; Vega, L. e Higuera, C. (2011). *La dimensión socio espacial de la vivienda rural en Ciudad de México. El caso de la Delegación Milpa Alta.* Revista INVI. Santiago. Vol. 26. No. 73..

Terrones, M. (2006). *Xochimilco sin arquetipo: Historia de una integración urbana acelerada.* Revista Geográfica y Ciencias Sociales de la Universidad de Barcelona. Vol. X No. 218. Pp. 741-98.

Trejo, C. (2001). *Planeación estratégica para control de inundaciones.* Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Planeación). México. Facultad de Ingeniería. UNAM. Pp. 41-42.

Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Xochimilco. (2023). *Programa Interno de Protección Civil.* En línea. visto por última vez el 6 de enero del 2023 en: <https://proteccioncivil.xoc.uam.mx/programa-interno>

Velázquez, A; Medina, C. y Reygadas, D. (2010) *Síntesis geobotánica de las sierras Ajusco-Chichinautzin.* Revista Investigación ambiental. 1(1) Pp. 12-14. Visto en internet, el día 07 septiembre del 2020 en: https://www.researchgate.net/publication/263256145_Sintesis_geobotanica_de_las_sierras_Ajusco-Chichinautzin/link/54e371f80cf282dbed6be817/download

Vergara, C., Ellis, E., Cruz, J., Alarcón L. y Galván, U. (2011). *La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental.* Política y Cultura [en línea]. No. 36.

Pp. 49-69. Recuperado el día de 16 septiembre de 2019 en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26721226003>

Vidrio, M. y Ávila, G. (2000). Cap. 7: *Estructuración del Espacio Metropolitano del Gobierno del Distrito Federal: Delegación Xochimilco*. En: La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. Colegio de México. Pp. 637-646.

Vinet, F. (2018). *Flood*. [versión electrónica] Risk knowledge Elsevier. Vol. 1, pp.325-328. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01158-0>

Volonte, A y Gil. (2019). *Aportes de la hidrogeomorfología histórica en la delimitación de áreas inundables a partir de eventos extremos de crecidas*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Nacional del Sur. Huellas. Vol. 234.

Voragine. (2018 agosto 20). *Tormentas ocasionan 12 inundaciones en Tláhuac y Xochimilco y marcha de trenes lenta en 8 líneas del Metro*. Voragine. En línea, visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://www.voragine.com.mx/2018/08/20/tormentas-ocasionan-12-inundaciones-en-tlahuac-y-xochimilco-marcha-de-trenes-lenta-en-8-lineas-del-metro/>

Wilby, R. y Keenan, R. (2012). *Adapting to flood risk under climate change*. Progress in Physical Geography. No. 36 (3). Pp. 348-378. Recuperado el día 13 de diciembre del 2019 en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0309133312438908>

WGS (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014: Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos*. FAO. Pp. 205.

Zaya, G. (2018 agosto 31). *¿Caos por las lluvias?, prepárate porque continuarán este viernes*. Expansión. En línea, visto por última vez el 09 de enero del 2023 en: <https://expansion.mx/nacional/2018/08/31/la-cdmx-vive-un-jueves-de-caos-por-las-fuertes-lluvias>.

V. ANEXOS

1. Encuesta

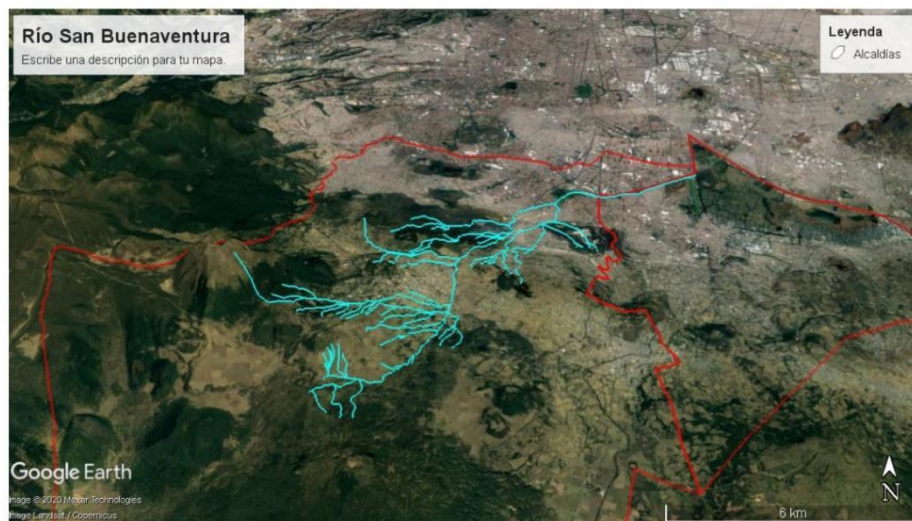
7/4/22, 13:31

RIESGOS DE INUNDACIONES EN EL RÍO SAN BUENAVENTURA, EN LAS ALCALDÍAS DE XOCHIMILCO Y TLALPAN, CIUDAD ...

RIESGOS DE INUNDACIONES EN EL RÍO SAN BUENAVENTURA, EN LAS ALCALDÍAS DE XOCHIMILCO Y TLALPAN, CIUDAD DE MÉXICO

Por este conducto me acerco a usted, con la finalidad que me pudiera dar unos minutos de su valioso tiempo, para contestar la siguiente encuesta. El siguiente cuestionario es para una investigación de Tesis Maestría por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México sobre las inundaciones ocasionadas en las cercanías del Río San Buenaventura que se ubica en las alcaldías de Xochimilco y Tlalpan (ver en el mapa la ubicación), con la finalidad de dar respuesta a esta problemática y proporcionar desde la investigación científica propuestas para reducir los efectos de este riesgo, por lo tanto es muy valiosa su participación en el siguiente cuestionario.

Localización de Río San Buenaventura (línea azul)



1. Usted reconoce y ubica el río de la imagen de arriba

Marca solo un óvalo.

- No
 Sí
 Tal vez

2. Anote por favor la colonia donde habita

3. Indique la edad (años cumplidos) que tiene actualmente

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Menos de 15 años
 16 a 25 años
 26 a 35 años
 36 a 45 años
 46 a 55 años
 Mayores de 56 años

4. Sexo

Marca solo un óvalo.

- Mujer
 Hombre

5. Tiempo de residencia en las alcaldías de Xochimilco o Tlapan

Marca solo un óvalo.

- Menos de 1 año
- 1 a 5 años
- 6 a 10 años
- 11 a 15 años
- 16 a 20 años
- Mas de 21 años

6. Ocupación

Marca solo un óvalo.

- Funcionarios
- Profesionistas y técnicos
- Empleados en actividades administrativas
- Comerciantes
- Servicios personales o de vigilancia
- Actividades agrícolas, ganaderas y forestales
- Actividades artesanales
- Operadores de maquinaria industrial
- Choferes y trabajadores del transporte
- Amas de casa
- Estudiante
- Sin empleo

7. Último grado de estudios

Marca solo un óvalo.

- Sin educación
- Primaria
- Secundaria
- Bachillerato/Preparatoria
- Carrera Técnica
- Licenciatura/Superior
- Posgrado

8. Su casa ¿Cuántos años tiene de construcción?

Marca solo un óvalo.

- No sé
- Menos de 3 años de construcción
- 4 a 10 años de construcción
- 11 a 20 años de construcción
- Más de 21 años de construcción

9. ¿Cuántos pisos construídos tiene su casa?

Marca solo un óvalo.

- 1 pisos
- 2 pisos
- Más de 2 pisos

Inundaciones

Las inundaciones es el aumento repentino de agua e inesperado del nivel de agua en un lugar determinado donde originalmente no existe, el agua se encharca y tarda mucho en secarse.

10. Donde usted vive, las inundaciones cuándo ocurren

Marca solo un óvalo.

- De manera repentina
- Cuando llueve en la montaña
- Cuando se rompe la tubería
- Cuando llueve mucho en el lugar donde vivo
- Cuando se descongela el granizo o la nieve
- Cuando se tapa el drenaje por la basura
- Otros: _____

11. Usted identifica en el lugar donde habita, el mes cuando se inunda

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Enero
- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre
- Diciembre

12. Mencione las calles donde se inunda
- _____

13. Su casa se ha inundado

Marca solo un óvalo.

- Siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Nunca

14. ¿Cómo sabe usted que se inundó?

Marca solo un óvalo.

- Porque se inunda mi casa
- Por los noticieros
- Por las redes sociales
- Por mis vecinos
- Por las autoridades
- Otro

Gestión
de
Riesgos

Son medidas y acciones que realiza la población y el gobierno para reducir los efectos de las inundaciones como son muertes, daños a casas, comercios o calles.

15. Conoce usted, los boletines meteorológicos

Marca solo un óvalo.

- No
- Sí

16. Conoce sobre primeros auxilios

Marca solo un óvalo.

No

Sí

17. Mencione brevemente, que acciones realiza durante una inundación

18. Su hogar cuenta con alguna modificación que evite las inundaciones

Marca solo un óvalo.

Sí

No

19. Mencione brevemente, las modificaciones que le hizo a su casa para evitar inundaciones

20. Cuando se inunda por donde habita, ¿Cuánto tardan las autoridades en arreglar la colonia?

Marca solo un óvalo.

- Inmediato
- Horas después de inundación
- 1 a 2 días después
- Después de 3 días
- Nunca

21. ¿Qué acciones realiza su alcaldía durante una inundación?

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Desazolva el río
- Retira el agua con pipas
- Limpia las alcantarillas
- Construye bordos o diques en el río
- Aumenta la altura en las banquetas
- Cambia el tipo de pavimento por adoquín
- No realiza alguna acción
- No sé que acciones realiza

22. ¿Cuántas alcantarillas tiene su calle?

Marca solo un óvalo.

- No hay
- 1-3 alcantarillas
- 4-7 alcantarillas
- Más 8 alcantarillas
- No sé

23. En su casa, ¿con qué frecuencia pasa el camión o carretón de la basura?

Marca solo un óvalo.

- Nunca
- Casi nunca
- A veces
- Casi siempre
- Siempre

24. Especifique los días que pasa el carretón o el camión de la basura

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

25. ¿Cuántas veces al año su familia presenta enfermedades respiratorias?

Marca solo un óvalo.

- Menos de 3 veces al año
- 4 a 6 veces al año
- 7 a 10 veces al año
- Más de 11 veces al año

Google no creó ni aprobó este contenido.