

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



SECRETARÍA DE DESARROLLO
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

Actualización Atlas de Riesgos Naturales del *Municipio de Tlacotalpan, Veracruz* 2013



H. AYUNTAMIENTO
TLACOTALPAN
2011-2013
Patrimonio Cultural de la Humanidad

Fecha: 9 de diciembre de 2013
Número de avance: Entrega final
Número de obra: 330178PP018154
Número de obra SIIPSO: 18154
Municipio de Tlacotalpan, Veracruz



BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.
Dirección: Primavera # 258, Colonia Álvaro Obregón
Teléfono: (01 228) 2 00 15 85 / (01 800) 001 58 52
C.P. 91060
Xalapa, Veracruz.

PREVENCIÓN

Contenido

1. Antecedentes e Introducción.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Objetivo.....	4
1.4. Alcances.....	4
1.5. Metodología General.....	5
1.6. Contenido del Atlas de Riesgos.....	5
2. Zona de estudio.....	7
3. Caracterización de los elementos del medio natural.....	8
3.1. Fisiografía.....	8
3.2. Geología.....	11
3.3. Geomorfología.....	13
3.4. Edafología.....	15
3.5. Cuencas y Subcuencas.....	18
3.6. Hidrografía.....	20
3.7. Climatología.....	25
3.8. Uso de suelo y Vegetación.....	27
3.9. Áreas naturales protegidas.....	31
4. Características demográficas.....	31
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población.....	31
4.2. Características sociales.....	34
4.3. Actividades económicas.....	37
4.4. Estructura urbana.....	38
5. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	40
5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico-Geomorfológicos.....	40
5.1.1. Vulcanismo.....	40
5.1.2. Fallas y Fracturas.....	41
5.1.3. Sismos.....	42
5.1.4. Tsunamis.....	45
5.1.5. Inestabilidad de laderas.....	46
5.1.6. Flujos (lahares y avalanchas).....	47

5.1.7.	Caídas, Derrumbes y Deslizamientos	48
5.1.8.	Hundimientos	49
5.1.9.	Subsidencia	50
5.1.10.	Agrietamientos	51
5.1.11.	Erosión	52
5.2.	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológicos.....	55
5.2.1.	Ondas cálidas y gélidas.....	55
5.2.2.	Sequía.....	59
5.2.3.	Heladas	63
5.2.4.	Tormentas de granizo	65
5.2.5.	Tormentas de nieve	66
5.2.6.	Ciclones (Huracanes y ondas tropicales).....	67
5.2.7.	Vientos	70
5.2.8.	Tornados.....	73
5.2.9.	Tormentas de Polvo.....	74
5.2.10.	Tormentas eléctricas.....	75
5.2.11.	Inundaciones	79
5.3.	Mapa de riesgos por inundación de la de Tlacotalpan	83
5.4.	Vulnerabilidad social	88
5.5.	Vulnerabilidad Física.....	90
6.	Obras y Acciones de mitigación.....	91
7.	Anexos	93
7.1.	Tablas de información sociodemográfica	93
	Bibliografía.....	98

1. Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción

"Las pérdidas que ocasionan los desastres van en aumento, acarreado graves consecuencias para la supervivencia, la dignidad y los medios de vida de los seres humanos, en particular los pobres, y para el desarrollo logrado a costa de mucho esfuerzo. El riesgo de desastres es un motivo de creciente preocupación mundial cuyo impacto y acción en una región pueden repercutir en los riesgos de otra y viceversa (Naciones Unidas, 2005)."

En el municipio de Tlacotalpan la ocurrencia de los embates de fenómenos naturales ha ocasionado la lamentable pérdida de vidas humanas, y millones de pesos en daños materiales sufridos en viviendas, terrenos utilizados para actividades productivas, caminos, puentes y zonas explotadas por la población para desarrollo de actividades económicas, así como la infraestructura de sus comunidades.

En la actualidad, el avance de la tecnología, aunado a modernas visiones y esquemas de coordinación, permite monitorear y detectar permanentemente muchos de los fenómenos perturbadores, y prevenir sus efectos, poniendo principal énfasis en evitar la pérdida de vidas humanas.

Esta evolución, ha generado importantes cambios en esquemas de acción en materia de protección, fomentando una transición de la reacción a la prevención; sustentados primordialmente en el conocimiento sobre el origen, manifestación e impacto de los fenómenos. Este conocimiento permite actuar para algunos fenómenos en forma temprana, con mayor eficacia operativa y buscando minimizar la pérdida de vidas y bienes materiales.

Por todo lo anterior el Municipio de Tlacotalpan, Ver., ha invertido un gran esfuerzo y recursos para presentar este **Atlas de Riesgos**, que representa una aplicación de la estrategia de prevención y mitigación de los riesgos de forma práctica y precisa.

A través de este Atlas, las autoridades encargadas de la protección civil, la población en general y científicos y académicos podrán identificar los diferentes peligros que afectan el territorio municipal, así como la frecuencia y el impacto que pueden generar estos acontecimientos en la población y sus bienes.

El uso pertinente y adecuado de este Atlas permitirá establecer las acciones de protección necesarias para la prevención y mitigación de riesgos en todos los niveles de gobierno y la sociedad, ya que contiene de manera clara la identificación de cada uno de los peligros que históricamente han afectado el territorio municipal y las estrategias de prevención y/o mitigación en caso de presentarse dichos acontecimientos.

A lo largo del mismo, podrá encontrar los elementos que conforman el medio natural del municipio, posteriormente se presenta la descripción de las condiciones de vida de los habitantes por medio de indicadores sociodemográficos. La parte medular del presente documento, muestra los fenómenos perturbadores de origen geológico e hidrometeorológico que afectan el territorio municipal, cada uno con una descripción detallada y un mapa que permite ubicar fácilmente las localidades afectadas.

Luego de la descripción de los fenómenos perturbadores, se muestra un estudio de vulnerabilidad de la población y finalmente, la propuesta de obras y acciones de mitigación contra los diferentes peligros señalados.

1.2. Antecedentes

En el Municipio de Tlacotalpan, la existencia de peligros y riesgos naturales ha sido constante debido a su ubicación geográfica y a las condiciones de desarrollo de su población, lo cual ha desembocado en un estado de riesgo constante, generando lamentables pérdidas cotidianamente.

Los fenómenos que han afectado de manera recurrente a los habitantes de esta demarcación municipal en los últimos diez años, desafortunadamente han causado la pérdida de vidas humanas y materiales, mismas que han afectado la tranquilidad, economía y estabilidad de los habitantes de este municipio del Estado de Veracruz.

De acuerdo las declaratorias del Gobierno Federal, el Atlas de Riesgos Municipal elaborado en 2009 y diversas fuentes, entre las que se encuentran autoridades y habitantes del municipio, los peligros que más afectan el territorio municipal de Tlacotalpan son: tormentas eléctricas, temperaturas máximas, vientos, sequía e inundaciones.

Como complemento de los antecedentes relacionados con la frecuencia de la ocurrencia de desastres causados por fenómenos de origen natural; y con la intención de reforzar la necesidad que se tiene de contar con un Atlas Municipal de Riesgos actualizado, la siguiente tabla muestra las Declaratorias de Desastre Natural para efectos de las reglas de operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) en las cuales se ha visto beneficiado el municipio de Tlacotalpan, en los últimos años, debido a los embates de los fenómenos naturales:

DECLARATORIAS DE DESASTRE NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE TLACOTALPAN, VERACRUZ EN EL PERIODO 2003 – 2013		
Fechas en las que aconteció el desastre	Causa de la declaratoria	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación
14 al 24 de septiembre de 2003	Daños provocados por las lluvias atípicas e impredecibles.	9 de octubre de 2003
15 de junio de 2005	Contingencia climatológica en virtud de los daños provocados por lluvia torrencial.	20 de julio de 2005
3 al 7 de octubre de 2005	Lluvias extremas que provocaron escurrimientos, desbordamiento de ríos, inundaciones y deslaves ocasionados por la ocurrencia del ciclón tropical Stan y la onda tropical No. 40.	11 de noviembre de 2005
4 y 9 de octubre de 2008	Inundación atípica.	11 de diciembre de 2008
21 al 31 de agosto de 2010	Inundación fluvial.	07 de septiembre de 2010
26 al 28 de septiembre de 2010	Ocurrencia de lluvias severas.	19 de octubre de 2010
1 de enero al 30 de marzo de 2011	Desastre natural perturbador en el sector Agropecuario, Acuícola y Pesquero, a consecuencia de sequía atípica.	07 de octubre de 2011

Tabla 1. Análisis histórico de las declaratorias emitidas por la Secretaría de Gobernación en el Municipio de Tlacotalpan durante el periodo 2003 - 2013.

Como se aprecia en la tabla anterior, la frecuencia con la que los fenómenos naturales alcanzan proporciones de desastre en el municipio de Tlacotalpan es muy representativa. Por esta razón es necesario llevar a cabo acciones de ayuda a preparar a la población para actuar en caso de contingencia, especialmente la población que por diversas razones ha establecido sus lugares de residencia en sitios no aptos para el establecimiento de asentamientos humanos.

Fundamentos jurídicos del Atlas de Riesgos

Tener conocimiento del marco jurídico que respalda la formulación del Atlas de Riesgos Municipal constituye el mejor instrumento con el que la administración pública cuenta para promover un esquema de trabajo apegado al derecho, razón por lo cual se hará referencia a los preceptos más importantes.

El Atlas de Riesgos Municipal tiene como referentes las siguientes bases legales:

- Ley General de Protección Civil
- Ley General de Asentamientos Humanos
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Protección Civil para el Estado de Veracruz

1.3. Objetivo

A continuación se presentan los objetivos planteados en la elaboración de este Atlas Municipal de Riesgos.

Objetivos Generales

- Elaborar un documento que permita identificar los riesgos potenciales a partir de los diversos peligros existentes en el municipio de Tlacotalpan y que pueden afectar a la población, la infraestructura y a los recursos naturales del mismo.
- Proporcionar la base técnica para la creación de estrategias de prevención y mitigación de los riesgos a nivel integral en el municipio.

Objetivos específicos

- Recopilar la documentación técnica referente al municipio de Tlacotalpan y que sea aplicable en la prevención de desastres a nivel municipal: documentación jurídica e histórica.
- Analizar y describir los elementos que conforman el medio natural y sociodemográfico del municipio de Tlacotalpan.
- Integrar un documento donde se identifiquen los diversos peligros naturales a los que se encuentra expuesta la población del municipio de Tlacotalpan, las zonas de riesgo (ZR) existentes y las zonas de conflicto en las que la ocupación y el aprovechamiento del suelo resulten incompatibles con los peligros detectados.
- Generar las recomendaciones y propuestas de obras y acciones de mitigación y gestión del riesgo en el municipio de Tlacotalpan, Veracruz.

1.4. Alcances

Con el Atlas de Riesgos actualizado del Municipio de Tlacotalpan, Veracruz, las autoridades tendrán a su disposición un instrumento con el cual podrán tomar las decisiones más acertadas en materia de prevención y mitigación de los riesgos provocados por los fenómenos perturbadores de origen natural.

Asimismo, contarán con los mecanismos que les permitan normar los distintos usos actuales y futuros del suelo, señalando los límites de crecimiento, estipulando los programas prioritarios para que el centro de población tenga un proceso de crecimiento ordenado, seguro y estable, con la finalidad de alcanzar las mejores condiciones de vida para los habitantes de Tlacotalpan.

1.5. Metodología General

La base fundamental para poder realizar un diagnóstico conveniente de los riesgos presentes en los asentamientos humanos y su entorno, es el conocimiento científico de los fenómenos que afectan una región, además de poder realizar una estimación del impacto y consecuencias que éstos pueden ocasionar. Dichas consecuencias dependen de la infraestructura existente en la zona, así como las características sociodemográficas de los asentamientos en el área de análisis.

Debido a la importancia que conlleva ejecutar acciones que coadyuven a preservar el bienestar de los habitantes de una región, se menciona a continuación de manera general el proceso metodológico utilizado en la elaboración de este Atlas Municipal de Riesgos:

1. Recopilación de información bibliográfica e histórica del municipio en estudio.
2. Análisis detallado de las características del medio natural que conforman el territorio municipal y su entorno.
3. Estudio minucioso de las condiciones sociodemográficas de los habitantes del municipio, destacando los procesos de expansión de las áreas urbanas y de ocupación de las zonas de riesgo.
4. Identificación del origen de los peligros del medio natural que afectan al municipio en estudio.
5. Análisis detallado de las zonas afectadas por los diferentes peligros identificados en el punto anterior. Dicho análisis se hará realizando mediciones de campo utilizando dispositivos de posicionamiento global, análisis de imágenes de satélite, fotografías aéreas y con evidencia cuya fuente sean los datos proporcionados por los habitantes de las zonas en estudio.
6. Elaboración de cartografía digital con las diferentes Zonas de Riesgo (ZR) identificadas ante los diversos peligros o fenómenos perturbadores que afecten el territorio municipal.
7. Estudio de vulnerabilidad hacia los diferentes fenómenos identificados.
8. Determinación de los niveles de riesgo y grado de exposición de la población hacia los diferentes riesgos identificados.
9. Cálculo de los niveles de riesgo ante los diferentes peligros encontrados, tomando como base los niveles de exposición, peligro y vulnerabilidad social identificados en los pasos anteriores.
10. Elaboración de cartografía digital con los niveles de riesgo ubicados en el territorio municipal.
11. Diseño de propuestas de obras y acciones de mitigación para los riesgos identificados en pasos anteriores.
12. Elaboración de cartografía digital con la ubicación de las obras y acciones que mitiguen los riesgos estudiados en pasos anteriores.

1.6. Contenido del Atlas de Riesgos

El Atlas Municipal de Riesgos de Tlacotalpan, Veracruz, se conforma de la siguiente manera:

- **Introducción y antecedentes**

Contiene una breve explicación de las problemáticas relacionadas con los peligros de origen natural que a nivel histórico y a la fecha se presentan en el municipio de Tlacotalpan, Veracruz.

- **Determinación de la zona de estudio**

Delimitación de la zona en estudio a través de la descripción de la región a la que pertenece el municipio a nivel de cuencas hidrológicas, a nivel de definición poligonal de los límites y ubicación dentro del estado, y finalmente a través de la descripción de las localidades por medio de la traza urbana. Para cada uno de los niveles mencionados anteriormente se presentan mapas que permiten identificar cada uno de los elementos explicados.

- **Caracterización de los elementos del medio natural**

En este apartado se analizan los elementos que conforman el medio físico de la zona de estudio, a partir de las características naturales de la zona. Los temas descritos son: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo y vegetación, áreas naturales protegidas y problemática ambiental. Para cada uno de los temas citados anteriormente se presenta un mapa con su descripción detallada.

- **Caracterización de los elementos, sociales, económicos y demográficos**

Esta sección del documento integra una breve caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio con indicadores básicos que revelan las condiciones generales del estado que guarda el municipio. Para los diversos factores de la dinámica social descritos en este apartado se incluye un mapa que los describe.

- **Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural**

Contiene la información sobre el análisis de cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, área de ocurrencia y grado o nivel de impacto, determinando la vulnerabilidad social de las poblaciones expuestas a esas amenazas; una vez ubicadas las zonas de riesgo se presentan las propuestas de obras y acciones que coadyuvarán a disminuir el riesgo, así como los estudios que detallen los niveles de riesgo o peligro.

3. Caracterización de los elementos del medio natural

En este apartado se analizarán los elementos que conforman el medio físico del municipio de Tlacotalpan. Para cada uno de los elementos descritos, se puede encontrar en el Anexo Cartográfico un mapa que muestra la distribución de los componentes mencionados.

3.1. Fisiografía

Las provincias fisiográficas son regiones en las que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores, con un mismo origen geológico y características semejantes de suelos y vegetación. Por lo tanto, la caracterización de las unidades fisiográficas está basada en la conjunción de rasgos de clima, morfología, edafología y vegetación, lo cual permite analizar de manera integral las diferentes características del paisaje y cómo éstas se relacionan entre sí.

En México existen 15 grandes regiones fisiográficas, entre las cuales se encuentra la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Sur, en la cual se encuentra el municipio de Tlacotalpan. Esta provincia comprende las regiones costeras del Estado de Veracruz y Tabasco, y está conformada principalmente por planicies aluviales formadas por los depósitos de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta (Medina Chena, Salazar Chimal, & Álvarez Palacios, 2010).

Para la elaboración del Mapa fisiográfico del municipio de Tlacotalpan, se usó la información sobre climatología, geomorfología, edafología y uso de suelo y vegetación previamente generada. A partir de lo anterior, se definió a la morfología como el principal rasgo identificador y se delimitaron las unidades en base a las características dominantes de cada una de las variables. Como resultado se obtuvieron cuatro unidades fisiográficas para el municipio, las cuales se describen a continuación.

Planicie detrítica inundable con uso agrícola

Es una de las principales unidades fisiográficas del municipio de Tlacotalpan. Abarca un área de 408.75 km², lo que representa el 70.89% del área municipal. Esta unidad presenta un clima cálido subhúmedo, con un paisaje caracterizado por planicies formadas por el depósito de sedimentos de origen tanto fluvial como lacustre.

A partir de esto se han desarrollado suelos arcillosos inundables de tipo Gleysol en asociación con Fluvisoles principalmente. Sin embargo, estas zonas han sido ocupadas por las actividades agropecuarias como los cultivos y los pastizales inducidos.

Planicie detrítica inundable con vegetación acuática y subacuática

Esta unidad ocupa un área dentro del municipio de 33.13 km², que representa el 5.74% del total del territorio municipal. El clima es de tipo cálido subhúmedo, con un relieve de planicies formadas por el depósito de detritos principalmente lacustres, sobre los que se forman suelos de tipo Gleysol. El tipo de vegetación en esta unidad está representado principalmente por manglares y popales.

Planicie detrítica inundable con vegetación de sabana

Se localiza hacia el noreste del municipio, en donde se encuentran las lagunas de Cañas, laguna el Reloj y laguna Fresada, cerca de la localidad de California. Abarca un área de 29.71 km², que representa el 5.15% del total de territorio municipal.

Esta unidad presenta un clima de cálido húmedo a subhúmedo, y está conformada por planicies de depósitos detríticos, principalmente de origen lacustre y en menor medida de origen fluvial. Los suelos que se desarrollan sobre esta unidad son de tipo Gleysol muy arcillosos, con vegetación de sabana.

Planicie detrítica inundable con vegetación de selva baja perennifolia

Esta unidad se encuentra de manera dispersa a lo largo del municipio debido a que corresponde con los remanentes de selva baja perennifolia que persisten al cambio de uso de suelo. En

conjunto ocupan un área de 50.89 km², que representa el 8.82% del territorio del municipio de Tlacotalpan.

Se caracteriza por un clima de tipo cálido subhúmedo principalmente, con planicies formadas en mayor proporción por depósitos fluviales y en menor medida por depósitos lacustres. Los suelos que se forman en esta unidad son principalmente de tipo Gleysol, con texturas arcillosas. La vegetación que predomina es de selva baja perennifolia, la cual se caracteriza por desarrollarse en suelos sujetos a inundación.

Altimetría

El municipio de Tlacotalpan se encuentra principalmente en un rango altitudinal de 0 a 20 metros sobre el nivel del mar, formando una extensa planicie originada por la dinámica hidrológica. Sin embargo, fuera del territorio municipal se pueden distinguir otros rangos altimétricos, como en la región de dunas costeras, en donde se observan dunas con alturas de hasta 100 metros.

Pendientes

El municipio de Tlacotalpan presenta pendientes de 0 a 0.5 grados de inclinación, lo que indica que está caracterizado por un relieve principalmente plano. Las zonas con mayor pendiente se localizan fuera del municipio, en la región de las dunas costeras, en donde llegan a alcanzar un máximo de 20 grados de inclinación.

3.2. Geología

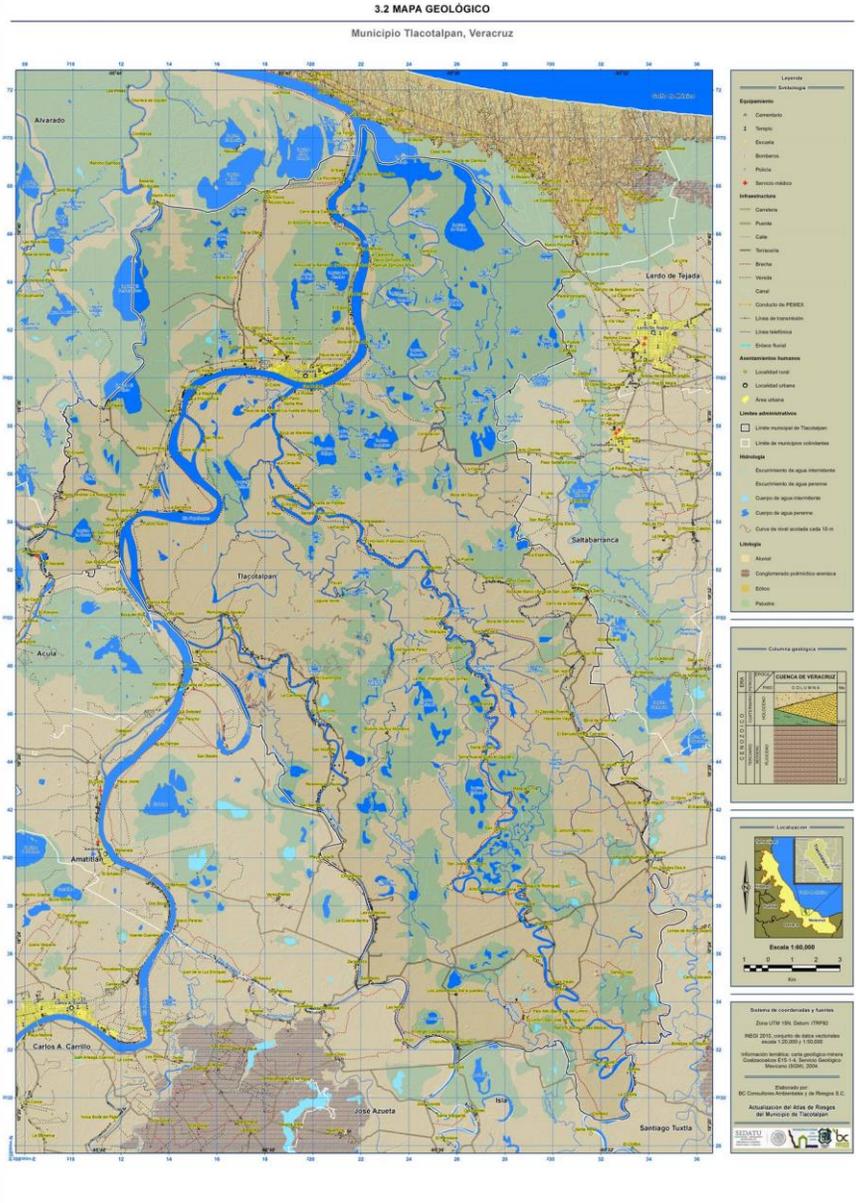
El municipio de Tlacotalpan, Veracruz, se ubica en la provincia Llanura Costera Veracruzana (Cervantes-Zamora *et al.*, 1991), y se encuentra embebido en la cuenca del río Papaloapan (Mapa de determinación de la zona de estudio). Su geología está intrínsecamente relacionada con la evolución tectónica del Golfo de México que ocurre desde el Triásico Superior con la ruptura del supercontinente Pangea y que continúa con la sedimentación de diversas Formaciones sobre las cuales sobreyacen las unidades litológicas que se encuentran en el municipio.

En Tlacotalpan se diferencian dos unidades litológicas, ambas del Holoceno, los sedimentos palustres y los aluviales (Mapa geológico), cuyo origen ha sido favorecido por la planicie que domina el municipio (Mapa de pendientes) y la constante aportación de agua que ha originado zonas de inundación periódica.

Los primeros están relacionados con zonas inundadas permanente o intermitentemente, las cuales han permitido el desarrollo de la vegetación y la constante aportación de materia orgánica; en Tlacotalpan los sedimentos palustres se componen principalmente de granos de limo y arcilla de color oscuro y de olor fétido debido a la eutrofización de la materia orgánica y están relacionados a zonas cubiertas por manglares o popales (Mapa de vegetación y uso del suelo).

Las zonas cubiertas por sedimentos aluviales corresponden a áreas de aportación de material detrítico, arenas y limos principalmente, depositado por la dinámica de la red de drenaje detrítica (Mapa hidrológico), que alimenta al río Papaloapan, alrededor del cual se extiende la mayor parte de la planicie aluvial, debido a las dimensiones de su caudal.

Mapa 3. Mapa Geológico



3.3. Geomorfología

El municipio de Tlacotalpan se encuentra en la zona baja o de emisión de la cuenca del Papaloapan, en donde el proceso erosivo dominante es la sedimentación del material transportado por los escurrimientos desde la zona media y alta de la cuenca. Debido a su red hidrográfica, en definitiva, el proceso geomorfológico dominante en el municipio es el fluvial, el cual debe su presencia a flujos de agua encauzados y semiencauzados.

En Tlacotalpan pueden encontrarse cinco unidades geomorfológicas diferenciadas por su génesis y morfología. De estas, las más extendidas son las planicies de las cuales se pueden diferenciar las planicies fluviales y las palustres, y que corresponden al relieve exógeno acumulativo. Cabe precisar que la morfogénesis de cada una responde a factores diferenciados, la planicie fluvial está relacionada con la dinámica de crecida y estiaje de las corrientes fluviales mientras que la palustre se encuentra determinada por zonas de inundación temporal o permanente, las cuales han favorecido el desarrollo de vegetación hidrófila (Mapa de vegetación y uso del suelo). Esta diferenciación otorga a las dos planicies características granulométricas diferentes (ver apartado de Geología) y una morfoevolución particular.

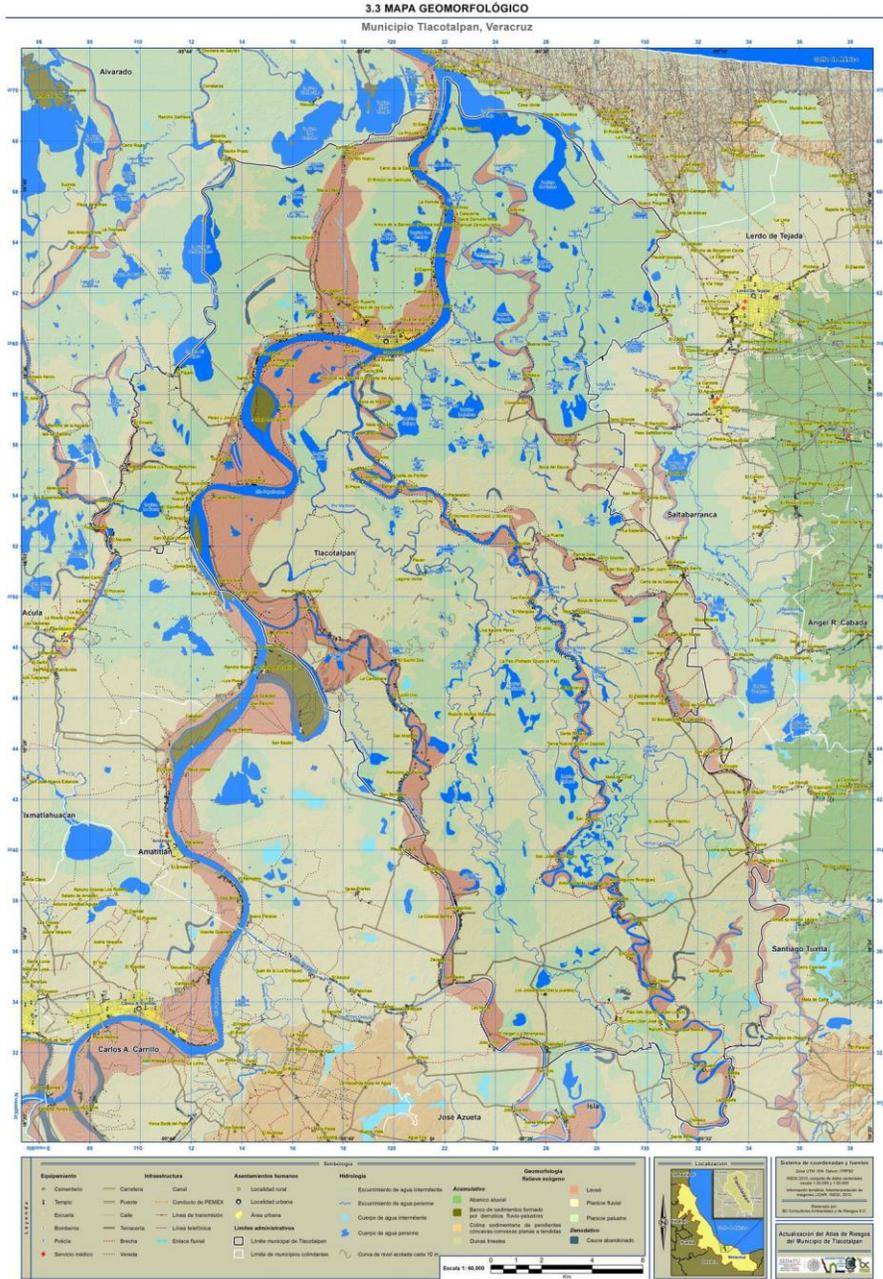
Como puede observarse en el Mapa Geomorfológico, las planicies palustres se desarrollan de forma dominante en la zona cercana a la línea de costa, debido a la amplitud de los canales o cauces y en donde las dunas actúan como un dique natural, favoreciendo la inundación periódica o permanente. Por otro lado las planicies fluviales están asociadas a las corrientes hídricas, principalmente al río Papaloapan, ya que es la corriente de mayor caudal.

Perteneciente también al relieve exógeno acumulativo, se encuentran los bancos de material formados por derrubios fluviopalustres. Estos corresponden a formas positivas del relieve con poca profundidad o sobresaliendo del cauce, formados por el depósito de la carga de la corriente, a lo que sigue un crecimiento por acumulación a los lados y aguas abajo (Lugo-Hubp, 2011). En el municipio de Tlacotalpan se observan algunos bancos de material en los lagos cercanos a la zona de dunas (Mapa geomorfológico), algunos de estos forman islas de material más consolidado, probablemente recrecidos alrededor de un núcleo rocoso.

Sobre el cauce del río Papaloapan, se observan igualmente varios bancos de material, debido a la abundante carga de sólidos que arrastra consigo. Algunos de estos bancos poseen grandes dimensiones, el más extenso de ellos, ubicado a la altura de la localidad La Guadalupe, posee más de 3 km². Este banco de material originó un meandro que ahora ha sido parcialmente abandonado por la corriente. Otros cauces abandonados se encuentran al sureste, cerca del cauce del río San Juan (Mapa geomorfológico), los cuales se han formado en su mayoría por estrangulamiento; estos constituyen la única geoforma denudativa del municipio.

La magnitud del caudal de algunos de los escurrimientos que recorren el municipio, sobre todo el río Papaloapan, ha originado que en mediante desbordamientos periódicos sobre la llanura formen flujos secundarios, y hagan recrecer las márgenes del cauce generando diques naturales o levées, los cuales en ocasiones pueden ser fijados posteriormente por la vegetación (Pedraza, 1996).

Mapa 4. Mapa Geomorfológico



3.4. Edafología

La identificación y definición de las unidades edafológicas facilita la planificación del uso del suelo, y coadyuva en el análisis de peligros, como por ejemplo las inundaciones, la erosión hídrica, los deslaves (movimientos gravitacionales), entre otros. Por lo tanto, el principal objetivo del análisis edafológico es mostrar la disposición de las distintas unidades de suelo, así como sus características, lo cual se encuentra representado en el Mapa edafológico.

Este mapa se elaboró mediante la información elaborada y presentada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el Conjunto Nacional de Datos Vectoriales de Edafología escala 1:250000 serie II, de la carta Coatzacoalcos, clave E1504. A partir de lo anterior se identificaron tres tipos de suelos dominantes en el municipio que son el Gleysol, Vertisol y Phaeozem.

Gleysol

Los Gleysoles son el suelo con mayor extensión tanto en el municipio como en la zona colindante. Ocupa el 88.75% del área total del municipio de Tlacotalpan y se caracteriza por presentar una textura de tipo fina o arcillosa. De manera general, los Gleysoles se forman sobre materiales no consolidados recientes, principalmente en los de origen fluvial, marino y lacustre, en relieves planos y depresiones. Estos suelos se asocian principalmente a zonas de inundación, debido a que se caracterizan por un estado de saturación durante largos periodos por la presencia de aguas freáticas (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Uno de los principales problemas para el manejo de este tipo de suelos es la necesidad de instalar un sistema de drenaje de canales profundos para disminuir la saturación hídrica. Los Gleysoles drenados adecuadamente pueden usarse para cultivos arables e incluso horticultura. Sin embargo, no es recomendable laborearlos cuando están bajo condiciones de alta saturación o en zonas de depresión, debido a que eventualmente volverán a inundarse, por lo que es mejor conservarlos con su cubierta forestal natural (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Cabe mencionar que los Gleysoles en el municipio de Tlacotalpan presentan también características de suelos de tipo Vertisol y Fluvisol principalmente, cuya característica es que han estado fuertemente influenciados por el agua. Este tipo de suelos se forman también sobre terrenos deprimidos o planos, a partir de material no consolidado, lo cual determina que la textura dominante sea de fina o arcillosa.

Finalmente, de acuerdo a lo registrado por el INEGI en el Conjunto Nacional de Datos Vectoriales de Edafología, dentro del municipio existen Gleysoles con altas concentraciones de sales solubles, condiciones sobre la cual es común encontrar vegetación de manglar (Mapa de vegetación y uso del suelo). Los Gleysoles con estas características tienen poco valor agrícola, por lo que generalmente son usados para pastoreo extensivo, sin embargo, es recomendable conservar la vegetación nativa, especialmente tratándose de manglares (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Vertisol

Los Vertisoles son el segundo suelo dominante dentro del municipio, aunque tan sólo ocupan el 1.74% del total del área municipal. Se localizan en la zona oriental, hacia la localidad de La Esperanza, cerca de la Laguna Michapite. Presentan una textura fina y elementos de suelos de tipo Gleysol y Phaeozem.

De manera general, los Vertisoles se desarrollan en depresiones y zonas llanas a onduladas, y se caracterizan por contener una alta proporción de arcillas expandibles, lo cual los hace susceptibles a las inundaciones y de difícil manejo, debido a que cuando se secan forman grietas profundas desde la superficie hacia abajo. Debido a esto, uno de los principales peligros asociados a este tipo de suelos, además de las inundaciones, son los agrietamientos en construcciones y obras por la capacidad expansiva de las arcillas (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

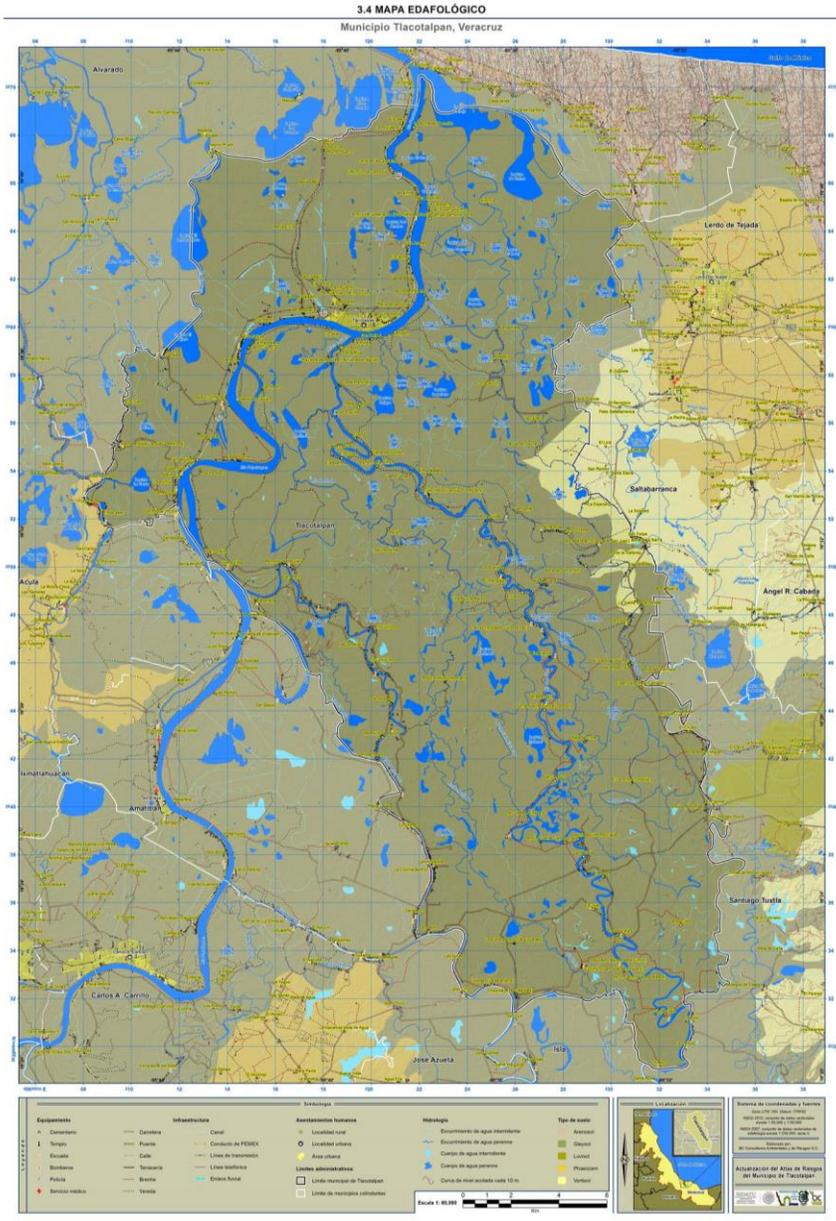
No obstante, los Vertisoles tienen un considerable potencial agrícola, si se manejan adecuadamente. Por ejemplo, el cultivo de algodón tiene un buen desempeño sobre este tipo de suelos, debido a que su sistema radicular vertical no se daña severamente por los agrietamientos, a diferencia de por ejemplo sistemas forestales. Sin embargo, las prácticas de manejo deben

enfocarse principalmente al control del agua, en combinación con la conservación o mejora de la fertilidad (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Phaeozem

Los Phaeozems son suelos oscuros ricos en materia orgánica que se desarrollan sobre material no consolidado, sobre tierras llanas a onduladas. Son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas, sin embargo, la erosión tanto eólica e hídrica son peligros serios (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007). Estos suelos ocupan una mínima porción dentro del territorio municipal, con menos del 1% del total del área total, pero son más representativos en la zona colindante del municipio, localizándose hacia el noreste y suroeste de la región.

Mapa 5. Mapa Edafológico



3.5. Cuencas y Subcuencas

Una cuenca hidrológica es un área natural o perturbada en donde cae lluvia o emergen nacimientos de agua desembocando en un punto común, se puede subdividir en subcuencas y microcuencas.

A lo largo del territorio nacional, se presenta un patrón distintivo de oferta y distribución de agua, en el que las cabeceras de las cuencas caracterizadas por cursos de aguas temporales e incipientes difícilmente pueden mantener actividades agrícolas intensas (Boege, 2009).

En el estado de Veracruz la disponibilidad per cápita es de 8,796 m³/año, la precipitación anual es de 1484 mm. Se cuenta con una planeación del Consejo del Sistema Veracruzano del Agua en 5 regiones: Panuco (16 municipios), Norte (47 municipios), Centro (58 municipios), Papaloapan (68 municipios) y Coatzacoalcos (23 municipios), (Gobierno del estado de Veracruz, 2010). Así mismo el SIATL propone su propia subdivisión de subcuencas.

Para el municipio de Tlacotalpan, Veracruz el INE en el 2010 consideró que se encuentra en la cuenca del Río Papaloapan y el SIATL considera 3 subcuencas que inciden en el territorio municipal, Río Tesechoacán, Río Papaloapan y Río Camarón.

Se realizó, también, una modelación de flujos para determinar la acumulación y escurrimientos relacionado con la topografía y generar las microcuencas dentro del territorio municipal, así como la dirección de los escurrimientos. Se encontraron 5 microcuencas, tomándose como cauce principal al Río Papaloapan que disecciona al municipio.

La primera de estas microcuencas se encuentra al norte del municipio en las localidades de El Estero y La Providencia y pertenece a la subcuencas del Río Papaloapan , y contempla a la Laguna Cerro del Gato que se encuentra en el municipio colindante de Alvarado, la siguiente microcuenca cubre casi por completo el este del municipio tomando en cuenta el Río San Juan el cual tiene como afluentes a el Río Martinela, arroyo Caño el Carrizo y Arroyo la Cocina, esta pertenece también a la subcuenca del Río Papaloapan. En el norte centro se encuentra otra microcuenca que contempla a la Laguna la Natilla y a la localidad de Boca de Paredes y pertenece a la subcuenca del Río Tlacotalpan. La última de estas microcuencas se encuentra hacia el oeste del municipio y pertenece a la subcuenca del Río Camarón, contempla al Río Chiquito y varias lagunas como Laguna los Amates.

3.6. Hidrografía

El mapa de hidrografía presenta la distribución espacial y comportamiento de los recursos hídricos superficiales y la dinámica del ciclo del agua en el municipio de Tlacotalpan y su zona colindante. La determinación de las características hidrológicas de una región, es primordial tanto para la identificación previa de los peligros asociados con los elementos hidrológicos, como para la planificación respecto a los usos del agua y su disponibilidad (Torres Pérez-Negrón, López López, & Castañeda Robles, 2012). Por lo tanto, el principal objetivo de este mapa es mostrar la disponibilidad natural del agua superficial y su comportamiento espacial dentro del municipio de Tlacotalpan y su zona colindante.

Para la elaboración del presente mapa se empleó un método indirecto y semi-empírico de cálculo del Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural, según lo estipulado en el Apéndice Normativo "A" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 sobre conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002).

A partir de la información de tipo de suelo (edafología) y de vegetación y uso de suelo generados para la zona de Tlacotalpan, se calcularon los coeficientes de escurrimiento. Posteriormente con la información sobre la precipitación media acumulada anual, se calculó el Volumen de Escurrimiento Medio Anual Natural. Finalmente, en base a esta información, se determinaron las zonas de los ciclos de recarga relacionadas con el ciclo del agua.

Como resultado se obtuvieron volúmenes de escurrimiento desde 0 m³ hasta 1,150 m³, los cuales fueron agrupados de la siguiente manera:

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 0 m³ a 50 m³**

Estas condiciones de escurrimiento se localizan principalmente hacia la región de las dunas costeras, donde los suelos son permeables y el tipo de vegetación (selva baja caducifolia) permite la interceptación del agua precipitada, por lo que el escurrimiento superficial resulta muy bajo, a pesar de que la precipitación media acumulada anual en esta zona es del orden de 1,600 mm a 1,700 mm. Estas condiciones de escurrimiento no se encuentran dentro del área del municipio de Tlacotalpan.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 50 m³ a 100 m³**

Este volumen de escurrimiento se presenta en dos zonas distintas con características particulares, pero que finalmente determinan el mismo volumen de escurrimiento. Por un lado se encuentra una zona que está ubicada hacia norte, fuera del municipio, en la región de las dunas costeras, con suelos permeables y vegetación de tipo halófitas, características que determinan que haya una gran capacidad de infiltración, a pesar de la gran cantidad de precipitación en la región, que es del orden de los 1,600 mm a 1,700 mm.

Por otro lado, se encuentra otra zona que está ubicada al sur y suroeste, con una porción dentro del área municipal, que presenta características de suelos casi impermeables y un uso de suelo dominante por cultivos y pastizales inducidos, lo que favorece un alto coeficiente de escurrimiento. Sin embargo, la poca cantidad de precipitación media acumulada anual en esta zona, que es menor a 1,200 mm, determina que el volumen de escurrimiento sea bajo. Esta zona representa el 4.32% del territorio municipal, y está ocupada por las localidades de El Vergel (La Berenjena), Chapultepec (Chapultes), Los Jobos Altos (Sal si puedes), El Limón (San José de Cházaro), Chinalco y San Agustín.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 100 m³ a 150 m³**

Estas condiciones de escurrimiento se localizan principalmente al sur y suroeste, hacia la región de la laguna San Pedro en lo que respecta al municipio de Tlacotalpan. Presenta condiciones de

suelos casi impermeables, uso de suelo dominante por cultivos y pastizales inducidos, así como una precipitación media acumulada anual entre 1,200 mm a 1,400 mm. Representa el 17.75% del territorio municipal y se encuentra en la región de las localidades de Remolino de Paván, San Bernardo, San José de Cházaro, Antón Vicente, La Patrona, Alicia Airre Rodríguez, Santa Julia, El

Zapote, El Ciruelo, Casas Viejas, El Bajo, Santo Cristo, Palo Alto (Barranca del Limón) y Rancho Bonito (Casa Blanca).

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 150 m³ a 200 m³**

Estas condiciones de volumen de escurrimiento se presentan en zonas con características de suelos casi impermeables, uso de suelo dominante por pastizales inducidos, pero también con presencia de elementos de vegetación de selva baja perennifolia, y una precipitación media acumulada anual de entre 1,400 mm a 1,600 mm.

En el mapa se pueden identificar de manera general tres zonas claramente delimitadas: una hacia el suroeste, fuera del municipio; y las otras dos hacia la zona centro y norte, dentro del municipio de Tlacotalpan, la cual ocupa el 33.75% del total del área municipal. En esta zona se encuentran a las localidades de Isleta del Gavilán, Pérez y Jiménez, Doña Celia, La Barranca, Pueblo Nuevo, San Jerónimo, San Antonio, Remolino de Aguilera, Buen País, Paván, Laguna Verde, El Súchil Dos, La Candelaria, El Súchil Uno, Rodolfo Muñoz Montalvo, Lina Aguirre Pérez, El Marqués, Las Canillas, La Paz, La Esperanza, Santa Rosalía, Tierra Nueva, Mata de Chile, El Jarocho y Loma de Chumiapa.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 200 m³ a 250 m³**

Estas condiciones de escurrimiento se presentan principalmente hacia la zona norte y oriente del municipio. Es una zona claramente definida en el mapa, que representa el 30.33% del total del área municipal, y es donde se encuentra la cabecera municipal de Tlacotalpan, así como las localidades de: El Estero, La Punta del Dormido, La Providencia, Cerro de la Calaverna, La Paloma, Los Cocos, Mundo Nuevo, El Rincón de Gertrudis, María Ofelia, María Elvira, California, La Calaverna, David Zamudio Mora, Samuel Zamudio Mora, Arroyo de la Barranca, Los Amates, El Espinal, Fuente Bella, Boca de Paredes, San Joaquín, El Paraíso, San Ruperto, San Francisco de los Cocos, Playa de la Gloria, La Quinta María, Ejido El Saladito, La Candelaria, Milpero, San Rafael, La Mulata, San Pablo, Santa Rita, Playa de Las Águilas, Boca Martintela, Mata de Caña, La Cerquilla, El Volantín, La Guadalupe, La Magdalena, La Providencia, Santa Fe, San Pedro, El Jobo, La Herradura, El Piotitán, El Pepe, Barranca de Limón, La Corriente, El Maneadero, El Hornero, Bodeguillas, La Puente, Palma Sola, Cerro Grande, La Esperanza, Boca del Barco, Cerro de la Gallarda, La Gallarda, Seis de Enero, Boca de San Antonio, La Vuelta de San Mateo, Boca Nueva, San Isidro, El Zapotal, Hacienda Vieja, Boca de Tecomate, San Julián y Boca de San Miguel.

Esta zona se caracteriza por suelos casi impermeables como uso de suelo dominante de cultivos y pastizales inducidos, así como vegetación de selva baja perennifolia y de sabana. Además, presenta un régimen de precipitación media acumulada anual de 1,600 mm a 1,900 mm.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 250 m³ a 300 m³**

Estas condiciones de escurrimiento se encuentran principalmente hacia la zona oriente, fuera del área municipal. Pero también se encuentra una pequeña zona con estas características dentro del municipio, ubicada entre las lagunas de La Natilla y Fresada. Sin embargo, esta zona tan solo representa el 0.48% del total del área municipal.

Dentro del municipio, esta zona presenta condiciones de suelos casi impermeables con vegetación de tipo sabana y precipitación media acumulada anual de 1,700 mm. Pero fuera del municipio estas características cambian, ya que este régimen de escurrimiento se presenta hacia la zona de

colinas que se localiza al oriente del municipio, en donde la precipitación llega a oscilar entre los 1,900 mm y los 2,200 mm.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 300 m³ a 350 m³**

Estas condiciones de volumen de escurrimiento en términos generales ya no se encuentran dentro del municipio, pero tienen una gran influencia sobre este, ya que es el escurrimiento que viene desde la zona de colinas ubicada en la porción oriente de la región colindante del municipio. En esta zona la precipitación llega a ser de 2,200 mm a 2,400 mm con suelos casi impermeables y uso de suelo predominante por cultivos.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 350 m³ a 400 m³**

Este volumen de escurrimiento está principalmente determinado por la precipitación de la zona, la cual es de 2,400 mm a 2,500 mm, y al igual que las zonas anteriores, también se presentan condiciones de suelos casi impermeables y uso de suelo dominante por cultivos y pastizal inducido.

- **Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural de 400 m³ a 1,150 m³**

Estas condiciones de escurrimiento están determinadas principalmente por el tipo de vegetación, que se caracteriza por zonas de popal y manglares, las cuales se localizan generalmente cerca de las lagunas y que representa el 5.68% del área del municipio de Tlacotalpan.

En términos generales, se puede observar en el mapa que el escurrimiento tiene un comportamiento relacionado con la precipitación principalmente. De esta manera, los mayores volúmenes de escurrimiento provienen de la región de la Sierra de Los Tuxtlas debido a la cantidad de precipitación que se presenta en esta región.

Finalmente, para determinar las zonas de recarga y del ciclo del agua, se usó la información relativa a las provincias fisiográficas y a los volúmenes de escurrimiento, a partir de lo cual se definieron cuatro zonas:

- **Zona de infiltración**

Corresponde a la zona de las dunas costeras, las cuales presentan condiciones de alta infiltración principalmente por el tipo de suelo dominante.

- **Zona de escurrimiento**

Se localiza hacia la región de las colinas ubicadas en la porción oriente del mapa, fuera del municipio. Esta zona es por donde escurren los mayores volúmenes de escurrimiento calculados para la región, debido a que es la zona donde mayor precipitación existe.

- **Zona de recepción**

Esta zona es donde se encuentra principalmente el municipio de Tlacotalpan. Se caracteriza por ser una zona de planicie, en donde es concentrada el agua que precipita o que escurre desde otras zonas, y que finalmente pasa a formar zona de acumulación o cuerpos de agua.

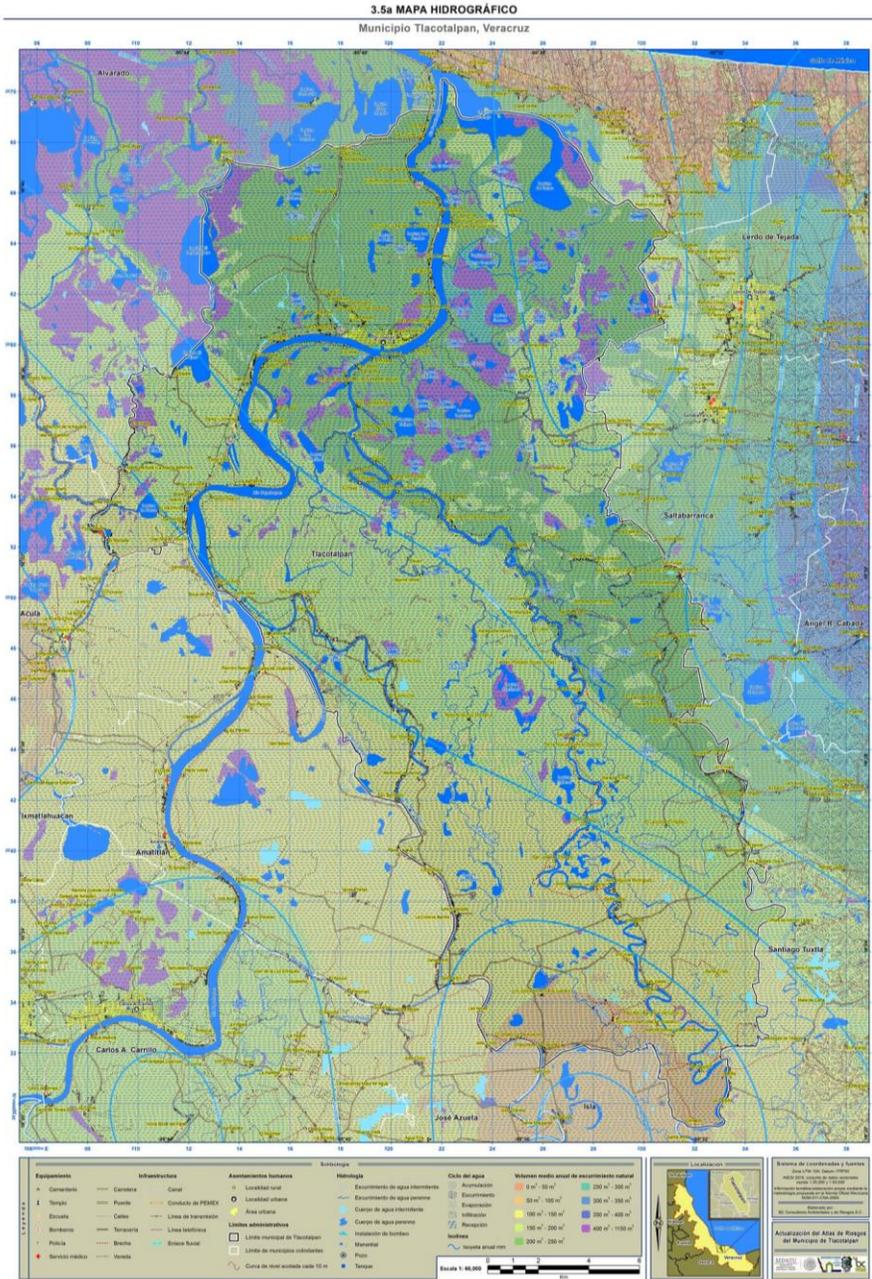
- **Zona de acumulación**

Estas zonas corresponden a la definida anteriormente con volúmenes de escurrimiento de 400 m³ a 1,150 m³, que son zonas donde por el tipo de suelo y de vegetación (popal y manglar), el suelo se mantiene saturado o inundado casi permanentemente, por lo que se definieron como zonas de acumulación.

- Zona de evaporación

Estas zonas son principalmente los cuerpos de agua, sean escurrimientos, lagunas o el propio Golfo de México, los cuales son fuentes naturales de evaporación.

Mapa 7. Mapa Hidrográfico



3.7. Climatología

Por extenderse desde regiones tropicales hasta latitudes medias, y debido a lo complejo de su topografía, en México se tienen una gran variedad de climas, que van desde los cálidos, con temperaturas medias anuales mayores a 32°C, hasta los fríos, con temperaturas menores a 10°C. (Magaña, Pérez, Vázquez, Carrisoza, & Pérez, 1999).

El municipio de Tlacotalpan está localizado en la Subprovincia Llanura Costera Veracruzana, que a su vez, está dentro de la amplia Llanura Costera del Golfo Sur, una llanura costera de fuerte aluvionamiento por parte de los ríos más caudalosos del país, como el Papaloapan, el Coatzacoalcos, el Grijalva y el Usumacinta, que la atraviesan para desembocar en el sector sur del Golfo de México. La altitud que predomina en el municipio es de 0 a 10 msnm y presenta dos tipos de climas: el cálido subhúmedo con distinto tipo de régimen de lluvias.

- **Climas**

En general, todos los climas cálidos se extienden por la vertiente del Pacífico desde el paralelo 24° norte hacia el sur y del Golfo de México desde el paralelo 23° norte hacia el sur. También se encuentran en la mayor parte de la Península de Yucatán y al norte del estado de Chiapas. Aproximadamente 27,23% de la superficie del país está cubierta por este grupo. (Villers-Ruiz & Trejo-Vázquez, 1998).

Las clasificaciones climáticas constituyen una forma de establecer un “lenguaje” convencional que permite describir las condiciones medias que presenta la atmósfera en un lugar determinado. (Soto, Gama, & Gómez, 2001), en el caso del territorio tlacotalpeño, predomina el clima cálido subhúmedo que se extiende de norte a sur de la municipalidad, iniciando en la localidad de El Estero avanzando hacia el sur por La Palma, El Espinal, Tlacotalpan, La Guadalupe, El Sacrificio, Buen País, San Joaquín hasta San Agustín y Chinalco al sur del municipio. Este clima mantiene su temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C, este clima contiene precipitaciones en el mes más seco entre 0 y 60 mm; en cuanto a sus lluvias de verano, se conserva con un índice estimador de precipitación/temperatura mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

El clima diferencia en una pequeña porción del suroeste donde se ubican las localidades El Vergel y Los Jobos Altos y continúa siendo cálido subhúmedo con la diferencia de que su precipitación del mes más seco es menor de 60 mm; sus lluvias de verano con índice estimador de precipitación/temperatura entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2 del total anual.

- **Precipitación**

Con respecto a la precipitación para el municipio de Tlacotalpan, las isoyetas muestran registros de precipitaciones acumuladas mensuales por arriba de los 150 mm, de este a oeste, (Mapa climatológico).

- **Temperatura**

El gradiente térmico en el municipio de Tlacotalpan muestra un aumento espacial en el promedio diario de este a oeste desde valores por debajo de los 22 °C hasta observarse un valor por arriba de los 24 °C tal como lo muestra el análisis en las isotermas, (Mapa climatológico).

Con formato: Espacio Antes: 2 pto, Después: 2 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 1.26 cm, Espacio Antes: 0 pto, Sin viñetas ni numeración

3.8. Uso de suelo y Vegetación

La vegetación de México presenta una alta heterogeneidad debido a las características geográficas del país. El Instituto Nacional de Geografía y Estadística ha categorizado los diferentes tipos de vegetación en base a las características fisonómicas y ecológicas y los ha complementado con los distintos usos del suelo. De esta manera se tiene que existen 16 grandes categorías de vegetación y uso de suelo a nivel nacional (SEMARNAT, 2013).

Al año 2007 se obtuvo que 71.8% del territorio nacional está cubierto por comunidades naturales o vegetación natural, mientras que un 28% del territorio ha sido transformado en zonas de uso agropecuario. Veracruz es uno de los estados con menor superficie cubierta por vegetación natural, con menos del 40% de su extensión (SEMARNAT, 2013).

Las selvas húmedas son la principal cubierta vegetal más afectada, entre las cuales encontramos a la selva baja perennifolia, la cual ha disminuido su extensión de 46,774 hectáreas, en el año 2004, a 42,809 hectáreas al año 2007 (SEMARNAT, 2013).

El análisis de la cobertura de vegetación y uso de suelo de Tlacotalpan tiene como objetivo mostrar de manera detallada las distintas coberturas del suelo en el municipio. La caracterización de la vegetación y uso de suelo es primordial para la planificación territorial y el uso apropiado de los recursos naturales. Esto permite identificar aquellas zonas con potencial para distintos usos del suelo, pero también aquellas zonas que por sus características naturales deben ser conservadas, restauradas o protegidas dependiendo el ecosistema del que se trate.

El municipio de Tlacotalpan presenta una importante riqueza natural por los tipos de vegetación que se desarrollan dentro de su territorio. Sin embargo, el cambio de uso de suelo ha afectado de manera importante a las poblaciones de manglares, los cuales constituyen un ecosistema de gran importancia biológica. Esta es una de las principales problemáticas observadas durante el análisis, el cual evidenció que gran parte de la extensión natural de las zonas de manglar han sido taladas con el objetivo de abrir espacio a pastizales para la actividad ganadera del municipio y de la región.

Para la elaboración del mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Tlacotalpan, se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8 del año 2013, a partir de las cuales se realizaron análisis de combinaciones de bandas espectrales, índices de vegetación e índices de humedad, así como fotointerpretación de ortofotos digitales. Como resultado de lo anterior se identificaron y delimitaron 13 categorías de vegetación y usos de suelo para el municipio, las cuales se describen a continuación:

- **Manglar**

Este ecosistema es uno de los más importantes dentro del municipio por su importancia biológica. Se extiende a lo largo de 18.41 km², lo que representa el 3.19% del total del área municipal de Tlacotalpan. Se localiza principalmente al noroeste, hacia la zona del sistema lagunar de Alvarado.

En términos generales, los manglares se encuentran en las zonas resguardadas de las costas tropicales y subtropicales del mundo, con una alta cantidad de biomasa y productividad en donde convergen flujos de ríos e inundaciones producidas por las mareas que proporcionan agua y nutrientes en suficiente cantidad. Aunque se sabe de la utilidad de los bienes y servicios ambientales que ofrecen los manglares, mucha gente aún los considera como terrenos baldíos de escaso o ningún valor y que deberían destinarse a otros usos. Es por ello que los ecosistemas de manglar están disminuyendo drásticamente como consecuencia de actividades como la tala de sus árboles, la ganadería extensiva, los proyectos de ingeniería costera, la agricultura y la disposición indiscriminada de contaminantes en los humedales.

Los manglares representan un gran potencial económico y alimenticio para las poblaciones humanas que habitan en los alrededores de estos ecosistemas lagunares. Particularmente, los árboles de los manglares son apreciados como fuente de leña, carbón y madera para construcción. Sin embargo, un manejo inadecuado de estos recursos, ha hecho que los manglares estén desapareciendo a un ritmo acelerado (Tomlinson, 1986; Silva-Benavides, 1999; Villalobos *et al.*, 1999, lo cual ha propiciado que en muchos países, el uso, la conservación y el manejo de sus

áreas de manglar sea uno de los puntos primordiales dentro de las administraciones gubernamentales (Lacerda y Schaeffer, 1999).

En México predominan cuatro especies de mangle: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Estas cuatro especies están sujetas a protección especial por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Vegetación secundaria de manglar**

Este tipo de cobertura es en general vegetación de manglar pero en un estado de recuperación natural (sucesión ecológica), debido a alguna alteración o perturbación que pudo ser ocasionada por distintos factores como la tala, la compactación del suelo, la contaminación o incluso por factores naturales como un periodo de máxima inundación o el paso de un huracán.

Estas zonas son puntos importantes para la recuperación del manglar por lo que una estrategia recomendable es su conservación, con el objetivo de que el proceso de sucesión ecológica siga avanzando hasta llegar a tener vegetación de manglar bien desarrollada.

Las zonas dentro del municipio con este tipo de vegetación ocupan un área de 2.14 km², lo que representa el 0.37% del total del municipio, y se localizan hacia el noreste de la laguna El Embarcadero.

- **Popal**

El popal es vegetación herbácea que se desarrolla en los pantanos de las planicies costeras, siempre bajo la influencia de agua salobre, y se caracteriza porque algunos de sus componentes presentan raíces aéreas en forma de zancos. La importancia de los popales es que son ecosistemas muy frecuentados por las aves migratorias, ya que las usan como zonas de descanso y para buscar alimento (Córdoba-Aválos, Alcántara-Carbajal, Guzmán-Plazola, Mendoza-Martínez, & Gonzáles-Romero, 2009). Sin embargo, la ampliación de la frontera agropecuaria ha reducido la extensión natural de los popales, mediante el uso de drenes para el desagüe.

Los popales ocupan un área dentro del municipio de 29.14 km², lo que representa un 5.05% del total del área del municipio. Se localizan principalmente a las márgenes de las lagunas o asociados a otros cuerpos de agua.

- **Sabana**

Las sabanas son un tipo de vegetación que se caracteriza por extensas praderas compuestas por gramíneas y otras plantas herbáceas con elementos aislados de árboles. Se desarrolla sobre terrenos con drenaje deficiente y nivel freático superficial, los cuales se inundan en temporada de lluvias y en temporada seca los suelos se secan, se endurecen y se agrietan.

Dentro del municipio, este tipo de vegetación ocupa un área de 29.71 km², que representa el 5.15% del total del área municipal. Las zonas de sabana se localizan principalmente al noreste del municipio, hacia las zonas de la laguna de Cañas y laguna Fresada.

- **Selva baja perennifolia**

La selva baja perennifolia es un ecosistema caracterizado por incluir comunidades vegetales de 3 a 15 metros de altura en promedio, que se desarrollan en condiciones de inundación permanente o semipermanente, sobre suelos pesados o arcillosos. Este tipo de vegetación se encuentra asociada con vegetación de manglares, popales, sabanas y selvas altas perennifolias. Sin embargo, la tala y apertura de nuevas zonas de potreros o de cultivos ha reducido su extensión dentro del municipio, teniendo zonas donde el pastizal ha invadido por completo el área de distribución natural de este ecosistema.

Dentro del municipio de Tlacotalpan se pueden encontrar importantes fragmentos dispersos de selva baja perennifolia, los cuales en conjunto ocupan un área de 6.32 km², que representa el 1.09% del total del área municipal.

- **Selva baja perennifolia con elementos de manglar**

Este tipo de cobertura se caracterizó como una asociación de selva baja perennifolia con elementos de manglar, lo que indica que es una zona de transición entre estos dos ecosistemas. Ocupa un área mínima dentro del territorio municipal con una extensión de 0.39 km², lo que representa tan sólo el 0.06% del área municipal.

- **Vegetación secundaria de selva baja perennifolia**

Este tipo de vegetación corresponde con elementos de selva baja perennifolia en un estado de perturbación o alteración, que, de acuerdo al diagnóstico realizado en trabajo de campo, es debido a la tala y a la apertura de veredas o pequeños caminos. Las zonas con vegetación secundaria de selva baja perennifolia ocupan un área de 41.62 km², lo que representa el 7.21% del territorio municipal.

- **Selva baja perennifolia con elementos de pastizal inducido**

Como se mencionó anteriormente, una de las principales causas de la reducción de la selva baja perennifolia es la extensión de la frontera agropecuaria. Las zonas con vegetación secundaria de Selva baja perennifolia eventualmente pasaran a tener áreas de pastizal inducido de mayor extensión y finalmente pueden llegar a convertirse en zonas de pastizales inducido.

Las zonas con este tipo de vegetación ocupan un área de 2.54 km², que representa el 0.44% del territorio municipal de Tlacotalpan.

- **Pastizal inducido**

El pastizal inducido es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación, también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como resultado de áreas que se incendiaron. Las zonas de pastizal inducido en el municipio de Tlacotalpan han surgido principalmente por la tala, quema y desecación de zonas con vegetación de manglar, selva baja perennifolia y popales principalmente. La quema es una de los principales mecanismos para la apertura de nuevas zonas ganaderas en el municipio de Tlacotalpan, sin embargo, cabe mencionar que ésta es una de las actividades más riesgosas y que provocan mayor impacto ambiental.

El pastizal inducido ocupa un área de 216.41 km², que representa el 37.53% del total del área municipal, y es el tipo de uso de suelo que domina en el municipio.

- **Pastizal inducido con elementos de manglar**

Dentro de algunas zonas de pastizal inducido es común encontrar elementos aislados de la vegetación original que había antes, como por ejemplo manglares. Estas zonas ocupan un área de 4.66 hectáreas dentro del municipio, que representa tan sólo el 0.006% del territorio municipal. Sin embargo, la identificación de estas zonas es de gran importancia ya que generalmente son zonas de constante presión de las actividades humanas sobre los manglares, por lo que es necesario construir propuestas de política territorial especiales para estas zonas.

- **Pastizal inducido con elementos de selva baja perennifolia**

Los pastizales que presentan elementos de selva baja perennifolia se presentan como zonas en la que existen árboles aislados, o en las que los linderos están delimitados con árboles nativos, o en las que existen zonas que no pudieron ser intervenidas como por ejemplo zonas muy inundadas. Estas zonas ocupan un área de 123.50 km², que representa el 21.41% del territorio municipal.

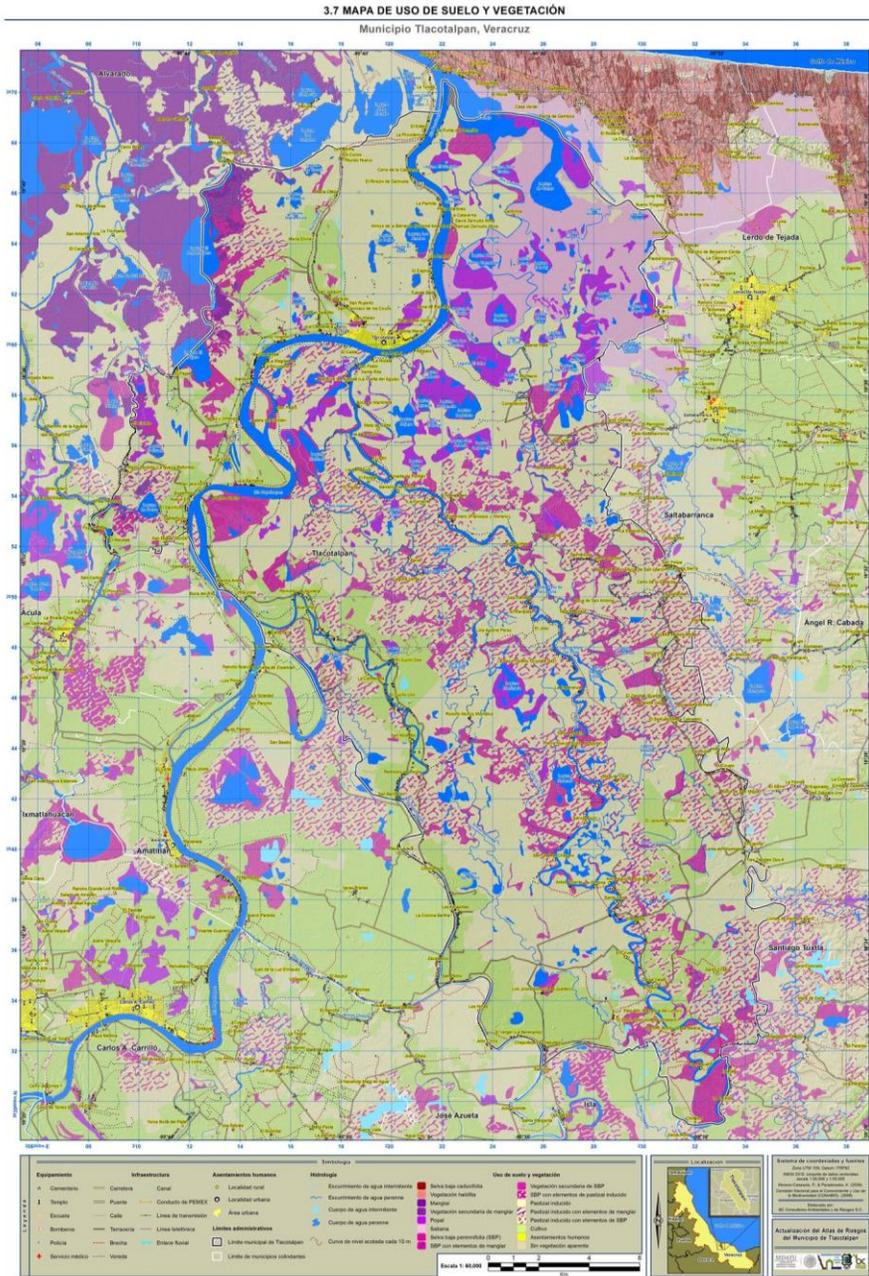
- **Cultivo**

En base al trabajo de campo realizado, se registró que el principal cultivo de la zona es la caña de azúcar. Estas zonas se encuentran de manera dispersa a lo largo del municipio y ocupan un área de 69.81 km², que representa el 12.10 % del territorio municipal.

- **Asentamientos humanos**

Las zonas de asentamientos humanos en el municipio, están principalmente representadas por el área urbana de Tlacotalpan, que en total ocupa un área aproximada de 1.57 km².

Mapa 9. Mapa de uso de suelo y vegetación



3.9. Áreas naturales protegidas

En el municipio de Tlacotalpan no existen áreas naturales protegidas legalmente declaradas.

Con formato: Párrafo de lista, Nivel 2, Sangría: Izquierda: 0.63 cm, Sangría francesa: 0.76 cm, Espacio Después: 6 pto, Conservar con el siguiente, Conservar líneas juntas

4. Características demográficas

En este capítulo se muestran las características generales de la situación demográfica, social y económica del municipio de Tlacotalpan, Veracruz.

La información contenida en éste apartado, muestra a través de diversos indicadores, la dinámica demográfica del municipio de Tlacotalpan. Dentro de las principales características que se muestran se encuentran: la escolaridad de la población y el grado de marginación de la misma. Por otro lado, se presentan las principales actividades económicas que se llevan a cabo en este municipio, y además se ofrece una descripción de las condiciones de la población económicamente activa y de la infraestructura urbana del territorio municipal.

Con formato: Sin viñetas ni numeración

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población.

Población total

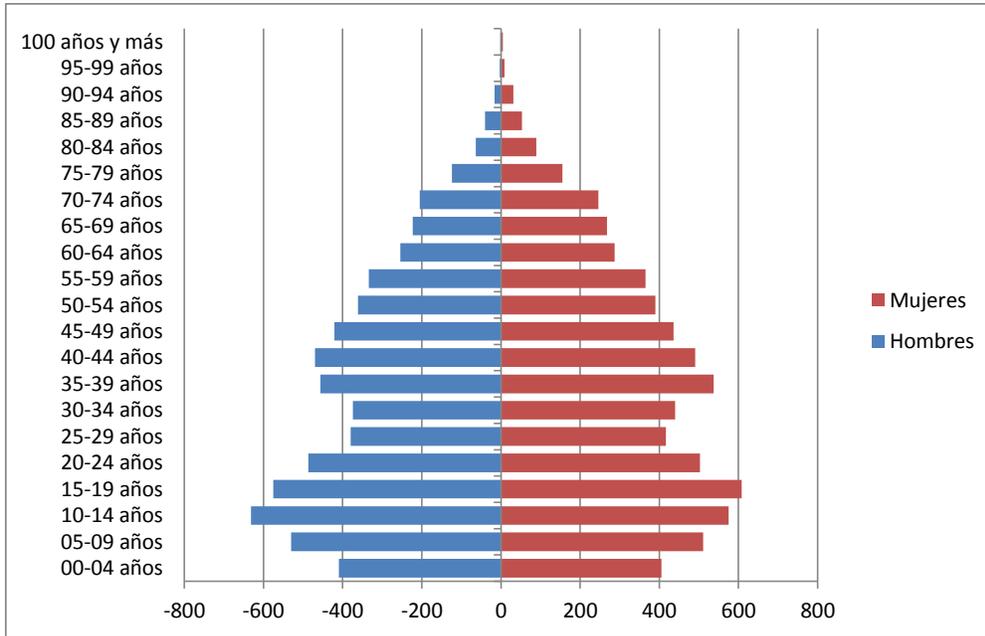
De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, la población total del municipio de Tlacotalpan es de 13,248 habitantes; de los cuales 6,415 son hombres y 6,869 son mujeres.

En lo que respecta a la evolución demográfica, las tablas de Evolución Demográfica (Tabla 2) y de Crecimiento Poblacional, del apartado de anexos, muestran las relaciones de crecimiento y el grado de variación de la población del municipio de Tlacotalpan. En éstas se observa que en los últimos años un importante y progresivo descenso en el número de habitantes. Esto se debe principalmente a la emigración hacia otros municipios del país y el extranjero.

Dinámica demográfica

De acuerdo con los datos del último Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010), la población total del municipio de Tlacotalpan se distribuye de la siguiente manera: el 48.29% son hombres y el 51.84% son mujeres. La Gráfica 1 muestra cómo se distribuye la población por grupos quinquenales de edad y sexo; en ella se observa que la mayoría de la población se concentra entre los rangos de edad entre 10 y 19 años y que dentro de estos rangos, los que presentan tales edades son en ligera mayoría mujeres.

Gráfica 1. Pirámide poblacional



Gráfica 1. Pirámide poblacional por grupos quinquenales y sexo en el municipio de Tlacotalpan, Veracruz.

Con formato: Resaltar

Mortalidad

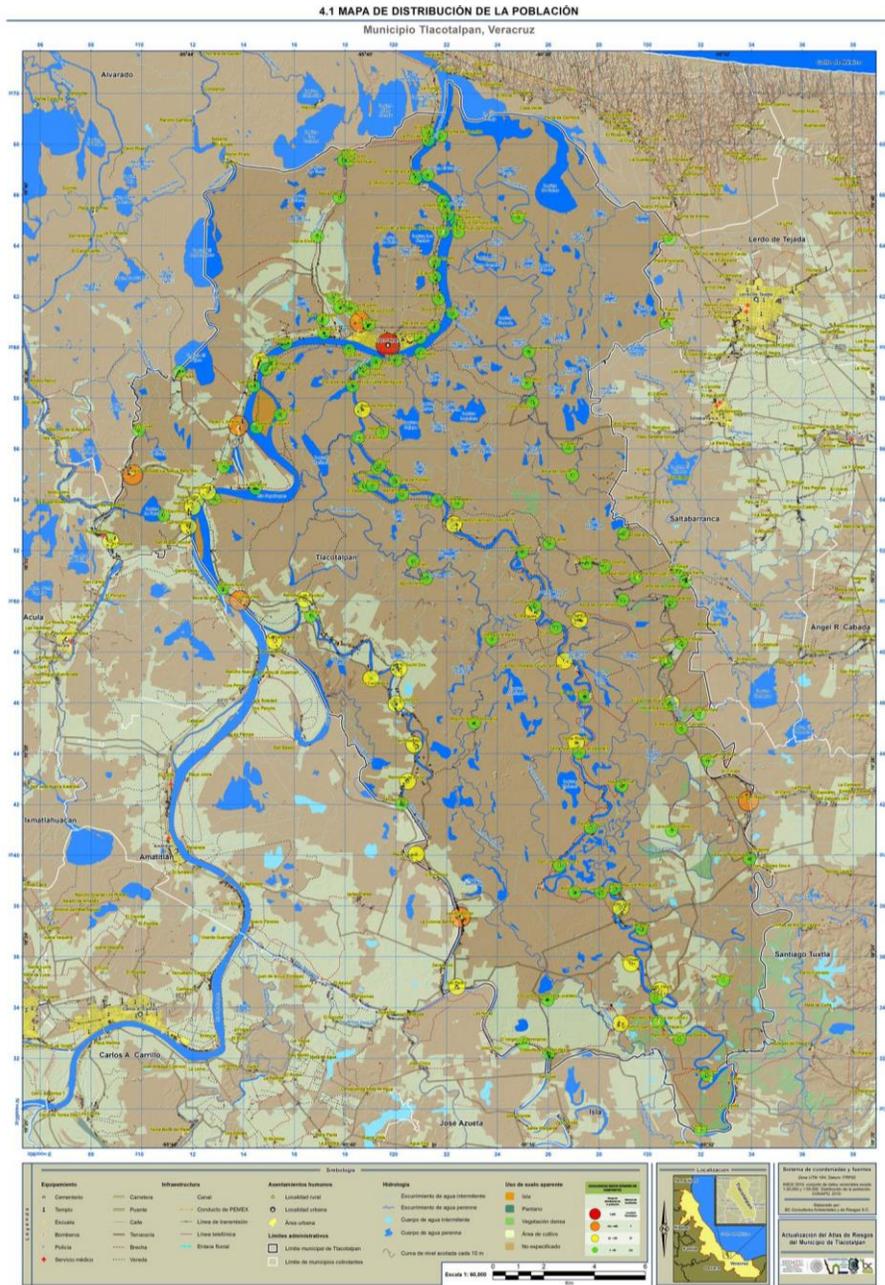
La tasa de mortalidad en el municipio es de 3 defunciones por cada 246 nacimientos, lo cual representa un índice de mortalidad del 1.21%. La Tabla 4 del apartado de anexos muestra la información mencionada.

Localidades y densidad de población

El municipio de Tlacotalpan se encuentra conformado por 144 localidades, de las cuales, sólo la cabecera municipal es considerada como una localidad urbana. El mapa 2.2 puede observar las principales características de esta localidad. Esta cartografía muestra información básica de la localidad como son: vialidades, traza urbana, infraestructura, equipamiento, principales vialidades, etc.

La distribución de la población por número de habitantes se muestra en el siguiente mapa (mapa 4.1 del Anexo cartográfico). En él se observa que 111 localidades cuentan con una población menor a 50 habitantes; 27 localidades tienen una población entre 51 y 150 habitantes; 7 con una población entre 151 y 400 habitantes; y 1 localidad con una población superior a los 7,600 habitantes.

Mapa 10. Distribución de la población



[En lo que respecta a la densidad de población, el promedio a nivel municipal es de 23 habitantes por cada kilómetro cuadrado \(Km](#)

²⁾ Este indicador refleja una baja incidencia de peligros propios de la dinámica de ubicación y desplazamiento de la población, tal como el hacinamiento.

Población indígena

En relación a la población indígena, datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) revela que en todo el territorio municipal, existen 86 habitantes mayores de cinco años de habla indígena, lo que representa el 0.64% del total de la población, misma que se distribuye principalmente en las localidades rurales.

El porcentaje de población indígena citado en el párrafo anterior, permite afirmar que Tlacotalpan es un municipio con población predominantemente no indígena.

4.2. Características sociales

Escolaridad

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI (2010), el grado promedio de escolaridad a nivel municipal es de 6.99 años, lo cual refleja una escolaridad inferior al promedio estatal (7.7). En el anexo cartográfico, se presenta un mapa que muestra la distribución de la población de la localidad urbana, de acuerdo a su grado promedio de escolaridad.

La distribución de acuerdo a los Agregados Geoestadísticos Básicos (AGEBS) por manzana, muestra diferentes grados de escolaridad que oscilan entre los 4.17 y los 14.5 años.

La escolaridad de la población es un factor que impacta en el grado de vulnerabilidad de la localidad de forma inversa, es decir, a mayor grado de escolaridad, menor grado de vulnerabilidad. De acuerdo con la ponderación establecida por CENAPRED (CENAPRED, 2009), es posible identificar grados de vulnerabilidad que van desde la "muy baja" hasta la "muy alta", teniendo un sentido del centro hacia la periferia de la localidad.

Por otro lado se sabe que el porcentaje de la población analfabeta a nivel municipal alcanza el 14.45%. Este porcentaje se encuentra radicando particularmente en la Cabecera municipal (449), Boca de San Miguel (82 habitantes), Pérez y Jiménez (70 habitantes) y San Francisco de los Cocos (37 habitantes).

En referencia a los niveles alcanzados por la cobertura de educación básica, las cifras de la población que se encuentra en el rango de los 6 y los 14 años que asiste a la escuela es del 94.36%. Esta cifra refleja que existe una buena cobertura.

A nivel de localidades, 46 de ellas cuentan con un 100% de cobertura de educación básica, 5 tienen una cobertura mayor al 95%, 12 brindan educación al 90% o más de la demanda. Por otro lado, las localidades con la peor cobertura de este servicio son Loma de Chumiapa, Chinalco y San Ruperto.

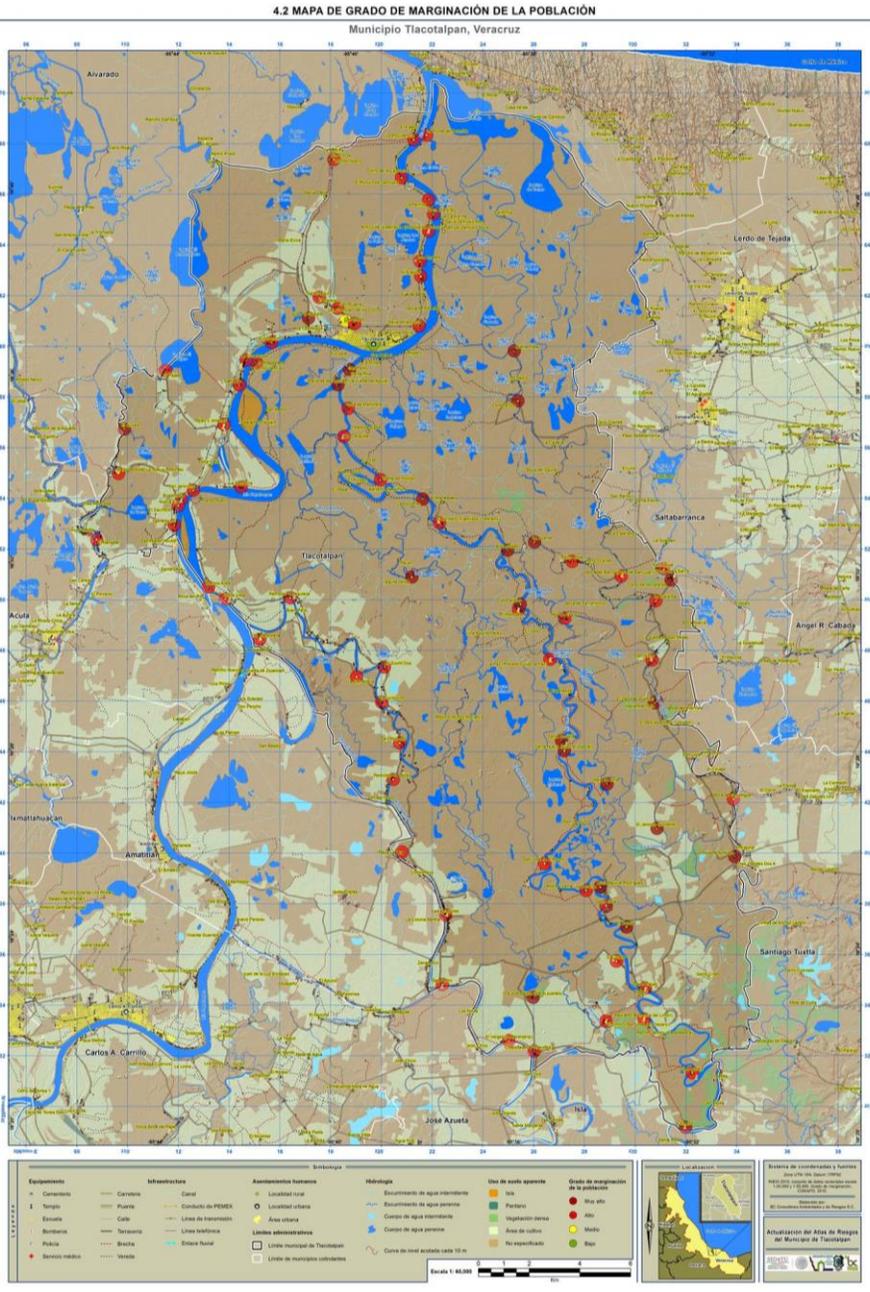
Nivel de Marginación

De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2013), el municipio de Tlacotalpan presenta un índice de marginación de -0.24671, clasificándolo así como un municipio que posee un grado de marginación Medio. Debido a esto, el municipio se posiciona en el lugar número 1,414 a nivel nacional.

En la Tabla 5 del apartado de Anexos, se pueden observar las localidades que presentan mayor grado de marginación en el municipio de Tlacotalpan. En el siguiente mapa (

) se presenta la distribución espacial de los niveles de marginación dentro del territorio municipal.

Mapa 11. Grado de Marginación de la Población



[Entre la población marginada se encuentra la población con alguna discapacidad. La Tabla 6 \(Población por tipo de discapacidad\) muestra el número de habitantes que presentan alguno de los diferentes tipos de discapacidad. Las cifras reflejan la importancia de tomar acciones en materia de protección civil que permitan dar mayor protección a personas con alguna discapacidad.](#)

Pobreza y rezago social

[Bajo este tema, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social \(CONEVAL, 2013\) expresó que, al año 2010, el municipio de Tlacotalpan, presentó un Índice de Rezago Social \(IRS\) de -.34254, posicionándolo como un municipio cuyo grado de rezago es Bajo, ubicándolo en el lugar número 1,411 en el contexto nacional \(esto, de acuerdo con el orden descendente de pobreza y rezago social existente en cada municipio del país\).](#)

En lo que respecta al rubro de la pobreza, el CONEVAL indica que el 56.6 % de la población vive en pobreza, con un promedio de 2.7 carencias, en tanto que el 14.1 % se encuentra en situación de pobreza extrema. Este dato ubica al municipio en el lugar 1,479 a nivel nacional.

Otro factor a tomar en cuenta, es la vulnerabilidad derivada del número de carencias sociales, donde el municipio de Tlacotalpan alcanza una cifra del 31.5% de la población; por otra parte, 2.5% del total de habitantes se considera vulnerable de acuerdo a sus ingresos.

4.3. Actividades económicas

Actividades agrícolas

Las actividades agrícolas ocupan el segundo lugar dentro del desarrollo económico del municipio de Tlacotalpan, cerca del 28% de la población tlacotalpeña se dedica a este tipo de actividades..

La superficie total sembrada al año 2010 fue de 4,029 hectáreas (ha).

Entre los principales productos que se cultivan en el municipio se encuentran: la caña de azúcar (2,609 ha), el maíz de grano (930 ha), y el sorgo grano (400 ha).

En lo que respecta al volumen e ingresos que generaron los cultivos mencionados en el párrafo anterior se tiene que, en el caso de la caña 114,543.4 toneladas, generando un ingreso de \$ 71,543, 400.00, de maíz de grano se cosecharon 1,745 toneladas, obteniendo una derrama de \$5,675, 500.00. Finalmente, en el caso del sorgo grano, la cosecha alcanzó la cifra de 1,204 toneladas, obteniendo ingresos por \$3, 010, 000.00.

Actividades ganaderas

En lo que respecta a la ganadería, dentro del municipio de Tlacotalpan hay una superficie de 36,395 hectáreas destinadas a la realización de este tipo de actividades. En este sentido, el Gobierno del estado de Veracruz, por medio del Cuadernillo Municipal de Tlacotalpan (INEGI, 2013), muestra que, durante 2011, el volumen de la producción de ganado bovino alcanzó las 5,655.7 toneladas, mientras que de ganado porcino se produjeron 84.3 toneladas. Esta producción generó una derrama económica de más de 84 millones de pesos.

Actividades comerciales y de servicios

En cuanto a actividades comerciales, de abasto y de servicios, el INEGI (2010) señala que en el municipio se encuentran instaladas 4 oficinas postales y un mercado público; así mismo se realizan actividades de transporte y de servicios. Por otro lado, es conveniente comentar que en el territorio municipal existe una sucursal de la banca comercial.

Características de la población económicamente activa

Según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI, dentro del municipio de Tlacotalpan existe un total de 10,864 habitantes con edad mayor de 12 años, entre los cuales 5,393 son considerados como población económicamente activa; 5,250 se encuentran ocupados y 143 desocupados. Asimismo, se tiene que 5,424 habitantes conforman a la población no económicamente activa del municipio.

Dentro de la población ocupada (Gobierno del Estado de Veracruz, 2013) se tiene que el 28.4% (1,532 habitantes) se dedica a actividades del sector primario; el 18.9% (1,020 habitantes) se dedica a actividades del sector secundario y un 50.9% (2,745 habitantes) realiza actividades del sector terciario.

Dentro de la población municipal considerada como económicamente inactiva, datos oficiales (INEGI, 2013) la desagregan de la siguiente manera: 1,554 habitantes son estudiantes; 3,175 habitantes realiza quehaceres en el hogar; 413 habitantes son jubilados y pensionados y 118 son personas incapacitadas permanentemente.

4.4. Estructura urbana

Vivienda

La mayoría de las viviendas son propias y de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son el cemento, el tabique, el ladrillo, la madera, la lámina de zinc, asbesto o de cartón. Con base a los datos estadísticos del Censo de Población (INEGI, 2010), el municipio de Tlacotalpan cuenta con 3,989 viviendas particulares habitadas.

En cuanto a los bienes y características con que cuentan los hogares, el INEGI (2010) ofrece datos importantes sobre las viviendas, sus bienes y servicios, mismos que se encuentran descritos en las tablas 7 a la 12.

Con respecto a los servicios e infraestructura de la cabecera municipal, el mapa 4.4c muestra que, según el tipo de material en el piso de las viviendas, el grado de vulnerabilidad de la población es muy bajo. Esta característica se afirma debido a que el 91.20% de las viviendas cuentan con un material diferente de tierra en el piso.

En lo que concierne al abastecimiento de agua en los hogares; el mapa 4.4d del anexo cartográfico muestra que existe un pobre nivel de cobertura en la cabecera municipal. Esto se debe a que poco más del 40% de las viviendas no cuentan con este servicio, motivo por el cual el grado de vulnerabilidad de esta población, de acuerdo con la cobertura de agua potables es alto.

Según la disponibilidad de energía eléctrica y de drenaje en las viviendas, se tiene que la localidad de Tlacotalpan cuenta con amplia cobertura de estos servicios, por tanto se considera que, en los aspectos mencionados, tiene muy baja vulnerabilidad.

En lo referente a la cobertura de la educación básica. El mapa 4.4g presenta un análisis de vulnerabilidad según dicha cobertura. Los resultados reflejaron que existen distintos niveles educativos, y por tanto, diferentes grados de vulnerabilidad de acuerdo con este indicador.

Hacinamiento

Un aspecto que habla de la calidad de vida de los ciudadanos de cualquier territorio es el grado de ocupación de las viviendas por parte de los habitantes de las mismas. En el caso de México se considera que existe hacinamiento cuando existen más de 3 ocupantes por cada dormitorio de la vivienda.

En este sentido, de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) dentro del municipio de Tlacotalpan existe un promedio de 0.94 habitantes por cuarto, por tanto se puede afirmar que no existe hacinamiento.

Educación

En relación al desarrollo dentro del sector educativo, la Tabla 13 (Anexos) muestra el número de centros educativos en el municipio por nivel académico y el total de estudiantes en cada nivel en el periodo 2010-2011.

Como se puede ver en la tabla, el mayor número de estudiantes se concentra en la educación primaria, representando en el 37.09% de los estudiantes inscritos en el periodo.

El nivel educativo que le sigue es el de Secundaria, con un 32.79% del total de los estudiantes en el periodo. En tercer lugar, se encuentra la población estudiantil de Secundaria, pues se encuentra representada por un 19.86%.

En cuanto al número de planteles, se observa que en el municipio de Tlacotalpan, existen 28 escuelas de preescolar, 47 primarias, 5 secundarias y 3 bachilleratos (SEV, 2013).

Salud

Dentro del municipio de Tlacotalpan, la atención de los servicios médicos es proporcionada por dos instituciones (IMSS-Oportunidades e ISSSTE). La distribución de clínicas y consultas otorgadas al año 2012 se presenta en la Tabla 14.

Población derechohabiente y no derechohabiente

La población de Tlacotalpan que tiene derecho a servicios de salud asciende a 7,758 habitantes, lo que representa el 58.40% de la población. En la Tabla 16 se muestra cuáles son las instituciones que tienen mayor y menor número de derechohabientes.

En lo que respecta a la cabecera municipal, el mapa 4.4i (anexo cartográfico) muestra los diferentes rangos de vulnerabilidad según el índice de derechohabiencia en esta localidad.

Es posible notar que la mayor parte de la localidad presenta una baja y muy baja vulnerabilidad de acuerdo a la derechohabiencia a servicios médicos.

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

Con formato: Espacio Después: 0 pto, Esquema numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 4 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0 cm + Sangría: 0.63 cm

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico-Geomorfológicos

5.1.1. Vulcanismo

La actividad volcánica es una de las manifestaciones más violentas de la dinámica terrestre y los volcanes constituyen la expresión física superficial –continental y oceánica- más notable de los procesos involucrados en este fenómeno. Los productos emanados de un edificio volcánico varían en función de la viscosidad, composición y contenido de gases y agua del magma; y se pueden presentar como coladas de lava o piroclastos. Los piroclastos a su vez pueden mostrar diferente comportamiento el cual depende de la composición y de la modalidad de expulsión y emplazamiento (Macias & Capra, 2005). Sparks y Walker (1973) diferencian tres tipos principales de emisiones de piroclastos: de caída, flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas, los cuales presentan características particulares en sus depósitos.

En el territorio de Tlacotalpan no se observan edificios volcánicos ni actividad volcánica de ningún tipo. A pesar de que el Cerro del Vigía, el cual pertenece a la serie antigua del Campo Volcánico de Los Tuxtlas (Nelson *et al.*, 1995), se encuentra al este de Tlacotalpan, no se conocen depósitos de su actividad dentro del municipio. Por lo expuesto anteriormente no se considera que exista un peligro por vulcanismo.

5.1.2. Fallas y Fracturas

Debido al desplazamiento de las placas tectónicas, la superficie terrestre se encuentra dividida y deformada por sistemas de fallas y fracturas. Una fractura es el rompimiento de un bloque de roca, mientras una falla es una discontinuidad que separa dos masas de roca, en la cual una masa se ha deslizado sobre la otra cuando las fuerzas tectónicas superan su resistencia (Jackson, 1997).

Los sistemas de fallas se identifican en el terreno mediante estructuras morfológicas particulares, tales como cicatrices de desprendimiento, escarpes verticales de falla o valles estructurales rectos y paralelos, entre otros. Además, es posible rastrear los movimientos de fallas en los depósitos de rocas mediante la presencia de estrías, roca cizallada y milonitas.

El municipio de Tlacotalpan se encuentra dominado por una planicie aluvial y palustre (Mapa geomorfológico), el cual no se encuentra influenciado por sistemas de fallas locales, por lo que no se observó ninguna de las evidencias descritas anteriormente.

5.1.3. Sismos

La sismicidad es uno de los fenómenos geológicos potencialmente más destructivos del globo terrestre, la cual está íntimamente relacionada con los procesos geológicos y geofísicos de la tectónica de placas. La capa externa de la Tierra o litósfera se encuentra constituida por placas las cuales se mueven horizontalmente sobre una superficie de consistencia plástica, la astenósfera, mediante movimientos de convergencia o subducción y divergencia o creación de nueva corteza. Los sismos ocurren mayormente en zonas de convergencia de placas cuando se produce la liberación de la energía acumulada debido a la fricción de los materiales que constituyen a dichas placas.

Más del 80% de la sismicidad del globo terrestre se agrupa en el Cinturón de Fuego o Circumpacífico, el cual se extiende por 40,000 km y recorre las costas de Asia y América. La sismicidad en el territorio mexicano, asociado al Cinturón de Fuego, está dada por la interacción entre las placas tectónicas: Norteamericana, Cocos, Rivera y del Pacífico.

La generación de sismos en el territorio mexicano se debe a dos tipos de interacciones entre placas. A lo largo de la margen costera de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, las placas de Rivera y Cocos se insertan debajo de la placa Norteamericana, debido a la diferencia de densidades, dando lugar al fenómeno tectónico conocido como subducción; por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se observa un desplazamiento lateral el cual se extiende desde la zona norte de la península de Baja California, hasta el estado de California en los Estados Unidos. En ocasiones, aunque con menos frecuencia, la placa se fractura lejos de la línea de subducción originando sismos generalmente de menor intensidad y a menores profundidades, a estos se les conoce como eventos intraplaca.

De acuerdo a la regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad, el municipio de Tlacotalpan, Veracruz, se encuentra en una zona de sismicidad media (zona sísmica B, Mapa de peligros sísmicos), en donde se registran menor cantidad de epicentros sísmicos y de menor magnitud que en otras zonas sísmicas (catálogo de epicentros sísmicos de la República Mexicana en el periodo 1998-2013, Servicio Sismológico Mexicano), y cuyas aceleraciones no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2).

Mediante el trabajo de campo realizado en el municipio no se encontraron evidencias de afectaciones por sismos a la infraestructura o a la vivienda; por otro lado, a través de encuestas realizadas a la población, no se recogieron testimonios acerca de eventos sísmicos. El epicentro sísmico más cercano a Tlacotalpan se encuentra en el municipio de Acula, a menos de 700 metros, y corresponde a un sismo de magnitud 4.6 en la escala de Richter ocurrido el 14 de noviembre de 2005, a una profundidad de 72 Km, el cual generó una aceleración de 13% de g en el centroide más cercano (catálogo de epicentros sísmicos del Servicio Sismológico Nacional, SSN). A menos de 7 Km al este de Tlacotalpan, en el municipio de Ángel R. Cabada, se ubica un epicentro sísmico de magnitud 4 en la escala de Richter, del 23 de julio del 2001, a 26 Km de profundidad. Aunque Tlacotalpan no se caracteriza por presentar eventos sísmicos de importancia, no se debe soslayar la posibilidad de un sismo de mayor magnitud o que pudiera generar mayores aceleraciones, tomando también en consideración el efecto amplificador que pueden presentar los depósitos litológicos aluviales y palustres que dominan el territorio municipal.

En este sentido, el análisis del peligro sísmico debe considerar la relación de la magnitud de cada epicentro sísmico y la distancia que existe de éstos al área de estudio, al igual que la determinación de la susceptibilidad del terreno al movimiento, en base a su composición y características litológicas. Para la determinación del peligro sísmico se tomó como referencia la metodología RADIUS (Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic Disasters: Herramientas de evaluación del riesgo para el diagnóstico de áreas urbanas ante el peligro sísmico), desarrollada por las Naciones Unidas (1998).

Se calculó la aceleración máxima del terreno (PGA, por sus siglas en inglés: Peak Ground Acceleration) mediante la ley de atenuación propuesta por Campbell (1981), la cual se basa en la

magnitud del sismo (M) y la distancia del punto de interés al epicentro sísmico (D) y una serie de constantes dependientes de las condiciones locales, haciendo uso de la base de datos de epicentros sísmicos de la República Mexicana del SSN (disponible en <http://www.ssn.unam.mx/>). Para el cálculo de D se tomó en cuenta la magnitud de cada epicentro localizado en un radio de 300 Km y la distancia entre estos y 331 puntos de campo considerados (Mapa de peligros sísmicos), los cuales representan los centroides de cada unidad litológica (Mapa geológico).

La susceptibilidad del terreno al movimiento se determinó mediante el cálculo de la velocidad con la que las ondas S (V_s : shear wave velocity) se desplazarían a través de cada una de las unidades geológicas del área de estudio, tomando en consideración los cambios en su topografía. Para este propósito se consideraron como referencia los trabajos de Sun y Chung (2008) y Yong *et al.*, (2008). Las ondas S o secundarias, son ondas que se desplazan a través de materiales sólidos en un movimiento de cizalla generando oscilaciones en el terreno, su velocidad varía en función de la composición y topografía del material por el que se transporta; son éstas las que ocasionan la mayor cantidad de afectaciones durante un evento sísmico (Alva, 1996).

Las aceleraciones obtenidas para los puntos de campo considerados en el análisis presentan valores muy bajos, debido a la zona de poca sismicidad en la que se encuentra el municipio y a la dispersión de los epicentros sísmicos considerados. La aceleración más alta obtenida corresponde a un sismo de 4.6 en la escala de Richter ocurrido el 14 de noviembre de 2005, a una profundidad de 72 Km, el cual generó una aceleración de 13% de g (0.1330535656) en el punto de campo más cercano, tomando como referencia que $100\% = 1\ g = 9.8\ m/s^2$. El valor más bajo se obtuvo para un sismo de 2.7 en la escala de Richter ubicado al este de Crucecita, Oaxaca, para el cual se obtuvo una aceleración de 0.0028% de g (0.0000282025).

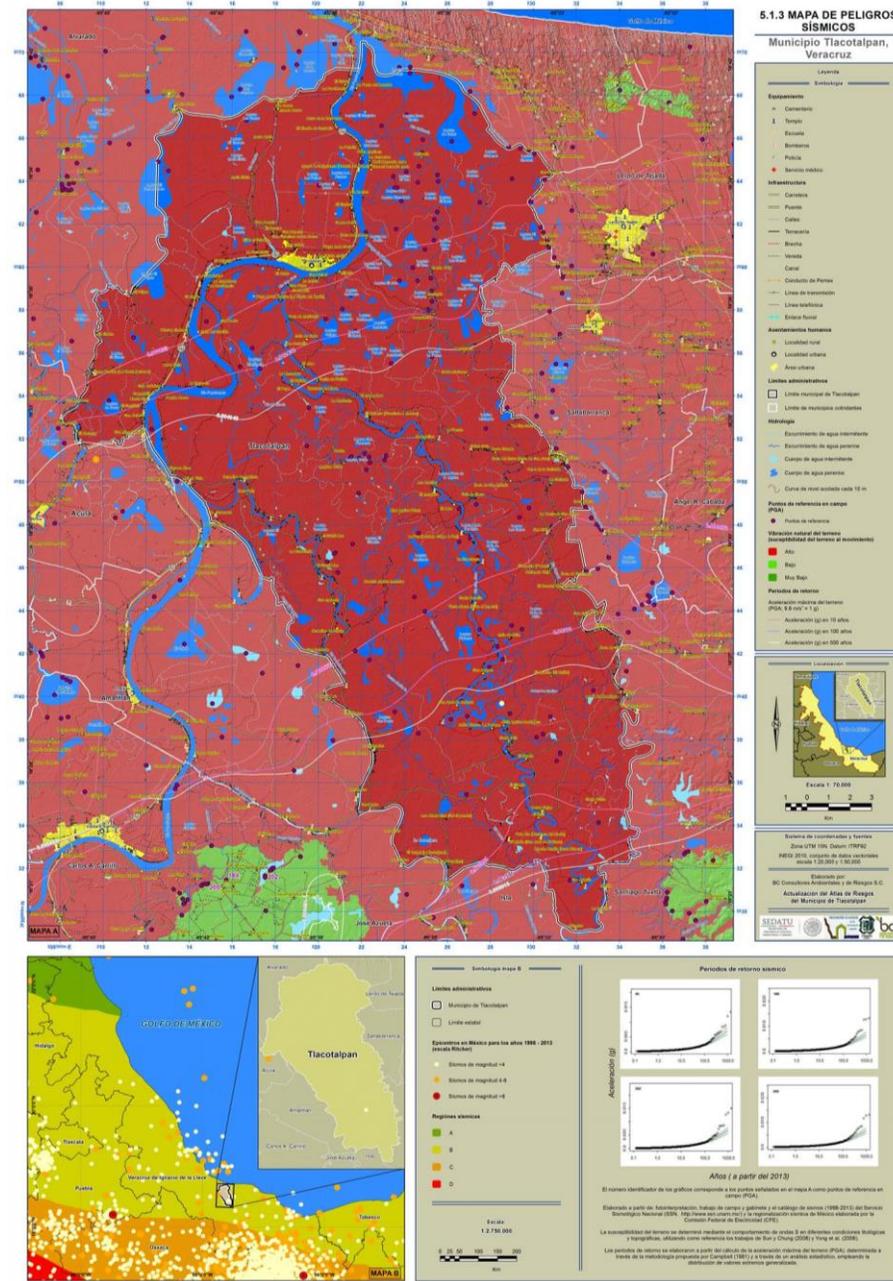
Por otro lado, para la determinación de la susceptibilidad del terreno al movimiento, se establecieron valores de V_s de 200 – 530 para la totalidad del municipio debido a que los depósitos tanto aluviales como palustres que determinan la geología del municipio (Mapa geológico), se constituyen de partículas de detritos, poco consolidadas, las cuales se comportan de manera similar ante la vibración provocada por el paso de ondas S . La pendiente, la cual puede modificar la velocidad con que las ondas atraviesan una estructura, no afecta en este caso los resultados debido a la planicie que se domina el relieve de Tlacotalpan.

A fin de entender la sismicidad del municipio de Tlacotalpan y crear una proyección temporal que permita establecer medidas de prevención y preparación ante un sismo, se calcularon periodos de retorno sísmico a 10, 100 y 500 años mediante un análisis estadístico, empleando el método de distribución de valores extremos generalizada, los resultados se interpolaron mediante el método *spline* con el fin de obtener isolíneas que relacionaran puntos de igual aceleración.

Se considera que para los tipos constructivos que se emplean normalmente en México, los daños son considerables a partir de una aceleración del terreno (PGV) igual o mayor a 15% de g (CENAPRED, 2006). Se ha observado también que un sismo puede ocasionar afectaciones menores desde aceleraciones de 5% de g .

Los periodos de retorno para el municipio de Tlacotalpan muestran claramente una tendencia creciente hacia el sur y se observan menores magnitudes al norte, en donde predominan los depósitos palustres. Los periodos de retorno calculados para 10 años muestran aceleraciones de 0.085% de g en la zona norte, de 0.097% de g en el centro y 0.11% de g al sur del municipio. Para 100 años se espera que las aceleraciones sean de 0.24% de g al norte del municipio hasta 0.36% al sur mientras que en un periodo de 500 años se obtuvieron valores de 0.49% de g al norte del municipio, 0.65% de g en el centro y de 0.80% de g al sur (Mapa de peligros sísmicos).

Mapa 12. Mapa de Peligros por Sismos



5.1.4. Tsunamis

Los tsunamis se originan por el movimiento vertical de la corteza terrestre en el fondo oceánico debido a eventos sísmicos, que conllevan el desplazamiento de grandes masas de agua en forma de olas dentro de la superficie continental. La altura del oleaje depende de las características de las olas, de la batimetría, de la pendiente, de la configuración de la costa, difracción, refracción, la reflexión, el esparcimiento y atrapamiento de las ondas en las diversas formaciones fisiográficas costeras (bahías, golfos, penínsulas, etc.), de los modos normales de resonancia y de la formación de bordes en playas, estuarios y lagunas costeras.

Los tsunamis se clasifican en locales, regionales y lejanos según la distancia o desplazamiento desde su lugar de origen hasta el contacto con la costa; por ejemplo, en los tsunamis locales el tiempo de contacto es aproximadamente menor a 1 hora, a diferencia de los regionales o lejanos donde pueden transcurrir varias horas o incluso días hasta que el oleaje realice contacto con la línea de costa.

En México se conocen tsunamis en el margen costero del Océano Pacífico en las zonas de subsidencia de las placas tectónicas, en donde se generan sismos de magnitud mayor a 7 en la escala Richter, sin embargo no se tienen reportes de eventos en el Golfo de México, además de que los epicentros sísmicos considerados en el análisis no superan una magnitud de 4.6 en la escala de Richter. Por lo tanto se considera que este fenómeno no representa ningún nivel de peligro en el municipio de Tlacotalpan.

5.1.5. Inestabilidad de laderas

La dinámica de la superficie terrestre puede observarse a través de diversos procesos geomorfológicos que, por sus características de intensidad, frecuencia, escalas, lugares, condiciones geológicas, climáticas e inclusive sociales actúan de manera individual o conjunta modelando la topografía de nuestro planeta (Alcántara y Murillo, 2008). Dentro de esta gama de procesos se encuentran los de remoción en masa, que también son denominados como procesos de ladera, procesos gravitacionales (Alcántara, 2000; Hernández, 2008).

Los procesos de remoción en masa, desde un punto de vista geomorfológico, se definen como fenómenos que involucran el movimiento descendente de un volumen de material constituido por roca, suelo o por ambos (Cruden, 1991). Para clasificarlos, se recurre a las características morfológicas del terreno, la antigüedad del movimiento, el grado de actividad, el tamaño y tipo de materiales involucrados; y el tipo y la velocidad de los materiales desprendidos (IPN, 2012); diferenciando así entre desprendimientos o caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, expansiones laterales y movimientos complejos, los cuales ocurren cuando un tipo de movimiento se transforma en otro.

El municipio de Tlacotalpan geológicamente se encuentra dentro de la Llanura Costera del Golfo, sobre sedimentos palustres y aluviales propios de dicha región, presenta un rango altitudinal de 0 a 20 msnm con pendientes entre 0 y 0.5 grados de inclinación, lo que indica su relieve principalmente plano. Al no haber áreas con cambios altitudinales importantes, ni cambios significativos en la pendiente, no existen zonas inestables sobre las que puedan llevarse a cabo procesos de ladera.

5.1.6. Flujos (lahares y avalanchas)

Los flujos son movimientos continuos de una masa de suelo y roca y agua, sobre una superficie de falla, en los que las superficies de cizalla son muy próximas. El movimiento de los flujos es muy parecido al de un fluido viscoso por lo que la velocidad no es homogénea y tiende a crear lóbulos.

El municipio de Tlacotalpan está dominado por una vasta planicie palustre y aluvial, en la que no existen elevaciones topográficas importantes, por lo que no hay zonas de emisión a partir de las cuales se pueda generar este fenómeno. Aunque cerca de Tlacotalpan se encuentra el Cerro del Vigía, a partir del cual se pueden originar flujos, no se encontró dentro del municipio evidencia de este proceso, por lo cual se considera que no hay peligro por la ocurrencia de flujos.

5.1.7. Caídas, Derrumbes y Deslizamientos

Los desprendimientos, caídos o derrumbes son movimientos en caída libre de cualquier tipo de material, ya sea roca, detritos o suelo. Este proceso se origina por el desprendimiento de material de una superficie inclinada, el cual posteriormente puede rodar, deslizarse o fluir (Alcántara, 2000).

El municipio de Tlacotalpan geológicamente se encuentra dentro de la Llanura Costera del Golfo, sobre sedimentos palustres y aluviales, presenta un rango de pendientes entre 0 y 0.5 grados de inclinación, por lo que su relieve se configura como una extensa planicie. Al no haber áreas con cambios significativos en la pendiente, no existen zonas inestables de las que pueda desprenderse roca o detritos.

5.1.8. Hundimientos

El término “hundimiento” hace referencia al movimiento vertical y súbito del suelo, por acción y efecto de la gravedad, desde algunos centímetros hasta varios metros en un periodo de tiempo muy corto (Enríquez *et al.*, 2009; CENAPRED, 2013).

Puesto que este fenómeno responde a factores tanto hidrogeológicos, como antrópicos, se dice que en general, se puede desarrollar bajo dos condiciones físicas del medio: 1) la presencia de formaciones calcáreas (relieve kárstico) de espesor importante (mayor a 20 metros) y altamente susceptibles a la erosión hídrica, y 2) las extracciones intensivas de agua subterránea y la urbanización de áreas cubiertas por sedimentos aluviales y lacustres, principalmente en altitudes importantes por encima del nivel del mar, que potencien el socavamiento y en consecuencia, el hundimiento de la superficie, como sucede en la ciudad de México (Tomás *et al.*, 2009).

El municipio de Tlacotalpan se encuentra asentado sobre sedimentos aluviales y palustres (Mapa geológico) compuestos de material poco consolidado e inundable. Debido a ello no se consideró que el relieve del municipio de Tlacotalpan sea susceptible a presentar hundimientos, además de que mediante las encuestas realizadas la población no manifestó la ocurrencia de este fenómeno

5.1.9. Subsistencia

La subsidencia es un fenómeno geológico que hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre como consecuencia de los procesos morfotectónicos y de sedimentación o de los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos (González de Vallejo *et al.*, 2002; Tomás *et al.*, 2009). Dicho de otra forma, la subsidencia es un fenómeno visible en la superficie terrestre a través del asentamiento de un área extensa debido a una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación que pueden ser de origen natural o antrópico (Corapcioglu, 1984; Tomás *et al.*, 2009).

Considerando la génesis de este fenómeno, Prokopovich (1979) define dos tipos de subsidencia: endógena, haciendo hincapié a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos como pliegues, fallas y vulcanismo; y exógena, refiriéndose a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

Pese a que la subsidencia es un fenómeno que no suele ocasionar víctimas mortales, su estudio es de gran importancia ya que puede causar cuantiosos daños materiales, específicamente en edificaciones, canales, conducciones y vías de comunicación en las zonas urbanas asentadas sobre el terreno donde se manifiesta (Tomás *et al.*, 2006).

En el municipio de Tlacotalpan no se encontraron evidencias de procesos de subsidencia; además de que, mediante las encuestas realizadas, la población no manifestó la presencia de este fenómeno.

5.1.10. Agrietamientos

Los agrietamientos hacen referencia a zonas de desplazamiento de dos planos de la superficie en un movimiento ya sea vertical u horizontal. Lugo-Hubp (2011) define un agrietamiento como la desmembración de las rocas en una serie de bloques por planos de fisuras debido a diferentes fenómenos, tales como movimientos tectónicos, desplazamiento por gravedad, compactación, congelación y deshielo, e intemperismo en general.

En el municipio de Tlacotalpan, Veracruz, no se observó el fenómeno de agrietamiento y los pobladores no mencionaron haber observado este proceso. Los depósitos que conforman la planicie de Tlacotalpan no son propicios para que ocurran agrietamientos por lo que se considera que no existe un peligro debido a estos.

5.1.11. Erosión

La erosión hídrica se define como la remoción laminar o en masa de los materiales del suelo debido a la acción de la lluvia y del escurrimiento superficial, fenómeno que actualmente se encuentra en aumento debido al cambio de uso de suelo sin planeación (SEMARNAT, 2013). Es el segundo proceso de degradación del suelo más severo en México, afectando un 11.9% de la superficie del país, principalmente en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos, Oaxaca y estado de México, así como en las regiones montañosas de los estados de Veracruz y Chiapas (SEMARNAT, 2013).

La erosión hídrica es además un fenómeno asociado con otros peligros, como los movimientos de remoción en masa y las inundaciones, ya que el aumento de la erosión hídrica está relacionado con el aumento del escurrimiento superficial, y éste a su vez con la remoción de la vegetación o los cambios de uso de suelo en zonas con alto potencial de erosión hídrica (Gordon & Edwards, 2006). Así mismo, el aumento de los sedimentos arrastrados por la erosión azolvan las corrientes y cuerpos de agua lo que afecta su calidad y los procesos hidrológicos de los ecosistemas (SEMARNAT, 2013). Por lo tanto, la estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica es un paso fundamental para la planeación y uso de los recursos naturales (Shinde, Tiwari, & Singh, 2010).

La estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica se puede realizar a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (usle por sus siglas en inglés), que es el modelo cuantitativo paramétrico de mayor aplicación para la estimación de la erosión hídrica. Este modelo plantea que la erosión hídrica está determinada principalmente por cinco factores: R, K, LS, C y P. A partir de éstos se puede estimar la pérdida de suelo por unidad de superficie (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994) (Ramírez León, 2009) (Clérici & García Préchac, 2001).

Uno de los principales factores del modelo USLE es el factor de erosividad de la lluvia o factor R, que estima la pérdida del suelo en relación a la precipitación acumulada para un periodo de interés, con cierta probabilidad de ocurrencia, lo cual se expresa en $MJ*mm/ha*hr*año$ (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994).

Relacionado con lo anterior, se define el factor de erosionabilidad del suelo, o factor K, que es la cantidad promedio de suelo perdido, en relación con la lluvia, cuando el suelo en cuestión es mantenido sin cobertura o desnudo, con laboreo secundario y a favor de la pendiente (condiciones de máximas erosión posible), y que se expresa en $Ton*ha*hr/ha*MJ*mm$ (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994).

Sin embargo, cabe resaltar que entre los factores más importantes para la erosión del suelo está el de longitud e inclinación de la pendiente o factor LS (Barrios, 2000). El factor de longitud de pendiente (L), es la relación entre la erosión con una longitud de pendiente dada, y la que ocurre en el estándar de 22.1 m de longitud (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994). Por otro lado, el factor de inclinación de pendiente (S), es la relación entre la erosión con una inclinación de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 9% de inclinación (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994).

El factor de uso del suelo y vegetación, o factor C, es también un factor importante, ya que este establece la relación entre la erosión de un suelo con determinado sistema de uso y manejo y la que ocurre en el mismo puesto en las condiciones estándar, como las definidas en el factor K (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994).

Por último, el factor de prácticas mecánicas de conservación del suelo o factor P, es la relación entre la erosión que ocurre con una determinada práctica mecánica de conservación y la que ocurre en condición estándar de laboreo a favor de la pendiente (Almorox Alonso, De Antonio García, Saa Requejo, Díaz Álvarez, & Gascó Montes, 1994).

Cuando a partir de la fórmula de la USLE se calculan sólo los factores R, K y LS, se estima entonces la erosión hídrica potencial, es decir, cuánto suelo se perdería si se mantiene el suelo en

condiciones estándar de K, es decir, sin cobertura vegetal o con suelo desnudo, o con laboreo secundario y a favor de la pendiente (Wischmeier, 1976) (Wischmeier & Smith, Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning, 1978) (Laura-Ramírez, 2010).

En base a lo anterior se estimó la erosión hídrica potencial para el municipio de Tlacotalpan con información de precipitación acumulada anual obtenida de la base de datos del ERIC III, edafología obtenida de los datos vectoriales de INEGI y longitud e inclinación de pendiente generada a partir de los modelos digitales del terreno LIDAR proporcionados por el INEGI. A partir de lo anterior se elaboró un mapa de peligro por erosión hídrica potencial a escala municipal y otro a escala localidad de la cabecera municipal de Tlacotalpan.

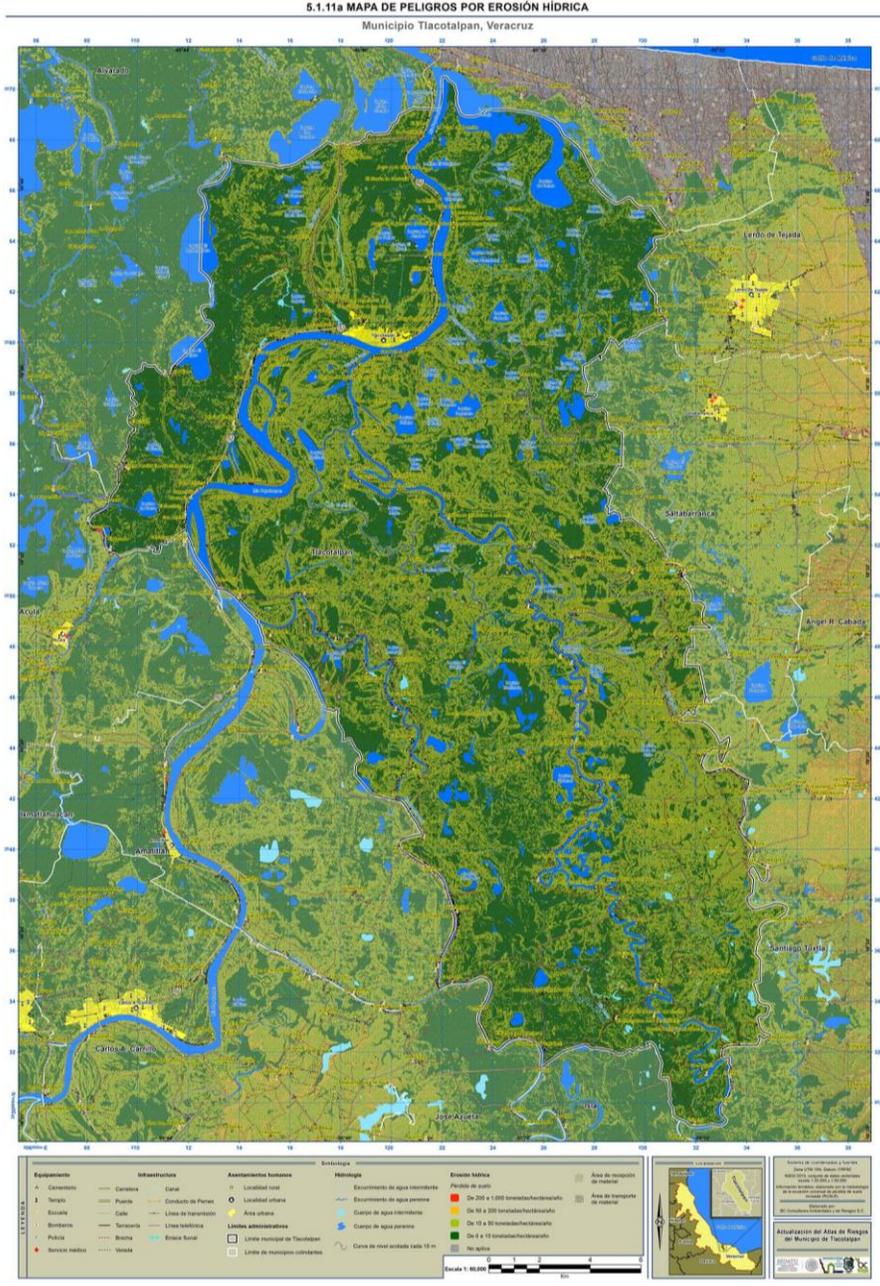
En nivel municipal se tiene que en general se presentan dos condiciones dominantes de pérdida de suelo por erosión hídrica potencial: de 0 a 10 toneladas por hectárea al año (ton/has/año) y de 10 a 50 ton/has/año, las cuales se consideran en categoría de peligro muy bajo y bajo respectivamente.

Las zonas con pérdida de suelo de 0 a 10 ton/has/año ocupan un área de 252.64 km², que representa el 43.81% del territorio municipal. Así mismo, las zonas con pérdida de suelo de 10 a 50 ton/has/año ocupan un área de 267.20 Km², lo que representa el 46.34% del territorio municipal. Estas dos condiciones de pérdida de suelo representan en total el 90.15% del territorio municipal, por lo que en general la mayor parte de la población del municipio de Tlacotalpan se encuentra bajo estas condiciones de peligro por erosión hídrica.

Cabe mencionar que para el municipio se estimaron también zonas con pérdida de suelo mayor a 50 ton/has/año, que aunque no sean representativas superficialmente, son zonas de peligro que se encuentran a las márgenes de los escurrimientos superficiales, las cuales se pueden considerar como zonas de peligro por erosión fluvial.

Debido a la importancia de la identificación de las zonas con mayor peligro por erosión hídrica, se presenta también el mapa de erosión hídrica para la localidad de Tlacotalpan. Las zonas con mayor peligro por erosión hídrica potencial se encuentran en las márgenes del río Papaloapan, las cuales son zonas que se deben priorizar por el riesgo de derrumbe provocado por la socavación del río Papaloapan.

Mapa 13. Mapa de Peligros por Erosión Hídrica



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

5.2.1. Ondas cálidas y gélidas

Ondas cálidas

A un valor máximo de la temperatura diaria registrada entre las 14:00 y 16:00 horas se le llama temperatura máxima (CONAGUA, GLOSARIO METEOROLÓGICO, 2013).

En México el gradiente de la temperatura máxima presenta los valores más elevados hacia el sur, en los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en donde se observan valores de hasta 35° C. Éste gradiente disminuye hacia el norte del territorio nacional, presentando su valor mínimo en el estado de Chihuahua con 11° C, (UNAM, 2011).

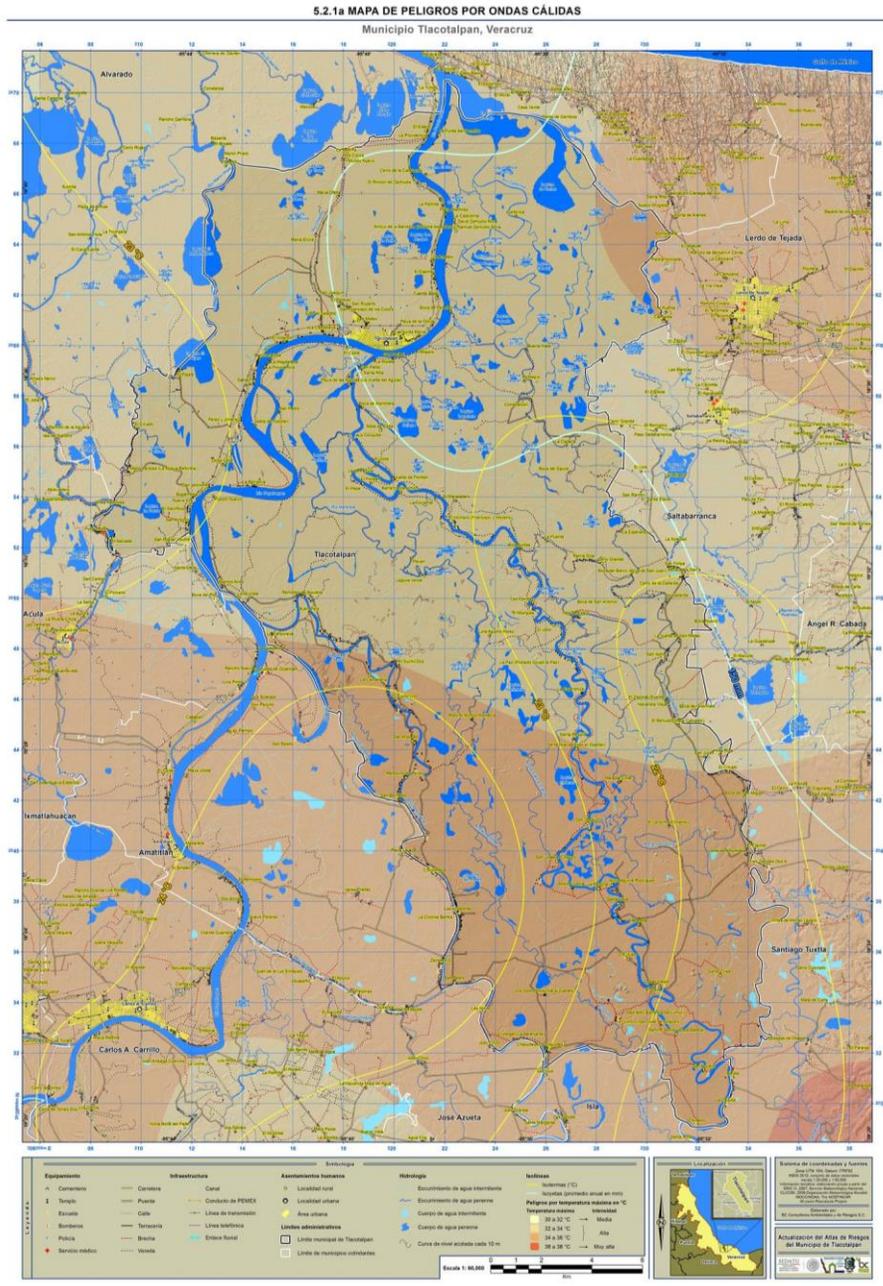
Para el estado de Veracruz la temperatura máxima presenta sus más altos valores hacia el sur, en donde se observan valores que van desde los 32 hasta los 34° C, disminuyendo hacia la zona montañosa de 20 a 22° C, (R. Barradas, T. Martínez, Miranda, & Flores, 2007).

En particular para el municipio de Tlacotalpan la temperatura máxima presenta sus valores extremos hacia el oeste del centro, a la altura de la Laguna el Sauce, y para el sur en donde se registraron valores de hasta 36° C, asociándole una intensidad de peligro alta. Éste valor de la temperatura también se observa al noreste para la localidad del Sombrerete.

Para el resto del territorio municipal la temperatura máxima varía entre los 32 y 34° C, esto es para el este del centro así como para el norte de la entidad con una intensidad de peligro alta.

En comparación a la temperatura promedio, la temperatura máxima presenta valores de hasta 14° C por encima, por lo que se agravaría la sensación térmica de los habitantes

Mapa 14. Mapa de Peligros por Ondas Cálidas



Ondas gélidas

En algunos países, el fenómeno de las bajas temperaturas, o frío, como se le conoce comúnmente, es tan frecuente que la gente está acostumbrada a vivir con él; en cambio, en otros, sobre todo aquellos de latitudes tropicales, ocurren ocasionalmente, por lo que toma desprevenida a la población. Las bajas temperaturas y los fenómenos relacionados con ellas pueden causar varios problemas en los países afectados, principalmente en la salud de la población, así como para sus animales domésticos, cultivos; también puede tener efectos negativos en la infraestructura (CENAPRED, 2006).

La República Mexicana se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Por su ubicación geográfica se encuentra entre dos grandes regiones climáticas, la temporada al norte del trópico de Cáncer y la tropical, al sur de éste. Debido a la forma del relieve, la altitud, extensión territorial y su localización entre dos océanos se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el país se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura, acompañados generalmente de problemas en la salud de la población (CENAPRED, 2006).

El ser humano es vulnerable a ciertas temperaturas, tanto por arriba de un umbral, como por debajo de otro. Este documento se ocupa de aquellas temperaturas que están por debajo de un cierto umbral. Por otro lado, es de interés analizar aquellos eventos extremos, es decir, poco frecuentes, que pueden perjudicar, de manera excepcional a la población, y no el evento normal que se presenta cada mañana antes del amanecer. Adicionalmente es un hecho que junto con la presencia de bajas temperaturas debe analizarse su duración. Dos de las enfermedades que puede presentar en la población de Tlacotalpan son las siguientes:

Dolor de cabeza: El frío provoca dolor de cabeza porque los músculos se contraen. Esto ocurre principalmente cuando hay viento. El dolor se presenta al reír, al toser, al estornudar, al levantar objetos pesados o por realizar grandes esfuerzos y puede ser corto e intenso.

Enfermedad de las vías respiratorias: en general, el mayor número de casos se registra durante las semanas de más bajas temperaturas. Los cambios bruscos de temperatura influyen mucho. Por ello, a partir de los primeros fríos, recrudescen otras infecciones de las vías respiratorias que no son virales, como el asma.

La tos, el catarro, la gripe, la bronquitis, la neumonía, la bronquiolitis, la rinitis, entre otras, forman parte de este tipo de dolencias que afectan alguna parte del sistema respiratorio. Así, el aire frío que se respira en el invierno es peligroso para los pulmones, los bronquios y la garganta. Además si éste es seco, provoca que las mucosas pierdan humedad. Por esta razón es conveniente fortalecer el sistema inmune durante el invierno.

En el municipio de Tlacotalpan la temperatura mínima muestra un máximo hacia el noroeste en la colindancia con el municipio de Alvarado con valores de 18 a 20° C disminuyendo hacia el sur, en donde casi la totalidad del municipio, presenta un temperatura mínima de entre 16 y 18° C hasta llegar a la localidad del el Zapote en donde la temperatura empieza a decrecer hasta tomar valores cercanos a los 14° C.

Con respecto a la distribución espacial de la precipitación máxima acumulada mensual se puede observar un aumento de la misma hacia el este del centro en donde se presentan valores de entre 400 y 450 mm, disminuyendo hacia el sur del municipio, coincidentemente con el gradiente de la temperatura mínima, en donde se observan valores por debajo de los 250 mm de precipitación pluvial.

El granizo en el municipio solo se observa hacia el noroeste del municipio en donde históricamente, hay una ocurrencia de 0 a 1 vez por año, y afecta a las localidades que circundan a la Laguna de la Cerca

5.2.2. Sequía

La sequía es un peligro natural que resulta de una deficiencia de precipitación esperada o "normal" que, cuando se extiende por un período de tiempo más largo, no es suficiente para satisfacer las demandas de las actividades humanas. A medida que aumenta la población mundial, las sociedades están ejerciendo cada vez mayor presión sobre los suministros de agua limitados, esto implica que podría aumentar la vulnerabilidad a los largos períodos de sequía. Los resultados de las investigaciones científicas indican que la frecuencia y la gravedad de la sequía pueden aumentar en algunas regiones en el futuro como consecuencia directa del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Existen múltiples definiciones de sequía, lo que refleja las diferentes características climáticas de una región a otra así como los distintos impactos sectoriales. A pesar de que la sequía se clasifica normalmente como meteorológica, agrícola, hidrológica o socioeconómica, todo tipo de sequía implica una deficiencia de las precipitaciones que se traduce en la escasez de agua para alguna actividad o algún grupo. La sequía debe ser considerada una condición relativa y no absoluta.

Los resultados de esta deficiencia de precipitación son, en ocasiones, impactos económicos y ambientales significativos. Los impactos de la sequía parecen estar aumentando en los países desarrollados y en desarrollo, lo que indica que no existe un desarrollo sostenible en muchos casos. La disminución de los impactos de las sequías futuras requerirá naciones para lograr el desarrollo de las políticas de la sequía que hacen hincapié en una amplia gama de técnicas de gestión de riesgos, incluidos los sistemas de alerta temprana, planes de preparación para acciones y programas de mitigación apropiados para mejorar el seguimiento.

Conceptos y definiciones de sequía

La sequía, a diferencia de otros fenómenos naturales, es de evolución lenta, es decir, es una amenaza natural progresiva, sus efectos se acumulan en un periodo considerable de tiempo y pueden persistir incluso años después de la finalización del evento, es por esto la dificultad para definir el inicio y final de una sequía. Además la falta de una definición precisa de la sequía limita determinar su grado de severidad y por lo tanto la cuantificación de los impactos así como propuestas para su mitigación. El riesgo asociado a la sequía tiene tanto un componente natural como un componente social. Los fenómenos climáticos asociados a la sequía son las altas temperaturas, fuertes vientos y la baja humedad relativa.

El área afectada por sequía rara vez es estática durante el transcurso del evento.

Características y severidad

Se pueden distinguir tres características principales que definen una sequía, éstos son su intensidad, duración y cobertura espacial. La intensidad se refiere al grado de déficit de la precipitación y/o severidad de los impactos asociados. En cuanto a duración, las sequías requieren un mínimo de dos a tres meses para establecerse y pueden continuar durante años o meses. La magnitud de los impactos de las sequías está estrechamente ligado al momento de la aparición de la escasez de precipitación, su intensidad y la duración del evento. En cuanto a sus características espaciales las zonas afectadas por las sequías se desarrollan gradualmente, como se planteaba anteriormente.

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e inclusive el incremento de la concentración de bióxido de carbono en la

atmósfera, que al mismo tiempo ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones (CENAPRED, 2007).

Impactos de la sequía

Los impactos de la sequía son diversos, y fluctúan de acuerdo a la economía. Debido a la cantidad de grupos afectados y sectores relaciones con la sequía así como su extensión espacial, la dificultad de cuantificar los daños ambientales y sociales, es difícil determinar de manera precisa los costos financieros de la sequía.

Los impactos de la sequía se pueden clasificar en tres áreas, económica, ambiental y social. Las pérdidas económicas van desde pérdidas directas en los sectores agrícolas y pecuarios, pérdidas en las actividades de recreación, transporte y sector energético. Las pérdidas ambientales son el resultado del daño a las especies vegetales y animales, hábitat, degradación, degradación de la calidad del paisaje y erosión del suelo. Los impactos sociales se refieren a la seguridad pública, la salud, los conflictos entre usuarios del agua y las desigualdades en la distribución de impactos (Wilhite, 2005).

La sequía es una característica común en muchos países, pero a menudo es considerado como una anomalía desafortunada e irregular del medio ambiente. Sería más apropiado considerar la sequía como parte de la secuencia normal de los acontecimientos. La sociedad debe estar preparada para hacer frente a los efectos de la sequía en cualquier momento. Impactos en el pasado se han visto exacerbados por la ausencia de mecanismos de supervivencia, con muy poca preparación en los períodos sin sequía (Hobbs, 2005).

Como daños secundarios por las sequías se consideran a los incendios forestales y aceleración de la erosión de los suelos. La falta de humedad en las plantas aumenta la materia orgánica potencialmente combustible y con la presencia de una fuente de ignición, provoca que se forme un incendio forestal. Cuando la capa vegetal se pierde por el fuego, el suelo queda desprotegido ante los agentes climáticos como son el viento o la lluvia, acelerando el proceso de erosión (CENAPRED, 2007).

En México, la ocurrencia de sequías de gran magnitud data desde tiempos antiguos, en lo que respecta al siglo XX, se registraron cuatro grandes periodos de sequías que son de 1984 a 1994, de 1960 a 1964, de 1970 a 1978 y de 1993 a 1996. No obstante, se tienen datos de daños por sequía en años subsecuentes. El año 1998 fue crítico en casi todo el territorio nacional debido a las sequías, ondas de calor y altas temperaturas registradas.

De acuerdo con el Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz (2000), la sequía se presenta en el estado con un grado de intensidad Fuerte, Muy Fuerte y Severo, sin llegar a tener grados de Muy Severo y Extremadamente Severo.

El grado de sequía fuerte se localiza desde el Sur hasta la parte central del estado, principalmente en las colindancias con los estados de Oaxaca y Puebla, se tiene una superficie de 26,310.55 Km², que equivale al 37.01% de la superficie total de la entidad veracruzana, en esta área se encuentran 86 municipios. Para el grado de severidad de la sequía muy fuerte, que se localiza desde el Sur, Centro y parte del Norte del estado, principalmente colindando con el Golfo de México y hasta las sierras de Papantla y Huayacocotla, se tiene una superficie de 26,322.65 Km², que equivale al 37.03% de la superficie total de la entidad veracruzana, en esta superficie se encuentran 56 municipios. Para el grado severo, que se localiza desde los municipios de Martínez de la Torre y hasta Pánuco, se tiene una superficie de 18,453.66 Km², que equivale al 25.96% de

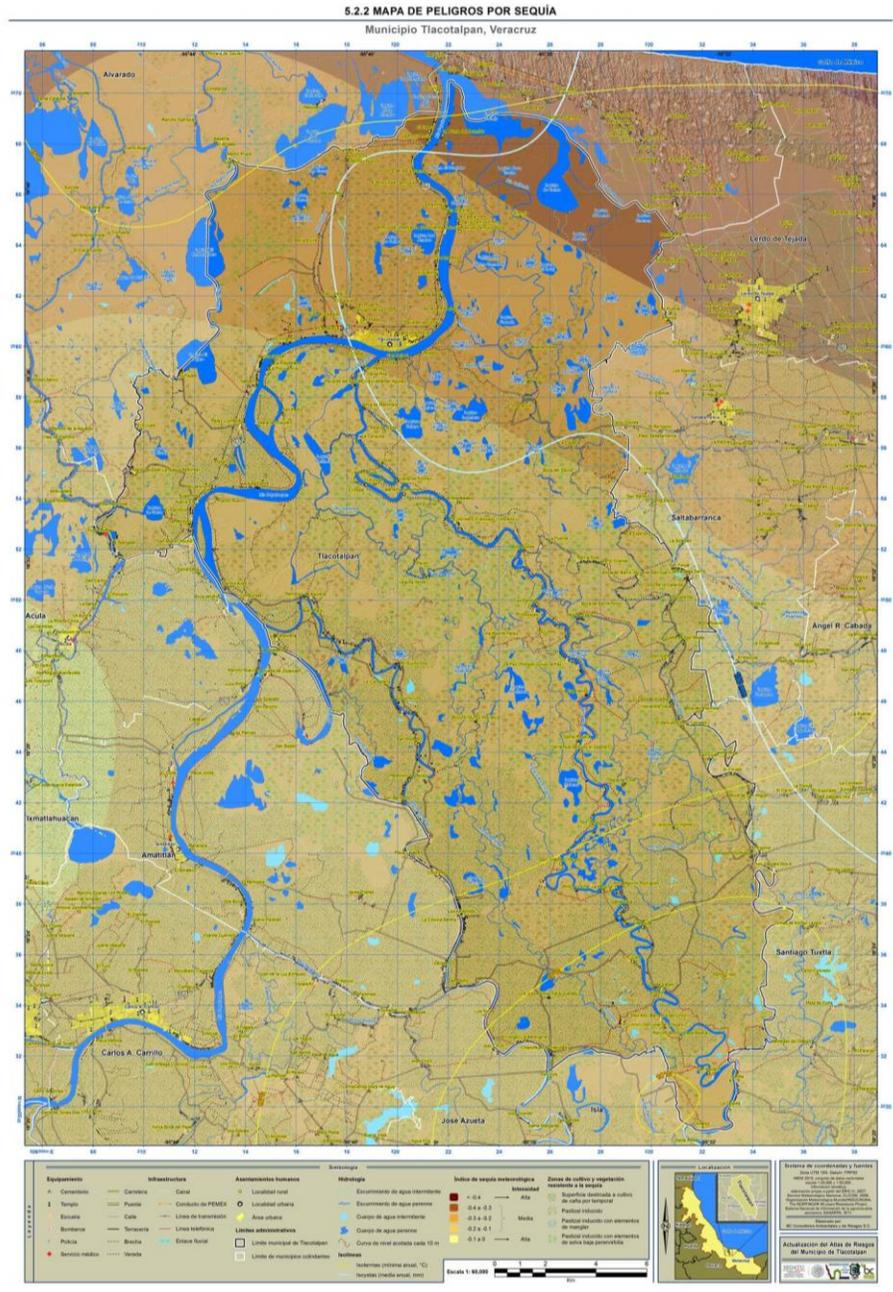
la superficie total de la entidad veracruzana, en esta superficie se encuentran 28 municipios (Protección Civil del Estado de Veracruz, 2000).

En el municipio de Tlacotalpan, se han presentado recurrentemente sequías que afectan sobre todo el cultivo, que generalmente es caña de azúcar, y el ganado. De acuerdo con revisión hemerográfica, en el año 2007 aproximadamente 300 familias dedicadas a la ganadería en el municipio de Tlacotalpan resultaron afectadas por la sequía registrada en la zona sur del estado de Veracruz (Periódico Milenio, 2007) y en el año 2010 los ganaderos de la cuenca del Papaloapan perdieron cientos de cabezas para producción, debido a una intensa sequía presentada durante este año (Sentés, 2011).

Para estimar el peligro por sequía, se utiliza la metodología recomendada por María Engracia Hernández, (2010), en donde se determina la anomalía de la precipitación entre el promedio climatológica para calcular el índice de severidad se sequía estandarizada.

En este sentido, se obtuvo que la distribución espacial de la sequía meteorológica en el municipio de Tlacotalpan es de una intensidad alta en la zona norte y una intensidad media en la zona centro-sur.

Mapa 16. Mapa de Peligros por Sequía



5.2.3. Heladas

El fenómeno de heladas consiste en el descenso de la temperatura cercana a la superficie del terreno a 0°C o menos durante un periodo mayor a cuatro horas, por lo general, la ocurrencia de este fenómeno es durante las madrugadas o cuando sale el sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire con respecto a la resistencia de los seres vivos a ésta (CENAPRED, 2001).

Las principales variables de tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. La ausencia de viento favorece la ocurrencia de heladas y aumenta si existe una inversión térmica, es decir, que la temperatura incrementa conforme aumenta la elevación. Cuando la temperatura disminuye a 0°C o menos y el viento es escaso cerca de la superficie, el vapor de agua contenido en el aire se condensa, si la humedad es abundante se produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad se produce una helada. Cuando los días son más cortos y las noches más largas, aumenta la ocurrencia de heladas debido a que existe menos acumulación de calor en el suelo y más tiempo para que se transmita hacia el aire.

Las heladas se pueden agrupar en varias categorías de acuerdo a distintos criterios, en lo que respecta al efecto visual en los cultivos, se tienen dos tipos de heladas, la blanca y la negra. Las blancas forman una capa de hielo color blanco sobre la superficie de la planta u objetos expuestos, mientras que las negras se observan en las plantas que adquieren un aspecto negruzco debido a que se congela el agua contenida en las mismas.

La forma del relieve donde se presentan con mayor frecuencia las heladas son los valles y depresiones, las heladas suelen afectar principalmente a las plantas que poseen frutos. En México, la ocurrencia de heladas es por lo general en el centro y norte del país durante los meses fríos del año (noviembre-febrero).

En el municipio de Tlacotalpan históricamente no hay registro de que la temperatura haya descendido por debajo de los 0°C, de acuerdo con datos consultados en el Sistema de Información de Normales Climatológicas (CLICOM), en las estaciones que se encuentran ubicadas en el municipio (30150, 30159, 30183, 30328), en el cuadro 5.1 se tiene el registro histórico del descenso de temperatura mínimo en las estaciones mencionadas, así como su fecha de ocurrencia.

Estación	Latitud	Longitud	Temperatura mínima histórica (°C)	Fecha de ocurrencia
30150	18.567	95.733	9	13 de enero de 1972
30159	18.45	95.583	7	15 de febrero de 1967
30183	18.617	95.667	6	02 de febrero de 1966
30328	18.483	95.567	11	07 de febrero de 1978 03 de marzo de 1980 19 de diciembre de 1980 02 de enero de 1981 05 de enero de 1981

Como se puede observar en la tabla, la temperatura mínima histórica en un día en el municipio es de 6°C.

Además, como se mencionó en el capítulo 3, el municipio de Tlacotalpan se encuentra principalmente en un rango altitudinal de 0 a 20 metros sobre el nivel del mar, formando una extensa planicie originada por la dinámica hidrológica, lo cual minimiza la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos ya que no se forman depresiones ni valles en el territorio municipal.

5.2.4. Tormentas de granizo

El granizo es un tipo de precipitación compuesta de esferas concéntricas de hielo transparente u opaco con un diámetro de hasta 50 mm o más. Han sido reconocidos tres tipos de granizo, el granizo blando, el pequeño y el severo. El primero se compone de cristales de hielo compactados sin apretar, esferoide, con una tendencia a la fractura al chocar contra el suelo, estos tienen un diámetro menor a 5 mm de diámetro, éste tipo de granizo se funde comúnmente antes de llegar a la tierra, sobre todo durante el verano. El granizo pequeño es de tamaño similar al del blando, su color es semitransparente con un centro traslúcido o blanco lechoso, con frecuencia el granizo blando sirve como núcleo del granizo pequeño, lo que provoca que sea menos compresible; cuando el granizo pequeño golpea superficies duras a menudo se mantiene intacto. El granizo severo está compuesto por piedras de granizo de más de 5mm que pueden causar daños (Wixon, 2004).

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas (CENAPRED, 2001).

En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de su porción sur y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que son afectadas con mayor frecuencia son Puebla, Pachuca, Tlaxcala, Zacatecas y el Distrito Federal, donde se tiene la mayor incidencia durante los meses de mayo julio y agosto (CENAPRED, 2010).

El fenómeno de granizo no es común en el municipio de Tlacotalpan, sin embargo, se tiene el registro histórico de un evento de granizo el 15 de noviembre de 1961 en la estación con clave 30159 ubicada al sureste del municipio. Asimismo se llevó a cabo el análisis de interpolación con estaciones aledañas, lo que dio como resultado que la distribución de este fenómeno es por lo general hacia el este.

5.2.5. Tormentas de nieve

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo alrededor de polvo o de otras partículas diminutas de la atmósfera cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de la solidificación del agua.

La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno como las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones interactúan con corrientes de chorro, líneas de vaguadas y entrada de humedad de los océanos hacia la tierra.

Son escasas las regiones del país que padecen del fenómeno de tormentas de nieve, ocurren sobre todo en regiones altas como montañas o sierras. Las nevadas se forman comúnmente en el altiplano de México debido a las corrientes frías provenientes del norte del país. En las ciudades, los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras como fallas en el servicio de energía eléctrica, taponamiento de drenaje, daños a estructuras, derrumbes de techos, entre otros, además de que puede causar decesos en la población.

En las zonas rurales las tormentas de nieve pueden ser tener efectos considerables sobre el cultivo de acuerdo a su tipo y la etapa de crecimiento en la que se encuentre.

De acuerdo con lo anterior, el municipio de Tlacotalpan no es propenso a la ocurrencia de tormentas de nieve, no se han tenido registros al respecto de este fenómeno en el sitio ni en sus alrededores, por lo tanto no se llevó a cabo el análisis de peligros ya que no es un agente perturbador que ponga en riesgo la calidad de vida y el desarrollo de las actividades humanas de sus habitantes, (Martín Jiménez Espinosa, 2006).

5.2.6. Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Los ciclones tropicales se caracterizan por formarse en aguas oceánicas cercanas al ecuador, y tener una circulación superficial bien definida y organizada alrededor de un centro de baja presión atmosférica, girando en el hemisferio norte en sentido contrario al de las manecillas del reloj, estos eventos meteorológicos se manifiestan por intensos vientos cambiantes de dirección, oleajes. Altas mareas y lluvias torrenciales. Para el caso de México nos interesa estudiar los ciclones tropicales que se generan en el Océano Pacífico Nororiental y el Océano Atlántico Occidental, específicamente el Golfo de México. (Castro, 2010)

Estos sistemas meteorológicos de baja presión tienen distintas etapas de evolución, la primera de ellas se conoce como depresión tropical y corresponde a una zona limitada de baja presión atmosférica, donde se favorece la convergencia de vientos en superficie, con una velocidad máxima de 62 Km/hr, esto se da sobre regiones donde la temperatura superficial del mar es mayor a 26.5°C. La segunda etapa, llamada tormenta tropical, se presenta cuando las condiciones son apropiadas para que los vientos alcancen velocidades de hasta 118 Km/hr. Tratándose de un ciclón tropical bien constituido de núcleo caliente, al cual ya se le asigna un nombre para su monitoreo. Si el viento máximo en superficie es mayor o igual a 118 Km/hr, entonces se trata de la tercera etapa que se conoce como huracán; el huracán ya presenta áreas o regiones bien definidas. De la parte central a la periferia se encuentra el ojo del huracán la cual rodea al centro de mínima presión atmosférica, tiene vientos débiles y en general está libre de nubes y a continuación de esta pared, se presentan los vientos más fuertes que se caracteriza por la presencia de nubes convectivas bastante desarrolladas tipo cumulo nimbus; que son nubes de tormentas que alcanzan altitudes que varían desde menos de 1,6 Km hasta más de 13 Km sobre la tierra, y poseen una forma de cúpula o de madejas de lana, y de yunque en la cumbre. (Falcón & Quintero, 2009). Después, alrededor de la pared y en forma de espiral, se presenta la región de las bandas convergentes, más externamente una región donde se presentan algunas nubes convectivas de poco desarrollo.

La escala Saffir-Simpson es una calificación de 1 a 5 según la velocidad sostenida del viento de un huracán. Esta escala estima potencial de daños a la propiedad. Los huracanes que llegan a alcanzar la categoría 3 y superiores, se consideran huracanes mayores debido a su potencial destructivo para la pérdida significativa de vidas y daños. (NOAA, 2013). En el periodo de 1944 a 2009, se registraron 723 ciclones tropicales, de los cuales el 53 % evolucionaron a huracán, del total de ciclones generados en el Atlántico sólo el 28% llegan a tener influencia en México. La proporción de ciclones tropicales que se forman en el Atlántico y que llegan a tocar tierras mexicanas es el 12%. (Castro, 2010). Debido a que los ciclones tropicales frecuentemente afectaban a ciudades densamente pobladas en los EEUU, ocasionando pérdidas económicas y de vidas humanas, se iniciaron a registrar desde el año 1944 para el Océano Atlántico y en el año de 1963 para el Océano Pacífico, inicialmente con vuelos sistemáticos de reconocimiento y posteriormente con la ayuda de la observación satelital permitiendo obtener registros de manera continua en espacio y tiempo. En este trabajo se realizó una revisión desde el año de 1953 para contar con una referencia histórica de los ciclones tropicales que se han acercado al municipio de Tlacotalpan, Veracruz. En el análisis de datos realizado para el Océano Atlántico, es notoria la frecuencia de ciclones tropicales que entran al territorio mexicano por el Estado de Quintana Roo y cruzan la península de Yucatán, saliendo al Golfo de México para volver a entrar a territorio nacional y tornar su recorrido hacia las costas de Tamaulipas o Veracruz.

Los peligros por viento de huracanes son menos significativos del centro al norte de Tlacotalpan, pues alcanzan una velocidad de 40 a 62 Km/hr, pasando por las localidades de Enero y El Jobo hacia el noroeste sobre la cuenca hasta llegar a la localidad del Estero. Y del centro al sur, desde la localidad de La Esperanza hacia Isletilla se presentan vientos de los 63 Km/hr a los 117 Km/hr. Tras el análisis realizado en los registros históricos, se muestran trayectorias de ciclones tropicales que se han transportado frente al Golfo de México y han entrado a la entidad veracruzana; tratándose específicamente de cinco meteoros y tres de ellos con relevancia sobre la región de la cuenca del Río Papaloapan.

Cabe hacer mención que el trastorno que puede ocasionar un ciclón tropical que toca tierra, no sólo se resume a la vulnerabilidad con que la población se afronte ante los peligros del viento fuerte y sus derivados, sino también al efecto negativo que pudiera dejar las intensas precipitaciones. En este sentido, en el municipio de Tlacotalpan se presenta precipitaciones que van de los 200mm a los 400mm al año, asociado esto con la presencia del Río Papaloapan, las inundaciones que se presentan son repentinas y han dejado daños en la infraestructura de las zonas urbanas y zonas propuestas para el desarrollo agropecuario lo que afecta al desarrollo económico de la cuenca.

Marea de Tormenta

Al localizarse en la región de la cuenca del río Papaloapan, es común que el municipio de Tlacotalpan se vea afectado por eventos de inundación tras el crecimiento de éste río y sus distintos afluentes. La inundación causada por el desbordamiento del río puede ser agravada por una marea de tormenta y al ubicarse esta municipalidad en la zona cercana a la desembocadura es necesario conocer cómo se interrelaciona con la descarga del río y los efectos que esta relación descarga de río-marea de tormenta provoca.

En algunas ocasiones este fenómeno ha ocasionado en la localidad de Tlacotalpan que la inundación no ceda de manera natural y la presión que ocasiona la marea de tormenta mantenga acumulada el agua sobre la localidad de Tlacotalpan, de esta manera, los eventos hidrometeorológicos no solo pueden dejar grandes cantidades de lluvia, sino que también aumentan la marea, ya que los vientos empujan la superficie oceánica, haciendo que el agua se eleve por encima del nivel normal del mar, y la baja presión en el centro del sistema atmosférico provoca una onda de presión que eleva el nivel del mar. Este fenómeno se agrava cuando coincide con la pleamar y con el ascenso de la masa de agua ocasionado al romper el oleaje en la playa o sobre una estructura conocido como run up del oleaje, es la cota que alcanza el oleaje al incidir sobre un elemento respecto al nivel del mar en reposo. Esto se produce después de que la onda rompa debido a su iteración con el fondo, produciéndose el movimiento hacia delante de la masa de agua hasta que la energía de la ola no ha sido disipada en el proceso de rotura se invierte en subir por un talud. (Rodolfo Valles & Serrano Choto, 2010).

5.2.7. Vientos

El viento es un movimiento de aire con relación a la superficie terrestre. En las inmediaciones del suelo predominan los desplazamiento de aire horizontales, por lo que se considera solamente la componente horizontal del vector velocidad, debido a que es una magnitud vectorial, se debe considerar su dirección y velocidad.

La dirección del viento no es nunca fija, sino que oscila alrededor de una dirección media que es la que se toma como referencia. El origen del viento está en la diferencia de presión entre dos puntos de la superficie terrestre lo que ocasiona que exista una tendencia al equilibrio desplazando las masas de aire para rellenar las zonas de más baja presión, cuanto mayor sea la diferencia de presión mayor será la fuerza del viento (Protección Civil del Gobierno Español, 2013).

Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes; sin embargo otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos.

La regionalización del peligro por viento se usa para fines de ingeniería, en las normas para diseño de edificios y de otras estructuras. Se emplea como parámetro la velocidad máxima del viento para un cierto periodo de retorno, y con ella se preparan mapas de curvas llamadas isotacas que corresponden a líneas con una rapidez máxima de viento constante. El país se divide en cuatro zonas que representan bandas de velocidad máxima de viento que ocurren en promedio una vez cada 50 años.

Es importante destacar que la rapidez del viento fluctúa en forma continua y puede alcanzar picos superiores al promedio, debido a los efectos de ráfaga. Para fines de ingeniería se suele tomar como valor indicativo una velocidad media en un lapso de dos minutos. Por otra parte, la velocidad del viento varía con la altura sobre el terreno; es menor a nivel del suelo donde la fricción entre la masa de aire en movimiento y el terreno frena el flujo; la velocidad crece con la altura hasta volverse constante a una altura de algunos cientos de metros. Por esta razón la rapidez del viento es mayor en un terreno plano, en un campo abierto o en las costas expuestas al viento que viene del mar a diferencia de los terrenos irregulares como en un bosque o una ciudad.

En este sentido, el viento es afectado por la topografía del terreno, por ejemplo, la velocidad aumenta con los bordes anteriores de topografía abrupta y edificaciones, y al pasar por cañadas. En zonas urbanas, la periferia de la población resulta usualmente sujeta a velocidades de viento mayores.

El viento ejerce empujes y succiones sobre los objetos que se encuentran en su trayectoria, por lo que puede ocasionar daños importantes en las construcciones y en diversas instalaciones, principalmente las construcciones de madera con techos ligeros que son muy comunes en las zonas rurales.

La parte más vulnerable de una construcción es la techumbre, sobre todo cuando es lámina delgada que puede ser levantada por la succión ejercida por vientos de alta rapidez. Las cubiertas ligeras son comunes en las construcciones industriales o comerciales de grandes dimensiones que pierden en ocasiones su techo por vientos intensos. Aunque los edificios sean sólidos y robustos en sus estructuras, sus fachadas y revestimientos pueden ser relativamente frágiles y dañarse por el empuje del viento. Este es el caso de los grandes ventanales de vidrio que llegan a romperse por el empuje de los vientos extraordinarios asociados a los huracanes, además del evidente peligro que representa para los ocupantes el desprendimiento de trozos de vidrio, la ruptura de éstos permite la entrada del viento y de la lluvia que con frecuencia se asocia al primero, produciendo graves daños a los acabados e instalaciones.

Una causa de daños severos por vientos intensos es el impacto de objetos diversos que son levantados y desprendidos por el viento y puede golpear las fachadas y techos de los edificios y romper vidrios y paredes delgadas. Por ejemplo, ramas de árboles, láminas y materiales desprendidos del revestimiento de las construcciones, se vuelven proyectiles peligrosos en los vientos intensos.

Los elementos urbanos más vulnerables a la acción del viento son los anuncios (como los espectaculares), que tienen una estructura metálica ligera y una superficie considerable expuesta a la presión del viento. Estos constituyen un peligro también para otras edificaciones y para otros transeúntes, ya que sus partes pueden ser transportadas a distancias considerables y golpear con violencia. Otras construcciones vulnerables son las torres de transmisión y antenas, los cables aéreos, que sobre todo son susceptibles a daños indirectos producidos por árboles derribados por el viento. Las principales precauciones contra este fenómeno son el correcto diseño y construcción de las edificaciones para evitar afectaciones por vientos intensos previsible (CENAPRED, 2001).

Para estimar la intensidad del viento en el municipio, se llevó a cabo el cálculo de la rapidez media del viento y la rapidez máxima por temporada del año y se determinó que la temporada con mayor intensidad del viento es la primavera, debido a la diferencia de esta con respecto a la media.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Marina, la presencia de frentes fríos en el Golfo de México produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos como "Nortes", que alcanzan velocidades de hasta 30 m/s. Los nortes varían de un año a otro, principalmente entre años "normales" y años "Niño", donde los "Nortes" son menos frecuentes más intensos. En general, septiembre es el mes que presenta el mayor número de tormentas, lo cual influye en la circulación y modifican la posición de la termoclina haciéndola más profunda, a pesar de que estos vientos impactan primero en la zona de la costa, la influencia llega hasta Tlacotalpan (SEMAR, 2013).

En el municipio de Tlacotalpan, la intensidad del viento en la temporada de primavera va desde 11 hasta 58.2 Km/hr, lo que en la escala de Saffir-Simpson representa un peligro de intensidad baja, sin embargo, si se toma en cuenta la rapidez media del viento en el municipio, que oscila entre 5 y 20 Km/hr, entonces se puede determinar cómo significativa la intensidad del viento máxima en la temporada de primavera. La distribución espacial de las isotacas incrementa de acuerdo a la cercanía con la zona de costa, mientras que al sureste del municipio es donde se presenta la menor intensidad del viento (ver mapa 5.2.7).

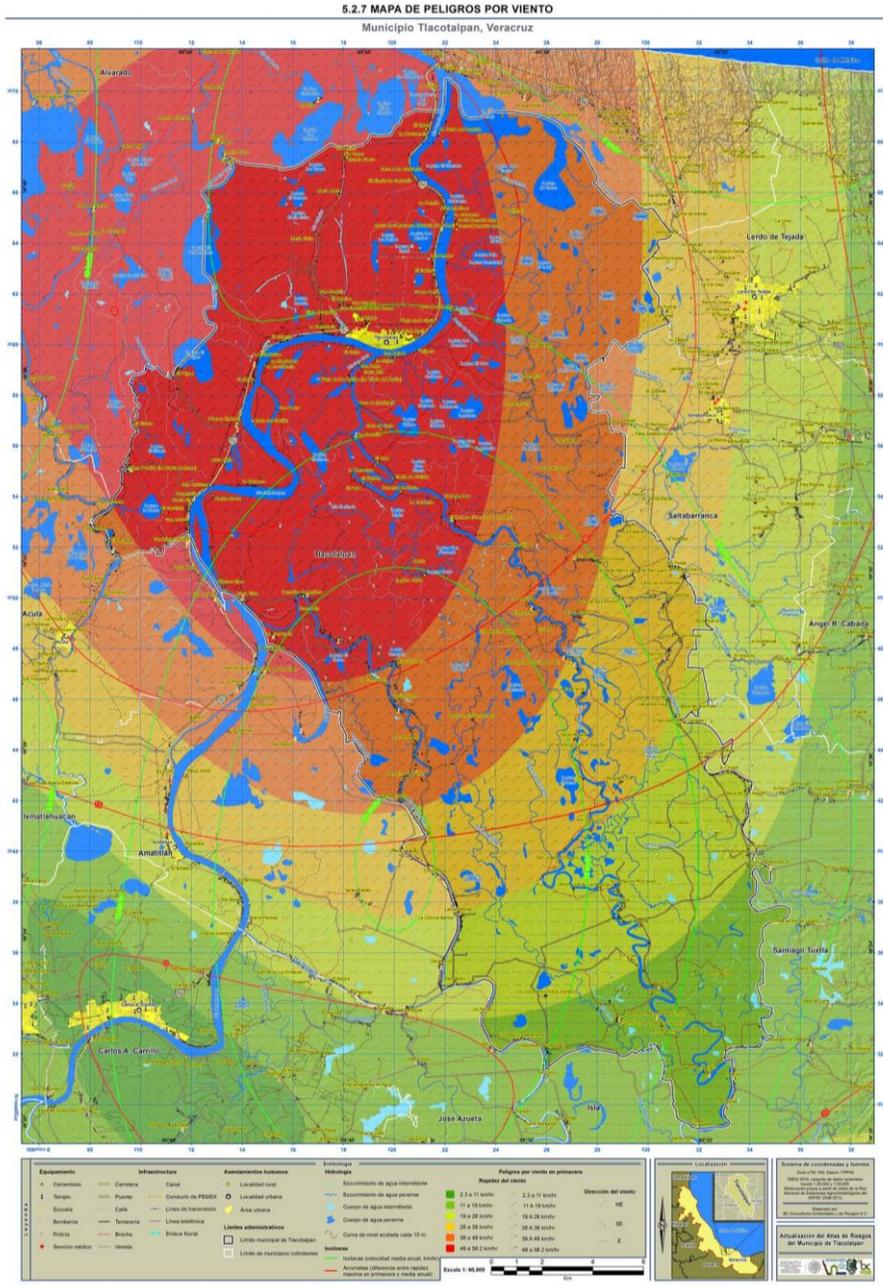
Por otra parte, la dirección del viento dominante es la que proviene del Noreste hacia el suroeste, que ocupa la mayor superficie del territorio municipal, aunque también se distribuyen vientos dominantes del norte.

Nortes

La presencia de un frente frío en el Golfo de México produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos como "Nortes", los cuales alcanzan velocidades de hasta los 30 m/s. Los Nortes varían de un año a otro, principalmente entre años "normales" y años "Niño", donde son menos frecuentes y más intensos. En general, septiembre es el mes que presenta el mayor número de tormentas, lo cual influye en la circulación y modifican la posición de la termoclina haciéndola más profunda. Pese a que estos vientos impactan primero en la zona de la costa, la influencia llega hasta Tlacotalpan, la cual se ve disminuida por la barrera orográfica de las dunas costeras que presenta el Territorio municipal, (SEMAR, 2013).

Sin embargo el análisis de viento por componentes, elaborado para este documento, muestra que la intensidad del viento en primavera presenta valores por arriba de los 15 m/s, al norte del municipio de Tlacotalpan, siendo ésta la temporada con una valores máximos, incluso que la temporada de nortes (Mapa de peligros por viento).

Mapa 18. Mapa de Peligros por Vientos



5.2.8. Tornados

Un tornado es la perturbación atmosférica violenta en forma de vórtice que aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, debido a una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. También se puede decir que los tornados se forman cuando masas de aire chocan, con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad (CENAPRED, 2010).

Los tornados, según su origen se pueden clasificar en superceldas y no-superceldas. Los primeros se forman debido a una tormenta severa de larga duración cuyo viento se encuentra en rotación, cuando una nube cumuliforme genera corrientes ascendentes dentro de ella misma, puede llegar a extenderse algunos kilómetros de diámetro que originan un tipo de tormenta convectiva con ciertas condiciones que pueden generar vientos fuertes, granizadas y tornados violentos que pueden devastar sobre una larga trayectoria. Las no-superceldas suelen ser de menor magnitud, se forman cuando una nube *cumulus congestus*, en rápida formación, atrae aire que circula lentamente y de manera giratoria en los niveles inferiores de la superficie de la tierra.

Cuando se observa un tornado se puede distinguir una nube de color blanco o gris claro, mientras que el vórtice se encuentra suspendido de ésta; cuando el vórtice hace contacto con la tierra se presenta una nube color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por la violencia del remolino (CENAPERD, 2013). Por otra parte, la temporada de ocurrencia de este fenómeno es entre los meses de febrero a octubre, sobre todo entre abril y agosto es cuando se observa una mayor actividad.

En México se presentan condiciones meteorológicas suficientes para la formación de tornados, en algunos lugares se presentan estacionalmente y en otros de manera esporádica (CENAPERD, 2013). En la actualidad existen pocos registros recabados para determinar la frecuencia e intensidad de este tipo de fenómenos, además de que los registros su localización geográfica son pocos. Sin embargo, se han hecho recopilaciones de información de testimonios históricos, notas periodísticas e información popular, es así que Avendaño (2006) proyectó una distribución de tornados aunque debe tomarse con las reservas necesarias debido a que no tienen validación.

En cuanto a su distribución, se consultó el atlas de riesgos nacional, en donde se constata que la ocurrencia de estos fenómenos se ha observado en distintos municipios de todo el territorio nacional.

En el municipio de Tlacotalpan, no se han observado tornados, a pesar de que el municipio de Tlalixcoyan, ubicado a 60 kilómetros de distancia hacia el noroeste del municipio, se hayan registrado algunas observaciones de tornado (CENAPRED, 2007).

5.2.9. Tormentas de Polvo

Las tormentas de polvo se forman cuando el suelo de un desierto se calienta y existe un rápido descenso de la temperatura sobre la superficie de la tierra, lo que provoca condiciones inestables que crean rachas de viento turbulento. Esto tiene como consecuencia el levantamiento de partículas de la superficie.

La ocurrencia de este fenómeno provocan los patrones dinámicos de las dunas de arena e influyen en la erosión superficial, así como en la formación de tormentas de polvo y pequeños remolinos de polvo con menor tiempo de duración. Las partículas pesadas no permanecen mucho tiempo suspendidas en el aire, en cambio las partículas pequeñas se sostienen en el aire. La capa de polvo del Sahara, por ejemplo, se extiende a más de 5 kilómetros de altitud, lo que produce colores rojos vivos en las nubes a esta altura.

Cuando una tormenta de polvo se produce en el desierto, sus efectos pueden ser devastadores. En tan sólo unos minutos, el aspecto de un día con sol brillante cambia al aspecto de un anochecer con neblina de color marrón rojizo y la temperatura puede bajar a más de 15°C.

Un tipo particular de tormenta de polvo, llamado haboob en el norte de África y el suroeste de Estados Unidos, se origina como una corriente descendente fuerte y turbulenta como se forma en una tormenta eléctrica. El polvo es impulsado, por lo que se llama corriente de densidad y el aire frío se hunde en la tierra. Al llegar a la superficie, se extiende lateralmente, distribuyendo el polvo en violentas ráfagas que pueden exceder de 60 mph, lo que disminuye la visibilidad.

Derivado de lo anterior, se puede deducir que el municipio de Tlacotalpan no es propenso a este tipo de agente perturbador, ya que su paisaje bioclimático no corresponde a un desierto.

5.2.10. Tormentas eléctricas

Peligros por tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica se forma por una nube convectiva profunda (comulonimbus) en condiciones de inestabilidad atmosférica, que produce relámpagos y truenos, lluvias severas, corriente superficial de aire frío, granizo, y en raras ocasiones un tornado. Un rasgo característico de este tipo de tormentas, es que vistas a distancia, tienen una forma de reloj de arena, debido al aire divergente de la capa superior de la corriente ascendente (Brown, 2005).

La extensión vertical de las tormentas varía de una región climatológica a otra. En las regiones húmedas, la base de la nube puede estar a cientos de metros sobre la superficie, mientras que en regiones más áridas, la base de la nube puede tener kilómetros de altura (Brown, 2005).

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas, empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella (CENAPRED, 2010).

Mecanismos de formación

Una tormenta eléctrica se forma cuando una nube convectiva se desarrolla en una atmósfera inestable, ya que la energía potencial del calor latente es convertida en energía cinética en el movimiento vertical del aire. Una vez que esta masa de aire suspendida llega a su estado de equilibrio (donde la temperatura del aire es igual a la de su entorno), el aire se vuelve más frío que sus alrededores y desacelera rápidamente (Brown, 2005).

Si la tormenta es de tipo ordinario, lloverá y cesará poco después de alcanzar su máxima extensión vertical. Sin embargo, cuando el viento presenta fluctuaciones significativas de dirección del viento e incrementa su velocidad con la altura, pueden ocurrir tormentas severas de larga duración. El calor del sol durante el día provoca que este tipo de tormenta alcance su madurez durante la tarde y la noche (Brown, 2005)

Una característica geográfica que propicia la formación de nubes suspendidas son las cimas de las montañas o terrenos montañosos en general. Otro rasgo geográfico importante es la frontera aguatierra, ya que durante el verano el efecto de la brisa marina y la brisa terral provocan una circulación localizada del flujo de aire y se favorece el desarrollo de tormentas sobre la tierra o el mar según sea el caso. Durante el otoño y principios de invierno, este tipo de tormentas se puede formar sobre lagos cálidos con masas de aire frío (Brown, 2005).

En lo que respecta a la energía de los rayos, de acuerdo con CENAPRED (2010), éstos alcanzan una temperatura en el aire de 30,000°C en una fracción de segundo aproximadamente. El aire caliente provoca que se expanda rápidamente, produciendo una onda de sonido que viaja en todas las direcciones a partir del rayo. Los rayos pueden ser del tipo nube-aire, en donde la electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta; nube-nube, el rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario; nube-suelo, en el que las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

Principales daños por tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas, ya sea como células separadas, chubascos o líneas ordenadas, desarrollan corrientes de aire frío descendente con altas velocidades que son capaces de causar serios daños localizados.

Los chubascos de una tormenta eléctrica pueden generar ráfagas de hasta 185 Km/hr, y sus efectos son a menudo agravados por las lluvias intensas, granizo o rayos. Las ráfagas de corriente fría descendentes son particularmente peligrosas debido a las tijeras de viento que se forman en la superficie (Hobbs, Climate Hazards, 2005).

Las tormentas individuales suelen afectar sólo áreas pequeñas, pero puede haber muchas tormentas de este tipo en un momento dado en una región particular, su asociación con inundaciones repentinas, ráfagas descendentes, vientos fuertes, tornados y relámpagos hacen que su prevención sea de carácter vital (Hobbs, Climate Hazards, 2005).

No obstante, las corrientes de conducción descendientes de las tormentas eléctricas son también un factor crítico de la propagación de incendios forestales, debido a la caída de rayos. Los rayos son considerados como un peligro para las actividades al aire libre durante su temporada de ocurrencia y de acuerdo con Hobbs (2005), es probable que las muertes y lesiones eléctricas se subestimen considerablemente e incluso la mayoría de las personas no saben cómo actuar durante estas tormentas ya que desconocen de las posibles implicaciones médicas por un rayo como puede ser una parálisis, quemaduras externas, fuertes dolores de cabeza, pérdida de la audición, entre otros (Shearman y Ojala, 1999 en Hobbs, 2005).

Además, los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que puede provocar la suspensión de energía eléctrica y afectar algunos aparatos (radio, televisión, computadoras, refrigeradores, etc.). En ocasiones las descargas eléctricas pueden provocar la muerte del ganado y son la causa más común del retraso de aeronaves y de los accidentes aéreos (CENAPRED, 2010).

Durante el año 2009, las tormentas eléctricas provocaron un número considerable de decesos en el país, mismos que representaron el 35% del total de muertes por fenómenos naturales (CENAPRED, 2010). Desde el año 1985 hasta el 2007, se reportaron 4,848 defunciones en 31 estados del país, es decir, en promedio se llegan a presentar 220 pérdidas humanas por tormentas eléctricas al año, en el estado de Veracruz se han presentado alrededor de 200 decesos en el periodo señalado (CENAPRED, 2010).

Distribución de las tormentas eléctricas

Generalmente, las tormentas eléctricas ocurren con mayor frecuencia en los trópicos, en menor medida en las latitudes medias y rara vez son observados estos fenómenos en los polos (Brown, 2005).

El patrón de distribución de ocurrencia está influenciado por tres elementos principalmente: la zona de convergencia intertropical, la radiación solar acumulada en la superficie, y las corrientes oceánicas cálidas (Brown, 2005).

Fuera de los trópicos, la ocurrencia de las tormentas está relacionada con la incidencia solar. La ocurrencia de tormentas máximas se produce en el verano, mientras que las mínimas en invierno. En este sentido, América del Sur y África, situados en el ecuador, son los dos continentes con mayor ocurrencia de tormentas eléctricas. Las corrientes oceánicas también juegan un papel importante en la distribución mundial de las tormentas. La ocurrencia mínima de tormentas eléctricas se encuentra a lo largo de las costas del este, fuera de los trópicos, donde se producen las corrientes oceánicas frías (Brown, 2005).

Las tormentas eléctricas en México ocurren entre mayo y octubre, se presentan generalmente durante la tarde o la noche, su ámbito es local y son intermitentes debido a la topografía del país. El promedio anual de ocurrencia de tormentas es de 30 hasta 100 al año en las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre Sur, Madre Chiapas, Montañas del Norte de Chiapas y sistema Volcánico Transversal (CENAPRED, 2010).

En el municipio de Tlacotalpan, la distribución espacial de la ocurrencia histórica de las tormentas eléctricas está conformada por dos rangos (intensidad muy baja y baja) en la zona norte, centro y sur del municipio.

En la zona norte y sur se tiene un rango de cero hasta diez días con tormenta eléctrica, rango que implica una intensidad muy baja y que ocupa una superficie de 419.0 Km², es decir, el 72.4% del total del municipio.

Por otra parte, el rango que va de 10 a 20 ocurrencias del fenómeno de tormenta eléctrica, que implica una intensidad baja del peligro asociado, ocupa una menor proporción del municipio (27.6%), es decir, 160.1 Km². En el gráfico 5.1 se tiene la distribución de la población en cada una de las clasificaciones de la intensidad del peligro por tormentas eléctricas en el municipio.

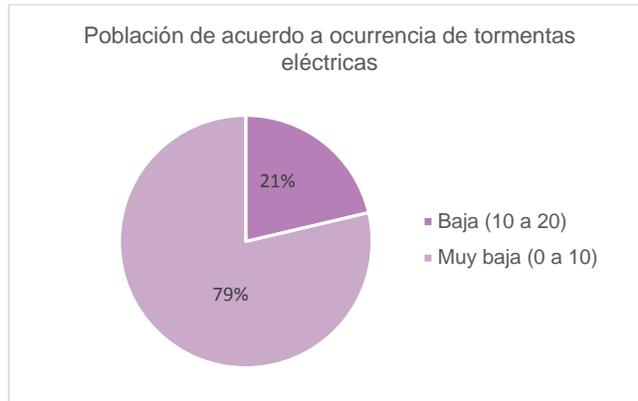


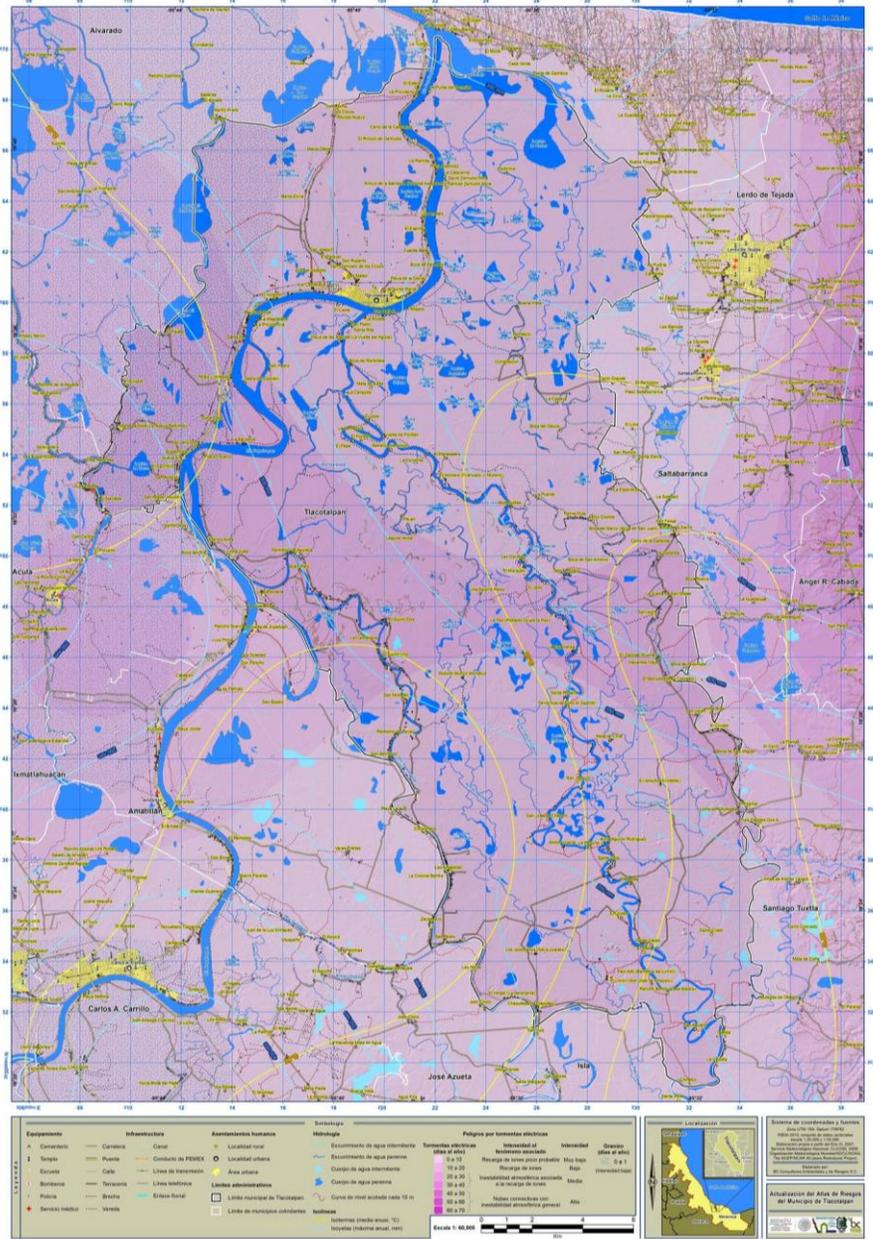
Gráfico 5.1 Distribución de la población de acuerdo a peligro por tormentas eléctricas

Como se puede observar en el gráfico 5.1, el 21% de la población que corresponde a 2,829 habitantes, se encuentran en un grado de peligro bajo; mientras que el 79% de la población, que corresponde a 10,440 habitantes se encuentra en un grado de peligro muy bajo.

Es importante señalar que para determinar los rangos de ocurrencia de tormentas eléctricas en el municipio, se utilizaron 192 estaciones meteorológicas instaladas hasta 174 kilómetros a la redonda del municipio, se realizó un cálculo de la frecuencia de ocurrencia del fenómeno en un año, en un periodo de treinta años con el apoyo del lenguaje Fortran y el compilador Force, para este fin se consultaron las fuentes del Eric III (2007), CLICOM (2009) y bases de datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, por sus siglas en inglés).

Mapa 19. Mapa de Peligros por Tormentas Eléctricas

5.2.10 MAPA DE PELIGROS POR TORMENTAS ELÉCTRICAS
Municipio Tlacoalpan, Veracruz



5.2.11. Inundaciones

De frente al cambio climático, poco líderes en el mundo identifican a la infraestructura y al uso de suelo como factor determinante de los fenómenos naturales. Sin embargo el incremento del nivel de las inundaciones, huracanes, sismos y desastres naturales claramente se manifiestan en propiedades localizadas (Indiana State University, 2004).

En México el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), observa evidencia estadística del incremento en la intensidad de tormentas, los daños por éste tipo y otros de fenómenos hidrometeorológicos haciendo hasta 83,400 millones de pesos en 2010 y 155 muertes (Cortés, 2011).

Para el estado de Veracruz, en específico en la cuenca del Río Papaloapan se han registrado grandes avenidas del río con el mismo nombre, así como de sus principales afluentes. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), muestra que la precipitación acumulada media anual, para ésta región, presenta valores máximos en la zona de montaña y en la desembocadura de la cuenca en donde se registran valores parecidos a 4,000 o 4,500 mm (CONAGUA, CUENCA DEL RÍO PAPALOAN, 2010).

Para el municipio de Tlacotalpan se realizó una modelación de acumulación de flujos desde la información topográfica, y se obtuvo la distribución espacial modelada en el territorio municipal, mostrando acumulaciones importantes al noroeste, cerca de la cabecera municipal y las localidades desde La Quinta María hasta El Estero, por la ribera del río, y hacia el noroeste, en las localidades de, Ejido el Saladito y María Ofelia.

Con respecto a lo que resta del municipio, las acumulaciones importantes se observan en las riveras del Río Papaloapan y del Río San Juan, así como en los alrededores de los cuerpos de agua, dado que el municipio entero está en una zona de acumulación transitoria.

En la precipitación media máxima acumulada mensual se observa que el gradiente pluviométrico se intensifica hacia este, en donde se observan valores por arriba de los 400 mm, así como para el suroeste.

En la localidad de Tlacotalpan existen registros históricos de inundaciones debido a la cercanía del Río Papaloapan, así como la incorporación de uno de sus afluentes más caudalosos, el Río San Juan. Estos registros datan desde septiembre 1944 en donde el Río Papaloapan incremento tanto su nivel de agua que invadió la población (Veracruz, 2010).



Ilustración 1 Inundación de 1944 donde se observa la Iglesia de San Miguel

Para 1950 se registró otra inundación, aunque de menor magnitud, sin embargo se observa que la inundación había ocurrido en los alrededores de la cabecera municipal, además de la invasión provocada por el Río San Juan.



Ilustración 2 Tlacotalpan inundado en 1950 (ICA, A.C., 1950)

En ésta misma inundación se puede observar cómo se distribuyó de manera espacial en el sur de la localidad, precisamente hacia el crecimiento actual de la traza urbana.



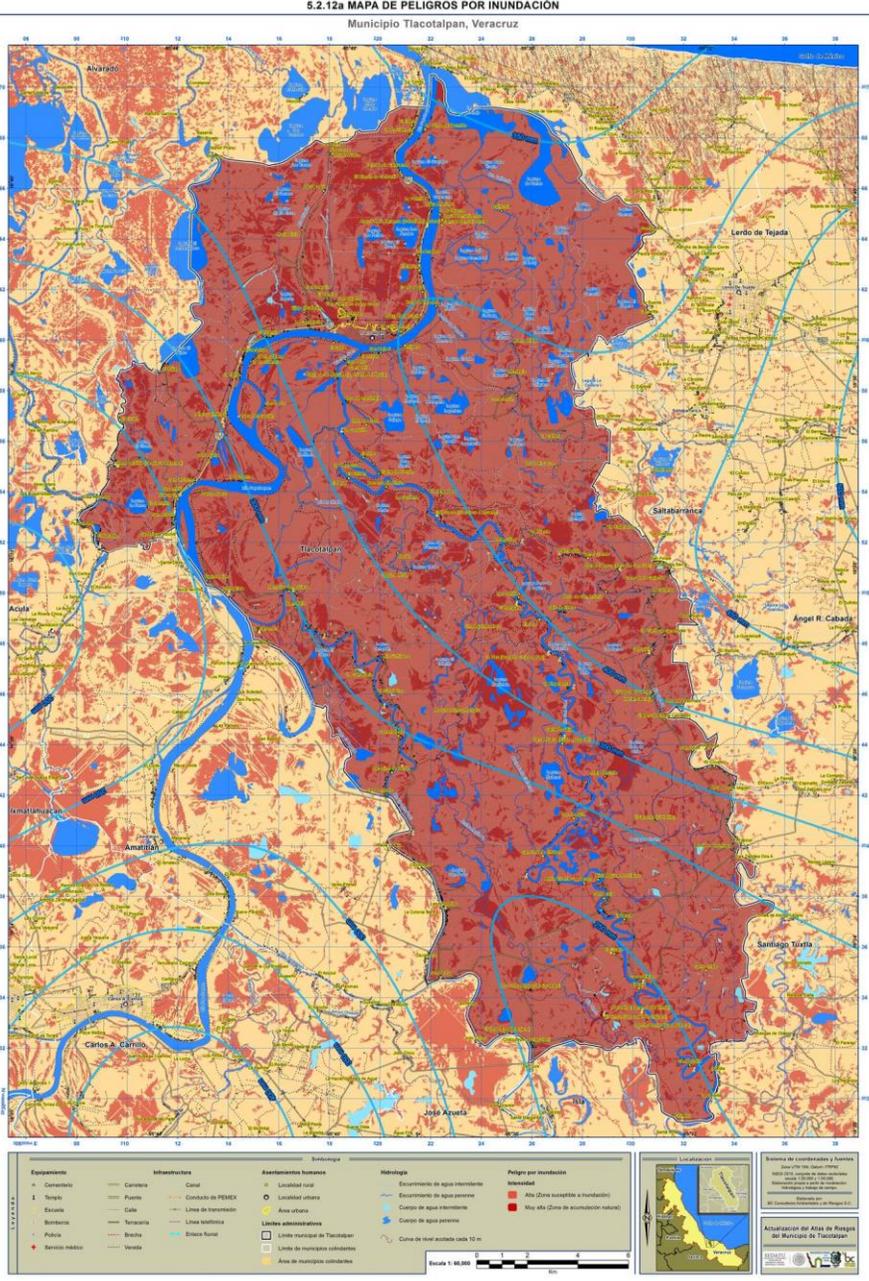
Ilustración 3 Tlacotalpan inundado en 1950 (ICA, A.C., 1950)

En el análisis realizado se obtuvo la relación de la inundación con las manzanas y se describe como se inundó cada manzana y cuantas personas se ven afectadas por tirante de inundación.

El mayor tirante registrado se localiza en la calle Federal Buena Vista entre la calle Gómez Farías y Leona Vicario, en donde los valores oscilan entre los 360 y 380 milímetros de inundación, disminuyendo hacia la calle Norte 1 con valores que oscilan entre 320 y 340 milímetros.

En el noroeste de la localidad, en el crecimiento urbano reciente se observan valores entre 300 y 320 milímetros, así como de 300 a 320, afectando 2 y 3 manzanas respectivamente. También se ven afectadas con tirantes de 260 y 280 milímetros las manzanas que se localizan entre las calles Profesor A. Bolanos Palacios, Ignacio de la Llave, De los Ángeles y Sor Juana Inés de la Cruz.

Mapa 20. Mapa de Peligros por Inundación



5.3. Mapa de riesgos por inundación de la de Tlacotalpan

El riesgo está definido como la ponderación de la vulnerabilidad con el peligro del fenómeno estudiado y el valor de los bienes expuestos. Dado que la vulnerabilidad así como el peligro son variables adimensionales, las unidades del riesgo serán las mismas que las del valor de los bienes expuestos, que generalmente están dadas en unidades monetarias, en nuestro caso pesos, (CENAPRED, 2011).

Las inundaciones tienen una relación directa con el evento de la precipitación máxima, por lo que CENAPRED en el 2001 elaboró un mapa de intensidad de precipitación máxima para una hora con una tasa de retorno de 5 años para la república mexicana.

Bajo el mismo tenor, Jáuregui en 1995 generó isólinas de probabilidad de que un ciclón tropical afecte el puerto de Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos.

La evaluación del riesgo por inundación de la localidad de Tlacotalpan se realizó a nivel de manzana con base en la metodología desarrollada por CENAPRED (2011) la cual, es útil para evaluar escenarios de peligro y riesgo a los que está expuesta la población, empleando para ello toda la información y las herramientas disponibles. Esta metodología plantea cuatro pasos: 1) La identificación del peligro por inundación; 2) la identificación de la vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, 4) la probabilidad de que un evento extremo ocurra nuevamente y 3) la evaluación del riesgo de acuerdo al menaje.

La elaboración del mapa de riesgo por inundación en la localidad de Tlacotalpan se llevó a cabo a partir de los mapas de peligro y de vulnerabilidad física; tomando como principal parámetro el tirante de inundación y el menaje, entendiendo a este último como la cuantificación del porcentaje de los daños ocasionados en muebles y enseres menores existentes en la vivienda antes de la ocurrencia de la inundación (CENAPRED, 2011). El riesgo se calculó a partir de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno con base a una modelación probabilística, a partir de un análisis de extremos en donde se ajustó la distribución de valores extremos generalizada a la precipitación máxima mensual de 30 estaciones, para los meses de mayor ocurrencia de lluvias (junio a octubre).

El análisis de la distribución espacial del riesgo en la localidad de Tlacotalpan muestra que los valores máximos (\$51, 618,089.30 a \$215, 338,586.10) se presentan de manera homogénea por toda la localidad, además de ser el más común entre todos los otros intervalos de riesgo con un porcentaje de 19.7% de las manzanas, también se puede observar que el análisis esta hecho a nivel vivienda.

La falta de información, ya sea menaje o AGEB, para algunas manzanas o viviendas dificultó la obtención del valor de riesgo asociado a las mismas que equivale al 5.5% del total de manzanas y viviendas analizadas.

Con respecto al intervalo de \$31, 891,848.30 a \$51, 618,089.30, denotado por el color naranja dentro de la localidad, se observa que tiene el menor número de manzanas o viviendas con un porcentaje de 19.9% de manzanas.

El intervalo de \$16, 781,144.10 a \$31, 891,848.30 representa el 20.2% del total de manzanas, mientras que el intervalo de \$179,267.3 a \$16, 781,144.1 es el 34.7%.



Inundación de 1944. Fuente: Archivo Histórico del Agua



Inundación de 1944. Fuente: Coplade



Inundación de 1950. Fuente: Fundación ICA



Inundación de 1950. Fuente: Fundación ICA



Inundación de 2010. Fuente: CNN México



Inundación de 2010. Fuente: CNN México



Inundación de 2010. Fuente: La Jornada

5.4. Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como: *una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre* (CENAPRED, 2013).

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como: una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre (CENAPRED, 2013).

Para poder obtener el grado de vulnerabilidad social se tomaron en cuenta tres factores:

- Indicadores Socioeconómicos
- Capacidad de Respuesta
- Percepción Local

El primer apartado se centra en identificar la cantidad de personas con necesidades básicas insatisfechas en los rubros de: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y otras características de la Población; respecto al segundo apartado, se busca conocer la capacidad de respuesta de los órganos de protección civil en el caso de los municipios; y finalmente, en obtener la percepción de la población sobre los peligros a que ha estado o podría estar expuesta en su comunidad.

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los indicadores socioeconómicos del municipio de Tlacotalpan. Posteriormente, se muestran los resultados de la evaluación de la capacidad de respuesta de las autoridades de dicho municipio, la cual fue aplicada al Director de Protección Civil. Finalmente, se expresan los resultados obtenidos de la encuesta que fue aplicada a una muestra de la población que habita en las localidades seleccionadas con algún tipo de peligro en el municipio; con la finalidad de obtener la percepción que tienen los habitantes sobre los peligros a los que están expuestos y que pueden originar un desastre.

Indicadores socioeconómicos

Los resultados de los indicadores socioeconómicos, según su tipo son:

Salud

El resultado obtenido para este indicador es de **0.00**

Educación

El resultado obtenido para este indicador es de **0.25**

Vivienda

El resultado obtenido para este indicador es de **0.00**

Empleo e Ingresos

El resultado obtenido para este indicador es de **1.50**

Población

El resultado obtenido para este indicador es de **0.00**

Una vez que se obtuvieron las calificaciones de cada rubro: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y Población; se procedió a obtener su promedio y determinar el impacto de los mismos en el índice municipal de vulnerabilidad social.

Para la obtención de la calificación final de las características socioeconómicas, se sumaron los resultados ponderados de cada rubro y compararon su resultado con una tabla de valores. Para la localidad de Tlacotalpan, la suma de los factores socioeconómicos arrojó un valor de **0.5833**, mismo que al dividirlo entre 5, que es el número total de rubros que se han analizado, da como resultado una calificación de **0.1166**. Esta cantidad será ponderada nuevamente cuando se calcule el índice de vulnerabilidad del municipio. Estos cálculos se muestran más adelante.

Capacidad de respuesta

Con el objetivo de reducir el riesgo, y así evitar desastres provocados por la presencia de fenómenos naturales, se aplicó un cuestionario para evaluar la capacidad de las autoridades para implementar actividades de prevención, respuesta y mitigación, así como ejecutar tareas para atender las emergencias.

Esta parte consta de un cuestionario cuya importancia radica en el conocimiento de los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal en caso de una emergencia, por lo que va dirigido al responsable de ésta (CENAPRED, 2006).

En lo que respecta al municipio de Tlacotalpan, el resultado obtenido de la encuesta, arrojó un valor de **3**. De acuerdo a los valores establecidos por la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, en su apartado de Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social (CENAPRED, 2006), corresponde a un grado de vulnerabilidad de **0.00**, indicando esto una capacidad de prevención y respuesta **Muy Alta** por parte de las autoridades.

Las actividades que realiza normalmente el personal de protección civil son: acciones preventivas o de emergencias para dar atención a las necesidades prioritarias de la población, coordinar acciones contra los peligros que pudiera presentar la población en la eventualidad de un desastre.

Percepción local

Para identificar la percepción que tiene la población de la presencia de fenómenos perturbadores de origen natural, se realizó una encuesta mediante un muestreo no probabilístico y con una encuesta categórica.

La encuesta se realizó en todo el territorio de la cabecera municipal, abarcando por medio del muestreo todos los AGEBS y colonias de la misma. A continuación se muestra el resultado obtenido de la ponderación de los tres factores de vulnerabilidad.

Grado de vulnerabilidad social

Una vez obtenida la calificación final de los tres aspectos a evaluar (características socioeconómica, capacidad de respuesta y percepción local de riesgo), se procedió a ponderar cada uno de los rasgos considerados; en donde las características socioeconómicas determinaron un 50%, la capacidad de respuesta un 25% y la percepción local de riesgo un 25%. La Tabla 17 contiene los resultados obtenidos para cada uno de los AGEBS de la cabecera municipal. Es importante mencionar que, a pesar de que el grado de vulnerabilidad social se considera **Bajo**, los AGEBS pueden tener valores más altos de vulnerabilidad según algún rubro en particular. Por esta razón es necesario emprender proyectos que coadyuven a minimizar estos valores.

El mapa 4.5 muestra el grado de vulnerabilidad social para la localidad de Tlacotalpan, Veracruz. En él se puede observar la distribución espacial de los AGEBS y su grado de vulnerabilidad. De acuerdo con esta vulnerabilidad y los peligros identificados, en el siguiente apartado se presentarán las obras y acciones de mitigación que se proponen para contrarrestar los efectos devastadores de dichos peligros.

5.5. Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento de ser afectado o de sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento sobre los mismos; en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, por ejemplo en pérdidas potenciales referidas de la segunda, que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc. (Acosta, 2005)

Las zonas costeras con mayor vulnerabilidad en el país son la laguna de Alvarado y el río Papaloapan, ambos en Veracruz de 1955 al 200 es de 0.185 cm por año (cm/año), considerando con esto, que la totalidad de la costa veracruzana está expuesta al aumento del nivel del mar. Como dato relevante el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) otorgó al gobierno de Veracruz, 700 millones de pesos para la reconstrucción del estado; sólo en Tuxpan los daños materiales fueron estimados en 120 millones de pesos. En septiembre de 2010, el huracán Karl impactó el estado dejando cerca de 150 mil damnificados en municipios asentados en la Cuenca del Papaloapan. (Greenpeace, 2010)

En el municipio de Tlacotalpan la vulnerabilidad física que se analiza corresponde a un análisis de las viviendas en la localidad de estudios para conocer que tan susceptibles son a las inundaciones. Basado esto, en la metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas del Centro Nacional de Prevención de Desastres y realizado conforme a los datos recabados en campo y trabajo de fotointerpretación.

Los materiales que se han utilizado para construir las viviendas en la localidad de Tlacotalpan representan una variable muy importante en la estimación de la vulnerabilidad de dichas casas. Para la construcción del mapa 4.6 se tomó la referencia que en la ciudad de Tlacotalpan las casas han sido construidas con materiales como el tabique, cemento, concreto, ladrillo, block, etc, para levantar los muros o paredes (CENAPRED, 2011). Los polígonos con los que se representan la vulnerabilidad física a inundación en este mapa han sido determinados por el tipo de techo con las que éstas han sido construidas.

Basados en la tabla 2.7 “Vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones” (Salinas, 2011) según el material usado en techos y muros:

Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de asbesto o metálica, de palma, tejamanil o madera, de teja; mismos que corresponden a un grado vulnerabilidad media, teniendo un predominio espacial en la localidad y señalados con amarillo.

Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con vigería. Corresponde a un grado de vulnerabilidad baja los polígonos con color verde.

Para los polígonos de color azul en la zona norte de la localidad, a partir de la calle Miguel Palma, recorriendo la calle Delfín Laniza, Mojata Moschata, Pasiflora y finalizando en la calle Magnolia, hacia la zona noroeste a la derecha de la calle San Juan y continuando hacia las últimas viviendas de la localidad no existen datos que nos indiquen que tipo de vivienda se ubican en estos lugares. La metodología utilizada menciona que no se descarta la posibilidad de encontrar otros materiales, por lo que deberán especificarse y evaluarse para, posteriormente definir su vulnerabilidad correspondiente.

6. Obras y Acciones de mitigación

Erosión hídrica

La erosión hídrica está definida como la remoción de material del suelo debido al escurrimiento superficial ya sea de origen pluvial o fluvial. Recientemente se ha acrecentado la atención hacia este fenómeno debido al cambio de uso de suelo y a que la erosión hídrica es el segundo proceso de degradación del suelo más importante en México. La erosión hídrica además, está asociada a otros fenómenos peligrosos, como los procesos de laderas y las inundaciones.

Debido a esto, se recomienda implementar prácticas de reforestación de la vegetación nativa en las márgenes del río Papaloapan, San Juan y sus respectivos afluentes que por falta de sensibilidad social y ecológica, aunado al desmedido crecimiento demográfico y a la falta de un buen plan de desarrollo municipal se ha dejado a un lado la importancia el cuidado del ambiente y los servicios ambientales asociados a los ecosistemas, favoreciéndose la deforestación y por consecuencia la erosión de los suelos, es por ello que se aconseja hacer un incremento de la vegetación, y una manera de lograrlo es realizar una campaña de reforestación apegada a un estudio de viabilidad, para efecto de evitar la tala de árboles y que la ecología se mantenga en crecimiento y no viceversa, además se pretenda incrementar la abundancia de árboles cuya madera no sea comercial.

El aumento de la vegetación en la región beneficiará posibles desbordamientos de los ríos, así como también aumento repentino en la temperatura y previniendo la invasión de los ríos en la zona urbana de Tlacotalpan, así como crear una conciencia ecológica y cultura sobre la reforestación.

Inundación

Debido a que las inundaciones han provocado pérdidas humanas, sociales, ambientales y económicas, en el municipio de Tlacotalpan desde fechas históricas, se hace hincapié en la construcción de obras para mitigar los efectos asociados a los efectos causados por inundaciones y de esta manera, prevenir desastres en la localidad de Tlacotalpan, donde han ocurrido las principales afectaciones por inundación.

Las estructuras vulnerables a condiciones de inundación están sujetas al colapso de paredes por empujes laterales, desestabilización y asentamientos diferenciales por supresiones verticales, entre otros. Por otra parte, la inundación por escorrentía puede producir deterioro del revestimiento y exposición de la armadura de estructuras, colapso de muros por erosión de cimientos. Asimismo el impacto y escorrentía del agua de lluvia puede producir erosión del material de cobertura, debilitación de la estructura por corrosión del acero de refuerzo y colapso de techo.

En este sentido, se propone el diseño, construcción y mantenimiento de los cauces de alivio, cuya función es desviar, mediante un canal hacia el mar, una laguna, otro cauce o alguna zona previamente definida, parte del volumen del agua que escurre sobre el cauce principal, lo que reduce la magnitud de la avenida y al mismo tiempo, la altura de los bordos o muros de encauzamiento localizados aguas abajo del sitio donde se ubica dicho desvío también se reduce. Este tipo de obras también es conocido como desvíos permanentes.

Es por esto necesario que se los cauces de alivio se instalen sobre todo en los meandro, es decir, en las curvas con mayor sinuosidad de los ríos, debido a que reciben la avenida del río Papaloapan, con la finalidad de minimizar los gastos excedentes.

Para llevar a cabo el diseño de este tipo de infraestructura, es necesario un trabajo hidrológico/hidráulico para determinar el tamaño de los bordos y el ancho de canal.

7. Anexos

7.1. Tablas de información sociodemográfica

Tabla 2. Evolución Demográfica

<u>Año</u>	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
<u>Población total</u>	18,896	15,896	15,183	14,946	13,845	13,284
<u>Hombres</u>	9,328	7,938	7,537	7,260	6,748	6,415
<u>Mujeres</u>	9,568	7,958	7,646	7,686	7,097	6,869
<u>Proporción estatal (%)</u>	0.35	0.26	0.23	0.22	0.19	0.17

Fuente: Cuadernillo Municipal de Tlacotalpan 2013 (Gobierno del Estado de Veracruz, 2013).

Tabla 3. Tasa de Crecimiento de la Media Poblacional (Gobierno del Estado de Veracruz, 2013)

<u>Tasa de crecimiento media</u>	
<u>Periodo</u>	<u>Tasa (%)</u>
<u>2005-2010</u>	-4.05
<u>2000-2005</u>	-7.37
<u>1995-2000</u>	-1.56
<u>1990-1995</u>	-4.49
<u>1980-1990</u>	-15.88

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 4. Tabla de mortalidad

<u>Mortalidad</u>			
<u>Periodo</u>	<u>Nacimientos</u>	<u>Defunciones</u>	<u>Índice de mortalidad</u>
<u>2011</u>	246	3	<u>1.21%</u>

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Con formato: Nivel 1, Sangría:
Izquierda: 0 cm, Sangría francesa:
0.63 cm, Esquema numerado + Nivel:
1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... +
Iniciar en: 6 + Alineación: Izquierda +
Alineación: 0 cm + Sangría: 0.63 cm

Tabla 5. Niveles de marginación en el municipio.

Nombre de la Localidad	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Los Jobos Altos (Sal Si Puedes)	2.9549	Muy alto
Loma de Chumiapa	2.7594	Muy alto
Alicia Aguirre Rodríguez	1.6738	Muy alto
La Puente	1.4898	Muy alto
Bodeguillas	1.4515	Muy alto
Tierra Nueva (Ejido el Zapotal)	1.4219	Muy alto
Ejido el Saladito	1.3311	Muy alto
La Corriente	1.2267	Muy alto
El Jarocho (El Hatillo)	1.1786	Muy alto
Tres Bocas	1.1611	Muy alto
Cerro de la Gallarda	1.0884	Muy alto
Mata de Chile	1.0801	Muy alto
Chinalco	1.0724	Muy alto
Laguna Verde	0.9921	Muy alto
El Zapote	0.9669	Muy alto
Santa Rosalía	0.9344	Muy alto
El Ciruelo	0.9340	Muy alto
El Zapotal (Puente)	0.8929	Muy alto
Consolación	0.8851	Muy alto
Las Canillas	0.8381	Muy alto
Playa de las Águilas (La Vuelta del Águila)	0.8345	Muy alto
Hacienda Vieja	0.8042	Muy alto
Santa Rita	0.8007	Muy alto
Buena Vista	0.7483	Muy alto

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO

Tabla 6. Población por tipo de discapacidad

Tipo de discapacidad	Población
Población con limitación en la actividad	767
Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	357
Población con limitación para ver, aun usando lentes	52
Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	76
Población con limitación para escuchar	117
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	10
Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	3
Población con limitación mental	66

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 7. Características de la vivienda

<u>Viviendas particulares habitadas, 2010</u>	3,989	(%)
<u>Viviendas particulares que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda, 2010.</u>	2,598	65.12%
<u>Viviendas particulares que disponen de energía eléctrica, 2010.</u>	3,443	87.2%
<u>Viviendas particulares que disponen de drenaje, 2010.</u>	3,792	98.2%
<u>Viviendas particulares que disponen de excusado o sanitario, 2010</u>	3,653	91.6%
<u>Vivendas particulares habitadas, con piso diferente de tierra.</u>	3,638	91.20%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 8. Bienes con los que cuentan los hogares.

<u>Viviendas particulares habitadas, 2010</u>	3,989	(%)
<u>Viviendas particulares que disponen de computadora, 2010</u>	643	16.11%
<u>Viviendas particulares que disponen de lavadora, 2010</u>	2,730	68.43%
<u>Viviendas particulares que disponen de refrigerador, 2010</u>	3,346	83.88%
<u>Viviendas particulares que disponen de televisión, 2010</u>	3,631	91.02%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 9. Fuentes de abastecimiento

<u>Municipio</u>	<u>Total</u>
Tlacotalpan	566

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010. Fuentes de abastecimiento.

Tabla 10. Sistemas de agua potable

Municipio	<u>Sistemas</u>	<u>Tomas domiciliarias Instaladas</u>			<u>Localidad con red de distribución</u>	
		<u>Total</u>	<u>Domésticas</u>	<u>Comerciales</u>		<u>Industriales</u>
Tlacotalpan	5	2,473	2,212	253	0	5

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 11. Sistemas y localidades con el servicio de drenaje y alcantarillado

<u>Municipio</u>	<u>Sistemas de drenaje y alcantarillado</u>	<u>Localidades con el servicio</u>
Tlacotalpan	1	1

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 12. Tomas instaladas y localidades con el servicio de energía eléctrica

<u>Municipio</u>	<u>Tomas instaladas de Energía Eléctrica</u>		<u>Localidades con el servicio</u>
	<u>Domiciliarias</u>	<u>No Domiciliarias</u>	
Tlacotalpan	4,331	45	42

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 13. Centros educativos por nivel y número de alumnos

<u>Periodos</u>	<u>Nivel académico</u>	<u>Número de escuelas por nivel académico</u>	<u>Número total de estudiantes</u>
2010-2011	Preescolar	28	467
	Primaria	47	1,690
	Secundaria	5	905
	Bachillerato	3	1,494
	Total	83	4,556

Fuente: Anuario Estadístico de de Veracruz 2011

Tabla 14. Unidades médicas del municipio de Tlacotalpan, Ver.

<u>Institución</u>	<u>Unidades de Consulta Externa</u>	<u>Consultas Externas Otorgadas</u>
ISSSTE	1	1,349
IMSS-Oportunidades	1	3,655
IMSS	0	5,033
Secretaría de Salud de Veracruz (SS)	0	21,424
Total	2	31,641

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 15. Cuadro de personal médico en operación en el municipio.

<u>Municipio</u>	<u>Total</u>	<u>ISSSTE</u>	<u>IMSS- oportunidades</u>	<u>SS</u>	<u>IMSS</u>
Tlacotalpan	17	1	1	12	3

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 16. Población usuaria de los servicios médicos de las instituciones del sector público de salud en el municipio de Tlacotalpan, Ver

<u>Institución</u>	<u>Usuarios</u>
<u>Total</u>	7,758

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Anuario Estadístico 2010.

Tabla 17. Vulnerabilidad por AGEB

<u>LOCALIDAD</u>	<u>INDICADORES SOCIODEMOGRÁFICOS</u>	<u>CAPACIDAD DE RESPUESTA</u>	<u>PERCEPCIÓN LOCAL</u>	<u>VALOR DE VULNERABILIDAD</u>	<u>GRADO DE VULNERABILIDAD</u>
3017800010071000	0.1667	0.25	0.5	0.27085	BAJO
3017800010086000	0.33	0.25	0.5	0.3525	BAJO
3017800010090000	0.275	0.25	0.5	0.325	BAJO
3017800010137000	0.225	0.25	0.5	0.3	BAJO
3017800010141000	0.225	0.25	0.5	0.3	BAJO
3017800010156000	0.266	0.25	0.5	0.3205	BAJO
3017800010160000	0.21667	0.25	0.5	0.295835	BAJO
3017800010175000	0.225	0.25	0.75	0.3625	BAJO
301780001018A000	0.2	0.25	0.5	0.2875	BAJO

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

- AgroRural. (1 de Julio de 2013). *Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural*. Obtenido de <http://www.agrorural.gob.pe/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos.html>
- Alcántara A., I. (2003). *Valoración Económica del Servicio de Ecosistemas (Prevención de Desastres)*. México: UNAM.
- Alfredo Ruiz Barradas, Adalberto Tejeda Martínez, Saúl Miranda Alonso y Rodrigo Humberto Flores Zamudio. (2007). *Climatología*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Almorox Alonso, J., De Antonio García, R., Saa Requejo, A., Díaz Álvarez, M. C., & Gascó Montes, J. M. (1994). *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. España: Agrícola Española, S. A.
- Alva, L. (1996). *Propiedades geofísicas de la Tierra*. Cuadernos del Instituto de Geofísica, Instituto de Geofísica, UNAM: Plaza y Valdés.
- Arias, D., Dorado, O., & Maldonado, B. (2002). Biodiversidad e importancia de la selva baja caducifolia: de la Reserva de la biósfera Sierra de Huautla. *Biodiversitas*, 7-12.
- Arzate F., J. (2006). Estudio Geológico-Geofísico para la evaluación de los hundimientos y agrietamientos en el área metropolitana San Luís Potosí-Soledad de Graciano Sánchez. México.
- Barrios, A. (2000). Distribución espacial del factor LS (RUSLE) usando procedimientos SIG compatibles con IDRISI. Aplicación en una microcuenca andina. *Revista Forestal Venezolana*, 44(1), 57-64.
- Baxter, P. (1999). Impacts of eruptions on human health. En H. Siggurdson, *Encyclopaedia of Volcanoes* (págs. 1035-1043). New York: Academic Press.
- Beck, B. (1986). A generalized genetic framework for the development of sinkholes and karst in Florida, U.S.A. *Environmental Geology and Water Sciences*, 8, 5-18.
- Beck, B. (1988). Environmental and Engineering effects of sinkholes- The processes behind the problems. *Environmental Geology and Water Sciences*, 12, 71-78.
- Benito, G. (1987). Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuaternario y Geomorfología*, 1, 61-76.
- Brown, R. (2005). Thunderstorms. En J. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 719-724). London: Springer.
- Campbell, K. (1981). Near source attenuation of peak horizontal acceleration. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2039-2070.
- Capra, L., & Macías, J. (2000). Pleistocene cohesive debris flows at Nevado de Toluca Volcano, central Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 149-168.
- Carrasco-Núñez, G. (1999). Holocene block-and-ash flows from summit dome activity of Citlaltépetl volcano, eastern México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 88, 47-66.
- Carrasco-Núñez, G., & Gómez-Tuena, A. (1997). Volcanogenic sedimentation around Citlaltépetl Volcano (Pico de Orizaba) and surroundings. *Magmatism and tectonics in the Central and Northwestern México - a selection of the 1997 IAVCEI General Assembly excursions*, 131-151.

- Carrasco-Núñez, G., & Rose, W. (1995). Eruption of a major Holocene pyroclastic flow at Citlaltépetl volcano (Pico de Orizaba), México, 8.5-9.0 ka. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69, 197-215.
- Carrasco-Núñez, G., Righter, K., Chesley, J., Siebert, L., & Aranda-Gomez, J. (2005). Contemporaneous eruption of calc-alkaline and alkaline lavas in a continental arc (Eastern Mexican Volcanic Belt): chemically heterogeneous but isotopically homogeneous source. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150(4), 423-440.
- Carrasco-Núñez, G., Vallance, J., & Rose, W. (1993). A voluminous avalanche-induced lahar from Citlaltépetl volcano, Mexico: implications for hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 59, 35-46.
- CENAPERD. (19 de Noviembre de 2013). *Atlas nacional de riesgos*. Obtenido de Tornados, riesgos hidrometeorológicos:
http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=115&Itemid=223
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, atlas nacional de riesgos de la República Mexicana*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, Atlas nacional de riesgos de la República Mexicana*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2001). *Fascículo de Heladas*. México: Secretaría de Gobierno.
- CENAPRED. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2006). *Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*. México.
- CENAPRED. (2007). *Atlas nacional de riesgos*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2007). *Serie de fascículos, sequías*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2009). *Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*. México.
- CENAPRED. (2010). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2009*. México: Secretaría de Gobierno.
- CENAPRED. (2010). *Fascículo de tormentas severas*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2010). *Tormentas severas*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2010). *Tormentas severas*. México: Secretaría de Gobierno.
- CENAPRED. (2012). *Heladas y Nevadas*. México D.F.: SEGOB.
- CENAPRED. (01 de Enero de 2013). *Atlas Nacional de Riesgos*. Obtenido de CENAPRED:
http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=61&Itemid=215
- CENAPRED. (3 de Julio de 2013). <http://www.cenapred.unam.mx/>. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/>:
<http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/TormentaGranizo/>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, C. (2006). *Guía básica para la elaboración de Atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. D.F., México: CENAPRED.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.*, 87-108.

- Clérici, C., & García Préchac, F. (2001). Aplicaciones del Modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la Región Sur de la Cuenca del Río de la Plata. *Agrociencias*, 5(1), 92-103.
- CONABIO. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. México: CONABIO.
- CONAGUA. (2005). Mapa Hidrológico, escala 1:1 000 000. *Sistema de Información Geográfica del Agua, Subgerencia de Programación de la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua*.
- CONAGUA. (2010). *CUENCA DEL RÍO PAPALOAN*. MÉXICO D.F.
- CONAGUA. (2011). *Reporte del Clima en México*. México, D.F.: Servicio Meteorológico Nacional.
- CONAGUA. (07 de OCTUBRE de 2013). *GLOSARIO METEOROLÓGICO*. Obtenido de CONAGUA: <http://smn.cna.gob.mx/glosario/glos-t.html>
- CONAPO. (15 de 02 de 2013). *Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2010*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio
- CONEVAL. (1 de Marzo de 2013). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Obtenido de http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/Estados_y_Municipios.xls.zip
- Córdoba-Aválos, A., Alcántara-Carbajal, J. L., Guzmán-Plazola, R., Mendoza-Martínez, G. D., & Gonzáles-Romero, V. (2009). Desarrollo de un índice de integridad biológica avifaunístico para dos asociaciones vegetales de la reserva de la biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*, 1-22.
- Corona-Baca, M. (2011). Estratigrafía de secuencias de la cuenca Cenozoica de Veracruz. *Tesis de licenciatura*. México D.F.: UNAM.
- Cortés, F. I. (2011). *Riesgos de inundación en México*. México D.F.: CONAGUA.
- Cuaupio-Pérez, C. (2007). Evaluación geológica de una sección de la Formación Guzmantla aflorante en Cerro Peñuela, Córdoba, Ver.; porosidad, facies sedimentarias y registros de imágenes de resistividad. *Geos*, 109-110.
- Del Amo, S. (1999). Manejo y Enriquecimiento de los Acahuales. En S. d. Pesca, *Cuadernos por la Tierra No. 7. Programa de Acción Forestal Tropical. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza* (pág. 30). México.
- Desastres, C. N. (2010). *Tormentas Severas*. México D.F.: Secretaría de Gobernación.
- Domínguez M., L., & Mendoza L., M. J. (2006). *Estimación de la Amenaza y el Riesgo de Deslizamientos en Laderas*. México: CENAPRED.
- Domitilo Pereyra Díaz, Quintiliano Angulo Córdoba, Beatriz E. Palma Grayeb. (1994). Effect of ENSO on the mid-summer drought. *Atmosfera*, 111-219.
- Dourojeanni, e. a. (2002). *Gestión de agua a nivel de cuencas: teórica y práctica. Serie Recursos Naturales e Infraestructura*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Ellis, E., & Martínez, M. (2009). Vegetación y Uso de Suelo.
- FAO. (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Guía FAO conservación 13/6*. FAO.
- FAO. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/011/a0510s/a0510s00.htm>

- FAO. (26 de junio de 2013). *Depósito de documentos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234S/X8234S00.HTM>
- García Cueto, R. O., Santillán Soto, N., Ojeda Benítez, S., & Quintero Núñez, M. (2012). Escenarios de temperaturas extremas en Mexicali, México bajo condiciones de Cambio Climático. Universidad Autónoma de Baja California.
- Gobierno del Estado de Veracruz. (11 de 06 de 2013). *Secretaría de Finanzas y Planeación*. Obtenido de Cuadernillos Municipales: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Tlacotalpan.pdf>
- Gordon, W. S., & Edwards, P. J. (2006). Concepts about forest and water. *Northern Journal of Applied Forestry*, 23(1), 11-19.
- H. Unzón, A., Bravo, C., & Días, J. (2010). *Reseña del Huracán "Karl" del Océano Atlántico*. México D.F.: Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.
- Hobbs, J. (2005). Climate Hazards. En J. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 233-243). London: Springer.
- Hobbs, J. (2005). Climate Hazards. En J. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 233-243). Londres: Springer.
- Hoskuldsson, A., Robin, C., & Cantagrel, J. (1990). Repetitive debris avalanche events at Volcano Pico de Orizaba, México, and their implications for future hazard zones. *IAVCEI International Volcanological Congress*.
- IMTA. (2007). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. *Gaceta del IMTA*, 3,4 y 5.
- Indiana State University. (2004). *ENCYCLOPEDIA OF WORLD CLIMATOLOGY*. Indiana: Springer.
- INE. (2013). *Sistema de Consulta de las Cuencas Hidrográficas de México*. Obtenido de Instituto de Ecología: <http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca>
- INECOL. (2009). *Vegetación y Uso de suelo*. INECOL.
- INEGI. (2007). *Censo agrícola, ganadero y forestal 2007*. México: INEGI.
- INEGI. (2009). *Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación*. México: INEGI.
- INEGI. (2010). *INEGI*. Obtenido de Servicio Meteorológico Nacional: <http://smn.cna.gob.mx>
- INEGI. (2012). *Clima*. México D.F.: SEP.
- INEGI. (05 de Marzo de 2013). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>
- INEGI. (05 de Marzo de 2013). *Secretaría de Finanzas y Planeación*. Obtenido de <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/anuario-estadistico-2012/>
- Instituto de Geografía; UNAM. (2007). *Programas Estatales de Ordenamiento Territorial. Caracterización y Diagnósticos Sectoriales del Estado de Yucatán*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007*. Roma: Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO.
- Iverson, R., Schilling, S., & Vallance, J. (1998). Objective delineation of lahar inundation hazard zones. *Geological Society of America*, 110, 972-984.
- Jachens, C. R., & Holzer, L. T. (1979). Geophysical investigations of ground failure related to ground water withdrawal Picacho basin, Arizona. *Ground Water*.
- Jáuregui, E., & Zitácuaro, I. (1985). El impacto de los ciclones tropicales del Golfo de México, en el estado de Veracruz. *La Ciencia y el Hombre*, 75-119.

- Juárez Cerillo, S. F. (2011). *Análisis estadístico histórico de variabilidad climática. Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana*. Universidad Veracruzana.
- Kover, T. (1995). *Application of a digital terrain model for the modelling of volcanic flows: a tool for volcanic hazard determination*. State University of New York at Buffalo, Tesis de maestría.
- Laura-Ramírez, L. (2010). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento-Salta. Tesina. Universidad Nacional de Salta.
- Laverde-Barajas, M. Á., Pedrozo-Acuña, A., & González-Villareal, F. J. (2012). ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD POR MAREA DE TORMENTA Y SU EFECTO EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO PANUCO. *XXII CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA*, 1-7.
- Lugo-Hubp, J. (2011). *Diccionario geomorfológico*. México: UNAM, Instituto de Geografía.
- Macías, J. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario*.
- Macías, J. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. Tomo LVII, Núm. 3*, 379-424.
- Macías, J., & Capra, L. (2005). *Los volcanes y sus amenazas: La ciancia para todos* (Vol. 210). Distrito Federal, México: Fondo de Cultura Económica.
- Magaña, V.O., J.L. Pérez y J.B. Pérez . (2003). Impacto of El Niño on Precipitation in México. *Geografía*, 42, 3:313 - 330.
- Mallamex. (1 de Julio de 2013). *Mallamex*. Obtenido de <http://mallamex.com.mx/mtriple.html>
- María, P. A. (1999). Agentes erosivos y tipos de erosión. *INIA*, 23-66.
- Martín Jiménez Espinosa, L. G. (2006). ANÁLISIS DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD POR BAJAS. En CENAPRED, *Guía básica para la elaboración atlas estatales y municipales de peligros y riesgos hidrometeorológicos* (págs. 295 - 458). México, D.F.: Secretaría de gobernación.
- Medina Chena, A., Salazar Chimal, T. E., & Álvarez Palacios, J. L. (2010). *Fisiografía y Suelos*.
- Medina, A., Salazar, T., & Álvarez, J. (2007). Fisiografía y Suelos. En G. Benítez, & C. Welsh, *Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. Tomo I* (págs. 31-42.). Gobierno del Estado de Veracruz - Universidad Veracruzana.
- Mooser, F., Meyer-Abich, H., & McBirney, A. (1958). Catalogue of the active volcanoes of the world including solftara fields. Part IV. *Central America: Napoli International Volcanology Asociation*, 1-36.
- Moreno-Casasola, P., & Paradowska, K. (2009). Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*, 21-4.
- Naciones Unidas. (2005). *Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres*. Hyogo, Japón: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres". Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*. Naciones Unidas.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2010). *Thunderstorms, Tornadoes, Lightning..Nature's Most Violent Storms*. U.S.A: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE.
- Nations, U. (1998). *Understanding urban seismic risk around the world: "Radius Project"*. Switzerland: United Nations Publication.
- Organización Mundial de Meteorología. (1996). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológica*.

- Ortiz, I., & Fernández, E. (1995). Morfología exokárstica. En E. Fernández, N. Herrero, J. Lario, I. Ortiz, R. Peiro, & C. Rossi, *INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA KÁRSTICA* (págs. 111-119). Federación Española de Espeleología.
- Palma, B., Morales, R., & Díaz, D. (2012). Actualización de envoltentes de probabilidad empírica de impactos de ciclones a cuatro puertos del Golfo de México y antelación al riesgo. *Las inundaciones del 2010 en Veracruz: La biósfera escenarios y herramientas*, 70-89.
- Palma, I. (2000). Elementos para una estrategia de intervención en el proceso de ordenamiento territorial en la subcuenca del río las tinajas. Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias Sociales. Maestría en desarrollo. *Curso de ordenamiento territorial. Guatemala*. Guatemala.
- Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid, España: Rueda.
- Peiro. (1995). Procesos de karstificación. En E. Fernández, N. Herrero, J. Lario, I. Ortiz, R. Peiro, & C. Rossi, *INTRODUCCIÓN A LA GEOMORFOLOGÍA KÁRSTICA* (págs. 43-49). Federación Española de Espeleología.
- Pereyra, D., & A., P. (2006). *Hidrología de Superficie y Precipitaciones intensas 2005 en el Estado de Veracruz*. Obtenido de Inundaciones en el estado de Veracruz. 2006. 1ª Ed.: www.uv.mx/eventos/inundaciones2005/
- Periódico Milenio. (08 de 08 de 2007). *Milenio*. Obtenido de <http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/7100954>
- Pierson, T. (1985). Initiation and flow behavior of the 1980 Pine Creek and Muddy River lahars, Mount St. Helens, Washington,. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 1056-1069.
- Prokopovich, N. (1979). Genetic classification on land subsidence. En: Saxena, S.K. (ed.). Evaluation and prediction of subsidence. Proc. of the Int. Conf., Pensacola Beach, Florida, January 1978. *Am. Soc. Civil Eng*, 389-399.
- Protección Civil del Estado de Veracruz. (2000). *Atlas de Riesgo Veracruz de Ignacio de la Llave*. Xalapa: Gobierno del Estado de Veracruz.
- Protección Civil del Gobierno Español. (29 de Octubre de 2013). *Dirección general de protección civil y emergencias*. Obtenido de Vientos fuertes: <http://www.proteccioncivil.org/vientos-fuertes>
- R. Barradas, A., T. Martínez, A., Miranda, S., & Flores, R. H. (2007). *Climatología*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Ramírez León, J. M. (2009). *Producción de sedimentos en cuencas: Revisión de criterios y aplicabilidad a la cuenca del río Apulco*. Jiutepec, Morelos: Tesis. UNAM.
- Rojas, E., Arzate, J., & Arroyo, M. (2002). A method to predict the group fissuring and faulting caused by regional groundwater decline. *Engineering geology*, 245-260.
- Rosengaus, M. (2010). IMPACTO DE LOS CICLONES TROPICALES EN LAS CUENCAS DE MÉXICO. *LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE MÉXICO*, 32-37.
- Rossotti, A. (2005). *Reconstrucción de la historia eruptiva de la "Pómez Citlaltépetl" (volcán Pico de Orizaba)*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Santamaría, L. (2011). Modelación Hidrológica de la Cuenca del Río Jamapa, Veracruz. *Ingeniería hidrológica, Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa*, 63.
- Secretaría de Gobernación. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. México, D.F.: Gobierno Federal.

- Secretaría de Gobernación. (2003). *Diario Oficial de la Federación (DOF). Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-003-SEGOB/2002 Señales y Avisos para Protección Civil.-colores, formas y símbolos a utilizar*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Gobernación. (2005). *Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Gobernación. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Gobernación. (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011, la cual hace referencia a Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Gobernación. (2013). *REGLAS de Operación para los Programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2013*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Gobierno. (2008). *Diario Oficial de la Federación (DOF). Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *NOM-011-CNA-2000*. México: Diario Oficial de la Federación.
- SEMAR. (18 de Noviembre de 2013). *Secretaría de Marina*. Obtenido de <http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioTlacotalpan.pdf>
- SEMAR. (2013). *TLACOTALPAN, VERACRUZ*. México D.F.: Secretaría de Gobernación.
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la Situación Ambiental en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y Desempeño Ambiental*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2013). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave de Desempeño Ambiental. Edición 2012*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2013). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Sentés, E. (14 de Mayo de 2011). *Ganaderos de Tlacotalpan reportan severas pérdidas por sequía*. Recuperado el 9 de Octubre de 2013, de Veracruz en la noticia Información veraz en tiempo real: <http://www.veracruzlanoticia.com/2011/05/ganaderos-de-tlacotalpan-reportan-severas-perdidas-por-sequia/>
- Servicio Geológico Mexicano. (2002). *Carta Geológico-Minera de Veracruz E14-3, 1: 250 000*. Servicio Geológico Mexicano.
- SEV. (28 de Enero de 2013). *Secretaría de Educación de Veracruz*. Obtenido de Anuario Estadístico: <http://www.sev.gob.mx/servicios/anuario/2013/buscar.php?mm=23>
- Sheridan, M., Carrasco-Núñez, G., Hubbard, B., Siebe, C., & Rodríguez-Elizarrarás, S. (2002). *Mapa de peligros del Volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), escala 1:25 000*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1 mapa.
- Shinde, V., Tiwari, K., & Singh, M. (2010). Prioritization of micro watersheds on the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 2(3), 130-136.

- Siebe, H., Abrams, M., & Sheridan, M. (1993). Major Holocene block-and-ash fan at the western slope of ice-capped Pico de Orizaba volcano, México: implications for future hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 59, 1-33.
- Smith, G., & Fritz, W. (1989). Volcanic influences on terrestrial sedimentation. *Geology*, 17, 375-376.
- SMN. (2012). *Normales Climatológicas*. México D.F.: SEMARNAT.
- Sparks, R., & Walker, G. (1973). The ground surge deposit: a third type of pyroclastic rock. *Nature*, 241, 62-64.
- Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. (2008). *Manual para la Atención a la salud ante Desastres*. México, D.F.: Gobierno Federal.
- Sun, C., & Chung, C. (2008). Assessment of site effects of a shallow and wide basin using geotechnical information-based spatial characterization. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28, 1028-1044.
- Tejeda Martínez, A., Betancourt Trevedhan, L., Montes Carmona, E., Arenas Fuentes, V., & Sarabia Bueno, C. (2011). *Inundaciones 2010 en el Estado de Veracruz*. Veracruz, México: Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico-Universidad Veracruzana. Universidad Veracruzana.
- Toledo, V., & Ordoñez, M. d. (2009). *Zonas ecológicas de México*. México, D.F.: UNAM.
- Torres Pérez-Negrón, M. A., López López, E. E., & Castañeda Robles, L. M. (2012). *Análisis de metodologías para el cálculo de coeficientes de escurrimiento*. Acapulco, México: XXI Congreso Nacional de Hidráulica.
- Trejo, I. (1995). Características le medio físico de la selva baja caducifolia en México. En I. d. UNAM, *Investigaciones Geográficas*. Num.4. México: UNAM.
- UNAM - Instituto de Geografía. (2007). *Nuevo Atlas de México*. México D. F.: UNAM.
- UNAM. (2011). *ATLAS CLIMÁTICO DIGITAL DE MÉXICO*. Obtenido de ATLAS CLIMÁTICO DIGITAL DE MÉXICO: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/>
- UNAM. (12 de Abril de 2011). <http://atlasclimatico.unam.mx>. Obtenido de <http://atlasclimatico.unam.mx>: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/>
- UNE. (1996). *Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado*. Publicado: Junio, 1996. Aplicado por Protección Civil del estado de Veracruz. Obtenido de http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4320900&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Universidad Veracruzana - Gobierno del Estado de Veracruz. (2010). *Atlas del Patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Tomo 1: Patrimonio Natural*. México. Xalapa. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM30veracruz/regionalizacion.html>.
- Veracruz, A. (27 de Agosto de 2010). *Veracruz Antiguo*. Obtenido de 1944: Inundación de Tlacotalpan: <http://aguapasada.wordpress.com/2010/08/27/1944-inundacion-de-tlacotalpan/>
- Villegas, G. p. (1995). *LA ENERGIA DEL VIENTO COMO RECURSO APROVECHABLE EN MÉXICO*. México D.F.: UNAM.
- White, E., Gert, A., & White, W. (1986). The influence of urbanization on sinkhole development in central Pennsylvania. *Environmental Geology and Water Sciences*, 8, 91-97.

- Wilhite, D. (2005). Drought. En E. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 338-341). Londres: Springer.
- Williams, L. G. (2007). *El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. México: INECOL- CONABIO.
- Wischmeier, W. (1976). Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*(31), 5-9.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning* (Vol. Agriculture Handbook). Washington, USA: U.S. Department of Agriculture.
- Wixon, L. (2004). Hail. En J. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 399-402). Londres: Springer.
- WRB, I. G. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007* (Vol. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103). Roma: FAO.
- Yong, A., Hough, S., Abrams, & Wills, C. (s.f.). Preliminary results for a semi-automated quantification of site effects using geomorphometry and ASTER satellite data for Mozambique, Pakistan and Turkey. *Journal of Earth System Science*, 117(S2), 797-808.
- Yuan, D. (1988). Environmental and engineering problems of karst geology in China. *Environmental Geology and Water Sciences*, 12, 79-87.