



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Atlas de Riesgos y Peligros
que afectan al Sistema de
Agua Potable y Drenaje, de
la Alcaldía de Xochimilco.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Jorge Sinhue Falcón Herrera

DIRECTOR:

Ing. Fernando Rosique Naranjo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. a 27 de Agosto de 2018.



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

Gracias a mis padres y hermanos por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Gracias a mi madre Alejandra por acompañarme y darme su apoyo incondicional en todos los proyectos que me proponía hacer.

Gracias a mi padre Salvador (†) por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron y que llevare durante mi vida.

Gracias a mis hermanos Alejandra y Hugo por apoyarme en cada decisión y proyecto. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia. Gracias por creer en mí y por permitirme este triunfo.

A mi querida Universidad, gracias por haberme permitido hacer una vida y formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso desde Iniciación Universitaria hasta la Carrera Universitaria.

Gracias al Ing. Fernando Rosique por haberme permitido el desarrollo de esta tesis. Gracias maestro.

Quiero agradecerle a todos los sinodales, por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, agradecerle por la caridad y exactitud con la que me atendieron ya sea para, lección y discurso.

Quiero exaltar la labor de todos mis amigos y maestros, desde Iniciación Universitaria hasta la Universidad, así como todos mis amigos de los equipos de futbol Representativos de la UNAM, gracias por compartir momentos de tristeza y alegrías, victorias y derrotas, les dedico mi tesis.

Gracias a mi pareja Nayely Noh por entenderme en todo, gracias por que en todo momento fue un apoyo incondicional, nunca podré terminar de agradecerle por tantas ayudas.

Índice

Agradecimientos	2
Índice de Mapas.....	6
Índice Tablas	7
Resumen.	8
I. Introducción.	9
I.1. Justificación.....	10
I.2. Objetivo General.....	10
I.3. Objetivos Específicos.	10
II. Antecedentes.....	11
III. Caracterización del medio natural de Xochimilco.	12
III.1. Ubicación de la Alcaldía.	12
III.2. Ubicación Fisiográfica.....	13
Provincia Fisiográfica.....	13
Subprovincia Fisiográfica	13
III.3. Geomorfología.....	15
Topoformas de la Alcaldía de Xochimilco.....	16
III.4. Geología.....	17
III.4. Estratigrafía.	19
III.5. Geología Estructural.	20
III.6. Región Hidrológica.	23
III.7. Sistema de Agua Potable.	25
III.8. Sistema de Drenaje	26
III.9. Desarrollo Urbano.	27

IV. Metodología de trabajo	29
IV.1. Hipótesis.	29
IV.2. Datos Analizados.	30
Bancos de Nivel.....	30
Clasificación de la información de Bancos de Nivel.	32
Análisis de Bancos.....	34
Digitalización de la Clasificación de los Bancos de Nivel	34
Modelos Bidimensionales	39
Cartas de modelos Bidimensionales y Bancos de Nivel con clasificación.	40
Cartas de modelos Bidimensionales y Sistema de Agua.....	44
Validación del Modelo Bidimensional	48
Hundimientos, Subsistencia y agrietamientos.....	49
Fracturas.....	50
Información de Pozos.	51
Hidrografía.	53
Fugas.....	53
Inundaciones.	54
IV.3. Elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros que afecten a los sistemas de Agua de la Alcaldía de Xochimilco.	57
Atlas.....	57
IV.4. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.	58
Conceptos Básicos	58
Conceptos sobre Riesgo.....	59
Descripción de la Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros.	61
Identificación de los fenómenos naturales y antropogénicos que pueden afectar una zona en estudio	62

Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad	62
Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado al tipo de fenómeno tanto natural como antropogénico	63
Diseño conceptual	63
Niveles de detalle en la elaboración de un Atlas de Riesgo.	64
IV.5. Mapas Conceptuales.....	65
Descripción de la Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros.	65
Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar a	66
Identificación de los sistemas.....	67
IV.6. Mapas Preliminares.....	68
V. Resultados.....	80
V.I. Atlas	80
VI. Conclusiones.....	95
Riesgos.....	95
Peligros.....	96
VIII. Anexos.Tablas.....	100
VI. Fuentes de Consulta.....	123

Índice de Mapas

<i>Mapa 1. Localización Alcaldía Xochimilco.</i>	12
<i>Mapa 2. Provincia Fisiográfica Alcaldía Xochimilco.</i>	13
<i>Mapa 3 Subprovincia Fisiográfica Alcaldía Xochimilco.</i>	14
<i>Mapa 4. Sistema de Topoformas Alcaldía Xochimilco.</i>	15
<i>Mapa 5. Topoformas Alcaldía Xochimilco.</i>	16
<i>Mapa 6. Geología SGM 1:250,000 Alcaldía Xochimilco.</i>	17
<i>Mapa 7. Geología Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015.</i>	18
<i>Mapa 8. Estratigrafía, claves litológicas.</i>	19
<i>Mapa 9. Fuente UNAM. Datos Dora Carreón Freyre, Investigadora de Geociencias.</i>	21
<i>Mapa 10. Geología Estructural, Fallas geológicas. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.</i>	22
<i>Mapa 11. Región Hidrogeológica Alcaldía Xochimilco.</i>	23
<i>Mapa 12. Subcuencas Hidrogeológicas Alcaldía Xochimilco.</i>	24
<i>Mapa 13. Red de Agua Potable Alcaldía Xochimilco.</i>	25
<i>Mapa 14. Red de Drenaje Alcaldía Xochimilco.</i>	26
<i>Mapa 15. Crecimiento de Población de Xochimilco.</i>	27
<i>Mapa 16. División Política Alcaldía Xochimilco.</i>	28
<i>Mapa 17. Bancos de Nivel, distribución en la Ciudad de México.</i>	31
<i>Mapa 18. Bancos de Nivel seleccionados.</i>	32
<i>Mapa 19. Bancos de Nivel década de los 80's. Tasa de Hundimiento.</i>	35
<i>Mapa 20. Bancos de Nivel década de los 90's. Tasa de Hundimiento.</i>	36
<i>Mapa 21. Bancos de Nivel primera década de los dos mil. Tasa de Hundimiento.</i>	37
<i>Mapa 22. Bancos de Nivel década de Extrapolación. Tasa de Hundimiento.</i>	38
<i>Mapa 23. 80's. Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel.</i>	40
<i>Mapa 24. 90's. Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel.</i>	41
<i>Mapa 25. Primera década de los dos mil Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel.</i>	42
<i>Mapa 26. Extrapolación Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel.</i>	43

<i>Mapa 27. Modelo Bidimensional 80's y red hidráulica.....</i>	<i>44</i>
<i>Mapa 28. Modelo Bidimensional 90's y red hidráulica.....</i>	<i>45</i>
<i>Mapa 29. Modelo Bidimensional primera década de los dos mil y red hidráulica.....</i>	<i>46</i>
<i>Mapa 30. Modelo Bidimensional Extrapolación y red hidráulica.....</i>	<i>47</i>
<i>Mapa 31. Validación del Modelo Bidimensional. Tasa de Hundimiento y Ejidos de San Gregorio y Xochimilco.....</i>	<i>48</i>
<i>Mapa 32. Tasa de Hundimiento, puntos y zonas afectadas por este fenómeno.....</i>	<i>49</i>
<i>Mapa 33. Fracturas Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>50</i>
<i>Mapa 34 Pozos de Agua Potable Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>52</i>
<i>Mapa 35. Hidrografía Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>53</i>
<i>Mapa 36. Fugas en la Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>55</i>
<i>Mapa 37. Inundaciones en la Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>56</i>

Índice Tablas

<i>Tabla 1. Bancos de nivel, total de la Ciudad de México.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Análisis de Bancos de nivel, referencia de tablas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3. Datos del SACMEX Fugas.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 4. Atributos Bancos de nivel, seleccionados para la Alcaldía Xochimilco.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 5. Bancos de Nivel 80´s.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 6. Estadística de Tabla 5.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 7. Bancos de Nivel 90´s.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 8. Estadística de Tabla 7.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 9. Bancos de Nivel primera década de los dos mil.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 10. Estadística de Tabla 9.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 11. Bancos de Nivel Extrapolación.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 12. Pozos de Agua, SACMEX.....</i>	<i>119</i>

Resumen.

Este es el primer Atlas de Riesgos y Peligros cuyo objetivo es analizar la infraestructura hidráulica Potable y Drenaje. El alcance de éste es de índole cualitativo.

La información se generó a partir de los datos otorgados por el SACMEX: fugas, de 2005 al 2012; bancos de nivel, de 1983 al 2007; ubicación y registro de cortes litológicos de pozos de agua, y el trazo de la tubería del Sistema de Agua Potable y Drenaje de la Alcaldía de Xochimilco.

La información concedida por el SACMEX se complementó con las fuentes que se tiene del entorno natural de la Alcaldía de Xochimilco hasta 2015.

Este Atlas propone Modelos Bidimensionales, que, a partir de los bancos de nivel y mediante una interpolación por el “Método Triangulation with Linear Interpolation”, arrojaron escenarios que permitieron dar una representación de cómo se ha comportado la tasa de hundimiento y cómo se ha deformado el terreno de la Alcaldía. La representación de los escenarios propuestos llega hasta 2017, con el fin de conocer cómo afecta a la infraestructura.

El resultado final advierte que la infraestructura hidráulica está rodeada de varios peligros, tanto naturales como antropogénicos, y que éste aumenta o disminuye ante la presencia de factores como: fracturas, puntos y zonas de hundimiento.

En el Atlas las zonas en amenaza se marcan con un semáforo en verde (seguro), amarillo (preventivo) y rojo (peligro).

I. Introducción.

Al paso de la historia, el estilo de vida del hombre ha ido cambiando. Según sus necesidades, éste ha modificado constantemente el medio en el que vive. Para el hombre, una necesidad ha sido y seguirá siendo el agua, desde su exploración, aprovecharla correctamente de manera sustentable en cuanto a calidad y cantidad hacia cada uno de sus habitantes, ya sea un poblado, municipio o nación. A medida que hay un crecimiento demográfico, el localizar fuentes de buena calidad para consumo humano se vuelven puntos vitales. Esto da pie a la importancia que tiene la distribución del líquido vital por medio de los sistemas de agua potable, la cual debe de ser eficiente (que todos tengan acceso).

Por otro lado, también está la importancia de otro sistema que maneje el agua residual que se genera con las diferentes actividades como: domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Este sistema de drenaje debe de ser eficiente, ya que con el colapso de ambos sistemas (Potable y Drenaje) las consecuencias son severas. Por un lado, habría desabasto de agua potable y, por el otro, habría presencia de aguas residuales o inundaciones en tiempos de lluvia.

El presente trabajo realiza un estudio sobre las principales causas de afectación al Sistema de Agua Potable y Drenaje de la Alcaldía de Xochimilco, Ciudad de México. El documento final es la realización de un Atlas de Riesgos y Peligros que afecten a dichos sistemas.

El estudio se hizo a partir de la información proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) utilizando los Sistemas de Información Geográfica. Además, se plantean posibles escenarios y diferentes eventos que puedan afectar a los sistemas hidráulicos.

La información básica utilizada fue la de los bancos de hundimiento de los años de 1983-2007, cortes litológicos de pozos de agua de la Alcaldía Xochimilco, y una base de datos de fugas de los años 2005 y 2012. Toda esta información fue proporcionada por el SACMEX.

Para complementar la información se consultó el Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015.

La información generada servirá a las instancias del Gobierno, en este caso al SACMEX, para tomar decisiones preventivas o de mantenimiento en sitios donde no presenten daños, a fin de mitigar el peligro de que colapsen ambos sistemas.

Este Atlas ilustra las condiciones que afectan la infraestructura hidráulica en esta región.

I.1. Justificación.

Considero que es indispensable llevar un seguimiento de la infraestructura de Agua Potable y Drenaje, ya que ante la problemática actual (falta de agua e inundaciones) es esencial detectar los peligros y riesgos a los que está expuesto el sistema hidráulico y dar una posible explicación del porqué colapsa.

I.2. Objetivo General.

Realizar una cartografía digital adecuada y especializada para llevar a cabo la realización de un Atlas de Riesgos y Peligros que afectan al sistema de agua en la Alcaldía de Xochimilco.

I.3. Objetivos Específicos.

Identificar y analizar los peligros y riesgos a los que está expuesta la infraestructura de Agua Potable y Drenaje de la Alcaldía Xochimilco.

Generar una base de datos de los sitios considerados en riesgo.

Determinar el alcance e impacto que tienen los fenómenos geológicos y urbanos, que afecten a los sistemas de agua.

Comprender que el uso correcto de este Atlas ayudará a entender mejor la situación en la que se encuentran nuestros sistemas de agua, y definirá los caminos para un mejor uso y mantenimiento, así como tratar de mitigar el mal funcionamiento de los sistemas.

II. Antecedentes.

No se tiene un registro de un Atlas de Peligros para la infraestructura hidráulica, por lo cual es el primer mapa que se realiza. No obstante, el Gobierno cuenta con el documento Atlas de Peligros y/o Riesgos de la delegación Xochimilco 2015, pero no hace análisis a alguna infraestructura hidráulica, así que su información solamente sirvió para consultar la geología, fallas geológicas, hundimientos, agrietamientos, inundaciones, etcétera.

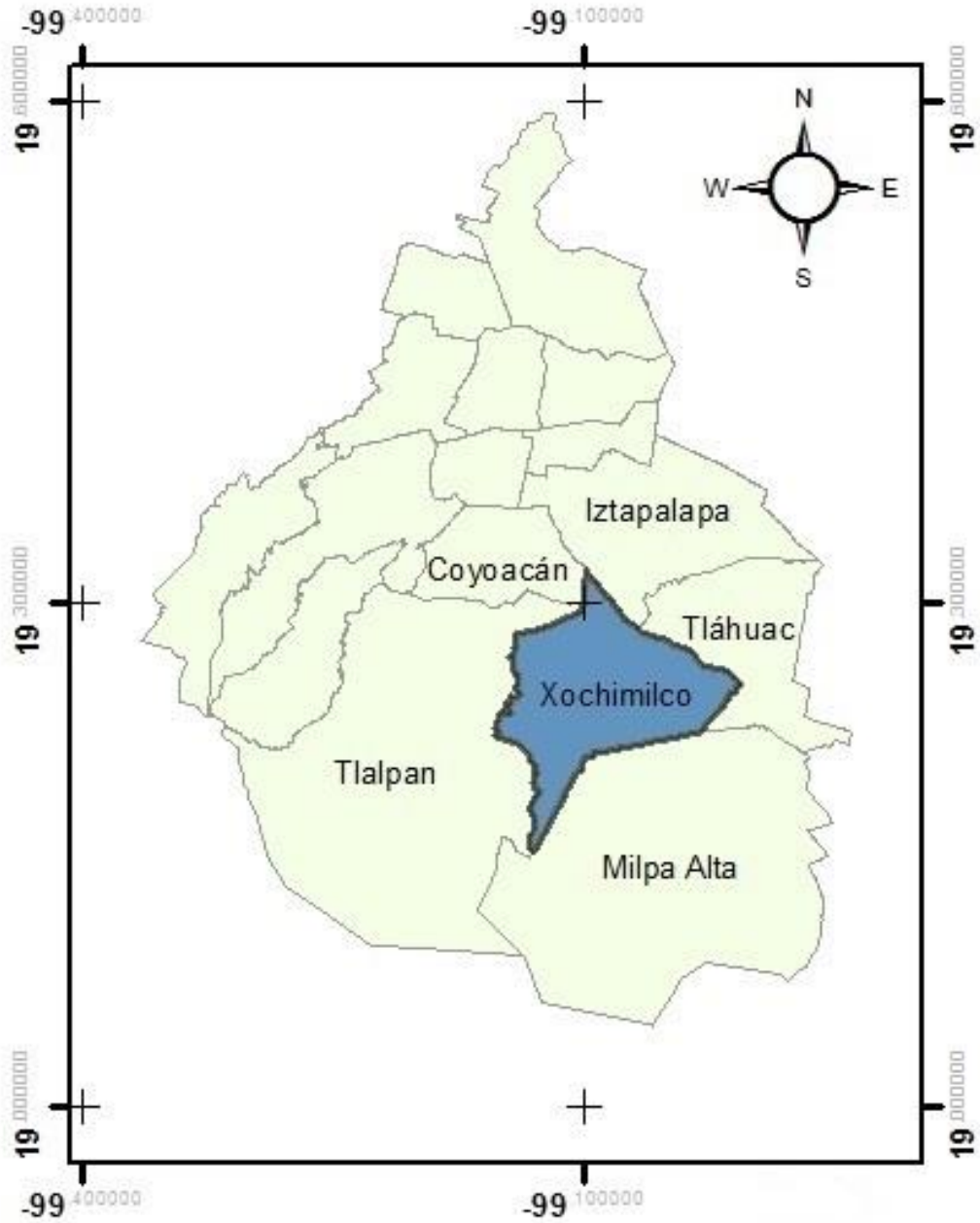
De acuerdo con el SACMEX, se cuenta con un registro de fugas; sin embargo, no se tiene definido qué tipo de fenómeno las puede estar causando. Algunas hipótesis serían por hundimiento del terreno, tipo de tubería, crecimiento de población, fallas geológicas, fracturas, etcétera.

En el Atlas de Peligros y/o Riesgos de la delegación Xochimilco 2015, la zona lacustre es un serio problema, ya que se cree que, de la extracción excesiva de agua subterránea, se originan fenómenos como los hundimientos de terreno, los cuales se presentan en mayor magnitud en los ejidos de Xochimilco y San Gregorio.

III. Caracterización del medio natural de Xochimilco.

III.1. Ubicación de la Alcaldía.

Xochimilco se localiza al sur de la Ciudad de México, la cual colinda al norte con las Alcaldías de Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac, al este con Tláhuac y Milpa Alta, al sur con Milpa Alta y Tlalpan y al oeste con Tlalpan (Mapa 1).

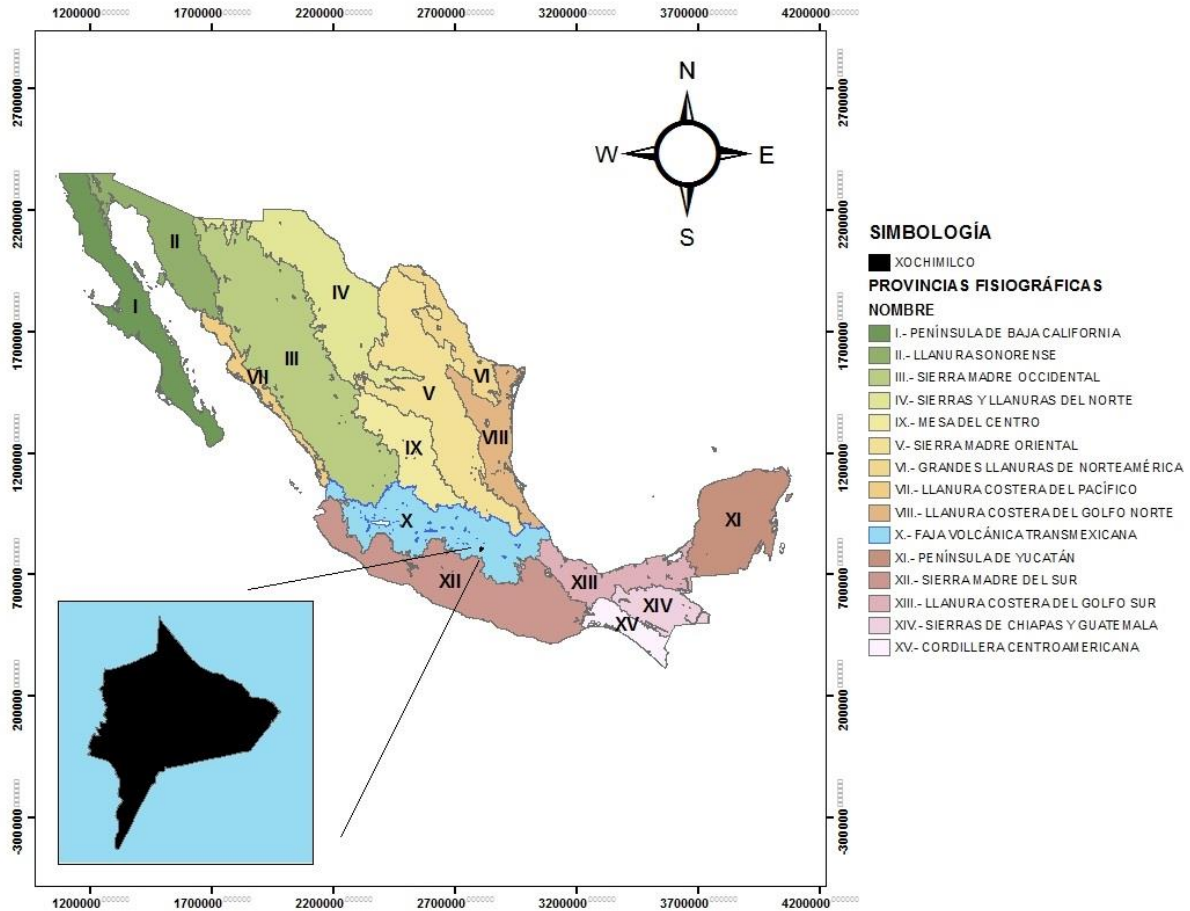


Mapa 1. Localización Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

III.2. Ubicación Fisiográfica.

Provincia Fisiográfica

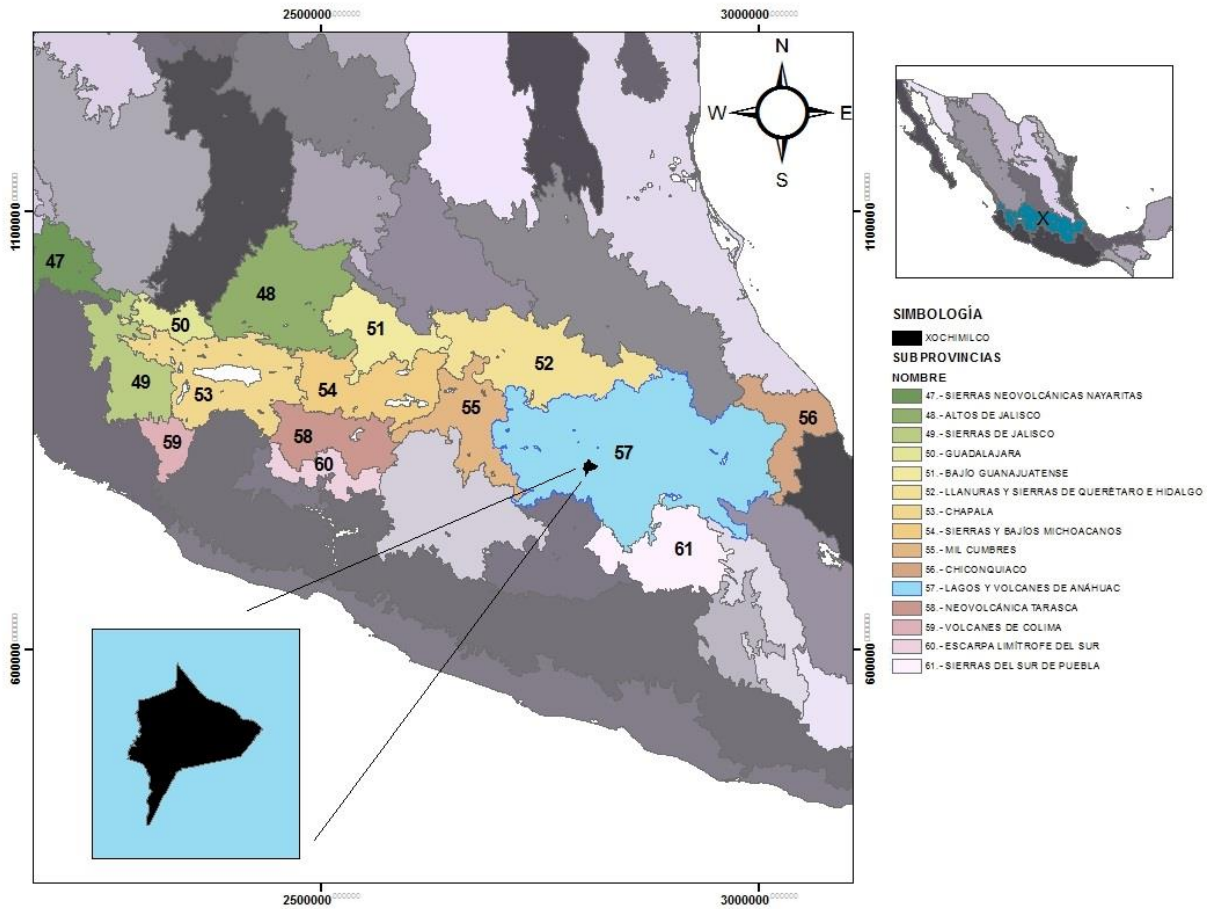
Con el Atlas de Peligros y/o Riesgos de la delegación Xochimilco 2015, la Alcaldía se encuentra en la provincia fisiográfica Faja Volcánica Transmexicana (Mapa 2).



Mapa 2. Provincia Fisiográfica Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

Subprovincia Fisiográfica

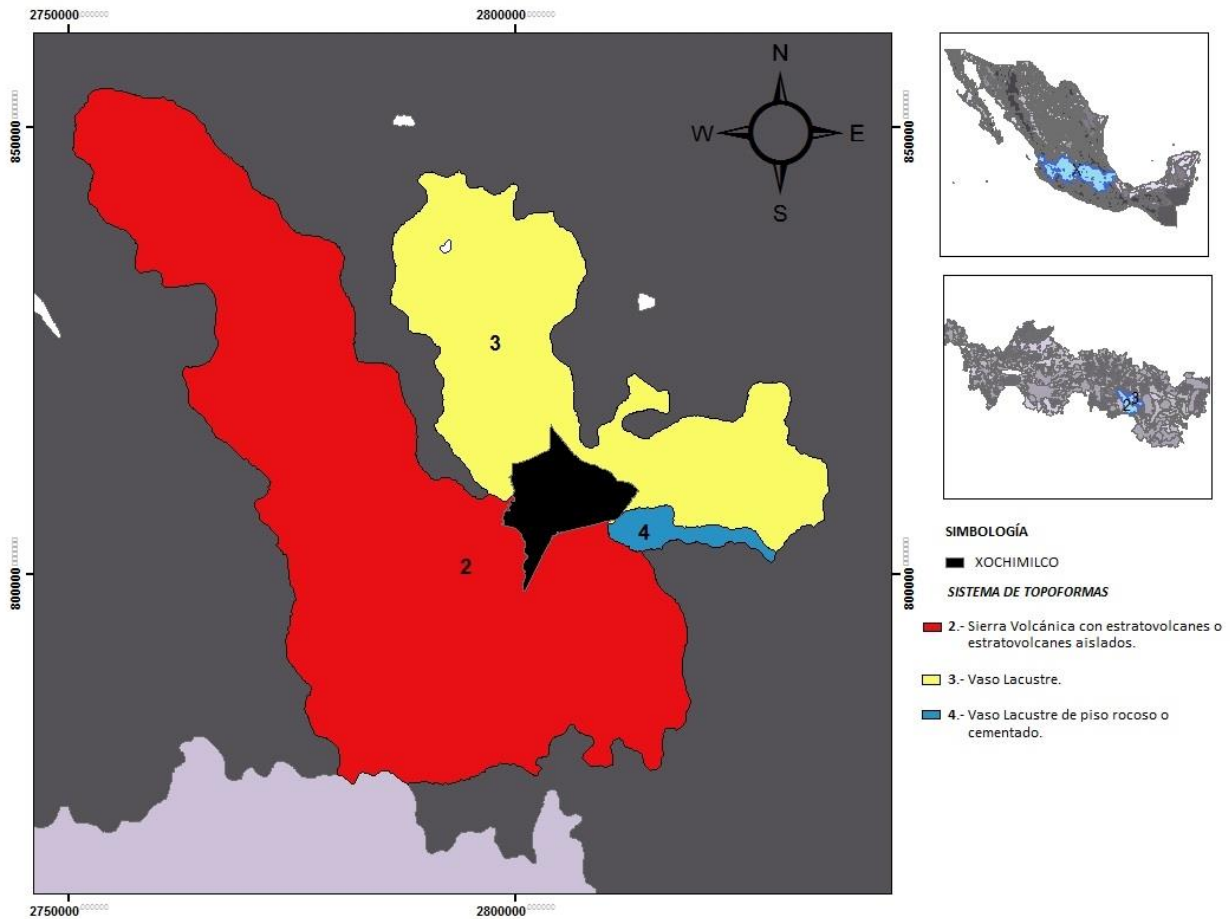
El Atlas de Peligros y/o Riesgos de la delegación Xochimilco 2015, menciona que la Alcaldía se encuentra en la subprovincia fisiográfica de lagos y volcanes de Anáhuac (Mapa 3).



Mapa 3 Subprovincia Fisiográfica Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

III.3. Geomorfología.

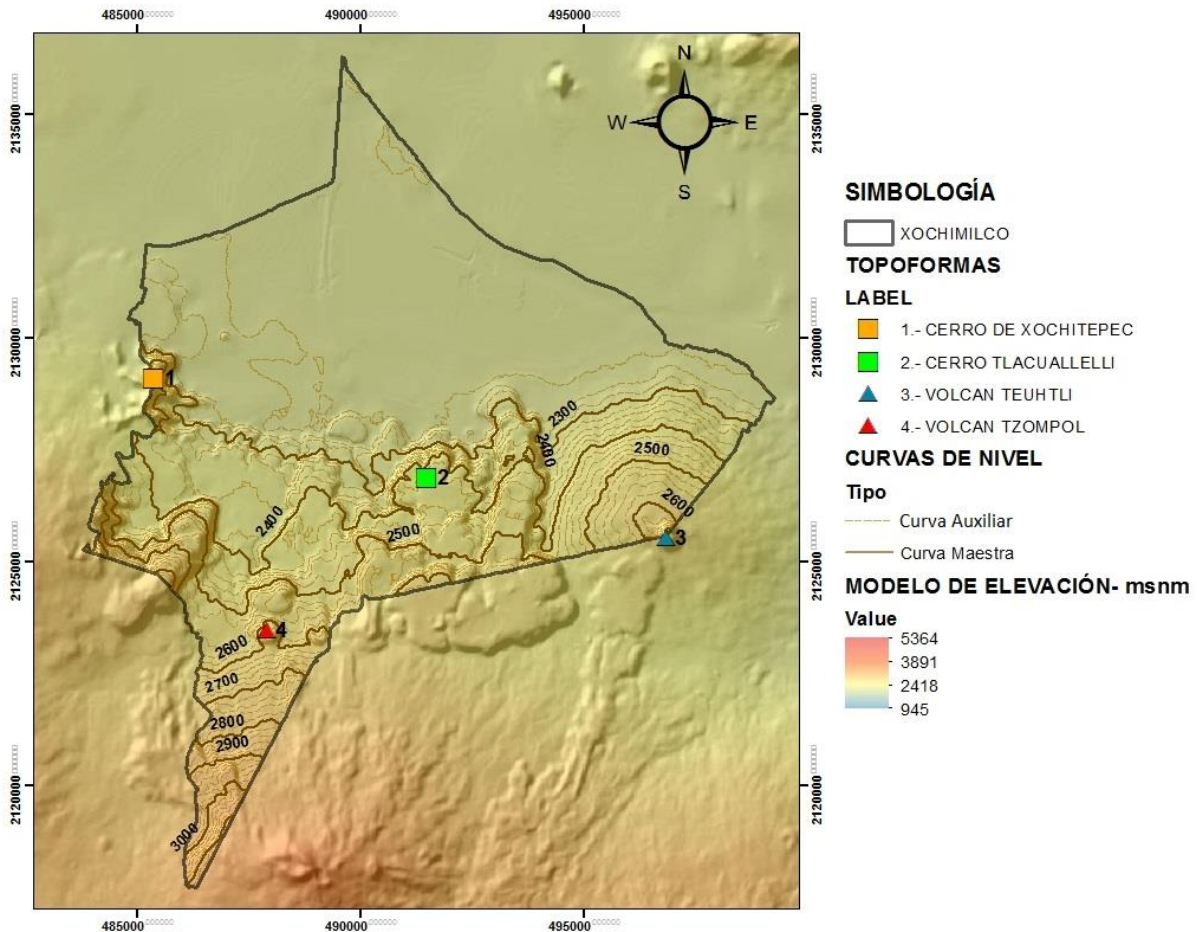
El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010 señaló que el relieve de esta Alcaldía está formado por el Sistema de Topoformas; vaso lacustre (72.38%), vaso lacustre de piso rocoso o cementado (0.04%) y Sierra Volcánica con estrato volcanes aislados (27.58%) (Mapa 4).



Mapa 4. Sistema de Topoformas Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

Topoformas de la Alcaldía de Xochimilco.

El Sistema de Topoformas Sierra Volcánica con estratovolcanes aislados corresponde a los cerros Xochitepec y Tzompol, así como a la pendiente del volcán Teuhtli y del cerro Tlacuallelli, ubicados en el centro-sur del territorio de Xochimilco; la zona lacustre lo componen el vaso del antiguo lago de Xochimilco, el cual se ocupa hoy por las chinampas, la zona de transición entre el valle y la sierra y los límites de Xochimilco con Tláhuac e Iztapalapa (Mapa 5).



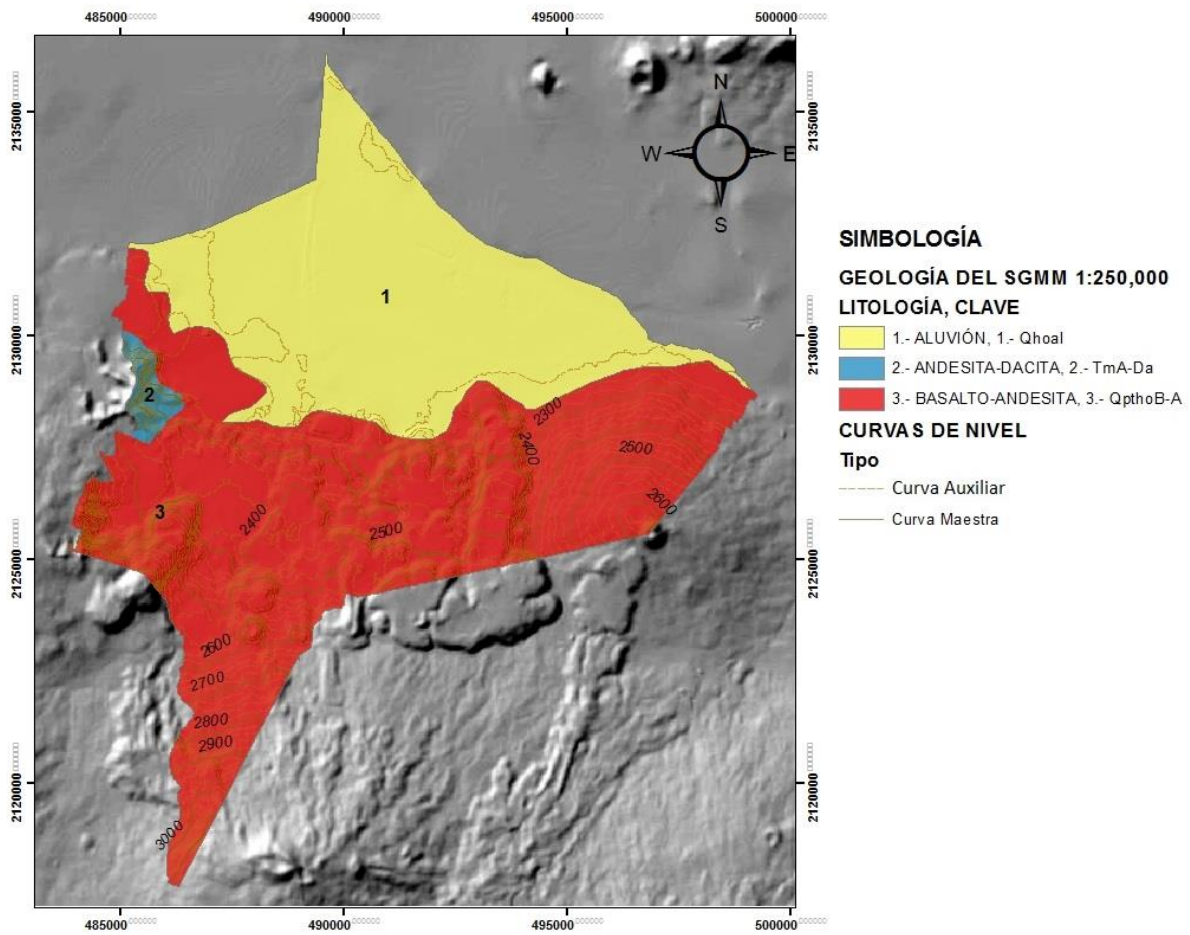
Mapa 5. Topoformas Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

La mayor parte del territorio de Xochimilco corresponde al antiguo lecho lacustre de la Depresión Xochimilco y el resto a estructuras tectovolcánicas que es la Sierra de Chichinautzin y estructuras tectovolcánicas secundarias que es la sierra de Xochitepec. El origen geológico lacustre de esta región se remonta a finales del Neógeno y principios del Cuaternario, cuando el drenaje de la parte sur del valle fue construido por la formación de la Sierra del Chichinautzin.

En la zona lacustre se forma el sistema de canales de Xochimilco, ubicados en la parte norte y centro de la Alcaldía de la zona de transición. Está localizada al sur y sur poniente de la Alcaldía, a lo largo de la Sierra Chichinautzin, en las áreas de piedemonte; la zona de montaña se localiza en la parte sur de la Alcaldía, particularmente en la Sierra Chichinautzin (GDF, 2005).

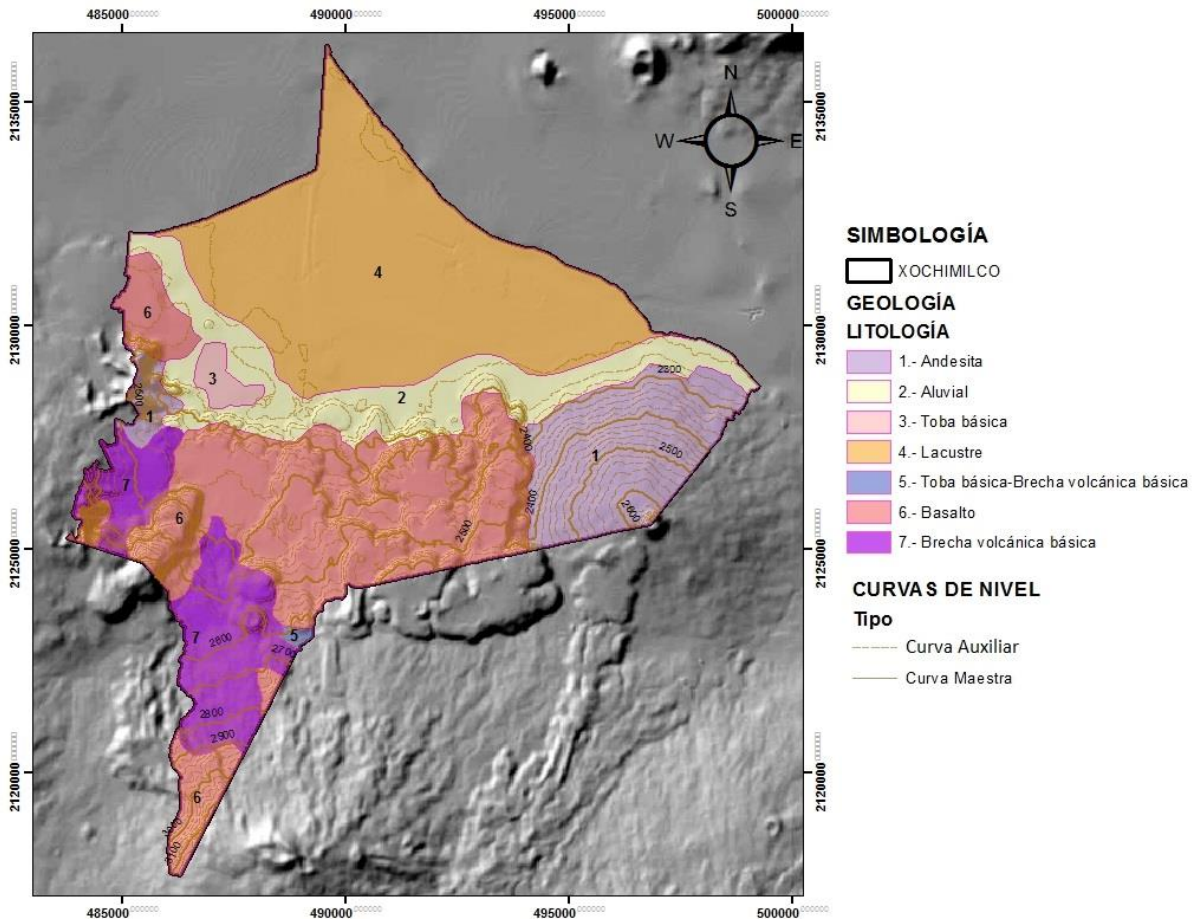
III.4. Geología.

En uso de la carta geológica de la región que comprende Xochimilco en escala 1:250,000 (SGM, 1995 y 2005), el material que aflora es Aluvi3n, Andesita y Basalto-Andesita (Mapa 6).



Mapa 6. Geología SGM 1:250,000 Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos Servicio Geológico Mexicano (SGM).

En otra carta que propone el Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015 de escala 1:80,000 se señala que predomina el suelo Lacustre (29.48%) y Aluvial (12.18%), Basalto (26.71%), Andesita (11.62%), Brecha volcánica básica (9.73%), Toba básica (1.08 %) y Toba básica-Brecha volcánica básica (0.16%) (Mapa 7).



Mapa 7. Geología Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015. Fuente Propia.

El basamento de la Alcaldía, así como el resto de la Cuenca de México, es la unidad de roca caliza a una profundidad de 2,000 m.

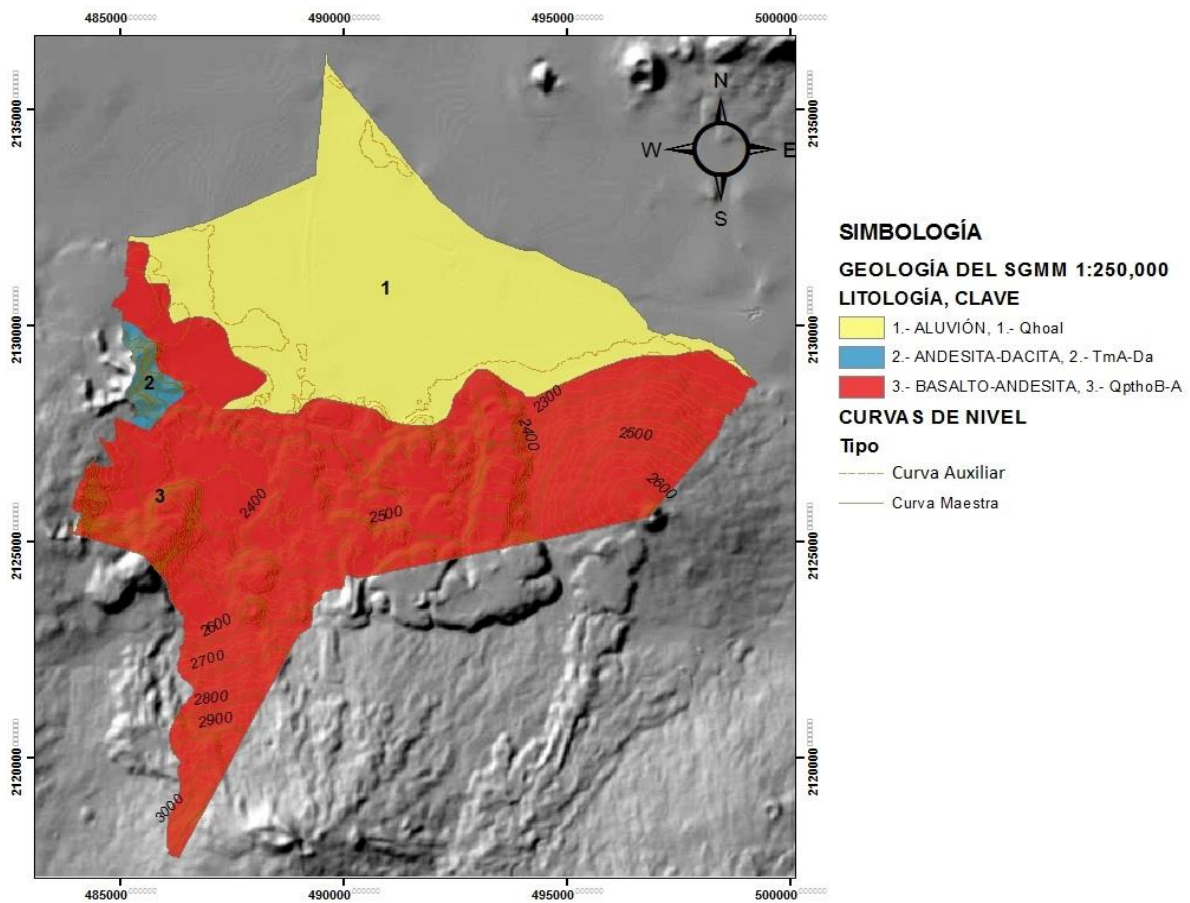
Sobre esta unidad de caliza se encuentra una secuencia de rocas conglomeráticas con clastos de caliza y fósiles del cretácico, esa secuencia sedimentaria se considera la base de la secuencia estratigráfica de la cuenca (Padilla y Sánchez, 1989).

III.4. Estratigrafía.

Campo Volcánico Sierras las Cruces. Se edificó sobre la secuencia andesítica-dacítica descrita como Formación Xochitepec¹ (TmA-Da). - Andesitas y Dacitas.

Campo Volcánico Sierra Chichinautzin. Se encuentra en la porción sur, este campo fue estudiado por Mooser F. (1956 ,57 y 1961) este lo denominó como “Serie Basáltica Chichinautzin” (QpthoB-A), en la incluye aparatos volcánicos esparcidos al norte de la Cuenca de México.

Aluvión (Qhoal). Rellena los valles de México, Toluca y Puebla conformado por gravas arenas cenizas y arcillas; el espesor varía entre 30 y 300 m (Mapa 8).



Mapa 8. Estratigrafía, claves litológicas. Fuente Propia. Datos Servicio Geológico Mexicano.

¹ Información mapa del Sismológico Geológico Mexicano (SGM) escala 1;250,000

III.5. Geología Estructural.

Sobre este tema se han publicado diferentes textos que toman en cuenta ciertos datos, como fallas geológicas y fracturas; sin embargo, no hay un mapa definitivo acerca de la geología estructural de Xochimilco y la Ciudad de México. Por lo tanto, se hará mención de toda la información que tiene tanto la UNAM (Mapa 9) como el Gobierno en su Atlas de la Alcaldía (Mapa 10); además, se expondrá que hace falta unir criterios y colocarlos en un mapa, ya sea mediante un estudio en este tema, la obtención de más datos y trabajos en campo para una mejor decisión, ya que es de suma importancia porque afecta directa o indirectamente a la infraestructura en general (casas, edificios, drenaje).

Información del Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015.

Los fenómenos geológicos registrados en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Alcaldía Xochimilco del Distrito Federal 2005 (PDDU. 2005) corresponden a fallas, agrietamientos de suelo, hundimientos, deslizamientos y derrumbes.

Fallas

En la región, el Atlas ilustra zonas de fallas normales y **fracturas** conjugadas, reconociendo 16 **fallas** principales que se dan en toda la Cuenca de México, todas distensivas y con rumbo NE 45°, 55° SW, delimitando a 15 bloques estructurales mayores. La separación promedio entre fallas es de alrededor de 6 km, afectando estructuras NW-SE del Mioceno y a estratos del Plio-Cuaternario.

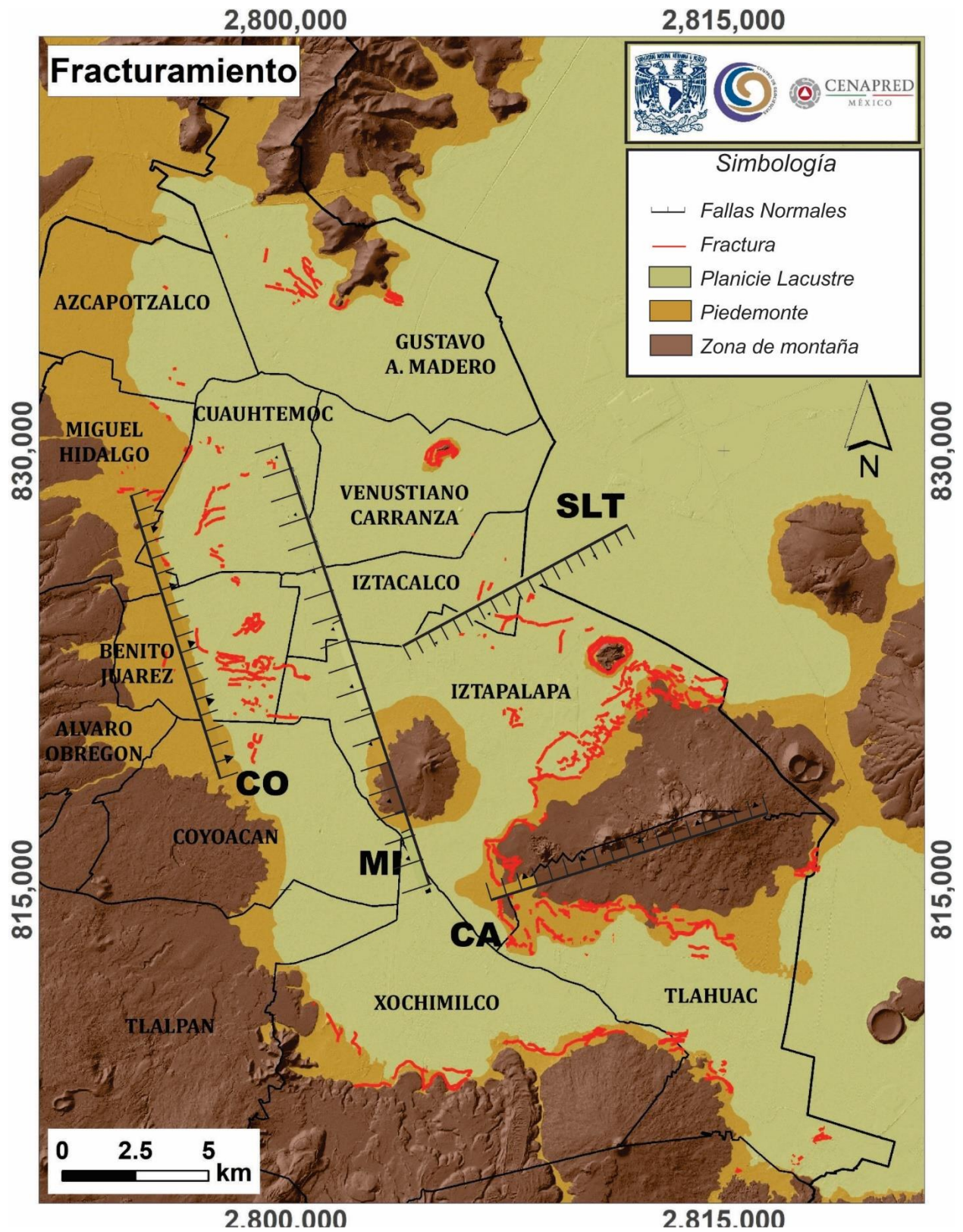
Estas son las fallas que mencionan de sur a norte los sitios que afectan a la Alcaldía:

- Al SW cruza el poblado de Tláhuac; atraviesa hacia NE al cerro El Pino, al poblado Emiliano Zapata, Laguna de Apan y continúa en los límites geográficos de los estados Hidalgo y Puebla.
- Al SW incide en el pueblo del Ajusco, hasta la laguna de Tecocomulco al noreste.

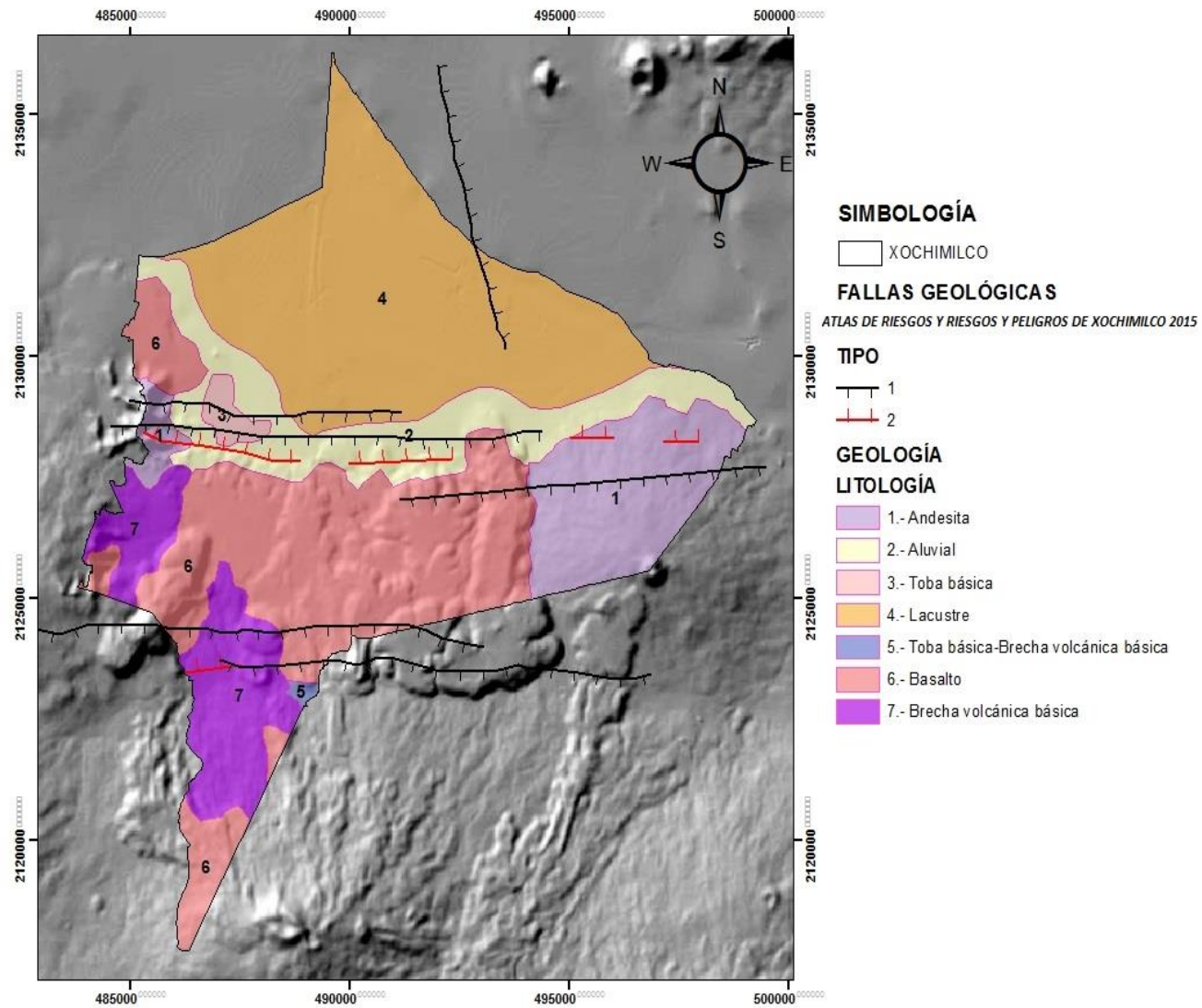
Agrietamientos

Desde 1980 la Alcaldía ha experimentado agrietamientos superficiales, en particular en el puente Urrutia y San Luis Tlaxialtemalco, y es asociado a los lugares donde existieron manantiales.

Los agrietamientos de mayor importancia se localizan en el Canal Nacional y en San Gregorio Atlapulco.



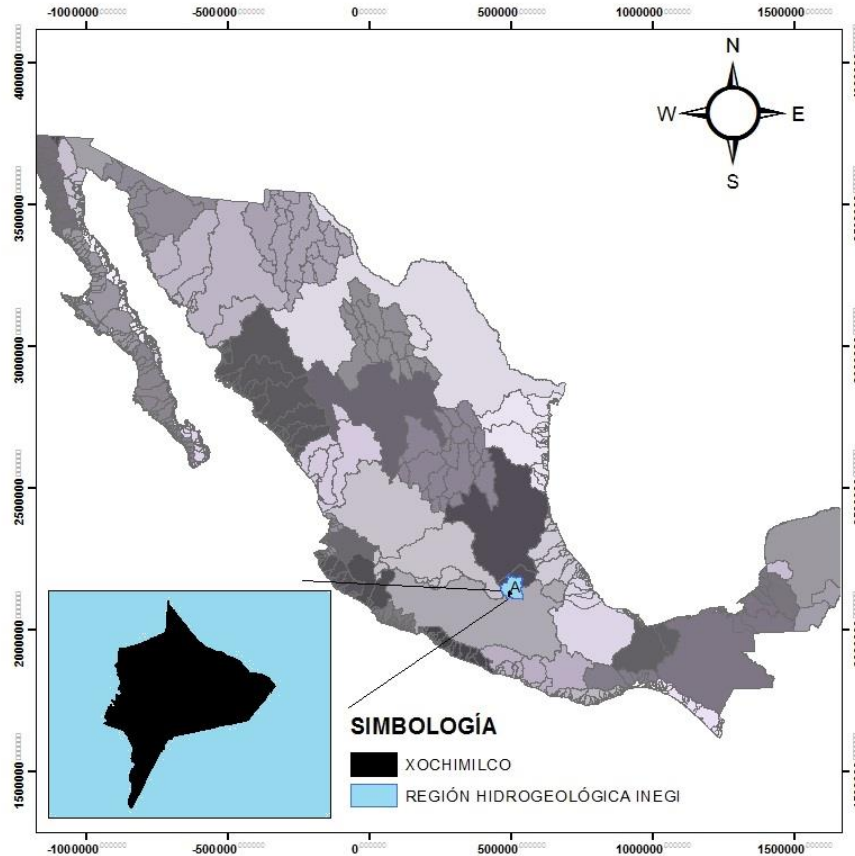
Mapa 9. Fuente UNAM. Datos Dora Carreón Freyre, Investigadora de Geociencias. Simbología modificada por Falcón Herrera Jorge Sinhue.



Mapa 10. Geología Estructural, Fallas geológicas. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015. Fuente Propia.

III.6. Región Hidrológica.

El INEGI en 2007 sitúa a Xochimilco en la región hidrológica Pánuco (100%) (Mapa 11) y en la subcuenca del lago de Texcoco y Zumpango (100%) (Mapa 12).



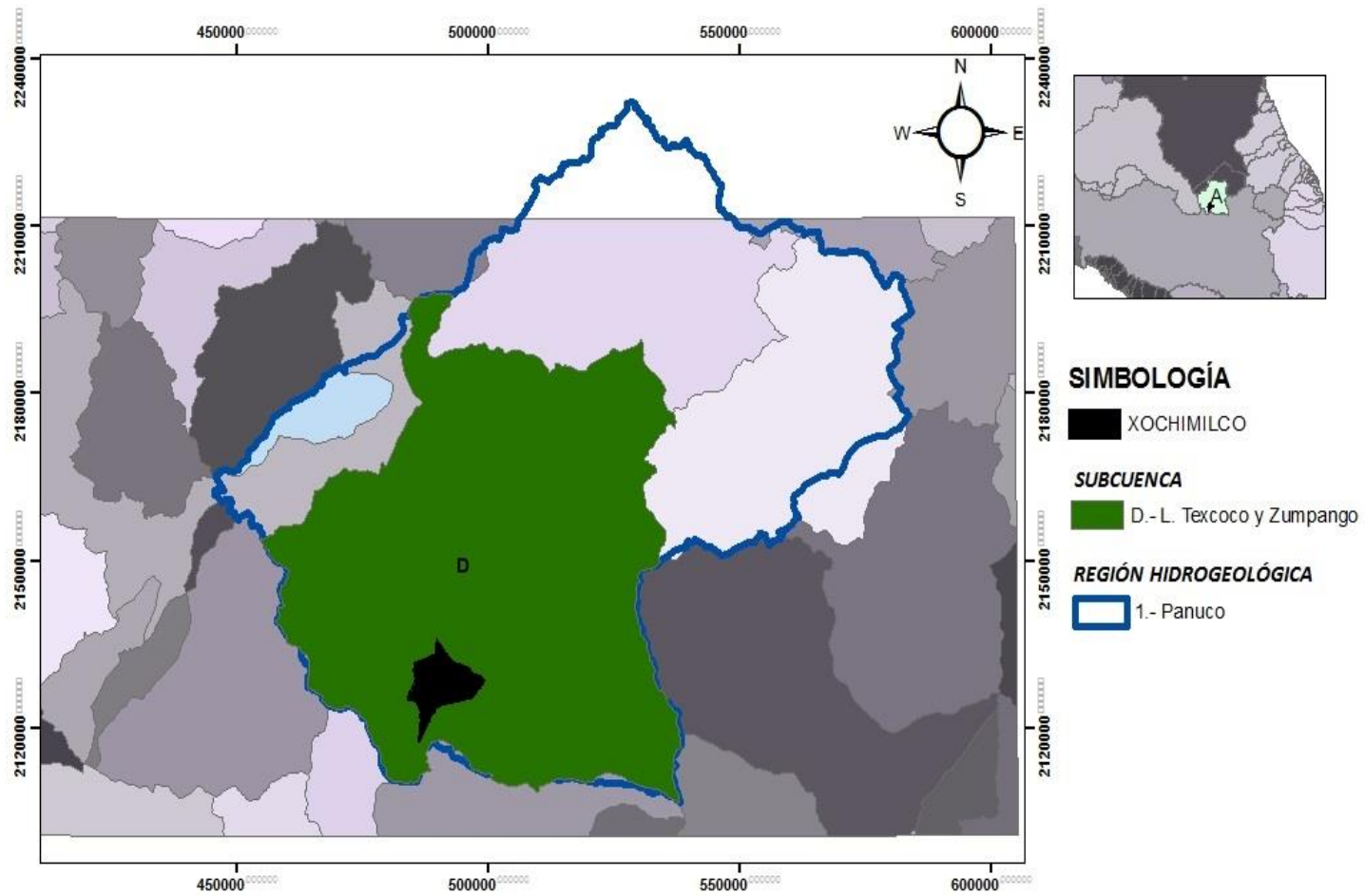
Mapa 11. Región Hidrogeológica Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos CONAGUA-Conabio.

Tiene corrientes de agua presentes en su territorio: río Cautzin, Canal de Chalco, Canal Nacional y Canal Amecameca, además de la pista olímpica Virgilio Uribe.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) señala que Xochimilco corresponde a los límites del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el cual pertenece a la región hidrológica Pánuco.

La Zona I abarca las cuencas de los ríos que descienden de la Sierra de Chichinautzin, la cual presenta formaciones basálticas de gran permeabilidad.

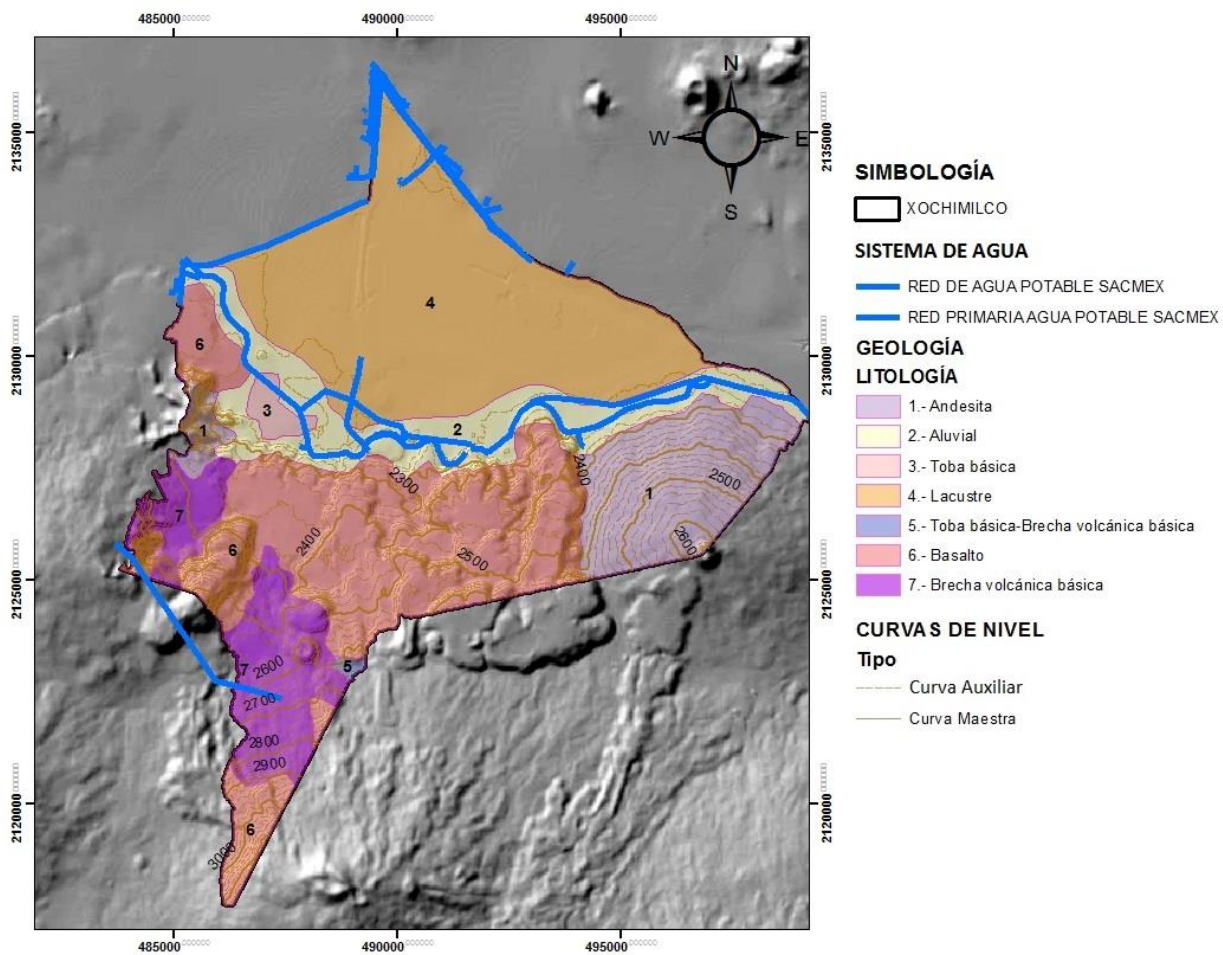
Los ríos principales de la zona son San Gregorio, Santiago, San Lucas y San Buenaventura. Dicha región tiene una superficie aproximada de 522 km², la longitud de las corrientes es de 46 km, y son de régimen perenne.



Mapa 12. Subcuencas Hidrogeológicas Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos CONAGUA-Conabio.

III.7. Sistema de Agua Potable.

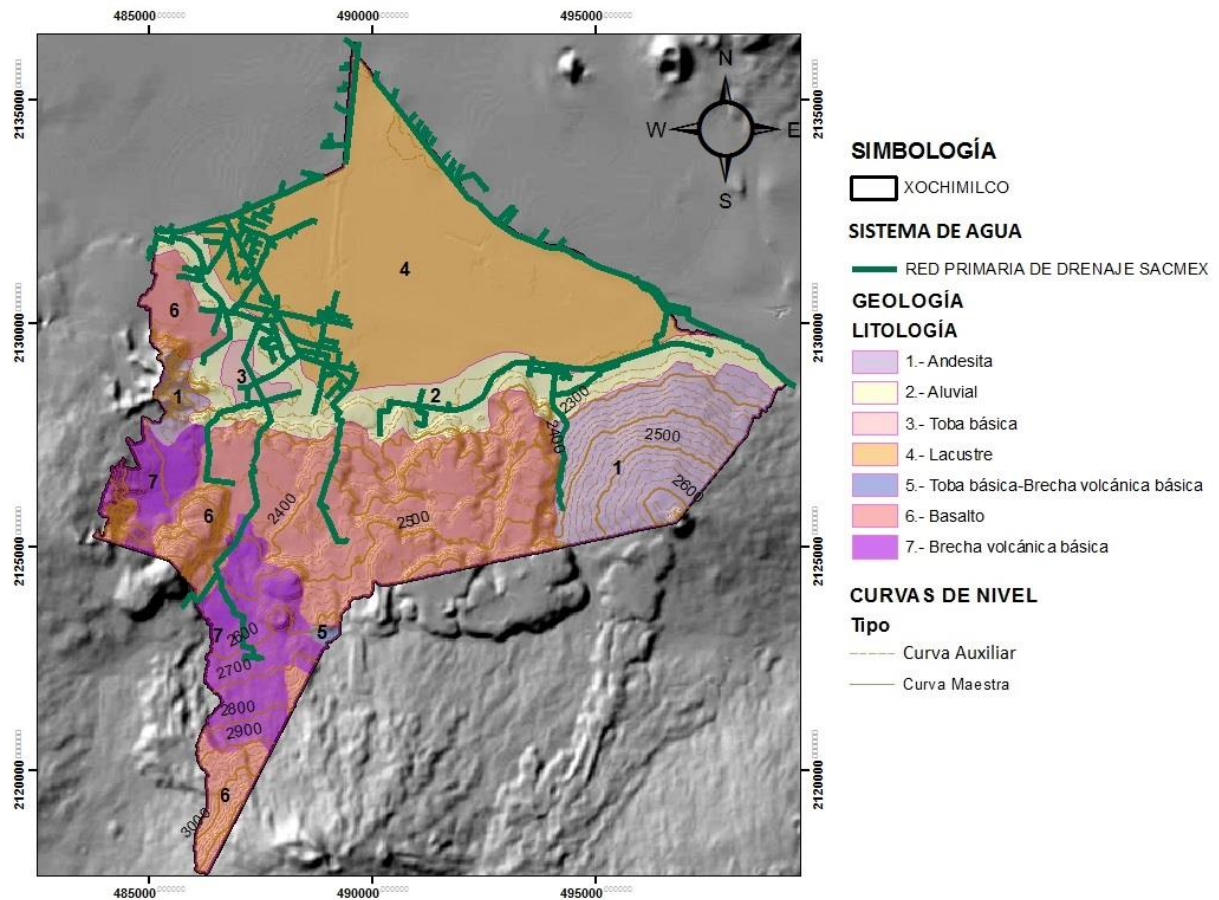
La Alcaldía de Xochimilco reporta que la región tiene una cobertura del 95% de agua potable, que abastece al 90.2% de la zona urbana a través de la toma domiciliaria, y 4.5% del territorio de la Alcaldía se abastece por medio de **pipas** y carros y cisterna (Mapa 13).



Mapa 13. Red de Agua Potable Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del SACMEX.

III.8. Sistema de Drenaje

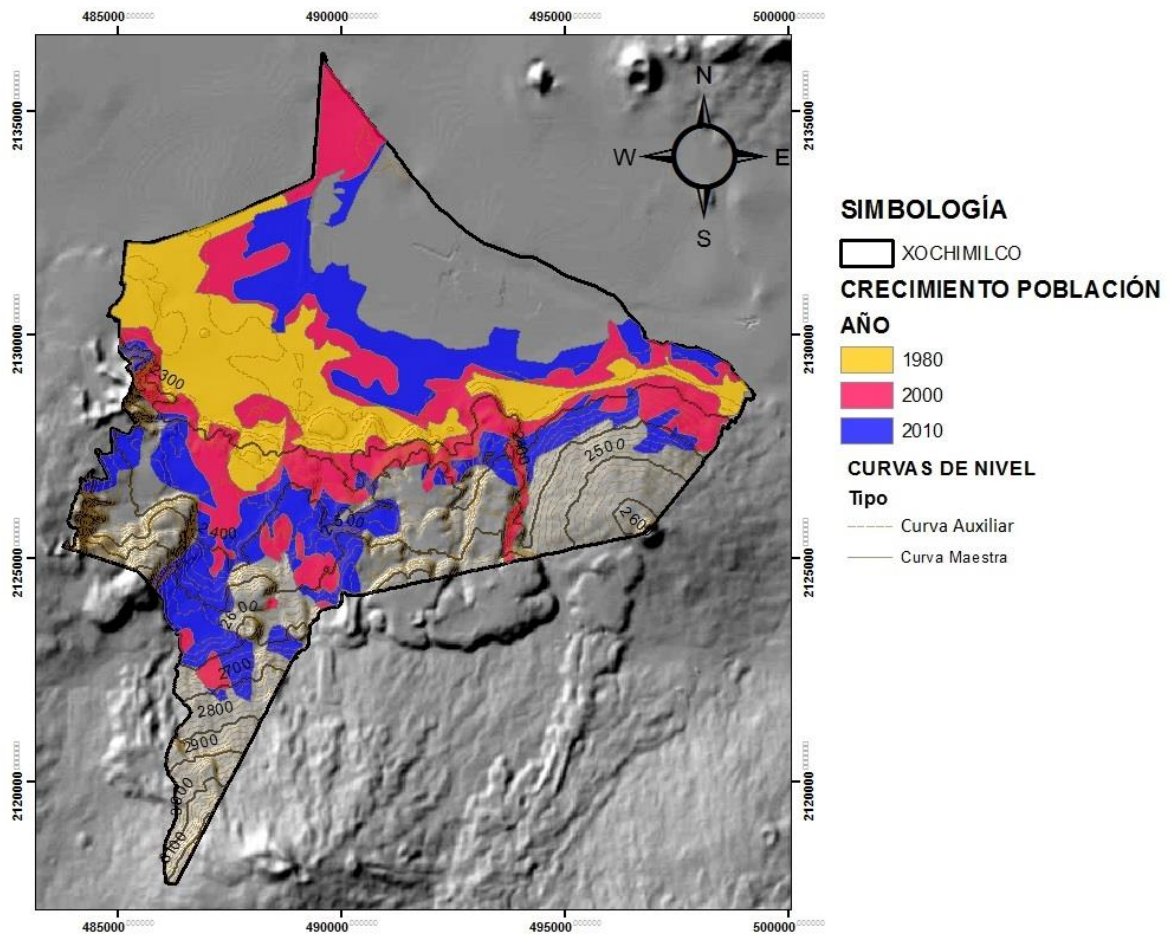
La Alcaldía menciona que su cobertura es del 90%. El sistema se integra por colectores de tipo combinado y de **agua pluvial**, además de un sistema de colectores marginales. La red primaria consta de 72.1 km. Mientras que la red secundaria tiene 458.7 km de longitud. Además de lo anterior, la Alcaldía cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas (GDF, 2005) (Mapa 14).



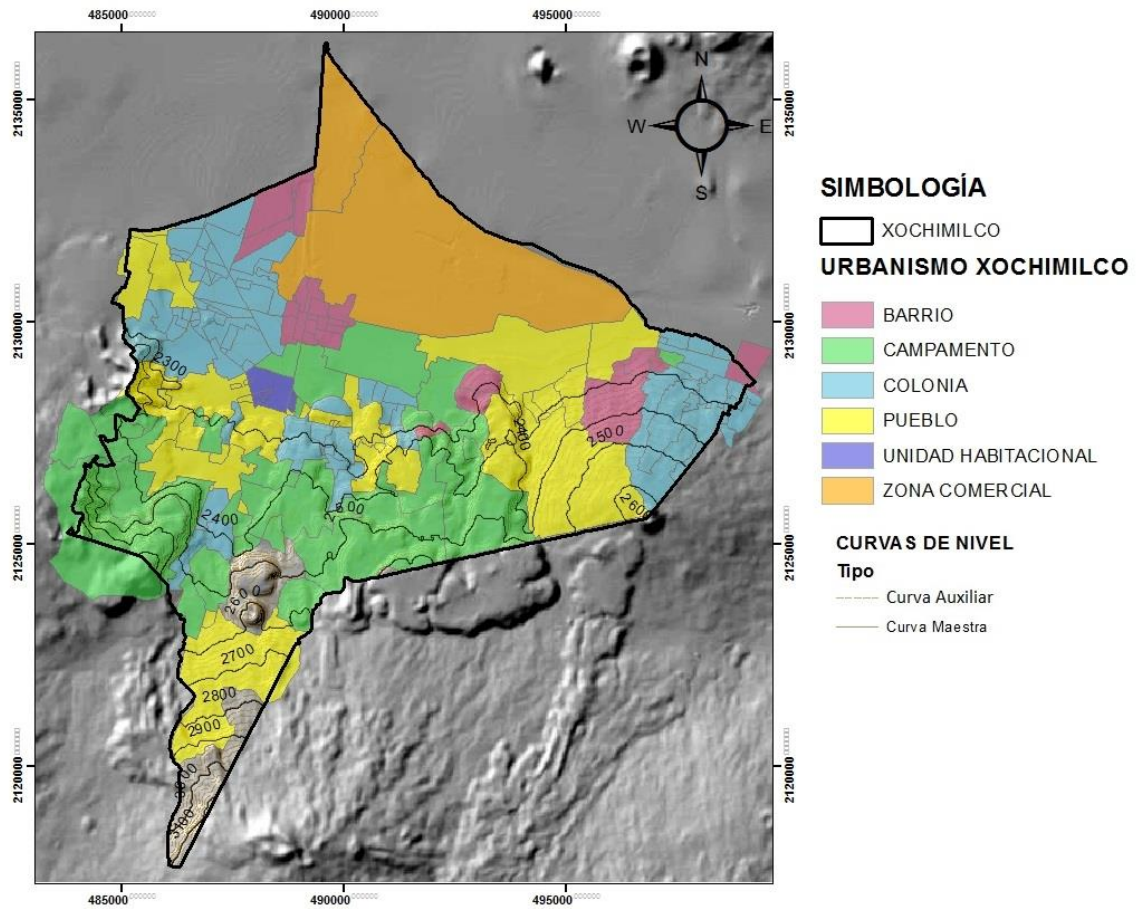
Mapa 14. Red de Drenaje Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del SACMEX.

III.9. Desarrollo Urbano.

Al paso de los años, la urbanización que se tiene registro en esta demarcación ha sido superada, dado que la mancha urbana obliga a la gente a establecerse en zonas en donde es difícil que se tenga acceso a estos servicios. En los mapas siguientes se aprecia que la población se está asentando sobre la montaña y linderos de la montaña (*Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015*) (Mapa 15 y Mapa 16).



Mapa 15. Crecimiento de Población de Xochimilco. Fuente Propia. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.



Mapa 16. División Política Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del INEGI.

IV. Metodología de trabajo.

IV.1. Hipótesis.

Ante el crecimiento de población que hoy en día se vive, el servicio de agua potable y drenaje exige más demanda de parte de la población, lo cual supondría mejores instalaciones y un buen plan de mantenimiento; sin embargo, ambos sistemas están fallando.

Las posibles causas pueden ser diversas, desde la tubería en mal estado hasta una zona vulnerable causada por una falla geológica; con lo cual, es importante diferenciarlas.

Las causas que podrían afectar al sistema de agua de la Alcaldía Xochimilco son:

- Fallas geológicas.
- Fracturas.
- Tasa de **hundimiento** (sobrebombeo de **pozos de agua** y tasa de crecimiento de población).
- Tipo de geología.
- Tubería (tiempo de vida útil).

Los resultados podrían arrojar que la tasa de hundimiento afecta considerablemente a la infraestructura hidráulica. El patrón de fugas e inundaciones podría presentarse en donde la tasa de hundimiento es mayor o hay un cambio abrupto de pendiente, lo cual deformaría la tubería.

Además, así como aumenta la tasa de hundimiento también surgirán fracturas, que serán mayores si están cercanas a una zona de inestabilidad, la cual sería una falla geológica. Asimismo, con respecto a la geología, se conocerá el tipo de material que se deforma más con la tasa de hundimiento, y, finalmente, con el crecimiento de la población se expondrá cuál es la tubería más vieja.

Es un foco rojo que no se tenga un análisis para la infraestructura. Por lo que la realización de un nuevo Atlas de Peligros hacia las redes hidráulicas es necesario para tener un plan de contingencia y mantenimiento ante próximos eventos de esta índole.

IV.2. Datos Analizados.

Bancos de Nivel

El hundimiento que se ha dado de la Ciudad de México a través de los años es de manera diferencial, por lo cual este fenómeno se mide indirectamente con los **Bancos de Nivel**. Con esta información se propone un modelo acerca del comportamiento de la superficie de la Alcaldía Xochimilco.

Periódicamente se realizan mediciones tomando como referencia estos bancos, los cuales nos indican la elevación topográfica, o nivel de cota que está con respecto al nivel del mar. A continuación, se registra dicha altura y después de un tiempo se vuelve a tomar la cota para compararla. Si hay una diferencia positiva, el sitio sufrió un hundimiento y si es negativa, un levantamiento.

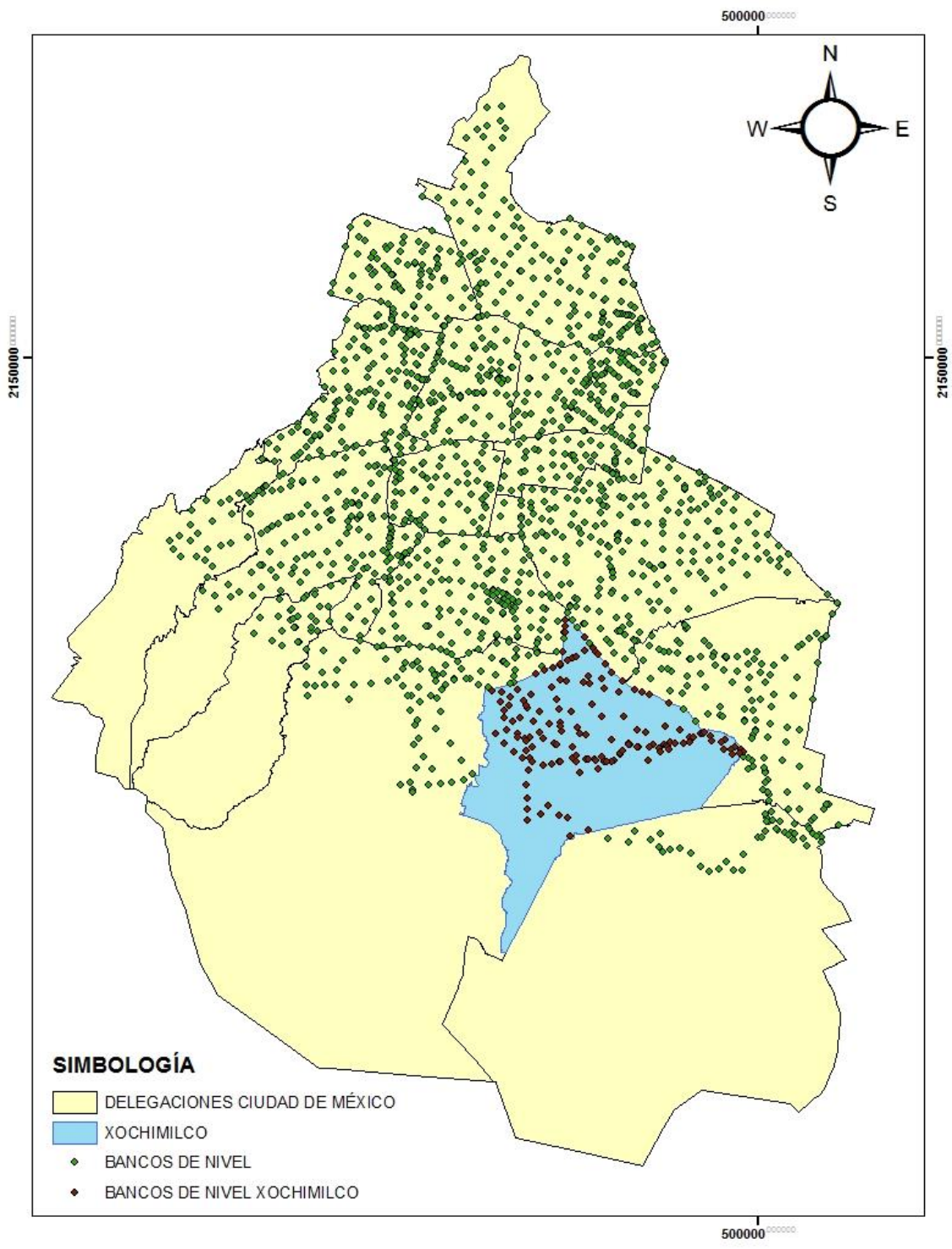
Los datos proporcionados por el SACMEX se hacen en un intervalo cada dos años. Se tiene un registro de toda la Ciudad de México de 1,675 Bancos de Nivel distribuidos (Mapa 17).

El total de Bancos de Nivel que tiene cada la Alcaldía se muestra en la siguiente tabla:

Número Total de Bancos de Nivel en cada Alcaldía de la Ciudad de México.

ALCALDÍA	BANCOS DE NIVEL
A. OBREGÓN	137
AZCAPOTZALCO	79
BENITO JUAREZ	72
COYOACÁN	140
GUSTAVO A. MADERO	159
IZTACALCO	68
IZTAPALAPA	216
M. CONTRERAS	30
MIGUEL HIDALGO	142
MILPA ALTA	40
TLAHÚAC	128
CUAUHTÉMOC	101
TLALPAN	98
VENUSTIANO CARRANZA	113
XOCHIMILCO	152
TOTAL	1675

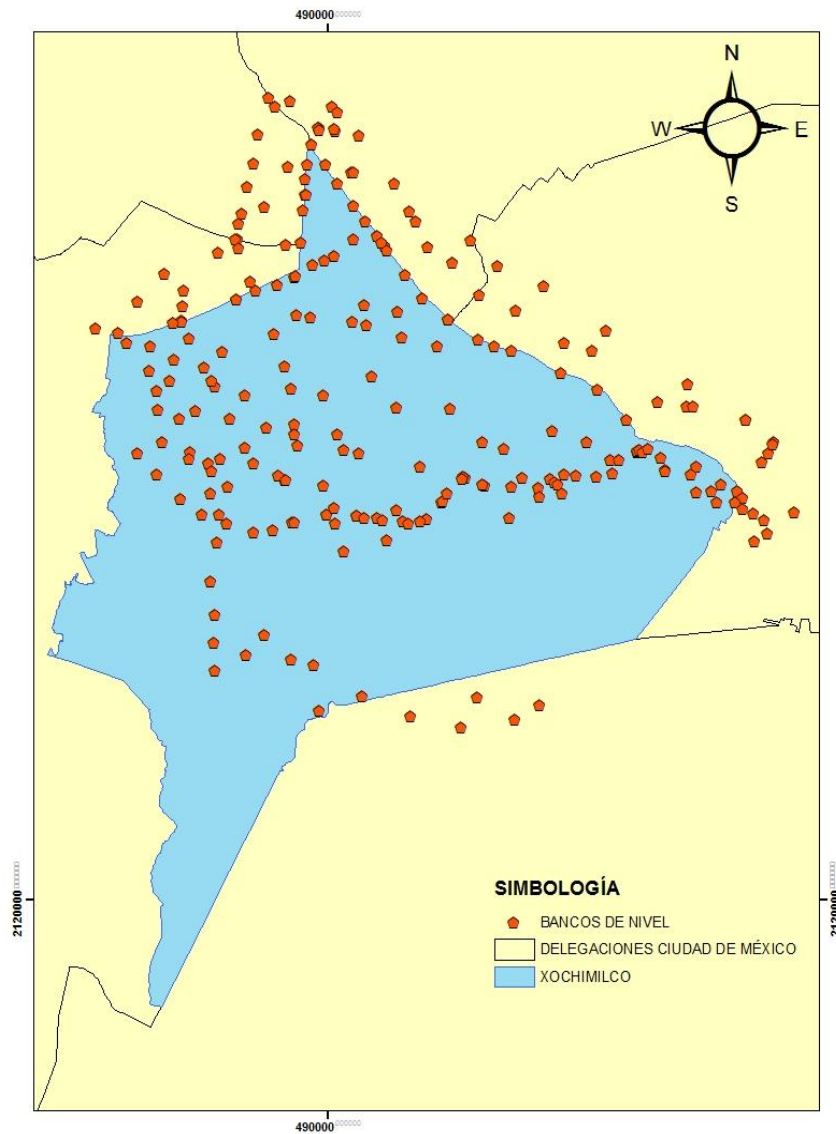
Tabla 1. Datos del SACMEX. Fuente Propia.



Mapa 17. Bancos de Nivel, distribución en la Ciudad de México. Fuente Propia. Datos del SACMEX.

Clasificación de la información de Bancos de Nivel.

Para el análisis del hundimiento del terreno en la zona de Xochimilco, se seleccionó no solo la información dentro del límite de la alcaldía, sino de su periferia tratando de encontrar una mayor congruencia en la explicación de este fenómeno (Mapa 18 y Tabla 4).



Mapa 18. Bancos de Nivel seleccionados. Fuente Propia. Datos del SACMEX.

El objetivo es saber por cada banco de nivel si se presentó un movimiento ya sea de hundimiento o levantamiento.

Por otro lado, se llevó el análisis de estos fenómenos por década. En este caso de 1983-1989, será década de los ochenta; de 1992-1998, década de los noventa; y de 2000-2007, primera década del segundo milenio.

Por último, con la suma total de la tasa de hundimiento acumulada por cada década, se hizo una extrapolación, para inferir y saber un panorama actual, dado que falta una década de información, esta comprende de 2008 a 2017, este período lo llamaremos Extrapolación.

El análisis de todos los resultados se llevó, en una hoja de cálculo la cual se fue clasificando a través de una estadística de datos no agrupados.

El total de datos capturados para este ejercicio fue de 238 Bancos de Nivel, en cada década, arrojó un mínimo y un máximo. Estos (mínimo y máximo) se eliminaron para que quede un orden de muestras más homogéneas y más cercanas a los valores de la media.

Así que, el nuevo conjunto fue compuesto de 236 datos los cuales, fueron analizados con estadística de datos no agrupados, dando nuevamente valores de mínimo y máximo. A partir de este segundo análisis, se hizo un modelo y la interpretación de datos.

En las tablas que se presentan están los 238 datos, pero se demarca y se realza con colores verdes y rojos los datos que son mínimos y máximos. Los rojos son los datos que se eliminaron y los verdes son los datos del nuevo conjunto.

Por otro lado, con las cotas de los Bancos de Nivel se obtuvo un total de tasa de hundimiento por década, y con ese total se trabajó y se obtuvo un modelo matemático que, por medio de interpolación de puntos, fueron trabajados en el programa Surfer 13, en donde se obtuvo una superficie tipo sobre el comportamiento del hundimiento, a esto se le denominó **Modelo Bidimensional**.

A manera de comprobación, se hizo una comparación de los datos obtenidos, con los antecedentes registrados en los ejidos de Xochimilco y San Gregorio, donde la tasa de hundimiento es mayor o ha afectado de manera considerable a estas comunidades.

Análisis de Bancos.

Los datos de la década de 1980 que, se tienen en blanco, se dejaron de esa forma para no alterar la información dada por el SACMEX. Por lo que ese dato se tomó como cota cero.

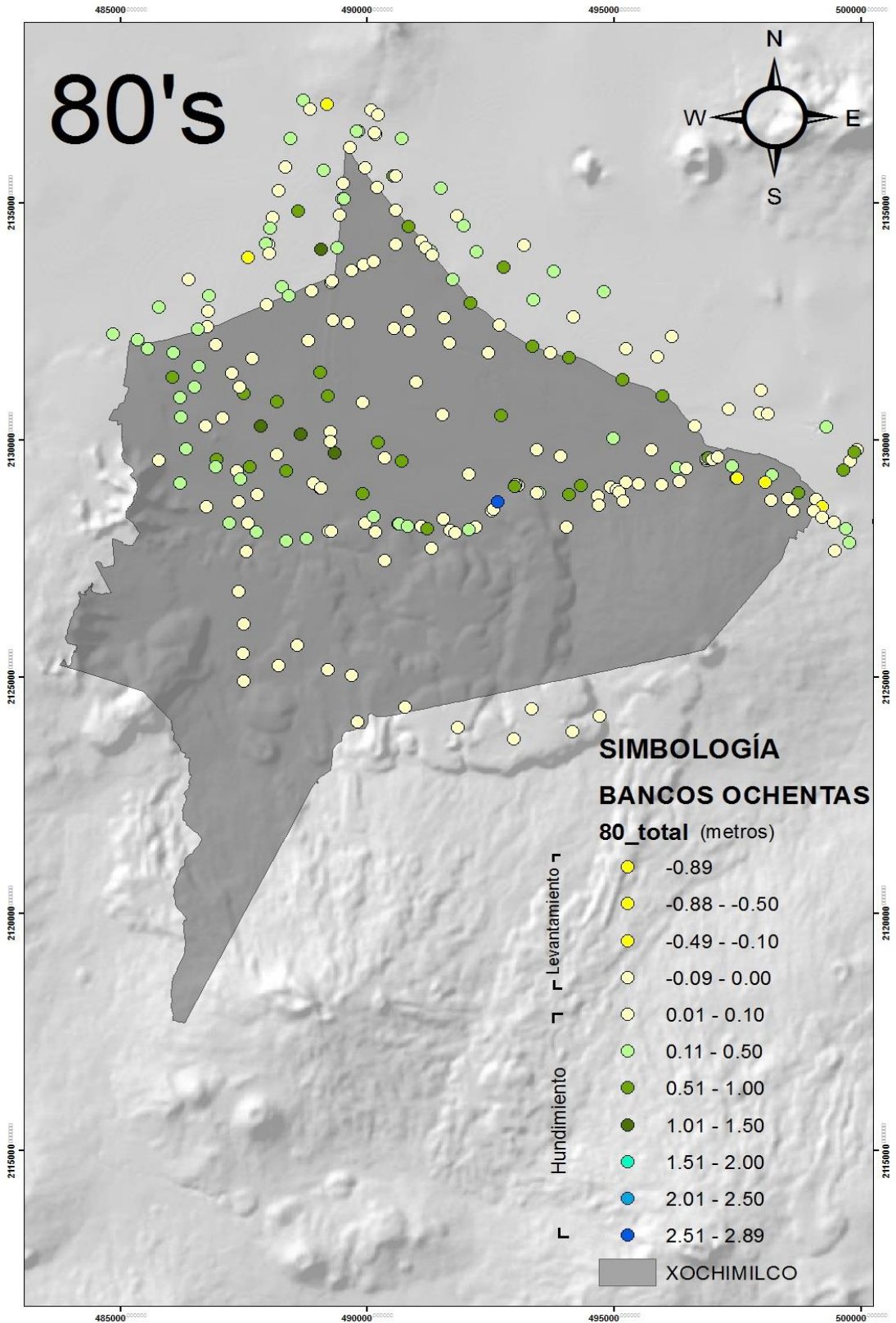
La información de los datos se presenta en la siguiente tabla:

ÁNALISIS DE BANCOS DE NIVEL							
Décadas							
1980		1990		Primera década de los dos mil		Extrapolación (2017)	
Tabla 5	Tabla de atributos (pág. 104-106)	Tabla 7	Tabla de atributos (pág. 108-110)	Tabla 9	Tabla de atributos (pág. 112-114)	Tabla 11	Tabla de atributos (pág. 116-118)
Tabla 6	Estadística de Tabla 5 (pág. 107)	Tabla 8	Estadística de Tabla 7 (pág. 111)	Tabla 10	Estadística de Tabla 9 (pág. 115)		

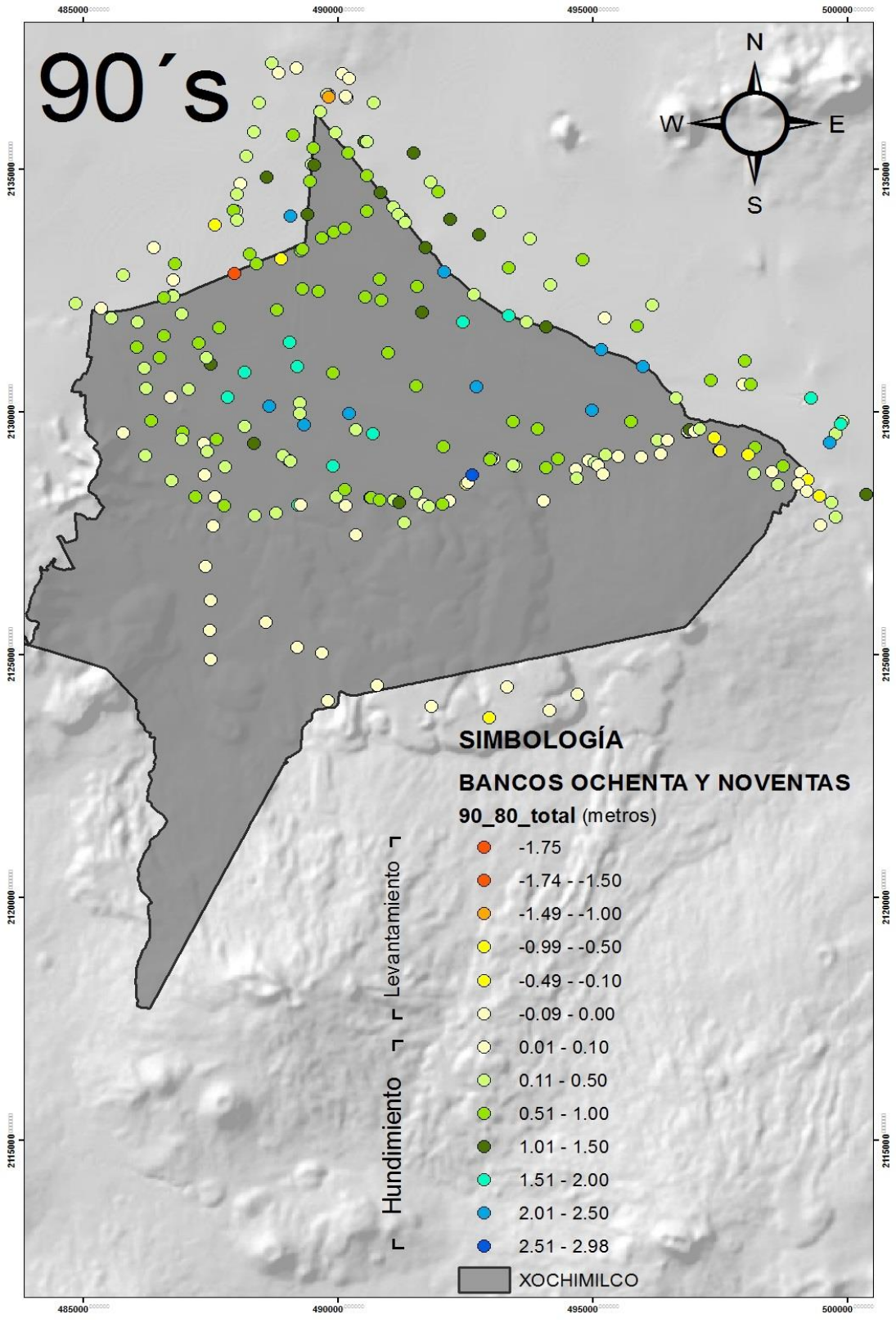
Tabla 2. Análisis de Bancos de nivel, referencia de tablas. Fuente Propia.

Digitalización de la Clasificación de los Bancos de Nivel

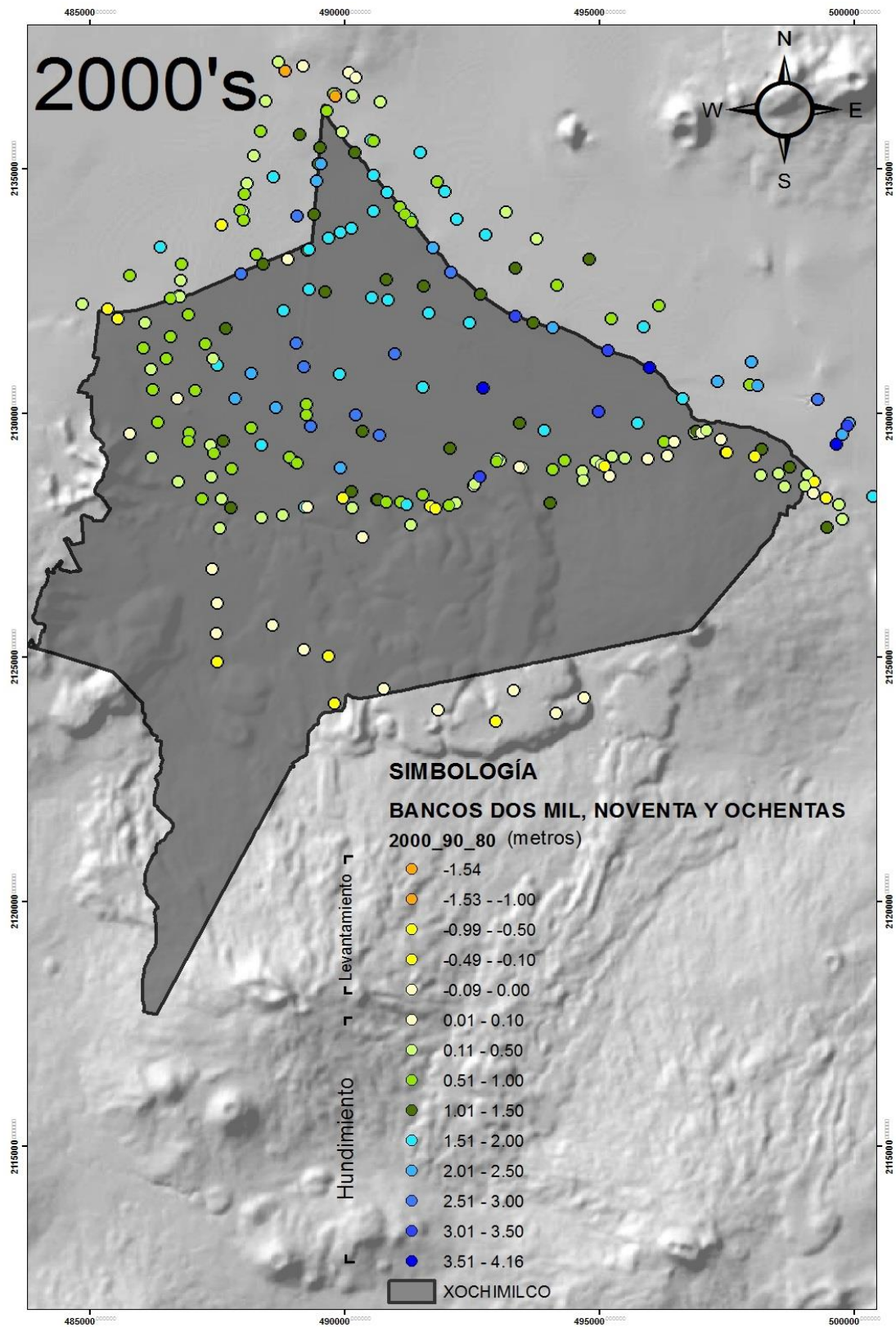
Continuando con el análisis de los datos de los Bancos de Nivel, éstos se vaciaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el programa ArcMap versión 10.4.1. Cada mapa será analizado por el acumulado de la tasa de hundimiento que ha tenido la Alcaldía de Xochimilco (Mapa 19, Mapa 20, Mapa 21, Mapa 22). Hay que mencionar que sólo se tomaron los datos desde el periodo de 1983-2007. Esto con la finalidad de saber qué áreas son las más afectadas y qué tendencia tendrían los modelos bidimensionales propuestos.



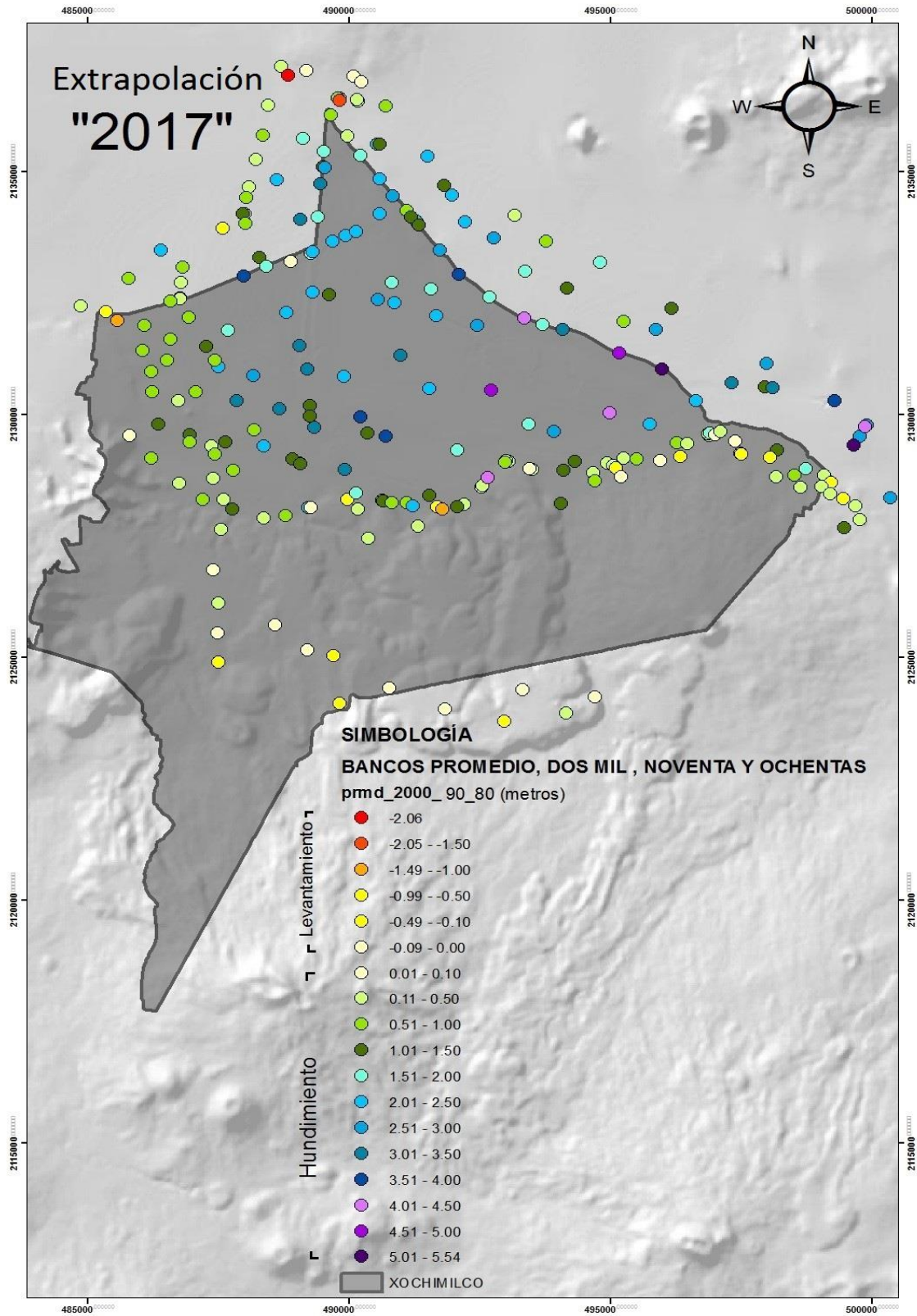
Mapa 19. Bancos de Nivel década de los 80's. Tasa de Hundimiento. Fuente Propia. Datos del SACMEX. Análisis Propio.



Mapa 20. Bancos de Nivel década de los 90's. Tasa de Hundimiento. Fuente Propia. Datos del SACMEX. Análisis Propio.



Mapa 21. Bancos de Nivel primera década de los dos mil. Tasa de Hundimiento. Fuente Propia. Datos del SACMEX. Análisis Propio.



Mapa 22. Bancos de Nivel década de Extrapolación. Tasa de Hundimiento. Fuente Propia. Datos del SACMEX. Análisis Propio.

Modelos Bidimensionales

De acuerdo con la digitalización de la clasificación de los Bancos de Nivel, con el programa Surfer versión 13 se desarrollaron Modelos Bidimensionales Matemáticos que a partir de los métodos de interpolación que tiene este programa, y son:

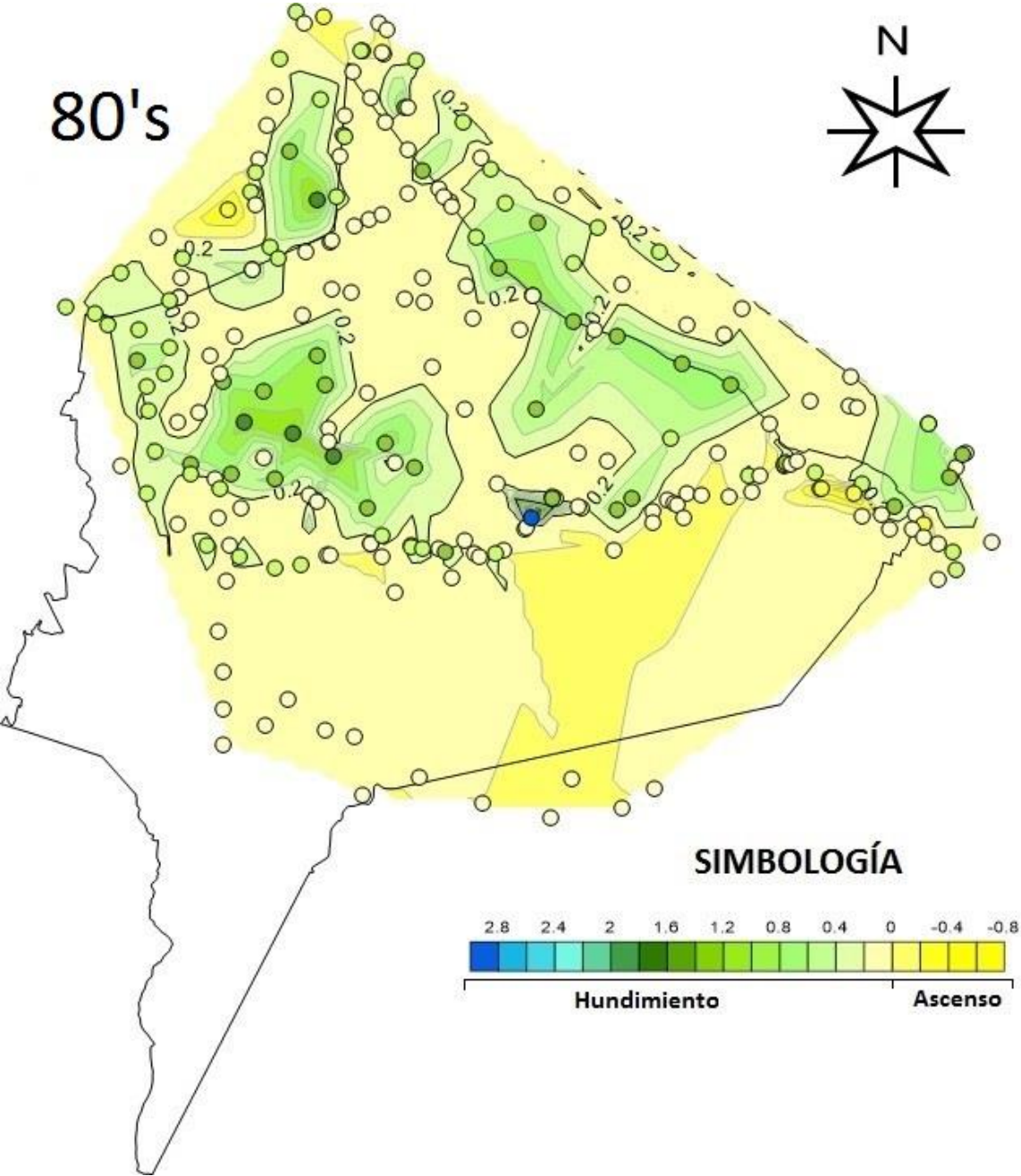
- Inverse Distance to Power
- Kringing
- Minimum Curvature
- Modified Shepard's Method
- Natural Neighbor
- Nearest Neighbor
- Polynomial Regression
- Radial Basis Function
- Triangulation with Linear Interpolation
- Moving Average
- Data Metrics
- Local Polynomial

Y el mejor método con el que se trabajó fue el de "Triangulation with Linear Interpolation"

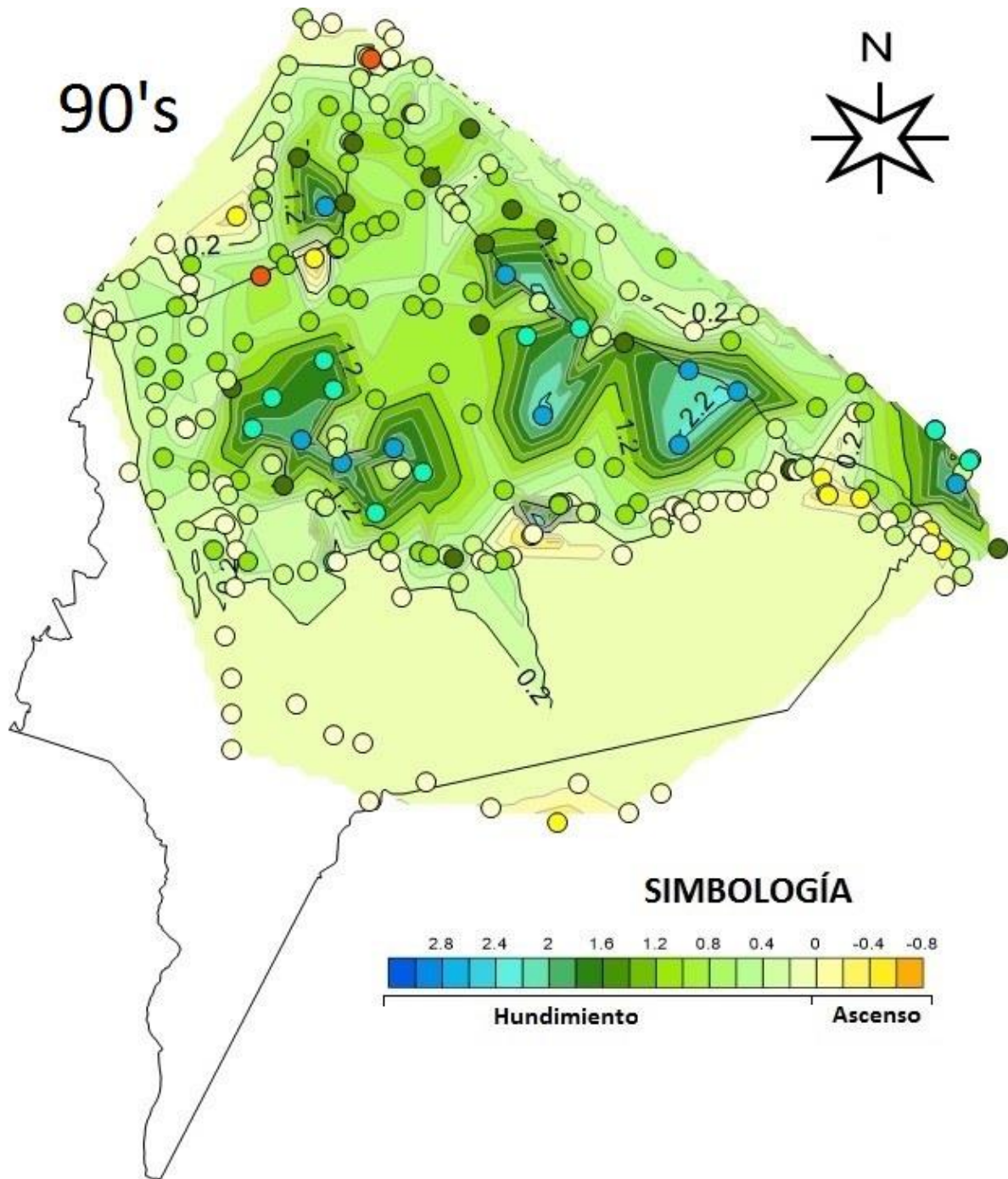
Los mapas que se crearon y se muestran a continuación llevan la temática de comparar el Modelo Bidimensional que se obtuvo con la clasificación de los Bancos de Nivel (Mapa 23, Mapa 24, Mapa 25, Mapa 26).

Para después mostrar los modelos con el sistema de agua (Mapa 27, Mapa 28, Mapa 28, Mapa 30).

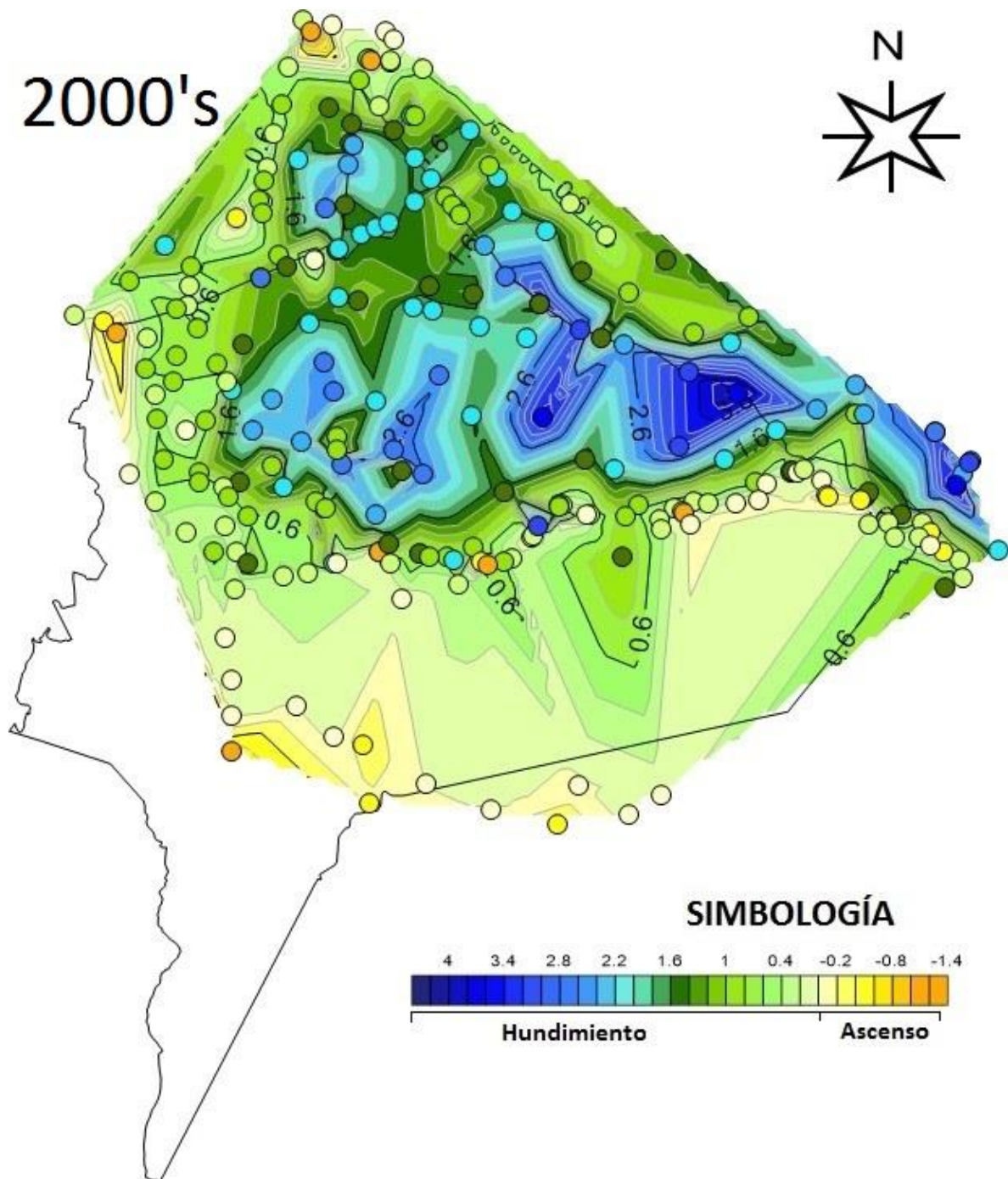
Cartas de modelos Bidimensionales y Bancos de Nivel con clasificación.



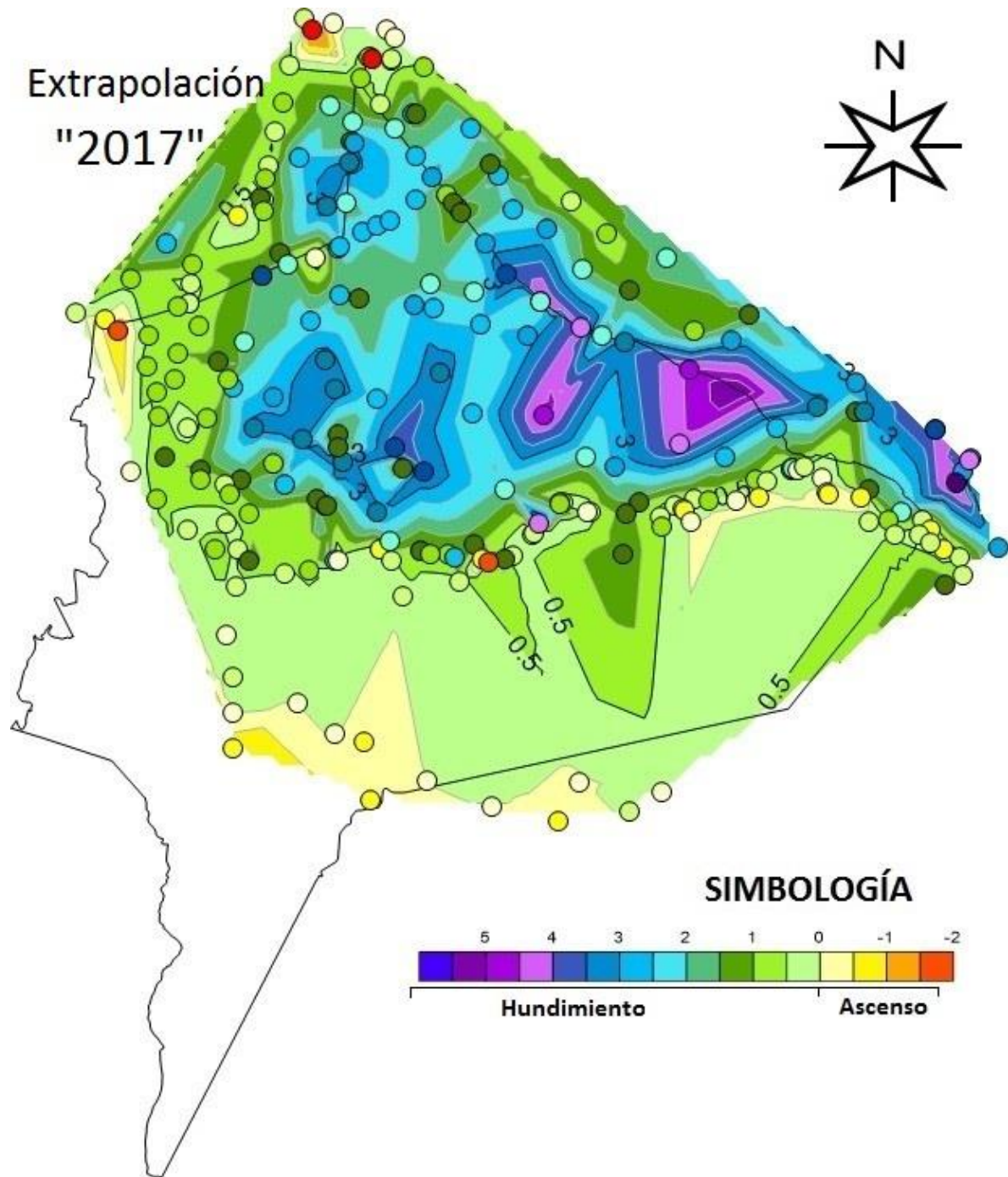
Mapa 23. 80's. Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel. Fuente Propia.



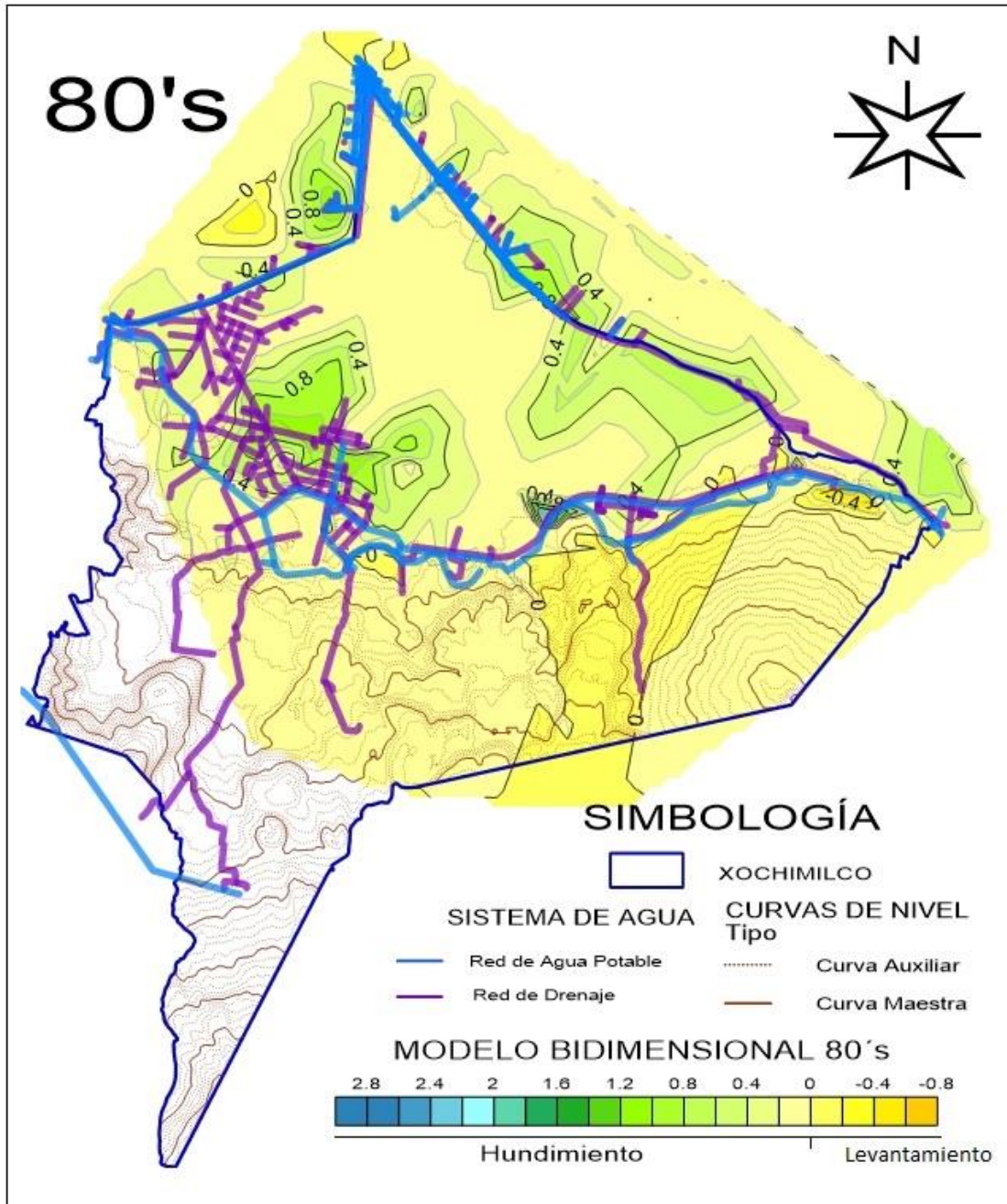
Mapa 24. 90's. Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel. Fuente Propia.



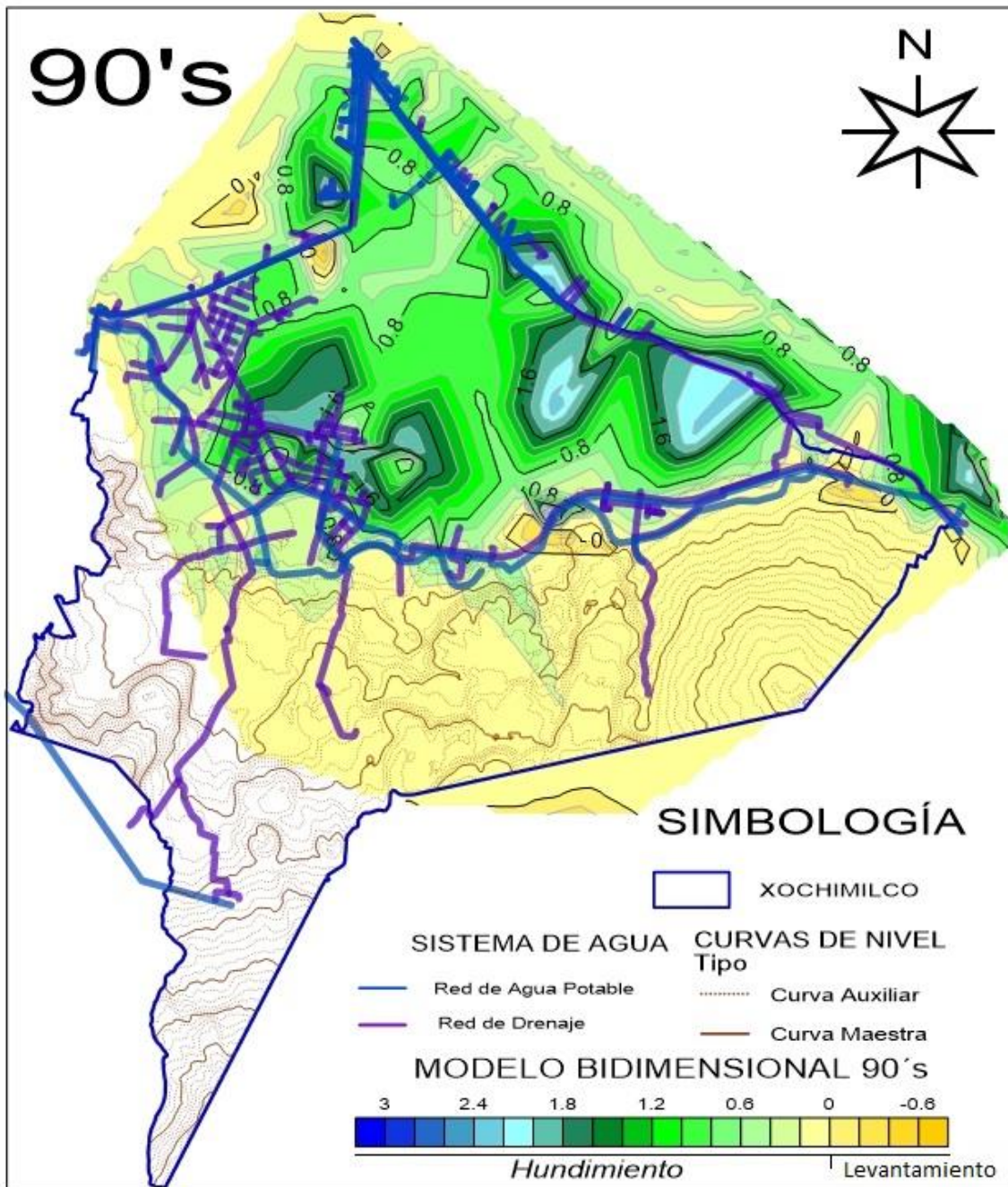
Mapa 25. Primera década de los dos mil Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel. Fuente Propia.



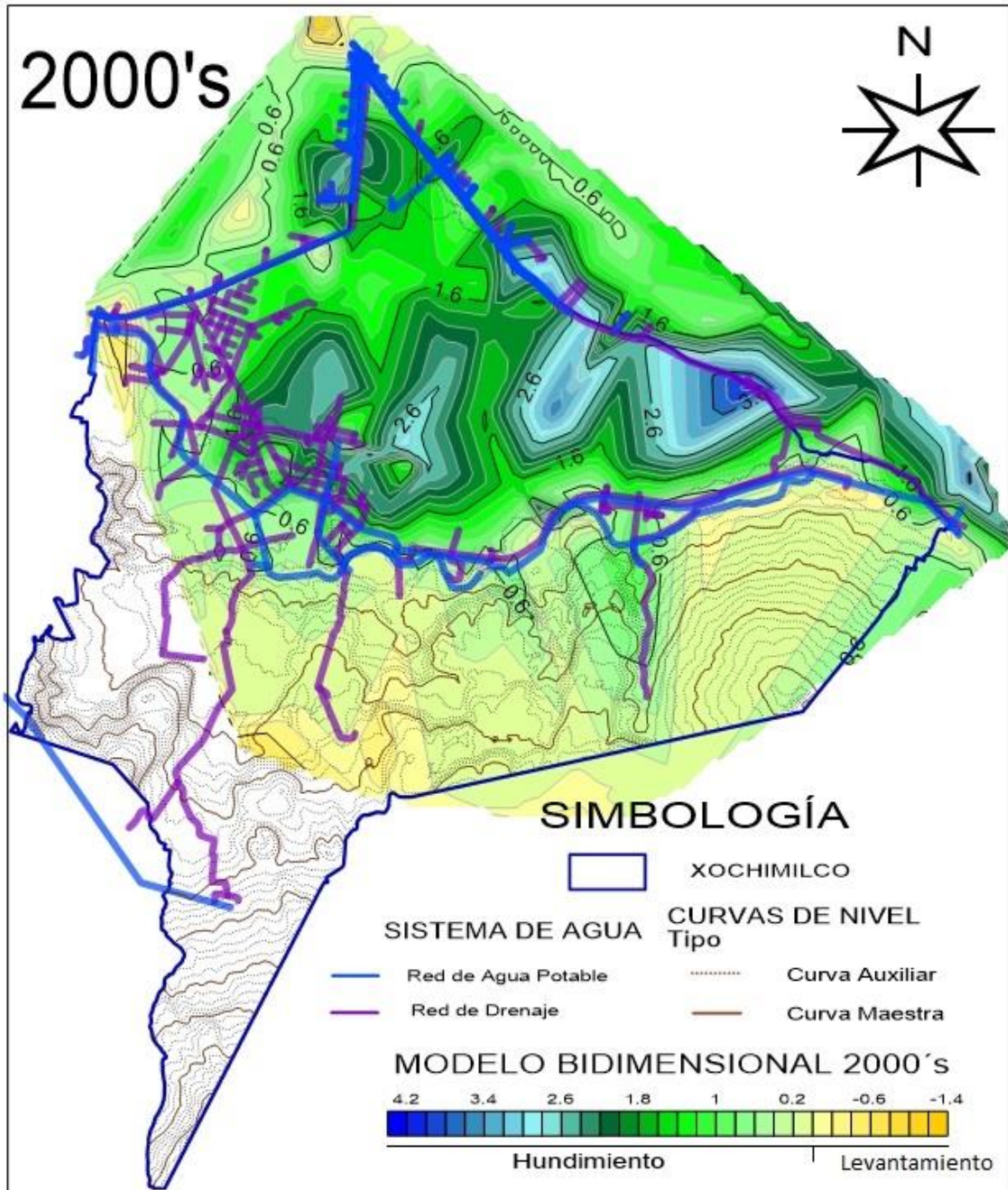
Mapa 26. Extrapolación Modelo Bidimensional y Bancos de Nivel. Fuente Propia.



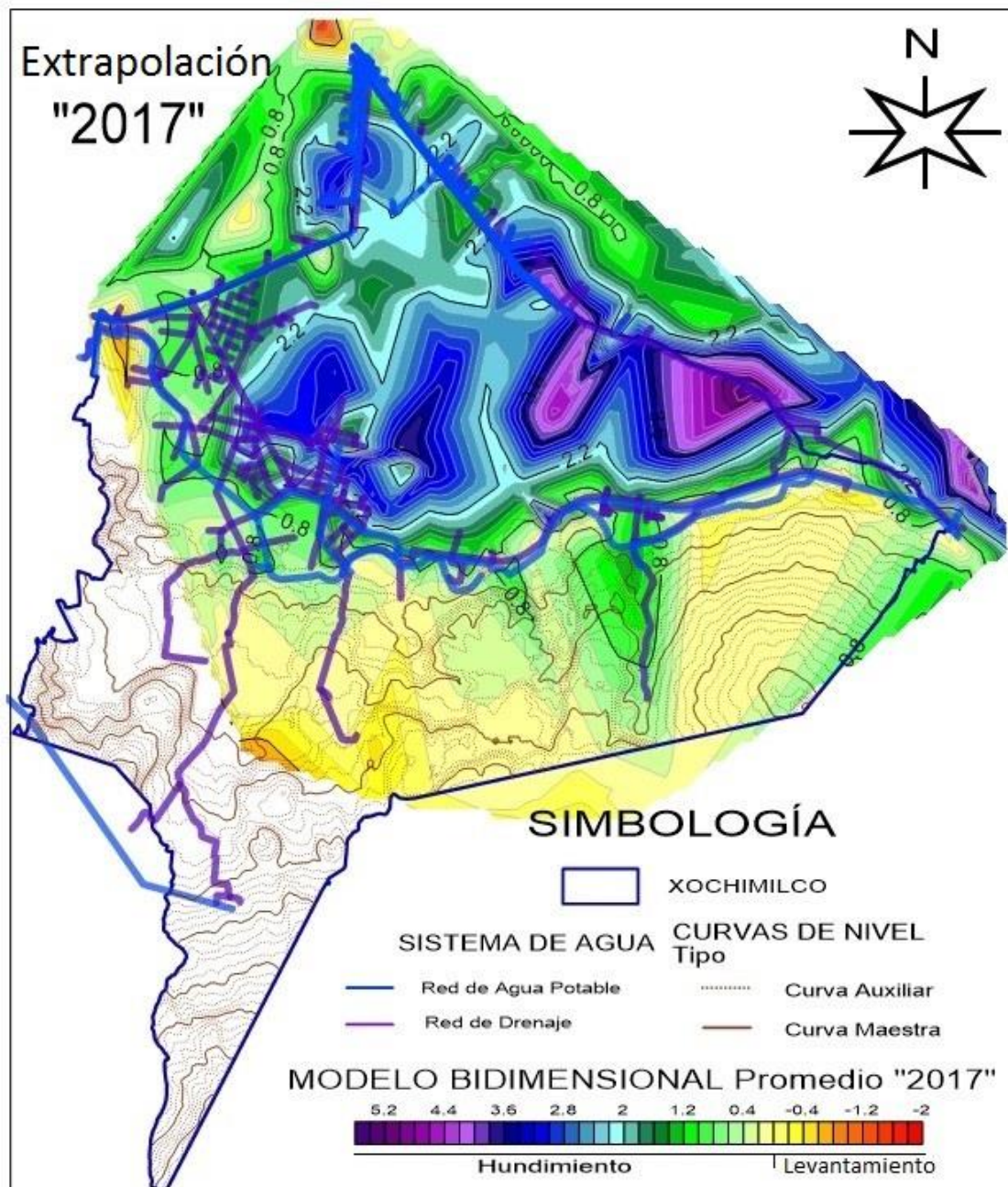
Mapa 27. Modelo Bidimensional 80's y red hidráulica. Fuente Propia.



Mapa 28. Modelo Bidimensional 90's y red hidráulica. Fuente Propia.



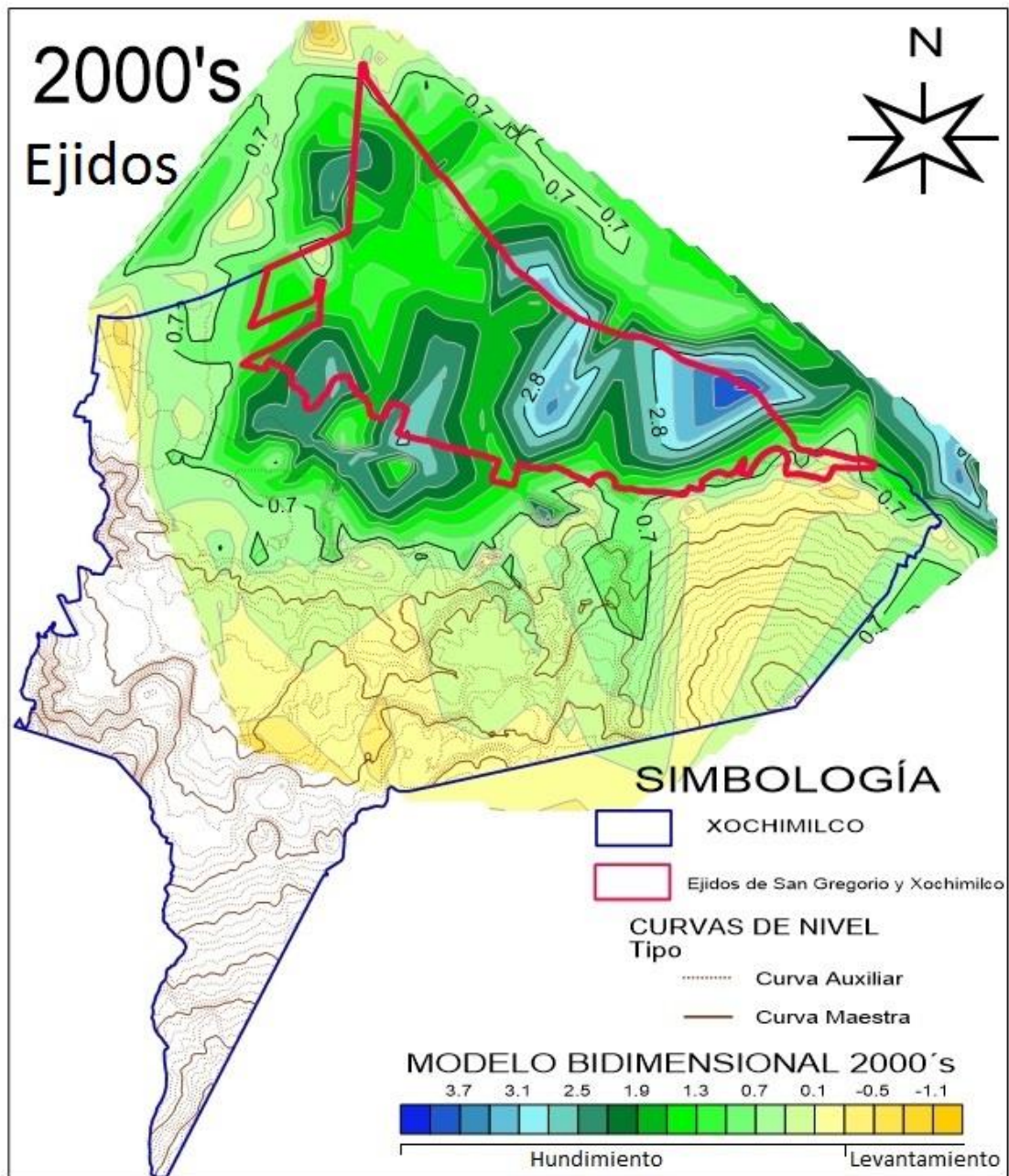
Mapa 29. Modelo Bidimensional primera década de los dos mil y red hidráulica. Fuente Propia.



Mapa 30. Modelo Bidimensional Extrapolación y red hidráulica. Fuente Propia.

Validación del Modelo Bidimensional

Tal y como se menciona, la comprobación de los modelos bidimensionales se llevó a cabo con los antecedentes que corresponden a los ejidos de San Gregorio y Xochimilco (Mapa 31). Es importante aclarar que el modelo que se va a usar para este punto es el obtenido del año 2007.

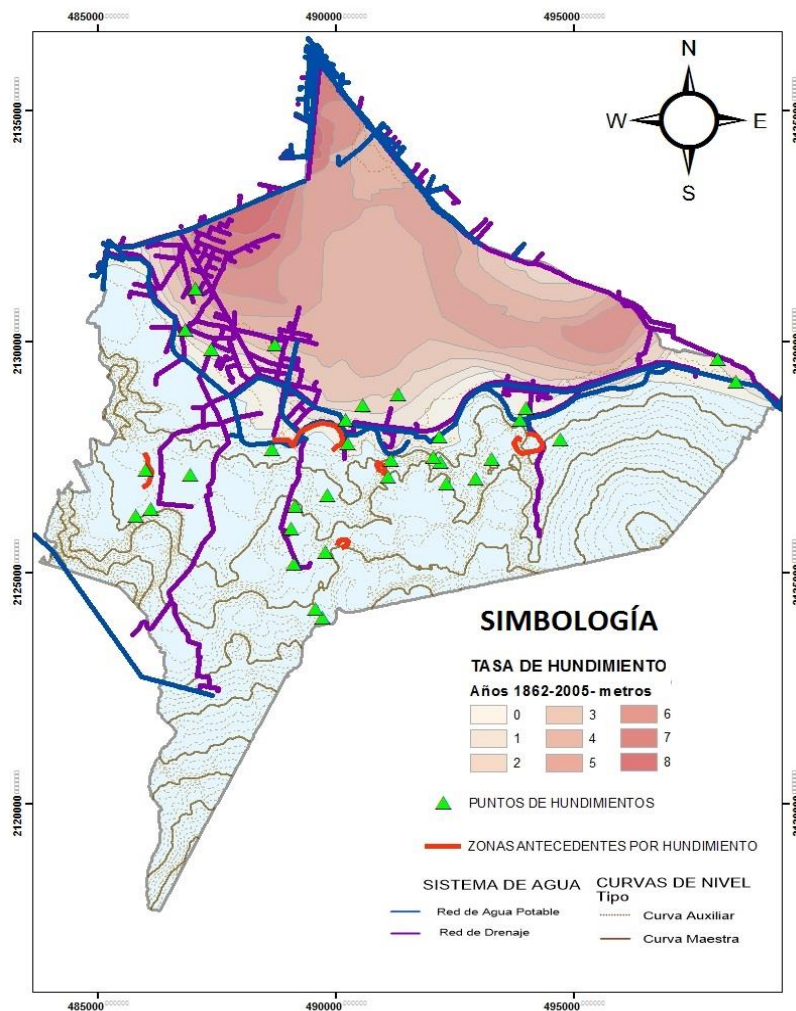


Mapa 31. Validación del Modelo Bidimensional. Tasa de Hundimiento y Ejidos de San Gregorio y Xochimilco. Fuente Propia.

Hundimientos, Subsistencia y agrietamientos.

De acuerdo con el reporte del laboratorio de Geoinformática, en 2008 el hundimiento regional histórico de la Alcaldía de Xochimilco acumulado desde 1862 hasta 2005 es de hasta 9 m, el cual se reporta principalmente en la zona lacustre, la cual se localiza hacia el centro y norte de la Alcaldía.

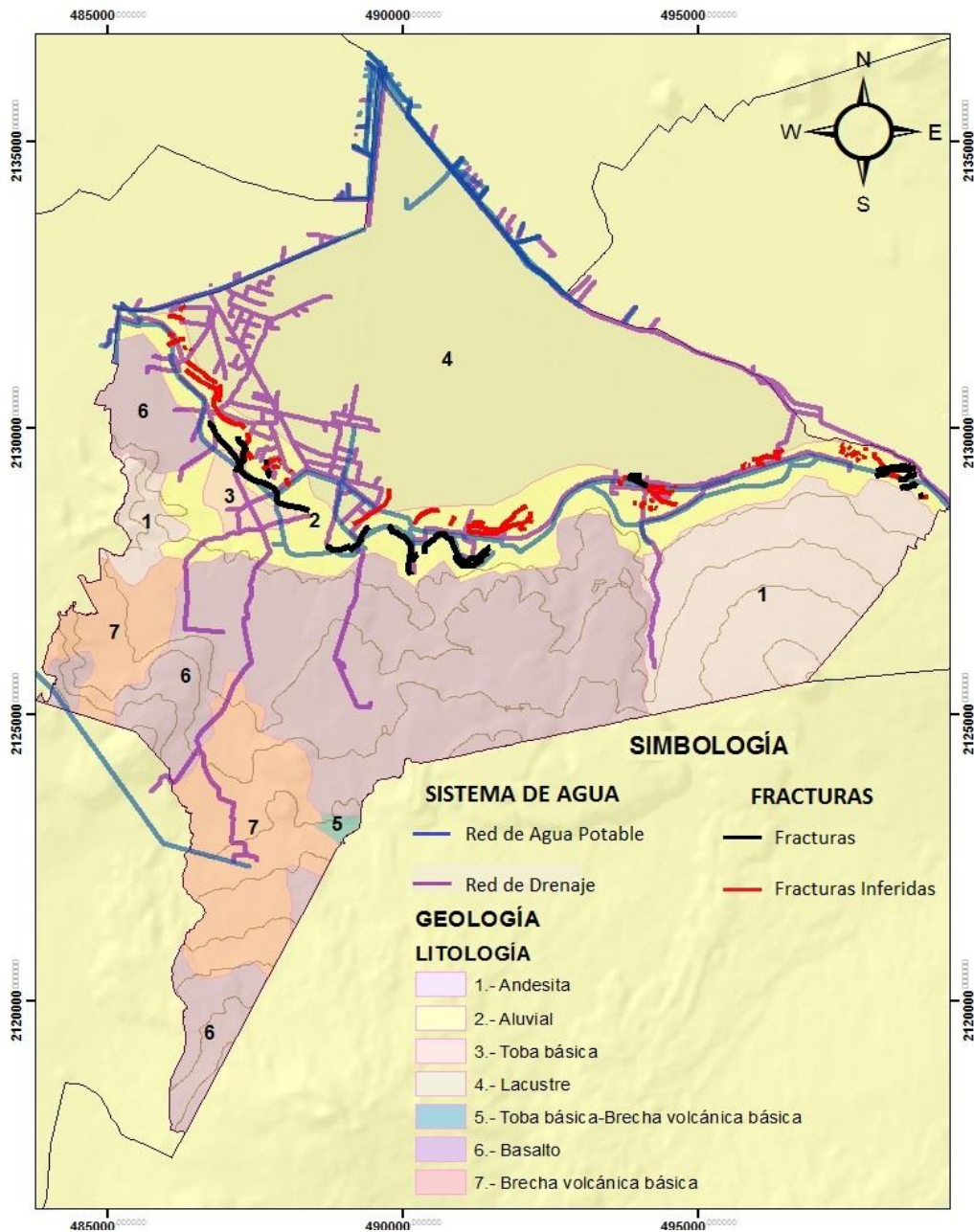
Con esta información, el Atlas de la Alcaldía muestra una carta con valores de tasa acumulada de hundimiento y proponen cómo se comporta el terreno de la alcaldía. A su vez en este mapa detectan puntos y áreas en donde se tienen daños o afectaciones causadas por este fenómeno; Nota; sólo se tiene un punto y un área cartografiadas, no se tiene registro del año o la magnitud del daño; sin embargo, da un indicio de cómo se comporta la subsidencia (Mapa 32).



Mapa 32. Tasa de Hundimiento, puntos y zonas afectadas por este fenómeno. Fuente Propia. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.

Fracturas.

Hay dos tipos de mapas: uno generado por la UNAM y otro presentado en el Atlas de Riesgos de Xochimilco 2015 (Mapa 9, Mapa 10). Este último se define por el tipo de fracturas inferidas y fracturas que atraviesan la Alcaldía, así que al consultar esta base de fracturas junto con la tasa de hundimiento se podrán definir patrones y, a su vez, poder clasificarlos (Mapa 33).



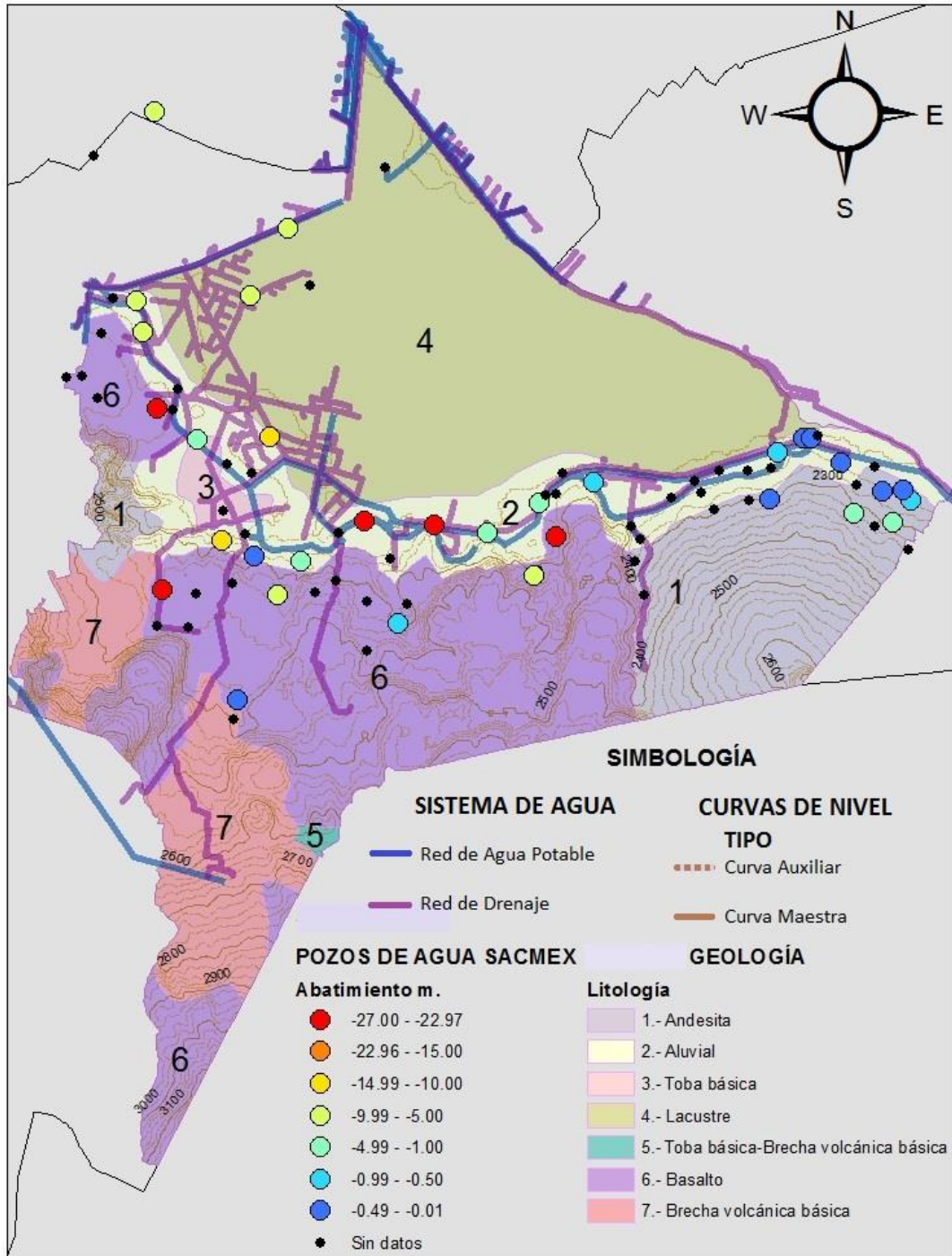
Mapa 33. Fracturas Alcaldía Xochimilco. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.

Información de Pozos.

El SACMEX proporcionó cortes litológicos de pozos ubicados dentro de los límites de la Alcaldía de Xochimilco, así como una base de datos en Excel sobre su ubicación.

Se analizó la relación de los puntos de extracción de agua con la tasa de hundimiento. Se cuentan con los registros de niveles estáticos y dinámicos de algunos pozos, con los cuales se podrá inferir el cono de abatimiento generado. Esta información es importante porque ayudaría a relacionar a la tasa de hundimiento con el abatimiento en los pozos (Tabla 12 y Mapa 34). Estos datos no son actuales, son de los años en los que se construyeron los pozos.

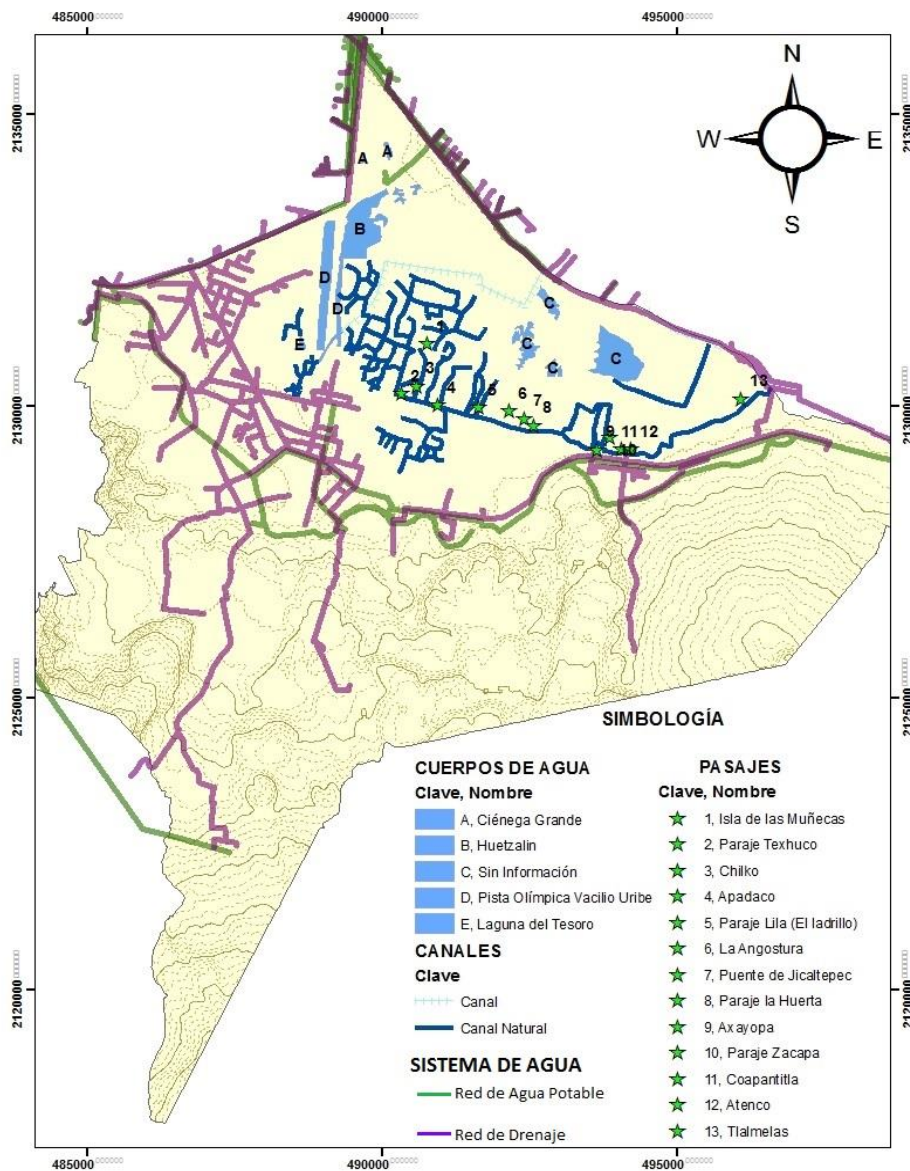
Hay que mencionar que, si el cono de abatimiento es considerable, que junto con su radio de influencia es de la misma magnitud, tendríamos zonas de hundimientos, aspecto que sería importante vincular con el Mapa 32, pero sólo con la información de puntos y áreas de hundimiento. El resultado arrojaría la localización de zonas de hundimiento su relación con el área de influencia de la extracción de agua.



Mapa 34 Pozos de Agua Potable Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del SACMEX.

Hidrografía.

Xochimilco es conocido por sus canales en donde se lleva a cabo una gran actividad comercial, turística, además de ser patrimonio cultural para la Ciudad de México (Mapa 39). Pero, a pesar de todo su aporte y naturaleza geológica, expone una condición de vulnerabilidad hacia el sistema de agua, tales como las inundaciones. Si en la temporada de lluvia la precipitación es grande, esto causa desborde de agua, y sumándole la tasa de hundimiento se pueden generar graves afectaciones a la red de drenaje.



Mapa 35. Hidrografía Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.

Fugas.

SACMEX proporcionó información de los sitios en donde han ocurrido fugas en la red de abastecimiento. Los puntos se ubicaron con Google Earth y se marcaron a la mitad del cruce entre las calles de referencia. Se ubicaron un total de 113 datos (Tabla 3 y Mapa 36).

Formato de Fugas, de la Alcaldía Xochimilco

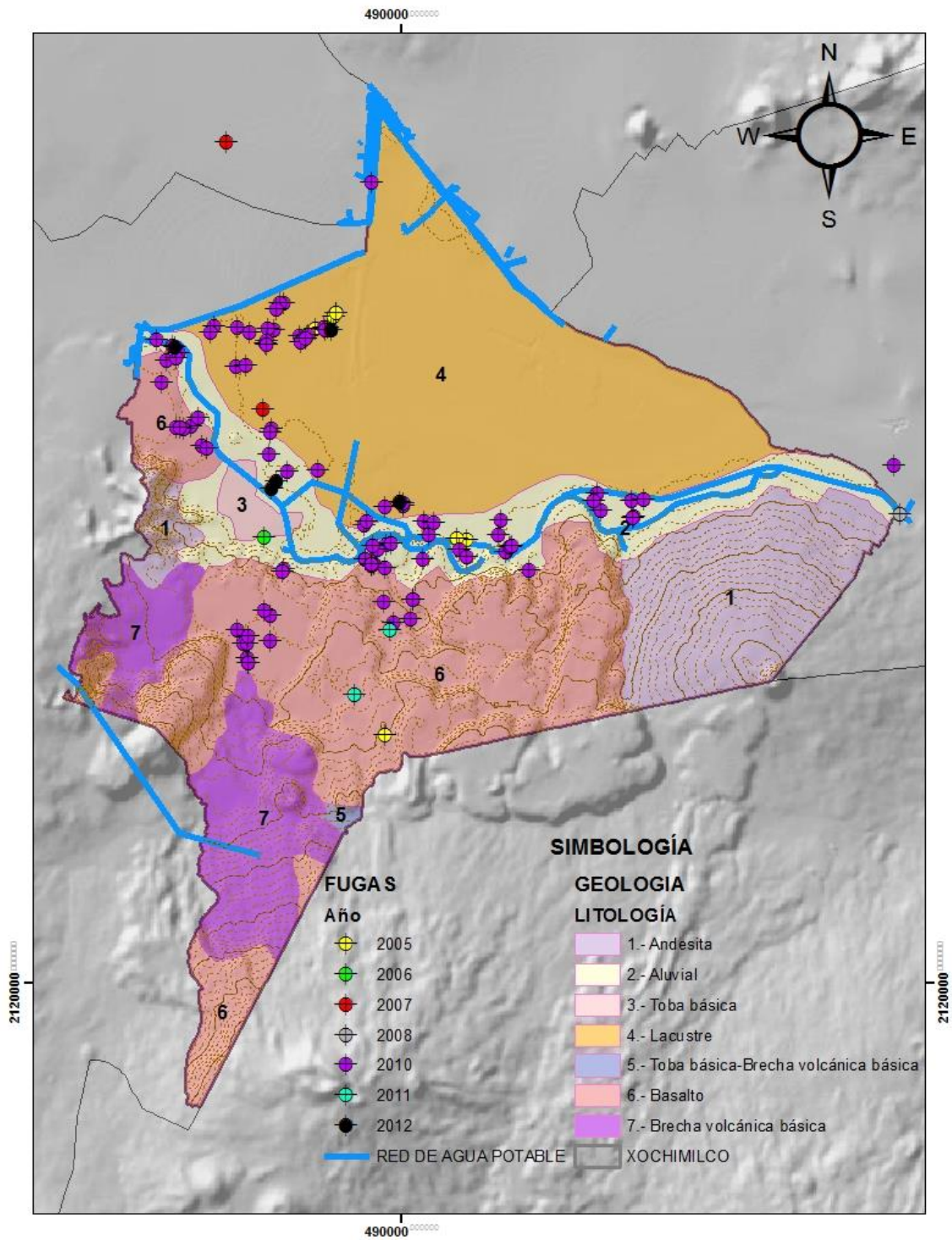
Nº. FUGA	FOLIO	CLAVE	FECHA	CALLE	FRENTE AL Nº.	ENTRE ESQ. AV. BOULEVARD	CALLE AVENIDA ESQ.	PUEBLO COLONIA	DELEGACIÓN	GASTO APROX.	DIAM.	AÑO
169	OF-169	FNFD	06-abr	2DA. CDA. DE LUCERNA	3	ESQUINA LUCERNA		PUEBLO SANTA LUCIA	XOCHIMILCO	0.180	1/2"	2005
171	OF-171	FVTD	07-abr	CANAL RECODO	90	CIRCUITO CUEMANCO	CANAL MIRAMAR	BARRIO 18	XOCHIMILCO	0.100	1/2"	2005
472	OF-472	FNRS	18-oct	CARRETERA XOCHIMILCO TULYEHUALCO	ESQ.	AHUEHUEITTLA		PUEBLO NATIVITAS	XOCHIMILCO	0.200	4"	2005
473	OF-473	FVTD	18-oct	CARRETERA XOCHIMILCO TULYEHUALCO	SIN	MARGARITA MAZA DE JUAREZ	COCOXOCHITL	PUEBLO NATIVITAS	XOCHIMILCO	0.100	1/2"	2005
560	OF-560	FNFD	13-dic	CANAL DE RECODO	314	CIRCUITO CUEMANCO OTE	CANAL DE GARAY	BARRIO 18	XOCHIMILCO	0.080	1/2"	2005
561	OF-561	FVTD	13-dic	CANAL MARIA CANDELARIA	8	CANAL TLAYCA	CANAL RECODO	BARRIO 18	XOCHIMILCO	0.180	1/2"	2005
562	OF-562	FVTD	13-dic	CANAL RECODO	305	CIRCUITO CUEMANCO OTE	U.H. AZTLAN AND. AZTECAS #2	BARRIO 18	XOCHIMILCO	0.160	1/2"	2005
563	OF-563	FNFD	13-dic	CANAL RECODO	305	CIRCUITO CUEMANCO OTE	U.H. AZTLAN AND. AZTECAS #2	BARRIO 18	XOCHIMILCO	0.230	2"	2005

Tabla 3. Datos del SACMEX.

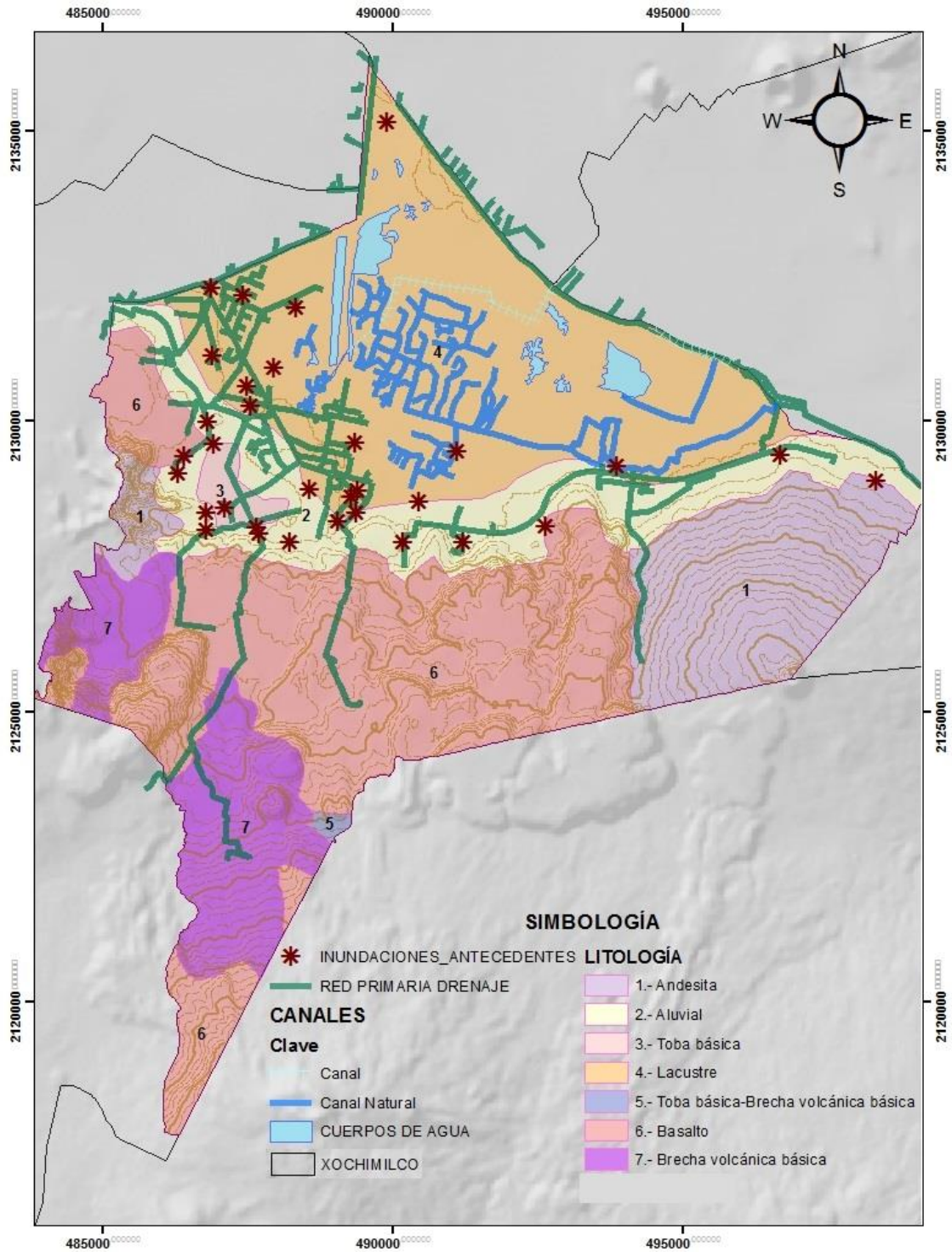
Inundaciones.

Las áreas donde han ocurrido inundaciones se obtuvieron a partir del Atlas de Riesgos de la Alcaldía, considerando que no se tiene ni año ni alguna otra información, sólo el sitio (Mapa 37).

Finalmente, con todo lo recopilado se llevó a cabo la clasificación y ordenamiento, los cuales se presentan en los Resultados y Conclusiones.



Mapa 36. Fugas en la Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos del SACMEX.



Mapa 37. Inundaciones en la Alcaldía Xochimilco. Fuente Propia. Datos Atlas de Riesgos y/o Peligros de Xochimilco 2015.

IV.3. Elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros que afecten a los sistemas de Agua de la Alcaldía de Xochimilco.

La elaboración de este Atlas de Riesgos y Peligros se encamina a contar con de protección civil y políticas de prevención y mitigación del impacto de los desastres que puedan provocar los sistemas de agua, en otras palabras, se busca conocer las características de los fenómenos que pueden llegar a ocasionar algunos desastres, así como determinar la forma en que éstos inciden en la infraestructura hidráulica.

Atlas

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española, un Atlas es una colección de mapas geográficos, históricos o de elementos que pertenezcan a un tema en específico conjuntados en un volumen.

Partiendo de esta definición, un Atlas de Riesgo es un conjunto de mapas geográficos cuyas metodologías, a través de su representación, puedan ubicar espacial y temporalmente el peligro, además de localizar la vulnerabilidad física y social de los sistemas expuestos, para finalmente representar diversos escenarios de riesgo.

Según los estatutos predeterminados por el Gobierno mexicano en el 2016, por parte de la Secretaría de Gobernación (SEGOB) que junto con el Centro Nacional de Prevención y Desastres (CENAPRED), se cuenta con una Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Dicho documento oficial ayudó a normalizar y elevar la calidad de los Atlas de Riesgos, lo que permitió homologar los criterios de calificación y cuantificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgo que afecten a dichos sistemas referente a los fenómenos perturbadores de origen natural o antropogénico.

IV.4. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.

Conceptos Básicos

La guía recomienda que el Atlas debe tener un objetivo: mitigar o prevenir algún tipo de suceso ya sea natural o antropológico. Y aquí la palabra clave es la “prevención”, con lo cual se puede hacer una estrategia efectiva.

La estrategia se forma de varias etapas:

Identificación de Riesgos. Conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; estudiar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo, entendiendo el riesgo como el productor del peligro (agente perturbador), la vulnerabilidad (propensión a ser afectado) y la exposición (el valor del sistema afectable).

Mitigación y prevención. Basado en la identificación de riesgos, consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres antes de que éstos ocurran.

Atención de emergencias. Se refiere a acciones que deben tomarse inmediatamente antes, durante y después de un desastre con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente, sin olvidar la atención prioritaria y apoyo a los damnificados.

Recuperación y reconstrucción. Acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado (población y entorno).

Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia. Consiste en valorar el impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Tiene entre otras ventajas: determinar la capacidad del gobierno para enfrentar las tareas de reconstrucción, fijar las prioridades y determinar los requerimientos de apoyo y financiamiento, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

Conceptos sobre Riesgo.

El riesgo dentro de la prevención de desastres implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etcétera) en un grado tal, que constituye un desastre.

Por ejemplo, un movimiento del terreno provocado por un sismo no constituye un riesgo por sí mismo, sólo si se produjese en una zona deshabitada, no afectaría ningún asentamiento humano y, por tanto, no produciría un desastre.

Se define en dos términos el riesgo: uno es cualitativo y el otro es cuantitativo.

Cualitativo: Se entiende por riesgo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

Cuantitativo: Se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir, el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos.

Esta definición se expresa en la ecuación.

$$Riesgo = f(Peligro, Vulnerabilidad, Exposición)$$

$$R = f(P, V, E)$$

A continuación, se analiza brevemente cada uno de estos conceptos y las características que deben tener en el análisis de riesgo.

Es importante aclarar que la tesis siguió el criterio de riesgo cualitativo, ya que la información generada no tiene las características que se requiere para el riesgo cuantitativo. Sólo se menciona porque es importante establecer los criterios que tiene dicho documento oficial.

El **peligro** se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado. Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante

parámetros cuantitativos con un significado físico preciso que pueda medirse numéricamente y ser asociado mediante relaciones físicas con los efectos del fenómeno sobre los bienes expuestos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad.

La **magnitud** es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera.

La **intensidad** es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos.

Por ejemplo, en los sismos, la magnitud se define en términos de la energía liberada por el súbito movimiento de las placas tectónicas y se mide en la escala de Richter. La intensidad sísmica refleja, en cambio, el grado de movimiento que experimenta el terreno en un sitio dado, lo que dependerá fundamentalmente de la distancia del sitio al epicentro y de las características del terreno en el sitio. La intensidad se mide a través de la escala de Mercalli.

La **vulnerabilidad** se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social.

La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo, la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas. Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es mucho menos vulnerable ante la ocurrencia de un terremoto, que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno.

La **exposición o grado de exposición** se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores

como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura.

En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta.

Ejemplos de escenarios de riesgos serían el porcentaje de viviendas de adobe dañadas para un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable, etc. de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un sismo.

Descripción de la Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros.

Como se ha mencionado, es importante saber el conocimiento científico de los fenómenos (peligros o amenazas) que afectan a una región en estudio, además de una estimación de las posibles consecuencias del fenómeno. Con lo que un procedimiento general para la elaboración de un Atlas de Riesgo es el siguiente:

- Identificación de los fenómenos naturales y antropogénicos que pueden afectar una zona en estudio.
- Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados.
- Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad.
- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico.
- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos.

Identificación de los fenómenos naturales y antropogénicos que pueden afectar una zona en estudio

El primer paso para la construcción de un Atlas de Riesgos es la identificación de los fenómenos que han afectado y por lo tanto podrán afectar un área geográfica. En México, el Sistema Nacional de Protección Civil reconoce, de acuerdo con su origen, los siguientes agentes perturbadores:

- Fenómenos geológicos.
- Fenómenos hidrometeorológicos.
- Fenómenos químicos.
- Fenómenos sanitario-ambientales.
- Socio-organizativos.

Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad

Este punto consiste en la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, los que, en la mayoría de los casos, son obras construidas por el hombre; sin embargo, también se cubren los casos de formaciones geológicas naturales, como laderas que pueden deslizarse o mantos de suelo blando que pueden agrietarse y que pueden ocasionar algún tipo de daño.

Asimismo, se debe realizar una clasificación de los sistemas expuestos, por ejemplo, de acuerdo con su sistema estructural un grupo de construcciones puede clasificarse como sigue. (CENAPRED, I. de I, 2003):

Tipo I. Casas para habitación unifamiliar, construidas con muros de mampostería simple o reforzada, adobe, madera o sistemas prefabricados.

Tipo II. Edificios para vivienda, oficinas y escuelas, construidos con concreto reforzado, acero, mampostería reforzada o sistemas prefabricados.

Tipo III. Construcciones especiales: teatros y auditorios, iglesias, naves industriales, construcciones antiguas.

Tipo IV. Sistemas de gran extensión o con apoyos múltiples: puentes.

Tipo V. Tuberías superficiales o enterradas normalmente.

Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado al tipo de fenómeno tanto natural como antropogénico

En términos generales, el riesgo, para fines de protección civil una de las herramientas de mayor utilidad para la toma de decisiones, es la construcción de escenarios en los que se detecten las zonas con niveles elevados de riesgo, en términos, por ejemplo, de las pérdidas monetarias derivadas de las consecuencias ocasionadas por la ocurrencia de un fenómeno. Otras medidas de riesgo pueden ser, los metros cuadrados perdidos de construcción, el número de vidas humanas perdidas, etc. Así, por ejemplo, un escenario en el que se muestran las pérdidas, en pesos, debidas a la inundación que se generaría en un poblado asentado en la zona aledaña a un río si se presentara una precipitación con un periodo de retorno de cinco años.

Diseño conceptual

Algunos productos esperados del Atlas Nacional de Riesgo:

- Mapas de peligro por fenómeno, que identifiquen las zonas en donde afectan los fenómenos con diferentes intensidades y periodos de retorno.
- Mapas de vulnerabilidad de población, escuelas, hospitales, y otros, en los cuales se señalen las zonas en donde el potencial de daño es mayor;
- Mapas que desplieguen el tamaño de los sistemas afectables;
- Mapas de riesgo que identifiquen las zonas en donde, para un fenómeno con intensidad dada, las consecuencias del daño sean máximas, medias o mínimas;
- Mapas de afectación ante la ocurrencia de algún fenómeno;
- Estadísticas sobre la ocurrencia y efecto de los fenómenos perturbadores;
- Costo de los desastres;
- Costo esperado de la ocurrencia de un fenómeno;
- Uso de sistemas de datos georreferenciados a cualquier usuario con aplicaciones web basados en GIS con funciones específicas para la generación automatizada de mapas.

Niveles de detalle en la elaboración de un Atlas de Riesgo.

Para el diseño de un atlas de riesgo, es necesario tener presente la forma de entender los mapas y la información contenida en el mismo (percepción), la cual variará en función del tipo de usuario:

a) Funcionarios de gobierno federal, estatal y municipal. Éstos deberán incorporar los resultados finales del análisis de riesgo a las políticas institucionales, de desarrollo urbano y reordenamiento territorial. Para este tipo de usuarios se deberán diseñar y elaborar mapas donde se presenten los niveles de riesgo en términos de un semáforo (verde, amarillo y rojo). Adicionalmente los funcionarios de protección civil deberán comprender aspectos técnicos relacionados con el riesgo como intensidades, periodos de retorno y vulnerabilidad; con esto se facilita el diseño de planes de prevención, mitigación y atención de emergencias basados en escenarios de riesgo.

b) Población en general. Aquellos grupos que no tienen un conocimiento especializado sobre los fenómenos y su representación gráfica, por lo tanto, los productos deberán ser de fácil comprensión con leyendas que expliquen el fenómeno y el nivel de riesgo. Es importante que estos mapas representen de manera muy clara el entorno (ríos, costas, montañas, vías de comunicación, etc.), de tal forma que la población pueda localizar con precisión la ubicación de su vivienda, y en consecuencia generar conciencia del nivel de riesgo en el que se encuentra su familia y bienes.

c) Académicos. Para este sector, se deberá contar con información digital y bases de datos que puedan ser manejados en sistemas de información. Además, deberán permitir conocer los periodos de retorno e intensidades de los fenómenos, así como presentar los sistemas vulnerables y los niveles de riesgo en términos económicos o probabilísticos. A continuación, se presenta una descripción de tres niveles de detalle en la elaboración de cartografía de peligro y riesgo, sus objetivos y alcances.

IV.5. Mapas Conceptuales.

Con base en los criterios de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, se realizó la adaptación al proyecto de tesis arrojando los cuadros siguientes:

Descripción de la Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros.

Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos y Peligros	Tema a Analizar
	Sistema de Agua Potable y Drenaje
1.- Identificación de los fenómenos naturales	Fenómenos geológicos , Fallas geológicas, Fracturas, Geología local, Sismo y Hundimiento regional.
2.- Identificación de los fenómenos antropogénicos	Crecimiento de población, Tubería, Hundimiento regional por extracción de agua y Asentamientos de población
3.- Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados	Fracturas, Fracturas inferidas, Puntos y zonas de hundimiento, Conos de abatimiento (pozos de agua) y Topografía
4.- Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad	Fugas e Inundaciones
5.- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico	Cualitativo
6.- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos	

Cuadro 1. Metodología para la elaboración del Atlas de Riesgos Peligros.

Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar a la infraestructura hidráulica

	Fenómeno Natural	Datos Evaluados
Geológicos	Vulcanismo	
	Sismo	
	Remoción en masa	
	Hundimiento, Subsistencia y Agrietamiento	X
	Fallas geológicas, Fracturas	X
Hidrometeorológicos	Sequías	
	Heladas	
	Tormentas de granizo	
	Tormentas de nieve	
	Ciclones tropicales	
	Tornados tormentas de polvo	
	Tormentas eléctricas	
	Inundaciones	X
Químico-Tecnológico	Incendios	
	Explosiones	
	Derrames y Fugas tóxicas	
	Radiaciones	
Antropogénicos	Tuberías	X
	Tomas clandestinas de agua	
	Asentamientos, Crecimiento poblacional	X
	Pozos de agua	X
	Fugas de agua potable	X

Cuadro 2. Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar a la infraestructura hidráulica.

Identificación de los sistemas

Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad		Temas Analizados
Tipo 1	Casas para habitación unifamiliar, construidas con muros de mampostería simple o reforzada, adobe, madera o sistemas prefabricados.	
Tipo 2	Edificios para vivienda, oficinas y escuelas, construidos con concreto reforzado, acero, mampostería reforzada o sistemas prefabricados.	
Tipo 3	Construcciones especiales: teatros y auditorios, iglesias, naves industriales, construcciones antiguas.	
Tipo 4	Sistemas de gran extensión o con apoyos múltiples: puentes.	
Tipo 5	Tuberías superficiales o enterradas normalmente.	X

Cuadro 3. Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad.

Diseño conceptual	Productos Realizados
Mapas de peligro por fenómeno, que identifiquen las zonas en donde afectan los fenómenos con diferentes intensidades y periodos de retorno.	
Mapas de vulnerabilidad de población, escuelas, hospitales, y otros, en los cuales se señalen las zonas en donde el potencial de daño es mayor.	
Mapas que desplieguen el tamaño de los sistemas afectables.	X
Mapas de riesgo que identifiquen las zonas en donde, para un fenómeno con intensidad dada, las consecuencias del daño sean máximas, medias o mínimas	
Mapas de afectación ante la ocurrencia de algún fenómeno.	X
Estadísticas sobre la ocurrencia y efecto de los fenómenos perturbadores.	
Costo de los desastres.	
Costo esperado de la ocurrencia de un fenómeno.	
Uso de sistemas de datos georreferenciados a cualquier usuario con aplicaciones web basados en GIS con funciones específicas para la generación automatizada de mapas.	X

Cuadro 4. Diseño Conceptual.

Niveles de detalle en la elaboración de un Atlas de Riesgo	
1.- Funcionarios Gobierno mexicano	
2.- Población General	
3.- Académicos	X

Cuadro 5. Niveles de detalle.

IV.6. Mapas Preliminares.

Normalizando y ordenando la información se proponen mapas preliminares que arrojan posibles escenarios en donde se vea afectado la infraestructura hidráulica.

El resultado final es un Atlas, por lo que las posibilidades mostradas en los mapas preliminares pueden dar muchas vertientes, siempre y cuando no se pierda de vista el objetivo: detectar los diferentes fenómenos que afecten a la infraestructura hidráulica. Por lo tanto, el cuadro 6 es el desglose de toda la información recabada.

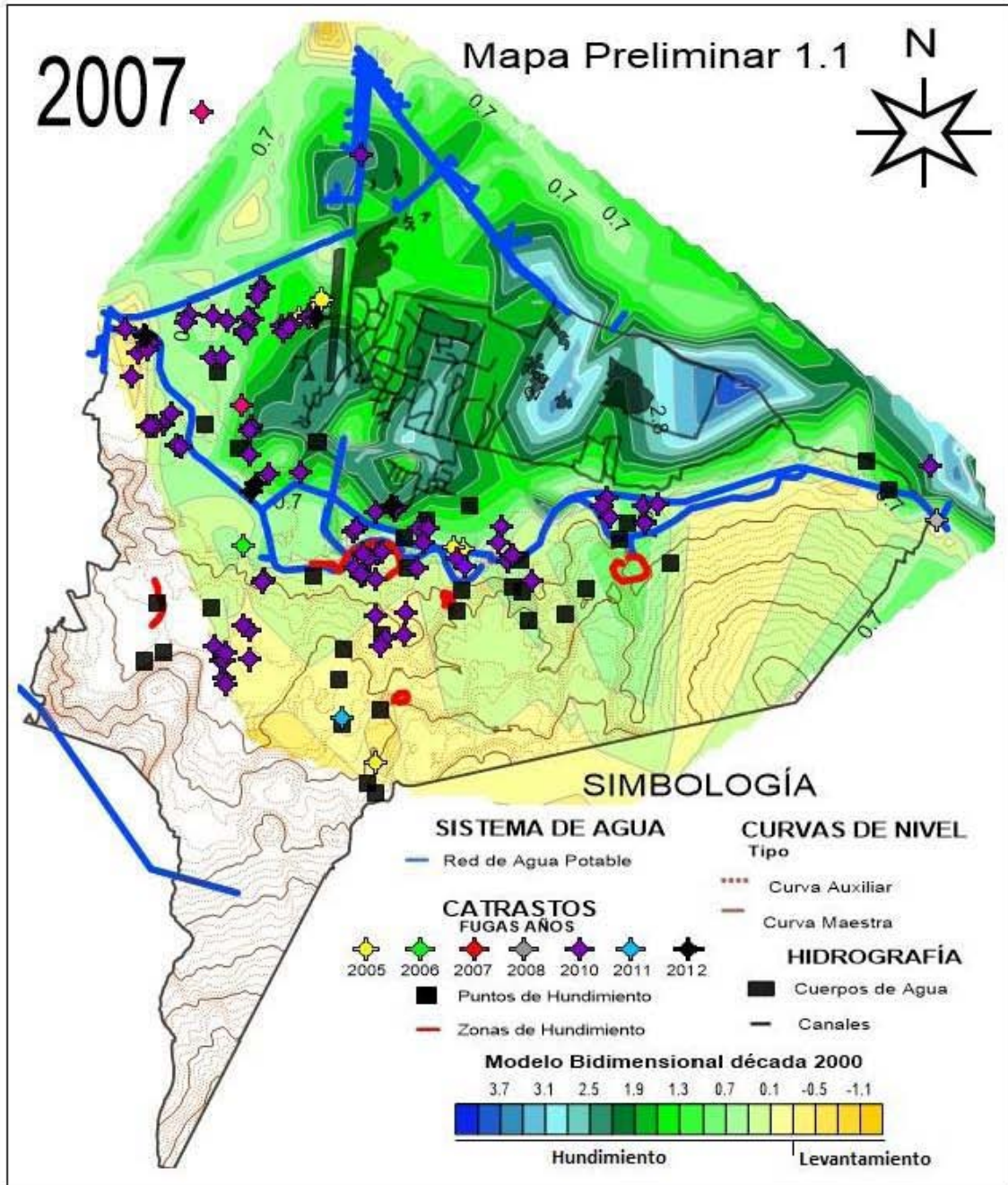
Para idealizar un Atlas de Riegos, es necesario partir de mapas preliminares; eso se plantea en el cuadro 7, a partir de esa información se plantea realizar un Atlas.

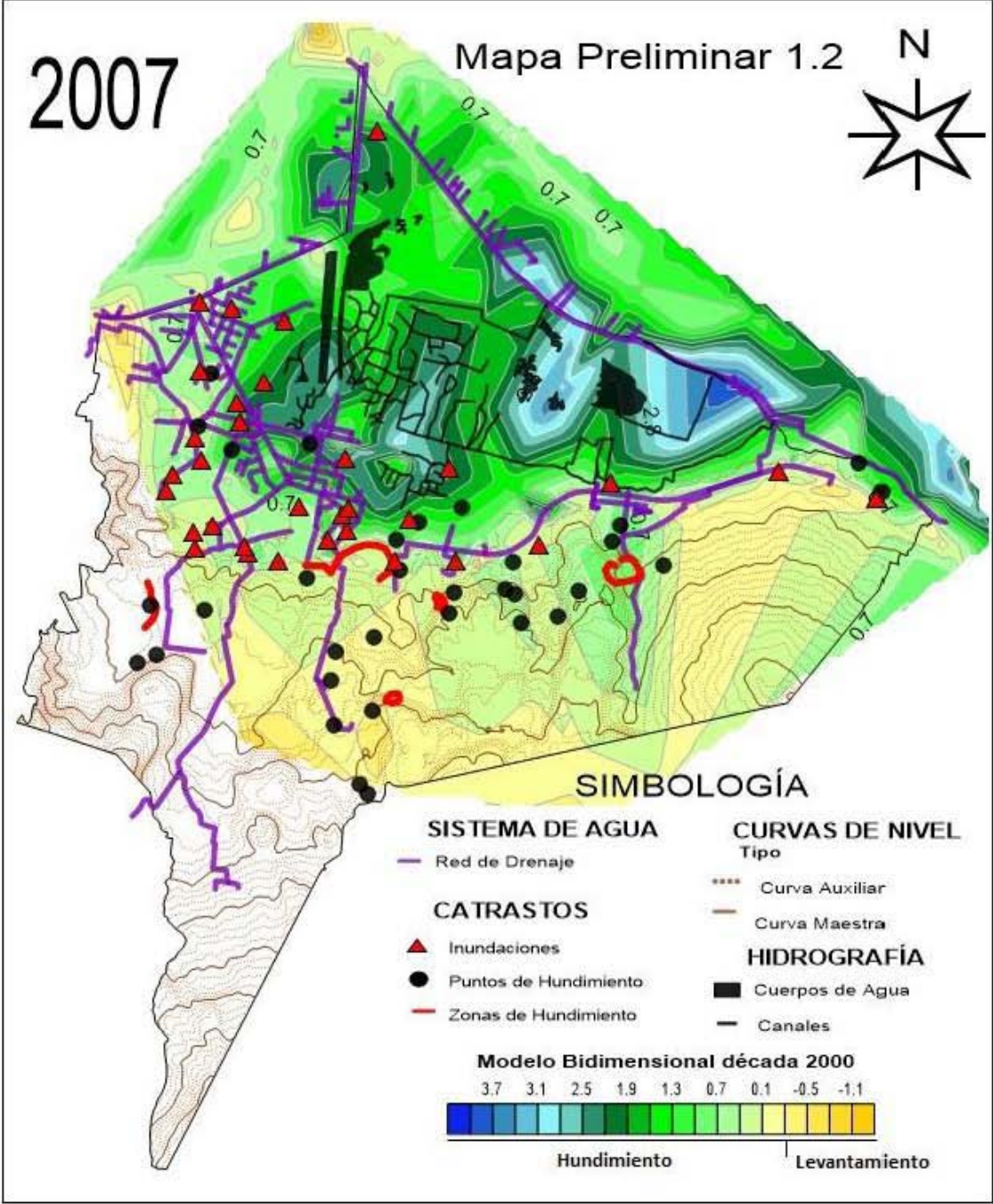
Entrando en materia se muestran los mapas preliminares que se obtuvieron (puede haber muchos más), y estas son mis recomendaciones.

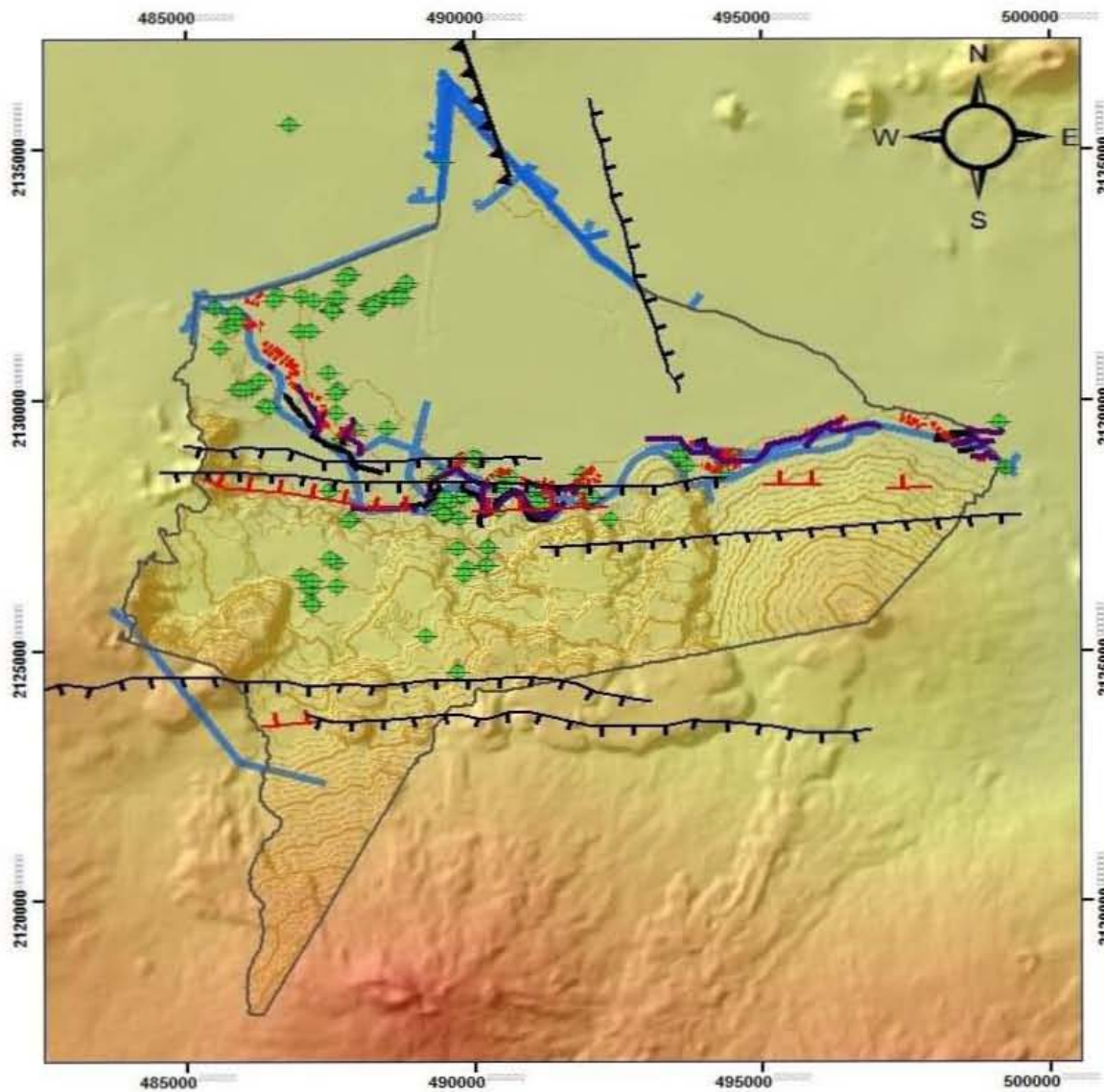
<i>Información Recabada</i>						
<i>Peligros</i>	<i>Sistemas Afectados</i>		<i>Riesgos</i>	<i>Peligros</i>	<i>Sistemas Afectados</i>	
<i>Fenómenos Naturales</i>	Agua Potable	Drenaje	Fracturas, Fracturas inducidas	<i>Fenómenos Antropogénicos</i>	Agua Potable	Drenaje
Hundimiento, Subsistencia	x	x	Puntos y zonas de hundimiento	Asentamientos (Crecimiento de población)	x	x
Fallas geológicas	x	x	<i>Consecuencias</i>	Pozos de agua (Cono de abatimiento)	x	x
Geología	x	x	Fugas	Tiempo de vida útil de la tubería	x	x
			Inundaciones			

Cuadro 6. Información recabada.

Mapas preliminares					
Tema Propuesto por Peligro	Sistemas Afectados		Información relevante para detectar el peligro		Hipótesis
	Agua Potable	Drenaje	Riesgos	Consecuencias	
1.- Peligro por Hundimiento, Subsistencia-Topografía (Modelo Bimensional décadas 2000 - "2007")	x	x	Puntos, Zonas de hundimiento	Fugas e Inundaciones	Tener una referencia de la topografía: una sin deformar y otra con la deformación del Modelo Bidimensional. Esto da como resultado las zonas que están afectadas por la tasa de hundimiento y el medio por el que están nuestro sistema de agua
2.- Peligro por Fallas geológicas	x	x	Fracturas, Fracturas inferidas	Fugas e Inundaciones	Detectar zonas afectadas por estos fenómenos y ver si representan alguna inestabilidad, originando problemas en la red de agua
3.- Peligro por Geología local (tipo de material)	x	x	Fracturas, Fracturas inferidas, puntos y zonas de hundimiento	Fugas e Inundaciones	Debido a la geología local, encontrar qué unidades son más inestables para nuestra red de agua
4.- Peligro por extracción de pozos de agua (Cono de abatimiento)	x	x	Puntos, Zonas de hundimiento, Fracturas, Fracturas inferidas	Fugas e Inundaciones	Por extracción de aguas, definiendo su Cono de abatimiento, saber si presenta un patrón en los puntos y zonas de hundimiento, y así compararla con las fugas e inundaciones para saber si tienen relación
5.- Peligro por vida útil de la tubería	x	x	Crecimiento poblacional por años	Fugas (año y tipo de tubería) e Inundaciones	Observando el patrón de fugas, inundaciones y crecimiento poblacional podremos saber el tiempo de vida útil de la tubería y de qué tamaño es el diámetro de tubería que colapsa más







Mapa Preliminar 2.1

SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA

— RED DE AGUA POTABLE

CATASTROS

◆ FUGAS

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL ATLAS XOCHIMILCO

TIPO

1
2
— FRACTURAS INFERIDAS
— FRACTURAS

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL UNAM

CLAVE

▲ FALLA GEOLÓGICA
— FRACTURAMIENTO

CURVAS DE NIVEL

Tipo

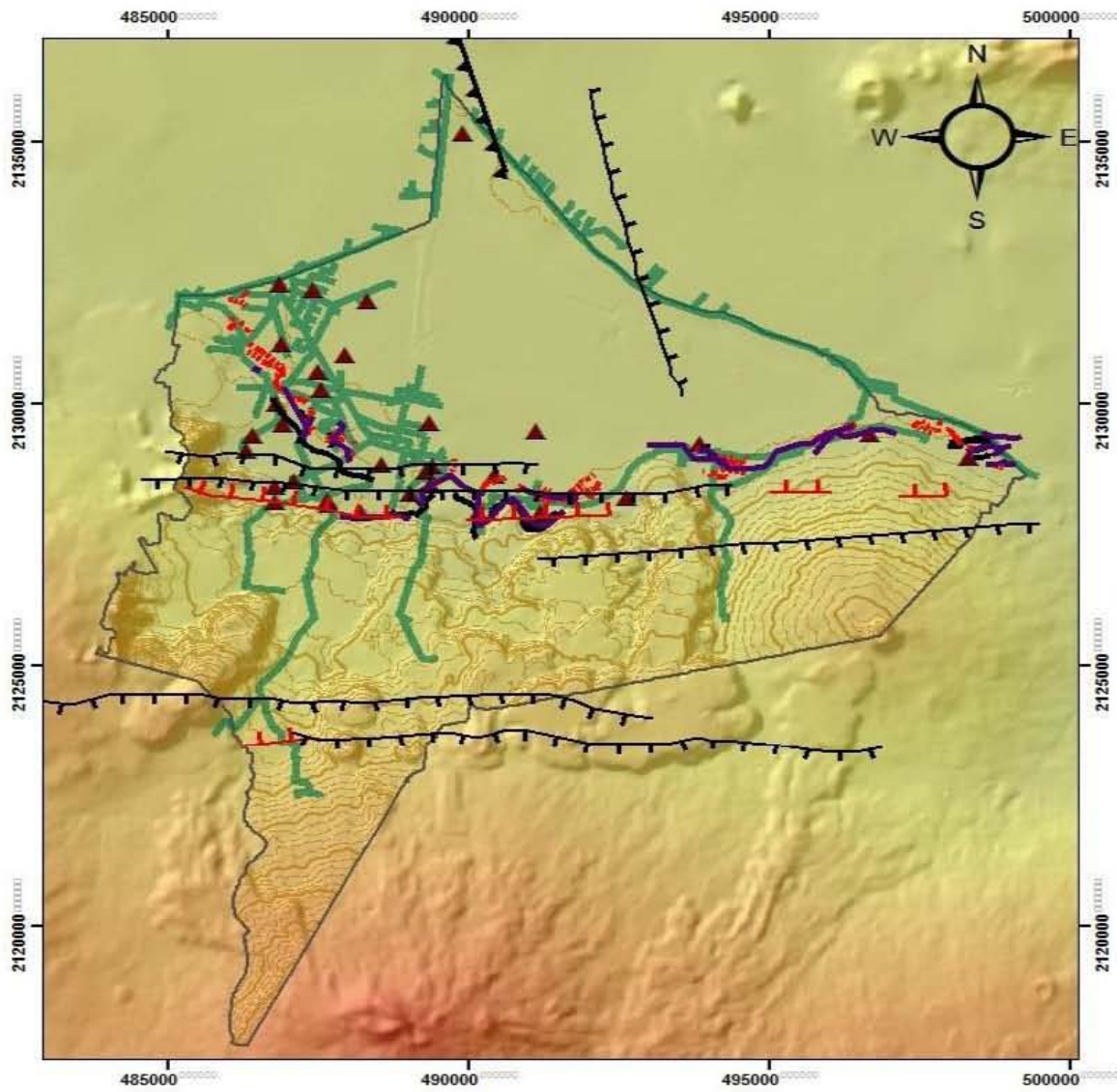
— Curva Auxiliar
— Curva Maestra

MODELO DE ELEVACIÓN - ms nm

Value

5354
3891
2418
945

□ XOCHIMILCO



Mapa Preliminar 2.2

SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA

— RED DE DRENAJE

CATASTROS

▲ INUNDACIONES

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL ATLAS XOCHIMILCO

TIPO

— 1

— 2

— FRACTURAS INFERIDAS

— FRACTURAS

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL UNAM

CLAVE

▲ FALLA GEOLÓGICA

— FRACTURAMIENTO

CURVAS DE NIVEL

Tipo

— Curva Auxiliar

— Curva Maestra

□ XOCHIMILCO

MODELO DE ELEVACIÓN - msnm

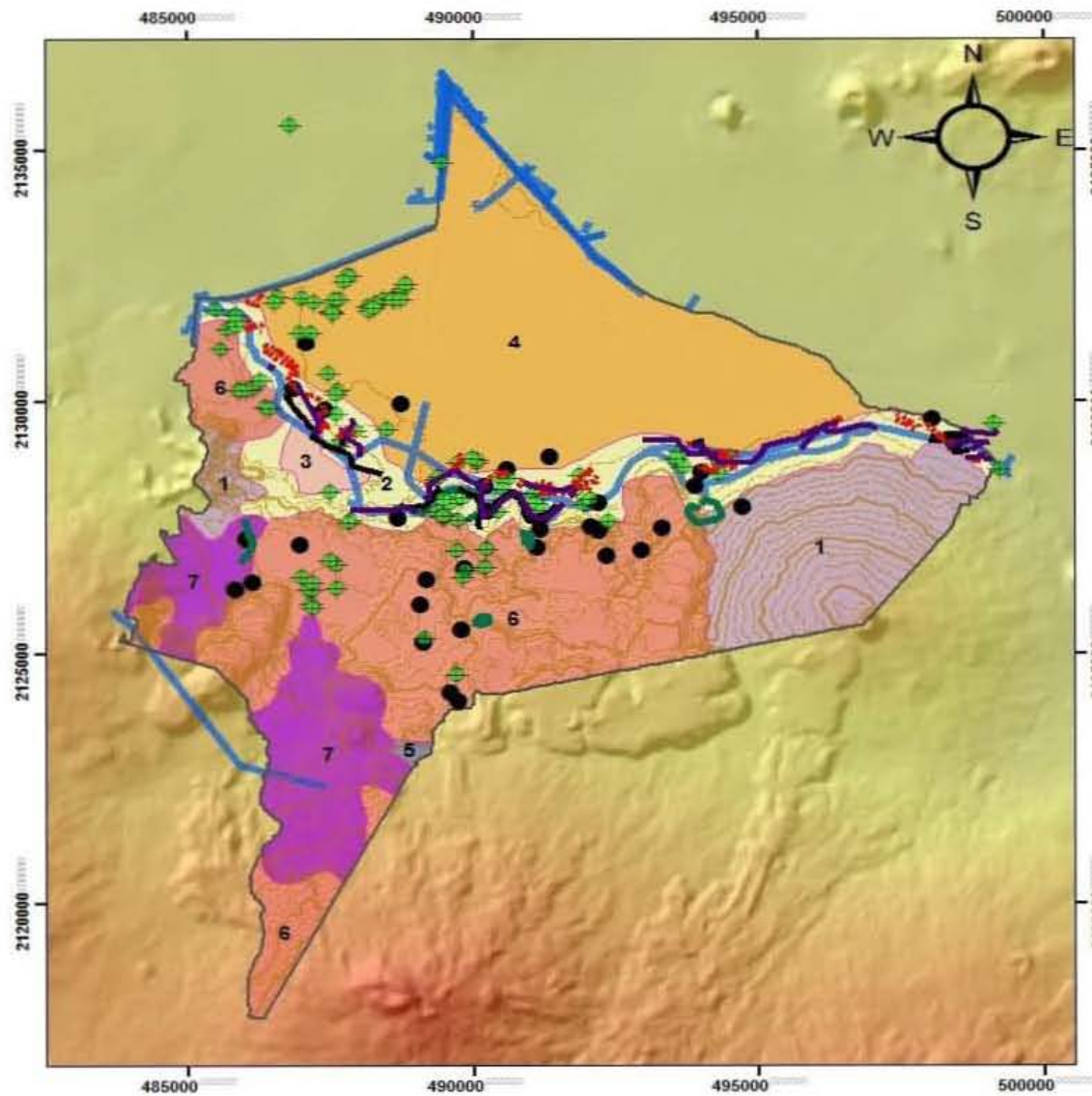
Value

5384

3891

2418

945



MAPA PRELIMINAR 3.1

SIMBOLOGÍA

GEOLOGÍA

LITOLOGÍA

- 1.- Andesita
- 2.- Aluvial
- 3.- Toba básica
- 4.- Lacustre
- 5.- Toba básica-Brecha volcánica básica
- 6.- Basalto
- 7.- Brecha volcánica básica

SISTEMA DE AGUA

- RED DE AGUA POTABLE

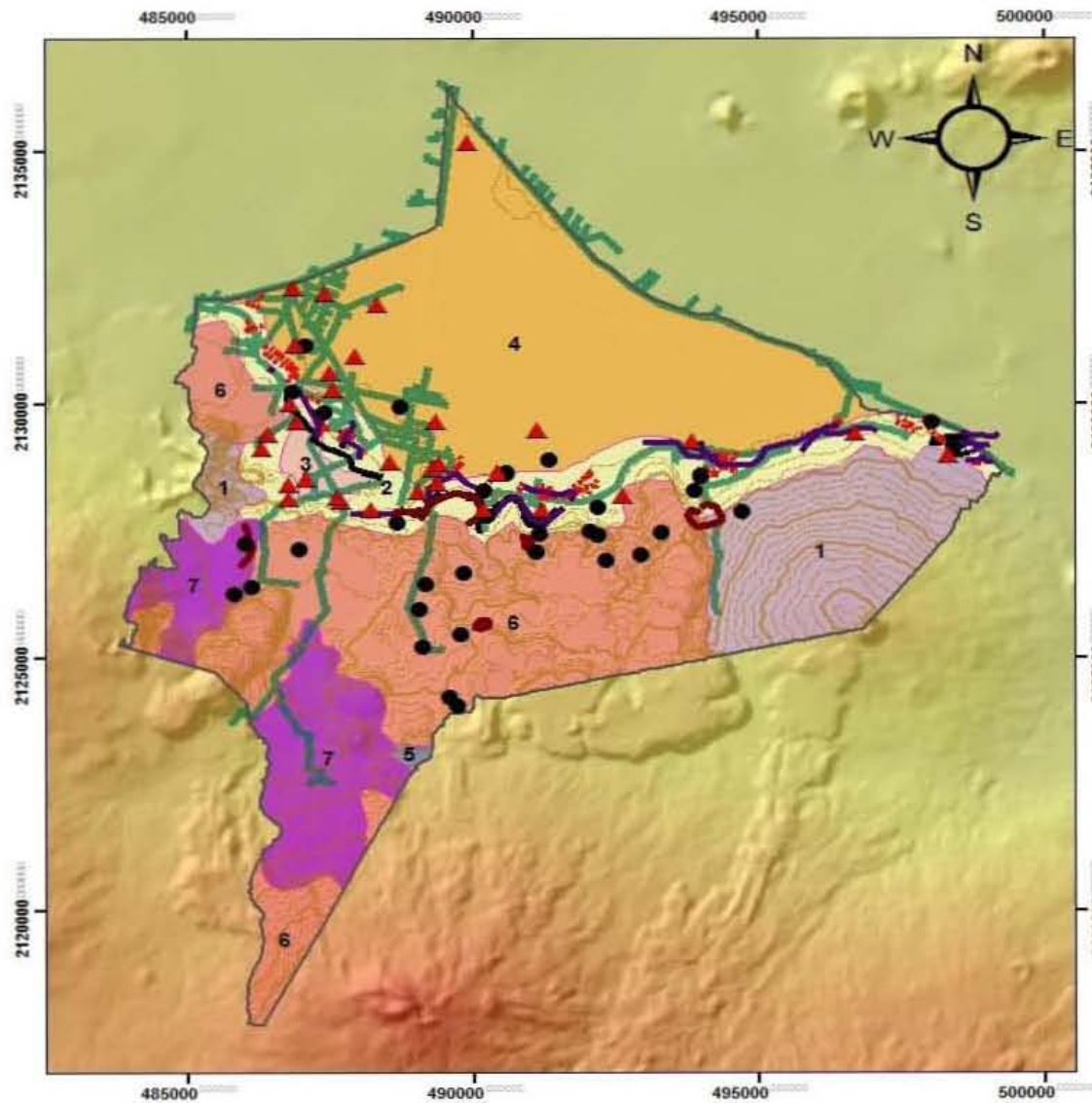
CATRASTOS

- ◆ FUGAS
- FRACTURAS INFERIDAS
- FRACTURAS
- FRACTURAMIENTO UNAM
- ZONA HUNDIMIENTO
- PUNTO HUNDIMIENTO

CURVAS DE NIVEL

Tipo

- Curva Auxiliar
- Curva Maestra



MAPA PRELIMINAR 3.2

SIMBOLOGÍA

GEOLOGÍA

LITOLOGÍA

- 1.- Andesita
- 2.- Aluvial
- 3.- Toba básica
- 4.- Lacustre
- 5.- Toba básica-Brecha volcánica básica
- 6.- Basalto
- 7.- Brecha volcánica básica

SISTEMA DE AGUA

- RED DE DRENAJE

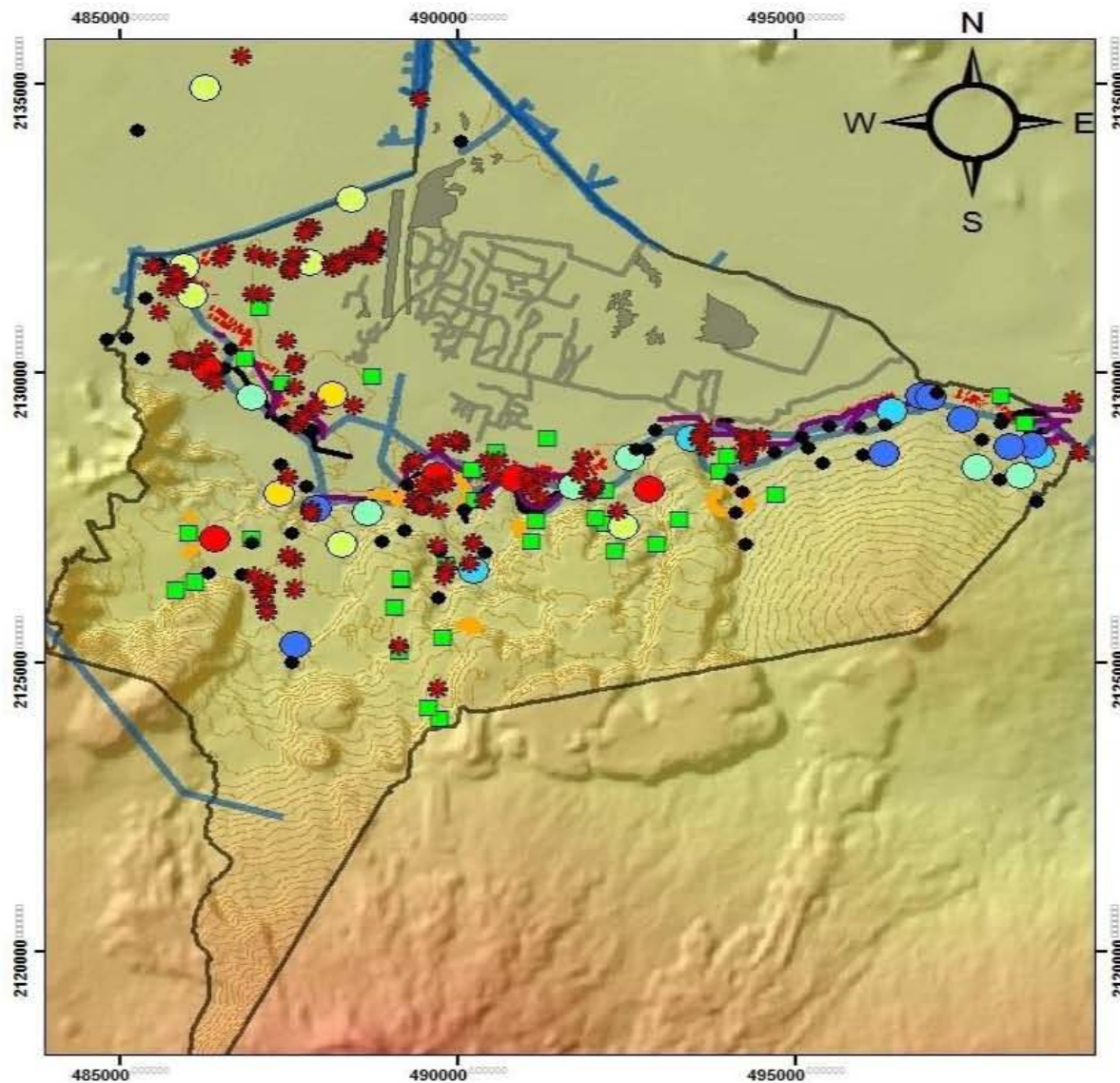
CATRASTOS

- ▲ INUNDACIONES
- FRACTURAS INFERIDAS
- FRACTURAS
- FRACTURAMIENTO UNAM
- PUNTO HUNDIMIENTO
- ZONA HUNDIMIENTO

CURVAS DE NIVEL

Tipo

- Curva Auxiliar
- Curva Maestra



MAPA PRELIMINAR 4.1

SIMBOLOGÍA

POZOS DE AGUA SACMEX

Abatimiento m.

- -27.00 -- -22.97
- -22.96 -- -15.00
- -14.99 -- -10.00
- -9.99 -- -5.00
- -4.99 -- -1.00
- -0.99 -- -0.50
- -0.49 -- -0.01
- Sin datos

SISTEMA DE AGUA

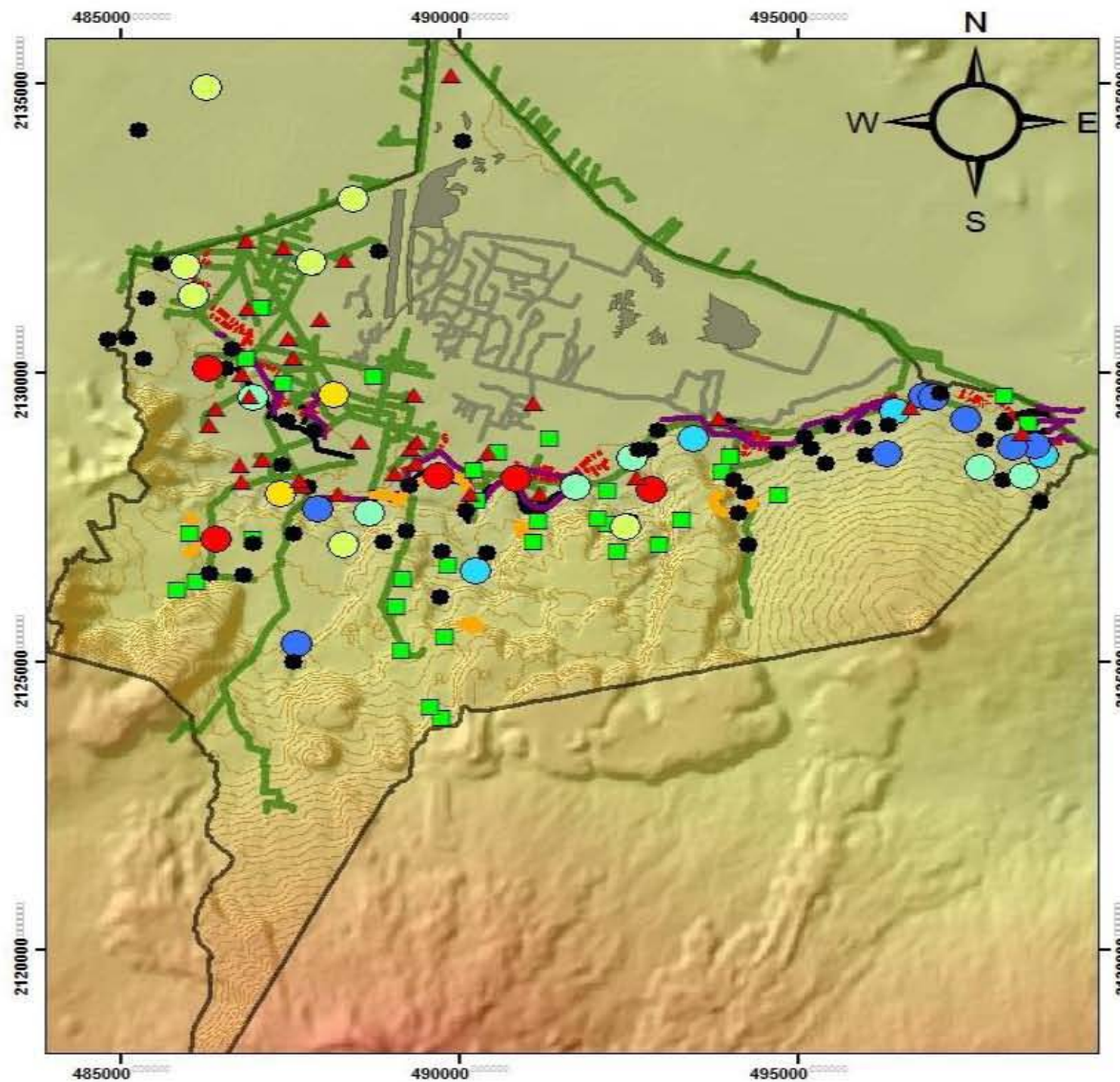
- RED DE AGUA POTABLE

HIDROGRAFÍA

- Canales
- Cuerpos de agua

CATRASTOS

- ✱ Fugas
- Punto Hundimiento
- Zona Hundimiento
- Fracturamiento UNAM
- - - - - Fracturas Inferidas
- Fracturas



MAPA PRELIMINAR 4.2

SIMBOLOGÍA

POZOS DE AGUA SACMEX

Abatimiento m.

- -27.00 - -22.97
- -22.96 - -15.00
- -14.99 - -10.00
- -9.99 - -5.00
- -4.99 - -1.00
- -0.99 - -0.50
- -0.49 - -0.01
- Sin datos

SISTEMA DE AGUA

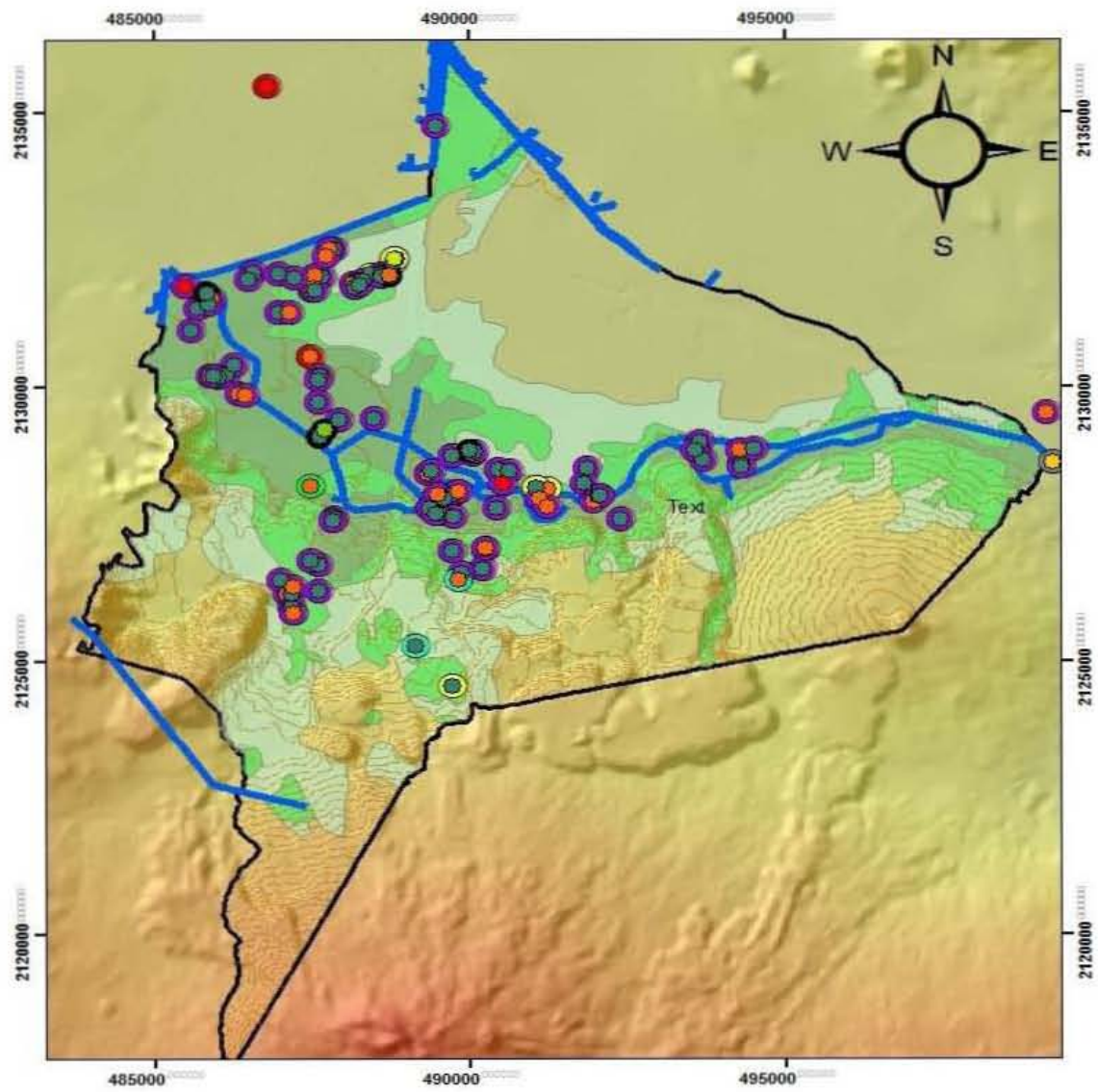
- RED DE DRENAJE

HIDROGRAFÍA

- Canales
- Cuerpos de agua

CATRASTOS

- ▲ INUNDACIONES
- PUNTO HUNDIMIENTO
- ZONA HUNDIMIENTO
- FRACTURAMIENTO UNAM
- - - - - FRACTURAS INFERIDAS
- FRACTURAS



MAPA PRELIMINAR 5.1

SIMBOLOGÍA

CRECIMIENTO POBLACIÓN

AÑO

- 1980
- 2000
- 2010

SISTEMA DE AGUA

- RED DE AGUA POTABLE

CATRASTOS

Fugas

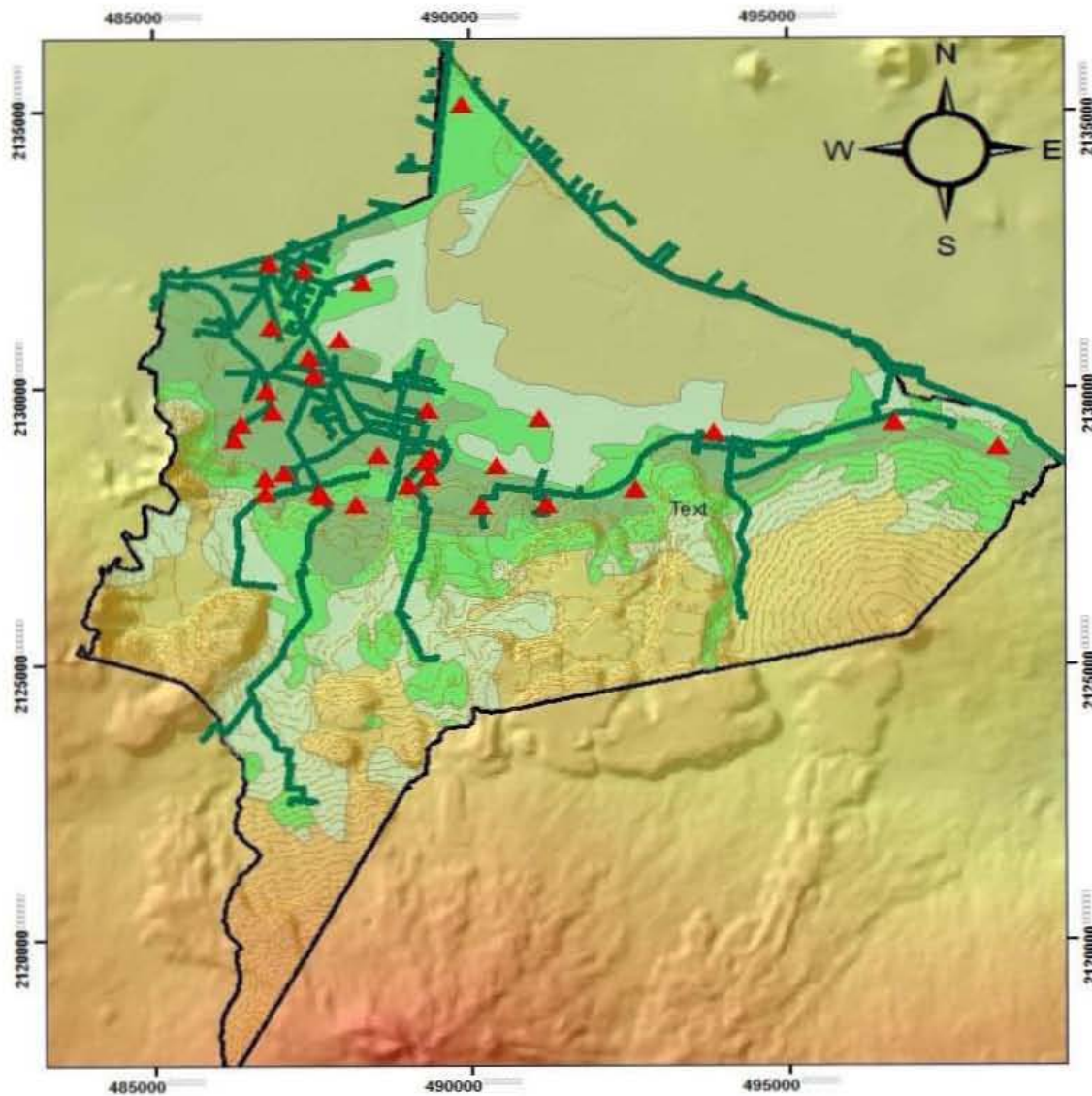
Año	Diámetro de tubería
2005	1/2"
2006	12"
2008	2"
2010	3/4"
2011	4"
2007	6"
2012	

CURVAS DE NIVEL

Tipo

- Curva Auxiliar
- Curva Maestra

- XOCHIMILCO



MAPA PRELIMINAR 5.2

SIMBOLOGÍA

CRECIMIENTO POBLACIÓN
AÑO

- 1980
- 2000
- 2010

SISTEMA DE AGUA

- Red de Drenaje

CATRASTOS

- Inundaciones

CURVAS DE NIVEL

Tipo

- Curva Auxiliar
- Curva Maestra

XOCHIMILCO

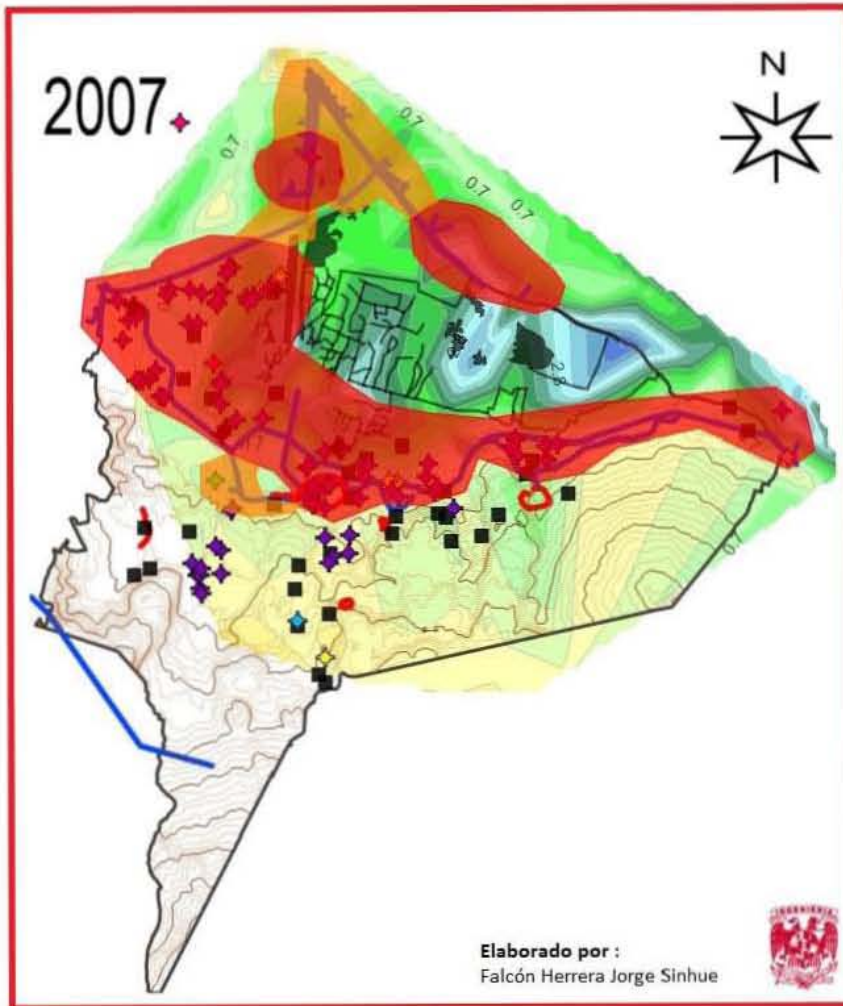
V. Resultados.

El cuadro 8 muestra los resultados que arrojan los mapas preliminares, de aquí se obtiene la información para presentar para pasar a el Atlas producto de toda la información recabada. Ver el cuadro con zoom 200-230

V.I. Atlas

<i>Atlas de Peligros y Riesgos que afectan al Sistema de Agua</i>		
Tema final	Riesgos	Consecuencias
1.- Peligro por hundimiento, Subsistencia-Topografía. (Modelo Bimimensional, década 2000-"2007").	Puntos, zonas de hundimiento	Fugas e inundaciones

SÍNTESIS	
POTABLE	DRENAJE
<p>Con el Modelo Bidimensional de la década de 2000 junto con la información obtenida de puntos y zonas de hundimiento y por último una topografía remarcada con las curvas de nivel generadas a partir del modelo de elevación del Inegi, se observan que las fugas presentan un patrón cercano a los puntos y zonas de hundimiento, así como también en el cambio de tonalidades de color dentro del Modelo Bidimensional generado. Con esto se concluye que la subsidencia afecta a la red de Agua Potable generando esfuerzos de sentido de corte en diferentes puntos a la red, donde pueden estar presentes una de esas tres. Un punto o zona de hundimiento, o un cambio de tonalidad de color en el Modelo Bidimensional traen como consecuencia que se generen fugas, mismas que, a través de los años, han ido incrementando su frecuencia y la tendencia de ir más hacia la parte central, que es en donde se presenta la mayor deformación por hundimiento.</p>	<p>Con el Modelo Bidimensional de la década de 2000 junto con la información obtenida de puntos y zonas de hundimiento y por último una topografía remarcada con las curvas de nivel generadas a partir del modelo de elevación del Inegi, se observa que las inundaciones presentan tres tipos de patrones de riesgo: 1) zona cerca de la montaña; en temporada de lluvias las zonas altas presentan la mayor tasa de precipitación, por lo que las inundaciones están cercanas a los bordes de pie de montaña; 2) con el Modelo Bidimensional se detectó que hay un cambio de pendiente, es decir, la topografía cambió y además el escurrimiento proveniente de las partes altas sigue la dirección hacia donde se presenta la mayor tasa de hundimiento. Y esto se manifiesta cada vez más con inundaciones en la parte central de la Alcaldía; 3) los canales y cuerpos de agua que tiene Xochimilco llegan a causar afectaciones por desborde de agua.</p>



SINOPSIS

Con el Modelo Bidimensional de la década de 2000 junto con la información obtenida de puntos y zonas de hundimiento y por último una topografía remarcada con las curvas de nivel generadas a partir del modelo de elevación del Inegi, se observan que las fugas presentan un patrón cercano a los puntos y zonas de hundimiento, así como también en el cambio de tonalidades de color dentro del Modelo Bidimensional generado. Con esto se concluye que la subsidencia afecta a la red de Agua Potable generando esfuerzos de sentido de corte en diferentes puntos a la red, donde pueden estar presentes una de esas tres. Un punto o zona de hundimiento, o un cambio de tonalidad de color en el Modelo Bidimensional traen como consecuencia que se generen fugas, mismas que, a través de los años, han ido incrementando su frecuencia y la tendencia de ir más hacia la parte central, que es en donde se presenta la mayor deformación por hundimiento.

PELIGRO POR HUNDIMIENTO



SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA

— Red de Agua Potable

CATRASTOS FUGAS AÑOS

 2005
  2006
  2007
  2008
  2010
  2011
  2012

■ Puntos de Hundimiento

— Zonas de Hundimiento

CURVAS DE NIVEL

Tipo

**** Curva Auxiliar

— Curva Maestra

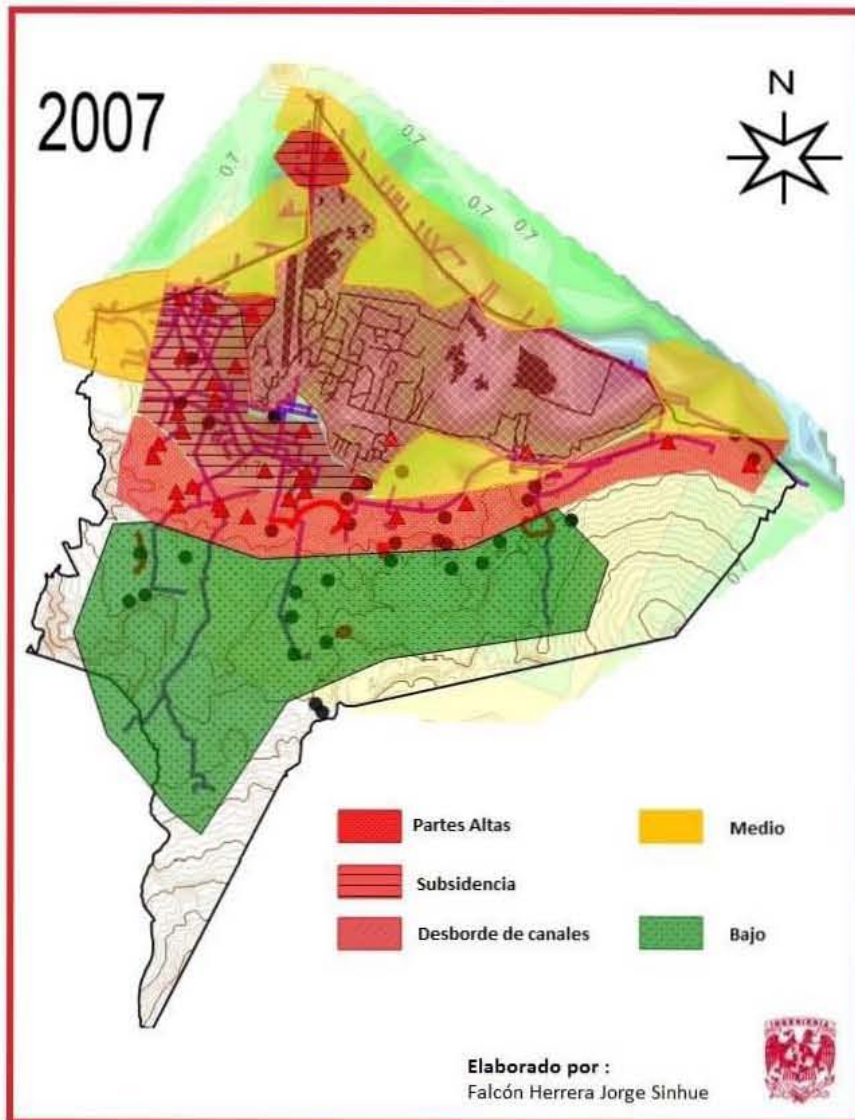
HIDROGRAFÍA

■ Cuerpos de Agua

— Canales

Modelo Bidimensional primera década de los dos mil





SINOPSIS

Con el Modelo Bidimensional de la década de 2000 junto con la información obtenida de puntos y zonas de hundimiento y por último una topografía remarcada con las curvas de nivel generadas a partir del modelo de elevación del INEGI, se observa que las inundaciones presentan tres tipos de patrones de riesgo: 1) zona cerca de la montaña; en temporada de lluvias las zonas altas presentan la mayor tasa de precipitación, por lo que las inundaciones están cercanas a los bordes de pie de montaña; 2) con el Modelo Bidimensional se detectó que hay un cambio de pendiente, es decir, la topografía cambió y además el escurrimiento proveniente de las partes altas sigue la dirección hacia donde se presenta la mayor tasa de hundimiento. Y esto se manifiesta cada vez más con inundaciones en la parte central de la Alcaldía; 3) los canales y cuerpos de agua que tiene Xochimilco llegan a causar afectaciones por desborde de agua.

PELIGRO POR HUNDIMIENTO

■ Alto ■ Medio ■ Bajo

SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA
 — Red de Drenaje

CATRASTOS
 ▲ Inundaciones
 ● Puntos de Hundimiento
 — Zonas de Hundimiento

CURVAS DE NIVEL
 Tipo
 **** Curva Auxiliar
 — Curva Maestra

HIDROGRAFÍA
 ■ Cuerpos de Agua
 — Canales

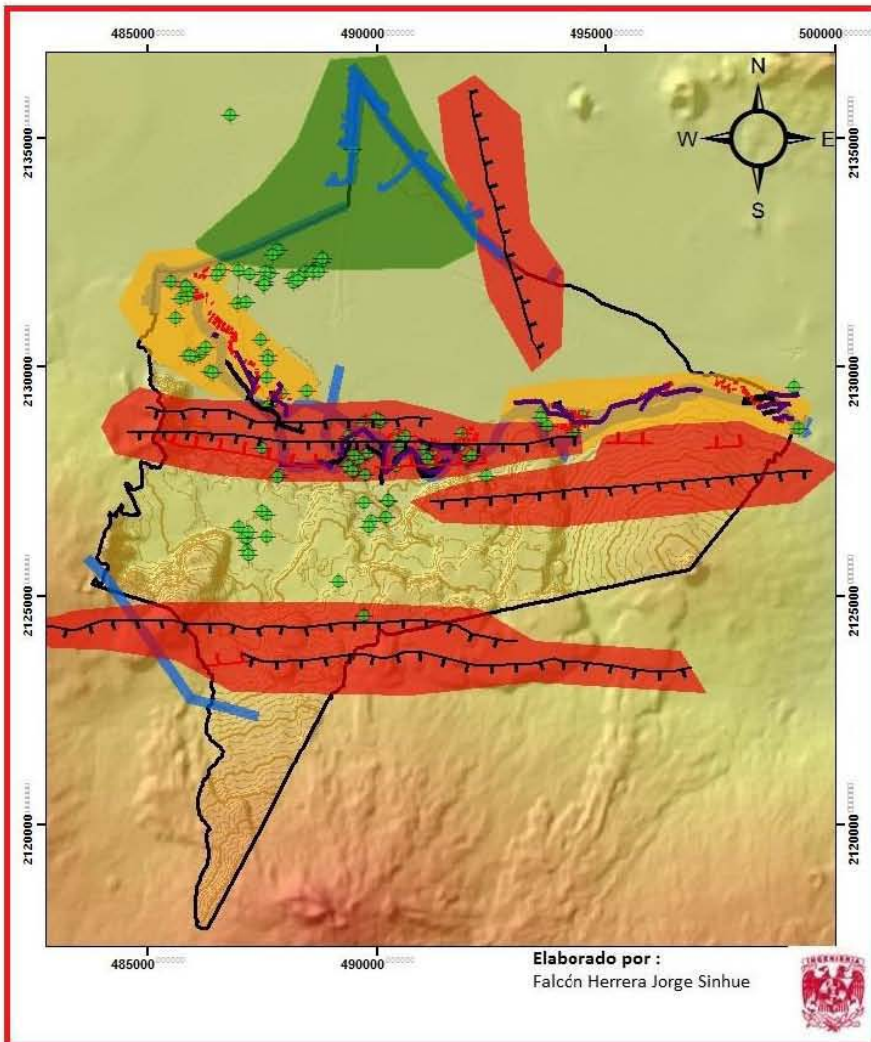
Modelo Bidimensional primera década de los dos mil

3.7 3.1 2.5 1.9 1.3 0.7 0.1 -0.5 -1.1

■ ■ ■
 Hundimiento Levantamiento

<i>Atlas de Peligros y Riesgos que afectan al Sistema de Agua</i>		
Tema final	Riesgos	Consecuencias
2.- Peligro por Fallas geológicas.	Fracturas, Fracturas inferidas	Fugas e inundaciones

SÍNTESIS	
POTABLE	DRENAJE
<p>La Fallas geológicas representan movimientos o esfuerzos generados en la corteza terrestre y por lo tanto muchos de estos fenómenos generan zonas de debilidad o inestabilidad, generando fracturas que indican la dirección preferencial del esfuerzo. En el caso de la red de Agua Potable, se señalan zonas que posiblemente estén afectadas por las fallas o a su vez las fracturas que se generaron. Como resultado, se obtuvieron zonas en donde hay presencia de falla geológica y fracturas. De acuerdo con este patrón se activó la información de fugas y se registró que coinciden muchas de éstas en esas zonas delimitadas. Nota: No se sabe si las fracturas son propiamente de las fallas, pero sirvió para generar la hipótesis sobre las zonas o la situación que podría estar pasando.</p>	<p>No se percibe algún patrón de comportamiento que por presencia de Fallas geológicas y Fracturas originen inundaciones. Nota: Se destaca que sí se observan algunas inundaciones en presencia de Falla geológica, sólo que se ubican a pie de montaña, en donde el escurrimiento es natural y en mayor porcentaje.</p>



SINOPSIS

Las Fallas geológicas representan movimientos o esfuerzos generados en la corteza terrestre y por lo tanto muchos de estos fenómenos generan zonas de debilidad o inestabilidad, generando fracturas que indican la dirección preferencial del esfuerzo. En el caso de la red de Agua Potable, se señalan zonas que posiblemente estén afectadas por las fallas o a su vez las fracturas que se generaron. Como resultado, se obtuvieron zonas en donde hay presencia de falla geológica y fracturas. De acuerdo con este patrón se activó la información de fugas y se registró que coinciden muchas de éstas en esas zonas delimitadas. Nota: No se sabe si las fracturas son propiamente de las fallas, pero sirvió para generar la hipótesis sobre las zonas o la situación que podría estar pasando.

PELIGRO POR FALLA GEOLÓGICA



SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA

— RED DE AGUA POTABLE

CATASTROS

◆ FUGAS

CURVAS DE NIVEL

Tipo

— Curva Auxiliar

— Curva Maestra

MODELO DE ELEVACIÓN - ms nm



GEOLÓGIA ESTRUCTURAL ATLAS XOCHIMILCO

TIPO

— 1

— 2

— FRACTURAS INFERIDAS

— FRACTURAS

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL UNAM

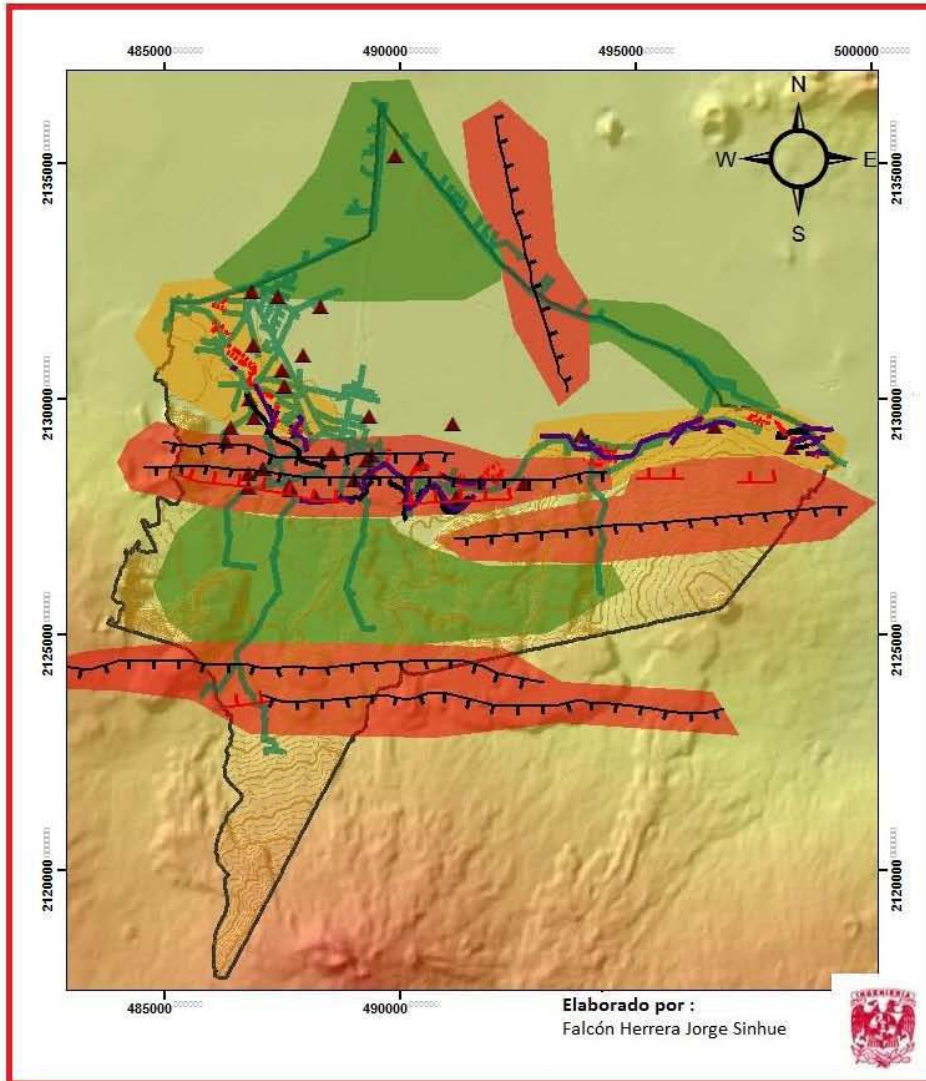
CLAVE

▲ FALLA GEOLÓGICA

— FRACTURAMIENTO

□ XOCHIMILCO





SINOPSIS

No se percibe algún patrón de comportamiento que por presencia de Fallas geológicas y Fracturas originen inundaciones. Nota: Se destaca que sí se observan algunas inundaciones en presencia de Falla geológica, sólo que se ubican a pie de montaña, en donde el escurrimiento es natural y en mayor porcentaje.

PELIGRO POR FALLA GEOLÓGICA



SIMBOLOGÍA

SISTEMA DE AGUA

— RED DE DRENAJE

CATASTROS

▲ INUNDACIONES

CURVAS DE NIVEL

Tipo

— Curva Auxiliar

— Curva Maestra

MODELO DE ELEVACIÓN- ms nm

Value



GEOLÓGIA ESTRUCTURAL ATLAS XOCHIMILCO

TIPO

— 1

— 2

— FRACTURAS INFERIDAS

— FRACTURAS

GEOLÓGIA ESTRUCTURAL UNAM

CLAVE

▲ FALLA GEOLÓGICA

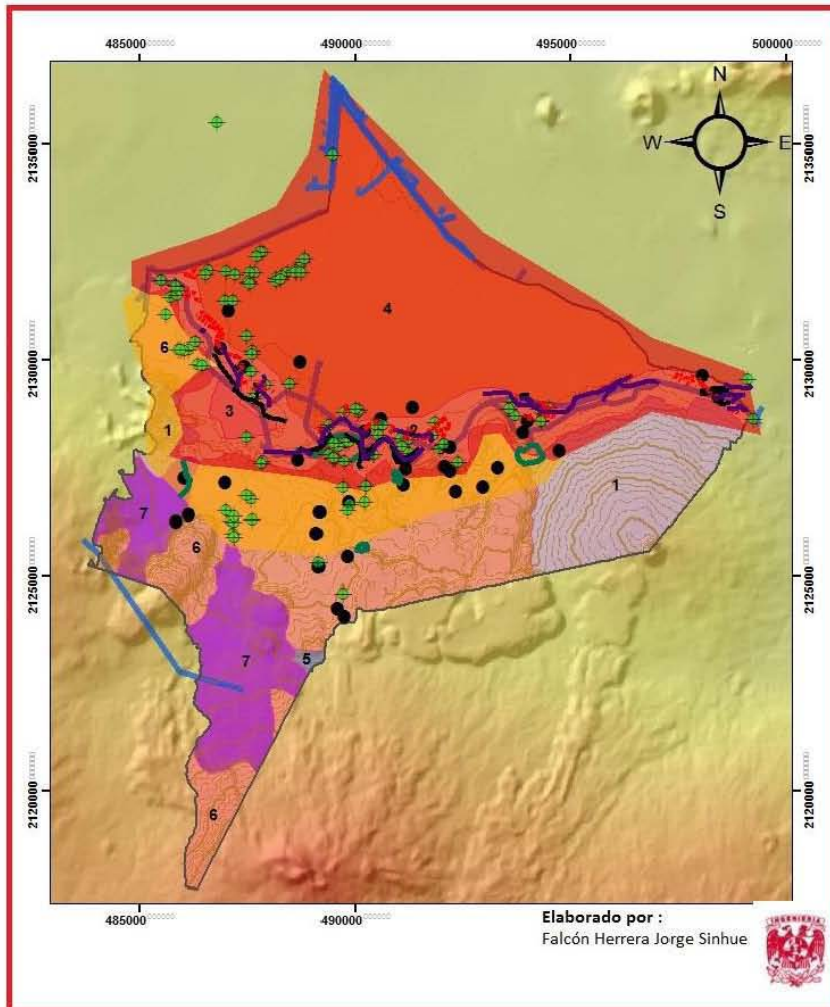
— FRACTURAMIENTO

□ XOCHIMILCO



<i>Atlas de Peligros y Riesgos que afectan al Sistema de Agua</i>		
Tema final	Riesgos	Consecuencias
3.- Peligro por Litología local (calidad de material).	Fracturas, Fracturas inferidas, puntos y zonas de hundimiento	Fugas e inundaciones

SÍNTESIS	
Potable	Drenaje
<p>Con la geología local de la Alcaldía de Xochimilco se analizó cuál de todas las litologías representa un peligro para la infraestructura del sistema de agua para saber qué litología tienen las zonas de mayor inestabilidad, esto a través de la concentración de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y por último tomar en cuenta las consecuencias, que son las fugas e inundaciones. La conclusión es saber qué tipo de material es el adecuado para tener una red hidráulica. El resultado fue que las unidades litológicas más afectadas por fracturas son aluvión y muy poco lacustre. En cuanto a puntos y zonas de hundimiento son las unidades de aluvión, lacustre, basalto, andesita y brecha volcánica. Las unidades que presentan mayor cantidad de fugas son basalto, aluvión y lacustre. Finalmente, las unidades que presentan inundaciones son lacustre, aluvión, toba básica y andesita.</p>	



SINOPSIS

Con la geología local de la Alcaldía de Xochimilco se analizó cuál de todas las litologías representa un peligro para la infraestructura del sistema de agua para saber qué litología tienen las zonas de mayor inestabilidad, esto a través de la concentración de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y por último tomar en cuenta las consecuencias, que son las fugas e inundaciones. La conclusión es saber qué tipo de material es el adecuado para tener una red hidráulica. El resultado fue que las unidades litológicas más afectadas por fracturas son aluvión y muy poco lacustre. En cuanto a puntos y zonas de hundimiento son las unidades de aluvión, lacustre, basalto, andesita y brecha volcánica. Las unidades que presentan mayor cantidad de fugas son basalto, aluvión y lacustre. Finalmente, las unidades que presentan inundaciones son lacustre, aluvión, toba básica y andesita.

PELIGRO POR LITOLOGÍA LOCAL (CALIDAD DE MATERIAL)



SIMBOLOGÍA

GEOLÓGIA

LITOLOGÍA

- 1.- Andesita
- 2.- Aluvial
- 3.- Toba básica
- 4.- Lacustre
- 5.- Toba básica-Brecha volcánica básica
- 6.- Basalto
- 7.- Brecha volcánica básica

CURVAS DE NIVEL

Tipo

- Curva Auxiliar
- Curva Maestra

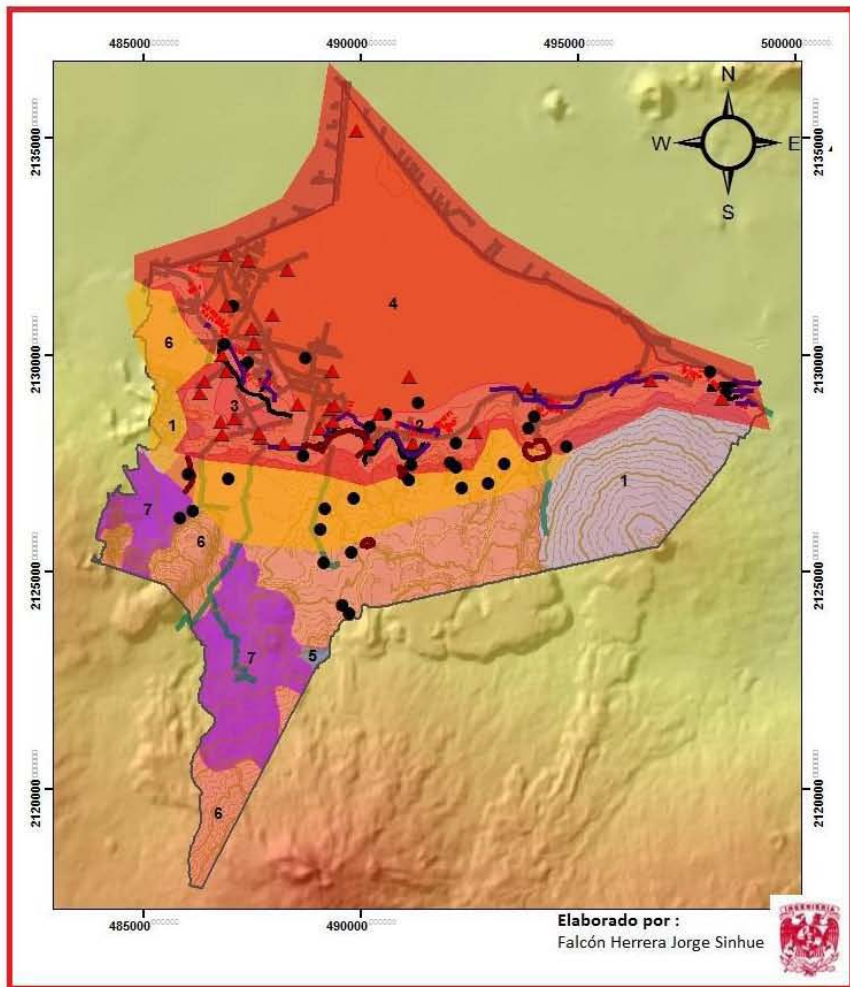
SISTEMA DE AGUA

- RED DE AGUA POTABLE

CATRASTOS

- ◆ FUGAS
- FRACTURAS INFERIDAS
- FRACTURAS
- FRACTURAMIENTO UNAM
- ZONA HUNDIMIENTO
- PUNTO HUNDIMIENTO





SINOPSIS

Con la geología local de la Alcaldía de Xochimilco se analizó cuál de todas las litologías representa un peligro para la infraestructura del sistema de agua para saber qué litología tienen las zonas de mayor inestabilidad, esto a través de la concentración de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y por último tomar en cuenta las consecuencias, que son las fugas e inundaciones. La conclusión es saber qué tipo de material es el adecuado para tener una red hidráulica. El resultado fue que las unidades litológicas más afectadas por fracturas son aluvión y muy poco lacustre. En cuanto a puntos y zonas de hundimiento son las unidades de aluvión, lacustre, basalto, andesita y brecha volcánica. Las unidades que presentan mayor cantidad de fugas son basalto, aluvión y lacustre. Finalmente, las unidades que presentan inundaciones son lacustre, aluvión, toba básica y andesita.

PELIGRO POR LITOLOGÍA LOCAL (CALIDAD DE MATERIAL)



SIMBOLOGÍA



GEOLOGÍA

LITOLOGÍA


-  1.- Andesita
-  2.- Aluvial
-  3.- Toba básica
-  4.- Lacustre
-  5.- Toba básica-Brecha volcánica básica
-  6.- Basalto
-  7.- Brecha volcánica básica

CURVAS DE NIVEL


Tipo

-  Curva Auxiliar
-  Curva Maestra

SISTEMA DE AGUA

-  RED DE DRENAJE

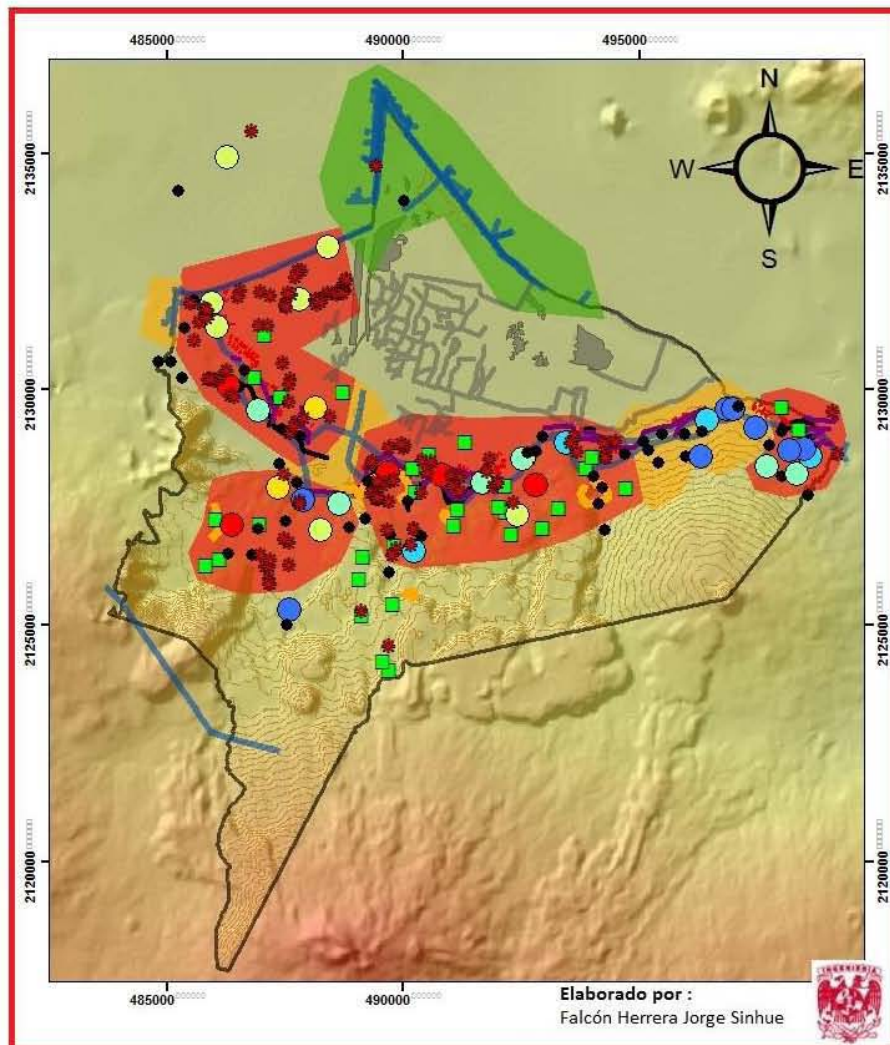
CATRASTOS

-  INUNDACIONES
-  FRACTURAS INFERIDAS
-  FRACTURAS
-  FRACTURAMIENTO UNAM
-  PUNTO HUNDIMIENTO
-  ZONA HUNDIMIENTO



<i>Atlas de Peligros y Riesgos que afectan al Sistema de Agua</i>		
Tema final	Riesgos	Consecuencias
4.- Peligro por extracción de agua (Cono de abatimiento).	Puntos, zonas de hundimiento, Fracturas, Fracturas inferidas	Fugas e inundaciones

SÍNTESIS	
Potable	Drenaje
A partir de los Conos de abatimiento, las magnitudes de profundidad van de 1 a 20 metros; sin embargo, se detectó que entre los rangos de 10 y 20 metros por lo que se cree que el radio de influencia en esos pozos tendría que ser de gran magnitud, siendo así, hay presencia de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y como consecuencia hay presencia de fugas. Nota: Los datos corresponden al año en que fue perforado el pozo; no se cuentan con registros actuales.	A partir de los Conos de abatimiento, las magnitudes de profundidad van de 1 a 20 metros; sin embargo, se detectó que entre los rangos de 10 y 20 metros por lo que se cree que el radio de influencia en esos pozos tendría que ser de gran magnitud, siendo así, hay presencia de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y como consecuencia hay presencia de fugas. Nota: Los datos corresponden al año en que fue perforado el pozo; no se cuentan con registros actuales.



SINOPSIS

A partir de los Conos de abatimiento, las magnitudes de profundidad van de 1 a 20 metros; sin embargo, se detectó que entre los rangos de 10 y 20 metros **por lo que se cree que el radio de influencia en esos pozos tendría que ser de gran magnitud, siendo así,** hay presencia de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y como consecuencia hay presencia de fugas. Nota: Los datos corresponden al

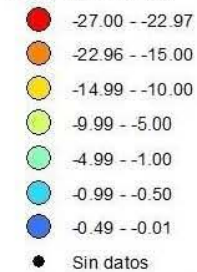
Peligro por extracción de agua (Cono de abatimiento, radio de influencia)



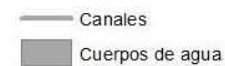
SIMBOLOGÍA

POZOS DE AGUA SACMEX

Abatimiento m.



HIDROGRAFÍA

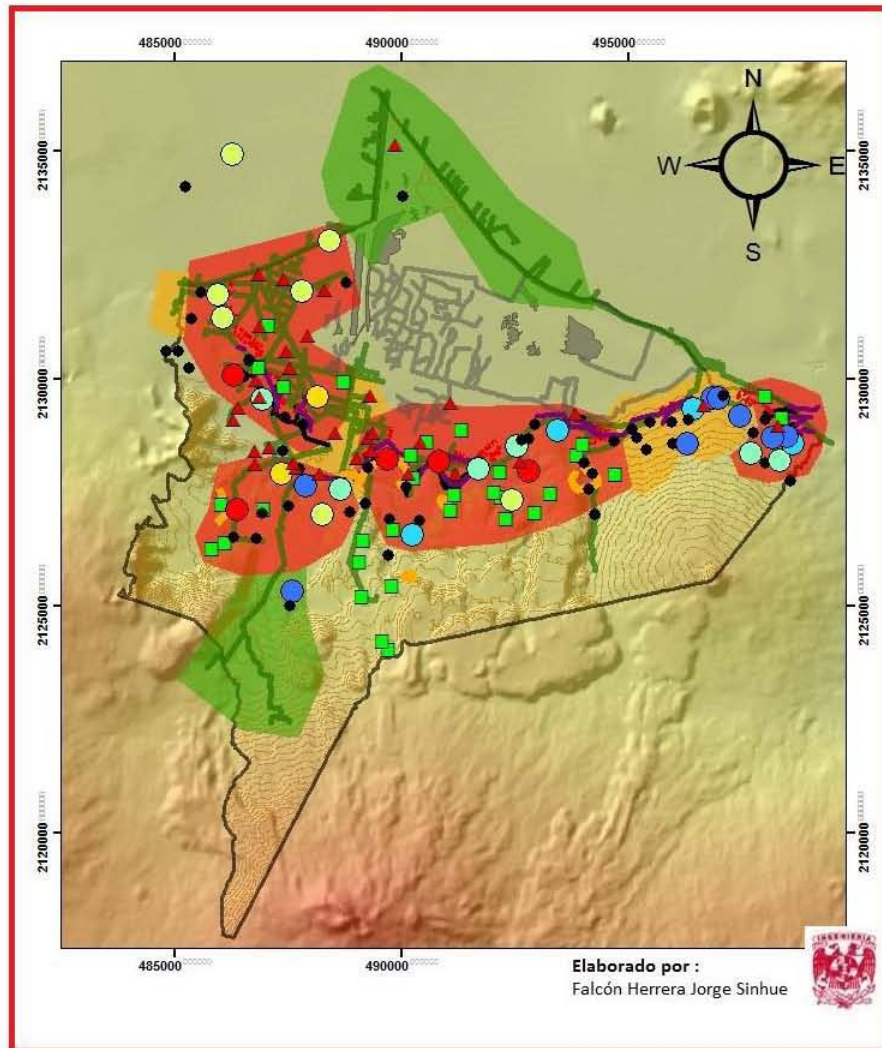


SISTEMA DE AGUA



CATRASTOS





SINOPSIS

A partir de los Conos de abatimiento, las magnitudes de profundidad van de 1 a 20 metros; sin embargo, se detectó que entre los rangos de 10 y 20 metros por lo que se cree que el radio de influencia en esos pozos tendría que ser de gran magnitud, siendo así, hay presencia de fracturas, puntos y zonas de hundimiento, y como consecuencia hay presencia de fugas. Nota: Los datos corresponden al

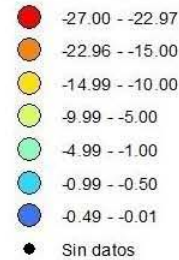
Peligro por extracción de agua (Cono de abatimiento, radio de influencia)



SIMBOLOGÍA

POZOS DE AGUA SACMEX

Abatimiento m.



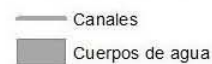
SISTEMA DE AGUA

RED DE DRENAJE

CATRASTOS

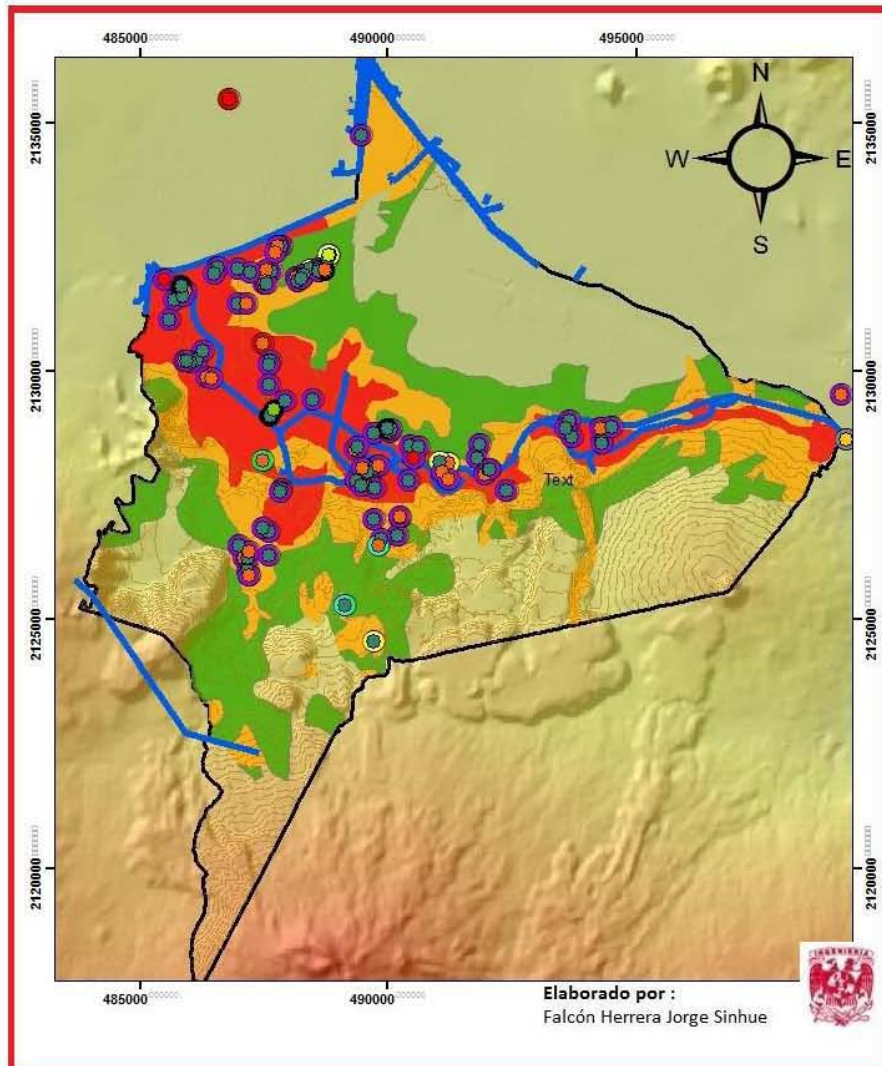


HIDROGRAFÍA



Atlas de Peligros y Riesgos que afectan al Sistema de Agua		
Tema final	Riesgos	Consecuencias
5.- Peligro por vida útil de la tubería.	Crecimiento poblacional por años y diámetro de la tubería	Fugas e inundaciones

SÍNTESIS	
Potable	Drenaje
<p>Con el crecimiento de la población durante las décadas de 1980, 2000 y 2010 se tiene cartografiado cómo ha crecido la mancha urbana en la Alcaldía de Xochimilco. El objetivo de este mapa es delimitar, con base en el crecimiento, qué tubería es más afectada por su tiempo de vida útil, así como identificar qué tipo de tubería es más afectada por su diámetro. Se concluyó que la tubería de 1980 es la que tiene mayor presencia de fugas y por diámetro las tuberías de 1/2" y 4" son las que colapsan más.</p>	<p>Con el crecimiento de la población durante las décadas de 1980, 2000 y 2010 se tiene cartografiado cómo ha crecido la mancha urbana en la Alcaldía de Xochimilco. El objetivo de este mapa es delimitar, con base en el crecimiento, los eventos de inundación. Como resultado, el drenaje de 1980 es el más afectado.</p>



SINOPSIS

Con el crecimiento de la población durante las décadas de 1980, 2000 y 2010 se tiene cartografiado cómo ha crecido la mancha urbana en la Alcaldía de Xochimilco. El objetivo de este mapa es delimitar, con base en el crecimiento, qué tubería es más afectada por su tiempo de vida útil, así como identificar qué tipo de tubería es más afectada por su diámetro. Se concluyó que la tubería de 1980 es la que tiene mayor presencia de fugas y por diámetro las tuberías de 1/2" y 4" son las que colapsan más.

Peligro por vida útil de la tubería



SIMBOLOGÍA

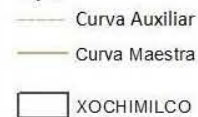
CRECIMIENTO POBLACIÓN

AÑO




CURVAS DE NIVEL

Tipo



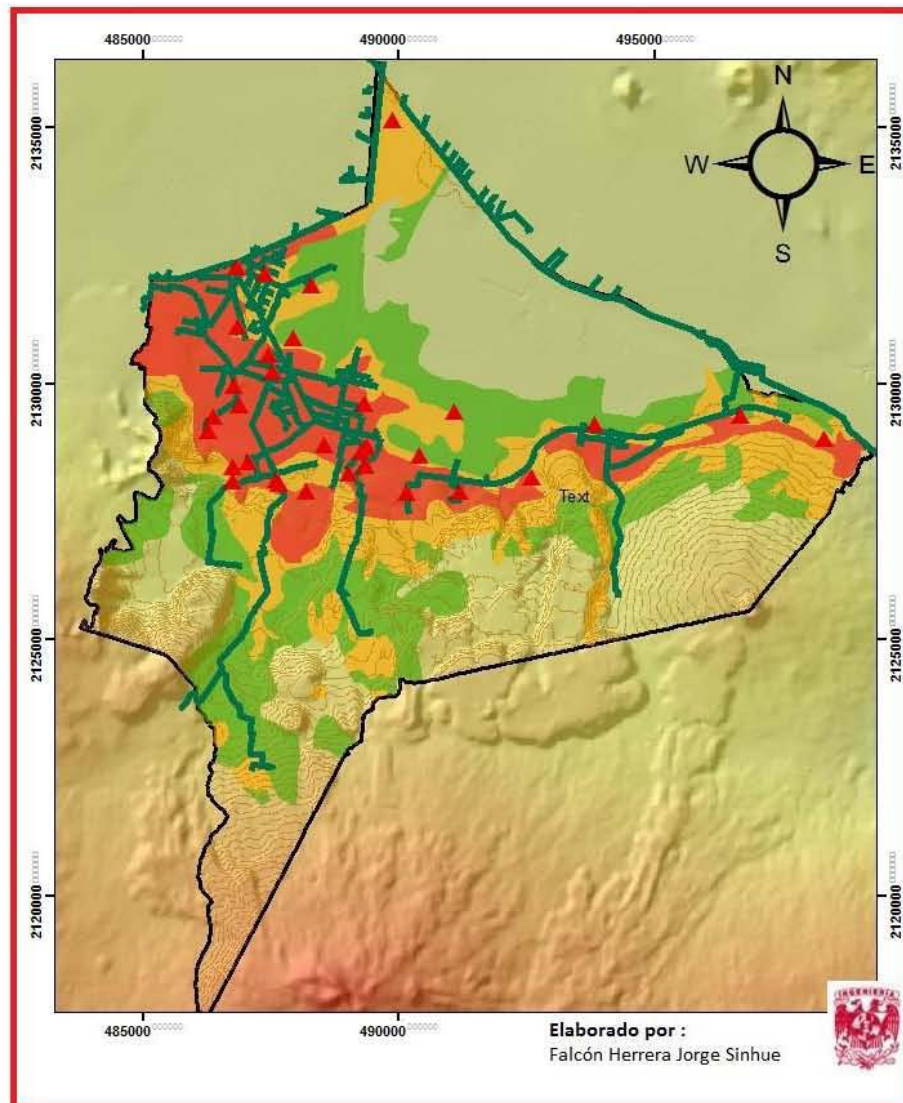
SISTEMA DE AGUA

 RED DE AGUA POTABLE

CATRASTOS

Fugas





SINOPSIS

Con el crecimiento de la población durante las décadas de 1980, 2000 y 2010 se tiene cartografiado cómo ha crecido la mancha urbana en la Alcaldía de Xochimilco. El objetivo de este mapa es delimitar, con base en el crecimiento, los eventos de inundación. Como resultado, el drenaje de 1980 es el más afectado.

Peligro por vida útil de la tubería




SIMBOLOGÍA

CRECIMIENTO POBLACIÓN


AÑO



SISTEMA DE AGUA


 Red de Drenaje


CATRASTOS


 Inundaciones

CURVAS DE NIVEL

Tipo

 Curva Auxiliar

 Curva Maestra

 XOCHIMILCO



VI. Conclusiones

El Atlas de Peligros y Riesgos que afectan la infraestructura hidráulica se realizó de acuerdo con la información recabada en diversas fuentes, lo que sirvió para realizar el análisis.

Para este trabajo no se obtuvo información en campo por lo que la delimitación del peligro se realizó con base en lo que se consultó, dejando al Atlas en un alcance cualitativo. Si se retomara o se complementara este trabajo, faltaría abordar la parte cuantitativa.

Se recomienda el uso de los Sistemas de Información Geográfica al ser una ventaja para la presentación cartográfica, ya que ayuda a visualizar la realidad geográfica, pues trabaja con información exacta, además de que permite complementarla. Esto hace que la base de datos se enriquezca y ofrezca un panorama más apegado a la realidad.

Es de suma importancia realizar este tipo de investigación año con año para saber la condición actual de la infraestructura, y apoyarla con evidencias de campo para determinar la intensidad y las dimensiones reales de los peligros.

A medida que se continúe el crecimiento poblacional, sin una planificación adecuada y sin reportes a detalle sobre el estado actual de la infraestructura, el mal funcionamiento del sistema permanecerá si se sigue tomando esas medidas.

Todo lo generado para la realización de este Atlas no servirá si no se le da un seguimiento o complementa la información cuyas fuentes sean medidas en campo.

Los datos recabados por otras instancias, tanto de Gobierno como privadas, tienen que ser de mejor calidad y deben actualizarse año con año.

La Alcaldía de Xochimilco se encuentra en una zona de transición, por lo que es propensa a tener fenómenos de orden natural y antropogénico que se incrementan con la presencia de algunos riesgos como:

Riesgos

Fracturas, Fracturas inducidas. Este riesgo es cualitativo, por lo que su origen no pudo ser asociado a ningún peligro natural o antropogénico. El poder clasificarlo sólo sería con fotogrametría y toma de datos en campo. Afectación a la infraestructura hidráulica: Están asociadas a zonas de inestabilidad donde en presencia de algún peligro, ya sea natural o antropogénico, se incrementan las posibilidades de que existan fugas.

Puntos y zonas de hundimiento. Este riesgo es cualitativo; su origen puede ser en dos vertientes: la primera asociada con la tasa de hundimiento que sigue el terreno y la segunda por la extracción de agua en donde se presentan conos de abatimiento de orden mayor a 10 m, en este fenómeno tendríamos que calcular el radio de influencia que tienen cada uno de los conos de abatimiento. Para ello se necesita ir a campo a verificar las estructuras que prevalecen en esos sitios. Afectación a infraestructura hidráulica: Causa afectaciones en dos diferentes formas: 1) que la tubería se vea sometida a diferentes tipos de esfuerzo puntuales y con esto se doble o se comprometa su rigidez, causando su ruptura, 2) crea puntos en donde por escurrimiento natural el agua forma zonas de encharcamiento y no sigue su pendiente natural con lo cual no llega al drenaje, causando afectaciones.

Peligros

Fenómenos Naturales

Subsidencia. Este fenómeno afecta a toda la infraestructura hidráulica trayendo consigo una serie de riesgos o rasgos característicos, como fracturas, puntos y zonas de hundimiento creando un área de mucha inestabilidad.

Fallas Geológicas. En donde se dan este tipo de fenómenos naturales generan zonas de inestabilidad que vienen acompañadas de fracturas. Entonces, para cuando se hace un trabajo de servicios básicos, es importante saber qué ha pasado y qué tan peligroso se puede convertir dicho fenómeno. Cabe recordar que durante un tiempo estas fallas pueden estar inactivas, pero con la presencia de un sismo, con un cambio en su morfología natural o la extracción de agua subterránea, se puede convertir en una zona de gran inestabilidad y peligro para cualquier infraestructura.

En el presente trabajo se concluye, que sí se tienen zonas inestables que están afectando más a la infraestructura de agua potable que a la de drenaje. Y es posible que esta área esté relacionada con el origen o presencia de fallas geológicas y fracturas.

Geología. Siempre que el humano busca establecerse en una región desarrolla su capacidad para construir, para así satisfacer sus necesidades primarias, como son el alimento y el agua.

En cuanto al agua, el diseño de su infraestructura radica en donde obtenerla y cómo distribuirla a la comunidad, para después desalojarla. Sin embargo, esa construcción está en contacto y sometida a un entorno geológico, por lo que se enfrentará a diferentes tipos

de problemas. En otras palabras, la geología del sitio será la condicionante para poder ubicar la infraestructura, ya que depende del tipo de material autóctono que se tenga en esa zona. Por ejemplo, de acuerdo con el crecimiento poblacional de la Alcaldía de Xochimilco, la población se ha establecido, topográficamente en las partes altas principalmente en la zona de recarga de la región y en donde el tipo de roca se complica el manejo del agua hacia esa zona.

El análisis litológico nos arrojó en qué tipo de roca se presentó mayores riesgos principalmente por presencia de fracturas, puntos y zonas de hundimiento. En la Alcaldía de Xochimilco se presentan dos unidades en las partes bajas, aluvión y lacustre. La primera es donde hay un mayor registro por fracturas, y es aquí donde empieza el cambio de pendiente según los Modelos Bidimensionales. La segunda es la más afectada de acuerdo con la tasa de hundimiento, es decir, es la unidad más deformada por el hundimiento regional que presenta en la Alcaldía.

Fenómenos Antropogénicos

Asentamientos (Crecimiento poblacional). En este fenómeno a mayor crecimiento mayor demanda de primeras necesidades. Por ello, se necesita una infraestructura que pueda satisfacer esos recursos. En este caso el agua a través de los sistemas.

Hoy en día el desarrollo poblacional se ha excedido de manera importante y los asentamientos se han establecido hasta llegar a las partes altas de la montaña, dificultando, sobre todo, que el servicio del agua llegue a esas partes y al ser una zona de recarga se vuelve un foco de contaminación con lo cual, este recurso se vuelve más caro. Al no haber un ordenamiento territorial, la infraestructura hidráulica no cuenta con las medidas de planificación necesarias.

Tiempo de vida útil de la tubería. Depende del material que este hecho y depende del sitio en donde se ubique. Además de estudiar los diferentes tipos de materiales de tal manera que resistan los riesgos presentes en el área.

Una medida para tratar de mitigar el daño o una forma de prevención es llevar el control de la infraestructura modificada y digitalizar la información en una nueva carta.

Pozos de agua (Cono de abatimiento, radio de influencia). El constante crecimiento de población ha traído como consecuencia la sobreexplotación de los acuíferos. Pero ¿cómo ha afectado esto a la infraestructura hidráulica? La respuesta radica en el descenso o la

diferencia que se da entre el nivel estático y el nivel dinámico que se genera, cuando se empieza a bombear, el agua comienza a fluir radialmente hacia el sondeo, y transcurrido un tiempo, la superficie freática toma la forma de un cono, al que llamamos Cono abatimiento, éste genera un radio de influencia de pozo, el cual depende de qué tipo de acuífero se tenga explotando (Figura 1).

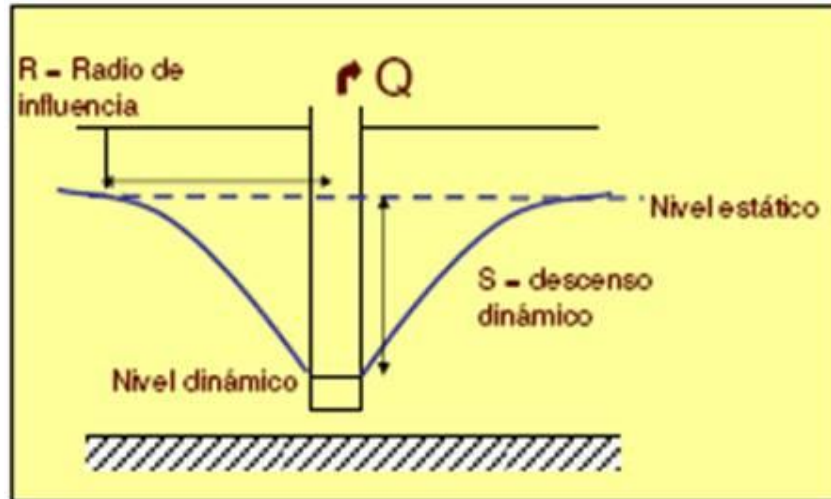


Figura 1. Elementos que componen un pozo de extracción de agua.

Este cono que se tiene por la información de pozos de agua dados por el SACMEX tiene la magnitud de varios metros de profundidad, de entre 20 y 10. Esto sugiere como hipótesis que en donde el Cono de abatimiento es del orden de magnitudes ya mencionado, se presentan en sus alrededores puntos de hundimiento, por lo que el radio de influencia en esos pozos tendría que ser de gran magnitud y a lo cual podría representar zonas de peligro a la infraestructura hidráulica.

Recomendaciones

- Actualizar la base de datos de la red de agua.
- Actualizar la base datos de Bancos de Nivel.
- Actualizar la base de datos de pozos de agua, con niveles estáticos y dinámicos.
- Actualizar la base de datos de las zonas donde hubo fugas e inundaciones por fecha, hora y coordenadas.
- Enriquecer la base de datos que se obtuvo en esta tesis y actualizar las cartas de este Atlas.
- Hacer estudios de campo o fotogrametría por a través del uso del dron.
- Cartografiar y resolver el origen de Fracturas, Fracturas inferidas, Puntos y zonas de hundimiento.
- Realizar una campaña publicitaria sobre cuidado del agua, su origen y el gasto que se genera para llevarla y desalojarla de la comunidad.
- Generar mapas de Atlas de Riesgos y Peligros en todas las delegaciones para tener un plan de contingencia.

Tabla 5. Bancos de Nivel 80's.

FID	ID	COTA_1983	COTA_1985	COTA_1987	COTA_1989	83_85	85_87	87_89	total
1	B(S09E02)04			2236.309	2236.187	0.000	0.000	0.122	0.122
2	B(S10E02)02				2233.420				0.000
3	B(S10E03)01		2233.127	2232.984	2232.632		0.143	0.352	0.495
4	B(S10E03)02		2233.043	2232.782	2232.267		0.261	0.515	0.776
5	B(S11E03)01	2233.715	2233.222	2232.955	2232.388	0.493	0.267	0.567	1.327
6	C(S10E02)03								0.000
7	C(S10E02)04								0.000
8	C(S10E03)01								0.000
9	C(S11E02)02								0.000
10	M(S09E03)01	2241.242	2241.153	2241.186	2241.102	0.089	-0.033	0.084	0.140
11	P(S09E03)03		2238.294	2238.310			-0.016		-0.016
12	P(S09E03)05		2239.022	2235.460			3.562		3.562
13	P(S10E02)01		2233.956	2233.828			0.128		0.128
14	P(S10E03)01			2234.949			0.000		0.000
15	P(S11E02)01		2233.896	2233.727			0.169		0.169
16	P(S11E03)01		2234.215	2233.913			0.302		0.302
17	B(S09E03)01								0.000
18	B(S10E03)03								0.000
19	B(S10E04)01	2235.438	2235.130	2234.901	2234.550	0.308	0.229	0.351	0.888
20	B(S10E04)02		2236.295	2236.124	2235.943		0.171	0.181	0.352
21	B(S10E04)04								0.000
22	B(S10E04)05								0.000
23	B(S11E04)01			2237.354	2236.946			0.408	0.408
24	B(S11E05)01		2240.399	2240.298	2240.006		0.101	0.292	0.393
25	B(S11E05)02		2238.283	2238.151	2237.857		0.132	0.294	0.426
26	B(S11E05)03		2239.607	2239.509	2239.071		0.098	0.438	0.536
27	B(S11E05)04								0.000
28	C(S09E03)02			2238.109					0.000
29	C(S09E03)03								0.000
30	C(S10E04)01								0.000
31	C(S10E04)02								0.000
32	M(S09E03)02			2243.253	2243.402			-0.149	-0.149
33	M(S09E03)03			2238.250	2238.107			0.143	0.143
34	M(S09E03)04		2237.191	2237.187	2237.245		0.004	-0.058	-0.054
35	M(S09E04)02			2237.664	2237.523			0.141	0.141
36	P(S09E03)01			2249.158					0.000
37	P(S09E03)02	2244.992	2244.986	2244.999		0.006	-0.013		-0.007
38	P(S09E03)04		2237.424	2239.034			-1.610		-1.610
39	B(S11E02)01								0.000
40	B(S11E03)04								0.000
41	B(S11E03)05								0.000
42	B(S12E01)02	2238.518	2238.438	2238.394	2238.181	0.080	0.044	0.213	0.337
43	C(S12E01)03								0.000
44	M(S12E01)01		2235.490	2235.404	2235.154		0.086	0.250	0.336
45	M(S12E01)03		2236.887	2236.801	2236.566		0.086	0.235	0.321
46	M(S12E01)05								0.000
47	M(S12W01)04	2248.106	2248.069	2248.068	2247.956	0.037	0.001	0.112	0.150
48	M(S12W01)05	2243.034	2242.981	2242.936	2242.826	0.053	0.045	0.110	0.208
49	P(S11E01)03		2236.163	2236.113			0.050		0.050
50	P(S11E02)02	2234.203	2234.769	2234.658		-0.566	0.111		-0.455
51	P(S11E02)03		2233.154	2232.887			0.267		0.267
52	P(S12E01)01	2236.937	2236.840	2236.740		0.097	0.100		0.197
53	P(S12E02)01	2233.758	2233.511	2233.240		0.247	0.271		0.518
54	P(S12E03)01		2233.217	2232.960			0.257		0.257
55	B(S11E06)04	2238.454	2236.457		2238.288	1.997		-1.831	0.166
56	B(S11E06)05		2238.469	2238.426	2238.190		0.043	0.236	0.279
57	B(S12E05)01		2239.482	2239.449	2239.237		0.033	0.212	0.245
58	B(S12E05)03		2237.348	2237.116	2236.336		0.232	0.780	1.012
59	B(S12E06)01		2238.637	2238.443	2238.648		0.194	-0.205	-0.011
60	B(S12E06)02		2238.500	2238.374	2237.698		0.126	0.676	0.802
61	B(S13E06)01			2238.299	2237.645			0.654	0.654
62	B(S13E06)03								0.000
63	B(S13E07)02		2237.959	2237.886	2237.259		0.073	0.627	0.700
64	B(S13E08)01				2236.542				0.000
65	B(S13E08)02								0.000
66	B(S13E08)03								0.000
67	B(S13E09)01	2236.122	2235.720	2235.792	2235.455	0.402	-0.072	0.337	0.667
68	B(S14E09)02				2236.372				0.000
69	B(S15E10)02				2236.018				0.000
70	C(S12E05)01								0.000
71	C(S12E07)02								0.000
72	C(S13E09)01	2238.031	2237.561			0.470			0.470
73	C(S14E10)01								0.000
74	C(S14E10)02								0.000
75	M(S12E07)01								0.000
76	M(S12E07)02				2237.553				0.000
77	M(S13E07)01			2237.075	2236.280			0.795	0.795
78	M(S14E09)02	2236.183	2235.979	2235.830	2235.424	0.204	0.149	0.406	0.759
79	M(S15E09)02		2247.491	2247.453	2247.366		0.038	0.087	0.125
80	P(S15E09)04		2248.833	2248.829			0.004		0.004

FID	ID	COTA_1983	COTA_1985	COTA_1987	COTA_1989	83_85	85_87	87_89	total
81	P(S15E09)05		2251.848	2251.713			0.135		0.135
82	P(S15E09)06		2264.029	2264.010			0.019		0.019
83	B(S18E05)02		2589.913	2589.879	2589.939		0.034	-0.060	-0.026
84	B(S18E06)01		2577.009	2576.977	2577.039		0.032	-0.062	-0.030
85	B(S18E06)02		2482.205	2482.116	2482.174		0.089	-0.058	0.031
86	B(S18E06)03		2558.225	2558.186	2558.250		0.039	-0.064	-0.025
87	B(S10E04)04								0.000
88	B(S10E04)03		2237.506	2237.377	2236.867		0.129	0.510	0.639
89	B(S11E03)02								0.000
90	B(S11E03)03								0.000
91	B(S11E04)02			2237.185	2236.687			0.498	0.498
92	B(S11E04)03								0.000
93	B(S11E04)04								0.000
94	B(S12E01)03								0.000
95	B(S12E02)01								0.000
96	B(S12E03)01								0.000
97	B(S12E03)02								0.000
98	B(S12E03)03			2235.997					0.000
99	B(S12E04)01								0.000
100	B(S12E04)02								0.000
101	B(S12E04)03								0.000
102	B(S12E04)04								0.000
103	B(S12E05)02		2236.931	2236.709	2236.061		0.222	0.648	0.870
104	B(S13E02)01		2236.463	2236.231	2235.727		0.232	0.504	0.736
105	B(S13E02)02		2237.023	2236.748	2236.222		0.275	0.526	0.801
106	B(S13E02)03				2236.742				0.000
107	B(S13E02)04								0.000
108	B(S13E02)05								0.000
109	B(S13E03)01		2237.121	2236.955	2236.259		0.166	0.696	0.862
110	B(S13E03)02		2236.330	2236.065	2235.496		0.265	0.569	0.834
111	B(S13E03)03			2236.909					0.000
112	B(S13E04)01			2236.144					0.000
113	B(S13E04)02			2236.609					0.000
114	B(S13E05)01			2237.180	2236.555			0.625	0.625
115	B(S13E05)02								0.000
116	B(S14E01)02		2244.132	2243.982	2243.609		0.150	0.373	0.523
117	B(S14E02)01	2239.026	2238.694	2238.388	2237.865	0.332	0.306	0.523	1.161
118	B(S14E02)02	2240.989	2240.843	2240.697	2240.378	0.146	0.146	0.319	0.611
119	B(S14E02)03	2241.649	2241.465	2241.303	2240.964	0.184	0.162	0.339	0.685
120	B(S14E03)01	2238.760	2238.398	2238.337	2237.566	0.362	0.061	0.771	1.194
121	B(S14E03)02		2238.435	2237.680	2237.458		0.755	0.222	0.977
122	B(S14E03)03	2239.231	2238.916	2238.602	2238.042	0.315	0.314	0.560	1.189
123	B(S14E03)04	2241.124	2240.840	2240.608	2240.105	0.284	0.232	0.503	1.019
124	B(S14E03)05								0.000
125	B(S14E04)01			2236.954	2236.448			0.506	0.506
126	B(S14E05)01								0.000
127	B(S14E05)02			2238.285					0.000
128	B(S14E06)01			2236.804	2236.377			0.427	0.427
129	B(S14E06)02			2237.427					0.000
130	B(S14E07)01				2236.214				0.000
131	B(S14E08)01								0.000
132	B(S15E02)04				2246.976				0.000
133	B(S15E03)01		2239.143	2238.955	2238.496		0.188	0.459	0.647
134	B(S15E04)03			2246.545	2246.500			0.045	0.045
135	B(S15E04)04								0.000
136	B(S16E02)01				2281.105				0.000
137	B(S16E02)02				2361.635				0.000
138	B(S16E04)01								0.000
139	B(S17E02)01				2369.992				0.000
140	B(S17E02)02				2384.557				0.000
141	B(S17E02)03				2407.541				0.000
142	B(S17E03)01				2421.554				0.000
143	B(S17E03)02				2447.526				0.000
144	B(S17E03)03				2487.837				0.000
145	B(S18E02)01				2388.242				0.000
146	B(S18E03)04								0.000
147	B(S18E04)01								0.000
148	B(S18E04)02								0.000
149	C(S11E04)01								0.000
150	C(S11E04)02								0.000
151	C(S11E04)03								0.000
152	C(S13E01)01	2242.656	2242.523			0.133			0.133
153	C(S13E02)01								0.000
154	C(S14E01)01								0.000
155	C(S14E02)02								0.000
156	C(S14E02)03								0.000
157	C(S14E03)01								0.000
158	C(S14E03)02								0.000
159	C(S14E04)01								0.000
160	C(S14E05)01								0.000

FID	ID	COTA_1983	COTA_1985	COTA_1987	COTA_1989	83_85	85_87	87_89	total
161	C(S14E07)01								0.000
162	C(S15E02)01								0.000
163	C(S15E02)03								0.000
164	C(S15E03)01								0.000
165	C(S15E03)07								0.000
166	C(S15E03)08								0.000
167	C(S15E04)01								0.000
168	C(S15E04)02								0.000
169	C(S15E04)03								0.000
170	C(S15E05)02								0.000
171	C(S15E09)02								0.000
172	M(S10E03)03			2236.337	2236.234			0.103	0.103
173	M(S12E01)04	2240.479	2240.408	2240.385	2240.178	0.071	0.023	0.207	0.301
174	M(S13E01)01		2237.047	2236.900	2236.629		0.147	0.271	0.418
175	M(S13E01)02		2238.801	2238.657	2238.454		0.144	0.203	0.347
176	M(S13E01)03	2256.788	2256.719	2256.647	2256.473	0.069	0.072	0.174	0.315
177	M(S14E01)01		2261.625	2261.483	2261.150		0.142	0.333	0.475
178	M(S14E01)03	2306.505	2306.450	2306.450	2306.450	0.055	0.000	0.000	0.055
179	M(S14E01)04		2244.196	2244.044	2243.904		0.152	0.140	0.292
180	M(S14E03)01								0.000
181	M(S14E05)01	2242.469	2242.388	2242.396	2242.399	0.081	-0.008	-0.003	0.070
182	M(S14E06)01	2238.999	2238.659	2238.600	2238.392	0.340	0.059	0.208	0.607
183	M(S14E07)01	2245.026	2244.906	2244.895	2244.771	0.120	0.011	0.124	0.255
184	M(S14E07)03	2248.204	2248.126	2248.150	2248.188	0.078	-0.024	-0.038	0.016
185	M(S14E08)01			2243.581	2243.464			0.117	0.117
186	M(S14E08)02			2240.683	2240.420			0.263	0.263
187	M(S14E08)03			2241.578	2241.483			0.095	0.095
188	M(S14E09)03	2236.626	2236.314	2236.105	2235.822	0.312	0.209	0.283	0.804
189	M(S14E09)04	2243.748	2243.725	2243.532	2243.231	0.023	0.193	0.301	0.517
190	M(S15E01)01		2256.612	2256.595	2256.517		0.017	0.078	0.095
191	M(S15E02)01		2255.896	2255.800	2255.549		0.096	0.251	0.347
192	M(S15E02)02		2249.490	2249.350	2249.089		0.140	0.261	0.401
193	M(S15E02)03		2246.974	2246.963	2246.869		0.011	0.094	0.105
194	M(S15E03)02	2240.165	2240.054	2240.001	2239.793	0.111	0.053	0.208	0.372
195	M(S15E03)03		2243.271	2243.279	2243.233		-0.008	0.046	0.038
196	M(S15E03)04		2244.207	2244.175	2244.070		0.032	0.105	0.137
197	M(S15E04)01		2240.505	2240.442	2240.235		0.063	0.207	0.270
198	M(S15E04)02		2237.704	2237.507	2237.086		0.197	0.421	0.618
199	M(S15E05)01	2243.043	2242.951	2242.956	2242.888	0.092	-0.005	0.068	0.155
200	M(S15E05)02	2244.390	2244.333	2244.340	2244.299	0.057	-0.007	0.041	0.091
201	M(S15E05)03	2240.799	2240.702	2240.661	2240.540	0.097	0.041	0.121	0.259
202	M(S15E06)01	2241.774	2241.579	2241.468	2241.213	0.195	0.111	0.255	0.561
203	M(S15E06)02								0.000
204	M(S15E06)03								0.000
205	M(S15E09)01	2238.965	2238.944	2238.929	2239.239	0.021	0.015	-0.310	-0.274
206	P(S12E01)02	2244.783	2244.654	2244.622		0.129	0.032		0.161
207	P(S12E03)02			2235.229					0.000
208	P(S12E03)03			2236.789					0.000
209	P(S13E01)01	2246.184	2246.766	2245.660		-0.582	1.106		0.524
210	P(S14E01)01		2244.260	2244.123			0.137		0.137
211	P(S14E02)01		2245.738	2245.573			0.165		0.165
212	P(S14E07)01		2248.565	2248.594			-0.029		-0.029
213	P(S14E07)02		2249.194	2249.228			-0.034		-0.034
214	P(S14E07)03		2249.672	2249.710			-0.038		-0.038
215	P(S14E07)04		2252.361	2252.361			0.000		0.000
216	P(S14E08)01		2240.866	2240.915			-0.049		-0.049
217	P(S14E08)02		2242.550	2241.599			0.951		0.951
218	P(S14E08)03		2242.512	2242.568			-0.056		-0.056
219	P(S14E08)04		2239.637	2239.547			0.090		0.090
220	P(S14E08)05			2252.015					0.000
221	P(S14E08)06		2251.585	2252.086			-0.501		-0.501
222	P(S14E08)07		2245.956	2246.841			-0.885		-0.885
223	P(S15E03)01		2243.155	2243.167			-0.012		-0.012
224	P(S15E04)04		2239.869	2239.562			0.307		0.307
225	P(S15E05)01		2244.736	2244.186			0.550		0.550
226	P(S15E05)02		2246.012	2245.962			0.050		0.050
227	P(S15E05)03			2246.127					0.000
228	P(S15E05)04		2248.444	2245.558			2.886		2.886
229	P(S15E05)05		2239.312	2239.255			0.057		0.057
230	P(S15E06)01		2249.065	2249.094			-0.029		-0.029
231	P(S15E06)02		2255.661	2255.690			-0.029		-0.029
232	P(S15E07)01		2249.877	2249.897			-0.020		-0.020
233	P(S15E07)02		2258.749	2258.776			-0.027		-0.027
234	P(S15E08)01			2250.194					0.000
235	P(S15E08)02		2263.915	2263.843			0.072		0.072
236	P(S15E09)01		2245.840	2245.840			0.000		0.000
237	P(S15E09)02		2265.240	2265.168			0.072		0.072
238	P(S15E09)03		2254.211	2254.211			0.000		0.000

Tabla 6. Estadística de Tabla 5.

80's							
Datos generales		INTERVALOS DE CLASE		Marca de clase	fi	hi	f%
Valor mínimo	-0.88	Límite inferior	limite superior				
Valor máximo	2.89	-1	-0.5	-0.75	2	0.008	0.85
Rango	3.77	-0.5	0	-0.25	128	0.542	54.24
No. Datos	236	0	0.5	0.25	68	0.288	28.81
Intervalos	8.8	0.5	1	0.75	31	0.131	13.14
Amplitud de clase	0.4	1	1.5	1.25	6	0.025	2.54
Diferencia	0.5	1.5	2	1.75	0	0.000	0
		2	2.5	2.25	0	0.000	0
		2.5	3	2.75	1	0.004	0.42
				SUMA	236	1	100

Tabla 8. Estadística de Tabla 7.

90_80_total							
DATOS GENERALES		INTERVALOS DE CLASE		Marca de clase	fi	hi	f%
Valor mínimo	-1.75200	limite inferior	limite superior				
Valor máximo	2.98100	-2	-1.5	-1.75	1	0.004	0.42
Rango	4.73300	-1.5	-1	-1.25	1	0.004	0.42
No. Datos	236	-1	-0.5	-0.75	2	0.01	0.85
Intervalos	8.831	-0.5	0	-0.25	15	0.06	6.36
Amplitud de clase	0.5	0	0.5	0.25	117	0.50	49.58
		0.5	1	0.75	58	0.25	24.58
		1	1.5	1.25	17	0.07	7.20
		1.5	2	1.75	13	0.06	5.51
		2	2.5	2.25	10	0.04	4.24
		2.5	3	2.75	2	0.01	0.85
				Suma	236	1	100.00

Tabla 10. Estadística de Tabla 9.

2000_90_80_total							
DATOS GENERALES	INTERVALOS DE CLASE			Marca de clase	fi	hi	f%
Valor mínimo	-1.54	limite inferior	limite superior				
Valor máximo	4.16	-1.5	-1	-1.25	2	0.008	0.85
Rango	5.70	-1	-0.5	-0.75	5	0.021	2.12
No. Datos	236	-0.5	0	-0.25	18	0.076	7.63
Intervalos	9	0	0.5	0.25	70	0.297	29.66
Amplitud de clase	0.5	0.5	1	0.75	47	0.199	19.92
		1	1.5	1.25	28	0.119	11.86
		1.5	2	1.75	32	0.136	13.56
		2	2.5	2.25	14	0.059	5.93
		2.5	3	2.75	10	0.042	4.24
		3	3.5	3.25	6	0.025	2.54
		3.5	4	3.75	3	0.013	1.27
		4	4.5	4.25	1	0.004	0.42
				Suma	236	1.000	100.00

Tabla 11. Bancos de Nivel Extrapolación.

FID	ID	1980	1990	Primera década de los dos mil	Extrapolación (y=mx+b)
1	B(S09E02)04	0.122	0.216	0.347	0.460
2	B(S10E02)02	0.000	0.327	0.588	0.882
3	B(S10E03)01	0.495	0.950	1.355	1.785
4	B(S10E03)02	0.776	1.383	1.834	2.362
5	B(S11E03)01	1.327	2.125	2.573	3.196
6	C(S10E02)03	0.000	0.097	0.336	0.504
7	C(S10E02)04	0.000	0.101	0.359	0.538
8	C(S10E03)01	0.000	0.175	1.058	1.586
9	C(S11E02)02	0.000	0.094	0.325	0.488
10	M(S09E03)01	0.140	0.181	0.309	0.393
11	P(S09E03)03	-0.016	-0.036	-1.542	-2.305
12	P(S10E02)01	0.128	0.333	0.566	0.786
13	P(S10E03)01	0.000	0.641	2.439	3.659
14	P(S11E02)01	0.169	0.627	0.836	1.169
15	P(S11E03)01	0.302	1.302	1.340	1.860
16	B(S09E03)01	0.000	0.268	0.514	0.771
17	B(S10E03)03	0.000	0.431	0.321	0.481
18	B(S10E04)01	0.888	1.311	1.704	2.112
19	B(S10E04)02	0.352	1.070	1.783	2.499
20	B(S10E04)04	0.000	0.961	1.515	2.272
21	B(S10E04)05	0.000	0.900	1.334	2.002
22	B(S11E04)01	0.408	1.020	1.620	2.225
23	B(S11E05)01	0.393	0.949	1.581	2.175
24	B(S11E05)02	0.426	1.035	1.632	2.235
25	B(S11E05)03	0.536	1.174	1.909	2.595
26	B(S11E05)04	0.000	0.157	0.340	0.510
27	C(S09E03)02	0.000	0.056	0.141	0.212
28	C(S09E03)03	0.000	0.082	0.231	0.347
29	C(S10E04)01	0.000	0.192	0.860	1.290
30	C(S10E04)02	0.000	0.135	0.827	1.240
31	M(S09E03)02	-0.149	-0.092	-0.075	-0.037
32	M(S09E03)03	0.143	0.368	0.523	0.714
33	M(S09E03)04	-0.054	0.036	0.139	0.235
34	M(S09E04)02	0.141	0.305	0.454	0.610
35	P(S09E03)01	0.000	-0.003	0.043	0.065
36	P(S09E03)02	-0.007	-0.009	0.041	0.066
37	P(S09E03)04	-1.610	-1.468	-1.313	-1.164
38	B(S11E02)01	0.000	0.361	0.591	0.886
39	B(S11E03)04	0.000	0.626	1.419	2.129
40	B(S11E03)05	0.000	0.925	1.793	2.690
41	B(S12E01)02	0.337	0.492	0.530	0.626
42	C(S12E01)03	0.000	0.066	0.179	0.269
43	M(S12E01)01	0.336	0.522	0.605	0.740
44	M(S12E01)03	0.321	0.590	0.727	0.930
45	M(S12E01)05	0.000	0.135	0.256	0.384
46	M(S12W01)04	0.150	0.218	0.212	0.242
47	M(S12W01)05	0.208	-0.081	-0.112	-0.272
48	P(S11E01)03		0.087	1.532	2.298
49	P(S11E02)02	-0.455	-0.352	-0.252	-0.151
50	P(S11E02)03	0.267	0.573	0.960	1.306
51	P(S12E01)01	0.197	0.624	0.734	1.002
52	P(S12E02)01	0.518	0.909	1.204	1.547
53	P(S12E03)01	0.257	0.783	1.214	1.693
54	B(S11E06)04	0.166	0.312	0.443	0.582
55	B(S11E06)05	0.279	0.645	1.357	1.896
56	B(S12E05)01	0.245	0.613	1.182	1.650
57	B(S12E05)03	1.012	2.509	3.518	4.771
58	B(S12E06)01	-0.011	0.179	0.962	1.449
59	B(S12E06)02	0.802	1.844	3.113	4.269
60	B(S13E06)01	0.654	1.464	2.466	3.372
61	B(S13E06)03	0.000	0.326	1.337	2.005
62	B(S13E07)02	0.700	2.082	3.465	4.847
63	B(S13E08)01	0.000	0.884	2.413	3.620
64	B(S13E08)02	0.000	0.606	2.142	3.214
65	B(S13E08)03	0.000	0.000	0.964	1.446
66	B(S13E09)01	0.667	1.640	3.107	4.327
67	B(S14E09)02	0.000	0.724	2.258	3.386
68	B(S15E10)02	0.000	1.011	1.908	2.862
69	C(S12E05)01	0.000	0.472	1.481	2.221
70	C(S12E07)02	0.000	0.182	0.997	1.496
71	C(S13E09)01	0.470	1.770	2.944	4.181
72	C(S14E10)01	0.000	0.417	2.005	3.007
73	C(S14E10)02	0.000	0.447	2.009	3.013
74	M(S12E07)01	0.000	0.705	1.952	2.928
75	M(S12E07)02	0.000	0.076	0.702	1.053
76	M(S13E07)01	0.795	2.262	4.157	5.838
77	M(S14E09)02	0.759	1.588	3.191	4.407
78	M(S15E09)02	0.125	0.249	0.323	0.422
79	P(S15E09)04	0.004	-0.163	-0.122	-0.184
80	P(S15E09)05	0.135	0.206	0.256	0.316

FID	ID	1980	1990	Primera década de los dos mil	Extrapolación (y=mx+b)
81	P(S15E09)06	0.019	0.078	1.020	1.521
82	B(S18E05)02	-0.026	-0.405	-0.402	-0.591
83	B(S18E06)01	-0.030	0.024	-0.036	-0.040
84	B(S18E06)02	0.031	0.083	0.072	0.093
85	B(S18E06)03	-0.025	0.025	0.094	0.154
86	B(S10E03)04	0.000	0.764	1.426	2.140
87	B(S10E04)03	0.639	1.258	1.989	2.665
88	B(S11E03)02	0.000	0.899	1.658	2.487
89	B(S11E03)03	0.000	0.865	1.649	2.473
90	B(S11E04)02	0.498	1.345	2.012	2.770
91	B(S11E04)03	0.000	0.897	1.647	2.470
92	B(S11E04)04	0.000	0.755	1.522	2.283
93	B(S12E01)03	0.000	0.375	0.570	0.855
94	B(S12E02)01	0.000	-1.752	2.761	4.141
95	B(S12E03)01	0.000	0.867	1.575	2.362
96	B(S12E03)02	0.000	0.853	1.894	2.841
97	B(S12E03)03	0.000	0.528	1.033	1.550
98	B(S12E04)01	0.000	0.557	1.425	2.138
99	B(S12E04)02	0.000	0.611	1.372	2.059
100	B(S12E04)03	0.000	1.010	1.835	2.753
101	B(S12E04)04	0.000	0.886	1.721	2.581
102	B(S12E05)02	0.870	2.008	2.766	3.714
103	B(S13E02)01	0.736	1.254	1.545	1.949
104	B(S13E02)02	0.801	1.575	2.104	2.756
105	B(S13E02)03	0.000	0.368	0.501	0.751
106	B(S13E02)04	0.000	0.548	0.818	1.226
107	B(S13E02)05	0.000	0.765	1.145	1.718
108	B(S13E03)01	0.862	1.791	2.544	3.384
109	B(S13E03)02	0.834	1.803	2.594	3.473
110	B(S13E03)03	0.000	0.931	1.725	2.587
111	B(S13E04)01	0.000	0.736	1.557	2.336
112	B(S13E04)02	0.000	0.919	2.547	3.821
113	B(S13E05)01	0.625	2.357	3.589	5.071
114	B(S13E05)02	0.000	1.529	1.992	2.988
115	B(S14E01)02	0.523	0.784	0.810	0.954
116	B(S14E02)01	1.161	1.916	2.434	3.070
117	B(S14E02)02	0.611	0.994	1.095	1.337
118	B(S14E02)03	0.685	1.342	1.800	2.358
119	B(S14E03)01	1.194	2.016	2.393	2.992
120	B(S14E03)02	0.977	2.073	2.925	3.899
121	B(S14E03)03	1.189	2.049	2.605	3.313
122	B(S14E03)04	1.019	1.887	2.418	3.118
123	B(S14E03)05	0.000	0.254	0.913	1.369
124	B(S14E04)01	0.506	1.783	2.644	3.713
125	B(S14E05)01	0.000	0.604	1.420	2.130
126	B(S14E05)02	0.000	0.559	1.440	2.160
127	B(S14E06)01	0.427	2.234	3.272	4.695
128	B(S14E06)02	0.000	0.820	1.970	2.955
129	B(S14E07)01	0.000	0.802	1.631	2.446
130	B(S14E08)01	0.000	0.354	1.551	2.326
131	B(S15E02)04	0.000	0.322	0.568	0.852
132	B(S15E03)01	0.647	1.721	2.362	3.220
133	B(S15E04)03	0.045	0.225	0.299	0.426
134	B(S15E04)04	0.000	0.379	0.864	1.296
135	B(S16E02)01	0.000	0.074	0.114	0.171
136	B(S16E02)02	0.000	0.058	0.010	0.015
137	B(S16E04)01	0.000	0.068	0.089	0.134
138	B(S17E02)01	0.000	0.051	0.076	0.114
139	B(S17E02)02	0.000	0.054	0.053	0.080
140	B(S17E03)01	0.000	0.054	0.013	0.020
141	B(S17E03)02	0.000	0.052	0.062	0.093
142	B(S17E03)03	0.000	0.044	-0.371	-0.556
143	B(S18E02)01	0.000	0.051	-0.736	-1.103
144	B(S18E03)04	0.000	0.025	-0.172	-0.258
145	B(S18E04)01	0.000	0.030	0.021	0.031
146	B(S18E04)02	0.000	0.027	0.019	0.028
147	C(S11E04)01	0.000	0.153	0.708	1.062
148	C(S11E04)02	0.000	0.178	0.795	1.193
149	C(S11E04)03	0.000	0.175	0.775	1.162
150	C(S13E01)01	0.133	0.392	0.396	0.528
151	C(S13E02)01	0.000	0.137	0.439	0.658
152	C(S14E01)01	0.000	0.028	0.099	0.148
153	C(S14E02)02	0.000	0.055	0.207	0.311
154	C(S14E02)03	0.000	0.161	0.544	0.817
155	C(S14E03)01	0.000	0.217	0.777	1.166
156	C(S14E03)02	0.000	0.218	0.787	1.181
157	C(S14E04)01	0.000	0.367	1.092	1.638
158	C(S14E05)01	0.000	0.035	0.106	0.158
159	C(S14E07)01	0.000	0.054	0.145	0.218
160	C(S15E02)01	0.000	0.068	0.248	0.372

FID	ID	1980	1990	Primera década de los dos mil	Extrapolación (y=mx+b)
161	C(S15E02)03	0.000	0.071	0.214	0.322
162	C(S15E03)01	0.000	0.025	0.065	0.097
163	C(S15E03)07	0.000	0.236	-0.592	-0.888
164	C(S15E03)08	0.000	0.042	0.265	0.398
165	C(S15E04)01	0.000	0.167	0.545	0.817
166	C(S15E04)02	0.000	0.196	0.709	1.063
167	C(S15E04)03	0.000	0.058	-0.307	-0.461
168	C(S15E05)02	0.000	0.069	0.222	0.333
169	C(S15E09)02	0.000	0.099	0.332	0.498
170	M(S10E03)03	0.103	1.258	2.246	3.318
171	M(S12E01)04	0.301	0.413	0.462	0.543
172	M(S13E01)01	0.418	0.642	0.745	0.909
173	M(S13E01)02	0.347	0.523	0.576	0.691
174	M(S13E01)03	0.315	0.474	0.524	0.629
175	M(S14E01)01	0.475	0.720	0.786	0.942
176	M(S14E01)03	0.055	0.055	0.025	0.010
177	M(S14E01)04	0.292	0.428	0.496	0.598
178	M(S14E03)01	0.000	0.246	0.795	1.192
179	M(S14E05)01	0.070	0.176	0.253	0.344
180	M(S14E06)01	0.607	0.501	0.781	0.868
181	M(S14E07)01	0.255	0.482	0.664	0.869
182	M(S14E07)03	0.016	0.164	0.333	0.492
183	M(S14E08)01	0.117	-0.113	-0.028	-0.100
184	M(S14E08)02	0.263	0.684	1.066	1.467
185	M(S14E08)03	0.095	0.220	0.291	0.389
186	M(S14E09)03	0.804	2.241	3.802	5.301
187	M(S14E09)04	0.517	0.975	1.294	1.682
188	M(S15E01)01	0.095	0.172	0.204	0.259
189	M(S15E02)01	0.347	0.621	0.743	0.942
190	M(S15E02)02	0.401	0.775	1.042	1.363
191	M(S15E02)03	0.105	0.250	0.341	0.458
192	M(S15E03)02	0.372	0.917	1.241	1.676
193	M(S15E03)03	0.038	1.577	1.661	2.473
194	M(S15E03)04	0.137	0.312	0.427	0.572
195	M(S15E04)01	0.270	0.739	1.048	1.438
196	M(S15E04)02	0.618	1.251	1.703	2.245
197	M(S15E05)01	0.155	0.277	0.358	0.460
198	M(S15E05)02	0.091	-0.614	-0.014	-0.067
199	M(S15E05)03	0.259	0.595	0.847	1.142
200	M(S15E06)01	0.561	0.620	0.902	1.072
201	M(S15E06)02	0.000	0.118	0.187	0.281
202	M(S15E06)03	0.000	0.084	0.175	0.262
203	M(S15E09)01	-0.274	-0.137	-0.143	-0.077
204	P(S12E01)02	0.161	0.210	-0.754	-1.212
205	P(S12E03)02	0.000	-0.869	-0.050	-0.076
206	P(S12E03)03	0.000	0.737	1.694	2.542
207	P(S13E01)01	0.524	0.573	0.626	0.677
208	P(S14E01)01	0.137	0.407	0.569	0.785
209	P(S14E02)01	0.165	0.319	0.518	0.694
210	P(S14E07)01	-0.029	0.037	0.455	0.697
211	P(S14E07)02	-0.034	0.008	0.098	0.164
212	P(S14E07)03	-0.038	-0.007	0.029	0.062
213	P(S14E07)04	0.000	0.053	-0.082	-0.123
214	P(S14E08)01	-0.049	0.027	0.115	0.197
215	P(S14E08)02	0.951	1.076	1.203	1.329
216	P(S14E08)03	-0.056	-0.028	0.038	0.085
217	P(S14E08)04	0.090	0.265	0.358	0.493
218	P(S14E08)05	0.000	0.064	0.125	0.188
219	P(S14E08)06	-0.501	-0.436	-0.374	-0.310
220	P(S14E08)07	-0.885	-0.366	-0.283	0.018
221	P(S15E03)01	-0.012	0.003	0.041	0.067
222	P(S15E04)04	0.307	0.846	0.579	0.715
223	P(S15E05)01	0.550	0.646	0.712	0.793
224	P(S15E05)02	0.050	0.155	-0.015	-0.048
225	P(S15E05)03	0.000	0.094	0.149	0.224
226	P(S15E05)04	2.886	2.981	3.040	3.117
227	P(S15E05)05	0.057	0.204	-0.975	-1.491
228	P(S15E06)01	-0.029	0.342	0.382	0.587
229	P(S15E06)02	-0.029	0.013	1.074	1.625
230	P(S15E07)01	-0.020	0.087	-0.669	-0.994
231	P(S15E07)02	-0.027	0.018	-0.039	-0.045
232	P(S15E08)01	0.000	0.072	0.461	0.691
233	P(S15E08)02	0.072	0.134	0.179	0.232
234	P(S15E09)01	0.000	0.098	0.141	0.212
235	P(S15E09)02	0.072	0.173	0.209	0.277
236	P(S15E09)03	0.000	0.059	0.097	0.146

Tabla 12. Pozos de Agua, SACMEX.

No Pozo	Nombre Poz	Pozo origi	Altitud ms	Nivel est	Nivel Din	Abatimient	Pozo Profu
1	MONTE SUR 1	ORIGINAL	2370	153.23	153.36	-0.13	243
2	MONTE SUR 2	ORIGINAL	2383	153.33	153.34	-0.01	260
3	AMPLIACIÓN TLÁHUAC NEZA 21	RELOCALIZACIÓN	2258	0	0	0	0
4	AMPLIACIÓN TLÁHUAC NEZA 19	RELOCALIZACIÓN	2246	0	0	0	0
5	PANTEÓN SAN LUCAS XOCHIMANCA	ORIGINAL	2316	122.5	128.3	-5.8	250
6	CERRILLOS 1	ORIGINAL	2305	89.53	93.44	-3.91	254
7	CERRILLOS 2	ORIGINAL	2298	0	0	0	0
8	CERRILLOS 3	ORIGINAL	2348	0	0	0	0
9	MIRADOR 1	ORIGINAL	2277	0	0	0	0
10	MIRADOR 2	ORIGINAL	2291	0	0	0	0
11	MIRADOR 3	ORIGINAL	2334	0	0	0	0
12	NATIVITAS 2	ORIGINAL	2342	71.94	72.86	-0.92	252
13	NATIVITAS 3	ORIGINAL	2298	0	0	0	0
14	NORIA 1	REPOSICIÓN	2267	0	0	0	0
15	NORIA 2	ORIGINAL	2254	10.28	12.32	-2.04	195
16	NORIA 3	ORIGINAL	2240	0	0	0	0
17	NORIA 4	ORIGINAL	2275	0	0	0	0
18	NORIA 6	REPOSICIÓN	2260	0	0	0	0
19	NORIA 7	REPOSICIÓN	2255	0	0	0	0
20	PERIFÉRICO 11	ORIGINAL	2198	29.55	37.84	-8.29	125
21	PERIFÉRICO 8	REPOSICIÓN	2252	0	0	0	0
22	PERIFÉRICO 9	REPOSICIÓN	2261	20	25.4	-5.4	170
23	PISTA OLÍMPICA 1	REPOSICIÓN	2250	0	0	0	0
24	RECLUSORIO SUR 1	ORIGINAL	2369	0	0	0	0
25	RECLUSORIO SUR 2	ORIGINAL	2370	126.05	149.02	-22.97	200.98
26	BOSQUE RESIDENCIAL DEL SUR	ORIGINAL	2258	54.2	62.85	-8.65	199.52
27	S-1	ORIGINAL	2274	44	45.18	-1.18	201.29
28	S-10	ORIGINAL	2294	0	0	0	0
29	S-12	ORIGINAL	2266	0	0	0	0
30	S-13	ORIGINAL	2321	74.62	76.48	-1.86	200
31	S-2	ORIGINAL	2338	0	0	0	0
32	S-4	ORIGINAL	2369	0	0	0	0
33	S-5	ORIGINAL	2331	0	0	0	0
34	S-6	ORIGINAL	2381	0	0	0	0
35	S-7	ORIGINAL	2283	0	0	0	0
36	S-8	ORIGINAL	2204	10.48	10.63	-0.15	42.6
37	S-9	ORIGINAL	2295	0	0	0	0
38	SAN GREGORIO ATLAPULCO 1	ORIGINAL	2290	0	0	0	0
39	SAN GREGORIO ATLAPULCO 2	ORIGINAL	2296	0	0	0	0
40	SAN LORENZO ATEMOAYA 2	ORIGINAL	2278	49.6	76.6	-27	200.27
41	SAN LUCAS XOCHIMANCA	ORIGINAL	2366	0	0	0	0
42	SAN LUIS 1	ORIGINAL	2267	20	20.04	-0.04	60
43	SAN LUIS 10	REPOSICIÓN	2266	13.43	13.43	0	66.15
44	SAN LUIS 11	ORIGINAL	2263	0	0	0	0
45	SAN LUIS 12	ORIGINAL	2256	0	0	0	0
46	SAN LUIS 13	REPOSICIÓN	2248	0	0	0	0
47	SAN LUIS 14	ORIGINAL	2250	23	23.5	-0.5	61.55
48	SAN LUIS 16	ORIGINAL	2265	0	0	0	0
49	SAN LUIS 18	ORIGINAL	2258	4.72	6.82	-2.1	63
50	SAN LUIS 19	ORIGINAL	2250	12.35	16.72	-4.37	101.2
51	SAN LUIS 20	ORIGINAL	2258	5.15	31.9	-26.75	152
52	SAN LUIS 3	REPOSICIÓN	2254	3.5	3.61	-0.11	40.15
53	SAN LUIS 4	REPOSICIÓN	2253	25.7	37.32	-11.62	200
54	SAN LUIS 5	ORIGINAL	2255	16.8	17.1	-0.3	66.85
55	SAN LUIS 7	ORIGINAL	2264	13.25	13.9	-0.65	110.55
56	SAN LUIS 8	ORIGINAL	2247	0	0	0	0
57	SAN LUIS 9	ORIGINAL	2276	0	0	0	0
58	SAN LUIS TLAXALTEMALCO	ORIGINAL	2310	0	0	0	0
59	SANTA CRUZ ACALPIXCA 1	ORIGINAL	2264	34.5	43.2	-8.7	204
60	SANTA CRUZ ACALPIXCA 2	ORIGINAL	2258	24.3	48.77	-24.47	200.14
61	SANTIAGO TEPALCATLALPAN	ORIGINAL	2309	76.6	86.6	-10	251
62	TEPEPAN 1	ORIGINAL	2278	0	0	0	0
63	TEPEPAN 2	ORIGINAL	2299	0	0	0	0
64	TEPEPAN 3	ORIGINAL	2271	61.74	86.36	-24.62	205
65	SAN LORENZO ATEMOAYA 1	ORIGINAL	2325	0	0	0	0
66	SANTA CRUZ XOCHITEPEC	ORIGINAL	2276	35.86	41.8	-5.94	200.19
67	SAN LUIS 6	REPOSICIÓN	2256	0	0	0	0
68	NATIVITAS 1	ORIGINAL	2259	0	0	0	0
69	NORIA 5	ORIGINAL	2242	0	0	0	0
70	SAN LUIS 17	REPOSICIÓN	2235	0	0	0	0
71	SAN LUIS 2	RELOCALIZACIÓN	2244	0	0	0	0
72	TULYEHUALCO 10	ORIGINAL	2187	10	0	0	42
73	PISTA OLÍMPICA 2	RELOCALIZACIÓN	2245	9.6	14.97	-5.37	350
74	S-11	ORIGINAL	2321	82.95	83.36	-0.41	202.23
75	S-3	REPOSICIÓN	2362	0	0	0	0
76	SAN LUIS 15	ORIGINAL	2256	0	0	0	0
77	TULYEHUALCO 7	ORIGINAL	2290	33	33.97	-0.97	60
78	TULYEHUALCO 8	ORIGINAL	2266	12.65	13.1	-0.45	146
79	TULYEHUALCO 9	ORIGINAL	2262	31.7	32.15	-0.45	75

A

acuífero: Acuífero; Roca o sedimento a través de la cual el agua subterránea se mueve con facilidad. · 24

agua pluvial: Agua Pluvial; Agua que proviene de lluvia. · 27

Aluvión: Aluvión; Material rico en nutrientes, es como lodo que después se seca y se va depositando lentamente a la orilla de los ríos para formar extensiones de terreno que pueden ser usadas para sembrar. Aplicable a los procesos y los productos o depósitos sedimentarios de los sistemas fluviales y en general de corrientes subterráneas (Lugo, 2011) · 17

Andesita: Andesita; Roca ígnea efusiva de composición intermedia, color oscuro, compuesta de cristales de plagioclasa intermedia, minerales máficos y frecuentemente vidrio volcánico (Foucalut y Raoult, 1985). · 17

B

bancos de nivel.: Bancos de nivel; Punto de referencia sobre un objeto fijo cuya elevación es conocida y desde la cual se pueden determinar otras elevaciones. También llamado cota fija, punto topográfico de referencia. · 31

Basalto: Basalto; Roca ígnea efusiva de composición básica y de color oscuro consistente principalmente en plagioclas básica, augita y con frecuencia olivino (Lugo, 2011). · 17

brecha volcánica: Brecha Volcánica; Roca consistente en detritos angulosos mal clasificados constituida de cenica y lapilli y de clastos volcánicos (Lugo, 2011). · 18

C

Campo Volcánico: Campo Volcánico; Un campo volcánico es un área de la corteza terrestre que es propensa a tener una actividad volcánica localizada. Por lo general, contienen de 10 a 100 volcanes, en general como conos de ceniza y por lo general aparecen en grupos. En ellos también pueden aparecer los flujos de lava. · 20

cerros: Cerro; Elevación de la superficie terrestre, cuyo tamaño es menor al de una montaña. · 15

Cuenca: Cuenca; Territorio rodeado de montañas por el que corre un gran río con afluentes (ríos más pequeños o arroyos que lo alimentan) o existe un lago donde éste desemboca. En una cuenca pueden existir obras creadas por el hombre para aprovechar el agua, tal es el caso de las presas, como Chicoasén en la cuenca del río Grijalva · 20

E

estrato volcanes aislados: Estrato volcanes aislados; Estrato volcanes aislados; Conos volcánicos compuestos separados. · 14

F

fallas: Falla; Superficie de fractura aproximadamente planar en un cuerpo de roca causada por un proceso de fracturación frágil, a lo largo de la cual existe un desplazamiento relativo observable entre los bloques adyacentes (Freganal et al., 2000). · 21

fracturas: Fractura; Cualquier rotura longitudinal de la roca sin que haya movimiento apreciable. · 21

H

hundimiento: Hundimiento; Asentamiento descendente del material del suelo, con poco movimiento horizontal. · 30

P

permeabilidad.: Permeabilidad; Medida de la capacidad de un material para transmitir agua. · 24

pedemonte: Piedemonte; Superficie marginal a las montañas · 16

pipas: Pipa de Agua Potable; un camión cisterna que transporta agua a alguna comunidad, es conocido como la "pipa de agua". · 26

pozos de agua: Pozo de Agua; Apertura horadada que se hacen en una zona de saturación para encontrar agua. pendiente no me convence. · 30

provincia fisiográfica: Provincia Fisiográfica; Conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva. · 13

R

región hidrológica: Región Hidrológica; Porción de territorio en el que se encuentran aguas superficiales (ríos). · 24

S

Sierra Volcánica: Sierra Volcánica; Línea de montañas, formada por emisión de lava. · 14

Sistema de Información Geográfica (SIG): Sistema de Información Geográfica; Es cualquier conjunto de procedimientos manuales o de computadora, utilizados para guardar y manejar datos con una referencia geográfica. Se refiere fundamentalmente al procedimiento no manual, ya que esta diseñado para almacenar, visualizar y utilizar una gran cantidad de datos, reduciendo tiempo y costo (Lugo, 2011). · 35

Sistema de Topoformas: Sistema de Topoformas; Conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos. · 14

subprovincia: Subprovincia; Subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas. · 13

T

toba: Toba; Equivalente consolidado (litificado) de un depósito de cenizas volcánicas, que ha sido generado y emplazado por procesos piroclásticos o fue enterrado por el agua, y en el que el tamaño de grano de los piroclastos es menor de 2mm (Freganal et al.,2000). · 18

V

valles: Valle; Depresión alargada e inclinada hacia el mar o una cuenca endorreica, generalmente ocupada por un río. · 20

vaso lacustre: Vaso Lacustre; Vaso lacustre; Depósito que contiene agua. · 14

VI. Fuentes de Consulta

Bibliografía

- Tarbuck, EDWARD J., & Lutgens, FREDERICK K. (2005). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física (8ª ed.)*. Madrid, España: Editorial Pearson.
- UNAM, INSTITUTO DE GEOFÍSICA Consultor. (2016). *Atlas de Peligros y/o Riesgos de la delegación Xochimilco 2015*. Ciudad de México, México: UNAM.
- SEGOB, CENAPRED, Guevara Ortiz, ENRIQUE, Quaas Weppen, ROBERTO & Fernández Villagómez, GEORGINA (versión electrónica 2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (ISBN:970-628-904-6)*. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>
- INEGI. (s.f.). (Diccionario de datos Fisiográficos, Escala 1; 1 000 000 [Conjunto de datos]. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/fisiografia/doc/dd_fisiograficos_1m.pdf
- INEGI. (s.f.-b). Glosario de términos INEGI [Conjunto de datos]. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/glosario/default.aspx?tema=G>
- INEGI. (s.-c). Red Hidrográfica [Conjunto de datos vectoriales]. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/regiones_hidrograficas.aspx
- INEGI. (s.-d). Red Hidrográfica [Conjunto de datos vectoriales]. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/geologia/>
- UNAM- Centro de Geociencias, & Carreón Freyre, DORA. (2017, 12 octubre). Geología [Foto, Mapa 9]. Recuperado de http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_677.html