



Atlas de Riesgos del municipio de Tecamachalco, Puebla, 2011



Entrega final



Número de obra: 121154PPO36642
Número de expediente: SDUOT/DGDT/DGA/PRAH/121154PPO36642/AE/1/2011
Tecamachalco, Puebla.

Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Calle 4 Sur 303 Altos, Centro Histórico, CP 72000, Puebla, Pue.
aureliooff@hotmail.com, aurelio.fernandez@correo.buap.mx

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO I Antecedentes e Introducción | 5 |
| 1.1. Introducción | 5 |
| 1.1.1. Marco legal | 6 |
| 1.2. Antecedentes de los procesos de desastre en Tecamachalco | 6 |
| 1.2.1. Notas de un proceso de ocupación del territorio | 7 |
| 1.2.2. Crecimiento de las zonas urbanas de Tecamachalco | 7 |
| 1.3. Objetivo | 8 |
| 1.4. Alcances | 8 |
| 1.5. Metodología general | 8 |
| 1.6. Contenido del Atlas de Riesgo | 9 |
| CAPÍTULO II Determinación de la zona de estudio | 10 |
| 2.1. Determinación de la Zona de Estudio | 10 |
| 2.1.1. Localización | 10 |
| 2.1.2. Límites políticos | 10 |
| 2.1.3. Descripción básica | 11 |
| CAPÍTULO III Caracterización de los elementos del medio natural | 13 |
| 3.1. Fisiografía | 13 |
| 3.2. Geología | 13 |
| Explicación de la estratigrafía de Tecamachalco | 15 |
| 3.3. Geomorfología | 16 |
| 3.4. Edafología | 18 |
| 3.4.1 Clasificación y características de los suelos representativos del municipio de Tecamachalco | 19 |
| 3.5. Hidrología superficial y subterránea | 21 |
| 3.5.1. Hidrología superficial | 21 |
| 3.5.2. Hidrología subterránea | 22 |
| 3.5.3. Litología del acuífero | 25 |
| 3.6. Climatología | 25 |
| 3.6.1. Temperatura media | 25 |
| 3.6.2. Precipitación | 25 |
| 3.6.3. Vientos dominantes | 26 |
| 3.7. Uso de suelo y vegetación | 27 |
| 3.7.1. Uso actual del suelo | 28 |
| 3.8. Áreas Naturales Protegidas | 29 |
| 3.9. Problemática ambiental | 29 |
| CAPÍTULO IV Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos | 32 |
| 4.1. Elementos demográficos | 32 |
| 4.1.1. Dinámica demográfica | 32 |
| 4.1.2. Pirámide de edades y estructura de la población | 32 |
| 4.1.3. Distribución de la población | 33 |
| 4.1.4. Mortalidad | 35 |
| 4.1.5. Densidad de la población | 35 |
| 4.2. Características sociales | 36 |
| 4.2.1. Índice de hacinamiento | 36 |
| 4.2.2. Grado escolar | 36 |
| 4.2.3. Marginación | 38 |
| 4.2.4. Personas con discapacidad | 38 |
| 4.3. Principales actividades económicas en la zona | 39 |
| 4.4. Características de la población económicamente activa (PEA) | 40 |
| 4.5. Estructura urbana | 40 |
| 4.5.1. Educación | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5.2. Cultura | 41 |
| 4.5.3. Administración pública | 42 |
| 4.5.4. Comercio y abasto | 43 |
| 4.5.5. Recreación y deporte | 43 |
| 4.5.6. Comunicaciones y transportes | 43 |
| 4.5.7. Servicios urbanos | 44 |
| 4.5.8. Vivienda | 45 |
| 4.5.9. Drenaje y alcantarillado | 45 |
| 4.5.10. Turismo | 46 |
| 4.6. Aspectos históricos generales de Tecamachalco | 46 |
| 4.6.1. Primeras evidencias de desastres: siglo XVI | 47 |
| 4.6.2. Modernización, industrialización, urbanización | 48 |
| 4.6.3. Modelo nacionalista: “crecer hacia adentro” | 48 |
| 4.6.4. Modelo neoliberal: lo global se impone a lo local | 49 |
| CAPÍTULO V Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural | 51 |
| 5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico | 51 |
| 5.1.1. Fallas y fracturas | 51 |
| <i>Fotogeología</i> | 51 |
| <i>Mapa de fallas y fracturas</i> | 52 |
| 5.1.2. Vulcanismo | 55 |
| 5.1.3. Sismos | 58 |
| <i>Sismos corticales que han afectado los estados de Tlaxcala y Puebla</i> | 60 |
| <i>Microzonificación sísmica de Tecamachalco, Santiago Alseseca y San Mateo Tlaixpan</i> | 62 |
| <i>Escenarios sísmicos para el municipio</i> | 66 |
| <i>Vulnerabilidad social ante episodios sísmicos</i> | 71 |
| 5.1.4. Tsunamis o maremotos (no aplica para Tecamachalco) | 72 |
| 5.1.5. Deslizamientos | 72 |
| <i>Estimación de la amenaza por método directo</i> | 72 |
| 5.1.6. Derrumbes | 73 |
| <i>Estimación de la amenaza por método directo</i> | 74 |
| <i>Vulnerabilidad: percepción del riesgo por derrumbes o desprendimientos de rocas</i> | 75 |
| 5.1.7. Flujos | 78 |
| 5.1.8. Agrietamientos | 78 |
| <i>Vulnerabilidad y percepción acerca de agrietamientos</i> | 79 |
| 5.1.9. Erosión hídrica y eólica | 80 |
| <i>Nivel 1 de análisis. Modelo cualitativo de erosión-deposición</i> | 83 |
| <i>Indicadores de vulnerabilidad</i> | 83 |
| <i>Nivel 2 de análisis</i> | 85 |
| <i>Mapa de densidad de disección y disección de profundidad</i> | 85 |
| <i>Nivel 3 de análisis. Agujas de erosión y perfiladores microtopográficos</i> | 87 |
| <i>Nivel 4 de análisis. Medida de espesor de sedimentos</i> | 88 |
| <i>Vulnerabilidad y percepción de la amenaza erosión</i> | 90 |
| 5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico | 90 |
| 5.2.1. Huracanes | 90 |
| 5.2.2. Ondas tropicales | 91 |
| <i>Vulnerabilidad y percepción comunitaria</i> | 92 |
| 5.2.3. Tormentas eléctricas | 93 |
| <i>Vulnerabilidad: percepción social-experiencias con tormentas eléctricas</i> | 93 |
| 5.2.4. Masas de aire y frentes fríos | 95 |
| <i>Vulnerabilidad: percepción y testimonios ante la amenaza de granizo y nevadas</i> | 95 |
| 5.2.5. Heladas | 97 |
| 5.2.6. Sequías | 101 |
| <i>Vulnerabilidad, percepción y experiencia comunitaria respecto a las sequías</i> | 103 |
| <i>Atención del riesgo y pérdidas por sequías</i> | 105 |
| 5.2.7. Temperaturas máximas extremas | 107 |
| 5.2.8. Vientos fuertes | 107 |
| 5.2.9. Inundaciones | 109 |

| | |
|--|-----|
| <i>Cómo se produce la inundación</i> | 109 |
| <i>Zonas inundable o llanuras de inundación</i> | 110 |
| <i>Polígono de inundación "San Antonio". Delimitación</i> | 110 |
| <i>Configuración espacial del polígono de inundación "San Antonio"</i> | 112 |
| <i>Descripción de la infraestructura, equipamiento y servicios vulnerables dentro del polígono de inundación "San Antonio"</i> | 113 |
| <i>Polígono de inundación "La Lagunilla" y "La Laguna"</i> | 114 |
| <i>Puntos vulnerables de inundación (construcción de nuevos escenarios de riesgo).</i> | |
| <i>Zona oriente de Tecamachalco</i> | 119 |
| <i>Propuestas de obras hidráulicas en zonas vulnerables a inundación en el municipio de Tecamachalco</i> | 123 |
| <i>Vulnerabilidad: testimonios y percepción acerca de las inundaciones</i> | 129 |
| <i>Delimitación de las zonas de inundación en periodo de retornos estimados en Tecamachalco</i> | 133 |
| <i>Construcciones vulnerables en el polígono identificado para el periodo de retorno de 2 años</i> | 135 |
| <i>Construcciones vulnerables en el polígono identificado para el periodo de retorno de 10 años</i> | 138 |
| <i>Construcciones susceptibles para el periodo de retorno de 50, 100 y 250 años</i> | 143 |
| 5.3. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante otros fenómenos | 147 |
| 5.3.1. Presión sobre el recurso agua | 147 |
| <i>Funcionamiento del sistema acuífero</i> | 147 |
| <i>Extracción del agua subterránea y su distribución por usos</i> | 148 |
| <i>Balance de aguas subterráneas</i> | 149 |
| <i>Disponibilidad media anual de agua subterránea</i> | 149 |
| <i>Calidad del agua subterránea</i> | 150 |
| <i>Vulnerabilidad: testimonios sobre la dificultad de acceder al agua</i> | 151 |
| 5.3.2 Riesgos sanitarios | 151 |
| <i>Análisis de la estadística de salud</i> | 155 |
| <i>Manejo de residuos líquidos y sólidos</i> | 157 |
| <i>Contaminantes del distrito de riego No.30</i> | 158 |
| 5.3.3 Fenómenos de origen antrópico | 162 |
| <i>Incendios</i> | 163 |
| 5.3.4 Vulnerabilidad social: rezago en Tecamachalco | 166 |
| <i>Políticas de protección civil y atención a emergencias</i> | 171 |

CAPÍTULO VI. Anexo

| | |
|---|-----------|
| A.1 Cronología de los estudios de los acuerdos de veda en el acuífero de Tecamachalco | I |
| A.2 Clasificación de las Inundaciones | II |
| A.3 Pasos metodológicos para la delimitación y modelación de las zonas de inundación en periodos de retorno de varios años | IV |
| A.4 Metodología y técnicas para la identificación y caracterización geológica | XIV |
| A.5 Metodología para identificar perfiles de suelos | XXXIV |
| A.6 Perfiles de suelos | XXXIV |
| A.7 Pasos para determinar la erosión hídrica | XXXVII |
| A.8 Pasos para determinar la erosión eólica | XLII |
| A.9 Fenómenos hidrometeorológicos | XLVI |
| A.10 Inundaciones | XLIX |
| A.11 Sequías | XLIX |
| A.12 Tablas | LI |
| A.13 Efectos del plomo en la salud | LXII |
| A.14 Brucelosis | LXIV |
| A.15 Industria y minería | LXV |
| A.16 Glosario | LXV |
| A.17 Bibliografía y fuentes consultadas | LXXI |
| A.18 Bitácora de trabajo de campo | LXXXIII |
| A.19 Metadatos | CCXLVI |
| A.20 Memoria fotográfica | CCXLVI |
| A.21 Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas | CCLXXXIV |
| A.22 Relación de shapes | CCLXXXIV |
| Índice de ilustraciones | CCLXXXVI |
| Índice de tablas del anexo | CCLXXXVI |
| Índice de figuras del anexo | CCLXXXVII |

CAPÍTULO I Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción

Sequías, heladas o lluvias torrenciales o temblores eran igual de indescifrables, ¿qué era lo que lo desataba? ¿Cuándo iba a ocurrir un próximo evento inesperado?, preguntas y más preguntas se tuvieron que hacer los primeros pobladores, sus respuestas fueron dando sentido al vivir en grupos, se iba creciendo en cultura y poco a poco a una liturgia, a una religión, a ese buscar el sentido de la vida y a buscar el origen de la vida, de los seres, de los sucesos y cada hecho portentoso se le interpretó como parte de un todo.

Huey Tecamachalco: El Mito¹

El municipio de Tecamachalco tiene una extensión de 179.4 km² según el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable, y está habitado por 71 mil 571 personas. Sus núcleos urbanos suman 65 localidades, con una densidad de población tres veces mayor que la media en todo el estado de Puebla; sus terrenos de cultivo están dedicados en gran parte a la agricultura intensiva. Las actividades económicas nos indican que la mayor parte de la población se dedica a los servicios, y sin embargo, las actividades primarias ocupan aún a casi un tercio de la población. Es un municipio con una agroindustria activa, representada por la presencia de procesadoras como Bachoco y Gruma, que representan el proceso de modernización capitalista del agro de Tecamachalco. Las problemáticas inherentes a la vida urbana y rural se combinan, resultando ello en configuraciones muy particulares de escenarios de riesgo que es preciso comprender y modelar.

Tecamachalco es un municipio asentamiento de importantes centros regionales de educación media superior y superior, y de capacitación para el trabajo técnico. Se trata de una zona de historia antigua, que se puede constatar en los fechamientos que cronistas a lo largo de cinco siglos han hecho precisamente de episodios desastrosos en los que sus comunidades se vieron envueltas. Su nombre nahua significa “quijada de piedra”.

Situado en el Valle de Tehuacán, en el altiplano del estado de Puebla, la localización de este municipio establece la susceptibilidad ante fenómenos geofísicos tales como sismos ocasionados por la dinámica de las placas tectónicas continentales, la actividad eruptiva principalmente del Pico de Orizaba o Citlaltépetl y otros volcanes, menos cercanos pero importantes. A la fecha, este municipio no tiene un reglamento de construcción que se base en un adecuado conocimiento de la dinámica geofísica que puede constituirse en una amenaza. Además, Tecamachalco está expuesto a la acción de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos que, al presentarse extremos, y en combinación con factores de vulnerabilidad asociados a un desordenado crecimiento urbano y, relacionado con éste, la introducción de obra pública con estándares inadecuados, ocasionan emergencias recurrentes por inundaciones y encharcamientos, que merman el patrimonio y la calidad de vida de los tecamachalquenses, y obliga a sus autoridades municipales a invertir y reinvertir recursos para rehacer obra pública. Heladas y sequías se han presentado también en la historia reciente del municipio; las emergencias asociadas a fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos extremos en ocasiones han ameritado la necesidad de solicitar ayuda federal por la vía de los programas de ayuda destinados a la recuperación, para mitigar las consecuencias.

En otro orden de riesgos potenciales, el señalado proceso de urbanización sigue un patrón de ocupación del territorio que puede implicar la impermeabilización de suelos en las zonas de recarga de los mantos acuíferos. El municipio de Tecamachalco está situado en la Región Hidrológica No.18 del Balsas, dentro de ella se ubica la cuenca del Río Atoyac y la subcuenca de Balcón del Diablo, y en ella el acuífero Valle de Tecamachalco, sobre el cual pesan diversas vedas. Si prosigue la impermeabilización de las zonas de recarga, Tecamachalco estará en pocos años en un agudo estrés hídrico.

Tecamachalco está expuesto también a riesgos derivados de la actividad agroindustrial, que es intensa en el municipio y que incluye el manejo de residuos tóxicos cuyo manejo debe ser regulado adecuadamente, y su impacto al ambiente y a la salud de la población debe ser calculado. Los escenarios de riesgo asociados a estas actividades son de largo alcance.

Es necesario, pues, para una más efectiva planeación de las políticas públicas en Tecamachalco, contar con una herramienta de diagnóstico de las situaciones de riesgo a desastre más relevantes del municipio, de manera que se sistematice la experiencia de los habitantes del lugar, se rescate la memoria histórica, se identifiquen los escenarios de riesgos específicos y se concluya con un sistema cartográfico que represente los escenarios encontrados y sirva como

¹ Consúltese: <http://tecamachalco.net/historiacultura/huey-tecamachalco-el-mito.html>

punto de partida para decidir en qué aspectos es necesario profundizar con investigaciones posteriores, para tomar decisiones en materia de efectiva prevención, y para organizar además el necesario manejo de las emergencias.

Asimismo, resulta indispensable que el presente Atlas se articule correctamente con otros instrumentos de planeación del uso de suelo, tales como los Programas de Ordenamiento Ecológico y los Programas de Desarrollo Urbano Sustentable; es así como puede conseguirse una mejor política pública preventiva y no únicamente reactiva. En ese sentido, el ámbito municipal resulta tener las atribuciones legales y ser, además, la escala territorial desde la cual puede emprenderse este proceso.

El municipio de Tecamachalco aprobó, hacia finales de la administración 2008-2011, su Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable. En este documento están reseñados algunos escenarios de riesgo latentes en el territorio de la cabecera municipal. El diagnóstico presentado en ese trabajo y algunos de sus productos cartográficos son punto de partida para el presente Atlas de Riesgos, y serán, asimismo, revisados y ampliados con el trabajo de campo y las aplicaciones metodológicas que norman la realización del presente Atlas.

En el marco del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) de la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), en este año 2011, el municipio de Tecamachalco fue favorecido con el apoyo federal para la realización de su Atlas de Riesgos:

“El Programa Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos está dirigido a mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural, para aumentar la resiliencia en los gobiernos locales y la sociedad, a fin de evitar retrocesos en las estrategias para elevar la calidad de vida de la población y contribuir al cumplimiento de los objetivos institucionales para disminuir la pobreza” (DOF, 31/dic/2010).

Con fecha 10 de junio de 2011 fue firmado el convenio de trabajo entre el H. Ayuntamiento de Tecamachalco y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a través del Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, para la realización de este trabajo.

1.1.1 Marco legal

El marco legal que sustenta la presentación de este trabajo es el siguiente:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Art. 25, 26, 115 fr. V.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla: Art. 105.
- Ley General de Desarrollo Social: Art. 14, 17, 19.
- Ley General de Protección Civil: Art. 12 fr VI
- Ley Orgánica Municipal: Art. 14 fr. XLV.
- Ley del Sistema Estatal de Protección Civil: definición de Atlas de Riesgos; Art. 30 fr. IX; Art. 65.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012: eje 3.
- Programa Sectorial de Desarrollo Social: estrategia 3.4.
- Plan de Desarrollo Estatal 2011-2017, tema 1.6, objetivo 2.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Sustancias químicas peligrosas.
- Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Sustancias químicas peligrosas.

1.2 Antecedentes de los procesos de desastre en Tecamachalco

La memoria histórica de los habitantes actuales tiene presentes los relativamente recientes sismos de 1973 y 1999 como episodios que ocasionaron daños importantes y provocaron cambios en la fisonomía urbana de la ciudad de Tecamachalco. Los registros históricos hallados para este trabajo dan cuenta de más de treinta sismos en los últimos quinientos años lo suficientemente fuertes como para ser recordados por los cronistas y por la memoria popular.

Algunas de estos eventos sísmicos habrán estado, sin duda, ligados a la actividad eruptiva del Citlaltépetl o del Popocatepetl. Son 20 las menciones que al respecto hemos conseguido encontrar. La actividad volcánica ha contribuido a modelar el altiplano mexicano por milenios; su impacto en el desarrollo o el declive de las civilizaciones que sucesivamente lo han habitado es de considerarse para un trabajo de esta naturaleza.

La actividad sísmica, volcánica o tectónica, ha derrumbado casas viejas y otras no tanto, con probables problemas estructurales, lo que hace que un reglamento de construcción sea imperativo.

También en registros históricos de cronistas y hemerográficos se tiene cuenta de 42 granizadas en la última mitad del siglo XX, que causaron daños a viviendas o al campo. Un registro similar tenemos de las tormentas eléctricas, su frecuencia es mayor, según el ERIC III.

En cuanto a heladas y sequías, a partir de la información un tanto irregular del Fondo Nacional de Desastres (Fonden) y el Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) encontramos siete declaratorias de desastre entre 2003 y 2007, que ameritaron la aplicación de recursos para la recuperación. Se debieron a procesos desatados por ondas tropicales, dos de ellos; sequías, en cuatro casos y heladas en uno más.

La construcción del canal de riego correspondiente al Distrito de Riego no. 30 hace más de cuatro décadas introdujo cambios en el patrón de infiltración del agua, en el acceso al recurso, además de las transformaciones en los sistemas de producción agrícola. Una cultura hidráulica tecnificada empezó a florecer. Además de servirse de las aguas de riego del canal, los agricultores se sirven de canales derivados, hechos para conducir agua de lluvia que se desplaza de las partes altas del municipio hacia las bajas, canales que prolongan el sistema natural de barrancas o que son directamente trazados por los productores. En más de 40 años de existencia del riego en Tecamachalco, los efectos en el medio natural son variados: destaca la contaminación del propio canal, así como de los cauces derivados que conducen aguas pluviales así como aguas negras. Foco de contaminación.

En la memoria histórica más reciente están las recurrentes inundaciones en la zona urbana de la cabecera municipal, que la gente de mediana edad no tiene dificultad en identificar como fenómenos contemporáneos, ligados a obra pública mal planeada y mal realizada. Así arribamos a las aceleradas transformaciones del uso de suelo ligadas a la “modernidad”, para identificarlas como un proceso de constitución de amenaza muy particular, que desafía las definiciones convencionales.

1.2.1 Notas de un proceso de ocupación del territorio

A partir de los años de la industrialización agrícola, a mediados de los sesenta, se observa un patrón de crecimiento de la población; la oferta de trabajo llevó a gente de rumbos más o menos cercanos a establecerse en la zona urbana de la cabecera. Entre 1960 y 1990 la densidad de población se triplicó. Es posible afirmar que esta combinación de factores aumenta la vulnerabilidad ante amenazas sísmicas, accidentes industriales y eventualmente erupciones (como un riesgo en este momento muy menor), e incide en el empeoramiento de las condiciones de fragilidad que dan pie a los problemas por inundación (relación infraestructura urbana precaria, densidad de población y el fenómeno natural detonante). El procedimiento de rellenar las barrancas para ganar terreno de construcción es síntoma de una planeación urbana equivocada que resultará fatalmente en la ampliación de zonas de riesgo.

Otros procesos de ocupación del territorio con consecuencias negativas a mediano y largo plazo son los que trae consigo el cambio de uso de suelo en las zonas de recarga de los mantos freáticos, así como la situación de desregulación del manejo de residuos o desechos resultantes de la producción agroindustrial. Ambos procesos constituyen, el primero, la génesis de un escenario de desastre de largo impacto, ya que compromete la seguridad hídrica de los habitantes del municipio. El segundo proceso implica el riesgo para la salud de un número aún no determinado de habitantes, expuestos a posibles daños que será preciso determinar.

1.2.2 Crecimiento de las zonas urbanas de Tecamachalco

El crecimiento urbano y las consiguientes transformaciones en el uso de suelo de Tecamachalco se reflejan de manera importante hacia la zona norte del municipio, ya que es ahí donde la infraestructura, sobre todo de comunicaciones, tiene la mayor cobertura. Esta zona es estratégica por la cercanía de la carretera federal no. 150 y la autopista tramo Puebla-Orizaba; dichas vialidades han sido un elemento detonador para la urbanización en esta zona.

El crecimiento urbano de la localidad de Tecamachalco se dirige principalmente hacia la parte nororiente, norponiente, poniente y sur-oriente. El anterior uso de suelo de estas áreas era agrícola, sin embargo, dicha vocación ha sido paulatinamente abandonada y se ha venido lotificando y urbanizando en los últimos diez años de manera constante en la cabecera municipal.

La división territorial de la ciudad de Tecamachalco está regida por barrios o sectores; ante el crecimiento, sobre todo en las periferias, se han adherido nuevas colonias a estos asentamientos. Los barrios existentes actualmente son ocho y cada uno presenta características sociales, económicas y urbanas acordes al tiempo de su fundación, a las costumbres y demandas actuales de sus habitantes sobre todo en materia de equipamiento e infraestructura, misma que ha llevado a la modificación de la morfología y tipología urbana de cada barrio.

La relación de barrios, según datos del Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Tecamachalco, es la siguiente:

- El Centro.
- Barrio Jonetlán.
- Barrio de San Sebastián.
- Barrio de San José.
- Barrio La Villita.
- Barrio San Nicolás.
- Barrio de San Antonio.
- Barrio de San Juan (este barrio se divide a su vez en dos secciones, la 11 Poniente y la sección 12 Oriente).

Estos barrios forman parte del proceso de ocupación y crecimiento paulatino de la cabecera municipal de Tecamachalco, misma que se ha convertido en un factor determinante para los profundos cambios producidos en los últimos diez años en su equipamiento, infraestructura y servicios, tales como sus sistemas de desagües pluviales y la impermeabilización del suelo sin obras civiles alternas, lo cual ha generado algunas afectaciones importantes al patrimonio de los pobladores, tales como las inundaciones o encharcamientos en algunos puntos dentro de la ciudad y en localidades del mismo municipio.

1.3 Objetivo

Partiendo de cómo establece sus objetivos el PRAH, las finalidades específicas de este trabajo son:

- ✓ contribuir a la disminución de los efectos negativos ocasionados por los desastres tanto en la población como en el territorio del municipio de Tecamachalco, estado de Puebla;
- ✓ reducir el riesgo de ocurrencia de desastres ante el impacto de fenómenos naturales, mediante la identificación de las amenazas con origen en fenómenos naturales o socionaturales;
- ✓ representar los riesgos en un sistema cartográfico dinámico, actualizable, como herramienta para la correcta toma de decisiones en el municipio de Tecamachalco, Puebla.

1.4 Alcances

La presente es entrega final del Atlas de Riesgos. En ella está completa tanto la caracterización como en el detalle de las particulares amenazas. En todos los casos se alcanzó el nivel de análisis adecuado a los rasgos hallados en el trabajo de campo y a la disponibilidad de la información documental. El análisis integra tanto lo concerniente a las amenazas, como a la vulnerabilidad social. En todo caso, cuando es necesario se apunta la necesidad de profundizar trabajos de investigación.

Abarcamos los riesgos de origen geológico, hidrometeorológico y antrópico; entre estos últimos, riesgos sanitarios e incendios.

Los mapas generados están completos y corresponden a la representación de los fenómenos complejos que devienen amenazas, en correspondencia con la información obtenida en campo, lo cual permite tener un nivel más fino y representativo de Tecamachalco.

1.5 Metodología general

La representación del riesgo a desastre en un sistema cartográfico requiere la comprensión de la relación que guardan entre sí los conceptos de riesgo, amenaza o peligro y vulnerabilidad.

Riesgo es una función entre *amenaza* (ya sea ésta misma un proceso de origen natural o socionatural) y la fragilidad o *vulnerabilidad*; ésta última es diferencial según la amenaza que se trate, y al mismo tiempo debe ser comprendida como integral, es decir, dependiente de variables físicas, económicas, sociales y políticas.

La experiencia en desastres recurrentes, en nuestro país y otros, permite afirmar que no pocas veces los procesos de recuperación de un desastre, sea ligados a la planeación pública o no, suelen producir nuevas vulnerabilidades que establecen las condiciones para nuevos escenarios de riesgo.

La descripción detallada de las amenazas se hará siguiendo la estrategia metodológica y técnica de las *Bases para Estandarización...* La identificación de las amenazas (tal y como lo solicita el documento mencionado) y de las dinámicas

de vulnerabilidad en los ámbitos que se ha descrito, permitirá descubrir la función de riesgo. Este será representado territorialmente en un sistema de información geográfica, usando para ello las herramientas de software y hardware adecuadas, en la medida en que la información disponible permita representarla no sólo como imágenes estáticas, sino como procesos dinámicos.

Sobre la cartografía disponible: hemos empleado, además de la información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía a las escalas comunes (1:250,000, 1:100,000 o 1:50,000, según la disposición por tema), otras fuentes, como el propio Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Tecamachalco, el Inventario Nacional Forestal y del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

1.6 Contenido del Atlas de Riesgo

Esta entrega contiene:

La caracterización del medio físico o natural, a la escala que la información cartográfica disponible en gabinete lo permite.

La caracterización de los elementos del medio social, a partir de los bancos de información estadísticos disponibles.

Una descripción de la problemática de deterioro ambiental que padece el municipio.

Una identificación, descripción y análisis de amenazas a partir de información documental y de campo.

Un documento de anexos con información estadística y descripciones metodológicas a detalle que complementa los datos del documento central, así como la relación de mapas, fotografías, bibliografía y datos de quienes hacen este trabajo.

Además, fueron corregidos en esta entrega algunos datos contradictorios relacionados con las etapas fenológicas de los cultivos susceptibles a heladas y sequías; fueron mejoradas las apreciaciones de análisis sobre agrietamientos, que sustituyen lo que habíamos calificado inicialmente como hundimientos.

CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

2.1. Determinación de la zona de estudio

2.1.1 Localización

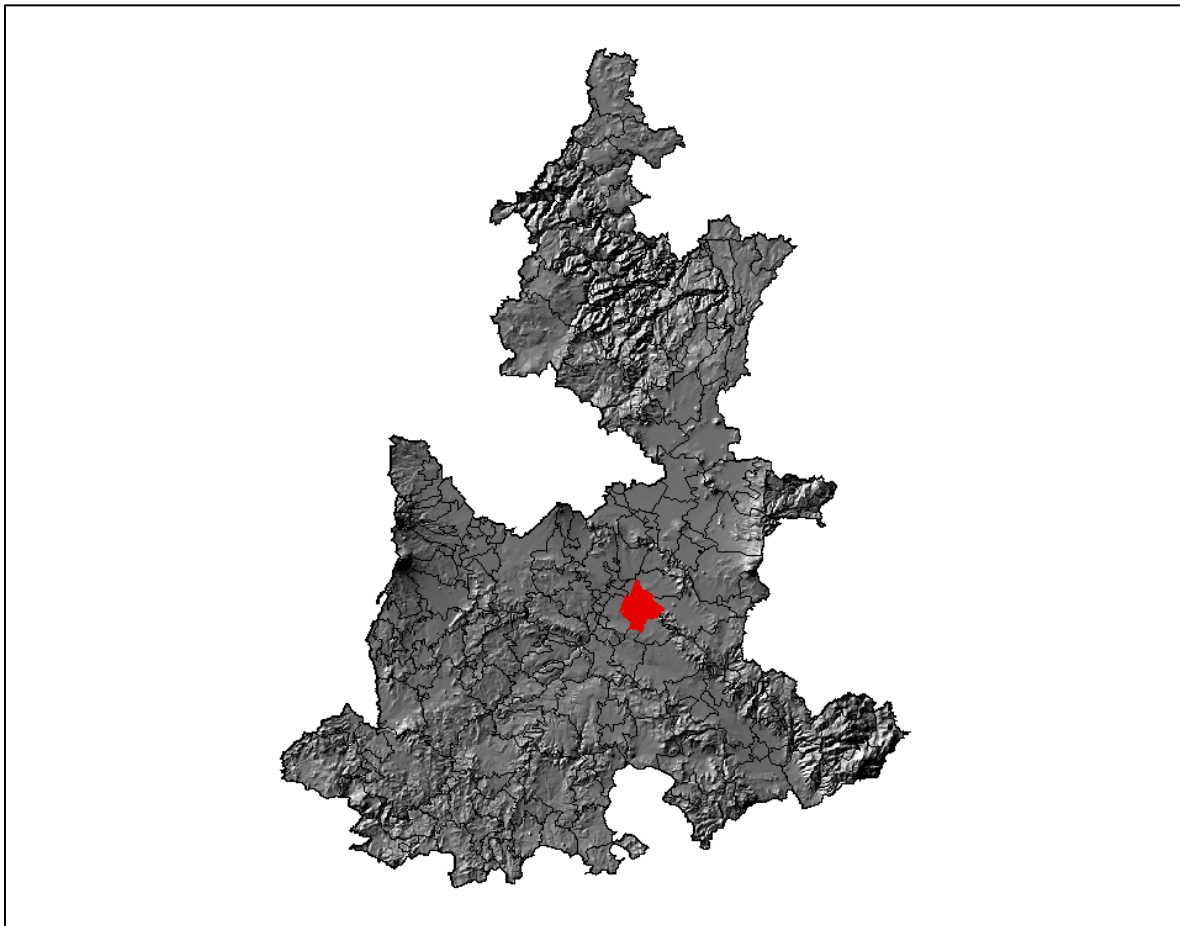
Tecamachalco se localiza al sureste del estado de Puebla, a 56,7 kilómetros de la capital de la entidad, se ubica en los paralelos 18° 52' 57" latitud norte y a 97° 43' 49" latitud oeste, para el sistemas de coordenadas UTM se localiza en el eje X= 633945, y en el eje Y= 2088480. El municipio está situado a una altitud media de 2 mil metros sobre el nivel del mar.

2.1.2 Límites políticos

Este municipio presenta las siguientes colindancias:

Al Norte con los municipios de Acatzingo y Quecholac; al Sur con el municipio de Xochitlán de Todos Santos; al Este con los municipios de Yehualtepec y Palmar de Bravo; al Oeste con los municipios Tochtepec y San Salvador Huixcolotla.

MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUEBLA.



ELABORACIÓN: CUPREDER 2011.

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO EN IMAGEN DE SATÉLITE Y LAS PRINCIPALES CIUDADES COLINDANTES



ELABORACIÓN: CUPREDER 2011 CON IMAGEN DE GOOGLE.

2.1.3 Descripción básica

Extensión: Tiene una superficie de 179.4 kilómetros cuadrados, que lo ubica en el lugar 55 con respecto a los demás municipios del estado.

Orografía: El suelo de Tecamachalco lo conforman terrenos llanos con elevaciones aisladas.

Tecamachalco es trazado por algunas sierras o porciones de las mismas, de entre ellas cabe mencionar la Sierra de Soltepec, la de Amozoc-Tepeaca, la del Tentzo, la de Tlacotepec, y la Sierra de Zongolica.

La mayor parte del territorio pertenece al extremo oriental del Valle de Tepeaca, planicie que se extiende al centro de la meseta poblana que se caracteriza por su suelo eminentemente calizo y por los yacimientos de mármol.

Al oriente se presentan las últimas estribaciones septentrionales de la Sierra de Soltepec, denominadas cordilleras. Destaca la Sierra del Monumento, y al norte de la población de Tecamachalco, el cerro de Techachales.

El relieve en general es francamente plano, con una altura promedio de 2 mil m. sobre el nivel del mar.

Medios de comunicación. Cuenta con servicios de teléfono, telégrafo y correo. Recibe la señal de cadenas de TV y de estaciones radiodifusoras, así como periódicos y revistas nacionales y estatales. En las localidades hay servicio de perifoneo.

Vías de comunicación. Una carretera estatal atraviesa el municipio de noroeste a sur y lo comunica con San Salvador Huixcolotla, Cuapixtla, Mixtla, Amozoc, Puebla, Yehualtepec, Tlacotepec de Benito Juárez, Tepanco de López y Tehuacán.

Una carretera estatal parte de la cabecera y cruza los límites con Tochtepec y ahí entronca con un camino del mismo tipo que pasa por Atoyatempan, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Huitziltepec, Molcaxa, Tepexi de Rodríguez, Ixcaquixtla y Toltotepec de Guerrero.

A pocos kilómetros de la ciudad de Tecamachalco nace una carretera secundaria que cruza los límites con Quecholac en los que entronca con la carretera federal 150.

Tecamachalco cuenta con cinco líneas de transporte foráneo de carga y pasajeros.

El ferrocarril de México-Puebla, servicio directo a las ciudades de México, Oaxaca, Puebla y puntos intermedios. Esta vía cruza el territorio municipal de Oriente a Poniente, cruzando las manchas urbanas de Alseseca y Tecamachalco.

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía

Los límites del municipio de Tecamachalco pertenecen a la XII Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico, sub provincia Lagos y Volcanes de Anáhuac.

La región del Valle de Tepeaca-Tecamachalco se localiza entre los 2 000 y 2 700 msnm y presenta dos tipos de relieve significativos; el valle o llanura, y sierra y lomeríos.

Tecamachalco es definido por algunas sierras o porciones de las mismas, como la Sierra de Soltepec, El Monumento, la de Amozoc-Tepeaca, la del Tentzo, la de Tlacotepec, y la Sierra de Zongolica.

Las elevaciones de mayor importancia son la Sierra Madre Oriental, y el Pico de Orizaba o Citlaltépetl. La mayor parte del territorio pertenece al extremo oriental del Valle de Tepeaca, planicie que se extiende al centro de la meseta poblana que se caracteriza por su suelo eminentemente calizo y por los yacimientos de mármol.

La serranía local está integrada por el cerro Techachales y El Boquerón que presentan una altitud sobre el nivel de mar de 2200 metros, el cerro Texal, Papalo, y Las Minas tienen una altitud más o menos igual de entre los 2500 metros sobre el nivel del mar y los cerros más elevados son Huicango, San José La Noria y Chichipicte de entre los 2600 y 2700 msnm, que juntos conforman la Sierra de El Monumento.

El relieve de Tecamachalco en general es plano, con una altura promedio de 2000 metros sobre el nivel del mar. Las zonas planas son conocidas como Llanos de San Juan y Llanos de San Andrés (*ver ilustración 1*).

3.2. Geología

Tecamachalco se encuentra en uno de los límites entre dos provincias geológicas, hacia el norte domina el Eje Neovolcánico y hacia el sur la Sierra Madre del Sur.

El Eje Neovolcánico, como su nombre lo indica, es de naturaleza volcánica y de edad Cuaternaria; presenta las elevaciones topográficas más altas del país en varios de sus enormes estrato-volcanes y está formada por ininidad de rocas volcánicas que comprenden desde basaltos hasta riolitas y otras tantas unidades tobáceas desde cenizas y pómez hasta flujos piroclásticos, lahares y demás brechas volcánicas.

Este vulcanismo cuaternario fue emitido por volcanes, a través de fracturamientos en forma fisural y en campos volcánicos extensos similares a los de Michoacán y Chichinautzin entre los más destacados.

En cuanto a la morfología de los volcanes encontramos desde conos y domos monogenéticos hasta enormes estrato y escudo volcanes, así como calderas volcánicas que al unirse forman cadenas volcánicas, evidencia de sendos fracturamientos tectónicos debajo de ellas.

A unos 50 km de Tecamachalco se encuentran La Malinche y el Citlaltépetl, al noroccidente el primero y al oriente-noriente el segundo, el cual constituye además la mayor elevación del país.

Cuerpos volcánicos menores pueden encontrarse diseminados fuera de los sierras volcánicas mayores; en la zona al norte de Tecamachalco domina el cerro Techachales un cono cinerítico inicial formado a fines del Plioceno e inicios de Cuaternario que terminó su actividad con lavas emitidas a través de una fisura orientada casi norte sur; hacia el poniente de Tecamachalco destacan también otros conos volcánicos ubicados entre Tochtepec y Atoyatempan.

La segunda provincia, la Sierra Madre del Sur, está representada por sierras plegadas formadas por secuencias con edades que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cretácico superior; destacan en la región de Tecamachalco secuencias sedimentarias marinas con edades que comprenden desde el Jurásico superior hasta el Cretácico superior.

A partir de los levantamientos geológicos realizados en el municipio de Tecamachalco se determinó que la secuencia litológica identificada queda comprendida entre el Cretácico inferior y el Reciente.

Las rocas cretácicas se encuentran representadas por secuencias de calizas en estratos delgados con intercalaciones de bandas de pedernal de color negro a parduzco, esta secuencia se localiza topográficamente en las porciones bajas de la sierra El Monumento y estratigráficamente debajo de otras secuencias de calizas fosilíferas en estratos gruesos que se ubican en las porciones medias y altas de la sierra, definiendo así en la región comprendida entre Alseseca y

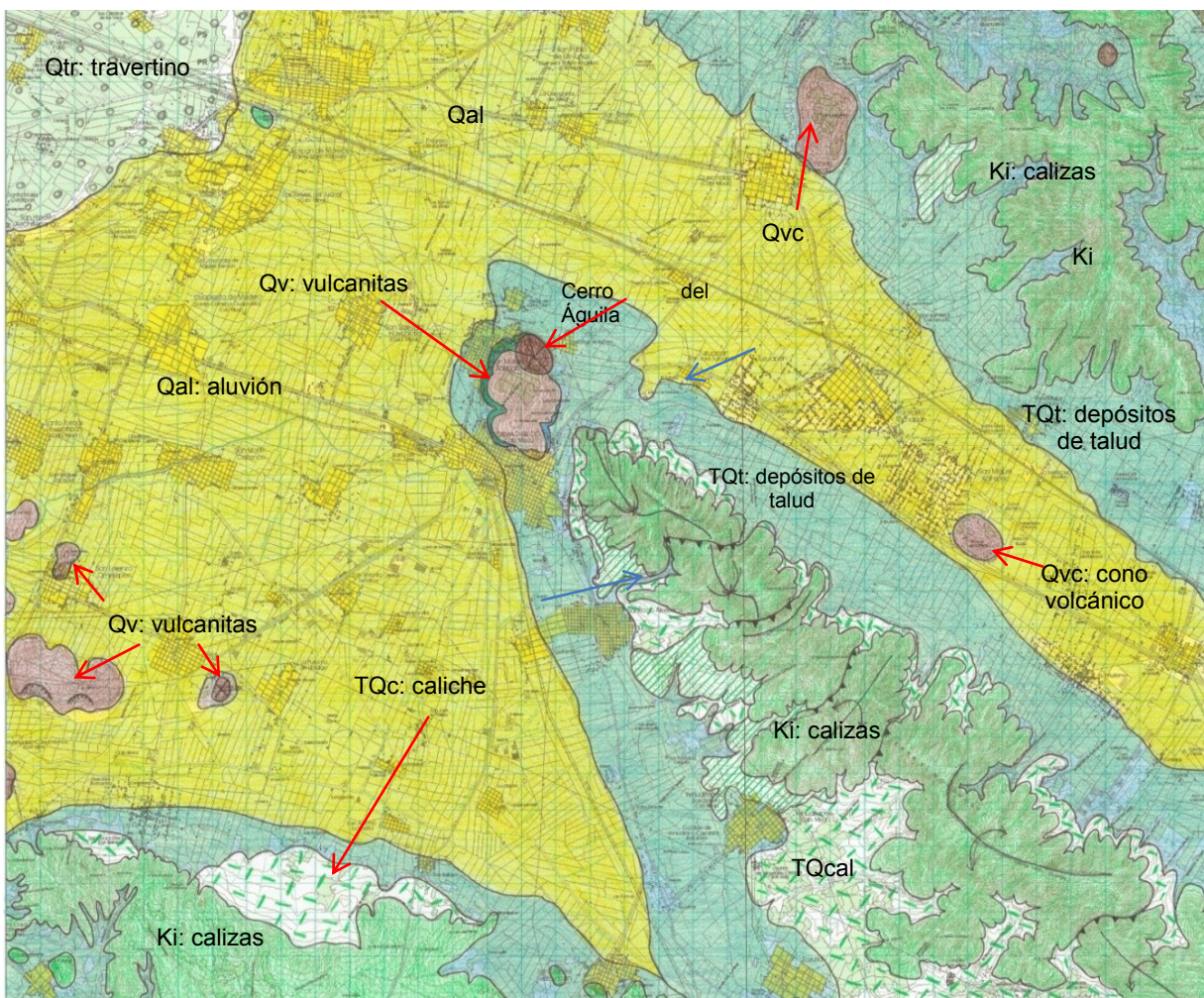
Tecamachalco una estructura sinclinal cuyo plano axial está orientado noroeste-sureste, aunque afectada por una cabalgadura casi en forma perpendicular.

Estas calizas presentan altos contenidos de moluscos, foraminíferos y algas, de tal manera que forman biostromas y biohermas al haberse desarrollado en ambientes de arrecife y peri-arrecife con abundancia en organismos pelágicos y bentónicos.

Debajo de los productos volcánicos del Techachales se observó una secuencia de arcillas lacustres, diatomitas, tobas lacustres, cenizas, areniscas y conglomerados probablemente de edad pliocénica que se distinguen al noroeste de Tecamachalco por su estratificación marcada y por sus coloraciones blanquecinas.

Los materiales litológicos más jóvenes se correlacionan con secuencias aluviales y fluviales que rellenan valles y planicies y por depósitos de talud en los flancos bajos de las elevaciones topográficas. En la figura siguiente se ilustran las condiciones geológicas de Tecamachalco.

UNIDADES GEOLÓGICAS (M-04) EN TECAMACHALCO

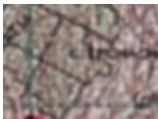


SE MUESTRAN LAS UNIDADES GEOLÓGICAS CON DIFERENTES COLORES, LAS CUALES SE DESCRIBEN EN DETALLE EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA Y EN LAS SECCIONES 1, 2, 3 Y 4 (VER COLUMNA ESTRATIGRÁFICA). TECAMACHALCO, PUE. QAL: DEPÓSITOS ALUVIALES DEL CUATERNARIO. QV: VULCANITAS DEL CUATERNARIO QVC: CONO VOLCÁNICO. QIV: VULCANITAS DEL CUATERNARIO INFERIOR. TQT; DEPÓSITOS DE TALUD. TPL: DEPÓSITOS LACUSTRES DEL PLIOCENO. TEOB: FORMACIÓN BALSAS: CONGLOMERADOS, ARENISCAS, TOBAS, LAVAS, ETC.. TQCAL: DEPÓSITOS CALICHOSOS EN LOS FLANCOS DE PLIEGUES. KI: CALIZAS DEL CUATERNARIO INFERIOR EN ESTRATOS DELGADOS (FOSILÍFERAS). KI: CALIZAS DEL CRETÁCICO INFERIOR EN ESTRATOS GRUESOS (DE ARRECIFALES). ELABORADO POR EL GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA, UNAM, 2011.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



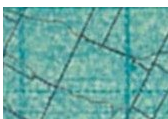
Qal: depósitos aluviales del Cuaternario.



Qv: vulcanitas del Cuaternario Qvc: cono volcánico.



Qiv: vulcanitas del Cuaternario inferior.



TQt; depósitos de talud.



TpL: depósitos lacustres del Plioceno.



Teob: formación Balsas: conglomerados, areniscas, tobas, lavas, etc.



TQcal: depósitos calichosos en los flancos de pliegues.



Ki: calizas del Cuaternario inferior en estratos delgados (fossilíferas).



Ki: calizas del Cretácico inferior en estratos gruesos (de arrecifales).

(Ver mapa correspondiente en el SIG).

Explicación de la estratigrafía de Tecamachalco

La secuencia litológica observada en los alrededores de Tecamachalco comprende rocas que abarcan edades desde el Cretácico inferior al reciente.

Las rocas más antiguas se encuentran en la sierra El Monumento y están constituidas por dos unidades principales calizas formadas en arrecifes Kio generalmente en estratos gruesos hasta 2 a 3 m con abundantes fósiles; y calizas formadas relativamente lejos del arrecife Kit, pero con gran cantidad de fósiles, estas últimas presentan estratos delgados, generalmente menores a un metro de espesor y suelen presentar intercalaciones de lentes, bandas y nódulos de pedernal (estos últimos formados a profundidades marinas mayores que los arrecifes).

Sobre la secuencia de calizas expuestas en la sierra El Monumento se reconocieron una serie de unidades litológicas que comprenden desde secuencias sedimentarias continentales (conglomerados, depósitos de talud y aluviones); secuencias lacustres y hasta secuencias volcánicas.

En las porciones bajas localizadas entre las elevaciones topográficas conformadas por los pliegues que presentan las calizas, se depositaron secuencias de conglomerados, areniscas y hasta algunos materiales volcánicos; se reconocen con el símbolo Teob y se formaron en el Terciario inferior, aunque no afloran en los alrededores de Tecamachalco es muy probable que se encuentren sepultados por unidades más recientes.

Otra secuencia no expuesta en la superficie de las cercanías de Tecamachalco está constituida por rocas volcánicas asociadas al vulcanismo que dio origen a la Sierra Madre Occidental, están constituidas por lavas y tobas de variada composición, se identificaron en las secciones geológicas con el símbolo Tomv.

Cubriendo a las vulcanitas anteriores se observó en el flanco poniente del Techachales una secuencia de arcillas, tobas, diatomitas, entre otras litologías formadas en ambientes lacustres desarrollados en el Plioceno, se identifican con el símbolo Tpl.

Las rocas expuestas a la intemperie se degradan paulatinamente dando lugar paralelamente a la formación de otras unidades litológicas, dentro de ellas desatacan las secuencias de caliches y conglomerados que se forman a los pies de la sierra el Monumento asociadas fuertemente con el intemperismo de las calizas, se identifican con el símbolo TQcal.

Asimismo cuando esta degradación de las rocas produce materiales granulares y sumando estos a emisiones de tobas y otros materiales granulares transportados por la atmósfera, se originan depósitos de talud reconocidos en este trabajo por el símbolo TQt.

El Techachales tiene su origen en fenómenos volcánicos, en efecto en los inicios de Cuaternario y asociado a la actividad del Eje Neovolcánico Transmexicano, tienen lugar manifestaciones de vulcanismo muy cerca del extremo noroeste de la sierra el Monumento; el material ígneo proveniente del interior de la tierra aflora a la superficie a través de estructuras tectónicas (fallas), así se forma el volcán el Águila (Qivc) que en un solo ciclo de actividad dio origen a secuencias de cenizas y rocas pulverizadas (Qit) en erupciones más o menos violentas y posteriormente a secuencias de lavas que formaron finalmente la meseta del Techachales (Qiv).

En el extremo de la región estudiada se reconoció una secuencia de rocas sedimentarias continentales formadas casi completamente por carbonato de calcio, se trata de travertinos Qtr formadas por fenómenos asociados a la disolución de rocas calcáreas, pero muy probablemente influenciadas por otros fenómenos como los volcánicos.

Los fenómenos más recientes están relacionados con los fenómenos de degradación de las rocas; ya en el Cuaternario la degradación de las rocas da lugar a secuencias de arenas, gravas, limos y arcillas que se depositan en las porciones topográficas más bajas, como planicies, valles, barrancas y hondonadas, se identifican con el símbolo Qal; son estas secuencias las que coronan la columna litológica.

3.3. Geomorfología

En el municipio de Tecamachalco podemos encontrar una geomorfología variada que va de los mil 960 a los 2 mil 760 msnm, identificando grupos de acuerdo con las características de montañas, relieves y sistemas de pie de monte, cárstico y pluvial.

El relieve de Tecamachalco está dominado por dos elementos morfológicos principales: por un lado tenemos serranías alargadas formadas por pliegues orogénicos en sedimentos marinos, por otro lado tenemos extensas planicies que las separan. En los alrededores de Tecamachalco estas planicies presentan una ligera pendiente hacia el sur con elevaciones; mientras que al norte las elevaciones sobresalen de las planicies unos 500 a 600 m máximos.

Datos descriptivos del mapa de geomorfología del Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla nos indican que podemos encontrar abanicos proluviales, cuerpos de agua permanente y temporal, edificios volcánicos, elevaciones bajas o lomeríos, flujos de lava, laderas, llanuras de nivel de base, llanuras eólicas, llanuras lacustres, montañas, relieves y valles.

Las serranías alargadas se alinean en tramos ligeramente curvos y cóncavos hacia el sur, mostrando además cierto escalonamiento al norte hacia el Eje Neovolcánico, acusan un estado relativamente avanzado de erosión evidenciado por la red hidrográfica bien desarrollada que presentan y por sus cimas redondeadas.

Las planicies ocupan las porciones bajas de los valles ubicados entre las serranías plegadas y definen franjas paralelas interrumpidas por el fracturamiento tectónico; al norte de la sierra el Monumento presentan elevaciones que parten del flanco sur de la sierra de Soltepec a unos 2 mil 200 msnm y desciende con una pendiente ligera hacia el sur, hacia la sierra el Monumento, a cuyos pies la planicie alcanza los 2 mil 100 msnm; hacia el sur de Tecamachalco la planicie se presenta casi plana oscilando alrededor de los 2 mil msnm.

Además de estos dos elementos morfológicos principales se observan en las cercanías de Tecamachalco pequeñas elevaciones topográficas aisladas a manera de oteros que sobresalen apenas de la planicie, se trata de pequeños conos volcánicos.

Otros elementos del paisaje cercano están constituidos por complejos volcánicos mayores; específicamente el enorme cuerpo de La Malinche al noroeste del municipio presenta una forma cónica algo deformada con una base muy ancha y una altura relativamente baja, su forma se aprecia más suavizada por los extensos abanicos volcánicos que se prolongan desde su base en forma radial.

Geomorfológicamente se le considera a la región de Tecamachalco como una cuenca de tipo exorreico (con una salida hidráulica hacia el sureste) cuyos límites topográficos están constituidos por las sierras plegadas y por las de origen volcánico.

En la figura siguiente se presenta una imagen Google desde una altura en la que se puede apreciar el paisaje de Tecamachalco y sus alrededores.

GEOMORFOLOGÍA. VISTA DE LA REGIÓN DE TECAMACHALCO

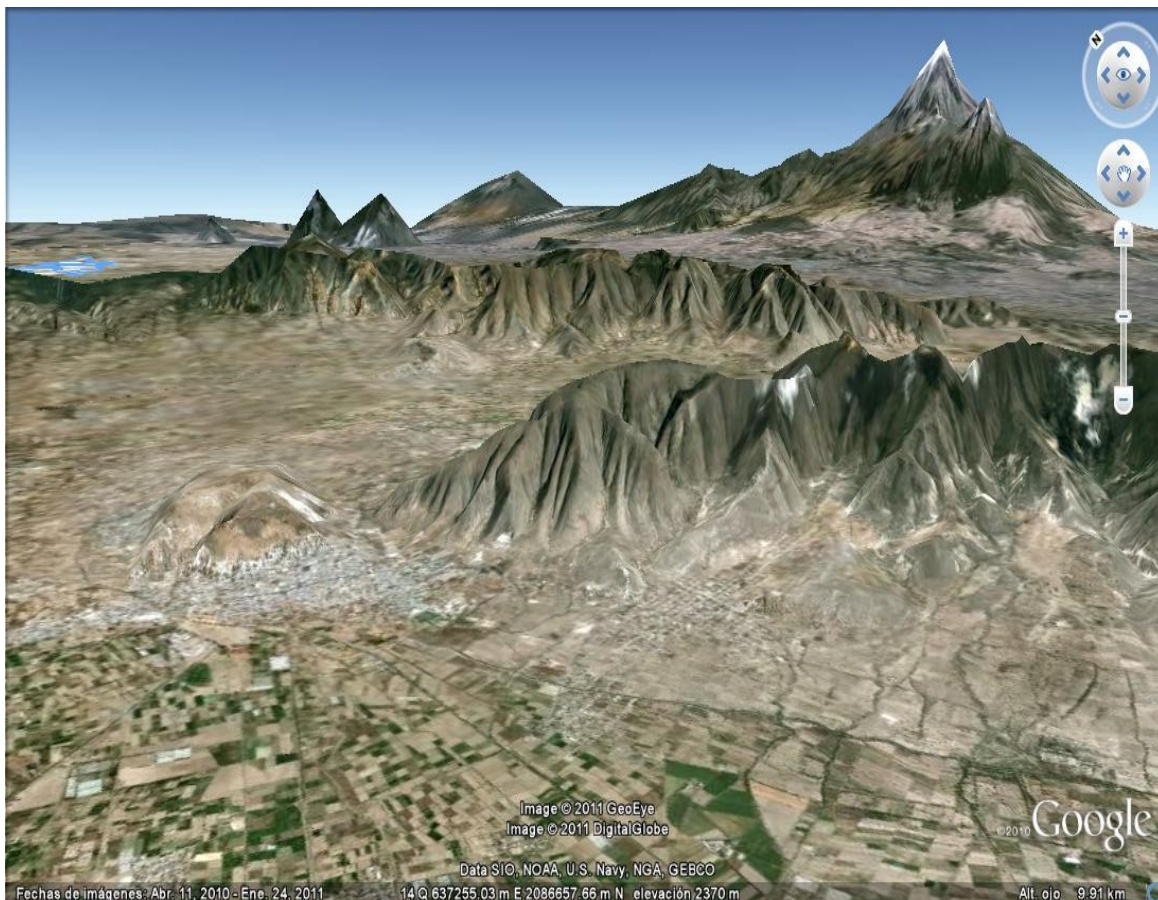


IMAGEN OBTENIDO CON GOOGLE DONDE SE HA EXAGERADO LA VERTICAL CON EL OBJETO DE ANALIZAR LA GEOMORFOLOGÍA DE LAS TRES ZONAS URBANAS MÁS IMPORTANTES DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUE. INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM, 2011.

La llanura lacustre endorreica o llano volcánico es la que se encuentra en un 50 por ciento del territorio, siendo estos susceptibles a procesos estacionales de inundación, se ubica en la parte centro-sur del municipio donde se aprecia la mayor cantidad de zonas agrícolas.

Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación. Se localiza en la parte sur del municipio con elevaciones de terreno que van de los 2 mil 10 msnm hasta los 2 mil 190 msnm, perteneciente al grupo del sistema pie de monte con una disección moderada; junto a este sistema de geoformas se encuentra el único relieve cárstico de circulación fluvial superficial con procesos de disolución en depresiones.

En la parte sur de la Sierra del Monumento, específicamente en la zona baja, se puede identificar el valle intermontano con moderada erosión remontante, encontrando en las cabeceras disección vertical y socavación, seguido después del valle aluvial con procesos de acumulación debido a un sistema fluvial de lechos amplios de fondo móvil y plano.

Sobre la parte alta del cerro Techachales se localiza una ladera modelada escasa asociada a relieve volcánico del cuaternario, de igual forma, en la parte media se encuentran elevaciones bajas o lomeríos de plegamiento.

En el sur-poniente del municipio se pueden encontrar valles aluviales con procesos de acumulación con lechos amplios de fondo, en la mayor parte de este territorio se localizan rampas acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación.

Se puede identificar en la parte oriente del municipio un flujo de lava (malpaís) de relieve volcánico asociado también a volcanes del cuaternario en un sector donde se ubica el ejido de Tecamachalco (*ver ilustración 2*).



MATERIALES ARROJADOS POR EL ÁGUILA; EN COLORES PARDO-ROJIZOS CENIZAS VOLCÁNICAS, BASALTO MACIZO FRACTURADO (GRISES).



DETALLE DE LA CALIZA MACISA QUE CONFORMA EN GRAN PROPORCIÓN A LA SIERRA DE EL MONUMENTO. FOTOS: GRUPO DE INGENIERÍA UNAM-CUPREDER BUAP.

3.4. Edafología

El suelo es el medio en donde las plantas obtienen los nutrientes que requieren para su desarrollo; por tanto, el conocimiento que se tenga de las características morfológicas, físicas y químicas de este elemento es de capital importancia para planear un uso más sustentable, especialmente de las actividades agrícola y pecuaria que son las que presentan mayor dominio en las actividades productivas del municipio de Tecamachalco.

El municipio de Tecamachalco presenta una enorme variedad de diversidad edafológica, por lo que se pueden identificar seis grupos principales de tipo de suelo que favorece principalmente a la agricultura (*ver ilustración 3*).

Xerosol: Se traduce como “suelo seco” o de regiones secas, tiene generalmente una capa superficial clara y delgada, con cantidades muy variables de materia orgánica según el tipo de textura que tenga. La vegetación natural que sustenta es compuesta por matorrales y pastizales, por lo que el uso pecuario es el más usual en el municipio. No obstante, si se tienen los cuidados adecuados, como una eficiente fertilización y un buen sistema de riego, el xerosol puede ser un suelo

excelente para los diversos cultivos, sobre todo para hortalizas y granos básicos. Estos suelos están presentes en la parte noroeste del municipio de Tecamachalco.

Cambisol: El cambisol es un suelo de color claro y desarrollo débil, el cual presenta cambios en su consistencia debido a su exposición a la intemperie, la capa superficial puede ser oscura, con más de 25 cm de espesor pero pobre en nutrientes. Este tipo de suelo ocupa una mayor superficie en el municipio y se sitúan de norte a sur en una franja que va desde el este al oeste de Tecamachalco hasta antes de llegar a las faldas de la Sierra del Monumento.

Litosol: Suelos muy superficiales, limitados en su profundidad por un estrato rocoso o tepetate de una roca dura continúa. En este caso, la escasa profundidad se debe al material de origen volcánico, a derrames lávicos que han dado las condiciones topográficas y las pendientes abruptas que no han permitido la acumulación y formación de las partículas de suelo a medida que éstas se forman. Las condiciones climáticas y la vegetación no han tenido gran influencia en el intemperismo de las rocas subyacentes -algunas veces muy resistentes- de las cuales se originan, por lo que están débilmente desarrollados y no presentan horizontes diagnósticos. Sus colores pueden variar dependiendo de la naturaleza de la roca madre y de la influencia, aunque pobre dada su juventud, de las condiciones ecológicas de la vegetación de la zona. Este tipo de suelo se encuentra principalmente en las zonas montañosas al oriente del municipio, localizados en la Sierra del Monumento y en otras zonas dispersas al suroeste. Este suelo es muy delgado, con un espesor de menos de 10 cm.

Rendzina. Suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en cal. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materias orgánicas y nutrientes. Estos suelos se localizan en la parte centro norte de la cabecera municipal de Tecamachalco entre San Mateo Tlaixpan y el cerro Techachales.

Vertisol. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que presentan en la época de sequía. Son suelos arcillosos de color café rojizo, pegajosos cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Ocasionalmente son salinos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva. Son suelos generalmente muy fértiles pero presentan problemas para su manejo debido a su dureza, y con frecuencia ocasionan problemas de inundación y drenaje. Presentan una baja susceptibilidad a la erosión. Estos suelos se encuentran en el extremo suroeste del municipio.

Regosol: Este tipo de suelo se localiza en áreas dispersas al noroeste del municipio. El regosol se caracteriza por no presentar capas distintas, y por lo general es gris claro y muy rico en carbonatos. Frecuentemente el regosol es un suelo profundo pero muy poco desarrollado, su fertilidad es variable y su uso agrícola esta principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presente pedregosidad.

3.4.1 Clasificación y características de los suelos representativos del municipio de Tecamachalco

Del trabajo de campo² realizado en Tecamachalco para la caracterización de la erosión, obtuvimos los siguientes rasgos específicos del suelo de este municipio.

Leptosoles réndzicos. Son someros (< 30 cm), con un horizonte A mólico de color pardo grisáceo oscuro (7.5YR5/2) en seco, y pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo; de texturas franca a franca arenosa, consistencia friable, estructura poliédrica subangular y granular de ligera a moderadamente desarrollada; moderadamente alcalinos, de raíces abundantes finas y medianas con espacio poroso muy fino y continuo, espacio poroso es abundante entre los agregados y moderado dentro de los agregados. Por debajo del horizonte aparece el material geológico, que en mayor proporción corresponde a calizas, tabla en anexos. Los factores limitantes para el desarrollo de esta unidad son el relieve de laderas y escarpes rectos con pendientes muy pronunciadas y la baja precipitación. Soportan una vegetación de tetecheras de *N.macrocephala*, matorral y matorral rosetófilo. Esta es la unidad dominante en gran parte de la zona y es el suelo representativo Cerro Techachales, respectivamente. El relieve, la pendiente y la alta pedregosidad limitan las actividades productivas. La heterogeneidad de su distribución hace que el grado de deterioro se encuentre entre degradado y moderadamente degradado, y tiene una extensión de **8,322.89777 km²**.

Regosoles calcáricos. Son suelos que provienen de materiales no consolidados excluyendo a materiales de texturas gruesas o que muestran propiedades flúvicas.

Contrariamente a lo que reporta Aguilera-Herrera (1970) para la zona, y de acuerdo con las características de diagnóstico de los vertisoles o andosoles y de propiedades sálicas (FAO, 1998), no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico o A úmblico y carecen de propiedades gléycas dentro de los primeros 50 cm. Son suelos que presentan homogeneidad en todas sus características ya sean físicas, químicas o morfológicas.

² Entre el 18 de agosto y el 14 de septiembre de 2011.

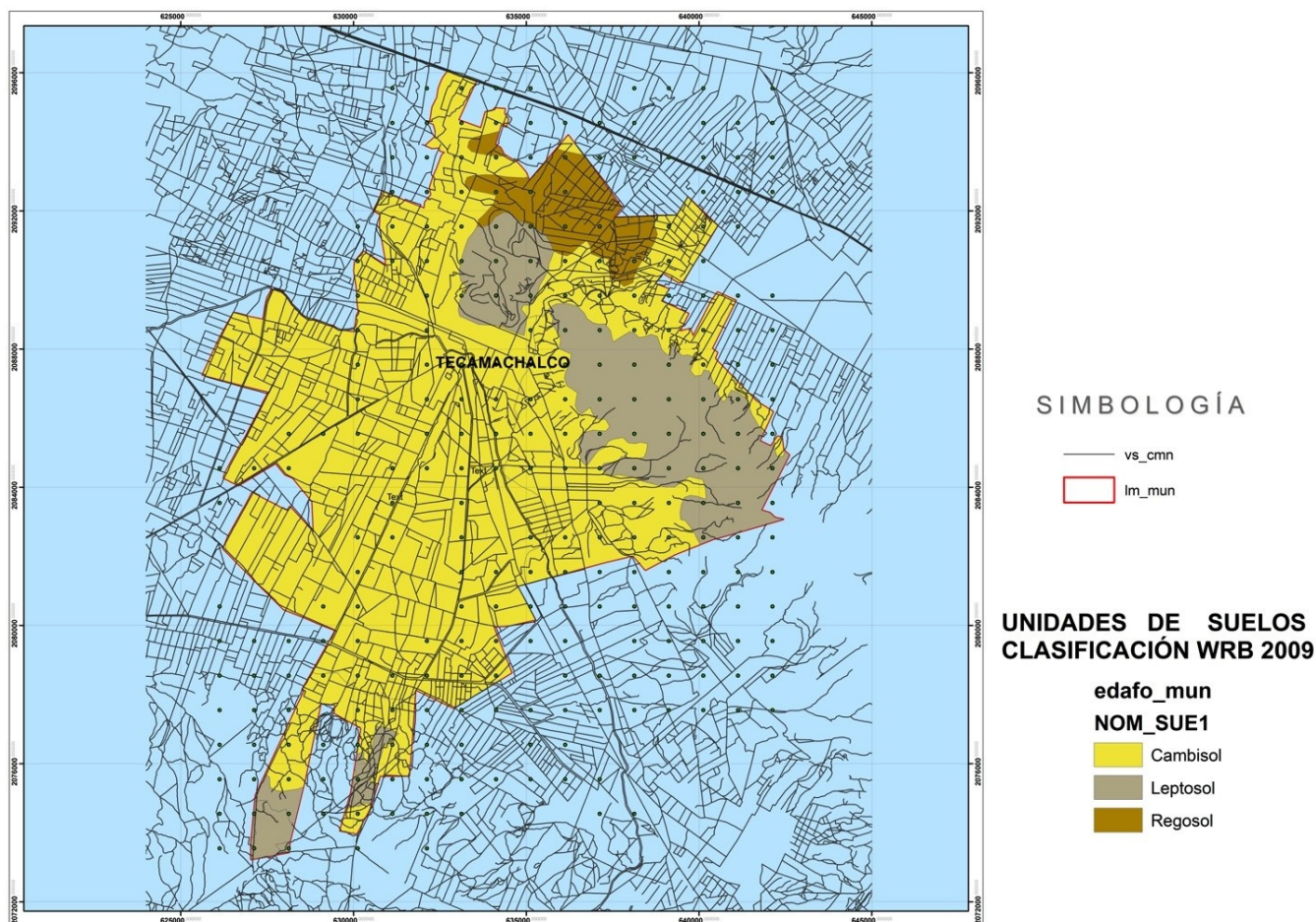
Estos suelos se encuentran sobre geoformas como planicies de inundación y antiguas terrazas aluviales, así como en laderas y lomeríos, especialmente en áreas de transición entre las terrazas y laderas. El rango de pendientes es de 2% a 10%, y en consecuencia los relieves fluctúan entre planos y ondulados. El basamento en el cual descansan está formado por sedimentos clásticos antiguos de diferente origen y por material regolítico derivado principalmente de lutitas y conglomerados calcáreos. La morfología de estos suelos es muy sencilla, pero sobre todo homogénea; en general se puede decir que son suelos de textura arenosa, bien drenados, profundos, formados a partir de materiales no consolidados relativamente estables y, a diferencia de los fluvisoles, éstos ya no siguen recibiendo aportes significativos de sedimentos. Presentan propiedades muy uniformes a lo largo de todo el perfil, sin desarrollo de horizontes pedogenéticos, los minerales que dominan son principalmente heredados del material parental y con un grado de alteración muy bajo. No obstante haber sido formados por eventos de depósito, no muestran estratificación debido a que los horizontes empiezan a mezclarse y homogeneizarse por procesos de redistribución y trans-locación; se les ha empleado para agricultura de temporal, y su grado de degradación es variable dependiendo del tipo de cobertura vegetal que presenten. Por otra parte, los suelos son más someros y arenosos, formados a partir de conglomerados, calizas y lutitas, y son muy susceptibles a la degradación por erosión hídrica al predominar las laderas cóncavas y rectas; soportan vegetación de matorral. De hecho se encuentran en la zona con mayores problemas de erosión, por lo que no tienen vocación agrícola y requieren de labores de conservación inmediata localizados en la parte norte en la población de Lomas de Romero y tienen una extensión de **1,051.9833 km²**, (ver ilustración 4).

Leptosoles líticos. Se reconocen por su escasa profundidad (<15 cm), por su composición mineralógica heredada del material parental, el cual consiste principalmente en caliza, y por su escaso desarrollo morfológico. Se caracterizan por ser poco profundos y por tener una coloración café (10YR 5/5) en el horizonte superficial. Muestran contenidos de materia orgánica que varían de bajos (menos que 2%) a altos (4.9%), debido a las diferentes formas de acumulación de la materia, favorecida por la pedregosidad y presentan reacción alcalina, la textura es franco arenosa para el horizonte superficial, tabla en anexos. De estructura variable entre granular a poliédrica subangular moderadamente desarrollada, poliédrica angular y laminar desarrollada; de compactación ligera, con raíces de frecuentes a escasas.

Conforme aumenta la profundidad se presentan intrusiones de roca de diferentes tamaños; la reacción a los carbonatos varía entre ligera y muy violenta. Estos suelos soportan una vegetación de tetecheras, destacando las especies *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-Trapani* y en otros sitios sostienen vegetación de selva baja perennifolia con espinas laterales. Entre las principales limitantes que tienen estos suelos están la elevada pedregosidad superficial, el relieve accidentado, la alta susceptibilidad a la erosión, la formación de cárcavas, la falta de agua, la elevada inestabilidad con alto riesgo al colapsamiento y deslizamiento. En definitiva, estos suelos no tienen capacidad de uso agrícola, pecuario, forestal y urbano. Este tipo de suelos es característico en el cerro El Monumento y tienen una extensión de **32,343.5607 km²** (ver ilustración 4).

El **cambisol cálcico** se encuentra en lomas de pendiente suave y en la parte baja de los cerros; fluctúa entre los 10 y 50 cm de profundidad, es poco pedregoso, la roca madre casi no aflora; sobre él crecen principalmente elementos de matorral en las partes altas. Existen también de pendiente suave y en el cauce principal de los escurrimientos, suelos de origen aluvial formados por cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas cuya capa de arena-arcilla tiene de 30 cm a 50 cm de profundidad, foto 4. Estos suelos, dada su riqueza en nutrientes, su cercanía a los cursos de agua y su escasa pendiente, han sido utilizados para establecer los principales campos de cultivos del municipio, con textura franco arcillosa y en contenido de materia orgánica es bajo, tabla en anexos y se localizan en la parte central y noreste, son los de mayor área, con una extensión de **136,221.18773 km²**.

ILUSTRACIÓN: UNIDADES DE SUELO



ELABORACIÓN: DICA/CUPREDER-BUAP CON VECTORIALES DE INEGI. 2011.

3.5. Hidrología superficial y subterránea

3.5.1 Hidrología superficial

Con base en las delimitaciones del acuífero la zona de estudio queda comprendida en las regiones del Papaloapan y del Balsas, con la siguiente distribución; el valle Esperanza desde la segunda unidad del Distrito de Riego hasta Tehuacán pertenece a la subcuenca del río Salado, emplazada en la Región Hidrológica No. 28, Cuenca del Río Papaloapan. La principal corriente de esta zona está representado por torrentes que nace en el estrechamiento formado por la sierra que limita lateralmente el valle Esperanza, formando un escurrimiento que con un rumbo norte sur cruza la cañada Morelos, incrementando su caudal a la altura del poblado de Miahuatlán, por el aporte de un pequeño tributario que se desarrolla a lo largo del valle Tepeaca-Tecamachalco, desde la unión de este afluente en adelante el río toma el nombre de río Salado, siendo el principal afluente del río Tonto, tributario del Papaloapan (*ver ilustración 5*).

La porción noroccidental del valle incluyendo la primera unidad del distrito de riego Valsequillo, al igual que la zona de Palmar de Bravo, queda comprendida dentro de la Región Hidrológica del Río Balsas (RH-18). Por su parte, las corrientes principales son el río Atoyac que desde la presa Manuel Ávila Camacho presenta un rumbo noroeste-sureste (NW-SE), hasta Molcaxac donde cambia su dirección hacia el noreste, a la altura del poblado de Tepeaca sobre su margen izquierdo recibe aportaciones de varios escurrimientos provenientes del norte y que se originaron desde la sierra de Soltepec (*ver ilustración 6*).

En el valle se carece de importantes corrientes superficiales, destaca solamente la Barranca El Águila, tributaria del Atoyac.

Administrativamente, el acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Balsas (Región Hidrológica No.18 Balsas) y al Organismo de Cuenca Golfo Centro (Región Hidrológica No. 28 Papaloapan).

Los escurrimientos en época de lluvias recorren el territorio, éstos provienen de la parte norte y sur donde sobresalen las principales serranías la del monumento al norte y de Tetzoyocan al sur.

Los principales sistemas que recorren el municipio son:

Canal de Tochtepec, como afluente principal tenemos la barranca Texahuapan.

Para el canal Águila Arenal los escurrimientos naturales que se unen son los de la barranca Quecholac, Barranca Nueva y la de San Jerónimo. El siguiente sistema es el del canal de San Nicolás que se nutre de la barranca Ocho Arcos, San Antonio, El Coyote, Conde, Alseseca, Cuata provenientes del cerro de El Monumento, para el Canal Tetzoyocan tiene aporte de la barranca Lindero proveniente del cerro de El Monumento. En el siguiente cuadro se mencionan las principales corrientes de agua que influyen en el territorio.

CORRIENTES DE AGUA

| Nombre | Ubicación | Nombre | Ubicación |
|---------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Canal Principal | RH18Ab | Barranca Alseseca | RH18Ab |
| Canal Tochtepec | RH18Ab | Barranca San Juan | RH18Ab |
| Canal Águila Arenal | RH18Ab | Barranca Ocho Arcos | RH18Ab |
| Canal Tetzoyocan | RH18Ab | Barranca San Antonio | RH18Ab |
| Canal San Nicolás | RH18Ab | Barranca la Topoya | RH18Ab |
| Canal San Isidro | RH18Ab | Barranca Cuata | RH18Ab |
| Barranca Quecholac | RH18Ab | | |

FUENTE: INEGI. CUADERNO ESTADÍSTICO MUNICIPAL. TECAMACHALCO. EDICIÓN 2006

En la faldas del cerro Techachales se construyeron drenes para captar aguas pluviales que afectaban la funcionalidad de las vialidades de los asentamientos de Tecamachalco y San Mateo Tlaixpan y desembocan en la barranca El Águila Arenal. Los drenes contruidos con la finalidad de tener un máximo de ocupación del territorio para fines agrícolas son los que se estructuran la zona agrícola al centro del municipio y recogen las aguas provenientes de distintas barrancas como la barranca ocho arcos, Tetzoyocan y el Arenal por desatacar las más importantes

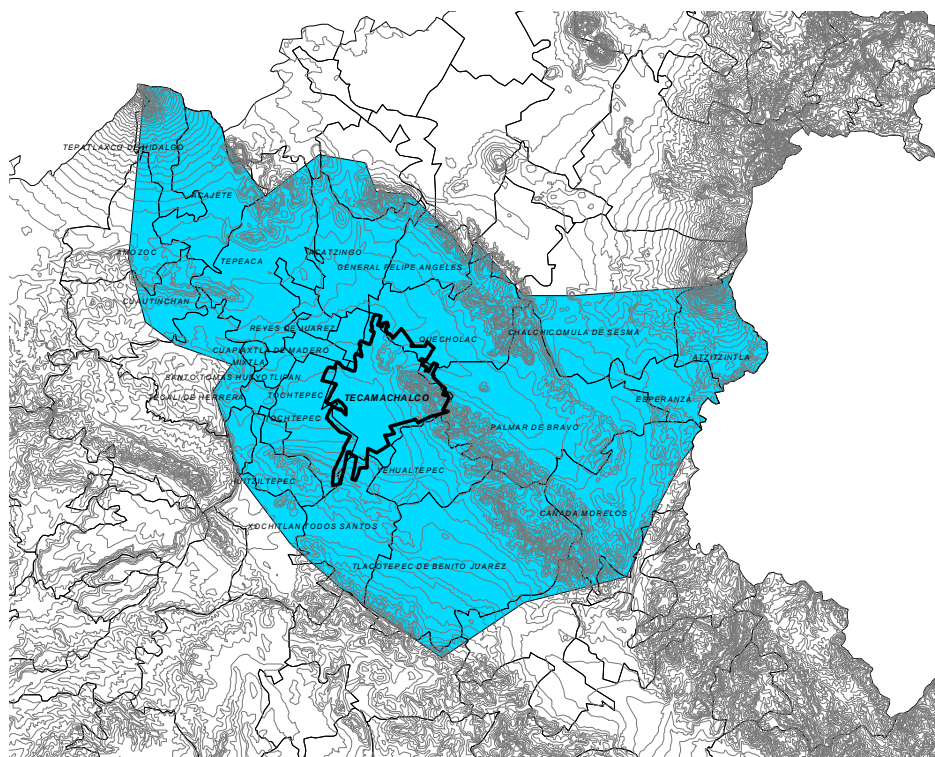
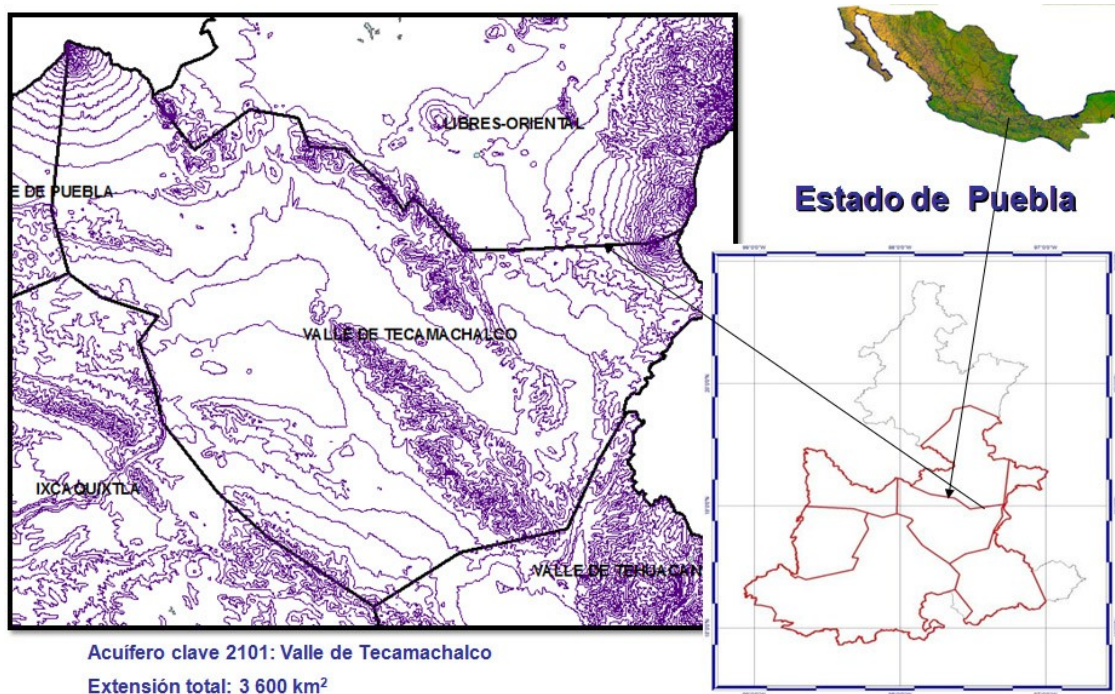
El Canal Principal de Riego del Distrito 30 recorre el municipio de oeste a sureste, sus corrientes son alimentadas fundamentalmente por la presa Manuel Ávila Camacho. El volumen de agua extraída de esta presa asciende a los 42,192 m³, volumen aprovechado para el cultivo de forraje. Por lo que se destaca la importancia de este elemento como parte importante del funcionamiento de la economía de las zonas rurales con actividad agrícola.

3.5.2 Hidrología subterránea

El acuífero del valle de Tecamachalco identificado con la clave 2101 se localiza en la porción central del estado de Puebla, a unos 20 kilómetros al oriente de la ciudad de H. Puebla de Zaragoza. Tiene una extensión superficial aproximada de 3 mil 600 km². Geográficamente, está limitado por los paralelos 18°32'20.1" y 19°13'45.8" de latitud norte, y por los meridianos 97°14'31.7" y 98°3'6.2" de longitud oeste (DOF, noviembre 2009).

El acuífero abarca los siguientes municipios:

Acajete, Acatzingo, Amozoc, Atoyatempan, Cuapiaxtla de Madero, Cuautinchan, Esperanza, General Felipe Ángeles, Huitziltepec, Mixtla, Molcaxac, Cañada Morelos, Palmar de Bravo, Quecholac, Los Reyes de Juárez, San Salvador Huixolotla, Santo Tomás Hueyotlipan, Tecali de Herrera, Tecamachalco, Tepatlaxco de Hidalgo, Tepeaca, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Tlacotepec de Benito Juárez, Tlenepantla Tochtepec, Xochitlán Todos Santos, Yehualtepec.



Los 27 municipios albergan a 728 mil 878 habitantes; el acuífero es explotado para fines agrícolas en 81 por ciento, para el uso público urbano 17.40 por ciento, uso industrial 0.40 por ciento y otros fines en 1.20 por ciento. Actualmente, muestra un desequilibrio entre la recarga y la extracción, de alrededor de 117 millones de metros cúbicos anuales. Los municipios en cuestión son: Acajete, Acatzingo, Amozoc, Atoyatempan, Cuapiaxtla de Madero, Cuautinchan, Esperanza, General Felipe Ángeles, Huitziltepec, Mixtla, Molcaxac, Cañada Morelos, Palmar de Bravo, Quecholac, Los Reyes de Juárez, San Salvador Huixolotla, Santo Tomás Hueyotlipan, Tecali de Herrera, Tecamachalco, Tepatlaxco de Hidalgo, Tepeaca, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Tlacotepec de Benito Juárez, Tlenepantla Tochtepec, Xochitlán Todos Santos, Yehualtepec.

En la región cubierta por el acuífero del valle de Tecamachalco no existen ríos de importancia que alimenten al acuífero o viceversa, es decir, no hay flujos base de importancia en la región. El acuífero valle de Tecamachalco es alimentado por la precipitación pluvial y por flujos subterráneos horizontales que en parte tienen su origen en el agua de lluvia que se infiltra en las partes altas y posiblemente por agua subterránea que se “fuga” por la parte sur del acuífero denominado “Oriental”, básicamente a través de la sierra de Soltepec (ver ilustración 7).

En estudios anteriores al año de 1975, prácticamente no se presentaban manifestaciones de sobreexplotación en el acuífero. Sin embargo, años después, con la construcción de un gran número de captaciones de agua subterránea y la concentración del bombeo de pozos, los niveles del agua subterránea comenzaron a descender, con lo que se incrementaron progresivamente los costos de bombeo, la reposición de pozos a profundidades cada vez mayores y los problemas asociados.

Ante la creciente demanda de agua se ha llegado a la necesidad de minar o aprovechar la reserva almacenada no renovable, lo que ha generado un impacto ambiental negativo que frena y compromete el desarrollo sostenible de los sectores productivos de la región.

Actualmente, el **déficit** en la disponibilidad media anual de agua subterránea, del orden de 68.37 millones de m³ anuales, pone en peligro el abastecimiento seguro a los habitantes de la zona, ya que el acuífero es la principal fuente de abasto.

El uso del agua a costa del almacenamiento subterráneo ha tenido como consecuencia efectos tales como: agotamiento del recurso, modificación del sistema de flujo subterráneo, desaparición de la mayoría de manantiales.

Las extracciones de las aguas subterráneas de acuerdo con el análisis de los estudios y datos existentes han ido incrementándose, en 1988 la extracción se estimó en 228 millones de m³/año, en 1999 de 283 millones de m³/a y actualmente **343 millones de m³/año**. En forma regional, la mayor parte de las extracciones se concentran en la zona del Distrito de Riego y la menor en la zona de Esperanza, con volúmenes similares en las zonas de Tepeaca y Palmar de Bravo.

Las recargas naturales que alimentan al acuífero provienen principalmente de agua de lluvia que se presenta en toda el área de estudio, a través de infiltración vertical. La lluvia que se infiltra en las partes altas del área, posteriormente se adiciona como flujos subterráneos horizontales que se presentan principalmente en las zonas norte y oeste del acuífero Valle de Tecamachalco, además de la Sierra del Monumento. De acuerdo a lo anterior se puede resumir que la recarga natural queda constituida por la recarga vertical producida por la infiltración de la lluvia y la recarga por flujo horizontal subterráneo.

Otro componente importante de la recarga al acuífero la constituye la originada por la infiltración de agua utilizada en los sistemas y áreas de riego y por las fugas en las tuberías de distribución de los sistemas de abastecimiento a núcleos urbanos. Las recargas inducidas por el uso del agua de riego comprenden las provenientes de agua subterránea y por las aguas superficiales provenientes del Distrito de Riego que son almacenadas y controladas a través de la Presa Manuel Avila Camacho.

El acuífero Valle de Tecamachalco también es alimentado por la precipitación pluvial y por flujos subterráneos horizontales que en parte tienen su origen en el agua de lluvia que se infiltra en las partes altas de la zona de estudio y posiblemente por agua subterránea que se “fuga” por la parte sur del acuífero denominado “Oriental”, básicamente a través de la sierra de Soltepec.

Por otro lado el acuífero presenta salidas de agua, las cuales se realizan prácticamente en forma de bombeo y una parte por medio de flujos horizontales subterráneos, localizados principalmente hacia los límites de la zona sur, en el valle denominado Tepeaca-Tecamachalco, con dos componentes, una parte a través de la cordillera Tenzo y del Cordón La Cuesta y otra parte hacia la zona de Tehuacán. En la región cubierta por el acuífero Valle de Tecamachalco no existen

ríos de importancia que alimenten al acuífero o viceversa, es decir no hay flujos base de importancia en la región, asimismo no existen efectos de la evapotranspiración sobre el acuífero en la zona de estudio, debido a las profundidades de los niveles estáticos.

3.5.3 Litología del acuífero

El Servicio Geológico Mexicano identifica las siguientes:

- Clave: KaceCz-Bro.
- Caliza Brecha Oligomítica. Material consolidado con permeabilidad media, este material lo encontramos en las cordilleras de El Monumento al norte y Tetzoyocan al sur del municipio.
- Clave Qhoal.
- Aluvión (arena, limo). Material no consolidado con permeabilidad alta. Lo podemos ver en el valle de Tecamachalco producto de aluviones de La Malinche recorre hasta llegar al valle de Tehuacán.

3.6. Climatología

El municipio de Tecamachalco tiene un solo tipo de clima: templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano Cb (w2)(i)w"g. Presenta un verano fresco largo, oscilación térmica menor a 5 °C y marcha anual de temperatura tipo Ganges. Es decir, el mes más caliente es antes del mes de junio. Con canícula que consiste en una disminución del patrón de lluvias a mitad del verano, generalmente la canícula se presenta entre los meses de julio y agosto (*ver ilustración 8*).

3.6.1 Temperatura media

La temperatura media anual en la cabecera municipal de Tecamachalco es de 16.8 °C (*ver ilustración 9*). Sin embargo de acuerdo con el análisis estadístico **el mes de enero es el más frío**, con una temperatura promedio de 13.4 °C, **seguido por el mes de diciembre** cuya temperatura promedio es de 14.3°C. El mes más cálido es mayo con una temperatura promedio de 19.3 °C, seguido por el mes de junio con un valor de 19 °C.

Las temperaturas máximas se registran durante los meses de marzo a agosto. Sin embargo, en ocasiones los valores son muy altos y en combinación con las condiciones del terreno generan el desarrollo y la intensificación de incendios forestales.

Según los datos obtenidos de la base de datos ERIC (Extracción Rápida de Información Climatológica) la temperatura más alta que se ha registrado en la cabecera municipal es de 38°C el día 4 de abril de 1945 y el día 29 de marzo de 1946. Existen otros valores extremos que se han registrado a lo largo del tiempo y oscila entre los 34°C y 37°C.

Durante los meses **de noviembre a febrero se registran las temperaturas más bajas** en la zona de estudio, como consecuencia de la llegada de los frentes fríos que ocasionan marcados descensos de temperatura y que favorecen la formación de heladas.

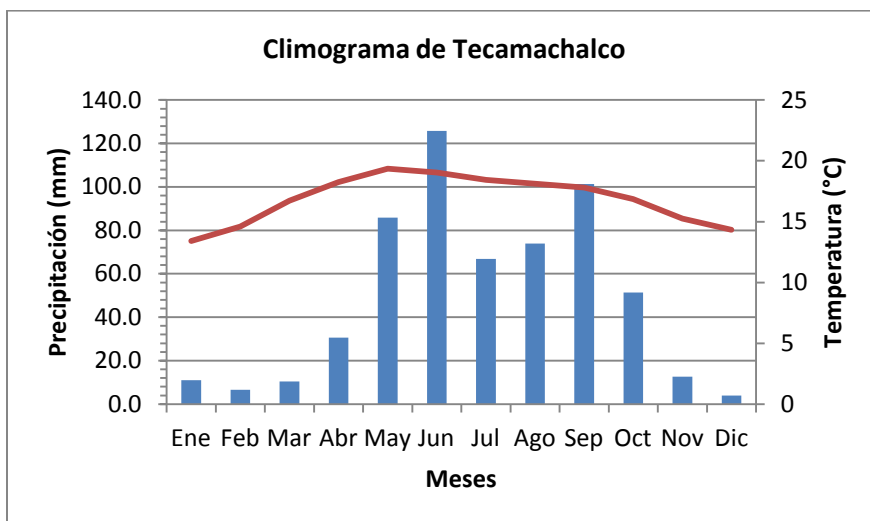
La temperatura mínima histórica registrada en la región es de -11°C el día 30 de enero de 1973 y de -9°C el 13 de enero de 1956, siendo éstos dos los valores más bajos que se han registrado en el municipio de Tecamachalco. Existen otros datos de temperaturas mínimas extremas que oscilan entre 1°C y -7°C.

3.6.2 Precipitación

En el municipio de Tecamachalco llueve **580 mm al año**. El **mes más lluvioso es junio** con 125.7 mm, **seguido de septiembre** con 101.3 mm (es decir, 101.3 litros por metro cuadrado). Se observa la presencia de **canícula** o sequía a mitad del verano, que consiste en la disminución del patrón de lluvias durante los meses de julio y agosto.

La precipitación máxima en 24 horas registrada en la zona de estudio fue de 80 mm el día 28 de agosto de 1979. Sin embargo, existen otras fechas durante las cuales la lluvia fue intensa comparada con los valores que normalmente se registran en la zona, que oscilan entre 40 mm y 70 mm. Ejemplo de estas lluvias más abundantes son el día 15 de octubre de 1971, y el 5 y 6 de junio de 1978 cuyo registro fue de 60 mm y 63 mm respectivamente. Hay otras fechas que serán detalladas más adelante.

La siguiente figura muestra el climograma de Tecamachalco, en el cual se muestra el comportamiento de la temperatura y la precipitación tal como se describió anteriormente.



ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

Fenómenos climatológicos regionales y locales que inciden en la zona

Por su localización geográfica el municipio de Tecamachalco se ve afectado por los diversos sistemas meteorológicos a lo largo del año.

Durante el **verano** los **sistemas tropicales** afectan la región. Los ciclones tropicales y las ondas tropicales son sistemas que aportan gran cantidad de humedad a la región y generan precipitación. Estos fenómenos meteorológicos tienen impacto en la zona de estudio durante los meses de mayo a octubre, meses en los que de acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas es cuando más llueve en la zona, ya que el resto del año la precipitación es escasa.

Los datos analizados muestran ciclones tropicales, depresiones, tormentas tropicales o huracanes afectan no directa pero sí indirectamente la región, al aportar humedad a la zona generando precipitaciones cuyo valor supera los registros normales.

Los **sistemas invernales** que determinan el tiempo en la región son los **frentes fríos** que tienen su origen en las rocallosas, al norte de Estados Unidos y sur de Canadá. Antes del paso del frente frío ocurre un evento de norte y a su paso precipitación, generalmente lloviznas, y después de que pasa el frente la masa de aire frío que lo impulsa ocasiona descenso de temperatura durante un lapso de dos días hasta una semana, dando lugar en muchas ocasiones al desarrollo de heladas dependiendo de la intensidad de la masa de aire frío.

Los meses durante los cuales los sistemas frontales afectan al municipio de Tecamachalco son de noviembre a abril. Aunque son sistemas que generan precipitación, en la zona de estudio no es tan significativo su impacto como el que generan las bajas temperaturas ya que por las condiciones geográficas del lugar propicia la formación de heladas que dañan considerablemente los cultivos y por ende la economía.

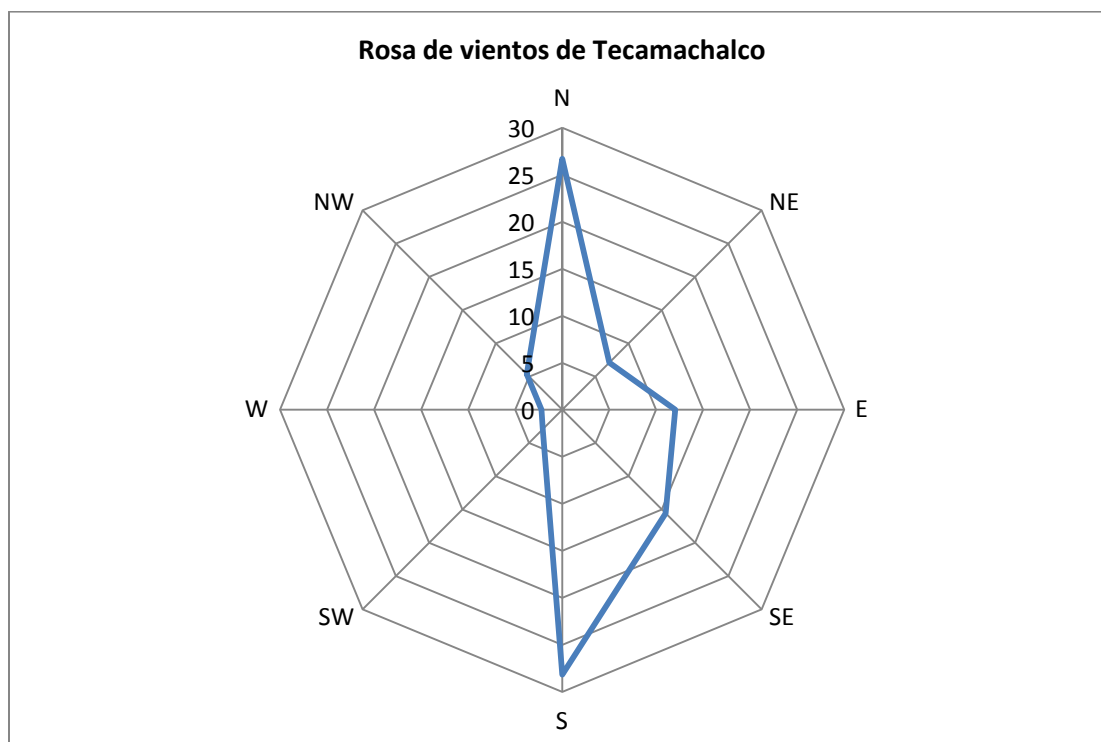
3.6.3 Vientos dominantes

Se analizaron datos de la dirección del viento durante el periodo de 1981 al 2010. Se observa en la figura siguiente que la **dirección de vientos dominante** es del **sur**; en promedio **88 días al año** (28%) se registran vientos de esta dirección. Mientras que **viento con dirección norte** se registra en promedio **83 días** (26%) al año, siendo más frecuentes durante los meses de noviembre a enero que coincide con la llegada de los frentes fríos, que como se mencionó anteriormente es una característica de estos sistemas, viento con dirección del norte antes de paso del frente.

La orografía influye en la dirección de los vientos; los cerros son una importante barrera que incluso determina la humedad que pueda llegar al municipio y que es transportada por las masas de aire.

La **velocidad del viento en promedio es de 20 km/h**. Sin embargo hay registros cuyo valor alcanza los 50 km/h que puede ser generado por el paso de algún sistema tal como una tormenta severa o un frente frío. Más adelante se

presentará un análisis más a detalle de la magnitud y dirección del viento y los sistemas que generan vientos cuyo registro supera el promedio.



ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

3.7 Uso de suelo y vegetación

El municipio presenta una vocación agroforestal de muchos años atrás, por lo que resulta difícil identificar el tipo de vegetación natural existente, pero en las zonas con menor presión antropogénica se puede identificar Matorral xerófilo (Rzedowski, 1998) como vegetación nativa.

El matorral xerófilo, es característico de las regiones de clima árido y semiárido del país, la precipitación media anual es inferior a 700 mm. La lluvia es escasa e irregular, con marcadas diferencias entre un año y otro. Esta vegetación se observa en todo tipo de condiciones topográficas, sin embargo ciertas condiciones geológicas y tipo de suelo pueden influir en forma notable la fisonomía y en la composición florística de las comunidades (Rzedowski, 1998).

La creencia popular es que este tipo de vegetación o ecosistema es desolado, sin embargo el 60% de las especies endémicas del país se localizan en este tipo de vegetación y es el centro de origen y evolución de muchos taxa (ej. Las cactáceas) (Challenger, 1998).

La baja productividad y la compleja ecología del matorral xerófilo lo hace considerablemente frágil a la perturbación antrópica, principalmente por el sobrepastoreo del ganado introducido y por el establecimiento de cultivos comerciales de riego que extraen el agua de los acuíferos a ritmos no sustentables, además de la contaminación por el abuso de plaguicidas y la acumulación de nitratos (Challenger, 1998).

La flora del matorral xerófilo en lo que se refiere a fisonomía y estructura presenta una enorme diversidad, debida a la notable variedad de formas biológicas y a la composición de las comunidades que pueden ser desde simples hasta muy complejas en cuanto a su nivel de organización. Durante la temporada seca, las comunidades constituidas por elementos de hoja decidua ofrecen una apariencia gris-negrizca, pero cuando se incluyen en su composición especies perennifolias o cactáceas de gran tamaño, el semblante es considerablemente diferente (Rzedowski, 1998).

MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO (MDR). En este matorral predominan especies con hojas agrupadas en forma de roseta. Los elementos más característicos son especies de *Agave*, *Hechtia* y *Dasyllirion*, que forman un estrato

subarbutivo espinoso y perennifolio a menudo bastante denso (Rzedowski, 1998). En el estrato superior se observa la presencia de algunas plantas arborescentes como *Yucca periculosa* con alturas de hasta 7 m., además de las rosetófilas *Nolina longifolia* (sotole) y *Dasyllirion lucidum* (cucharilla), las que en algunas partes de ladera se presentan en abundancia. Los arbustos más fuertes y notables en estas comunidades vegetales son las siguientes: *Amelanchier denticulata*, *Bouvardia longiflora*, *Castilleja tenuiflora*, *Forestiera rotundifolia*, *Havardia leptophylla*, *Mimosa lacerata*, *Quercus frutex*, *Rhus mollis*, *Zaluzania augusta*, *Salvia keerlii* y *S. thymoides*. Las rosetófilas que sobresalen en la comunidad corresponden a *Agave stricta*, *A. kerchovei*, *A. salmiana* y *Hechtia glomerata*.

El estrato herbáceo se encuentra representado en los terrenos abiertos y de suelo más profundo por la especie *Asphodelus fistulosus* (cebollaja), una planta introducida, originaria de España y tal vez escapada de algún cultivo, desarrollándose bastante bien en las laderas de los cerros. En los terrenos de cobertura vegetal densa se registra la presencia de las especies siguientes: *Astrolepis sinuata*, *Ageratum sp.*, *Chrysactinia mexicana* (calanca), *Echeveria coccinea*, *Eupatorium calophylla*, *E. espinosarum*, *Dyssodia papposa*, *Lamoureauxia dasyantha*, *Ipomoea thyrianthina*, *Muhlenbergia robusta*, *Loeselia coerulea*, *Piqueria pilosa*, *Stevia ovata*, *S. salicifolia* y *Stipa constricta*.

El matorral desértico rosetófilo es de amplia distribución en el territorio nacional, sin embargo, pueden mencionarse algunas especies raras, endémicas, o consideradas bajo algún criterio de protección según la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2001- Protección ambiental; que se encuentran en la zona del Filo de Tierra Colorada, dentro del municipio de Tecamachalco: *Ferocactus haematacanthus*, *Mammillaria napina*, *M. oteros*, *M. pectinifera*, *M. tepexicensis*, *Sapium macrocarpum*, *Agave lurida*, *A. titanota*, *Beaucarnea gracilis*, *Dasyllirion acrotriche*.

MATORRAL CRASICAULE (MC): En este grupo se incluyen aquellas comunidades arbustivas de tallo suculento como las cactáceas, dominando la fisonomía del paisaje. Un elemento común de este tipo de vegetación en el municipio de Tecamachalco son las especies del género *Opuntia*.

3.7.1 Uso actual del suelo

En el municipio se identifican los siguientes usos de suelo:

AGRÍCOLA DE TEMPORAL: Se localiza sólo en determinadas zonas del municipio, pero en el sentido amplio aún es una práctica sobresaliente en términos de superficie.

AGRÍCOLA DE RIEGO: lo constituye el uso más extendido en el municipio; cubre la mayor parte de la planicie central.

ASENTAMIENTO URBANO: los asentamientos con mayor crecimiento son Tecamachalco, San Mateo Tlaixpan y Santiago Alseseca.

MATORRAL CRASICAULE Y MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO: Vegetación nativa relegada a las cordilleras montañosas presentes en el municipio.

MATORRAL CRASICAULE Y MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA: Se considera secundaria a toda aquella vegetación que se desarrolla después de un disturbio (natural o humano) como resultado del proceso de sucesión secundaria, tras pasar por diversos estadios.

PASTIZAL INDUCIDO: Es resultado de la perturbación que produce el hombre al abrir zonas para sostener diferentes tipos de ganadería extensiva.

SUPERFICIE OCUPADA POR LOS DIFERENTES TIPOS DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SENTIDO AMPLIO Y PARA EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO

| Uso | Sentido amplio (Has) | Municipio de Tecamachalco (Has) |
|---|----------------------|---------------------------------|
| Agrícola de Temporal | 23887.684 | 3954.271 |
| Agrícola de Riego | 22912.484 | 7811.562 |
| Asentamiento Urbano | 4212.690 | 1370.194 |
| Matorral Crasicaule | 2381.589 | 554.981 |
| Matorral Crasicaule con vegetación secundaria | 1198.333 | 0.047 |
| Matorral Desértico Rosetófilo | 3799.231 | 758.038 |
| Matorral Desértico Rosetófilo con | 2502.195 | 1845.441 |

| | | |
|-----------------------|-----------|-----------|
| vegetación secundaria | | |
| Pastizal Inducido | 2105.792 | 1647.760 |
| Total | 62999.998 | 17942.294 |

FUENTE: INVENTARIO NACIONAL FORESTAL 2000-2002.

3.8 Áreas Naturales Protegidas

Como se muestra en la tabla anterior y a pesar del marcado deterioro y pérdida de la vegetación natural en el valle del municipio, se tiene una importante superficie de áreas susceptibles a considerarse áreas naturales protegidas o bien para establecer medidas de preservación ecológica. Dos de ellas son el cerro Techachales y la cordillera El Monumento en la cual se encuentra el cerro El Nacimiento. Este último se considera de gran relevancia por contener una gran riqueza natural, histórica-arqueológica, cultural y paisajística.

La presencia de una gran diversidad de flora y fauna catalogada como endémica resalta su importancia para mantener los esfuerzos para la conservación y protección de estas zonas.

Por otra parte lo extenso y lo alto de esta serranía, permite que funcione como una barrera de protección contra los vientos provenientes del Norte.

En el municipio destaca una zona en la Sierra de la Meseta perteneciente a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. El municipio de Tecamachalco tiene una superficie aproximada de 1,475.5 hectáreas dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, es el municipio más septentrional de la reserva y se ubica esta superficie entre los siguientes vértices de acuerdo al Artículo Primero del Decreto por el que se declara a la Región de Tehuacán-Cuicatlán como Área Natural Protegida (ANP) con el carácter de Reserva de la Biosfera (DOF, 18 de septiembre de 1998).

La porción del municipio de Tecamachalco que se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán forma parte de la subregión Filo de Tierra Colorada. De acuerdo al mapa de vegetación y uso del suelo elaborado por Carranza en el 2003, para calcular la tasa de transformación del hábitat en esta ANP. De acuerdo a este estudio el tipo de vegetación presente en esta zona es el Matorral Xerófilo, con predominancia de Matorral Desértico Rosetófilo, mismos que se han descrito anteriormente (*ver ilustración 10*).

COORDENADAS DEL POLÍGONO DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN QUE SE INCLUYE EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO.

| No. de Vértice | Coordenadas UTM | | Coordenadas geográficas | | RAC | Distancia m |
|----------------|-----------------|-----------|-------------------------|--------------|---------------|-------------|
| | X | Y | Latitud N | Longitud W | | |
| 202 | 639,922.625 | 2'080,382 | 18°48'44.20" | 97°40'20.64" | N21°37'11"W | 7136.02 |
| 203 | 637,293.375 | 2'087,016 | 18°52'20.62" | 97°41'8.77" | N 45°50'26" E | 704.79 |
| 204 | 637,799.000 | 2'087,507 | 18°52'36.46" | 97°41'31.36" | S56°40'66"E | 8503.21 |
| 205 | 644,904.375 | 2'082,832 | 18°50'2.63" | 97°37'29.80" | | |

FUENTE: PMDUST, 2010

3.9 Problemática ambiental

El deterioro está asociado a dos conceptos, resistencia y resiliencia, el primero muestra la habilidad de una unidad territorial para evitar desplazamientos desde el lugar inicial o estado de equilibrio dinámico. A mayor resistencia, menor capacidad de movilización, y a menor resistencia, mayor movilidad. El segundo concepto considera la capacidad de retorno al estado inicial a pesar del impacto recibido. A esta condición de extensión y retorno se le llama elasticidad, y la velocidad con la cual regresa se le denomina resiliencia. El deterioro de manera general se considera intrínseco a la unidad territorial a enfrentar agentes de cambio, basados en la fortaleza propia de los componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio (PMDUST, 2011).

La condición de irreversibilidad-reversibilidad también se encuentra fuertemente relacionada con las categorías de deterioro. En caso de efectuarse impactos sobre terrenos muy frágiles, la reversibilidad a la condición original es

prácticamente imposible o puede tardar demasiado tiempo para recuperarse. Los sitios con bajo deterioro se pueden recuperar, aún cuando existan impactos considerables (PMDUST, 2011).

La degradación o deterioro ambiental puede ser la causa de una pérdida de resiliencia de los ecosistemas, la cual los hace más propensos a sufrir impactos y transformaciones con la ocurrencia de algún fenómeno físico peligroso. Además de representar un problema ambiental que disminuye la capacidad de las especies para subsistir, incluido el ser humano. Esta degradación ocurre de diferentes formas y se manifiesta en una disminución de su diversidad biológica y en los bienes y servicios que ofrecen los diferentes ecosistemas (PMDUST, 2011).

La degradación de los ecosistemas se debe en gran medida a las actividades antrópicas que causan la sobreexplotación de los recursos, que aun sirviendo a un propósito económico de corto plazo, en el mediano y largo plazos tiene efectos directos y negativos sobre el bienestar social. Los ecosistemas, con un adecuado manejo y uso, representan una fuente de riqueza para la sociedad y de allí la importancia de conservarlos en buenas condiciones. Sin embargo, las perturbaciones ambientales son producto de la necesidad del ser humano por mejorar su estándar de vida, sin embargo, los resultados colaterales son irremediables: pérdida de tierras de cultivo, desaparición o disminución de ecosistemas, contaminación ambiental y organismos resistentes a diversos controles (Glynn-Henry y Heinke, 1999).

La urbanización y el establecimiento de diversas industrias son la causa principal del deterioro ambiental, afectando directamente los recursos naturales ocasionando impactos a diferentes escalas.

Las zonas semiáridas de nuestro país son inherentemente frágiles a la perturbación antropogénica en gran escala (Challenger, 1998). La importancia biológica y ecológica de estas zonas es que constituyen el centro de origen y evolución de muchos *taxa*. Esta zona se ha empleado a lo largo del tiempo para establecer cultivos de riego en los cuales se erradica por completo la vegetación natural.

En el municipio de Tecamachalco se localiza una de las más importantes comunidades de zonas áridas de nuestro país que corresponde al Valle de Tehuacán y hoy se encuentra decretada la Reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Una pequeña porción de la misma se localiza en Tecamachalco.

Suelo y agua constituyen el factor más importante del tipo, complejidad y productividad de los ecosistemas, los que a su vez proveen de la mayor parte de sus satisfactores. Frecuentemente se obvia la presencia de ambos recursos, sin valorarlos en toda su magnitud; es por ello que hay mucho por hacer, tanto para revertir los daños causados como para mejorar su conservación y utilización (Enkerlin, et al. 1997). Es por ello que estos recursos se consideran los mejores indicadores para determinar el deterioro ambiental en el municipio de Tecamachalco.

Un indicador de salud o deterioro ambiental es la calidad del aire, desafortunadamente en ninguna estancia se tienen registros sobre este elemento; por lo que una recomendación es solicitar a la instancia correspondiente, en este caso la Secretario de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT), mediciones periódicas de la calidad del aire.

Agua

Se calcula que en la Tierra existen alrededor de 1'385,000,000 km³ de agua, de los cuales el 97.3% es salada, el 2.08% se encuentra congelada en los polos y solo una pequeña parte está disponible para nuestras necesidades (Jiménez-Cisneros, 2005). La renovación de este recurso se lleva a cabo a través del ciclo hidrológico. Por precipitación cae 28% del agua en la tierra y el 72% en el mar. Del agua que cae en la tierra: 7% se percola a los acuíferos; 8% va al mar por escurrimientos y, el 13% restante, regresa a la atmósfera por evaporación (cuerpos de agua) y evapotranspiración (cubierta vegetal) (Jiménez-Cisneros, 2005).

El 67% del territorio mexicano es árido o semiárido y solamente el 33% es húmedo o subhúmedo. En el norte y altiplano central (regiones que representan más de la mitad del territorio nacional) se registra casi el 20% del escurrimiento medio anual y es allí donde se encuentran las dos terceras partes de la población, la mayor parte de la industria y las zonas agrícolas. Así, aun cuando el balance global del país es positivo, los balances regionales en casi la mitad del territorio muestran un déficit considerable (Jiménez-Cisneros, 2005).

La contaminación del agua se puede clasificar de varias maneras: por escurrimiento (puntual o localizada), por el contaminante químico (orgánica e inorgánica), físico (radiación, altas temperaturas) o biológico y finalmente por el impacto al medio ambiente (tóxico o no tóxico).

La problemática del agua en el valle de Tecamachalco reviste dos sentidos, la escasez del agua y su contaminación. Lo primero se refiere a la capacidad del acuífero que se localiza en el municipio y se reconoce como uno de los más

explotados en el país y actualmente se encuentra en veda, y se calcula que presenta un déficit de más de 68 millones de metros cúbicos por año.

En el municipio se presentan diversos sistemas de barrancas en los cuales desembocan los drenajes de los diferentes centros urbanos del municipio. Dependiendo de su lugar de procedencia manifiestan una serie de características cualitativas que hacen suponer el contenido de diversas sustancias contaminantes; esto representa no sólo un deterioro del ambiente sino un potencial peligro de salud dada la importancia de este recurso y que la creencia general es que hervir el agua es suficiente, pero casi ningún químico pierde su efecto con esta práctica.

Suelo

Las rocas constituyen el material de origen del suelo, que al fragmentarse como resultado de diversos procesos de intemperización y a la desintegración gradual que origina el establecimiento de diversos organismos, que aceleran la formación del suelo. La cubierta vegetal participa tanto en el proceso de formación del suelo como en el de protección. No sólo funciona como sostén a través de las raíces, sino que, además amortigua la velocidad de las gotas de lluvia, permitiendo la infiltración o la formación de manantiales con un mínimo arrastre de sólidos suspendidos. De esta manera en condiciones no alteradas de los ecosistemas, la cubierta vegetal facilita el equilibrio entre la formación del suelo y la pérdida del mismo.

La interacción de todas las variables involucradas en el proceso de formación y pérdida de suelo es compleja, sin embargo, cada vez resulta más evidente que diversas actividades del hombre derivan en una situación en la que la tasa de pérdida de suelo supera el de su formación, desestabilizando peligrosamente su equilibrio natural. Algunos procesos de deterioro del suelo son la degradación de la cubierta vegetal, la erosión, la salinización, la degradación física, la degradación biológica, la degradación química y cuyos efectos son el deterioro de la flora y fauna, desequilibrio del ciclo hidrológico, disminución de la diversidad, disminución de la capacidad alimentaria y maderera, contaminación, inundaciones y azolve de infraestructura, incremento del albedo debido al polvo resultante de la erosión, entre otros.

En el municipio de Tecamachalco una de las principales causas de deterioro del suelo es la erosión, ésta básicamente es ocasionada por la pérdida de cobertura vegetal, de tal manera que tanto el agua y el viento ejercen la influencia necesaria para degradar este recurso.

Los estudios realizados y descritos con mayor detalle en los apartados correspondientes, determinan diferentes grados de erosión donde la erosión hídrica presenta el mayor grado de afectación a los suelos dentro del municipio principalmente en las laderas de los cerros Techachales y El Monumento; mientras que el efecto de la erosión por viento presenta grados de media a baja y se consideran principalmente las tierras bajas que tienen cultivos anuales.

La contaminación del suelo es otro factor que favorece el deterioro de los recursos debido a la aplicación directa de químicos tales como pesticidas y fertilizantes, a la disposición de residuos antropogénicos, a derrames accidentales y a la deposición de contaminantes atmosféricos.

Los lugares donde se lleva a cabo la mayor contaminación del suelo son las industrias, centros poblacionales, sitios de almacenamiento, vehículos de transporte de químicos y en sitios de disposición “final” de residuos municipales e industriales.

En el municipio de Tecamachalco no se encuentra ningún relleno sanitario intermunicipal; es común encontrar depósitos de basura a cielo abierto, que según comentarios de la población llegan a ser molestos por el mal olor que desprenden, particularmente el de las industrias que se dedican a la crianza de aves. Es común también encontrar desechos clínicos en barrancas. Todo esto no sólo representa un deterioro al ambiente, sino peligros potenciales de salud para la población.

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

4.1. Elementos demográficos

4.1.1 Dinámica demográfica

El municipio de Tecamachalco en las últimas seis décadas multiplicó su población casi por seis veces, un incremento de 566 por ciento, mientras que para el total del estado creció en este mismo periodo el 355 por ciento. Sin embargo es evidente según la tabla siguiente que la década de los años setenta es la de mayor crecimiento, pues alcanzaron tasas anuales de casi 5 por ciento, todo esto principalmente por la instalación en el municipio de granjas avícolas así como la industria del cuero, entre otras en esa década, lo que atrajo población de otros municipios en busca de trabajo.

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO MUNICIPAL DE TECAMACHALCO

| Tecamachalco | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Población | 12,638 | 16,752 | 21,284 | 31,330 | 43,369 | 59,177 | 71,571 |
| Tasa de Crecimiento (%) | | 32.6 | 27 | 47.2 | 38.4 | 36.5 | 21 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CENSOS DE INEGI.

4.1.2 Pirámide de edades y estructura de la población

Tecamachalco es un municipio con una estructura poblacional principalmente de jóvenes, el 54.5 por ciento es población menor a los 25 años; en este rango la relación entre mujeres y hombres es casi idéntica, sólo medio punto porcentual a favor de las mujeres. En el rango de los 25 y 59 años representan el 39 por ciento, donde las mujeres tienen el 53.8 por ciento y los hombres el 46.2 por ciento. Este rango es prácticamente la población productiva en términos económicos.

RANGOS DE POBLACIÓN DE TECAMACHALCO

| Rangos de edad | 0 a 24 años | | 25 a 59 años | | 60 y más años | |
|----------------|-------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|
| | absolutos | relativos | absolutos | relativos | absolutos | relativos |
| Hombres | 19,284 | 49.5 | 12,904 | 46.2 | 2,137 | 45.9 |
| Mujeres | 19,650 | 50.5 | 15,014 | 53.8 | 2,511 | 54.1 |
| Total | 38,934 | 54.5 | 27,918 | 39.0 | 4,648 | 6.5 |

EN GRIS, EL RANGO DE POBLACIÓN QUE SE CONSIDERA PRODUCTIVO EN TÉRMINOS ECONÓMICOS. FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER, CON DATOS DE CENSO INEGI 2010.

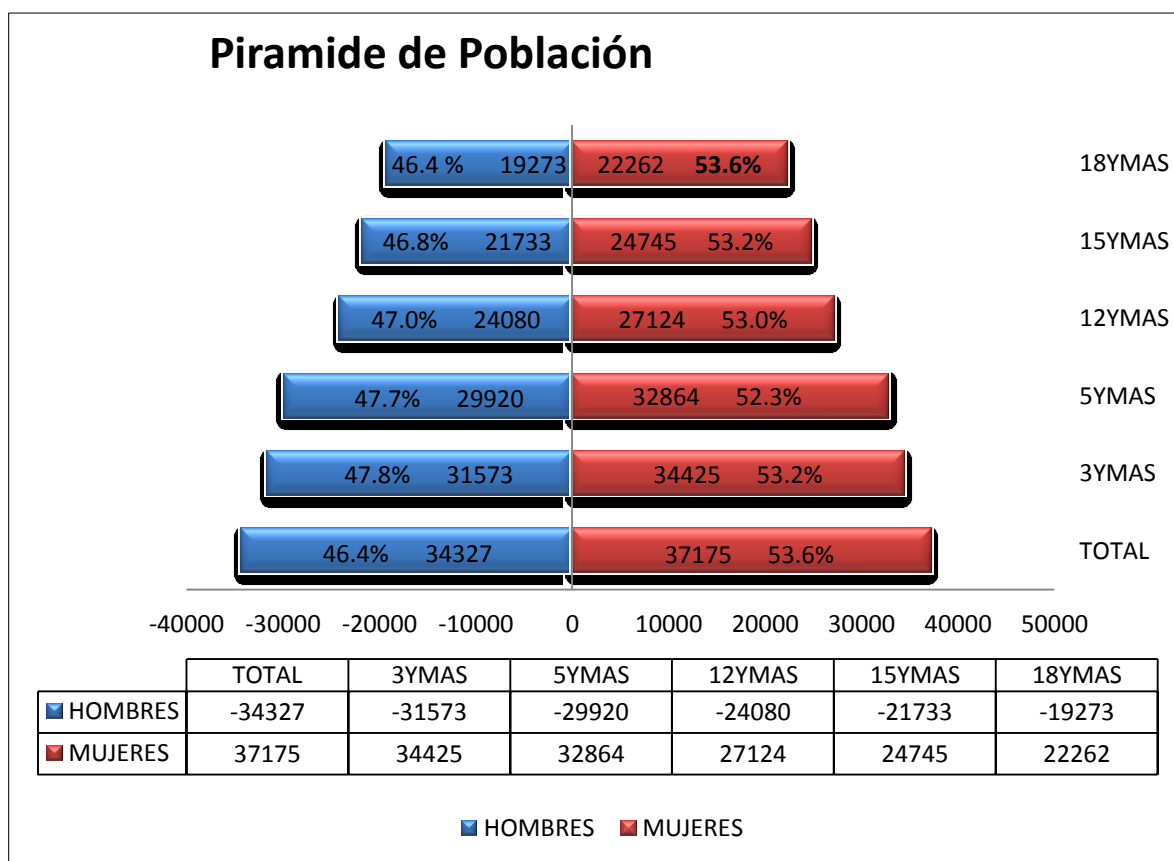
El rango de 60 años y más concentra el 6.5 por ciento de la población total, donde la diferencia entre hombres y mujeres se incrementa en más del 4 por ciento, todo esto según datos de INEGI Censo de 2010.

Del total de la población actual, el 52 por ciento son mujeres; sin embargo, hasta los 12 años de edad la población masculina es ligeramente mayoritaria, pero después de esa edad la población se hace mayoritariamente femenil; este quiebre de la estructura de la población coincide justamente donde la población se enrola a la Población Económicamente Activa (PEA), lo que hace suponer que existe un sector masculino que emigra por cuestiones laborales entre otros factores que alteran la relación hombres-mujeres en el municipio tal como las mortandad por accidentes que siempre es mayor en los hombres.

En el año 2010 había 2 mil 840 mujeres más que hombres. Sin embargo, en los rangos más productivos de 18 años y más, por ejemplo, la diferencia se incrementa hasta en 3 mil hombres menos. Este dato demuestra que si bien Tecamachalco es una ciudad que está atrayendo fuerza de trabajo regional y es un polo de desarrollo, también está

expulsando población económicamente activa a otros lugares, principalmente desde las juntas auxiliares y desde el resto de la comunidades donde la oportunidad de tener un empleo es menor y se ven obligados a buscar trabajo en el exterior de su municipio.

PIRÁMIDE DE POBLACIÓN. TECAMACHALCO. 2010



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CENSO INEGI 2010.

Podemos concluir que la población del municipio de Tecamachalco es joven, los niños menores a los 12 años representan el 28.4 por ciento. Por otra parte la estructura de la población para Tecamachalco nos dice que entre más crece la población, más predomina la femenina. Con datos recabados en campo se puede concluir que la población femenina adquiere importancia y la política pública debe de tomar en cuenta esta situación para enfrentar los problemas de migración.

4.1.3 Distribución de la población

La población municipal se encuentra distribuida en 65 localidades de acuerdo al censo de 2010, 17 tienen más de 500 habitantes, nueve son de más de mil, 37 son menores a quinientos habitantes con al menos 2 viviendas, 11 de ellas sólo tienen una vivienda, que generalmente son casas aisladas, y sólo tres rebasan los 5 mil habitantes.

DISTRIBUCIÓN DE LAS LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO 2010

| LOCALIDADES | Características |
|-------------|--|
| 65 | Según INEGI 2010 |
| 11 | con una vivienda |
| 54 | más de 2 viviendas |
| 17 | mayores a 500 habitantes |
| 37 | menos de 500 habitantes con más de 2 viviendas |
| 3 | con más de 5 mil habitantes |
| 9 | más de mil habitantes |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CENSO INEGI 2010.

El municipio creció más en el último lustro que el anterior pues de 2005 a 2010 se incrementó la población en 11.2 por ciento, lo que equivale a que cada año aproximadamente habitan el municipio mil 440 personas más. El 40 por ciento de la población municipal se concentra en la cabecera y los tres principales centros de población, incluyendo las juntas auxiliares de San Mateo Tlaixpan y Santiago Alseseca, llegan al 65 por ciento lo que muestra el grado de concentración de la población municipal.

LOCALIDADES MAYORES A 500 HABITANTES EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO.

| Localidades | Año 2000 | Año 2005 | Año 2010 | Diferencia 2000-2005 | % | Diferencia 2005-2010 | % |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------------------|-------|----------------------|------|
| Total Municipal | 59,177 | 64,380 | 71,571 | 5203 | 8.8 | 7,191 | 11.2 |
| Tecamachalco | 24,108 | 25,797 | 28,679 | 1689 | 7.0 | 2,882 | 11.2 |
| San Mateo Tlaixpan | 8,301 | 9,484 | 10,513 | 1183 | 14.3 | 1,029 | 10.8 |
| Santiago Alseseca | 5,966 | 6,893 | 7,744 | 927 | 15.5 | 851 | 12.3 |
| Santa Rosa | 3,063 | 3,278 | 3,597 | 215 | 7.0 | 319 | 9.7 |
| La Purísima De Hidalgo | 2,579 | 2,466 | 2,717 | -113 | -4.4 | 251 | 10.2 |
| Xochimilco | 2,212 | 2,517 | 2,572 | 305 | 13.8 | 55 | 2.2 |
| San Antonio Tecolco | 1,641 | 1,645 | 1,984 | 4 | 0.2 | 339 | 20.6 |
| Sn Antonio La Portilla | 1,541 | 1,750 | 1,870 | 209 | 13.6 | 120 | 6.9 |
| Laguna, La | 1,268 | 1,369 | 1,438 | 101 | 8.0 | 69 | 5.0 |
| Lomas de Santa Cruz | 991 | 1,100 | 1,190 | 109 | 11.0 | 90 | 8.2 |
| Francisco Villa | 969 | 779 | 1,033 | -190 | -19.6 | 254 | 32.6 |
| Lomas de Romero | 925 | 960 | 1,087 | 35 | 3.8 | 127 | 13.2 |
| Soledad, La | 908 | 968 | 1,067 | 60 | 6.6 | 99 | 10.2 |
| San Baltazar | 697 | 789 | 858 | 92 | 13.2 | 69 | 8.7 |
| Rubén Jaramillo | 598 | 651 | 734 | 53 | 8.9 | 83 | 12.7 |
| Veracruzito | 577 | 703 | 749 | 126 | 21.8 | 46 | 6.5 |
| José María Pino Suarez | 522 | 603 | 608 | 81 | 15.5 | 5 | 0.8 |
| Resto de localidades (37) | 2,311 | 2,628 | 3,131 | 317 | 13.7 | 503 | 19.1 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, 2000, 2005 Y 2010.

Las localidades del ejido de Francisco Villa y la de San Antonio Tecolco presentaron vaivenes de su comportamiento poblacional: entre el año 2000-2005 la población decreció en el primero y sólo 0.02 por ciento aumentó en el segundo pero para el periodo de 2005 -2010 estas localidades presentaron los más altos crecimientos, 32.6 y 20.6 por ciento, lo que parece indicar que la población está regresando a sus comunidades.

4.1.4 Mortalidad

El municipio de Tecamachalco tiene los siguientes datos generales sobre mortalidad.

| | Población 2010 | Defunciones generales 2009 | Defunciones de menores de un año de edad 2009 | Nacimientos registrados menores de un año 2008 | Población derechohabiente 2009 | Población no derechohabiente 2009 |
|--------------|----------------|----------------------------|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| Tecamachalco | 71,571 | 321 | 18 | 1521 | 24,970 | 45,412 |

FUENTE: SERVICIOS DE SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA.

4.1.5 Densidad de población

De acuerdo al dato de Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Tecamachalco publicado en 2011 (PMDUS, 2011) el municipio tiene una extensión territorial de 179.4 km² lo que equivale a 17 mil 628.4 hectáreas.

DENSIDAD DE POBLACIÓN MUNICIPAL

| Tecamachalco | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Población | 12,638 | 16,752 | 21,284 | 31,330 | 43,369 | 59,177 | 71,571 |
| 17,942.29 km ² | 72 | 95 | 121 | 178 | 246 | 336 | 406 |
| 179.4 ha | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 3.4 | 4.1 |
| estado | | | | | | | 1.7 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CENSOS DE INEGI.

Actualmente se tiene una densidad de población de 406 habitantes por kilómetro cuadrado, o lo que es lo mismo, existen 4.6 habitantes por hectárea, para el estado el parámetro es de sólo 170 habitantes por kilómetro cuadrado y 1.7 por hectárea. Con estos datos estatales podemos decir comparando con los números de la tabla anterior que la densidad de Tecamachalco está treinta años por encima de la del estado, pues en 1980 alcanzaba la cifra que hoy tiene el estado.

Densidad de población urbana. Este tipo de análisis nos permite identificar la concentración poblacional de los centros urbanos para poder establecer la sobreutilización o subutilización del uso habitacional. Para el presente apartado se analizaron las localidades urbanas que determina el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), a través de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) 2005.

Los centros urbanos determinados por estos AGEB son las siguientes: Tecamachalco, La Purísima, San Mateo Tlaixpan, Santa Rosa, Santiago Alseseca y Xochimilco. De estos asentamientos humanos se retomó la población total y se dividió entre la superficie en hectáreas de cada uno de estos asentamientos, con ello fueron determinados los rangos de densidad urbana existentes en el área de estudio, mismos que han sido representados en la ilustración 11

DENSIDAD URBANA PARA EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO

| Densidad Urbana (hab/ha) | |
|--------------------------|---------------|
| Baja | De 51 a 100 |
| Muy Baja | De 11 a 50 |
| Rustica | De 10 a menos |
| Densidad urbana promedio | |
| 24.31 hab/ha | |

| Densidad bruta |
|----------------|
| 4.06 hab/ha |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON INFORMACIÓN DE INEGI (AGEB) 2005.

El valor máximo encontrado es de 51 habitantes por hectárea ubicado en dos cuadrantes del centro de la cabecera municipal de Tecamachalco. El rango más bajo es de tres habitantes por hectárea, densidad de baja consolidación que caracteriza a los predios rústicos. Finalmente, el promedio de ocupación en las áreas urbanas es de 24.31 habitantes por hectárea y es considerado como densidad muy baja.

Este análisis nos permite establecer los términos que habrán de considerarse para las estrategias a seguir en materia de vivienda, consolidación y futuro crecimiento urbano, controlado a través de la redensificación en un mediano y largo plazo para las áreas urbanas más grandes de Tecamachalco.

4.2. Características sociales

4.2.1 Índice de hacinamiento

El hacinamiento se refiere a la proporción de ocupantes de viviendas con más de tres personas por habitación (normas de Sedesol).

La importancia de determinar el grado de hacinamiento permite establecer cuál es el espacio suficiente para el desarrollo de las actividades de los ocupantes de una vivienda, propicia en gran medida la disminución de los riesgos de contraer enfermedades por contagio y de daño físico por la proximidad de artefactos y de las instalaciones que los proveen de energía. Así mismo, contribuye a atenuar las consecuencias negativas asociadas a la falta de privacidad, lo cual, en muchos casos da lugar a patrones de conducta no deseados en la sociedad (Conapo 2000).

En índice de hacinamiento en el caso particular del municipio de Tecamachalco se puede comparar en el siguiente cuadro con datos Censales del INEGI en los siguientes periodos:

VIVIENDAS HABITADAS Y PROMEDIO DE OCUPANTES

| Municipio de Tecamachalco | Viviendas particulares | | | |
|------------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
| Viviendas particulares habitadas | 7,321 | 11,322 | 13,027 | 16,037 |
| Promedio de ocupantes por vivienda | 5.92 | 5.22 | 4.93 | 4.52 |
| Promedio de ocupantes por cuarto | 2 | 2.28 | 1.54 | 0.6 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, Y ANUARIO ESTADÍSTICO 2010.

Los datos expuestos dejan claro que el municipio no tiene problemas de hacinamiento con este criterio.

4.2.2 Grado escolar

El municipio de Tecamachalco tiene un promedio de escolaridad de sólo la primaria terminada, mientras que para el estado lo tiene de 8 es decir el segundo año de secundaria. La cabecera municipal es donde se alcanza casi el promedio de la secundaria terminada. Sólo cuatro localidades tienen más del primer año de secundaria, tales son: José María Pino Suarez, Lomas de Santa Cruz, Xochimilco y Lomas de Romero, y cuatro localidades están por debajo del promedio municipal pues no alcanzan la primaria: San Antonio la Portilla, Rubén Jaramillo y con la misma numeración de 5.89 años promedio San Baltazar y La Laguna.

PROMEDIO DE ESCOLARIDAD POR LOCALIDADES MAYORES A 500 HABITANTES

| LOCALIDADES | GRADO ESCOLAR | HOMBRES | MUJERES |
|-------------------------|---------------|---------|---------|
| Municipio | 6.33 | 6.44 | 6.26 |
| TECAMACHALCO | 8.92 | 9.16 | 8.72 |
| SAN MATEO TLAIXPAN | 6.92 | 7 | 6.84 |
| SANTIAGO ALSESECA | 6.44 | 6.61 | 6.29 |
| SANTA ROSA | 6.96 | 7.13 | 6.79 |
| LA PURISIMA DE HIDALGO | 6.06 | 6.36 | 5.84 |
| XOCHIMILCO | 7.28 | 7.41 | 7.16 |
| SAN ANTONIO TECOLCO | 6.14 | 6.19 | 6.08 |
| SAN ANTONIO LA PORTILLA | 5.44 | 5.69 | 5.22 |
| LA LAGUNA | 5.89 | 5.91 | 5.88 |
| LOMAS DE SANTA CRUZ | 7.49 | 7.41 | 7.56 |
| LOMAS DE ROMERO | 7.02 | 7.15 | 6.91 |
| LA SOLEDAD | 6.82 | 7 | 6.67 |
| FRANCISCO VILLA | 6.02 | 6.49 | 5.58 |
| SAN BALTAZAR | 5.89 | 6.1 | 5.71 |
| VERACRUCITO | 6.51 | 6.6 | 6.43 |
| RUBEN JARAMILLO | 5.57 | 5.89 | 5.27 |
| JOSE MARIA PINO SUAREZ | 7.45 | 7.28 | 7.61 |
| Resto de Localidades | 6.1 | 6.2 | 6.1 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE XIII CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA INEGI 2010.

En el municipio existen diferencias entre la escolaridad de las mujeres y los hombres, en todas las localidades los hombres tienen mayor promedio escolar.

La diferencia se hace más evidente entre hombres y mujeres cuando hablamos de analfabetismo, en el municipio el 65 por ciento son mujeres, donde se toma en cuenta las personas mayores a 15 años que no saben leer ni escribir generalmente son personas mayores las que padecen esta desventaja.

ANALFABETISMO MUNICIPIO TECAMACHALCO (VALORES ABSOLUTOS Y PORCENTAJES)

| Localidades | Analfabetas | Hombres | Mujeres | % total | % H | % M |
|-------------------------|-------------|---------|---------|---------|------|------|
| Municipio | 3,756 | 1,336 | 2,420 | 8.1 | 6.1 | 9.8 |
| TECAMACHALCO | 1,036 | 366 | 670 | 5.4 | 4.1 | 6.5 |
| SAN MATEO TLAIXPAN | 641 | 244 | 397 | 9.6 | 7.7 | 11.3 |
| SANTIAGO ALSESECA | 464 | 172 | 292 | 9.6 | 7.4 | 11.5 |
| SANTA ROSA | 188 | 75 | 113 | 7.9 | 6.6 | 9.2 |
| LA PURISIMA DE HIDALGO | 287 | 90 | 197 | 16.0 | 12.2 | 18.7 |
| XOCHIMILCO | 111 | 39 | 72 | 6.7 | 5.0 | 8.2 |
| SAN ANTONIO TECOLCO | 111 | 35 | 76 | 8.7 | 5.6 | 11.6 |
| SAN ANTONIO LA PORTILLA | 142 | 45 | 97 | 12.8 | 8.9 | 16.2 |

| | | | | | | |
|------------------------|-----|----|----|------|------|------|
| LA LAGUNA | 133 | 54 | 79 | 14.0 | 12.0 | 15.9 |
| LOMAS DE SANTA CRUZ | 61 | 25 | 36 | 8.0 | 6.8 | 9.0 |
| LOMAS DE ROMERO | 50 | 19 | 31 | 7.0 | 5.6 | 8.3 |
| LA SOLEDAD | 65 | 20 | 45 | 9.0 | 6.3 | 11.3 |
| FRANCISCO VILLA | 76 | 17 | 59 | 11.4 | 5.2 | 17.3 |
| SAN BALTAZAR | 59 | 17 | 42 | 10.6 | 6.7 | 13.9 |
| VERACRUCITO | 31 | 8 | 23 | 6.1 | 3.7 | 7.9 |
| RUBEN JARAMILLO | 74 | 22 | 52 | 16.2 | 9.9 | 22.2 |
| JOSE MARIA PINO SUAREZ | 42 | 20 | 22 | 11.1 | 10.8 | 11.5 |
| Resto de localidades | 147 | 51 | 96 | 10.9 | 9.5 | 11.3 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE XIII CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, INEGI. 2010

Así encontramos que existen 3 mil 756 analfabetas en todo Tecamachalco, lo que representa el 8.1 por ciento, mientras que el estado tiene el 10.9 por ciento. Más del 70 por ciento del analfabetismo se encuentra fuera de la cabecera municipal. Existen localidades como el Ejido de Rubén Jaramillo, que alcanzan el 16 por ciento de analfabetismo así como la Purísima Hidalgo y donde las mujeres tienen mayor porcentaje: más de 20 por ciento.

4.2.3 Marginación

El grado de marginación municipal según el Consejo Nacional de Población (Conapo, 2005) se establece como medio, mientras que el estado está considerado como alto.

COMPARATIVO DE MARGINACIÓN MUNICIPIO-ESTADO

| | Grado | Lugar estado | Lugar nacional |
|-------------------|-------|--------------|----------------|
| Tecamachalco | Medio | 194 | 1,605 |
| Estado de Puebla. | Alto | | 7 |

FUENTE: CONAPO 2005.

El municipio tenía en 2005 el lugar 194 de los 217 municipios del estado, lo que indica que su situación de marginación no es tan grave con este criterio. En el contexto nacional encontramos a Tecamachalco en el lugar mil 605 de dos mil 442 municipios en el país, mientras que el estado de Puebla tiene la categoría de alta marginación en el lugar 7.

4.2.4 Personas con discapacidad

Este término, de uso frecuente, se refiere al funcionamiento individual e incluye discapacidad física, discapacidad sensorial, discapacidad cognitiva, discapacidad intelectual, enfermedad mental o psicosocial y varios tipos de enfermedad crónica. En los últimos tiempos, el término persona con discapacidad ha desplazado a la palabra inválido.

Discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales.

Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2011).

A nivel nacional (año 2010), las personas que tienen algún tipo de discapacidad son 5 millones 739 mil 270, lo que representa 5.1 por ciento de la población total..

De manera particular, para el municipio de Tecamachalco y de acuerdo con las ocho clasificaciones hechas por el INEGI de población con algún tipo de discapacidad, existen 4 mil 976 personas con alguna discapacidad, es decir el 7 por ciento a nivel municipal.

En el siguiente cuadro se describe cada uno de los tipos de discapacidad localizados en el municipio y las localidades urbanas con mayor población, esta misma información ha sido representada en el mapa de Población con discapacidad.

POBLACIÓN CON ALGÚN TIPO DE DISCAPACIDAD EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO Y SUS LOCALIDADES URBANAS

| Municipio y localidades urbanas mayores de 2,500 habitantes | Población total | Población con limitación para alguna actividad (%) | | Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar; vestirse, bañarse o comer (%) | | Población con limitación para ver, aún usando lentes (%) | | Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar (%) | | Población con limitación para escuchar (%) | | Población con limitación para vestirse, bañarse o comer (%) | | Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas (%) | | Población con limitación mental (%) | |
|---|-----------------|--|------|---|-----|--|-----|---|-----|--|-----|---|-----|---|-----|-------------------------------------|------|
| Total municipal | 71,571 | 2,162 | 3.02 | 1,137 | 1.6 | 690 | 1.0 | 297 | 0.4 | 205 | 0.3 | 215 | 0.3 | 110 | 0.2 | 160 | 0.22 |
| La Purísima de Hidalgo | 2717 | 45 | 1.66 | 24 | 0.9 | 6 | 0.2 | 1 | 0.0 | 2 | 0.1 | 3 | 0.1 | 3 | 0.1 | 7 | 0.26 |
| San Mateo Tlaixpan | 10,565 | 426 | 4.03 | 258 | 2.4 | 117 | 1.1 | 81 | 0.8 | 40 | 0.4 | 87 | 0.8 | 26 | 0.2 | 19 | 0.18 |
| Santa Rosa | 3,597 | 81 | 2.25 | 42 | 1.2 | 20 | 0.6 | 10 | 0.3 | 3 | 0.1 | 8 | 0.2 | 3 | 0.1 | 8 | 0.22 |
| Santiago Alseseca | 7,772 | 295 | 3.80 | 148 | 1.9 | 108 | 1.4 | 46 | 0.6 | 49 | 0.6 | 16 | 0.2 | 16 | 0.2 | 18 | 0.23 |
| Tecamachalco | 28,679 | 819 | 2.86 | 386 | 1.3 | 321 | 1.1 | 70 | 0.2 | 46 | 0.2 | 37 | 0.1 | 35 | 0.1 | 65 | 0.23 |
| Xochimilco | 2,572 | 99 | 3.85 | 59 | 2.3 | 19 | 0.7 | 12 | 0.5 | 14 | 0.5 | 6 | 0.2 | 5 | 0.2 | 6 | 0.23 |

FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 2010

4.3. Principales actividades económicas en la zona

Hasta el año 2000, fecha del Censo de Población y Vivienda en el que aún se indagaba este indicador, encontramos que la población se dedicaba principalmente a las actividades relacionadas a los servicios alcanzando el 42.2 por ciento. Sin embargo, esto no siempre fue así, porque en las tres décadas anteriores las actividades primarias principalmente la agricultura y ganadería tenían mayor peso y aunque perdieron valores porcentuales de manera absoluta la agricultura se ha incrementado en dar ocupación a trabajadores.

DISTRIBUCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS TECAMACHALCO

| Actividades | 1970 | | 1980 | | 1990 | | 2000 | |
|--------------------------|-------|------|-------|------|--------|------|--------|------|
| | Total | % | Total | % | Total | % | Total | % |
| <i>Población ocupada</i> | 5,215 | | 8,794 | | 10,056 | | 17,173 | |
| Agropecuarias | 3,485 | 66.8 | 4,429 | 51 | 4,899 | 48.7 | 5,562 | 32.4 |
| Transformación | 446 | 8.5 | 715 | 8.4 | 1,903 | 18.9 | 4,029 | 23.5 |
| Servicios | 972 | 18.6 | 1,302 | 23.5 | 2,866 | 28.5 | 7,253 | 42.2 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CENSOS INEGI, 1970,1980, 1990 Y 2000

Las actividades relacionadas a la transformación se incrementaron de manera importante a partir de 1980 a la fecha pues casi se multiplicaron cinco veces los trabajadores que están laborando principalmente en la construcción y en las fábricas y granjas establecidas en la zona.

Actualmente la actividad motor del municipio se basa en los servicios, no solamente en los niveles de ocupación, sino de acuerdo a los datos del municipio, las principales unidades económicas registradas son comercios de todo tipo, así como el transporte y los servicios profesionales, todos estos principalmente en la zona de la cabecera municipal.

4.4. Características de la Población Económicamente Activa (PEA)

El municipio de Tecamachalco tiene una PEA del 35.3 por ciento de la población total; aproximadamente 25 mil trabajadores encontramos que tienen empleo o están buscando uno. De esta cantidad casi 18 mil son hombres que significan porcentualmente un poco mas de 77 por ciento.

Las localidades más grandes alcanzan los niveles porcentuales más altos de participación de la mujer en la vida laboral de tal forma que la cabecera tiene el 35.3, San Mateo Tlaixpan tiene casi el 30 y Alseseca casi el 28 por ciento.

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) COMPARACIÓN HOMBRES Y MUJERES

| Localidades mayores a mil habitantes | PEA | % | Hombres | Mujeres | PEA Ocupada | % | Hombres | Mujeres | % Desocupados |
|--------------------------------------|----------|------|---------|---------|-------------|------|---------|---------|---------------|
| TECAMACHALCO | 11,090 | 38.7 | 7,200 | 3,890 | 10,776 | 97.2 | 64.7 | 35.3 | 2.8 |
| SAN MATEO TLAIXPAN | 3,543 | 33.7 | 2,561 | 982 | 3,169 | 89.4 | 70.7 | 29.3 | 10.6 |
| SANTIAGO ALSESECA | 2,622 | 33.9 | 1,911 | 711 | 2,514 | 95.9 | 72.4 | 27.6 | 4.1 |
| SANTA ROSA | 1,241 | 34.5 | 1,002 | 239 | 1,232 | 99.3 | 80.7 | 19.3 | 0.7 |
| LA PURISIMA DE HIDALGO | 780 | 28.7 | 591 | 189 | 770 | 98.7 | 75.5 | 24.5 | 1.3 |
| XOCHIMILCO | 832 | 32.3 | 623 | 209 | 822 | 98.8 | 74.8 | 25.2 | 1.2 |
| SAN ANTONIO TECOLCO | 634 | 32.0 | 549 | 85 | 626 | 98.7 | 86.6 | 13.4 | 1.3 |
| SAN ANTONIO LA PORTILLA | 551 | 29.5 | 426 | 125 | 536 | 97.3 | 76.9 | 23.1 | 2.7 |
| LA LAGUNA | 517 | 36.0 | 425 | 92 | 485 | 93.8 | 81.6 | 18.4 | 6.2 |
| LOMAS DE SANTA CRUZ | 373 | 31.3 | 272 | 101 | 345 | 92.5 | 71.3 | 28.7 | 7.5 |
| LOMAS DE ROMERO | 354 | 32.6 | 276 | 78 | 331 | 93.5 | 78.2 | 21.8 | 6.5 |
| LA SOLEDAD | 347 | 32.5 | 277 | 70 | 331 | 95.4 | 79.8 | 20.2 | 4.6 |
| FRANCISCO VILLA | 347 | 33.6 | 298 | 49 | 344 | 99.1 | 85.8 | 14.2 | 0.9 |
| Resto localidades menores | 2,018 | 33.2 | 1,568 | 450 | 1,973 | 97.8 | 77.4 | 22.6 | 2.2 |
| Total | 25,249.0 | 35.3 | 17,979 | 7,270 | 24,254 | | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE XIII CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA. INEGI 2010

En el cuadro anterior resalta el dato de desocupados de Tlaixpan, donde según el Censo referido tiene casi un 11 por ciento de desocupados. En otro sentido, la ilustración 12- *de PEA Ocupada* expresa en dónde está, porcentualmente, la mayor cantidad de fuerza de trabajo ocupada en Tecamachalco: la cabecera municipal y el sur sobresalen en este sentido.

4.5. Estructura urbana

Son aquellos elementos reconocidos dentro del territorio urbano tales como el sistema vial, espacios verdes, morfología, tramas, trazados, tejidos, equipamientos y servicios con características particulares que se presentan en la conformación y crecimiento de la ciudad. Algunos de estos elementos, por su disposición, adquieren connotaciones de principales y otros de secundarios.

En este apartado se describe de manera integral (cuantitativa) los elementos que constituyen el equipamiento, infraestructura y servicios con los que cuenta el municipio de Tecamachalco. Podemos agrupar estos elementos en “subsistemas” (se identifican por agrupar elementos que tienen características físicas, funciones y servicios similares, se

apoyan o complementan entre sí de acuerdo a su nivel de especialidad. Orgánicamente forman parte del mismo sector institucional de servicios. Criterios SEDESOL), mismo que han sido representados en el mapa de Estructura urbana.

La relación de subsistemas caracterizados son los siguientes:

- ✓ Educación
- ✓ Cultura
- ✓ Salud y asistencia social
- ✓ Administración Pública
- ✓ Comercio y abasto
- ✓ Recreación y deporte
- ✓ Comunicaciones y transporte
- ✓ Servicios urbanos
- ✓ Vivienda
- ✓ Turismo

4.5.1 Educación

ALUMNOS INSCRITOS, PERSONAL DOCENTE, ESCUELAS Y AULAS EN LA MODALIDAD ESCOLARIZADA Y NIVEL EDUCATIVO

| Municipio / Nivel escolar | Alumnos inscritos | | | Personal docente a/ | | | Total de escuelas | Aulas |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|-------------------|-------|
| | Total | Hombres | Mujeres | Total | Hombres | Mujeres | | |
| Tecamachalco | 23,231 | 11,485 | 11,746 | 940 | 322 | 618 | 116 | 712 |
| Preescolar | 3,396 | 1,697 | 1,699 | 133 | 3 | 130 | 43 | 124 |
| Primaria | 11,420 | 5,805 | 5,615 | 342 | 94 | 248 | 39 | 341 |
| Secundaria | 4,511 | 2,219 | 2,292 | 244 | 117 | 127 | 21 | 157 |
| Profesional técnico | 179 | 50 | 129 | 18 | 11 | 7 | 1 | 79 |
| Bachillerato | 3,725 | 1,714 | 2,011 | 203 | 97 | 106 | 12 | 11 |
| CECYTEC | 345 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1 | 9 |
| Superior: BUAP-Veterinaria Zoot. | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1 | 13 |
| Univ. Tec. De Tecamachalco | 1,258 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1 | 59 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO DE PUEBLA, 2010

4.5.2 Cultura

INSTALACIONES DE SERVICIOS CULTURALES

| | |
|-------------------------------------|---|
| Museo | Ex convento franciscano |
| Casa de la cultura | Cabecera municipal |
| Bibliotecas | Distribuidas en 18 localidades |
| Videotecas | Pública en la cabecera mpal. |
| Patrimonio histórico Arquitectónico | -Arquitectura religiosa -Arquitectura civil -Edificios protegidos por el INAH |

FUENTE: PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO SUSTENTABLE DE TECAMACHALCO, 2011.

BIBLIOTECAS PÚBLICAS, PERSONAL OCUPADO, TÍTULOS, LIBROS EN EXISTENCIA

| Municipio | Total | IMSS | ISSSTE | ISSSTEP | IMSS-Oportunidades | SSEP | SEDIF (Centro de Rehabilitación) |
|------------------------|-------|------|--------|---------|--------------------|------|----------------------------------|
| Tecamachalco | 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 |
| U. de Consulta externa | 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 b/ |

FUENTES: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010 NOTA: b/ SE REFIERE A UNIDADES MÉDICAS DE REHABILITACIÓN, SÓLO PROPORCIONAN SERVICIOS DE TRATAMIENTO PSICOLÓGICO Y REHABILITACIÓN. INEGI, 2009

De acuerdo con la estadística de salud 2010 publicada por INEGI, Tecamachalco cuenta con 183 personas identificadas como personal de médico para atender una población de aproximadamente 71 mil habitantes. A cada uno le corresponden, más o menos, 388 personas. El personal médico comprende: médicos generales, especialistas, residentes, pasantes, odontólogos y otras labores. Para esto el municipio cuenta con un hospital privado, Sanatorio de Jesús del Valle de Tecamachalco y 14 unidades médicas que proporcionan consulta externa (4.4 médicos por unidad médica, total de 61 médicos, el estado de Puebla cuenta con 6.9).

La tercera causa de muerte en el estado de Puebla son los tumores malignos y esta misma causa es la cuarta en la Jurisdicción IX, a la que pertenece Tecamachalco. Entre las demás jurisdicciones, la IX presenta la tercera tasa más alta de defunciones por cáncer de glándulas mamarias.³

CASAS Y TÉCNICAS EN SALUD COORDINADAS POR LA SSA POR MUNICIPIO

| Municipio | Casas de salud | Técnicas en salud |
|--------------|----------------|-------------------|
| Tecamachalco | 14 | 14 |

FUENTES: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010

4.5.3 Administración pública

En el palacio municipal de Tecamachalco, y en los palacios de las juntas auxiliares, está distribuido el equipamiento de servicios públicos que se describe en este apartado.

CÁRCELES DISTRITALES, CAPACIDAD E INTERNOS POR MUNICIPIO

| Municipio | Cárceles distritales | Capacidad (Personas) | Fuero común (internos b/) | | Fuero común y federal | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|-----------------------|---------|
| | | | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres |
| Tecamachalco | 1 | 93 | 126 | 2 | 1 | 0 |
| a/ Se refiere a las cárceles que forman parte del Sistema Nacional Penitenciario. | | | | | | |
| b/ Comprende procesados y sentenciados. | | | | | | |

FUENTE: SRÍA. DE SEGURIDAD PÚBLICA DEL ESTADO. DIRECCIÓN GENERAL DE CENTROS DE READAPTACIÓN SOCIAL. 2009

³ Servicios de Salud del Estado de Puebla SSP.

AGENCIAS Y AGENTES DEL MINISTERIO PÚBLICO DE LOS FUEROS COMÚN Y FEDERAL, JUZGADOS PENALES Y MIXTOS DE PRIMERA INSTANCIA POR MUNICIPIO

| Municipio | Agencias del ministerio público del fuero común | Agentes del ministerio público del fuero común | Juzgados mixtos del fuero común b/ | |
|--------------|---|--|------------------------------------|------|
| | | | 2008 | 2009 |
| Tecamachalco | 2 | 3 | 1 | 1 |

4.5.4 Comercio y abasto

UNIDADES DE COMERCIO Y DE ABASTO EN OPERACIÓN POR MUNICIPIO

| Municipio | Tiendas Diconsa | Tianguis a/ | Mercados públicos | Rastros b/ | Centros de acopio | Unidad de abasto mayorista |
|---|-----------------|-------------|-------------------|------------|-------------------|----------------------------|
| Tecamachalco | 10 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 |
| a/ Se refiere al número de puntos de la ciudad en donde se ubica cada tianguis registrado ante la SEDECO en el Estado. b/ Comprende Rastros de Tipo Inspección Federal. | | | | | | |

FUENTE: 2009. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, DICONSA SUR. COORDINACIÓN REGIONAL DE INFORMÁTICA. SECRETARÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO DEL ESTADO. DEPARTAMENTO DE ABASTO Y COMERCIALIZACIÓN. SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL DEL ESTADO.

4.5.5 Recreación y deporte

TIPO DE EQUIPAMIENTO EN MATERIA DE RECREACIÓN Y DEPORTE

| | |
|---------------------------------------|--|
| Juegos infantiles | Equipamiento distribuido en 13 localidades de Tecamachalco |
| Jardín vecinal | Equipamiento distribuido en las juntas aux. de San Mateo Tlaixpan, La Purísima Hgo., San Antonio la Portilla, Alseseca |
| Parque de Barrio | Equipamiento distribuido en 13 localidades de Tecamachalco |
| Cine | Equipamiento ubicado en la cabecera municipal |
| Centro deportivo | Equipamiento ubicado en la cabecera municipal (gimnasio) |
| Pista de atletismo de arcilla nueva | Equipamiento ubicado en la cabecera municipal |
| Canchas múltiples y campos deportivos | Equipamiento en San Mateo Tlaixpan, La Purísima Hidalgo. San Antonio la Portilla, Alseseca, Tecamachalco |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO DE PUEBLA, 2010, PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011.

4.5.6 Comunicaciones y transportes

PRINCIPALES VÍAS DE COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE

| | |
|-----------------------|---|
| Estructura vial | Autopista Puebla-Orizaba |
| | Puebla-Tehuacán |
| | Tecamachalco-Tochtepec |
| | Tecamachalco-San Simón de Bravo |
| | Tecamachalco-Xochitlán |
| | Tecamachalco-Cañada Morelos |
| Sistema de transporte | 28 rutas de transporte urbano |
| | 3 líneas de transporte foráneo |
| | Vía férrea (cruza de oriente a poniente el territorio municipal). |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO DE PUEBLA, 2010; PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011; CENTRO SCT PUEBLA

OFICINAS DE LA RED TELEGRÁFICA Y PERSONAL OCUPADO, SERVICIO DE TELEFONÍA RURAL Y CENTROS COMUNITARIOS DIGITALES E-MÉXICO

| Municipio | Oficinas | Personal ocupado | Telefonía rural SCT | Centros comunitarios digitales | Localidades que cuentan con el servicio |
|-----------|----------|------------------|---------------------|--------------------------------|---|
| Total | 1 | 3 | 17 | 6 | 3 |

FUENTE: CENTRO SCT PUEBLA. UNIDAD DE PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN. 2009

OFICINAS POSTALES POR MUNICIPIO SEGÚN CLASE

| Municipio | Total | Administraciones | Agencias | Instituciones públicas | Mexpost |
|--------------|-------|------------------|----------|------------------------|---------|
| Tecamachalco | 6 | 1 | 2 | 2 | 1 |

FUENTE: SERVICIO POSTAL MEXICANO, 2009

4.5.7 Servicios urbanos

CEMENTERIOS, SEGURIDAD PÚBLICA Y ABASTO DE COMBUSTIBLES

| | |
|------------------------------------|---|
| Administración de cementerios | Equipamiento existente en San Mateo Tlaixpan, La Purísima de Hidalgo, San Antonio la Portilla, Alseseca y Tecamachalco (11 panteones) |
| Central de bomberos | Equipamiento existente en la cabecera municipal |
| Comandancia de policía | Equipamiento existente en la cabecera municipal |
| Estación de servicio (gasolineras) | Equipamiento existente en Tecamachalco y Alseseca |

FUENTE: PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y VOLUMEN PROMEDIO DIARIO DE EXTRACCIÓN DE AGUA SEGÚN PRINCIPALES TIPOS DE FUENTE

| Municipio | Fuentes de abastecimiento a/ | | | Volumen promedio diario de extracción E/ (Miles de metros cúbicos) | | |
|--------------|------------------------------|---------------|-----------|--|---------------|-----------|
| | Total | Pozo profundo | Manantial | Total | Pozo profundo | Manantial |
| Tecamachalco | 25 | 25 | 0 | 9.57 | 9.57 | 0.00 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA ENTUBADA EN EL MUNICIPIO

| Municipio | Total de Sistemas | Tomas domiciliarias instaladas | | | | Localidades con red de distribución |
|--------------|-------------------|--------------------------------|------------|-------------|--------------|-------------------------------------|
| | | Total | Domésticas | Comerciales | Industriales | |
| Tecamachalco | 25 | 4,667 | 4,247 | 360 | 60 | 24 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010

4.5.8 Vivienda
VIVIENDAS EXISTENTES Y DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS Y BIENES

| Municipio | Población total | Total de viviendas habitadas | Promedio de ocupantes por vivienda | Promedio de ocupantes por cuarto | Viviendas con piso diferente de tierra (loseta, cemento) | Vivienda con luz, agua y drenaje | Vivienda que disponen de radio | Vivienda que disponen de televisión | Vivienda que disponen de automóvil | Vivienda que disponen de teléfono fijo |
|--------------|-----------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| Tecamachalco | 71,571 | 16,037 | 4.52 | 0.6 | 14,551 | 11,718 | 9,921 | 14,484 | 5,019 | 3,162 |
| Porcentaje | - | 22.41% | - | - | 90.73% | 73.07 % | 61.86% | 90.32 % | 31.30% | 19.72 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO DE PUEBLA, 2010

USUARIOS DEL SERVICIO ELÉCTRICO POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE SERVICIO

| Municipio | Total | Doméstico | Alumbrado público | Bombeo de aguas potables y negras | Agrícola | Industrial y de servicios |
|--------------|--------|-----------|-------------------|-----------------------------------|----------|---------------------------|
| Tecamachalco | 20,776 | 17,348 | 40 | 35 | 130 | 3,223 |

FUENTE: CFE, DIVISIÓN CENTRO ORIENTE. SUBGERENCIA COMERCIAL, DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICAS Y ESTUDIOS COMERCIALES; 2009, PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011.

4.5.9 Drenaje y alcantarillado
SISTEMAS Y LOCALIDADES CON EL SERVICIO DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO POR MUNICIPIO

| Municipio | Sistemas de drenaje y alcantarillado | Localidades con el servicio |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Tecamachalco | 15 | 15 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010

TOMAS INSTALADAS Y LOCALIDADES CON EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MUNICIPIO

| Municipio | Total | Tomas instaladas de energía eléctrica | | Localidades con el servicio |
|--------------|--------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Tecamachalco | 20,776 | Domiciliarias | No domiciliarias | 21 |
| | | 20,571 | 205 | |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010

4.5.10 Turismo
ESTABLECIMIENTOS DE HOSPEDAJE REGISTRADOS EN EL MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE ALMACENAMIENTO O CATEGORÍA

| Tecamachalco | Hoteles | 3-estrellas | 2-estrellas | Total de cuartos |
|--------------|----------------|-------------|-------------|------------------|
| | 5 | 2 | 3 | 95 |
| | No. De cuartos | 46 | 49 | |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010, PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011.

ESTABLECIMIENTOS DE PREPARACIÓN Y SERVICIO DE ALIMENTOS Y DE BEBIDAS CON CATEGORÍA TURÍSTICA POR MUNICIPIO SEGÚN CLASE DEL ESTABLECIMIENTO

| Municipio | Agencias de viajes | Centros nocturnos | Bares | Restaurantes |
|--------------|--------------------|-------------------|-------|--------------|
| Tecamachalco | 2 | 24 | 61 | 925 |

FUENTE: INEGI, ANUARIO ESTADÍSTICO, 2010, PMDUS DE TECAMACHALCO, 2011.

La anterior caracterización determina que es la cabecera municipal la que concentra la mayoría del equipamiento y servicios a nivel municipal, por ello, gran parte de la población satisface muchas de sus necesidades en Tecamachalco.

Aunque la mayoría del equipamiento y su infraestructura están en condiciones aceptables, es necesario el mantenimiento y supervisión de éstas para permitir un tiempo de vida más largo que beneficie a los habitantes del municipio, así como optimizar la distribución del equipamiento dependiendo de las necesidades requeridas por cada población en materia sobre todo de servicios básicos como salud, educación, asistencia social, entre otras.

4.6 Aspectos históricos generales de Tecamachalco

Una perspectiva histórica del territorio de Tecamachalco es indispensable para comprender la configuración a lo largo del tiempo de los escenarios de riesgo. Esta construcción tiene que ver estrechamente con la manera en la que territorio es habitado, y definidas las relaciones sociedad-naturaleza. Sobre todo en el último siglo, es posible identificar los modelos de desarrollo que han definido las decisiones y las transformaciones en el territorio, que eventualmente apuntalan o mitigan vulnerabilidades ante amenazas de origen natural, o bien realizan amenazas nuevas, de origen antrópico.

Tecamachalco está asentado en las laderas del cerro de Techachales, cerro poco elevado y de estructura caliza, que tiene la forma de una quijada porque hace una abertura angular cuyo vértice redondeado se halla hacia el noreste de la población; a partir de esta descripción topográfica, estudiosos han considerado que es una palabra de procedencia náhuatl cuyo etimología⁴ es: **tetl**=piedra, **camachalli**=quijada y **co**=en; lo que significa **“en la quijada de piedra”**.

⁴ Consúltase “Indonimia Geográfica del Estado de Puebla”, Prof. Felipe Franco (1976, p. 261)

La importancia geopolítica de la región de Tecamachalco data desde tiempos antiguos; nodo comercial y cultural del altiplano, el Golfo y la mixteca, y escenario del desarrollo cultural de civilizaciones como los mixteco-popolocas, nahuas, olmecas, y otros.

4.6.1 Primeras evidencias de desastres: siglo XVI

“... y es cierto que del día que D. Hernando Cortés, marqués del Valle, entró en esta tierra, en los siete años, poco más o menos, que la conquistó e gobernó, padecieron los naturales grandes muertes, y se les hicieron grandes malos tratamientos, robos y fuerzas, aprovechándose de sus personas y haciendas, sin orden, peso ni medida; [...] disminuyóse la gente en gran cantidad, así por los excesivos tributos, y malos tratamientos, como por enfermedades y viruelas, de manera que en este tiempo faltó muy grande y notable parte de la gente, y en especial en tierras calientes.”

Francisco Ceynos, miembro de Real Audiencia de Ciudad de México, 1 de marzo de 1565.

No se localizaron registros de desastres durante el periodo prehispánico para esta zona; muy probablemente y debido a la gran movilidad tanto militar como de migración que se daba en este territorio, pudieron presentarse algunas epidemias y carencia de granos y alimentos; seguramente también fueron testigos de sismos y erupciones volcánicas, así como de heladas y sequías y otros factores climáticos que afectaban a la población y la agricultura.

El inicio de la conquista española de este territorio, se caracteriza porque la población indígena de Tecamachalco presencia su primer gran desastre que queda plasmado en los Anales de Tecamachalco. Según Alejandra Gámez, “...se calcula que en 1519 el señorío de Tecamachalco-Quecholac tenía 27 mil 600 habitantes, en 1595 sólo contaba con 19 mil”, es decir, que en menos de ochenta años se perdió casi una tercera parte de la población indígena de esta región.

La pérdida de población más importante del siglo XVI fue causada por una serie de epidemias de fiebre hemorrágica denominadas *cocoliztli*, enfermedad altamente letal que además coincide con un período de sequía severa, que se extendió desde México central hasta los bosques boreales de Canadá y de la costa del Pacífico hasta la costa del Atlántico⁵ (Acuna-Soto, et al. 2005).

Los Anales de Tecamachalco tienen reseñados tres momentos en que la población fue diezmada por epidemias de viruela desde 1520 y con un periodo recurrente de 25 a 30 años:

- 1520 (mayo y junio) epidemia de viruela: “...ocurrió espantosamente el gran grano (viruela), al que todos llamaban ‘grano divino’ *teozauatl*; todos los rostros de la gente descompuso; por el hubo mucha mortalidad; apenas entonces empezó lo que se dice ‘hemorragia’ y ‘disenteria’ *tlayelli*; antes nunca ocurría; entonces empezaron las “epidemias” *cocoliztli*, que hasta ahora van ocurriendo” (Anales de Tecamachalco 1398-1590, 1992: 24)
- 1545 epidemia de viruela: “...ocurrió la gran epidemia *uey cocoliztli*. Salió sangre por la boca, por la nariz y por los dientes de la gente. Aquí vino a propagarse en tiempo de siembra, en el mes de mayo. Fue espantosa la mortalidad; el comienzo (de la epidemia) en un día se enterraban diez, quince, veinte, treinta, cuarenta, en un día. Y muchísimos niños murieron en un año, hasta terminar la enfermedad. Entonces murieron los *pipiltin*: el que era *ueiteuctli* y otros *pipiltin*, etc...” (Anales de Tecamachalco 1398-1590, 1992: 28-29).
- 1574: “Ocurrió la ‘gran enfermedad’ *uey colittztli*.” (Anales de Tecamachalco 1398-1590, 1992: 74).

Los registros documentales revisados evidencian la susceptibilidad del territorio ante fenómenos geofísicos, como sismos ocasionados por la dinámica de las placas tectónicas continentales y la actividad eruptiva de volcanes aledaños. También la acción de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos que, al presentarse extremos, y en combinación con factores de vulnerabilidad, han afectado a la población (consúltese Cuadro General Histórico Geológico y Cuadro General Histórico Hidrometeorológico).

En 1973 y 1999, Tecamachalco padeció sismos que afectaron construcciones de casas particulares y edificios públicos. Indeco⁶ restituyó las viviendas que resultaron dañadas durante el sismo de 1973, en San Mateo Tlaixpan, Santiago Alseseca, Santa Rosa, Lomas de Romero y el Barrio La Villita; lamentablemente no contamos con los datos precisos del número de viviendas dañadas. El sismo de 1999 afectó 25 localidades⁷ del municipio. Sedesol reporta 446 viviendas

⁵ Consúltese: *Drought, epidemic disease, and the fall of classic period cultures in Mesoamerica (AD 750–950). Hemorrhagic fevers as a cause of massive population loss*, en [http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306-9877\(05\)00129-5/abstract](http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306-9877(05)00129-5/abstract).

⁶ Instituto Nacional para el Desarrollo de la Comunidad y la Vivienda Rural (Indeco), se crea en 1970 y desaparece a fines de 1981; su objetivo primordial era financiar vivienda para la población de menores recursos en el país.

⁷ Francisco Villa, La Laguna, La Purísima de Hidalgo, San Antonio La Portilla, San Antonio Tecolco, San Baltazar, San José Machorro, San José La Portilla, San Mateo Tlaixpan, Santa Rosa, Santiago Alseseca, La Soledad, Veracruzito, Xochimilco, Colonia Cuauhtemoc, José María Pino Suárez,

dañadas que entraron al subprograma de: rescate y limpieza; recuperación de limpieza rural y/o autoconstrucción de vivienda rural (ver el cuadro general histórico geológico, en anexos).

4.6.2 Modernización, industrialización, urbanización

La intención de “modernizar” al país surge desde el periodo presidencial de Benito Juárez, mediante la inserción de México al mercado mundial; es su sucesor Sebastián Lerdo de Tejada quien va sentando las bases para que este principio modernizador se lleve a cabo, fomentando la inversión extranjera y promoviendo la industria y la agricultura, pero la situación política no se los permitió plenamente.

Es Porfirio Díaz quien establece una política económica modernizadora, retomando el modelo liberal económico que imperaba en Europa y EU; atrajo capitales extranjeros para que estas empresas contratistas invirtieran en urbanización con servicios, infraestructura y equipamiento, en la construcción de vías de comunicación, como fue el caso de ferrocarriles, carreteras, o bien en medios de comunicación como correos, telégrafo, teléfono; también en la minería, en la explotación petrolera, en la manufactura (textiles), en las explotaciones agrícolas para “incrementar la producción agropecuaria y satisfacer el mercado externo”.

Este modelo generó desigualdades económicas y sociales, ya que la modernización se implementó a costa de la explotación o despojo de tierras comunales y ejidales generando una agricultura de subsistencia; así como condiciones laborales extremas y pérdidas cuantiosas para el medio ambiente, por las medidas proteccionistas brindadas a las empresas privadas para que se instalaran.

Dos eventos⁸ importantes se presentan en Tecamachalco desde fines del siglo XIX y principios del S XX, lo que le introduce en este proceso de modernización:

- primero, la inauguración de la vía del ferrocarril México-Puebla-Tehuacán-Oaxaca, que fue visto como un invento que aseguraría el bienestar del municipio, pues les permitiría impulsar actividades industriales y comerciales; además el uso del agua como fuerza motriz para el molino de harina “La Asunción” propiedad del Sr. Couttolenc.
- segundo, la consolidación del primer cuadro de la ciudad en materia urbana, al ser empedrado y construidos edificios y el hospital municipal, se inicia la construcción del kiosco y las bancas de metal del zócalo, etc.

Durante el periodo revolucionario sus pobladores estuvieron inmersos en estas revueltas; sin embargo, el municipio continúa su proceso de modernización y hacia 1914 se establecen las oficinas de correos y telégrafos.

4.6.3 Modelo nacionalista: “crecer hacia adentro”

El modelo “nacionalista” se va gestando después de la Revolución Mexicana desde 1924 con Plutarco Elías Calles hasta 1940 con Lázaro Cárdenas; en términos generales, este modelo se encargó de impulsar la producción agropecuaria, primero sentando las bases para realizar el reparto agrario (Reforma Agraria), los primeros pasos se dan a través de un decreto⁹ que publica en 1915 Venustiano Carranza, donde se les restituía o dotaba a los pueblos indígenas de tierras para su usufructo. Ya iniciado este proceso de dotación de tierras para la conformación de los ejidos, se implementa infraestructura para el agro mediante la construcción de presas para la irrigación, creación de nuevos caminos, así como, apoyos a través de créditos; también se abren escuelas agrícolas. A nivel urbano, se norman las leyes laborales, se permite la formación de sindicatos y cooperativas, se regulan las finanzas a través del Banco de México y se fundan instituciones paraestatales.

Particularmente los campesinos de diversos pueblos del municipio de Tecamachalco solicitan sus peticiones de dotación¹⁰ de tierras a partir de 1925 y este proceso culmina en 1939, que coincide con el periodo de la presidencia cardenista¹¹; este proceso de reparto implicó la necesidad de construir obras de riego para el caso de las tierras de

Colonia del Cuije, San Martín de Porres, Lomas de Santa Cruz, San Sebastian, La Villita, Rancho Los Silva, San Juan Sección III, El Nacimiento, Calvario, Barrio Jonetlan. Información proporcionada por SEDESOL-Puebla, 2011.

⁸ Los datos que se incluyen se pueden consultar en: Gámez Camacho y Gámez Jiménez, 2006.

⁹ Este decreto se realiza el 6 de enero de 1915, consúltase Vázquez y Rappo, 2011.

¹⁰ Santiago Alseseca (7/jul/25); Santa Rosa (17/jul/25); Lomas de Sta. Cruz (5/feb/25); Lomas de Romero (5/feb/25); San Mateo Tlaixpan (22/feb/27); La Laguna (23/feb/32); San Antonio Tecolco (2/mar/34); Francisco Villa (9/mar/34); Tecamachalco (21/dic/34); San Antonio La Portilla (24/abr/35); Veracruzito (3/jul/35); La Purísima de Hidalgo (3/jul/35); San Baltazar (9/dic/37); Xochimilco (18/feb/39); La Soledad (28/jul/39).

¹¹ El gobierno cardenista repartió más de 20 millones de hectáreas, beneficiando a 774 mil 9 familias con aspectos muy importantes: la rapidez de trámite y entrega de las tierras en forma de ejido, por haber afectado hasta tres veces el mismo latifundio y el hacer reparto de tierras de regadío y no solamente temporal. Consúltase: http://html.rincondelvago.com/revolucion-mexicana_2.html

regadío, es así como se proyecta la presa “Manuel Ávila Camacho” que fue construida entre 1941-1946 y opera desde 1946 para cubrir necesidades de riego en la zona de Tecamachalco-Tehuacán.

La política agraria cardenista no tuvo seguimiento y desde el periodo presidencial de Manuel Ávila Camacho el ejido dejó de ser prioritario y nuevamente se beneficia a terratenientes que recibieron tierras con sistemas de riego, canales, presas, créditos; además se amplió la extensión de tierras en propiedad con carácter de inafectable, por tanto, el reparto agrario quedó suspendido.

Y es así como se retoma nuevamente el modelo “liberal” que comienza a imperar desde el gobierno avilacamachista, donde se deja a un lado el reparto agrario y se busca incentivar los capitales privados para invertir en el agro, por ello se da continuidad a estas obras hidráulicas de irrigación, así como la construcción de caminos y comunicaciones y la ampliación de créditos.

Como ya se dijo anteriormente, después de los 40 ya no hubo reparto agrario, pues se planteaba que no había más terrenos afectables para la conformación de nuevos ejidos; sin embargo, hacia los años 70 del siglo XX campesinos de los poblados de José María Pino Suárez, Colonia Cuauhtémoc y Rubén Jaramillo, apoyados por un grupo de universitarios de la UAP, logran que el Registro Agrario les otorgue tierras y se conformen tres Nuevos Centros de Población Ejidal¹²; éste es el último periodo de reparto agrario en el municipio.

Desde los años 60 el agro mexicano no quedó exento de las políticas internacionales de la “Revolución Verde”¹³ dando como resultado el “extensionismo agrícola”, cuando se da un auge en la productividad agrícola, fomentando el uso de nuevas técnicas y tecnologías; la cría intensiva y la selección genética permitieron producir variedades de alto rendimiento de cultivos y razas más productivas de ganado. También hubo grandes innovaciones en la agroquímica, para producir nuevos plaguicidas y fertilizantes.

Sin embargo, este proceso extensionista requiere abundante irrigación y ejerce gran presión sobre los recursos hídricos; además el uso de plaguicidas y otras sustancias agroquímicas causó un grave deterioro del medio ambiente y puso en peligro la salud pública.

En el caso particular de Tecamachalco, se contaba con las condiciones perfectas para que a finales de los 60 se iniciara la producción agrícola moderna, concretada en la selección genética (semilla mejorada) y la explotación intensiva permitida por el regadío y basada en la utilización masiva de fertilizantes, pesticidas y herbicidas; actualmente estos productos químicos se utilizan casi para todo tipo de cultivo.

4.6.4 Modelo neoliberal¹⁴: lo global se impone a lo local

En términos muy generales y sin entrar en detalle, se considera que esta doctrina económica actúa a dos niveles, el global, donde se suprimen las fronteras al capital y el interno, que privatiza los servicios públicos y desregula el mercado laboral.

La lógica del neoliberalismo es dismantelar todas las empresas paraestatales, como han sido los casos de Conasupo, Fertimex, Linconsa, LyFC, Mexicana de Aviación, Ferrocarriles Mexicanos, e intentos con PEMEX, para privilegiar la inversión privada y dar una serie de concesiones para que estas empresas se implanten bajo la consigna de aumentar el número de empleos; sin embargo, los derechos laborales cada vez se van minando.

A nivel nacional se han instalado nuevas empresas que van generando de manera local una política comercial y productiva desplazante que compiten con precios muy bajos y van descapitalizando a las pequeñas empresas locales, las cuales pueden ser compradas, fusionadas o bien aniquiladas.

De acuerdo con los datos obtenidos a través de entrevistas con autoridades municipales y /o de presidencias auxiliares, regidores, inspectores, jueces de paz, y con pobladores, hemos podido detectar que el municipio de Tecamachalco está enfrentando varias problemáticas complejas que se han venido construyendo a lo largo del tiempo, y que son reflejo de

¹² Consúltese Vázquez, Rappo, 2011.

¹³ Revítese: (<http://www.fao.org/kids/es/revolution.html>)

¹⁴ Las características principales del neoliberalismo son seis:

-La desregulación, medio que elimina parte de los controles oficiales a favor de la producción privada de bienes y servicios. -Desincorporación de entidades públicas. -Venta de bienes de inversión a particulares. -Concesión a la iniciativa privada de servicios, principalmente los de comunicaciones y transportes. -Eliminación de subsidios -Adelgazamiento del aparato burocrático. -Crecimiento del Ejército Industrial de Reserva <http://www.mitecnologico.com/Main/ElNeoliberalismo>

una serie de políticas implementadas por los modelos económicos y programas nacionales de desarrollo, todo ello generando un ambiente propicio para nuevos riesgos y vulnerabilidades.

Bajo este modelo, desde 1994 en que se instaló la empresa Bachoco¹⁵, una de las mayores productoras de pollo y de huevo a nivel nacional y que desde sus orígenes se estableció en México en Celaya, Guanajuato, comenzó su monopolio en la región de Tecamachalco y fue descapitalizando a pequeñas y medianas empresas, como fue el caso de las granjas de Oscar Hidalgo.

Desde 1943 opera Gruma¹⁶ (Grupo Maseca) en México, iniciando una serie de asociaciones con diversos industriales encargados de producir alimentos de harina de maíz y trigo a nivel mundial; actualmente es una empresa líder a nivel global en este ramo. Este emporio agroalimentario se estableció en Tecamachalco en 1999, ubicándose en el viejo Molino de La Asunción. El desarrollo de semillas transgénicas, en esta empresa, es uno de los rasgos más polémicos, continuamente denunciado por agrupaciones campesinas y organismos no gubernamentales que ven en esto un riesgo para las semillas criollas, ya que no ha aplicado el principio precautorio que considera la legislación nacional con respecto a los impactos que la tecnología transgénica puede contener.

Estas empresas no corresponden a una lógica local de producción y esto conlleva varias problemáticas que va enfrentando la región; primero, los empleos que generan son mal remunerados, las condiciones de trabajo son desfavorables para los empleados y los derechos laborales se han disminuido. Por otro lado, se les otorgan facilidades para la exención de impuestos y otros beneficios fiscales, lo que no permite que a los municipios se les retribuya capital para su utilización en obra pública; por el contrario, generalmente se realiza infraestructura para estas empresas con recursos públicos; y por si fuera poco, son grandes consumidoras de recursos hídricos y energéticos, produciendo una gran cantidad de desechos que no reciben un manejo adecuado, generando contaminación ambiental siendo el costo tanto social como ecológico para la sociedad.

En el 2003 da inicio la construcción de la Cementera Cruz Azul¹⁷ en el municipio de Palmar de Bravo, justo al borde limítrofe con el municipio de Tecamachalco; pero el banco de material en operación esta dentro de zona municipal y está afectando el área natural protegida Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán; esta planta inicia sus actividades extractivas en 2007. Representa la nueva apropiación de los recursos minerales, la destrucción del entorno natural y como consecuencia el cambio radical del paisaje.

En la medida en que el campo ha sido desolado comienza la apropiación de los recursos minerales, los cuales requieren una gran cantidad de agua y energía para sus procesos extractivos y productivos. Lo que implica que la zona se deteriore en sus recursos vitales sin contar con el apoyo de los diferentes niveles de gobierno que ayuden a compensar los recursos utilizados.

Otro problema que enfrenta el municipio es la invasión de desarrolladoras inmobiliarias que se han establecido en zonas de recarga y de riesgo como las laderas de los cerros y las barrancas. Estas inmobiliarias se desempeñan con capitales locales que buscan financiamiento externo privado y que presionan para que el municipio realice cambios de uso de suelo.

Otra situación que afecta al municipio es la competencia sobre el espacio rural al establecerse capitales comerciales tanto extranjeros como nacionales en el ámbito económico, como son los supermercados y tiendas departamentales de Bodega Aurrerá del Grupo Wall-Mart, Coppel y Elektra, los cuales ganan espacio y compiten de forma desleal con el comercio local.

Como se ha venido planteando, Tecamachalco es un territorio socialmente construido, donde se presentan tensiones políticas, económicas, sociales y culturales a partir de la implantación de modelos economicistas y de poder desde finales del siglo XIX hasta nuestros días. Estas tensiones han generado transformaciones territoriales que aunadas a fenómenos naturales, producen amenazas, riesgos y vulnerabilidades para la población y su medio ambiente.

¹⁵ Historia de Bachoco: 1952. La empresa se fundó en Ciudad Obregón, Sonora. 1971: establece sus operaciones de aves de corral en primer lugar en Culiacán, Sinaloa. 1974: Una planta de procesamiento de segundo se abre en Celaya, Guanajuato. 1992: Se mueve la sede corporativa de Celaya. 1994: La empresa adquiere sus plantas de procesamiento de tercero y cuarto. 1997: Industriales Bachoco se convierte en una corporación pública por la venta de acciones. 1999: La compañía adquiere Grupo Campi, SA de CV. México, cuarto mayor productor de aves de corral.

¹⁶ Consúltase la página de Gruma: http://www.gruma.com/vEsp/Acerca/acerca_esto.asp

¹⁷ Consúltase página web de Cruz Azul: <http://www.cruzazul.com.mx/2008/producto/plantaPuebla.aspx>

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico

5.1.1 Fallas y fracturas

Este fenómeno fue estudiado hasta el **nivel 4**, ya que se utilizaron métodos directos para desarrollar el mapa de fallas y fracturas: la geomorfología, geología estructural y estratigrafía, con los cuales fueron identificadas fracturas suroeste-noreste, cabalgaduras nor-noroeste-sur-sureste y una falla normal casi norte sur con buzamiento hacia oeste; todas ellas formadas antes del Plioceno.

Finalmente, con el objeto de estimar la vulnerabilidad de estas fallas y cabalgaduras se desarrolló en la parte sísmica un mapa con la sismicidad de los últimos cien años donde se puede observar que no existe ningún sismo o alineamiento de sismos con estas estructuras mencionadas, por lo tanto, dada su antigüedad y por la sísmica podemos dar un nivel de amenaza **bajo** para las zonas urbanas de este municipio, en especial para la zona urbana de Tecamachalco, por donde pasa precisamente la falla normal norte sur, así como también por no presentar ninguna evidencia de fracturamiento en calles, banquetas, bardas, ni casas habitación.

Es preciso revisar el mapa de geología que está en el capítulo III que es antecedente de los análisis que prosiguen.

Fotogeología¹⁸

A través de la fotogeología se pudo identificar la estructura de la sierra El Monumento formada por sedimentos marinos plegados en dos eventos orogénicos y las diferencias morfológicas que marcan cambios en la litología a lo largo de las laderas de dicha sierra.

Se pudo identificar que a los pies de esta sierra existe una capa con pendiente muy baja formada por la precipitación de carbonatos disueltos por las aguas pluviales en el cuerpo de la sierra calcárea; esta capa está cubierta en su porción baja por depósitos de talud con una pendiente todavía más suave que se une finalmente con la planicie.

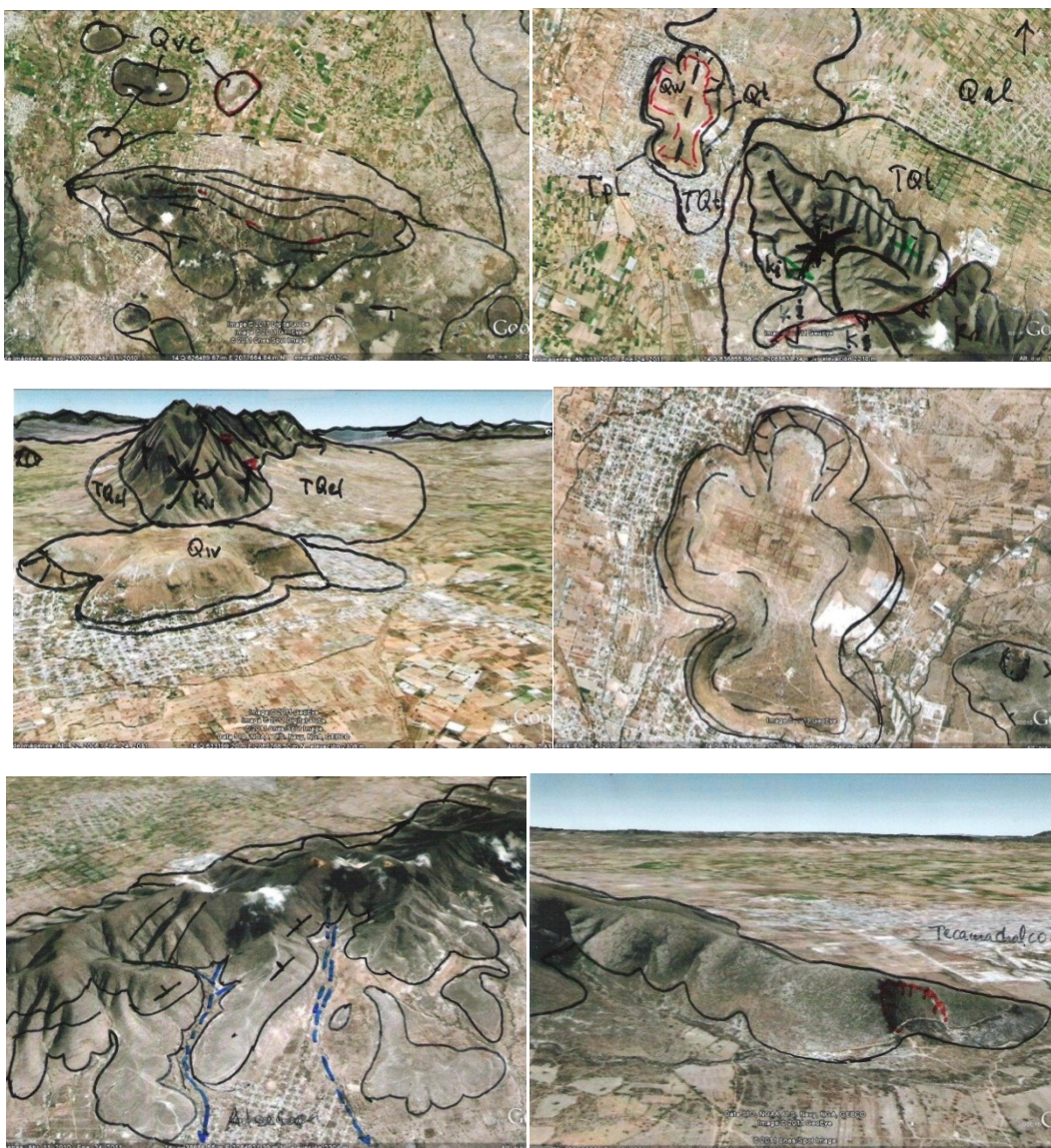
Respecto al cerro Techachales se pudo identificar que en su porción norte se encuentra un cono escoriáceo semi-sepultado por sus productos volcánicos posteriores y que la meseta que conforma el cuerpo principal de este cerro probablemente fue exhalada a través de una erupción fisural, por una fractura o falla orientada casi norte-sur.

En las figuras siguientes se presentan algunas de las imágenes Google analizadas.

ANÁLISIS DE FALLAS



¹⁸ Los aspectos metodológicos de esta técnica son descritos en los anexos.



IMÁGENES OBTENIDAS CON GOOGLE DONDE SE ANALIZAN LOS RASGOS ESTRUCTURALES DE EL MONUMENTO Y EL TECHACHALES EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUE. ELABORACIÓN : GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA, UNAM, 2011.

Mapa de fallas y fracturas

En detalle la sierra El Monumento exhibe, en el área de Tecamachalco, dos estilos de deformación, el primero asociado a la orogenia Laramide producida en el Terciario inferior (Eoceno-Oligoceno), por empujes dirigidos de oeste a este. Y la segunda, la orogenia del sur de México provocada por empujes desde la subducción de la placa Cocos en el Mioceno, la cual re-deformó las estructuras laramídicas formadas con empujes dirigidos de suroeste a noreste. El resultado de estos eventos fue la formación de anticlinorios y sinclinorios en arcos separados por valles paralelos que a cierta distancia se observan como ondulaciones algo distantes en el terreno, las cuales fueron afectadas posteriormente por fracturas y fallas perpendiculares orientadas suroeste-noreste.

Se detectó además que el anticlinorio de El Monumento y el de Amozoc debieron en algún momento haber formado un solo elemento, pero están separados ahora por una gran fosa tectónica orientada nor-noroeste sur-sureste, en cuyo flanco occidental se encuentra La Malinche y cuyo flanco oriental interrumpe la sierra El Monumento y pasa debajo del Techachales.

En las figuras siguientes se presenta la ilustración de fallas y fracturas del municipio de Tecamachalco, y se han trazado cuatro secciones o perfiles geológicos, con el objeto de resaltar la estratigrafía de los diferentes unidades litológicas observadas en planta, así como su relación con las fallas y las cabalgaduras y su proyección teórica en el subsuelo.

FALLAS Y FRACTURAS DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUEBLA

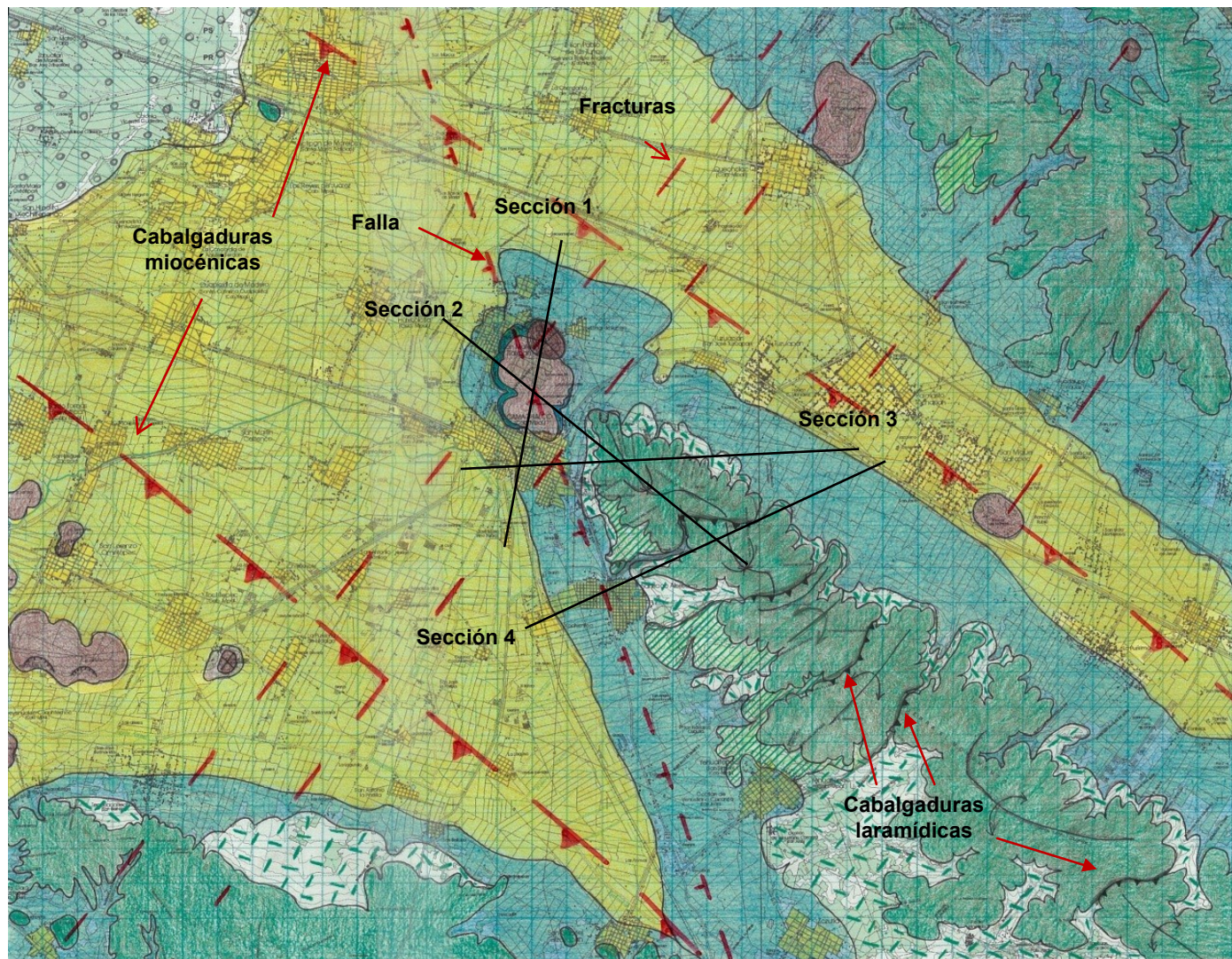
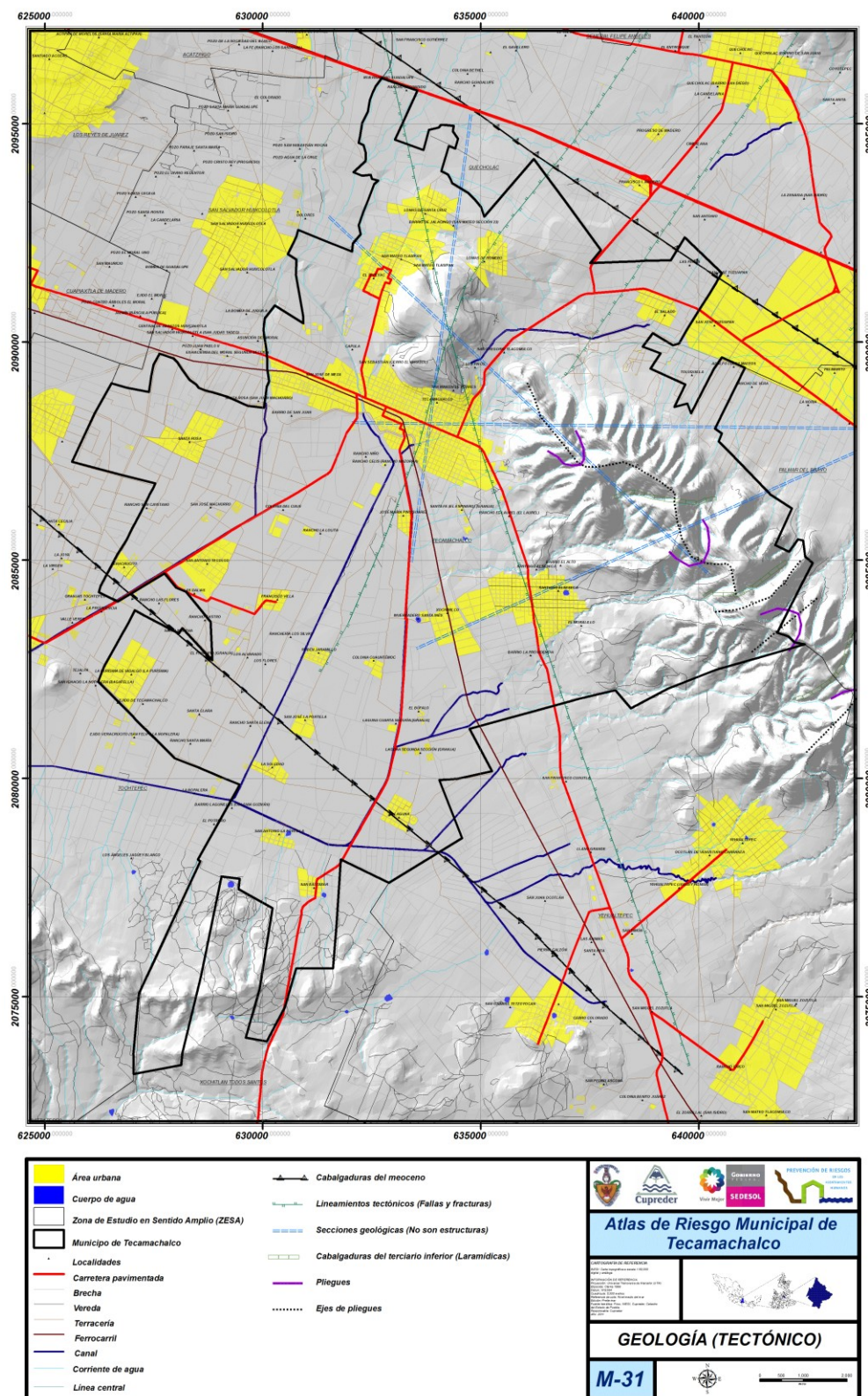


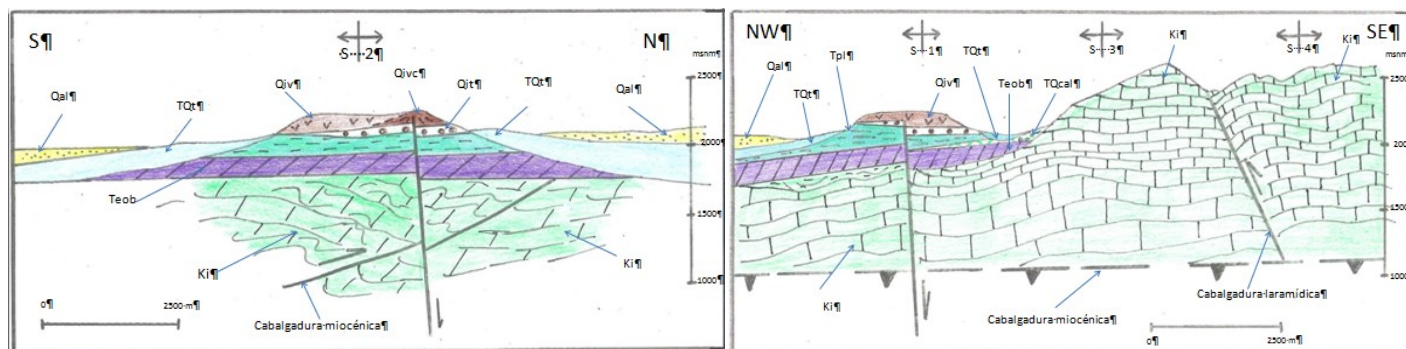
ILUSTRACIÓN DE FALLAS Y FRACTURAS DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUE, DONDE SE MUESTRA LA RED FLUVIAL (LÍNEAS AZULES), ZONAS URBANAS (DE COLOR AMARILLO) Y LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MÁS RELEVANTES (DE COLOR CAFÉ). SE HAN RESALTADO LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MÁS RELEVANTES DE EL MONUMENTO: PLIEGUES (LÍNEAS DE COLOR VERDE) Y CABALGADURAS (LÍNEAS DE COLOR ROJO); ASÍ COMO DOS ALINEAMIENTOS MÁS REGIONALES QUE SE MUESTRAN EN LÍNEAS DE COLOR ROJO DISCONTINUA. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM.

ILUSTRACIÓN: GEOLOGÍA (TECTÓNICO)

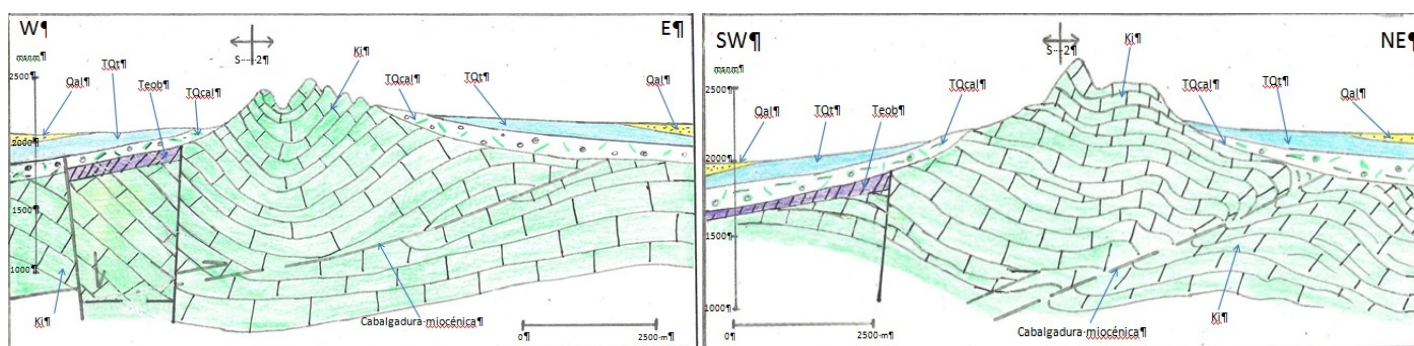


MUESTRA LOS PROCESOS TECTÓNICOS QUE EXPLICAN PLIEGUES, CABALGAMIENTOS Y ALINEAMIENTOS QUE PUEDEN DAR ORIGEN A FALLAS Y FRACTURAS. FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON INFORMACIÓN DEL GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM. 2011.

PERFILES DE FALLAS Y FRACTURAS



SECCIÓN 1 Y 2, PERFIL NNORTE-SUR Y NOROESTE-SURESTE EN EL MAPA DE FALLAS Y FRACTURAS. INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM.



SECCIÓN 3 Y 4, PERFILES OESTE-ESTE EN EL MAPA DE FALLAS Y FRACTURAS. INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM.

En este orden de amenaza, no recuperamos ninguna evidencia de eventos ocurridos en el pasado próximo o lejano, debidos a fallas en laderas de cerros o elevaciones.

5.1.2 Vulcanismo

Este fenómeno fue estudiado hasta el **nivel 1**, empleando métodos directos como un mapa geológico regional, donde hemos ubicado a los dos estratovolcanes activos más cercanos al municipio de Tecamachalco: La Maliche y el Pico de Orizaba o volcán Citlaltépetl. Asimismo, se ha consultado y utilizado digitalmente los mapas de peligros para los volcanes Popocatepetl y Citlaltépetl, elaborados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred).

El municipio de Tecamachalco está asentado en la conjunción de una provincia cárstica, expresada en la formación montañosa llama El Monumento (conocida también como sierra de Tecamachalco), y una de tipo volcánico asociada a la Faja Volcánica Transmexicana, con el cerro de Techachales y su extremo llamado El Águila, que es un volcán monogenético que produjo depósitos importantes en varias parte de la entidad.

Otra porción del municipio se encuentra asentado sobre viejos depósitos de La Malinche generados por flujos muy antiguos. Aunque los estudios actuales sobre esta formación natural indican que la erupción más reciente ocurrió hace unos 3 mil 100 años, y eso lo coloca en la clasificación de volcán activo, (Matlacuéytl, Castro-Govea, Siebe, 2007-2009), no se tiene evidencia de manifestaciones posteriores de actividad. La distancia entre este volcán y el centro de la cabecera municipal es de unos 50 kilómetros.

El Citlaltépetl o Pico de Orizaba (19° 01' N; 97° 16' W; 5 mil 675 msnm) es el volcán que manifiesta alguna actividad con mayor cercanía a Tecamachalco, a unos 51 kilómetros entre el cráter y el centro de la ciudad principal del municipio. En el Mapa de Peligros elaborado por Sheridan et. al. no se encuentra ninguna parte de esta entidad poblana enmarcada en las zonas de peligro importante. Sin embargo, es necesario considerar que de producirse emanaciones de ceniza o aún

de algunos materiales piroclásticos en temporadas de vientos alisios —este-oeste, de junio a septiembre— algunos productos podrían depositarse en el municipio en cantidades importantes y ocasionar daños. El Citlaltépetl podría dar origen a una emisión de cenizas o tobas de caída libre y por su cercanía y con vientos favorables hacia el poniente arrastrar dichas cenizas y tobas hacia Tecamachalco. Recordemos que la ceniza o arena volcánica produce, a partir de cierta cantidad, oclusión de los ductos de drenaje, colapso de techos frágiles, afectaciones en maquinarias y hasta reacciones alérgicas y molestias en vías respiratorias y piel en algunos individuos particularmente sensibles.

En tiempos históricos, el Citlaltépetl ha hecho tres grandes erupciones: la primera estudiada, hace unos 13 mil años, que produjo flujos de pómez en el sector oriental; la segunda, hace entre 8 mil 500 y 9 mil años, caracterizada por caídas de pómez y flujos piroclásticos (Carrasco-Núñez, 1995); la tercera, con flujos de bloques y cenizas en los flancos oeste y sureste, ocurrida hace 4 mil 100 años (Siebe, et. al., 1993).

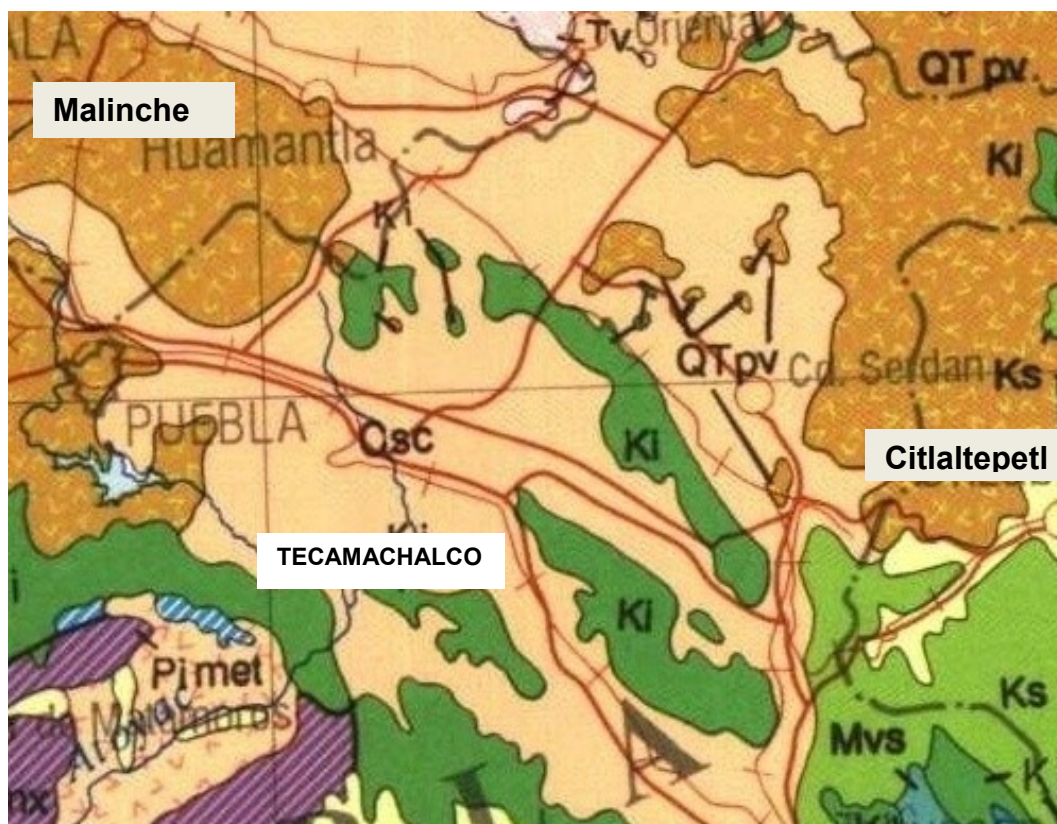
Otros estudios (De la Cruz Reyna, y Carrasco-Núñez, 2002) descubrieron diversos depósitos que permitieron fechar ocho eventos eruptivos adicionales, que oscilan entre los 8 mil 170 y los mil 730 años a.C.

Aunque La Malinche se ha mantenido en una aparente calma y no hay evidencia expresada por ningún medio cartográfico de actividad alguna, existe un corredor directo entre este volcán y el municipio de Tecamachalco, representado por un valle entre Tepeaca y Tetela Morelos, que constituiría una vía por la cual tendríamos una corriente piroclástica proveniente de La Malinche que podría alcanzar al municipio de Tecamachalco.

A pesar de que el cerro Techachales es de origen volcánico se descarta que entre nuevamente en actividad debido a que se trata de un cuerpo monogenético, es decir se asocia a un sólo ciclo de actividad ígnea extrusiva y no hay indicios de ninguna actividad, ni sísmica, ni volcánica que sugieran lo contrario.

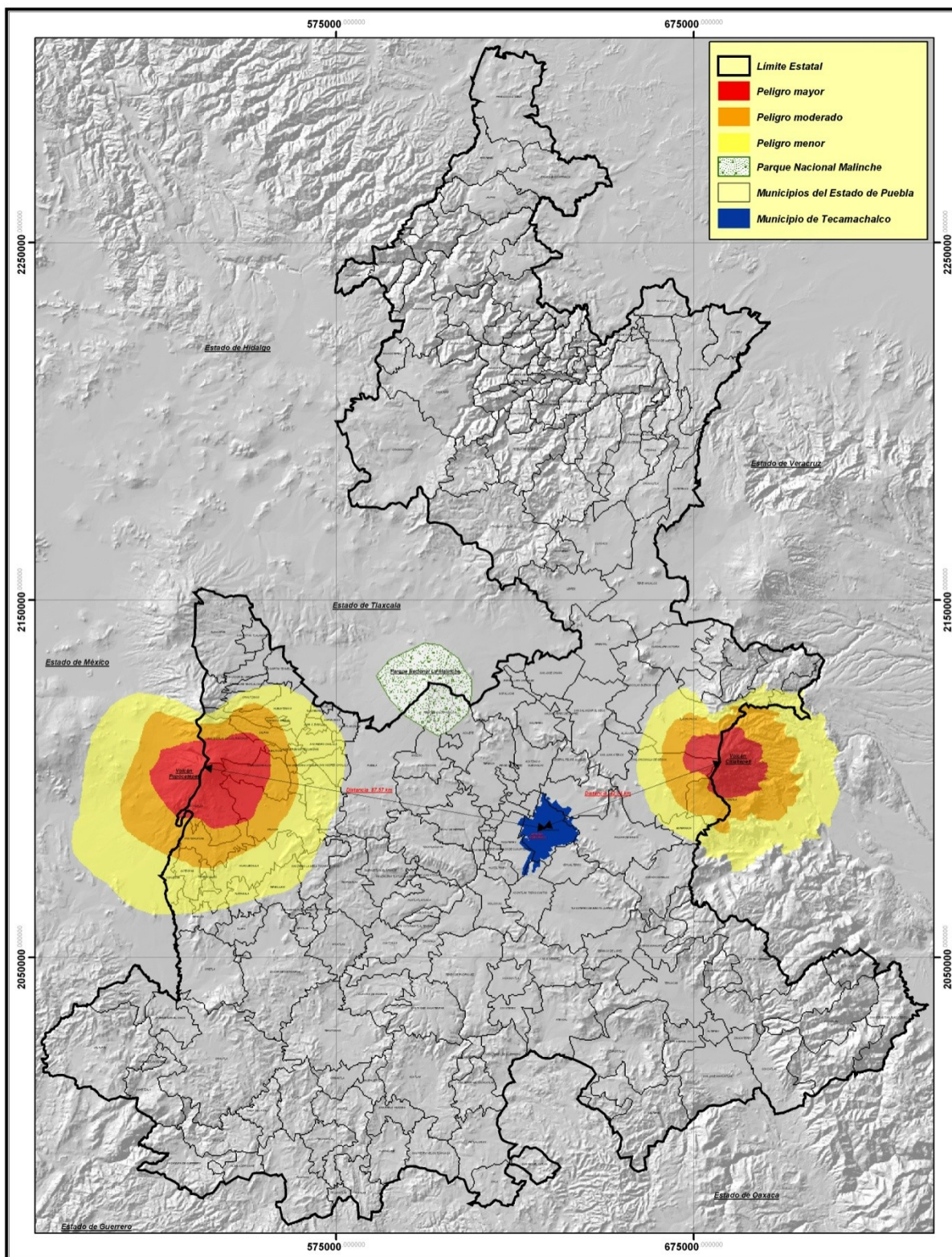
Finalmente, con el objeto de estimar la peligrosidad de estos volcanes y el de El Águila, se analizaron escenarios posibles considerando una reactivación de los dos estratovolcanes; sin embargo, dadas las condiciones actuales de estos estratovolcanes, y por la naturaleza del volcán monogenético de El Águila, podemos dar una **nivel de amenaza bajo** a este tipo de fenómenos.

GEOLOGÍA REGIONAL Y UBICACIÓN DE LOS ESTRATOVOLCANES CERCANOS



FUENTE: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM.

ILUSTRACIÓN: PELIGROS VOLCÁNICOS PARA EL MUNICIPIO TECAMACHALCO



FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER A PARTIR DE LOS MAPAS DE PELIGROS DEL CENAPRED PARA LOS VOLCANES POPOCATÉPETL Y CITLALTÉPETL O PICO DE ORIZABA. 2011.

5.1.3 Sismos

Este fenómeno se estudió hasta el **nivel 5**, ya que se utilizaron métodos empíricos para evaluar los efectos de sitio, con registros de sismos y microtemores en las tres zonas urbanas con mayor población. El monitoreo sísmico se desarrolló con sismómetros de banda ancha para garantizar el efecto de sitio hacia bajas frecuencias, cuya distribución inicial dentro de las zonas urbanas se hizo utilizando una herramienta nueva de la geohidrología que predice las zonas inundables, las cuales en la mayoría de los casos crean terrenos geotécnicamente blandos (**zona de efectos de sitio**). Se determinaron 73 **funciones de transferencia empíricas** (FTE) en las tres zonas urbanas, validadas con registros de sismos, cuya interpretación y su relación con la geología se clasificó en **tres tipos de terrenos sísmicos**, en las tres zonas urbanas mencionadas: **zona firme** (sin efecto de sitio), **zona intermedia** (con efectos de sitio entre 0.2 a 0.4 seg) y **zona baja** (con efectos de sitio mayores a los 0.5 seg.). Así también fueron determinados con las mismas funciones de transferencia mencionadas los mapas de periodos dominantes para las tres zonas urbanas.

Finalmente, con el objeto de proporcionar elementos para la ponderación de la vulnerabilidad física en estas tres zonas urbanas, se estimaron **mapas de intensidad sísmica para dos escenarios sísmicos**: para la zona sismogénica de intraplaca, se seleccionó al sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999 (M_w 7.0) por los daños ocasionados en las viviendas de las zonas urbanas en estudio, cuyo registro en roca fue la estación CHFL¹⁹; y para la zona sismogénica cortical, se seleccionó un sismo simulado en roca que tiene algunas características similares al registrado durante el sismo de Huamantla el 6 de abril de 1959 (m_b 4.7), por su cercanía a esta zona en estudio. Para el desarrollo de estos mapas de intensidad se utilizaron las mismas 73 FTE obtenidas para el estudio de microzonificación sísmica de las zonas urbanas; sin embargo, en esta etapa nos valimos de los recientes estudios de Sánchez-Sesma et. Al., (2011) y Ismael-Hernandez et al., (2011), que proponen una teoría que sugiere que dichas FTE son un estimador adecuado del nivel de amplificación del sitio para una banda de frecuencias entre 0.1 a 10 Hz.

Por lo tanto, en este trabajo nosotros lo utilizamos para obtener acelerogramas sintéticos multiplicando el registro en roca (para los dos escenarios) con las funciones de transferencia empírica y estimar los correspondientes espectros de respuesta de pseudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5% del valor crítico. Los **resultados** obtenidos son presentados por medio de mapas para: 1) **el valor de la aceleración máxima del terreno**; 2) **la ordenada máxima del espectro lineal de pseudoaceleración**; 3) **la ordenada espectral asociada al periodo de vibrar de las construcciones del lugar, para $T=0.2$ seg.**; y 4) **la ordenada espectral asociada al periodo de vibrar de las construcciones del lugar, para $T=0.3$ seg.**

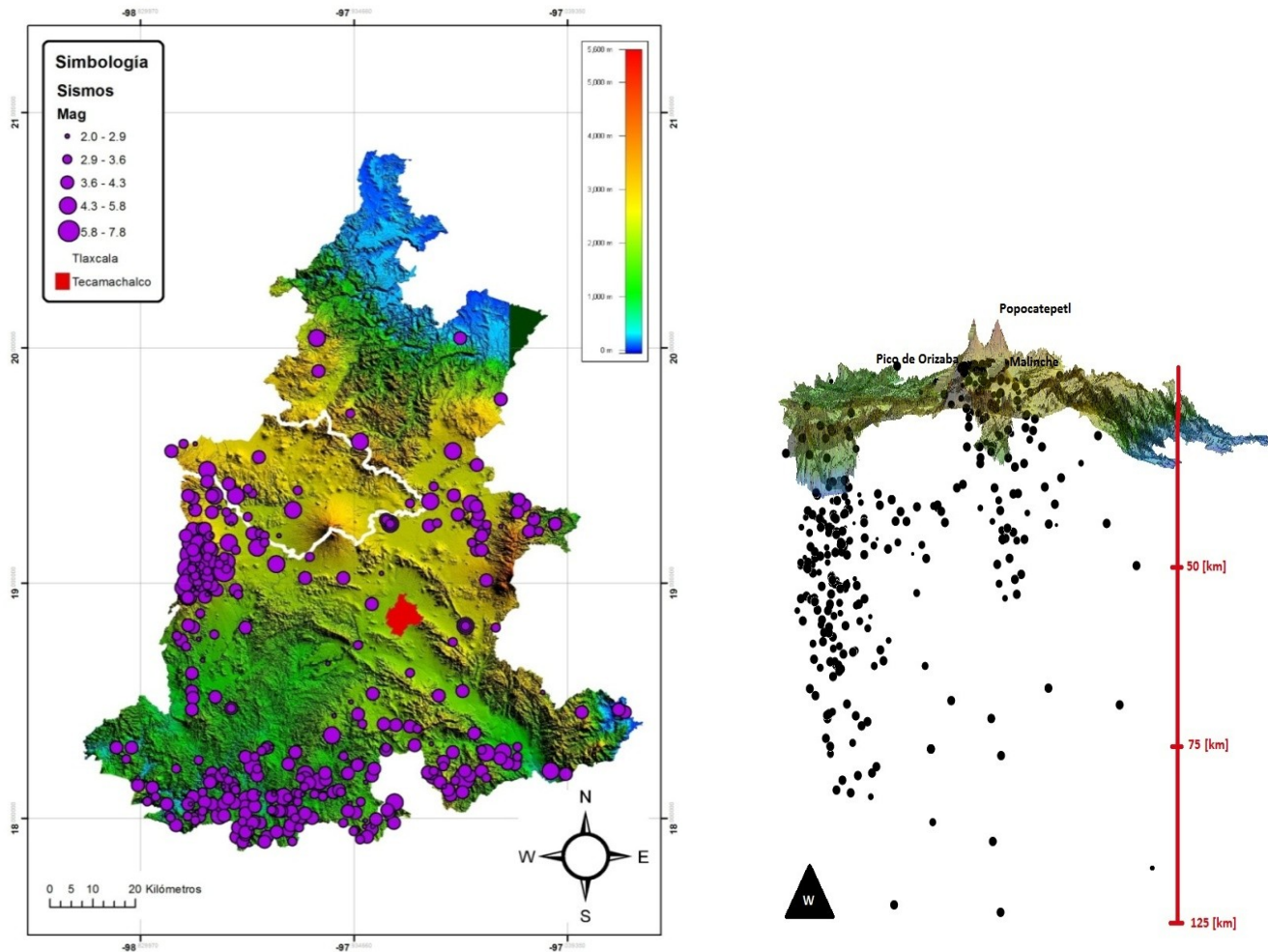
Para todo este apartado de sismos, y de amenazas geológicas en general, es indispensable tener presente los antecedentes descritos en el capítulo III referentes a las condiciones geológicas, geomorfológicas y edafológicas del municipio.

Utilidad de la regionalización sísmica. Una manera rápida para conocer el peligro sísmico del municipio de Tecamachalco es ubicándolo en la más reciente revisión (del 2008) del Manual de Obras Civiles desarrollada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), donde ahora presentan una regionalización sísmica actualizada a nivel nacional con un programa que se instala en cualquier PC, sólo dándole la ubicación del municipio, que se presenta en el capítulo de anexos. En ella lo más relevante es la aceleración máxima en roca que este programa asigna al municipio de Tecamachalco, con un valor de 165 gales (cm/seg^2), 36 cm/seg de velocidad y un desplazamiento de 23 cm para un periodo de retorno de mil 675 años, así como un espectro de diseño en roca, que presenta un coeficiente sísmico de 410 gales entre 0.2 a 0.6 segundos.

Con el objeto de aclarar este punto vamos a analizar los tipos de sismos, o fuentes sísmicas, que pueden ocasionar esta aceleración en este municipio. Para ello se recopilaron datos de sismos de tres tipos de catálogos: Figueroa (1974), González-Pomposo y Valdés-González (1995), y el Servicio Sismológico Nacional (2011) para una ventana definida por los paralelos 17.5°N y 21.0°N y los meridianos 96.5°O y 99.5°O (figura 8). De esta manera, se obtuvieron mil 652 eventos ocurridos entre febrero de 1911 y septiembre de 2011 (100 años). Sin embargo, dentro del estado de Puebla estos se minimizaron a 361 eventos, con profundidades de hasta 125 km y magnitudes distribuidas.

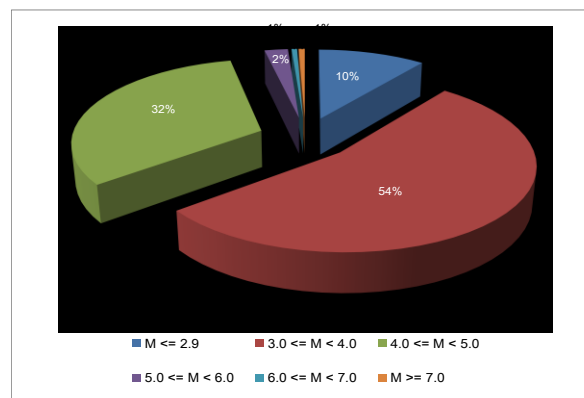
¹⁹ Con siglas fueron identificadas cada una de las estaciones ubicadas para este trabajo.

REGIONALIZACIÓN SÍSMICA PARA EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO



IZQUIERDA, SISMICIDAD EN EL ESTADO DE PUEBLA. SE MUESTRAN CON CÍRCULOS MORADOS DE DIFERENTES TAMAÑOS LA SISMICIDAD, Y CON DIFERENTES COLORES QUE VAN DESDE AZUL OSCURO A ROJO LA ALTIMITRÍA. DE COLOR ROJO SE MUESTRA EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUE. PARTE DERECHA, PERFIL NORTE-SUR DE LA SISMICIDAD EN EL ESTADO DE PUEBLA. SE MUESTRAN CON CÍRCULOS MORADOS DE DIFERENTES TAMAÑOS LA SISMICIDAD, Y CON DIFERENTES COLORES QUE VAN DESDE AZUL OSCURO A ROJO LA ALTIMITRÍA. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM.

MAGNITUDES DE SISMOS SELECCIONADOS



DISTRIBUCIÓN DE MAGNITUDES DE LOS 361 SISMOS SELECCIONADOS. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM.

La figura anterior muestra con círculos morados de diferentes tamaños los epicentros y los hipocentros (perfil norte sur) de los 361 eventos que se encuentran dentro de los estados de Puebla y Tlaxcala. Como podemos ver, la zona de mayor actividad sísmica corresponde al sur del estado de Puebla, entre los paralelos 17°30'N y 18°35'N, donde gran parte de los eventos se originaron entre los 25 y 80 km de profundidad para todo el rango de magnitudes observadas, probablemente asociados al frente de la Placa de Cocos. La región central, entre los 18°35'N y los 19°50'N, presenta una sismicidad moderada, donde la mayoría de los eventos ocurrieron cerca de la superficie y con magnitudes menores a 5, la gran mayoría asociadas a la actividad sísmica del volcán Popocatepetl y al graben de Puebla (Lermo et al., 2006a y Lermo et al., 2006b). La zona de menor sismicidad se encuentra entre los 19°50'N y los 21°N, donde se registraron pocos eventos y cuyas magnitudes son menores de 4.

Por otro lado, también podemos observar que no existe ningún sismo o alineamiento de sismos con las estructuras geológicas mencionadas dentro del municipio de Tecamachalco, por lo tanto, dada la antigüedad de estas estructuras y por la sísmica podemos dar una nivel de amenaza baja relacionada con los datos geológicos para las zonas urbanas de este municipio.

Finalmente, de acuerdo con este mapa de sismicidad, podemos identificar **tres fuentes sismogénicas principales** que afectan al municipio de Tecamachalco: sismos asociados a la zona sismogénica intraplaca, a la zona sismogénica cortical del graben de Puebla, y a la actividad sísmica del volcán Popocatepetl. De ellas, **la de mayor peligrosidad son los sismos que ocurren dentro de la placa subducida** o la fuente sismogénica intraplaca por generar sismos hasta de una magnitud de 7.8. **En segundo lugar**, como fuente de sismicidad que pueden causar daño a las poblaciones de este municipio de Tecamachalco **están los sismos corticales** (superficiales) que ocurren dentro del graben de Puebla, la cual se encuentra activa como se puede comprobar con el temblor del 6 de abril de 1959 (mb 4.7) y el reciente ocurrido en el mismo lugar del 21 de noviembre del 2011 de una magnitud 4.2 (reporte del Servicio Sismológico de la UNAM).

Como bien se sabe, los sismos de profundidad intermedia y con mecanismo de falla normal en la zona de subducción de la Placa de Cocos bajo la de Norteamérica causan daños severos a diversas poblaciones de la región centro-sur de México. Desde el siglo antepasado se presentan sismos de este tipo con magnitudes mayores de 6.5 (Singh *et al.*, 1999), la mayoría localizados en el estado de Puebla (consultar anexos).

Los sismos ocurridos el 28 de agosto de 1973 (Mw 7.0, mb 7.3), y el 15 de junio de 1999 (Mw 7.0, mb 6.3) son ejemplos de los que afectan al municipio de Tecamachalco. A continuación, se da un panorama general de estos eventos.

Temblor del 28 de agosto de 1973 (Mw 7.0, mb 7.3). El 28 de agosto de 1973, a las 03:50:55 h (tiempo local) ocurrió un sismo de magnitud Mw 7.0 (mb 7.3) con epicentro al sureste de la ciudad de Puebla. De acuerdo con estudios realizados por los Institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM, las coordenadas focales fueron las siguientes: latitud 18.817°N, longitud 97.467°O y profundidad de 80 a 100 km.

Este sismo produjo severos daños en los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca, principalmente. Como efecto más lamentable, se alcanzó una cifra de 500 muertos y mil 600 heridos. Los daños materiales fueron importantes en monumentos coloniales, los que quizá por macrosismos anteriores ya presentaban daños no visibles o ligeras reparaciones. También resultaron dañados seriamente edificios nuevos que fueron construidos deficientemente. Los daños más generalizados se presentaron en viviendas ordinarias y económicas, las cuales experimentaron destrucción parcial o total. De acuerdo con el mapa de isosistas (Figueroa, 1974), se observaron intensidades de hasta VIII (Escala Mercalli Modificada) en la zona epicentral (consultar anexos).

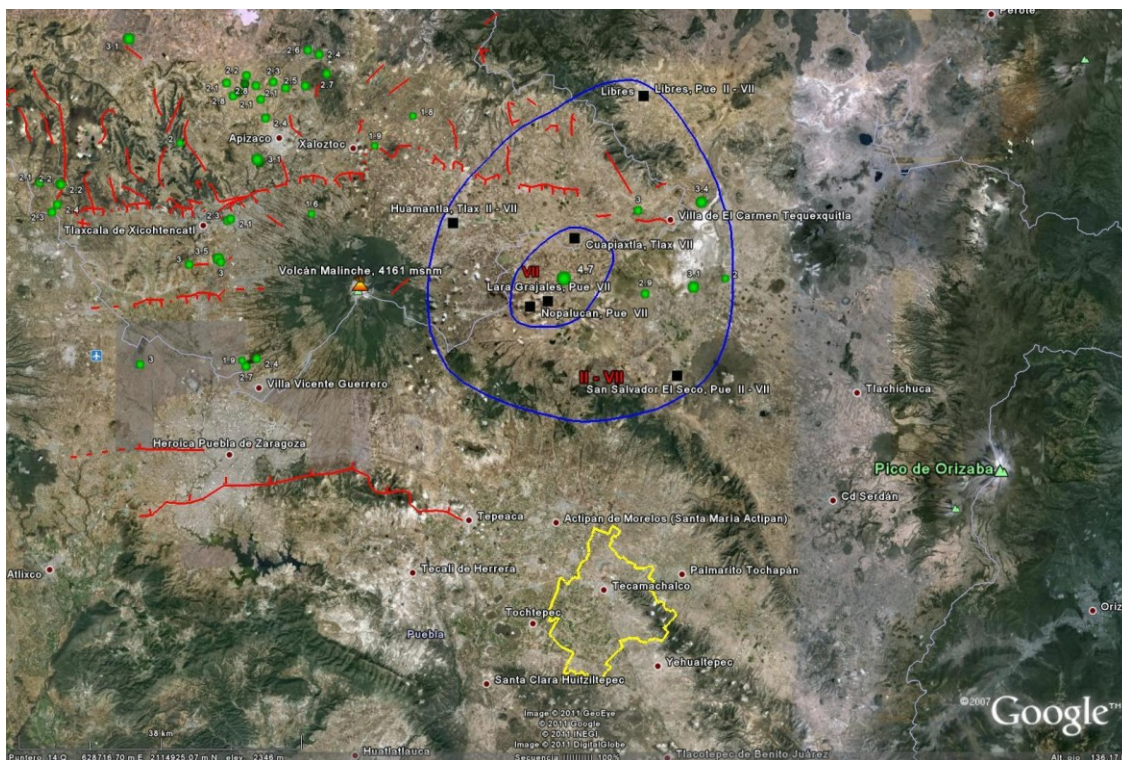
Temblor del 15 de junio de 1999 (Mw 7.0, mb 6.3). El 15 de junio de 1999, a las 15:41:06 h (hora local), ocurrió un sismo de magnitud Mw 7.0 (mb 6.3) con epicentro localizado a 35 km al suroeste de la ciudad de Tehuacán, Puebla. Los daños más relevantes se concentraron en hospitales, viviendas, escuelas y monumentos históricos (Alcocer *et al.*, 1999). Aunque los mayores daños se produjeron en el estado de Puebla, también resultaron afectadas algunas partes de los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Tlaxcala y Morelos. El sismo causó intensidades de hasta VIII (Escala Mercalli Modificada) en una amplia zona entre las ciudades de Huajuapán y Puebla (Iglesias-Jiménez *et al.*, 1999; Juárez-García *et al.*, 1999), tal como se muestra en el mapa de isosistas que se consulta en anexos. (Gutiérrez, 1999).

Sismos corticales que han afectado al estado de Tlaxcala y Puebla

En la figura siguiente se muestra el mapa geomorfológico y de tectónica local para la zona en estudio. Las líneas rojas representan las fallas y lineamientos. Los puntos verdes representan eventos sísmicos registrados en el periodo de 1984 a 2004 (Lermo et al., 2006a). El contorno amarillo representa los límites del municipio de Tecamachalco. Los contornos

en azul representan las isosistas de un evento histórico ocurrido el 6 de abril de 1959 (Mb 4.7) cuyo epicentro se localizó cerca de la zona urbana de Rafael Lara Grajales, Pue (ver descripción extensa en anexos).

IMAGEN GEOMORFOLÓGICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.



SE MUESTRAN CON CÍRCULOS VERDES LA SISMICIDAD. DE COLOR AMARILLO SE MUESTRA EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUE. ELABORÓ: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM. 2011

En anexos está la narración del sismo cortical de 6 de abril de 1959, y los parámetros hipocentrales del sismo principal y algunas de sus réplicas

Monitoreo sísmico y validación de las FTE y determinación de familias espectrales en cada uno de las tres zonas urbanas

Ubicación de los puntos de registro instrumental para el monitoreo sísmico. Con el objeto de ubicar y distribuir seis sismógrafos digitales de tres componentes de banda ancha en cada una de las tres zonas urbanas en estudio, vamos a utilizar el mapa geológico desarrollado en el capítulo anterior y los resultados de las áreas de inundación históricas. Lo que se requiere es predecir los efectos de sito dentro de las zonas urbanas, con el objeto de optimizar los pocos instrumentos sísmicos que se utilizan y el tiempo de registro.

Tomando en cuenta los diferentes tipos de depósitos geológicos (de talud, caliches, aluvión y calizas delgadas del cuaternario inferior) y las áreas de inundación, así como las barrancas, se muestra la distribución final de los 73 puntos donde se ubicaron en varios periodos de tiempo²⁰ los seis instrumentos mencionados. Algunos sitios donde se ubicaron estos instrumentos fueron: presidencias municipales, las casas de cultura, escuelas, o viviendas particulares; en la parte inferior se muestran algunos de los seis sismógrafos que se instalaron. **Cada sitio monitoreado fue etiquetado con tres siglas del nombre de la zona urbana y el número que le correspondía.** En las tablas que concentran las lecturas de los sismógrafos se muestran su nombre, sus coordenadas geográficas, su frecuencia y periodo dominante, su amplificación relativa (veces), a qué tipo de terreno sísmico pertenece, así como los diferentes valores de aceleración para el terreno, la máxima espectral y para los periodos estructurales de 0.2 y 0.3 segundos.

El criterio para establecer el tiempo mínimo de registro de los microtemores es un tema que aún falta por estudiar, sin embargo Sánchez-Sesma et. al. (2011) analizaron registros de microtemores para el lago de Texcoco, donde ellos

²⁰ Los aparatos de monitoreo fueron colocados en los meses de septiembre a noviembre de 2011.

realizaron pruebas considerando tiempos de registro de entre 3 y 6 horas sin observar una variación importante en sus resultados. Con el fin de optimizar los trabajos de campo, en el presente estudio se realizaron pruebas para determinar el tiempo mínimo de registro, dichas pruebas consistieron en efectuar el cálculo de las razones espectrales para 1, 3, 5 y 7 horas y para diferentes ventanas de tiempo, se utilizaron los registros de microtemores de tres de las estaciones temporales; se observó que los resultados no presentaron variaciones importantes, por lo que se optó por establecer como mínimo una hora de registro.

En el capítulo de anexos se muestran imágenes de los registros de sismos de subducción del 9 y el 23 de septiembre de 2011, así como la validación del método seguido, ilustrada con las familias espectrales para las principales zonas urbanas de Tecamachalco.

Microzonificación sísmica de Tecamachalco, Santiago Alseseca y San Mateo Tlaixpan

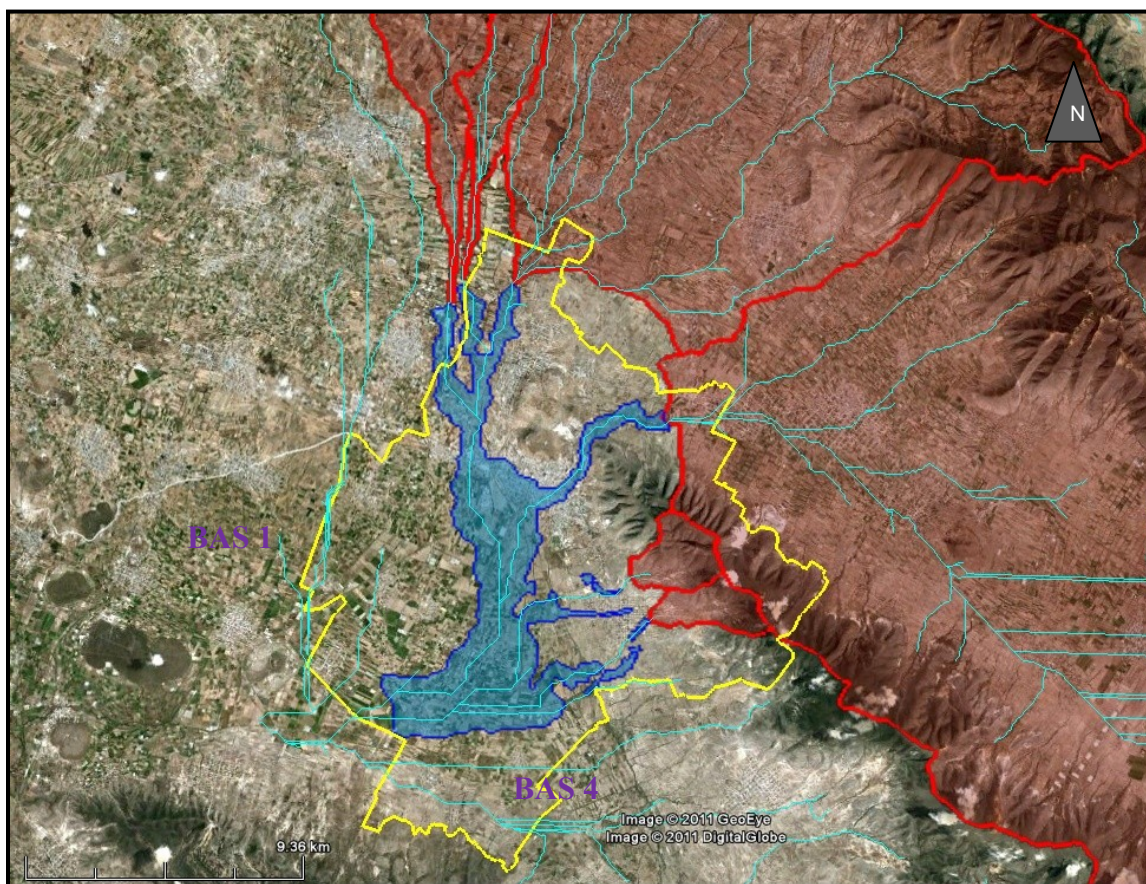
Determinación de zonas con potencial de efecto de sitio. Los Sistemas de Información Geográfica, como ArcView y MapInfo, así como el programa HEC-RAS para modelación hidráulica, sirven para delimitar **áreas de inundación históricas** que son las que tienen **potencial de efecto de sitio**, por medio de modelos digitales de elevación (MED), generando redes de drenaje haciendo uso exclusivo de la topografía del lugar. Partimos de la hipótesis que en las partes altas de las cuencas hay erosión hídrica significativa del material a causa de la energía cinética del flujo, la cual aumenta en zonas de pendientes pronunciadas, ante la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos; la sedimentación de distintos materiales ocurre cuando la velocidad del flujo disminuye y no es capaz de superar el peso propio del material regularmente en zonas de baja pendiente, creando terrenos geotécnicamente blandos.

Es necesario hacer modelaciones hidrológicas para la obtención de valores de escurrimientos y erosión de cada cuenca, posteriormente analizar hidráulicamente secciones transversales de las corrientes que cruzan Tecamachalco; los resultados más importantes del análisis en este caso son la velocidad del flujo y el tirante alcanzado.

Con HEC-RAS, se hizo el análisis hidráulico unidimensional del flujo agua-sedimentos, calibrando variables de escurrimiento para distintos gastos y delimitar las áreas de inundación, en las cuales parte del gasto sólido se sedimenta. El uso adecuado de herramientas SIG y modelación hidráulica e hidrológica puede servir como parte de los estudios previos al programar campañas de medición para microzonificación sísmica.

Se generaron los parteaguas de seis subcuencas que drenan a cauces que cruzan la ciudad de Tecamachalco. El análisis hidráulico unidimensional se realizará en estos afluentes, por lo que es necesario encontrar el gasto de salida de estas subcuencas. Tomamos seis puntos de salida de las cuencas, justo antes del comienzo de la zona urbana.

**IMAGEN DE AREAS DE INUNDACIÓN PARA PERIODOS HISTÓRICOS, PARA DETERMINAR POTENCIAL EFECTO DE SITIO.
TECAMACHALCO, PUEBLA**



ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA PERIODOS HISTÓRICOS (ZONA AZUL MARINO), RED DE DRENAJE (AZUL CIELO), LÍMITE MUNICIPAL (AMARILLO), CUENCAS ESTUDIADAS (ZONAS ROJAS). ELABORÓ: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, CON UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

Monitoreo sísmico. Resultados y análisis. Durante el monitoreo sísmico en las zonas urbanas, se pudo registrar en varias estaciones dos sismos de subducción y un sismo tectónico del volcán Popocatepetl.

Determinación de microzonas a partir de las familias espectrales y su correlación con la geología. En esta etapa se realiza la delimitación detallada de las tres zonas urbanas en estudios del municipio de Tecamachalco, para ello se inicia con la clasificación de las funciones de transferencia empírica (FTE) obtenidas con los registros de microtemores en cada punto de interés y aplicando el cociente HVNR (ver los anexos metodológicos). El criterio empleado para seleccionar a las familias espectrales es uno parecido al propuesto por Lermo y Lymaymanta (2007), donde para formar una familia, se procede a agrupar cada una de las FTE en función de su forma espectral. Las familias resultantes se muestran en anexos para cada una de las tres zonas urbanas estudiadas.

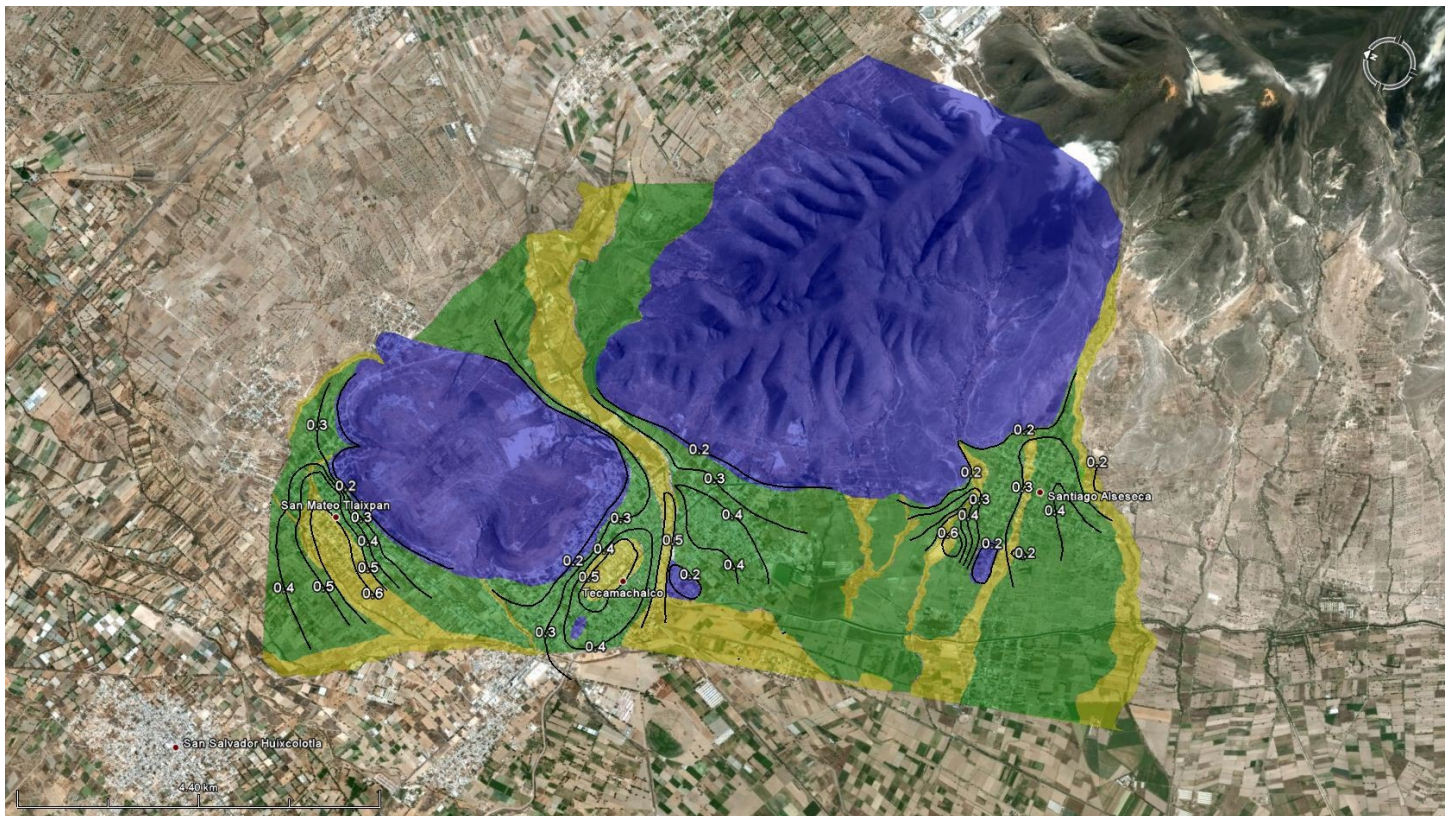
En este trabajo se considera que la forma espectral de las familias obtenidas describe el comportamiento dinámico del tipo de terreno, en términos de los periodos de vibrar del mismo, por lo que se puede efectuar una clasificación atendiendo a esta propiedad dinámica. Esta forma de clasificar a los terrenos presenta varias ventajas, puesto que uno de los parámetros del diseño sísmico de las construcciones es precisamente el periodo fundamental de la construcción.

Del análisis de las formas espectrales de las funciones de transferencia empíricas, para cada una de las tres zonas urbanas, se pudo agrupar en tres grupos estas formas espectrales. La primera, que presentan pocos sitios, estas curvas o FTE no muestran un máximo espectral notorio en toda la banda espectral (de 0.1 a 10 Hz), por lo que se puede interpretar como sitios donde no tenemos la presencia de efecto de sitio, por lo que estas zonas se clasificaron como **zona firme**. La segunda agrupación se realizó para las FTE que mostraban un máximo espectral entre 2.5 y 6 Hz, la cual

se clasificó como **zona de transición**, Finalmente, la tercera agrupación se realizó para las FTE que mostraban su máximo espectral entre 1 y 2 Hz, a las cuales se les clasificó como una **zona baja**.

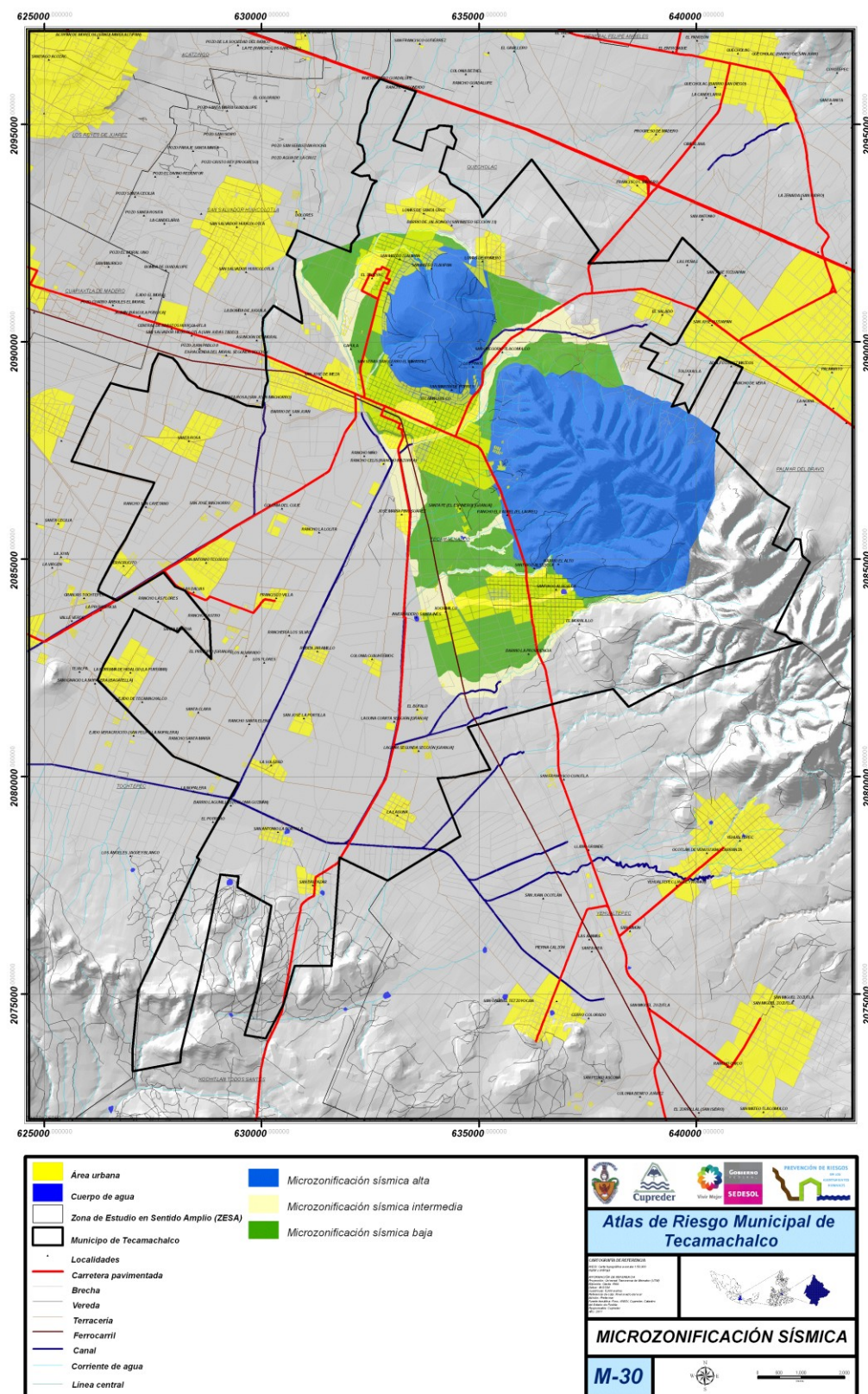
Este mismo procedimiento se realizó para cada una de las FTE de cada zona urbana, encontrando las mismas características en las tres zonas urbanas. Por lo que se realizó una misma clasificación de la respuesta de estos suelos en las tres zonas urbanas. En la figura siguiente que muestra la distribución del trazo urbano en las tres ciudades analizadas, primero se han graficado los resultados de la clasificación de los tipos de suelo para los 73 sitios analizados, con la información del mapa geológico, en especial la clasificación de los tipos de depósitos presentes en esta zona, así como las zonas inundables, y por último se consideró las barrancas como zonas bajas, ya que el análisis de varias de ellas nos dio esos resultados, por lo que se generalizó en las tres ciudades en estudio. Finalmente, tomando en cuenta lo comentado, se llegó a la siguiente distribución de las tres zonas en toda el área de estudio, donde la **zona firme** (zona sin efecto de sitio) se ha marcado con un **color azul oscuro**, la **zona de transición** que muestra un efecto de sitio entre 0.4 a 0.2 segundos (2.5 a 6 Hz) se ha marcado con un **color verde**, mientras que la **zona baja** que presenta valores del periodo dominante mayores a los 0.5 segundos se ha marcado con un **color amarillo**.

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y DE ISOPERIODOS PARA LAS TRES ZONAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUEBLA



LA ZONA FIRME O SIN EFECTOS DE SITIO SE MUESTRA CON UN COLOR MORADO, LA ZONA INTERMEDIA O CON EFECTOS DE SITIO ENTRE 0.2 Y 0.4 SEG SE MUESTRA CON UN COLOR VERDE Y LA ZONA BAJA CON EFECTOS DE SITIO MAYORES A LOS 0.5 SEG DE COLOR AMARILLO. TAMBIÉN SE HA TRAZADO LAS CURVAS DE IGUAL PERIODO CON LÍNEAS DELGADAS OSCURAS EN LOS SITOS DONDE SE TENÍAN DATOS. ELABORÓ: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ILUSTRACIÓN: MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA



ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DEL GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA, UNAM, 2011.

Por otro lado, en este mismo mapa fueron integrados los valores de los periodos dominantes obtenidos del análisis de las 73 funciones de transferencias empíricas (tablas expuestas en anexos), correspondientes a las zonas urbanas de Tecamachalco, Alseseca y San Mateo Tlaixpan. Con estos valores se generaron las curvas de igual periodo donde se tenía información. Como se puede observar en la figura anterior, estas curvas se trazaron con líneas delgadas oscuras, que van desde 0.2 a 0.5 segundos. Sólo en la zona urbana de San Mateo Tlaixpan fueron interpretados valores de 0.6 segundos, sin embargo, en la zona agrícola se pueden encontrar valores mucho más bajos. Por último, como podemos observar, **estas curvas de igual periodo no cubren todas las zonas marcadas con los tres tipos de terrenos o suelos**, ya que nos falta información cuantitativa, sin embargo estarían dentro de los valores típicos que hemos señalado para cada uno de estas zonas.

Escenarios sísmicos para el municipio

Estimación del nivel de intensidad sísmica para un escenario sísmico especificado. Para fines de establecer espectros de diseño sísmico se requiere, para el sitio de interés, contar con la caracterización adecuada de las intensidades sísmicas. En rigor, lo anterior se puede lograr con estudios de peligro sísmico que proporcionan los niveles más probables de las intensidades que se pueden presentar en el sitio. En tales estudios se deben incluir las diferentes fuentes sismogénicas que afectan al sitio de interés y deben generarse muestras representativas de historias detalladas del movimiento del terreno, con características adecuadas de amplitudes y contenido de frecuencias. Tanto las amplitudes como los contenidos de frecuencias dependen de la fuente sismogénica, de la trayectoria que siguen las ondas sísmicas hasta el sitio y de las propiedades dinámicas del terreno.

Selección del escenario sísmico de interés. De acuerdo con la fuente en la cual se originan, los sismos que contribuyen significativamente al peligro sísmico en México son, en orden a la frecuencia en que ocurren: a) sismos de subducción o de falla inversa, que ocurren a lo largo de la costa del Pacífico debido a la subducción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera bajo la placa continental de Norteamérica; estos sismos alcanzan profundidades no mayores que los 50 km; b) sismos de falla normal o de intraplaca, los cuales ocurren bajo el continente con profundidades mayores que 50 km y se producen por un mecanismo de falla normal de la litósfera oceánica subducida; c) sismos locales, generados en la placa continental.

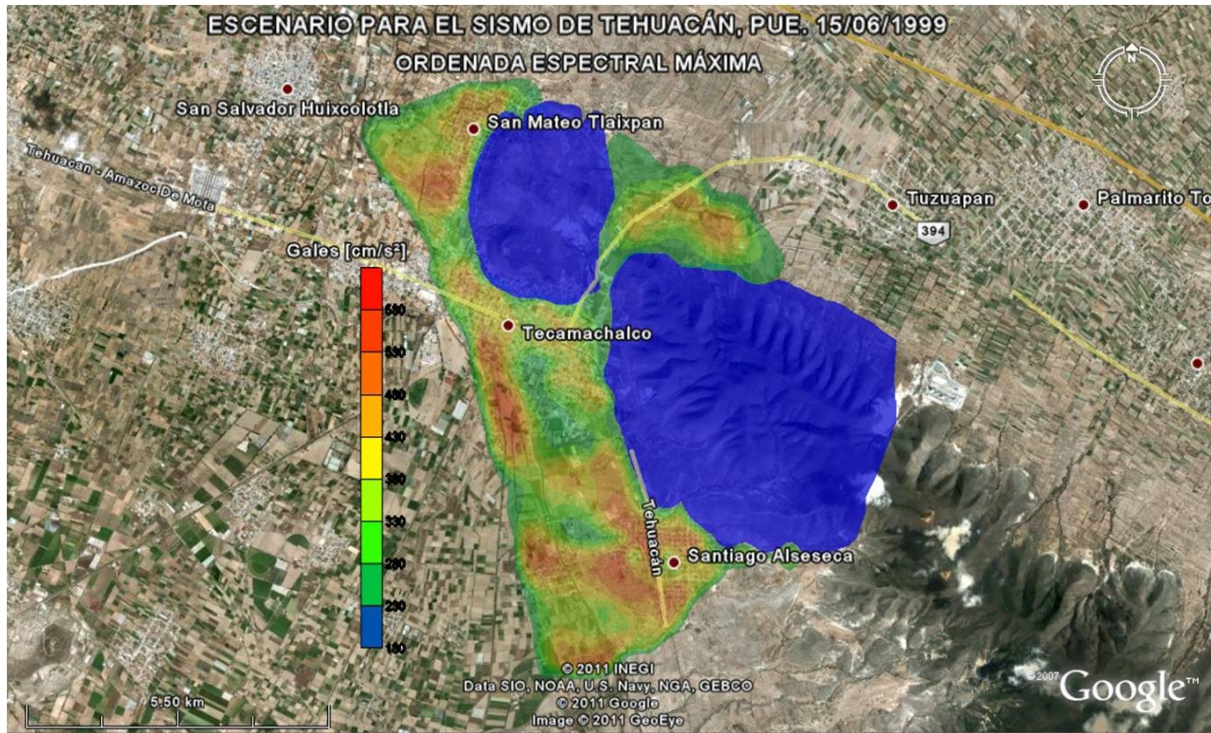
Un criterio racional empleado para la selección del escenario sísmico (evento para el cual se estima el nivel de intensidad sísmica), se basa en determinar dicho escenario a partir de la información obtenida de los catálogos sísmicos instrumentales e históricos disponibles, así como de la información sismo-tectónica de las fuentes sismogénicas que aporten peligro sísmico a la zona de estudio. Esta forma de proceder se utilizó en la determinación de los espectros de diseño sísmico del Distrito Federal después del sismo de 1985 (Rosenblueth et al., 1989).

Desde el punto de vista determinista, para la selección de un escenario sísmico de interés se debe considerar el sismo máximo probable ocurrido en una fuente sismogénica dada, y que se supone que tiene un elevado potencial sísmico sobre el área en estudio. El problema de estimar el sismo máximo probable, en una fuente sismogénica dada, es un tema que queda fuera del alcance de este estudio. Debe adoptarse aquel evento cuya magnitud ha sido la máxima en la fuente y que se cuenta con información instrumental que permite hacer la descripción de la misma. **Para este estudio se considera como escenario sísmico al sismo del 15 de junio de 1999** (Mw 7.0), el cual se considera que el epicentro se localiza en la zona urbana del municipio de Tecamachalco. Dado que no se cuenta con el registro en la zona de estudio, se utilizó el registro obtenido en la estación CHFL. Las características y parámetros de este evento se pueden consultar en Singh et al. (1999).

Selección de la medida de intensidad sísmica. El nivel de intensidad sísmica para el diseño de estructuras depende, además de las expuestas en los párrafos anteriores, de las mismas propiedades de la estructura así como de las condiciones locales del sitio de interés (Ismael, 2010). El problema de establecer cuál es la medida de intensidad sísmica más adecuada para fines de diseño sísmico ha sido motivo de numerosos esfuerzos, ya que se ha identificado que las incertidumbres en la estimación de la demanda sísmica tiene una fuerte correlación con la medida de intensidad que se adopte para tal estimación.

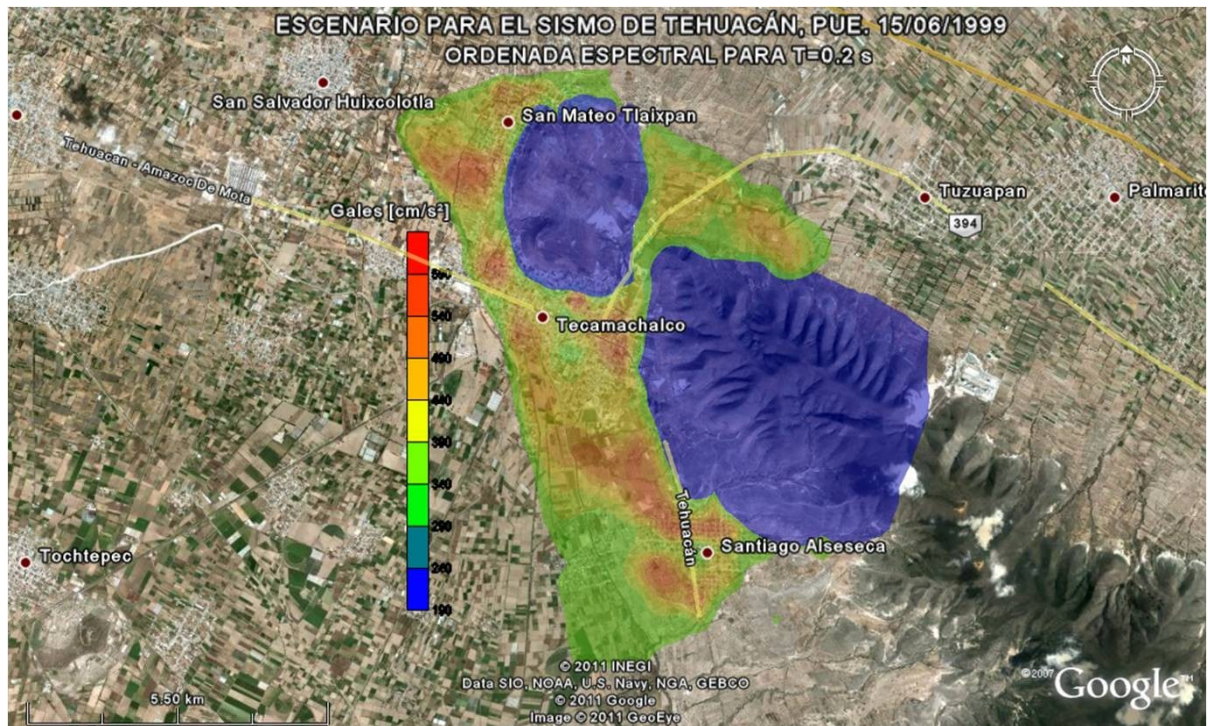
En este trabajo se adoptan las siguientes medidas de intensidad sísmica: a) el valor de la aceleración máxima del terreno, el cual se obtuvo del valor de la ordenada del espectro de pseudoaceleraciones para el periodo estructural igual a cero; y b) la ordenada máxima del espectro lineal de pseudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5% del su valor crítico. Otra medida puede ser el valor de la ordenada espectral asociada con diferentes valores del periodo de vibrar de las construcciones, para nuestro caso se tomaron para $T=0.2$ Y $T=0.3$ seg., dado que no existen viviendas mayores a los 3 niveles o pisos.

**ORDENADA MÁXIMA DEL ESPECTRO LINEAL DE ACELERACIONES, ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 1999 (Mw7.0)
TECAMACHALCO, PUEBLA**



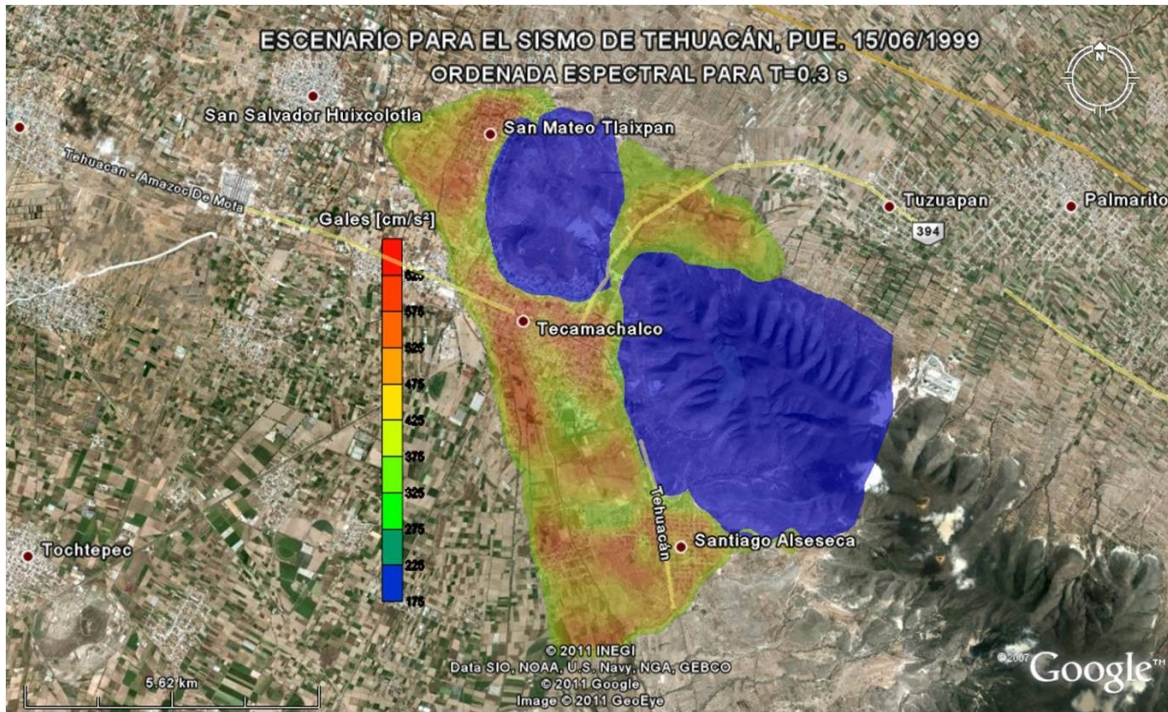
CONSIDERANDO QUE EL HIPOCENTRO SE LOCALIZA A 60 KILÓMETROS DE PROFUNDIDAD DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA, UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ORDENADA ESPECTRAL ASOCIADA AL PERIODO ESTRUCTURAL DE $T=0.2$ SEG, ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 1999 (Mw7.0) TECAMACHALCO, PUEBLA



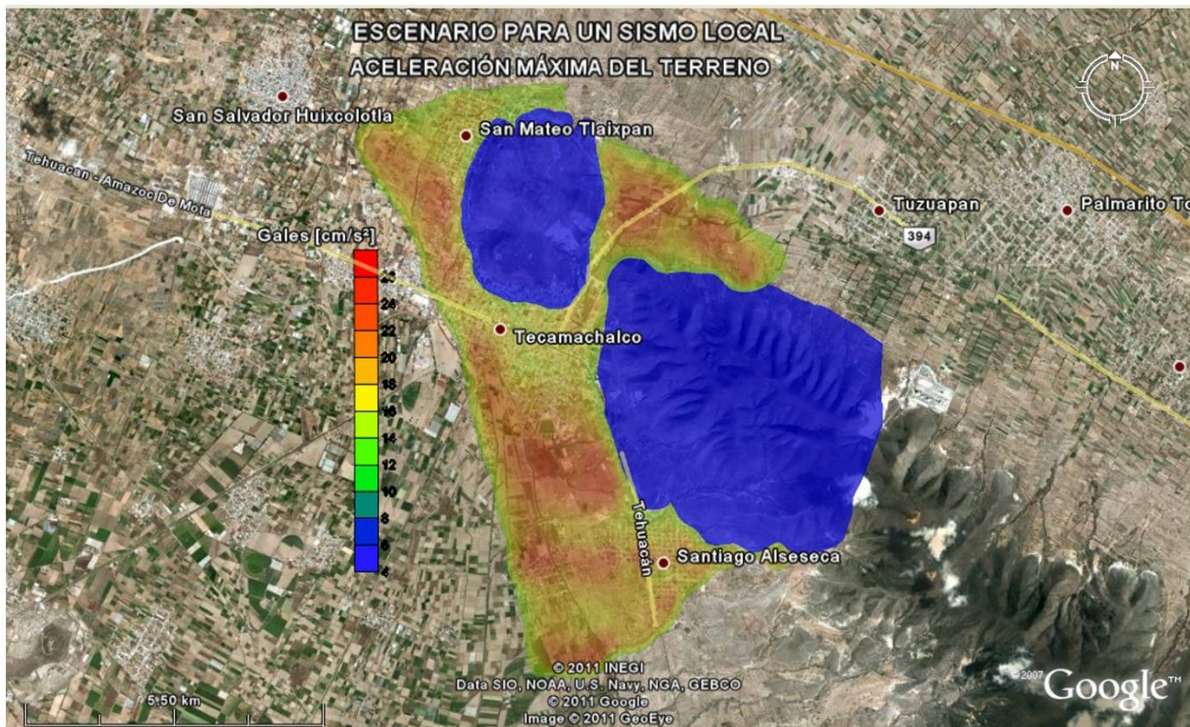
CONSIDERANDO QUE EL HIPOCENTRO SE LOCALIZA A 60 KILÓMETROS DE PROFUNDIDAD DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ORDENADA ESPECTRAL ASOCIADA AL PERIODO ESTRUCTURAL DE $T=0.3$ SEG, ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 1999 (Mw7.0) TECAMACHALCO, PUEBLA



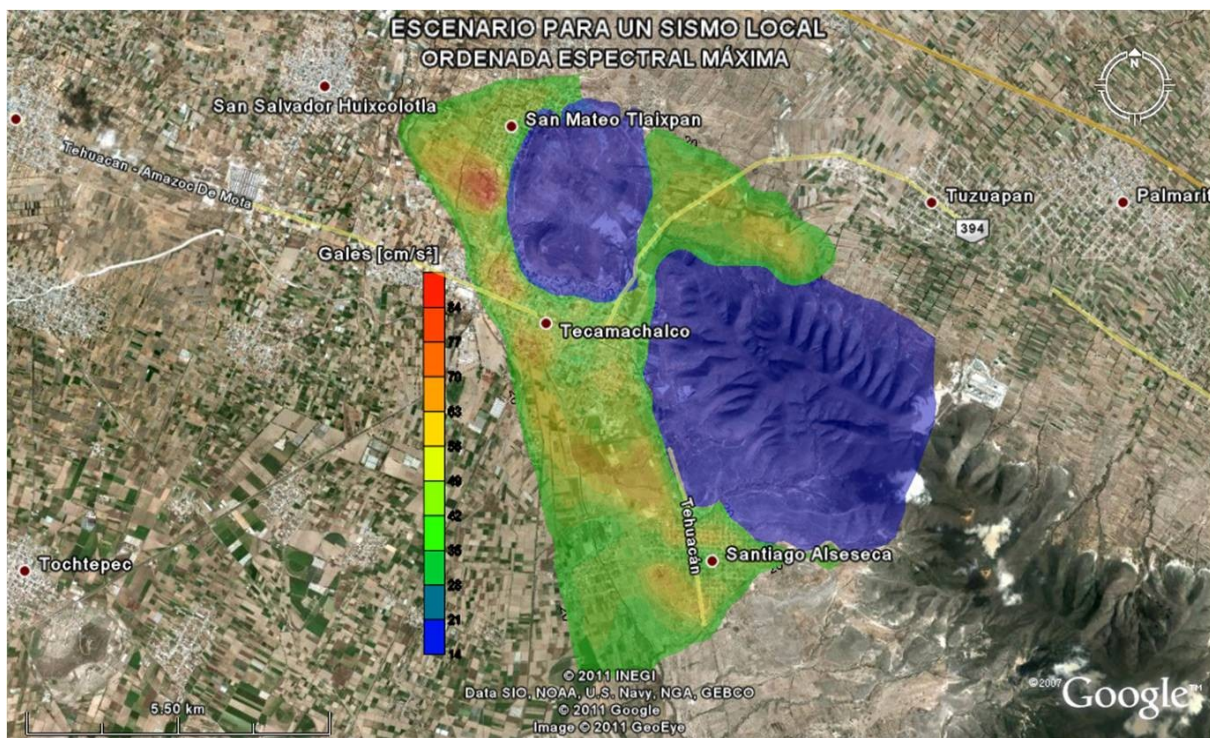
CONSIDERANDO QUE EL HIPOCENTRO SE LOCALIZA A 60 KILÓMETROS DE PROFUNDIDAD DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ACELERACIONES MÁXIMAS DEL TERRENO, ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 6 DE ABRIL DE 1959 (MB 4.7) TECAMACHALCO, PUEBLA



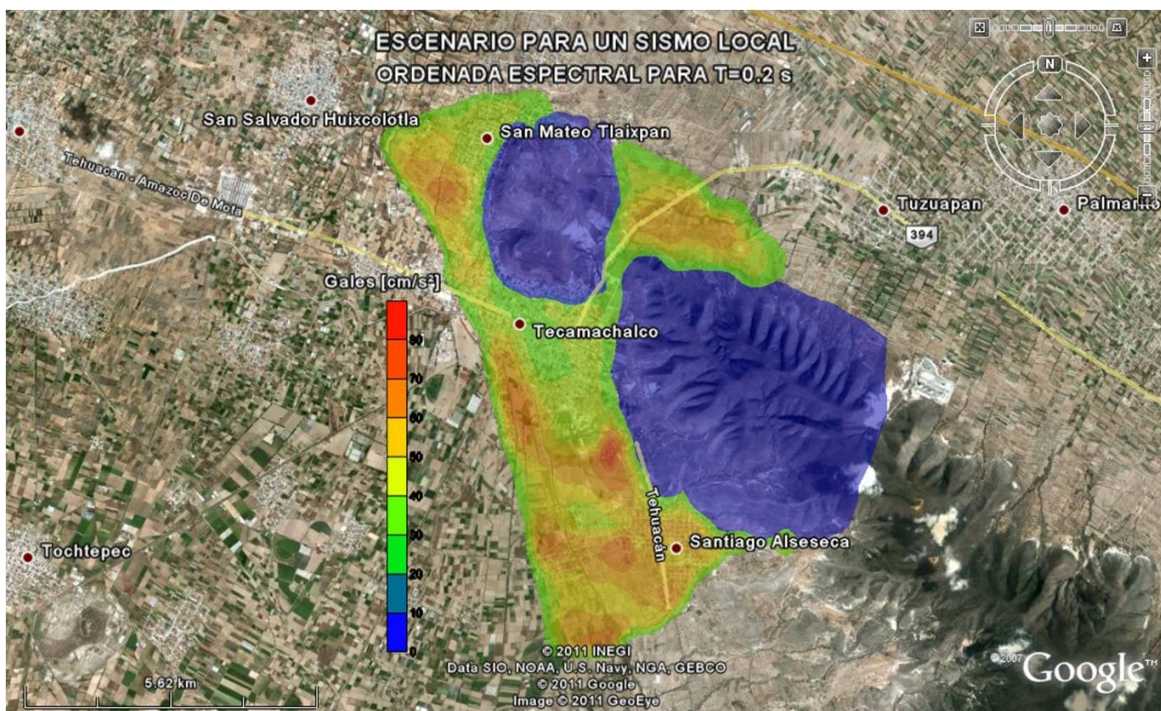
CONSIDERANDO QUE EL EPICENTRO SE LOCALIZA A 20 KILÓMETROS DE DISTANCIA DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

**ORDENADA MÁXIMA DEL ESPECTRO LINEAL DE ACELERACIONES, ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 6 DE ABRIL DE 1959 (MB 4.7)
TECAMACHALCO, PUEBLA**



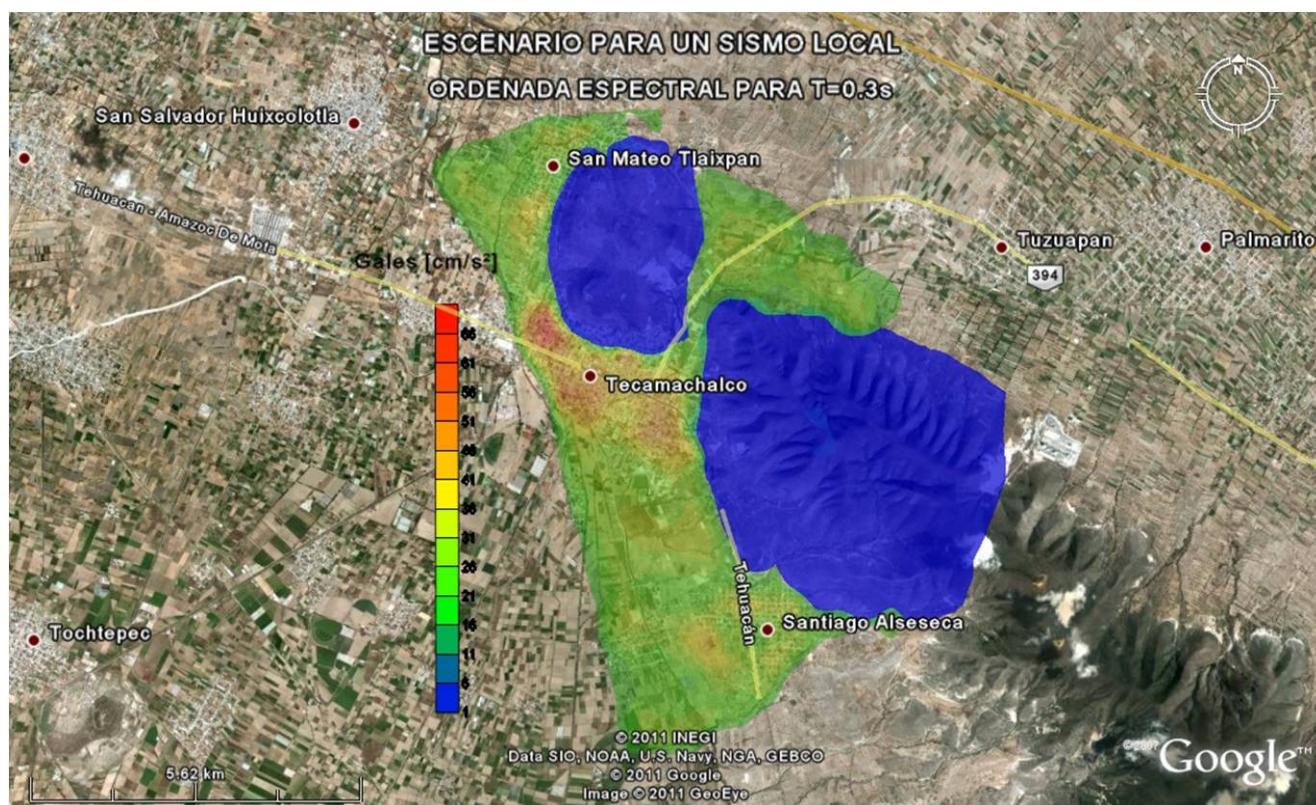
CONSIDERANDO QUE EL EPICENTRO SE LOCALIZA A 20 KILÓMETROS DE DISTANCIA DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ORDENADA ESPECTRAL ASOCIADA AL PERIODO ESTRUCTURAL DE $T=0.2$ SEG., ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 6 DE ABRIL DE 1959 (MB 4.7) TECAMACHALCO, PUEBLA



CONSIDERANDO QUE EL EPICENTRO SE LOCALIZA A 20 KILÓMETROS DE DISTANCIA DEL MUNICIPIO. ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

ORDENADA ESPECTRAL ASOCIADA AL PERIODO ESTRUCTURAL DE $T=0.3$ SEG., ESTIMADAS PARA EL SISMO DEL 6 DE ABRIL DE 1959 (MB 4.7) TECAMACHALCO, PUEBLA



CONSIDERANDO QUE EL EPICENTRO SE LOCALIZA A 20 KILÓMETROS DE DISTANCIA DEL MUNICIPIO. . ELABORACIÓN: GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA UNAM, SOBRE UNA IMAGEN DE GOOGLE. 2011.

Vulnerabilidad social ante episodios sísmicos

En el anexo presentamos un cuadro de estos sucesos que han sido tomados de Sugawara Masae que reporta sucesos volcánicos desde principios y finales del siglo XVI; García Acosta y Suárez Reynoso reportan sismos desde 1582 hasta 1914; sin embargo, para el siglo XX se han presentado eventos sísmicos importantes, pues han cambiado la fisonomía urbana del centro de Tecamachalco; no siendo el caso de eventos volcánicos.

Los sismos de 1973 y 1999 son recordados aún por la gente de mediana edad y mayor, por la magnitud con la que se sintieron y los daños ocasionados. El sismo de 1973 se produjo durante la madrugada del 28 de agosto a las 4:53 a.m. con una magnitud de 7.3 grados en la escala de Richter. Afectó a los estados de Veracruz, Puebla, y Oaxaca; el sismo afectó principalmente la Zona Centro de Veracruz, de Orizaba hasta Ciudad Serdán, con edificios destruidos, la destrucción de iglesias, viviendas destruidas, gran devastación.

Este sismo impactó sobremedida el centro histórico de Tecamachalco, se dañó la mayor cantidad de casonas antiguas; sobre todo las casas de las esquinas quedaron totalmente destruidas, las casas que estaban en el centro, hechas de tierra, adobe y tapia de un nivel y 5 metros de altura, no les pasó nada. A partir de este siniestro se modificó la fisonomía urbana, las casas dañadas fueron tiradas y en su lugar se construyeron comercios y casas modernas, son pocas las casas de las esquinas que lograron permanecer en pie. La Parroquia de la Asunción sufrió daños severos en sus muros y cúpula, al igual que el Palacio Municipal.

El 15 de junio de 1999 otro sismo impactó la ciudad de Tecamachalco a las 15:41 hora local a 20 km aproximadamente al sur-sureste de Tehuacán, y con una magnitud de 6.7 grados, generando cuarteaduras en las casas, fisuras en las plantas altas y fracturas en muros en plantas bajas; en edificios de tres niveles los daños fueron mayores a partir del segundo nivel pues los muros se desmoronaron, hubieron desprendimiento de concreto y las construcciones nuevas que

utilizaron materiales de mala calidad se dañaron. La iglesia nuevamente presentó fisuras en la cúpula que ya había sido reconstruida por el sismo del 73 y de estos daños aún no se repone la parroquia.

Desde 1985, se realizan simulacros en las escuelas; también se presentó un Reglamento de Protección Civil que identificaba los riesgos en las obras, hace unos dos trienios, pero en el cambio de gobierno se perdió la oportunidad de su aprobación.

La mayor o menor vulnerabilidad frente a esta amenaza está condicionada con varios factores:

1. Con la zonificación que se ha obtenido, se pueden hacer recomendaciones para la construcción de nuevos edificios de entre dos y cuatro niveles en las zonas identificadas con el valor de vibración entre .2 y .4. No deben levantarse casas nuevas, en cualquier caso, carentes de refuerzos adecuados. Las viviendas económicas de 2 a 4 niveles son muy vulnerables, porque entran en resonancia con las frecuencias de vibración. Así lo indican los saldos de los temblores intraplaca y los de junio de 1999 y agosto de 1973.
2. Es de esperarse que los modos de vibrar en el valle alcancen valores mayores a .5. Se trata de la zona de transición. Los silos o fábricas, construcciones esbeltas o altas, son más vulnerables.
3. El crecimiento desordenado de la mancha urbana, aunque se extiende hacia los cerros Techachales y El Monumento, que son considerados los más firmes en los escenarios que se reseñan en este apartado, es un cambio de uso de suelo que está empezando a ocurrir sin regulaciones adecuadas. Por otra parte, en las partes bajas, en las zonas urbanas ya establecidas, sismos anteriores han mostrado ya el daño causado en inmuebles con valor patrimonial y en otros de servicios, tales como escuelas. No tenemos evidencia de cómo se hayan corregido los daños en esos inmuebles, de manera que no constituyan una acumulación de vulnerabilidades en infraestructura dañada.
4. Por otra parte, está la vulnerabilidad de la población inherente a la mayor o menor fragilidad de recursos económicos para hacer frente, cada familia, a un posible daño por sismo.

5.1.4 Tsunamis o maremotos

No aplica para el municipio de Tecamachalco.

5.1.5 Deslizamientos

Este fenómeno se estudió hasta el **nivel 2**, ya que se utilizaron métodos directos como un mapa geológico local, donde se han estudiado las micro-cuencas en la sierra de El Monumento y en el cerro de Techachales y sus posibles deslizamientos haciendo un análisis de la litología. Se concluye que la única zona donde pudiera producirse un fenómeno de deslizamientos es en la ladera poniente del Techachales, debajo de rocas basáltico-andesíticas resistentes, y de los suelos superficiales que las cubren y se le da una **nivel de amenaza media** a este tipo de fenómenos.

Estimación de la amenaza por método directo

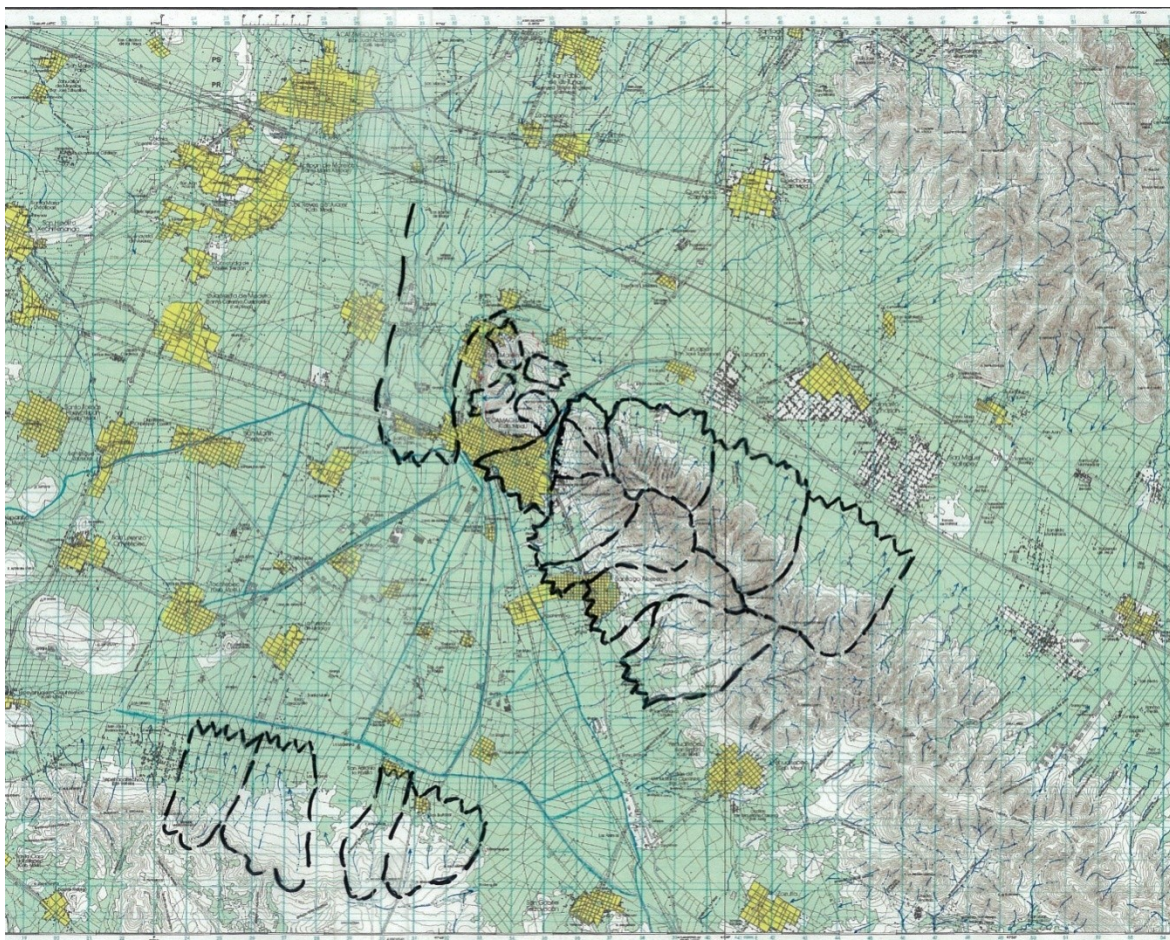
Una condición importante de la estabilidad en laderas es el fenómeno de la lluvia y su intensidad. La precipitación media anual condiciona que en los meses lluviosos alguna lluvia torrencial extraordinaria produzca corrientes fuertes con acción erosiva o sobre cargas por saturación de algunos sedimentos altamente permeables.

En su mayor parte los deslizamientos se producen durante o inmediatamente después de las lluvias de más de 50 o 100 mm/día, dependiendo de la zona; en los años más lluviosos, que coinciden con el fenómeno del Niño, se favorecen deslizamientos a raíz de la sobresaturación de los suelos.

En Tecamachalco no se detectaron problemas importantes de deslizamientos pues las rocas que conforman las dos elevaciones topográficas que rodean al municipio son bastante competentes y los suelos superficiales presentan espesores mínimos.

En la figura siguiente se presentan las micro-cuencas observadas en el municipio de Tecamachalco; son áreas drenadas por un conjunto de arroyos en donde los procesos erosivos actúan de manera local. Dentro de estas áreas también se pueden presentar deslizamientos transportados por corrientes fluviales en fenómenos de lluvias torrenciales extraordinarias y afectar las porciones bajas en donde cambia la pendiente y se encuentra con las planicies.

MICRO-CUENCAS MUESTRA ÁREAS EN PELIGRO DE PRESENTAR DESLIZAMIENTOS. TECAMACHALCO, PUEBLA



ELABORACIÓN: INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM. 2011.

En todo caso, el deslizamiento ha actuado por un tiempo prolongado, sobre todo en la sierra de El Monumento, de tal manera que se ha llegado a un estado de cierto equilibrio y tendrá que pasar mucho tiempo para que los problemas erosivos representen riesgos importantes en la mencionada sierra.

En cuanto al cerro Techachales, aunque en su mayor parte está compuesto por roca volcánica basáltico-andesítica muy resistente y por cenizas cohesivas que resisten la erosión sin muchos problemas, en la base de estos materiales volcánicos y en el flanco occidental de dicho cerro se encuentra una secuencia de tobas y arcillas lacustres probablemente de edad pliocénica, correlacionables con aquellos de Tlaxcala, los cuales son susceptibles de erosionarse con cierta facilidad, al estar compuestos en gran medida por materiales finos, suaves y poco resistentes. La erosión de esta secuencia lacustre podría eventualmente desencadenar otros problemas en las lavas superiores, al perder éstas su apoyo.

En la figura se puede observar la única zona con potencial de riesgo por deslizamiento clasificados como de **peligrosidad media**; se trata de la ladera poniente del Techachales debajo de rocas basáltico-andesíticas resistentes.

5.1.6 Derrumbes

Este fenómeno se estudió hasta el **nivel 2**, fueron empleados métodos directos como un mapa geológico local, donde se han estudiado los polígonos con pendientes abruptas en la sierra de El Monumento y en el cerro Techachales y sus

posibles derrumbes haciendo un análisis de la litología de sus estratos. Se concluye que las áreas inestables de la sierra El Monumento quedan retiradas de los asentamientos humanos, por lo que representan una **amenaza baja**; mientras que en el cerro Techachales las áreas con potenciales desprendimientos rocosos representan una **amenaza alta**, ya que los asentamientos humanos se encuentran al pie de las laderas abruptas.

Estimación de la amenaza por método directo

Los fenómenos geológicos propios de la superficie terrestre se asocian esencialmente a la acción de fenómenos atmosféricos, intemperismo y fuerza de gravedad y se conocen como agentes modeladores del paisaje.

Estos fenómenos superficiales determinan la ocurrencia de movilizaciones masivas (lentas o repentinas), de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en pendientes pronunciadas; entre los agentes modeladores del paisaje y promotores de la erosión se menciona la interacción de la gravedad, el agua y el viento.

En ocasiones estas movilizaciones producen deslizamientos, derrumbes o colapsos, aunque también pueden ser desencadenados por sismos intensos.

En el municipio de Tecamachalco no se observan cubiertas gruesas de suelos u otros depósitos blandos y en posición inestable susceptibles de deslizarse por las pendientes de las elevaciones topográficas representadas por la sierra El Monumento y el cerro Techachales.

Por otro lado los estratos de caliza en la sierra El Monumento presentan “echados” favorables, es decir, se inclinan hacia el macizo rocoso, por lo que sumando los efectos del fracturamiento en el macizo calcáreo, se formarán teóricamente desprendimientos de rocas aislados en las porciones más abruptas de las laderas.

Una franja con amenaza de presentar desprendimientos rocosos se observa en el poniente del Techachales, entre Tecamachalco y Tlaixpan, en donde asentamientos humanos se encuentran al pie de laderas con pendientes pronunciadas susceptibles de presentar desprendimientos de rocas basálticas que descansan sobre secuencias lacustres poco resistentes, por lo que aquí **el riesgo** de que ocurra un evento de esta naturaleza **es medio**.

La incidencia de asentamientos humanos cerca de zonas de riesgo ocurre generalmente porque las personas prefieren estar cerca de los recursos naturales o a la disponibilidad de espacios cultivables, sin tomar en cuenta que estos sitios pudieran representar algún peligro.

El movimiento de masas ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo. Esto puede ocurrir al aumentar el esfuerzo cortante (sismos, variaciones morfológicas desfavorables, etcétera) o al disminuir la resistencia al corte del suelo (saturación, meteorización, etc.).

Otros parámetros que influyen en el movimiento de masas rocosas son: el tipo de material (clase de rocas, capa alterada y tipo de cobertura), la pendiente (gradiente, forma y longitud de las laderas), las condiciones hidrológicas (infiltración, permeabilidad, profundidad del agua subterránea y cantidad de agua).

Además existen otros procesos morfológicos externos como la distribución de la pluviosidad, es decir, relación intensidad-periodo.

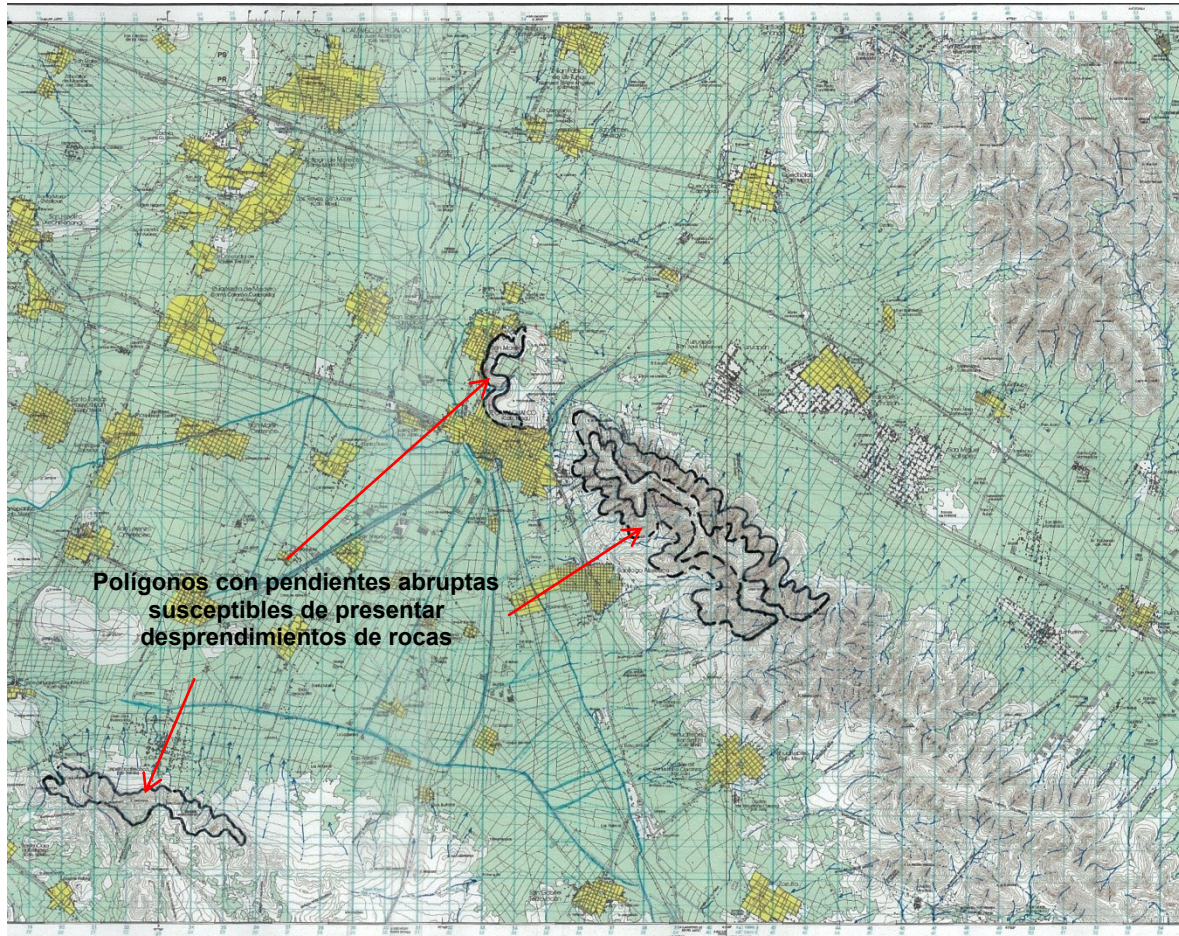
Si el exceso de agua provoca deslizamientos, también la falta de agua. Al secarse el suelo, se contrae y se producen fracturas de tracción perpendiculares a la dirección en que los vasos capilares van perdiendo agua.

La tensión superficial que proporciona la humedad ofrece cierta cohesión al suelo, pero la fuerte lluvia obliga a la salida del aire de los poros destruyendo la tensión superficial y reduciendo la cohesión de la masa. Simultáneamente, con la saturación del suelo, el agua de los poros entra bajo presión y trata de apartar los granos individuales y unidades de roca, disminuyendo la fricción interna del material; esto, sumado a la geometría y posición de los depósitos, puede originar algún movimiento.

En la ilustración siguiente se presenta los riesgos por desprendimientos de rocas asociados a las laderas abruptas tanto en la sierra El Monumento como en el cerro Techachales; como puede observarse, las áreas inestables de El Monumento quedan retiradas de los asentamientos humanos por lo que de manera inmediata representan un **riesgo menor**. Sin embargo, el escenario tenderá a complicarse en la medida en que el avance de las zonas habitacionales sigue hacia las laderas.

En El Techachales, las áreas con potenciales desprendimientos rocosos representan **riesgos altos a medios**, ya que los asentamientos humanos se encuentran al pie de las laderas abruptas.

ZONAS DE RIESGO POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS.



ELABORACIÓN: INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM. 2011.

Vulnerabilidad: percepción del riesgo por derrumbes o desprendimientos de rocas

En entrevistas a profundidad y recorridos de campo fue posible constatar el dicho de informantes clave, respecto a que han ocurrido derrumbes en construcciones, de bardas; en el cerro de Techachales la gente hace palanca sobre las enormes piedras que ahí se observan para que éstas se rueden y las puedan utilizar para construcción; sin embargo con la velocidad y fuerza que llevan pueden quedarse tapando el dren derivador (que ha sido construido para canalizar aguas superficiales de lluvia), o bien saltar el dren y propiciar algún percance.

REGISTRO PERIODÍSTICO DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO POR DERRUMBES

| Lugar | Descripción | Fuente |
|----------------------------------|---|--|
| Barrio de San Sebastián | "...40 familias, ...están en peligro de ser aplastadas por rocas que se encuentran a punto de caer del cerro de Techachales,..." | Diario <i>El Mundo</i> de Tecamachalco, 28 de noviembre de 2010. |
| Laderas del cerro de Techachales | "Un promedio de 345 familias que habitan en las laderas del cerro de Techachales, están en riesgo en caso de un derrumbe por caída de rocas de más de 2 metros de altura,..." | Diario <i>El Mundo</i> de Tecamachalco, julio de 2011. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

La combinación de la amenaza física ya descrita en los términos anteriores, y la percepción consignada de experiencias de los cuerpos de rescate, autoridades y habitantes entrevistados, permitió puntualizar zonas en las que el riesgo se multiplica; el potencial de la amenaza crece en función de la vulnerabilidad que implica la situación de infraestructura estratégica para el abasto de agua potable y para la conducción de aguas pluviales.

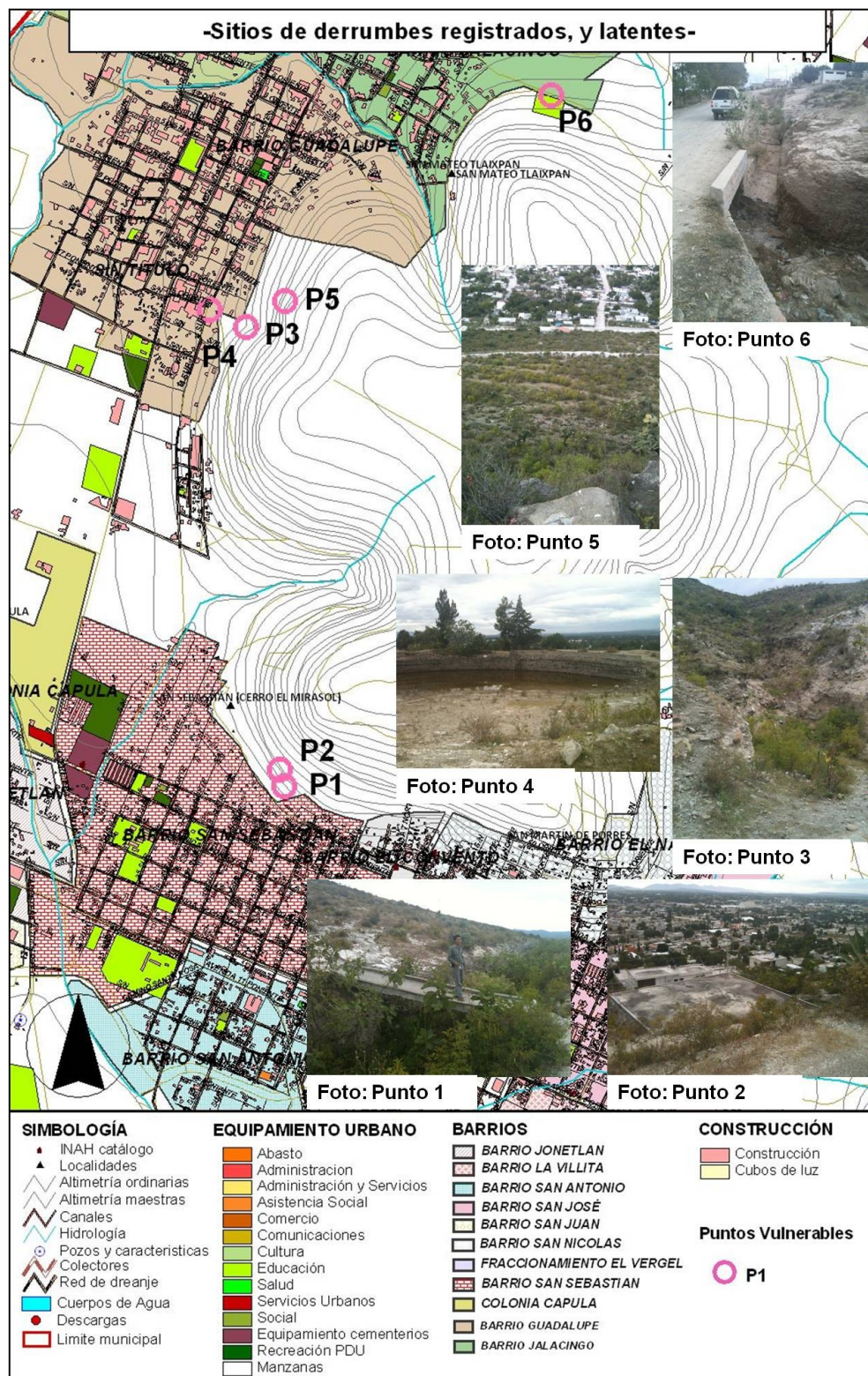
(Ver mapa de derrumbes y detritos en el SIG).



PIEDRAS SUeltas QUE IMPLICAN AMENAZA DE DERRUMBES SOBRE INMUEBLES E INSTALACIONES, TALES COMO EL TANQUE DE AGUA QUE SE APRECIA A LA IZQUIERDA. FOTOS: CUPREDER



ASPECTO DE UN TRAMO DEL DREN DERIVADOR, CERCA DE TLAIXPAN. FOTO: CUPREDER.



PUNTOS DETECTADOS DE REITERADOS DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS E INFRAESTRUCTURA VULNERABLE. PUNTO 1: PASO PEATONAL O PUENTE PRECARIO SOBRE EL DREN DERIVADOR, BARRIO DE SAN SEBASTIÁN. PUNTO 2. TANQUE DE AGUA EN EL BARRIO DE SAN SEBASTIÁN. PUNTOS 3 Y 4: PEQUEÑA BARRANCA VISTA DESDE ABAJO CUYO CURSO SE DIRIGE HACIA SAN MATEO TLAIXPAN. PUNTO 5: PERSPECTIVA DESDE EL CRISTO DE LA PENDIENTE DEL CERRO TECHACHALES SOBRE ASENTAMIENTOS DE POBLACIÓN Y LA AMENAZA DE ROCAS SUELTAS. PUNTO 6: CANAL DE CONDUCCIÓN EN TLAIXPAN. ELABORACIÓN DE CUPREDER CON INFORMACIÓN DEL H. CUERPO DE BOMBEROS DE TECAMACHALCO. 2011.

En un análisis que pondera las evidencias de procesos erosivos, de pérdida de vegetación y de ocurrencia de incendios frecuentes, consideramos que la estrategia de prevención ante esta amenaza (que se configura entonces no sólo debida a factores geofísicos) pasa por rehabilitar suelos y vegetación originaria, mediante alguno de los varios programas que al respecto ofrecen distintas dependencias federales, así como mantener una continua vigilancia en los puntos más críticos por la localización de infraestructura vulnerable. Por último, el combate preventivo a los incendios, asunto que se ampliará más adelante.

5.1.7 Flujos

No hallamos menciones o evidencias de este fenómeno.

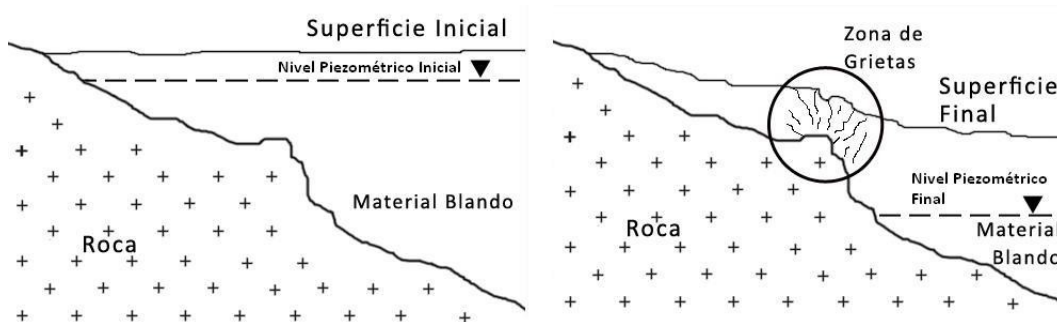
5.1.8 Agrietamientos

El fenómeno del agrietamiento antropogénico es un problema que se presenta en diversas zonas de México, afectando y poniendo en riesgo a sus habitantes. El origen de estas grietas es causado por la sobreexplotación acuífera de las capas profundas, lo que causa hundimientos regionales por efecto de la compactación de la masa arcillosa que está presente en los valles centrales de México (Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Edo de México, Ciudad de México, etc.) así como en el valle de Tecamachalco (zona agrícola). Esto se explica, cuando se extra agua de los mantos freáticos, el nivel piezométrico original se abate, decayendo en profundidad. Al no existir agua que rellene el espacio entre poros del suelo, viene un reacomodo en la disposición de los granos que conforman la estructura del subsuelo, implicando una disminución en el volumen de éste.

Se han identificado varios mecanismos diferentes de generación de grietas en los suelos de la zona metropolitana del Valle de México (Auvinet, 1991), de éstos, a continuación se describe el probable mecanismo que está presente en el Valle de Tecamachalco.

Grietas de transición brusca. Grietas y fisuras pueden aparecer con frecuencia en zonas de transición abrupta localizadas principalmente en los límites del antiguo lago, donde el espesor de las capas arcillosas interestratificadas con arenas limosas cambia drásticamente en cortas distancias, el bombeo de agua crea asentamientos diferenciales debido a una disminución del nivel piezométrico en la zona de transición, y seguido a esto se presenta el agrietamiento (ver figura siguiente).

GRIETAS GENERADAS POR TRANSICIÓN BRUSCA



En la cabecera del municipio de Tecamachalco no se prevén hundimientos y subsidencia debidos a procesos naturales, ya que en las sierras se observan rocas competentes, y a excepción del cerro Techachales, se encuentran libres asentamientos humanos; por otro lado, en las planicies y porciones con pendientes bajas se encuentran unidades aluviales o depósitos de talud con materiales que no presentan tendencias a hundimientos al estar libres de arcillas plásticas compresibles, y aunque pueden existir a profundidad rocas calcáreas susceptibles de presentar carsticidad que den origen a hundimientos en la superficie, no se tienen datos acerca de la profundidad de dichas rocas debajo de las poblaciones en Tecamachalco.

Aunque la sierra El Monumento está compuesta por rocas calcáreas susceptibles de presentar disolución y carsticidad, los asentamientos humanos se ubican fuera de estas rocas calcáreas, por lo que no se prevén problemas por estos procesos geológicos.

Vulnerabilidad y percepción acerca de agrietamientos

En las inmediaciones de la comunidad de Xochimilco fue reportado un agrietamiento o asentamiento, cuyas características parecen corresponder a un proceso derivado de la sobre-explotación del manto acuífero. El proceso, según testimonios de la comunidad, inició hace unos 25 o 30 años; la inspección en campo indica que puede prolongarse. Por su localización de lejanía con relación a los asentamientos humanos, el nivel de amenaza es bajo, si consideramos sólo el asentamiento en sí. Tomando en cuenta su significado de largo plazo, es un indicador del muy probable nivel de sobreexplotación del manto acuífero; las características de este proceso han sido descritas en el apartado correspondiente, y en esa dirección deberán dirigirse los esfuerzos preventivos. La línea del agrietamiento es representada en un mapa contenido en el SIG.



AGRIETAMIENTO EN LAS INMEDIACIONES DE LA LOCALIDAD DE XOCHIMILCO, TECAMACHALCO. FOTO: CUPREDER.

Testmonios recuperados en comunidad indican la presencia no propiamente de hundimientos por causas geológicas, sino relacionados con obras pública defectuosa.

PERCEPCIÓN Y TESTIMONIOS SOBRE HUNDIMIENTOS EN COMUNIDADES. TECAMACHALCO, PUEBLA

| Comunidades | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-----------------------|------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| Santiago Alseseca | En proceso | Zona urbana | La sepulturas y todas las calles están levantadas o quebradas, considera que es por cuestiones geológicas, pero que se corrigió o corrige cambiando la construcción. | No se tiene esa información. |
| Francisco Villa | En proceso | En la zona urbana | En el centro, las calles Benito Juárez y Venustiano Carranza se comenzó a hundir cuando corrigieron el drenaje. | No |
| Tecamachalco cabecera | En proceso | Diferentes calles | Por obras de drenaje, este proceso se corrige cambiandpo las tuberías. | No especifica |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011.

Al rellenar las barrancas con cascajo para hacer puentes en las zonas que en las que se está extendiendo la mancha urbana, el relleno con material de desecho está generando asentamientos. Estamos probablemente en la posibilidad de atestiguar el proceso de generación de un amenaza, a partir de establecimiento de vulnerabilidades debidas a la inducción de usos de suelo inadecuados, que de no revertirse o detenerse, terminarán siendo escenarios de riesgo.

5.1.9 Erosión hídrica y eólica

Erosión hídrica. Es un proceso natural que consiste en la pérdida paulatina de los horizontes edáficos, debido a agentes hídricos y que se pueden presentar en forma laminar, en surcos o en cárcavas. Es una forma de arrastre de los primeros centímetros de la superficie del suelo, pudiendo dejar al descubierto las raíces de las plantas e incluso llegar al afloramiento de gravas, piedras y rocas.

Los valores de la erosión hídrica se clasifican en cuatro rangos.

VALORES DE EROSIÓN HÍDRICA

| | |
|-------------------------|----------|
| Mayor de 200 ton/ha/año | MUY ALTA |
| De 50 a 200 ton/ha/año | ALTA |
| De 10 a 50 ton/ha/año | MEDIA |
| Menor de 10 ton/ha/año | BAJA |

De los datos representados en la tabla anterior, se observa que el municipio de Tecamachalco del estado Puebla tiene una superficie aproximada de **17,942.26** ha y toda con problemas en menor o mayor grado de erosión hídrica.

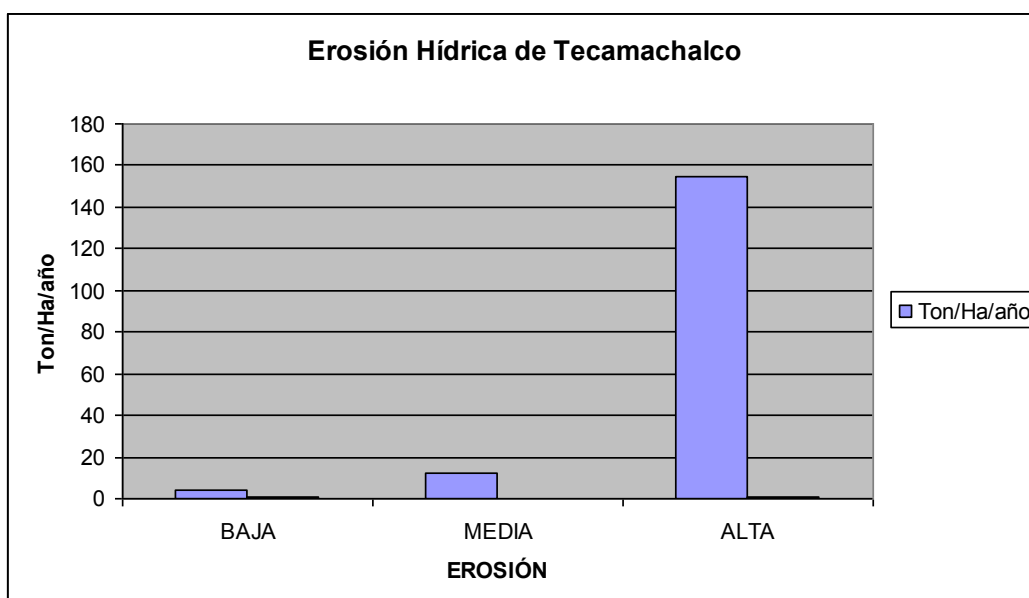
VALORES DE PÉRDIDAS DE SUELO POR AÑO DE CADA UNIDAD DE SUELO

| Suelos | PECRE | IALLU | CAERO | CATEX | CATOP | CAUSO | Ton/Ha/año | Valores de erosión |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|--------------------|
| Cambisol | 96.41 | 93.62 | 1 | 0.5 | 0.35 | 0.15 | 1.474515 | BAJA |
| Leptosol | 96.41 | 93.62 | 2 | 0.5 | 11 | 0.15 | 92.6838 | ALTA |
| Regosol | 96.41 | 93.62 | 0.5 | 0.5 | 0.35 | 0.15 | 0.7372575 | BAJA |
| Leptosol Rendzico | 96.41 | 93.62 | 0.5 | 0.5 | 3.5 | 0.15 | 7.372575 | MEDIA |

PECRE: PERIODO DE CRECIMIENTO. IALLU: ÍNDICE DE AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA. CAERO: CALIFICACIÓN DE LA ERODABILIDAD. CATEX: CALIFICACIÓN DE LA TEXTURA. CATOP: CALIFICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA. CAUSO: CALIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

Los valores estimados para la pérdida de suelo por erosión hídrica para el municipio de Tecamachalco del estado de Puebla se representan en la siguiente gráfica:

REPRESENTACIÓN DE VALORES TONELADAS POR AÑO DE EROSIÓN HÍDRICA.

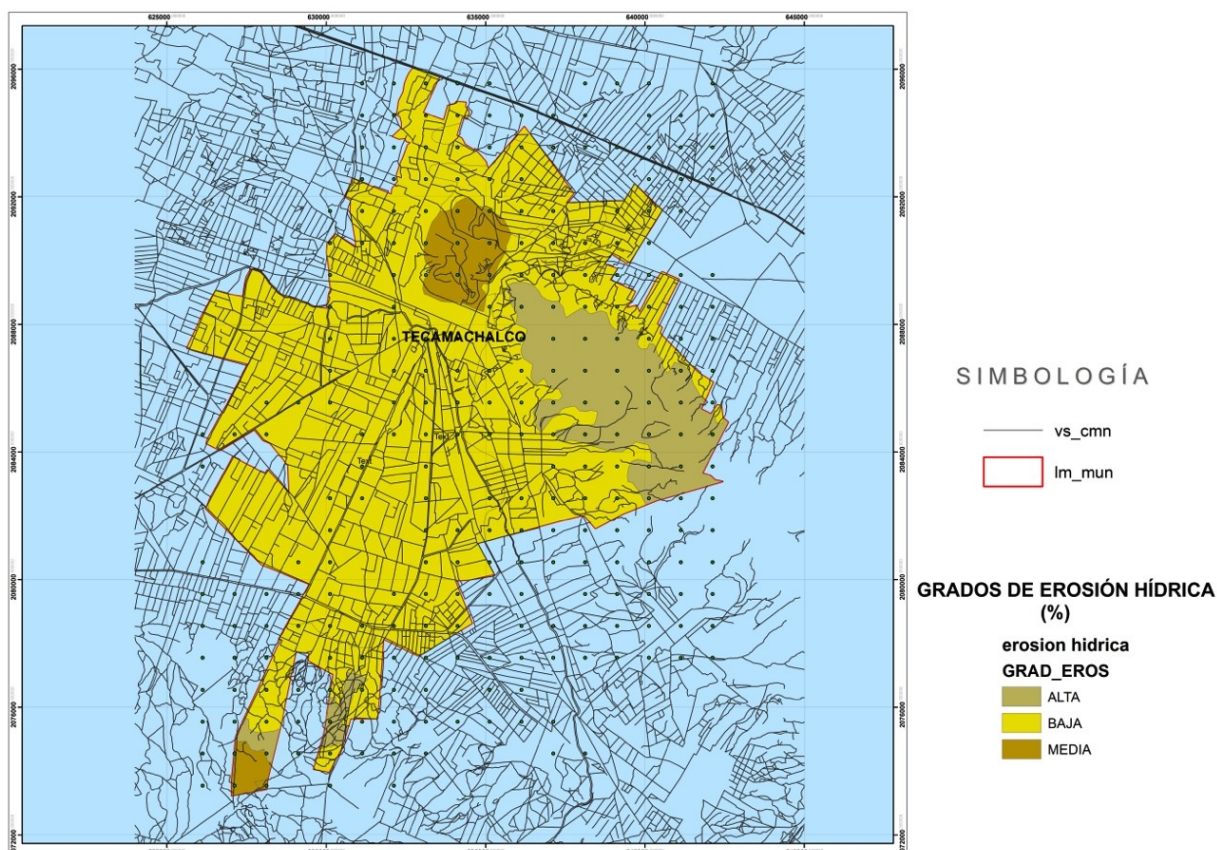


La erosión hídrica **alta** tiene una superficie aproximada de **3 mil 234.356 ha**, lo que representa el 18.02%, de la superficie municipal.

La erosión hídrica **media** con una superficie aproximada de **832.290 ha** representa el 4.63%, de la superficie municipal.

Y finalmente la erosión hídrica **baja** tiene una superficie aproximada de **13 mil 875.62 ha**; restándole 1694.15 ha de áreas de zonas urbanas que nos daría una área de **12,181.48 ha** y que nos representa el 67.89% de la superficie municipal.

ILUSTRACIÓN: GRADOS DE EROSIÓN HÍDRICA



ELABORACIÓN DICA/ CUPREDER BUAP, 2011.

Erosión eólica. Es un proceso natural que consiste en la pérdida paulatina de los horizontes edáficos, debido a la acción del viento, siendo la forma laminar la más representativa en el estado de Puebla. Es una forma de arrastre de los primeros centímetros de la superficie del suelo, pudiendo dejar al descubierto las raíces de las plantas e incluso llegar al afloramiento de gravas, piedras y rocas.

Los valores de la erosión eólica se clasifican en cinco rangos:

VALORES DE RANGOS DE LA EROSIÓN EÓLICA

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Mayor de 200 ton/ha/año | MUY ALTA |
| De 100 a 200 ton/ha/año | ALTA |
| De 50 a 100 ton/ha/año | MEDIA |
| Menor de 12 a 50 ton/ha/año | BAJA |
| Menor de 12 ton/ha/año | SIN EROSIÓN |

TABLA DE VALORES DEL CÁLCULO DE LA EROSIÓN EÓLICA

| Suelos | PECRE | IAVIE | CATEX | CAUSO | Ton/Ha/año | Valores de erosión |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------------------|
| Cambisol | 96.41 | 86.98 | 1.25 | 0.20 | 21.745 | BAJA |
| Leptosol | 96.41 | 86.98 | 1.25 | 0.15 | 16.308 | BAJA |
| Regosol | 96.41 | 86.98 | 1.25 | 0.70 | 76.107 | MEDIA |
| Leptosol Rendzico | 96.41 | 86.98 | 1.25 | 0.15 | 16.308 | BAJA |

PECRE: PERIODO DE CRECIMIENTO. IALLU: ÍNDICE DE AGRESIVIDAD DE VIENTOS. CATEX: CALIFICACIÓN DE LA TEXTURA. CAUSO: CALIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

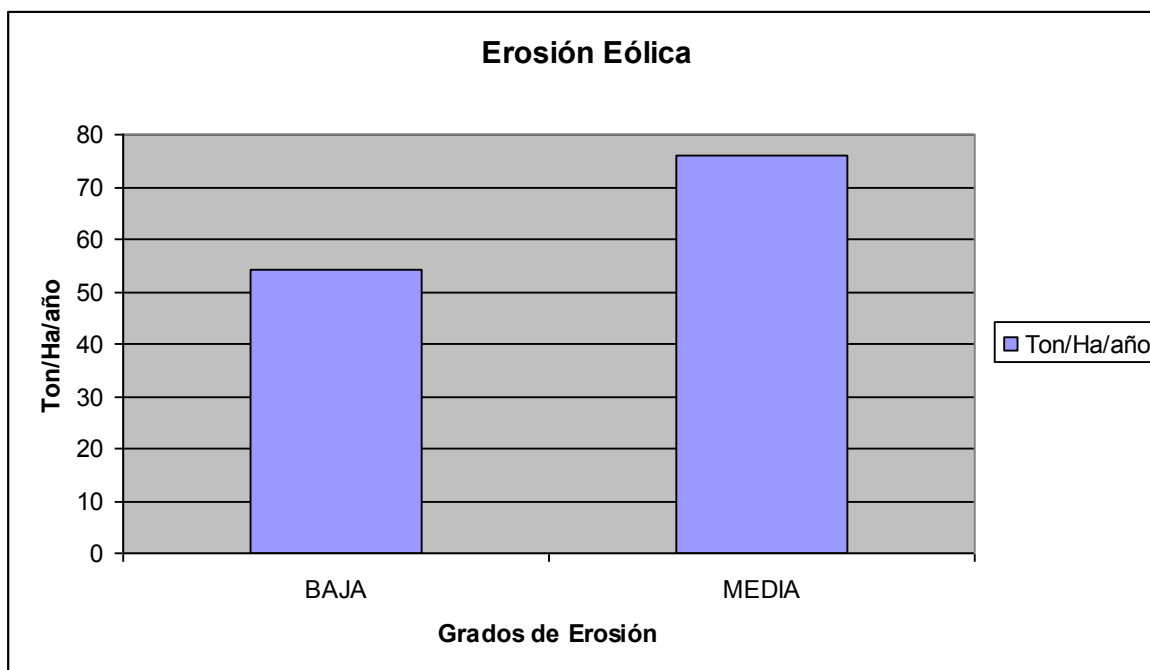
De los datos representados en la tabla anterior, se observa que el municipio de Tecamachalco del estado Puebla tiene una superficie aproximada de **17 mil 942.26** hectáreas y toda con problemas de erosión eólica que van de ligera a moderada.

La erosión eólica **media** con una superficie aproximada de un mil 5.56 menos el área urbana se tiene **846.74 hectáreas** lo que representa el 4.71% de la superficie del municipio.

Y finalmente la erosión eólica **baja** tiene una superficie aproximada de 17 mil 688.764 hectáreas, menos mil 694.15 hectáreas de zona urbana nos da un área de **15 mil 994.61** de lo que representa el 89.14% de la superficie del municipio.

Los valores estimados para la pérdida de suelo por erosión eólica para el municipio de Tecamachalco se representan en la siguiente gráfica:

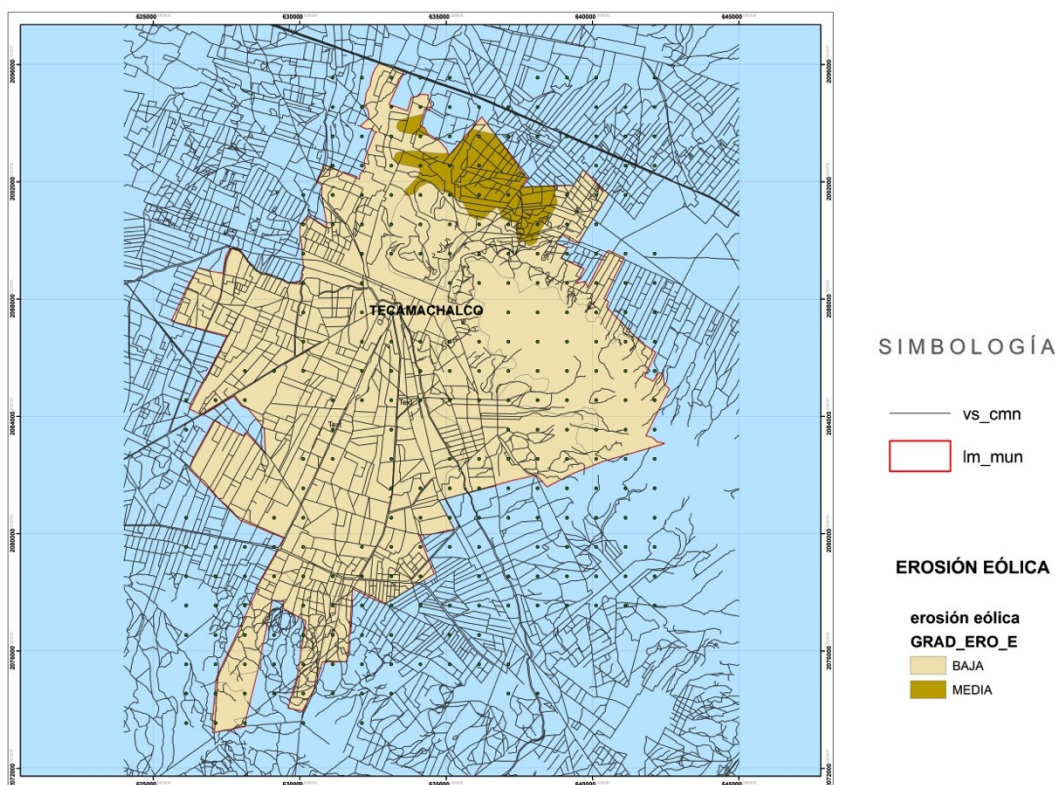
REPRESENTACIÓN DE VALORES TONELADAS POR AÑO DE EROSIÓN EÓLICA.



ELABORACIÓN DICA/. SEPTIEMBRE 2011.

En los resultados anteriores no se consideran las superficies de los asentamientos humanos y cuerpos de agua que representan el 1.4% y 0.3% respectivamente.

ILUSTRACIÓN: GRADOS DE EROSIÓN EÓLICA



ELABORACIÓN DICA/CUPREDER-BUAP, 2011.

Nivel 1 de análisis. Modelo cualitativo de erosión-deposición.

Se utiliza para suelos cultivados, se basa en el principio que explica que la erosión es más activa que la edafización lo que provoca la desaparición de los horizontes superficiales del perfil en las partes altas de las laderas y en las zonas de acumulación en la base.

Evidencias:

- Cartografía base, mapas topográficos con diferentes escalas.
- Cartografía geomorfológica temática:
- Carta de pendientes
- Carta de sistemas de drenaje
- Carta de profundidad de la disección
- Carta de densidad de la disección
- Valoración de la pérdida de la cobertura vegetal.
- Verificación del aumento de flujos de agua en las corrientes fluviales
- Verificación de la disminución de filtración de agua (abatimiento de mantos freáticos).

Indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad física y geográfica se puede registrar en los siguientes puntos de observación del proceso.

Se observa la disminución y la pérdida de la cobertura vegetal. *Matorral Rosulifolio de Dasyllirion*. Como su nombre lo indica es una asociación vegetal donde predominan las plantas con hojas arrosetadas con o sin tallos evidentes (Valiente-Banuet *et al.*, 2001), donde predominan *D.serratifolium*, *D. acrotriche*, *Nolina longifolia*, *Agavepeacockii*, *A. marmorata*, *Hechtia podantha*, *Gochnatiahypoleuca*, *Echinocactus platyacanthus*, *Yucca periculosa*, *Neobuxbaumia macrocephala*, *Opuntia rosea* y *O. pilifera*. Esta comunidad se desarrolla en sustratos de calizas, en el rango de altitud de 2,070 a 2,690 msnm, en un intervalo de temperatura de 15a 18°C y precipitación de 592 mm anuales. Se puede afirmar que su rango de distribución es más amplio y pueden soportar variaciones climáticas de forma más eficiente. Ecológicamente son importantes porque soportan condiciones extremas de pendientes y pedregosidad. Sin embargo, la presión de la lluvia ha hecho que en algunos sitios la comunidad se encuentre muy dispersa y que su cobertura sea menor que 85%, lo que favorece la erosión hídrica y en consecuencia la formación de cárcavas, en la zona del El Monumento.

En la parte alta del cerro Techachales se localizan cultivos de temporal a los 2,240 msnm, mientras que alrededor del cerro se encuentran en el estrato arbustivo se encuentran especies como *Aeschynomene americana*, *Mimosa lusiana* (uña de gato), *Cordia cylindrostachya*, *C. curassavica* (barredor), *Mamillaria collina* (biznaguita), *M. haageana* (biznaga de chilitos), *M. carnea* (chichi de ratón), *Ruellia sp.* y *Eysenhardtia polystachia* (palo blanco), *Dalea sp.*(guaje ratón), *Lippia graveolens* (orégano), *Ipomoea arborescens* (cazahuate), *Prosopis laevigata* (mezquite), *Celtis pallida*, *Plumeria rubra*, *Acacia constricta* (guajillo), *Viguiera dentata* (chimalacate), *Opuntia pilifera* (nopál crinado).

En el cerro se localizan áreas de erosión hídrica donde la cobertura vegetal es aproximadamente del 85%.

En cuanto la zona de cultivos no se observa la erosión hídrica por hacerse este trabajo en la época de cultivos de temporal, mientras que en la zona de cultivos de riego, que es la mayor parte del municipio y tiene una pendiente de 1 a 2%, no se observa la erosión hídrica.

Se observa la compactación del suelo debido al pisoteo de personas, animales y vehículos.

En cuanto a la compactación de suelo por pisoteo de personas se observa muy poca compactación en los caminos y la erosión de los mismos por el paso de la gente hacia la parte alta del cerro tanto en el cerro Techachales, El Monumento y Loma Larga localizada en la parte sur del municipio.

En la parte de cultivos de riego y temporal no se observa la compactación por ninguna causa.

Se observa el afloramiento (aparición) de rocas y de raíces de los árboles.

Se observan en las partes altas afloramientos de la roca en el cerro de Techachales, El Monumento y Loma Larga en un 15.61% y un 23.44% en vías de afloramiento mientras que en las partes bajas donde se tienen terrenos de cultivo no se localizan afloramientos de roca, esto debido a los cultivos se tiene un 60.95%.

Se observa la formación de arroyuelos y la forma en la cual el agua forma pequeños surcos.

Se observan arroyuelos ya conformados desde hace años y profundos hasta la roca y sólo cuando la lluvia excede es cuando se van ensanchando.

Los surcos referidos comienzan a profundizar, a ensancharse y a tomar una dirección de flujo constante.

Los arroyos ya están conformados y ya tienen una dirección de flujo constante cuando hay periodo de lluvias porque son escurrimientos intermitentes.

La vulnerabilidad social se relaciona con la información que posea la población con respecto a la presencia del proceso perturbador, el origen, actividad, eventos detonadores de movimientos.

En las partes del cerro Techachales y el cerro El Monumento ya ha sido tomado como zona protegida, sin embargo no se está haciendo nada para que se reforeste y evitar que se siga erosionado, al contrario, existen extracciones de material para construcción en los cerros mencionados que ocasiona que se esté ejerciendo presión por los caminos y carreteras de acceso. En cuanto a las zonas de cultivo ahí no se le ve problema, porque casi todo el tiempo está cultivado en las zonas de riego, mientras que en las zonas de cultivo anual de temporal ahí es donde se erosiona ligeramente tanto cólica como hídrica.

Nivel 2 de análisis

Evidencias:

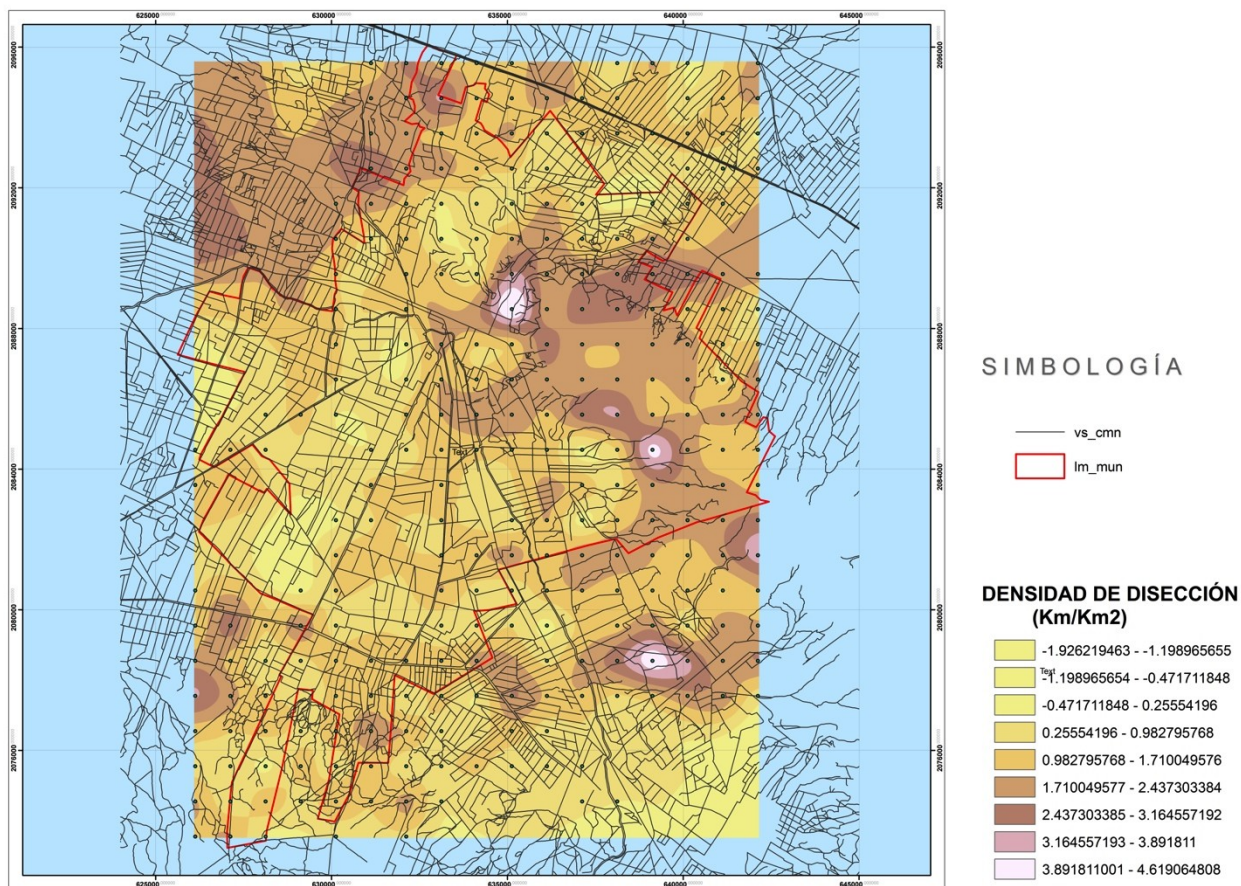
- Cartografía base, mapas topográficos con diferentes escalas.
- Cartografía geomorfológica temática:
- Carta de pendientes
- Carta de sistemas de drenaje
- Carta de profundidad de la disección
- Carta de densidad de la disección

Mapa de densidad de disección y disección de profundidad

En la elaboración de este análisis se tomaron como base los datos vectoriales escala 1:50,000 del INEGI, cartas E14 B54, con curvas de nivel cada 10 m. Se tomó con datum de referencia el WGS84. La metodología utilizada fue la descrita por Lugo-Hubp (1988). La zona de estudio se dividió en cuadros de 1km por 1km de lado, los datos que se tomaron en cada uno se ubicaron en el centro para con ellos analizar cada uno de los elementos.

La densidad de disección (sumatoria de la longitud del drenaje por área) muestra que los depósitos de talud cartografiados están donde el valor varía entre 0 y 4.60 Km/km². La densidad de disección indica la cantidad de metros de cauces por kilómetro cuadrado. Se observa que en la parte central del área de estudio la densidad general de disección es mayor en donde la topografía es abrupta y menores en los valles (ilustración de densidad de disección, en la imagen siguiente).

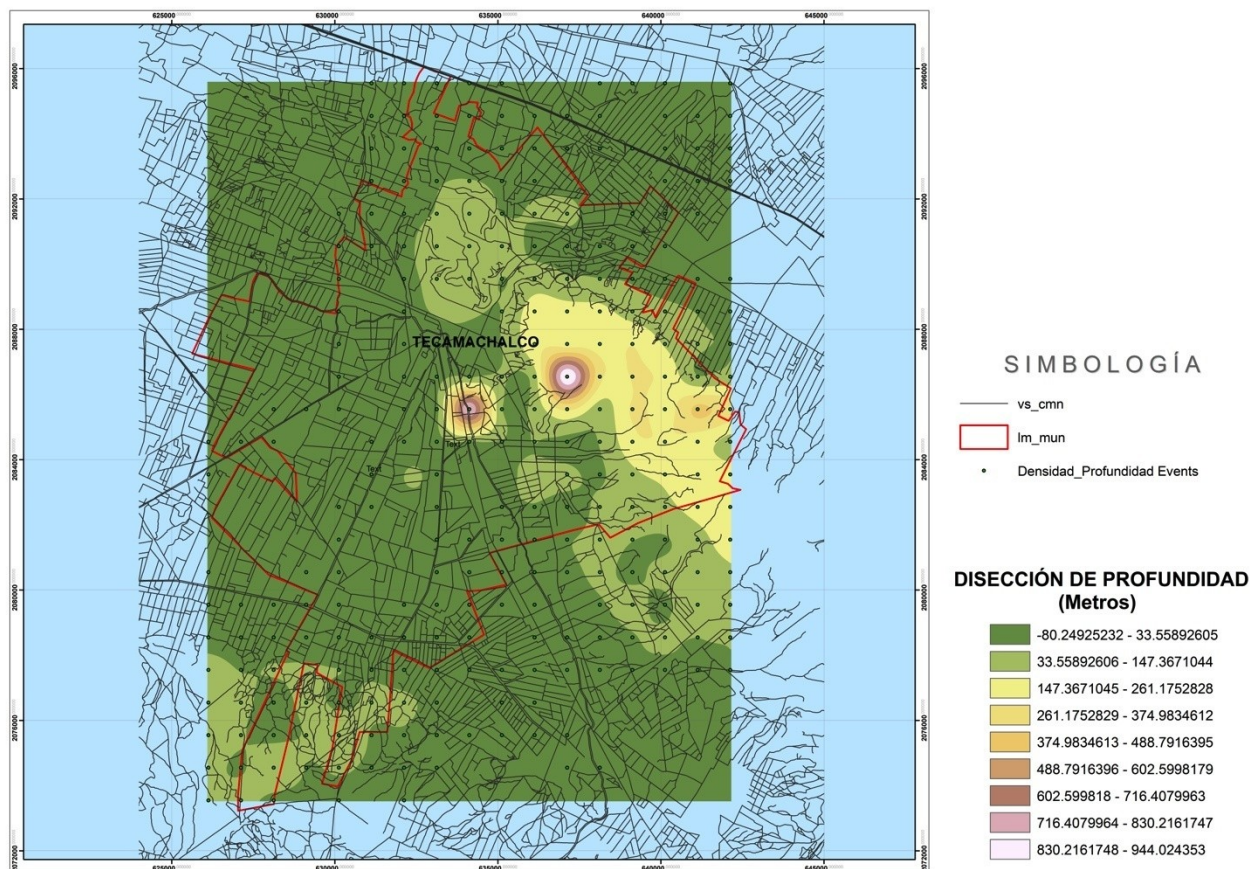
ILUSTRACIÓN: DENSIDAD DE DISECCIÓN



ELABORACIÓN DICA/CUPREDER-BUAP, 2011.

Respecto a la profundidad máxima de disección, es de 0 m hasta 994 m, como se puede apreciar en el mapa en las partes alta está la mayor disección de profundidad localizadas en el cerro Techachales, El Monumento y va disminuyendo conforme va hacia la parte baja del municipio, los depósitos de talud inician en donde el desnivel por área es mayor que 33 m (ilustración de disección de profundidad, en la imagen siguiente).

ILUSTRACIÓN: DISECCIÓN DE PROFUNDIDAD

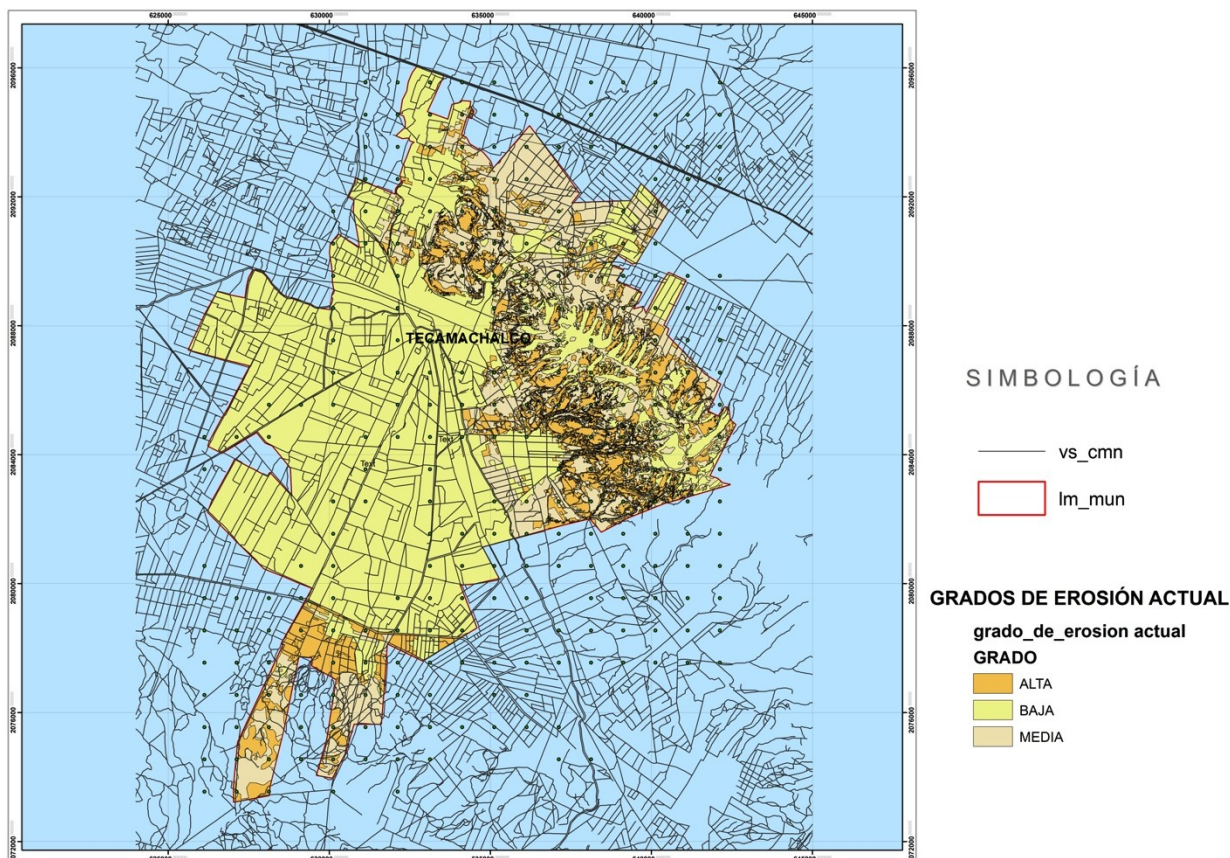


ELABORACIÓN DICA/CUPREDER-BUAP, 2011.

Las características geomorfológicas mencionadas y su relación con los depósitos cartografiados indican que estas mismas condiciones de erosión intensa se presentan hacia las zonas del cerro Techachales, El Monumento y cerro Ixtlahuayel. Al existir los escenarios favorables para la formación de depósitos de talud, erosión, es necesario que en la planificación del desarrollo urbano se tomen las medidas de construcción apropiadas para esas zonas de riesgo potencial. De no llevarse a cabo obras preventivas, en el futuro podrían tenerse problemas en un drenaje diseñado inapropiadamente por la obstrucción de alcantarillas y tuberías debido a la remoción de sedimentos en los cauces de los arroyos o pendientes con poca cobertura vegetal, incluso, deslizamientos e inestabilidad del terreno.

Valoración de la pérdida de la cobertura vegetal. En cuanto a la vegetación en la parte del cerro Techachales se observa disminución de la vegetación por la erosión tanto en la sierra El Monumento, en el cerro Techachales y el cerro Ixtlahuayel se tiene una estimación de 15.61% donde la erosión es alta figura 4 y en las partes donde la erosión es media no se puede cuantificar la pérdida de vegetación, primero porque estamos en una época donde hay humedad las plantas presentan un follaje y esto se podría estimar en temporada de seca y en las partes bajas son cultivos no se aprecia la disminución de cultivos.

ILUSTRACIÓN: GRADOS DE EROSIÓN ACTUAL



ELABORACIÓN DICA/CUPREDER-BUAP, 2011.

Verificación del aumento de de flujos de agua en las corrientes fluviales. Se observan arroyuelos ya conformados desde hace años y profundos hasta la roca y solo cuando la lluvia excede es cuando se van ensanchando.

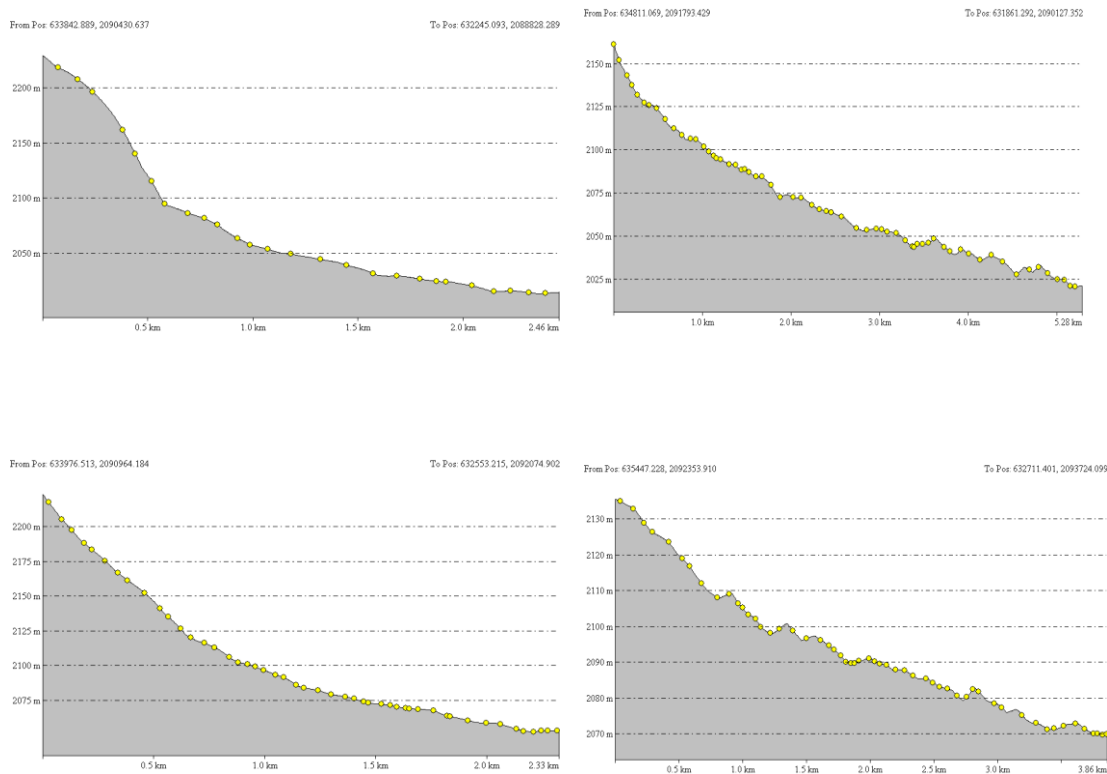
Verificación de la disminución de filtración de agua (abatimiento de mantos freáticos). Se observa disminución de filtración de agua debido a que no existe en algunas áreas vegetación y suelo, solo aflora la roca caliza que hace que el flujo de agua escurra más rápidamente y no se infiltre en el suelo y así se tenga agua para recarga de los mantos freáticos en lo que corresponde a las zonas altas de 2100msnm., hasta 2790 msnm., en la parte baja de es donde se infiltra la mayor parte de la precipitación porque la textura del suelo es franca arcillosa que está entre 2000 msnm, una vez saturado el suelo se infiltra hacia los mantos freáticos.

Nivel 3 del análisis. Aguas de erosión y perfiladores microtopográficos

No se pueden realizar las agujas de erosión porque se realizo el estudio en un periodo donde ya había pasado la mayor parte de la temporada de lluvias y se requiere para este estudio por lo menos de un año de información (temporada de lluvias), solo se sacaron los perfiles de los causes, Perfiles 1, 2, 3, 4, en las siguientes gráficas.

Determinan las tasas de erosión analizando variaciones en las microformas. No se realizó el análisis por qué no se calcularon agujas de erosión y perfiladores micro topográficos, para poder calcular la tasa de erosión.

PERFILES 1, 2, 3, 4 DE LOS ESCURRIMIENTOS PLUVIALES



Nivel 4 del análisis. Medida de espesor de sedimentos.

En este apartado no se tiene cuantificación de sedimentos ya que todos los escurrimientos desembocan en los canales que llevan aguas negras para riego y no fue posible medir.

Se utiliza para medir el espesor de sedimentos depositados; el tamaño de los mismos.

Evidencias métricas de la erosión a través del afloramiento de las evidencias de la desaparición progresiva del suelo. No se pudo medir las evidencias de la desaparición progresiva del suelo porque estamos en un periodo donde la vegetación nos impide ver las evidencias.

Estimación del volumen de sedimentos transportados por unidad de superficie. No se estimaron los volúmenes de sedimento porque la mayoría de los escurrimientos llegan a un canal de riego por lo que es difícil calcular el volumen.

Evidencias fotográficas de la erosión laminar del suelo. Se muestran con fotografías las evidencias de la erosión laminar donde se ve el proceso de erosión y donde ya sólo queda la roca en los cerros Techachales y Monumento, fotos siguientes.

Cambios generales en la forma del suelo. En las zonas altas que corresponde a los cerros el Techachales, Monumento y Loma Larga se aprecia un horizonte A y le sigue a continuación la roca y en algunos casos el horizonte A ya no existe solo el horizonte B y otras áreas donde solo queda el afloramiento de la roca, fotos siguientes.

Pérdida de la capa superficial del suelo.

Acumulación de suelo en zonas bajas. La acumulación de suelo en las zanjas no se aprecia pues la hierba y los cultivos no dejan ver tales evidencias.

Inclinación, caída y cambios morfológicos. Existe una inclinación de todos los escurrimientos y caídas como se muestra en los perfiles que se realizaron con pendientes fuertes que van del 2% hasta el 70%.

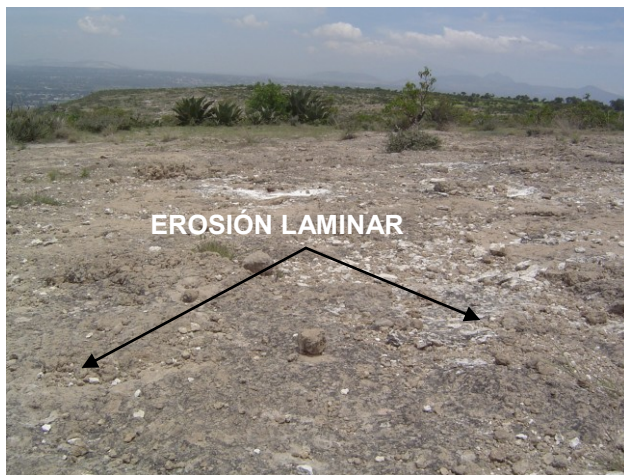
Inflexiones en los troncos de los árboles. No se obtuvo ninguna medición porque estábamos ya más de la mitad de temporada de lluvias y para el estudio se requiere por lo menos una temporada de lluvias para estimar las evidencias métricas los volúmenes de sedimentos y solo se tienen las evidencias de las fotografías de la erosión laminar, fotos siguientes.



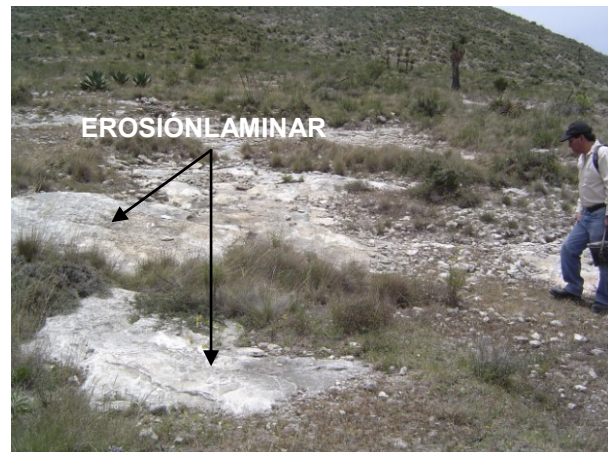
FOTOGRAFÍA DEL CANAL DONDE LLEGAN LOS ESCURRIMIENTOS PLUVIALES



EVIDENCIAS DE EROSIÓN LAMINAR EN EL CERRO EL MONUMENTO.



EVIDENCIAS DE EROSIÓN LAMINAR EN EL CERRO TECHACHALES.



EROSIÓN LAMINAR EN EL CERRO EL MONUMENTO

Vulnerabilidad y percepción de la amenaza erosión

En distintas comunidades pudimos recuperar testimonios de percepción de erosión por parte de pobladores.

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------------------|-------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| La Soledad | En proceso | Zona urbana | En la plaza se ha visto árboles cuyas raíces van siendo expuestas a la vista; también lluvias o viento acumulan tierra o arena en varios puntos del centro, se siente el golpe en la piel. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | En proceso | | | No se tiene esa información |
| San Mateo Tlaixpan | En proceso | San Francisco, Trigero y Rocha | Se ha notado que las raíces de los árboles se ven cada vez más expuestas; también que la lluvia o vientos fuertes acumulan tierra o arena en las barrancas, la .carretera y las calles. | No se tiene esa información. |
| Santiago Alseseca | En proceso | En el campo | La arena que se acumula con los vientos o lluvia los llevan hacia la carretera y sobre la calle Reforma. | No se tiene esa información. |
| Santa Rosa | Actualmente | Zona rural | Se observa en los árboles del campo, las raíces ya están fuera. después de vientos fuertes se aprecia tierra muy finita, muy suavecita. | |
| La Purísima de Hidalgo | Actualmente | Zona urbana | Tiran los árboles antiguos antes de que se caigan, "...si no se les hace un hoyito". | No se especificó |
| Francisco Villa | En proceso | En el campo | Las raíces de los árboles cada vez están más expuestas . | No |
| Tecamachalco cabecera | En proceso | Calle 9 poniente entre 11 y 21 sur. | Se acumula tierra o arena después de lluvias o vientos fuertes. | No especifica |
| Lomas de Romero | En proceso | Se acumula la tierra en caminos. | No especifica. | No especifica. |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

La pérdida de suelos es uno de los deterioros ambientales de más difícil recuperación, si no el que más. Por los larguísimos plazos que se toma la formación de suelos, los esfuerzos para su recuperación y para evitar el empeoramiento de la pérdida deben ocupar un lugar relevante en cualquier agenda ambiental. En el caso de Tecamachalco, que es un municipio que depende en gran medida de la actividad agrícola, la pérdida de los suelos implica el riesgo a largo plazo para esta actividad. Además, esta amenaza (que de ninguna manera es de origen exclusivamente natural) se combina con otros fenómenos y produce escenarios de riesgo más complejos, por ejemplo, la intemperización de las rocas que se desprenden, y los incendios que plantean las condiciones de pérdida de cobertura vegetal. Se trata, pues, de un peligro que exige atención tanto por sus implicaciones ambientales como estrictamente de manejo de la emergencia.

5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico

5.2.1. Huracanes²¹

Los huracanes no representan un problema para el municipio de Tecamachalco; registros históricos señalan que ningún huracán ha pasado directamente por la zona de estudio, por lo que se concluye que el riesgo por huracanes en el

²¹ En Anexos se explica el fenómeno.

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

municipio de Tecamachalco es bajo. En cambio, a lo largo de los años algunos huracanes han impactado cerca del municipio y han generado lluvias en la zona que lejos de dañarla la benefician. Durante el año 2007 el huracán *Dean* impactó territorio poblano y aunque no impactó directamente en Tecamachalco su amplia zona nubosa dejó algunas lluvias en dicho municipio.

Otro sistema tropical que afectó a Tecamachalco fue la tormenta tropical *Harvey* los días 21 y 22 de agosto de 2011. Sin embargo, sus efectos en el municipio fueron lluvias moderadas principalmente durante la noche, que no causaron daño alguno a la población.

No se cuenta con un mapa donde se representen los eventos históricos de este fenómeno para el municipio de Tecamachalco, ya que como se mencionó anteriormente ningún huracán ha impactado de manera directa y además la escala que se maneja es poco significativa.

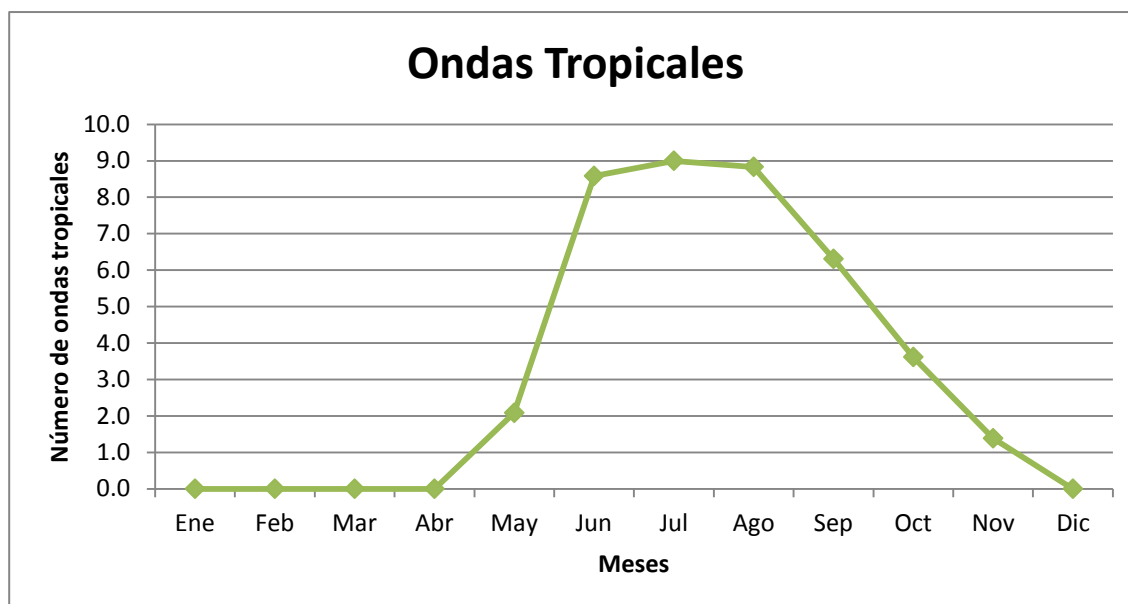
La disponibilidad de agua en el municipio de Tecamachalco es baja y según encuestas realizadas a los pobladores de la zona de estudio, los huracanes no son destructivos en el municipio, sino que son benéficos dado que aportan agua principalmente para sus cultivos.

5.2.2 Ondas tropicales

El municipio de Tecamachalco se ve afectado por las ondas tropicales cuando éstas se localizan principalmente entre los límites de Veracruz y Oaxaca o en el sur de Puebla ya que por su cercanía con la región generan condiciones de cielo nublado con lluvias. Regularmente no representan un riesgo para la región: de acuerdo con los registros de datos no se ha observado algún desastre por las lluvias generadas por estos sistemas atmosféricos. Por el contrario, el aporte de precipitación que ellos generan muchas veces resulta benéfico principalmente para la agricultura y la ganadería.

No se cuenta con datos que indiquen la incidencia de ondas tropicales específicamente en el municipio de Tecamachalco, ni de las coordenadas de su trayectoria, por lo que no es posible realizar un mapa de trayectorias y de frecuencias de estos sistemas. La información disponible permite generar gráficos como los que a continuación se presentan, donde se observa que durante los meses más activos que son de junio a septiembre en promedio se forman de 8 a 10 ondas tropicales cada mes y que son uno de los principales sistemas generadores de la lluvia disponible en el municipio. De lo anterior se concluye que el riesgo por ondas tropicales es bajo, aunque su incidencia puede ser media, su impacto es positivo, ya que al igual que los huracanes aportan agua al municipio que favorece tanto la infiltración como el aprovechamiento para la agricultura.

PROMEDIO DEL NÚMERO DE ONDAS TROPICALES QUE AFECTAN A MÉXICO A LO LARGO DEL AÑO.



FUENTE: CUPREDER CON DATOS PROPORCIONADOS POR CONAGUA. 2011.

Vulnerabilidad y percepción comunitaria

De las encuestas realizadas se encontró que en el juzgado de paz Francisco Villa algunas personas aprovechan el agua de lluvia para riego. En general no se detectan problemas a causa de la lluvia que generan tanto los huracanes como las ondas tropicales debido a que en el municipio llueve sólo 580 mm al año. Sin embargo se han detectado algunos problemas de encharcamiento e inundación pero son atribuidos a la ausencia o deficiencia en la infraestructura y no al excedente de lluvia.

5.2.3 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas afectan al municipio de Tecamachalco de manera constante. En promedio se presentan de 8 a 12 tormentas eléctricas al año (ver mapa respectivo).

Los meses con mayor actividad eléctrica son mayo y junio. El año con mayor registro de tormentas eléctricas fue 1971 con 43 eventos. Del periodo de estudio se observa que el mes con mayor número de tormentas eléctricas ha sido mayo durante los años de 1948 y 1950 con 11 días.

En el mapa de tormentas eléctricas (mapa respectivo) se observa que las zonas de mayor incidencia son los juzgados de paz de La Laguna, San Antonio La Portilla y la inspección de La Soledad. Los pobladores de La Soledad reportan que se sabe de cinco personas en los últimos veinte años que han muerto a causa de descargas eléctricas producto de las tormentas que se presentan en esa zona, además de animales tales como burros, vacas entre otros.

El impacto de las tormentas eléctricas en el municipio es muy importante ya que representa un alto riesgo para los pobladores debido a que se han registrado casos de pérdidas humanas a causa de los rayos que impactan la zona. Además otro sector que se ve afectado es la agricultura por la formación de granizo, así como la infraestructura principalmente en casas construidas con techos de lámina.

En San Antonio la Portilla reportan tres muertos en los últimos veinte años a causa de los rayos. Los habitantes de ese lugar manifestaron que han observado que los rayos caen sobre los árboles y matan también a los animales, un ejemplo se ilustra en la imagen 4 donde un rayo impactó en un árbol quemando parte de éste.

Cabe mencionar que la mayoría de las personas que fueron impactadas por descargas eléctricas se encontraban laborando en el campo o se “protegían” de la tormenta bajo los árboles situación que debe ser evitada durante una tormenta, ya que debido a la diferencia de cargas entre la copa de los árboles y las nubes es más probable que se produzca una descarga cerca o sobre un árbol afectando lo que esté cerca.



SOLEDAD, MUNICIPIO DE TECAMACHALCO. CUPREDER

FOTOGRAFÍA DE UN ÁRBOL IMPACTADO POR UN RAYO EN LA INSPECCIÓN DE LA

Otra consecuencia de las tormentas eléctricas son las granizadas, las cuales representan una amenaza principalmente al sector agrícola, ya que daña los cultivos de la región. Los habitantes del juzgado de paz de San Antonio la Portilla reportaron que hace aproximadamente veinte años, entre los meses de marzo y abril, se registró una granizada que dañó gran parte de los cultivos y el granizo perforó los magueyes. Dentro de las encuestas realizadas en diversos puntos del municipio de Tecamachalco se afirma que las granizadas dañan incluso las casas, ya que muchas de ellas están construidas con lámina de cartón que no resiste un evento de esta magnitud.

Vulnerabilidad: percepción social-experiencia con tormentas eléctricas

De testimonios recuperados en entrevistas, y la revisión del archivo parroquial de Tecamachalco, se desprende una cierta tasa de mortalidad a consecuencia de rayos, así como pérdidas en animales e infraestructura debida a los mismos.

PERCEPCIÓN Y TESTIMONIO EN COMUNIDADES ANTE LAS TORMENTAS ELÉCTRICAS Y CAÍDAS DE RAYOS

| Comunidades | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------------------|---|--|--|---|
| La Soledad | 1995, 2005 y 2011, el inicio de la temporada de lluvias es el mes de mayo | Zona rural | Hubieron dos muertos al igual que animales, no hubo daños en viviendas; en la localidad no hay pararrayos. Indicaciones formales para prevenir descargas: no guarecerse bajo árboles, no andar en la calle. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | Fines de agosto. | Zona de cultivo y urbana | Este año cayó un rayo en un poste de la zona urbana, dejando al pueblo sin luz durante 24 horas (no es frecuente). | No se tiene información |
| San Mateo Tlaixpan | Hace como 15 años | Zona rural, pasando la barranca de Quecholac saliendo de la población. | Murieron 3 personas por un rayo durante una tormenta, entre ellas una embarazada, el tío y el hijo que estaba bajo un árbol; caen rayos sobre los árboles y los .más dañados son los toros (principalmente si son negros). | No se solicitó apoyo. |
| Santiago Alseseca | Cada 2 años | No se especificó | No es común que caigan rayos, ha habido pocos muertos. | No se solicitó apoyo. |
| Santa Rosa | En los 80's | Zona rural | Hace 28 años murió una señora que le cayó un rayo en el campo; han caído rayos que dejan marcas en los árboles, donde se ve cómo los parten. | No han solicitado apoyo |
| La Purísima de Hidalgo | Cada año | Zona rural | Caen rayos a la orilla del pueblo, en el campo. | No se ha solicitado apoyo. |
| Francisco Villa | Cada año se presentan | Zonas de cultivo | Como llueve mucho se daña la alfalfa. | Se ha solicitado apoyo al al presidente municipal, pero no se ha entregado apoyos a los solicitantes. |

| | | | | |
|-------------------------|---|-------------------------------|--|----------------------------|
| Lomas de Romero | Se presentan en octubre de cada año | En el Campo | los rayos generalmente caen en los árboles, hace como 10 años mataron como a 2 animales porque los amarraron a los árboles; generan que salga el gusano tecole del maguey. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio la Portilla | En mayo y junio hay tormentas eléctricas, actualmente se presentan menos. | En el campo | Hace aproximadamente 20 años murieron 3 personas que estaban en el campo cuidando sus animales. También han muerto como 4 animales, principalmente burros y toros. Los rayos caen sobre los árboles. | No se ha solicitado apoyo. |
| | | | Hace como 12 años un rayo mató a una persona que andaba en el campo. | No se tiene información. |
| San Antonio Tecolco | Hace como 10 años. | Por la orilla de la comunidad | Han caído rayos en zonas en zonas de árboles, incluso 2 veces en el mismo árbol. | No se especifican. |
| La Laguna | Hace como 32 años. | Zona rural y urbana | Es zona de rayos. En 1968 o 69 murió un toro. Murió una señora (80's); este año rompió las bocinas de una escuela. | No se especifica. |
| La Villita | Finales de abril y mayo | Localidad | Afecta poco. | No se especifica. |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

REGISTRO DE DEFUNCIONES POR ALCANCE DE RAYOS EN TORMENTAS ELÉCTRICAS

| Año | Fecha | Lugar | Testimonio | Fuente |
|------|-----------------|-------------------------|---|--|
| 1994 | 30 de octubre | San Mateo Tlaixpan | Fallecen 4 personas: Pascual Velázquez Pozos de 34 años, Ernestina Matus Ramírez de 40 años, Francisca Matus Ramírez de 38 años y a Karina Matus Ramírez de 12 años; así como animales (3 burros) | Archivo Parroquial de Tecamachalco: Serie: Defunciones y/o entierros |
| 1999 | s/f | San Antonio La Portilla | "... hace como 12 años un rayo mató a una persona que andaba en el campo." | Entrevista en la localidad de Xochimilco, 19 de septiembre de 2011 |
| 2011 | 8 de septiembre | Tecamachalco | Dto. de Tecamachalco: en la parte baja que comprende las localidades de La Purísima, La Laguna, San Antonio La Portilla, Santa Rosa y San Baltazar es donde llueve y se presentan las tormentas eléctricas; que realmente son pocas al año. | Entrevista SDR-Tecamachalco, 8/9/2011 |
| 2011 | s/f | Xochimilco | "... este año cayó un rayo en un poste de la zona urbana dejando al pueblo sin luz durante 24 horas." | Entrevista en la localidad de Xochimilco, 19 de septiembre de 2011 |

ELABORACIÓN CUPREDER (2011) CON DATOS DEL ARCHIVO PARROQUIAL Y ENTREVISTAS.

5.2.4 Masas de aire y frentes fríos

En el municipio de Tecamachalco no se tienen registros oficiales de nevadas, y por las condiciones del lugar difícilmente se pueden llegar a presentar. Los frentes fríos son muy importantes debido a que generan descensos bruscos de temperatura que dan lugar a la formación de heladas; este fenómeno en particular se detallará más adelante, por ameritarlo su importancia.

En promedio llegan 45 frentes fríos cada temporada invernal a México, de los cuales no todos afectan a Tecamachalco, esto depende de las características que cada sistema presente.

Los frentes fríos son sistemas invernales que año con año afectan a la República Mexicana y se presentan cuando una masa de aire frío desplaza a una masa de aire caliente. El aire caliente asciende favoreciendo la formación de nubes muchas veces de gran desarrollo vertical que generan lloviznas y en ocasiones tormentas.

El efecto que se percibe ante la llegada de un frente frío es: antes del paso del frente calor, debido a la masa de aire cálido que se está desplazando. En la franja que divide a las dos masas de aire se presentan condiciones de tiempo severo, es decir, precipitaciones que dependiendo de las características del sistema pueden ser desde lloviznas hasta tormentas y después del paso del frente frío la masa de aire frío que desplaza a la de aire caliente genera descenso brusco de temperatura, dando lugar muchas veces a la formación de heladas.

Es importante hacer énfasis que una helada es diferente a una nevada. Los sistemas frontales pueden desencadenar ambos fenómenos pero eso dependerá de las características del lugar de estudio. La diferencia principal entre una helada y una nevada es que en la primera no ocurre precipitación debido a que el vapor de agua contenido en el aire en lugar de ascender, se congela depositándose en el piso. Mientras que la nevada si hay precipitación y ocurre cuando el vapor de agua contenido en el aire asciende hasta alcanzar zonas con temperaturas similares a las de congelación donde forma conglomerados de cristales de hielo.

En el municipio de Tecamachalco se tienen escasos testimonios de nevadas y por las condiciones del lugar difícilmente se pueden llegar a presentar. Los frentes fríos son muy importantes debido a que generan descensos bruscos de temperatura que dan lugar a la formación de heladas y este fenómeno que a continuación se detallará, si presenta un alto riesgo para la zona de estudio.

En promedio llegan 45 frentes fríos cada temporada invernal a México, de los cuales no todos afectan a Tecamachalco, esto depende de las características que cada sistema presente. Sin embargo, año con año las heladas que son producto de la llegada de estos sistemas representan un problema para Tecamachalco por las pérdidas que se generan.

Vulnerabilidad: percepción y testimonios ante la amenaza de granizo y nevadas

En el desarrollo del trabajo de campo pudimos recoger testimonios de las afectaciones que el granizo ha ocasionado entre la población agrícola, tanto en sus campos de cultivo como en alguna infraestructura. El mayor o menor impacto económico depende, en un caso, del tipo de cultivo dañado, y en otro caso, de la vulnerabilidad económica que sea inherente a la población afectada.

Recuperamos un par de testimonios sobre nevadas precipitadas en el territorio de Tecamachalco, hace más de dos décadas.

TESTIMONIOS DEL EFECTO DEL GRANIZO EN COMUNIDADES DE TECAMACHALCO.

| Comunidades | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-------------|---|-----------------------------|---|----------------------------------|
| La Soledad | 1977 o 78, 1980 (granizada fuerte) y 2011 | Zona de cultivos | Acabó con el cultivo de ajos; rompió techos de las casas; siempre hay granizadas y afectados. | No se cuenta con esa información |

| | | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|---|---|
| Xochimilco | Casi cada año en los meses de junio, julio y septiembre: 1975, 1976, 1979, 1981, 1982, 1983, 1985, 2011 | Zona de cultivo | Hace aproximadamente 30 años granizaba de manera regular, desde hace como 10 años ya no granizaba, hasta este año en abril, pero no generó mucho daño, en agosto hubo una pérdida parcial de maíz (principalmente el elote). El granizo no afecta mucho pues sólo se da en ciertas franjas, en cambio la helada daña todo el Valle. | No se tiene información |
| San Mateo Tlaixpan | Hace como 10 años | Zona de cultivos y urbana | Se registró una fuerte granizada. Se pierde principalmente la milpa y el tomate, también se dañan las viviendas con techos de lámina y las casas hechas de cartón. | No se solicitó apoyo. |
| Santiago Alseseca | 1969 (como 30 años) | Zonas de cultivo y urbana | los techos de lámina se dañaron y sólo quedan los tallos de las plantas. | Solicitaron apoyo al gobierno municipal, no se sabe si lo otorgaron. |
| Sana Rosa | Julio de 1995 y 2008 | Zona de cultivo | Hace 16 años en tiempo de lluvias una granizada fuerte acabó con todo, falló la luz. En el 2008 se levantó como 15 cts de granizo, se perdió todo. Al granizo también se le llama manchonera. | Se dio apoyo en el 2007-2008 de Sagarpa |
| La Purísima de Hidalgo | 2000 y 2007 (por julio y agosto) | Zonas de cultivo | Pérdida total del cultivo y pérdidas económicas. | Se ha solicitado apoyo al gobierno federal, pero no se ha dado el apoyo. |
| Francisco Villa | En junio o julio de hace 6 años | Zonas de cultivo | La marzorca, alfalfa, cilantro, ejote se acabaron, hubo pérdida total en las verduras; también se dañaron los techos de lámina. | Se solicitó apoyo al gobierno federal (SEDESOL), la ayuda fue canalizada a los afectados. |
| Tecamachalco cabecera | Cada año se presentan, pero fuerte en 1985, 1997 y 2011 | Zonas de cultivo | Se perdió el 50% de maíz, el frijol se acabó todo, hortalizas y legumbres | Se solicitó apoyo a la SAGARPA y le fue entregado a los ejidatarios. |
| Lomas de Romero | Hace como 3 años | Zonas de cultivo | Acabó con el cultivo de frijol y la milpa. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio la Portilla | Marzo-abril de hace 20 años (Semana Santa). | Zonas de cultivo | Se perdieron todos los cultivos; se perdieron todos los magueyes y se murieron 200 chivos. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio Tecolco | 1986 al 2008; 9 de mayo de hace como 20 años. | No se especifican | No se especifican. | No se solicitó apoyo. |
| La Laguna | 9 de agosto de 2011. | Zona de cultivos | Causó daño en los cultivos. | No se solicitó apoyo. |
| Barrio La Villita | 4 de mayo de 2005 o 2006 | Zona de cultivos | Cayó 20 cm de granizo, 1.5 pg; acabó los cultivos. | No se solicitó apoyo. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

TESTIMONIOS DE NEVADAS, COMUNIDADES DE TECAMACHALCO

| Comunidades | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-------------|--|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Xochimilco | Octubre o noviembre de hace 30 o 35 años | Zona de cultivo | Dañó los cultivos de temporal. | No se tiene información |
| La Laguna | Hace como 20 años. | No se especifica. | No se especifica | No se especifica. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

5.2.5. Heladas

Las bajas temperaturas y las irregularidades en éstas generan heladas que representan severos problemas principalmente en el sector agrícola debido a la pérdida de los cultivos.

La **severidad de las heladas** se clasifica de la siguiente manera: ligeras, cuando la temperatura oscila entre los 0°C y -3.5 °C, moderadas cuando la temperatura varía entre -3.5 °C y -6.5 °C, severas cuando la temperatura varía entre -6.5 °C y -11.5 °C y muy severas cuando la temperatura es menor a -11.5 °C. En el caso del municipio de Tecamachalco este último rango no aplica.

Dependiendo de la época del año en que se presenten las heladas se clasifican en:

- Primaverales, que son las que se presentan entre los meses de abril y hasta principios de mayo. Se les conoce también como heladas tardías y son muy peligrosas debido a que inhiben el crecimiento de los cultivos o matar incluso la planta.
- Otoñales o heladas tempranas, son aquellas que se presentan antes del invierno en los meses de septiembre y octubre. No son buenas para los cultivos debido a que en esta etapa aún no se ha completado la cosecha, un caso como éste se registró el 9 de septiembre de 2011 en Tecamachalco, cuando la helada registrada generó la pérdida de varias hectáreas principalmente de maíz (foto).
- Invernales, se presentan de noviembre a febrero y son las más frecuentes en el municipio de Tecamachalco.



CULTIVOS DAÑADOS POR LA HELADA REGISTRADA EN SEPTIEMBRE DE 2011. FOTOS DE CUPREDER.

Por ser un fenómeno de ocurrencia cíclica y una amenaza directamente incidente en la actividad agrícola, el riesgo por heladas en el municipio de Tecamachalco es muy alto. En el mapa de heladas se observa que en promedio en

Tecamachalco se presentan de 12 a 15 heladas al año. Sin embargo, la zona con mayor riesgo es el este del municipio, ya que por las condiciones orográficas del lugar las heladas que se presentan pueden ser más severas.

Durante el año de 1956 se registraron tres heladas severas durante el mes de enero los días 12, 13 y 14, cuyo valor de temperatura fue de -7.5 °C, -9 °C y -7 °C respectivamente. El 5 de enero de 1967 se registró una helada más severa con un registro de temperatura de -8 °C. Sin embargo la helada más severa en Tecamachalco fue el 30 de enero de 1973 con un valor de temperatura de -11 °C. El año con más registros de heladas en Tecamachalco es 1999 con un total de 41 eventos, de los cuales seis fueron otoñales y se registraron durante el mes de octubre, el resto fueron invernales.

De acuerdo con los registros obtenidos de datos proporcionados por la Comisión Nacional del agua y los tomados de la base de datos ERIC (Extracción Rápida de Información Climatológica), se observa que en la cabecera municipal el 65% de las heladas registradas son invernales, el 20% son primaverales y el 15% son otoñales, de las cuales la mayoría son ligeras según la clasificación que se detalló en párrafos anteriores. Al este del municipio el 80% de las heladas son invernales, el 11% son primaverales y sólo el 9% son otoñales. Al sur de la zona de estudio el 90% de las heladas son invernales, sin embargo, en la zona norte el 66% de las heladas son invernales, el 17% son primaverales y el 16% otoñales. Al oeste el 75% de las heladas son invernales, el 16% son primaverales y sólo el 9% son otoñales. **La mayoría de las heladas registradas en el municipio de Tecamachalco son ligeras** (aproximadamente el 80%), es decir, que la temperatura mínima que se alcanza oscila entre 0 °C y -3 °C.

Lo anterior resulta importante principalmente para el sector agrícola debido a que afectan el rendimiento, la supervivencia y la calidad de los cultivos. El daño que la helada puede generar depende de la fase vegetativa en que se encuentre el cultivo durante la ocurrencia del fenómeno, de tal forma que no es el mismo impacto que genera una helada invernal a una helada primaveral.

Existen diferentes grados de daños en los cultivos agrícolas:

- Primer grado: Muerte de algunos órganos tales como hojas y tallos tiernos.
- Segundo grado: Destrucción de gran porcentaje de las flores y partes vegetativas.
- Tercer grado: Destrucción de frutos en formación, y deformación de los sobrevivientes.
- Cuarto grado: Muerte de toda la planta.

En el municipio de Tecamachalco los principales cultivos son: maíz, frijol, alfalfa y jitomate los cuales cada año se ven afectados por la ocurrencia de heladas, sin embargo, la magnitud del daño que sufren depende tanto de la intensidad de la helada como de la etapa fenológica del cultivo. En el cuadro siguiente se observan las temperaturas mínimas que resiste cada cultivo dependiendo la etapa la fase vegetativa en que se encuentre.

TEMPERATURA MÍNIMA QUE RESISTEN LOS CULTIVOS PROPIOS DE TECAMACHALCO EN SUS DIVERSAS ETAPAS FENOLÓGICAS

| CULTIVO | ETAPA FENOLÓGICA | | |
|----------|------------------|---------------|----------------|
| | GERMINACIÓN | FLORACIÓN | FRUCTIFICACIÓN |
| Maíz | -2 °C a -3 °C | -1 °C a -2 °C | -2 °C a -3 °C |
| Frijol | -5 °C a -6 °C | -2 °C a -3 °C | -2 °C a -3 °C |
| Alfalfa | 2 °C a 3 °C | | |
| Avena | -8 °C a -9 °C | -1 °C a -2 °C | -2 °C a -4 °C |
| Sorgo | -2 °C a -3 °C | -1 °C a -2 °C | -2 °C a -3 °C |
| Cilantro | -8 °C a -10 °C | -2 °C a -3 °C | -3 °C a -4 °C |
| Pepino | -0.5 °C a -1 °C | | |
| Tomate | 0 °C a -1 °C | 0 °C a -1 °C | 0 °C a -1 °C |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE MEDINA ET. AL, 2008.

Efecto de las heladas sobre las plantas. Los efectos dañinos de las heladas sobre los cultivos no siempre son los mismos, varían en su intensidad según especie y variedad considerada, tipo de órgano expuesto, etapa fenológica, contenido hídrico de la planta, intensidad de la helada, duración de la helada, temperatura de la planta y el órgano.

El frío excesivo en las plantas produce un debilitamiento de la actividad funcional, reduciéndose entre otras cosas las acciones enzimáticas, la intensidad respiratoria, la actividad fotosintética y la velocidad de absorción del agua. Finalmente se produce la muerte celular y la destrucción de los tejidos.

Los daños provocados por las bajas temperaturas son los siguientes:

Daños por enfriamiento. Algunas plantas sufren este tipo de daños cuando la temperatura se acerca a 0° C:

- ✓ Reducción de la actividad funcional.
- ✓ Deshidratación, debido a que al enfriarse las raíces no son capaces de absorber el agua necesaria.
- ✓ Desnutrición paulatina de las plantas, al reducirse la actividad fotosintética y aumentar el consumo de las reservas acumulada.

Daños por congelación de tejidos. Se deben principalmente a la formación de cristales de hielo en los espacios intercelulares de los tejidos vegetales. Estos cristales producen un daño mecánico, al clavarse en las células y al aumentar la presión sobre las paredes celulares, puesto que ocupan un mayor volumen.

En cualquier caso, los daños más importantes se producen durante la descongelación, ya que en este momento el contenido de las células se vierte al exterior por los distintos puntos de ruptura, provocando la deshidratación de los tejidos.

La importancia de estos daños varía en función de la velocidad del deshielo. Es importante recordar que los efectos de las heladas sobre las plantas varían dependiendo de la especie (algunas son más sensibles que otras) y de su estado de desarrollo (los estados fenológicos más vulnerables al frío son la floración y la maduración de los frutos).

El maíz es uno de los principales cultivos de la región. Como se observa en la tabla anterior, la temperatura mínima que resiste es de -3 °C y las temperaturas que se registran en la zona de estudio alcanzan e incluso rebasan este rango de valores, aún cuando la mayoría de las heladas registradas son ligeras, sí se llegan a perder los cultivos a causa de los bajos valores de temperatura.

Cultivos como el cilantro y la avena pueden resistir incluso heladas severas en su fase de germinación, mientras que los cultivos de tomate son los menos resistentes y requieren ser altamente protegidos ya que en cualquiera de sus etapas son muy vulnerables a las bajas temperaturas. En el municipio de Tecamachalco el cultivo de tomate se hace mediante invernaderos ya que por las condiciones del lugar y las exigencias climatológicas del cultivo es muy difícil lograr su producción.

Como se observa en el mapa de heladas, **la zona de riesgo más alto por incidencia de la amenaza es el este del municipio.** De acuerdo con los resultados obtenidos de la ficha básica aplicada en las poblaciones con un número de habitantes mayor a 1000, se encontró que el principal cultivo en ellas es el maíz, el frijol y la alfalfa, razón por la cual año con año la economía del municipio se ve más o menos afectada por la pérdida de las cosechas.

En promedio la primera helada se presenta el 21 de noviembre, mientras que la última helada, de acuerdo con los datos analizados, se presenta el 22 de febrero, en promedio se tendría un periodo libre de heladas de nueve meses. Sin embargo, esto no son fechas definitivas: desde el mes de septiembre ya se presenta el fenómeno, sin embargo, el análisis y la verificación en campo permiten afirmar que las heladas más severas se registran durante los meses de diciembre y enero.

PERCEPCIÓN Y TESTIMONIOS DE HELADAS EN COMUNIDADES DE TECAMACHALCO

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------|--|-----------------------------|---|----------------------------------|
| La Soledad | Cada año, empiezan 29 de septiembre y octubre de cada año; septiembre de 2011 | Zona de cultivos | La pastura encarece y las personas ensilan para guardar la pastura. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | Cada año sobre todo los meses de diciembre a febrero, las heladas tardías en marzo. 21 de marzo de 1987; noviembre de 2010; 9 de septiembre de 2011 | Zona de cultivo | 21 de marzo de 1987 afectó: 40 ha de maíz, 3 ha de frijol y 15 de ha de tomate de cáscara; la de 2010 fue más severas dañó: 120 ha de alfalfa, 25 ha de avena, durante el mes de diciembre. La del 9 de septiembre de 2011 afectó al maíz (el más tierno) y se perdieron 70 ha aproximadamente; las heladas tardías tienden a dañar el frijol, la calabaza, el maíz, el jitomate. | No se tiene información |

| | | | | |
|-------------------------|---|------------------|--|--|
| San Mateo Tlaixpan | Cada año, más en diciembre y enero, las más dañinas son en septiembre y octubre. | Zona de cultivos | Afecta principalmente a los pepinos, las calabazas tomates, jitomates. Flor y se pierden los cultivos. En octubre de 2010 una helada dañó muchos cultivos; desde.. hace 8 años las heladas han sido más severas, como la de septiembre de este año que dañó los cultivos de invernadero. | Se ha solicitado apoyo al Comisariado y fue entregado a los ejidatarios |
| Santiago Alseseca | Enero | Zonas de cultivo | Seca la milpa, se mueren los borregos y las personas se enferman. | No se han solicitado apoyos. |
| Santa Rosa | Cada año, en octubre de 2008, 2010 y 2011 | Zona de cultivo | No dio guayabo, pues las heladas de octubre afectaron estos frutos; al igual que el ejote y la calabaza. | Se solicitó apoyo al gobierno del estado (SAGARPA), pero no llegó el apoyo. |
| La Purísima de Hidalgo | 9 de diciembre de 2009 | Zonas de cultivo | Ha destruido los cultivos, causando daños a los animales por no haber pastura, hay pérdidas económicas. Las peores heladas son cuando caen con los frutales cargados. | Se ha solicitado apoyo al gobierno federal, pero no se ha dado el apoyo. |
| Francisco Villa | Cada año y se presentan en el mes de diciembre a febrero; también hay heladas tardías | Zonas de cultivo | Se quema el ejote, la alfalfa, el rábano y la flor; a las vacas, borregos, cabras les da fiebre y a los caballos tos; las personas presentan enfermedades respiratorias. | Se ha solicitó apoyo al gobierno federal pero no se ha dado el apoyo a los afectados. |
| Tecamachalco cabecera | Cada año se presentan en los meses de septiembre a febrero; la última fue el 29 de septiembre de 2011 | Zonas de cultivo | No madura el maíz, quema la hortalizas y legumbres y se pierde la cosecha; se mueren los borregos, cerdos y pollos | Se solicitó apoyo a la SAGARPA y le fue entregado a los ejidatarios. |
| Lomas de Romero | 10, 29 y 31 de septiembre de 2011 | Zonas de cultivo | Seca la milpa, quema el maguey y daña las plantas; se entumen los marranos y se enferma los pollos. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio la Portilla | Octubre-noviembre | Zonas de cultivo | Secan o queman los cultivos. | Se solicitó apoyos al municipio que fue entregado a los ejidatarios que tuvieron pérdidas en sus cosechas. |
| San Antonio Tecolco | Cada año en invierno | Zona de cultivos | Los cultivos quedan totalmente helados, se enferman y hay pérdidas económicas. | Se ha solicitado apoyo y en algunas ocasiones se les ha entregado a las personas afectadas. |
| La Laguna | 5-6 de mayo de 1973 o 75 9 de septiembre de 2011. | Zona de cultivos | Hubieron daños parciales al maíz y chile; faltó forraje. | Se solicitó apoyo a dependencias de gobierno como Sagarpa y al ayuntamiento, el apoyo, hasta ahora no ha sido entregado. |
| Barrio La Villita | 31 de diciembre de 1990 o 1991 11 de diciembre de 2010 | Zona de cultivos | Heladas negras Secaron todo | No se especifica. |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011.

En la anterior tabla se resumen las experiencias relatadas por productores de Tecamachalco ante las heladas; en ella se hace evidente que se ha recurrido a la solicitud de apoyos al gobierno como una estrategia de mitigación de daños.

5.2.6 Sequías

La sequía es la reducción temporal notable de agua y humedad disponibles, para satisfacer la necesidad de la sociedad. La ocurrencia de este fenómeno puede ser a causa de cambios climáticos, sin embargo, en la mayoría de los casos es producto de la acción del hombre. Sequía no es lo mismo que aridez. La sequía es temporal, mientras que la aridez es una característica permanente.

Para fines del estudio de la sequía en Tecamachalco se adopta la definición de sequía meteorológica y el análisis se realiza mediante la metodología utilizada por María Engracia Hernández que se apoya en el concepto de índice de severidad (IS) y éste se calcula con datos de precipitación comparados con sus respectivas medias. Si el índice de severidad es menor a cero significa que hay sequía (ver anexo metodológico).

De los resultados obtenidos de precipitación con datos de estaciones meteorológicas localizadas en Tecamachalco y en municipios aledaños, tomados de la base de datos ERIC y datos proporcionados por CONAGUA se observa que el **índice de severidad de sequía en el área de estudio es fuerte**. Esta es una razón por la cual la mayoría de los cultivos del municipio de Tecamachalco son de riego debido a la poca agua de lluvia disponible en la zona (foto siguiente). En encuestas realizadas a pobladores del municipio se encontró que la junta auxiliar de Alseseca, el juzgado de paz de Xochimilco, La Laguna, San Antonio La Portilla y La Soledad son de los lugares cuya problemática a causa de la sequía es mayor.



HUELLAS DE LA SEQUÍA EN TECAMACHALCO. FOTO: CUPREDER

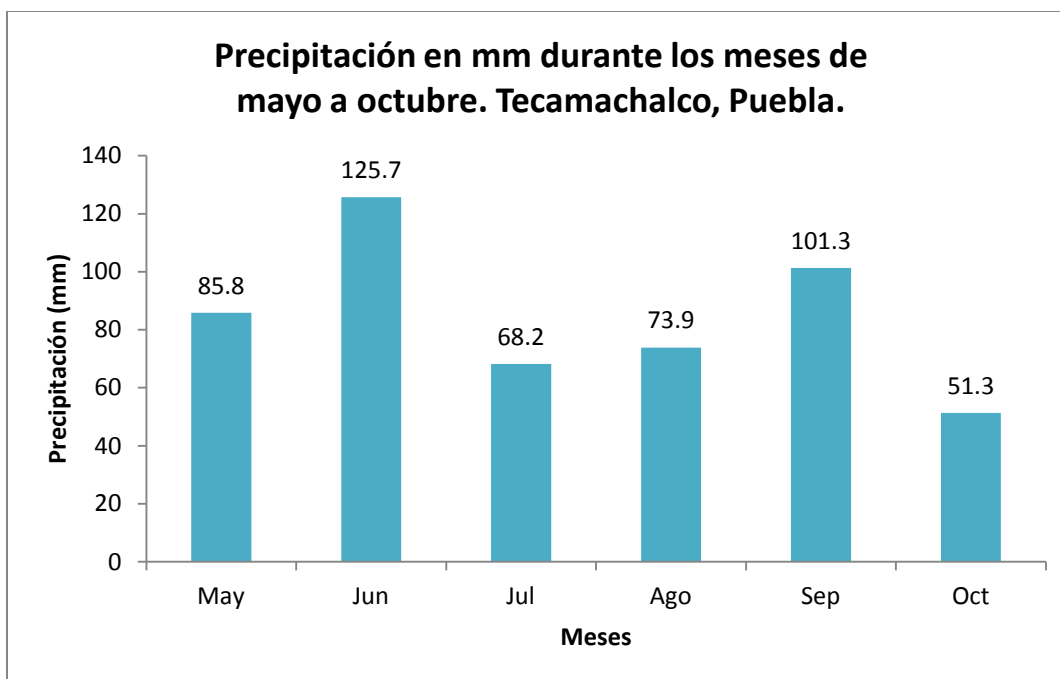
Los riesgos inherentes a la sequía incluyen la pérdida de los cultivos y la muerte del ganado, ya sea por falta de agua o por que los dueños se vean obligados a vender este patrimonio debido a la falta de forraje, mismo que no crece también por la falta de agua. Así se cierra un círculo vicioso

La agricultura de riego ha sido la alternativa técnica para afrontar la demanda de agua exigida por los procedimientos agrícolas intensivos que privan en Tecamachalco. Como el riesgo por sequía en Tecamachalco es alto, en repetidas ocasiones se ha solicitado apoyo para reparar los daños ocasionados por este fenómeno en la zona de estudio, sin embargo no siempre les es otorgado y las pérdidas principalmente económicas se hacen notar.



AGRICULTURA DE RIEGO EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO. FOTO: CUPREDER

La **sequía a mitad del verano**, también conocida como intraestival o **canícula**, consiste en una disminución del patrón de lluvias durante el verano, que afecta al municipio de Tecamachalco. En la figura siguiente se muestra la distribución de la lluvia durante los meses de mayo a septiembre que son los meses más lluviosos en la zona. Durante el mes de mayo se empiezan a intensificar las lluvias y alcanzan su punto máximo durante el mes de junio; posteriormente la cantidad de lluvia empieza a disminuir durante los meses de julio y agosto para posteriormente en el mes de septiembre alcanzar un segundo máximo. Durante los meses de junio y julio es cuando se presenta la canícula pero no siempre es el mismo patrón, ya que los datos arrojados en la gráfica son un promedio de por lo menos treinta años. Sin embargo hay años en los que sólo llueven 5 mm durante todo el mes.



PRECIPITACIÓN EN TECAMACHALCO DURANTE LOS MESES DE MAYO A OCTUBRE. ELABORACIÓN: CUPREDER CON DATOS PROPORCIONADOS POR CONAGUA, 2011.

Vulnerabilidad: percepción y experiencia comunitaria respecto a las sequías

En la encuesta realizada en el juzgado de paz Francisco Villa afirman que se han presentado casos en los cuales no ha llovido ni en el mes de septiembre y un caso muy mencionado en varios puntos del municipio fue la sequía de los años 80 en la cual afirman que hubo pérdida total de la cosecha. En datos tomados de las fuentes mencionadas anteriormente confirman estos argumentos. Durante el año de 1982 de junio a septiembre únicamente llovió 102.6 mm cuando el acumulado de lluvia durante esos meses es de 369.1 mm. La canícula también suele ser un problema y aunque no es un periodo de sequía tan prolongado, por las condiciones del lugar sí resulta un problema para sus habitantes.

EXPERIENCIAS Y PERCEPCIONES RESPECTO A SEQUÍAS. MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUEBLA, 2011.

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------------------|--|-----------------------------|--|--|
| La Soledad | 2003, 2006 y 2009 | Zona de cultivos | Se pierden las cosechas; no hay comida para animales, trae enfermedades por deshidratación, vías respiratorias, virales. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | El mes más seco es agosto | Zona de cultivo | Antes había cultivo de temporal, pero por la falta de lluvias se ha perdido; los daños que se presentan son: aumento de plagas en los cultivos, tales como el gusano cojoyero, gusano Rainero; en la calabaza, frijol y pepino sale la mosca blanca y la conchuela y desde hace como tres años apareció el chapulín. La planta se atrasa, no crece igual y no da el mismo rendimiento en la cosecha. | No se tiene información |
| San Mateo Tlaixpan | 2008 | Zona de cultivos | Tres años atrás hubo mucha sequía; no crecen los cultivos y hay pérdida total, a veces año con año se pierde la cosecha. | Se ha solicitado apoyo al Comisariado y fue entregado a los ejidatarios. |
| Santiago Alseseca | Hace como 20 años | Zonas de cultivo | Se perdió la cosecha, no hubo alimento para los animales. | Solicitaron apoyo a la CONASUPO y lesw dieron más barato el maíz. |
| Santa Rosa | 1999 y 2009 | Zona de cultivo | Si no llueve en junio se acaba el cultivo. | En el 2009 se solicitó apoyo al Comisariado, pero no hubo apoyo. |
| La Purísima de Hidalgo | 2009 | Zonas de cultivo | No llovió y bajó el nivel del agua; no se dieron los cultivos, no hubo con qué alimentar a los animales, las pérdidas fueron económicas. | Se ha solicitado apoyo al gobierno federal, pero no se ha dado el apoyo. |
| Francisco Villa | En el 2008 no llovió todo septiembre y octubre | Zonas de cultivo | Sólo se cosechó un 60 % | No se solicitó apoyo. |

| | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------|--|--|
| Tecamachalco cabecera | 2005 y 2009 | Zonas de cultivo | Se ha perdido el 40% del maíz y frijol | Se solicitó apoyo a la SAGARPA y le fue entregado a los ejidatarios. |
| Lomas de Romero | Hace como 3 años (2008) | Zonas de cultivo | Pérdida total, ya que no se desarrollaron las plantas, ni el ganado se lo come; no hubo forraje y se tuvo que vender el ganado generando pérdidas económicas; las personas presentan gripas o tos. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio la Portilla | Cada año hay sequías no extremas. | Zonas de cultivo | Se da pérdida total por falta de lluvia y si no hay pastura no se producen animales. | Se ha solicitado apoyos al Ayuntamiento y se les ha entregado a los ejidatarios. |
| La Laguna | Años 80's. | Zona de cultivos | Se perdió todo y causó daños en la pastura de los animales. | No se especifica. |
| Barrio La Villita | 2000 en proceso | Localidad | Llueve menos de 2000 para acá. | No se especifica. |
| San Antonio Tecolco | No reporta el fenómeno | | | |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

ANOTACIONES SOBRE CARENCIA O DESABASTO DE AGUA. MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, PUEBLA, 2011.

| Comunidad | Fecha y Año | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-----------------------|---|--|--|---------------------------------|
| Xochimilco | Hace 40 años | Barranca de San Nicolás (Ocho Arcos) | Antes se llenaba de agua como para llevarse 70 cubos. | No se tiene información |
| San Mateo Tlaixpan | 1994 se echó a andar el pozo 2; en 1999 el pozo 3 | Pozos cerca de la autopista y el 2 y 3 están en terrenos ejidales de Tlaixpan. | El 25% de los pobladores no tiene agua, hay fuerte escases y se surte cada 14 o 15 días, tienen que comprar pipas de agua. El tubo de conducción es de pvc de 6 pgs, aproximadamente hay 3000 mts de tubería. Hay 531 tomas de agua en la sección 22; 755 en la sección 21; en la sección 23, 704 tomas; hay 1992 tomas en total y 250 están sin servicio. Actualmente se tienen 13 lts y se necesitan 40 lts; el pozo 3 da de 8 a 10 lts; el pozo 2 da entre 3 y 3.5 lts. | No se tiene esa información. |
| Santiago Alseseca | No se especificó | Jaguey | Se rompió y no lo han reparado. | No se tiene esa información. |
| Francisco Villa | No se cuenta con esa información | Manantial junto a la iglesia | Está seco. | No |
| Tecamachalco cabecera | Actualmente cuenta con 7 pozos | San Juan, San Antonio, La Villita, Ejido de Santa Clara (2) y Comunidad del Salado (2) | El agua se raciona y la gente sólo tiene agua 3 veces al mes 3 horas. | Hay una veda hídrica desde 1964 |
| Lomas de Romero | No se cuenta con esa información. | Los Cajones (en el ejido). | Se tienen 20 pozos de los cuales sólo uno tiene agua. | No |

| | | | | |
|-------------------------|------------------|----------------------|---|-------------------|
| San Antonio La Portilla | No se especificó | Colonia La Lagunilla | Tenían un pozo que ya se secó; existen problemas de agua entre vecinos. | No se especificó |
| Barrio La Villita | Actualmente | Zona urbana | El 25 % de la población tiene agua potable del pozo no. 1 (2 plg se extrae 4.6 lts), el 75% compra pipa de agua | No se especifica. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011.

Atención del riesgo y pérdidas por sequías

Pocos son los datos sobre sequías atípicas²² en el municipio de Tecamachalco, la información con la que se cuenta es la del FAPRACC (al final del capítulo), donde se establece a este municipio como zona de contingencia climática por sequía atípica y se le dan apoyos a la población rural afectada; éste municipio ha sido considerado a partir de los estudios técnicos de las reglas de operación de este fondo beneficiaria en cuatro ocasiones: en los años 2003, 2006, 2007 y 2010²³.

En la región cubierta por el acuífero Valle de Tecamachalco no existen ríos de importancia que alimenten al acuífero del Valle de Tecamachalco o viceversa, es decir, no hay flujos base de importancia en la región. El acuífero Valle de Tecamachalco es alimentado por la precipitación pluvial y por flujos subterráneos horizontales que en parte tienen su origen en el agua de lluvia que se infiltra en las partes altas y posiblemente por agua subterránea que se "fuga" por la parte sur del acuífero denominado "Oriental", básicamente a través de la sierra de Soltepec. La lluvia que se infiltra en las partes altas del área, posteriormente se adiciona como flujos subterráneos horizontales que se presentan principalmente en las zonas norte y oeste del acuífero Valle de Tecamachalco, además de la Sierra del Monumento. Se puede decir que la recarga natural queda constituida por la recarga vertical producida por la infiltración de la lluvia y la recarga por flujo horizontal subterráneo.

Otro componente importante de la recarga al acuífero la constituye la originada por la infiltración de agua utilizada en los sistemas y áreas de riego y por las fugas en las tuberías de distribución de los sistemas de abastecimiento a núcleos urbanos. Las recargas inducidas por el uso del agua de riego comprenden las provenientes de agua subterránea y las aguas superficiales provenientes del Distrito de Riego que son almacenadas y controladas a través de la Presa Manuel Ávila Camacho. Los datos actuales hacen evidente que, aunque existe infraestructura hidráulica superficial, principalmente en el Distrito de Riego 030, ésta no es suficiente para cubrir la demanda de agua en la región.

El área máxima inundada por la presa es de 2 mil 595 ha, la profundidad máxima del embalse es de 32m (frente a la cortina) y la media es de 13m a presa llena. La capacidad máxima de almacenamiento original en 1946, era de 404.5 millones de m³, según un estudio batimétrico, en 1970 reportó 303.7 millones de m³ (dato oficial actual) y media 228 millones de m³ en septiembre de 1998. Recordemos que la formación de un embalse cambia profundamente la hidrología y los ecosistemas acuáticos (limnología) del sistema fluvial. Con la construcción de un embalse se producen cambios dramáticos en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río.

Esta zona, por su geografía y por sus canales de riego sufre sequías temporales que en muchas ocasiones producen incendios en áreas parcialmente forestadas. Además, la falta de limpieza en canales y barrancas produce trombas e inundaciones cuando inicia el periodo de lluvias. Este clima de temporal afecta directamente la economía de la región.

²² Revisese las siguientes direcciones electrónicas: <http://148.206.53.231/bdcdrom/GAM06/GAMV15/root/docs/IPT-693.PDF>
<http://148.206.53.231/bdcdrom/GAM06/GAMV15/root/docs/IPT-751.PDF>
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=690638&fecha=24/09/2003
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5003625&fecha=16/10/2007
[http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Declaratorias/2006/14092006\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Declaratorias/2006/14092006(1).pdf)

²³ Consúltase: <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article71810> la información de los apoyos por parte del FAPRACC para el periodo 2010 por sequía todavía no está disponible en línea.

DATOS ACERCA DE PÉRDIDAS EN DECLARATORIAS OFICIALES POR SEQUÍAS.

| Año | Fecha | Tipo de información | Contenido | Fuente |
|------|--------------------------|---|---|---|
| 2003 | mayo a noviembre de 2002 | Declaratoria de desastre natural por sequía atípica | Declaratoria de desastre natural para efectos de las reglas de Operación del fondo de desastres naturales (Fonden) vigentes, en virtud de los daños provocados por la sequía atípica e impredecible que afectó a 10 Municipios de Huitziltepec, San Pedro Yeloixtlahuaca, Santa Isabel Cholula, Tecamachalco , Tecamatlán, Tecuanipan, Tehuiztzingo, Tlahuapan y Tlalancaleca del estado de Puebla | http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/Compilacion/173.pdf |
| 2006 | 4 de septiembre | Declaratoria de Contingencia Climatológica por sequía atípica | Declaratoria de contingencia climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para atender a la población rural afectada por contingencias climatológicas (FAPRACC) vigentes, en virtud de los daños a consecuencia de la sequía atípica , impredecible y no recurrente, que afectó a los municipios de Cuautinchan, Tecali de Herrera, Cañada Morelos, Chiautla, Tecamachalco , Yehualtepec y Tepango de López del estado de Puebla. | http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4931349&fecha=14/09/2006 |
| 2009 | 14 de octubre | Declaratoria de Contingencia Climatológica por sequía atípica | Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), en virtud de los daños a consecuencia de la sequía atípica, impredecible y no recurrente que afectó a los municipios de Acatlán, Acatzingo, Acteopan, Cuapixtla de Madero, Chalchicomula de Sesma, Esperanza, General Felipe Angeles, Izúcar de Matamoros, Los Reyes de Juárez, Molcaxac, Palmar de Bravo, Quecholac, San Juan Atzompa, San Pedro Yeloixtlahuaca, San Salvador el Seco, San Salvador Huixcolotla, Tecamachalco , Tepexi de Rodríguez, Tlacotepec de Benito Juárez, Tochtepec, Tzicatlacoyan, Yehualtepec, ... del Estado de Puebla. | http://www.inforural.com.mx/IMG/pdf/DOF-SAGARPA-081209.pdf |
| | | | Las zonas afectadas: San Mateo Tlaixpan, El Salado y Alseseca (no se precisaron los daños). | Entrevista 8/9/2011 SDR-Tecamachalco |

| | | | | |
|------|-----------------|-------------------|--|--|
| 2009 | 9 de septiembre | Nota periodística | "... la falta de precipitaciones provocó la pérdida total de 181 mil hectáreas y parcial de 135 mil más. En total son 85 mil productores de maíz, cebada, sorgo y frijol afectados de 136 municipios que se encuentran en las regiones de Tecamachalco, Tlachichuca, Cholula y San Martín Texmelucan, ..." | La Jornada de Oriente, 9 de septiembre de 2009: http://www.lajornadadeoriente.com.mx/2009/09/09/puebla/jus105.php |
|------|-----------------|-------------------|--|--|

DATOS PARA EL MUNICIPIO Y LA REGIÓN DE TECAMACHALCO. FUENTE: INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL DE CUPREDER.

5.2.7 Temperaturas máximas extremas

En el municipio de Tecamachalco las temperaturas máximas se registran durante los meses **de marzo a agosto**. En el mapa de temperaturas máximas se observa el efecto que las montañas tienen sobre la temperatura, ya que a pesar de que los valores son altos en las zonas cercanas a los cerros, resultan valores inferiores a los lugares donde no los hay.

Las altas temperaturas muchas veces favorecen el desarrollo y la intensificación de incendios forestales. Además debido a la poca disponibilidad de agua en el municipio se puede generar un problema, ya que se pueden desencadenar problemas de salud en las personas tales como infecciones e incluso en los animales.

El valor de temperatura más alto registrado en la cabecera municipal según datos proporcionados por CONAGUA y algunos tomados de la base de datos ERIC (Extracción Rápida de Información Climatológica) ha sido de 38°C y un registro fue el día 4 de abril de 1945 así como el día 29 de marzo de 1946. Otros registros históricos son el 2 de junio de 1964 cuyo valor es de 36.5 °C, el 22 de junio de 1962 con un valor de 35.5 y el 8 de marzo de 1991 con 34.5 °C (tabla siguiente). Estos datos son ilustrativos de los valores de temperatura máxima que se alcanza en la zona de estudio. Sin embargo, existen otras fechas con valores similares a los aquí mencionados y oscilan entre los 32 °C y 38°C.

TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS EN TECAMACHALCO, PERIODO 1944 A 2001

| T (°C) | FECHA |
|--------|---------------|
| 37 | 8/mayo/1944 |
| 38 | 4/abril/1945 |
| 38 | 29/marzo/1946 |
| 35.5 | 22/junio/1962 |
| 36.5 | 2/junio/1964 |
| 34.5 | 8/marzo/1991 |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE CONAGUA, 2011.

5.2.8 Vientos fuertes

Se analizaron datos de la dirección del viento durante el periodo de 1981 al 2010. Se observa en la rosa de los vientos que la dirección dominante es del sur; en promedio 88 días (28%) al año se registran vientos de esta dirección. Mientras que con dirección norte se registra en promedio 83 (26%) días al año, siendo más frecuentes durante los meses de noviembre a enero que coincide con la llegada de los frentes fríos, que como se mencionó anteriormente es una característica de estos sistemas, viento con dirección del norte antes de paso del frente.

Un factor que influye en la dirección de los vientos es la orografía del lugar, ya que los cerros son una importante barrera que incluso determina la humedad que pueda llegar al municipio y que es transportada por las masas de aire.

La velocidad del viento en promedio es de 20 km/h. Sin embargo hay registros cuyo valor alcanza los 50 km/h que puede ser generado por el paso de algún sistema tal como una tormenta severa o un frente frío.

Debido a la poca disponibilidad de datos en la zona no fue posible elaborar un mapa de vientos en barrancas. Del análisis realizado con los datos disponibles no se tiene claridad de que exista el viento tehuacanero mencionado por

algunos pobladores. En encuestas realizadas en diversos puntos del municipio solo en la cabecera se mencionó dicho fenómeno, ya que en los otros puntos a pesar de que se les preguntó afirmaron desconocer este sistema. Sin embargo los vientos del este son importantes ya que aportan humedad a la zona de estudio (ver rosa de vientos).²⁴

DATOS ACERCA DE DAÑOS Y PÉRDIDAS POR VIENTOS FUERTES.

| Año de registro | | Características del fenómeno | Duración | Lugar de reporte | Descripción | Fuente |
|-----------------|---------|------------------------------|-----------------|-------------------|---|---|
| 1983 | Junio | Lluvia y viento intenso | Más de una hora | Santiago Alseseca | Causó la muerte de una señora, la desaparición de un niño y un adulto; -destruyó 42 chozas: principalmente de los techos contruidos con láminas de asbesto y otros materiales; -derribó por lo menos 33 árboles que causaron daños en algunos domicilios y también en siembras; -desbordó un jagüey, aumentando la corriente que penetró a varias casas y formó verdaderos barrancos- más de 60 animales de ganado mayor y menor perecieron ahogados. | Ernesto Gámez Camacho y Ernesto Gámez Jiménez, "Nuestros Orígenes: Crónica de la Ciudad de Tecamachalco, de Guerrero", p. 229 |
| Cada año | Febrero | Viento intenso | Cada año | La Soledad | Los vientos son más intensos en febrero y los daños que ocasionan es el desprendimiento de los techos de lámina, esto sucede cada año y se generan tolaneras. | Entrevista en la localidad de La Soledad, 22 de septiembre de 2011 |

ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS PARA EL MUNICIPIO Y LA REGIÓN DE TECAMACHALCO.

EXPERIENCIAS Y PERCEPCIONES RESPECTO A VIENTOS FUERTES. MUNICIPIO DE TECAMACHALCO, 2011.

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|---|---|
| La Soledad | 1986-1988 | No se especifica | Estos vientos fuertes se dieron con lluvia, un árbol cayó sobre una vivienda, se cayeron las ramas de los árboles, a veces llega agua con viento fuerte de oriente a poniente como en 2009. | No se cuenta con esa información |
| San Mateo Tlaixpan | Febrero y marzo | Zona de cultivos y urbana | Se forman remolinos, ha ido disminuyendo porque hay más adoquín y se forman cuando hay huracanes; tira la milpa, levanta los techos de las casas, no ha causado daños a las personas. | No se tiene esa información. |
| Santiago Alseseca | 20 de junio de 1983. | Zona urbana | Se dañaron los techos de lámina, se murió una mujer que estaba atajándose del agua y la arrastró la corriente. Remolino que dañó casas. | Solicitaron apoyo al municipio y les dieron láminas para los techos de sus casas. |

²⁴ Obtuvimos una única mención de un fenómeno llamado "viento tehuacanero". Se trata de vientos que provienen del sur, que soplan cada año o cada dos años, introduciendo humedad al territorio municipal en forma de lluvias torrenciales que causan la inundación sobre todo, según testimonios, en el sistema de la barranca Ocho Arcos, que corre de nororiente a sur. Esta barranca, como otras, entra a la zona urbana, convirtiéndose en la calle 3 Poniente, y ha ocurrido que en combinación con el fenómeno natural, zonas de por sí vulnerables a inundaciones se ven afectadas.

| | | | | |
|-------------------------|--|---------------------|--|--|
| Santa Rosa | Otoño (octubre-noviembre) | Zona rural y urbana | Se han caído árboles viejos. | No han solicitado apoyo |
| La Purísima de Hidalgo | No reporta | | | |
| Francisco Villa | Cada año hay vientos fuertes en los meses de junio y julio | Zona rural | Levanta los techos de lámina. | Se ha solicitado apoyo al presidente municipal, pero no se ha entregado apoyos a los solicitantes. |
| Tecamachalco cabecera | En los meses de octubre y noviembre | Zonas de cultivo | Son vientos que vienen del sur y que afectan a veces a los cultivos, generalmente la pérdidas en los cultivos son mínimas, porque ya se cosechó cuando se presentan los vientos. | No se ha solicitado apoyos. |
| Lomas de Romero | En marzo de 1992 (18 años) | En la localidad | Fue como un tornado, se vió una nube negra y destruyó todo a su paso, se llevó techos de lámina y árboles. | No se solicitó apoyo. |
| San Antonio la Portilla | No reporta | | | |
| San Antonio Tecolco | No reporta | | | |
| La Laguna | Temporada de lluvias (mayo). | Zona de cultivos | Anteriormente causaban daño a los cultivos, actualmente no por la semilla mejorada; se han caído los techos de las viviendas. | No se especifica. |
| Barrio La Villita | De marzo a abril | No se especifica | Afecta poco, principalmente a las viviendas. | No se especifica. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011.

5.2.9 Inundaciones

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es: **“aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”**. En este caso “nivel normal” se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas

Con lo anterior se entiende por inundación como aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Cómo se produce la inundación

Las inundaciones se producen cuando lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos de agua. Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río.

Para nuestro caso que es que corresponde a la zona urbana de la cabecera municipal de Tecamachalco haremos referencia al tipo de inundación por mecanismo de generación y que corresponde a una inundación pluvial, además tiene la característica de ser una inundación lenta, estática y paulatina.

Entre los factores que influyen en la generación de inundaciones, hay que considerar de manera muy especial la creciente desaparición de la cubierta vegetal. El agua de lluvia desde que se precipita sobre la tierra sufre los procesos de filtración, acumulación subterránea, drenaje, retención, evaporación y consumo, La cubierta vegetal cumple entonces una función muy destacada al evitar el impacto directo de las gotas sobre el terreno, impidiendo su erosión, al mismo tiempo que permite una mayor filtración y dificulta el avance del agua hacia los ríos, prolongando en éstos su tiempo de

concentración. Además colabora en la disminución del transporte de residuos sólidos que posteriormente afectan a los cauces

Zonas inundables o llanuras de inundación

Se conocen como zonas inundables las que son anegadas durante eventos extraordinarios, por ejemplo aguaceros intensos, crecientes poco frecuentes o avalanchas.

Las zonas inundables se clasifican de acuerdo con las causas que generan las inundaciones. Estas causas son las siguientes:

1. Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas,
2. Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
3. Desbordamiento de corrientes naturales.
4. Desbordamiento de ciénagas.
5. Avalanchas producidas por erupción volcánica, sismos, deslizamientos y formación de presas naturales.
6. Obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles: Puentes, espolones y obras de encauzamiento, viviendas en los cauces y represamientos para explotación de material aluvial.
7. Sedimentación.

Estas causas pueden presentarse en forma individual o colectiva.

En el caso particular de la zona de urbana de la cabecera municipal de Tecamachalco Puebla, se detectaron zonas de inundación que pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de causas en:

1. Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas.
2. Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.

De acuerdo a la información obtenida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Tecamachalco (PMDUST), se han identificado algunas zonas inundables en el municipio debido a la combinación de las características naturales con elementos artificiales del lugar. La presencia de serranías y elevaciones como la sierra del Tetzoyocan en el sur y El cerro del Techachales al norte del municipio, generan zonas de captación de agua de lluvia con velocidades considerables, estos escurrimientos se ven obstruidos antes de llegar a los arroyos que recorren el valle de Tecamachalco por los taludes derivados de la infraestructura vial e hidráulica, siendo esta última la de mayor incidencia en la generación de zonas inundables o bien encharcamientos que de igual forma provocan importantes afectaciones a los bienes materiales de los habitantes.

Polígono de inundación "San Antonio". Delimitación

En la visita de campo de día 12 de agosto del presente año se pudo observar una zona susceptible a inundación debido a que tan sólo dos días antes se presentó una lluvia de ligera a moderada en el barrio de San Antonio. Los habitantes de este barrio, que se localiza en la parte sur de la cabecera municipal, entrevistados por nosotros reportaron que este fenómeno es recurrente en cada temporada de lluvias desde hace ya 23 años aproximadamente (figura siguiente).

POLÍGONO DE INUNDACIÓN “SAN ANTONIO”



ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE CAMPO Y DE GABINETE. 2011.

La ubicación de este polígono de inundación es en coordenadas UTM X= 632923, Y= 2088221, Z= 2012 msnm. De acuerdo con la clasificación hecha por el Cenapred es considerada por su origen como inundación pluvial y por su duración como lenta.

El análisis de gabinete junto con el trabajo de campo arrojó como causas probables de este encharcamiento las siguientes:

- 1.- Falta de drenaje pluvial en las calles y avenidas de la cabecera municipal principalmente en las calles del barrio de San Sebastián y en la avenida 9 Oriente-Poniente, que también es conocida como Carretera Federal a Tehuacán con número 150.
- 2.- Todo lo que llueve en el barrio de San Sebastián, que corresponde a la parte alta de la cabecera municipal en la zona poniente, pasando por la carretera federal a Tehuacán, escurre por debajo de las vías del ferrocarril en un pequeño canal improvisado para continuar con su curso hasta el barrio de San Antonio; justo en los límites de la preparatoria Enrique Cabrera de la BUAP de Tecamachalco continúa su curso y se distribuye por todo el barrio hasta llegar a un pequeño desagüe en el límite del canal principal que contiene aguas de la presa “Manuel Avila Camacho” de Valsequillo en el municipio de Puebla, ahí justo en el borde es donde el agua se estanca a las orillas del canal del lado del barrio y se produce el encharcamiento de esta zona, dificultándose su salida del agua corriente.
- 3.- El adoquinamiento de las calles en el barrio de San Antonio provocó la impermeabilización del suelo; se observan tramos con distintos niveles provocando encharcamientos en la mayoría de las esquinas de este barrio, complicándose así el desagüe fluido hacia el canal principal.

Configuración espacial del polígono de inundación “San Antonio”



BARRIO DE SAN ANTONIO EN EL MES DE AGOSTO DE 2011. CUPREDER.

La conformación de este barrio (San Antonio) es relativamente nueva comparado con el resto de la cabecera municipal; existen algunos datos históricos donde se narra las celebraciones de su santo patrono desde 1906, sin embargo se cree que ya existían algunas viviendas en ese barrio, pues la vía de ferrocarril que atraviesa esa zona inicia su actividad desde 1884, año en que Porfirio Díaz inaugura oficialmente el ferrocarril México-Puebla-Tehuacán-Oaxaca. Para 1934 se inaugura la carretera federal México-Puebla-Oaxaca, vía que delimita el barrio de San Antonio en la parte nororiente, lo cual originó un crecimiento urbano lineal con usos de suelo mixto (comercio, habitacional, entre otros) y que a la fecha se ha ido acentuando.



FERROCARRIL EN TECAMACHALCO, 1922.

Para la instalación de esta infraestructura carretera y ferroviaria se requirió la generación de terraplenes, produciendo a su vez bordos alrededor del núcleo urbano (al nororiente y oriente del centro del barrio); dichos bordos obstruyen el flujo del agua de manera natural, provocando anegamientos.



LÍMITES DE LA VÍA FERROVIARIA EN EL BARRIO DE SAN ANTONIO EN TECAMACHALCO, 2011. FOTO: CUPREDER

La actividad que predominaba en este barrio era la agrícola, lo cual permitía la infiltración del agua; pero por otro lado, las afectaciones al asentamiento del barrio se incrementaban ya que éste se encuentra en una parte baja con respecto al primer cuadro urbano de Tecamachalco, lo que originaba encharcamientos e inundaciones críticas en algunos puntos del asentamiento. En 1946 se inauguró la presa de Valsequillo, obra que da pie a la creación de canales de riego para el valle de Tecamachalco y Tehuacán, agua utilizada principalmente para la actividad agropecuaria. De tal forma que se construye un sistema de canales, de los cuales uno pasa por el lado sur y suroriente del barrio de San Antonio, generando un bordo que, al igual que la vía férrea y la carretera federal antes mencionada, obstruye el desalojo natural del agua en tiempos de lluvia, así como la paulatina impermeabilización de la mayoría de sus calles y avenidas principales sin un sistema de obra hidráulica adecuada.

Otro elemento que modifica las características hidráulicas del lugar es el emplazamiento de la preparatoria de la BUAP Enrique Cabrera Barroso en la frontera poniente del barrio en el año de 1973. Dicha construcción generó relleno en el sitio, situación que contribuye a la modificación de los escurrimientos naturales del sitio.



PREPARATORIA REGIONAL DE LA BUAP EN TECAMACHALCO, 2011. FOTO: CUPREDER.

Descripción de la infraestructura, equipamiento y servicios vulnerables dentro del polígono de inundación “San Antonio”.

- Ubicación del polígono: barrio de San Antonio al surponiente de la cabecera municipal.
- Superficie del polígono: 32.5 ha.

- Estructura urbana conformada por 45 manzanas (algunas afectadas de manera parcial).
- **270 construcciones** en la zona según información del Instituto de Catastro del estado de Puebla (2010). Se estima que el 90 por ciento de estas construcciones son de uso habitacional, es decir, 243 viviendas, con un promedio de habitantes por vivienda a nivel localidad de Tecamachalco de 4.36, lo equivale a **mil 59 habitantes** dentro de la zona del polígono susceptible a inundación.

Planteles educativos existentes en la zona:

- Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) –Tecamachalco (antes Esc. Prim. Gabino Vázquez)
- Preparatoria Enrique Cabrera Barroso Unidad Regional Tecamachalco de la BUAP.
- Preescolar – Jardín de Niños “Manuel Abril”.

Servicios comunitarios

- Templo de San Antonio.
- Centro de Rehabilitación del Sistema DIF Municipal de Tecamachalco.

Comercio:

- Tiendas particulares/misceláneas o pequeños comercio (existen cinco establecimientos registrados por el INEGI).

Infraestructura vial afectada:

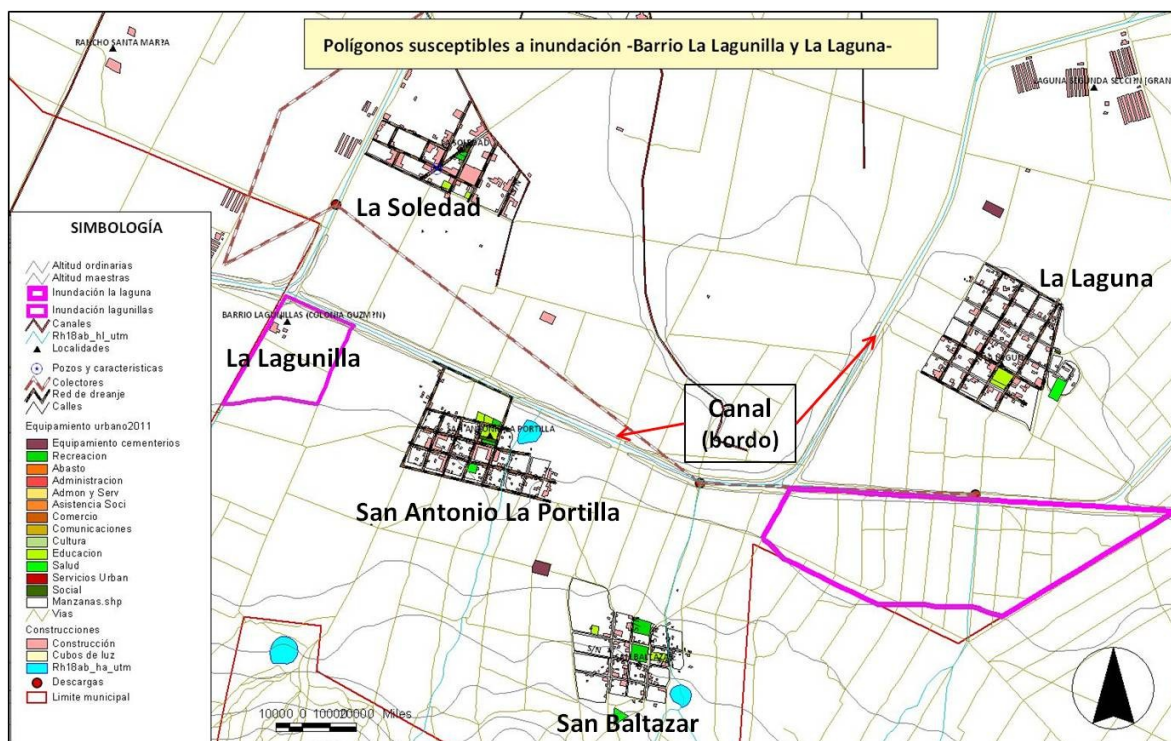
- Vialidad primaria: carretera federal a Tehuacán
- Vialidad secundaria: 11 Sur y 11 Poniente (acceso directo al barrio de San Antonio, a la Preparatoria E. Cabrera y a la UPN).
- Vialidades terciarias: 13, 15 y 17 Poniente, 7 Sur.

Otros:

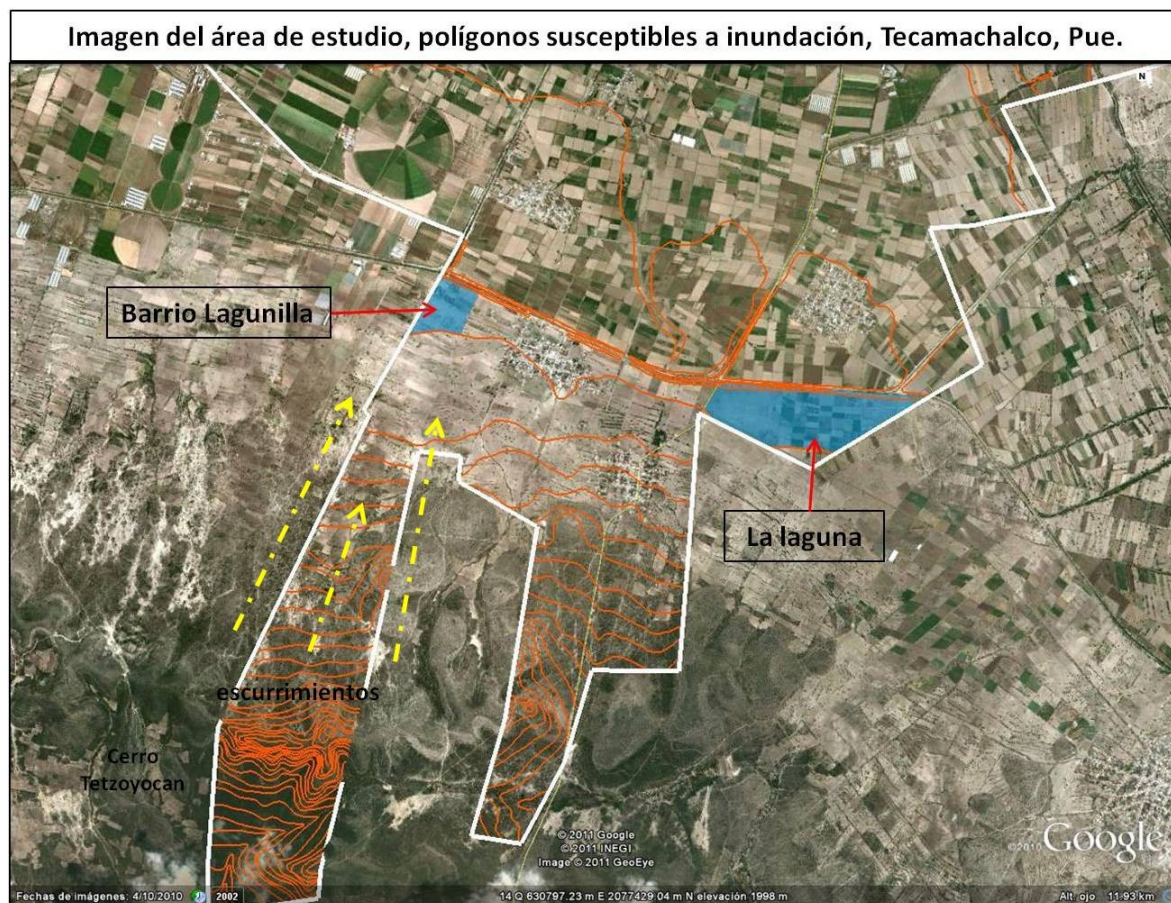
- Tanque elevado
- Rutas de transporte

Polígono de inundación “La Lagunilla” y “La Laguna”

Dentro de los asentamientos afectados podemos mencionar los siguientes: Barrio de San Antonio ubicado al sur de la cabecera municipal y el Barrio la Lagunilla al sur del municipio, lugares que por dichas características se ven afectados cada temporada de lluvias. De acuerdo a la información que refiere el PMDUST, existen otros centros de población dentro del municipio con esta misma problemática como la propia cabecera de Tecamachalco, Santiago Alseseca y San Mateo Tlaixpan donde se acentúan los problemas derivados del crecimiento urbano desordenado, el asentamiento de viviendas en los márgenes y dentro de las barrancas como el Arenal, Ocho arcos, barranca San Juan y El Conde, situación que expone a la población ahí asentada a las avenidas súbitas provocadas por las lluvias fuertes que se presentan año con año.



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON BASE EN EL PMDUST CON VERIFICACIÓN EN CAMPO, 2011



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON BASE EN EL PMDUST CON VERIFICACIÓN EN CAMPO, 2011

Con respecto a las zonas indicadas en los planos del PMDUST como áreas inundables y por la superficie importante que demarcan éstas tal como se muestra en el plano anterior, se estudiaron de manera puntual el predio de La Laguna y el barrio La Lagunilla, en éste último si existen asentamientos que han sufrido afectaciones desde su fundación.

Barrio Lagunilla. La ubicación de este polígono de inundación es en coordenadas UTM X= 629242, Y= 2079303, Z= 1972 msnm. De acuerdo a la clasificación hecha por el *CENAPRED* de inundación es considerada por su origen como *Inundación pluvial* y por su duración como *lenta*.

La conformación del barrio La Lagunilla o colonia Guzmán data aproximadamente del año 1956, inicialmente se asientan en esta zona cuatro familias que son las fundadoras y que hasta la fecha permanecen en este lugar. Actualmente existen en promedio diez viviendas habitadas y de acuerdo con los reportes de los mismos habitantes como el señor José Pascual Ortiz Silverio, este predio siempre se ha inundado y debido a las carencias económicas de estas familias, a la mínima dotación de servicios e infraestructura del asentamiento, los hace más vulnerables ante esta recurrente problemática.



VIVIENDAS DEL BARRIO LA LAGUNILLA. FOTO: CUPREDER.

Las características del polígono demarcado en el barrio La Lagunilla son las siguientes:

- Superficie del área inundable: 22.84 hectáreas aproximadamente.
- Ubicación: norponiente del municipio de Tecamachalco
- Actividad predominante: agrícola de temporal
- Uso del suelo: agrícola y vivienda
- Localidades aledañas: San Antonio La Portilla (mil 870 habitantes). La Soledad (mil 67 habitantes).
- Vías de acceso: de terracería, pasando a un costado del canal Tetzoyocan.
- Población en el barrio: 81 habitantes
- Promedio de viviendas existentes: 17
- Viviendas habitadas: 10
- Promedio de ocupantes por cuarto: 3.12
- Vivienda con piso de tierra: 4 y de cemento: 6
- Servicios existentes: energía eléctrica, suministro de agua por una sola manguera y recolectada para uso de todas las viviendas



TERRENOS DE CULTIVOS Y VIVIENDAS DE LA LAGUNILLA



CALLE DE TERRACERÍA, BARRIO LA LAGUNILLA. FOTOS: CUPREDER



Nivel que alcanza el agua cuando se inunda (Barrio La lagunilla)

NIVEL QUE ALCANZA EL AGUA EN LAS VIVIENDAS



BORDOS EN CALLES DE TERRACERÍA DE LA LAGUNILLA. FOTOS: CUPREDER

En una primera conclusión podemos afirmar que el municipio de Tecamachalco es una zona con niveles de precipitación que genera condiciones adecuadas para las actividades productivas derivadas del campo (580 mm promedio anual), por lo tanto la existencia de los canales representa una oportunidad para desarrollar sus productos. Sin embargo, esta red de canales instalada en el municipio también ha modificado los escurrimientos de forma puntual y para el caso de las zonas habitacionales se generan algunas afectaciones como inundación y daños a las construcciones y bienes personales, así como en la salud de los habitantes. Por otro lado, la anegación del agua y la instalación de bordos para represar el agua derivada de las precipitaciones como es el caso de la lagunilla inciden de manera positiva en las zonas de sembradío para que éstas se desarrollen favorablemente. Entonces es necesario instalar infraestructura básica que drene a las zonas habitacionales y otras, que almacenen agua para el aprovechamiento del campo.

Polígono de La Laguna. La ubicación de este polígono de inundación es en coordenadas UTM X= 632995, Y= 2078368, Z= 1905 msnm. De acuerdo a la clasificación hecha por el Cenapred es considerada por su origen como *inundación pluvial* y por su duración como *lenta*.

Este polígono marcado como zona de inundación en el PMDUST, corresponde a una extensión de tierra dedicada al cultivo de maíz y como zona de pastoreo, tiene una superficie de 94.4 ha aproximadamente y no existen asentamientos ni infraestructura que puedan verse afectada por la inundación en dicha zona.

La incorporación de agua de lluvia en esta zona proviene del cerro o sierra del Tetzoyocan, toda el agua corriente de lluvia en esta área se concentra justo en el punto considerado por el PMDUST como de inundación; la pendiente del cerro oscila entre 15 y 20% alcanzando una velocidad aproximada de 1 a 2 m/s. No existen barrancas o drenes naturales

que conduzcan esta agua a un canal o río cerca de este sitio, por lo consiguiente el agua que escurre se dirige con dirección sur-norte hasta llegar al Canal del mismo nombre, Tetzoyocan, y que por sus condiciones actuales como los bordos laterales en ambos lados, funcionan como parte de la geometría de la sección del canal (otros lo llaman como el asolve del canal) que represa en este sitio todo el flujo proveniente del cerro de Tetzoyocan y va generando la inundación.



ZONA SUSCEPTIBLE A INUNDACIÓN, ÁREA CON VOCACIÓN AGRÍCOLA Y DE PASTOREO, LA LAGUNA. FOTO: CUPREDER



CANAL TETZOYOCAN Y CANAL DEL MUERTO. LA LAGUNA.



ÁREA DE PASTOREO Y BORDO. LA LAGUNA. FOTOS: CUPREDER

Este tipo de inundación beneficia principalmente a los dueños de estos terrenos de cultivo, ya que provee de agua para sus predios, recarga por medio de la infiltración que aunque es lenta, finalmente se inyecta en una zona que necesita esta agua de recarga para sus mantos acuíferos tan agotados. Otro de los factores que cabe destacar es la ausencia de asentamientos humanos en este polígono y debiera continuar con este mismo uso de suelo, el agrícola, para evitar la problemática que presenta el barrio de La Lagunillas. De acuerdo a las condiciones y factores antes expuestos, se habrá de considerar la dotación de infraestructura básica para desaguar estas aguas y llevarlas a un depósito donde se puedan aprovechar antes de contaminarse con el canal de Tetzoyocan.

Esta obra beneficiaría sobre todo a la población en cuanto al reuso de agua potable, ya que la zona sur del municipio de Tecamachalco carece de agua potable.

Puntos vulnerables de inundación (construcción de nuevos escenarios de riesgo). Zona oriente de Tecamachalco.

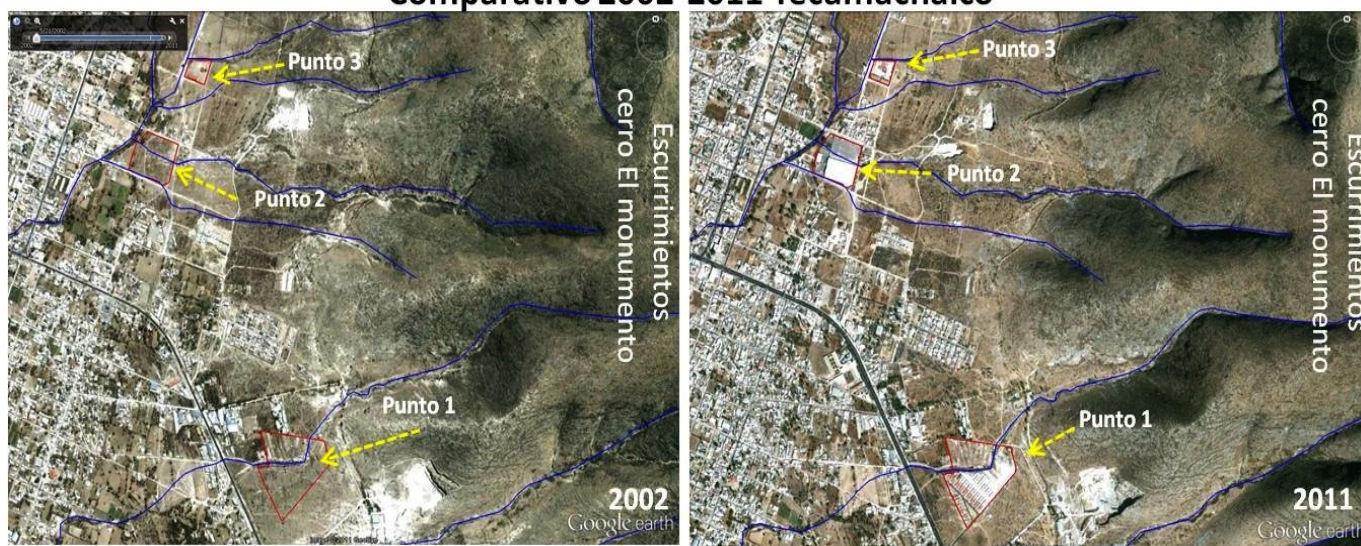
De acuerdo al diagnóstico elaborado en colaboración con los grupos de rescate de Tecamachalco, se identificaron zonas con problemas de inundaciones (avenidas súbitas) reportadas por la propia población que ve afectadas sus viviendas de manera recurrente cada temporada de lluvias; sobre todo aquellas ubicadas en las faldas de los cerros que rodean la cabecera municipal.

Esta situación se debe en gran parte a una falta de regulación de uso de suelo urbano y sobre todo a la falta de supervisión de aquellas obras que en esos sitios se están generando (el PMDUST considera esa zona como reserva urbana, permitiéndose la expansión de asentamientos humanos).

De acuerdo a la revisión de imágenes y trabajo de campo se observó como la instalación de equipamiento urbano (hospital, escuelas, mercados, oficinas de gobierno, etc) y viviendas ocuparon parte del suelo por donde los escurrimientos naturales bajan, en este caso, del cerro el monumento.

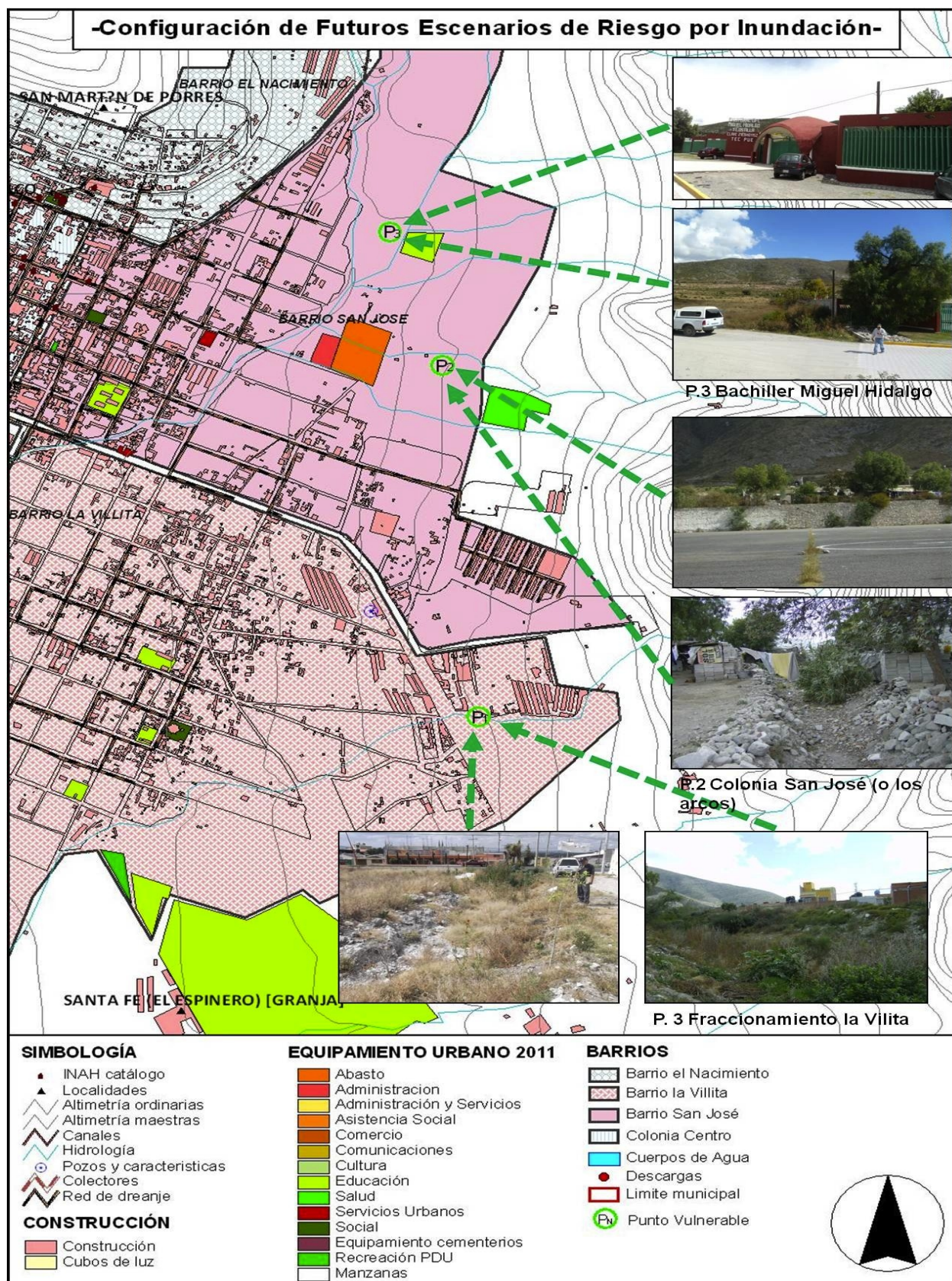
Invasión de zonas urbanas en lechos de escurrimientos naturales.

Comparativo 2002-2011 Tecamachalco



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER-BUAP, CON IMÁGENES DE GOOGLE EARTH.

Esta transformación y ocupación desmedida del suelo y el equipamiento detonarán el crecimiento y la instalación de otros servicios como el comercio, y más vivienda, que pudiera agravar las condiciones de los drenes naturales así como el crecimiento urbano en estas zonas que limitan con el cerro. Sin embargo, pese a existir un programa de desarrollo urbano, no existe un criterio de prevención o dictamen de protección civil que indique un área restringida en algunas zonas de riesgo o que prohíba asentarse en las orillas de barrancas y mucho menos invadir estos cauces. Esta situación de vulnerabilidad es una problemática que se reproduce en aquellos asentamientos que colindan sobre todo con los cerros El Monumento, Techachales o El Águila, ya que sus cauces bajan directamente a estas recientes colonias.



Es importante mencionar que se hace necesaria la intervención en los polígonos detectados como susceptibles a inundación en el municipio de Tecamachalco para la regulación de estos eventos a través de la construcción de obras hidráulicas, ya que no sólo permiten un mejor control de los torrentes de agua, sino también el manejo integral de este recurso, canalizándolo a su vez, hacia actividades de irrigación y otros objetivos planteados que permitan atenuar esta problemática.

La construcción de obras hidráulicas (presas de gavión, muros de contención, cunetas de desvío, pozos de absorción o infiltración, colectores pluviales adecuados, etc.) implica la necesidad de un estudio a detalle que determine el diseño más adecuado de la obra y que a su vez cumpla con los objetivos que las normas de construcción demanden y de la utilidad que se les pretenda dar.

Como un ejemplo de la problemática antes descrita se corroboró en campo y de manera puntual los sitios indicados por personal que labora en el grupo de bomberos del municipio de Tecamachalco únicamente en la parte oriente y que, como ya se ha mencionado, en otros asentamientos del municipio pueden presentarse estas mismas condiciones de vulnerabilidad y riesgo ante las avenidas súbitas que desembocan en las áreas urbanas.

Punto 1.- Fraccionamiento La Villita (barrio La Villita)

Problemática: Invasión de cauce por obras de viviendas particulares y relleno de la barranca por desechos de material de construcción.



Punto 2. Col. San José (Los Arcos en barrio de San José).

Problemática: Obstrucción de cauce e invasión por asentamientos humanos y obra pública (mercado municipal).



Punto 3.- Bachillerato Miguel Hidalgo y Costilla. Barrio de San José

Problemática: Construcción al margen del escurrimiento e invasión de cause por obra civil y falta de alcantarillado.





Propuesta de obras hidráulicas en zonas vulnerables a inundación en el municipio de Tecamachalco

Zona oriente de la ciudad de Tecamachalco. Barrio de San José.



Zona oriente de la ciudad de Tecamachalco. La Villita



Barrio la Lagunilla (Col. Guzmán)

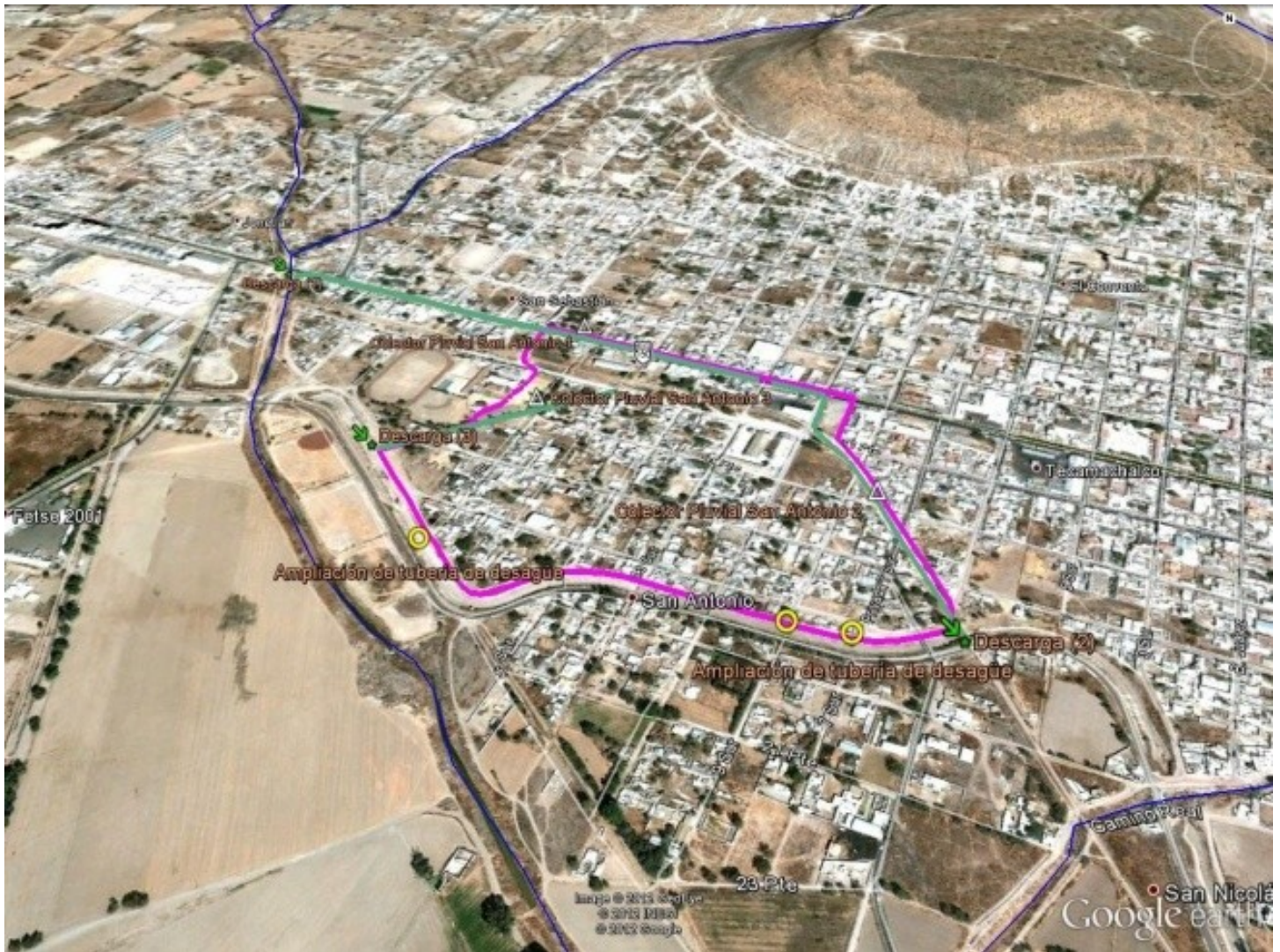


La Laguna (zona agrícola)



Barrio de San Antonio (zona sur de la cabecera municipal)





Vulnerabilidad: testimonios y percepción acerca de las inundaciones

Las inundaciones fue una de las primeras preocupaciones manifestadas en el trabajo de campo y entrevistas, entre los habitantes del municipio. Los testimonios refieren indistintamente encharcamientos, azolves de cauces de agua y lluvias fuertes, todos estos fenómenos relacionados con inundaciones. Los datos meteorológicos y las observaciones en campo nos llevan a concluir que varios de los proceso de inundación, o de encharcamiento, son resultado más bien de falta de drenaje, de obras de pavimentación y nivelación mal realizadas en el pasado reciente, y de la ocupación para usos habitacionales de cauces y escurrimientos.

Anotamos un registro histórico de inundaciones mencionadas en crónicas y medios periodísticos, y los testimonios recuperados en campo

REGISTRO HISTÓRICO DE INUNDACIONES EN LA REGIÓN DE TECAMACHALCO

| Año | | Daños | Duración o magnitud | Lugar de reporte | Descripción | Fuente |
|------|------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|--|
| 1581 | 5 de abril | No hay datos registrados | No hay datos registrados | Tecamachalco | "... por primera vez llovió entonces se inundó el templo, en el atrio estaba Diego de Almonte." | Anales de Tecamachalco 1398-1590, Eustaqui Celestino Solís y Luis Reyes G. (1992, p. 86) |
| 1970 | s/f | No hay datos registrados | No hay datos registrados | Xochimilco | "desbordamiento del canal." | Entrevista en la localidad de Xochimilco, 19 de septiembre de 2011 |
| 1874 | 2 de julio | No hay datos registrados | No hay datos registrados | Barranca el Arenal | "El jefe político informó que una avenida de agua desde Chichimecas hasta una villa inundó el barrio de San Antonio, sufriendo pérdidas en sembrados e intereses. La laguna de Jonicuila rompió el borde de la hacienda de San Isidro y la laguna de Chiapas se desbordó sobre la hacienda de Santa Ana, Munillas y Ojo de Agua." | Escobar Ohmstede en su obra: "Desastres Agrícolas en México: Catálogo Histórico II. Siglo XIX (1822-1900)" |
| 1982 | s/f | | | Barrio de San Nicolás | "... se había roto la barranca de San Nicolás, impactando los puentes, afectando más a la agricultura y a los animales pues no había muchas casas" | Testimonio del Arq. David de Jesús Bravo Cervantes, actualmente es el Operador del SOAPATEC |
| 2001 | s/f | | la inundación duró una tarde | La Soledad | "hace 10 años se inundó en todo el pueblo, el centro, edificios importantes, dañando papeles (documentos) importantes de la escuela" | Entrevista en la localidad La Soledad, 22 de septiembre de 2011 |

| | | | | | | |
|------|-----------------|--------|-------------|---|---|--|
| 2002 | s/f | | | Se encharcó la zona en la 9 oriente-Poniente | Resultando dañadas cinco viviendas, la Preparatoria "Enrique Cabrera Barroso" y el Kinder; dos son las causas principales para que en periodos de lluvias esta zona se encharque, la primera es por obras mal planificadas, diseñadas y realizadas; segunda, no se da mantenimiento a los canales y al dren derivador y las descargas de aguas pluviales con el desfogue son rebalsados | Testimonio del Arq. David de Jesús Bravo Cervantes, actualmente es el Operador del SOAPATEC |
| 2003 | 2 de junio | Lluvia | Tarde noche | Tecamachalco, Ciudad Serdán | "Los cultivos de maíz y alfalfa de unas 10 hectáreas de Tecamachalco resultaron afectados por la intensa lluvia del pasado lunes (2 de junio) por la tarde noche en esa región..." | La Jornada de Oriente, 3 de junio de 2003: http://www.lajornadadeoriente.com.mx/2003/06/03/puebla/ec12.htm |
| | | | | Barranca Ocho Arcos. Barrio de San Nicolás la avenida Juárez (3 poniente) | Se desborda en la temporada de vientos tehucaneros (vienen del lado sur), generalmente se da una vez al año en el mes de julio, pues la cantidad de viento y agua genera un vórtice y se desborde la barranca Ocho Arcos. | Testimonio del Arq. David de Jesús Bravo Cervantes, actualmente es el Operador del SOAPATEC |
| 2011 | 6 de septiembre | | | Barrio de San Antonio, | viviendas afectadas por el caudal de agua pluvial y sanitaria, las calles 11 poniente, 17 sur, 19 sur y privada de la 17 sur más afectadas. | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 7 de septiembre de 2011 |

ELABORACIÓN DEL CUPREDER. 2011. DATOS PARA EL MUNICIPIO Y LA REGIÓN DE TECAMACHALCO.

TESTIMONIOS DE INUNDACIONES POR COMUNIDAD

| Comunidad | Fecha | Evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------|-------------------------|---|---|----------------------------------|
| La Soledad | 10 años aproximadamente | El centro, edificios importantes y la comunidad | Hace más o menos 10 años se inundó en todo el pueblo, se dañaron papeles importantes de la escuela. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | 1970 | Canal | Se desbordó el Canal. | No se tiene información |

| | | | | |
|-------------------------|--|---|---|----------------------------|
| La Purísima de Hidalgo | En temporada de lluvias | Calles: Benito Juárez, Josefa Ortiz de Domínguez, Av. Reforma (por la parada de las combis) | Se inundan las calles no se puede pasar y se se mete el agua a las casas, humedeciendo las paredes y dañando muebles; ha tardado en irse el agua de 8 a 15 días y ha alcanzado un nivel de 15 a 20 cm. Esto se viene dando desde que se adoquinó la calle Benito Juárez. | No se ha solicitado apoyo. |
| San Antonio La Portilla | Año con año desde mayo a julio desde hace 56 años. | Colonia La Lagunilla | El agua baja del cerro topa al bordo y se va rregando como no hay a donde salga se va estancando, tarda de 4 a 5 días encharcada y alcanza un nivel de 80 cms; se forma una laguna y se inunda aproximadamente un cuadrado de 1000 x 1000 m2; se presentan enfermedades porque usan el agua que viene del drenaje de Francisco Villa. | No se especificó |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

TESTIMONIO Y PERCEPCIÓN DE AVENIDAS EN COMUNIDADES

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-----------------|--|---|--|--|
| La Soledad | 10 años aproximadamente | No se especifica | en temprada de lluvias el canal estuvo a punto de desbordar. | No se cuenta con esa información |
| Santa Rosa | En proceso | Barranca que baja de San Salvador el Seco | De esta barranca se hace una balsa grande de agua en la vía hacia la carretera federal, entonces hicieron el canal para darle salida, al taparse el tubo se obstruye el paso del agua por la basura de unicef, pañales desechables, llantas. La comunidad de Huitzcolotla tiene un cañón y cuando ya no necesita agua la deja ir, entonces se necesita hacer una presa para poder sostener el agua. La basura viene desde Acatzingo. | No se cuenta con esa información |
| Francisco Villa | En los meses de junio y julio o temporada de lluvias | Dren Lateral 1 | El camino se destruye, se hacen hoyos en el camino. | Se ha solicitado apoyo al municipio de Tecamachalco para reparar los daños y se le ha entregado al Comité. |

| | | | | |
|-----------------------|---|------------------------|--|--|
| Tecamachalco cabecera | En temporada de lluvias (mayo a junio). | Barrio de San Antonio. | Se inundaron las instalaciones de un Preescolar que están cerca de la Preparatoria Regional de la BUAP. Actualmente sigue teniendo el mismo problema año tras año. | Se solicitó apoyo al ayuntamiento, se entregó al Comité de padres de familia, pero no se ha entregado apoyos a los solicitantes. |
| San Antonio Tecolco | 1986; 4 de octubre de 2008 | Zona urbana | 1986 cayó granizos; 2008 cayó lluvia y granizo; inundaciones de calles, algunos techos averiados y derrumbe de granjas. Tardó más de 4 días para que el hielo se derritiera. | No se solicitó apoyo. |
| La Laguna | No se especifica. | No se especifica. | Hubieron daños en el camino que repararon los pobladores. | No se solicitó apoyo. |
| La Villita | Finales de junio de 2002 o 2003 aproximadamente | Av. 17,19 y 21 oriente | Bajó mucha agua en la comunidad 2 horas | No se solicitó apoyo. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

TESTIMONIOS Y PERCEPCIÓN SOBRE ENCHARCAMIENTOS

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| La Soledad | Temporada de lluvias | En la parte sur donde hay 2 desniveles | No se especifican. | No se cuenta con esa información |
| Xochimilco | Todos los años; septiembre de 2010 | Zona Urbana (no se especifica) | Se han dado a causa de las lluvias y ruptura en el tubo de agua potable. | No se tiene información |
| Santiago Alseseca | Hace como 15 años | En la provincia | Duró dos días en irse el agua. | No se solicitó apoyos. |
| Santa Rosa | En temporada de lluvias | Zona urbana, no especifica | El drenaje para una lluvia fuerte es muy chico (8plg), fue instalado hace 13 años. | No han solicitado apoyo |
| La Purísima de Hidalgo | En temporada de lluvias | Zonas urbana | Ha tardado en irse el agua de 8 a 15 días. | Se ha solicitado apoyo al presidente municipal, pero no se ha recibido |
| Francisco Villa | En temporada de lluvias | No se especificó | Algunas personas, actualmente desvían el agua y la aprovechan para riego. | No se ha solicitado apoyo. |
| Tecamachalco cabecera | En temporada de lluvias | Zonas urbanas | No se especifica. | No se ha solicitado apoyos |
| San Antonio Tecolco | Cada que llueve | Zona urbana | No se especifican. | No se solicitó apoyo. |
| La Laguna | Cada vez que llueve. | La localidad | Se encharca todo el pueblo pero no es grave. | No se solicitó apoyo. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

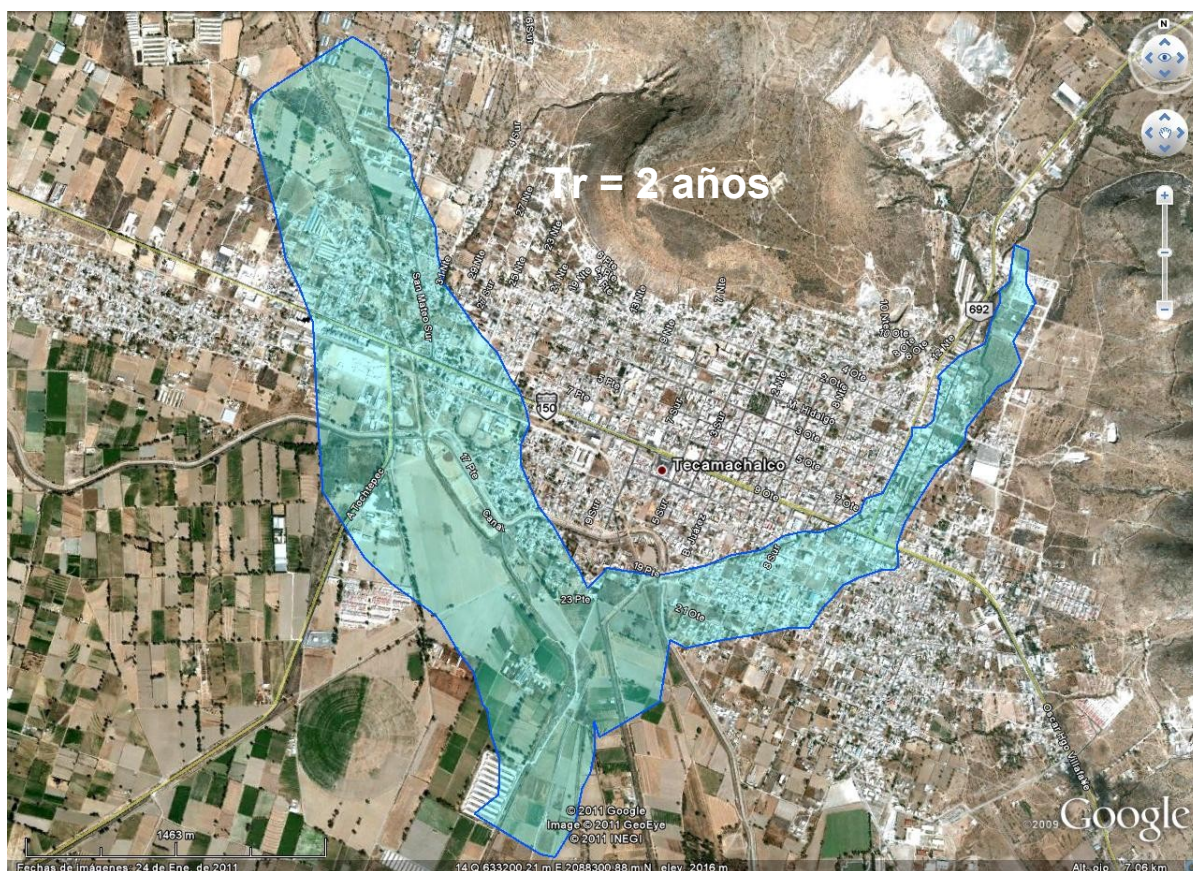
Delimitación de las zonas de inundación en periodos de retorno estimados en Tecamachalco

El objetivo de esta delimitación es analizar las condiciones hidrológicas de los tres afluentes principales que pasan por el municipio de Tecamachalco y determinar el gasto pico para diferentes periodos de retorno (2,10,50,100,250 años) de lluvias extremas, además de realizar una Modelación Digital de Elevación (MDE) con criterios establecidos en la metodología para estos diferentes periodos de retorno y con el fin de mostrar zonas de riesgo para la población.

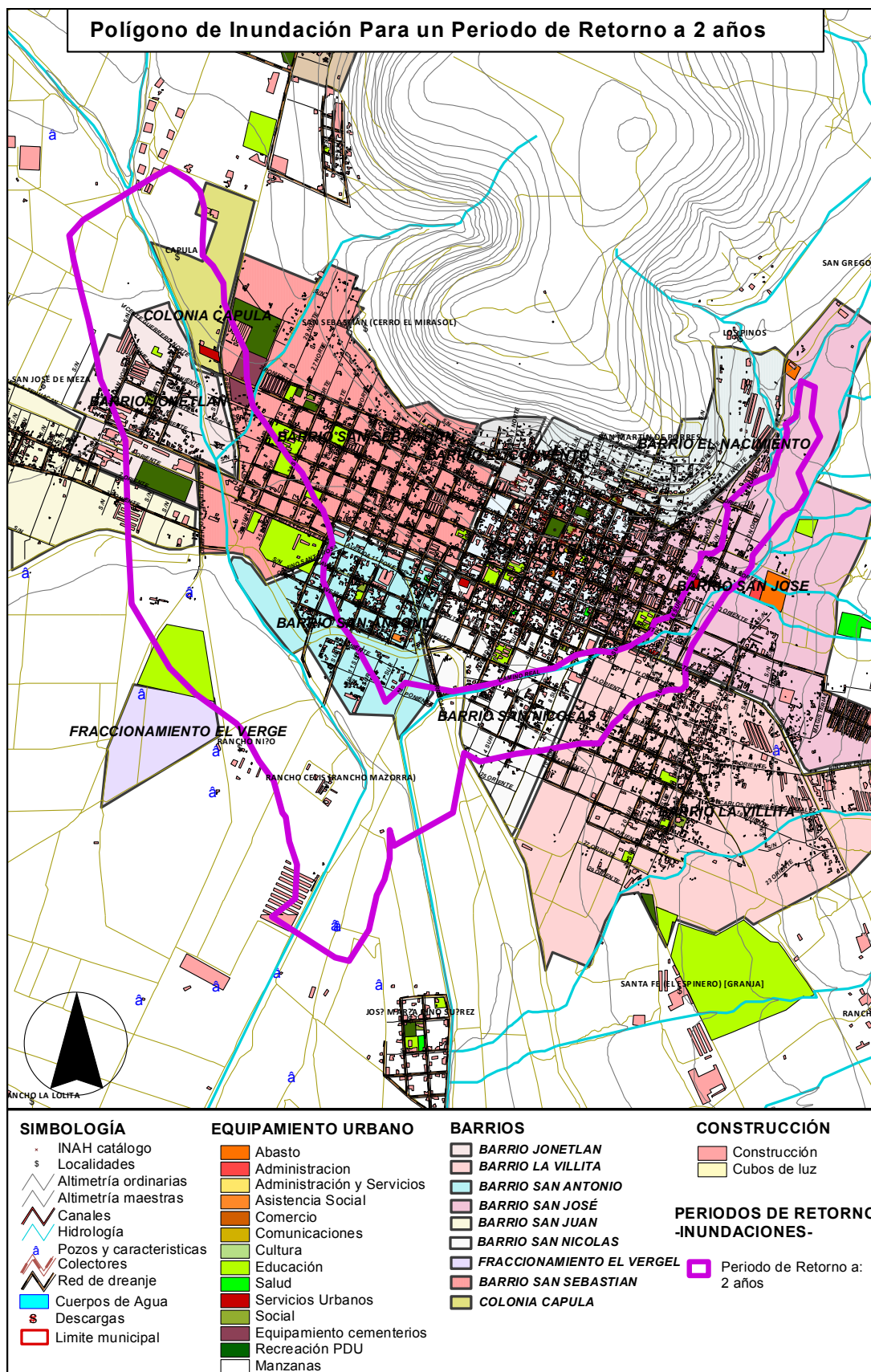
Los aspectos metodológicos son expuestos en el documento de anexos. **Advertencia:** Cabe aclarar que los cálculos y polígonos de inundación presentes son tan sólo un parámetro y que no deben tomarse como reales, son una aproximación que da una modelación debido a que estos cálculos están hechos en condiciones ideales. Deberán, por lo tanto ser calibrados considerando las condiciones existentes: el canal principal, puentes, canal derivador e infraestructura hidráulica existente. En lo que respecta al canal principal que pasa por la zona urbana, éste funciona como una barranca de desagüe que capta buena parte de lluvia y que escurre de los barrios cercanos e incluso algunas tuberías de aguas pluviales se conectan a este canal contribuyendo al desalojo de agua de lluvia y que en el modelaje no se ve reflejado.

Esta modelación se realizó mediante programas de cómputo como ARC VIEW y HECRAS, que permiten modelar flujos en estas condiciones. Para realizar una modelación más apegada a la realidad, es necesario hacer esta calibración del modelo por medio de un estudio específico con las condiciones reales en el sitio: levantamiento de secciones transversales de barrancas con equipo de estación total a cada metro, tirantes reales, muestreo de suelos en los diferentes cauces y por consiguiente mayor tiempo de ejecución para esta tarea. También es necesario un estudio específico en las zonas propuestas; barranca Ocho Arcos y barranca Águila-Arenal que son los cauces que atraviesan la zona urbana de la cabecera municipal de Tecamachalco.

MODELO DE PERIODO DE RETORNO PARA 2 AÑOS



FUENTE: CUPREDER, 2011



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDU.

Construcciones vulnerables en el polígono identificado para el periodo de retorno de 2 años

De acuerdo con la información de Catastro del estado de Puebla, 2010, se identificaron 175 manzanas que podrían ser afectadas y 956 construcciones aproximadamente por este evento.

LISTADO DE EQUIPAMIENTO AFECTADO. POLÍGONO PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

| ID | TIPO | SUBSISTEMA | NOMBRE |
|-----|------------------|-------------------|--|
| 1 | UPN-Tecamachalco | Educación | Universidad Pedagógica Nacional - Tecamachalco |
| 5 | Bachillerato | Educación | Bachillerato |
| 6 | Secundaria | Educación | Secundaria |
| 8 | Primaria Especia | Educación | Primaria Especial |
| 47 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 48 | CEVG | Educación | Centro Escolar Vicente Guerrero |
| 80 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 116 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 117 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 118 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 146 | Templo | Social | Templo |

Recreación (3):

- Centro Deportivo
- 1 Campo Deportivo

Cementerios (2)

- Cementerio Tecamachalco 1
- Cementerio Tecamachalco 2

Catálogo INAH:

- Cementerio Municipal

Barrios y colonias

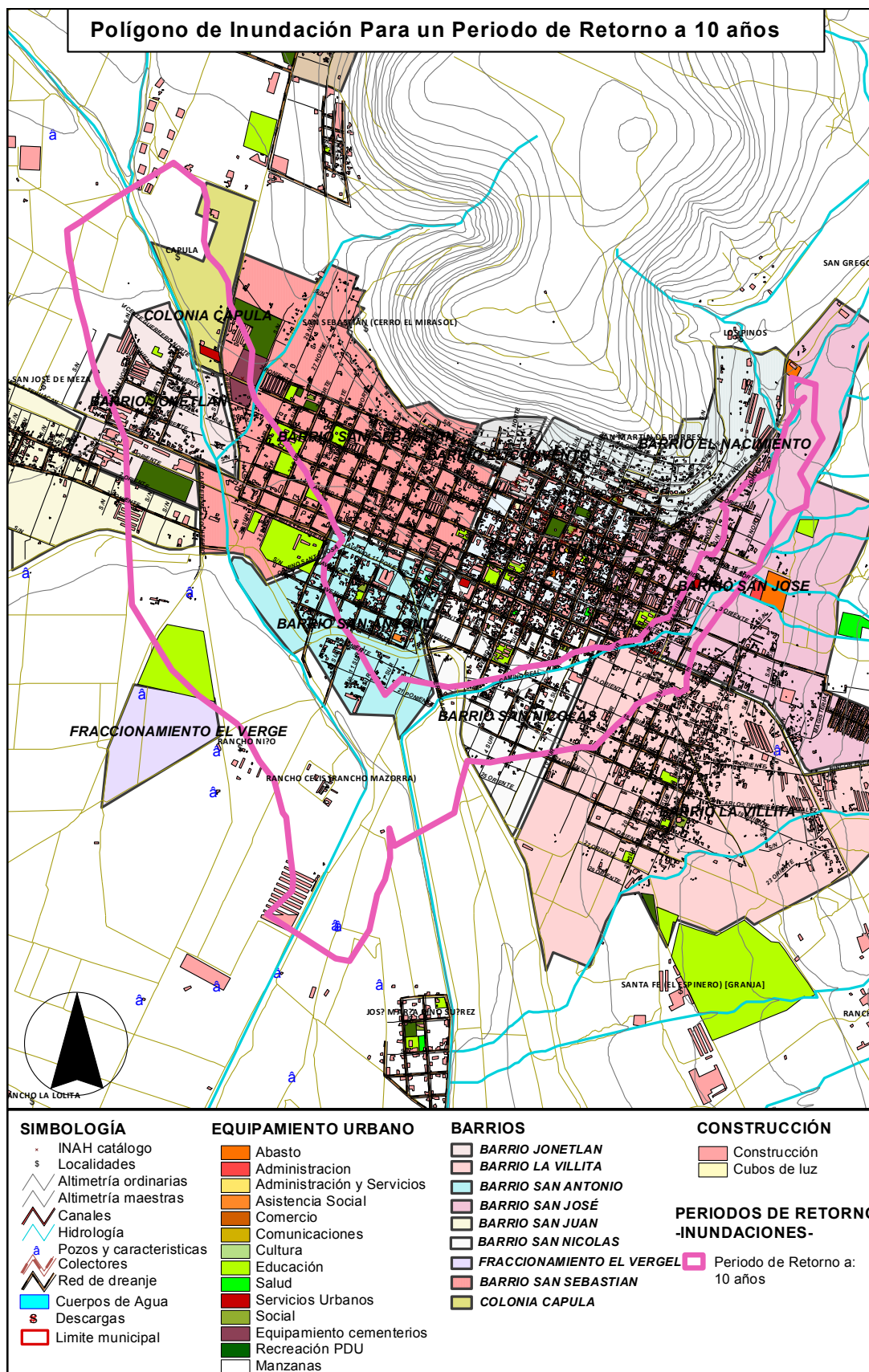
- Colonia Capula
- Barrio Jonetlan
- Barrio San Juan
- Barrio San Sebastián
- Barrio San Antonio
- Fraccionamiento el Vergel –solo la esquina norte-
- Barrio San Nicolás
- Barrio la Villita
- Barrio San José

Una localidad: Rancho Celis (Rancho Mazorra), población total siete personas, total de viviendas habitadas: dos.

MODELO DE PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



FUENTE: CUPREDER, 2011



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDU.

Construcciones vulnerables en el polígono identificado para el periodo de retorno de 10 años

De acuerdo a la información de catastro del estado de Puebla, 2010, se identificaron 1,021 construcciones y 185 Manzanas afectadas

LISTADO DE EQUIPAMIENTO AFECTADO (13 ELEMENTOS):

| ID | TIPO | SUBSISTEMA | NOMBRE |
|-----|--------------------|------------------|--|
| 1 | UPN-Tecamachalco | Educación | Universidad Pedagógica Nacional - Tecamachalco |
| 5 | Bachillerato | Educación | Bachillerato |
| 6 | Secundaria | Educación | Secundaria |
| 8 | Primaria Especial | Educación | Primaria Especial |
| 47 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 48 | CEVG | Educación | Centro Escolar Vicente Guerrero |
| 49 | Primaria | Educación | Primaria |
| 80 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 116 | Gasolinera | Servicios Urbano | Gasolinera |
| 117 | Gasolinera | Servicios Urbano | Gasolinera |
| 118 | Gasolinera | Servicios Urbano | Gasolinera |
| 125 | Rastro Para Bovino | Abasto | Rastro Bovino |
| 146 | Templo | Social | Templo |

Recreación (3):

- Centro Deportivo
- 1 Campo Deportivo

Cementerios (2)

- Cementerio Tecamachalco 1
- Cementerio Tecamachalco 2

Catálogo INAH:

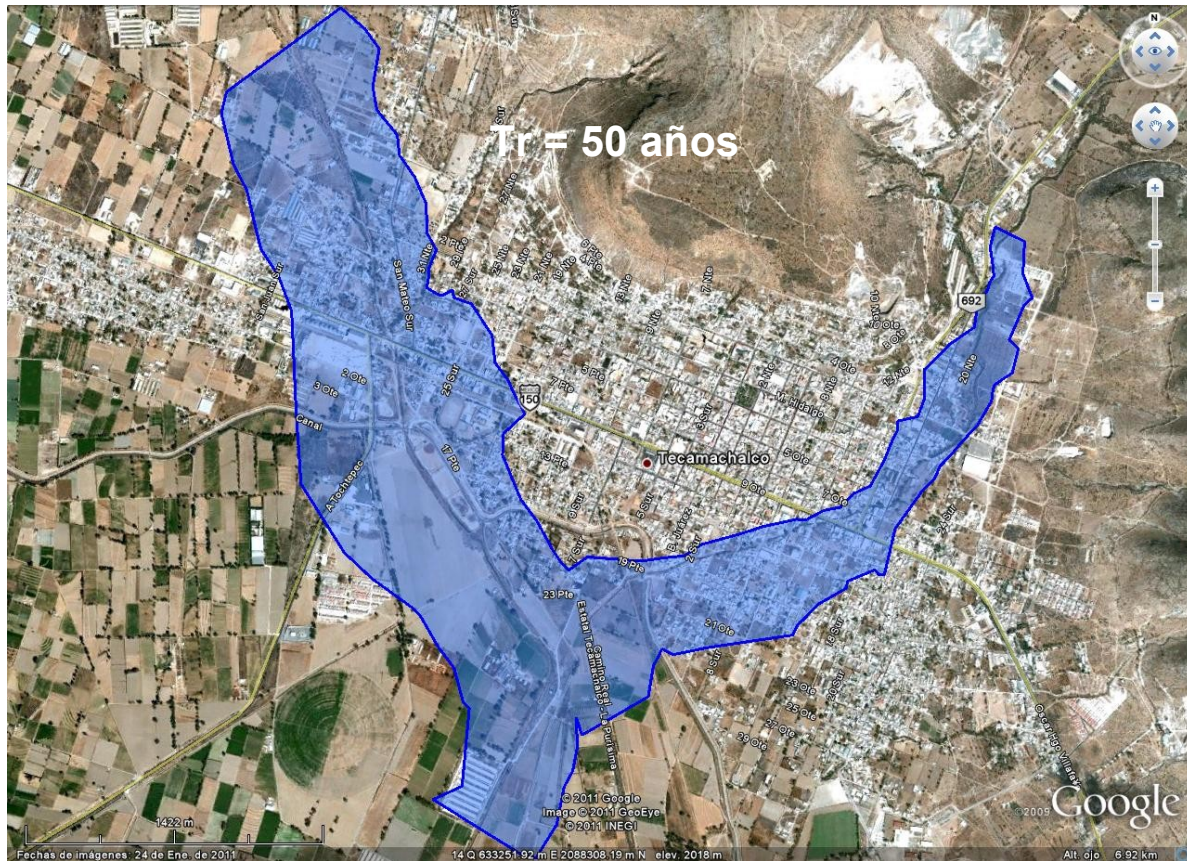
- Cementerio Municipal

Barrios y colonias

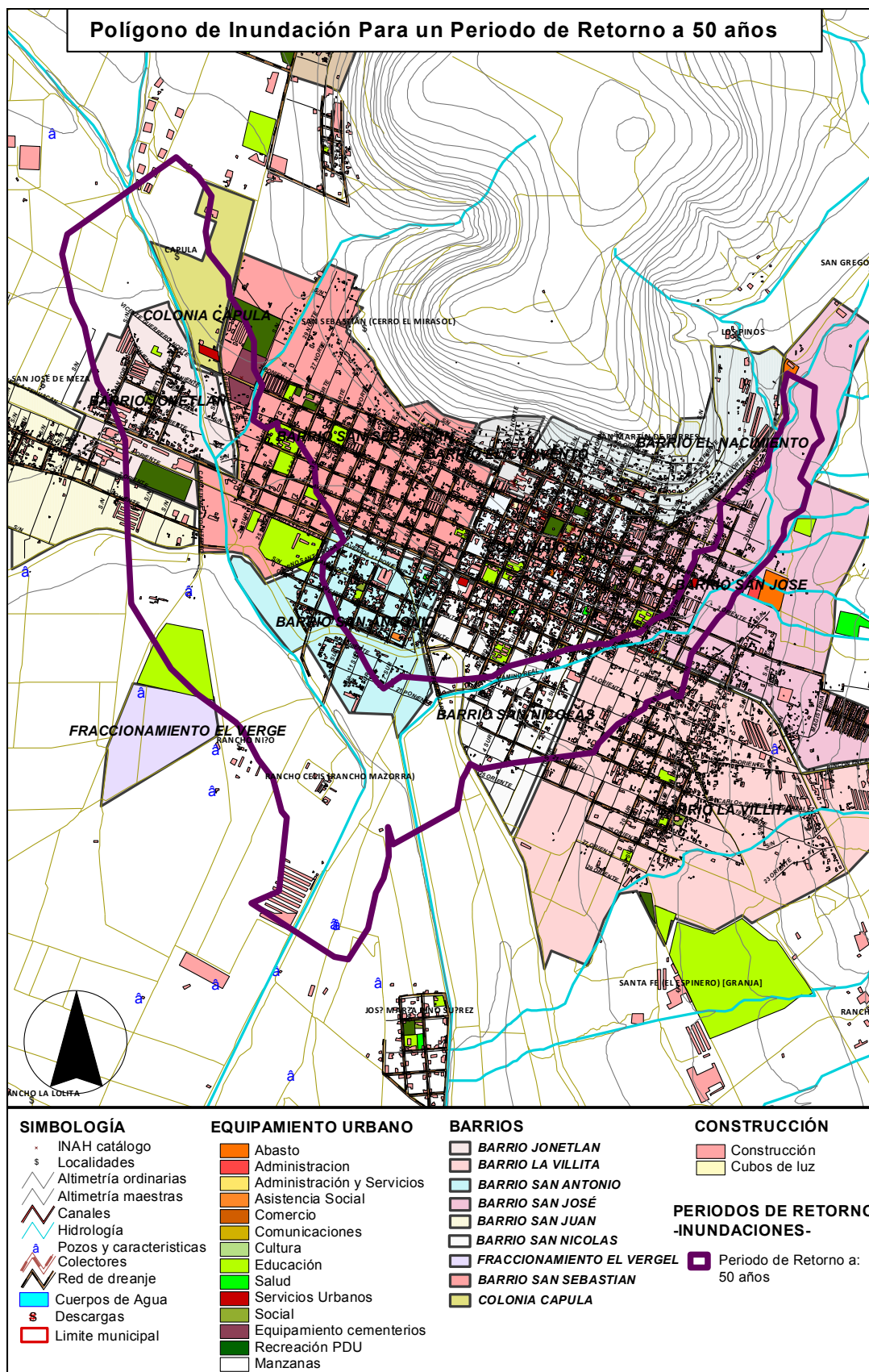
- Colonia Capula
- Barrio Jonetlan
- Barrio San Juan
- Barrio San Sebastián
- Barrio San Antonio
- Fraccionamiento el Vergel –sólo la esquina norte-
- Barrio San Nicolás
- Barrio la Villita
- Barrio San José

Una localidad: Rancho Celis (Rancho Mazorra), población total 7, total de viviendas habitadas dos.

MODELO DE PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

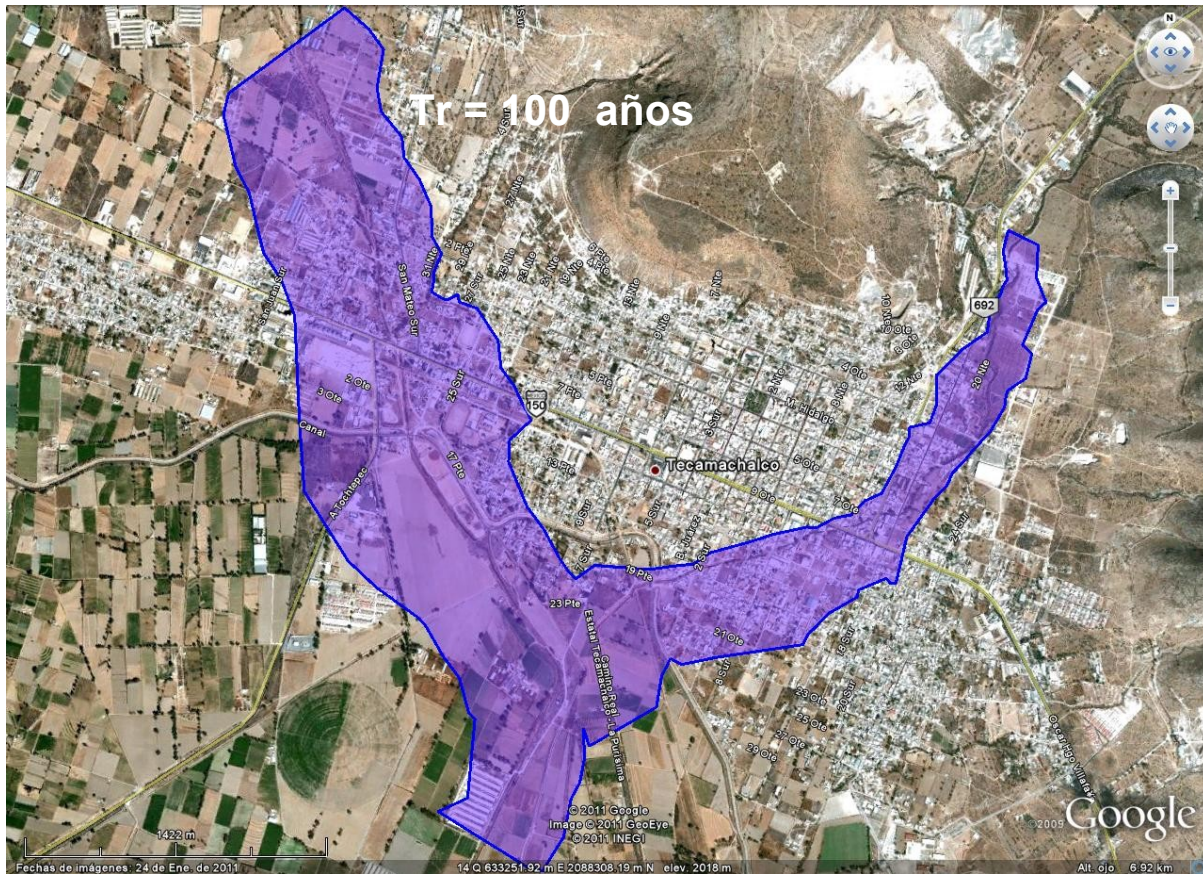


FUENTE: CUPREDER, 2011

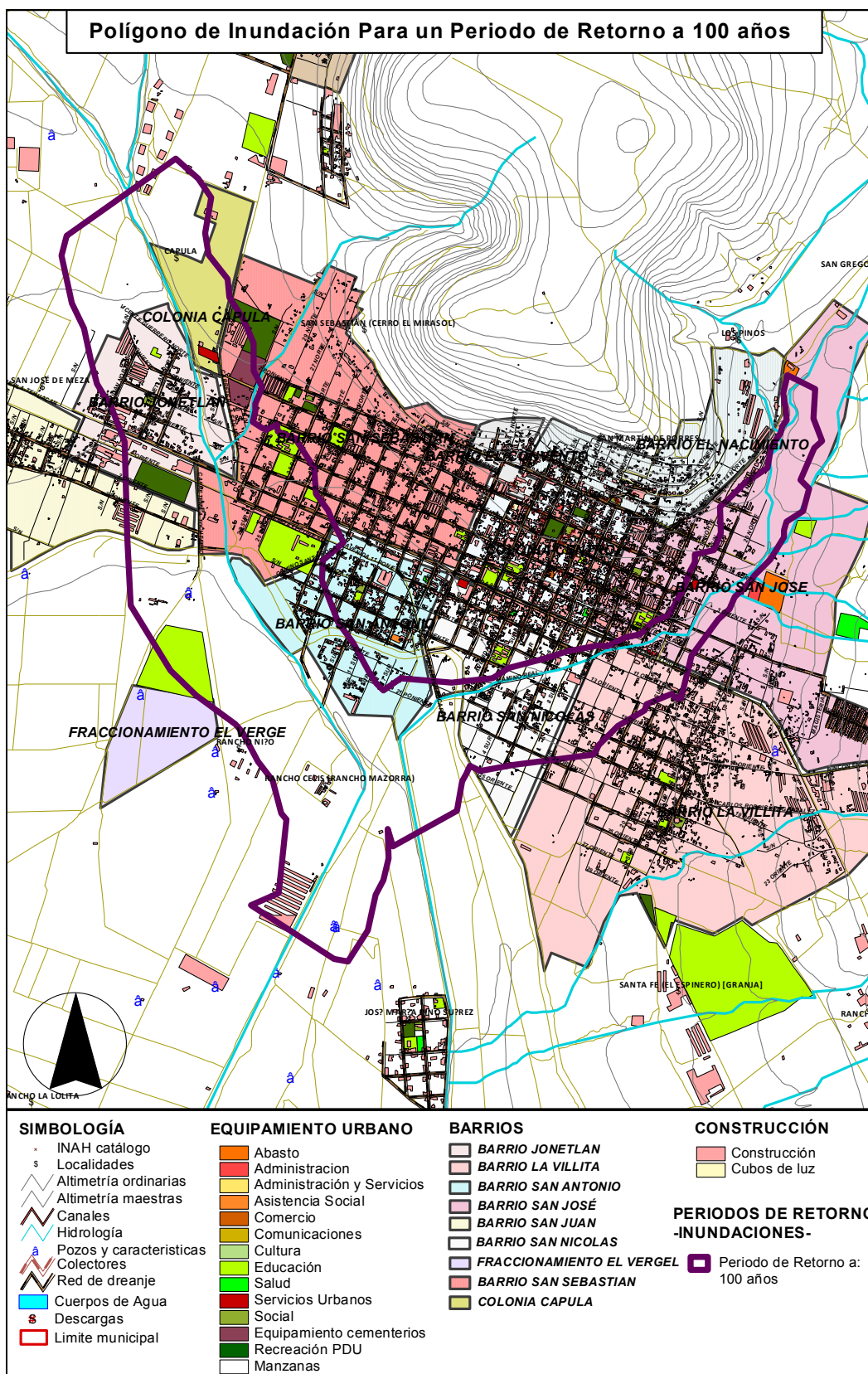


FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDUT.

MODELO DEL PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



FUENTE: CUPREDER, 2011



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDU.

Construcciones vulnerables en el polígono identificado para el periodo de retorno de 50, 100 y 250 años.

De acuerdo a la información de Catastro del estado de Puebla, 2010, se identificaron mil 78 construcciones y 192 manzanas afectadas.

LISTADO DE EQUIPAMIENTO AFECTADO (14 ELEMENTOS):

| ID | TIPO | SUBSISTEMA | NOMBRE |
|-----|--------------------|-------------------|--|
| 1 | UPN-Tecamachalco | Educación | Universidad Pedagógica Nacional - Tecamachalco |
| 5 | Bachillerato | Educación | Bachillerato |
| 6 | Secundaria | Educación | Secundaria |
| 8 | Primaria Especia | Educación | Primaria Especial |
| 47 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 48 | CEVG | Educación | Centro Escolar Vicente Guerrero |
| 49 | Primaria | Educación | Primaria |
| 80 | Kínder | Educación | Preescolar |
| 116 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 117 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 118 | Gasolinera | Servicios Urbanos | Gasolinera |
| 125 | Rastro Para Bovino | Abasto | Rastro Bovino |
| 144 | Templo | Social | Templo |
| 146 | Templo | Social | Templo |

Recreación (3):

- Centro Deportivo
- 1 Campo Deportivo

Cementerios (3)

- Cementerio Tecamachalco 1
- Cementerio Tecamachalco 2
- Cementerio Particular

Catálogo INAH:

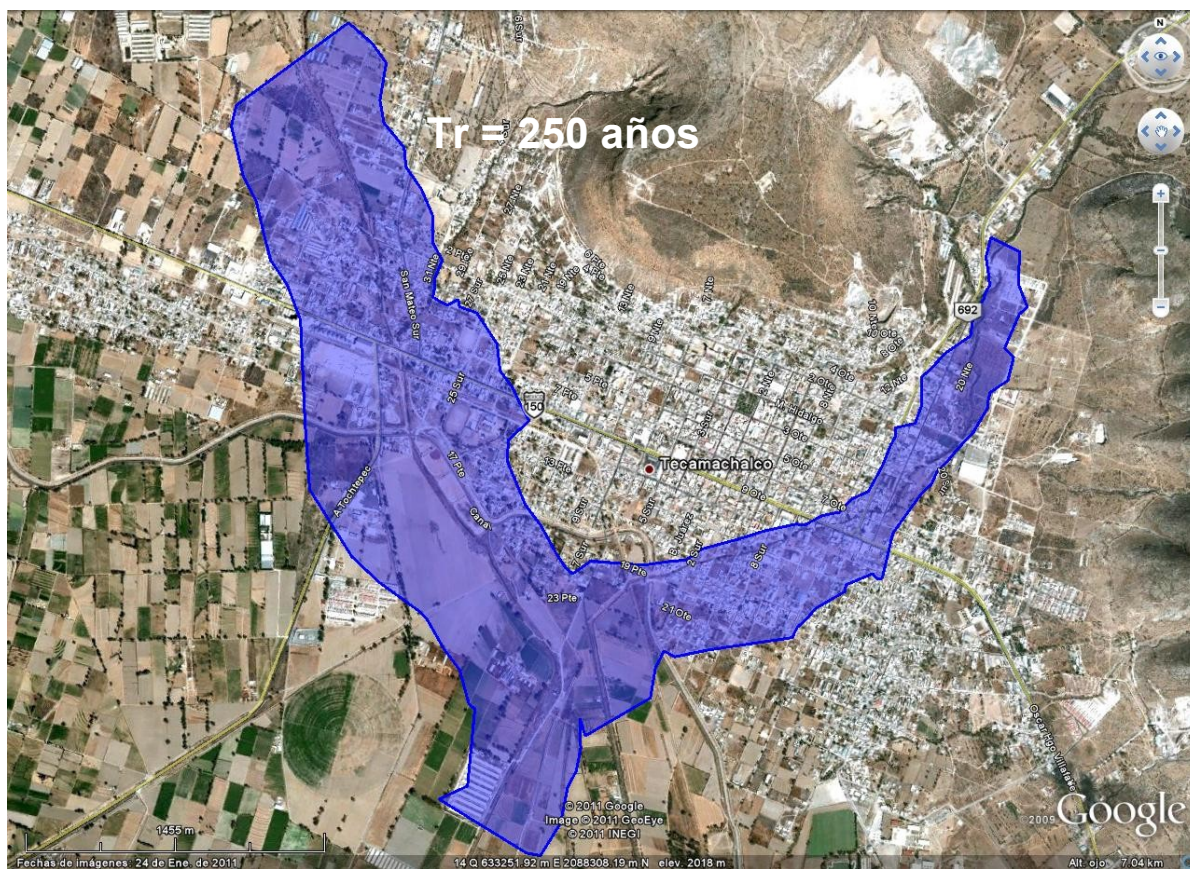
- Cementerio municipal

Barrios y colonias

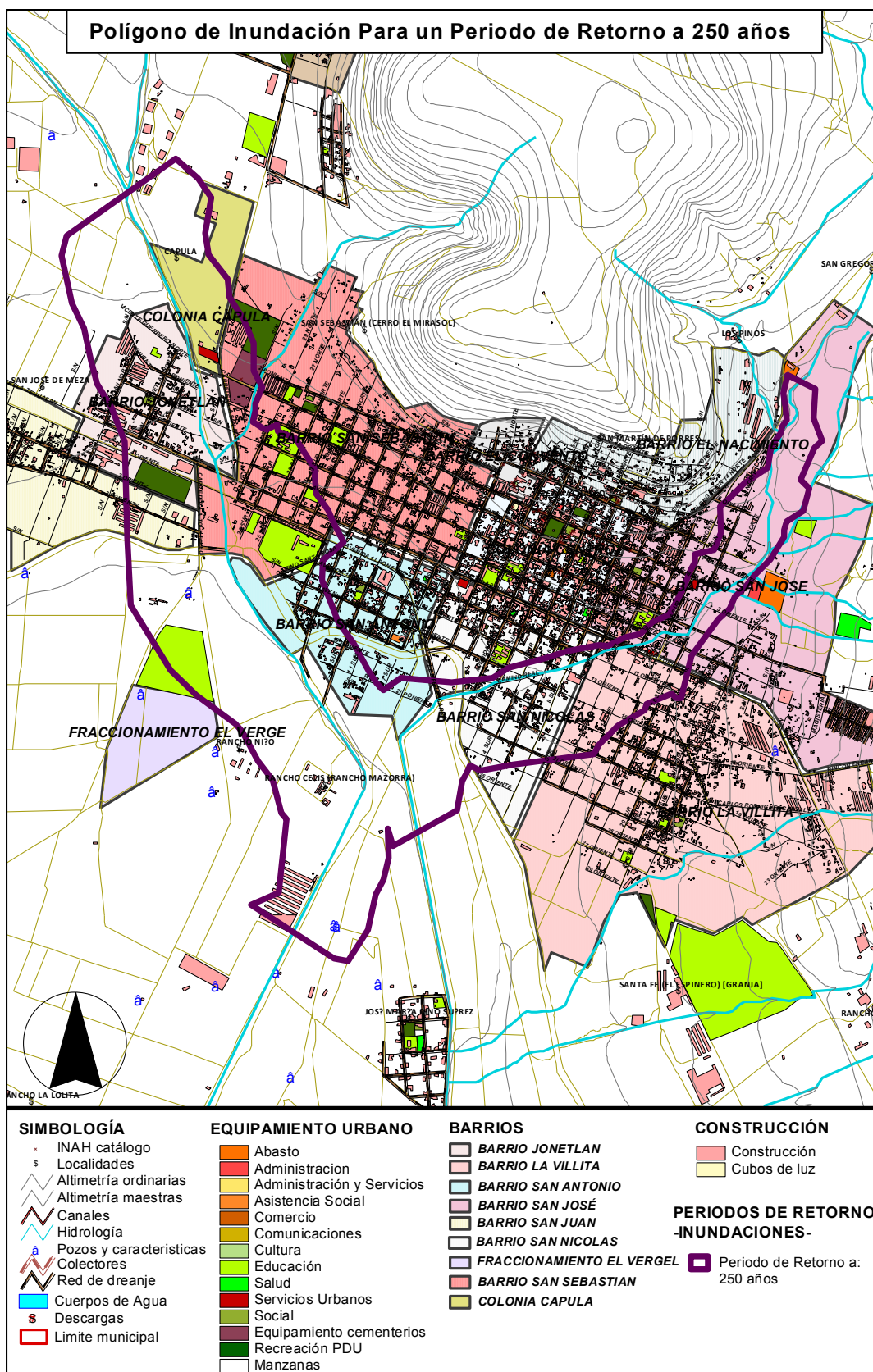
- Colonia Capula
- Barrio Jonetlan
- Barrio San Juan
- Barrio San Sebastián
- Barrio San Antonio
- Fraccionamiento el Vergel –solo la esquina norte-
- Barrio San Nicolás
- Barrio la Villita
- Barrio San José

Una localidad: Rancho Celis (Rancho Mazorra), población total siete, total de viviendas habitadas: dos.

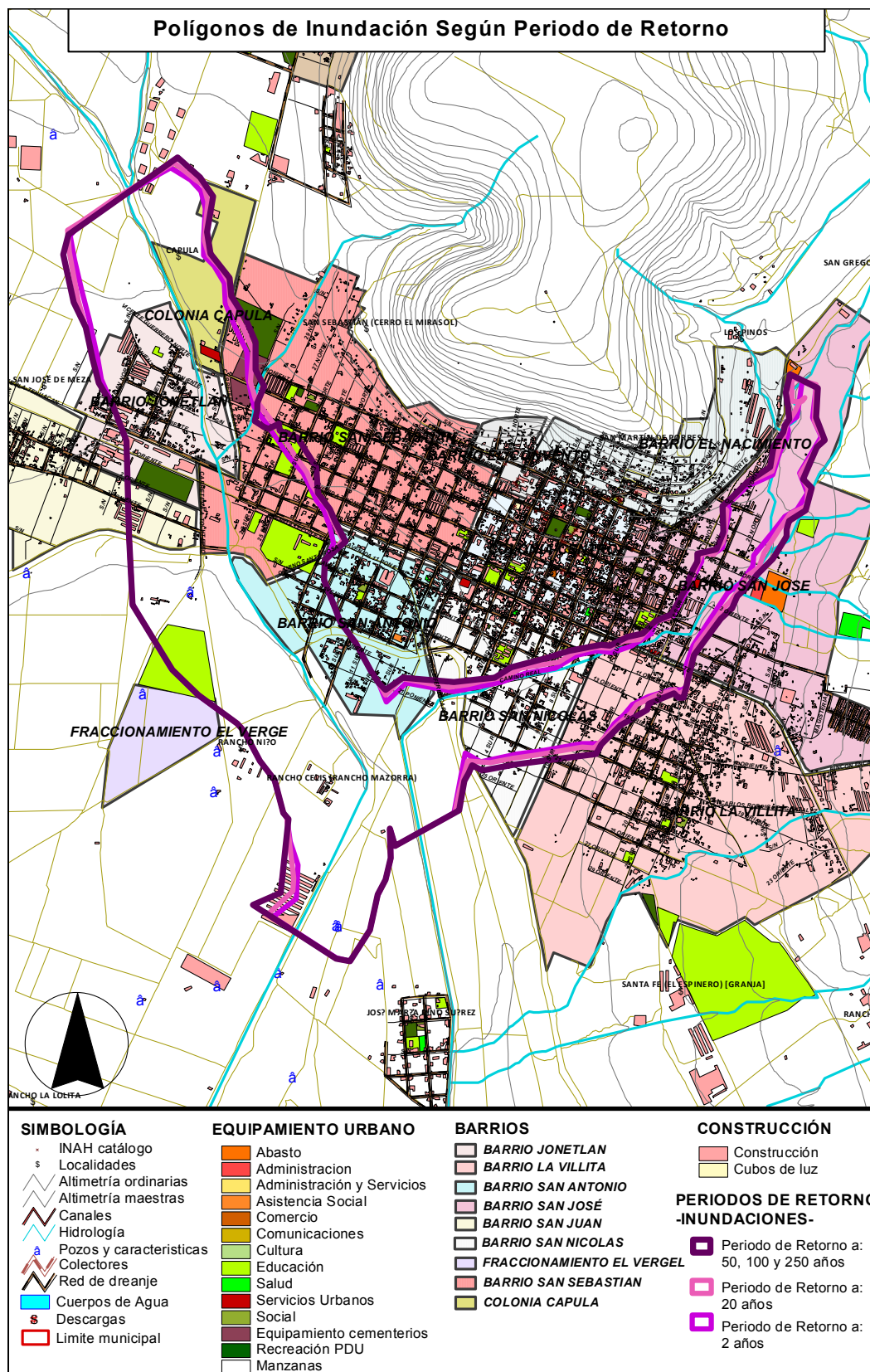
MODELACIÓN DEL PERIODO DE RETORNO DE 250 AÑOS



FUENTE: CUPREDER, 2011



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDUST.



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE INEGI, ICEP Y PMDUST.

5.3 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante otros fenómenos

5.3.1 Presión sobre el recurso agua

Funcionamiento del sistema acuífero

La zona de estudio involucra tres valles intermontanos escalonados, con desniveles topográficos del orden de los 200 metros entre cada uno de ellos, siendo el más alto el de Esperanza con elevaciones promedio de los 2 mil 400 metros sobre el nivel del mar (msnm); Palmar de Bravo 2 mil 200 msnm, mientras que la zona de Tepeaca-Tecamachalco, es la más baja con altitud del orden de los 2 mil msnm.

La profundidad a los niveles estáticos varían en la zona de Esperanza entre unos 10 a poco más de 90 metros: los niveles más someros se localizan al sur de la población de Tepeaca, en tanto las más profundas se han identificado en las inmediaciones del cerro Tlacomilco.

En el valle de Palmar de Bravo la distribución de las profundidades también obedece a las condiciones topográficas, con profundidad al nivel estático de 20 metros en el área central del valle, en tanto los más profundos se encuentran dentro del rango de 50 a 60 metros en las estribaciones de las sierras El Monumento.

En el área correspondiente al distrito de riego los horizontes del agua se localizan entre 20 y 60 metros de profundidad, localizándose los niveles más someros en las vecindades del canal principal, mientras que los más profundos se encuentran en los alrededores del Poblado de Santa María la Alta.

De datos del año 1996 correspondientes a la zona Tepeaca-Tecamachalco, el promedio del nivel estático con base a 163 pozos que disponían de dato fue de 47.1 m y un nivel dinámico promedio de 58 m pertenecientes a 249 pozos. El promedio del caudal instantáneo, obtenido a través de 153 pozos fue de 23 litros por segundo (lps). De acuerdo a lo anterior el caudal específico del acuífero explotado es del orden de 2 lps/m.

Del último censo disponible, considerado en el modelo del año de 1999, se obtiene que el acuífero es explotado a través de 937 pozos activos, de los cuales sólo 310 cuentan con datos de profundidad total con un promedio de 110 metros, entre ellos, 138 aprovechamientos presentan profundidades mayores a 100 metros y con un promedio total de perforación del orden de 140 metros; asimismo, el diámetro promedio de ademe en 102 pozos que cuentan con dato varía de 10 a 46 centímetros con promedio de 35.6 centímetros.

En cuanto al promedio de gastos instantáneos, reportados en el censo para 150 pozos, es de 23 lps.

Los valores promedio de los niveles de agua para el período 1997-2002 considerando 33 pozos piloto, de acuerdo con la información de lecturas de niveles estáticos realizado en el año de 1997, el promedio del nivel estático fue de 47.9 metros; para el año 2000 el promedio fue de 49 metros y para el año 2002 el valor promedio del nivel estático es de 50.0 metros obtenido en los mismos pozos piloto.

En relación al abatimiento promedio de los niveles estáticos, obtenidos como un promedio aritmético, de 1988 al 2002, es de 1.0 metros/año.

Una configuración más reciente de curvas de igual abatimiento de los niveles estáticos, corresponde al período 1988-1996, pero es exclusiva de la zona Tepeaca-Tecamachalco. Para el área de Amozoc-Acatzingo los cambios piezométricos en el período son básicamente de -10 metros (-1.2 metros/año). En las inmediaciones de los poblados de Santo Tomás Hueyotlipan, San Miguel Zacaola, Cuapixtla de Madero y hacia San Martín Caltenco se registró un descenso importante de los niveles estáticos del orden de -20.0 m (-2.5 m/año); asimismo se observa un abatimiento de -10.0 metros en la población de San Francisco Mixtla, mientras que hacia el sur de Tepeaca e inmediaciones de los poblados de San Hipólito Xochiltlenango, Buenavista de Juárez, San Simón Coatepec y San Luis Ajajalpan, no hubo variación de los niveles estáticos del acuífero en esta zona. En el área Atoyatempan-Primera Unidad, por la sobreexplotación del acuífero, los niveles de agua subterránea continuaron descendiendo en forma considerable ya que para este período oscilaron entre -10.0 a -25.0 metros (-1.2 a -3.1 metros/año).

De acuerdo con la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático 1997-2000, se observa que el acuífero presenta abatimientos del nivel estático en forma generalizada; en el valle de Palmar de Bravo los descensos alcanzan, para este período, valores de hasta -2.0 metros en los alrededores de las poblaciones San Miguel Xaltepec-Palmar de Bravo-Cuacnopalan, en el valle de Tepeaca-Tecamachalco los valores máximos son del orden de -3.0 metros entre las poblaciones de Tepeaca y Acatzingo, en el valle de Esperanza no se tiene información para este período.

En el valle de Tepeaca-Tecamachalco se presentaba una recarga por el noreste proveniente del valle del Palmar de Bravo. Asimismo se apreciaba una recarga por el noroeste proveniente de las partes bajas del Volcán de La Malinche y entre los cerros Santa Rosa, Xonacayo, Atlacuilo y Cerros Encinos Grandes entre otros; el flujo subterráneo en la zona entre Tepeaca y Tecamachalco tiende a seguir una trayectoria noroestesur; posteriormente, en la zona de la Primera Unidad del Distrito de Riego, el flujo se dirige hacia las estribaciones de la sierra de Tetzooyocan.

De la configuración de los niveles estáticos en 1996 de la zona del acuífero en Tepeaca-Tecamachalco y gran parte de la Primera Unidad del Distrito de Riego se corrobora la recarga proveniente desde las estribaciones del volcán de La Malinche hacia Tepeaca-Tecamachalco y a la Primera Unidad de Distrito de Riego y hacia la sierra de Tetzooyocan. En comparación con la configuración de 1988 los valores de las curvas de igual elevación del nivel estático disminuyeron en forma generalizada en toda el área, debido al abatimiento de los niveles provocado por la sobreexplotación del acuífero en esas zonas.

ACUÍFERO DE TEPEACA-TECAMACHALCO. ZONAS DE EXTRACCIÓN Y CAUDALES

| Zona | Extensión en el valle | Rango Nivel estático (m) | Prof. medio (m) | Caudal de prod. Litros por segundo (lps) | Calidad del agua (Sólidos Totales Disueltos) |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|--|---|
| PALMAR DE BARVO | 1,100 km ² (30%) | 20-60 | 200 | 15-40 (Promedio 25lps) | 625-750 |
| TEPEACA-TECAMACHALCO | 1,600 km ² (45%) | 20-60 | 200 | 10-40 (Promedio 30lps) | 400-1000 |
| ESPERANZA | 800 km ² (25%) | 10-90 | 200 | 5-25 (Promedio 15lps) | 200-650 |

FUENTE: ESTUDIOS TÉCNICOS DEL ACUÍFERO 2001 DEL VALLE DE TECAMACHALCO. DOF 12 DE NOVIEMBRE DE 2009

Extracción del agua subterránea y su distribución por usos

Antes de la década de los 60, la existencia de pozos era escasa, dado el buen funcionamiento y la predominancia de galerías, tanto que hace de la región la primera en el país por la cantidad y extensión de éstas.

Con información de los estudios más recientes, actualmente la extracción de agua subterránea se estima del orden de 343 millones de m³/año.

La distribución del agua por sectores es como sigue: al sector agrícola se destinan cerca del 81% (278 millones de m³/año) del volumen de agua extraído; al sector público urbano le corresponde el 17.4% (60 millones de m³/año), en el sector industrial el 0.4% (1.0 millones de m³/año), y en los sectores servicios y pecuario extraen un 1.2% (4.0 millones de m³/año) del agua utilizada.

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SU DISTRIBUCIÓN POR USO

| USO DEL AGUA | VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (MILLONES DE M ³ /AÑO) | PORCENTAJE |
|----------------|---|------------|
| AGRICOLA | 278 | 84.0 |
| PUBLICO URBANO | 60 | 17.4 |
| INDUSTRIAL | 1 | 0.4 |
| OTROS | 4 | 1.2 |
| TOTAL | 343 | 100 |

FUENTE: ESTUDIOS TÉCNICOS DEL ACUÍFERO 2001 DEL VALLE DE TECAMACHALCO. DOF 12 DE NOVIEMBRE DE 2009

La base del censo de aprovechamientos de agua subterránea que se dispone actualmente de la región dentro de la cual se encuentra el acuífero, incluye información de extracciones de agua subterránea obtenida durante el censo del año 1999 correspondiente a las zonas I Amozoc-Acatzingo, II Tepeaca-Hueyotlipan y III Atoyatempan-Primera Unidad. De la base completa del censo de aprovechamientos subterráneos indicada anteriormente, se seleccionó la que corresponde al área limitada por el acuífero, obteniéndose un total de 1,342 aprovechamientos, de los cuales 1,102 están activos. En cuanto a las norias activas son del orden de 112, además de 3 manantiales y 3 galerías filtrantes que se localizan dentro del área del acuífero.

CENSO DE APROVECHAMIENTOS LOCALIZADOS EN EL ACUÍFERO DE TECAMACHALCO, PUE. (1999)

| Uso | Pozos | Norias | Manantiales | Galerías filtrantes | Sin tipo de obra | Total aprovechamientos |
|-----------------|--------------|------------|-------------|---------------------|------------------|------------------------|
| Agrícola | 758 | 51 | | 3 | | 812 |
| Público Urbano | 199 | 14 | 3 | | | 216 |
| Doméstico | 6 | 35 | | | | 41 |
| Industrial | 8 | 0 | | | | 8 |
| Ganadero | 33 | 10 | | | | 43 |
| Avícola | 11 | | | | | 11 |
| Pecuario | 0 | | | | | 0 |
| Sin uso y otros | 108 | 55 | | | 48 | 211 |
| Total | 1,123 | 165 | 3 | 3 | 48 | 1,342 |

FUENTE: ESTUDIOS TÉCNICOS DEL ACUÍFERO 2001 DEL VALLE DE TECAMACHALCO. DOF 12 DE NOVIEMBRE DE 2009

Balance de aguas subterráneas

La recarga del acuífero se estimó aplicando el método conocido como “Balance de Aguas Subterráneas” al intervalo de tiempo 1994-1996. La expresión más sencilla del balance es:

$$\text{RECARGA} = \text{DESCARGA} + \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO}$$

Con base en los datos obtenidos en los estudios, la descarga total del acuífero resultó de **343.0 millones de m³/año**, volumen compuesto únicamente por la extracción por bombeo de los aprovechamientos existentes. El cambio de almacenamiento negativo del acuífero, de **185.9 millones de m³/año**, se determinó con base en la diferencia entre lo que entra y sale del acuífero durante el intervalo de balance.

Aplicando estos valores en la expresión anterior, la recarga total del acuífero resulta:

$$\text{RECARGA} = \mathbf{157.10 \text{ millones de m}^3/\text{año}}$$

Este volumen corresponde a la recarga media total que recibe el acuífero e incluye el flujo subterráneo que proviene de las sierras aledañas que alimentan al valle, como el aporte vertical que recibe el acuífero, que puede originarse de la infiltración del agua de lluvia, el lateral que se genera de los acuíferos adyacentes, de los retornos de riego, de fuga de las tuberías de agua potable.

Disponibilidad media anual de agua subterránea

La Disponibilidad Media Anual fue determinada conforme al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril del 2002, aplicando la expresión:

$$\text{Disponibilidad media anual} = \text{Recarga total} - \text{Descarga natural comprometida} - \text{Volumen concesionado}$$

Recarga total media anual: Corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Valle de Tecamachalco es de **157.1 millones de m³/año**.

Descarga natural comprometida: Se cuantifica mediante la medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Valle de Tecamachalco, la descarga natural comprometida es nula.

Respecto a los volúmenes concesionados e inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPD), se tiene registrado un volumen total de **225'471,754.40 m³/año** (al 30 de septiembre de 2008).

Disponibilidad de aguas subterráneas: La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionadas e inscritas en el REPD:

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|------------------|---|----------------------------------|---|-------------------------|
| Disponibilidad media anual | = | Recarga total | - | Descarga natural comprometida | - | Volumen concesionado |
| - 68'371,754.4 | = | 157'100,000 | - | 0 | - | 225'471,754.40 |

La cifra indica que no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones o incrementar el volumen de las ya existentes en el acuífero Valle de Tecamachalco.

Tal resultado implica que existe un **déficit** de agua de **68'371,754.4 m³/año** que incide directamente en la sobreexplotación del acuífero. En su condición actual, el acuífero se encuentra parcialmente vedado, ya que una porción de su superficie se encuentra en zona no vedada de donde se extrae el agua del subsuelo.

Calidad del agua subterránea

Las cantidades de sólidos totales disueltos variaron de 114 a 2 mil 220 con un promedio de 798 ppm. Para 1996, de la configuración de curvas de igual contenido de sólidos totales, en las zonas de Tepeaca y en las inmediaciones de la población de Tochtepec, los isovalores máximos son de 1000 ppm.

De acuerdo a los parámetros analizados, en general el agua subterránea cumple con los criterios establecidos en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", en toda el área estudiada, a excepción de pequeñas zonas; por lo que respecta a su uso en la agricultura, el agua resultó de calidad apta para el riego.

De acuerdo con información reciente sobre la calidad del agua subterránea, existente en la Dirección Local Puebla de la CONAGUA, comparada con la obtenida en el año de 1974, se puede considerar que se observa un deterioro de la calidad, lo anterior se puede deducir al comparar la concentración de sólidos totales, que para el año de 1974 sobrepasaban el límite permisible por consumo humano (1000 ppm) en la zona de Tepeaca, así como en los alrededores del poblado de Tochtepec, y en el resto de la zona se encontraba por abajo de estos límites; en la zona de Palmar de Bravo y Quecholac las concentraciones de los sólidos totales eran del orden de 700 ppm; al respecto con la información actual y disponible de resultados de análisis físicoquímicos, se observa que actualmente los sólidos totales presentan valores máximos de 1278 ppm en la zona de Tepeaca y de 695 en Quecholac.

En la zona del Distrito de Riego es de esperarse que las concentraciones de sales en el agua subterránea se vayan incrementando, debido a que se utilizan aguas residuales para el riego y parte de esta agua llega a recargar al acuífero.



EVIDENCIA DE CONTAMINACIÓN, LA SOLEDAD, TECAMACHALCO.
FOTOS: CUPREDER



CADÁVERES DE PERROS EN EL CANAL DE RIEGO DE VALSEQUILLO

Vulnerabilidad: testimonios sobre la dificultad de acceder al agua

Aunque el concepto de estrés hídrico no es empleado para lo que aquí describimos, lo usamos para denominar los episodios de carencia de agua, tal y como son percibidos por algunos habitantes de Tecamachalco. Estos testimonios ilustran de otra manera la problemática de disponibilidad del líquido.

Desde luego, no disponer de agua, para usos personales o para riego, configura una situación al tiempo de amenaza y vulnerabilidad para quienes padecen esta problemática.

TESTIMONIOS DE DIFICULTAD DE ACCESO AL AGUA, EN COMUNIDADES Y LA CABECERA

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-------------------------|---|--|--|---------------------------------|
| Xochimilco | Hace 40 años | Barranca de San Nicolás (Ocho Arcos) | Antes se llenaba de agua como para llevarse 70 cubos. | No se tiene esa información. |
| San Mateo Tlaixpan | 1994 se echó a andar el pozo 2; en 1999 el pozo 3 | Pozos cerca de la autopista y el 2 y 3 están en terrenos ejidales de Tlaixpan. | El 25% de los pobladores no tiene agua, hay fuerte escasez y se surte cada 14 o 15 días, tienen que comprar pipas de agua. El tubo de conducción es de pvc de 6 pgs, aproximadamente hay 3000 mts de tubería. Hay 531 tomas de agua en la sección 22; 755 en la sección 21; en la sección 23, 704 tomas; hay 1992 tomas en total y 250 están sin servicio. Actualmente se tienen 13 lts y se necesitan 40 lts; el pozo 3 da de 8 a 10 lts; el pozo 2 da entre 3 y 3.5 lts. | No se tiene esa información. |
| Santiago Alseseca | No se especificó | Jaguey | Se rompió y no lo han reparado. | No se tiene esa información. |
| Francisco Villa | No se cuenta con esa información | Manantial junto a la iglesia | Está seco | No |
| Tecamachalco cabecera | Actualmente cuenta con 7 pozos | San Juan, San Antonio, La Villita, Ejido de Santa Clara (2) y Comunidad del Salado (2) | El agua se raciona y la gente sólo tiene agua 3 veces al mes 3 horas. | Hay una veda hídrica desde 1964 |
| Lomas de Romero | No se cuenta con esa información. | Los Cajones (en el ejido). | Se tienen 20 pozos de los cuales sólo uno tiene agua. | No |
| San Antonio La Portilla | No se especificó | Colonia La Lagunilla | Tenían un pozo que ya se secó; existen problemas de agua entre vecinos. | No se especificó |
| Barrio La Villita | Actualmente | Zona urbana | El 25 % de la población tiene agua potable del pozo no. 1 (2 plg se extrae 4.6 lts), el 75% compra pipa de agua | No se especifica. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

5.3.2 Riesgos sanitarios

En archivos históricos es posible recuperar información sobre episodios desastrosos relacionados con epidemias y enfermedades por contaminación. Las primeras parecen circunscritas al periodo de conquista y establecimiento de la Colonia, cuando múltiples agentes patógenos traídos por los europeos hicieron estragos entre la población nativa de este continente, sin defensas adecuadas para soportarlos.

Entrado el siglo XX, se multiplican los registros por enfermedades relacionadas con la contaminación de aguas, mal manejo de desechos orgánicos e inorgánicos; ambos fenómenos están ligados a los modernos procesos de industrialización y de instalación de esquemas de urbanización y consumo que implican patrones nuevos de desechos, residuos contaminantes.

REGISTRO HISTÓRICO DE DESASTRES RELACIONADOS CON SITUACIONES SANITARIAS

| Año | | Daño | Duración | Ubicación | Descripción de daños | Fuentes |
|--------------------------|--|---------|-------------------------|--------------|--|---|
| 1520 (2 <i>tecpatl</i>) | entre mayo y junio | Viruela | No se tiene información | Tecamachalco | "... ocurrió espantosamente el gran grano (viruela), al que todos llamaban "grano divino" <i>teozauatl</i> ; todos los rostros de la gente descompuso; por el hubo mucha mortalidad; apenas entonces empezó lo que se dice "hemorragia" y "disenteria" <i>tlayelli</i> ; antes nunca ocurría; entonces empezaron las "epidemias" <i>cocoliztli</i> , que hasta ahora van ocurriendo. ..." | Anales de Tecamachalco 1398-1590, Eustaquí Celestino Solís y Luis Reyes G. (1992, p. 24) |
| 1545 (1 <i>calli</i>) | s/f | Viruela | No se tiene información | Tecamachalco | "... ocurrió la gran epidemia" <i>uey cocoliztli</i> . Salió sangre por la boca, por la nariz y por los dientes de la gente. Aquí vino a propagarse en tiempo de siembra, en el mes de mayo. Fue espantosa la mortalidad; el comienzo (de la epidemia) en un día se enterraban diez, quince, veinte, treinta, cuarenta, en un día. Y muchísimos niños murieron en un año, hasta terminar la enfermedad. Entonces murieron los <i>pipiltin</i> : <i>el que era ueiteuctli</i> y otros <i>pipiltin</i> , etc" | Anales de Tecamachalco 1398-1590, Eustaquí Celestino Solís y Luis Reyes G. (1992, pags. 28-29). Drought, epidemic disease, and the fall of classic period cultures in Mesoamerica (AD 750–950). Hemorrhagic fevers as a cause of massive population loss. http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306-9877(05)00129-5/abstract |
| 1574 (4 <i>tochtli</i>) | s/f (probablemente a finales de diciembre) | | | Tecamachalco | "Ocurrió la "gran enfermedad" <i>uey colittztli</i> ." | Anales de Tecamachalco 1398-1590, Eustaquí Celestino Solís y Luis Reyes G. (1992, p. 74) |

| | | | | | | |
|---------------------|------------------------|---|----------------------------------|--------------|--|--|
| 1576 (6 tecpatl) | 1 de agosto | Ocurrió la gran enfermedad (Cólera) | Reportado de agosto a octubre | Tecamachalco | "... comenzó la enfermedad demasiado fuerte en Tecamachalco; no se podía resistir. Entonces a fines de agosto ya se inicia la procesión a causa de la enfermedad. Terminó el día nueve. Por esto varias personas murieron: jóvenes muchachas, casados, viejos, viejas y niños. Nuevamente en ellos vino a comenzar la enfermedad entre los <i>xineteca maceualtin</i> del gobernador Baltazar del Castillo. Cuando llegamos al mes de octubre se habían enterrado treinta personas. de tres o en dos días morirían por hemorragia; les salía sangre por la nariz, por las orejas, por los ojos, por el ano. A las mujeres les salía sangre por sus entrepiernas. A nosotros los varones nos salía sangre por el miembro. Algunos morían por diarrea, recaían al instante; luego por esto morían. (Al margen derecho con el mismo tipo de letra: ocurrió la gran enfermedad.) (Con otro tipo de letra: cólera.) | Anales de Tecamachalco 1398- 1590, Eustaqui Celestino Solís y Luis Reyes G. (1992, p. 76) |
| 1575 (V Acatl) | 1 de agosto | Hemorragia | No se tiene información | Tecamachalco | "... comenzó una epidemia muy fuerte que la gente no logró resistir. El último de agosto hubo procesión por ese hecho, aplacándose por unos cuatro o cinco días; mucha gente murió: jóvenes, doncellas, viejas, viejos, los sabios, los niños y cuando en este mes llegó el guardián del Castillo se habían enterrado cuatrocientos diez en sólo tres días , a causa de sangre por hemorragia por la nariz, orejas, ojos, ano y las mujeres pr las piernas les salía también sangre, después los que se acordaban de esta mortandad se morían..." | Nuestros Orígenes Crónica de la Cd. De Tecamachalco, de Guerra, Puebla. Años 1441- 2006. Ernesto Gámez Camacho y Ernesto Gámez Jiménez. (2006, p. 27) |
| 1915 | 18 de noviembre | Tifo | No se tiene información | Tecamachalco | " los habitantes de Tecamachalco sufren el mal comúnmente conocido como tifo, causante de la muerte de muchas personas, a grado tal que resultó nula la intervención del Consejo Superior de Salubridad del Estado para controlar la epidemia, ..." | Nuestros Orígenes Crónica de la Cd. De Tecamachalco, de Guerra, Puebla. Años 1441- 2006. Ernesto Gámez Camacho y Ernesto Gámez Jiménez. (2006, p. 85) |
| 1918 | No se reporta fecha | Gripe | No se tiene información | Tecamachalco | "... vuelve a sufrir las consecuencias de otra epidemia conocida como 'la gripe', tan mortal como el tifo, y como consecuencia llamaron a éste, 'el año de la calamidad' (...) A consecuencia de la epidemia, ocurrió la muerte de todos los filarmónicos que integraban la banda de música municipal ...". | Nuestros Orígenes Crónica de la Cd. De Tecamachalco, de Guerra, Puebla. Años 1441- 2006. Ernesto Gámez Camacho y Ernesto Gámez Jiménez. (2006, p. 91) |

| | | | | | | |
|------|-----------------|---|----------------------|----------------------------------|--|--|
| 2010 | 10 de diciembre | "foco" de infección | | Canal de San Nicolás | "el canal abaraca dos kilómetros, ... niveles alarmantes de contaminación, ... ocasionados principalmente por la acumulación de desperdicios sólidos y hasta animales muertos ..." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 10 de diciembre de 2010 |
| 2010 | 26 de diciembre | Alertan enfermedades por cerdos | No se definen tiempo | Tecamachalco | "... 70 por ciento de cerdos que son criados en transpatio tienen enfermedades como "Hidatidosis", por lo que registran parásitos en el hígado, (...) el ser humano puede adquirir la bacteria | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 26 de diciembre de 2010 |
| 2011 | 29 de diciembre | Barranca el Arenal "foco" de contaminación | | Tecamachalco | "... se vierten aguas negras, pero también animales y basura, lo que genera contaminación ambiental y riesgo de enfermedades." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 29 de diciembre de 2010 |
| 2011 | 7 de febrero | Contaminación del Canal | No se definen tiempo | Tecamachalco | "El canal que está a orilla de la carretera que pasa por la zona de Teotolco, desembocan residuos de una empresa que forma una laguna de aguas negras; en el lugar hay equipo de bombeo que hace suponer que en época de siembras usan ese líquido para regar cultivos." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 7 de febrero de 2011 |
| 2011 | 18 de marzo | Contaminación por material biológico | Constantemente | Tecamachalco | Desechos biológicos son tirados a orilla de carretera que son esparcidos por los automóviles. | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 18 de marzo de 2011 |
| 2011 | 7 de abril | Brote de Hepatitis tipo "A" | Temporada de calor | Tecamachalco | Se reportaron tres casos de brote de hepatitis tipo "A" en un preescolar. | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 7 de abril de 2011 |
| 2011 | 9 de abril | Enfermedades Gastrointestinales | Temporada de calor | Tecamachalco | Aumento de enfermedades gastrointestinales, como la "diarrea del viejero", rotavirus y amibas. | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 9 de abril de 2011 |
| 2011 | 26 de abril | Contaminación en barrancas | Temporada de calor | Tecamachalco: 14 sur y 7 oriente | "... esta temporada de calor se enfermaron los niños de infecciones gastrointestinales y de vías respiratorias, al mismo tiempo la basura y las aguas de drenaje, crean mosquitos que perjudican la salud de los vecinos." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 26 de abril de 2011 |
| 2011 | 4 de mayo | Contaminación ambiental y riesgos para la salud | Frecuentemente | Tecamachalco | "... los perros callejeros son un riesgo de contaminación ambiental y se convierten en un peligro para la salud de la población pues generan problemas de parasitosis, de tipo bacteriano y de micosis, que son los más frecuentes." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 4 de mayo de 2011 |
| 2011 | 13 de junio | Cólera | Temporada de calor | Tecamachalco | "... alerta por cólera con acciones preventivas para evitar que en el municipio se presenten casos de cólera" | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 13 de junio de 2011 |
| 2011 | 25 de julio | Sarampión | | Tecamachalco | "... habitantes de Tecamachalco toman medidas preventivas para evitar ser víctimas de esta enfermedad..." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 23 de julio de 2011 |

ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

Análisis de la estadística de salud

De acuerdo a la estadística de salud 2010 publicada por INEGI, Tecamachalco cuenta con 183 personas identificadas como personal de médico para atender una población de aproximadamente 71 mil habitantes. A cada uno le corresponden, más o menos, 388 personas. El personal médico comprende: médicos generales, especialistas, residentes, pasantes, odontólogos y otras labores. Para esto el Municipio cuenta con un hospital privado, Sanatorio de Jesús del Valle de Tecamachalco y 14 unidades médicas que proporcionan consulta externa (4.4 médicos por unidad médica, total de 61 médicos, el estado de Puebla cuenta con 6.9).

La tercera causa de muerte en el estado de Puebla son los tumores malignos y esta misma causa es la cuarta en la Jurisdicción IX, a la que pertenece Tecamachalco. Entre las demás jurisdicciones, la IX presenta la tercera tasa más alta de defunciones por cáncer de glándulas mamarias (Secretaría de Salud del Estado de Puebla). Al estar acostumbrados al análisis simplista de causa y efecto buscamos encontrar el agente causal único e individual y de única exposición en el desarrollo del cáncer. Sin embargo, aunque en algunos cancerígenos una única exposición es suficiente para desarrollar cáncer, la mayoría de las veces se requiere múltiples exposiciones a través de los años, donde existe un efecto acumulativo y de interacción con la predisposición individual para que se desarrolle un cáncer.

La sobre valorización genética-fisiológica del origen del cáncer nos cierra los ojos ante el hecho de que los contaminantes ambientales interactúan entre ellos aumentando así el peligro de desarrollar cáncer. La combinación de diferentes exposiciones con diferentes cancerígenos parece tener efectos sinérgicos que intensifican su efecto o por lo menos alteran su impacto comparado con los efectos individuales de cada uno de ellos (Arnold et al, 2009). Además, hoy se sabe que los efectos de un agente dañino en una persona dependerán también de su edad, su susceptibilidad y estado inmunológico. Por ejemplo, los periodos neonatales, el recién nacido y la pubertad son particularmente susceptibles a los efectos peligrosos de los químicos medio ambientales.

ESTADÍSTICA DE SALUD 2010, TECAMACHALCO, PUEBLA, MÉXICO

| Salud 2010 | Tecamachalco | Puebla |
|---|--------------|-----------|
| Población 2010 | 71,571 | 5,779,829 |
| Población derechohabiente | 24,970 | 2,858,894 |
| Población no derechohabiente | 45,412 | 2,848,420 |
| Derechohabientes en el IMSS | 7,580 | 1,142,607 |
| Derechohabientes en el ISSSTE | 2,533 | 271,461 |
| Personal médico, 2009 | 61 | 8,499 |
| Personal médico en instituciones de seguridad social, 2009 | 13 | 4,006 |
| Personal médico en el IMSS, 2009 | 8 | 2,813 |
| Personal médico en el ISSSTE, 2009 | 3 | 584 |
| Personal médico en PEMEX, SEDENA y/o SEMAR, 2009 | 0 | 43 |
| Personal médico en otras instituciones de seguridad social, 2009 | 2 | 566 |
| Personal médico en instituciones de asistencia social, 2009 | 48 | 4,493 |
| Personal médico en la Secretaría de Salud del Estado, 2009 | 47 | 3,405 |
| Personal médico en el IMSS-Oportunidades, 2009 | 1 | 542 |
| Personal médico en otras instituciones de asistencia social, 2009 | 0 | 546 |
| Unidades médicas, 2009 | 14 | 1,236 |
| Familias beneficiadas por el seguro popular, 2009 | 8,415 | 602,909 |

FUENTE: INEGI 2010.

QUINCE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD EN LA JURISDICCIÓN GENERAL TEPEXI DE RODRÍGUEZ (IX)

| Causas | 2008 | |
|---|----------------|------------------|
| | Casos | Tasa |
| Infecciones respiratorias agudas | 80,634 | 12,073.94 |
| Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas | 8,400 | 1,257.79 |
| Infección de vías urinarias | 7,178 | 1,074.81 |
| Úlceras, gastritis y duodenitis | 5,169 | 773.99 |
| Candidiasis urogenital | 2,044 | 306.06 |
| Gingivitis y enfermedad periodontal | 1,933 | 289.44 |
| Amibiasis intestinal | 1,771 | 265.18 |
| Tricomonirosis urogenital | 1,746 | 261.44 |
| Otitis media aguda | 1,285 | 192.41 |
| Conjuntivitis | 1,261 | 188.81 |
| Intoxicación por picadura de alacrán | 1,172 | 175.49 |
| Desnutrición leve | 944 | 141.35 |
| Mordeduras por perro | 739 | 110.65 |
| Diabetes mellitus no insulino dependiente (Tipo II) | 732 | 109.60 |
| Hipertensión arterial | 732 | 109.60 |
| LAS DEMAS CAUSAS | 2,724 | 407.88 |
| Todas las causas | 118,464 | 17,738.51 |

EPIDEMIOLÓGICA OFRECIDA EN LA PÁGINA WEB DE LA SECRETARÍA DE SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA

DIEZ PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD EN LA JURISDICCIÓN GENERAL DE TEPEXI DE RODRÍGUEZ (IX)

| Orden | Causa | Criterio de agrupación | Volumen | Tasa |
|-------|--|------------------------|---------|------|
| 1 | Diabetes Mellitus | 061 | 477 | 71.0 |
| 02 | Enfermedades del Corazón | 097 | 451 | 68.0 |
| | Enfermedades isquémicas del Corazón | 097C | 290 | 43.0 |
| 03 | Enfermedades del Hígado | 125 | 297 | 45.0 |
| | Enfermedades alcohólicas del Hígado | 125A | 161 | 24.0 |
| 04 | Tumores malignos | 049 | 252 | 38.0 |
| 05 | Enfermedades Cerebrovasculares | 098 | 201 | 30.0 |
| 06 | Accidentes | 167 | 189 | 28.0 |
| | Accidentes de tráfico de vehículo de motor | 167B | 83 | 12.0 |
| 07 | Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal | 163 | 117 | 18.0 |
| | Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios en el periodo perinatal | 163I | 57 | 9.0 |
| 08 | Malformaciones congénitas, deformaciones y anomalías cromosómicas | 165 | 103 | 15.0 |
| | Malformaciones congénitas del sistema circulatorio | 165D | 66 | 10.0 |
| 09 | Influenza y Neurmonía | 105 | 86 | 13.0 |
| 10 | Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas | 113 | 71 | 11.0 |

EDO: PUEBLA, AÑO: 2008, SEXO: AMBOS, EDAD: GENERAL,
TASA POR 100,000 HABITANTES. POBLACIÓN DEL GRUPO DE EDAD Y SEXO 667,835

EPIDEMIOLÓGICA OFRECIDA EN LA PÁGINA WEB DE LA SECRETARÍA DE SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA

Manejo de residuos líquidos y sólidos

En abril de 2008, se firmó el convenio del relleno sanitario intermunicipal, el cual está conformado por los municipios de Quecholac, Felipe Ángeles, Palmar de Bravo y Tecamachalco. Este convenio contempla un manejo integral del Programa de Residuos Sólidos por parte de la Secretaría del Medio Ambiente. Anterior a este convenio el relleno sanitario intermunicipal tenía una sanción por mala operación. La nueva coordinación tiene contemplado administrar el relleno sanitario bajo implementando el programa de la Secretaría del Medio Ambiente llamado "No mezcla de residuos", en el cual quieren sensibilizar a la ciudadanía para que utilice los botes de orgánico e inorgánico. El municipio de Felipe Ángeles es el presidente actual del consejo del relleno sanitario intermunicipal, mientras que la tesorería queda para el municipio de Tecamachalco y la secretaría para el de Palmar de Bravo.



MAL O INEXISTENTE MANEJO DE DESECHOS. FOTO: CUPREDER

En las visitas de campo se estudiaron las barrancas donde se depositan las aguas residuales de la ciudad de Tecamachalco. Nuestra primera evaluación lo determinó el color, el olor y la apariencia de las aguas derramadas en estas zonas. El agua suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Aunque, no se pueden establecer una relación directa entre el color y el tipo de contaminantes, las aguas contaminadas reflejan el color de sus componentes y esto varía dependiendo del tipo de sustancias mezcladas con el agua.

La barranca **Ocho Arcos**, desemboca a la planta de tratamiento clausurada, en ella se identificaron aguas negras y de un fuerte color barro-rojizo, reflejando un alto contenido de material orgánico y de desperdicios humanos fecales. El color de las aguas residuales osciló del gris al negro teniendo zonas negras. Emitía un fuerte olor desagradable a azufre, lo que nos sugiere su alto contenido de sustancias reductoras como los gases de sulfuro de hidrógeno (que huele a huevo podrido, H_2S), y nitrogenadas aminas, NH_3 , mercaptanos, sulfuros orgánicos, actividad microbiana. El agua en esta barranca era detenida, formando un embalse, por un dique artificial. En el momento de la visita se secaba agua para riego de alfalfa contiguo a la barranca. En las inmediaciones del área en estudio se encontró material médico (medicamento y frascos, algunos vacíos y otros llenos con píldoras).

En la barranca localizada en la zona conocida como **El Vergel** ($X= 632778.61$; $Y= 2087643.4$; $Z= 2000$), al igual que la anterior retenía el agua por medio de diques artificiales. Su color era verde con presencia abundante de algas. El agua era mucho más cristalina que la anterior y no expedía ningún mal olor. Estas características nos sugieren una contaminación con un alto contenido de fosfatos y detergentes.

Los detergentes después de ser utilizados en la limpieza doméstica e industrial son arrojados a las alcantarillas de las aguas residuales y se convierten en fuente de contaminación del agua. Las algas son plantas acuáticas que se pueden percibir como un limo verde azul sobre la superficie de las aguas estancadas. Las algas, al igual que las demás plantas, almacenan energía mediante el proceso de fotosíntesis por lo que requieren de la luz solar para consumir el bióxido de carbono y liberar el oxígeno. La cantidad de algas que una cierta extensión de agua puede soportar depende de los elementos nutritivos inorgánicos que puede proporcionar y la acumulación de estos elementos depende de la cantidad de sales que arrastren las diferentes corrientes de agua. Las algas crecen rápidamente cuando la cantidad de elementos nutritivos es abundante y pueden llegar a cubrir la superficie del agua con gruesas capas, y a medida que algunas algas mueren se convierten en alimento de las bacterias. Como las bacterias consumen oxígeno para descomponer a las

algas, provocan que la disminución de oxígeno llegue a un nivel que es incapaz de soportar otras formas de vida, que es indispensable para que no desaparezca el ecosistema.

Dentro del área de evaluación se incluyó el **rastro** de Tecamachalco. El rastro municipal de Tecamachalco fue inaugurado en el año de 1999, durante el gobierno de Mauricio Hidalgo. De acuerdo a la información disponible en este rastro se sacrifican animales de diversos municipios circunvecinos como: Quecholac, Tochtepec, Yehualtepec y Tlacotepec, los cuales adquirirían carne en esta ciudad. El lugar fue asignado por el gobierno federal, el cual estaba dirigido por el presidente Ernesto Zedillo Ponce, quien dio la orden de la compra de una hectárea de tierra para finca de éste, el cual solo inició con una sola área de matanza para cerdo y reses. En el transcurso de los años el servicio se ha ampliado al procesamiento de carnes porcinas y bovinas. La empresa administradora se dedicada a la matanza y obtención de carne de porcino y reses en la región, establecida en la carretera Tecamachalco-Cañada Km. 59, Puebla., y está subsidiada por el municipio de Tecamachalco.

Los residuos líquidos del rastro se vierten en la barranca colindante a éste. Su puede observar el color rojo-negro del líquido residual sugerente de sangre recién coagulada. Esta zona se caracteriza por la cantidad de moscas que la circundan, además del olor fétido producto de la descomposición del material orgánico. Se revisó un área de más o menos 100 metros de longitud. El líquido residual forma un canal que va ampliándose en la medida que se acumula el agua.

El cuarto lugar evaluado fue la localidad **Lomas de Romero**. En esta zona se recogen las aguas residuales que provienen de la producción de queso. Su característica es pastosa de color blanco lechoso y emite un olor rancio. La mezcla del líquido residual con el terreno produce lodo no servible para el cultivo. El material sobrenadante no se mezcla con la tierra manteniéndose una capa blanca lechosa que va cubriendo el lugar. En el estudio del suero del queso se midió un pH de 5.8 lo que no es suficientemente ácido para impedir la utilización del agua en cultivo, sin embargo, ésta no se puede utilizar. En estos momentos las muestras se encuentran en estudio para determinar los niveles de cloruro de sodio el cual, en principio, podría ser el causante del deterioro del suelo. Además, se encuentra en evaluación la composición de materia orgánica del suero y de la mezcla con el terreno.

El pH de una solución que sólo contiene NaCl debe tener pH 7, el pKa de cloruros y sodio+ es extremadamente grande (es decir el carácter ácido/básico de este tipo de iones es prácticamente nulo). En el caso de la sal (NaCl), el Na (+) es el ácido conjugado de una base muy fuerte, el ión OH (-), por lo que es un ácido de fuerza nula lo cual hace que no se altere el pH. El Cl (-) es la base conjugada de un ácido muy fuerte, H (+), lo cual lo hace una base de fuerza nula, lo cual tampoco altera el pH. Así que debido a esto, el pH para una disolución de esa sal, tendría que ser de 7.

Por último, se visitó una planta de tratamiento de agua residual en El Salado (X= 639060.35; Y= 2090327.01; Z= 2120). Este sistema de tratamiento utiliza la fuerza de gravedad para sedimentar y separar los residuos más pesados y así poder utilizar el líquido restante en el cultivo del tomate y otras legumbres. El lodo residual se vierte en una barranca donde se siembran girasoles. El sistema utilizado es muy sencillo, se recolecta el líquido y se va pasando de un recipiente de concreto a otro, hasta que finalmente, por bombeo, se utiliza para riego. Al agua tratada se le añade fosfato, nitratos y potasio.

Las aguas residuales normalmente contienen cantidades de microorganismos que van de 10.000 a 100.000 coliformes totales y 1.000 a 10.000 coliformes fecales por 100 ml de agua, como también se aíslan algunos virus y huevos de parásitos. La contaminación de los suelos por elementos potencialmente tóxicos se ha incrementado considerablemente, como consecuencia del empleo intensivo de agroquímicos, de los residuos generados por actividades de minería, fundición y del riego con aguas residuales. Esta problemática ocurre, generalmente, en las zonas agrícolas en donde los volúmenes de aguas residuales industriales y municipales son cada vez mayores. Tal es el caso de Tecamachalco, zona agrícola ubicada en el Distrito de riego Núm. 30. Las aguas residuales descargadas en las barrancas circundantes a este municipio son utilizadas para el riego de los cultivos en esta zona. Estas aguas provienen de los establecimientos de servicio mecánico, gasolineras, locales comerciales, casas-habitación, y contienen sustancias como aceites, materia orgánica, residuos sólidos, además de que algunas zonas del acuífero se utilizan como depósitos de basura que contienen desechos de construcción, residuos de fertilizantes, residuos domésticos y residuos varios, así como los sedimentos que el río Atoyac transporta y son distribuidos por el sistema de riego.

Contaminantes del Distrito de Riego No. 30

En un excelente artículo, Efraín Neri Jiménez y Mauricio M. Mora Pérez exponen de manera simple y explicativa la disponibilidad, uso y aprovechamiento de los recursos hidráulicos en el estado de Puebla (Ocampo-Fletes et al, 2006).

El embalse Manuel Ávila Camacho está localizado a cinco kilómetros al sur de la ciudad de Puebla. Las aguas que escurren hacia el embalse por la parte norte son del río Atoyac con un flujo continuo y las del Alseseca con un flujo intermitente; aportan una carga contaminante importante. De ahí surge el interés por determinar su viabilidad para prácticas acuícolas, en base a la normatividad ambiental aplicable.

El embalse tiene por objeto controlar las aguas del río Atoyac, para el aprovechamiento en riego de una faja de terrenos comprendidos en los valles de Tecamachalco, San Jerónimo Tlacotepec y Tehuacán. Fue erigida para regularizar y aprovechar, en riego, los escurrimientos del río Atoyac, Zahuapan y Alseseca en beneficio de aproximadamente 35,000 ha, distribuidas en 4 unidades que se localizan en 19 municipios del Estado de Puebla. El agua de la Presa Valsequillo se utiliza en los Valles del Distrito de Riego Tecamachalco y la Zona de Riego de Atlixco-Izúcar de Matamoros, el cual tiene riego restringido por la contaminación del agua.

Las descargas industriales y municipales de las ciudades de Tlaxcala y Puebla han afectado seriamente la calidad del agua provocando la pérdida de la pesca, del hábitat de organismos acuáticos, la proliferación de malezas acuáticas y la pérdida de atracción turística. Los trabajos agrícolas también han añadido al deterioro de la calidad del agua de Valsequillo, ya que producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas. Los fosfatos y nitratos que provienen, tanto de los desechos orgánicos como de los fertilizantes, actúan como agentes hipereutrofizantes que producen un crecimiento desorbitado del lirio acuático que es una plaga peligrosa, y actualmente ya imposible de beneficio, por la gran cantidad de metales pesados que contiene y que contribuye a la destrucción del ecosistema.

De acuerdo a los autores antes mencionados, la calidad del agua del río Atoyac, la cual abastece la presa Manuel Ávila Camacho y aguas arriba a la presa Echeverría es muy pobre. Esta agua se clasifica como tipo 3 (*Norma NOM-CCA-033-ECOL/1933*). Que establece los límites máximos permisibles de contaminación en aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola, lo que significa que no deben ser utilizadas para riego agrícola sin previo tratamiento, ya que contienen elementos tóxicos que pueden provocar enfermedades en animales y al ser humano, afectando en gran medida a toda la cadena agroalimenticia. Entre las principales sustancias químicas que se pueden detectar (empleando cromatografía de gases) se encuentran: plastificadores del tipo de los ftalatos, pesticidas como aldrin y compuestos policíclicos aromáticos como trifenilo y el crisano.

Algunos pesticidas, como es el caso del aldrin, pueden pasar desapercibidos ya que no se disuelven en el agua. Hay tres grupos principales de insecticidas orgánicos sintéticos (contaminantes orgánicos persistentes, mejor conocidos como COPs): los organoclorados, los organofosforados y los carbamatos. Para nuestro ejemplo hablaremos de los organoclorados. El pesticida organoclorado más ampliamente conocido es el DDT. Este tipo de pesticida tiene dos propiedades que lo hacen ser particularmente perjudiciales para las cadenas alimenticias. Son muy persistentes, lo que significa que duran largo tiempo en el medio ambiente antes de descomponerse en otras sustancias y son solubles en disolventes hidrocarbonados, lo que significa que se acumulan fácilmente en los tejidos grasos. La acumulación de pesticidas organoclorados en tejidos grasos significa que los organismos en niveles tróficos sucesivamente altos en una cadena alimenticia están consumiendo alimentos con progresivas concentraciones de pesticida. Un ejemplo es cuando la vaca come pasto con pesticidas organoclorados su grasa absorbe el pesticida, si una persona come su carne absorberá una mayor cantidad del pesticida acumulándola en su cuerpo. Entre varios organoclorados se encuentran el aldrin y el dieldrin y el endrin, el eldosulfón y el kepone y otros. Estudios en animales muestran que el dieldrin provoca cáncer de hígado, el aldrin, el dieldrin y el endrin son causa de defectos de nacimiento en hamsters y ratones (Master y Ela, 2008).

Aldrin y dieldrin son los nombres técnicos de dos compuestos estructuralmente similares que se usaron como insecticidas. Se puede encontrar aldrin y dieldrin en el suelo, el agua o en viviendas donde se usaron estos compuestos para matar termitas. Las dos sustancias químicas se tratan juntas porque el aldrin se transforma en dieldrin cuando entra al ambiente o al cuerpo. El Aldrin no es tóxico a los insectos, hasta que lo oxidan a la forma dieldrin que es el compuesto activo. Se puede encontrar dieldrin en lugares donde originalmente se liberó aldrin debido a que la luz solar y las bacterias pueden transformar al aldrin a dieldrin en el medioambiente. La mayor parte del dieldrin se adhiere a sedimentos en el fondo de lagos, lagunas y arroyos. Para la mayoría de la gente, la exposición a estas sustancias ocurre cuando se consumen alimentos contaminados con cualquiera de ellas. La exposición a estas sustancias también ocurre cuando se toma agua, respira aire o entra en contacto con suelo contaminado en sitios de desechos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Resumen de Salud Pública).

En un excelente trabajo llevado a cabo por Nelli N. Larenas Bazán se tomaron muestras de diferentes módulos en el Distrito de Riego 030 de Valsequillo región de Tecamachalco, para la determinar la concentración de metales pesados en agua, suelo y en los cultivos. En esta región se ha utilizado el agua de la presa Manuel Ávila Camacho durante años para la irrigación de hortalizas, forrajes, cultivos básicos y frutales. Los cultivos de mayor relevancia en esta zona son el maíz y la alfalfa. Sus hallazgos señalan que los metales cobres, cadmio, níquel, hierro y zinc, en el momento del muestreo, se

encontraban en los límites máximos permisibles por la Norma oficial. Sin embargo, en el caso del plomo y níquel, en los cultivos de maíz y alfalfa éste se encontraba en niveles tóxicos (Larenas-Bazán, 2010). De acuerdo a los estudios de Larenas-Barzán, el plomo el níquel puede ser identificado en el maíz y en la alfalfa. Las elevadas concentraciones de plomo en plantas, corresponde al tallo y hoja del fruto para el caso del maíz y en hojas para el caso de la alfalfa. En el níquel se detectó en el tallo, en la hoja de la milpa y hoja del fruto para el caso del maíz, en el tallo para el caso de la alfalfa.

En cierta medida, esta tesis confirma los resultados obtenidos por investigadores de la Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) que han detectado que en el agua del lago de Valsequillo sustancias tóxicas para el cuerpo humano que, ingeridas constantemente, pueden causar la muerte. Según el doctor Antonio Valdez García, médico de la UAP, existe plomo en el agua de la zona, tanto de la presa como de pozos de los que la población obtiene agua para su consumo cotidiano, lo que ha afectado a toda la población de la región por casi cuatro generaciones.

El plomo es un metal pesado y generalmente se encuentra en la naturaleza combinado con otros dos o más elementos formando compuestos de plomo. El plomo y las aleaciones de plomo son componentes comunes de cañerías, baterías, pesas, proyectiles y municiones, revestimientos de cables y láminas usadas para protegernos de la radiación. El principal uso del plomo es en baterías para automóviles y otros vehículos. Los compuestos de plomo se usan como pigmentos en pinturas, en barnices para cerámicas y en materiales de relleno.

La mayor parte del plomo que entra al cuerpo entra por la boca; una porción muy pequeña de la cantidad de plomo que se traga pasa a la sangre y a otras partes del cuerpo. La cantidad de plomo que pasa a la sangre y a otras partes del cuerpo desde el estómago depende en parte del lapso transcurrido desde que se ingirió la última cena. También depende de la edad y de la facilidad con la que las partículas de plomo se disuelven en el jugo estomacal. Poco después de que el plomo entra al cuerpo, la sangre lo distribuye a órganos y tejidos (por ejemplo, el hígado, los riñones, los pulmones, el cerebro, el bazo, los músculos y el corazón). Después de varias semanas, la mayor parte del plomo se moviliza hacia los huesos y los dientes. En adultos, aproximadamente 94 por ciento de la cantidad total de plomo en el cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes. En cambio en niños, aproximadamente 73 por ciento del plomo en el cuerpo se almacena en los huesos. Cierta cantidad de plomo puede permanecer en los huesos durante décadas. Sin embargo, bajo ciertas condiciones parte del plomo puede abandonar los huesos y entrar nuevamente a la sangre y a los tejidos y órganos (por ejemplo, durante el embarazo y la lactancia, cuando se fractura un hueso y en la vejez).

Aproximadamente 99 por ciento de la cantidad de plomo que entra al cuerpo de un adulto abandonará el cuerpo en la orina y las heces dentro de dos semanas. Sin embargo, solamente 32 por ciento del plomo que entra al cuerpo de un niño abandonará el cuerpo en el mismo período. Si la exposición es continua, no todo el plomo que entra al cuerpo será eliminado, lo que puede causar acumulación de plomo en los tejidos, especialmente en los huesos. El plomo afecta principalmente al sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición ocupacional prolongada de adultos al plomo ha causado alteraciones en algunas funciones del sistema nervioso. También puede producir debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos y anemia. Los niveles de exposición altos pueden dañar seriamente el cerebro y los riñones en adultos o en niños causando la muerte. En mujeres embarazadas, los niveles de exposición altos pueden producir abortos. En hombres, los niveles de plomo puede alterar la producción de espermatozoides (Resumen de Salud Pública Plomo, CAS#: 7439-92-1).

En los últimos años las malformaciones congénitas (MC) o defectos al nacimiento han adquirido un papel relevante en la morbi-mortalidad humana, especialmente en el primer año de vida. Se considera que cuando un país alcanza cifras de mortalidad infantil de alrededor de un dígito, las MC pasan a ocupar el primer lugar entre sus causas. En México, los defectos al nacimiento (DAN) figuraron dentro de las 10 primeras causas de mortalidad en niños menores de 14 años de edad en los años 2000-2005 y 2007. Entre las principales afecciones se encuentran las siguientes: malformaciones congénitas del corazón, anencefalia y anomalías similares, síndrome de Down, espina bífida, defectos en la pared abdominal, fístula traqueo-esofágica, atresia y estenosis esofágica y paladar hendido (Secretaría de Salud. Mortalidad 2000-2005 y 2007).

Los defectos congénitos son anomalías morfológicas o funcionales, presentes al nacimiento, de causa genética y/o ambiental. En general, las MC afectan a 2-3 % de los recién nacidos y se estima que la mitad de estas podrían ser prevenidas (Czeizel AE, 2005). De acuerdo a las investigaciones llevadas a cabo por el doctor Javier Valdés-Hernández y sus colaboradores, en el estado de Puebla, las ciudades de Tehuacán y Puebla se encuentran en muy alta prioridad de mortalidad por defectos al nacimiento. Mientras que las ciudades de Acajete, Atlixco, Huauchinango, SM Texmelucan, SP Cholula, Tecamachalco, Tepeaca, Teziutlán, Tlacotepec BJ, Xilotepec, Zacapoaxtla y Zacatlán se encontrarían en alta prioridad. Esto quiere decir que la muerte por defectos al nacer es muy frecuente en estas ciudades.

Este grupo de investigadores estudió los registros de mortalidad de las estadísticas vitales de SSA/INEGI para analizar la mortalidad por defectos al nacimiento (DAN) entre 1998 y 2006 en México. Utilizaron el Marco Geoestadístico Municipal 2005 del INEGI y el SIGEPI para el análisis espacial de esta condición de salud. Con esta información, seleccionaron los municipios con alta mortalidad en menores de 5 años de edad. La selección de los municipios se llevó a cabo basada en percentiles de 80 y mayores en las defunciones por DAN (Valdéz-Hernández et al, 2009). Los criterios para la selección de municipios prioritarios de muertes por defectos al nacimiento (DAN) fueron los siguientes: la frecuencia absoluta de las defunciones, el suavizamiento de la frecuencia absoluta y las tasas estandarizadas de mortalidad.

Dentro de los defectos al nacimiento, los ocurridos en el tubo neural ocupan un lugar especial, puesto que algunas de sus manifestaciones son incompatibles con la vida o dejan secuelas severas en caso de que el recién nacido sobreviva. Los defectos del tubo neural constituyen un conjunto de padecimientos del sistema nervioso central con un defecto primario común como causa básica; éstos son resultado de un inadecuado proceso en el cierre del tubo neural durante el periodo de embriogénesis que puede afectar al cerebro, a la médula o ambos, involucrando en grados diversos el tejido meníngeo, óseo, muscular y tegumentario.

Los defectos del tubo neural (DTN) representan uno de los tipos más comunes de malformación congénita seria, entre los cuales se incluyen la anencefalia, la encefalocele, la raquisquisis, y la espina bífida abierta (meningocele mielomeningocele). Estos dos últimos además de afectar las meninges abarcan la médula espinal y los nervios, con más frecuencia a la altura de la región lumbar. Se ha sugerido que los DTN tienen una etiología multifactorial con una predisposición genética debida a varios genes y un umbral por encima del cual los fetos tienen un riesgo de desarrollar la malformación si algunos factores ambientales actúan como desencadenantes durante el periodo teratogénico.

En México, los defectos del tubo neural (DTN) se encuentran dentro de las diez primeras causas de mortalidad en niños menores de 14 años de edad en los años 2000 a 2005 y 2007, y las principales patologías son la anencefalia, y malformaciones similares, y espina bífida (Secretaría de Salud. Mortalidad 2000-2005 y 2007). Se estima además una frecuencia aproximada de 20.28 por 10,000 nacidos vivos de las tres formas principales de DTN, de lo que deriva que México tenga una prevalencia más elevada en comparación con otros países de Sudamérica (Mutchinick, 1998).

En este tipo de malformaciones, es difícil, por ahora, identificar los genes predisponentes o cambiar la constitución genética de un individuo, pero los factores ambientales desencadenantes pueden ser detectados y evitados. Actualmente, rara vez se ha podido relacionar un factor ambiental o genético específico como agente causal, ya que en la gran mayoría de los casos la etiología es multifactorial. Los factores de riesgo más importantes establecidos para DTN son: a) antecedentes familiares y/o reproductivos de DTN; b) exposición a agentes teratogénicos: ácido valproico; c) deficiencia de ácido fólico (AF) periconcepcional.

Un teratógeno es cualquier agente capaz de producir una anomalía congénita o de incrementar la incidencia de una anomalía en el embrión tras la exposición de la madre a ellos. Las malformaciones o defectos congénitos pueden ser anormalidades estructurales, de la conducta, funcionales o metabólicas que se encuentran en el momento del nacimiento. Aunque las alteraciones por razones del medio ambiente pueden ocurrir con una mayor susceptibilidad durante el periodo de la organogénesis, en las primeras 12 semanas de gestación, en la fase embrionaria, un agente teratógeno puede actuar de forma directa o indirecta al feto o al niño después de nacer, aunque no se observen sino hasta una etapa avanzada de la edad adulta. Por lo tanto, la toxicidad fetal puede ocurrir en cualquier etapa del embarazo, no sólo en el primer trimestre.

En un estudio previo sobre el comportamiento epidemiológico de la mortalidad por defectos al nacimiento (DAN) en menores de cinco años de edad en México, Valdés y colaboradores utilizaron un método de priorización que combinó varios criterios para la selección de municipios con alta prioridad de intervención (Valdéz-Hernández et al, 2009). En el actual análisis se llevó a cabo el mismo ejercicio exclusivamente para la mortalidad por defectos en el cierre del tubo neural (DTN) en ese mismo grupo de edad.

De acuerdo a las investigaciones llevadas a cabo por el doctor Javier Valdés-Hernández y sus colaboradores, en el estado de Puebla, las ciudades de San Martín Texmelucan, San Pedro Cholula, **Tecamachalco**, Tehuacán, Vicente Guerrero, Xilotepec, Zacapoaxtla y Puebla se encuentran en **muy alta prioridad de mortalidad por defectos en el cierre del tubo neural**. Mientras que otras catorce ciudades del estado se encuentran en alta prioridad: Cuetzalan, Huehuetla, Hueytamalco, Ocoyucan, Palmar de Bravo, San Salvador, Tecali, Tepango, Tepeaca, Tezuitlan, Tlacotepec, Xiutetelco, Xochitlan, Zacatlán (Valdéz-Hernández et al, 2010). Esto quiere decir que la muerte por defectos del tubo neural es muy frecuente en todas estas ciudades.

Según este estudio, los municipios prioritarios se encuentran localizados en grandes aglomeraciones y distribuidos en el país: ambas entidades californianas, zona costera del Océano Pacífico norte y Golfo de California, frontera con los

Estados Unidos, zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey y la zona costera de Campeche, Tabasco y Quintana Roo; mientras que los municipios con prioridad alta y muy alta se localizan principalmente en el centro y norte de la república.

Debido a que la deficiencia de ácido fólico se ha identificado como una de las principales causas del defecto del tubo neural, tanto a nivel internacional como en México se establecido como medida de prevención que a toda mujer en edad reproductiva se le recomiende una ingesta diaria de ácido fólico de 400 microgramos/día o 0.4 miligramos, especialmente durante la etapa periconcepcional (tres meses previos al embarazo y hasta la semana 12 de la gestación). Sin embargo, hoy se está poniendo mucha atención a las regiones agrícolas donde al tratar de combatir plagas que cada vez son más resistentes a los plaguicidas, los agricultores mantienen el uso de contaminantes orgánicos persistentes, mejor conocidos como COPs. Esta situación ha llamado la atención ya que los plaguicidas organoclorados actúan como inhibidores del ácido fólico.

Los COPs “son compuestos químicos muy tóxicos, que no se degradan fácilmente porque su estructura química es muy estable, lo que los hace perdurables y persistentes a través del tiempo. Pueden pasar décadas e incluso volverse obsoletos y aún mantener su toxicidad. Contienen carbono en su estructura molecular, por eso son orgánicos. Son producidos por el hombre, no se encuentran en forma natural. No son solubles en el agua sino en grasas (liposolubles). Por eso se acumulan en los tejidos grasos de los organismos, y no se eliminan por los sistemas excretores que utilizan el agua como vehículo. Esta característica los hace bioacumulables y se biomagnifican a través de la cadena alimenticia. Viajan grandes distancias a través del agua, el aire y a través de los animales migratorios, contaminando todo a su paso” (Proyecto Internacional de Eliminación de los COP).

IMPACTO AL AMBIENTE POR VERTIDO DE AGUA RESIDUAL

| Impacto al ambiente | Impacto económico |
|---|---|
| Proliferación de parásitos | Cambios en la biomasa |
| Deterioro de áreas riparias por depósito de basura y sedimento | Decremento en el valor de la propiedad y disminución en la producción de las tierras de cultivo |
| Producción excesiva de algas y fitotoxinas | Incremento del costo por mayor desinfección del agua |
| Bio-acumulación de metales, zooplanton y micro-invertebrados, deformación en distintos grupos y cambios genéticos, propagación de enfermedades | Efectos potenciales a la salud, traducidos como costos de tratamiento. Rechazo de los productos en el mercado, pérdida del valor del cultivo. |
| Exportación de nutrientes a suelos (corto plazo) y a acuíferos (largo plazo) | Ahorro por la aplicación de nutrientes (a corto plazo), efecto potencial de salud, requerimientos de tratamiento y confinación del acuífero (a largo plazo) |
| Disminución de la resiliencia del ecosistema o capacidad de recuperar sus condiciones iniciales debido a los impactos acumulativos y residuales (contaminantes sin tratamiento) | Inversiones a largo plazo para la rehabilitación de las barrancas, riachuelos, así como para la protección o descontaminación de aguas subterráneas. |
| Impacto sobre fauna local y migratoria | Costo de recuperación de condiciones de la calidad requerida para las especies |

Dentro de los impactos causados por vertido de agua residual se distinguen los siguientes:

- Disminución de Fuentes de agua potable reduciéndola calidad de vida de los seres humano
- Afección al a salud humana, por enfermedades gastrointestinales principalmente en niños.
- Eutrofización de cuerpos de agua afectando la vida acuática.
- Disminución en la calidad de cultivos.
- Daños a la salud animal.
- Proliferación de fauna y flora nocivas.

5.3.3 Fenómenos de origen antrópico

Presentamos una relación de evidencias documentales y testimoniales sobre fenómenos de origen antrópico que han consumado desastres o configurado riesgos.

Incendios

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos.

Se conoce como incendio forestal al fuego que se extiende sin control en terreno forestal y afectando a combustibles vegetales que no estaban destinados a arder, es decir, el fuego que se expande sin control sobre especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, siempre que no sean características de cultivo agrícola o fueren objeto del mismo y que no tengan calificación de terrenos urbanos.

Si bien las causas inmediatas que dan lugar a los incendios forestales pueden ser muy variadas, en todos ellos coinciden los mismos factores: la existencia de grandes masas de vegetación y periodos más o menos prolongados de sequía.

El calor del sol provoca deshidratación en las plantas, que recuperan el agua perdida del sustrato. No obstante, cuando la humedad del terreno desciende a un nivel inferior al 30%, las plantas son incapaces de obtener agua del suelo, con lo que se van secando poco a poco. Este proceso provoca la emisión a la atmósfera de etileno, un compuesto químico presente en la vegetación y altamente combustible. Por lo que el riesgo de incendio se multiplica. Y si a estas condiciones se suma la existencia de periodos de altas temperaturas y vientos fuertes o moderados, la posibilidad de que una simple chispa provoque un incendio se vuelven significativa.

Por otro lado, al margen de que las condiciones físicas sean más o menos favorecedoras de un incendio, hay que destacar que en la gran mayoría de los casos no son **causas naturales** las que provocan el fuego, sino la **acción humana**, ya sea de manera intencionada o no.

Las causas que originan un incendio forestal se agrupan en tres categorías:

- **Intencionados:** representan un 60-70% de los casos. Las motivaciones son variadas, siendo con diferencia las más comunes la quema no autorizada, ilegal e incontrolada de superficies agrícolas, ya sea para la eliminación de rastrojos o matorrales ("quema agrícola") o para regeneración de pastos. Otras motivaciones detrás de un incendio provocado son la piromanía, usos cinegéticos, vandalismo, venganzas personales, especulación urbanística, bajar el precio de la madera, etc.
- **Negligencias y otras causas accidentales:** representan un 15%-25% de los casos. En este apartado, las quemas agrícolas (en este caso, autorizadas, pero en las que los autores perdieron el control del fuego extendiéndose éste por la superficie forestal colindante) están también entre las causas habituales. Otras causas son las colillas y hogueras mal apagadas, quema de basuras, trabajos forestales, ferrocarril, motores y máquinas, etc.
- **Naturales:** representan menos de un 5% de los casos. Se deben casi siempre a la acción de un rayo.

Por último, en contadas ocasiones (menos del 2%) un incendio es una reproducción de un incendio anterior que no llegó a extinguirse del todo y se extiende a una nueva zona.

Cabe aclarar que los porcentajes indicados son valores promediados -la frecuencia de la intencionalidad, por ejemplo, puede variar mucho de unas regiones a otras.

Un incendio posee tres fases distintivas: iniciación, propagación y extinción.

- **Iniciación:** es el comienzo del incendio producido por causas naturales o mayoritariamente por la acción del hombre.
- **Propagación:** es la extensión del incendio por la vegetación cercana. La propagación del fuego depende de las condiciones atmosféricas, de la topografía del lugar en el que se produzca y de la vegetación.
- **Extinción:** es la finalización del incendio por causas naturales (lluvia o falta de vegetación) o por acción humana (labores de extinción)

Según por donde se propaga:

- **Fuego de suelo o subsuelo:** El fuego se propaga por la materia orgánica en descomposición y las raíces. Casi siempre se queman despacio y en combustión incandescente (poca o ausencia de llama) al no disponer de suficiente oxígeno.
- **Fuego de superficie:** El incendio se propaga por el combustible que encontramos sobre el suelo, incluye la hojarasca, hierbas, arbustos y madera caída pero no inmersa en la hojarasca en descomposición.

▪ Fuego de copas:

- ✓ *Antorcho*: Paso de fuego de superficie a fuego de copas, pero solo de forma puntual en algunos pies.
- ✓ *Copas pasivo*: Es el fuego que avanza por las copas de los árboles acoplado y dependiente de un fuego de superficie, si se extingue este se detiene el de copas.
- ✓ *Copas activo*: Es el fuego que avanza por las coronas de los árboles independientemente de la superficie. Solo se puede atacar de forma indirecta y suele necesitar un viento mayor de 30 km/h y proximidad de copas (alta densidad aparente de copas y largas copas). Que no se presenta en el municipio de Tecamachalco por el tipo de vegetación.

La prevención del fuego se basa, por una parte, en intentar evitar que se provoquen incendios forestales, y por otra parte en minimizar sus consecuencias una vez declarados. En tal sentido, podemos hablar de los siguientes tipos de medidas:

- ✓ La concienciación social, con la finalidad de educar a la población en un uso racional del fuego, evitando situaciones de riesgo. Puede realizarse mediante campañas informativas y multas coercitivas.
- ✓ El cuidado y planificación de las masas forestales, mediante la realización de cortafuegos y una planificada y extensa red de pistas forestales, la limpieza periódica de las áreas naturales mediante oportunas labores, así como la introducción en franjas delimitadoras de especies con un bajo poder combustible, o la realización de quemas preventivas (quema prescrita) durante períodos de bajo riesgo de incendio.

Todas estas medidas ayudan a reducir la velocidad de propagación y virulencia de un potencial incendio.

Vulnerabilidad a los incendios: experiencia comunitaria

En investigaciones hemerográficas obtuvimos la siguiente información que resumimos sobre incendios recientes.

INCENDIOS. TESTIMONIOS EN PRENSA

| Fecha | | Lugar | Descripción | Fuente |
|-------|-----------------|--|--|--|
| 2010 | 27 de noviembre | Cerro de Tecamachalco | Incendio provocado por fogatas "... el fuego arrasó con 5 has del cerro de Tecamachalco | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 26 de diciembre de 2010 |
| 2010 | 08 de diciembre | Zona de Tecamachalco | Incendio por quema de pastizales y vientos | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 8 de diciembre de 2010 |
| 2010 | 13 de diciembre | Entre Quecholac y Tecamachalco, Km. 500 | Falta de precaución al limpiar terrenos rurales, incendio cerca de ductos de pemex | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 14 de diciembre de 2010 |
| 2010 | 22 de diciembre | Cerro de Techachales, cerca del Barrio de San Martín | Incendio provocado por fogatas "... el fuego arrasó con 20 has a 500 metros de zona habitacional | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 23 de diciembre de 2010 |
| 2011 | 17 de marzo | Cerro de Techachales, cerca del Barrio de San Martín | Zonas más afectadas son las orillas de carretera | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 23 de diciembre de 2010 |
| 2011 | 31 de marzo | Cerro de Techachales | | Protección Civil de Tecamachalco |

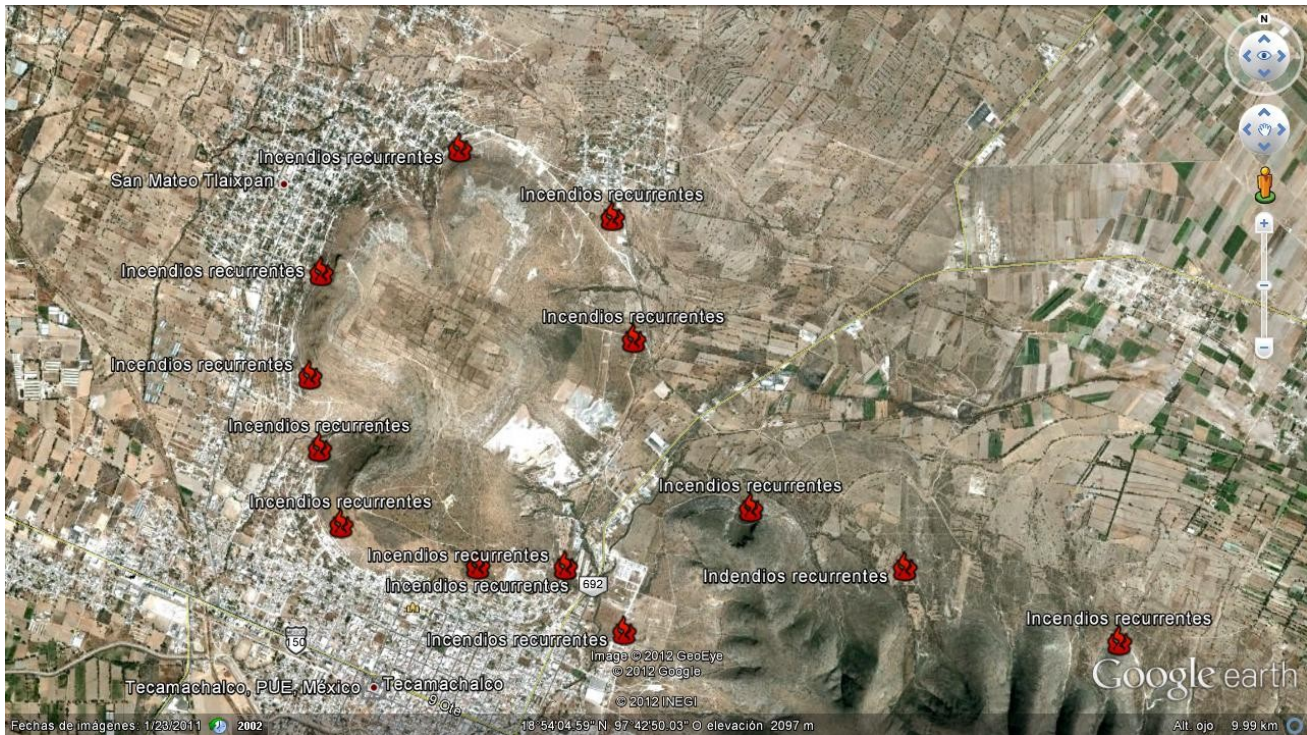
ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

Mediante testimonios del H. Cuerpo de Bomberos, obtuvimos información relacionada con la recurrencia de incendios en puntos específicos del municipio de Tecamachalco, los cuales no son muy extensos pero ameritan la intervención de

bomberos y otros cuerpos de auxilio, y además por su ocurrencia cerca de centros de población constituyen una amenaza que exige atención inmediata para asegurar que no salgan de control.

Este tipo de incendios combinan además su potencial de amenaza con el de la erosión, la concurrencia de ambos fenómenos (y de ambos procesos antrópico-geológicos) pone condiciones para alimentar una tercera amenaza, de la que ya se ha hablado: los desprendimientos de rocas.

IMAGEN INDICATIVA DE PUNTOS RECURRENTES DE INCENDIOS EN TORNO A ZONAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO.



FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON INFORMACIÓN DEL H. CUERPO DE BOMBEROS DE TECAMACHALCO. 2011.

Asimismo, tenemos los siguientes testimonios de incendios padecidos en comunidades.

INCENDIOS, TESTIMONIOS EN COMUNIDADES

| Comunidad | Fecha | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Apoyos |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| Xochimilco | Diciembre de 2009 | Zona de cultivo | Se han perdido hectáreas completas con todo y mazorcas. | No se tiene esa información |
| Santiago Alseseca | Marzo de 2011 | No se especificó | No causó daños a los cultivos, ni pobladores. | No se tiene esa información. |
| Tecamachalco cabecera | En otoño e invierno | Zonas de cultivo | Los incendios son provocados ppor quema de maleza en los terrenos. | Se ha solicitado apoyo al comisariado ejidal; pero no se da el apoyo. |
| San Antonio la Portilla | No se especificó. | El cerro (Techachales) | Se han presentado en el cerro. | No se especificó. |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011

INSTALACIONES DE ALTO RIESGO PARA INCENDIOS, SEGÚN EL PMDUST 2010

| | Lugar | Evidencia | Fuente |
|------------------------|--|--|--------|
| Líneas de Alta Tensión | San José la Portilla y la Purísima de Hidalgo. | Viviendas asentadas cerca y debajo de líneas eléctricas de alta tensión, localizadas al sur-orienté de la localidad de Tecamachalco | PMDUST |
| Gaseoductos | Ductos PEMEX | El ducto no... recorre el vecino municipio de Quecholac, en el lado... de Tecamachalco, a X distancia del límite municipal. El impacto por desastre provocado por ductos de Pemex tiene una influencia microregional amplia. | PMDUST |

ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

En el SIG presentamos las áreas dentro del municipio que tienen mayor incidencia de incendios provocados, así como áreas en las que acontecieron incendios de gran extensión, según fueron relatados por el personal del H. Cuerpo de Bomberos del municipio, autoridades de Seguridad Pública y autoridades municipales.

5.3.4 Vulnerabilidad social: rezago en Tecamachalco

La vulnerabilidad frente a amenazas de origen natural o antrópico es un componente de la ecuación del riesgo que, para el caso de este trabajo, se refiere a las condiciones de resiliencia de la sociedad. Está ligada al bienestar, que tiene que ver, a su vez, con la posibilidad de recuperación de un proceso de desastre. Está ligada también con la exposición diferencial a ciertas amenazas, que deriva de la desigual condición de los grupos sociales: es decir, el desastre es peor en tanto el grupo social que lo padezca sea de por sí pobre. Asimismo, hay condiciones de pobreza cotidianas que pueden generar amenazas nuevas. De ahí que interesa comprender cómo y cuál es el rezago en Tecamachalco.

El rezago social es un tema que ocupa a gobiernos de los distintos niveles ya sea, nacional estatal o municipal. Para medirlo existen diferentes metodologías, y una de ellas es con la que cuenta el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), que es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con autonomía y capacidad técnica para generar información objetiva sobre la situación de la política social y la medición de la pobreza en México, que permita mejorar la toma de decisiones en la materia.

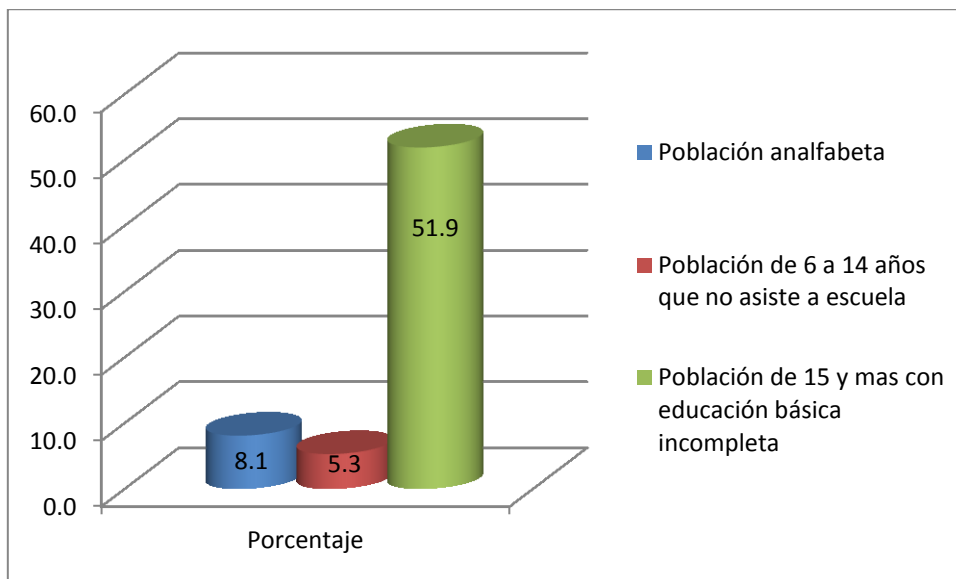
Coneval en sus lineamientos establece que la población en situación de pobreza multidimensional será aquella cuyos ingresos sean insuficientes para adquirir los bienes y los servicios que requiere para satisfacer sus necesidades y presente carencia en al menos uno de los siguientes seis indicadores: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación.

Puebla es una de las entidades federativas a nivel nacional que cuenta con un alto nivel de rezago social ocupando el quinto lugar según datos de Coneval. Tecamachalco tiene un índice situado en un nivel bajo dentro de la escala a nivel nacional.

Sin embargo, los indicadores locales nos muestran que en materia de educación básica las cifras son desalentadoras, ya que un 51.87%, es decir poco más de la media, no ha concluido dicha educación. Además, tomando en cuenta que un 8.7% de la población es analfabeta, y hasta el censo de 2010 un 5.27% de niños no han asistido a la escuela, esto revela que en educación aún existe un hueco que hay que cubrir, ya que la educación es la base para la configuración de personas con mejores oportunidades laborales, económicas y sociales. Se supone, también, que un mejor nivel educativo permite tener una mejor conciencia de la exposición a amenazas, y una mejor comprensión de las mismas.

Para resarcir este problema se requiere una implementación de programas diseñados de acuerdo al contexto que se vive en el municipio, donde no sólo sea la Secretaría de Educación Pública con sus esquemas tradicionales la que participe, sino con organismos tanto municipales como de la misma sociedad la empuje para salir de este rezago tanto en la población infantil como en la población adulta donde se presenta un atraso grave.

INDICADORES DE EDUCACIÓN SEGÚN CONEVAL, MUNICIPIO DE TECAMACHALCO



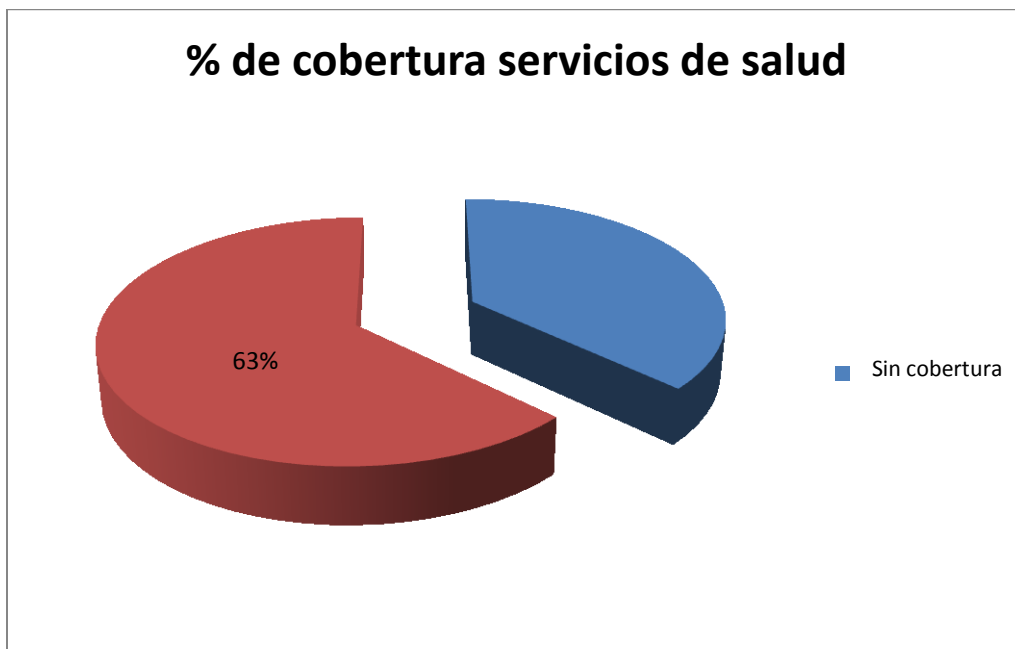
FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CONEVAL 2010.

Con respecto al tema de salud la situación es realmente preocupante: un 63% de la población no cuenta con ningún tipo de seguridad social, es decir, tienen que recurrir a servicios comunitarios o privados de salud, lo cual revela una alta vulnerabilidad de los habitantes de Tecamachalco ya que no contar con los recursos económicos suficientes para solventar su salud, los deja muy susceptibles a cualquier tipo de enfermedad, por curable que esta sea.

A pesar de que en algunas comunidades de la zona se cuenta con una casa de salud, de nada sirve si no funciona, ya que no cuenta con el personal para atender las emergencias que puedan presentarse. Y aunque la cabecera municipal tiene un hospital regional el servicio no es de buena calidad y puede suceder que se pida una cita y sea otorgada a fechas imposibles de esperar cuando de males que avanzan rápido se trata por la cantidad de demanda que existe dentro del lugar.

El rezago social en general que tiene Tecamachalco sin duda se vuelve más grande cuando se toca el tema de Salud y no queremos decir que los otros indicadores sean menos graves pero este apartado es fundamental cuando se habla de calidad de vida, ya que de ahí se desprenden una serie de factores negativos como son la mortalidad, y el desarrollo de múltiples enfermedades entre otras cosas, que pudieron ser prevenidas o atendidas en su momento, pero que no se hizo por falta de infraestructura; Tener un rezago social por vía de un rezago de salud vulnera fuertemente al ingreso familiar que cuando de salud se trata no se puede omitir para la sobrevivencia.

SALUD PÚBLICA CUBIERTA EN EL MUNICIPIO DE TECAMACHALCO

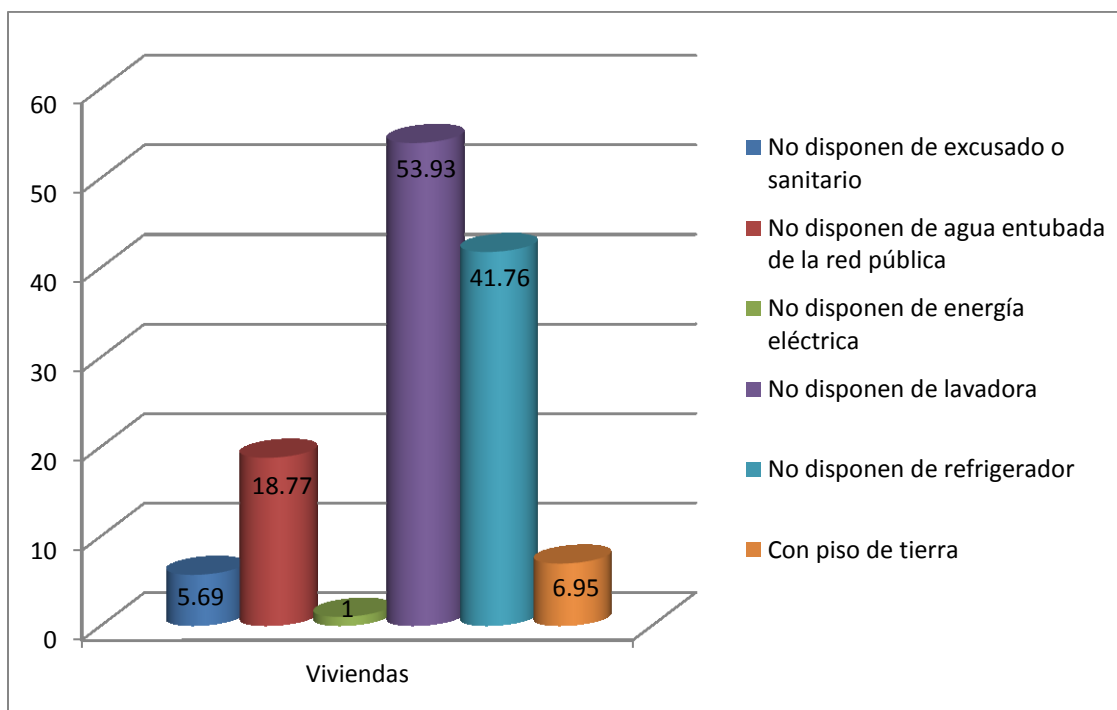


FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CONEVAL 2010.

Otro indicador de rezago social es el de servicios básicos en las viviendas, se puede observar que un porcentaje de la población no cuenta con la infraestructura básica de agua en sus hogares, se trata de la quinta parte aproximadamente, el otro 80 % que sí cuenta con ella en la práctica tiene un gran problema porque no se les otorga el servicio del agua, ya que hay una escasez permanente en la poblacióná además de que el agua es de baja calidad, esto último reportado por los mismos vecinos que tienen la percepción de que esta contaminada por las industria ubicada en la zona, principalmente por Bachoco, y se han registrado casos de enfermedades que sugieren la comprobación del sentir de la población, por lo que se hace necesario monitorear la calidad del agua para descartar cualquier especulación

En el caso de los aparatos eléctricos disponibles en las viviendas, Coneval toma como un indicador que las personas cuenten con refrigerador y lavadora, ya que son indispensables en la vida diaria para el bienestar de la población, esas variables son los que nos muestran que aproximadamente un 40% de los habitantes no cuenta con ambos bienes, y un 41.76% no cuenta con refrigerador, lo que quiere decir que los alimentos no pueden ser guardados por largo periodo de tiempo, debido a su proceso de oxidación, o fermentación.

SERVICIOS BÁSICOS EN EL MUNICIPIO



FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CONEVAL 2010.

El no disponer de un sanitario o excusado con condiciones óptimas de higiene provoca infecciones para los que pudieran estar cerca, y un 5.69 % no cuenta con ello, entonces su vulnerabilidad se dispara al estar en contacto con heces fecales humanas que de entrada son un foco de infección y a larga pueden conllevar a graves complicaciones. Si a esto último se le agrega el indicador de que no se cuenta con servicios de salud adecuados, el cuadro es grave y puede derivar en brotes epidémicos.

Estadísticamente el rezago social en el municipio de Tecamachalco ha disminuido en los últimos 10 años según indicadores de Coneval, de esta forma tenemos el siguiente promedio del total de las comunidades calculado en porcentajes.

En el tema de educación tenemos que el analfabetismo se redujo al 50 por ciento, y que del 11.4 por ciento de la población total de 6 a 14 años que no asistía a la escuela en el año 2000 ahora en el 2010 solo representan el 6.7 por ciento; mientras que de la población mayor a los 15 años que tenían la educación básica incompleta bajaron porcentualmente de 75.2 a 63.3 por ciento.

COMPARATIVO DE PROMEDIO DE TODAS LAS COMUNIDADES DE TECAMACHALCO EN PORCENTAJES

| Años | Población de 15 años o más analfabeta | Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela | Población 15 años y más s/educación incompleta | Población sin derecho a servicios de salud | Viviendas con piso de tierra | Viviendas sin excusado o sanitario | Viviendas sin agua entubada de la red pública | Viviendas sin drenaje | Viviendas sin energía eléctrica | Viviendas sin lavadora | Viviendas sin refrigerador |
|------|---------------------------------------|---|--|--|------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 2000 | 18.9 | 11.4 | 75.2 | 87.4 | 32.8 | 29.2 | 45.0 | 77.8 | 10.1 | 89.9 | 80.6 |
| 2010 | 9.7 | 6.7 | 63.3 | 65.8 | 13.5 | 17.2 | 32.1 | 20.5 | 4.8 | 65.7 | 51.5 |

FUENTE: ELABORACIÓN CUPREDER CON DATOS DE CONEVAL AÑOS 2000 Y 2010.

En el tema de salud encontramos que del promedio de todas las comunidades que tiene Tecamachalco, en el 2000 el 87.4 por ciento no tenía derecho servicio de salud, y en 2010 bajó esta cifra a 65.8 en promedio. En pisos de tierra por vivienda el rezago se abatió más del 50 por ciento al pasar del 32.8 a 13.5 por ciento; mientras que el número de viviendas sin agua entubada bajó del 45 al 32.1 por ciento y, en la instalación de drenaje según las cifras pasó de 77.8 por ciento de viviendas que no lo tenían a 20.5. Este dato, como ya lo señalamos antes, es engañoso porque el drenaje como está actualmente funcionando finalmente no está solucionando el problema de los desechos humanos y aguas grises.

En el tema de los servicios, tenemos que la vivienda sin energía eléctrica, bajo de 10.1 por ciento a solo el 4.8; y que con los indicadores de nivel de ingreso que utiliza Coneval, encontramos que aumentaron los hogares con pertenencias como lavadora y el refrigerador utensilios básicos de acuerdo a este organismo de bienestar social.

Podemos concluir que el rezago social si bien es cierto se ha abatido en los últimos años según datos de Coneval, estos indicadores no necesariamente "indican" que las cosas estén mejorando.

Es menester gubernamental formular políticas más eficientes encaminadas a disminuir el rezago social; desde fomentar una educación integral para que los habitantes tengan elementos para encarar la crisis mundial a la que nos enfrentamos. El hablar de crisis no es simplemente una cuestión económica, sino también ecológica, social y política.

En general la humanidad está entrando a un caos debido a un mal manejo de la estructura productiva disponible y, aunque ya en algunas partes del planeta parece haberse tocado el fondo de esta tendencia, Tecamachalco parece no estar en ese estado, entonces se hace necesario formular política pública social a la medida para abatir este rezago y demostrar con estudios que, si ahora ya se tienen problemas con el medio ambiente, y se han creado riesgos dentro de unos años, la situación va a ser peor de no revertirse la tendencia, y que los únicos que pueden parar este proceso es la misma sociedad civil en todas sus expresiones. Donde la población se incluya en las soluciones y se fortalezcan los mecanismos de toma de decisiones democráticas abiertas a toda la comunidad, todo este trabajo se tiene que hacer en conjunto con los niveles de gobierno existentes para que de esta manera se logre aumentar la calidad de vida y bajar los niveles de vulnerabilidad en caso de la presencia de algún fenómeno natural que pueda desencadenar la presencia de un desastre.

VULNERABILIDAD POR INFRAESTRUCTURA URBANA

| Año | Fecha | Magnitud y/o intensidad | Duración | Ubicación de las evidencias | Daños o afectaciones | Fuentes |
|------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|
| 2010 | 19 de diciembre | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco calle 5 sur | "... alcantarillas que no han sido reparadas por el Sistema Operador de Agua Potable (Soapatec) ..." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 19 de diciembre de 2010 |
| 2010 | 24 de diciembre | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco calle 5 sur | "... se encuentran banquetas sinn terminar, ... en esa zona sólo hay guarniciones, (pero no) aceras." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 25 de diciembre de 2010 |
| 2011 | 5 de enero | No se tiene información | No se tiene información | San Nicolás 10 sur y 23 Oriente y en la calle 12 Sur | Fugas de aguas negras, por "la falta de mantenimiento del drenaje ha provocado que aguas negras corran a cielo abierto, generando una alta contaminación al medio ambiente, se está formando un gran lago debido a que el agua de la alcantarilla está brotando constantemente." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 5 de enero de 2011 |

| | | | | | | |
|------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--|---|
| 2011 | 31 de enero | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco Avenida Juárez | Drenajes obsoletos "El drenaje tiene insuficiente capacidad en zonas del centro, (...) hay lugares donde ya se sobre pasó hasta por 20 años la planeación de la vida útil de la tubería" | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 31 de enero de 2011 |
| 2011 | 7 de febrero | No se tiene información | Época de lluvias | Afectación a infraestructura | se rellena de basura las cunetas "... canal, el cual (...) es un desfogue pluvial; (...) los efectos negativos se verán en la temporada de lluvias)" | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 7 de abril de 2011 |
| 2011 | 8 de julio | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco | "Un promedio de 345 familias que habitan en las laderas del cerro de Techachales están en riesgo de un derrumbe,..." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 8 de julio de 2011 |
| 2011 | 15 de julio | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco | "Debido al crecimiento urbano hacia la zona cerril, esto ha ocasionado que se tenga vegetación de carácter endémico en peligro de extinción." | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 15 de julio de 2011 |
| 2011 | 11 de agosto | No se tiene información | No se tiene información | Tecamachalco | "Dos mil viviendas aproximadamente del municipio de Tecamachalco, carecen de drenaje" | Diario "El Mundo" de Tecamachalco, 11 de agosto de 2011 |

ELABORACIÓN DE CUPREDER, 2011.

Política de protección civil y atención a emergencias

En Tecamachalco existe una Dirección de Protección Civil, y diversos cuerpos de emergencia: Cruz Ámbar, Cruz Roja, Central de Emergencias y Rescate, AC, servicio 066, cuerpo de Bomberos. La Dirección de Seguridad Pública y Tránsito Municipal también asume funciones de Protección Civil y rescate, si hace falta. El grupo más consolidado atendiendo emergencias tales como incendios urbanos y rurales, derrames de sustancias peligrosas, inundaciones, y procurando aplicar una línea preventiva, parece ser el Cuerpo de Bomberos. La H. Cruz Roja hace labores de atención y traslado de heridos, y en menor medida otros cuerpos similares.

La Dirección de Protección Civil del Ayuntamiento tiene el reto de generar una política pública verdaderamente preventiva y normativa; en cuanto a la atención de las emergencias, lo deseable es que pueda fungir como articuladora de los mencionados cuerpos.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN CIVIL EN TECAMACHALCO: JUNTAS AUXILIARES Y COMUNIDADES

| Localidad y/o comunidad | Existen Unidades de Protección Civil | Reuniones informativas sobre peligros o desastres | Material informativo entregado | Simulacros | Normas de construcción |
|-------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| La Soledad | No | No | No | Se han realizado simulacros en la escuela sobre desastres en la primaria | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |

| | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------------|---|--|
| Xochimilco | No | No | No | No | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| San Mateo Tlaixpan | No | Ha citado el municipio sobre sismos | No especifica | Se han realizado simulacros en la escuela | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Santiago Alseseca | No | Sí | No | Este año 2 veces en las escuelas para alumnos y algunos padres de familia | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Santa Rosa | No | Se han citado 2 reuniones por el Coordinador de Protección Civil | No | Sí y se formó un Comité de Protección | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| La Purísima de Hidalgo | No | Sí, sobre prevención | Se han entregado boletines o volantes | Cada año | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Francisco Villa | No | Se han dado 2 reuniones informativas sobre algunos peligros | No | En Escuelas | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Tecamachalco | Sí, el responsable es Adán González Valerdi | Se han realizado 2 reuniones en el año y se dirigen al público en general, se trata de riesgos, inseguridad y se dan cursos de protección civil en incendios y rescates | Se han entregado trípticos | Una vez al año se realizan simulacros | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Lomas de Romero | No | Una vez al año y fue citado por el Comisariado y trataron tema de enfermedades | No | No | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| San Antonio La Portilla | No | No | No | En escuelas | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |

| | | | | | |
|---------------------|----|----|----|-------------|--|
| San Antonio Tecolco | No | No | No | En escuelas | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| La Laguna | No | No | No | No | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |
| Barrio La Villita | No | No | No | No | No hay normas para edificios nuevos, tendido de líneas eléctricas o instalaciones de tuberías de gas |

FUENTE: ELABORACIÓN DE CUPREDER CON DATOS DE LA FICHA BÁSICA APLICADA ENTRE EL 19 DE SEPTIEMBRE Y EL 9 DE NOVIEMBRE DE 2011.