

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**



**FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**LICENCIADO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RECURSOS HÍDRICOS**

**TESIS**

**PLAN MAESTRO PARA LA RESTAURACIÓN Y  
PREVENCIÓN SOCIOAMBIENTAL DE LA ZONA  
LACUSTRE: “CIÉNEGA CHIMALIAPAN”**

**PRESENTA:**

**DULCE ANDREA PÉREZ CRUZ**

**ASESORA:**

**DRA. MARIVEL HERNÁNDEZ TÉLLEZ**

**REVISORES:**

**DRA. ALEIDA YADIRA VILCHIS FRANCÉS**

**DR. YERED GYBRAM CANCHOLA PANTOJA**

Toluca, Estado de México, Noviembre 2017

## INDICE GENERAL

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>I</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE FIGURAS Y FÓRMULAS</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE ABREVIATURAS</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	
Dedicatoria	<b>IX</b>
Introducción	1
1. ANTECEDENTES .....	3
1.1. Expectativas ambientales y situaciones de riesgo .....	3
1.2. Hallazgos de las Ciénegas de Lerma.....	6
1.2.1. Evolución físico-social de las Ciénegas de Lerma .....	8
1.2.2. Investigaciones realizadas en las Ciénegas de Lerma .....	10
1.3. Caracterización física .....	11
1.3.1. Ciénegas de Lerma .....	11
1.3.2. Ciénega Chimaliapan.....	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
2.1. Justificación.....	22
2.2. Hipótesis.....	23
2.3. Objetivos .....	23
2.3.1. General .....	23
2.3.2. Específicos.....	23
3. MARCO LEGAL.....	24
4. MARCO TEÓRICO .....	28
4.1. Conceptos .....	28
4.2. Bases teóricas en la evaluación de peligros o amenazas.....	31

4.2.1. Determinación de áreas de inundación mediante técnicas de teledetección .....	32
4.2.2. Estimación de procesos por asiento de suelo .....	35
4.3. Planificación y organización del tratamiento de un espacio degradado .....	39
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	45
5.1. Esquema general de las fases comprendidas en la investigación .....	45
5.2. Metodologías empleadas en la primera fase de la investigación .....	47
5.2.1. Evaluación de la susceptibilidad ante inundación .....	47
5.2.2. Evaluación de la susceptibilidad ante el asiento de suelo. ....	50
5.3. Metodología empleada en la segunda fase de la investigación .....	56
5.3.1. Definición de unidades ambientales .....	57
5.3.2. Análisis FLOA .....	58
6. RESULTADOS .....	62
6.1. Primera fase, susceptibilidad ante inundación y asiento de suelo .....	62
6.1.1. Inundación .....	62
6.1.2. Susceptibilidad al asiento de suelo .....	66
6.2. Segunda fase, Unidades Ambientales y Análisis FLOA .....	81
6.2.1. Unidades ambientales .....	81
6.2.2. Análisis FLOA .....	84
6.3. Tercera fase, diseño del plan maestro .....	85
6.3.1. Análisis del entorno .....	85
6.3.2. Actividades potenciales .....	93
6.3.3. Capacidad de Acogida .....	95
6.3.4. Imagen objetivo .....	96
6.3.5. Plan maestro; restricciones y opciones de uso por UGA .....	105
6.3.6. Divulgación social e institucional .....	109
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	117
ANEXOS .....	121
REFERENCIAS .....	126

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro.- 1.2.1.1. Evolución físico-social en el manejo de la Ciénega de Lerma</i>	8
<i>Cuadro.- 1.3.1.1. Especies en peligro de extinción de las Ciénegas de Lerma</i>	12
<i>Cuadro.- 1.3.1.2. Especie endémica de las Ciénegas de Lerma</i>	14
<i>Cuadro.- 1.3.2.1. Valores principales de la Ciénega Chimaliapan</i>	19
<i>Cuadro.- 1.3.2.2. Parámetros físicoquímicos de la Ciénega Chimaliapan</i>	20
<i>Cuadro.- 3.1. Leyes y artículos aplicables en el estudio</i>	24
<i>Cuadro.- 4.2.2.1. Método para la estimación de hundimiento</i>	38
<i>Cuadro.- 5.2.1.1. Imágenes utilizadas en la retrospección histórica de la Ciénega</i>	47
<i>Cuadro.- 5.2.2.1. Formato 1 para la elaboración de un inventario sobre infraestructuras</i>	51
<i>Cuadro.- 5.2.2.2. Formato 2 inventario sobre los distintos materiales de relleno</i>	52
<i>Cuadro.- 5.2.2.3. Ejemplo del formato 2</i>	53
<i>Cuadro.- 5.2.2.4. Ponderación de materiales susceptibles al asiento de suelo.</i>	55
<i>Cuadro.- 5.3.1.1. Distintos valoraciones aplicables a las Unidades Ambientales</i>	58
<i>Cuadro.- 5.3.2.1. Matriz de FLOA</i>	58
<i>Cuadro.- 5.4.1. Matriz de correlación entre las actividades potenciales</i>	60
<i>Cuadro.- 5.4.2. Cuadro para la determinación de la capacidad de acogida</i>	61
<i>Cuadro.- 6.1.2.1. Tendencias por asiento de suelo</i>	70
<i>Cuadro.- 6.2.1.1. Descripción de unidades ambientales</i>	81
<i>Cuadro.- 6.2.1.2. Cuadro de valoración de 16 unidades ambientales</i>	83
<i>Cuadro.- 6.2.2.1. FLOA de la Ciénega Chimaliapan</i>	84
<i>Cuadro.- 6.3.1.1. Cuadros de la 1 a la 7 sobre los problemas identificados</i>	85
<i>Cuadro.- 6.3.1.2. Objetivos del proyecto y posibles soluciones</i>	92
<i>Cuadro.- 6.3.2.1. Listado y descripción d actividades potenciales, asignación de UGA</i>	93
<i>Cuadro.- 6.3.2.2. Matriz de Complementariedad</i>	94
<i>Cuadro.- 6.3.3.1. UA con respecto a la capacidad de cogida de las UGAs</i>	95
<i>Cuadro.- 6.3.3.2. Relación entre las UGAs, restricciones, medidas de adaptación</i>	105

## ÍNDICE DE FIGURAS Y FÓRMULAS

<i>Figura.- 1.2.1. Dimensiones de una chinampa (A), perfil de una chinampa (B)</i>	7
<i>Figura.- 1.3.1.1. Ubicación geográfica de las Ciénegas de Lerma</i>	11
<i>Figura.- 1.3.2.1. Geología correspondiente a la Ciénega Chimaliapan</i>	16
<i>Figura.- 1.3.2.2. Edafología correspondiente a la Ciénega Chimaliapan</i>	17
<i>Figura.- 1.3.2.3. Ríos y Pozos correspondientes a la Ciénega Chimaliapan</i>	18
<i>Figura.- 4.2.1.1. Respuesta Espectral de distintos tipos de cubierta</i>	33
<i>Figura.- 4.2.2.1. Relación entre la carga aplicada DB SE-C,</i>	36
<i>Figura.- 4.2.2.2. Grietas tipo “Arrufo” y “Quebranto”</i>	38
<i>Figura.- 4.3.1. Trayectoria en el tiempo según el enfoque del tratamiento</i>	42
<i>Figura.- 5.1.1. Fases para la investigación</i>	45
<i>Figura.- 5.1.2. Diagrama general de la metodología</i>	46
<i>Figura.- 5.2.1.1. Diagrama de procedimiento para la clasificación supervisada</i>	48
<i>Figura.- 5.2.1.2. Campos de entrenamiento y descripción de los campos seleccionados.</i>	48
<i>Figura.- 5.2.1.3. Firmas espectrales acorde a los campos de entrenamiento</i>	49
<i>Figura.- 5.2.1.4. Clasificación con MAXLIKE (máxima probabilidad o verosimilitud)</i>	49
<i>Figura.- 5.2.1.5. Visualización de campos de entrenamiento</i>	50
<i>Figura.- 5.2.2.1. Características señaladas en el inventario (formato 1)</i>	51
<i>Figura.- 5.2.2.2. Características de relleno</i>	52
<i>Figura.- 5.2.2.3. Representación de los valores utilizados en la fórmula 4</i>	54
<i>Figura.- 5.2.2.4. Elementos principales y gráficos de correlación</i>	54
<i>Figura.- 5.2.2.5. Comportamiento de datos</i>	55
<i>Figura.- 5.3.1.1. Enfoque de ordenamiento territorial e integración ambiental</i>	57
<i>Figura.- 5.3.1.2. Diagrama de flujo de la segunda fase</i>	57
<i>Figura.- 5.4.1. Diagrama de flujo, ajustada a la tercera fase</i>	59
<i>Figura.- 6.1.1.1. Comportamiento espacial (1984-2016) de la Ciénega Chimaliapan</i>	63
<i>Figura.- 6.1.1.2. Susceptibilidad de Inundación con respecto al registro de 1984-2016</i>	64
<i>Figura.- 6.1.1.3. Zona agrícola inundada, viviendas con registros de inundación</i>	65
<i>Figura.- 6.1.2.1. Mapa de Asiento parcial de vivienda en porcentaje</i>	67
<i>Figura.- 6.1.2.2. Asiento de suelo en relación a la distancia</i>	68
<i>Figura.- 6.1.2.3. Evolución por asiento de suelo y carga asociada</i>	69
<i>Figura.- 6.1.2.4. Tasa de asiento de suelo</i>	69

<i>Figura.- 6.1.2.5. Viviendas con evidencias de asiento parcial</i>	71
<i>Figura.- 6.1.2.6. Ubicación de los 71 registros de rellenos inducidos</i>	72
<i>Figura.- 6.1.2.7. Combinaciones entre materiales de relleno</i>	73
<i>Figura.- 6.1.2.8. En el Municipio de San Mateo Atenco se localizan 4 rellenos</i>	74
<i>Figura.- 6.1.2.9. En el sureste existe media y alta susceptibilidad</i>	75
<i>Figura.- 6.1.2.10. En el noreste registro entre media y alta susceptibilidad</i>	76
<i>Figura.- 6.1.2.11 Lerma y Ocoyoacac son los municipios más influyentes</i>	77
<i>Figura.- 6.1.2.12. Muy alta susceptibilidad se encuentra por este sitio (zona norte)</i>	78
<i>Figura.- 6.1.2.13. Es la única sección donde están rellenos con susceptibilidad baja.</i>	79
<i>Figura.- 6.1.2.14. Materiales de relleno</i>	80
<i>Figura.- 6.2.1.1. Mapa de las Unidades ambientales</i>	82
<i>Figura.- 6.3.4.1. Mapa de las UGAs propuestas</i>	96
<i>Figura.- 6.3.4.2. Secciones municipales del área de gestión</i>	97
<i>Figura.- 6.3.4.3. Sección A custodiada por el Municipio de Lerma</i>	98
<i>Figura.- 6.3.4.4. Sección B custodiada por el Municipio de Santiago Tianguistenco</i>	99
<i>Figura.- 6.3.4.5. Sección C custodiada por el Municipio de Ocoyoacac</i>	100
<i>Figura.- 6.3.4.6. Sección D custodiada por el Municipio de Chapultepec</i>	101
<i>Figura.- 6.3.4.7. Sección E custodiada por el Municipio de Metepec</i>	102
<i>Figura.- 6.3.4.8. Sección F custodiada por el Municipio de San Mateo Atenco</i>	103
<i>Figura.- 6.3.4.9. Sección G custodiada por el Municipio de Capulhuac</i>	104
<i>Figura.- 6.3.5.1. Artesanías locales de tule</i>	109
<i>Fórmula.-1 Índice de Agua (CEDEX)</i>	34
<i>Fórmula.-2 Asiento total (Stot)</i>	36
<i>Fórmula.-3 Tasa de asiento de suelo (TAS)</i>	53
<i>Fórmula.-4 Porcentaje de asiento total de vivienda (%)</i>	54
<i>Fórmula.-5 Susceptibilidad de relleno (Sr)</i>	56

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ANP</b>	Área Natural Protegida
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CITES</b>	Convención sobre el comercio Internacional de Especies amenazadas de fauna y flora Silvestre
<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>CONANP</b>	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
<b>DOF</b>	Diario Oficial de la Federación
<b>FLOA</b>	Fortalezas, Limitaciones, Oportunidades y Amenazas
<b>GAR</b>	Evaluación Global sobre la reducción del Riesgo de desastre
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>INOPICN</b>	Inventario Nacional de Obras de Protección contra Inundaciones en Cauces Naturales
<b>LGAHOTyDU</b>	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano
<b>LGCC</b>	Ley General de Cambio Climático
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

<b>MAH</b>	Marco de Acción de Hyogo
<b>RLAN</b>	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
<b>SEDATU</b>	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>UFC</b>	Unidades Coliformes Fecales
<b>UICN</b>	Unión Mundial para la Conservación
<b>USEPA</b>	Agencia de Protección del Medio Ambiente (por sus siglas en inglés)
<b>WEF</b>	World Economic Forum

## **RESUMEN**

La Ciénega Chimaliapan es un humedal epicontinental, por lo que prevalecen diversas especies de flora y fauna, sin embargo en la actualidad se han desarrollado actividades antropogénicas sin planeación, por ello terrenos que aún se encuentran inundados se modifican a fin de construir viviendas. Las construcciones dentro del sitio implican un proceso de relleno que con el paso del tiempo pierden estabilidad, además de generar cambios en el ecosistema. El presente trabajo realiza una evaluación sobre la susceptibilidad ante procesos naturales de la Ciénega y posteriormente la elaboración de un plan maestro para el tratamiento de la misma. Suele ser un trabajo ambicioso a causa de las diversas metodologías que se emplean, no obstante dicha correlación mantiene interesante esta investigación.

*Palabras claves: humedal, infraestructuras, susceptibilidad, planeación, tratamiento.*

## **ABSTRACT**

The Ciénega Chimaliapan is an epicontinental wetland, which is why various species of flora and fauna prevail, however anthropogenic activities have been developed without planning, therefore lands that are still flooded are modified in order to build houses. The constructions within the site imply a filling process that, over time, loses stability, as well as generating changes in the ecosystem. The present work makes an evaluation on the susceptibility to natural processes of Ciénega and later the elaboration of a master plan for the treatment of the same. This is usually an ambitious work because of the different methodologies used, however this correlation keeps this research interesting.

*Key words: wetland, infrastructures, susceptibility, planning, treatment.*

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi mamá por ser padre y madre al mismo tiempo, a pesar de las dificultades siempre me brindo una sonrisa y apoyo incondicional durante toda mi trayectoria académica.

A Fernando por llegar justo en el momento en que más lo necesitaba y acompañarme en esta aventura, apoyando mis sueños.

A la Dra. Marivel porque sus consejos fueron más que alentadores, dándome siempre la confianza de encontrar la respuesta, una gran persona de la que nunca se deja de aprender en todos los aspectos, de corazón gracias.

A la Dra. Aleida y el Dr. Gybram, por contribuir y orientarme en este trabajo, por sus excelentes aportaciones como profesores que inspiran personal y profesionalmente.

También quisiera dedicar este trabajo a todas las comunidades que me apoyaron durante este largo proceso, por compartir sus inquietudes y opiniones.

Finalmente a hermanos que espero y algún día vivan esta experiencia tan satisfactoria, a mis suegros y amigos que siempre mantuvieron la esperanza en mí, a todos gracias.

## **Introducción**

En la actualidad el ser humano ha desarrollado un estilo de vida comprometedor para todos los ecosistemas (acuáticos, terrestres, marítimos, etc.). En diferentes partes del mundo, el cambio de uso de suelo se está convirtiendo en un problema irreversible (INEGI 2015), una de las principales causas es el incremento demográfico seguido por la demanda de necesidades humanas.

¿Y cómo se está dando dicha situación? Claramente se manifiesta en la invasión de terrenos, por contar con fácil acceso a la civilización o a un recurso en particular (como acceso al agua potable, infraestructura eléctrica, alguna vía de comunicación, etc.), esencialmente son áreas tomadas de manera inconsciente, sin contemplar los factores que condicionan el medio dentro de un sistema natural.

Con el tiempo, dichas acciones van construyendo situaciones desencadenantes, engrandeciendo así la susceptibilidad ante inundaciones, deslizamientos, hundimientos, entre los más relevantes, poniendo en peligro la integridad humana. En casos muy extremos estas sociedades llegan a vivir un escenario desastroso en donde existen pérdidas económicas y humanas (BID 2015).

En esta tesis, se desarrolla un “Plan maestro para restauración y prevención socioambiental de la Ciénega Chimaliapan”, considerando aspectos ambientales y sociales dentro de un sistema natural, brindando así un plan de tratamiento dispuesto a mejorar las condiciones que inhiben la interacción armoniosa del ecosistema.

El primer capítulo “Antecedentes”, integra el contexto internacional y nacional del riesgo ambiental, los estudios realizados y caracterización de la zona.

En el segundo capítulo el “Planteamiento del Problema”, la justificación, hipótesis y objetivos.

En el tercer capítulo “Marco Legal”, es una recopilación normativa en materia ambiental referente a los humedales, Áreas Naturales Protegidas, Ordenamiento Ecológico Territorial, entre otros. El cuarto capítulo “Marco teórico” se mencionan los conceptos y metodologías que se emplean en todo el proceso de la investigación.

El quinto capítulo “Materiales y Métodos”, se enlistan los insumos y procedimientos, así como diagramas y esquemas que simplifican la información de cada etapa. El sexto capítulo “Resultados”, muestra los productos obtenidos y los alcances de la investigación.

Como séptimo capítulo las “Conclusiones y recomendaciones”, y finalizando se adhiere un octavo apartado “Anexos” que complementa la información generada.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Expectativas ambientales y situaciones de riesgo

### Internacional

La expansión territorial y la densificación, provocan los cambios en sus estructuras internas y en su composición poblacional, nuevos tipos de amenazas debidos a cambios ambientales globales y la potencialidad de generación de nuevos riesgos producidos por causas humanas y ambientales.

En las nuevas evaluaciones y proyecciones del riesgo mundial se han destacado los cinco con mayor impacto durante los últimos tres años:

- La falta de mitigación y adaptación al cambio climático
- Destrucción masiva con armas
- Las crisis de agua
- Las migraciones involuntarias a gran escala
- El impacto generado por cambios en el precio de la energía

El riesgo considerado más probable son las migraciones involuntarias a gran escala, los riesgos ambientales derivados de fenómenos meteorológicos extremos y a la falta de mitigación y adaptación al cambio climático, seguido de los grandes desastres naturales (WEF 2016).

Parte de las migraciones involuntarias se relacionan a la distribución geográfica de las catástrofes naturales, es decir, movilizaciones debido a la magnitud de afectación que tuvo algún evento. Sin embargo existen otras razones por las cuales las personas migran a la ciudad “accesibilidad a trabajo y servicios públicos”.

De acuerdo a la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres (2006), desde hace unas décadas, la población se concentra cada vez más en las ciudades y generalmente en las grandes ciudades, incluso en las megápolis. De este modo estos sectores presentan una vulnerabilidad elevada frente a las amenazas naturales.

El frecuente incremento de las ciudades latinoamericanas se distingue ante todo por su limitado poder de absorción del creciente aumento de la población; debido a un importante éxodo rural. Esto desencadena la edificación de un hábitat precario y marginal concentrado en barrios marginales.

Esta situación ocurre y se desarrolla sobre espacios estimados como impropios para la construcción, ya por insalubres, peligrosos o por su abierta exposición a ciertas amenazas naturales (actividad volcánica, deslizamiento, inundación, etc.). Estos barrios lograron desarrollarse, caracterizando así el modo de expansión de la ciudad. En todo caso, son una forma de hábitat que concentra a una población cada vez más numerosa dentro de las ciudades latinoamericanas.

A la colonización de espacios peligrosos se suma por lo general una inadecuada adaptación de la construcción. En estas condiciones, el modo de expansión urbana desencadena inevitablemente la ocurrencia de siniestros que a veces son de carácter catastrófico; tanto, que representan verdaderos elementos en juego en los países pobres, donde el equilibrio político es a menudo precario.

En efecto, los créditos de socorro casi nunca provienen de un presupuesto especial, sino de aquellos ligados a programas de desarrollo por lo que se frenan estos planes e incrementa la eventualidad de estas catástrofes naturales. Todos los indicadores económicos de estos países bajan después de una catástrofe. "La pobreza incrementa la vulnerabilidad a los riesgos y las catástrofes incrementan la pobreza" típico círculo vicioso en los países subdesarrollados (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres, 2006).

## **En México**

Según Inventario Nacional de Obras de Protección contra Inundaciones en Cauces Naturales (INOPICN), debido a la orografía nacional, y a que México está situado cerca de la zona intertropical de convergencia (lo cual origina una abundante formación de nubes y fuertes lluvias), se presentan lluvias intensas que producen inundaciones año con año, ocasionando serios problemas en todo el territorio nacional.

En las últimas décadas, los fenómenos naturales en México han dejado daños con un costo promedio anual de 100 vidas humanas y cerca de 700 millones de dólares. México es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia.

En las planicies de México, prácticamente todos los años se producen inundaciones derivadas de desbordamientos. La causa principal además de los grandes volúmenes precipitados, es la pérdida de la capacidad hidráulica de esos cauces, una vez que dejan la zona de sierras y se adentran en las planicies (INOPICN 2009).

Pese a las características físicas del país, la mayoría de situaciones de riesgo se construyen por la sociedad. El más claro ejemplo es el Valle de México, una de las razones en la que los aztecas construyeron hace 700 años, una ciudad de jardines flotantes que llegó a ser conocida como “La Venecia del nuevo mundo”, a fin de mantener la fluidez del agua y regular las crecidas del lago.

Sin embargo, los grandes lagos fueron gradualmente secados durante la conquista, y los ingenieros modernos remplazaron las ciénegas lacustres con un océano gris de concreto, pavimento y acero que, tan sólo en el cuadrante central de la ciudad de México, hoy acoge a millones de habitantes. Con la destrucción de basamentos prehispánicos y el remplazo de canales en drenajes y el agua de los lagos en depósitos de basura, esto dio pauta al “origen de las inundaciones” en el Valle de México (Theguardian 2015).

Además de las inundaciones, se ha reproducido otro sector de amenaza asociada al Valle de México, Méndez y colaboradores (2011) mencionan que “el hundimiento de la ciudad” es a causa del remplazo natural del suelo, ocasionando anomalías geotécnicas. En la ciudad registraron alrededor de 35 terraplenes<sup>1</sup>, los cuales presentan anomalías en el terreno, además de rellenos modernos que consisten en el vaciado a volteo de materiales de desecho no controlados.

Los daños ocasionados año con año se vuelven más impactantes, si bien tener zonas con hundimiento e inundaciones a la vez ocasiona mayores pérdidas en el incremento de la lámina del agua. Debido a la pérdida de infiltración a causa de la edificación masiva de la ciudad, siendo necesaria la construcción de canales en las zonas aluvio-lacustre y lacustres para conducir el agua de los ríos que provienen de las regiones montañosas que circundan a la ciudad hacia el lago de Texcoco (Méndez *et.al.* 2011).

## **1.2. Hallazgos de las Ciénegas de Lerma**

Los hallazgos en las Ciénegas<sup>2</sup> de Lerma relatan el uso y aprovechamiento de las mismas desde tiempos antiguos. Se destaca la existencia de Chinampas tras la conquista, este sistema que se mantenía gracias a unas situadas en “plena laguna” y otras en la parte territorial más alejada de la Ciénega donde se practicaba agricultura de riego, ya que solo se inundaba anualmente (Albores 1998).

Albores (1998) detalla que las chinampas<sup>3</sup> consistían en rellenar el espacio dejado por el agua de un área próxima a la orilla similar a un terraplén, que se liberaba con la colocación alterna de planchas de yerbas lacustres intercaladas con capas de lodo, a lo que se le denominaba “cueple” o “enzolve”.

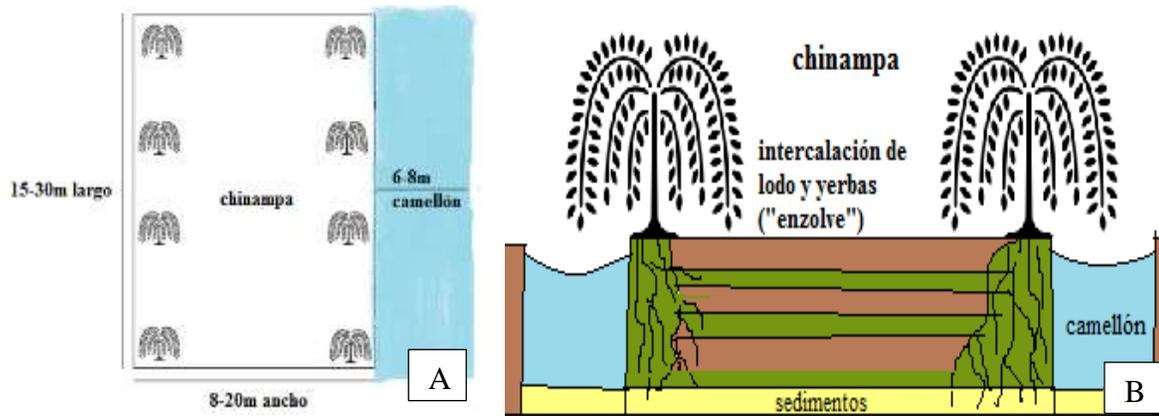
---

<sup>1</sup> Terraplén del náhuatl “tlatel”, que significa, montículo o tierra elevada, principalmente de suelo y materiales variados, como gravas, rocas, lodos y ramas de árboles.

<sup>2</sup> Del latín “cænīca” forma sustantiva abstracta de “cænum” que quiere decir cieno o pantano, también citado en algunos textos como ciénaga (Definición revisada el 10 de junio de 2017).

<sup>3</sup> Del náhuatl “chinamitl” “reja de cañas” o “encima de todo” (Etimologías revisada el 10 de junio de 2017).

Las dimensiones de las Chinampas eran de 8 a 20 metros de ancho y 15 a 30 metros de largo. Algunas eran mucho más reducidas, otras en cambio luego de su agrandamiento llegaban a medir 50x60 metros y los camellones de 6 a 8 metros de ancho (Figura 1.2.1.).



**Figura.- 1.2.1.** Dimensiones de una chinampa (A), perfil de una chinampa (B), elaboración propia con base en la descripción de Albores (1998).

La dificultad de establecer chinampas en una zona se debe no solo al alto nivel tecnológico de su construcción, sino por el difícil manejo ambiental regional del que dependen, en especial por la coordinación de la inundación. Estas interactuaban como un punto de control de agua regional, ya que de no contar con un sistema de manejo de la inundación sus cosechas se veían afectadas. Para el caso de la cuenca de México los mexicas elaboraron un patrón muy complejo de diques, albardones y compuertas para evitar las inundaciones anuales, coordinadas bajo un sistema político también complejo.

De acuerdo a Sigiura (2004) la construcción de islas artificiales en las ciénagas de Chignahuapan y Chimaliapan, montículos bajos hoy conocidos en la zona como bordos, llegaron a su máxima extensión durante el período Epiclásico (ca. 650-900 d.C.). Los habitantes debían explotar los recursos naturales lacustres para obtener alimentos y materias primas para la elaboración de productos artesanales, posteriormente podían realizar un tipo de “trueque” o intercambio.

El punto importante de la productividad chinampera era ahorrar espacio y tiempo, obteniendo campos drenados. Con probabilidades que avenidas torrenciales y crecidas del alto Lerma, fueran incontrolables con la tecnología mexicana, por lo cual, lo único que pudieron hacer fue la configuración de una especie de Chinampas más provisionales.

Hasta la desecación de la Ciénega (entre 1942-1970), la población ribereña acostumbrada a ganar terrenos a la laguna. Mediante su agrandamiento, los terrenos eran inicialmente destinados para el cultivo, después se convertían en áreas habitacionales. Además, una parte del proceso implicaba elevar el nivel de los terrenos, para evitar las inundaciones de la época lluviosa (Albores 1998). Pasando la época prehispánica se dio un cambio masivo en el uso de suelo y la alteración acelerada del ecosistema acuático.

### 1.2.1. Evolución físico-social de las Ciénegas de Lerma

Según Viesca y colaboradores (2011), determinan que la evolución físico-social estaba fuertemente ligada a las actividades lacustres (Cuadro 1.2.1.1.).

*Cuadro.- 1.2.1.1. Evolución físico-social en el manejo de la Ciénegas de Lerma (Viesca et.al., 2011).*

Año	Involucrados	Descripción	Relevancia
1521 y 1522	Población aledaña	Pocos años después de la conquista del Valle de Toluca, Hernán Cortés estableció en San Mateo Atenco su primera estancia ganadera de la Nueva España.	Se transformó el estilo de alimentación con las elaboraciones lácteas, jamones, tocinos, chorizos y barbacoa.
A mediados del siglo XIX	San Pedro Tultepec	La caza, la pesca y la recolección de vegetales y animales, que en todo momento fueron fundamentales para la alimentación y subsistencia de los habitantes de la zona.	La pesca fue una actividad económica tan importante que cubrió en gran medida las necesidades domésticas.

<b>Año</b>	<b>Involucrados</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relevancia</b>
<b>1942 y 1951</b>	El proyecto para llevar el agua al Distrito Federal.	El nivel de la laguna comenzó a disminuir drásticamente, quedando algunos vestigios lacustres alimentados por varias corrientes y por agua de lluvia.	Se propició el desarrollo del corredor industrial, por lo que comenzó a cambiar el estilo de vida en la zona lacustre del Alto Lerma.
<b>Siglo XX</b>	Algunas zonas aledañas	Continuaban realizándose, de manera reducida diversas actividades productivas y de origen lacustre.	La agricultura se había extendido a terrenos ganados dentro de la Ciénega, la ganadería casi había desaparecido.
<b>Actualmente</b>	Ciénega Chimaliapan	Se mantiene la disputa por la repartición de terrenos que van dejando de ser inundados, dicha problemática ha impedido la ejecución de planes de manejo en la zona.	Conflictos ejidales, falta de institucionalidad local, incumplimiento de la normatividad ambiental.

En el proceso del proyecto para llevar agua al distrito federal, los actores locales no estuvieron de acuerdo con la ejecución de la ingeniería hidráulica, pero tampoco pusieron resistencia. La sociedad no recuerda que se haya celebrado asamblea alguna para participar en la decisión (Ibarra 2011).

Ibarra (2011) también señaló que algunos beneficios obtenidos a cambio del agua fueron: fundación de escuelas primarias comunitarias, oferta laboral, agua entubada y construcción de lavaderos para las mujeres, así como la excepción del pago del vital líquido. Estas prácticas de trato político tranquilizaron la inquietud de los habitantes locales. A pesar de los aparentes beneficios, la extracción intensiva del agua trajo consigo otras problemáticas no contempladas. Se causaron afectaciones sustantivas a las actividades fundamentales como: la pesca, la caza y la recolección del tule. La desecación de la Ciénega no sólo tuvo efectos ambientales, también transformó por igual la vida laboral y social.

Al mismo tiempo, el agua sufrió un cambio ya que de tener un valor de uso predominantemente para la producción social local, fue transformada en insumo para sustentar una forma de acumulación basada en la producción industrial y el desarrollo de una sociedad predominantemente urbana.

### **1.2.2. Investigaciones realizadas en las Ciénegas de Lerma**

Se tienen algunas investigaciones como; “*Efecto de metales y parámetros fisicoquímicos sobre el zooplancton del humedal Ramsar, Chimaliapan*” (García *et.al.* 2011), “*Ficha Informativa de los Humedales Ramsar-Ciénegas de Lerma*” (INECC 2003), “*Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática*” (Zepeda-Gómez 2012), “*Evaluación financiera de la unidad de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en San Pedro Tultepec, Estado de México*” (Hernández 2000), “*El impacto de la desecación de la laguna de Lerma en la gastronomía lacustre de San Pedro Tultepec de Quiroga, Estado de México*” (Viesca *et.al.* 2011) sustentan que las Ciénegas de Lerma se encuentran en deterioro ambiental, debido a la perturbación antrópica y a la deficiencia institucional, tan solo aprovechándola sin remunerar el daño ocasionado.

El cambio de uso de suelo de 1973 a 2008 en las tres Ciénegas de Lerma demuestra que la tendencia general es la pérdida de zonas cubiertas de agua y tulares, que tienden a transformarse en zonas con nivel de inundación menor, favoreciendo el crecimiento de una flora hidrófita de menor talla y adaptada a los disturbios, posteriormente sustituida por campos de cultivo y/o espacios urbanos (Zepeda-Gómez 2012).

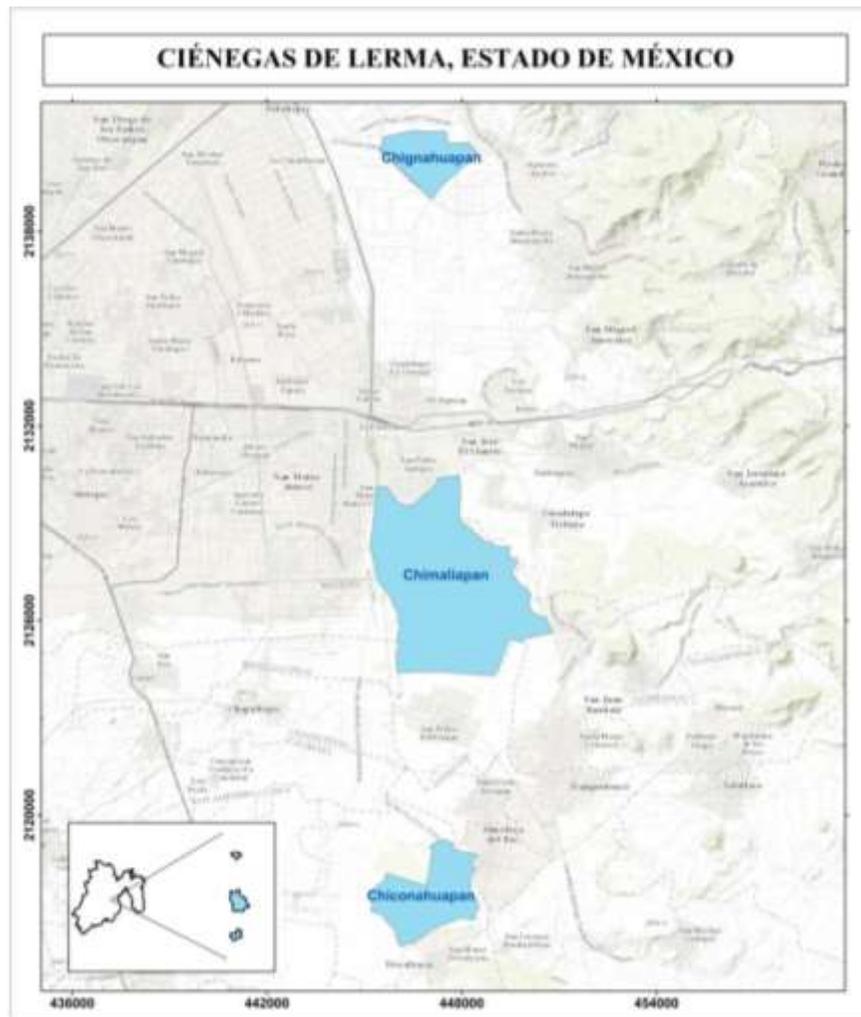
Debido a estos cambios de uso de suelo y a las actividades que surgieron a través de este, sus propiedades fisicoquímicas del agua en estos humedales se han modificado. Este sistema de ciénegas recibe gran descarga de aguas residuales, correspondiente a los municipios aledaños (García *et al.* 2011). Existe un programa de manejo para el caso de las Ciénegas de Lerma, sin embargo no son implementados a falta de participación social, y a los problemas ejidales que existen (SEMARNAT 2015).

## 1.3. Caracterización física

### 1.3.1. Ciénegas de Lerma

#### Ubicación geográfica de las Ciénegas de Lerma

Las Ciénegas de Lerma están decretadas como área de protección de flora y fauna a nivel federal desde el 2002, dicha reserva incluye tres cuerpos de agua separados entre sí, conocidos como Chiconahuapan<sup>4</sup> o Almoloya, Chimaliapan<sup>5</sup> o Lerma (zona de estudio) y Chignahuapan o Atarasquillo. La altitud aproximada es de 2500 m.s.n.m.



*Figura.- 1.3.1.1. Ubicación geográfica de las Ciénegas de Lerma con información de CONANP*

<sup>4</sup> Del náhuatl “nueve aguas” (Velasco 2008)

<sup>5</sup> “Río Chimallis o Escudos” (Velasco 2008)

## **Criterios RAMSAR aplicables en las Ciénegas de Lerma**

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, llamada la Convención de RAMSAR, es el tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Su misión es " la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo" (RAMSAR 2014).

Las Ciénegas de Lerma son reconocidas por la convención (RAMSAR 2003) como los humedales remanentes más extensos del Centro de México, especialmente de los Valles de México y Toluca. Cubren más de 3000 hectáreas, en tres lagunas, que son los reductos de las 27,000 hectáreas de humedales que había en la zona a finales del siglo XIX.

Las Ciénegas presentan diferentes hábitats, incluyendo zonas de aguas profundas (hasta 5 metros), zonas con vegetación emergida, zonas de vegetación inundada y zonas de vegetación riparia. Estos humedales cumplen con 7 de 8 criterios que se consideran en los sitios RAMSAR de acuerdo a Ceballos (2003).

- Criterio 1: Son uno de los últimos ejemplos representativos de este tipo de ecosistemas en el Eje Neovolcánico central.
- Criterio 2: Se le considera una importante área para la conservación de especies (Cuadro 1.4.1.)

**Cuadro.- 1.3.1.1. Especies en peligro de extinción de las Ciénegas de Lerma (Ceballos 2003)**

<b>Lista Roja de la UICN</b>		
<b>Pez</b>	<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	<small><a href="http://akvaforum.no/images/fish/girardinichthys_multiradiatus_01.jpg">http://akvaforum.no/images/fish/girardinichthys_multiradiatus_01.jpg</a></small> 

Especies endémicas en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2001)		
Peces	Ciprinido ( <i>Algansea barbata</i> )	 <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Red_shiner.JPG">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Red_shiner.JPG</a>
	<i>Chirostoma riojai</i>	 <a href="http://www.animalpolitico.com/wp-content/uploads/2014/03/Captura-de-pantalla-2014-03-06-a-las-15.18.10.png">http://www.animalpolitico.com/wp-content/uploads/2014/03/Captura-de-pantalla-2014-03-06-a-las-15.18.10.png</a>
Aves	<i>Geothlypis speciosa</i> "tichito"	 <a href="http://cdn1.arkive.org/media/36/367D3333-6622-42C1-AB4D-F7262C759226/Presentation.Large/Beldings-yellowthroat.jpg">http://cdn1.arkive.org/media/36/367D3333-6622-42C1-AB4D-F7262C759226/Presentation.Large/Beldings-yellowthroat.jpg</a>
	<i>Coturnicops noveboracensis</i> <i>goldmani</i> **	 <a href="http://www.taenos.com/img/ITIS/Coturnicops/Yellow-Rails-11.jpg">http://www.taenos.com/img/ITIS/Coturnicops/Yellow-Rails-11.jpg</a>
Carnívoros	Cacomixtle ( <i>Bassariscus astutus</i> )	 <a href="https://scontent-sea1-1.cdninstagram.com/t51.2885-15/e35/20766249_715813341876830_2251352746244440064_n.jpg?ig_cache_key=MTU3ODQ1ODgwODkwNmZmMjA2NQ%3D%3D.2">https://scontent-sea1-1.cdninstagram.com/t51.2885-15/e35/20766249_715813341876830_2251352746244440064_n.jpg?ig_cache_key=MTU3ODQ1ODgwODkwNmZmMjA2NQ%3D%3D.2</a>
	Ratón ( <i>Peromyscus maniculatus</i> )	 <a href="http://calphotos.berkeley.edu/imgs/512x768/0000_0000/0105/2831.jpeg">http://calphotos.berkeley.edu/imgs/512x768/0000_0000/0105/2831.jpeg</a>
Especie vegetal	<i>Sagittaria macrophylla</i>	 <a href="http://3.bp.blogspot.com/fzfifUr455w/TeCNpCh297I/AAAAAAAABAB/eAKIrlOgSQ/s1600/berula-y-hydrocotyle.jpg">http://3.bp.blogspot.com/fzfifUr455w/TeCNpCh297I/AAAAAAAABAB/eAKIrlOgSQ/s1600/berula-y-hydrocotyle.jpg</a>

Especies sujetas a protección especial		
<b>Anfibios</b>	<p><i>Ambystoma granulosum</i> **(<i>ajolote</i> <i>lerma</i>)</p> <p><i>A. lermaensis</i></p>	 <p><a href="https://static.inaturalist.org/photos/760511/medium.JPG?1396381927">https://static.inaturalist.org/photos/760511/medium.JPG?1396381927</a></p>
Convención CITES, Apéndice III		
<b>Aves acuáticas</b>	<p><i>Anas acuta</i></p> <p><i>Anas crecca</i></p>	 <p><a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Hybrid_Anas_penelope_%C3%97_Anas_platyrhynchos%2C_Cresswell_Pond.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Hybrid_Anas_penelope_%C3%97_Anas_platyrhynchos%2C_Cresswell_Pond.jpg</a></p>

- Criterio 3: Esta reserva es fundamental para mantener la diversidad biológica regional, ya que mantiene poblaciones de más de 300 especies de plantas y vertebrados, últimas poblaciones de esas especies en el centro del país.
- Criterio 4: Dan abrigo invernal a decenas de especies de aves migratorias. Además de amortiguar las oscilaciones bruscas de temperatura, brinda microclima favorable.
- Criterio 5: Es un centro de refugio para miles de aves migratorias que anualmente arriban de Canadá, EEUU y el Norte de México, para pasar el invierno.
- Criterio 6: Esta reserva mantiene la población total de la gallineta amarilla. Esta es la única población andante en México.

*Cuadro.- 1.3.1.2. Especie endémica de las Ciénegas de Lerma (Ceballos 2003)*

Subespecie seriamente amenazada con la extinción		
<b>Aves</b>	<p>Gallineta amarilla (<i>Coturnicops noveboracensis goldmani</i>)</p>	 <p><a href="http://www.planetofbirds.com/Master/GRUIFORMES/Rallidae/pics/Yellow%20Rail.jpg">http://www.planetofbirds.com/Master/GRUIFORMES/Rallidae/pics/Yellow%20Rail.jpg</a></p>

- Criterio 7: En las ciénegas se encuentra una de las dos poblaciones remanentes del charal (*Chirostoma riojai*) y especies nativas de peces, endémico de México.

### **1.3.2. Ciénega Chimaliapan**

#### **Clima**

El clima predominante es semifrío, subhúmedo con verano fresco, la temperatura media anual entre 8°C y 12°C. La temperatura del mes más frío es entre -3°C y 18°C mientras que la temperatura del mes más caliente es de 22°C. Este clima es representativo a las altitudes superiores a 2,500 m (IFOMEGEM 2013).

#### **Geomorfología**

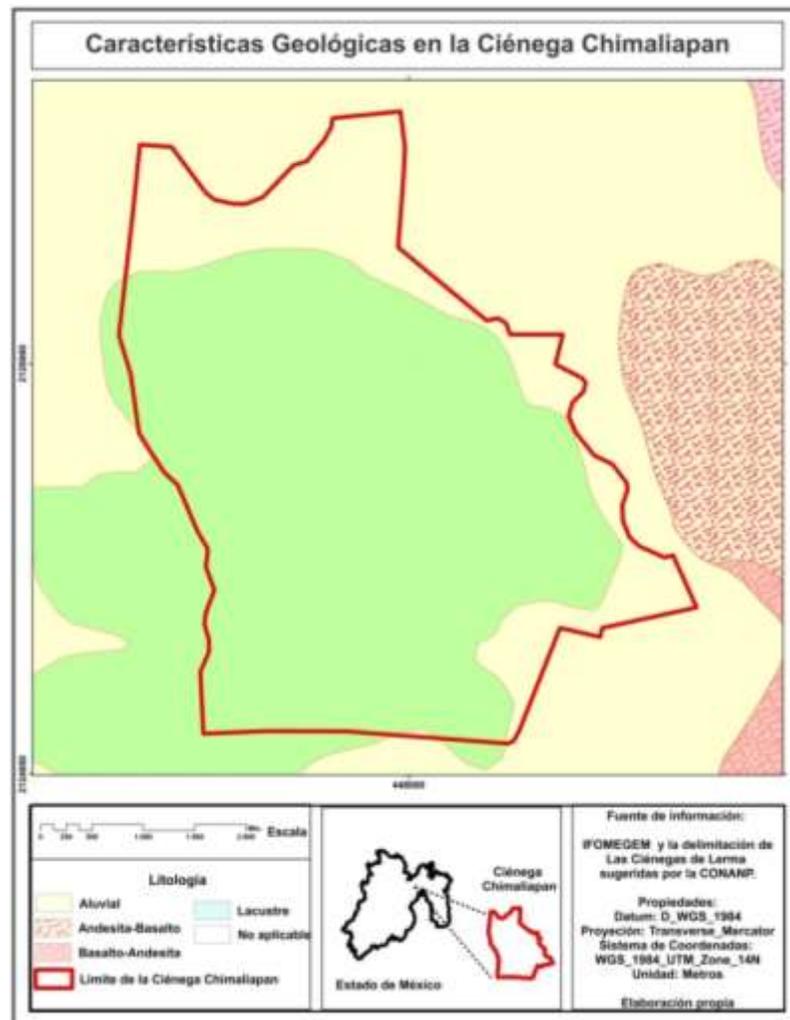
Con una altitud menor a los 2550 msnm predomina el paisaje lacustre, perteneciente a la zona de estudio. A los alrededores se presenta estructuras con mayor elevación que rodean el valle (IFOMEGEM 2013), de tal manera que las geoformas con elevaciones mayores direccionan los escurrimientos hacia las partes más bajas donde se depositan y constituyen parte de la Ciénega.

#### **Geología**

La Ciénega Chimaliapan es una de las zonas que ocupa la altitud más baja dentro del Valle de Toluca, mencionado valle colinda con una serie de serranías volcánicas: al este, por la Sierra de las Cruces, constituida por varios estratovolcanes, cuya edad abarca de 13 y 6 Ma hasta 7 a 5 Ma (Carrasco-Hernández 1999 y Macías et al. 1997: citado por Sugiura 2015); al sur, por el Campo Volcánico Chichinautzin, consistente en volcanes monogenéticos, representante del vulcanismo más joven ocurrido entre el Pleistoceno y el Holoceno en los alrededores de la cuenca del Alto Lerma. La historia geológica del Alto Lerma se remonta a las actividades tectónicas y vulcanismo del Cenozoico (últimos 65 millones de años).

A causa de múltiples episodios eruptivos, los depósitos de flujo piroclástico de bloques y cenizas registrados durante el Pleistoceno tardío representan una relevancia histórica, sobre todo la Pómez Toluca Superior (PTS) fechada hace alrededor de 10,500 años. La PTS no sólo cubrió y modificó el pie de monte del volcán, sino que también aportó un gran volumen de material a la cuenca (Macías *et. al.* 1997; citado en Sugiura 2015).

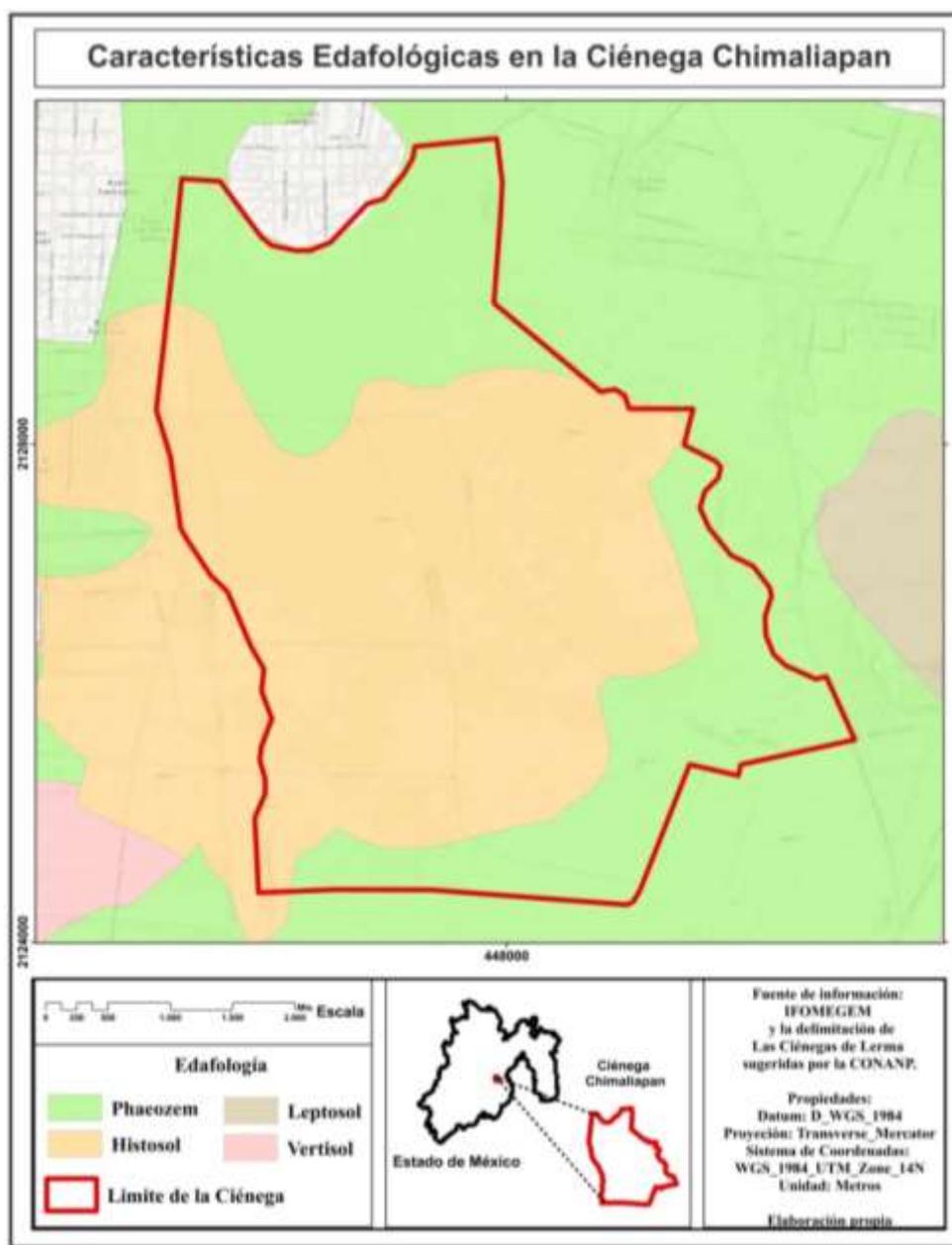
Dada la historia evolutiva en general, en el sitio predominan depósitos aluviales y lacustres en su mayoría, debido al depósito de ceniza volcánica presentada en eventos anteriores y/o al transporte-desgaste del material volcánico a través de ríos que desembocan en el humedal, su temporalidad es relativamente reciente dado que no son productos consolidados y continuamente reciben aporte de material.



**Figura.- 1.3.2.1. Geología correspondiente a la Ciénega Chimaliapan (IFOMEGEM 2013)**

## Edafología

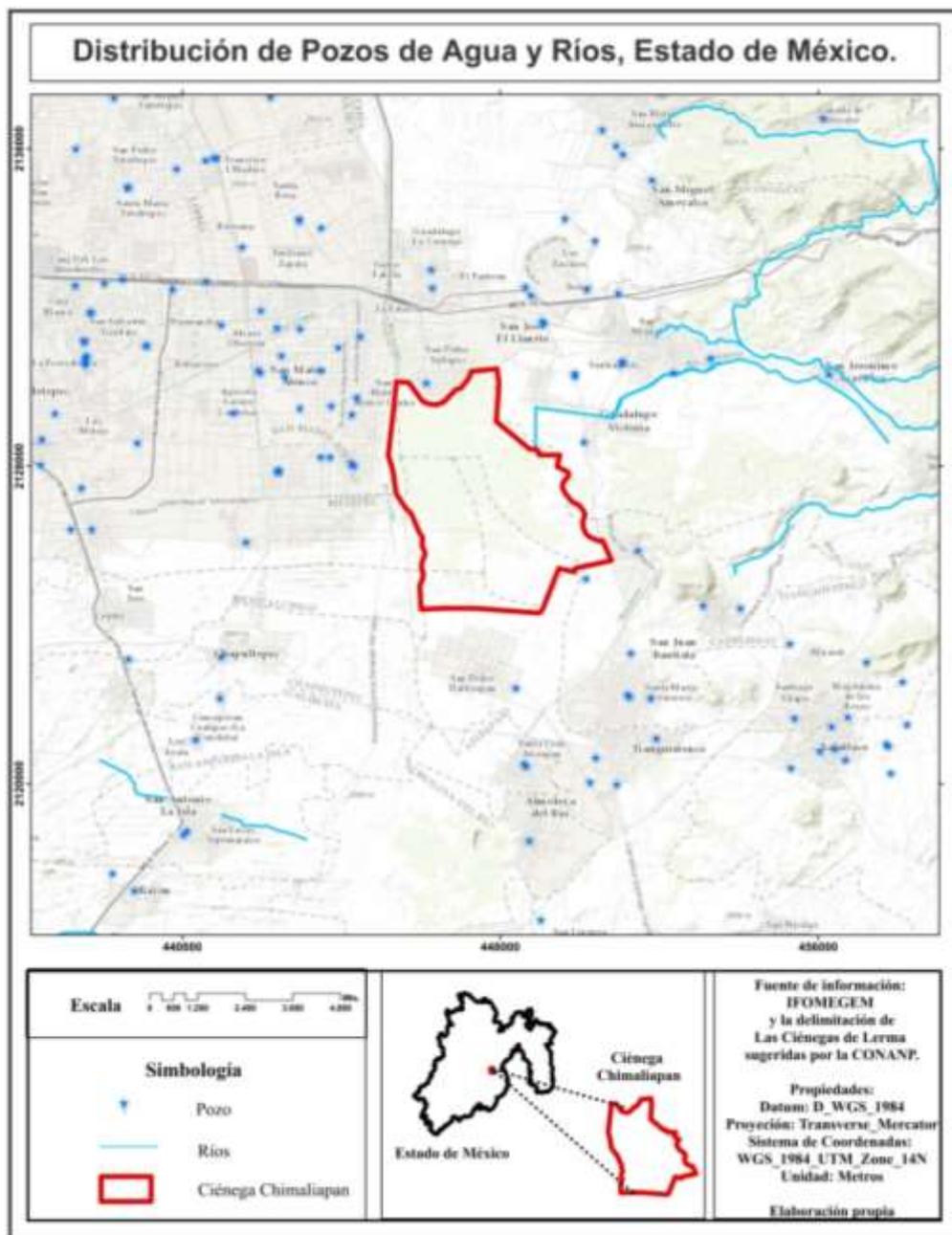
Predominan el Histosol, suelo típico de zonas húmedas además de tener un elevado contenido en material orgánico, y el Phaeozem que es un suelo caracterizado por poseer un horizonte superficial A, oscuro por su elevado contenido en materia orgánica. Ambos poseen una extraordinaria actividad biológica, lo que se manifiesta una buena integración de la materia orgánica con la mineral.



**Figura.- 1.3.2.2. Edafología correspondiente a la Ciénega Chimaliapan (IFOMEGEM 2013)**

## Ríos y Pozos

Los ríos funcionan como fuente de drenaje resultante de las comunidades aguas arriba, provocando la acumulación de elementos químicos en las zonas más bajas, por lo cual se reciben aportaciones de contaminantes lo que agrava el problema por vertidos líquidos en el agua de la Ciénega.



*Figura.- 1.3.2.3. Ríos y Pozos correspondientes a la Ciénega Chimaliapan (IFOMEGEM 2013)*

## Valoración de biodiversidad correspondiente a la Ciénega en estudio

De acuerdo a Ceballos (2003) la Ciénega Chimaliapan tiene muy alto grado de endemidad, es decir, que la mayoría de las especies que se albergan ahí difícilmente pueden existir en otro sitio. También se destaca su importante valor arqueológico, así como la alta productividad económica que en algún momento significó para la población (Cuadro 1.3.2.1.).

*Cuadro.- 1.3.2.1. Valores principales de la Ciénega Chimaliapan (Ceballos, 2003):*

<b>Chimaliapan</b>	
<b>Endemidad</b>	Muy alto
<b>Presencia de especies útiles</b>	Medio
<b>Vestigios arqueológicos</b>	Muy alto
<b>Productividad económica</b>	Alto

## Parámetros fisicoquímicos

Pérez-Ortiz (2005) señala que “los niveles de pH, fosforo total y nitrógeno total, no rebasan los límites establecidos en la NOM-001-ECOL-1996 para la vida acuática, ni para humedales naturales”. También menciona que “los niveles de nitritos y nitratos son bajos y no resultan tóxicos de acuerdo a los máximos propuestos por USEPA (2002)”.

En cuanto a la presencia de metales en el agua, encontraron Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, y Pb, sin embargo no es tan significativa su concentración en la salud humana ni en la biodiversidad del humedal. El límite permisible de unidades formadoras de colonias (UFC) de coliformes fecales<sup>6</sup> en el agua según la NOM-001-ECOL-1996, es de 1,000 UFC/100 ml., en este sentido se encontraron 32, 500,000 UFC/100 ml (lluvias) y 4, 050,000 UFC/100 ml (secas), lo que indica una cifra por encima de lo permisible, siendo que en lluvias incrementa la concentración debido al aporte de agua (Cuadro 1.3.2.2.).

<sup>6</sup> Grupo de bacterias que habitan en el intestino de los animales, los cuales son indicadores de contaminación por aguas residuales y uso agrícola (DOF 1997; citado por Pérez. Ortiz 2005)

**Cuadro.-** 1.3.2.2. *Parámetros fisicoquímicos de la Ciénega Chimaliapan (Pérez-Ortiz. 2005):*

<b>Parámetro</b>	<b>Época de lluvias</b>	<b>Época de secas</b>	<b>Límites de la norma</b>
Profundidad	0.56	0.48	--
Temperatura	20.01	16.80	40
Turbidez	34.96	7.26	--
pH	7.14	7.81	6.5-9
Conductividad	479.40	619.01	--
Oxígeno disuelto	2.60	6.84	3.0 a 5.0 mg/L
Fosforo total	15.26	14.08	5
Ortofosfatos	6.41	10.04	0.5 ml/L
Nitrógeno total	12.30	3.20	15-25
Amonio	0.34	0.48	0.5 ml/L
Nitritos	0.01	0.01	0.05 mg/L
Nitratos	0.72	0.46	1.0

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Ciénega Chimaliapan se encuentra inmersa en el conflicto social debido a la repartición de tierra, incide en gran medida la evolución legal, en algunos apartados legales estipula que la zona es un bien nacional, sin embargo otros documentos dictan que a la sociedad indígena se le permite su uso, solo si los terrenos se desecan naturalmente, sin embargo el DOF<sup>7</sup> (2002) prohíbe en su artículo 11º, apartado V, interrumpir, rellenar, desecar o desviar flujos hidráulicos, a pesar de ello existen inconsistencias legales entre lo que se dicta y lo que se manifiesta.

La zona está conformada por seis municipios (Chapultepec, Lerma, Ocoyoacac, Santiago Tianguistenco, Metepec, Capulhuac), lamentablemente todos convergen en una discusión territorial, lo que agudiza la problemática generando competencia en la ganancia territorial, simulando la desecación de la zona lacustre cuando en realidad no es propiamente un proceso natural. Las autoridades locales se deslindan de las situaciones que se dan a menudo.

Para poder habitar los terrenos que aún están cubiertos por agua, las personas rellenan zonas con materiales inapropiados. Gran parte de estos rellenos se localizan en las periferias de caminos y carreteras. Algunas evidencias de que algo no está funcionando adecuadamente ya se han empezado a presentar, tales como inundaciones y la presencia de agrietamientos en las infraestructuras que se construyeron tiempo atrás.

En este sentido, por una parte existe una sociedad que se está asentando irregularmente en zonas aún anegadas construyendo así zonas de conflicto, mientras que el humedal cada vez se degradada más por el incremento de presiones externas, produciendo así contaminación del agua, alteraciones ecosistémicas, reducción en su cobertura y sobre todo pérdida de diversidad faunística y florística (Ceballos 2003).

---

<sup>7</sup> Diario Oficial de la Federación, decreto mediante el cual se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Ciénegas del Lerma, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas.

## 2.1. Justificación

En las últimas décadas la población ha comenzado su expansión hacia áreas que no son aptas para habitar, quitando terreno al humedal, tal es así que surge el interés por averiguar las posibles consecuencias que se esperarían al modificar el entorno natural de la Ciénega Chimaliapan.

Retomando que las Ciénegas de Lerma han sido frecuentemente estudiadas, las investigaciones se han enfocado en la medición de calidad de agua, descripciones históricas, beneficios socioeconómicos que de estas se derivan, cambio de uso de suelo y su diversidad faunística. Sin embargo, se basan en definir aspectos físicos, químicos y en menor medida sociales, pero aún no se manejan propuestas ambientales de manera precisa.

Mediante estas sustentaciones y carencias en estudios que existen sobre las Ciénegas de Lerma, nace interés por generar un plan que permita gestionar zonas con actividades precisas, por ello se elige a la Ciénega Chimaliapan ya que es el humedal que manifiesta mayores conflictos sociales y alteraciones en su ecosistema (Viesca *et.al.* 2011). En consecuencia el propósito de la presente investigación, no es solo evaluar, sino también proponer una gestión local con alternativas de uso más adecuadas.

De la misma manera, analizar el factor social, así como sus recursos y agrupaciones forma parte importante de la investigación, dado que integrar esos aspectos logrará una mejor aceptación del plan o propuesta que se pretende conseguir. Por tal razón, se contemplarán zonas de conflicto ambiental y posibles acciones para disminuir en gran medida el impacto de la sociedad con respecto al ecosistema que lo rodea, por ende prescindir de escenarios de susceptibilidad que corresponden a la propia dinámica del ecosistema.

## **2.2. Hipótesis**

La integración de la susceptibilidad como unidad de gestión permitirá elaborar un plan maestro conciso en la restauración y prevención socio-ambiental de la zona lacustre: Ciénega Chimaliapan.

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. General**

Elaborar un plan maestro mediante unidades de gestión para sugerir un uso adecuado de la Ciénega Chimaliapan y prevenir situaciones socio-ambientales relacionadas con la susceptibilidad.

### **2.3.2. Específicos**

1. Evaluar la susceptibilidad de inundación mediante la reconstrucción histórica de la Ciénega para identificar las zonas propensas.
2. Evaluar la susceptibilidad ante procesos por asiento del suelo mediante la evaluación directa de viviendas y terrenos para definir la relación existente entre zona lacustre y los rellenos inducidos
3. Definir unidades ambientales mediante fotointerpretación y las zonas con susceptibilidad para realizar un análisis de Fortalezas, Limitantes, Oportunidades y Amenazas (FLOA).
4. Elaborar el plan maestro mediante las unidades ambientales cuyo resultado principal sea una imagen objetivo con un plan general de gestión preciso y alcanzable.

### 3. MARCO LEGAL

Realizar este análisis normativo (Cuadro 3.1.) que aplica para la zona de estudio permite orientar la gestión ambiental y proponer acciones con sustento legal, asimismo poder exigir la aplicación de las mismas.

*Cuadro.- 3.1. Leyes y artículos aplicables en el estudio*

Ley	Artículo	Intervención legal
LGEEPA, Tít. 1°, capítulo 4, instrumentos de política ambiental, sección II, ordenamiento ecológico del territorio	Art.19	En especial en párrafo V, evaluar el impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos.
	Art. 20 BIS-2	Cuando una región ecológica se ubique dentro de dos o más entidades federativas, el gobierno federal, el del estado o municipios podrán formular un programa de ordenamiento ecológico regional.
LGEEPA, Tít. 1°, capítulo 1, instrumentos de política ambiental, sección II, ordenamiento ecológico del territorio	Art. 20 BIS-3	Son vitales los criterios de regulación ecológica para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable que se localicen en la región de que se trate, así como para la realización de actividades productivas.
	Art. 20 BIS-5	Dicta que las autoridades locales hagan compatibles el ordenamiento ecológico del territorio incorporando la regulación de uso de suelo.
LGEEPA, Tít. 1°, capítulo 4, instrumentos de política ambiental, sección IV, regulación ambiental de los asentamientos humanos.	Art. 23	Estipula el equilibrio en los usos del suelo, la corrección de aquellos desequilibrios que deterioren la calidad de vida de la población a fin de prever las tendencias de crecimiento del asentamiento humano y cuidar los factores ecológicos.
LGEEPA, Tít. 2°, Biodiversidad, capítulo 1, ANP, sección II, tipos y características de ANP.	Art. 46	Queda considerada dentro de este régimen las áreas de protección de flora y fauna, las cuales no podrán autorizarse para la fundación de nuevos centros de población.

Ley	Artículo	Intervención legal
LGEEPA, Tít. 2º, Biodiversidad, capítulo 2, zonas de restauración	Art. 78	En aquellas áreas que presenten procesos de degradación o desertificación, o graves desequilibrios ecológicos, la secretaria deberá formular y ejecutar programas de restauración ecológica, con el propósito de recuperación y restablecimiento.
LGEEPA, Tít. 2º, Biodiversidad, capítulo 3, prevención y control de la contaminación del agua de los ecosistemas acuáticos.	Art. 117	Las aguas residuales de origen urbano deben recibir un tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y además depósitos o corrientes de agua, incluyendo aguas del subsuelo.
RLAN, Tít. 1º, disposiciones preliminares	Art. 2	En el apartado XII, son importantes los humedales que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos.
	Art. 4	Por lo que refiere a la delimitación, demarcación y administración de las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y los vasos o depósitos de propiedad nacional.
RLAN, Tít. 6º, usos del agua, capítulo 5, control de avenidas y protección contra inundaciones	Art. 127	La comisión fomentara el establecimiento de programas integrales de control de avenidas y prevención de daños por inundaciones, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas.
	Art. 128	La comisión establecerá un sistema de pronóstico y alerta contra inundaciones y organizará la formulación de planes regionales.

Ley	Artículo	Intervención legal
RLAN, Tít. 7°, prevención y control de la contaminación de las aguas, capítulo único	Art. 151	Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales que contaminen el agua.
	Art. 155	Para la preservación de los humedales en su caso, restaurar y no afectar la calidad ni el ecosistema. Otomar permisos para desecar terrenos en humedales cuando se trate de aguas y bienes nacionales.
LGAHOTyDU, capítulo 4, atribuciones de los municipios	Art. 11	Regular, controlar y vigilar las reservas, usos del suelo, así como las zonas de alto riesgo. Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana. Intervenir en la prevención, control y solución de los asentamientos humanos irregulares. Promover y ejecutar acciones para prevenir y, mitigar el riesgo de los asentamientos humanos.
LGAHOTyDU, capítulo 7, planes y programas municipales de desarrollo urbano	Art. 45	Los planes y programas de desarrollo urbano deberán considerar los ordenamientos ecológicos y los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos y en las normas oficiales mexicanas en materia ecológica.
LGAHOTyDU, Tít. 6°, resiliencia urbana capítulo único, prevención y reducción de riesgos en los asentamientos humanos.	Art. 64	La legislación local establecerá estrategias de gestión integral de riesgos, incluyendo acciones de prevención y, en su caso, de reubicación de asentamientos humanos, así como acciones reactivas tales como provisiones financieras.
LGAHOTyDU, Tít. 6°, resiliencia urbana, prevención y reducción de riesgos en los asentamientos humanos.	Art. 66	Tratándose de acciones, proyectos u obras que se encuentren ubicados en zonas de alto riesgo conforme a los planes o programas, las autoridades antes de otorgar licencias deberán solicitar un estudio de prevención de riesgo.

Ley	Artículo	Intervención legal
LGCC, Tít. 4°, política nacional de cambio climático, capítulo 1, principios	Art.26	Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad.
LGCC, Tít. 4°, política nacional de cambio climático, capítulo 2, adaptación	Art. 30	Fortalecer la resistencia de los ecosistemas terrestres, marítima terrestre, humedales, mediante acciones para la restauración de la integridad y la conectividad ecológicas. Conservación ecológica para que se facilite el intercambio genético y se favorezca la adaptación natural de la biodiversidad al cambio climático, a través del mantenimiento e incremento de la cobertura vegetal nativa, de los humedales y otras medidas de manejo.
LGPC	Art. 10	La Gestión Integral de Riesgos considera fases anticipadas como; conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Conceptos

**Ambiente:** El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA 2017).

**Amenaza física:** Para hacer referencia a fenómenos peligrosos tales como inundaciones, tormentas, sequías y terremotos. Diversos procesos, como la urbanización, la degradación ambiental y el cambio climático configuran y dan forma a las amenazas (GAR 2015).

**Áreas naturales protegidas:** Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley (LGEEPA 2017).

**Biodiversidad:** La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (LGEEPA 2017).

**Contaminación:** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (LGEEPA 2017).

**Desequilibrio ecológico:** La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (LGEEPA 2017).

**Ecosistema:** La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA 2017).

**Medidas estructurales:** consisten en la realización de obras de infraestructura que actúan sobre los mecanismos de formación y propagación de las inundaciones (García-Peña S.F.).

**Medidas no estructurales:** éstas, a diferencia de las estructurales, no actúan sobre la avenida en sí, alterando sus características hidrológicas o hidráulicas, sino que modifican la susceptibilidad de la zona inundable frente a los daños por inundación (García-Peña S.F.).

De acuerdo a Bremer y Lara (2001) las inundaciones pueden clasificarse en:

- **Pluviales:** se deben a la acumulación de la precipitación que se concentra en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiente o nulo drenaje.
- **Fluviales:** son aquellas que se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces.
- **Lacustres:** se originan en los lagos y lagunas por el incremento de sus niveles de agua.

**Riesgo de desastre:** se considera en función de la amenaza, exposición y la vulnerabilidad. También entendido como la probabilidad de pérdida de vidas, lesiones, destrucción o daños en el capital acumulado en un periodo determinado (GAR 2015).

**Resiliencia:** capacidad de los sistemas para prever, absorber o amortiguar las pérdidas para recuperarse (GAR 2015).

**Rellenos:** El término se refiere a aquellos materiales depositados por acción del hombre, en espacios confinados. Es común la utilización de los términos rellenos no controlados para referirse, en el primer caso a los depositados sin orden y criterio geotécnico, rellenos de escombros, por ejemplo, que son los que generan mayores problemas geotécnicos debido a que se ignoran, tanto las condiciones de su depositación como la heterogeneidad de sus propiedades mecánicas, por lo que generalmente requieren de un mejoramiento de dichas

propiedades antes de iniciar cualquier obra en ellos (Código Técnico de la edificación 2003).

**Ordenamiento ecológico:** El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (LGEEPA 2017).

**Preservación:** El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales (LGEEPA 2017).

**Previsión:** Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (LGEEPA 2017).

**Restauración:** Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

**Susceptibilidad:** Está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico (Soldano 2008).

**Unidad Ambiental:** Consiste en identificar y cartografiar, a la escala de trabajo adoptada, las unidades básicas del medio físico, es decir, la vocación o capacidad de acogida del suelo (Gómez 2004).

**Unidad de Gestión:** Zonas destinadas a un uso con una serie de reglas que permitan su adecuado manejo y cumplan con un objetivo particular dentro de un plan (Gómez 2004).

**Vulnerabilidad:** la susceptibilidad de estos activos a sufrir daños y pérdidas debido a factores construidos socialmente que tiene como consecuencia condiciones inseguras y peligrosas en los entornos construidos y humanos (GAR 2015).

**Vulnerabilidad estructural:** tiene que ante todo con la naturaleza de los materiales de construcción (Ayala y Olcina 2002).

**Vulnerabilidad humana:** depende en buena medida de la posibilidad de dar alertas de evacuación (Ayala y Olcina 2002).

**Zonificación:** El instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas (LGEEPA 2017).

## **4.2. Bases teóricas en la evaluación de peligros o amenazas**

### **Construcción del riesgo**

En el informe de la Evaluación Global sobre la Reducción de Riesgo de Desastres 2015 (GAR15), se resaltan dos corrientes complementarias que se deben atender para poder reducir el riesgo de desastre; primordialmente abordar los factores subyacentes del riesgo de desastres para evitar la generación y acumulación del riesgo, en segundo lugar reforzar la gobernanza del riesgo de desastre.

El Marco de Acción de Hyogo (MAH) es un marco internacional adoptado en el 2005 por 168 estados miembros de las Naciones Unidas de Kobe, Japón, para alcanzar la reducción sustancial de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto las de vidas como de los bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades o las sociedades. Sin embargo, el resultado previsto del MAH no se ha alcanzado porque, por el contrario, los desastres se construyen socialmente dentro del desarrollo.

El aumento del riesgo de desastres, el cambio climático, la pobreza y la desigualdad, son indicadores de un desarrollo no sostenible. Para reducir el riesgo es necesaria una gestión efectiva para lograr un desarrollo sostenible. Invertir en la reducción del riesgo de desastres es condición previa para lograr un desarrollo sostenible en el clima cambiante (GAR 2015).

En resumen la construcción del riesgo se da por la conjunción de tres factores; el peligro susceptible ante algún fenómeno, la exposición de un agente social ante una zona susceptible y la vulnerabilidad del factor social, deduciendo que la combinación de ello produce situaciones alarmantes.

### **Espacios inundables y zonas de riesgo**

En ocasiones, las crecidas superan la capacidad de evacuación, produciendo desbordamientos hacia los espacios adyacentes. Geomorfológicamente, los espacios inundables por excelencia son, las llanuras de inundación, son superficies planas, adyacentes a canales, fajas de tierra sujetas a inundaciones periódicas y a una dinámica geomorfológica extraordinariamente activa.

El riesgo existente en la medida que la anegación de las áreas inundables puede perjudicar al hombre. La ocupación antrópica es cada vez mayor y, en consecuencia, las zonas sometidas a riesgo también. Además, no solo se incrementa la cantidad de superficie expuesta, sino que produce grandes pérdidas económicas (Ayala y Olcina 2002).

#### **4.2.1. Determinación de áreas de inundación mediante técnicas de teledetección**

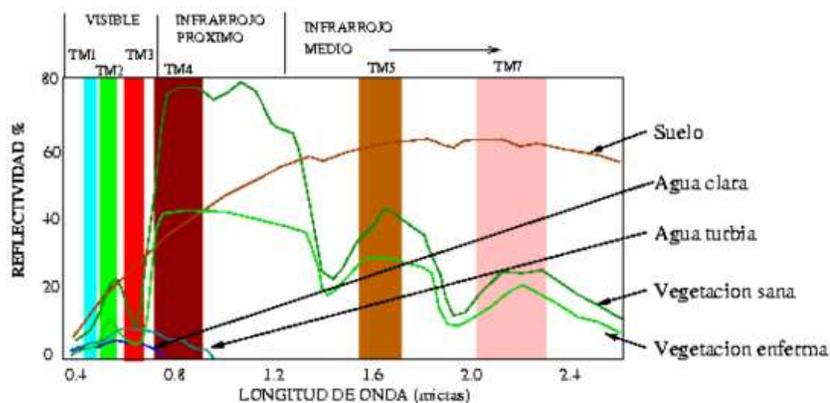
Los datos empleados son básicamente medidas de campo de los niveles de profundidad e imágenes de satélite, como Landsat TM de diversas fuentes y en algunos casos un Modelo Digital del Terreno (MDT) de precisión. Basados en las características espectrales del agua, se generan, para cada fecha de imagen analizada, una capa de lámina de agua. Para ello se

utiliza un Índice de Agua (Fórmula 1), calculado a partir de las bandas verde e infrarrojo medio del sensor Landsat TM.

Este método relaciona la extensión de la lámina de agua medida por teledetección y las medidas de profundidad tomadas en campo, calculando la recta de regresión que las correlaciona. Las imágenes seleccionadas para el calibrado de la profundidad, deben tener en cuenta que estén representados años normales, secos y húmedos. El propósito de este análisis es obtener un modelo de calibrado lo más fidedigno y estable posible, que recoja todas las situaciones hidrológicas, reflejando los distintos rangos de inundación.

Finalizado el calibrado con el análisis de fechas históricas, la ecuación obtenida de la recta de regresión se aplica para el cálculo de los niveles de profundidad en las fechas de imágenes disponibles para los años recientes. Las actividades principales a desarrollar en esta Asistencia Técnica son:

1. Selección de las fechas de imágenes a analizar.
2. Preparación y homogenización de las imágenes.
3. Generación de modelos batimétricos (lagunas con MDT).
4. Extracción de la lámina de agua por teledetección.
5. Modelo de cálculo de profundidad para las lagunas con y sin MDT (calibrado).
6. Cálculo de superficie, profundidad y volumen de agua.



**Figura.- 4.2.1.1. Respuesta Espectral de distintos tipos de cubierta (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2011)**

- Para la identificación de la lámina de agua el índice más utilizado es el siguiente: Índice de Agua del CEDEX, utilizado para cartografiar aguas continentales.

$$I_{CEDEX} = (IRC/R)-(IRC/IRM)..... \textit{Fórmula (1)}$$

*I\_CEDEx: índice de agua para cartografiar aguas continentales*

*IRC/R: Infrarrojo cercano entre banda roja*

*IRC/IRM: Infrarrojo cercano entre infrarrojo medio*

- Los índices se evalúan en distintas fechas de imágenes y para diferentes niveles de inundación (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir 2011).

### **Clasificación espectral de imágenes satelitales**

Según González y Rial (1999) clasificar una imagen es tomar decisiones, estableciendo relaciones entre determinados parámetros físicos y de los niveles digitales que adquirió el sensor. Se remplazan interpretaciones vagas y antiguas por un proceso más cuantitativo y repetible que permite un mapeo eficiente y consistente de grandes áreas.

Al clasificar una imagen se asigna cada pixel a una categoría, es decir, que de acuerdo a las necesidades técnicas se pueden resaltar determinados atributos o gama de variedad dentro de la imagen. El producto final de cualquier tipo de clasificación es un mapa con la cantidad de clases que se desee, aunque siempre se deben corroborar en campo.

Existen dos tipos de clasificación (González y Rial 1999):

#### **a) Clasificación no supervisada**

Determina la cantidad de clases y en forma automática cada pixel es asignado a una de ellas. Los límites entre clases son fijados en la parte media de ellos y consiste en métodos estadísticos, en los que se agrupan en conglomerados las distintas coberturas del terreno.

## **b) Clasificación supervisada**

Se puede aplicar cuando el usuario posee un cierto conocimiento del lugar de estudio, que le permite delimitar áreas representativas para cada una de las zonas a identificar en la imagen, estas constituirán las clases o categorías de la clasificación.

Hay varios tipos de clasificadores pero tres son los más usuales (González y Rial 1999):

### **1. Método del paralelepípedo**

Se basa en los valores de archivo del pixel candidato que son comparados con los límites máximo y mínimo de la signatura para cada banda. También puede usarse para comparar la media de cada banda más o menos un número de desviación estándar o algún límite que se le especifique, basado en el conocimiento de los datos y las firmas espectrales.

### **2. Método de distancia mínima**

Mide y calcula la distancia espectral entre el pixel candidato y la media para cada signatura, asigna el pixel a la clase donde resulte menor la diferencia.

### **3. Método de la máxima verosimilitud**

Este método asume que los histogramas de las bandas poseen una distribución normal y que el pixel candidato pertenece a una clase en particular, las probabilidades son iguales para todas las clases. Es el proceso más seguro pero que requiere mayor tiempo de trabajo. Si la distribución de las bandas no es normal se podrá obtener mejor resultado el método del paralelepípedo o de la distancia mínima.

## **4.2.2. Estimación de procesos por asiento de suelo**

### **Mecánica de Suelos**

Los suelos deben su origen a una gran variedad de causas meteorológicas y geológicas, el resultado es una inmensa diversidad de suelos resultantes. También debe notarse que su

formación ha ocurrido a través de las eras geológicas, tal como sigue ocurriendo actualmente, es por ello que hay que manejarlo tal y como la naturaleza lo presenta. Sin embargo, existen ocasiones en las cuales los suelos son removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y depositados en otra zona. Así se generan los suelos que sobre yacen sobre otros estratos sin relación directa entre ellos; llamados transportados. Uno de los suelos preponderantes está asociado a depósitos lacustres que generalmente son de grano muy fino, a causa de la pequeña velocidad con que las aguas fluyen en los lagos (Frankie 2013).

### Deformación y asentos en suelos

Asimismo Frankie (2013) añade que la primera respuesta que cabe esperar del terreno ante una sollicitación vertical por carga (debida a una cimentación, a la construcción de un terraplén, o un acopio de materiales) es la deformación del mismo. En un sentido amplio, a dicha deformación se le denomina asiento el cual asume una correspondencia entre la magnitud de las cargas aplicadas.

El asiento total que sufre una construcción ( $S_{tot}$ ) puede descomponerse en tres sumandos:

$$S_{tot} = S_i + S_c + S_s \dots \dots \dots \text{Fórmula (2)}$$

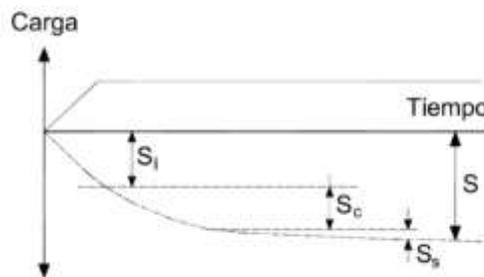
Donde;

$S_i$ : representa el asiento instantáneo

$S_c$ : el asiento por consolidación primaria (o por consolidación en sentido amplio)

$S_s$ : el asiento por consolidación secundaria o fluencia.

Puede esquematizarse de forma sencilla en la siguiente figura:



**Figura.- 4.2.2.1. Relación entre la carga aplicada (DB SE-C, Código Técnico de la edificación)**

Partiendo del punto 0, correspondiente al momento en el que se provoca la carga, la respuesta del terreno puede dividirse en lo siguiente:

1. Asiento instantáneo, provocado por la aplicación inmediata de la carga.
2. Asiento de consolidación primaria, durante la cual la deformación se progresa con el tiempo hasta quedar equilibrado con el estado de cargas provocado por la construcción.
3. Asiento por consolidación secundaria (o fluencia), reorganización lenta de las partículas del terreno, ante la carga que soporta.

## **Rellenos**

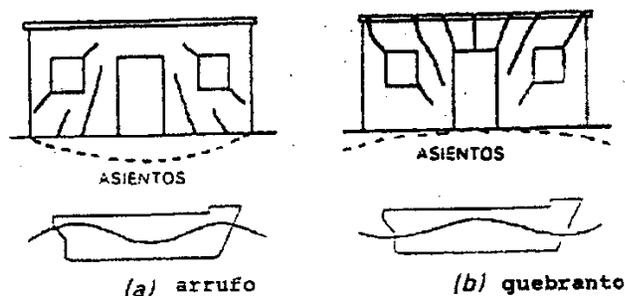
Frankie (2013) detalla que los principales problemas que se pueden encontrar al construir en zonas de relleno;

- a) Baja capacidad de carga
- b) Susceptibilidad a grandes asentamientos
- c) Licuefacción en caso de rellenos arenosos

Al ocupar el terreno con una edificación, un terraplén o un firme eliminan casi siempre la posibilidad de evapotranspiración de la capa superficial del terreno, provocando en poco tiempo un aumento de humedad en la misma (pues el gradiente ascendente por capilaridad desde la capa saturada se mantiene hasta alcanzar un nuevo equilibrio). Este efecto es más notable en las cimentaciones situadas en el interior del perímetro edificado, dando lugar a la aparición de daños en forma de grietas que se distribuyen por los cerramientos y tabiques “a quebranto”.

En otros casos, las zonas no pavimentadas del perímetro de la vivienda contribuyen a una aportación continua de agua que pueden afectar al estado de humedad del terreno sobre el

que se apoyan cimentaciones del contorno del edificio. En este caso los daños apreciados corresponden a la aparición de grietas en los cerramientos y tabiques en geometría “de arrufo”.



**Figura.- 4.2.2.2. Grietas tipo “Arrufo” (a) y “Quebranto” (b) (Frankie 2013)**

Existen otros procesos susceptibles de dar lugar al hinchamiento del terreno: la helada de determinadas tipologías de suelos (sedimentos lacustres o “varvas”) en zonas de climatología severa (frío intenso y en presencia de humedad alta), las modificaciones en la estructura cristalina de minerales deshidratados al tomar agua (anhidrita transformada en yeso), y de otros fenómenos más o menos exóticos que en ocasiones pueden confundirse con procesos expansivos (Frankie 2013).

### **Estimación de hundimiento de acuerdo a SEDATU**

*Cuadro.- 4.2.2.1. Método para la estimación de hundimiento (SEDATU et. al. 2013)*

Nivel 1. Método	Evidencias
<p>Cartografía general de hundimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realiza un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa con escala a detalle.</li> <li>• La metodología se fortalece con la aplicación de cuestionarios aplicados a la población para el registro de evidencias histórica y percepción de peligro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de antecedentes de estudios realizados.</li> <li>• Mapas con información de zonas de hundimientos, agrietamientos, deformación de la superficie.</li> <li>• Fichas de registro de la información levantada en campo.</li> <li>• Escarpes rocosos, sobreescarpado, procesos de socavamiento en la base del escarpe, eventos anteriores.</li> </ul>

Indicadores de vulnerabilidad (SEDATU *et. al.* 2013):

- La vulnerabilidad física y geográfica se puede registrar a través de lo siguiente:
  - Se presentan hundimientos parciales o totales además de la inclinación de obras, hundimiento de postes, enrejados o muros, es común el rompimiento constante de obras soterradas.
  - El rompimiento constante de obras de infraestructura es una evidencia de que el terreno no soporta la carga de las mismas.
  - El levantamiento inexplicable del terreno generalmente es una respuesta al hundimiento de las zonas aledañas.
  - Presencia de manantiales o terrenos estacional o permanentemente encharcados indican deficiencias del drenaje local o de la influencia del agua freática.
  
- Expansión del suelo cuando se humedece y formación de grietas y contracción del mismo a la época seca del año.
  
- La vulnerabilidad social se relaciona con la información que posea la población con respecto a la presencia del proceso perturbador.
  
- Para la vulnerabilidad social se considera desarrollar un análisis de información geoestadística básica de la localidad en estudio.

#### **4.3. Planificación y organización del tratamiento de un espacio degradado**

El concepto de degradación es relativo, como relativa es la valoración de un estado o situación determinado a la que tal concepto se asocia. Se refiere a una situación que se considera total o parcialmente indeseable con respecto a otra que se considera satisfactoria, y ello en las circunstancias económicas, sociales y ambientales que se inscribe. Calificar de degradado a un espacio requiere precaución y flexibilidad porque tal calificación admite grados y es indisociable del punto de vista que se adopte.

Calificar a un espacio degradado exigirá una doble condición (Gómez 2004):

1.- En relación con el valor:

- Valor negativo del espacio para todas las dimensiones que conforman tal concepto; ecológica, paisajística, científico-cultural, funcional o productiva.
- Valor inferior al que podría tener en una situación más o menos ideal.

2.- En relación con la función que cumple para la sociedad:

- Carencia de una función que justifique el estado parcialmente degradado
- Práctica negligente o insatisfactoria de dicha función, cuando existe o localización inadecuada de la actividad gestionada en el entorno que se ubica.

La escasez de valor podrá venir indicada por la ausencia de vegetación, presencia de residuos, suciedad, elementos extraños y contaminantes de diverso tipo, por la incoherencia paisajística e intrusión visual, por el uso inadecuado del suelo, por superposición y desorden de actividades, por la colmatación del terreno, etc. o por la acumulación o yuxtaposición de varias de estas circunstancias (Gómez 2004).

### **Espacios degradados paradigmáticos**

Gómez (2004) plantea diversos espacios que pueden ser considerados paradigma de degradación integral, dignos, por tanto, de algún tipo de tratamiento, a continuación se mencionan:

*Espacios sobreexplotados:*

- Espacios agrícolas marginales abandonados
- Espacios deforestados y/o erosionados

*Espacios agotados:*

- Espacios mineros explotados
- Vertederos colmatados

*Espacios afectados por las obras de grandes infraestructuras:*

- Espacios alterados por obra civil para transporte (autopistas, entre otras), hidráulicas, etc.
- Espacios ubicados bajo líneas eléctricas de alto voltaje
- Espacios en parques eólicos

*Espacios históricos abandonados o en declive:*

- Vías férreas sin uso
- Vías pecuarias no utilizadas por la trashumancia
- Núcleos rurales y otros espacios en declive o abandonados

*Espacios degradados por la forma en que se ordenan, transforman y utilizan:*

- Espacios degradados por actividades turísticas y/o recreativas
- Espacios periurbanos
- Cursos de agua desnaturalizados
- Espacios afectados por disposición espontánea de residuos
- Explotación minera que no la incorpora la recuperación ambiental de su gestión

*Espacios degradados por contaminación:*

- Suelos contaminados
- Espacios marítimos o litorales afectados por vertidos intencionados de buques que transportan hidrocarburos u otras sustancias con carácter contaminante

## **Definición del ámbito provisional y prediagnóstico**

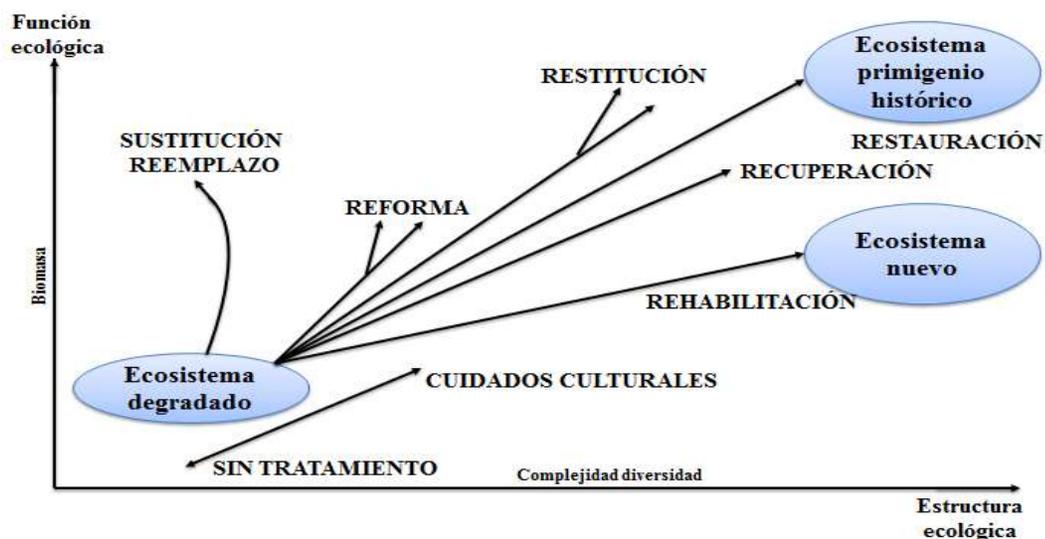
En el ámbito se refiere al espacio geográfico objeto de tratamiento; este puede venir dado por el promotor (público, privado) que impulsa y asume el tratamiento o ser objeto de definición y delimitación bajo criterio técnico en el desarrollo del propio trabajo, los resultados del análisis pueden aconsejar la modificación del ámbito inicialmente previsto.

Inicialmente se realiza un prediagnóstico para tener conocimiento de las características y funcionamiento del espacio a tratar y a los procesos determinantes de su degradación;

incluso, con intención estratégica, se pueden definir de forma tentativa las debilidades que le aquejan las fortalezas de que dispone, las oportunidades y las amenazas que aparecen en el contexto exterior (pequeño esbozo inicial) (Gómez 2004).

### Sobre el enfoque de tratamiento: alternativas estratégicas

El enfoque se refiere al carácter de la imagen objetivo u final que se adopte a la forma de llegar a ella: definir ambos elementos con suficiente precisión requiere de reflexionar sobre las posibilidades legales, técnicas, económicas, para ordenar después el tratamiento.



*Figura 4.3.1. Trayectoria en el tiempo según el enfoque del tratamiento, modificado por Bradshaw, 1987 en Gómez 2004*

También, basándose en la metodología propuesta por Gómez (2004) menciona los siguientes enfoques del tratamiento, criterios, fases, contenido y alcance del plan que se desea conseguir:

- *Restauración:* Persigue detener la degradación y redirigir a trayectoria de un lugar dañado hacia la formación solo parecida a la existente antes de la degradación.

- *Rehabilitación:* Pretende llevar el espacio a una situación más aceptable y útil sin pretender ninguna aproximación al estado inicial.
- *Reforma:* Tratamientos orientados a facilitar la acción de la naturaleza para que el espacio vuelva a ser ocupado por una sucesión natural.
- *Revegetación:* Se trata de implantar una cubierta vegetal estable (autóctona) para estabilizar o controlar.
- *Sustitución o reemplazo:* Procura un ecosistema o paisaje con las condiciones reales del espacio sin pretender eliminar elementos de degradación
- *Recuperación sensu lato:* Por ultimo en esta obra pasa a otra situación, donde se le dota de características que se consideran aceptables en las circunstancias del lugar

### **Criterios que orientan el enfoque de tratamiento**

- *Vegetación:* el tratamiento debe adaptarse a las limitaciones y potencialidades del medio al carácter (ecológico, paisajístico y territorial) del entorno y a las expectativas de la población.
- *Funcionalidad:* ha de considerar las interdependencias entre las actividades y espacios y procurar la consecución de un sistema armónico que funcione correctamente.
- *Flexibilidad:* varias circunstancias aconsejan ser cautos a la hora de planear el enfoque estratégico y las soluciones concretas a un problema de degradación.
- *No finalista:* las reflexiones anteriores aconsejan que no se define completamente una imagen final cerrada, sino que puede adaptarse a las nuevas necesidades.
- *Evolutiva:* concebir los planes y proyectos de tratamiento en términos de una tendencia evolutiva.
- *Prospectivo:* debe considerar distintos escenarios futuros en relación con las necesidades y expectativas de la población afectada por el tratamiento.
- *Enfoque de ordenación territorial:* espacio a tratar una vez transforma, distribuye actividad en el espacio de acuerdo a dos criterios básicos: integración ambiental y funcionalidad.

- *Autonomía*: autogestión, autosuficiencia, autofinanciación, son términos que ponen de manifiesto unos requerimientos de los modos de planificación y gestión actuales.

### **Fase preparatoria: planificación y organización del tratamiento**

- Fase de planificación: plan maestro del tratamiento  
Diagnóstico del problema, estilo o enfoque del tratamiento, estudio del espacio y diseño de la imagen objetivo
- Fase de anteproyecto  
Definición de las soluciones técnicas a adoptar
- Fase de proyecto: redacción de proyectos ejecutables  
Desarrollo a nivel ejecutable: carácter contractual
- Fase de ejecución: construcción de la obra  
Dirección de la obra
- Fase de funcionamiento: explotación del proyecto  
Gestión de la explotación

### **Contenido y alcance**

Es el grado de profundidad del trabajo a elaborar:

- Un plan maestro, que muestra la imagen final del espacio a recuperar
- Uno o más proyectos que desarrollan el plan anterior hasta concretarlo en términos ejecutables
- Una estructura de gestión o forma en que se va diligenciar y administrar la conservación y/o explotación del espacio una vez ejecutados los proyectos de recuperación

En cuanto a la organización documental del plan maestro y de los proyectos:

- Presentación
- Oportunidad del plan y encaje legal, en su caso vialidad
- Estilo, metodología y equipo redactor

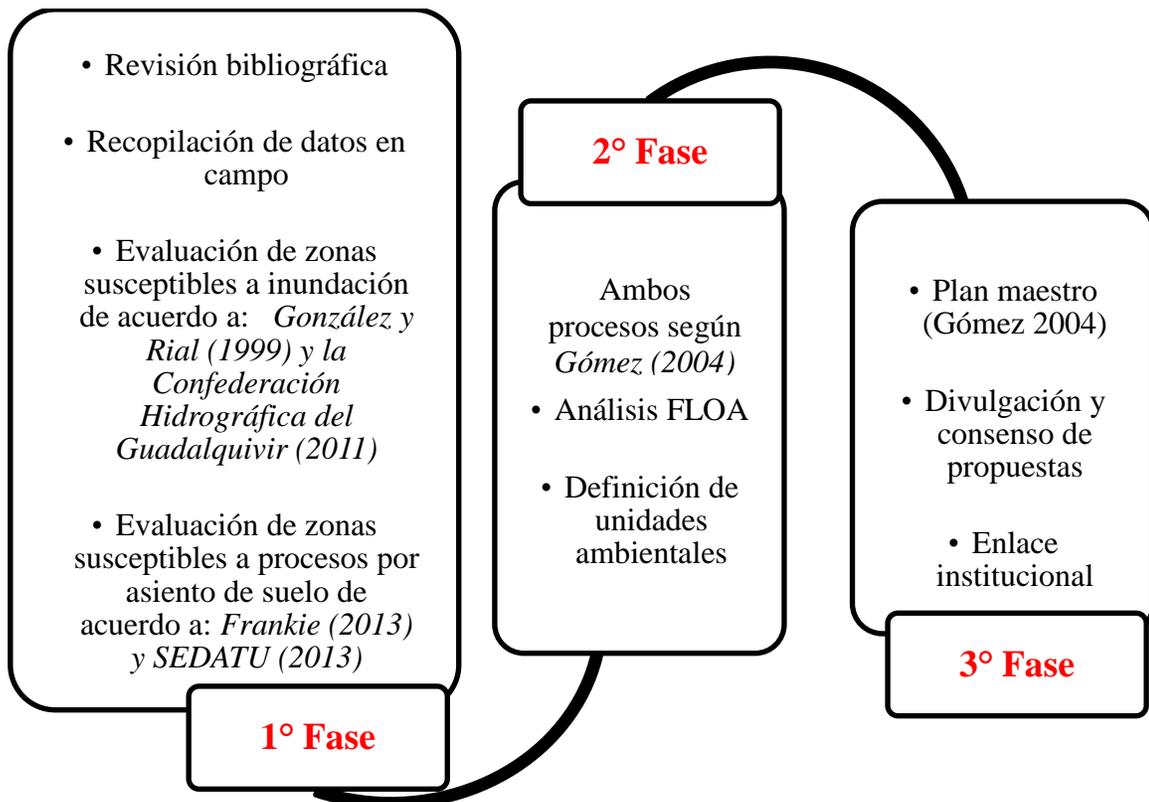
- Diagnóstico por temas e integrado, análisis FLOA
- Objetivos específicos, imagen objetivo
- Actuaciones; programas, subprogramas, proyectos y otras acciones

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Esquema general de las fases comprendidas en la investigación

Debido a los diferentes objetivos que se plantean en este trabajo, fue recomendable dividir la metodología en tres fases a fin de mantener organizada la información, de la misma manera cada fase tendrá su serie de resultados y sus propias referencias, algunos de ellos pasan como insumos para las fases posteriores.

Fases de la investigación:



*Figura.- 5.1.1. Fases de la investigación, elaboración propia*

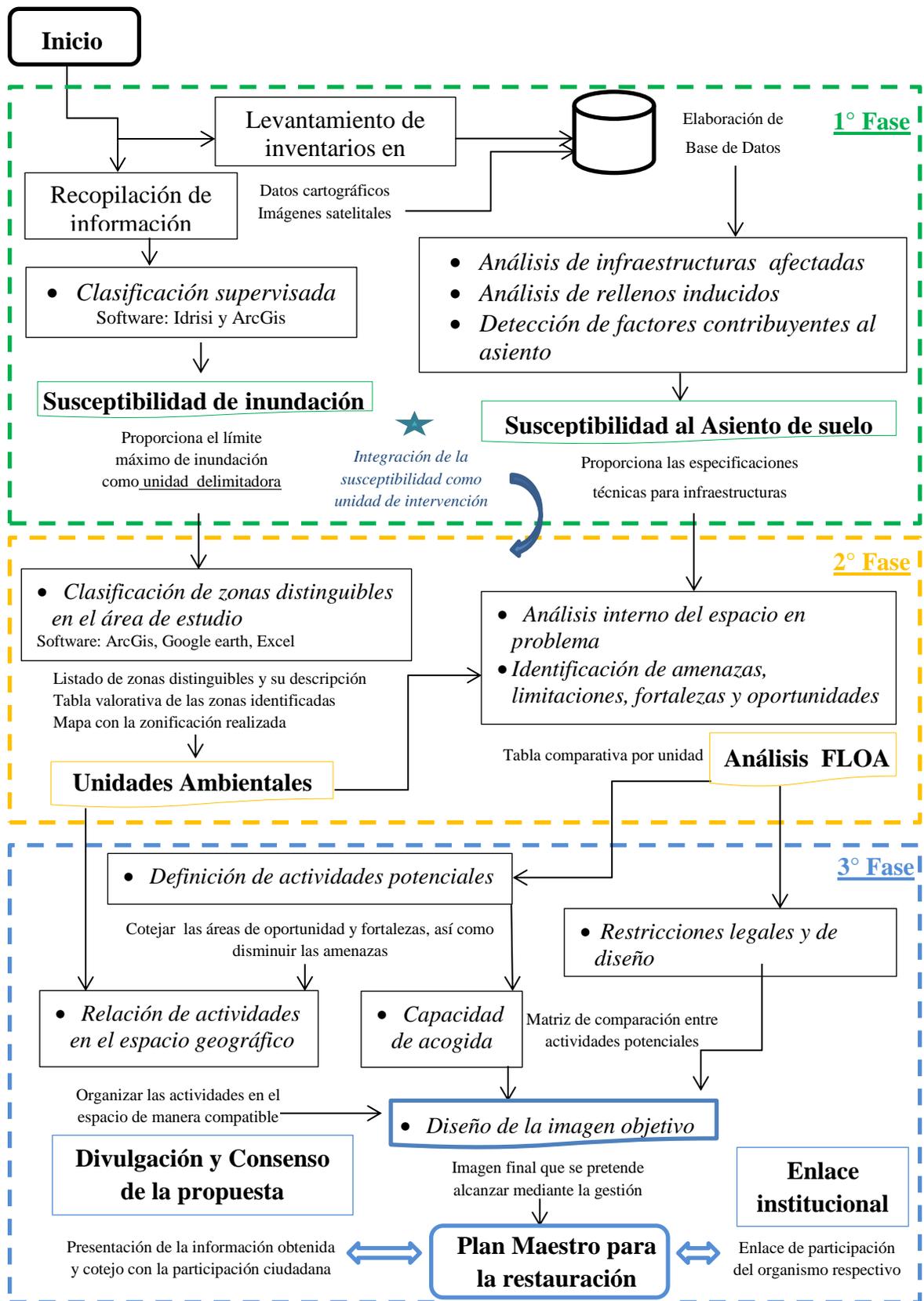


Figura.- 5.1.2. Diagrama general de la metodología

## 5.2. Metodologías empleadas en la primera fase de la investigación

### 5.2.1. Evaluación de la susceptibilidad ante inundación

Insumos:

- Imágenes Landsat de temporalidades de 1984-2016
- Modelo Digital del Terreno (MDT), resolución 30 mts.
- Testimonios y mapas locales
- Datos de campo
- Límite actual de la Ciénega

Software:

- Idrisi
- ArcGis 10.2.2.

Se exploraron las imágenes satelitales para definir los años con variaciones relevantes en la Ciénega. Las imágenes seleccionadas fueron las siguientes:

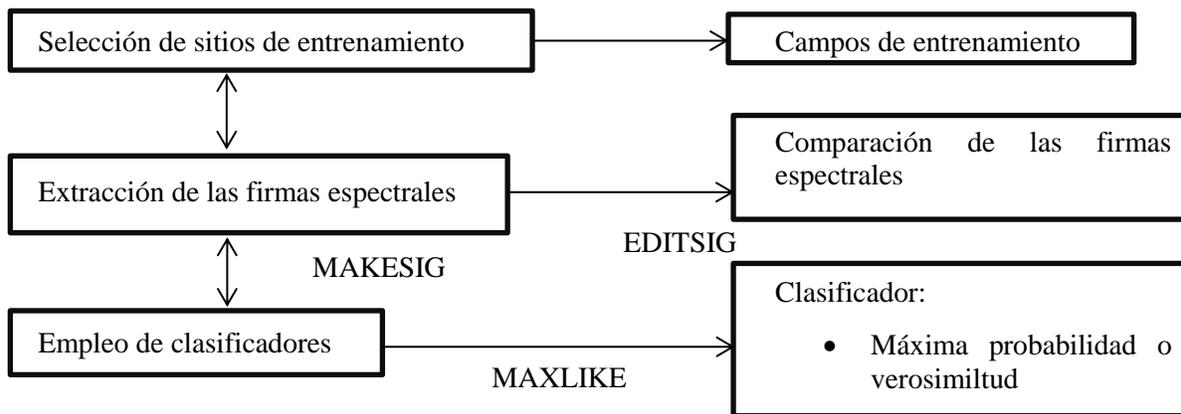
*Cuadro.- 5.2.1.1. Imágenes utilizadas en la retrospección histórica de la Ciénega.*

<b>Fecha</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
<b>Mayo</b>	1984	Landsat 4
<b>Marzo</b>	1986	Landsat 5
<b>Junio</b>	1989	Landsat 4
<b>Abril</b>	1991	Landsat 5
<b>Febrero</b>	2000	Landsat 7
<b>Febrero</b>	2016	Landsat oli8

Por lo que quedo un intervalo de 1984-2016 con una diferencia de 32 años, las imágenes satelitales de los años 1984, 1986, 1989 se calibran antes de aplicar la clasificación supervisada para evitar los errores geométricos. En la clasificación se definen los campos de entrenamiento, utilizando MAKESIG que permite enlazar y reconocer la información

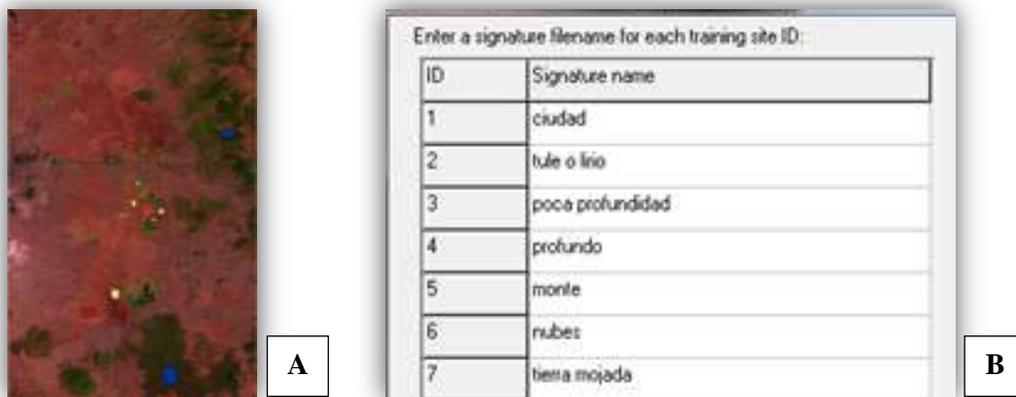
digitalizada por cada categoría de campo de entrenamiento. Finalmente se elige algún clasificador, dado que MAXLIKE es uno de los más certeros recae la decisión en éste.

El proceso se sintetiza en el diagrama siguiente;



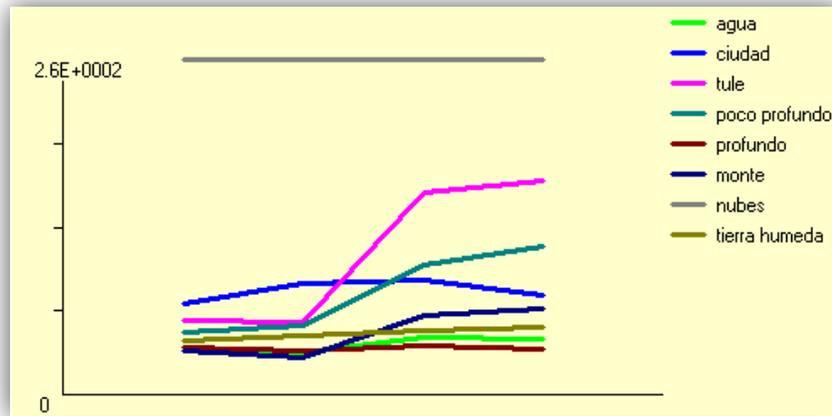
**Figura.- 5.2.1.1.** Diagrama de procedimiento para la clasificación supervisada

La digitalización de campos de entrenamiento permite hacer el reconocimiento de las clases que nos interesan, para ello se definieron 7 campos cuyo objetivo se basa en la distinción más adecuada para el humedal (Figura 5.2.1.2.).



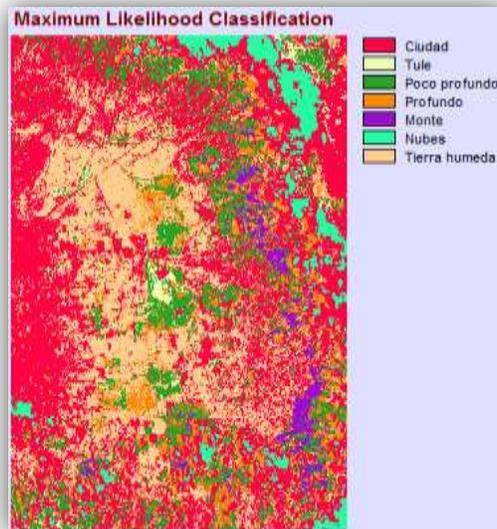
**Figura.- 5.2.1.2.** En la figura A se encuentran los campos de entrenamiento digitalizado y en la figura B la descripción de los campos seleccionados.

Las firmas espectrales deben de ser diferenciables, claramente logran distinguirse una de otra en el proceso empleado (Figura 5.2.1.3.).



**Figura.-** 5.2.1.3. Firmas espectrales acorde a los campos de entrenamiento

Si la distinción entre campos es buena, se continúa con la selección del clasificador más adecuado, usualmente se elige “MAXLIKE”, señalando los siete campos y verificando que el error cuadrático de la corrida se acate a los lineamientos establecidos como límite en la veracidad de aproximación (5.2.1.4).



**Figura.-** 5.2.1.4. Clasificación con MAXLIKE (máxima probabilidad o verosimilitud)

Se realizan pruebas observadas como “vacíos” separando las diferentes respuestas del clasificador para cada campo de entrenamiento y así distinguir mejor el límite de la Ciénega.



*Figura.- 5.2.1.5. En la figura A visualización de campos de entrenamiento; ciudad, montaña y nubes, B se encuentra representado por el polígono de la Ciénega para determinado año.*

### **5.2.2. Evaluación de la susceptibilidad ante el asiento de suelo.**

Insumos:

- Mapa de susceptibilidad a inundación
- Límite de la Ciénega propuesto por la CONANP y la delimitación propia
- Fichas de campo para la elaboración de inventario sobre las casas afectadas
- Fichas de campo para la elaboración de inventario sobre el tipo de relleno
- Testimonios de la población

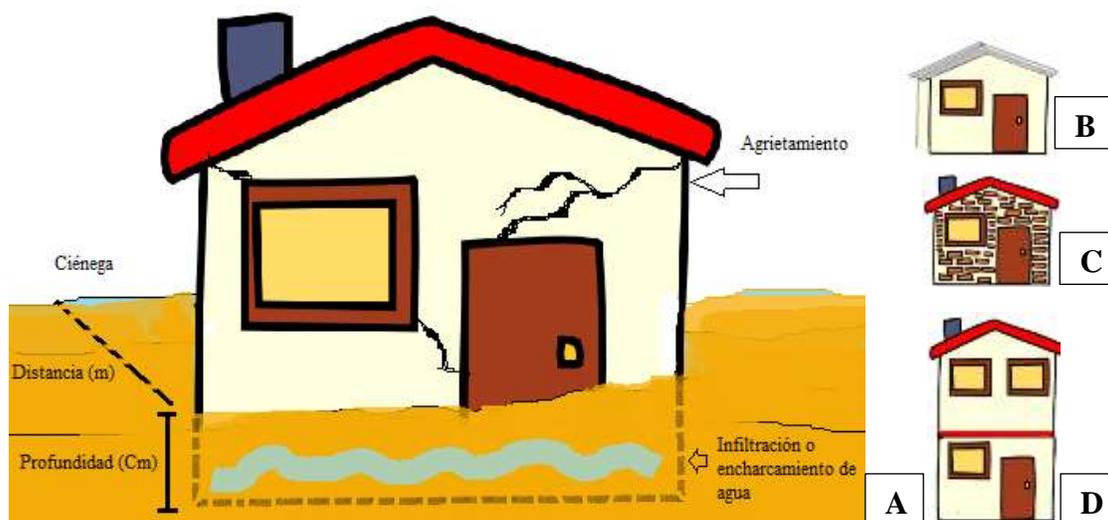
Software:

- ArcGis
- Idrisi
- Excel

**Fichas de campo para la elaboración de inventarios (como insumo inicial)**

#### **1.- Infraestructuras afectadas**

Este formato consiste en entrevistar a la población con infraestructura afectada, el objetivo es obtener información sobre; año de construcción, número de plantas, materiales de construcción, etc., posteriormente se realiza una base de datos que permita el análisis sobre el comportamiento de infraestructura ante el asiento de suelo.



**Figura.-** 5.2.2.1. Características señaladas en el inventario (formato 1), en A factores principales, B casa con techo de lámina, C pared de ladrillo, D casa de más pisos (elaboración propia).

**Cuadro.-** 5.2.2.1. Formato 1 para la elaboración de un inventario sobre infraestructuras afectadas por asiento de suelo (elaboración propia con base en Frankie (2013) y SEDATU (2014))

N	No. Casa	Año de Construcción	Profundidad (cm)	Distancia Aprox. A la Ciénega (metros)	Evidencias (agrietamiento A, encharcamientos B, desnivel de la infraestructura Di)	No. De Plantas o pisos	Superficie de la casa (m2)	Material de construcción					
								Paredes		Techo			
								Tabicón	Otro	Lamina	Loza		



**Cuadro 5.2.2.3. Ejemplo de recopilación para el formato 2**

N	C	Cc	A	Z	V	Sv	R	T	E	B	1	2	3	<30 cm	30 -60 cm	>60 cm	A	C	N	X	Y
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	-	-

Al finalizar el formato se transcribe la información a una hoja de Excel, donde se suman los puntos por rubro y se estiman las relaciones existentes, para definir las características que favorecen o por lo contrario intensifican la acción del suelo (retomando conceptos de la mecánica de suelo, descrita en el marco teórico según el código técnico de edificación y Frankie (2013)) con respecto a las actividades humanas.

### **Detección de factores contribuyentes al asiento**

#### **1.- Calculo de la Tasa de Asiento de Suelo (TAS) en escala temporal**

Para calcular la tasa se aplica la siguiente fórmula y se utiliza el formato 1 de inventarios:

$$\text{TAS} = \text{PH} / \text{FA} - \text{FC} \dots \dots \dots \text{Fórmula (3)}$$

*TAS: Tasa de asiento del suelo*

*PH: Profundidad de hundimiento*

*FA-FC: Fecha Actual – fecha de Construcción*

Dado que la construcción pasa por varias etapas de asiento, se contempla para este caso un asiento total (código técnico de edificación) y la variable temporal. El proceso es muy sencillo, primero se calcula el intervalo entre el año de construcción y el año reciente (*FA-FC*), posteriormente se divide la profundidad del hundimiento entre el tiempo transcurrido en años (*FA-FC/PH*), el resultado se expresa en cm/año (Fórmula 3).

#### **2.- Porcentaje de asiento total de vivienda**

Para sacar el porcentaje se toma como 100% la altura (h) original de la construcción, por lo que para conocer el porcentaje de asiento se aplica la siguiente fórmula:

$$Y2 (100) / Y1 \dots \dots \dots \text{Fórmula (4)}$$

Dónde:

Y1: Profundidad de hundimiento de la construcción en metros

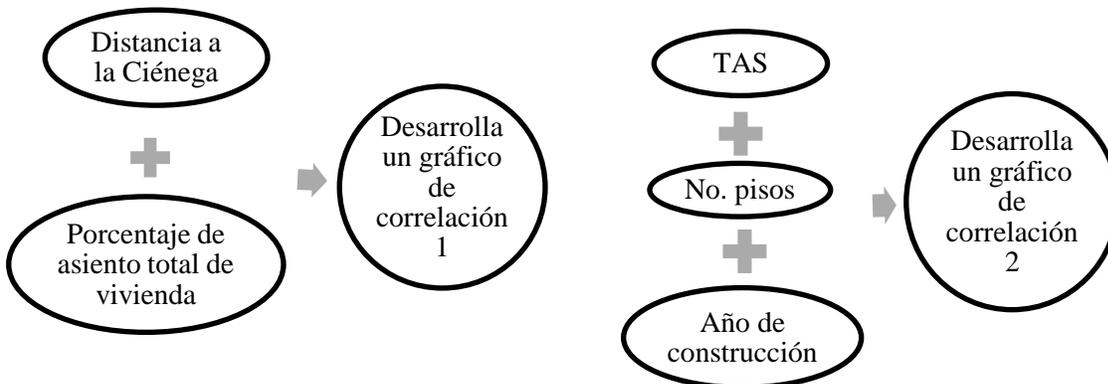
Y2: Altura en metros de la construcción, a partir de la mampostería



*Figura 5.2.2.3. Representación de los valores utilizados en la fórmula 4 (elaboración propia fundamentada en Frankie (2013))*

Estimar el porcentaje permite hacer comparativas entre los demás elementos que se evalúan en el inventario, siendo así una manera óptima de resumir las causas que conllevan a mayores porcentajes en el asiento parcial por vivienda.

### 3.- Elementos de la infraestructura que contribuyen en el asiento de suelo



*Figura 5.2.2.4. Elementos principales y gráficos de correlación (elaboración propia)*

#### 4.- Agrupación de los datos y tendencias

Se analiza la distribución de los mismos para conocer si existen similitudes en el comportamiento, contrastando la TAS con el caso de infraestructura que se contabiliza, con ello basta mencionar si existe una relación o los datos no son relacionables. En caso de que exista una relación pueden agruparse el comportamiento para evaluar tendencias.

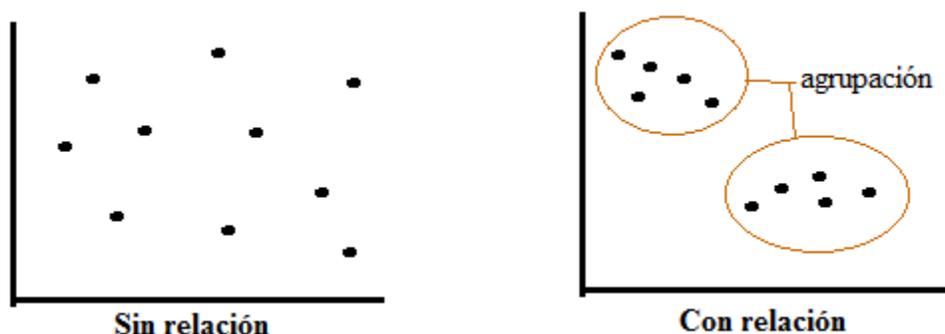


Figura 5.2.2.5. Comportamiento de datos

#### 5.- Susceptibilidad ante las combinaciones de relleno

En el cálculo de la susceptibilidad se empleó una ponderación acorde a la incidencia que representa en el continuo proceso de asiento, es decir, que los materiales menos idóneos como la basura resultan con una valoración alta en el respectivo análisis de la susceptibilidad (Cuadro 5.2.2.4).

Cuadro.- 5.2.2.4. Ponderación del 0 al 1 respecto a materiales susceptibles al asiento de suelo.

Apartado												
A		B		C		D		E		F		G
C	0.11											
Cam	0.22	9600-6000	0.36	R	0.1	1	0.17	Si 1 No 0	<30 cm	0.33	A	0.33
A	0.2	1000-6000	0,29	T	0.2	2	0.34		30-60 cm	0.44	C	0.67
Z	0.11	600-1000	0.21	E	0.3	3	0.5		>60 cm	0.22	N	0
Veg	0.11	0-600	0.14	B	0.4							
Sv	0.22											

Al tener las ponderaciones por relleno registrado se aplica la siguiente fórmula (modificada según el peso homogéneo de los 7 factores, 0-1) (formulación propia):

$$Sr = (A*0.143) + (B*0.143) + (C*0.143) + (D*0.143) + (E*0.143) + (F*0.143) + (G*0.143) \dots \dots \dots \text{Fórmula (5)}$$

Dónde:

*Sr: Susceptibilidad de relleno*

Los rangos de susceptibilidad son los siguientes:

- Muy alto >0.7
- Alto 0.5
- Medio 0.3
- Bajo 0.2
- Muy bajo 0.1

### **5.3. Metodología empleada en la segunda fase de la investigación**

Insumos:

- Límite máximo de inundación (obtenido la evaluación de susceptibilidad ante inundación)
- Polígonos de rellenos inducidos
- Polígonos de desagües
- Polígonos de viviendas afectadas por asiento de suelo

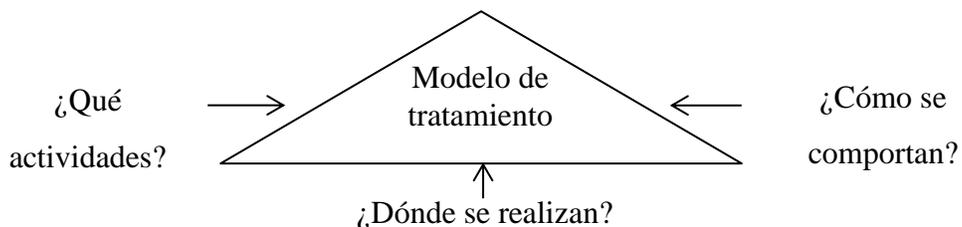
Software:

- Google earth
- ArcGis

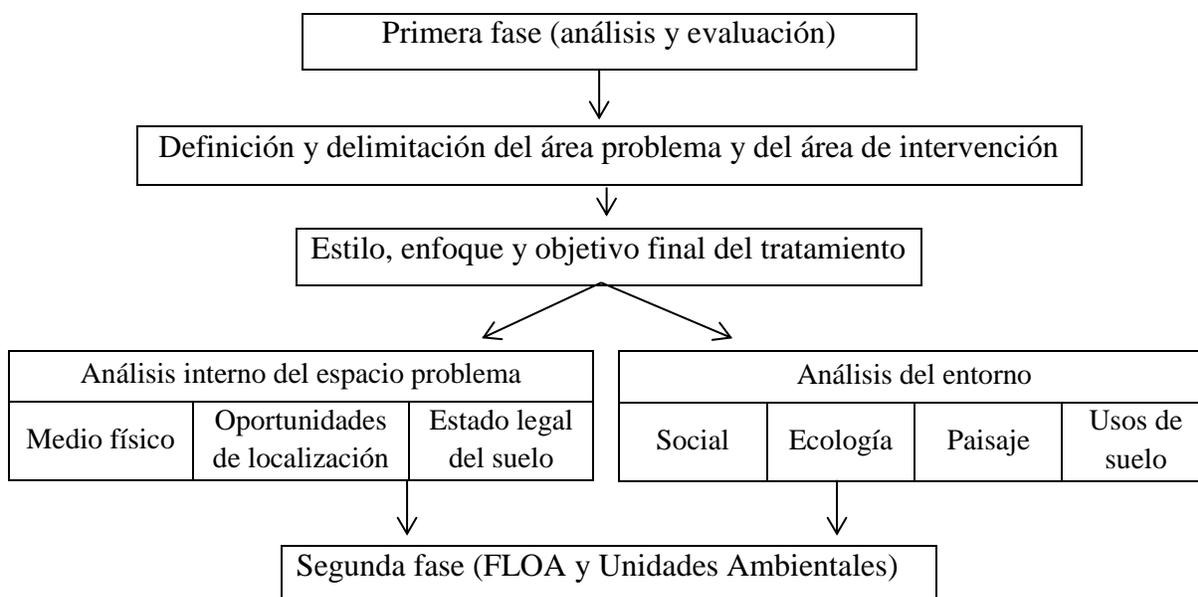
Parte de la planeación comienza por definir el tipo de espacio degradado, categoría y el enfoque que se le dará al tratamiento (Gómez 2004), por tal razón la metodología sigue esta

vertiente, enfocada en espacios que se degradan por la forma en que se ordenan, transforman y utilizan, dentro de las categorías de cursos desnaturalizados y sitios con disposición espontánea de residuos.

**Diagrama de planeación según Gómez (2004):**



*Figura 5.3.1.1. Enfoque de ordenamiento territorial e integración ambiental en la recuperación de un espacio degradado.*



*Figura 5.3.1.2. Diagrama de flujo, ajustada a la segunda fase (Gómez 2004)*

**5.3.1. Definición de unidades ambientales**

Consiste en identificar y cartografiar, a la escala de trabajo adoptada, las unidades ambientales que se estiman pertinentes en el espacio a tratar para adoptarlas como unidades básicas del medio físico, es decir la vocación o capacidad de acogida del suelo para las actividades potenciales que se definen en un área posterior. La escala de representación

dependerá del tamaño del espacio a tratar, frecuentemente se utiliza la 1/5,000 a 1/25,000 en espacios de gran extensión. Las unidades ambientales se pueden detectar por superposición de los factores del medio físico con mayor carga informativa (geomorfología, vegetación y usos de suelo) una vez cartografiados o, de forma empírica, por observación y comprensión del espacio objeto de estudio (Gómez 2004).

### Cuadro de valoración

La Cuadro de valoración está referida especialmente a las unidades ambientales, por lo que es posible representar sobre un plano a escala de forma inmediata el valor del territorio para cada una de las dimensiones o para el valor de conservación total (Gómez 2004).

*Cuadro.- 5.3.1.1. Distintos valores aplicables a las Unidades Ambientales (Gómez 2004)*

Unidad Ambiental	Ecológico	Cultural	Paisaje	Productivo	Funcional	Valor total	Estado evolutivo
U.A...n	La valoración 0 (nulo), 1 (bajo), 2 (medio), 3 (alto) y 4 (muy alto)						Regresivo Progresivo Estable

### 5.3.2. Análisis FLOA

El análisis FLOA (acróstico de Fortalezas, Limitaciones, Oportunidades y Amenazas) se concreta en una matriz cuyas filas están dadas por fortalezas y debilidades que concurren en el espacio en problema y las entradas corresponden a oportunidades y amenazas del entorno en que se ubica. De alguna manera se trata de enlistar cada uno de los rubros y en la intersección de ambas sugerir el incremento de fortalezas y oportunidades, de lo contrario mencionar acciones que reduzcan limitaciones y amenazas (Gómez 2004).

*Cuadro.- 5.3.2.1. Análisis FLOA (Gómez 2004)*

Amenazas	Fortalezas	Oportunidades	Limitaciones
An	Fn	On	Ln

#### 5.4. Diseño; modelo, imagen objetivo o plan maestro, tercera fase

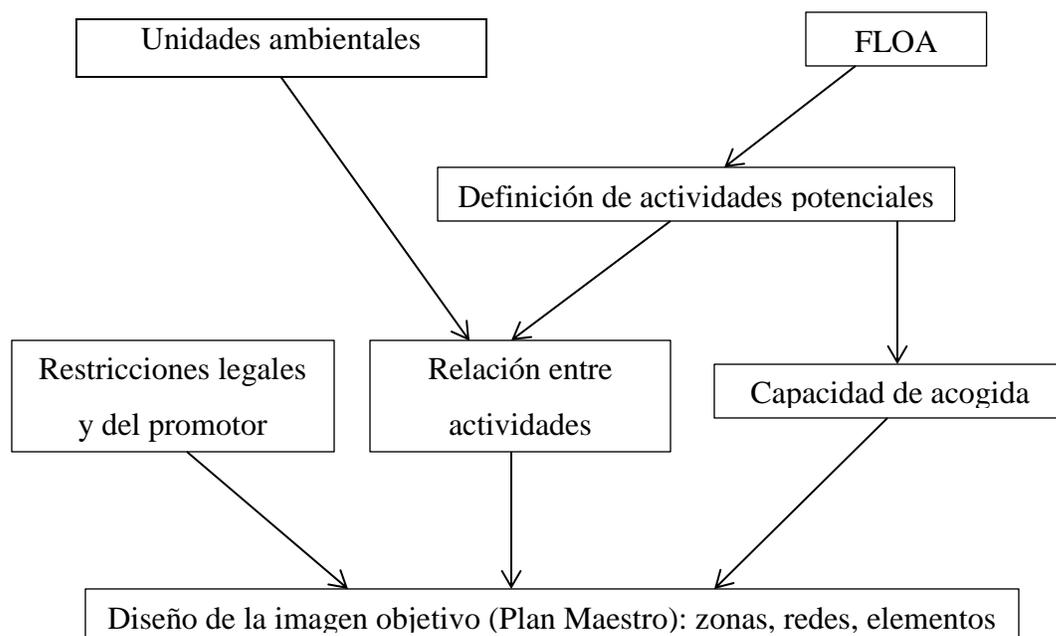
Insumos:

- Unidades Ambientales
- Cuadro del Análisis FLOA
- Especificaciones técnicas sobre asiento de suelo (relaciones existentes entre los distintos elementos que atenúan el proceso)
- Listado de Leyes que aplican para la zona (se utilizan las intervenciones legales mencionadas en el marco legal)

Software:

- ArcGis
- Google earth

Acorde a Gómez (2004) esta tarea, es la más creativa del proceso, consiste en definir y representar gráficamente en planos a escala o fotografía, la imagen final que tendrá el espacio una vez recuperado.



*Figura 5.4.1. Diagrama de flujo, ajustada a la tercera fase (Gómez 2004)*

## 1.- Análisis del entorno

Se registra el espacio problema desde cuatro puntos de vista: social, ecológico, paisajístico y territorial o de usos de suelo.

- Detectar las posibles demandas, necesidades, aspiraciones o expectativas de la población sobre el espacio a restaurar.
- Conocer las características ecológicas, paisajistas y uso de suelo.
- Entender los efectos mutuos e intercambios de todo tipo que se producen entre ambos sistemas.

## 2.- Actividades potenciales

Con toda la información anterior, muy particularmente con el estilo y enfoque del tratamiento, es posible identificar las actividades, usos de suelo y aprovechamiento que potencialmente se podrían plantear sobre el espacio a recuperar, así como las relaciones entre ellas.

*Cuadro.- 5.4.1. Matriz de correlación entre las actividades potenciales (Gómez 2004)*

	Actividad 1	Actividad 2	Actividad n
Actividad 1			
Actividad 2			
Actividad n			

Representada como complementariedad/sinergia: C (complementaria), Ce (compatible), I (incompatible), D (disfuncional).

## Determinación de la capacidad de acogida

Se expresa en la relación entre el territorio (de las unidades ambientales que lo forma) y las actividades que se pueden desarrollar sobre el en términos, por ejemplo, de vocacional,

compatibilidad e incompatibilidad. Los grados de capacidad de acogida, se hace teniendo en cuenta dos puntos de vista:

- En qué medida la unidad cubre los requisitos que implica su localización y funcionamiento.
- El considerar los efectos que la actividad puede producir a la unidad ambiental.

*Cuadro.- 5.4.2. Cuadro para la determinación de la capacidad de acogida (Gómez, 2004)*

<b>V (uso vocacional)</b>	<b>Actividad 1</b>	<b>Actividad 2</b>	<b>Actividad n</b>
<b>M (Medianamente compatible)</b>			
<b>I (uso incompatible)</b>			
Unidad Ambiental			

### **Cuadro de restricciones en las actividades**

Se trata aquí de poner de manifiesto las limitaciones y condiciones que imponen las afectaciones normativas del suelo, identificadas en una tarea anterior, así como las impuestas por el promotor, en su caso; asimismo conviene explicitar los criterios de diseño, si los hubiere (Gómez 2004). Por tal razón se adoptan los artículos citados en el capítulo de marco legal, puesto que es la selección precisa para contrarrestar dos aspectos, por una parte los asentamientos irregulares y fomentar el cuidado del ecosistema que se pretende mejorar.

### **Imagen objetivo**

Es el producto final de la evaluación, dando pauta a una serie de Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) las cuales representan espacialmente las distintas alternativas de uso a futuro, es decir, el plan ideal a seguir para poder cumplir con una serie de objetivos que permitan restaurar el espacio degradado. Asimismo, cada UGA es concatenada con una serie de especificaciones y restricciones que permitan su monitoreo y manejo. Para destinar de manera adecuada los recursos de la población se seleccionan las UGA's que generan mayor impacto en la problemática y que exigen ser atendidas lo antes posible.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Primera fase, susceptibilidad ante inundación y asiento de suelo**

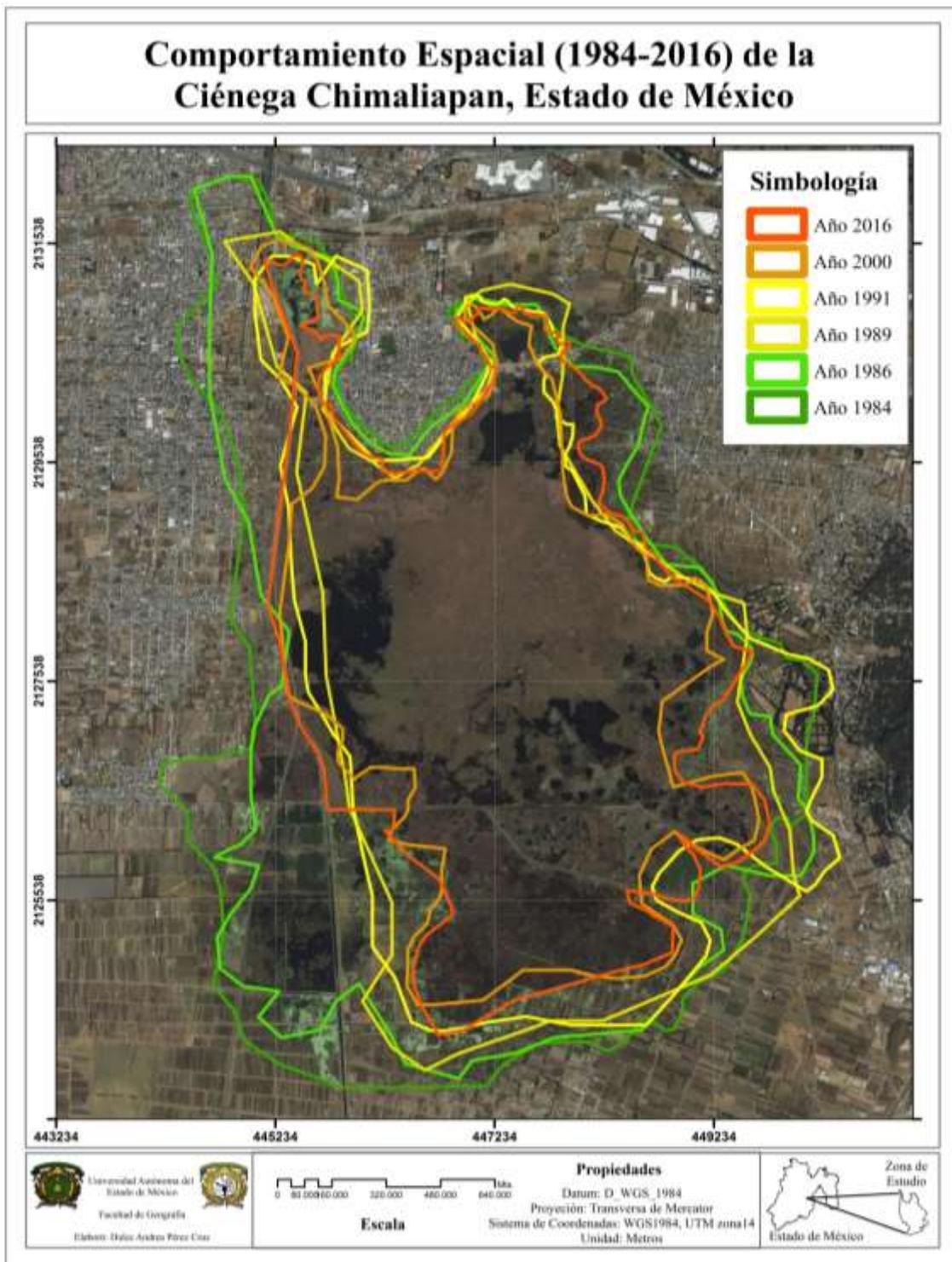
#### **6.1.1. Inundación**

De acuerdo a lo estimado se ha obtenido variaciones en la cobertura de la Ciénega, en promedio el comportamiento indica una reducción de área. Las coberturas son diferentes para cada año, por lo que no se trata de una reducción homogénea en el área, puesto que algunas zonas incrementan su extensión mientras que en otras se reduce.

El intervalo de tiempo considerado fue de 32 años, históricamente resulta poco, sin embargo permite conocer a este inmenso ecosistema como dinámico, frágil a cambios ambientales y difícil de conservar con las actividades tan complejas de la sociedad. Destaca la variación más acelerada en el año 2000, siendo de menor cobertura en comparación con la estimada para el 2016 (Figura 6.1.1.1.).

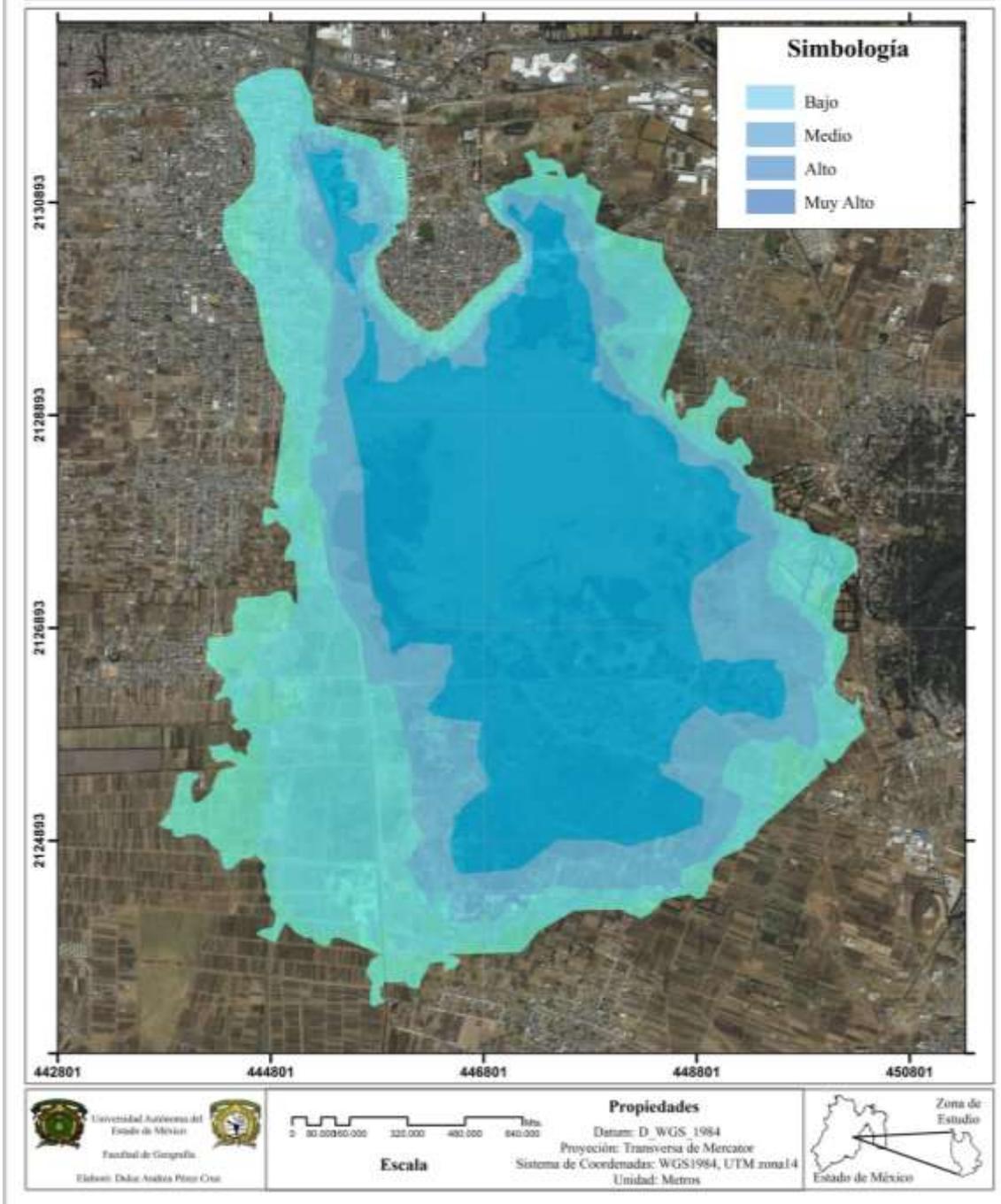
La susceptibilidad fue valorada en un escenario homogéneo, tal es así que permitió clasificarla en un rango de bajo a muy alto, fue factible utilizar este modelo, puesto que la finalidad es representar las ocurrencias más esperadas y los posibles escenarios que se pudieran presentar (Figura 6.1.1.2.).

La zona centro es la más recurrente por lo que todo el año se mantiene con agua (Figura 6.1.1.3.), las zonas intermedias son de inundación estacional y la esperada en un nivel bajo puede manifestarse menos ocurrencia debido a la heterogeneidad del terreno y la delimitación por la altitud mínima con 2568 msnm. La exageración espacial permite conocer zona propensa por su trayectoria histórica, sustentando el nivel máximo donde se pueden depositar los escurrimientos que aportan agua al valle de Toluca.



*Figura.- 6.1.1.1. Comportamiento espacial (1984-2016) de la Ciénega Chimaliapan, Estado de México (elaboración propia)*

## Susceptibilidad de Inundación con respecto al registro de 1984-2016, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



*Figura.- 6.1.1.2. Susceptibilidad de Inundación con respecto al registro de 1984-2016 (elaboración propia)*

Evidencias de inundación en diferentes casos:



A



B



C



D



E



F

**Figura.-** 6.1.1.3. Zona agrícola inundada A, B, viviendas con registros de inundación C, D, E, zonas con inundación permanente F (fotografías tomadas en enero del 2017)

### **6.1.2. Susceptibilidad al asiento de suelo**

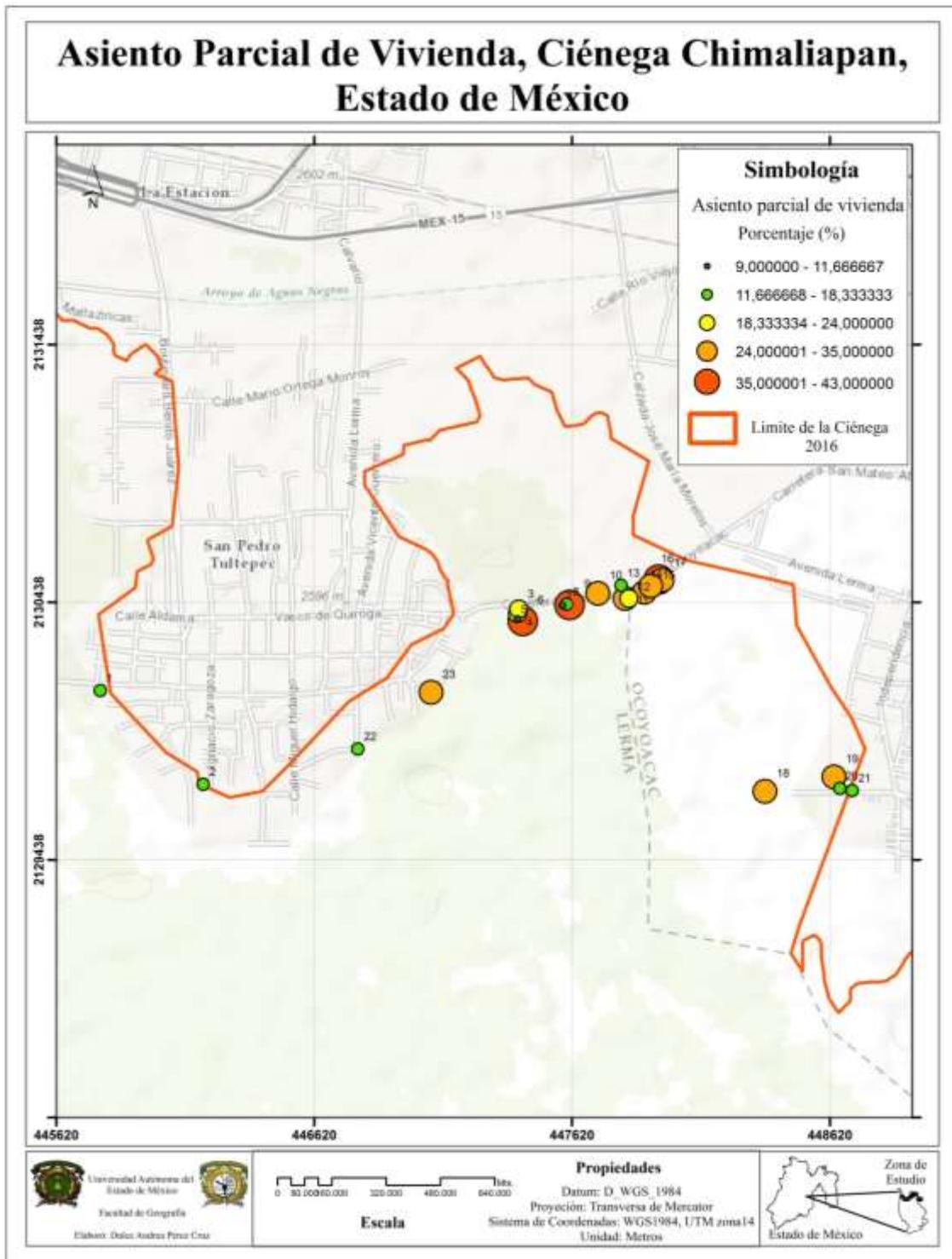
Los procesos de asiento de suelo si se encuentran relacionados con las zonas susceptibles a inundación, dado que son terrenos inundados o semi-inundados cuyo suelo aún no esta conformado, sin embargo la presión social por ganar terreno ha ocasionado una serie de rellenos inducidos.

En la zona de influencia existen sitios propensos a este proceso debido a la cercanía que mantienen con la ciénega (Figura 6.1.2.3.), la mayoría de estas zonas se localizan al norte (Lerma de Villada), al Noreste (Ocoyoacac) y al Noroeste (San Mateo Atenco), por lo tanto el incremento de asentamientos humanos es mas evidente por la parte norte y menos influyente en la parte sur.

Se registraron 21 infraestructuras con daños en la infraestructura, el cálculo de la Tasa de Asiento de Suelo (TAS) indica un asiento de 1 a 7 cm/año en promedio (Figura 6.1.2.5.), sin señalar todavía los diferentes factores que contribuyen al proceso. Dicho comportamiento es relativamente rápido, probablemente tenga que ver con los materiales de relleno que se utilizaron antes de construir.

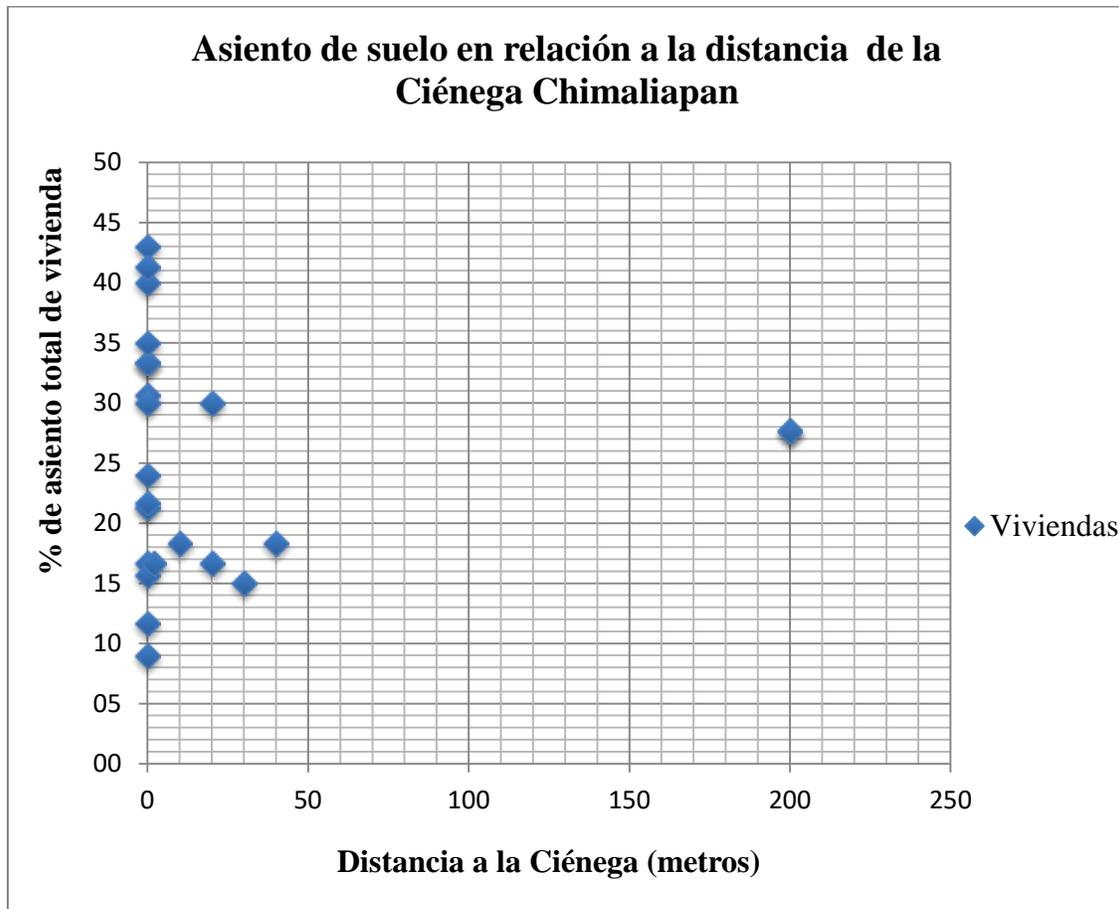
En cuanto al porcentaje en la altura de viviendas, se obtuvieron valores entre el 9% y 43%, es decir, que algunas viviendas presentan casi la mitad de la construcción por debajo del nivel actual (enterradas) de construcciones recientes, es por ello que la zona no resulta factible para uso habitacional o por lo menos no para ese estilo de construcción, la mayoría de registros se encuentran ubicados dentro del humedal (Figura 6.1.2.1.)

La ubicación de las casas identificadas como dañadas se concentran en la periferia de una carretera que cruza la parte norte del humedal, los mayores porcentajes de asiento parcial están cercanos a las zonas inundadas. Algunos de los daños que se presentan son: agrietamiento en paredes, asiento desigual de la construcción, inclinación de paredes o muros (Figura 6.1.2.2.).



*Figura.- 6.1.2.1. Asiento parcial de vivienda en porcentaje con base a los datos obtenidos en campo (anexos), elaboración propia.*

El asiento de suelo esta totalmente relacionado con la distancia a la ciénega, mientras más cercana sea la construcción mayor es la susceptibilidad al asiento.

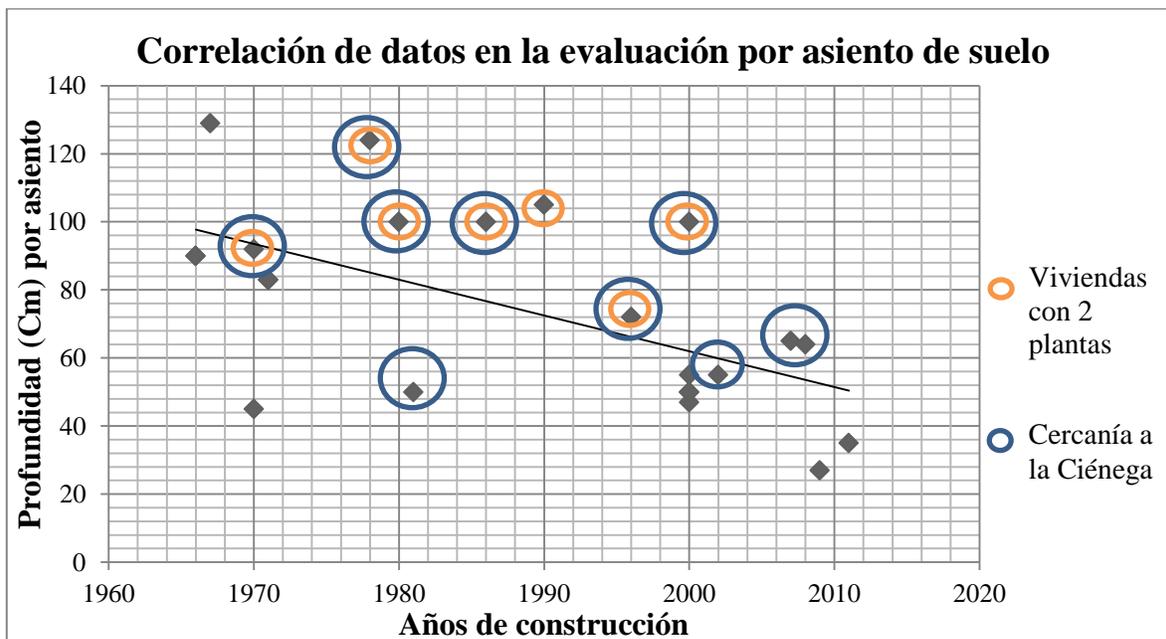


*Figura.- 6.1.2.2. Asiento de suelo en relación a la distancia*

Tal es así, que alrededor del 60% de las viviendas evaluadas están dentro del perímetro de la ciénega, mientras que el resto se encuentran a no más de 200 metros, es importante recalcar que son viviendas dispersas, por lo que resulta interesante preguntarse ¿cual será el escenario si se comienza a concentrar la población en un punto específico donde suceda este proceso?, los efectos pudieran variar con respecto a este análisis.

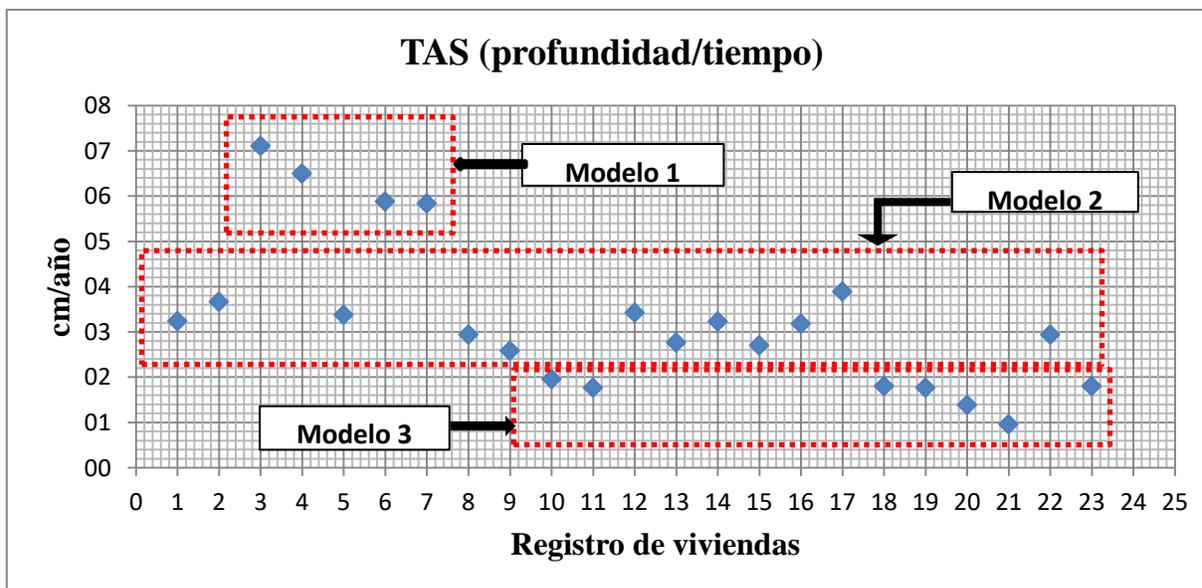
Por otra parte, la capacidad de carga y el tiempo están asociados a la magnitud de hundimiento parcial de las construcciones, mientras mayor es la carga y tiempo, mayor es la profundidad por asiento, así mismo se especifica la estrecha relación que hay entre “ mayor

sea el numero de plantas, mayor es la profundidad de hundimiento”, estrechamente vinculado de nuevo en la cercanía al humedal (Figura 6.1.2.3.) .



*Figura.- 6.1.2.3. Evolución por asiento de suelo y carga asociada*

Existen tres tendencias principales en la tasa de asiento (TAS), la primera es la agrupación de datos que fluctúan de 6 a 7 cm/año, la segunda y que además concentra la mayoría de los datos, oscila de 2.5 a 4.5 cm/año, finalmente los datos de menor magnitud se encuentran en 1 y 2 cm/año (Figura 6.1.2.4.).



*Figura.- 6.1.2.4. Agrupación de datos de la tasa de asiento de suelo*

Si se sacará una tendencia lineal se hablaría que para el modelo 1 en el año 2025 105.7 centímetros de la vivienda podría estar por debajo del nivel actual, sin embargo, existen otros factores que podrían cambiar esta tendencia, por ejemplo que las estructuras alcancen su punto máximo de asiento o hundimiento regional por extracción de agua subterránea.

*Cuadro 6.1.2.1. Tendencias en de hundimiento por asiento de suelo*

	Tiempo (años/cm)														
	1971	1980	1989	1992	1998	2000	2007	2008	2010	2015	2017	2020	2025	2030	2050
<b>Modelo 1</b>							6.3	12.7	19.0	50.4	63.0	78.1	105.7	133.3	243.7
<b>Modelo 2</b>				3.2	18.9	25.6	47.7	50.0	56.3	72.1	80.0	89.0	104.6	120.2	182.7
<b>Modelo 3</b>	1.7	15.3	30.6	33.9	45.9	49.2	61.2	62.9	66.2	74.5	78.2	82.8	91.1	99.4	132.8

En el modelo 2 y 3 se vislumbran valores de 104.6 y 91.1 centímetros que traducido en metros sería alrededor de 1 y 0.91 metros de la altura original de la vivienda se encontrará por debajo de la altura original para el año 2025, suponiendo que el comportamiento sea correcto, más del 60% de las casas consideradas manifestaran daños en su infraestructura. Una deficiencia en éste cálculo es considerar el asiento constante a través del tiempo, sin embargo en la realidad no tiene un comportamiento lineal puesto que depende de las modificaciones que las mismas personas le realizan a su construcción.

Durante el levantamiento de datos y conversaciones con la población se lograron conocer algunas de las afectaciones sociales que se han dado en el sitio, si bien las viviendas que presentan mayores afectaciones han tenido que ser modificadas por los mismos habitantes, manifestado en los siguientes argumentos; “yo tuve que recortar mi puerta y cambiar la instalación de luz porque ya no estamos al nivel original de la calle”, “la casa solo la ocupamos cuando no llueve porque cuando llueve mucho el agua se infiltra por el suelo, por eso subimos los muebles al segundo piso, solo utilizamos la planta baja 4 meses” (testimonios de algunos pobladores).

Evidencias en las infraestructuras con asiento parcial:



Arrufo **A**



Arrufo **B**



Quebranto **C**



Quebranto **D**



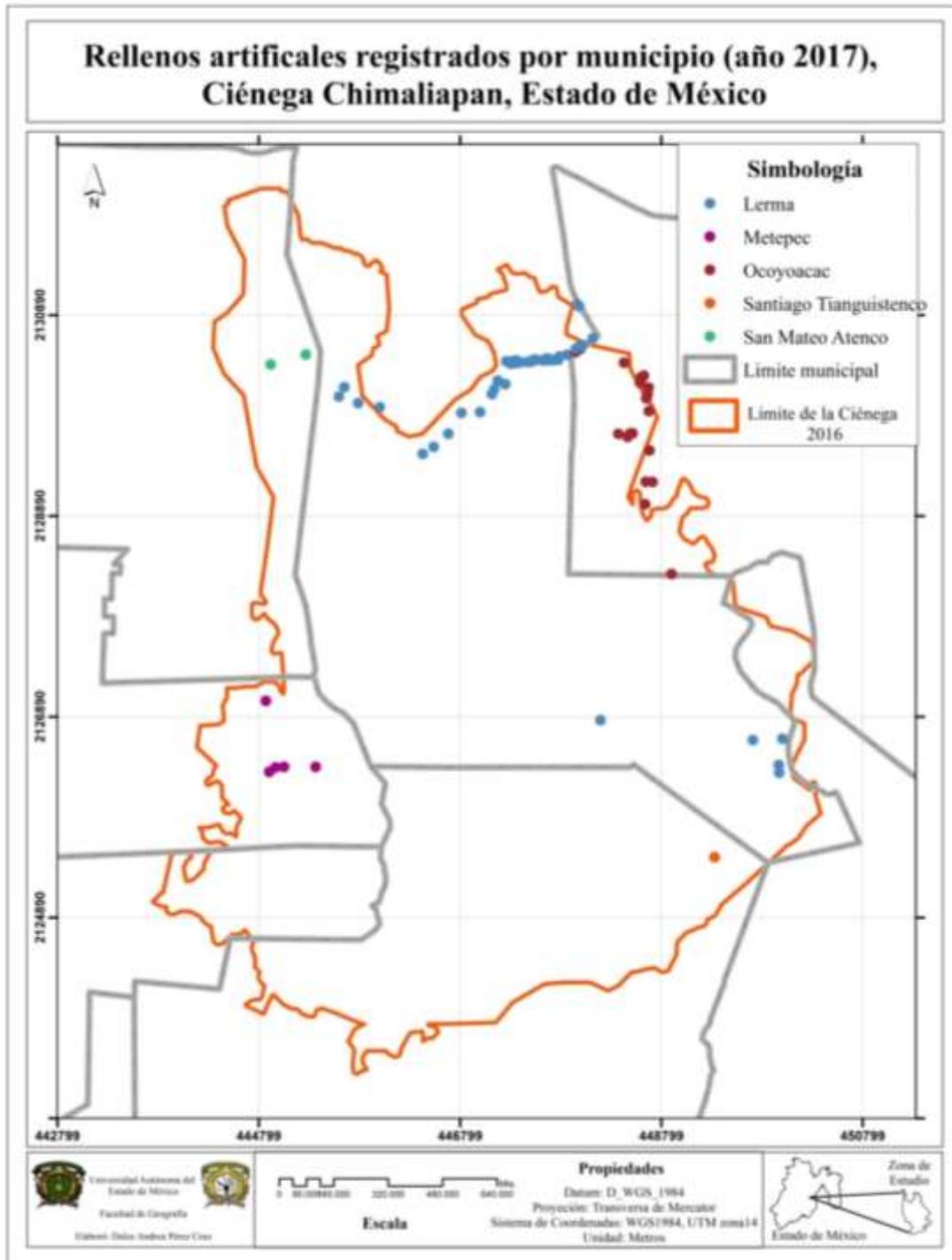
**E**



**F**

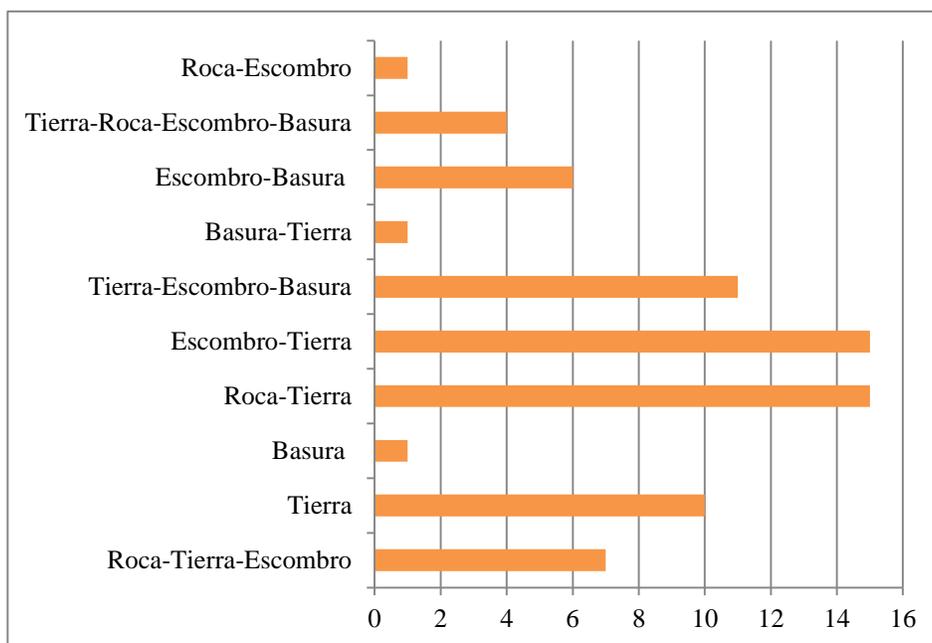
**Figura.-** 6.1.2.5. De la foto **A-D** son grietas con más de 2-5 milímetros de diámetro y foto **E-F** viviendas con hundimiento parcial (fotografías tomadas en noviembre del 2016)

Por otra parte, también se identificaron zonas con rellenos inducidos a fin de evaluar los materiales utilizados y con ello poder monitorear el asiento de los mismos, se obtuvo el registro de 71 rellenos para el año 2017 (figura 6.1.2.6.).



*Figura.- 6.1.2.6. Registros de rellenos inducidos*

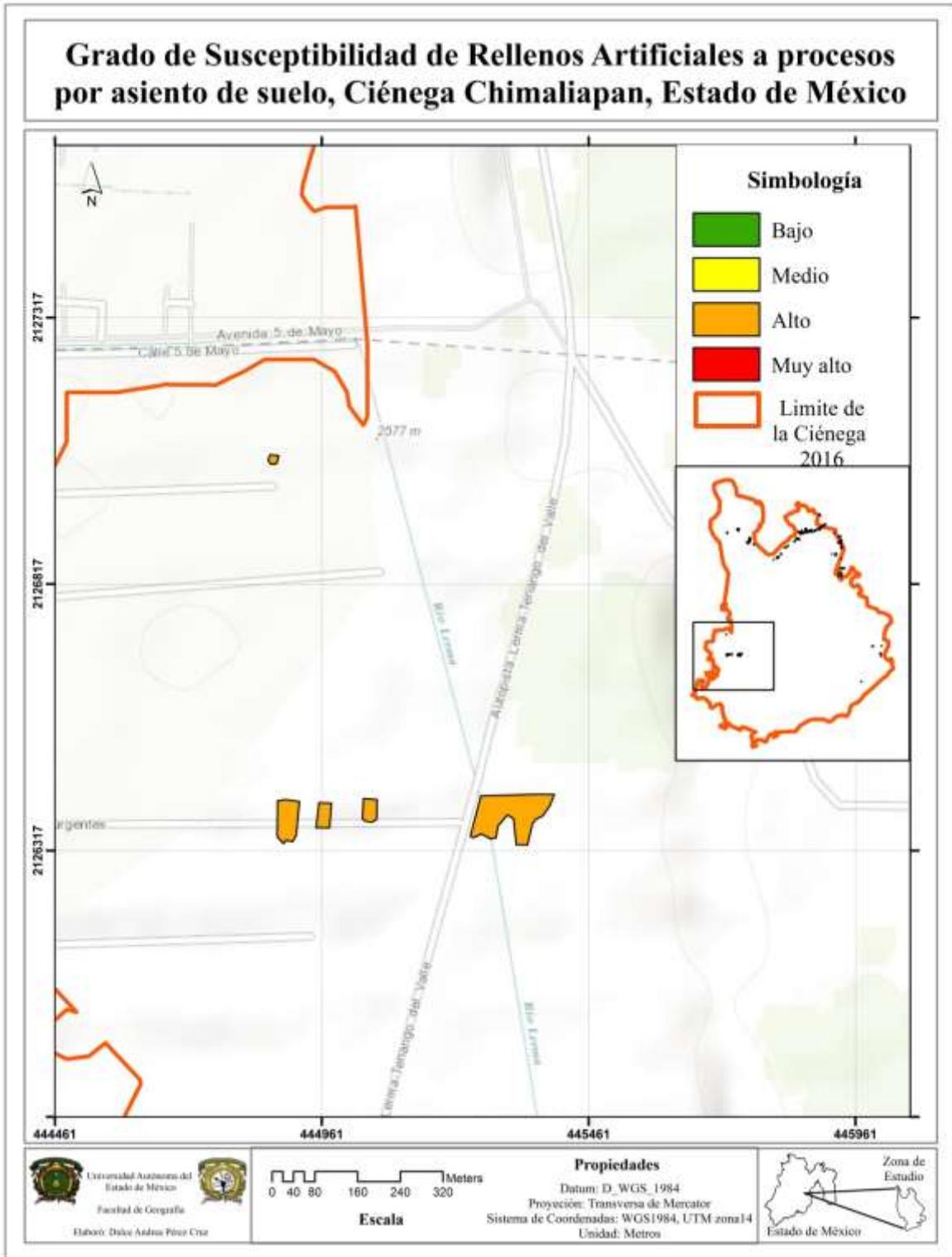
Cuyas características fueron las siguientes:



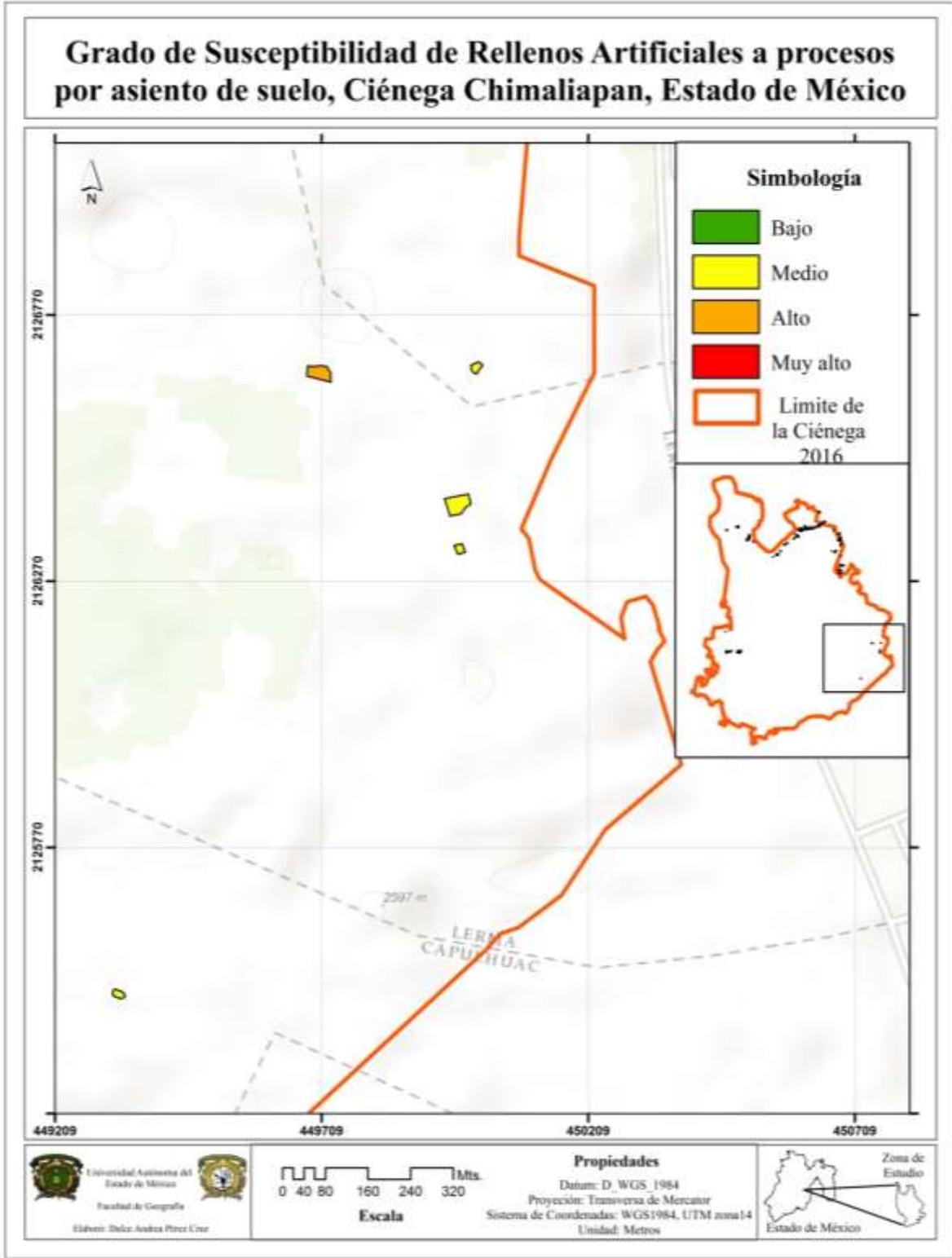
*Figura.- 6.1.2.7. Combinaciones entre materiales de relleno en base al inventario realizado, elaboración propia*

Alrededor de 15 rellenos fueron identificados con materiales de escombros y tierra o roca y tierra, enseguida de la combinación de tierra, escombros y basura con 11 rellenos. Los materiales de una sola composición fueron tierra en 10 y basura en 1 relleno, cabe destacar que las combinaciones de diferentes materiales no son factibles porque generan medios heterogéneos, lo que implica un asiento desigual en infraestructuras ocasionando desnivel y pérdida de estabilidad en muros.

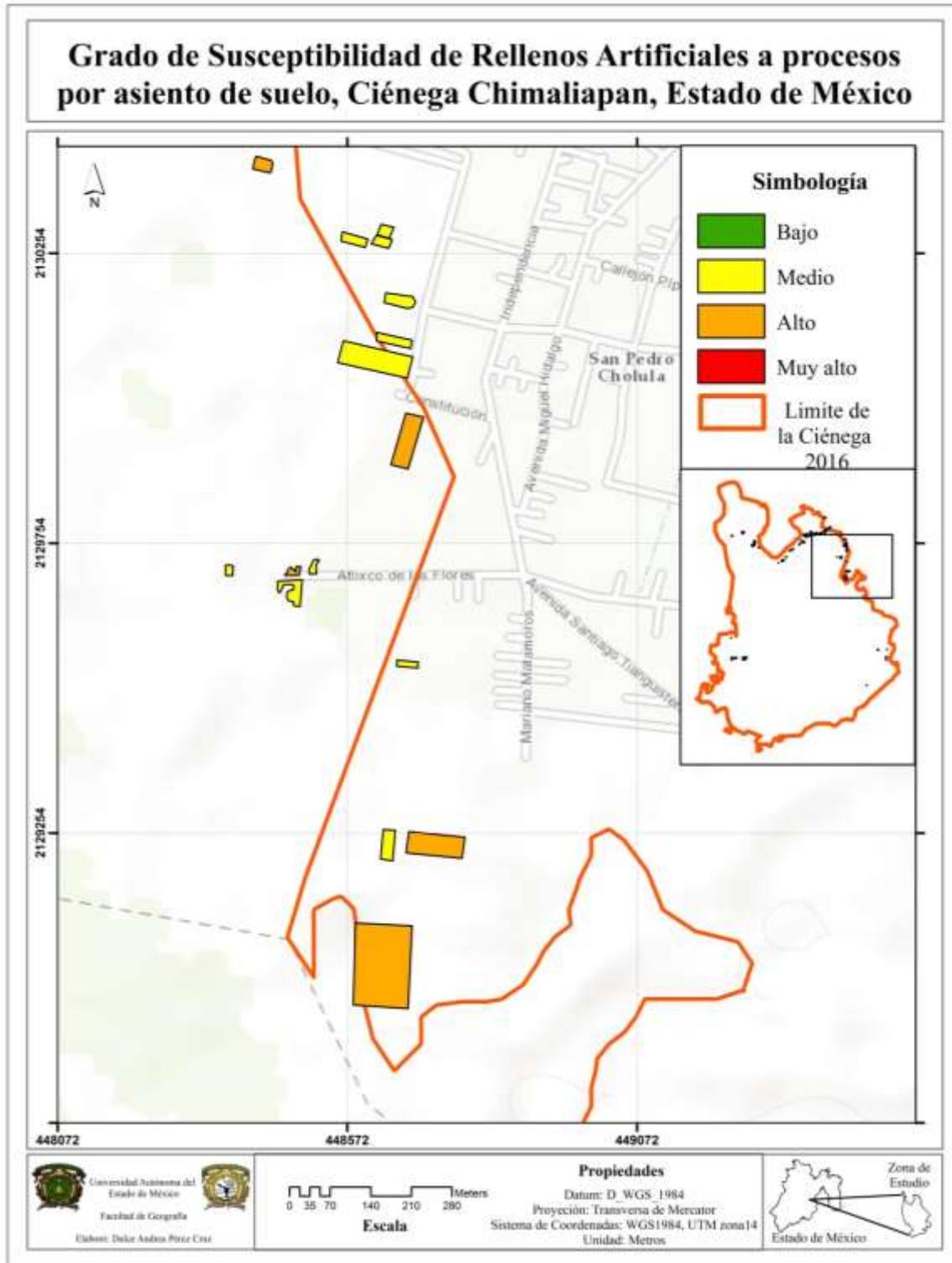
Es muy probable que el número de registros incremente debido a la expansión masiva de la población. Con los 71 rellenos se pudo analizar el grado de susceptibilidad que podrían tener estos terrenos a procesos de asiento de suelo de acuerdo a su anisotropía. En la mayoría de los rellenos resalto un nivel de susceptibilidad de medio a alto, comparándolo con la gráfica se define que las nuevas zonas no están en disposición de aguantar construcciones pesadas o mayores a dos pisos, de lo contrario el asiento parcial provocará daños considerables en poco tiempo, aunado a la presencia de inundaciones que se manifiestan año con año.



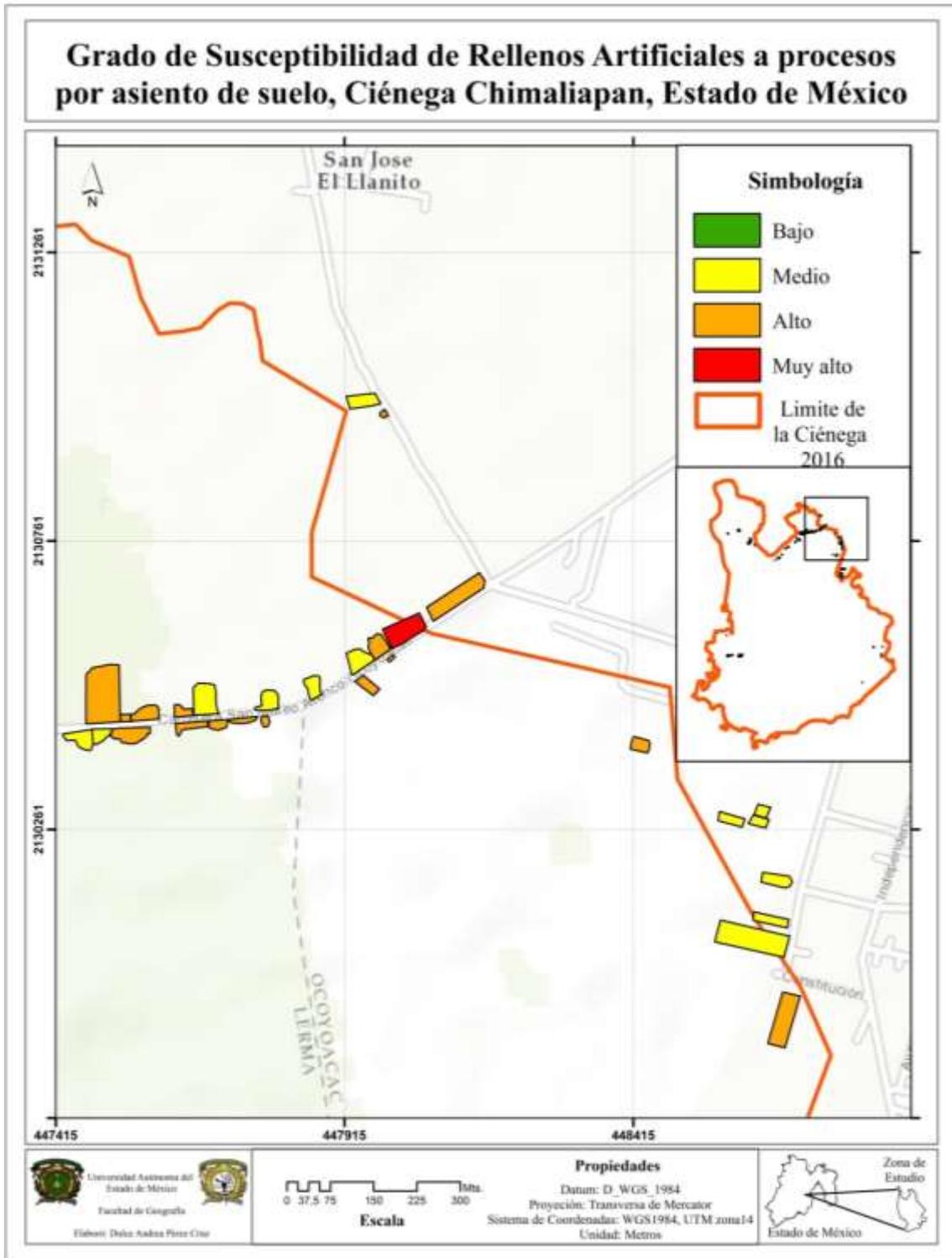
*Figura.- 6.1.2.8. Al suroeste cerca del Municipio de San Mateo Atenco se localizan 4 rellenos con una susceptibilidad media al asiento de suelo*



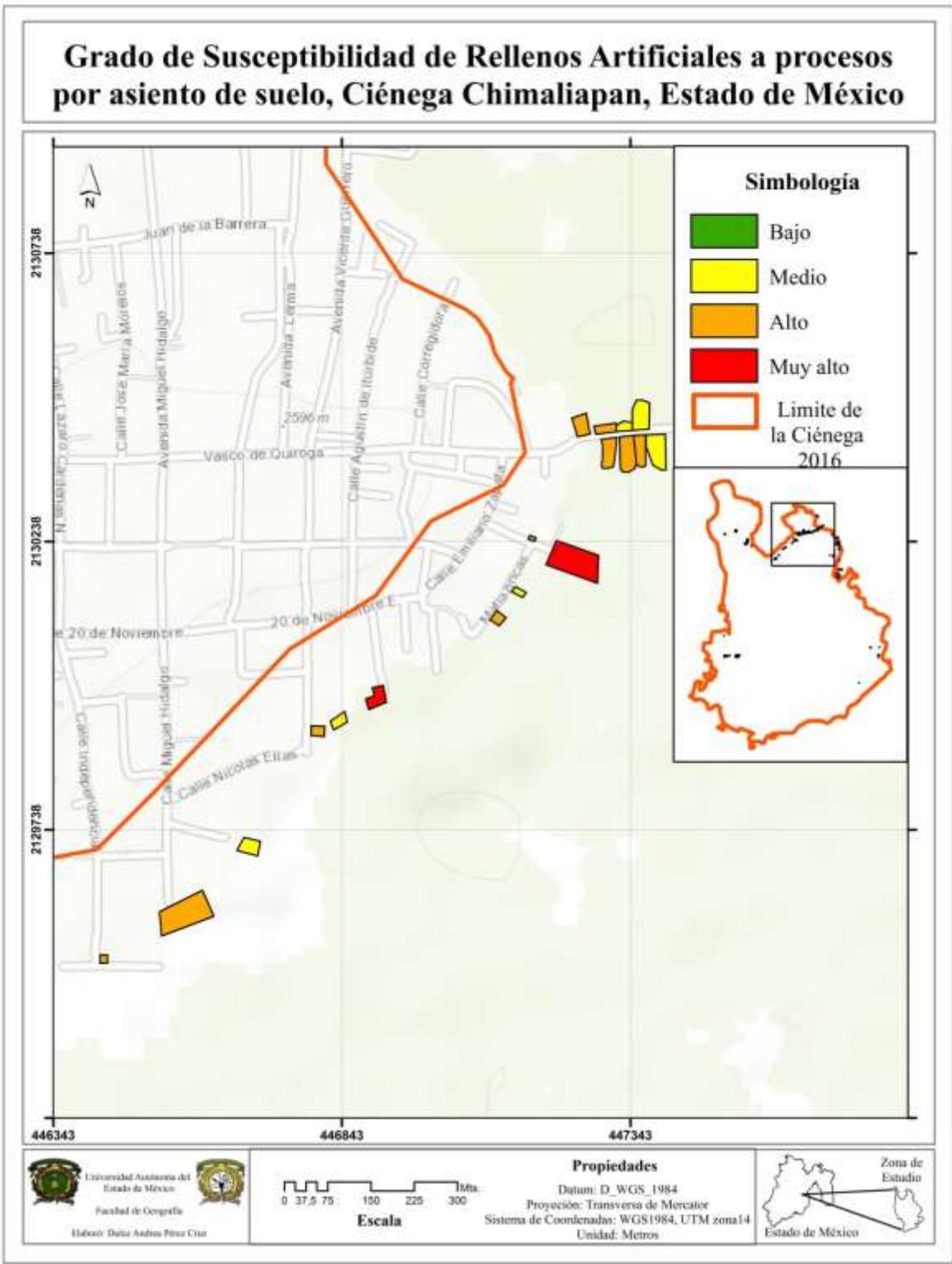
*Figura.- 6.1.2.9. En el sureste existe media y alta susceptibilidad*



*Figura.- 6.1.2.10. En el noreste incrementan el número de registro entre media y alta susceptibilidad*



*Figura.- 6.1.2.11. Lerma y Ocoyoacac con los municipios más influyentes, dado que gran parte de los registros están presentes en esta zona.*



*Figura.- 6.1.2.12. Muy alta susceptibilidad en dos registros*

## Grado de Susceptibilidad de Rellenos Artificiales a procesos por asiento de suelo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México

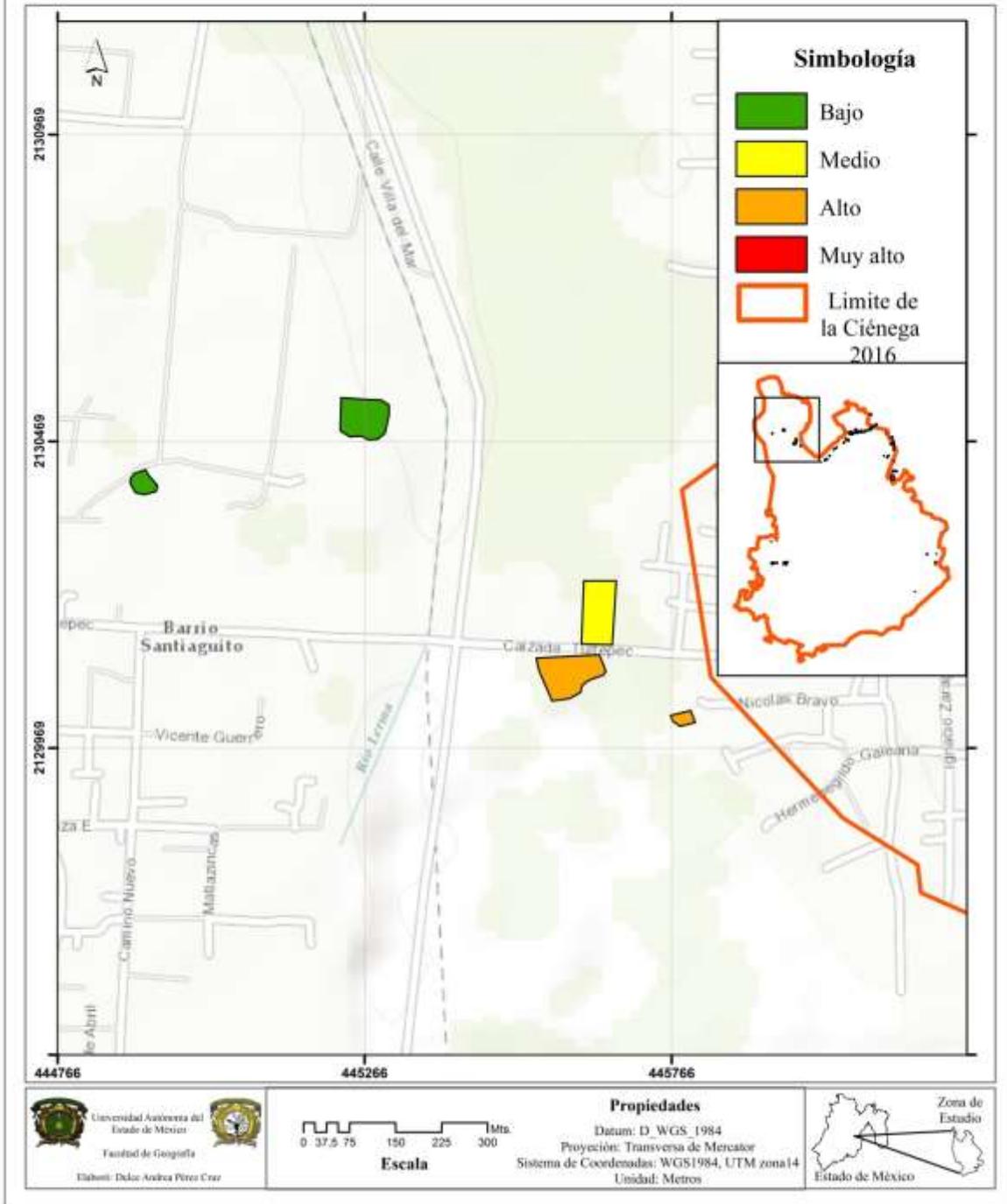


Figura 6.1.2.13. Es la única sección donde están rellenos con susceptibilidad baja.

Algunas de las imágenes que se captaron sobre la composición de rellenos en la zona:



A



B



C



D



E



F

**Figura.-** 6.1.2.14. En las imágenes A-F se visualizan los diferentes materiales de rellenos, así como el paisaje que estos originan (fotografías tomadas en enero del 2017)

## 6.2. Segunda fase, Unidades Ambientales y Análisis FLOA

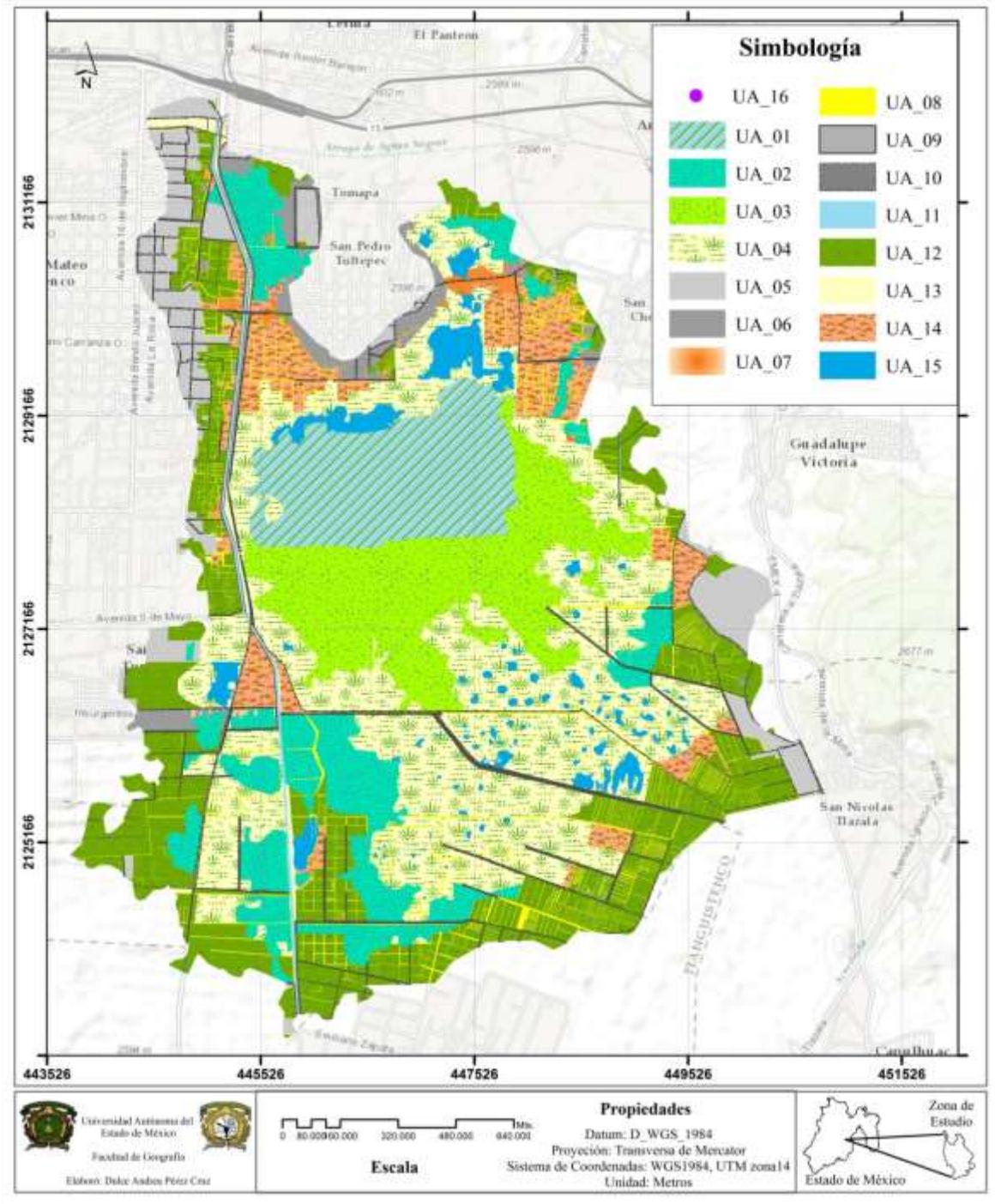
### 6.2.1. Unidades ambientales

La definición de Unidades ambientales:

*Cuadro.- 6.2.1.1. Descripción de unidades ambientales*

<b>Unidad Ambiental (UA)</b>	<b>Descripción</b>
UA_01	Zona central con vegetación emergida
UA_02	Zona de vegetación inundada
UA_03	Zona central con vegetación
UA_04	Zona de vegetación riparia o de transición
UA_05	Zonas urbanas con mediana influencia
UA_06	Zonas habitacionales considerablemente influyentes
UA_07	Zona de rellenos inducidos
UA_08	Zanjas
UA_09	Caminos
UA_10	Calles y avenidas
UA_11	Ríos
UA_12	Zona agrícola
UA_13	Zona recreativa o de uso público
UA_14	Terrenos en desecación con vegetación del lugar
UA_15	Zonas anegadas sin vegetación superficial
UA_16	Descargas residuales

## Unidades Ambientales, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



*Figura.- 6.2.1.1. Mapa de las Unidades ambientales consideradas en el estudio*

Valoración con el entorno, La valoración 0 (nulo), 1 (bajo), 2 (medio), 3 (alto) y 4 (muy alto), Regresivo, Progresivo o Estable

*Cuadro.- 6.2.1.2. Cuadro de valoración con las 16 unidades ambientales*

<b>Unidad Ambiental</b>	<b>Valor ecológico</b>	<b>Valor cultural</b>	<b>Valor del paisaje</b>	<b>Valor productivo</b>	<b>Valor funcional</b>	<b>Valor total</b>	<b>Estado evolutivo</b>
UA_01	4	2	4	4	4	18	Regresivo
UA_02	3	2	3	3	3	14	Regresivo
UA_03	4	2	4	4	4	18	Regresivo
UA_04	3	1	3	3	3	13	Regresivo
UA_05	0	3	1	0	0	4	Progresivo
UA_06	0	2	0	0	0	2	Progresivo
UA_07	0	3	0	1	0	4	Progresivo
UA_08	3	1	2	2	3	11	Regresivo
UA_09	0	3	0	1	0	4	Progresivo
UA_10	0	3	0	1	0	4	Progresivo
UA_11	3	1	3	3	3	13	Regresivo
UA_12	2	2	2	3	2	11	Progresivo
UA_13	1	3	1	0	0	5	Progresivo
UA_14	3	2	3	3	3	14	Regresivo
UA_15	4	4	4	4	4	20	Estable
UA_16	1	0	0	0	3	4	Progresivo

Conocer el valor que tiene cada unidad con respecto al ámbito social y ambiental permite priorizar el cuidado de las unidades ambientales que tienen mayor impacto positivo, ya sea por su valor ecológico, funcional, productivo, paisajístico, etc. En este caso se tienen cinco unidades con mayor valor aunque su estado evolutivo es regresivo.

## 6.2.2. Análisis FLOA

*Tabla.- 6.2.2.1. FLOA de la Ciénega Chimaliapan*

Amenazas	Fortalezas	Limitaciones	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La disputa entre comunidades por la repartición de parcelas</li> <li>• Incremento de capacidad de carga superpuesta en zonas rellenadas</li> <li>• Ampliación de rellenos inducidos</li> <li>• Incremento de tiraderos de basura en las periferias del humedal</li> <li>• Indiferencia de las comunidades</li> <li>• Baja dependencia de la sociedad con respecto al humedal</li> <li>• Pérdida de valor cultural en la zona</li> <li>• La venta de terrenos a personas foráneas</li> <li>• Creación de nuevos accesos de caminos o calles dentro del ecosistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona de estudio es reconocida como una Área Natural Protegida</li> <li>• Aún existen personas que dan declaratoria de las actividades antiguas que se realizaban con productos extraídos de la Ciénega</li> <li>• Existe una UMA (Unidad de Conservación Manejo y Aprovechamiento sustentable de la vida silvestre)</li> <li>• Grupos comunitarios interesados en el tema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de intervención legal en materia ambiental</li> <li>• Inexistencia de supervisiones</li> <li>• Falta de comunicación entre comunidades y autoridades</li> <li>• Deficiente cultura ambiental</li> <li>• No hay promoción de proyectos locales con temáticas correspondientes.</li> <li>• Acciones aisladas por parte de las instituciones federales y locales</li> <li>• Individualismo por parte de las autoridades a causa de intereses personales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen ejidatarios y/o bienes comunales que realizan actividades en ciertas parcelas de manera sustentable</li> <li>• Al estar conformado por diversos municipios puede lograrse una suma de esfuerzos independientes</li> <li>• Por lo menos dos de los municipios (Santiago Tianguistenco y Capulhuac) cuentan con un Ordenamiento Ecológico Territorial local</li> <li>• De acuerdo a las disposiciones de la ley, la zona puede ser objeto para actividades de enseñanza ambiental</li> </ul>

### 6.3. Tercera fase, diseño del plan maestro

#### 6.3.1. Análisis del entorno

Se encontraron siete problemas principales, de los cuales la contaminación del agua, ausencia de cultura ambiental, inundaciones estacionales, son los factores que tienen mayor incidencia en las unidades ambientales, con una gravedad alta. La manifestación de cada problema se observó en campo y enlazo con los datos adquiridos en la primera fase (Cuadro 6.3.1.1.).

Los actores sociales (agentes) que primordialmente deberían regular estos problemas a escala local son; delegados o alcaldes de la localidad, secretaría de ecología y medio ambiente municipal en base a sus disposiciones legales, grupos comunitarios, habitantes de la zona. En escala estatal; SEMARNAT- CONANP (estatal), CONAGUA (estatal),

Dadas las problemáticas principales, se establecen objetivos y posibles soluciones que permitan contrarrestar la situación (Cuadro 6.3.1.2.).

*Cuadro.- 6.3.1.1. Cuadros de la 1 a la 7 sobre los problemas identificados*

<b>Problema 1</b>	Viviendas con porcentaje parcial de asiento de suelo
<b>Manifestación</b>	Viviendas con grietas en la infraestructura y con un porcentaje de profundidad debido al asiento
<b>Causas</b>	Construcción en zonas que aun pertenecen al humedal y están regularmente inundadas
<b>Efectos</b>	Filtración de agua dentro de la vivienda y perdida de bienes materiales
<b>Agentes</b>	Habitantes de la zona
<b>Localización</b>	UA_07

<b>Gravedad</b>	Alta
-----------------	------

<b>Problema 2</b>	Inundaciones estacionales
<b>Manifestación</b>	Encharcamientos o inundaciones en viviendas y vialidades
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturación de canales, ríos o zanjas cuando se presentan precipitaciones abundantes</li> <li>• Heterogeneidad en rellenos y nivel de terrenos</li> <li>• Menor captación de agua en las zonas altas de la cuenca</li> <li>• Incremento de residuos y desechos en canales y ríos</li> <li>• Relleno de zanjas</li> <li>• Inexistencia de supervisión y prevención de riesgos de algunas zonas</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrame de aguas residuales en viviendas aledañas</li> <li>• La inundación de terrenos desigual</li> <li>• Incremento de la cantidad de agua que llega en la parte baja de la cuenca</li> <li>• Mayor turbulencia y menor capacidad de desagüe</li> <li>• Pérdidas económicas en algunos negocios y comercios por falta de prevención</li> </ul>
<b>Agentes</b>	<p>Habitantes de la zona</p> <p>Organismo encargado de la prevención de riesgos (protección civil municipal)</p>

<b>Localización</b>	UA_2, UA_04, UA_06, UA_12, UA_14
<b>Gravedad</b>	Alta

<b>Problema 3</b>	Tenencia de la tierra
<b>Manifestación</b>	Incongruencia en documentos legales de distintos municipios que conforman la zona de estudio
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompatibilidad legal en la expedición de terrenos desecados y en relación a otras leyes</li> <li>• Ausencia de un organismo que lleve el caso a nivel regional</li> <li>• Supervisión por parte de las secretarías correspondientes poco continua</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentos que acreditan el uso de terrenos</li> <li>• Riñas entre las diferentes comunidades</li> <li>• Incremento masivo en la ocupación de terrenos en competencia de comunidades</li> </ul>
<b>Agentes</b>	Sector político, institucional y comunal o ejidos
<b>Localización</b>	UA_06, UA_07, UA_12, UA_14
<b>Gravedad</b>	Alta

<b>Problema 4</b>	Contaminación de cuerpos de agua
-------------------	----------------------------------

<b>Manifestación</b>	Coloración oscura del agua y presencia de materiales externos a su estado original, así como la producción de plantas algas que propician la eutrofización
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos líquidos y sólidos domésticos sin previo tratamiento</li> <li>• Drenaje de conexión directa a ríos o cuerpos de agua</li> <li>• Planta de tratamiento de agua mal planificada e ineficiente</li> <li>• No hay sanción alguna para las zonas que se ocupan como tiraderos provisionales</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de especies acuáticas en su dispersión</li> <li>• Afectación en la alimentación de especies acuáticas</li> <li>• Presencia de algas que dan paso a la eutrofización, ocasionando la pérdida de vegetación nativa</li> <li>• Incremento de sedimentos</li> </ul>
<b>Agentes</b>	<p>Descarga de aguas de habitantes conectados directamente</p> <p>Habitantes de la zona</p> <p>Direcciones de ecología</p> <p>Secretarías (CONAGUA, SEMARNAT-CONANP)</p>
<b>Localización</b>	UA_01, UA_UA_02, UA_03, UA_04, UA_08, UA_11,UA_15
<b>Gravedad</b>	Alta

<b>Problema 5</b>	Tiraderos provisionales de residuos sólidos
<b>Manifestación</b>	Incongruencia con el paisaje original
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistente gestión de residuos referente a las actividades que son propias de la comunidad</li> <li>• Falta de cultura ambiental y cultural</li> <li>• Falta de supervisión</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basura colocada a orillas de carreteras o terrenos conformada por:</li> <li>• Aserrín y resinas (resultantes de la comunidad San Pedro Tultepec)</li> <li>• Llantas</li> <li>• Basura electrónica</li> <li>• Unicel</li> <li>• Plástico</li> <li>• Cartón</li> <li>• Relleno de zanjas por lo que impiden la fluidez del agua</li> </ul>
<b>Agentes</b>	Habitantes de la zona Direcciones de ecología Delegados Escuelas
<b>Localización</b>	UA_04, UA_07, UA_08, UA_09, UA_10, UA_11, UA_12, UA_14
<b>Gravedad</b>	Media

<b>Problema 6</b>	Pérdida de biodiversidad
<b>Manifestación</b>	Retroceso en la cobertura de vegetación lacustre, especies nativas fuera de su nicho ecológico lo que puede limitar su reproducción, muerte de especies que dependen de la calidad del agua.
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quema del tule para comenzar a rellenar el terreno</li> <li>• Disminución de la calidad del agua</li> <li>• Presencia de especies acuáticas que limitan el crecimiento de otras</li> <li>• Falta de alimento</li> <li>• Accidentes de origen antrópico y falta de educación ambiental</li> <li>• Desplazamiento de la urbanización</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de concentraciones de especies</li> <li>• Estrés de las especies y por lo tanto disminución en sus funciones ecológicas</li> <li>• Extinción de especies</li> <li>• Degradación del ecosistema</li> </ul>
<b>Agentes</b>	Habitantes de la zona Direcciones de ecología Delegados Escuelas Secretarías (CONAGUA, SEMARNAT-CONANP)
<b>Localización</b>	UA_01, UA_02, UA_03, UA_04, UA_08, UA_14

<b>Gravedad</b>	Muy alta
-----------------	----------

<b>Problema 7</b>	Cultura ambiental y social
<b>Manifestación</b>	No hay un respeto ni cuidado por el ecosistema por lo que las personas no lo valoran ecológicamente
<b>Causas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por el remplazo social que ocurrió en 1960, de depender del ecosistema (actividades lacustres) a formar parte de un sistema nuevo (industrial)</li> </ul>
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades aisladas del aprovechamiento antiguo de la Ciénega, por lo que ha perdido valor cultural y ambiental</li> <li>• Los habitantes ignoran completamente la razón prehispánica que dio origen a la ordenación de terrenos.</li> </ul>
<b>Agentes</b>	Habitantes de la zona Direcciones de ecología Delegados Escuelas
<b>Localización</b>	Todas las Unidades ambientales
<b>Gravedad</b>	Alta

*Cuadro.- 6.3.1.2. Objetivos del proyecto y posibles soluciones*

<b>Objetivos del proyecto</b>	<b>Soluciones</b>
1.- Regular la construcción de viviendas en espacios no idóneos	Reglamento donde no se permita la construcción masiva, dando pauta a otras opciones de uso más amigables
2.- Establecer la capacidad máxima de carga para zonas con posible susceptibilidad de asiento	Realizar las especificaciones permisibles para prevenir el asiento de suelo y evitar daños en la infraestructura
3.-Disminuir el impacto de las inundaciones y mejorar la respuesta de prevención	Dragado y desazolve de canales o zanjas para permitir la fluidez del agua. Así como la elaboración de un plan de acción para la sociedad
4.-Asignar unidades de gestión de acuerdo a sectores de control	Para evitar conflictos por tenencia de la tierra, gestionar mediante limite municipal
5.-Frenar y controlar los agentes causantes de la contaminación del agua	Usar fuentes domésticas para el tratamiento de aguas sucias, mediante el fomento de proyectos locales
6.-Controlar y disminuir las zonas utilizadas como tiraderos de basura	Primeramente limpieza de la zona y posteriormente asignar una cuadrilla local que inspeccione la zona.
7.-Disminuir el impacto de actividades antrópicas hacia la biodiversidad de la zona	Restringir las zonas de acceso, evitar desechos de todo tipo, y por supuesto no permitir el rellenos de zonas con vegetación acuática
8.-Fomentar la divulgación del conocimiento y cultura socio-ambiental mediante recorridos locales en torno a la Ciénega.	Talleres y platicas de sensibilización, así como la producción de artesanías locales Gestionar recorridos escolares para dar conocimiento de la biodiversidad existente

### 6.3.2. Actividades potenciales

Con respecto al análisis FLOA y los objetivos que se identificaron, se enlistaron una serie de actividades potenciales con las cuales se pueda ejecutar un plan de acción que ayude en el mejoramiento del humedal, para ello se obtuvieron 12 unidades de gestión que se relacionaron con las unidades ambientales anteriormente definidas.

*Cuadro 6.3.2.1. Listado y descripción de actividades potenciales, asignación de UGA*

<b>UGA (Unidad de Gestión Ambiental)</b>	<b>Alternativas de uso o Actividades potenciales</b>	<b>Descripción</b>
<b>UGA_01</b>	Uso urbano sin restricción	Construcción y/o actividades antrópicas
<b>UGA_02</b>	Uso urbano con restricciones de construcción	Construcción de viviendas con especificaciones técnicas
<b>UGA_03</b>	Uso agrícola con especificaciones	Cultivo temporal y estacional, aplicación de sistema chinampero
<b>UGA_04</b>	Uso agrícola	Rotación de cultivos sin fertilizantes
<b>UGA_05</b>	Zanjas	Dragado de zanjas y conexión mutua
<b>UGA_06</b>	Zona de protección	Mantenimiento de especies y restricción de ciertas actividades que perjudiquen al ecosistema
<b>UGA_07</b>	Zona de conservación	Cuidado de flora y fauna
<b>UGA_08</b>	Zona de recreación ambiental	Rutas ecológicas para enseñanza escolar

<b>UGA_09</b>	Zona de actividades eco-productivas	Actividades de campo y artesanales
<b>UGA_10</b>	Zona de mejora en el uso	Mejora en el uso o actividades de adaptación
<b>UGA_11</b>	Vías de comunicación	Caminos, calles y avenidas
<b>UGA_12</b>	Ríos	Regulación de descargas residuales

En correspondencia a lo anterior, se obtuvo una matriz entre las unidades gestión para definir si dichas actividades tienen complementariedad o no (Cuadro 6.3.2.2.).

*Cuadro 6.3.2.2. Matriz de Complementariedad (Ce), compatibilidad (C), disfuncional (D) e incompatible (I)*

	UGA_01	UGA_02	UGA_03	UGA_04	UGA_05	UGA_06	UGA_07	UGA_08	UGA_09	UGA_10	UGA_11	UGA_12
UGA_01		D	D	C	I	I	I	I	I	C	C	I
UGA_02			C	Ce	C	I	I	C	D	C	C	D
UGA_03				Ce	C	C	D	C	C	Ce	C	D
UGA_04					C	D	D	D	Ce	Ce	C	D
UGA_05						C	C	Ce	D	C	C	D
UGA_06							C	Ce	D	I	D	D
UGA_07								Ce	D	I	D	D
UGA_08									Ce	D	Cc	D
UGA_09										D	C	D
UGA_10											Cc	D
UGA_11												D
UGA_12												

### 6.3.3. Capacidad de Acogida

Se obtuvieron distintas relaciones entre las Unidades Ambientales (UA) y las Unidades de Gestión Ambiental (UGA), la UA\_05 es vocacional para la UGA\_01, UA\_06 es vocacional para la UGA\_02, UA\_12 es vocacional para la UGA\_03, la UA\_12 es vocacional para la UGA\_04, UA\_08 es vocacional para la UGA\_05, UA\_04,15 son vocacionales para la UGA\_06, UA\_01, 02, 03 son vocacionales para la UGA\_07, UA\_13 es vocacional para la UGA\_08, UA\_14 es vocacional para la UGA\_09, UA\_07, 13, 16 son vocacionales para la UGA\_10, UA\_09, 10 es vocacional para UGA\_11, UA\_11 es vocacional para la UGA\_12.

*Cuadro.- 6.3.3.1. UA con respecto a la capacidad de cogida de las UGAs*

Unidades Ambientales	UGA_01	UGA_02	UGA_03	UGA_04	UGA_05	UGA_06	UGA_07	UGA_08	UGA_09	UGA_10	UGA_11	UGA_12
UA_01	I	I	I	I	I	M	V	M	I	I	I	I
UA_02	I	I	I	I	I	M	V	M	M	I	I	I
UA_03	I	I	I	I	M	M	V	M	M	I	I	I
UA_04	I	I	I	I	I	V	I	M	M	M	I	I
UA_05	V	M	I	M	I	I	I	I	I	I	M	I
UA_06	M	V	M	M	M	I	I	M	I	M	M	I
UA_07	I	M	M	M	I	I	I	M	M	V	I	I
UA_08	I	I	M	M	V	I	I	M	M	M	I	M
UA_09	M	M	I	I	M	I	I	I	I	I	V	I
UA_10	M	M	I	I	I	I	I	I	I	I	V	I
UA_11	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	V
UA_12	I	I	V	V	M	I	I	M	M	M	I	I
UA_13	I	I	M	M	M	I	I	V	I	M	I	I
UA_14	I	I	M	M	M	I	I	M	V	M	I	I
UA_15	I	I	I	I	M	I	V	M	M	M	I	I
UA_16	I	I	I	I	I	I	I	I	I	V	I	I

### 6.3.4. Imagen objetivo

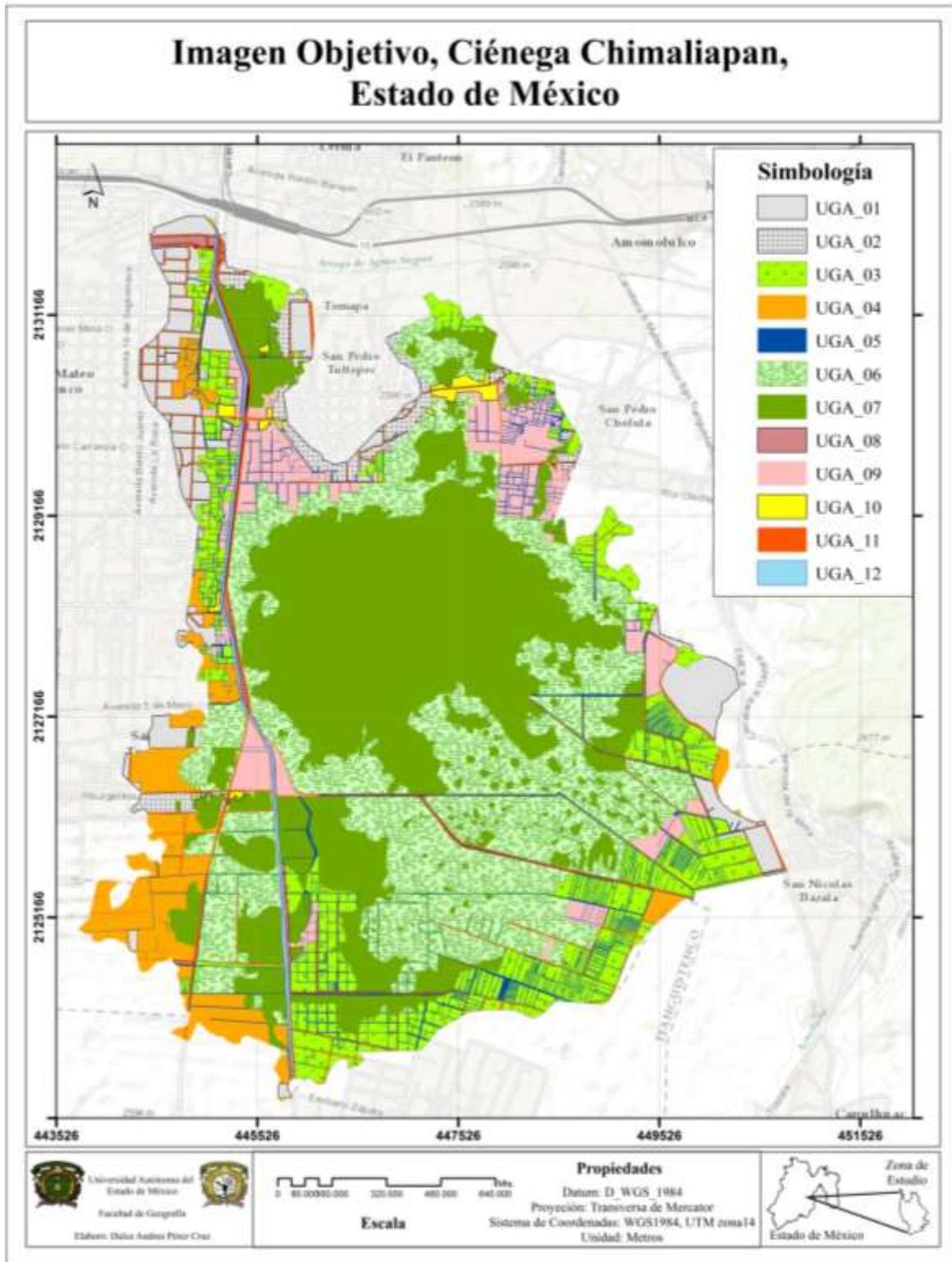
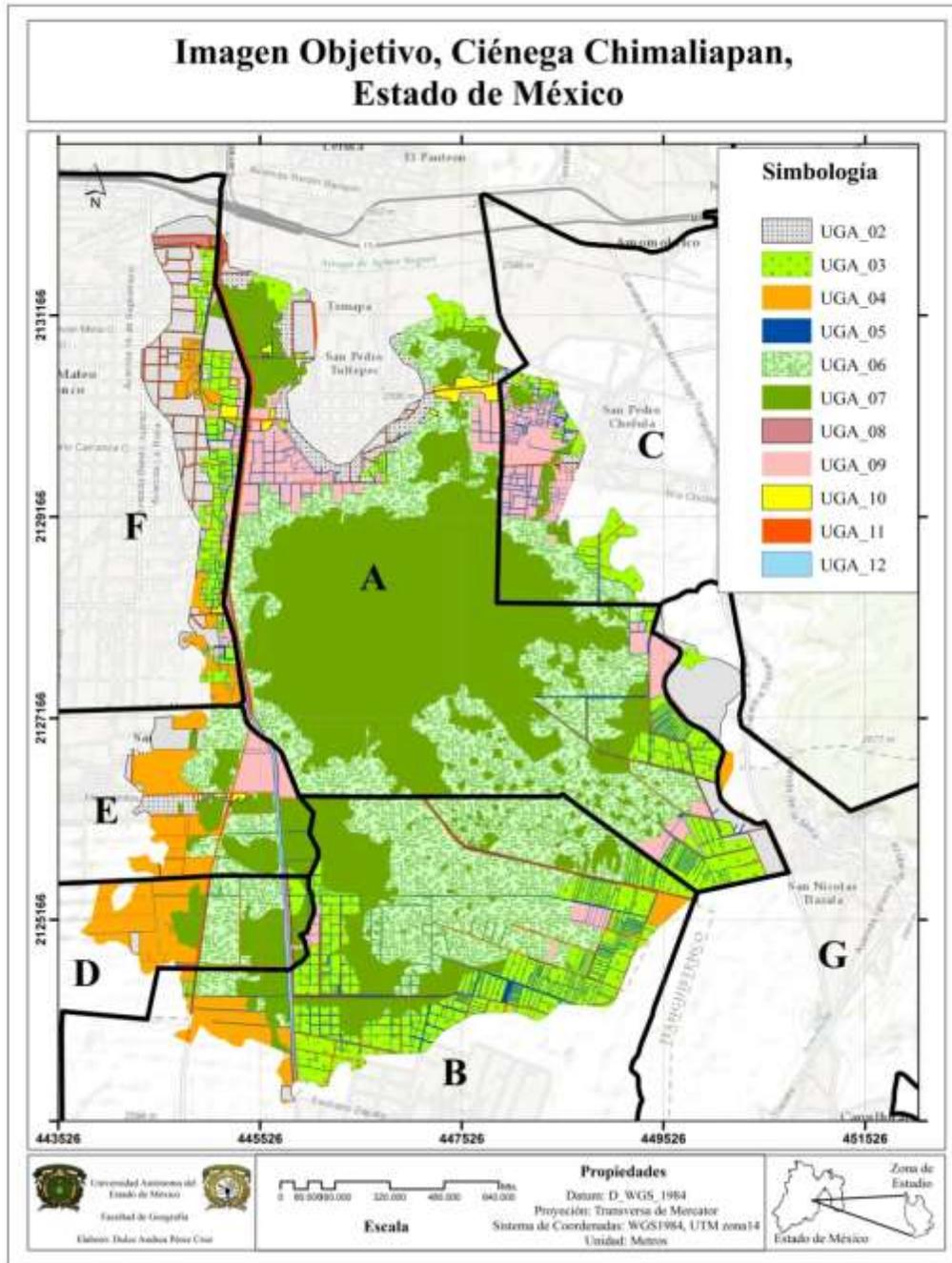


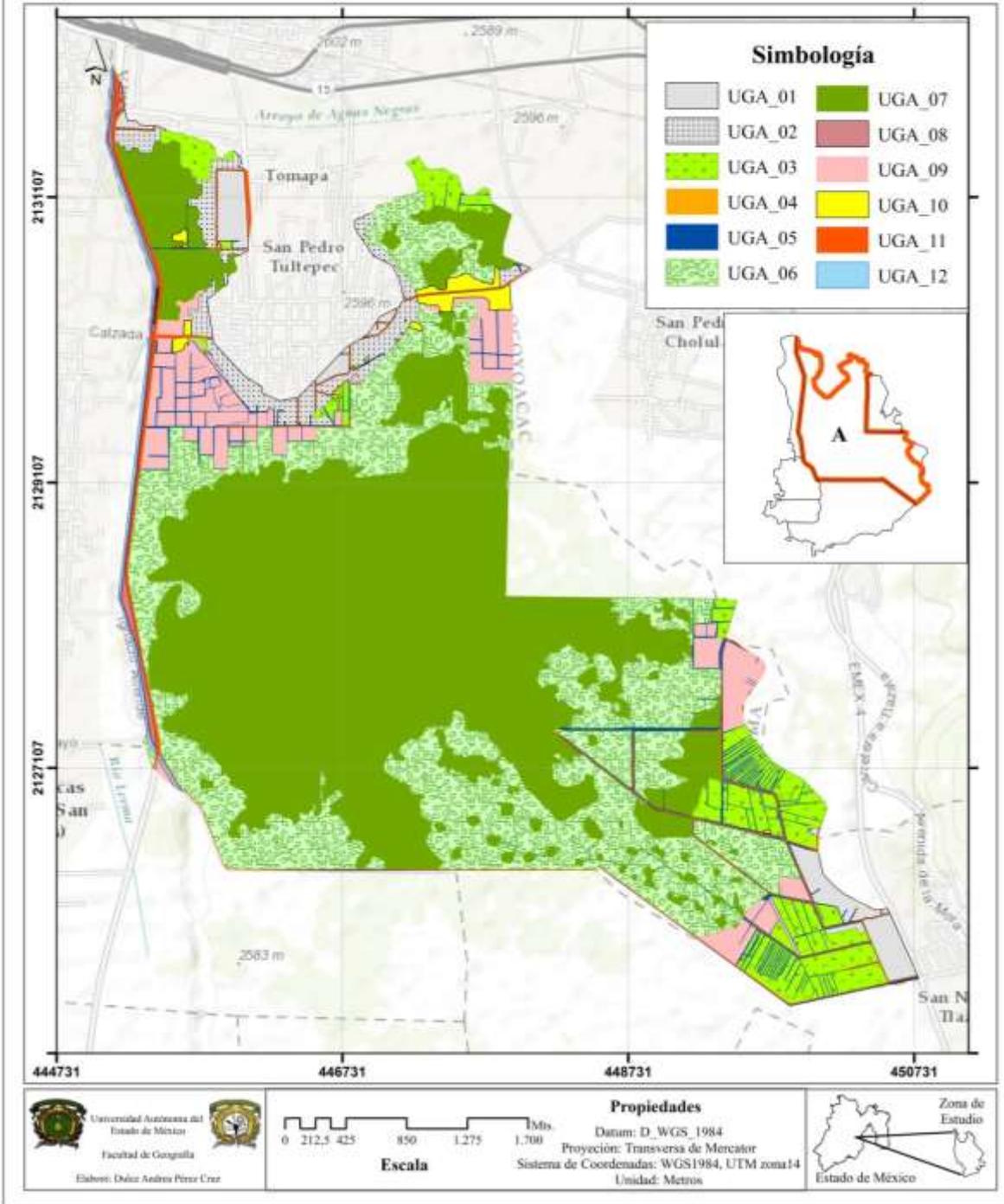
Figura.- 6.3.4.1. Mapa de las UGAs propuestas

La imagen objetivo fue seccionada puesto que se dificultó reunir a todos los municipios para lograr una adecuada gestión, por ello se propone la gestión de zonas apartir de su limite municipal (Figura 6.3.4.2.)



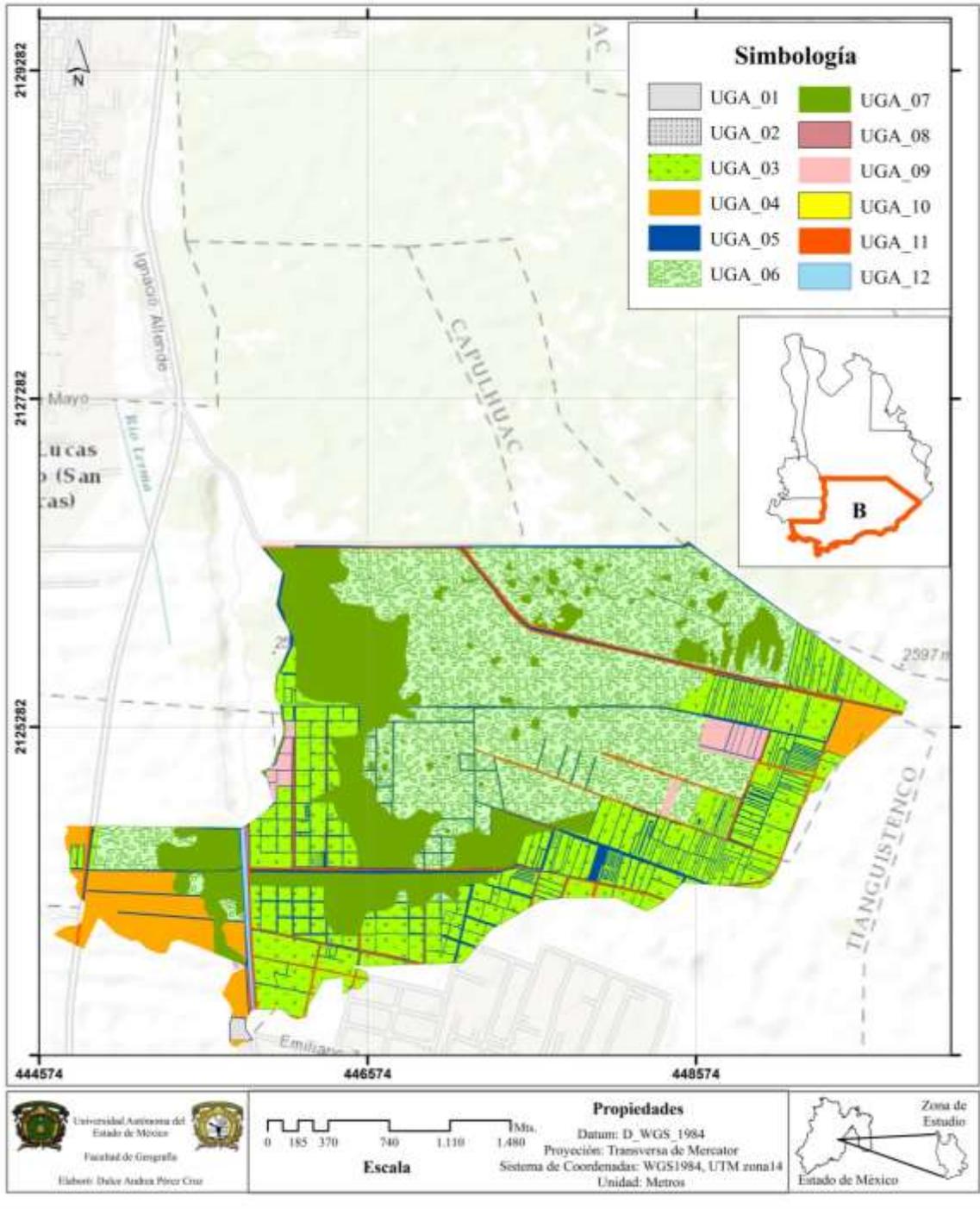
*Figura.-6.3.4.2. Secciones en las que se dividirá la gestión, (A) Lerma, (B) Santiago Tianguistenco, (C) Ocoyoacac, (D) Chapultepec, (E) Metepec, (F) San Mateo Atenco y (G) Capulhuac.*

## Sección A (municipio de Lerma) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México

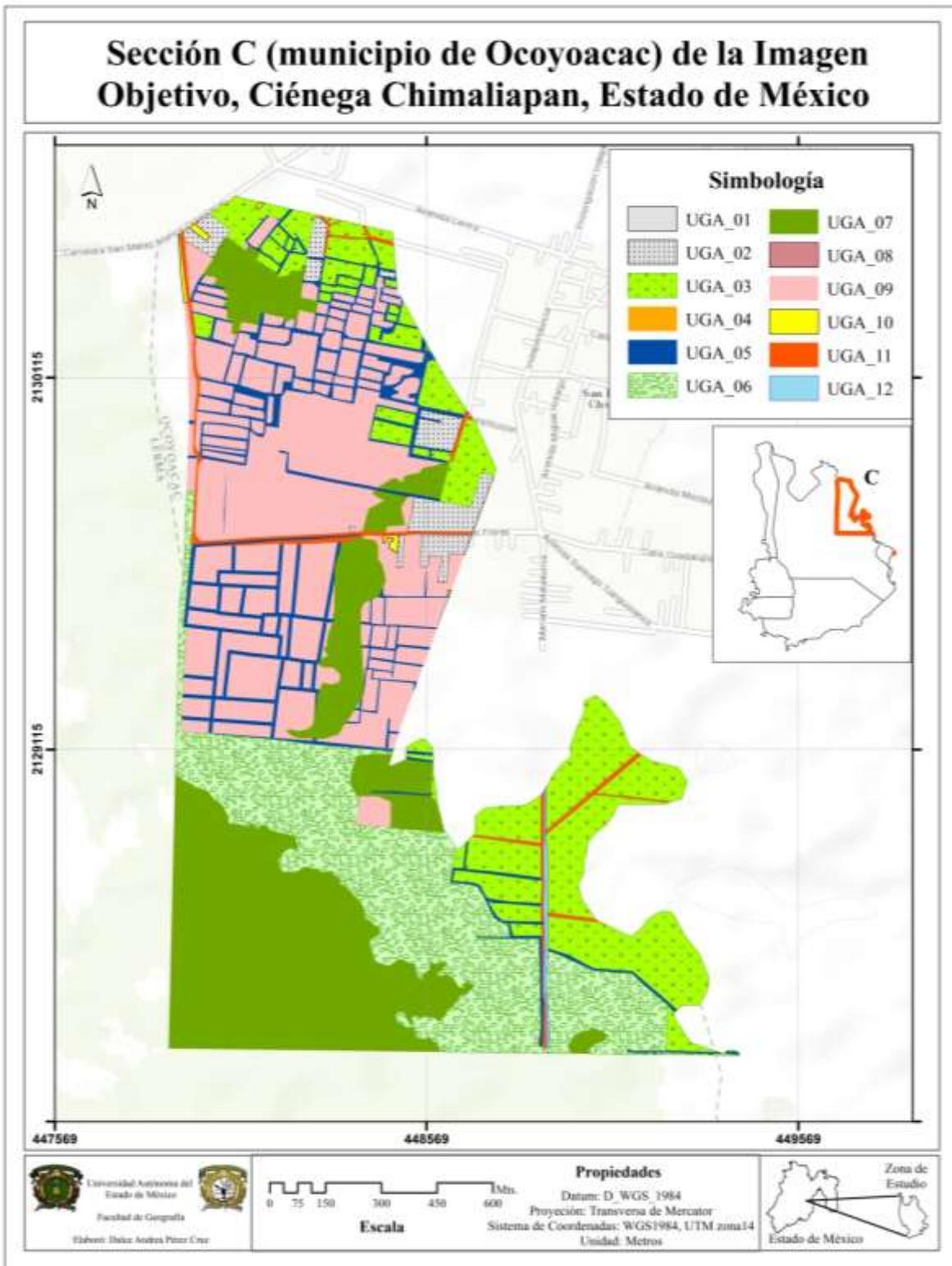


*Figura.-6.3.4.3. Sección A custodiada por el Municipio de Lerma*

## Sección B (municipio de Santiago Tianguistenco) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México

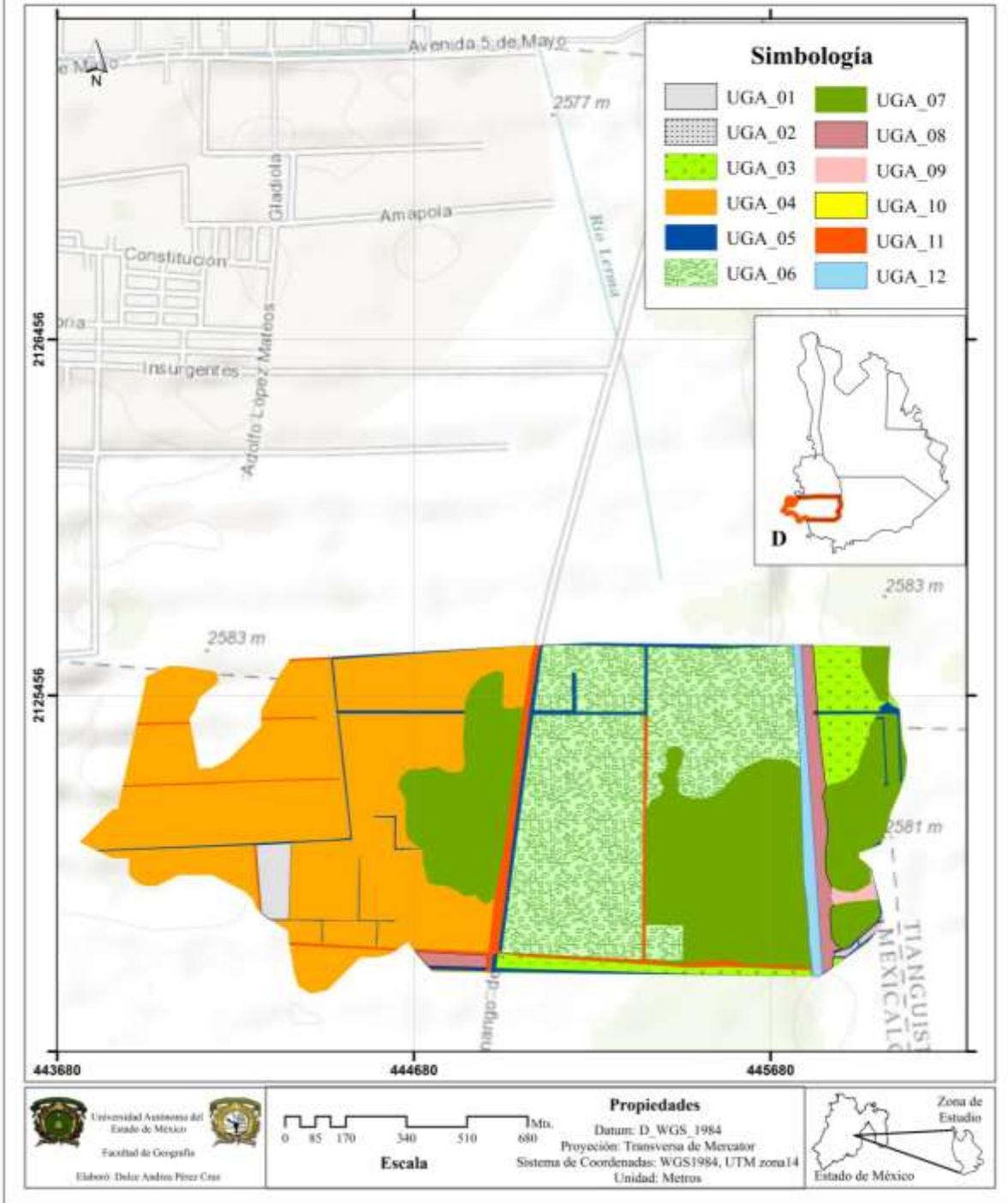


*Figura.-6.3.4.4. Sección B custodiada por el Municipio de Santiago Tianguistenco*



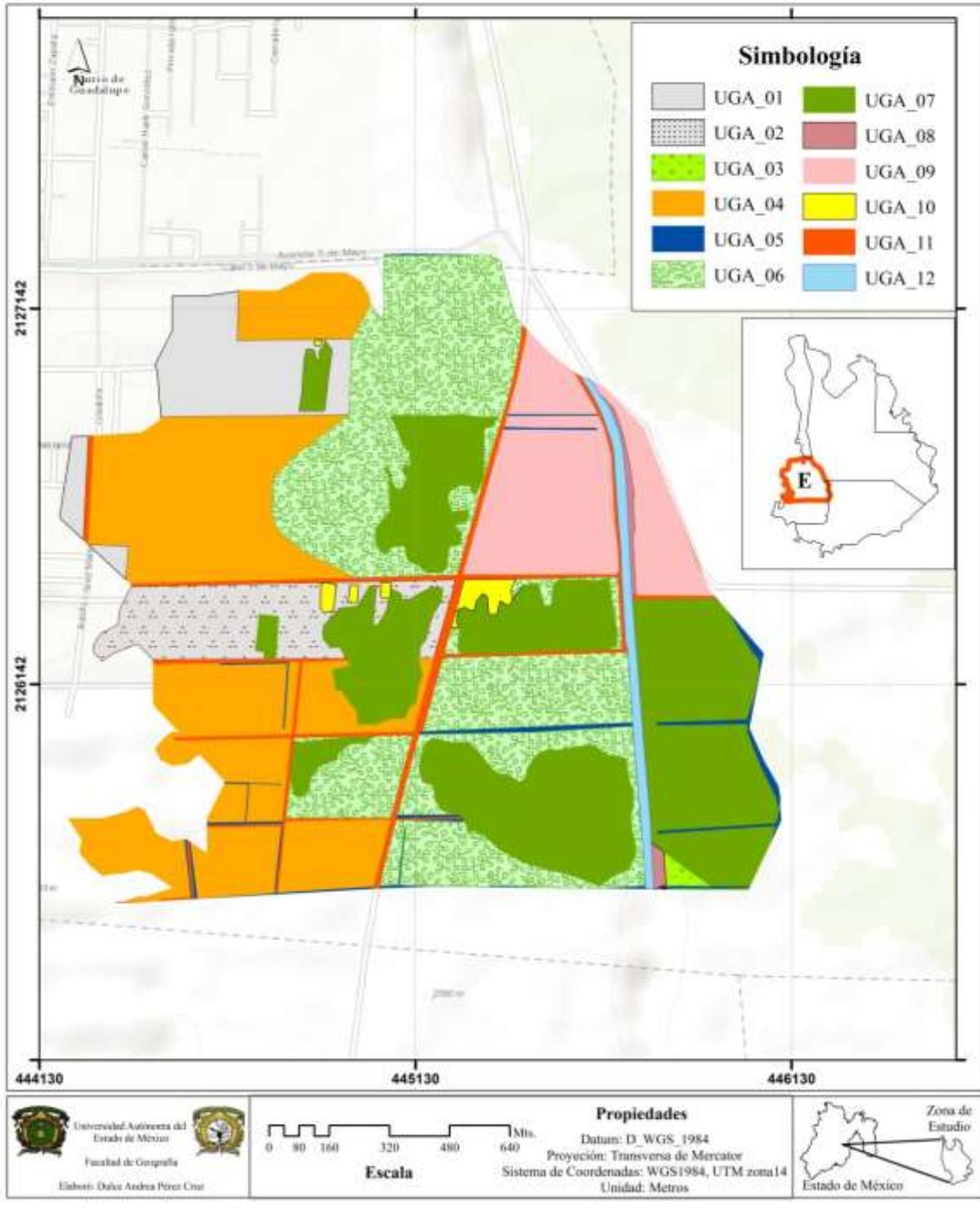
*Figura.-6.3.4.5. Sección C custodiada por el Municipio de Ocoyoacac*

## Sección D (municipio de Chapultepec) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



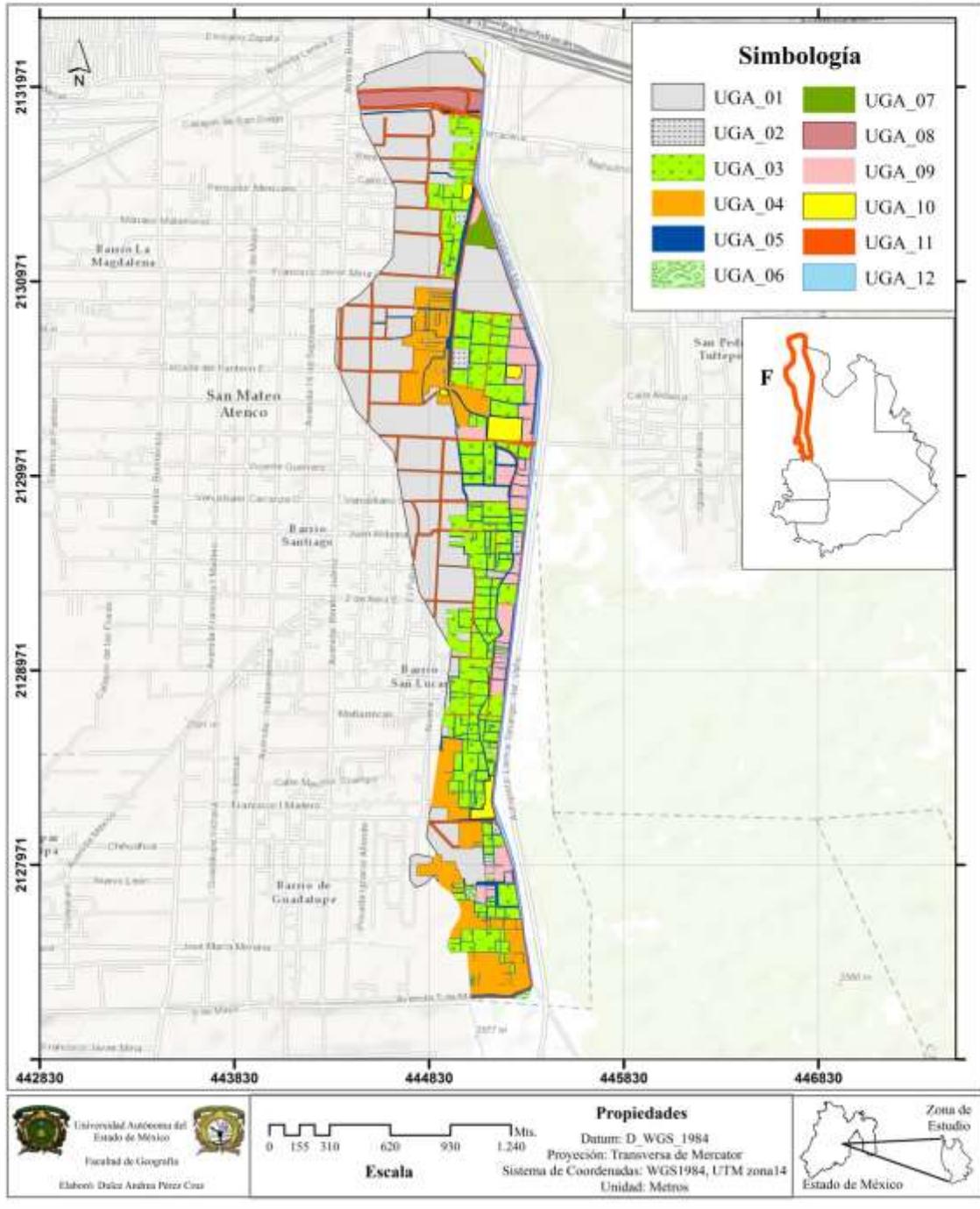
*Figura.-6.3.4.6. Sección D custodiada por el Municipio de Chapultepec*

## Sección E (municipio de Metepec) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



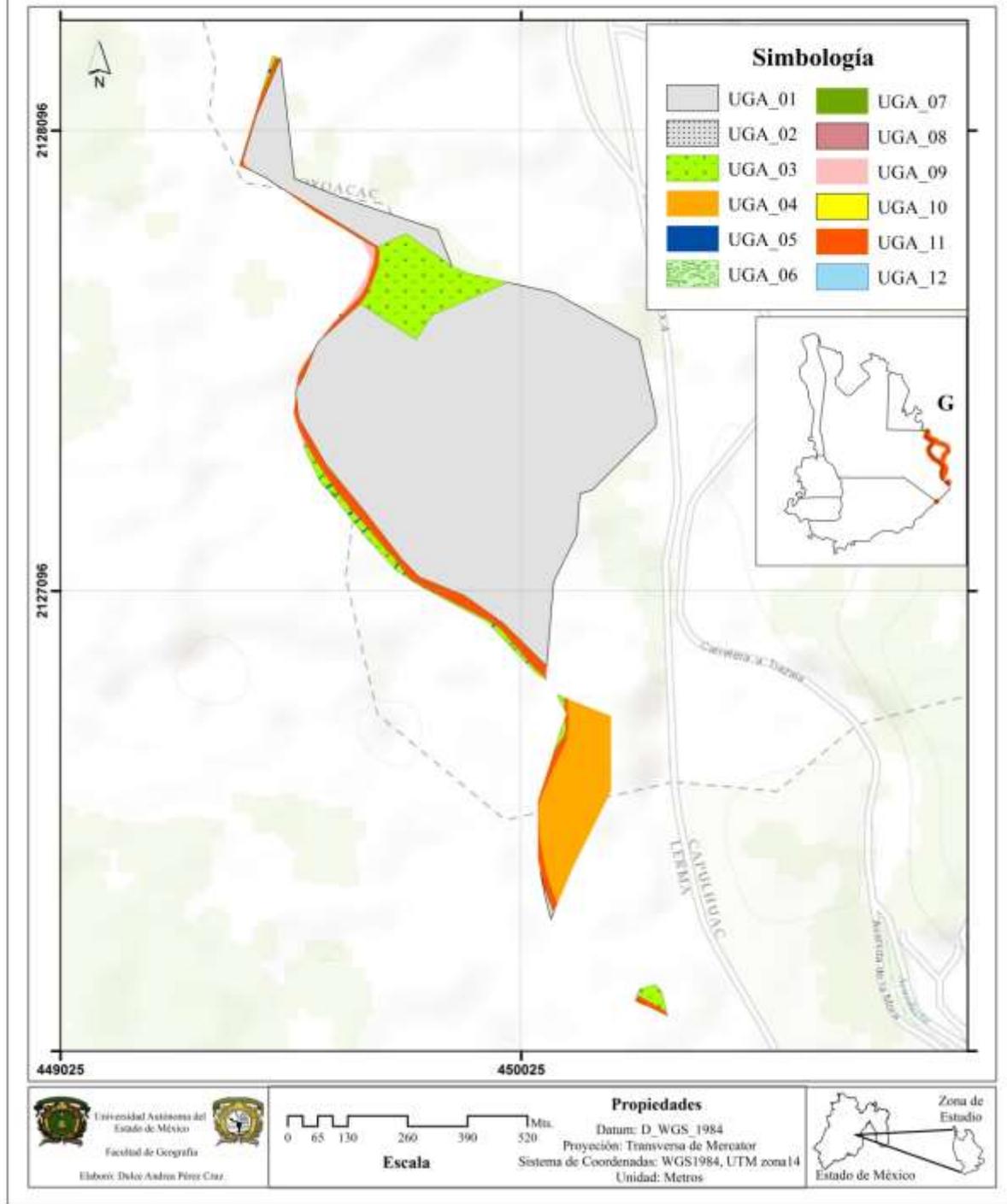
*Figura.-6.3.4.7. Sección E custodiada por el Municipio de Metepec*

## Sección F (municipio de San Mateo Atenco) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



*Figura.-6.3.4.8. Sección F custodiada por el Municipio de San Mateo Atenco*

## Sección G (municipio de Capulhuac) de la Imagen Objetivo, Ciénega Chimaliapan, Estado de México



*Figura.-6.3.4.9. Sección G custodiada por el Municipio de Capulhuac*

### 6.3.5. Plan maestro; restricciones y opciones de uso por UGA

*Cuadro.- 6.3.5.1. Cuadro de relación entre las UGA, restricciones, medidas de adaptación y sustento legal (descrito en marco legal)*

Unidad de Gestión Ambiental	Restricciones	Medidas de adaptación o mitigación	Sustento legal
UGA_01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga de aguas residuales sin previo tratamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de desagües a una red de drenaje local</li> <li>• Construcción de humedales a nivel local que puedan depurar el agua de desecho.</li> </ul>	LGEEPA 19°, 117° RLAN 151°, 155° LGAHOTyDU 45°, 64°, 11°, 66°
UGA_02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones al estilo convencional</li> <li>• Rellenos inducidos con materiales heterogéneos</li> <li>• Depósito de basura como base para una cimentación</li> <li>• Construcciones con más de dos pisos</li> <li>• Construcciones improvisadas</li> <li>• Construcciones cerca de la zona inundable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción con pilotes con una altura entre 2-3 metros, sin rellenos artificiales</li> <li>• Agricultura temporal en montículos más altos delimitados por zanjas pequeñas que permitan el flujo de agua en temporada de lluvias</li> <li>• Descargas domésticas conectadas a humedales artificiales de pequeña escala para el tratamiento de agua</li> </ul>	LGEEPA 19°, 20 BIS-5, 117° RLAN 11°, 151°, 155° LGAHOTyDU 45°, 64°, 11°, 66° LGPC 10°

<p><b>UGA_03</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de fertilizantes</li> <li>• Quema de residuos de la cosecha</li> <li>• Relleno total del terreno</li> <li>• Monocultivo</li> </ul>	<p>Sistema chinampero</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación del terreno con sauce (<i>Salix babylonica</i>) en los laterales, con dimensiones de 5 por 3 metros para organizar mejor los cultivos</li> <li>• Zanjeado o red de canales alrededor y dentro de la parcela para el flujo del agua en temporada de lluvias</li> <li>• Dimensiones de las zanjas serán: dentro de la parcela &gt;1 metro y alrededor de la parcela de 1-3 metros.</li> <li>• La Chinampa es altamente productiva con tres o cuatro cosechas al año dependiendo del cultivo.</li> <li>• Algunas sugerencias de cultivo son: maíz, calabaza, jitomate, frijol, elote, chile, chilacayote, chayote, quelites y huauzontle.</li> </ul>	<p>RLAN 2°, 127°, 128°, 155° LGPC 10°</p>
----------------------	---	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento y dragado de zanjas</li> </ul>	
<b>UGA_04</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de fertilizantes</li> <li>• Quema de residuos de la cosecha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivo temporal y estacional, maíz, frijol, haba</li> </ul>	RLAN 4° LGPC 10°
<b>UGA_05</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno parcial o total de la zanja</li> <li>• Vestidos residuales</li> <li>• Vertidos sólidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dragado de zanjas y conexión mutua</li> <li>• Mantenimiento</li> </ul>	RLAN 2°, 4°, 78° LGPC 10°
<b>UGA_06</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quema de tule</li> <li>• Tirar basura</li> <li>• Descarga de aguas residuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación de vegetación que impide el crecimiento de otras especies, tales como: el lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>)</li> <li>• Limpieza de materia externa al ecosistema</li> </ul>	LGEEPA 20 BIS-2, 46°, 78° RLAN 2°, 4°, 128°, 132° LGPC 10°
<b>UGA_07</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quema de tule</li> <li>• Tirar basura</li> <li>• Descarga de aguas residuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuidado de flora y fauna</li> <li>• Proliferación de especies nativas</li> <li>• Monitoreo de especies</li> </ul>	LGCC 26°, 30°
<b>UGA_08</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones</li> <li>• Tiraderos de basura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutas ecológicas para enseñanza escolar</li> <li>• Parques o jardinería de camellones</li> </ul>	LGEEPA 78° RLAN 155°
<b>UGA_09</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quema de tule</li> <li>• Rellenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades de campo y artesanales</li> </ul>	LGEEPA 20 BIS-3

	<p>artificiales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tirar basura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomento de uso antiguo del tular</li> </ul>	<p>RLAN 127°, 132°, 155°</p>
<b>UGA_10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rellenos artificiales</li> <li>• Relleno de zanjas</li> <li>• Construcciones convencionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes de respuesta ante inundación</li> <li>• Uso temporal de la planta baja de la vivienda</li> <li>• Dragado de pequeñas zanjas para desviar el agua y que fluya en temporada de lluvias</li> <li>• Cambiar de uso habitacional a uso agrícola si todavía es posible</li> <li>• En caso de ser posible demoler la infraestructura que carezca de reparación</li> </ul>	<p>LGEEPA 46°, 20 BIS-5, 19°, 23° RLAN 2°, 127°, 128°, 132°, 155° LGPC 10° LGAHOTyDU 11°</p>
<b>UGA_11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tirar basura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminos, calles y avenidas</li> </ul>	<p>RLAN 155°</p>
<b>UGA_12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos sólidos y líquidos contaminantes</li> <li>• Drenajes de conexión directa</li> <li>• Escorrentías de zonas agrícolas con uso de fertilizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la creación de tiraderos de basura cercanos</li> <li>• Tratamiento de aguas residuales mediante plantas tratadoras o humedales artificiales</li> </ul>	<p>RLAN 4° LGEEPA 117°, 78°</p>

### 6.3.6. Divulgación social e institucional

Si bien, se realizaron diversas reuniones con las instituciones y comunidades a fin de conocer a fondo la problemática y las perspectivas que tienen al respecto, por tal razón se dio pauta a la elaboración de minutas de trabajo, con las cuales se definieron tres aspectos importantes; la revisión y consenso de la propuesta, selección de las UGA's más alcanzables e importantes y la centralización de algunos proyectos locales.

Para la comunidad de San Pedro Tultepec, municipio de Lerma, se obtuvo que las unidades más importantes son; uso agrícola con especificaciones, zanjas y zonas de mejora en su uso, también considero la importancia de rescatar sus tradiciones mediante actividades productivas como artesanías de tule (Figura 6.3.6.1) tradición que se está perdiendo.



**Figura 6.3.6.1.** *A, B y C Artesanías locales de tule y D canoa (fotografías de mayo 2016)*

Por otra parte, el municipio de Ocoyoacac aportó que las unidades con mayor impacto para su zona son; uso urbano con restricciones de construcción, zona de actividades eco-productivas y zanjas, consideran que las estrategias establecidas en la imagen objetivo proporcionan actividades precisas para disminuir problemáticas sociales y ambientales de su localidad.

El municipio de Capulhuac considera importante homologar las UGAs que se proponen, puesto que definen algunas zonas que aún no se contemplaban a fin de seguir una misma política ambiental evitando duplicidad, asimismo se tomó la iniciativa de involucrar las siguientes UGAs: uso urbano sin restricción, uso agrícola con especificaciones y uso agrícola dentro de su programa local de ordenamiento ecológico.

Los tres municipios consideran que la medida más inmediata para atender este proceso sería a través de la divulgación del valor cultural y ambiental de este humedal en escuelas de distinto nivel académico para poder fomentar la conformación de brigadas estudiantiles que comiencen a involucrarse en el tema.

El resto de los municipios consideraron relevante la propuesta, no se elaboraron minutas de trabajo por cuestiones de tiempo, pero se planteó comenzar a trabajar con las comunidades siendo las secretarías la institución local encargadas de promover el cuidado del medio ambiente, por lo que su iniciativa se considera buena para trabajar en micro-proyectos que contribuyan al plan en general.

Mediante diversos diálogos se les preguntó sobre la posibilidad de intercambiar ideas con los distintos dirigentes de municipios aledaños, la mayoría dio una respuesta afirmativa aunque se recalcó que tan solo sería mientras permanecieran en su cargo. Tras la larga trayectoria social que se dio al fin se logró compartir de manera breve las diversas complicaciones que pudiesen suscitarse al no llevar una adecuada gestión del espacio, el municipio de Ocoyoacac puso a disposición mantener relación con su secretaría de obras públicas y desarrollo urbano para poder elaborar un reglamento pequeño donde se definan las especificaciones técnicas que se obtuvieron en el presente trabajo.

<b>Minuta de trabajo</b>	
Sociedad o institución	Delegación San Pedro Tultepec.
Municipio	Lerma
Fecha	16/08/17
Representantes	2º Delegado - Margarito Vázquez Vilchis
Cargo	2º Delegado
<b>Aportaciones</b>	
Proyectos locales vigentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desasolve para sacarla al Rio Lerma</li> <li>• UMA, pesca.</li> <li>• Corte de tule.</li> </ul>
Revisión de imagen objetivo	<p>→ Control de la basura.</p> <p>- Les interesa la conservación de zanjas y la agricultura con especificaciones</p>
Elección de tres unidades de gestión alcanzables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UGA-10</li> <li>- UGA-03</li> <li>- UGA-05</li> </ul>

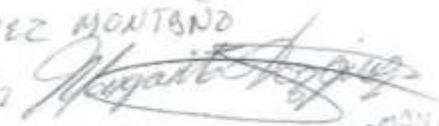
Contribución en la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer una convocatoria al pueblo para una reunión</li> <li>- Jóvenes ecologistas</li> <li>- Artesanía, salas de tule</li> <li>- Incentivar artesanías de tule</li> <li>- Enlazar con el proyecto de un ciudadano para proseguir con las costumbres.</li> </ul>
Otros	<p>- <del>Problema</del> <sup>Consenso</sup> con núcleo ejidal, autónomo con las decisiones de los ejidatarios, para atender la problemática y necesidad de la laguna en cuestión de la contaminación que se está generando con respecto al agua negra.</p> <p>No contaminar con el tiro debido a la caza.</p>

ades  
auxiliares,  
Est., Fed

Nombre y firma de los participantes

Roberto Lechuga Ballesteros 

1<sup>er</sup> delegado PAUL SIMENZ MONTANO

Margarita Arguay Kichis 

Felix Garcia Mondragon 



Plan maestro para la restauración y prevención socioambiental de la zona lacustre: "Ciénega Chimaliapan"

Minuta de trabajo	
Sociedad o institución	Ayuntamiento de Ocoyoacac
Municipio	Ocoyoacac
Fecha	05/Octubre/2017
Representantes	Subdira M. en C. Lily Marlene Chávez Campuzo
Cargo	Subdirectora de Medio Ambiente
Gmail	lilymchavezcamp@gmail.com
Aportaciones	
Proyectos locales vigentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reuniones con dependencias estatales y federales para prevenir, controlar y disminuir las contingencias ambientales en San Pedro Cholula.</li> <li>- Evitar el deterioro de las ciénega con respecto a las actividades que desarrolla la comunidad.</li> </ul>
Revisión de imagen objetivo	Considero que los criterios establecidos en la imagen proporcionan estrategias base para disminuir problemáticas sociales y ambientales actuales que son cada día significativos por su constante incremento
Elección de tres unidades alcanzables con justificación	UGA_02 UGA_05 UGA_09

Plan maestro para la restauración y prevención socioambiental de la zona lacustre: "Ciénega  
Chimaliapan"

<p>Contribución para la propuesta</p>	<p>Realizar pláticas con dependencias gubernamentales, con poseionarios y comunidad en general para presentar el proyecto y analizar las estrategias y acciones a los que se puede someter la comunidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformar un comité ciudadano para que verifique que las soluciones probables se lleven a cabo y no existan irregularidades.</li> <li>- Habilitar las zanjas ya existentes y rehabilitar las que estén obsoletas.</li> </ul>
<p>Otros</p>	<p>Es importante difundir esta información ya que provee datos importantes que son base para el mejoramiento del medio ambiente, pero que sobre todo dará inicio a una etapa de resiliencia y mejoramiento social.</p>
<p>Nombre, firma y sello de los participantes</p>	
<p>M. en C. Lily Marlene Chávez  </p>	

Plan maestro para la restauración y prevención socioambiental de la zona lacustre: "Ciénega Chimaliapan"

Minuta de trabajo	
Sociedad o institución	Cuarta Regiduría con la comisión de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento
Municipio	Capulhuac
Fecha	5 - Octubre - 2017
Representantes	Profra. Janita Mariana Puentes P. Lic Roberto Ruiz
Cargo	4to Regidor medio Ambiente / Asesor.
Gmail	rbsto_ruiz@hotmail.com
Aportaciones	
Proyectos locales vigentes	Ejecución del Programa de Ordenamiento Ecológico Local
Revisión de imagen objetivo	homologar las UGA's con el Programa local para seguir una misma política ambiental evitando duplicidad.
Elección de tres unidades alcanzables con justificación	UGA 01 UGA 03 UGA 04

Plan maestro para la restauración y prevención socioambiental de la zona lacustre: "Ciénega Chimallapan"

Contribución para la propuesta	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cuadro Comparativo con el POGT del Municipio.</li><li>- Mayor especificación en el las alternativas de uso</li></ul>
Otros	
Nombre, firma y sello de los participantes	
<p data-bbox="386 1575 1112 1848">Jose Roberto Ruiz Rodriguez Asesor Carta Regiduría de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento de Capahuac</p> 	

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

El propósito de dividir la investigación en tres fases se debió al largo proceso que implica, dado que se calcula la susceptibilidad (fase 1) para poder utilizar esta parte evaluativa como un medio conciso en delimitación de zonas ambientales (fase 2) y transfórmalas en unidades de gestión ambiental (fase 3).

Por otra parte, establecer dichas fases permitió cumplir de manera satisfactoria y ordenada con los objetivos específicos de la investigación, de tal manera que se logró evaluar la susceptibilidad de inundación comprendiendo así la dinámica del humedal a través de la reconstrucción histórica. Las distintas coberturas que se alcanzaron analizar mostraron excelentes resultados, sin embargo la información histórica solo incorporó imágenes satelitales partir del año 1984 a causa de la disponibilidad y calidad de las mismas. Clasificar el nivel de susceptibilidad fue eficiente dado que se pudo definir las zonas inundadas permanentemente y además las que no siempre están inundadas pero son susceptibles ante cualquier excedente de precipitación.

Asimismo, la evaluación de susceptibilidad ante procesos por asiento del suelo logró sintetizar lo siguiente; es un hecho que este proceso se está manifestando en la zona debido a la mala planeación y falta de regulación ambiental, la sociedad esta consiente de las afectaciones que se dan a largo plazo pero no están dispuestas a dejar su terreno ya que sus hogares representan parte de su historia. Los datos apuntan que en un determinado tiempo las construcciones actuales dentro del humedal presentarán agrietamiento a causa del asiento desequilibrado del terreno, esto porque los materiales con los que se rellena no son homogéneos aunado a la magnitud de carga generando así una descompensación por la heterogeneidad del terreno.

Es importante destacar que el registro y mapeo de los rellenos inducidos (2017) podrá ser una herramienta útil y sencilla para monitoreo puesto que si funcionan las propuestas de este trabajo es posible que el número de rellenos disminuya a causa de la previa planeación y prevención. Queda por confirmado que la zona no es adecuada para construcciones

convencionales, en este sentido una forma de construcción adaptable es a través de pilotes y casas con solo una planta (a fin de disminuir la carga vertical) que permitan la fluidez del agua y no afecten la mampostería de la vivienda, de esta manera se evitarán daños y efectos relacionados como la infiltración excesiva de agua en temporada de lluvias. Por lo tanto existe una relación importante entre las zonas propensas, es decir, los terrenos susceptibles al asiento de suelo agudizan su situación al encontrarse en zonas de inundación frecuente debido a que contribuyen al incremento de humedad e inestabilidad en el relleno base de la construcción.

El tercer objetivo consistió en definir unidades ambientales, tarea que no resultó tan sencilla ya que la escala fue a detalle y fueron dieciséis elementos seleccionados, de los cuales tres se tuvieron que incorporar puesto que se obtuvieron de la susceptibilidad. En cambio el análisis de Fortalezas, Limitantes, Oportunidades y Amenazas (FLOA) fue más sencillo en especial porque gran parte de la información se fue anexando cada que se realizaban inventarios y conversaciones con la población, la amenaza más polémica está relacionada a la disputa entre comunidades por la repartición de parcelas, problema que ha impedido la ejecución de planes, a pesar de esto, tratar con las comunidades y grupos de bienes comunales por apartado permitió sobrellevar la situación y avanzar en la investigación.

El último de los objetivos específicos consistió en elaborar el plan maestro mediante las unidades ambientales previamente definidas, ésta fase fue muy interesante, en especial por la dirección que tomo la propuesta; básicamente proteger al ecosistema y proporcionar los argumentos necesarios para persuadir a la población de que este tipo de plan no solo será para la mejora del humedal sino que también ayuda a prevenir situaciones que comprometen su bienestar social y económico.

Se propusieron actividades potenciales compatibles con la población y sobretodo alcanzables, ya que de nada serviría exagerar las expectativas si los medios no son adecuados. El plasmar las actividades en una imagen objetivo direcciona y ordena la forma de ejecución entre los actores locales y los artículos legales que lo sustentan, por lo que en

el plan se hace una sugerencia de gestión mediante secciones, las cuales se rigen por el límite municipal y evitar las confrontaciones por problemas territoriales.

Al ser una amplia zona, una alternativa es enfocar los esfuerzos humanos a la sección A (Lerma), B (Santiago Tianguistenco) y C (Ocoyoacac) por ser las zonas en donde se evaluó la mayor influencia de actividades antrópicas, además de conformar la mayor parte del humedal. En el caso de Capulhuac y Santiago Tianguistenco cuentan el programa de ordenamiento ecológico local que involucra a la Ciénega Chimaliapan como una zona de conservación y protección, por tal razón esas zonas se mantienen mejor conservadas a diferencia de las demás.

Queda concluso el objetivo general y la hipótesis, afirmando que integrar la susceptibilidad en el plan maestro permitió la articulación de una imagen objetivo precisa en la prevención socioambiental fijando en ella proyectos locales, producto de la divulgación y trabajo con las comunidades aledañas. Sin embargo, la respuesta social no fue igual en las distintas comunidades, debido a las distintas prioridades económicas, por ello el proyecto más accesible que se plantea es “promover la educación ambiental de las comunidades”.

Si bien, este plan maestro es un instrumento bien concebido para orientar a la población e instituciones encargadas de tomar decisiones, y precisamente se resalta el enfoque preventivo como parte fundamental de la gestión, por lo que se intenta cambiar las perspectivas de corregir daños de manera improvisada sin resguardar al ecosistema ni a la sociedad. La gran ventaja de este plan no es un elemento estático, sino más bien dinámico y retroalimentativo, donde se puedan añadir infinidad de proyectos locales sumando esfuerzos a un objetivo en general.

El impacto social fue considerable, puesto que se tuvo participación por parte de las autoridades locales, se prestó a la adecuada divulgación y retroalimentación de la propuesta, seleccionando así tres unidades de mayor impacto dentro del plan, a fin de enfocar los esfuerzos en ellas.

Algunas de las recomendaciones:

Para el cálculo de la susceptibilidad se sugiere utilizar imágenes de buena resolución, una desventaja de realizar fotointerpretación mediante imágenes satelitales es por la limitación temporal que esta maneja, es decir solo abarca a partir de 1972, sin embargo usar el modelo digital del terreno puede compensar de alguna manera ésta ausencia temporal.

En cuanto a la evaluación de asiento de suelo, quedaría más complementado el trabajo con análisis geotécnicos que permitan describir a detalle el comportamiento de suelo, en este trabajo no se realizó por cuestiones de tiempo y también a la amplia variedad de rellenos que se dan en la zona.

Por otro lado, tratar temas de gestión es muy complejo, puesto que no siempre se tiene accesibilidad social y a menudo requieren de mucho tiempo, sin embargo la constancia es una de las mejores herramientas para lidiar con este problema y poder realizar cualquier investigación. Otra recomendación es involucrarse con actores más locales que tengan buena relación con personas de su comunidad.

## ANEXOS

*Cuadro.-1 Inventario de infraestructuras afectadas por asiento del suelo utilizado en la estimación  
(elaboración propia, datos tomados en campo)*

No. Casa	Año de Construcción	Profundidad (cm)	Distancia Aprox. A la Ciénega (metros)	Evidencias	No. De Plantas o pisos	Superficie de la casa (m2)	Material de construcción			
							Paredes		Techo	
							Tabicón	Otro	Lamina	Loza
1	2000	55	40	G	2	36	X			X
2	2002	55	10	E	1	72	X			X
3	2008	64	0	G,E	1	136	X			X
4	2007	65	0	G,E	1	72				
5	2009	27	0	G,E	1	45	X	S/T		
6	2009	120	0	G,E	1	21	X	S/T		
7	2014	35	0	G,E	1	18	X		X	
8	2000	50	0	G,E	2	50	X			X
9	1967	129	0	E	1	21	X	T		
10	1966	92	0	E	2	42	X			X
11	1966	90	0	N,E	1	40	X			X
12	1996	72	0	N,E	2	80	X			X
13	?	47	0	N,E	2	80	X			X
14	1986	100	0	N,E	2	81	X			X
15	1980	100	0	G,E	2	150	X			X
16	1978	124	0	E	2	88	X			X
17	1990	105	0	E	2	42	X			X
18	1971	83	200	E	1	50	X			X
19	1966	90	20	E	1	1	X			X

<b>20</b>	1981	50	20	E	-	80	X	T		
<b>21</b>	1970	45	30	E	1	95	-	-	-	-

Evidencias: **G** (Agrietamiento), **E** (Encharcamiento), **C** (Colapso de alguna pared o cerca),  
**N**( Ninguna)

Material de construcción: **S/T** Sin Techo, **T** Teja.

*Cuadro 2.- Valores por tasa de compactación de suelo*

<b>No. Casa</b>	<b>Años transcurridos</b>	<b>Tasa por compactación de suelo</b>
<b>1</b>	16	3,44
<b>2</b>	14	3,93
<b>3</b>	8	8,00
<b>4</b>	9	7,22
<b>5</b>	7	3,86
<b>6</b>	7	17,14
<b>7</b>	2	17,50
<b>8</b>	16	3,13
<b>9</b>	49	2,63
<b>10</b>	50	1,84
<b>11</b>	50	1,80
<b>12</b>	20	3,60
<b>13</b>	-	-
<b>14</b>	30	3,33
<b>15</b>	36	2,78
<b>16</b>	38	3,26
<b>17</b>	26	4,04
<b>18</b>	45	1,84
<b>19</b>	50	1,80
<b>20</b>	35	1,43
<b>21</b>	46	0,98

Cuadro.- 3 En la siguiente Cuadro se encuentran los datos obtenidos mediante el inventario (formato 2)

No	APARTADO A						APARTADO B		APARTADO C				APARTADO D			APARTADO E	APARTADO F			APARTADO G			Coordenadas		
	Características adicionales; Cerca de una carretera (C), Cerca de camino (Ccam), Cercana al agua (A), Cercana a Zanjas (Z), Con cobertura vegetal (Veg.), Sin cobertura vegetal (Sv)						Dimensiones del terreno (metros)		Tipo de material; Roca (R), Tierra (T), Escombros (Es), Basura (B)				TOTAL	Fase de modificación; Ganancia de terreno o relleno parcial (1), nivelación del terreno, agricultura estacional o ganado (2), Construcción en obra negra o presencia de Agricultura (3)			Terreno parcialmente cubierto por agua	Tamaño promedio del material de relleno			Presencia de agricultura (A), construcciones (C), ninguno (N)			X	Y
	C	Ccam	A	Z	Veg	Sv			R	T	E	B		1	2	3		<30 cm	30 cm-60 cm	>60 cm	A	C	N		
1	1		1		1		30190	2700		1	1		2		1				1			1		445649,71	2130174,08
2	1		1		1		100170	7000		1	1	1	3	1					1			1		445596,15	2130080,74
3	1		1			1	30120	600		1	1	1	3			1					1		445787,99	2130014,83	
4		1		1	1		11115	165		1		1	2			1					1		446429,00	2129509,09	
5		1	1		1		30120	600		1	1	1	3	1							1		446538,38	2129579,24	
6		1	1		1		30125	750		1			1			1					1		446683,35	2129709,78	
7		1	1		1		20116	320		1	1	1	3		1						1		446999,20	2129924,37	
8			1		1		25110	250		1			1			1					1		446813,99	2129917,80	
9		1	1			1	35135	1225			1	1	2			1					1		446902,02	2129975,61	
10		1	1			1	30125	750	1	1			2			1					1		447116,96	2130104,43	
11		1	1		1		20115	300				1	1	1		1					1		447139,32	2130152,10	
12			1		1		20115	300			1	1	2	1							1		447174,95	2130239,22	
13			1			1	90130	2700	1	1	1	1	4								1		447249,26	2130203,57	
14	1		1		1		22130	660	1	1	1	1	2			1					1		447258,83	2130431,31	
15	1		1		1		10110	100			1	1	2	1							1		447303,16	2130428,32	
16	1	1	1		1		20130	600	1	1			2			1					1		447301,36	2130408,20	
17	1	1	1			1	20130	600	1	1	1	1	3			1					1		447327,02	2130410,75	
18	1		1			1	10110	100	1	1	1	1	3	1							1		447335,85	2130433,76	
19	1	1	1			1	20110	200	1	1			1			1					1		447355,24	2130416,65	
20	1		1			1	20130	600	1	1			2	1							1		447355,48	2130440,60	
21	1		1			1	30140	1200		1	1		2			1					1		447401,10	2130420,86	
22	1	1	1			1	30125	750	1	1	1		2	1							1		447472,76	2130425,83	
23	1		1		1		100140	400		1	1		2			1					1				
24	1	1	1			1	20115	300	1	1	1		3			1					1		447489,40	2130427,94	
25	1	1	1			1	35110	350	1	1	1	1	3	1							1		447515,40	2130430,08	
26	1		1			1	30120	600			1	1	2	1							1		447531,67	2130447,44	
27	1	1	1			1	50130	150	1	1	1	1	3			1					1		447555,43	2130447,68	
28	1		1		1		10125	250	1	1			2			1					1		447625,24	2130438,44	
29	1		1		1		20115	300			1	1	2	1							1		447647,66	2130456,31	
30	1	1	1			1	40160	2400	1	1			2			1					1		447668,22	2130459,75	
31	1		1			1	25110	250		1	1	1	3	1							1		447696,50	2130439,42	
32	1	1	1			1	3017	210			1	1	2	1							1		447742,46	2130448,36	
33	1	1	1			1	30125	750	1	1	1		3			1					1		447784,29	2130479,88	
34	1		1			1	8110	80		1	1		2								1		447775,83	2130445,89	
35		1	1			1	30130	900	1	1			2			1					1		447864,68	2130497,28	
36	1		1			1	25130	750	1		1		2	1							1		447946,63	2130522,73	
37	1		1			1	20130	600		1	1		2	1							1		447950,29	2130555,28	
38	1	1	1			1	15110	150	1	1			2	1							1		447996,16	2130557,44	
39	1		1			1	40160	2400	1	1		1	3	1							1		447980,99	2130576,23	
40	1		1			1	100140	4000	1	1	1	1	4	1							1		448022,05	2130592,02	
41	1		1			1	100160	6000	1	1	1		3								1		448119,39	2130660,92	
42	1		1			1	50125	1250		1	1		2	1							1		447983,14	2130977,98	
43	1		1			1	10115	150		1	1		2			1					1		447967,76	2131000,44	
44				1	1		30115	450	1	1			2								1		448429,79	2130417,07	
45		1		1		1	9120	180	1	1			2			1					1		448618,96	2130277,80	
46			1	1	1		15130	450	1	1			1			1					1		448627,71	2130285,66	
47				1			15120	300	1				1			1					1		448598,13	2130271,84	
48		1		1	1		20140	800	1				1			1					1		448673,99	2130168,70	
49		1		1	1		20150	1000	1	1			1			1					1		448663,11	2130103,49	
50		1		1	1		20150	1000	1				1			1					1		448650,55	2130062,24	

51		1		1	1		50170	3500		1	1		2		1		1		1		1	448676,33	2129935,41
52		1	1		1		60130	1800		1	1		2	1				1			1	448464,96	2129677,83
53		1	1		1		30150	1500	1	1	1		3	1						1		448373,32	2129708,90
54	1					1	10115	150		1	1		2		1						1	448487,90	2129710,85
55		1		1		1	20135	700	1	1	1		3		1					1		448514,29	2129714,42
56		1		1		1	10120	200		1			1		1					1		448682,58	2129543,92
57		1		1		1	120180	9600	1	1			2		1				1	1		448639,84	2129008,40
58		1		1	1		401100	4000	1	1			2		1					1		448713,32	2129229,49
59		1		1	1		10115	150	1	1			2		1					1		448643,36	2129232,70
60		1		1		1	40160	2400		1	1	1	3			1				1		449709,37	2126658,21
61		1		1		1	15130	450	1	1			2		1				1		1	450002,70	2126672,73
62		1		1		1	60140	2400	1	1			2		1					1		449966,42	2126411,43
63		1		1		1	20130	600	1	1			2		1					1		449970,74	2126333,39
64	1					1	20120	400	1		1	1	3	1						1		449328,96	2125493,84
65	1		1		1		25140	1000		1	1	1	3		1					1		445365,11	2126391,33
66	1		1		1		20130	600		1	1		3		1					1		445052,65	2126392,52
67	1		1		1		30115	450	1	1	1		3		1					1		444968,25	2126387,43
68	1		1		1		25140	1000		1	1	1	3		1					1		444904,98	2126342,85
69	1		1		1		25140	1000	1	1	1	1	4	1						1		444871,61	2127049,70
70	1				1		20110	200		1			1	1						1		444918,56	2130399,52
71		1			1		30115	450	1	1			2	1						1		445257,00	2130498,93
%	56	35	68	24	38	62			38	87	61	34		35	37	28	41	76	41	6	14	27	0

Tabla.- 3 y 4 Valores obtenidos en la fórmula 5

No. Vivienda (V)	A	B	C	D	E	F	G
1	0.44	0.8	0.5	0.335	0	0.33	0
2	0.44	1	0.9	0.165	1	0.33	0
3	0.55	0.6	0.9	0.5	0	0.33	0.67
4	0.44	0.4	0.6	0.5	1	0.44	0.67
5	0.55	0.4	0.9	0.165	1	0.33	0
6	0.55	0.6	0.2	0.5	0	0.33	0.33
7	0.55	0.4	0.9	0.335	0	0.33	0
8	0.33	0.4	0.2	0.5	0	0.44	0.33
9	0.66	0.8	0.7	0.5	1	0.44	0.67
10	0.66	0.6	0.3	0.5	0	0.55	0.67
11	0.55	0.4	0.4	0.165	1	0.44	0
12	0.33	0.4	0.7	0.165	1	0.44	0
13	0.44	0.8	1	0.5	0	0.33	0.67
14	0.44	0.6	0.5	0.5	0	0.44	0.67
15	0.44	0.4	0.7	0.165	1	0.33	0
16	0.44	0.4	0.3	0.335	0	0.33	0
17	0.55	0.4	0.9	0.335	0	0.33	0
18	0.55	0.4	0.9	0.165	1	0.33	0
19	0.55	0.4	0.2	0.335	1	0.77	0
20	0.55	0.4	0.5	0.165	1	0.33	0
21	0.55	0.8	0.5	0.335	0	0.44	0
22	0.55	0.6	0.5	0.165	0	0.77	0
23	0.44	0.4	0.5	0.335	0	0.77	0
24	0.55	0.4	0.6	0.335	1	0.77	0
25	0.55	0.4	0.9	0.165	1	0.33	0
26	0.55	0.4	0.7	0.165	1	0.33	0
27	0.55	0.4	0.9	0.335	0	0.66	0
28	0.44	0.4	0.3	0.335	1	0.33	0.67
29	0.44	0.4	0.7	0.165	1	0.33	0
30	0.55	0.8	0.3	0.335	0	0.77	0
31	0.55	0.4	0.9	0.165	1	0.77	0
32	0.55	0.4	0.7	0.165	1	0.33	0
33	0.55	0.6	0.6	0.335	0	0.33	0
34	0.55	0.4	0.5	0.5	0	0.55	0.67

36	0.55	0.6	0.4	0.165	1	0.77	0
37	0.55	0.4	0.5	0.165	0	0.33	0
38	0.55	0.4	0.3	0.165	0	0.77	0
39	0.55	0.8	0.7	0.165	1	0.77	0
40	0.55	0.8	1	0.165	1	0.77	0
41	0.55	1	0.6	0.5	1	0.33	0.33
42	0.44	0.8	0.5	0.165	1	0.77	0
43	0.55	0.4	0.5	0.335	0	0.33	0
44	0.22	0.4	0.3	0.5	0	0.77	0.67
45	0.55	0.4	0.3	0.5	0	0.33	0.67
46	0.22	0.4	0.2	0.335	0	0.33	0.33
47	0.11	0.4	0.2	0.335	0	0.33	0.33
48	0.44	0.6	0.2	0.335	1	0.33	0.33
49	0.44	0.6	0.2	0.335	1	0.33	0.33
50	0.44	0.6	0.2	0.335	1	0.44	0.33
51	0.44	0.8	0.5	0.335	1	0.33	0
52	0.55	0.8	0.5	0.165	0	0.44	0
53	0.55	0.8	0.6	0.165	0	0.33	0.67
54	0.33	0.4	0.5	0.335	0	0.44	0
55	0.55	0.6	0.6	0.335	0	0.33	0
56	0.55	0.4	0.2	0.335	0	0.66	0
57	0.55	1	0.3	0.335	1	0.33	0
58	0.44	0.8	0.3	0.335	1	0.33	0.33
59	0.44	0.4	0.3	0.335	1	0.44	0.33
60	0.55	0.8	0.9	0.5	0	0.44	0.67
61	0.55	0.4	0.3	0.5	0	0.33	0.67
62	0.55	0.8	0.3	0.5	0	0.33	0.67
63	0.55	0.4	0.3	0.5	0	0.33	0.67
64	0.33	0.4	0.8	0.165	0	0.33	0
65	0.55	0.6	0.9	0.5	0	0.33	0.67
66	0.55	0.4	0.5	0.5	0	0.33	0.67
67	0.55	0.4	0.6	0.5	0	0.44	0.67
68	0.55	0.6	0.5	0.5	0	0.33	0.67
69	0.55	0.6	1	0.165	0	0.33	0
70	0.33	0.4	0.2	0.165	0	0.33	0
71	0.44	0.4	0.3	0.165	0	0	0

No.	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
1	0.06285714	0.11428571	0.07142857	0.04785714	0	0.04714286	0	0.34
2	0.06285714	0.14285714	0.12857143	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.55
3	0.07857143	0.08571429	0.12857143	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.51
4	0.06285714	0.05714286	0.08571429	0.07142857	0.14285714	0.06285714	0.09571429	0.58
5	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.48
6	0.07857143	0.08571429	0.02857143	0.07142857	0	0.04714286	0.04714286	0.36
7	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.04785714	0	0.04714286	0	0.36
8	0.04714286	0.05714286	0.02857143	0.07142857	0	0.06285714	0.04714286	0.31
9	0.09428571	0.11428571	0.1	0.07142857	0.14285714	0.06285714	0.09571429	0.68
10	0.09428571	0.08571429	0.04285714	0.07142857	0	0.07857143	0.09571429	0.47
11	0.07857143	0.05714286	0.05714286	0.02357143	0.14285714	0.06285714	0	0.42
12	0.04714286	0.05714286	0.1	0.02357143	0.14285714	0.06285714	0	0.43
13	0.06285714	0.11428571	0.14285714	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.53
14	0.06285714	0.08571429	0.07142857	0.07142857	0	0.06285714	0.09571429	0.45
15	0.06285714	0.05714286	0.1	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.43
16	0.06285714	0.05714286	0.04285714	0.04785714	0	0.04714286	0	0.26
17	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.04785714	0	0.04714286	0	0.36
18	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.48
19	0.07857143	0.05714286	0.02857143	0.04785714	0.14285714	0.11	0	0.47
20	0.07857143	0.05714286	0.07142857	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.42
21	0.07857143	0.11428571	0.07142857	0.04785714	0	0.06285714	0	0.38
22	0.07857143	0.08571429	0.07142857	0.02357143	0	0.11	0	0.37
23	0.06285714	0.05714286	0.07142857	0.04785714	0	0.11	0	0.35
24	0.07857143	0.05714286	0.08571429	0.04785714	0.14285714	0.11	0	0.52
25	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.48
26	0.07857143	0.05714286	0.1	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.45
27	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.04785714	0	0.09428571	0	0.41
28	0.06285714	0.05714286	0.04285714	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0.09571429	0.50
29	0.06285714	0.05714286	0.1	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.43
30	0.07857143	0.11428571	0.04285714	0.04785714	0	0.11	0	0.39
31	0.07857143	0.05714286	0.12857143	0.02357143	0.14285714	0.11	0	0.54
32	0.07857143	0.05714286	0.1	0.02357143	0.14285714	0.04714286	0	0.45
33	0.07857143	0.08571429	0.08571429	0.04785714	0	0.04714286	0	0.35
34	0.07857143	0.05714286	0.07142857	0.07142857	0	0.07857143	0.09571429	0.45
35	0.06285714	0.08571429	0.04285714	0.04785714	0	0.06285714	0	0.30
36	0.07857143	0.08571429	0.05714286	0.02357143	0.14285714	0.11	0	0.50
37	0.07857143	0.05714286	0.07142857	0.02357143	0	0.04714286	0	0.28
38	0.07857143	0.05714286	0.04285714	0.02357143	0	0.11	0	0.31
39	0.07857143	0.11428571	0.1	0.02357143	0.14285714	0.11	0	0.57
40	0.07857143	0.11428571	0.14285714	0.02357143	0.14285714	0.11	0	0.61
41	0.07857143	0.14285714	0.08571429	0.07142857	0.14285714	0.04714286	0.04714286	0.62
42	0.06285714	0.11428571	0.07142857	0.02357143	0.14285714	0.11	0	0.53
43	0.07857143	0.05714286	0.07142857	0.04785714	0	0.04714286	0	0.30
44	0.03142857	0.05714286	0.04285714	0.07142857	0	0.11	0.09571429	0.41
45	0.07857143	0.05714286	0.04285714	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.39
46	0.03142857	0.05714286	0.02857143	0.04785714	0	0.04714286	0.04714286	0.26
47	0.01571429	0.05714286	0.02857143	0.04785714	0	0.04714286	0.04714286	0.24
48	0.06285714	0.08571429	0.02857143	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0.04714286	0.46
49	0.06285714	0.08571429	0.02857143	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0.04714286	0.46
50	0.06285714	0.08571429	0.02857143	0.04785714	0.14285714	0.06285714	0.04714286	0.48
51	0.06285714	0.11428571	0.07142857	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0	0.49
52	0.07857143	0.11428571	0.07142857	0.02357143	0	0.06285714	0	0.35
53	0.07857143	0.11428571	0.08571429	0.02357143	0	0.04714286	0.09571429	0.45
54	0.04714286	0.05714286	0.07142857	0.04785714	0	0.06285714	0	0.29
55	0.07857143	0.08571429	0.08571429	0.04785714	0	0.04714286	0	0.35
56	0.07857143	0.05714286	0.02857143	0.04785714	0	0.09428571	0	0.31
57	0.07857143	0.14285714	0.04285714	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0	0.50
58	0.06285714	0.11428571	0.04285714	0.04785714	0.14285714	0.04714286	0.04714286	0.51
59	0.06285714	0.05714286	0.04285714	0.04785714	0.14285714	0.06285714	0.04714286	0.46
60	0.07857143	0.11428571	0.12857143	0.07142857	0	0.06285714	0.09571429	0.55
61	0.07857143	0.05714286	0.04285714	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.39
62	0.07857143	0.11428571	0.04285714	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.45
63	0.07857143	0.05714286	0.04285714	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.39
64	0.04714286	0.05714286	0.11428571	0.02357143	0	0.04714286	0	0.29
65	0.07857143	0.08571429	0.12857143	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.51
66	0.07857143	0.05714286	0.07142857	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.42
67	0.07857143	0.05714286	0.08571429	0.07142857	0	0.06285714	0.09571429	0.45
68	0.07857143	0.08571429	0.07142857	0.07142857	0	0.04714286	0.09571429	0.45
69	0.07857143	0.08571429	0.14285714	0.02357143	0	0.04714286	0	0.38
70	0.04714286	0.05714286	0.02857143	0.02357143	0	0.04714286	0	0.20
71	0.06285714	0.05714286	0.04285714	0.02357143	0	0	0	0.19

## REFERENCIAS

Albores Zarate Beatriz. (1998). Origen pre-mexica de las chinampas de la zona lacustre del Alto Lerma mexiquense. El Colegio Mexiquense, 1, pp.1-22.

Viesca González, F.C., Flores Somera, J.L., Romero Contreras, T.A., Garduño Mendoza, M., Quintero Salazar, B. (7 de Agosto de 2010). El impacto en la desecación de la laguna de Lerma en la gastronomía lacustre de San Pedro Tultepec de Quiroga, Estado de México. El periplo sustentable, 21, pp. 39.

Velasco Orozco, Juan Jesús. (2008, julio- diciembre). La Ciénaga de Chiconahuapan, Estado de México: un humedal en deterioro constante. Contribuciones desde Coatepec, 15, pp. 101-122.

Pérez Ortiz, Gustavo. (2005, Noviembre). Diagnóstico ambiental como base para la rehabilitación de las Ciénegas de Lerma, Estado de México. México: Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

Carmen Zepeda Gómez, e. a. (2012). Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, pp.14.

Ceballos Gerardo. (17 de Octubre del 2003). Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR). CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 1, pp. 14.

Frankie. (2013). Estudios Geotécnicos, Tema 7: Suelos metaestables: suelos expansivos y colapsables. 14/02/17, de Tema 7: Suelos metaestables: suelos expansivos y colapsables  
Sitio web: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelos-expansivos-colapsables/>

Gómez Orea, Domingo. (2004). Recuperación de Espacios Degradados. Madrid: S.A. MUNDI-PRENSA.

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. (2011). Determinación mediante técnicas de teledetección de niveles y superficie inundada de humedales incluidos en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir. Reserva Natural de la laguna de Zóñar, pp. 59.

Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) y la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). (2013). Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013. México: Subsecretaría de Ordenamiento Territorial.

Rial Pablo Eduardo y González Liliana. (1999). Manual de prácticas con IDRISI. 24 de enero de 2017, de Red geomática

C. Skewes, J., & al., E. (2012). Ciudadanía y sustentabilidad ambiental en la ciudad: la recuperación del humedal Angachilla y la organización local en la Villa Claro de Luna, Valdivia, Chile. EURE, 127-145.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (S.F.). Plan de Manejo Humedal La Vaca. Colombia: Gobierno de la Ciudad.

Flórez Yepes, G. Y., & al., E. (2013). Participación Comunitaria para la Construcción de Lineamientos de Uso y Conservación de Humedales Altoandinos. Experiencia Piloto en el Sector el Ocho y Páramo de Letras. Luna Azul, 296.

Hammerl-Resch, M. e. (2004). Restauración de Humedales- Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros. Druckcenter Bodensee: Global Nature Fund (GNF).

Moss, R. (2006). Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica. Costa Rica.

Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo. México: Gobierno Federal.

Instituto Nacional de Ecología. (2006). Manual de Procesos de Ordenamiento Ecológico Territorial. México: SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (28 de noviembre de 2016). Ley general de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.

García Peña A. (S/F). Medidas estructurales y medidas no estructurales frente a inundaciones. . EOI, Escuela de negocios, 1, pp. 22.

Méndez Edgar, Auvinet Gabriel & Matus Ulises. (2011). Caracterización de anomalías geotécnicas en las zonas lacustre y de transición de la ciudad de México. Geotechnical conference, 1, pp. 8.

León Diez, C. (2009). Guía Técnica para la Incorporación del Análisis de Riesgo en los Ordenamientos Ecológicos Municipales y Regionales. México, D.F.

Bremer M.H. y Lara C.A. (2001), Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Monterrey, Reporte ITESM Campus Monterrey, México, 6 pp.

Salcedo Adriana. (2015). La crisis del agua de la Ciudad de México. 9/02/17, de Theguardian Sitio web: <https://www.theguardian.com/cities/2015/nov/12/la-crisis-del-agua-de-la-ciudad-de-mexico>

Ayala Carcedo, F.J., y Olcina Cantos J. (2002). Riesgos naturales. España: Ariel, pp.859-1020

Maldonado Rondón, E. y Chio Cho, G. (2012, Abril). Índice de vulnerabilidad estructural ante los efectos de remoción en masa en edificaciones de mampostería basado en conjuntos difusos. Revista ingeniería de construcción, 27, pp. 23 - 39.

Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres. (2006). El niño en América Latina. *Desastres y Sociedad*, 9, 35

Soldano, Álvaro. (2008). Inundaciones: ¿Que es susceptibilidad?. 20/05/2017, de Comisión Nacional de Actividades Espaciales y Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaría General de Organización de los Estado Americanos Sitio web: <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a360071e58.79575639.pdf>