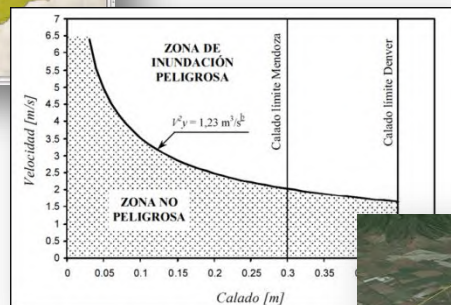
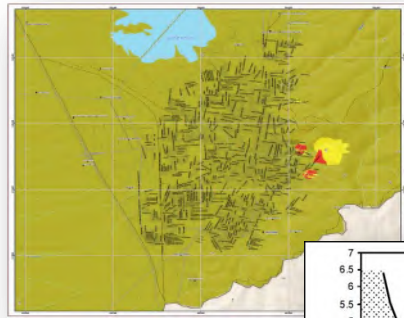


# Capítulo VI

## Identificación de Riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Contenido

### Capítulo VI. Descripción de Riesgos y Obras de Mitigación

<b>6.1. Geológico .....</b>	<b>VI-3</b>
6.1.1. Riesgo por Falla .....	VI-8
6.1.2. Riesgo por Fractura .....	VI-11
6.1.3. Riesgo por Sismo .....	VI-15
6.1.4. Riesgos por Vulcanismo .....	VI-22
6.1.5. Riesgos por Deslizamientos.....	VI-27
6.1.6. Riesgo por Flujos, Lodo, Tierra y Suelo .....	VI-31
6.1.7. Riesgo por Flujos de Avalancha de Detritos y Derrumbes.....	VI-34
6.1.8. Riesgo por Hundimientos.....	VI-40
6.1.9. Riesgo por Erosión Hídrica .....	VI-44
<b>6.2. Hidrometeorológico .....</b>	<b>VI-56</b>
6.2.1. Riesgo por Ciclones Tropicales.....	VI-62
6.2.2. Riesgos por Heladas. ....	VI-62
6.2.3. Riesgos por Nevadas .....	VI-67
6.2.4. Riesgos por Tormenta Eléctrica .....	VI-70
6.2.5. Riesgos por Sequia .....	VI-73
6.2.6. Riesgos por Temperaturas Máximas Extremas.....	VI-76
6.2.7. Riesgos por Vientos .....	VI-78
6.2.8. Riesgos por Inundación .....	VI-80
<b>Bibliografía .....</b>	<b>VI-89</b>
<b>Índice de Fotografías, Gráficas, Imágenes, Mapas, y Tablas.....</b>	<b>VI-89</b>



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Capítulo VI. Descripción de Riesgos y Obras de Mitigación

### 6.1. Geológico

#### Resumen Ejecutivo

Al conocer la capacidad destructora de cada evento, efectos sobre la salud de la población, probabilidad de ocurrencia, ha sido posible estimar el nivel de afectación que podrían provocar los riesgos geológicos identificados en Zapotlán, así como el nivel de consecuencias (con respecto a la cantidad de defunciones y pérdidas económicas), a partir de los cuales se han podido establecer los siguientes niveles de consecuencias: 1) Muy Bajo, 2) Bajo, 3) Medio o Moderado, 4) Alto, 5) Muy Alto.

- 1) Muy Bajo o imperceptible. Este nivel agrupa a los riesgos geológicos que pueden ser mitigados por el medio y que al manifestarse no producen ningún tipo de consecuencias medibles.
- 2) Bajo. Este nivel agrupa a los riesgos que pueden ser perceptibles por la población y que pueden ser mitigados y no producen ningún tipo de consecuencias.
- 3) Medio o Moderado. Se establece cuando no se detectan efectos de manera inmediata, pero hay posibilidades de que se presenten efectos crónicos o a largo plazo debido a su acumulación o aumento de intensidad.
- 4) Alto. Se consideran dentro de este nivel, cuando pueden producir daños a la salud, al ambiente o a la propiedad, pero sus niveles de impacto sean aislados y no afecten la totalidad de las funciones de la sociedad.
- 5) Muy Alto, Desastre o Catastrófico. Se producirá cuando su manifestación provoque una interrupción seria de las funciones de la sociedad, cause pérdidas humanas, materiales o ambientales extensas, que exceden la capacidad de la sociedad afectada para recuperarse usando sólo sus propios recursos. En este caso, las personas se afectan indirectamente al perder independencia y libertad de acción.

En este nivel de intensidad se consideran los Riesgos que podrían provocar un alto número de víctimas y daños severos a la población, la cuál es impactada en su mayoría o en su totalidad por una interrupción simultánea de sus actividades cotidianas. Como ejemplo de esto se tienen a los eventos volcánicos y a los terremotos.

Sin embargo, los sismos, el vulcanismo o cualquier otro Riesgo geológico natural pueden tener también un nivel de consecuencia de desastre o tal vez menor, dependiendo de su intensidad y de las pérdidas que ocasionen.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

En base a lo anterior, se ha determinado que la zona del Municipio de Zapotlán el Grande, la sismicidad se puede clasificar dentro del nivel de consecuencias de catástrofe, debido a que ha provocado niveles de afectación Muy Altos desde el punto de vista histórico, dado el número de muertes ocasionados, daños severos a la población y pérdidas económicas, que han alterado gravemente el orden regular de la sociedad al interrumpir sus actividades. Tal es el caso del terremoto ocurrido el 25 de marzo de 1806 que provocó más de 2,000 muertes, varios heridos y pérdidas económicas cuantiosas. Otro caso similar es el sismo acontecido el 19 de septiembre de 1985. Evento que abrió una fractura en ciudad Guzmán y que se ha convertido en falla por los constantes movimientos y desplazamientos.

El vulcanismo se puede considerar dentro de los niveles de consecuencias de desastre a catastrófico, debido a que puede presentar niveles de afectación de medios a altos en cuanto a pérdidas económicas, materiales y ambientales se refiere, causados por la emisión y depósitos de cenizas, mismas que pueden producir interrupción seria de las funciones de la sociedad, daños materiales e incluso ambientales extensos que afectan directa o indirectamente a la población.

Una emisión de cenizas puede ocasionar contaminación grave, en agua, suelo y aire. Sin embargo, esto ocurriría solo dentro del área que cubran las cenizas, por lo que los daños al medio ambiente serían muy serios. Se estima que los daños a las propiedades serían limitados y los efectos pequeños, con alguna distribución, por lo que la velocidad de manifestación de esta amenaza y el riesgo que representaría para la población serían intermedios. La probabilidad de ocurrencia de esta amenaza es de una vez por cada 10 a 100 años, por lo cual es medianamente probable.

Los hundimientos y deslizamientos, se clasifican dentro del nivel de consecuencia Alto, por su efecto en la zona urbana, aunque los daños que producen a la salud, al ambiente o a la propiedad son aislados y no afectan la totalidad de las funciones de la sociedad. Así mismo, los daños más severos son puntuales y detectables. Por lo que se puede considerar que sus niveles de afectación son entre Medios y Altos.

Los hundimientos pueden provocar molestias ligeras y temporales. Producen efectos localizados en el ambiente y no lo contaminan. Los daños causados a la propiedad serían limitados y los efectos ocultos hasta que están completamente manifiestos (efecto sin advertencia). Pueden ocurrir una vez por cada 10 a 100 años, siendo así medianamente probables.

Los niveles de afectación y consecuencias para los riesgos geológicos naturales que se identificaron en el Municipio de Zapotlán, se representan en la Tabla 6.1.1



Riesgo Geológico	Nivel de Afectación		Nivel de Consecuencia
	Muertes	Pérdidas Económicas	
Fallas	Bajo	Alto	Alto
Fracturas	Bajo	Alto	Alto
Sismos	Alto	Alto	Muy Alto
Licuefacción	Bajo	Alto	Muy Alto
Vulcanismo	Bajo	Bajo	Alto
Hundimientos	Bajo	Alto	Alto
Deslizamientos	Moderado	Moderado	Alto
Flujos de lodo, tierra y suelo	Moderado	Moderado	Alto
Flujos de avalanchas de detritos y derrumbes	Moderado	Moderado	Alto
Erosión	Bajo	Moderado	Alto

**Tabla 6.1.1.** Nivel de afectación y consecuencias de los Riesgos naturales en Ciudad Guzmán (IIEG, 2015).

La evaluación o valoración de los peligros que inciden sobre zona urbana y su entorno de Ciudad Guzmán y el Riesgo a que está expuesto, se realizó a partir de los datos obtenidos de la identificación y análisis de cada uno de los fenómenos estudiados. Se realizó con el fin de conocer el nivel o grado que pueden afectar a dicha zona de estudio y los diversos elementos afectables.

En base a lo anterior, se determinó que en Ciudad Guzmán los Riesgos geológicos presentan las características señaladas en la Tabla 6.1.2.

Amenaza	Riesgo	A	B	C	D	E
Fallas	Alto a Muy Alto	Muy seria	Importante	Muy seria	Evidente	Moderadamente probable
Fracturas	Bajo a Medio	Seria	Importante	Poco seria	Evidente	Moderadamente probable
Sismos	Alto a Muy Alto	Catastrófica	Muy seria	Muy Seria	Evidente	Muy probable
Licuefacción	Medio a Muy Alto	Seria	Seria	Muy Seria	Advertencia	Muy probable
Hundimientos	Medio a Muy Alto	Seria	Importante	Muy Seria	Advertencia	Moderadamente probable
Vulcanismo	Medio a Muy Alto	Seria	Muy Seria	Limitada	Advertencia	Moderadamente Probable
Deslizamientos	Medio a Muy Alto	Muy seria	Importante	Seria	Advertencia	Moderadamente Probable
Flujos de lodos, tierra y suelo	Medio a Alto	Muy Seria	Importante	Muy Seria	Advertencia	Moderadamente Probable
Flujos de Avalanchas de	Medio a Muy Alto	Muy Seria	Importante	Muy Seria	Advertencia	Moderadamente Probable



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Amenaza	Riesgo	A	B	C	D	E
detritos y derrumbes						
Erosión	Bajo a Medio	Poco Seria	importante	Seria	Evidente	Moderadamente Probable
A-Consecuencias a la salud y a la vida. B- Consecuencias al medio ambiente. C-Consecuencias a la propiedad. D-Velocidad de Manifestación (efecto). E-Probabilidad de Ocurrencia.						

**Tabla 6.1.2.** Características del Riesgo que se pueden presentar en Zapotlán el Grande (IIEG, 2015).

Lo anterior quiere decir que en Ciudad Guzmán existe la posibilidad de que la sismicidad produzca consecuencias que pueden ser Muy Altas al grado de poder ser catastróficas en lo que respecta a la salud y a la vida de los habitantes. Es decir, más de 20 muertos, cientos de lesionados serios y más de 500 evacuados. Las consecuencias a la propiedad pueden ser serias. Las consecuencias en el medio ambiente se consideran sin importancia, debido a que no habría contaminación y los efectos que se produzcan a partir de la ocurrencia de esta amenaza serían puntuales. Las consecuencias de estas amenazas son evidentes, en cuanto a su velocidad de manifestación.

Las consecuencias a la salud y a la vida que produzca un evento volcánico pueden ser serias, debido a que es probable que a partir de la caída de cenizas ( como se mencionó anteriormente, esto afectaría a la población cuando ocurra un fenómeno de este tipo), resulten algunos lesionados con daños considerables y molestias serias a la población.

Los deslizamientos (flujos, avalanchas y derrumbes) pueden producir más de 5 muertos, más de 20 lesionados serios y más de 500 evacuados, por lo que las consecuencias a la salud y a la vida, que se presenten por la manifestación de este fenómeno, serían muy serias. La contaminación que produzca este fenómeno no sería grave y los efectos serían localizados, por lo que los daños que sufra el medio ambiente serían limitados y los daños a las propiedades limitados. Los efectos de esta amenaza son ocultos hasta que están completamente manifiestos. Presentan niveles de afectación medios y nivel de consecuencias alto.

En el caso del riesgo por erosión, como parte de los fenómenos geológicos, la zona que pertenece al Valle de Ciudad Guzmán, es considerada con un alto riesgo y alta afectación por procesos erosivos principalmente por sedimentación y acumulación, para localidad “La Huizachera” se registra una población entre 5 y 17 personas que resulta la localidad con el mayor número de habitantes consideradas con esta intensidad, las localidades de “Rancho Cruzero de Don Gus”, “Rancho Juan Manuel García” y “Rancho Los Agustines” solo se registró una población de 1 a 4 habitantes, resultando el menor rango de población (INEGI).

La zona alberga carreteras pavimentadas que conectan la cabecera municipal de Ciudad Guzmán con localidades de San Sebastián del Sur, caminos de tipo terracería internos que



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

conectan las localidades con la Laguna y localidades hacia las partes altas como “Atequizayán”, las vías de ferrocarril son consideradas a traviesan la zona de Norte a Sur.

Las estructuras consideradas con alto riesgo ante el fenómeno, se agrupan principalmente sobre la zona del valle; por otro lado existen áreas que se consideran con esta intensidad de riesgo, la cual se localiza hacia la parte sur de la zona urbana de Ciudad Guzmán cerca de la localidad de “Loma del Ocotillo” donde se registra en promedio 1600 msnm, otro área aislada se localiza sobre la zona los lomeríos, donde se registran 1900 msnm.

La intensidad de riesgo medio por erosión corresponde a las zonas del Volcán y sus estratos representa cerca del 32% del municipio, se caracteriza por terrenos con fuertes pendientes, donde los suelos dominantes de origen volcano-sedimentario de texturas media y gruesa facilitan la infiltración superficial. De acuerdo con el mapa de riesgo las localidades como: “El Fresno” y “Rancho José Gudiño Negrete” la intensidad del riesgo es causada principalmente por el proceso arrastre, debido a la cercanía con líneas de drenaje; también puede existir desbordamiento del caudal con la ocurrencia de una lluvia extraordinaria. Con respecto localidades como: “Piedra Ancha” el factor de riesgo es producto de los sedimentos y acumulación de geomateriales, en la localidad de “Palos Verdes” se registra riesgo por arrastre, resulta el mismo factor de riesgo para la localidad de “Las Luchas”, cabe mencionar que elevaciones topográficas como cerro “La Mina” y “El Pichacho” así como los puertos orográficos “La ventana y la lagunilla” no albergan infraestructura considerada con intensidad alta del riesgo por erosión.

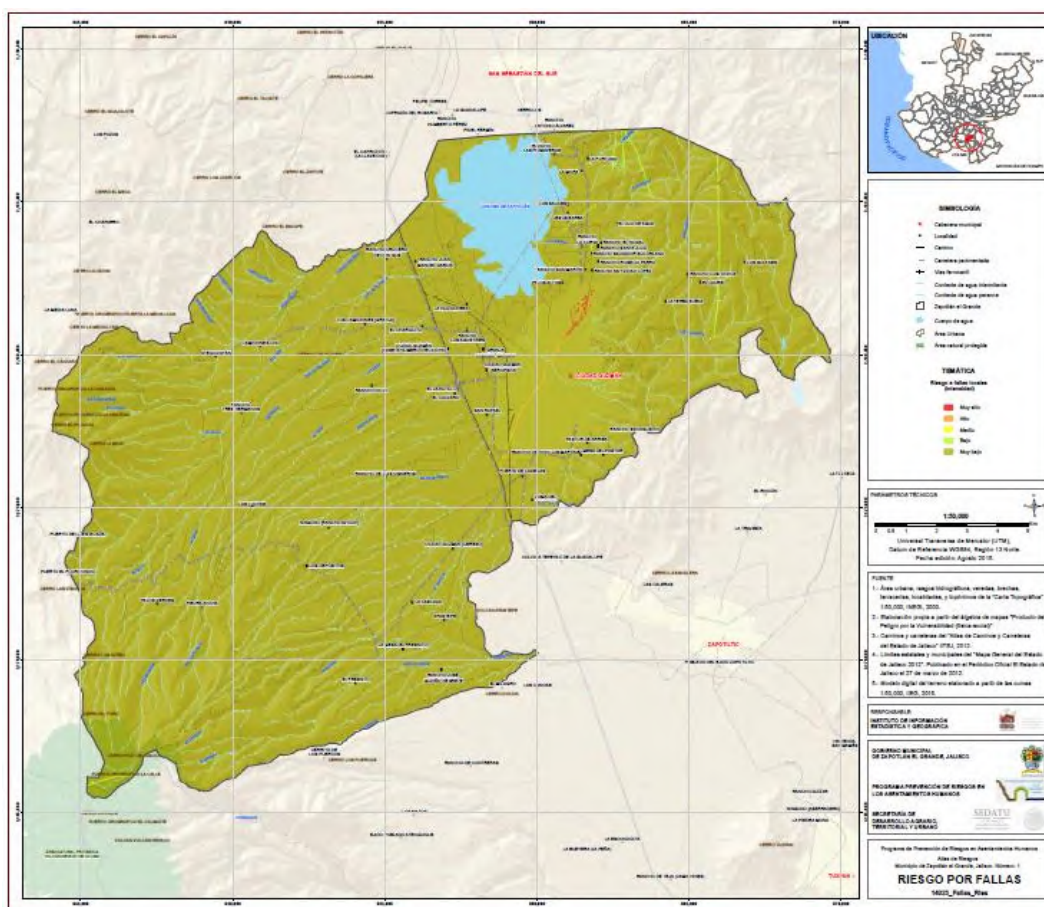
La intensidad de riesgo por erosión que domina en la porción de la montaña oriente corresponde a baja, donde los suelos son producto de intensos procesos erosivos que han generado depósitos aluviales en el terreno, de acuerdo peligro determinado por parámetros de Vulnerabilidad física como erosión por lluvia, granulometría superficial y el uso o prácticas de manejo tradicional y biológicos como el tipo de cobertura vegetal, multiplicado por los parámetros sociales determinó el riesgo para las distintas condiciones del área, respecto a la porción localizada entre los 2900 a 3100 msnm. Es integrada por localidades como: Los Solanes, Luis Ochoa, El Laurel, La Yerbabuena donde no se presenta infraestructura vulnerable al riesgo, respecto la porción de Pie de Monte del área que presenta localidades como: El Nogal, Santa Julia, Salvador Solórzano, Rogelio Parra y San Martín se presentan dos carreteras pavimentadas que conectan los municipio de Acatlán de Juárez y la cabecera municipal de Ciudad Guzmán.

En casi toda la zona de estudio las amenazas naturales presentan niveles de Riesgo que van de ligeramente Medio a Alto y Muy Alto. El nivel bajo a medio se presenta en la mayor parte del municipio y el área urbana se observaron niveles Altos y Muy Altos de Riesgo por fenómenos geológicos, de acuerdo a los efectos, daños y problemas sociales que se presentan.



### 6.1.1. Riesgo por Falla

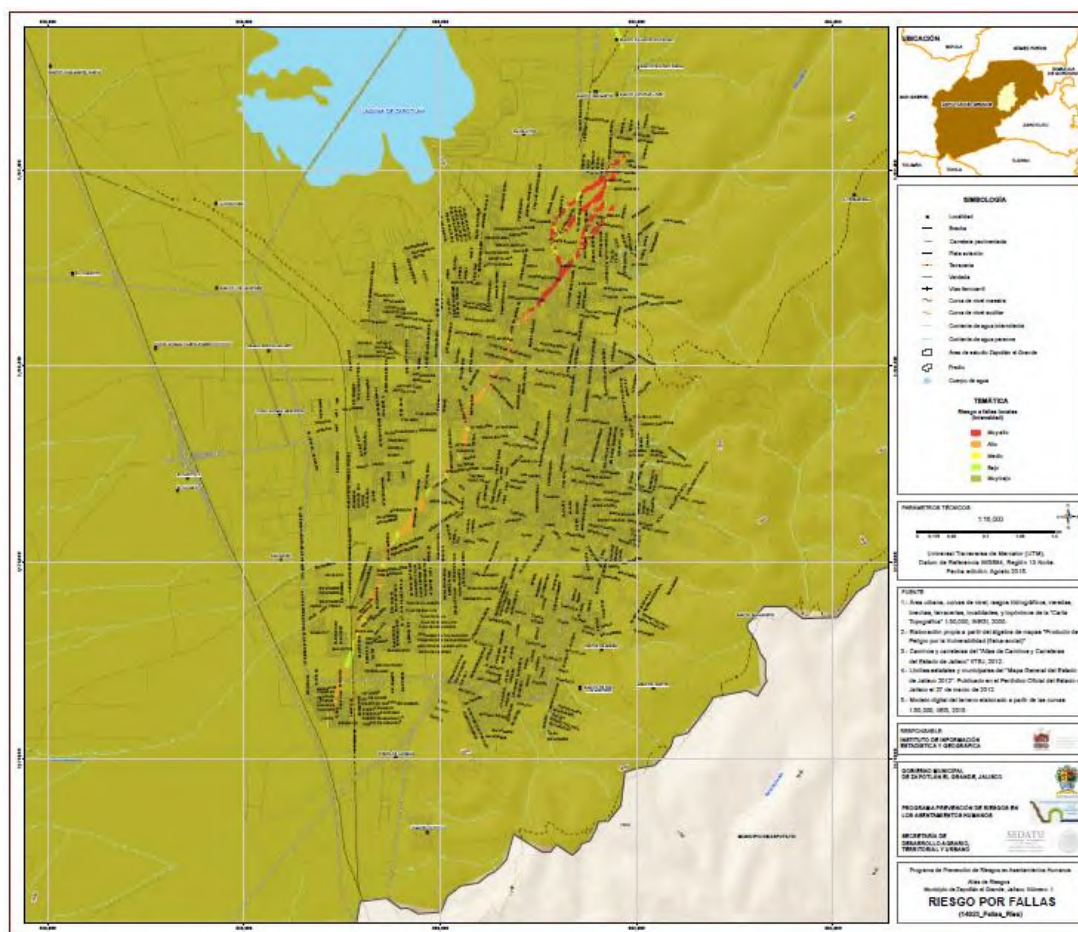
Las fallas representan un riesgo muy alto, que pueden afectar a la población que habita en la zona urbana de Ciudad Guzmán. El riesgo se catalogó de Alto a Muy alto en la traza de la falla. El 80 % del área en el Municipio de Zapotlán se representa por un riesgo muy bajo por la falta de estructuras geológicas de peligro identificadas, considerado el Riesgo a nivel Municipal de Zapotlán Muy Bajo, como se muestra en el Mapa 6.1.1.1.



**Mapa 6.1.1.1.** Mapa del riesgo por falla a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).

El riesgo por falla a nivel de la cabecera municipal (Ciudad Guzmán), es de Alto a Muy Alto por el efecto a la infraestructura, principalmente casa-habitación, especialmente en la parte norte de la zona urbana, en donde se ubican fallas con desplazamiento tectónico, hacia el centro y sur de la traza de la falla, tendremos Riesgo de Medio a Muy Alto. (Mapa 6.1.1.2)





**Mapa 6.1.1.2.** Mapa de riesgo en la Cabecera Municipal de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).

Los elementos afectables principales e infraestructura con riesgo por falla se muestran en la Tabla 6.1.1.1. entre los que se pueden considerar daños son: el acueducto, carreteras, líneas de transmisión, vías férreas, etc. con riesgos de Medio a Muy Alto.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Riesgo	Longitud en metros	Longitud en kilómetros
<b>Alto</b>	1,129.2208	1.1292
Acueducto	38.3457	0.0383
Brecha	167.1261	0.1671
Carretera pavimentada	108.6437	0.1086
Línea de transmisión	250.2262	0.2502
Terracería	418.2236	0.4182
Vereda	146.6555	0.1467
Bajo	465.9709	0.4660
Brecha	102.2983	0.1023
Carretera pavimentada	6.2541	0.0063
Infraestructura agua	20.7801	0.0208
Línea de transmisión	22.6788	0.0227
Terracería	35.4388	0.0354
Vereda	88.9450	0.0889
Vía férrea	94.7879	0.0948
Vías ferrocarril	94.7879	0.0948
<b>Medio</b>	133.3900	0.1334
Carretera pavimentada	60.0357	0.0600
Terracería	68.2596	0.0683
Vía férrea	2.5474	0.0025
Vías ferrocarril	2.5474	0.0025
<b>Muy alto</b>	39.4317	0.0394
Acueducto	19.8908	0.0199
Terracería	19.5409	0.0195

**Tabla 6.1.1.1.** Riesgos por falla en los diversos elementos afectables en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

### 6.1.1.1. Recomendaciones del Riesgo por Falla

Para el Riesgo por falla se recomienda realizar estudios a detalle en las zonas de falla, a fin de caracterizar la estructura geológica. Esto implica análisis estructurales detallados que pueden ayudar a entender la evolución tectónica del área así como el potencial sísmico de la región.

Se recomienda realizar muestreo de deslizamientos de la falla para obtener valores que determinen tamaños de bloques, mecanismos de deformación de bloques o cuñas, patrones específicos de deslizamiento.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



#### **6.1.1.2. Medidas de Mitigación ante Riesgos por Fallas**

Las medidas de mitigación planteadas consideradas a nivel urbano, se proponen las siguientes:

- 1) Divulgar reportes de desastres históricos en zona de falla geológica. Para que la población ubicada en traza de falla tenga conocimiento de la misma, organizando mesas informativas y generando material impreso.
- 2) Dar conocer y capacitar acerca de los rasgos superficiales del terreno que son síntomas de falla.
- 3) Colocar por lo mínimo tres acelerógrafos en la zona a fin de determinar la actividad sísmica de las fallas normales identificadas, tanto en la Montaña Oriente como en la zona urbana, para establecer sismicidad de fallas activas, asimismo registraríamos aceleraciones reales generadas y calcular las posibles amplificaciones de la onda sísmica en la zona.
- 4) Se recomienda monitoreo del desplazamientos de la falla para observar la evolución de la misma, a través de testigos ubicados a lo largo de la traza de falla.
- 5) Se debe evitar que el agua pluvial se infiltre a lo largo de la traza, sellándola con materiales limosos y arcillosos y grava, compactándola.
- 6) Proponer cambios de uso de suelo en zonas dañadas y en las zonas que se dañarán y que vislumbramos nosotros que pasará.
- 7) Realizar estudios geofísicos a detalle a lo largo de toda la traza de falla con el fin de caracterizar el terreno.
- 8) Realizar estudios de geología estructural para determinar el potencial de reactivación de las fallas, así como de la posible generación de sismos locales, y que pueden ayudar a entender la evolución tectónica del área, así como el potencial sísmico local de la región.
- 9) Se recomienda no construir en la zona donde pasa la falla geológica. Ni donde presumimos nosotros seguirá agrietándose, habría que proponer zonas de no construcción en un mapa temático.

#### **6.1.2. Riesgo por Fractura**

El conocimiento del riesgo que se puede generar por fenómenos geológico es fundamental, especialmente el fracturamiento del subsuelo a nivel superficial, para el proyecto de las obras de infraestructura y para el ordenamiento territorial o urbano. La interpretación de las



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

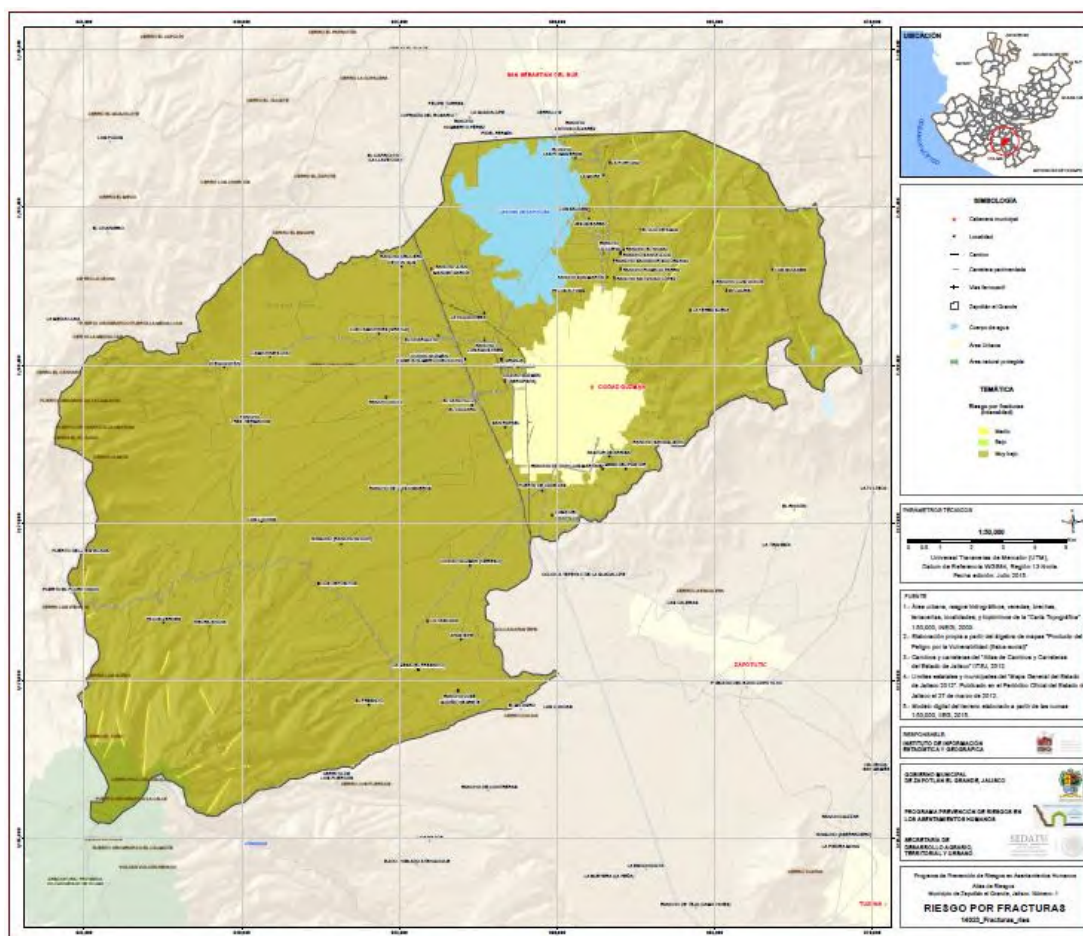
condiciones de riesgo por fractura y su integración en el diseño y construcción de una obra de ingeniería mediante soluciones acordes a la naturaleza del terreno y al medio ambiente, es uno de los principales objetivos de la Ingeniería Geológica.

Asimismo, la demanda de soluciones concretas a problemas ambientales solicita estudios de acondicionamiento y mejoramiento del territorio para optimizar la utilización del suelo y otros recursos en el espacio y en el tiempo. Estos estudios deben comprender una visión de conjunto que permita la planeación de cualquier obra civil para orientar la toma de decisiones, definir la ocupación del suelo, proteger los recursos naturales y disminuir las vulnerabilidades que se asocian a los riesgos de orden geológico. Dentro de estos aspectos, los estudios de Ingeniería Geológica, de impacto sobre el medioambiente, de zonificación geotécnica, de factibilidad de construcción, así como de cualquier otra modificación antropogénica del medio natural, son de vital importancia.

Además de permitir el asentamiento humano y de infraestructura, el suelo es valioso como hábitat en términos de calidad de vida. Cualquier cambio en la forma de la superficie provoca cambios en las actividades humanas que se realizan sobre esta; pero también las actividades humanas tienen un efecto importante para cambiar la superficie del suelo. Por otro lado, el agua del subsuelo es la fuente principal para uso urbano e industrial. Estos dos recursos se encuentran relacionados de manera muy cercana en condiciones naturales. Cuando se rompe el equilibrio debido a la explotación no sustentable que el ser humano pueda realizar de cualquiera de estos recursos se afecta enormemente al otro.

El riesgo por fractura presente en la zona de estudio se debe a que las cenizas volcánicas que cubrieron y dieron origen a los suelos de Ciudad Guzmán y de toda la cuenca presentan diferentes tipos de permeabilidad originando debilidad en los materiales que tienden a romperse y abrirse en forma de fractura. El fenómeno de aparición de grietas ha afectado a grandemente la zona urbana de Ciudad Guzmán y la aparición de grietas al Norte de la Ciudad, que pueden tener riesgo, si se siguen continuando sellándolas sin tomar en cuenta que pueden tener consecuencias en un futuro no muy lejano, por la posibilidad de la presencia de un sismo fuerte.

Se localizaron dos sectores de fracturamiento en el Municipio de Zapotlán (Mapa 6.1.2.1.) Uno al norte de Ciudad Guzmán y Otro al sur del Municipio a las faldas del volcán colima. El riesgo por fractura representa para el Municipio un Riesgo de Muy Bajo y Medio.



**Mapa 6.1.2.1. Riesgo por fractura a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).**

Los elemento e infraestructura en riesgo por fractura se da principalmente en sitios de brechas y terracería, dado que el fenómeno tiende a cortarlos, además el acueducto, si una fractura llega a cruzarlo lo dañaría. Los elementos afectables por fractura se muestran en la Tabla 6.1.2.1.

Riesgo	Longitud en metros	Longitud en kilómetros
<b>Alto</b>	473.01506	0.47301506
brecha	141.959	0.141959
terracería	125.83086	0.12583086
vereda	205.2252	0.2052252
<b>Medio</b>	165.154905	0.165154905
acueducto	126.74336	0.12674336
brecha	15.7174	0.0157174
terracería	22.694145	0.022694145
<b>Muy alto</b>	684.7172	0.6847172
Acueducto	684.7172	0.6847172

**Tabla 6.1.2.1. Elementos afectables en riesgo por fracturamiento (Fuente: IIEG, 2015).**





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



### 6.1.2.1. Implicaciones del Riesgo por Fractura

El agrietamiento de suelos que cruza a la ciudad de NE a SW es paralelo a esta dirección, por lo que en primera instancia se interpreta que su origen es de tipo geológico-estructural. En este sentido, y toda vez que existe un desfaseamiento o bloque caído (en este caso con dirección NW), se trata de una falla geológica.

Sobre la grieta al norte de Ciudad Guzmán, esta es rectilínea y se ha manifestado en diferentes momentos. No se ha observado un desfaseamiento relevante entre ambas caras de la grieta, por lo tanto se interpreta como el desarrollo de una fractura geológica. Se considera que pudo producirse por: a) reacomodo de los materiales del subsuelo, b) por bombeo de agua subterránea, o c) por ambos efectos.

Es decir el agrietamiento de suelos observado representa una estructura geológica, en una zona de debilidad estructural. Es factible que el bombeo de agua subterránea pudiera ser la causa que disparó el desarrollo de la fractura en superficie.

Este fenómeno es irreversible y la fractura podrá continuar su desarrollo, tanto en apertura como en longitud. Sin embargo se ha observado, que es frecuente que estas fracturas se desarrollen en épocas de lluvias y después de que la zona sea afectada por la vibración de un sismo. Por lo que la traza de la fractura y un entorno de 25 m a cada lado de la misma se encuentran **en condición de alto riesgo**, por lo que se recomienda que no se desplanten estructuras rígidas en dicha franja.

Se recomienda realizar muestreo de fracturamiento para obtener valores de densidad de fracturamiento en afloramientos típicos, con el fin de determinar tamaños de bloques, mecanismos de formación de bloques o cuñas, patrones específicos de deslizamiento o volteo en taludes rocosos.

Del análisis de los estudios previos se pueden extraer las siguientes observaciones:

- 1) El fracturamiento del subsuelo es un problema generalizado que se ha condicionado a la extracción extensiva de agua subterránea y a la tectónica.
- 2) Generalmente se trata de un problema superficial, aunque también se ha propuesto que algunos casos están relacionados con el movimiento de fallas geológicas regionales.
- 3) Se requiere realizar numerosos estudios de mecánica de suelos con el propósito de mejorar la cimentación de edificios, pero sin atender a la problemática general a largo plazo.





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



### **6.1.2.2. Medidas de Mitigación ante Riesgos por Fracturas**

Las medidas planteadas consideradas a nivel urbano, se proponen las siguientes:

- 1) Se recomienda realizar estudios a detalle (Geofísicos, Geológicos, Geotécnicos) para confirmar el origen y presencia de hundimientos o subsidencia del terreno.
- 2) Se recomienda analizar el problema asociado a la extracción de agua en el Municipio de Zapotlán, recarga, y problemas asociados a la sobreexplotación de la misma.
- 3) Realizar estudios de Geotecnia para el análisis del agrietamiento del subsuelo en zona de fracturamiento.
- 4) Dar Seguimiento al monitoreo piezométrico y topográfico en sitios con problemas de agrietamiento del subsuelo. Establecer la red y si existe considerarla en un Sistema de Información Geográfica.
- 5) Realizar estudio geológico - geofísico para determinar posibles fracturas importantes y localizar oquedades de grandes dimensiones en el subsuelo.
- 6) Estudios de mecánica de suelos y geotécnicos en zonas afectadas por el fracturamiento.
- 7) Identificación y caracterización de los diferentes tipos de fracturas que afectan el subsuelo en el Municipio de Zapotlán, especialmente al norte de Ciudad Guzmán.
- 8) Dar conocer y capacitar acerca de los rasgos superficiales del terreno que son síntomas de fracturas. Sobre todo a Protección Civil, los probables causantes de fracturas y las de hundimientos, para que se identifiquen las diferencias
- 9) Realizar estudios de geología estructural para determinar el potencial de desarrollo de la fractura y la posibilidad de convertirse en falla.
- 10) Se recomienda no construir en la zona donde pasa la fractura. Ni donde presumimos nosotros seguirá agrietándose, habría que proponer zonas de no construcción en un mapa temático.

### **6.1.3. Riesgo por Sismo**

El análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas ha carecido tradicionalmente de estudios que lo aborden de forma integral. En general, o bien sólo se consideran los aspectos relacionados con la calidad en la edificación sin tener en cuenta el efecto de sitio, o bien sólo se estudia la peligrosidad. La evaluación del riesgo debe abordar, además de la estimación de la sismicidad y el efecto de amplificación y atenuación, la vulnerabilidad de los elementos



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

expuestos. Mediante las herramientas de los SIG, es posible estimar, con carácter preliminar de forma rápida y sencilla, la vulnerabilidad de los edificios de Ciudad Guzmán en función de diferentes factores. A partir de la vulnerabilidad y considerando la máxima magnitud esperada de un terremoto en el entorno de la Cuenca de Zapotlán el Grande ( $M_w = 8.2$ ), se evalúa el riesgo sísmico, expresado por el número de edificios afectados y el grado de pérdida previsible, así como su efecto sobre la población.

Entonces el riesgo sísmico, es la probabilidad de que la sociedad sufra daño (pérdidas humanas, personas heridas, propiedades dañadas e interrupción de actividades económicas), debido a la posible ocurrencia de un evento sísmico, durante un período de tiempo en una región. La evaluación de este tipo de riesgo, no se limita a conocer la probabilidad de ocurrencia de un sismo, estima el nivel de consecuencia, que podría provocar la ocurrencia del mismo en la salud de una población, debido a la magnitud del evento y a la vulnerabilidad de la población expuesta. Esto permite que parte de la población que está con mayor o menor riesgo, lo que puede ayudar en la elaboración de programas de emergencia.

El riesgo sísmico calibra la probabilidad de que se produzca un sismo, el número de víctimas que ocasionaría y cómo afectaría al tipo de construcciones existentes en la zona. Así, una zona de fallas despoblada tendría una peligrosidad sísmica muy alta pero un riesgo sísmico muy bajo. Para disminuir el riesgo sísmico de una zona se deben tomar medidas de predicción y prevención, aunque no es posible determinar en qué momento se producirá un terremoto.

En términos generales a nivel municipal el Riesgo sísmico se considera de Muy Bajo a Bajo, con algunos sectores al norte de Ciudad Guzmán en Riesgo Alto y pequeños sectores con Riesgo Muy Alto por la presencia de fallas activas de riesgo para la ocurrencia de un sismo de magnitud grande (mayor a 7 grados) (Mapa 6.1.3.1.).



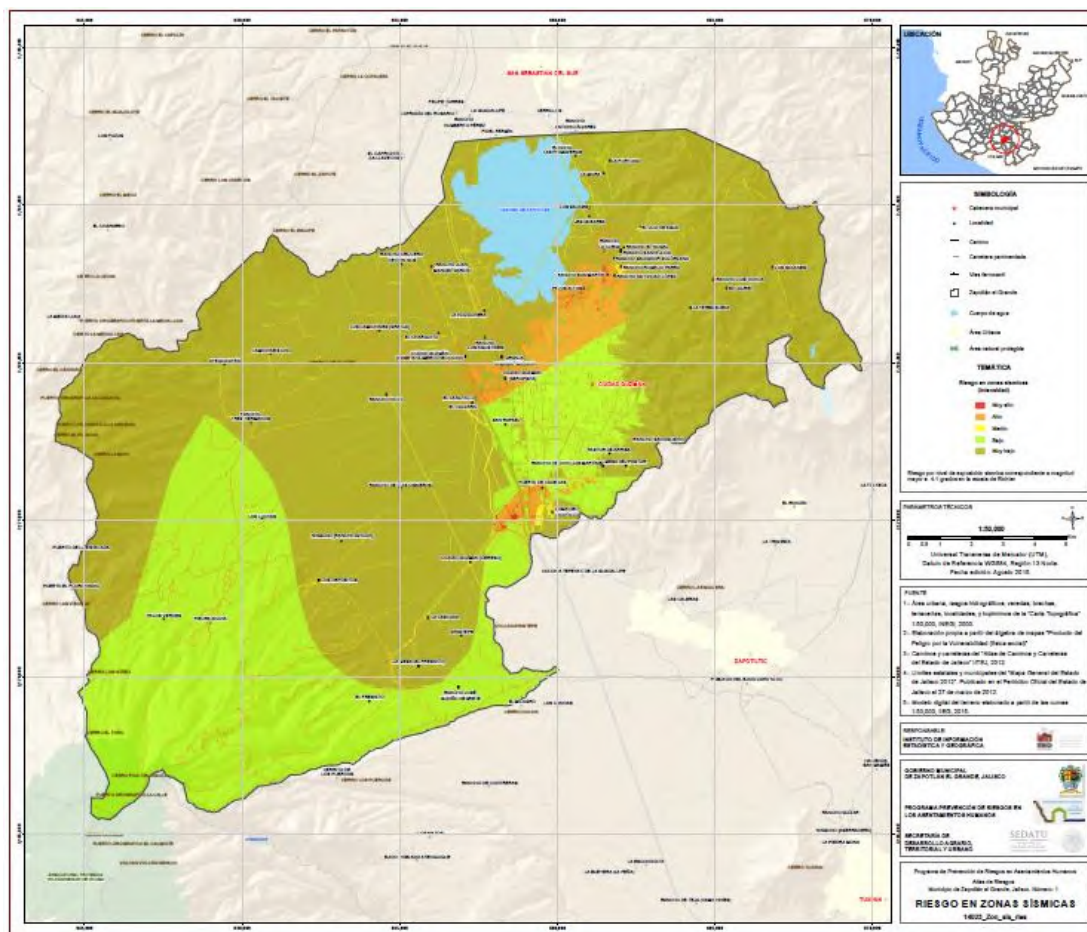
INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

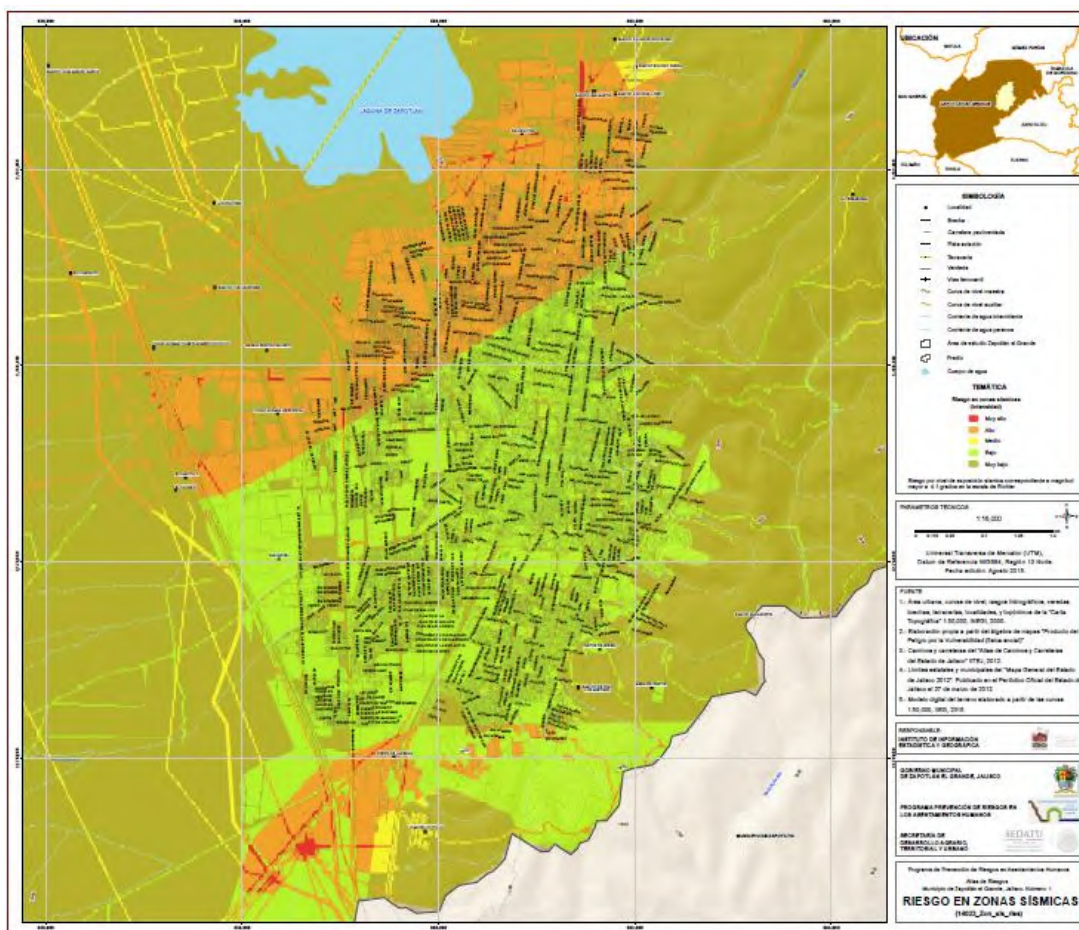


## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande



**Mapa 6.1.3.1.** Mapa de riesgo sísmico para el Municipio de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).

El riesgo sísmico para Ciudad Guzmán es oscila de alto a muy alto en área de fallamiento, dado la presencia de un sismo de gran magnitud (mayor a 8.2 grados), puede ocasionar efectos destructivos en estas Zonas (Mapa 6.1.3.2.).



**Mapa 6.1.3.2.** Mapa de riesgo sísmico para Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

### 6.1.3.1. Elementos y estructuras civiles en riesgo por sismos

Los elementos civiles en riesgo por sismos son casas – habitación, que se ha encontrado hacia la zona norte de Ciudad Guzmán en un riesgo alto con 69, 999 habitantes y en zona de riesgo muy alto se localizan la parte sur de la zona urbana con 6, 100 Habitantes, como se muestra en la Tabla 6.1.3.1.1.

Población en riesgo en zonas sísmicas	
Alto	Muy alto
61,999	6,100

**Tabla 6.1.3.1.1.** Estadística de la población en riesgo por sismo (Fuente: IIEG, 2015).

La zona que puede sufrir mayor daño y es de Alto Riesgo, ante la ocurrencia de un sismo, tanto económico como socio-organizativos y en general de salud por un fenómeno sísmico es la que presenta edificaciones dañadas ya sea por el paso del tiempo o por sismos ocurridos anteriormente, como es el caso de las casas dañadas por el sismo de 1985. De





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



este último caso se tienen registradas dos sectores, que juntos cubren un área total de 22.51 hectáreas.

El riesgo por sismo, aumenta cuando las edificaciones se encuentran asentadas en zonas de fallas activas, las cuales se reflejan en las cuarteaduras de las casa. Lo anterior se agrava cuando las construcciones no están diseñadas de manera que soporten este tipo de eventos.

#### **6.1.3.2. Implicaciones de Riesgo por Sismo**

La sismicidad que se puede dar en la zona de estudio, está asociada con el movimiento de placas en el pacifico, a los movimientos del bloque Jalisco y al ascenso de magma, asociado al Volcán Colima. El promedio de que ocurran terremotos devastadores en esta zona es de 126 años y de 70 en el caso de temblores de menor intensidad, pero que también pueden provocar daños a la población.

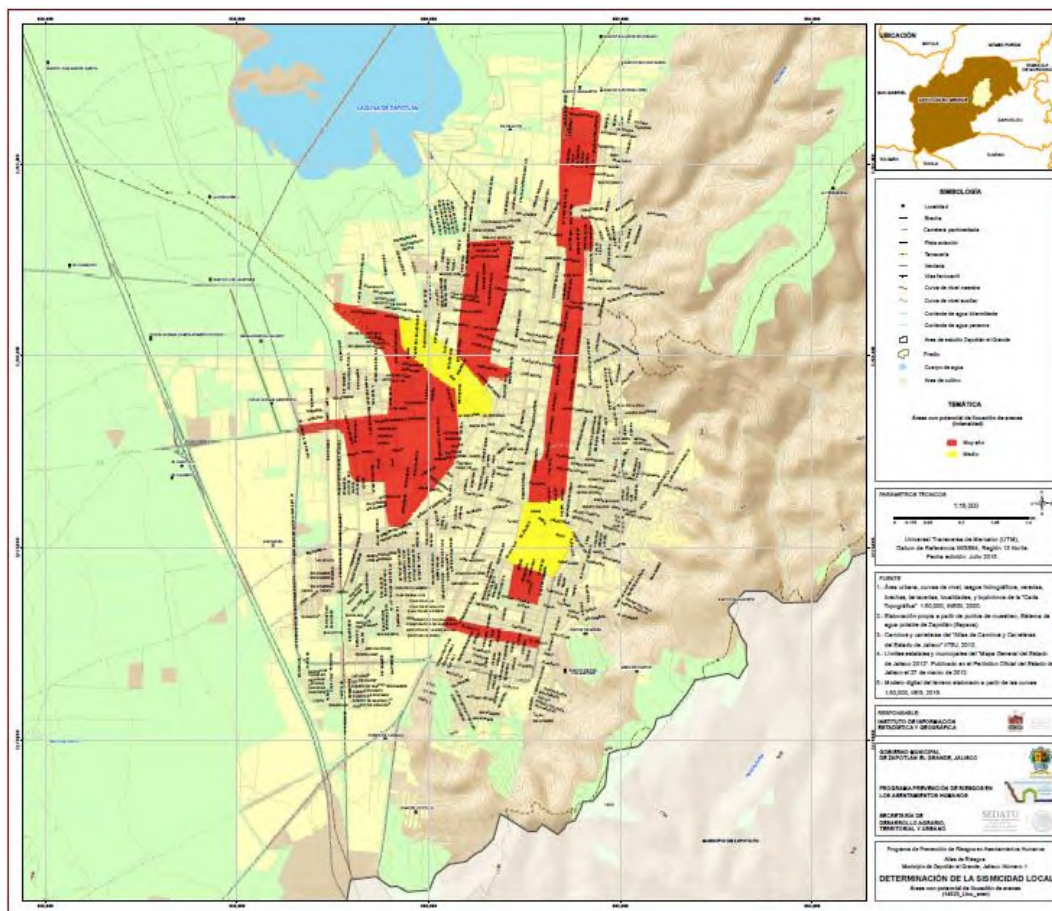
El riesgo recae sobre todas la población incluídas en la cuenca, pero se esperan mayores daños en las áreas que se encuentra en las partes bajas de la cuenca y zonas de debilidad como presencia de Fallas y Fracturas, las cuales corresponden a las zonas con mayor densidad poblacional. El riesgo es mayor en zonas que se establecieron sobre fallas activas o suelos propensos a la licuefacción. Tal es el caso de la parte noreste de Ciudad Guzmán, en la que se encuentran las colonias: J. Ma. Morelos, Loma Bonita, Mansiones del Real, la Cantera, E. Zapata, Empleados Municipales, Olivos, Lázaro Cárdenas, Universitaria, etc.

Ejemplo de esto, es que un fenómeno sísmico conjugado con los suelos poco consolidados presentes en Ciudad Guzmán y bajo condiciones de lluvia extrema, puede ocasionar el fenómeno de licuefacción (ablandamiento del suelo) en algunos sectores de la ciudad y afectar incluso a todas las zonas urbanas incluídas en la cuenca.

Es necesario incluir la mitigación de riesgos en la planeación del desarrollo urbano regional desde una perspectiva territorial que derive en estrategias de ocupación y administración del suelo que eviten el aumento de la población expuesta y la conversión de un peligro en desastre.

#### **6.1.3.3. Riesgo por Licuefacción**

La licuefacción de depósitos arcillo-arenosos de Ciudad Guzmán ha sido precedido por un cierto asentamiento del terreno, tales asentamientos han alcanzado normalmente entre 10 y 20 cm. Los efectos de una deformación tan significativa se agrava si ocurren de manera diferencial. Por lo tanto, la evaluación del potencial de licuación, y la formulación de las correspondientes medidas de mitigación, son un factor importante en la evaluación del riesgo sísmico de la zona. En el (Mapa 6.1.3.3.1.) se muestra la zona con Riesgo potencialmente licuables por las condiciones presentes en el área urbana, que oscila de Medio a Muy Alto.



**Mapa 6.1.3.3.1.** Mapa de riesgos por Licuefacción (Fuente: IIEG, 2015).

#### 6.1.3.4. Implicaciones de Riesgos por Licuefacción

De los datos recopilados, de estudios previos, de los sismos ocurridos en 1985, 1995, se infiere que la zona situada al oeste de Ciudad Guzmán, es de alta susceptible a fenómenos de licuefacción.

Los edificios cuyos cimientos están directamente en la arena que se licua, experimentan una pérdida de apoyo repentina, que resulta en el asentamiento drástico (asentamiento absoluto) e irregular (asentamiento diferencial) del edificio.

La licuefacción causa asentamientos irregulares en el área licuada, y esto puede dañar los edificios y romper los cables de servicio público subterráneos donde los asentamientos diferenciales son grandes. Las tuberías de distribución de agua y gas y otros ductos pueden flotar y desplazarse hacia la superficie. Focos puntuales de arena pueden entrar en erupción





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRICOLA, TERRITORIAL Y URBANO



en los edificios a través de bocas de conexión de servicios, con lo que el agua puede ingresar y dañar la estructura o sus sistemas eléctricos.

Se considera que el mapa de áreas de licuación de suelos presentado puede estar incompleto y no ser totalmente representativo de dicho fenómeno. Se espera que en el futuro se realicen estudios adicionales que aporten nuevas evidencias sobre la ocurrencia de este fenómeno, que servirán para modificar o completar el mapa propuesto.

#### **6.1.3.5. Elementos en Riesgos por Licuefacción**

El riesgo por Licuefacción en Ciudad Guzmán se representa estadísticamente por elementos que cumplen las condiciones para que se presente la licuefacción y se determinaron el número de población en Riesgo desde medio hasta Muy alto, con 13, 526 habitantes, como se muestra en la Tabla 6.1.3.5.1.

Alto	Medio	Muy alto
18,568	7,483	13,526

**Tabla 6.1.3.5.1.** Población en Riesgo por Licuefacción (Fuente: IIEG, 2015).

#### **6.1.3.6. Medidas ante Riesgos por sismos**

Para protegerse de este riesgo, es necesario tomar previsiones, ya sea a corto o largo plazo, mismas que deberán ser estudiadas a fondo por las autoridades de salud como las encaminadas a la prevención de los desastres específicamente en esta zona. Sin embargo, a continuación se presentan recomendaciones que se considera, pueden ayudar a mitigar y prevenir la ocurrencia de desastres a consecuencia de fenómenos sísmicos.

- 1) Se recomienda un monitoreo sísmico y acelerográfico continuo entorno al Municipio para determinar estructuras geológicas tectónicamente activas (Instalar una red de estaciones sismológicas y acelerómetros) y definir con más precisión la fecha de ocurrencia de un terremoto y amplificación de onda sísmica.
- 2) Se recomienda una promoción de criterios de construcciones sismo-resistentes. Elaborar reglamentos de construcción en base a estudios geológicos y geofísicos más específicos del área en donde se localicen los asentamientos y fallamiento.
- 3) Reforzamiento de edificaciones vulnerables tales como las edificaciones tradicionales de adobe o dañadas por efecto de fallamiento.
- 4) Elaboración de material para los medios de comunicación y la población en general, así como el desarrollo de cursos de orientación y preparación en caso de un evento sísmico.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



- 5) Preparación de planes de emergencia y capacitación de personal médico y paramédico para la atención de la población.
- 6) Con datos acelerográficos se recomienda generar mapas de isoaceleraciones en roca.
- 7) Se recomienda realizar estudios de suelos, para generar mapas de microzonificación en zona urbana.

#### **6.1.3.7. Medidas ante Riesgos por Licuefacción**

En las áreas, en donde se conjugan las condiciones o factores indicados para el potencial peligro por Licuefacción, es necesario:

- 1) Realizar estudios de detalle, particularmente estudios geotécnicos y geofísicos, para confirmar o modificar la teoría expuesta anteriormente.
- 2) Realizar una inspección detallada en la zona de fallamiento para sellar posibles grietas por donde pudiera estar infiltrándose agua y evitar que en los materiales finos y aluviales exista alta humedad, dado que el otro factor para que se presente el fenómeno de Licuefacción, está latente (sismos).
- 3) Revisar periódicamente posibles fugas en líneas de agua y drenaje a lo largo de la traza de la falla.

La consolidación del suelo, el movimiento de la traza de la falla, son procesos que continuarán paulatinamente y que se pudieran incrementar notablemente ante la ocurrencia de un sismo intenso, como ocurrió en 1985 y activarse el fenómeno de licuefacción de suelos.

#### **6.1.4. Riesgos por Vulcanismo**

La actividad volcánica es una fuente de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmósfera y centros urbanos (servicios y salud). Dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante se ha descrito que incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. El principal riesgo que destaca es la emisión de cenizas y gases.

Para el caso del Municipio de Zapotlán, existe el Riesgo de que el Volcán Colima muestre actividad en un futuro próximo y sea afectado por la emisión de cenizas, ocasionando riesgo desde Muy Bajo a Muy Alto (Mapa 6.1.4.1.).



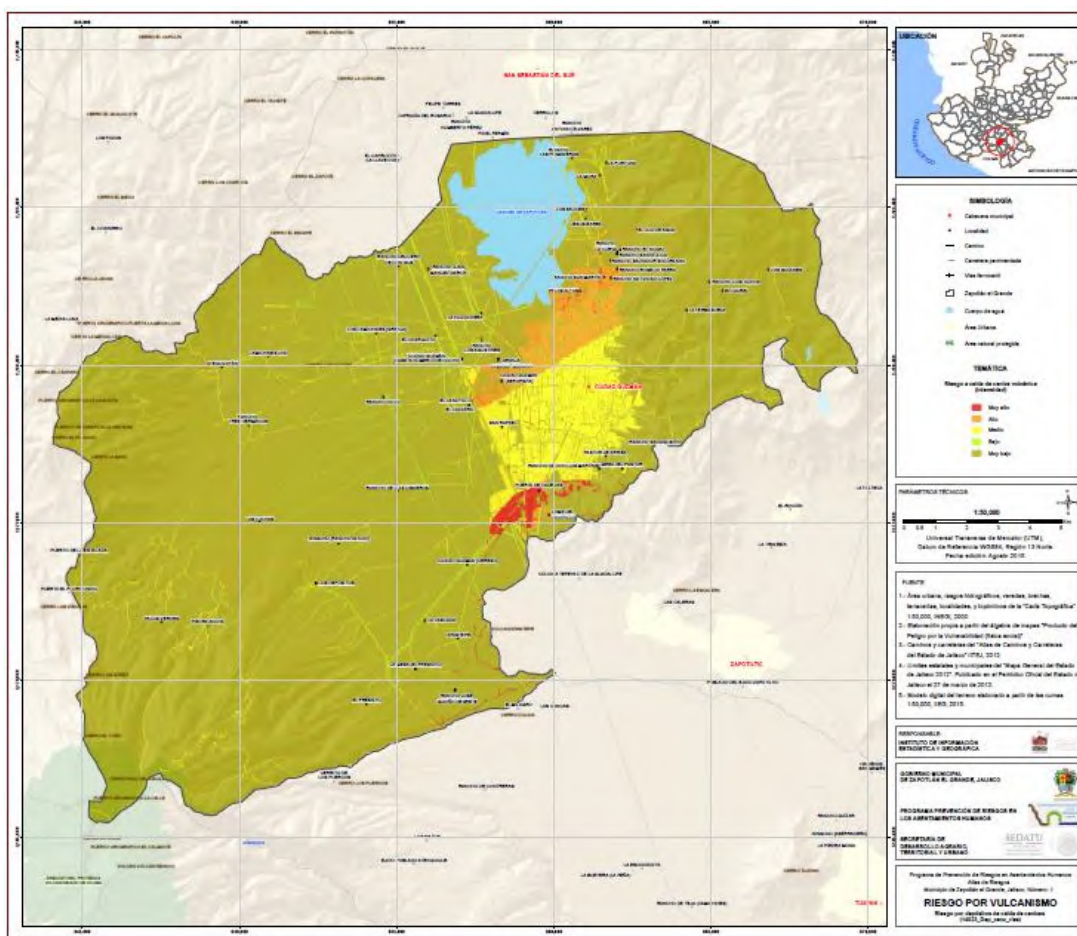
INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

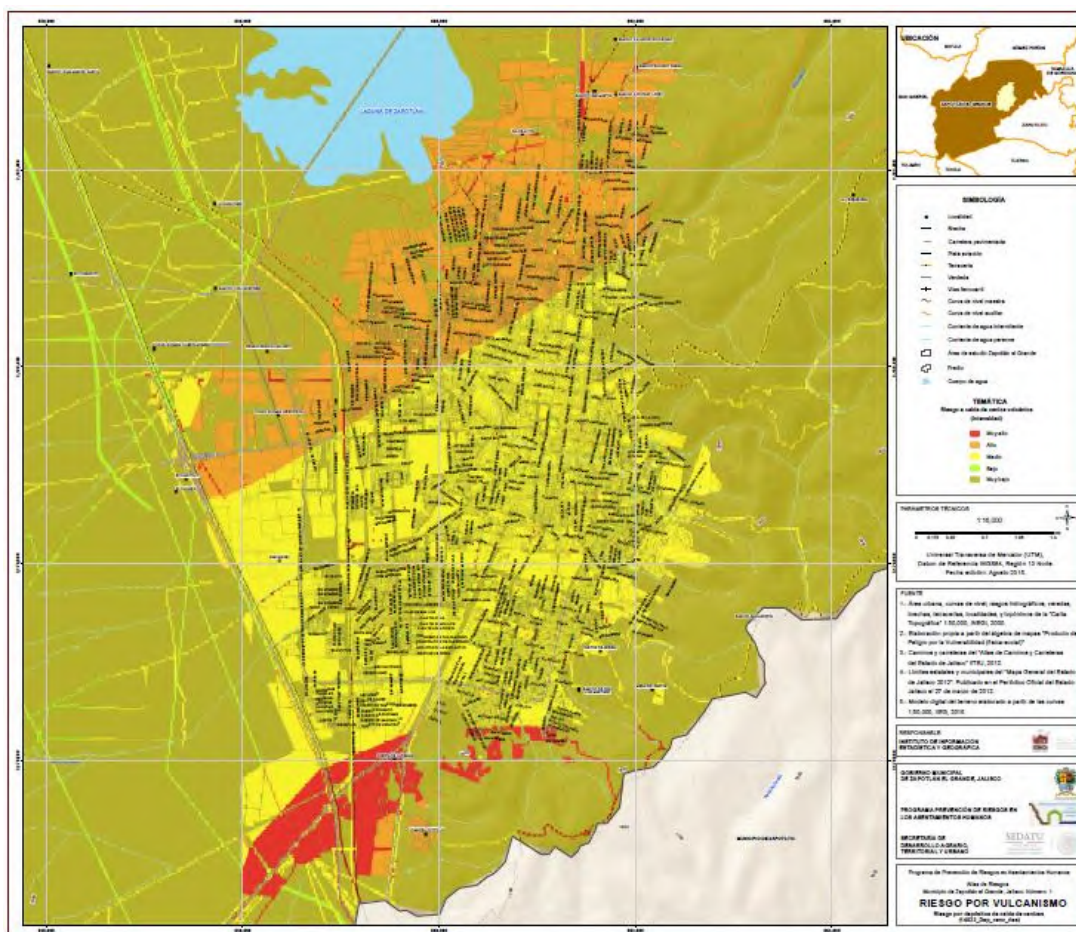


## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande



**Mapa 6.1.4.1.** Mapa de riesgos por Vulcanismo para el Municipio de Zapotlán El Grande (Fuente: IIEG, 2015).

Para el caso de Ciudad Guzmán se obtuvo un Riesgo medio para la mayor parte de la población, con algunos sectores con riesgo de Medio a Muy Alto (Mapa 6.1.4.2.)



**Mapa 6.1.4.2.** Mapa de riesgos por vulcanismo para Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

Por estos motivos, se recomienda que se dé la importancia que se requiere al riesgo que corre la población por causa de los Riesgos Volcánicos y Sísmicos. Se incluye aquí a estas últimas porque ocurren sismos de importancia durante eventos volcánicos. Se debe brindar apoyo a las acciones que se estén llevando a cabo con el fin de obtener la información indispensable para hacer pronósticos o predicciones a corto plazo. Una de estas acciones es vigilancia o monitoreo del comportamiento del volcán, en la cual puede participar la población de la localidad registrando y aportando datos que indiquen algunos cambios en el volcán (signos premonitorios).

#### 6.1.4.1. Implicaciones del Riesgo por Vulcanismo

El Riesgo por vulcanismo, puede afectar a toda el área urbana de Ciudad Guzmán e incluso a toda la cuenca, debido a que se encuentran dentro de una zona volcánica activa. En los límites de la cuenca de la laguna de Zapotlán, se desarrollaron varios aparatos volcánicos- De todos estos volcanes, el que representa mayor amenaza para Ciudad Guzmán, es el Volcán Colima, debido a que se espera que presente una erupción explosiva en un futuro próximo,





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

tal vez menor a 10 años, ya que su ciclo eruptivo es de aprox. 100 años, y la última erupción de este tipo fue en 1913.

De desarrollarse un evento de estas características se afectaría Ciudad Guzmán y seguramente toda la cuenca de la laguna de Zapotlán, por la caída de tefras o cenizas. Los daños serían principalmente: fracturamiento o derrumbe de estructuras por la acumulación de cenizas en el techo, azolve de drenaje, obstrucción de vías de comunicación (aéreas y terrestres), pérdida de visibilidad, daños a la salud (vías respiratorias principalmente), pérdidas en zonas cultivadas y ganaderas.

Debido al comportamiento, se creé que posiblemente a fines del presente siglo o a principios del siguiente, el Volcán de Colima desarrollará una fase explosiva peleana o similar, que produzca emisión de fragmentos sólidos o semisólidos de material juvenil en bloques o violentos flujos piroclásticos asociados a nubes ardientes, a partir de violentas explosiones. La lava que producen estas erupciones es viscosa y da origen a la formación de domos dentro del cráter. Esta erupción afectaría un área de más de 2,800 Km<sup>2</sup> alrededor del volcán

La afectación por la caída de cenizas evidentemente será más amplia y, su distribución estaría en función de los vientos predominantes en el momento de la erupción. Si se toma en consideración que los vientos dominantes por lo general han tenido una dirección de S-N, es posible que los principales desastres puedan provocar esta amenaza en Ciudad Guzmán y toda la cuenca, sean debidos a la caída de cenizas. Los daños provocados por las cenizas pueden ser los siguientes:

- a) Ruidos subterráneos, sismos y otras vibraciones.
- b) Formación o ampliación de fracturas en el terreno.
- c) Plegamiento o corrimiento del suelo y de otros depósitos superficiales.
- d) Incremento en la ocurrencia de caídas de roca y deslizamiento del terreno.
- e) Hinchamiento de la cima y de los flancos del volcán.
- f) Incrementos o disminuciones en la tasa de volumen, ruido, color u olor de las emisiones de fumarolas y manantiales.
- g) Cambios en las incrustaciones de minerales y depósitos alrededor de fumarolas y manantiales.
- h) Cambios en el color, temperatura o contenidos de agua en pozos.
- i) Pérdida inusual del color o muerte de la vegetación.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



El monitoreo para la observación de dichos efectos, se deben llevar a cabo regular y diligentemente para proporcionar información importante y muy útil para el diseño y el despliegue de redes instrumentales de monitoreo. Así mismo, este monitoreo puede extender y complementar los datos del monitoreo instrumental. Por eso es recomendable que se informe y concientice a la población sobre los riesgos a los que puede estar sometido a causa de este Riesgo por vulcanismo y la forma en que puede participar para disminuirlos o mitigarlos.

#### **6.1.4.2. Estructuras en riesgo por depósito de Cenizas**

Actualmente la población susceptible a ser afectada, directa o indirectamente por una posible actividad explosiva del Volcán Colima y su emisión de cenizas en Ciudad Guzmán, es de 43,380 viviendas, con un riesgo desde Medio hasta Muy Alto.(IIEG, 2015) , como se observa en la Tabla 6.1.4.2.1.

Viviendas en riesgo por depósito de ceniza			
Muy alto	Alto	Medio	Total
1,357	10,851	31,172	43,380

**Tabla 6.1.4.2.1.** Viviendas en riesgo por depósito de Cenizas (Fuente: IIEG, 2015).

La actual diversificación económica de la zona se apoya en una amplia infraestructura, principalmente carretera la cual ha permitido en los últimos 10 años el desarrollo de la región, estas particularidades regionales han incrementado considerablemente el riesgo que representa el Volcán de Colima para la región con respecto al escenario pre-eruptivo de 1913 en toda su zona de influencia.

#### **6.1.4.3. Medidas de Mitigación ante Riesgos por Vulcanismo**

Puesto que la ceniza volcánica está constituida principalmente por dióxido de azufre es riesgo para la salud, se recomienda algunas medidas para mitigar los efectos, cuyos aspectos se mencionan a continuación.

- 1) Cubrir nariz y boca con un pañuelo o cubre boca, ya que la ceniza volcánica puede provocar irritaciones en ojos y vías respiratorias.
- 2) Utilizar lentes de armazón y evitar los lentes de contacto para reducir la irritación ocular.
- 3) Mantener puertas y ventanas cerradas y permanecer lo más posible dentro de la casa.





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

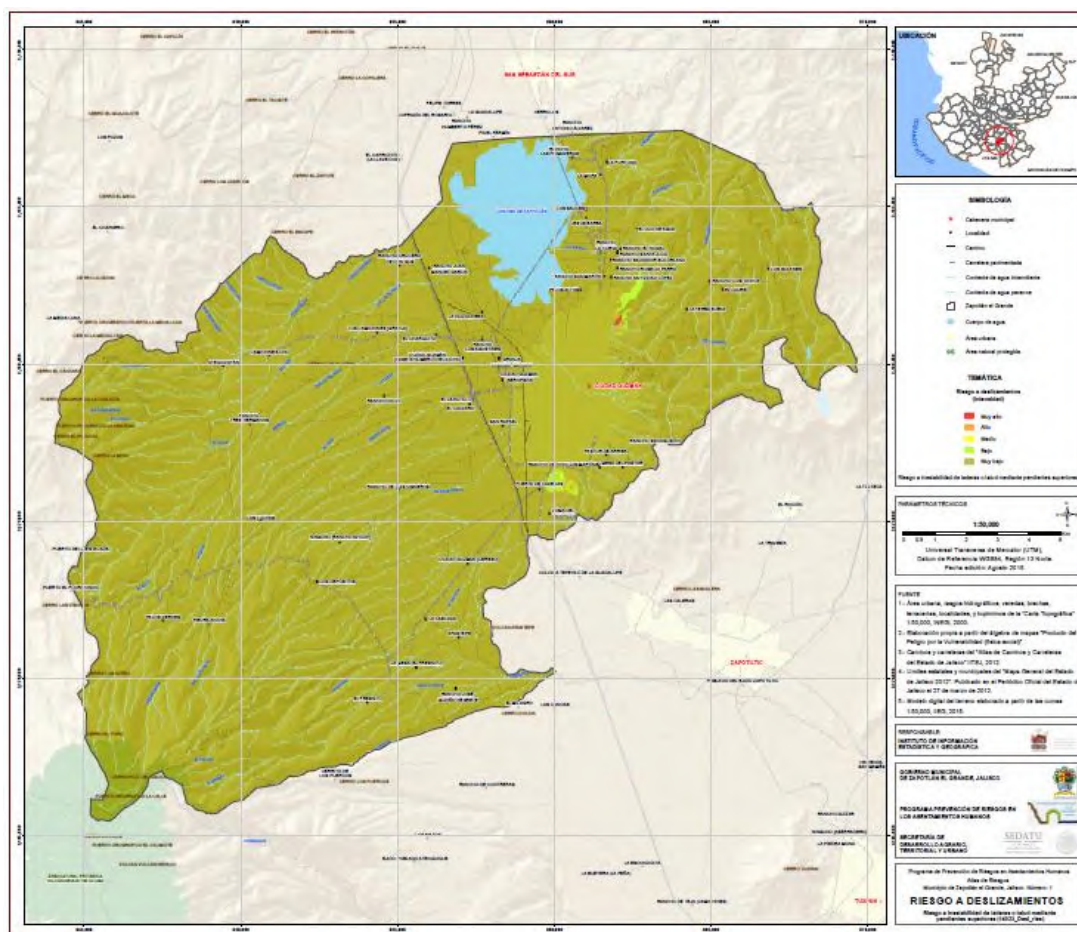


- 4) No realizar actividades físicas fuera de casa.
- 5) No consumir alimentos en la vía pública. Lavar las frutas y verduras que se encuentren en la intemperie.
- 6) Almacenar suficiente agua con anterioridad para al menos una semana (cuatro litros por persona al día); cubrir los tinacos, cisternas y depósitos de agua.
- 7) Si se padece de alguna enfermedad respiratoria, permanecer dentro de la casa y evitar cualquier exposición innecesaria a la ceniza.

### **6.1.5. Riesgos por Deslizamientos**

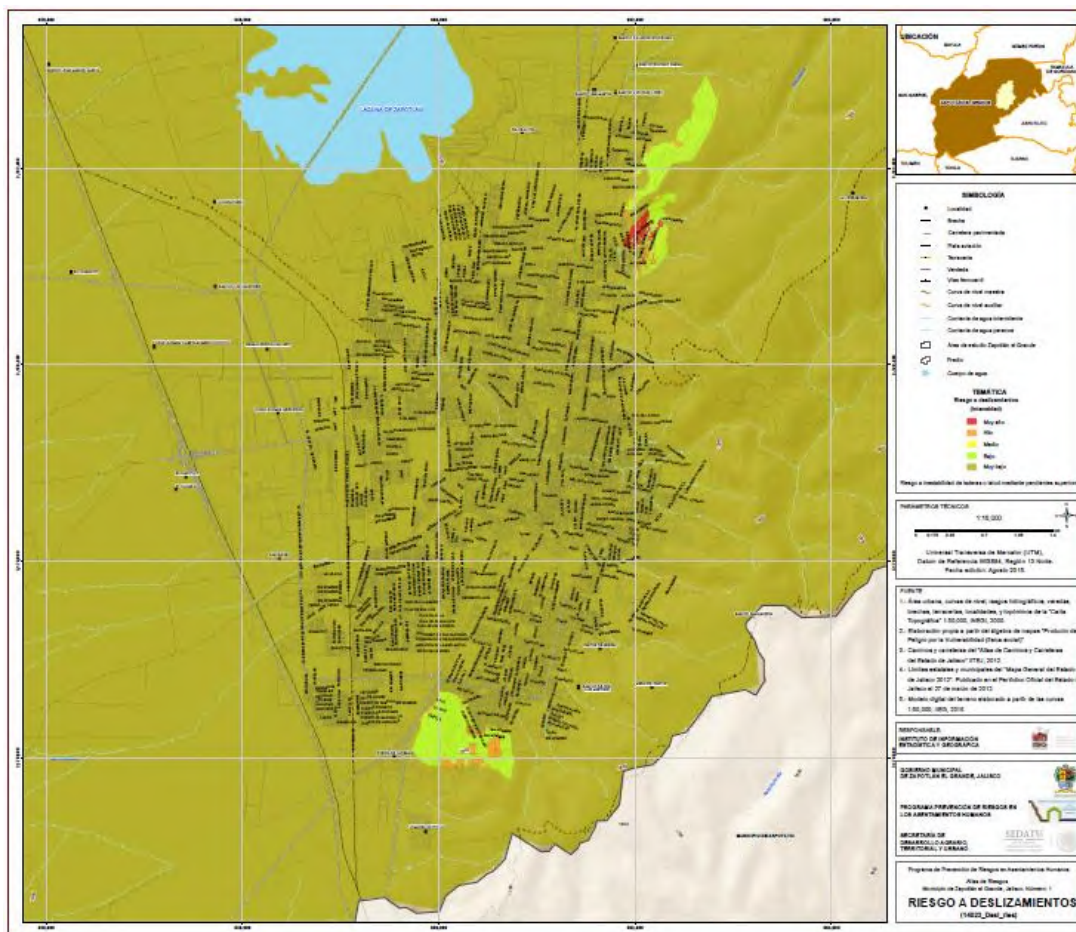
La interpretación de la ocurrencia de futuros deslizamientos ha requerido el conocimiento de las condiciones y procesos que controlan los deslizamientos en el área de estudio. Tres factores físicos a considerar son: la historia, la calidad de las pendientes y la roca firme, son el mínimo de componentes necesarios para evaluar el peligro de deslizamientos. También ha sido necesario añadir el factor hidrológico para reconocer el importante rol que las aguas subterráneas tienen frecuentemente en la ocurrencia de deslizamientos. Señales de este factor se obtienen de manera indirecta observando la vegetación, la orientación de las pendientes o las zonas de precipitación. Todos estos factores se pueden considerar; sus combinaciones específicas están asociadas con diferentes grados del peligro de deslizamiento. La identificación de la extensión de estas combinaciones en el área que se está evaluando da como resultado un mapa del peligro de deslizamiento.

La determinación de las áreas propensas al peligro por deslizamiento, ha sido determinante para establecer el riesgo al que está expuesto tanto la población como los elementos civiles afectables. De acuerdo al estudio de riesgo por deslizamiento se ha observado que a nivel municipal aproximadamente el 95 % del territorio que comprende el Municipio de Zapotlán representa un riesgo Muy Bajo (Mapa 6.1.5.1.)



**Mapa 6.1.5.1. Riesgo por deslizamiento a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).**

Con respecto a la Cabecera Municipal (Ciudad Guzmán) , encontramos en la parte norte de la ciudad un riesgo que oscila entre Bajo y Alto. En la parte sur de la misma consideramos el riesgo entre Bajo y Alto, localizando un polígono al norte con riesgo Muy Alto (Mapa 6.1.5.2.).



**Mapa 6.1.5.2.** Riesgo por deslizamiento en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015)

### 6.1.5.1. Implicaciones del Riesgo por Deslizamientos.

El riesgo por deslizamientos es un factor que se debe tener en cuenta por los efectos que puede ocasionar si se presenta, dado que puede afectar algunas áreas del Noreste de Ciudad Guzmán, principalmente a las construcciones que se encuentran en las partes bajas y sobre la margen izquierda del río Chuluapan, debido a que se están desprendiendo de unas lomas cercanas al río, grandes bloques que pueden afectar a las construcciones y personas que ahí se encuentren. Así mismo, esta zona es propensa a ser la más afectada por este tipo de fenómenos, debido a la presencia de una gran cantidad de fallas y fracturas, subsuelo poco compacto, escurrimientos de agua y por ser una zona en donde los pozos se han abatido o colapsado, razón por lo cual se presenta el Riesgo por deslizamiento.

### 6.1.5.2. Elementos afectables por Deslizamientos

Los elementos que pueden ser afectables por deslizamientos de tierra son en su mayoría viviendas que en total se verían afectadas 690 vivienda (Tabla 6.1.5.2.1.) con un rango de intensidad que oscila entre riesgo Medio a Muy Alto.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



Viviendas en riesgo por deslizamientos			
Muy alto	Alto	Medio	Total general
201	320	169	690

**Tabla 6.1.5.2.1.** Estadística de viviendas afectadas ante Riesgos por deslizamientos.

### 6.1.5.3. Medidas de Mitigación ante Riesgos por Deslizamiento

Se deben de tomar medidas a corto plazo que tiendan a la estabilización del talud y que vuelvan a la zona a su estado natural o que en su defecto logren que las laderas queden acorde con el paisaje natural de todo el entorno. Para esto es necesario realizar la implantación de vegetación nativa de la zona. Esto es importante, debido a que la vegetación es uno de los principales factores que intervienen en la protección del suelo contra el posible deslizamiento.

Las acciones para mitigar los riesgos por deslizamiento se enfocan principalmente en un control del crecimiento urbano en zonas de peligro. Estas zonas deben ser protegidas realizando proyectos de conservación de suelo-agua, además de fortalecer las pendientes.

Con la finalidad de reducir el peligro por deslizamiento, se propone las siguientes medidas.

- 1) Implantar y hacer respeten las normas y reglamentos que regulan la planificación y construcción de estructuras en áreas susceptibles a deslizamientos.
- 2) Toda estructura de vivienda debe ser construida en áreas lejos de taludes empinados, arroyos y ríos, canales que estén secos durante ciertos períodos del año y en las desembocaduras de canales provenientes de las montañas.
- 3) Vigilar el drenaje en los taludes alrededor de las zonas habitadas, en especial aquellos lugares donde las corrientes convergen causando que el flujo de agua sobre esos suelos aumente.
- 4) Contar con sistemas de alerta temprana así como planes de evacuación en casos de emergencia.
- 5) Que las viviendas ubicadas en las colonias La Paz y los Olivos entre las calles Vista Hermosa y Uxmal sean reubicadas cuanto antes, en virtud de que ahí se encuentran la mayor cantidad de viviendas en riesgo muy alto ante este fenómeno perturbador.
- 6) Adicionalmente en este sitio se encuentra un río intermitente, que ante una avenida extraordinaria podría causar la pérdida irremediable de vidas humanas.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



La reforestación es la mejor alternativa para prevenir el deslizamiento de las laderas. Sin embargo, debido a la necesidad de tierras de cultivo en la zona de estudio otras opciones recomendables son las siguientes:

- 1) Combinar fajas de árboles con tierras de cultivo.
- 2) Utilización de terrazas.
- 3) El proteger los cauces de los arroyos de la socavación.
- 4) Controlar el crecimiento de cárcavas.

#### **6.1.6. Riesgo por Flujos, Lodo, Tierra y Suelo**

El riesgo por Flujos, lodos, tierra y suelo tienen especial importancia en los desprendimientos. En el Municipio de Zapotlán el Grande la mayoría de los desprendimientos y flujos y otros materiales se presentan en lugares en los que el terreno tiene abundantes fracturas y se ha ido produciendo erosión (corrientes fluviales) en la base de sus laderas. En estos lugares, cuando llueve intensamente, se pueden producir desprendimientos con facilidad.

Como se mencionó anteriormente, el Riesgo que representan los flujos corresponden a eventos de erosión en masa que incluyen el desprendimiento, el transporte y la deposición de grandes cantidades de material. Son ocasionados generalmente por influencias de eventos dinámicos del globo terrestre, como sismos, erupciones volcánicas, precipitaciones excepcionales, etc.

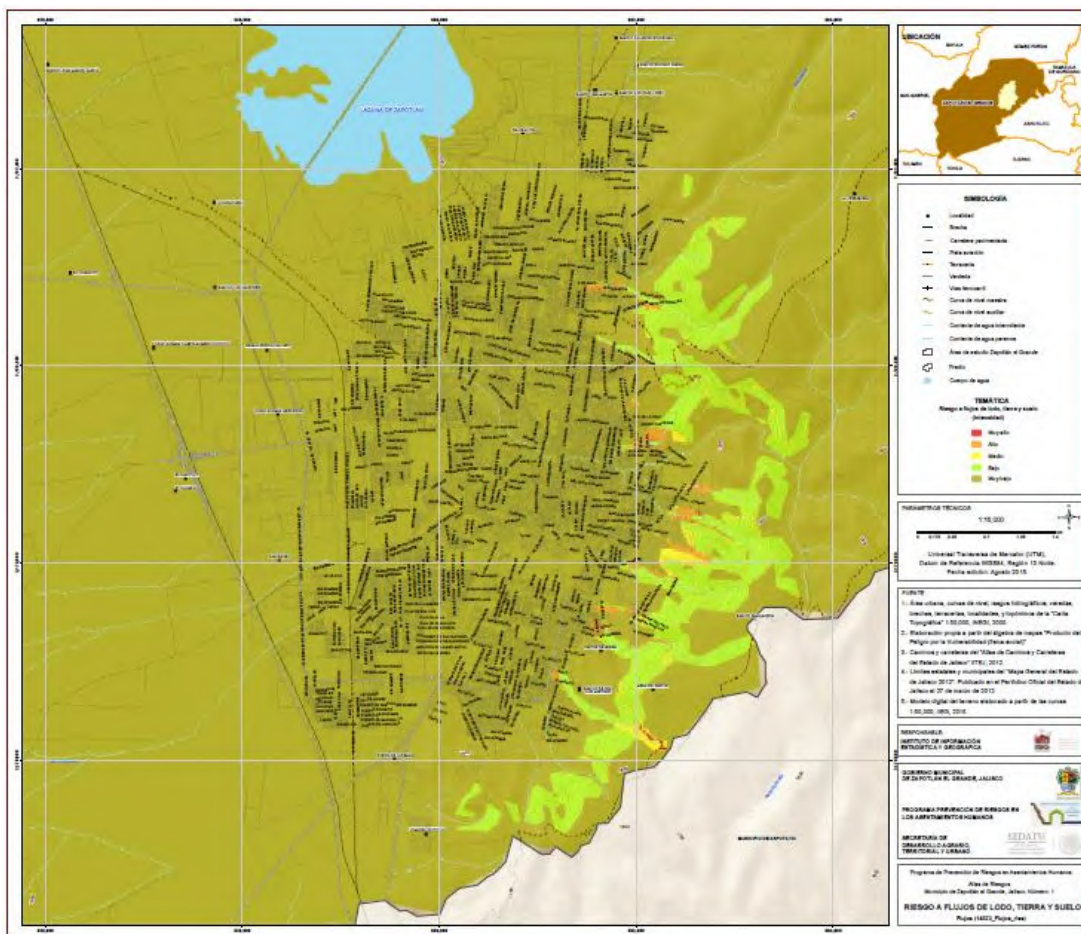
El riesgo por flujos de lodo, tierra y suelo no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan.

A nivel del Municipio de Zapotlán, el Flujo de lodo, tierra y suelo es Muy Bajo (Mapa 6.1.6.1.) el Riesgo mayor se limita a la zona de la montaña oriente que involucra la población de Ciudad Guzmán ubicada en las zonas de las laderas que oscila de Medio a Alto (Mapa 6.1.6.2.).









**Mapa 6.1.6.2.** Mapa de Flujos de lodo, tierra y suelo a nivel de la cabecera Municipal (Fuente: IIEG, 2015).

Los elementos afectables y en riesgo por Flujos de lodo, tierra y suelo se muestran en la (Tabla 6.1.6.1.) Se observa que en promedio hay 308 personas en riesgo Muy Alto y 2282 personas se encuentran en Riesgo Alto.

Población en riesgo por flujos		
Alto	Medio	Muy alto
2282	294	308

**Tabla 6.1.6.1.** Población en Riesgo por Flujos de lodos, tierra y suelo (Fuente: IIEG, 2015).

### 6.1.6.1. Implicaciones del Riesgo por Flujos de Lodo, Tierra y Suelo

De acuerdo al recorrido realizado por IIEG, 2015, se observaron sitios que pueden ser puntos susceptibles a desprender materiales y generar Flujos de lodos, tierra y suelos y formar movimientos en masa, así como formación de reflujos de lodos en la temporada de lluvia.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



En pláticas con los vecinos del Piedemonte y protección civil, cada año reportan mayores cantidades de agua y sólidos que descienden de las cuencas de los Guayabos y Chuluapan, los cuales afectan las zonas urbanas inmediatas.

Un factor que incidirá en el futuro a una mayor probabilidad de un flujo masivo es la actividad de extracción de arcilla en el sector sur de la ladera de la Montaña Oriente, así como la continua extracción de pino de las secciones altas de la Montaña.

#### **6.1.6.2. Medidas de Mitigación para el Riesgo por Flujos de Lodo, Tierra y Suelo**

La acción más recomendable para evitar flujos de lodo, tierra y suelo, es consultar y, en el mejor de los casos, contratar los servicios de especialistas en geotecnia.

Todos los métodos correctivos siguen una o más de las siguientes líneas de acción.

- 1) Evitar la zona de movimientos o tendencias a generar flujos de lodo.
- 2) Reducir fuerzas motoras. La reducción de las fuerzas motoras se puede lograr, en general, por dos métodos: remoción de material en la parte apropiada de la falla y sub-drenaje, para disminuir el efecto de empujes hidrostáticos que generen Flujos y el peso de las masas de tierra, que es menor cuando pierden agua.
- 3) Evitar zonas de fallas del suelo y que están ligados a acciones de reubicación de las zonas habitacionales, a la remoción total de los materiales inestables o a la construcción de estructuras que se apoyan en zonas firmes.
- 4) Hay dos zonas donde las viviendas deben ser reubicadas ante la posibilidad de que este fenómeno se presente, derivado del presente estudio: Vista Hermosa – Uxmal al noreste de la cabecera municipal y Rancho de Don Luis Martínez – Pastor de Arriba al sureste de la misma cabecera.
- 5) Aumentar las fuerzas resistentes, mediante la construcción de obras de regulación aguas arriba de las corrientes intermitentes.

#### **6.1.7. Riesgo por Flujos de Avalancha de Detritos y Derrumbes**

Los Riesgos por flujos de avalanchas de detritos constituyen un fenómeno muy común en las laderas de montaña, dando lugar a una rápida transferencia de sedimentos. Además tienen una gran influencia sobre la morfología de los cauces.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



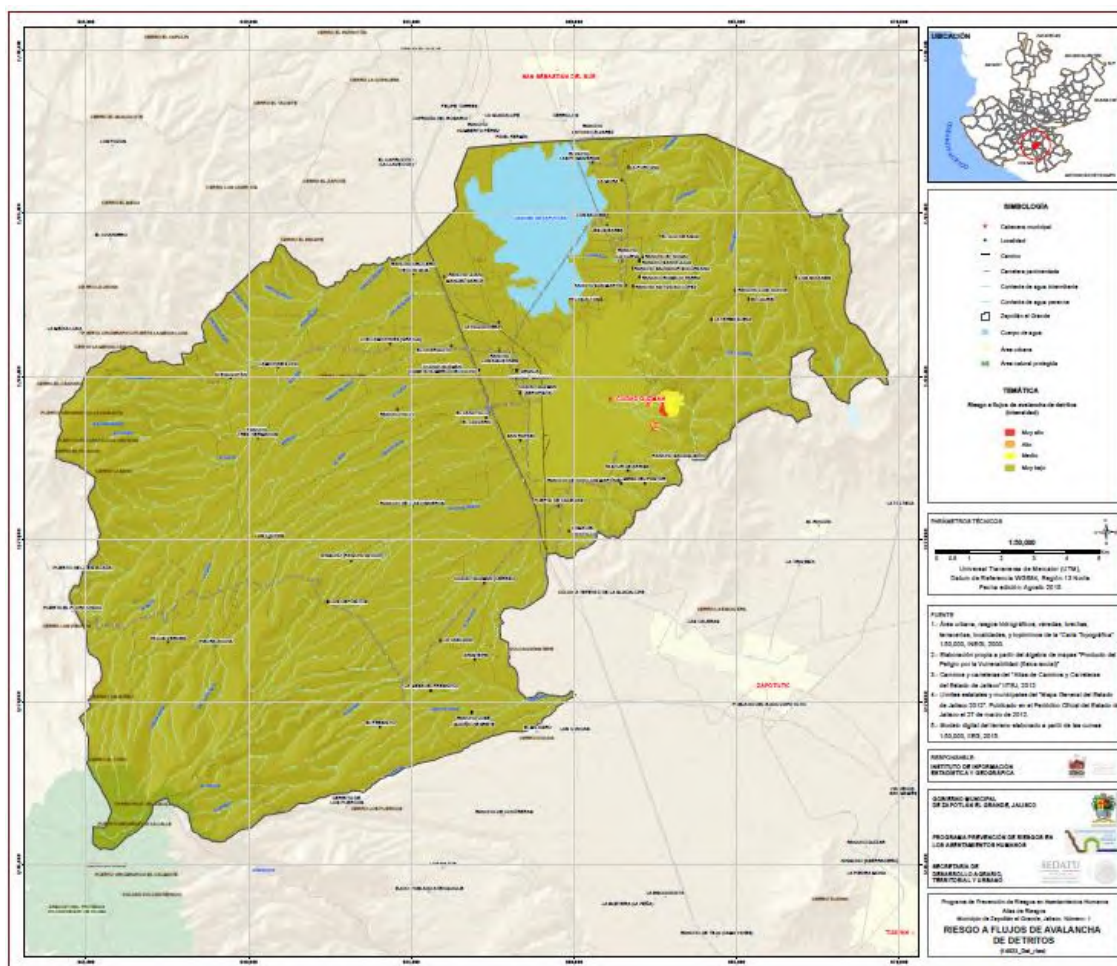
## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Los flujos de avalanchas de detritos, tienen como características principales pendientes muy fuertes y vegetación escasa, lluvias excepcionales que debilitan el terreno.

Los depósitos de flujo de detritos son característicamente de material mal clasificados, incluyendo grandes bloques de diferentes tamaños. Así mismo, son impermeables y no-porosos debido al alto contenido de lodo en la matriz. Este tipo de flujo puede relacionarse como un flujo turbulento de granos en donde no se diferencia una fase líquida o gaseosa, ya que el movimiento se genera a través de la transferencia de momento al colisionar las partículas o bloques que transporta el flujo. Los sedimentos son los que controlan el movimiento y el agua no es tan importante como en los flujos hiperconcentrados. Los flujos no necesariamente son viscosos y son generalmente turbulentos de dos fases: la fase líquida consistente en agua y partículas finas, y la fase propiamente sólida corresponde a bloques y gravas de gran tamaño. Todos estos materiales involucrados en una ladera y con asentamientos humanos implican un Riesgo Medio a Muy Alto.

Por lo tanto los flujos de avalanchas de detritos está relacionada con dos factores importantes: la intensidad de lluvia y la cantidad de sedimentos disponibles para que sean transportados por el agua.

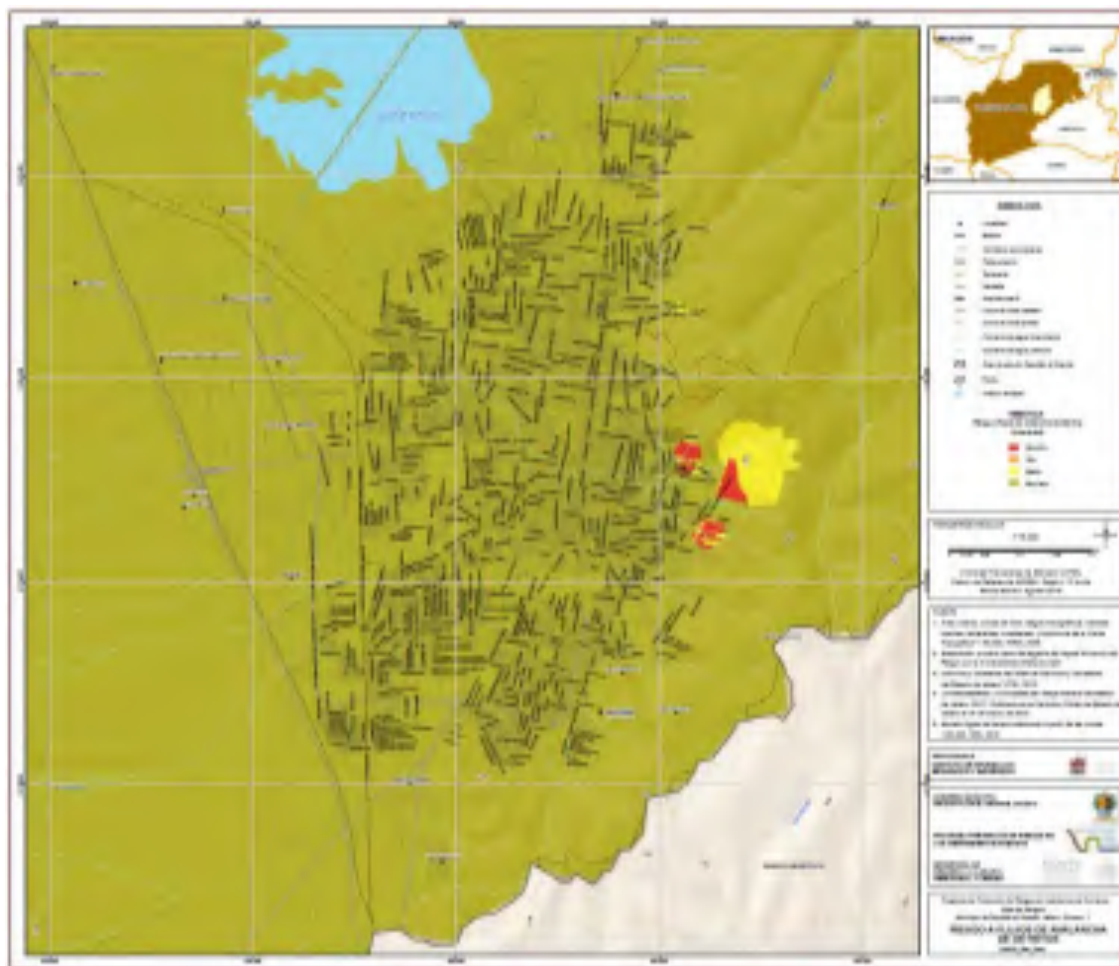
En el Municipio de Zapotlán, aproximadamente el 90 % representa un Riesgo Bajo por flujos de avalanchas, en la zona de la Montaña oriente, con pendientes arriba de los 25 grados (Mapa 6.1.7.1.)



**Mapa 6.1.7.1.** Flujos de avalancha de detritos a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).

El área urbana de Ciudad Guzmán se encuentra en Riesgo de generarse una avalancha de detritos, en la zona oriente de la Montaña como se muestra en el (Mapa 6.1.7.2.).Se observa un Riesgo de Medio a Muy Alto y que puede afectar a la población establecida en las laderas.





**Mapa 6.1.7.2.** Riesgos por Flujos de avalancha de detritos a nivel cabecera municipal (Fuente: IIEG, 2015).

Todas las estructuras que se han identificado como fallas, junto con el cambio dinámico del uso del suelo en la ladera Oeste de la Montaña Oriente, donde se ha perdido una gran superficie de áreas boscosas, que han sido sustituidas por pastizales y áreas agrícolas. Han creado áreas descubiertas, erosionadas, donde los procesos del interperismo actúan de manera notable, acentuándose en las áreas de fracturamiento y debilidad del terreno.

Esto ha creado varios puntos susceptibles a desprenderse materiales y el Riesgo de formar movimientos en masa o inestabilidad de laderas (caída de rocas, deslizamientos y flujos de tierras), así como formación de reflujos de lodos o detritos en la temporada de lluvias.

Las zonas potenciales de riesgo por Flujos de avalancha de detritos, están ubicadas en el área de falla y en donde las tobas tienen intercalados al conglomerado Rojo y a los derrames andesíticos. La alternancia de rocas suaves como son las tobas con rocas duras (conglomerados y andesitas) y las estructuras que las cortan indican que las zonas con un mayor potencial de riesgo son aquellos en donde se ha eliminado está en proceso de





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



eliminación de la Toba que deja sin soporte a los conglomerados y andesitas lo que propicia deslizamientos y desprendimiento de roca (Caídos).

La población afectable por flujos de avalanchas de detritos se muestra en la (Tabla 6.1.7.1.).

Población en riesgo por detritos	
Medio	Muy alto
475	293

**Tabla 6.1.7.1.** Población en Riesgo por Flujos de Avalanchas de detritos (IIEG, 2015).

#### 6.1.7.1. Implicaciones del Riesgo por Flujos de Avalanchas de Detritos y Derrumbes

Los riesgos derrumbes o caída de bloques que forma parte de los Flujos de avalanchas o detritos se dan de forma extensiva a lo largo de una región con predominio de macizos rocosos. La mayor parte de ellos se dan en zonas que no afectan a las actividades y/o construcciones humanas y por ello el riesgo que producen es mínimo, cuando el fenómeno se produce en lugares donde si afectan a las actividades y/o construcciones humanas el riesgo puede ser muy elevado. Una de las construcciones más afectadas suelen ser las infraestructuras viarias, debido a la realización de desmontes que tienden a desestabilizar las laderas naturales. Las medidas de protección a realizar suelen tener un coste elevado y no siempre se dispone de los recursos necesarios para proteger todas las zonas afectadas. Por ello es necesario que se establezcan métodos que permitan optimizar los recursos existentes, actuando primero en los puntos más necesarios.

El Riesgo por Flujos de Avalanchas de detritos en el Municipio de Zapotlán se genera en las laderas de la Montaña, dependiendo del ángulo del talud, el contenido de agua, tipo de material involucrado, y de factores ambientales locales tales como la temperatura del terreno. Los movimientos de la avalancha de detritos pueden ocurrir súbita y catastróficamente. Por ejemplo, la velocidad inicial de los flujos de avalancha puede alcanzar los 30 m/seg en pocos segundos, disminuyendo a varios metros por día. Los movimientos más lentos dan lugar a deslizamientos (de derrubios, o de bloques rocosos), volcamientos, derrumbes (de roca y de suelo), deslizamientos complejos y reptación. Los deslizamientos son considerados comúnmente como una de las amenazas geológicas más predecibles. Tres parámetros particularmente son importantes para el monitoreo de todo tipo de movimientos de masas.

Las grietas del terreno son la manifestación en superficie de una variedad de movimientos de masa. La formación de grietas, y cualquier incremento en su ritmo o tasa de ampliación, es un indicador común de inminentes roturas del talud. La aparición y el incremento de subsidencia o levantamiento del terreno también es un buen indicador de rupturas



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



inminentes.

El área de la rotura del talud es una medida de la extensión del deslizamiento en cualquier región. Los cambios en el tiempo pueden reflejar tanto tensiones ambientales significativas (por ejemplo: deforestación, climas extremos) y proporcionar importantes claves acerca de la degradación de paisajes y ecosistemas.

#### **6.1.7.2. Medidas de Mitigación en Riesgos por Flujos de Avalanchas de Detritos y Derrumbes**

- 1) No cortar los árboles ni destruir la vegetación de la región.
- 2) No excavar las laderas de los cerros en forma de cortes y terrazas sin autorización y sin la revisión de un experto.
- 3) Evitar la zona de movimientos o desplazamiento
- 4) Aumentar las fuerzas resistentes, con reforestación y mallas de contención.
- 5) Estudiar los movimientos previos que se puedan localizar.
- 6) Efectuar los estudios geotécnicos de exploración, muestreo, pruebas de laboratorio (para determinar las características de resistencia, deformabilidad y permeabilidad de los materiales térreos).
- 7) Efectuar los análisis de estabilidad necesarios, para evitar derrumbes.
- 8) Efectuar los análisis de estabilidad necesarios, para evitar derrumbes, previo al uso de suelo.
- 9) Vigilar en especial el comportamiento de la zona del parque “Las Peñas”, donde se tienen grandes fragmentos de rocas susceptibles de “caer”, en caso de sismo.
- 10) Llevar a cabo un estudio a detalle incluso ante las consecuencias en esta zona en caso de presentarse un movimiento telúrico de gran intensidad.
- 11) Reacondicionar el canal, así como el vertedor sobre el río, todo esto al final del parque mencionado.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



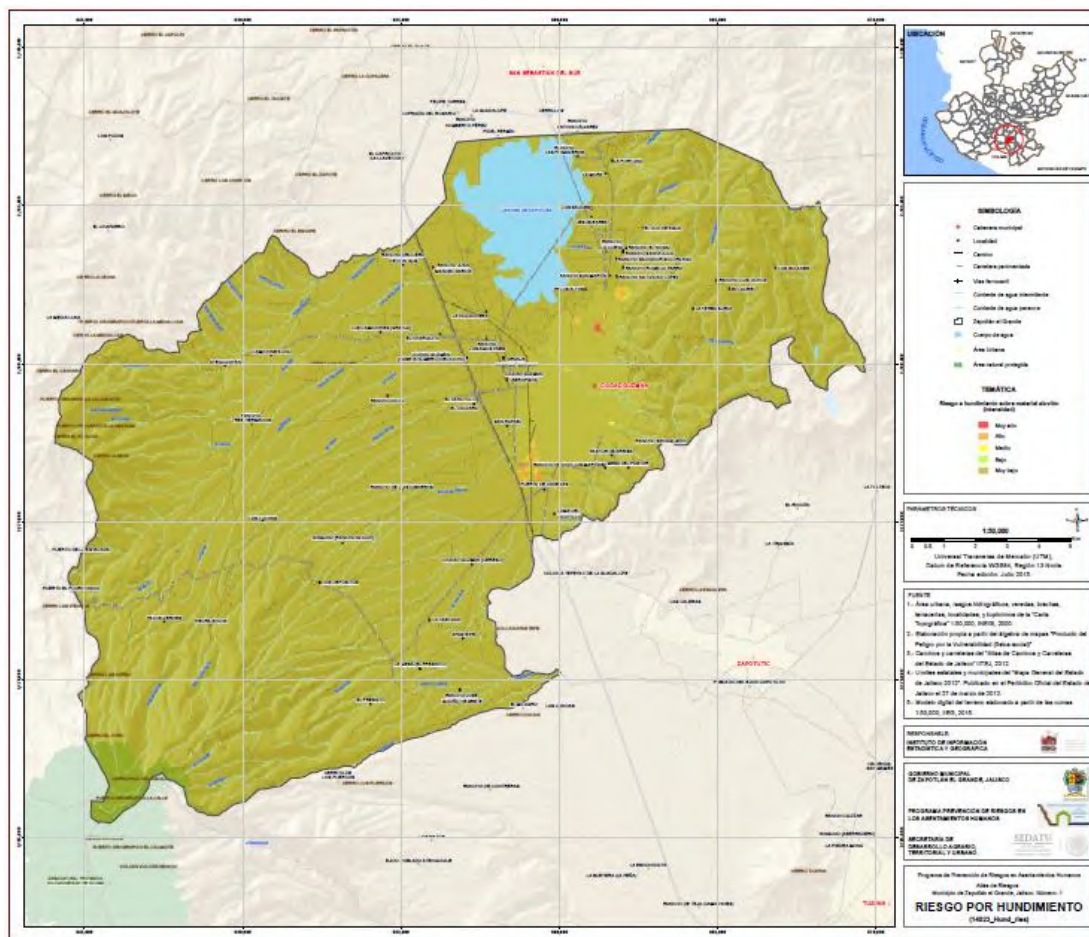
### **6.1.8. Riesgo por Hundimientos**

En la zona urbana de Ciudad Guzmán el riesgo por hundimientos, se debe a que el material en donde está asentada es susceptible de erosionarse en forma acelerada, sobre todo si existen fugas en el sistema de agua y alcantarillado.

También debido a las condiciones inestables de este suelo, es posible que durante un fenómeno sísmico, combinado con una saturación de agua, el suelo sea poco compacto (fenómeno de licuefacción) y las construcciones que se encuentran en su superficie se hundan. Otra razón es que existen pozos que se encuentran a menos de 500 m unos de otros, lo que influye en el abatimiento y posterior hundimiento del terreno.

Este riesgo es medianamente probables, debido a que pueden ocurrir una vez por cada 10 a 100 años, se pueden presentar en cualquier parte de la ciudad, pero por la presencia de los factores antes mencionados, es más probable que parte de la zona Noreste sea la más afectada, El nivel de consecuencias que produzcan los hundimientos será alto, debido a que los daños pueden ser considerables pero no afecta la totalidad de las funciones de la sociedad. Producen contaminación ligera en el ambiente, por el transporte de sedimentos desde las partes altas, sus efectos son localizados. No se advierten hasta que sus efectos están totalmente manifiestos Para el Municipio de Zapotlán el Grande los hundimientos no se manifiestan a lo largo de este, solamente en la zona urbana afectada por Fallas y Fracturas (Mapa 6.1.8.1.)

Los hundimientos afectan a las personas y construcciones que se encuentran asentadas sobre cauces de arroyo, fallas o fracturas o zonas que presenten material no compactado, situación con problemas graves cuando ocurren precipitaciones fuertes. En la zona de estudio se ha construido sin respetar los cauces de arroyos, con obras civiles que no han conducido eficientemente el agua o han servido de barreras a las corrientes naturales, lo cual puede dar lugar a un incremento en forma puntual de la saturación de agua en el subsuelo de donde se ha construido y producir una erosión acelerada del suelo y subsuelo (fenómeno de tubificación), como ocurrió en las cercanías de las instalaciones del Hospital y protección civil de Ciudad Guzmán.

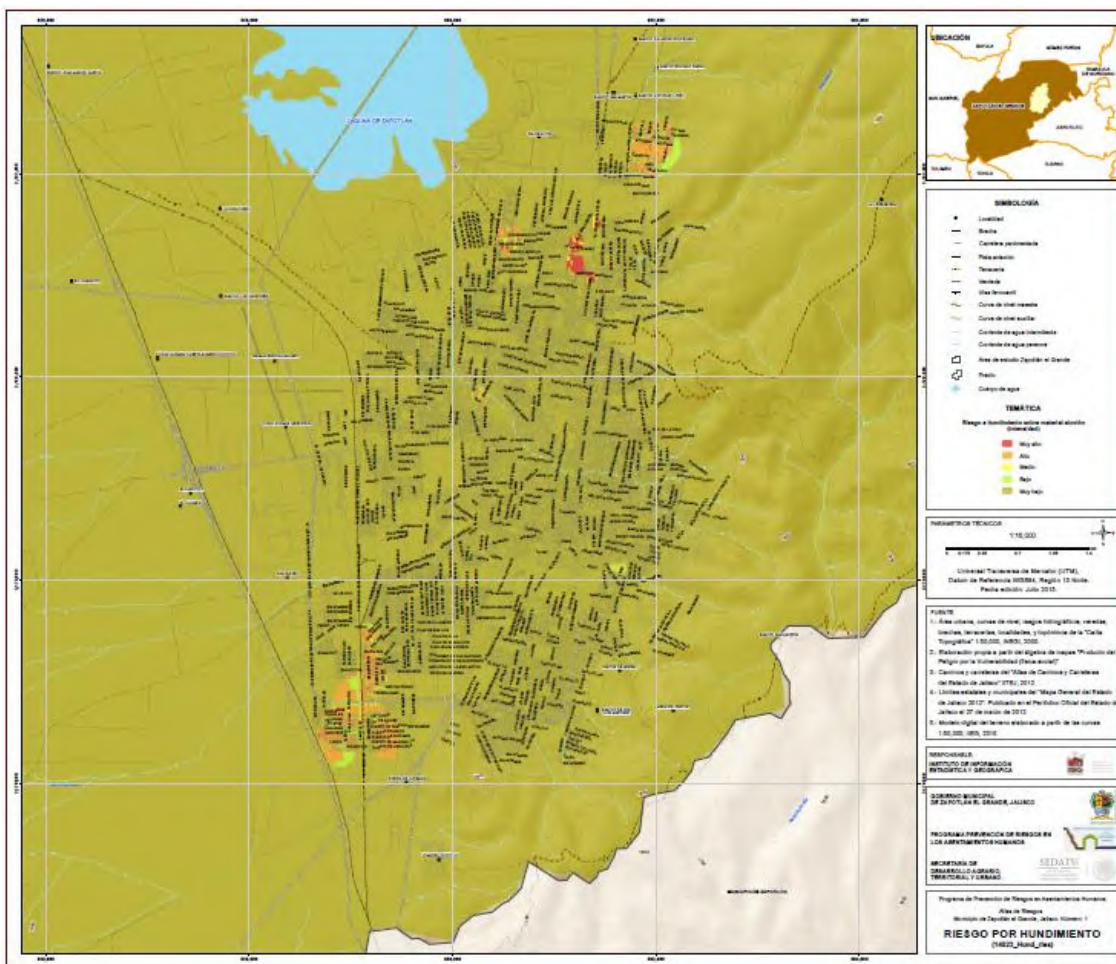


**Mapa 6.1.8.1.** Mapa de riesgos por hundimientos en el Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: IIEG, 2015).

En Ciudad Guzmán, el deterioro de mantos freáticos se da principalmente por abatimiento, el cual se debe a que en esta ciudad existe una densidad considerable de pozos que han formado un cono de abatimiento grande. En la parte central de la cuenca hay manantiales y pozos que corren el riesgo de secarse, debido a la deforestación y demás actividades que se están realizando en la parte alta de la Sierra del Tigre. Esto provocaría que la población dejara de contar con reservas de agua para abastecerse, generándose descompresión de los mantos acuíferos y por lo tanto la posibilidad de generarse hundimientos.

Los hundimientos localizados en Ciudad Guzmán al Norte y sur de la ciudad, se calculó el riesgo desde Medio hasta Muy Alto (Mapa 6.1.8.2.).





**Mapa 6.1.8.2.** Mapa de riesgos por hundimientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

El nivel de consecuencias que produzcan los hundimientos será alto, debido a que los daños pueden ser considerables pero no afecta la totalidad de las funciones de la población, sus efectos son localizados. No se advierten hasta que sus efectos están totalmente manifiestos.

### 6.1.8.1. Implicaciones ante el Riesgo por Hundimientos

El riesgo de hundimientos o subsidencia del terreno es un fenómeno consistente en la superficie terrestre cuyo origen puede deberse a diversas causas generando cuantiosos daños en aquellas infraestructuras que se asientan sobre ella.

El escalonamiento en roca generado por el hundimiento regional posiblemente se debe fundamentalmente al desplazamiento constante de la traza de falla geológica. De hecho, el





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



**SEDATU**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



valle de Ciudad Guzmán (Zapotlán) es una fosa tectónica o graben alargado en dirección NNE. Un graben es una estructura geológica delimitada por un par de fallas o sistemas de fallas normales, que por esfuerzos de tensión en la corteza se produce el hundimiento de un bloque rocoso. Los trazos de las fallas geológicas y del escalonamiento del terreno son aproximadamente paralela.

El sismo de 1985 produjo un escalonamiento a lo largo de un trazo que coincide con el escalonamiento de septiembre del 2012. En 1985 los hundimientos alcanzaron desniveles cerca de un metro, mientras que en 2012 no alcanzaron los 10 cm. Posiblemente el escalonamiento de 1985 estuvo asociado al fenómeno de licuación del suelo y a eso se debió su amplitud de onda generada. El recorrido realizado por el IIEG en el 2015, observó desplazamientos hasta de 1 m. en algunos sitios.

En 1985 se observó en la calle Vicente Guerrero escalonamiento cercano a 80 cm, pero en la actualidad es evidente que ha seguido hundiéndose la zona oeste más que la este. Así, el proceso de consolidación sigue en marcha.

Posiblemente el hundimiento súbito de septiembre del 2012 estuvo asociado por un lado a las grietas de tensión producidas por los asentamientos diferenciales antes explicados, asociados a infiltración de agua del arroyo que corre paralelo a la calle Vicente Guerrero, a unos 80 m al suroeste. El infiltrarse agua del cauce del arroyo pudo haber corrido hacia el sur, reblandeció el suelo y produjo los asentamientos.

Todo parece indicar que la consolidación del suelo, y consecuente escalonamiento, es un proceso que continuará paulatinamente y que se pudiera incrementar notablemente ante un sismo intenso, y generarse el fenómeno de licuación de suelos.

#### **6.1.8.2. Infraestructura en Riesgo por Hundimiento**

Entre las estructuras que se encuentran en riesgo por hundimiento se encuentran en un promedio de 501, entre escuelas, postes eléctricos e instalaciones deportivas, con un riesgo Medio hasta Muy Alto, como se muestra en la (Tabla 6.1.8.2.1.)

<b>ALTO</b>	<b>280</b>
Escuela	1
Instalación deportiva o recreativa	2
Postes eléctricos	276
Pozo	1
<b>MEDIO</b>	<b>134</b>
Comandancia regional de ciudad guzmán unidad estatal de protección civil	1
Escuela	1
Postes eléctricos	132



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



MUY ALTO	87
Instalación deportiva o recreativa	2
Postes eléctricos	80
Pozo	1
Tanque de agua	4
<b>Total general</b>	<b>501</b>

**Tabla 6.1.8.2.1.** Elementos afectables en riesgos por hundimientos (Fuente: IIEG, 2015).

### 6.1.8.3. Medidas Mitigación ante Riesgos por Hundimientos o Subsistencia

- 1) Se recomienda evitar se tiren residuos, principalmente sólidos dentro del cauce de arroyos y detener los arrastres de sedimentos de las partes altas hacia las zonas bajas con el fin de evitar que funcionen como represa y se infiltren, provocando tubificación en el subsuelo.
- 2) Realizar estudios geofísicos y sondeos directos geotécnicos, así como monitoreo topográfico. Antes de realizar cualquier tipo de construcción, en zona de hundimientos o subsidencia.
- 3) Revisar periódicamente posibles fugas en líneas de agua y drenaje a lo largo de la traza de falla para que no haya infiltraciones en la misma y el suelo presente reblandecimiento para que se generen hundimientos.
- 4) Revisar periódicamente los desplazamientos generados por la falla, por medio de testigos, para observar comportamiento de desniveles en zona de hundimientos.
- 5) Se recomienda corroborar la causa de los hundimientos o subsidencia mediante estudios a detalle, como son: geohidrológicos, hidrológicos, geotécnicos y geofísicos. Para conocer si el fenómeno geológico es debido a extracción de agua, por tectónica o ambos.

### 6.1.9. Riesgo por Erosión Hídrica

Los riesgos causados por fenómenos geológicos constituyen un factor muy importante, los cuales son definidos como la pérdida de vidas humanas, económicas o de infraestructura urbana como consecuencia de procesos perturbadores de origen natural; entre ellos se consideran los fenómenos erosivos (CENAPRED, 2005).

La erosión hídrica ocurre en la última etapa de la degradación del suelo, en el caso del municipio de Zapotlán es producto principalmente de causas como pérdida de la cobertura forestal, dicho fenómeno se acentúa con los largos períodos de sequía; de acuerdo a



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



Sandoval F. 2012 estas condiciones conducen a la pérdida de la seguridad alimentaria y productiva, por lo que genera una problemática a la población.

A través del inventario de la infraestructura urbana municipal (IIEG, 2015) se representa un elemento mediante el cual se permite evaluar los daños ocasionados a la población, las características como uso, calidad estructural y ubicación son consideradas a fin de realizar un análisis preciso y detallado del fenómeno perturbador. Para la evaluación de las zonas de riesgo identificadas en Zapotlán es necesario incluir factores para determinar la intensidad y magnitud de zonas afectables, es con la multiplicación de vulnerabilidad física, social y el factor peligro de cada zona que se realiza el análisis de riesgos.

Particularmente la zona urbana del valle de Ciudad Guzmán resulta altamente propensa al riesgo a causa principalmente de los procesos de sedimentación y acumulación de geomateriales, al igual zonas ubicadas sobre laderas con pendiente fuerte y zonas cercanas a líneas de drenaje (arroyos) la cual el riesgo es producto del desbordamiento de cauces.

De acuerdo con la intensidad de riesgo de cada zona se mencionan medidas preventivas y correctivas, que permiten realizar acciones a nivel local para prevenir y revertir dicho proceso, también se sugieren alternativas de mitigación a través de obras mecánicas y prácticas vegetativas para evitar la degradación de suelos y sus consecuencias.

El análisis de riesgo por fenómenos erosivos representa un instrumento mediante el cual se genera información que permita atender la problemática del municipio, dentro de este apartado se describen acciones y obras encaminadas a reducir la intensidad así como la prevención de desastres.

#### **6.1.9.1. Intensidad del Riesgo**

Al integrar el modelo de análisis de riesgo con las variables de Peligro \* Vulnerabilidad física \* Vulnerabilidad social, se observa que aproximadamente el 9 % de la superficie del municipio de Zapotlán se ubica con riesgo alto y el 32 % se clasifica con intensidad media de riesgo.

Cómo se analiza el riesgo

$$R = (P) * (V_f) * (V_s)$$

Dónde:

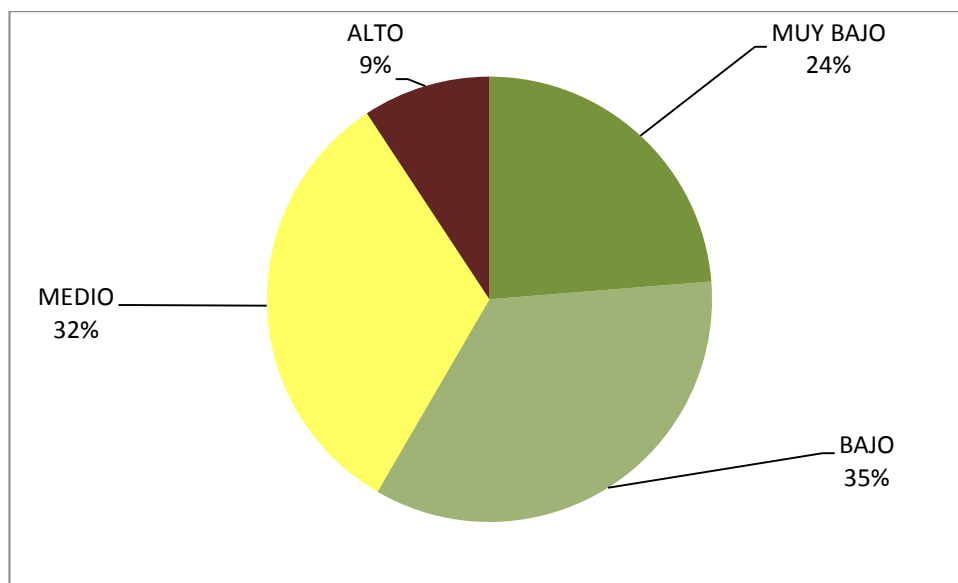
R= Indicador del riesgo

P= Intensidad del peligro

V<sub>f</sub>= Es el resultado de (Parámetros físicos y biológicos)

V<sub>s</sub>= Es el resultado de la capacidad de respuesta (constante)

La determinación de las áreas propensas al riesgo por erosión hídrica, ha sido un proceso de análisis mediante el cual se consideran condiciones físico-biológicas de territorio expuestas ante bienes afectables de la población. (Gráfica 6.1.9.1.1.).



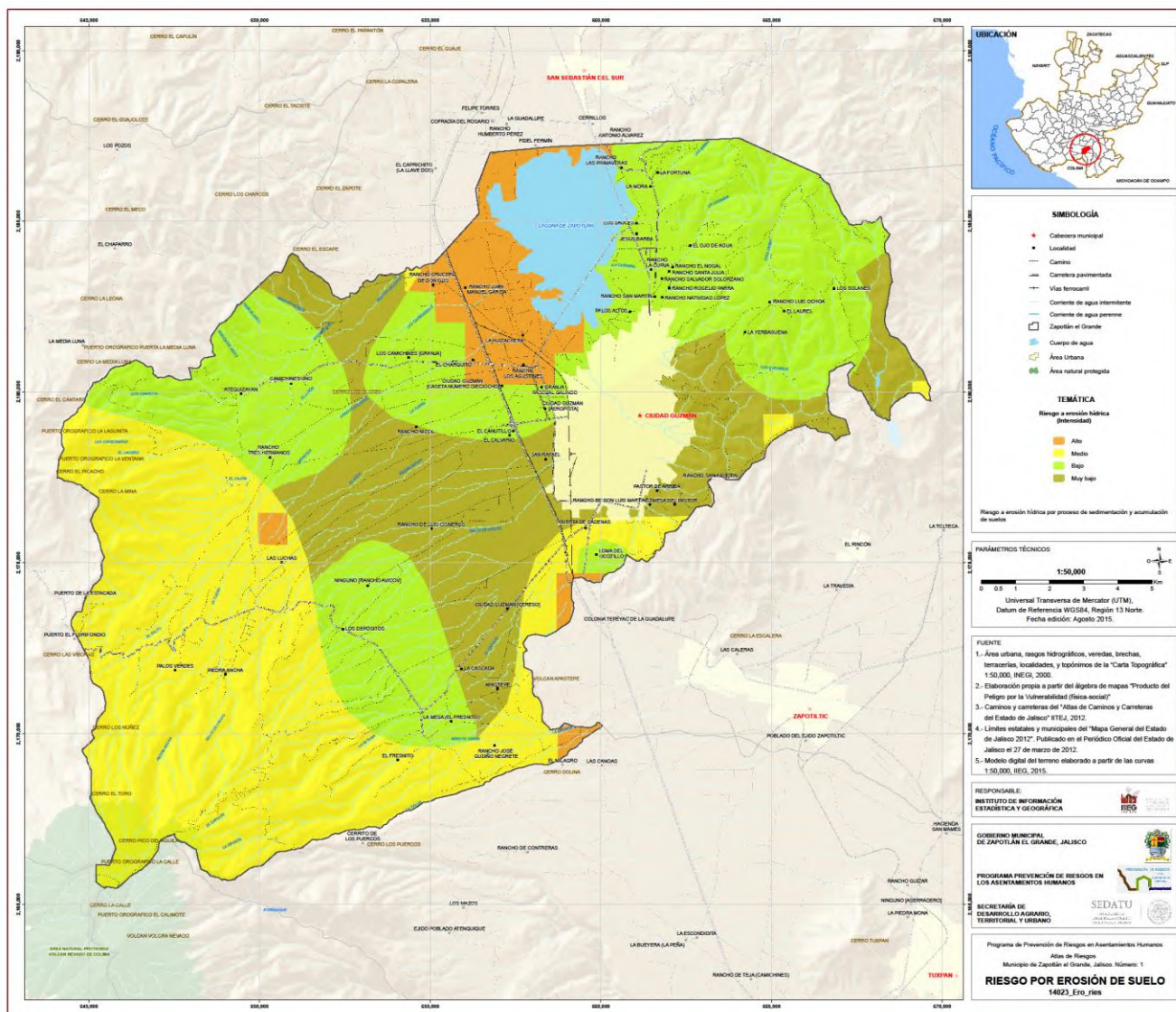
**Gráfica 6.1.9.1.1.** Porcentaje de las intensidades de riesgo por erosión hídrica municipal. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015)

La estimación del nivel de afectación y sus causas sobre la degradación de suelos son evaluadas a través del estudio municipal, el cual considera la siguiente escala:

1. Alto) En este nivel considera aquellas áreas en las que se produce un daño directo, provocando un desastre sobre la salud de la población, al ambiente o a la propiedad (bienes estructurales), en el cual su impacto afecta la sociedad y causa interrupciones simultáneas en las actividades cotidianas.
2. Medio) Considera pérdidas o daños sobre poblaciones o bienes afectables cuando son de manera directa, pero su impacto no representan un nivel de atención inmediato, se contemplan daños a largo plazo por acumulación o transporte, no representa un paro para la ocurrencia de actividades cotidianas.
3. Bajo). Este nivel agrupa los riesgos generados, que pueden ser perceptibles por la población su nivel de impacto puede ser mitigado, a través de obras preventivas, no producen ningún tipo de consecuencias que puedan afectar las actividades de la zona.

4. Muy Bajo). Se representan los riesgos por erosión hídrica, en áreas donde su nivel de impacto mínimo a la población y puede ser mitigado sin alterar las actividades productivas, no producen ningún tipo de consecuencias medibles.

La interpretación sobre las intensidades de fenómeno requiere del conocimiento de condiciones y procesos presentes de cada zona, es necesario asignar un valor para la estructura urbana de acuerdo a las características de esta, como resultado se generó un mapa de riesgo por Erosión hídrica a nivel municipal (Mapa 6.1.9.1.1.) donde se identifican zonas con diferentes intensidades del fenómeno.



**Mapa 6.1.9.1.1. Riesgo a erosión hídrica por proceso de sedimentación y acumulación. (Fuente: IIEG, 2015).**





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



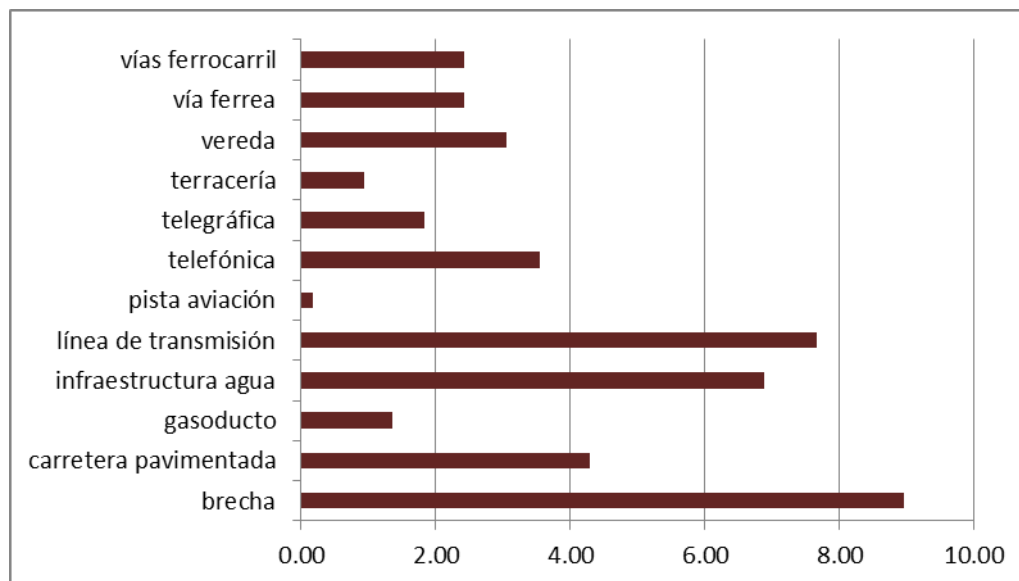
## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

La zona que pertenece al Valle de Ciudad Guzmán se considera con intensidad alta de riesgo a erosión, en esta zona se albergan localidades como “Rancho Cruzero de Don Gus”, “Rancho Juan Manuel García” y “Rancho Los Agustines” donde se registra una población entre 1 y 4 habitantes, la localidad “La Huizachera” registra una población entre 5 y 17 personas que particularmente resulta con el mayor número de habitantes susceptibles a la intensidad del riesgo, respecto a la infraestructura presente se consideran las carreteras pavimentadas que conectan la cabecera municipal de Ciudad Guzmán con localidades cercanas al municipio de San Sebastián del Sur, los caminos de tipo terracería que conectan la Laguna y partes altas de la localidad de “Atequizayán”, las vías de ferrocarril que atraviesan la zona de Norte a Sur.

La importancia de incluir un inventario con la infraestructura presente en la zona de afectación, es poder evaluar la susceptibilidad de un bien ante el fenómeno perturbador, en la (Tabla 6.1.9.1.1.) se muestra un listado con la estructura considerada con intensidad alta de riesgo por erosión hídrica.

Estructura	Longitud (Km)
Brecha	26.66
Carretera pavimentada	12.78
Gasoducto	4.02
Infraestructura agua	20.50
Línea de transmisión	22.81
Pista aviación	0.50
Telefónica	10.56
Telegráfica	5.46
Terracería	2.79
Vereda	9.07
Vía férrea	7.19
Vías ferrocarril	7.19

**Tabla 6.1.9.1.1.** Longitud de la infraestructura urbana considerada con alto de riesgo por erosión hídrica. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).



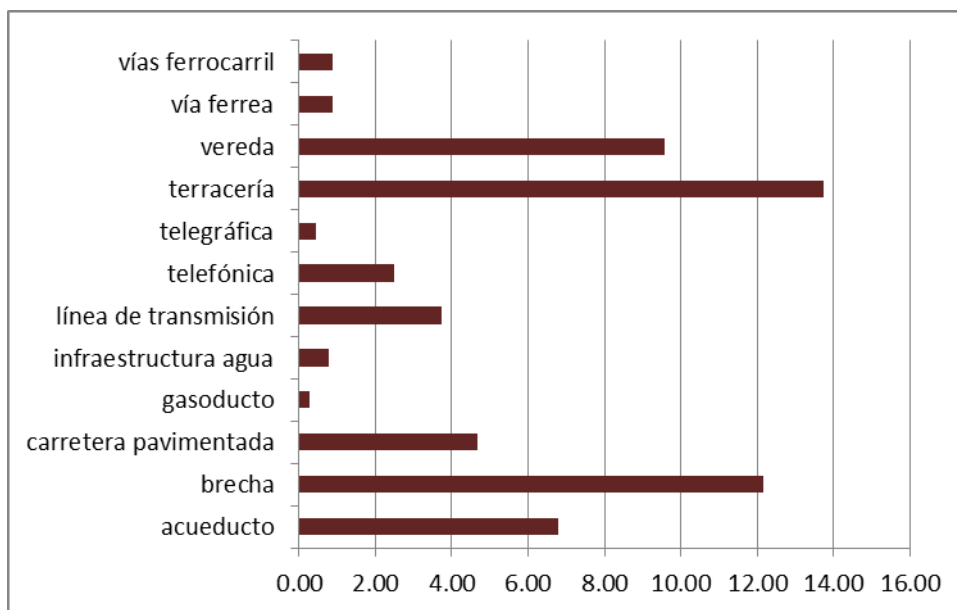
**Gráfica 6.1.9.1.2.** Porcentaje de infraestructura con intensidad alta de riesgo por erosión hídrica del municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

La intensidad de riesgo media corresponde a las zonas del Volcán y sus estratos la cual representa cerca del 32% del territorio, se caracteriza por terrenos con fuertes pendientes sobre suelos de origen volcano-sedimentario de texturas media y gruesa estas condiciones físicas facilitan la infiltración superficial. De acuerdo con el mapa de riesgo las localidades como: “El Fresno” y “Rancho José Gudiño Negrete” los factores potenciales de riesgo son causados por el arrastre de material en combinación con la cercanía a líneas de drenaje; también puede presentarse el desbordamiento del cauce con la presencia de una lluvia extraordinaria. Con respecto localidades como: “Piedra Ancha” el factor de riesgo es producto de los sedimentos y acumulación de geomateriales, en la localidad de “Palos Verdes” se identifica un riesgo potencial debido al arrastre, resulta el mismo factor para la localidad de “Las Luchas”, cabe mencionar que elevaciones topográficas como cerro “La Mina” y “El Picacho” así como los puertos orográficos “La ventana y la lagunilla” no albergan infraestructura susceptible de daño por el proceso erosivo.

Estructura	Longitud (Km)
Acueducto	20.27
Brecha	36.22
Carretera pavimentada	13.92
Gasoducto	0.85
Infraestructura agua	2.35
Línea de transmisión	11.15
Telefónica	7.45
Telegráfica	1.36
Terracería	40.89
Vereda	28.56

Estructura	Longitud (Km)
Vía férrea	2.66
Vías ferrocarril	2.66

**Tabla 6.1.9.1.2.** Longitud de la infraestructura urbana considerada con medio de riesgo por erosión hídrica. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).



**Gráfica 6.1.9.1.3.** Porcentaje de infraestructura con intensidad media de riesgo por erosión hídrica del municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

La intensidad de riesgo que corresponde a la montaña oriente se identificó como baja, los suelos son producto de intensos procesos erosivos que han generado depósitos aluviales en el terreno, de acuerdo a la identificación de la zona localidades como: “Los Solanes”, “Luis Ochoa”, “El Laurel”, “La Yerbabuena” no se establece infraestructura susceptible al daño por procesos erosivos, respecto la porción de Pie de Monte del área donde se albergan localidades como: “El Nogal”, “Santa Julia”, “Salvador Solórzano”, “Rogelio Parra” y “San Martín” se localizan dos carreteras que conectan los municipio de Acatlán de Juárez y la cabecera municipal de Ciudad Guzmán.

### 6.1.9.2. Obras de Mitigación de Riesgos por procesos erosivos

Los actores involucrados en el territorio que comprenden las zonas propensas al riesgo deberán iniciar las actividades necesarias con el fin de establecer una planificación para la atención y manejo del problema. El H. Ayuntamiento constitucional de Zapotlán en conjunto con la población, actuarán de acuerdo a la intensidad del riesgo identificada en cada zona, las obras de mitigación incluyen acciones para corregir y prevenir los daños causados por los



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



**SEDATU**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

procesos erosivos, a fin de lograr la disminución de la intensidad en las zonas de riesgo se sugiere :

- ✓ Que el H. Ayuntamiento municipal evite la deforestación en las partes altas de la cuenca, con objeto de mantener o incrementar la infiltración así como disminuir los escurrimientos superficiales.
- ✓ En cuanto a los dueños o usufructuarios de áreas propensas al riesgo, será indispensable el trabajo en conjunto para la gestión de recursos para la prevención (capacitación), protección y restauración de zonas vulnerables.
- ✓ Evitar las acciones que modifiquen los caudales de arroyos principalmente cercanos a zonas urbanas y localidades, lo cual aumenta el riesgo de pérdidas humanas.
- ✓ Incrementar la rugosidad del terreno, mediante la propagación y establecimiento de especies que favorezca la retención del suelo, especialmente en zonas desprovistas de cobertura vegetal.
- ✓ Realizar programas de mejores prácticas agrícolas, a fin de reducir la contaminación degradación de suelos agrícolas.
- ✓ La limpieza de cauces, especialmente en la parte alta de la cuenca que evitara el daño a infraestructura hidráulica y azolve de partes bajas.

### **6.1.9.2. a Recomendaciones para Erosión Laminar**

El riesgo que representan las áreas afectadas con erosión tipo laminar, se localizan generalmente sobre terrenos agrícolas para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

- El establecimiento de terrazas u obras que beneficien a la retención del material.
- Disminuir el grado pendiente presente en laderas de terrenos con uso agrícola.
- Establecer prácticas de uso y manejo del suelo, a través de establecimiento de sistemas agroforestales en las partes altas de las cuencas



**Fotografía 6.1.9.2.1.** Terrazas o bancales semicirculares. (Fuente: <http://eias.utralca.cl/obras.html>).

Estas obras para conservar y evitar la pérdida de suelo para controlar permiten ser complementadas mediante el establecimiento de árboles y arbustos que ayudan a la retención del recurso; cabe resaltar que la prioridad es el establecimiento de especies nativas de fácil propagación.

- ✓ Para los terrenos agrícolas, localizados sobre laderas mayores al 10%, se recomienda la preparación de terrenos se realicen a curvas a nivel o perpendiculares a las pendientes así como establecimiento de cultivos.



**Fotografía 6.1.9.2.2.** Cultivo de maíz a curvas a nivel con el surcado perpendicular a la pendiente. (Fuente: <https://agencia3.wordpress.com> )



### 6.1.9.2. b Recomendaciones para Erosión Vertical

Las obras diseñadas para el control del fenómeno, representan una alternativa viable para atenuar los embates del escurrimiento superficial, cabe señalar que en base a las condiciones del área afectada y aspectos de accesibilidad-disponibilidad se determina el tipo de obra establecer.

Uno de los principales objetivos de las obras para el control y mitigación de riesgos en suelos afectados por erosión vertical en el municipio de Zapotlán, será la construcción de obras que eviten el crecimiento de las cárcavas y disminuyan el asolve producido por la acumulación y sedimentación de geomateriales, de localidades ubicadas sobre las partes bajas de la cuenca.

Para establecer obras de conservación de suelo, principalmente sobre áreas con fuerte grado de pendiente y la carga hidráulica es mayor, las presas de piedra acomodada representan una alternativa viable. (Fotografía 6.1.9.2.3.).

#### Presa de malla de alambre electriosoldada



**Fotografía 6.1.9.2.3.** Presa de malla de alambre electriosoldada. (Fuente: <http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&id=88>).

El costo promedio es variable dependiendo principalmente de los insumos y mano de obra se considera: un metro cúbico de presa de malla de alambre requiere de 9.40 jornales, que corresponden a \$425.00, así como los siguientes materiales: malla ciclónica (\$135.00) y alambre (\$4.00). De esta manera, el costo total por metro cúbico de presa de \$564.00.

Para estimar el costo, se ha considerado una presa de 5 metros de ancho x 0.80 metros de grosor x 2 metros de altura (CONAFOR, 2010).

### **Presas de morillos**

Para la afectación de áreas con peligro bajo y muy bajo, se recomienda la construcción de presas de morillos, especialmente para cárcavas con pequeñas dimensiones en las que aún sea posible detener su crecimiento con prácticas sencillas y de bajo costo.

Previamente se realizan acciones de estabilización de taludes y del fondo de la cárcava, el beneficio para su construcción debe proceder de residuos de incendios, podas o material vegetal muerto y no de la tala de árboles como (morillos, troncos o postes). Para incrementar el desempeño se sugieren acciones como cabeceo de cárcavas, reforestación, zanjeras derivadoras de escorrentía y terrazas, entre otras. (Fotografía 6.1.9.2.4.).



**Fotografía 6.1.9.2.4.** Presa de morillos. (Fuente: <http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&id=88>).

El costo promedio, dependerá de los materiales ya existían en los predios: subproductos de aprovechamientos forestales, incendios forestales, podas y residuos de material muerto. Las presas que se consideraron para obtener el costo tienen las siguientes dimensiones: 2 metros de largo y 1m de altura. El costo por pieza es de \$114 y serán espaciadas cada 10 metros. Es decir, en una hectárea se colocarán diez presas, equivalentes a \$1,140.00 (CONAFOR, 2010).

#### **6.1.9.2. c Recomendaciones para Erosión Potencial**

La importancia de reforestar áreas propensas a la pérdida del suelo influye principalmente en la disminución de superficies susceptibles a agentes de interperismo, espacialmente partes altas de la cuenca donde se generan mayores problemas erosivos causados por los escurrimientos superficiales. Los programas de reforestación, con el fin de recuperar las funciones biológicas y ecológicas del ecosistema; no han arrojado buenos resultados, siendo una de las principales consecuencias la desinformación sobre la biología de especies nativas y su forma de propagación. El conocimiento de especies vegetales con el objetivo de restaurar los ecosistemas aunados a las características físico-biológicas del área; siendo lo anterior determinante para conseguir el éxito en la restauración de suelos degradados.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

La sobrevivencia de los individuos establecidos en campo, dependerá en gran medida de la calidad de planta así como de las condiciones sanitarias y la procedencia del germoplasma (Dr. Miguel A. Capo 2005).

Las sugerencias y recomendaciones respecto a las áreas de erosión potencial, contempla acciones de prevención en la que se incluyen las áreas que representan un riesgo potencial debido al deslizamiento de los geomateriales y su consecuencia por proceso de sedimentación y acumulación, áreas identificadas con algún grado de intensidad durante la etapa de peligro.

Es importante señalar que la selección de especies deriva en función del análisis realizado a la vegetación en el presente estudio, asociado a otras características, ecológicas, culturales y operativas como son:

- ✓ Especies nativas de la región lo que favorecerá su rápido crecimiento, desarrollo y adaptación a las condiciones climáticas.
- ✓ Por tener diversos usos, como restauración y protección, medicinal, ornamental.
- ✓ Por la facilidad de reproducción en vivero o a través de propagación vegetativa y disposición de germoplasma.
- ✓ Son más resistentes al ataque de plagas y enfermedades.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



**SEDATU**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## 6.2. Hidrometeorológico

### Resumen Ejecutivo

#### Ciclones tropicales

El análisis histórico y actual de los peligros hidrometeorológicos a los que por su localización geográfica está expuesto el municipio de Zapotlán el Grande, por un lado, y el análisis de sus índices de vulnerabilidad social y física, por el otro, permiten una visión amplia y detallada de los riesgos que en la materia enfrenta la población, la infraestructura, el medio ambiente y los recursos con que cuenta el municipio.

Debido a que el riesgo asociado a ciclones en los municipios alejados de la costa, es a causa principalmente de inundaciones y movimientos en masa como deslizamientos y aludes, se planteó una reclasificación de la peligrosidad de un ciclón por la altura de precipitación provocada:

	Categoría	Pmm
<b>A</b>	Lluvia escasa	5 a 20
<b>B</b>	Lluvia normal	20 a 70
<b>C</b>	Lluvia intensa	70 a 150
<b>D</b>	Lluvia extrema	>150

**Tabla 6.2.1.** Peligrosidad de un ciclón por la altura de precipitación provocada

Aun cuando el eje de la trayectoria de los huracanes no ha incidido directamente sobre el territorio del municipio, sus efectos, que pueden abarcar cientos de km a los lados de su eje, si se han sentido en el municipio, como lo indica la siguiente tabla:

Fecha	Nombre	Categoría	Pmm	Riesgo
Oct-1945	SR	I	S.R.	S.R.
Jun-1971	Bridget	II	33.55	Medio
May-1974	Aletta	Tor.Trop.	73.5	Alto
Jul-1976	Eleonor	Tor. Trop.	40	Medio
Oct-1992	Virgil	IV	41.3	Medio
Oct-1992	Winnifred	III	105.5	Alto
Jun-1996	Boris	I	40	Medio
Oc-1997	Pauline	IV	53	Medio
Sep-2002	Julio	Tor. Trop	38.2	Medio
Oct-2003	Olaf	I	59.3	Medio
Jul-2005	Dora	Tor. Trop	26	Medio
Oct-2006	Norman	Tor. trop	70	Medio
Oct-2011	Jova	III	91	Alto
Sep-2013	Manuel	Tor. Trop	128.2	Alto

**Tabla 6.2.2.** Huracanes con incidencia en el Municipio de Zapotlán el Grande



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



Los daños ocasionados por la precipitación generado por estos eventos en Zapotlán el Grande se encuentran descritos en el capítulo correspondiente.

## Ondas Tropicales

Las ondas tropicales no representan un riesgo en sí mismas para el municipio, a menos que evolucionen a tormentas tropicales o ciclones. Se menciona en el capítulo correspondiente que las ondas tropicales juegan un papel importante en el régimen de lluvias y en consecuencia influyen en el riesgo por sequía. Ambos temas (ciclones y sequía) y los riesgos asociados son analizados en capítulos aparte.

## Masas de aire (heladas, nevadas y tormentas eléctricas)

El riesgo por masas de aire considera heladas, nevadas y tormentas eléctricas. El análisis realizado se enfocó principalmente a los riesgos a la agricultura más que la salud de la población, ya que ésta se concentra principalmente en la zona urbana a 1500 msnm y no se trata de un municipio con alta marginación social. En el tema de agricultura se determinó que la probabilidad de que ocurra una helada con 0 °C es del 20% en cualquier año. Mientras que la certidumbre de que la temperatura no caerá por debajo de los 0 °C para diferentes períodos de retorno es:

Tr, años	Certidumbre de cero heladas, %
5	31.97
10	10.22
15	3.27
20	1.05
25	0.33
30	0.11

Tabla 6.2.3 Certidumbre de cero heladas menores a 0 °C.

La superficie total con riesgo muy alto y alto a heladas es de 5244 hectáreas, los cultivos que se verían más afectados son aguacate y maíz, se localizan en todas las altitudes a lo largo de la superficie territorial del municipio.

En el tema de nevadas el riesgo alto se presenta en la zona del Nevado de Colima localizada por encima de los 2000 msnm, aunque las zonas en las que regularmente (en el invierno) nieva se localizan por encima de los 3000 msnm. La población expuesta son principalmente excursionistas, no localizándose comunidades o viviendas con techos precarios que pudiesen representar un riesgo por acumulación de nieve.

Con respecto al tema de tormentas eléctricas, para calcular las descargas directas a tierra se propuso una relación matemática en función de los días con tormenta eléctrica al año





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



**SEDATU**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

tomando como índice las descargas directas a tierra reportadas en la norma NMX-J-549-ANCE-2005.

En el mapa de riesgos de tormenta eléctrica aparecen algunas infraestructuras con riesgo muy alto y alto, en general las que presentan mayor riesgo son las que almacenan o conducen sustancias inflamables o explosivas, las de generación y redistribución de energía eléctrica y las torres de comunicaciones.

La zona de la laguna y sus márgenes, así como arroyos y cualquier cuerpo de agua se deben evitar y no mantener contacto con ellos durante una tormenta eléctrica ya que el agua es conductora de la electricidad.

### Sequías.

Para el análisis de este tema se utilizaron los métodos recomendados de utilización del Índice de Severidad de Sequía Meteorológica propuesto por la Maestra María Engracia Hernández dando como resultado valores de índice bajos y muy bajos.

La determinación de los periodos de retorno se realizó mediante el análisis regional de frecuencia (ARF) y la teoría de los L-momentos, empleando para ello el software libre ICIRAF<sup>1</sup> vr. 1, los resultados fueron:

Región	Periodos de retorno, años				
	5	10	20	50	100
Ciudad Guzmán	Precipitación en mm				
	782	698	628	550	497
	Disminución en % con respecto a la media regional anual				
	91.44	81.61	73.43	64.31	58.11

**Tabla 6.2.3** Disminución regional de la precipitación en mm. Elaboración propia.

Mediante el método de Pedro Mosiño y Enriqueta García (nivel 2) se determinaron los porcentajes de sequía intraestival, concluyendo que en el municipio no se presenta este fenómeno.

La aplicación del Índice de Precipitación Estandarizado (nivel 3) se utilizó para determinar la sequía meteorológica (periodo de 12 meses) y los resultados muestran porcentajes que van de 90.91 al 100 de años normales o húmedos, esto es, el peligro de sequía meteorológica es bajo en la región de Zapotlán el Grande. Por otra parte, al analizar la

<sup>1</sup> Disponible en:

<http://www.iwr.usace.army.mil/Missions/Hydrology/ICIRAF%28ICIWaRMRegionalAnalysisofFrequencyT.aspx>,  
recuperado el 01/05/2015



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

dinámica de crecimiento o disminución de la superficie agrícola no se encontró relación entre su disminución en algunos años y la precipitación registrada en la zona, es decir, que la precipitación no ha sido factor determinante en la disminución de la superficie agrícola sino que ha obedecido a otros factores.

### Temperaturas máximas extremas.

Para determinar el peligro por temperaturas extremas en el municipio se analizaron los datos de las estaciones meteorológicas de la región y se determinó cual es la temperatura correspondiente al percentil 90, es decir cuál es la temperatura abajo de la cual ocurren el 90 % de registros restantes y sólo el 10 % es superior a aquella. Se determinó para Zapotlán el Grande que el percentil 90 corresponde a 33 °C. Temperaturas superiores a 33 °C y con duración igual o mayor a dos días representan ondas de calor en la zona.

Los resultados muestran que abril y mayo son los meses con más eventos. Así mismo, que el evento de mayor duración se presentó en el 2005 durante 75 días a lo largo de los meses de abril a junio.

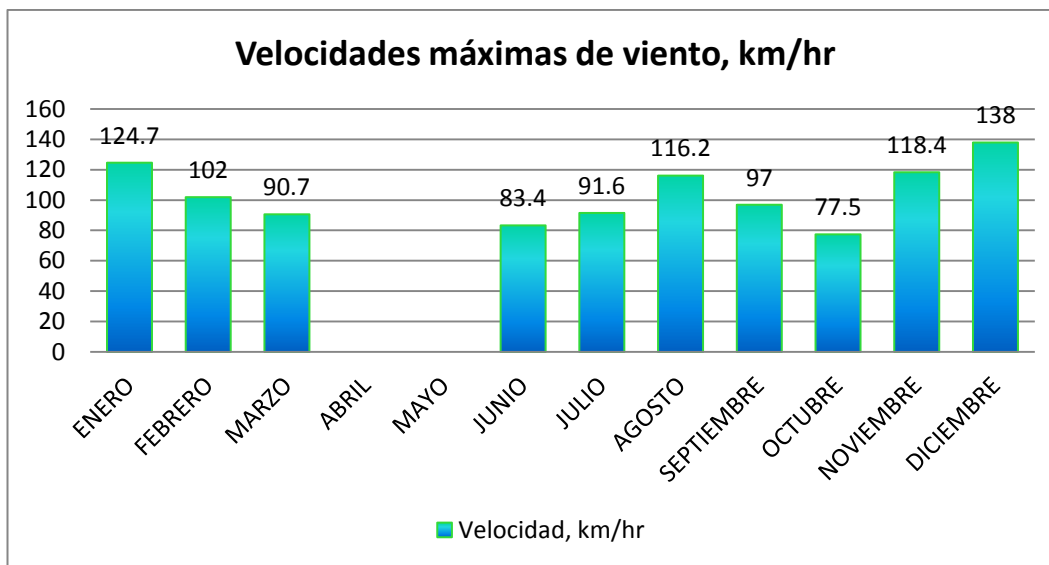
El análisis de peligro por ondas de calor en México está orientado principalmente hacia la población. Aun cuando las ondas de calor tienen impactos también en la agricultura y la ganadería, estos aspectos no han sido suficientemente estudiados en nuestro país, por lo que resulta necesario profundizar en este ámbito.

Otro aspecto a destacar es que se analizó un periodo de datos relativamente corto, dado que la estación Ciudad Guzmán presenta discontinuidades en sus registros y a la fecha está suspendida. Sin embargo se detectaron registros anteriores al período analizado con datos de temperatura de 50 °C y duración de semanas extremadamente peligrosos.

### Vientos

En la zona de la montaña del Nevado de Colima, los vientos en su mayoría superan 40 km/hr de velocidad llegando a alcanzar hasta 138 km/hr en invierno.

Se elaboró una gráfica representativa de lo anterior para las velocidades máximas por mes del año (todos, excepto abril y mayo) km/hr.



**Gráfica 6.2.1** Velocidades máximas por mes registradas en estación Nevado de Colima.

Así mismo se concluyó que existe un cambio de dirección hacia el norte y noroeste a partir del mes de julio y hasta diciembre. En enero hay un cambio de dirección hacia el sur. En los meses siguientes se generan corrientes cruzadas en las direcciones sureste-noroeste. Lo anterior muestra que en algunas temporadas el peligro por viento en las zonas altas del Nevado de Colima es muy alto, obligando incluso al cierre del parque nacional como medida de protección.

Para la zona del valle se determinó que predomina el flujo cruzado en la dirección noroeste-sureste casi todo el año, excepto en los meses de abril a junio donde claramente la trayectoria es hacia el noroeste. Además, los vientos son significativamente más lentos predominando los que se encuentran en el rango 0.5 a 2.1 m/s en el registro de datos proporcionado por el SMN.

No obstante, se debe considerar lo que establece el **Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, México, 2008, CFE**, en el apéndice **4C** de Velocidades Regionales para diferentes periodos de retorno, señalando para Zapotlán el Grande que la velocidad en km/hr del viento es:

Ciudad	No. de Obs.	Lat.	Log.	Tr10	Tr50	Tr200	Q <sub>5</sub>	Q <sub>15</sub>
Cd. Guzmán	14030	19.7	-103.47	120	140	150	160	170

**Tabla 6.2.4** Velocidades de viento para Ciudad Guzmán y diferentes Tr.(Fuente: CFE, 2008).

## Inundaciones

El municipio se encuentra localizado en la cuenca Lerma-Chapala, la cual cubre el 89.3 % de su territorio con la subcuenca Laguna de Zapotlán, y en la cuenca Rio Coahuayana en el resto del territorio municipal con la subcuenca Río Tuxpan.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

La subcuenca endorreica Laguna de Zapotlán es la responsable de los eventos históricos de inundación registrados en el municipio, y la principal aportadora del recurso agua superficial ya que descarga la totalidad de sus escurrimientos en la laguna de Zapotlán.

Los escurrimientos a la Laguna de Zapotlán provienen del Nevado de Colima hacia el poniente y del este de la Sierra del Tigre, mientras que del noroeste los escurrimientos provienen de la Sierra de la Media Luna y de Tapalpa. En la zona urbana impactan principalmente los provenientes de la sierra El Tigre y los del Nevado de Colima.

En el análisis se determinó la precipitación máxima en 24 horas para los diferentes períodos de retorno, se realizaron encuestas a la población, se revisó la información histórica de eventos de inundación, se establecieron los parámetros fisiográficos de las subcuencas rurales, así como los patrones de escurrimiento en la zona urbana. Se analizó el comportamiento del flujo en calles y avenidas principales con ayuda del software SWMM vr. 5 calculando velocidad y profundidad para diferentes eventos, y por tanto el riesgo que representan para la población. Así mismo, se calculó el caudal máximo en cauces que inciden en la zona urbana con tres métodos diferentes: Hidrograma Unitario Triangular, Método de Chow y Método Racional.

Finalmente, con el software Hec-Ras y Hec-GeoRas se analizó el comportamiento de los arroyos provenientes de las faldas del Nevado de Colima, estableciendo sus zonas de inundación con profundidades y velocidades asociadas.

Un resultado a destacar del estudio es que la red de alcantarillado de la cabecera municipal es insuficiente para desalojar adecuadamente precipitaciones incluso normales, convirtiendo las calles en canales con riesgos para las personas que circulan.

Así mismo, la invasión de cauces naturales de arroyos y de los márgenes de la Laguna de Zapotlán, es particularmente grave en el caso de los que descienden de la Sierra El Tigre, como el Chuluapan, Pastores y Guayabos.

En conclusión:

- 4 factores agravan los peligros por inundación, todos ellos de origen antrópico: rebasamiento y obsolescencia de partes del sistema de alcantarillado, cambios de uso de suelo descontrolados, invasión de cauces naturales de arroyos y márgenes de la Laguna de Zapotlán e incremento de la superficie impermeabilizada del municipio debido a la agricultura protegida.
- La problemática de inundaciones se ha venido agudizando, a pesar de las obras de infraestructura recientemente construidas, debido a los cambios de uso de suelo en las zonas serranas, incrementándose las áreas dedicadas a fines agrícolas en detrimento de las boscosas, contribuyendo también a la pérdida de suelos, el



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



arrastre de sedimentos y el azolvamiento de la laguna de Zapotlán lo que repercute en el aumento de la planicie de inundación.

- Es necesario considerar el incremento notable de la superficie impermeabilizada del municipio debido a la agricultura protegida e implementar proyectos viables de cosecha de agua, que disminuyan la extracción de agua del subsuelo.

### **6.2.1. Riesgo por Ciclones Tropicales**

La determinación de riesgo por ciclones tropicales en el área del municipio ha quedado constreñida a los riesgos asociados a inundaciones por lluvias y vientos, ambos fenómenos pueden estar o no asociados a la presencia de un ciclón tropical, toda vez que no se trata de un municipio costero y aunque la influencia de un ciclón se extienda decenas o cientos de km del eje de trayectoria, los registros de trayectorias históricas de huracanes no han cruzado estrictamente sobre el territorio del municipio.

Por otra parte, en el capítulo 4, en lo que corresponde a peligro por ciclones tropicales, se considera la propuesta de que la peligrosidad de un huracán se pondere no solo con respecto a la velocidad de sus vientos asociados sino a la lámina de precipitación que provoca, lo cual es el principal riesgo en municipios del interior del país.

La evaluación del riesgo por inundaciones y vientos se presenta en el apartado correspondiente, incluidas las recomendaciones para su mitigación.

### **6.2.2. Riesgos por Heladas.**

El mapa 14023\_Held\_ries muestra los tipos de cultivo y la superficie en hectáreas que se encuentran en algún nivel de riesgo por heladas.

Como en otros fenómenos la geomorfología del Municipio de Zapotlán el Grande juega un papel importante en la configuración del mapa de riesgos por heladas.

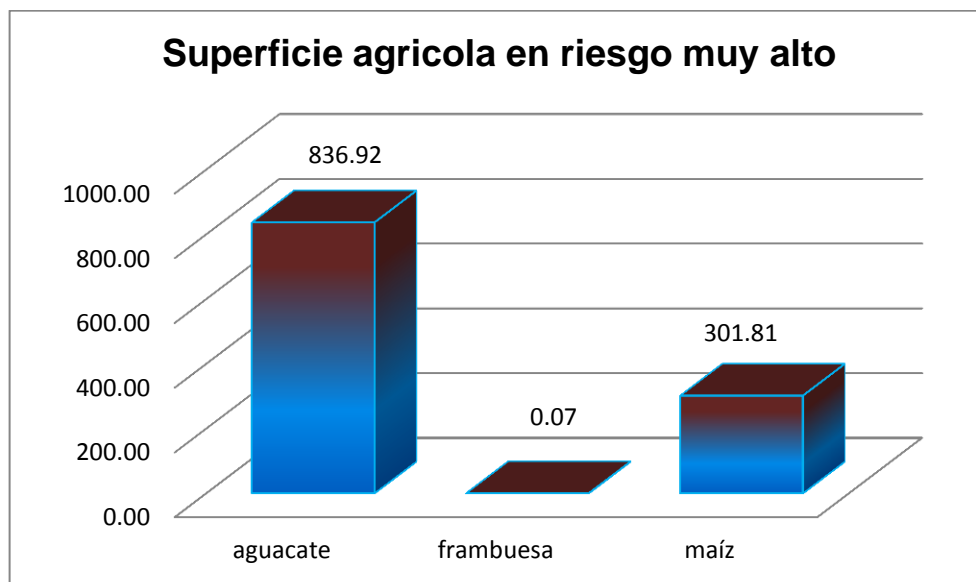
#### **Para la población.**

Para la población los riesgos que corre han quedado descritos en el tema de riesgos por nevadas y las recomendaciones que se hacen en ese apartado aplican también para el caso de heladas. Solo recordar que para la población el riesgo por heladas es más recurrente que el de nevadas.

#### **Para la agricultura**

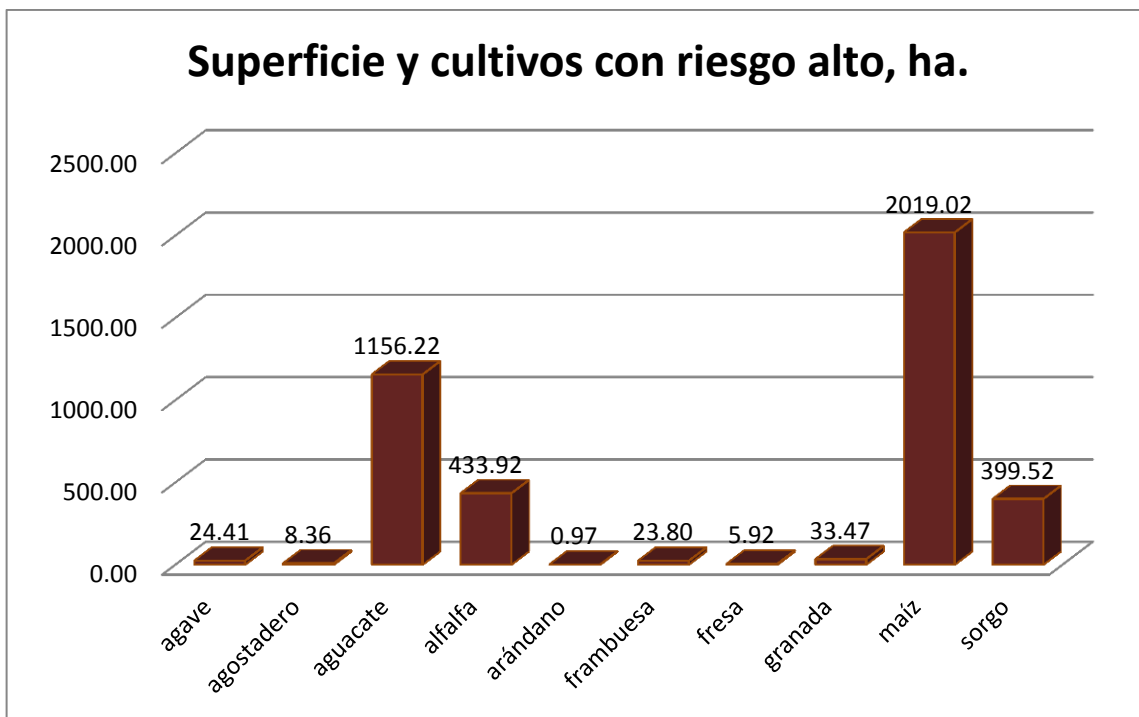
Las zonas más extensas con riesgo alto se localizan hacia el suroeste del municipio, sobre la cota 2000 msnm en las laderas del Nevado de Colima. También existen zonas menos extensas hacia noreste en las estribaciones de la Sierra El Tigre. La superficie total con riesgo alto a heladas es de 1138.80 ha. Los cultivos que se verían más afectados son aguacate y maíz, como se aprecia en la siguiente (Gráfica 6.2.2.1.).





**Gráfica 6.2.2.1.** Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

Las zonas con riesgo alto son más amplias y cubren la parte suroeste abajo de la cota 2000 msnm, así como las parcelas que se extienden en dirección noreste desde la cota 1650 aproximadamente hasta las orillas de la Laguna de Zapotlán. Otras zonas más con riesgo alto se localizan hacia el sur del municipio, este y noreste en la Sierra El Tigre. Las mayores superficies con riesgo alto corresponden, como en el caso anterior a maíz y aguacate. (Gráfica 6.2.2.2.)

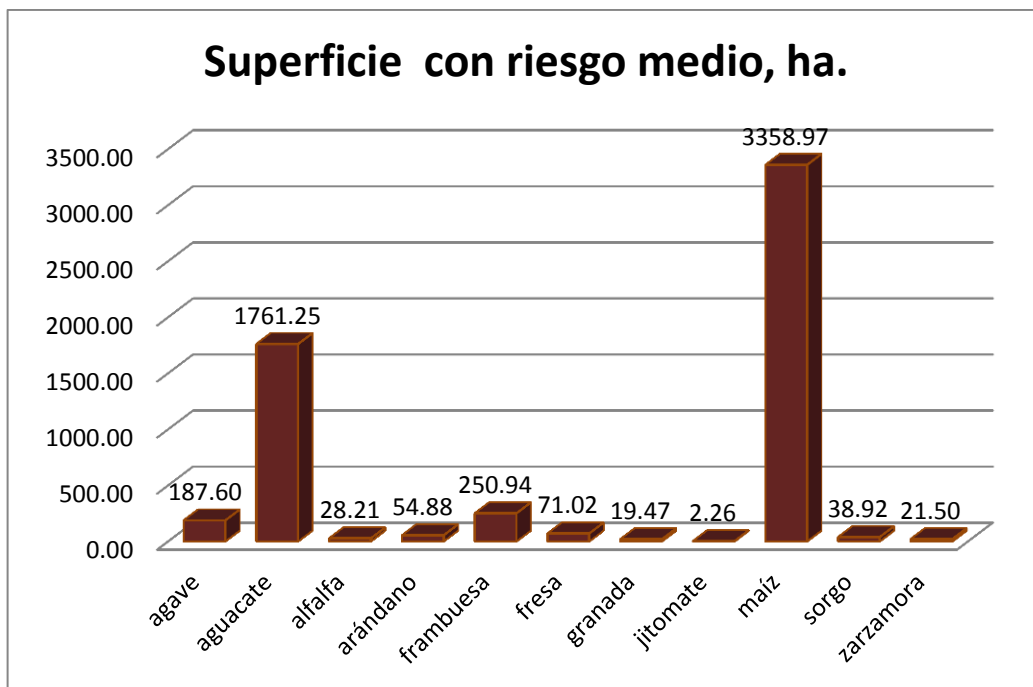


**Gráfica 6.2.2.2.** Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

La principal zona con riesgo medio se localiza hacia el suroeste de la Laguna de Zapotlán, entre dos zona de riesgo alto. Además, en la zona con riesgo medio se encuentran superficies amplias con riesgo bajo. Los cultivos y superficies que se encuentran en condición de riesgo medio suman 5765 ha., y su distribución por cultivo se muestra en la siguiente (Tabla 6.2.2.1.)

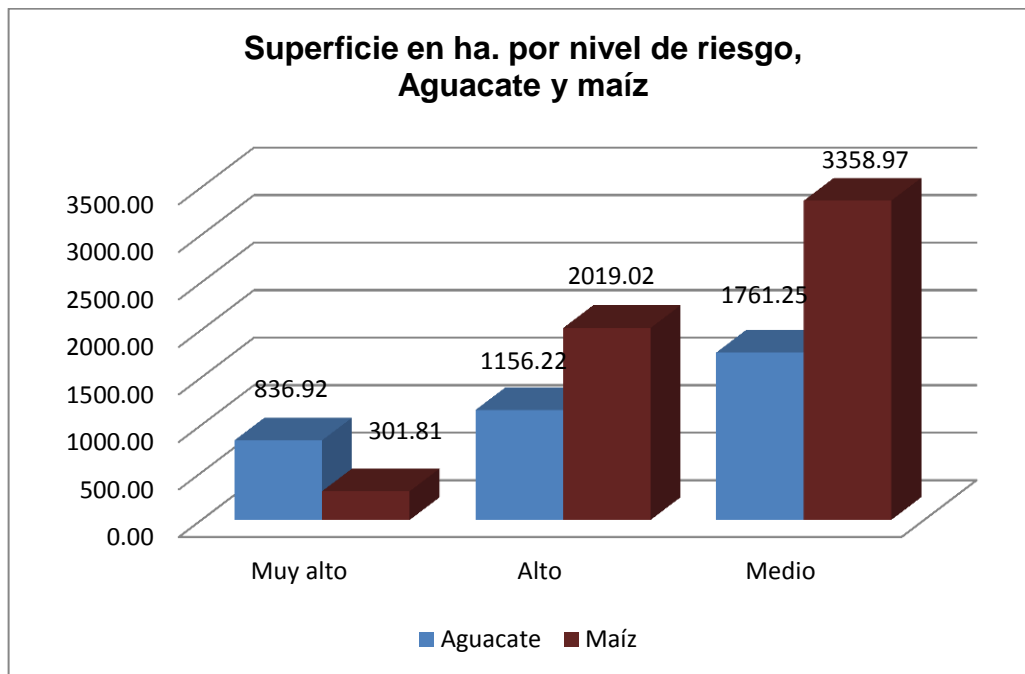
Cultivo	% de Superficie en nivel de riesgo		
	Muy alto	Alto	Medio
Aguacate	22.29	30.80	46.91
Maíz	5.31	35.55	59.14

**Tabla 6.2.2.1.** Porcentaje de superficies de aguacate y maíz con diferentes niveles de riesgo.



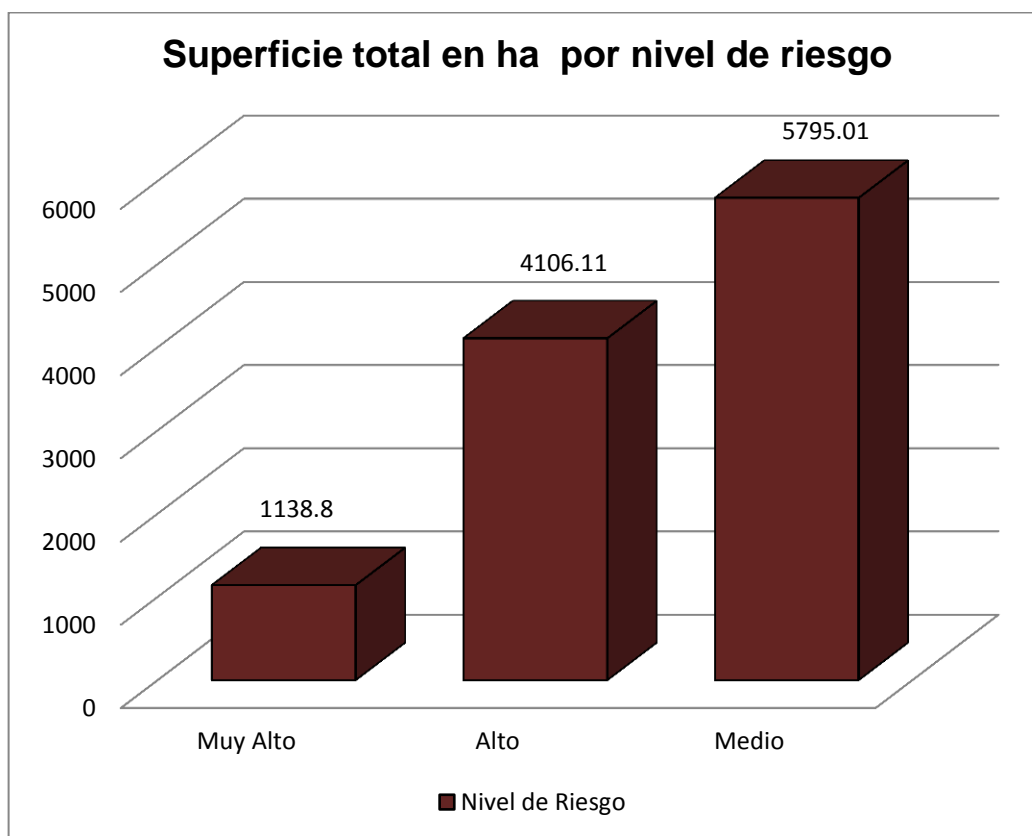
**Gráfica 6.2.2.3.** Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo medio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

En general, los cultivos principales con algún nivel riesgo son el maíz y el aguacate, su distribución por niveles de riesgo es como sigue en la (Gráfica 6.2.2.4.)



**Gráfica 6.2.2.4.** Superficie en hectáreas de aguacate y maíz con diferentes niveles de riesgo. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

Finalmente la distribución por nivel de riesgo para toda la superficie cultivada se muestra en la (Gráfica 6.2.2.5.)



**Gráfica 6.2.2.5.** Superficies en hectáreas para todos los cultivos con algún nivel de riesgo. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

## Recomendaciones

### Medidas de protección pasiva

- Seleccionar emplazamientos, para plantar, que son menos propensos a las heladas.
- Plantar variedades de árboles de hoja caduca que florecen más tarde en primavera.
- Plantar cultivos anuales una vez que la probabilidad de helada ha disminuido en primavera.
- Plantar cultivos de hoja caduca en pendientes que no estén encaradas al Sol.
- Plantar cítricos en las pendientes que miran al Sol (solanas).



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



- Evitar plantar en los suelos orgánicos.
- Mantener alto el contenido de agua en el suelo para obtener la difusividad térmica lo más alta posible.
- Minimizar o eliminar los cultivos que cubren el suelo (e.g. hierbas y malas hierbas) entre las hileras de los árboles cultivados.
- Plantar en ambientes protegidos (e.g. invernaderos) y transplantar más tarde una vez el tiempo es más cálido.
- Crear barreras físicas (e.g. paredes y arbustos) para controlar el drenaje de aire frío.
- Evitar plantar cereales de invierno junto a los cultivos sensibles a las heladas es también una buena práctica.
- Pintar los troncos de los árboles

#### **Medias de protección activa.**

Qué métodos activos hay que utilizar para la protección contra las heladas depende de una combinación de factores meteorológicos y económicos. La mayoría de los métodos activos de protección contra heladas son más efectivos cuando hay presente una inversión de temperatura. En localidades con viento, son más probables las heladas de advección que las de radiación y muchos métodos de protección proporcionan una protección escasa.

La sección del método adecuado dependerá pues de las características del cultivo, su emplazamiento y los recursos económicos con los que se cuenta.

### **6.2.3. Riesgos por Nevadas**

En el Municipio el riesgo alto por nevadas se presenta en los caminos que se localizan por encima de los 2000 msnm en el Nevado de Colima, riesgo medio en los caminos y localidades que se localizan entre los 2000 y 1600 msnm aproximadamente, y de riesgo bajo el resto del municipio.

En la zona que presenta un riesgo alto para la población se encuentra una unidad de Protección Civil estacionada en el Observatorio Vulcanológico, la cual se encarga de controlar el acceso y la estadía durante las temporadas de nevada.

A pesar de la crudeza de las bajas temperaturas, las diferencias en cuanto a la distribución de la población, la localización geográfica, las horas de radiación solar, entre otras





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



características físicas, así como las de carácter socioeconómico y cultural, son determinantes para la ocurrencia de afectaciones por bajas temperaturas o muertes.

Las condiciones y enfermedades que pueden ser causa de muerte durante una nevada son la hipotermia, la congelación, el dolor de cabeza, los padecimientos de las vías respiratorias, la urticaria del frío, las quemaduras, la intoxicación por monóxido de carbono y los ataques cardíacos.

Estados de salud como la diabetes, enfermedades cardíacas, drogadicción y alcoholismo, así como desnutrición pueden agravar las consecuencias de la hipotermia o el congelamiento.

Otros efectos que puede ocasionar una nevada es la interrupción de vías de comunicación con el consiguiente aislamiento de comunidades, cierre de escuelas y fábricas, cortes de energía eléctrica, accidentes viales

### **Recomendaciones (Fuente CENAPRED, 2015).**

#### **Previo a la nevada**

- Estar pendiente de la información sobre heladas y comunicados de las autoridades (Protección Civil, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación, etc.) que se transmita por los medios de difusión.
- Solicitar información a la Unidad de Protección Civil de su localidad, sobre la ubicación de los albergues temporales, cocinas comunitarias, sitios de distribución de material de abrigo y de víveres.
- Almacenar agua, alimentos comestibles y productos de limpieza, en caso de emergencia.
- Contar con combustible suficiente para la calefacción.
- Tener una reserva de los medicamentos que utilice regularmente algún miembro de su familia.
- Prevenir alimento para el ganado y aves de corral.
- Disponer de un botiquín de primeros auxilios.
- Tener siempre a la mano un radio con pilas para escuchar la información meteorológica sobre las temperaturas.
- Lámpara con pilas y pilas nuevas.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



### **Durante un evento de nevada**

- Si se encuentra varado al interior de su vehículo, esperar ayuda de los grupos de auxilio y las autoridades competentes.
- Permanecer dentro del automóvil o camión.
- Encender el motor aproximadamente cada 10 minutos para conseguir calor.
- Abrir la ventana para mantener ventilado el interior del automóvil y así evitar el envenenamiento por monóxido de carbono.
- Llamar la atención de los cuerpos de rescate, tener la luz encendida cuando se tenga prendido el motor, amarrar una prenda roja a la antena o a la puerta del automóvil.
- En el caso de no tener una vivienda resistente, quitar la nieve de los techos de las casas, o evacuar la casa.
- Vigile la temperatura de los cuartos de los bebés y los ancianos. Los bebés pierden calor más rápido que los adultos.
- Incluir alimentos ricos en vitaminas y grasas, a fin de incrementar la resistencia al frío. Si tiene bebés disponga de comida en frasco y fórmulas alimenticias.
- Para personas de edad avanzada y enfermos del corazón no es conveniente salir a la calle, porque el frío aumenta la frecuencia de ataques cardíacos de las personas durante la época fría.

### **Si se encuentra a la intemperie o en campamento en el Nevado de Colima**

- Usar ropa abrigadora en tonos vivos o muy visibles, así como llevar consigo un cambio de zapatos y calcetines, “ya que éstos se mojan con facilidad” al transitar en la nieve. No usar ropa ajustada.
- Asimismo, vigilar constantemente los síntomas de descompensación por altura, que suelen identificarse por mareos, náuseas, vómito, palpitaciones y dolor de cabeza; “en caso de presentarlos, solicitar atención de primeros auxilios o descender, ya que los síntomas se corrigen al disminuir la altitud”.
- Protegerse el rostro y la cabeza. Evitar la entrada de aire frío en los pulmones.
- Evite ingerir bebidas alcohólicas que “favorecen la hipotermia”, prefiera alimentos ricos en calorías como golosinas, dulces y chocolates.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

- En caso de presentarse alguna emergencia, repórtela a la autoridad: Protección Civil del Estado, Brigada contra incendios, etc.; o en su defecto al servicio de emergencias 066, si el servicio de telefonía celular es operable.
- Revisar las condiciones mecánicas del vehículo, preferentemente transportarse en camionetas tipo pick up o vehículos 4X4, todo terreno. Además “llevar consigo aceite y agua”.
- El ascenso a las instalaciones del Parque Nacional se recomienda antes del mediodía, y que desciendan antes del anochecer, únicamente por “caminos conocidos o marcados”.
- Al llegar a la cima, no olvide registrar su llegada y salida con el personal encargado; durante la estancia.
- Si alguno de los visitantes está enfermo, evite subir al Parque Nevado de Colima.

### 6.2.4. Riesgos por Tormenta Eléctrica

Un factor de riesgo por tormenta eléctrica para la infraestructura y personas es las descargas eléctricas atmosféricas o rayos.

Las tormentas eléctricas pueden generar efectos adversos en las personas, principalmente dentro de un radio de impacto de 120 m. Los principales problemas relacionados con las tormentas eléctricas son los siguientes:

- Quemaduras en la piel
- Ruptura de tímpano
- Lesiones en la retina
- Caída al suelo por onda expansiva
- Caída al suelo por agarrotamiento muscular debido a una tensión de paso ligera.
- Lesiones pulmonares y lesiones óseas
- Estrés-pos-traumático

Muerte por:

- Paro cardíaco,
- Paro respiratorio y



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



- Lesiones cerebrales.

En el caso de edificios y casas habitación los daños que puede provocar un rayo tienen que ver con los sistemas eléctricos, de comunicación y computo los cuales en muchas ocasiones son el medio por el que penetra la corriente eléctrica del rayo inutilizándolos y siendo a su vez factor de riesgo si no cuentan con un sistema de tierras bien diseñado e instalado.

Dado que la corriente eléctrica elige el camino más corto para completar su trayectoria a tierra, cualquier estructura elevada puede constituirse en el conductor necesario para ese objetivo, como postes, árboles, antenas, edificios elevados, etc.

En el mapa de riesgos aparecen algunas infraestructuras con riesgo muy alto y alto, en general las que presentan mayor riesgo son las que almacenan o conducen sustancias inflamables o explosivas, las de generación y redistribución de energía eléctrica y las torres de comunicaciones.

En carreteras y caminos una tormenta eléctrica es riesgosa porque regularmente están acompañadas de vientos fuertes y granizo, además los autos también pueden ser alcanzados por un rayo.

La zona de la laguna y sus márgenes, así como arroyos y cualquier cuerpo de agua se deben evitar y no mantener ningún contacto con ellos durante una tormenta eléctrica ya que el agua es conductora de la electricidad.

Aunque en México se registra el número de accidentes fatales ocasionados por rayo, no se sabe si existe una base de datos de las circunstancias en las que ocurrieron. Pero es probable que la mayoría de ellos sucedieron a la intemperie mientras la tormenta se desarrollaba, esto es, dentro de casas y edificios la probabilidad de ser alcanzado por un rayo es mínima si se toman algunas precauciones.

### **Recomendaciones**

En este apartado se toman las recomendaciones de CENAPRED para la protección de la población contra tormentas eléctricas y se agregan algunas con respecto a la seguridad en instalaciones industriales que manejan combustibles o sustancias explosivas.

#### **Antes de la tormenta**

- 1) Asegurar los objetos del exterior de la vivienda que puedan desprenderse o causar daños debido a los fuertes vientos que pueden acompañar a la tormenta eléctrica.
- 2) Cerrar las ventanas y correr las cortinas.
- 3) Reforzar las puertas exteriores.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



4) Quitar las ramas o árboles muertos que puedan causar daño durante una tormenta eléctrica, ya que un rayo puede romper la rama de un árbol y golpear a una persona, e incluso, generar una explosión o un incendio.

5) Mantenerse atento a los avisos de tormentas severas que emite el Servicio Meteorológico Nacional cada seis horas ([smn.conagua.gob.mx](http://smn.conagua.gob.mx)).

6) Instalar pararrayos en torres y antenas.

7) Procurar la polarización correcta de todas las tomacorrientes incluyendo una tierra física en todo el sistema eléctrico (consultar a su proveedor de la Comisión Federal de Electricidad a un técnico especializado), véase Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, instalaciones eléctricas.

### **Durante la tormenta**

8) Alejarse de los lugares altos, tales como cumbres, cimas, lomas y refugiarse en zonas bajas pero no propensas a inundarse o a recibir avenidas súbitas.

9) Apartarse de terrenos abiertos, por ejemplo, praderas, cultivos, campos de golf, terrazas, azoteas y estacionamientos abiertos, ya que las personas pueden sobresalir por su tamaño y convertirse en pararrayos.

10) Por ningún motivo se debe correr durante la tormenta, ya que resulta peligroso debido a que la ropa mojada provoca una turbulencia en el aire y una zona de convección que puede atraer un rayo.

11) Deshacerse de todo material metálico (bastones, mochilas con armazón, botas con casquillos, paraguas, herramientas, utensilios agrícolas, etc.), ya que los metales resultan buenos conductores eléctricos.

12) Jamás se deberá guarecerse debajo de un árbol o una roca, debido a que el primero por su humedad y verticalidad, aumenta la intensidad del campo eléctrico y en el segundo porque los rayos suelen caer sobre objetos sobresalientes. Tampoco se refugie en edificios pequeños o aislados como, graneros, chozas, cobertizos, tiendas de campañas, entre otros.

13) Retirarse de objetos y elementos metálicos como vallas, alambradas, tuberías, líneas telefónicas e instalaciones eléctricas, rieles de ferrocarril, bicicletas, motocicletas y maquinaria pesada, puesto que la proximidad con éstos provoca una onda de choque generada por el rayo que, a su vez, calienta el aire y puede producir lesiones en los pulmones.

14) Evite cualquier contacto con los cuerpos de agua, ríos, lagos, mar, albercas, así como zonas mojadas.





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

- 15) En caso de haber un edificio o vehículo muy cerca, intentar llegar a él. De preferencia, no refugiarse en edificios pequeños o aislados como, graneros, chozas, cobertizos, tiendas de campañas, entre otros. Buscar una zona que se encuentre un poco más baja que el terreno circundante.
- 16) No acostarse, ya que la tierra húmeda conduce muy bien la electricidad.
- 17) Intentar agacharse lo más posible, pero tocando el suelo sólo con las plantas de los pies.
- 18) Rehuir el refugio de una cueva o saliente rocoso, el rayo puede echar chispas a través de estas aberturas e, incluso, entrar por los canales naturales de drenaje para sus descargas, ya que se acumula el aire ionizado que aumenta la probabilidad de descarga.
- 19) Apagar los instrumentos de localización y transmisión-recepción portátil (celulares, walkie-talkies y GPS) y demás aparatos electrodomésticos, ya que sus radiaciones electromagnéticas puedan atraer los rayos y/o causar graves daños provocados por la variación de voltajes.
- 20) Desconectar los enseres electrodomésticos y otros aparatos eléctricos, como las computadoras. Las variaciones de voltaje que provocan los rayos pueden causar graves daños.
- 21) En las instalaciones industriales que manejen sustancias combustibles y/o explosivas se deberá tener especial cuidado en la instalación de sistemas de protección contra tormentas eléctricos aislados y que ductos, tanques, etc. estén conectados a una red equipotencial. Estas instalaciones deberán ser revisadas según indica la normatividad correspondiente.

### 6.2.5. Riesgos por Sequía

#### Zonas Agrícolas

El riesgo por sequía que se determinó para el sector agrícola, después de valorar el peligro y la vulnerabilidad social y física, va de grados muy alto a bajos. Los polígonos con riesgo muy alto y alto están todos localizados en las laderas del Nevado de Colima y corresponden a los cultivos y superficies que se muestran en la siguiente (Tabla 6.2.5.1). Cabe señalar que el análisis del peligro por este fenómeno meteorológico muestra que los valores del Índice de Severidad de sequía van de bajo a muy bajo y que no se presenta sequía intraestival.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Hectáreas por tipo de cultivo en riesgo			
Tipo de cultivo	Muy alto	Alto	Medio
Agave			0.2110
Agostadero	6.0255		
Aguacate	477.5926	198.8766	193.6194
Alfalfa			84.3704
Arándano		10.8260	2.6946
Frambuesa			7.2298
Fresa			
Granada		0.1949	
Jitomate			
Maíz	128.5177	89.3305	80.0913
Sorgo			
zarzamora			3.9501
<b>Total general</b>	<b>612.1358</b>	<b>299.2279</b>	<b>372.1666</b>

**Tabla 6.2.5.1.** Hectáreas por tipo de cultivo en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).

Los polígonos con riesgo medio y bajo a la sequía meteorológica están todos localizados en la Sierra El Tigre y en las ribera poniente de la Laguna de Zapotlán.

Del estudio de peligro se destaca que eventos tan intensos a nivel nacional como la sequía del 2011 que afectó gran parte del territorio nacional mientras que, en la zona en estudio, se detectó una disminución de la superficie cultivada del 7.34%, sin embargo, ésta disminución no se asoció con sequía meteorológica, según los datos de precipitación disponibles en las estaciones tomadas en cuenta en el presente estudio.

### Zonas Boscosas.

En cuanto la superficie y tipo de vegetación en riesgo ante la sequía en el municipio el resultado es la (Tabla 6.2.5.2.)

Hectáreas por tipo de vegetación en riesgo			
Tipo de Vegetación	Muy alto	Alto	Medio
Agricultura de riego anual y semipermanente	0.0028	0.0290	0.4417
Agricultura de temporal anual	4.3388	3.5954	1.5481
Asentamientos humanos			
Bosque de encino-pino	0.3920		14.4702
Bosque de oyamel			9.3081
Bosque de pino			
Bosque de pino-encino	3.8843		182.6091



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



**SEDATU**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Cuerpo de agua			
Pastizal inducido			
Pradera de alta montaña			2.3499
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	99.5758		31.9202
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino			3.1422
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	232.557 3	204.774 0	41.1063
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	35.5124	87.5894	92.9902
Zona urbana			
<b>Total general</b>	<b>376.2635</b>	<b>295.9879</b>	<b>379.8860</b>

**Tabla 6.2.5.2.** Hectáreas por tipo de vegetación en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).

### Población

La población residente en los polígonos que resultaron con riesgo se presenta en la siguiente (Tabla 6.2.5.3.)

Alto	Medio	Muy alto
216	255	7

**Tabla 6.2.5.3.** Número de personas en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).

De cualquier manera, sin que signifique que no puedan desencadenarse otros, los riesgos que se presentan ante un evento de sequía son los siguientes:

- Escases de agua en presas y lagos.
- Muerte de ganado.
- Pérdida de cultivos
- Venta anticipada de ganado.
- Incendios forestales y plagas en bosques y cultivos.
- Incremento en los precios de artículos de primera necesidad (escases de alimentos) y hambrunas.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Disminución de mantos acuíferos.
- Asociación con olas de calor y afectación altamente riesgosa (perdida de la vida) a población infantil y de la tercera edad, principalmente.
- Escases de agua potable.
- Proliferación de enfermedades infecciosas, cardiovasculares, respiratorias y gastrointestinales.
- Desempleo.
- Migración.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



### **Recomendaciones Estructurales**

Se proponen dos medidas estructurales para la prevención de la sequía en el Municipio:

- 1) El control y seguimiento de los bordos existentes tanto en las faldas del Nevado de Colima y la Sierra del Tigre para que operen de manera segura y efectivamente cumplan su objetivo de reservorios y no representen un peligro por rompimiento para la población aguas abajo.
- 2) Captura y almacenamiento de agua aprovechando las extensas superficies impermeabilizadas de invernadero que se han multiplicado en el municipio. De estos sistemas existen modelos desarrollados que han sido probados exitosamente.

### **Recomendaciones No Estructurales**

- 1) Monitoreo de la sequía meteorológica y sus variables asociadas: temperaturas, escurrimientos, humedad del suelo, etc.
- 2) Contar con un plan de contingencias ante la sequía que involucre a todos los sectores.
- 3) Campaña en la población acerca del cuidado del agua.
- 4) Supervisar las descargas de industrias y granjas porcinas para que no contaminen cuerpos de aguas.

### **6.2.6. Riesgos por Temperaturas Máximas Extremas.**

Los riesgos a la salud de la población por temperaturas máximas extremas pueden ser el golpe de calor, el agotamiento por calor, el síncope y los calambres por calor. Las olas de calor también incrementan la morbilidad y mortalidad asociada a otras enfermedades que ocurren aún en ausencia del estrés del calor, por ejemplo, el infarto al miocardio, malestares cardiovasculares y de padecimientos gastrointestinales por la ingesta de agua contaminada, sin embargo, el golpe de calor es el único con una letalidad importante.

Las personas más vulnerables a las ondas de calor son los niños menores de 5 años, los adultos mayores de 65 años (porque tienen mayor probabilidad de enfermedades crónicas), los trabajadores agrícolas y los migrantes. También los enfermos y las personas con sobrepeso son los más vulnerables al calor extremo.

En Zapotlán el Grande, se han registrado ondas de calor de 50 °C, extremadamente peligrosas.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

La distribución de la población en el municipio se muestra en la siguiente (Tabla 6.2.6.1.), la cual es una proyección al 2015:

Rango de Edad, años	No. de Habitantes
0-14	27 938
15-29	27 492
30-44	22 955
45-64	20 155
65+	8 051

**Tabla 6.2.6.1.** Proyección de la distribución de la Población al 2015. (Fuente CONAPO, 2015).

Como se menciona arriba, la población con mayor riesgo ante las ondas de calor es la menor a 5 años y la mayor a 65, en este caso 8000 ciudadanos aproximadamente. El rango de 0-5 años no aparece diferenciado en la estadística de CONAPO, pero a nivel nacional en 2010 la población menor a 5 años representaba el 9.37 %, por lo tanto, se considera que la población menor de 5 años en Zapotlán es de 10000 infantes aproximadamente.

Así, en Zapotlán el Grande 18000 ciudadanos serían los más afectados por la presencia de ondas de calor.

Obviamente, esta población se encuentra distribuida en todo el territorio municipal, el cual presenta zona más susceptible a las temperaturas más extremas por factores puramente climatológicos, los cuales pueden ser incrementados en función del índice de desarrollo humano en la zona.

### Recomendaciones

Ante una onda de calor, se recomienda a la población:

- Usar ropa de algodón de colores claros, de preferencia de manga larga.
- Tomar líquidos, de preferencia agua pura.
- No acudir a lugares cerrados sin ventilación.
- De preferencia no realizar actividades físicas al aire libre entre las 9 y las 16 horas.
- Al viajar en automóvil hacerlo con los vidrios abajo.
- Por ningún motivo dejar a menores de edad o de la tercera edad dentro de los automóviles.
- Evitar cambios bruscos de temperatura (choque térmico)





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



- Ingerir frutas y verduras frescas.
- Tome siempre en consideración las recomendaciones de Protección Civil ante la posibilidad de la presencia de una onda de calor.
- Cubra las ventanas con cortinas externas gruesas de color oscuro o reflejantes.
- Evitar el exceso de bebidas alcohólicas, cafeína y bebidas calientes.

### **6.2.7. Riesgos por Vientos**

Los riesgos por viento a nivel municipal se pueden definir en dos zonas: riesgos por vientos de montaña y riesgos por vientos de valle.

Riesgos por vientos de montaña.

Los datos aportados por la estación automática Volcán Colima y que fueron analizados en el capítulo de peligro por vientos, muestra que los vientos en su mayoría superan 40 km/hr de velocidad llegando a alcanzar hasta 138 km/hr, en diciembre del 2013, con direcciones predominantes hacia el norte y noroeste a partir del mes de julio y hasta diciembre. En enero hay un cambio de dirección hacia el sur. En los meses siguientes se generan corrientes cruzadas en las direcciones sureste-noroeste.

También se encontró que sólo en los meses de abril y mayo no se registran vientos con velocidades mayores a 75 km/hr. En el resto del año se presentan eventos de temporal fuerte según la escala de Beaufort, siendo agosto con 32 eventos el más intenso.

A velocidades superiores a los 75 km/hr los riesgos que se presentan son:

- Árboles y cultivos dañados. (75- 88 km/hr.)
- Árboles arrancados y daños en las construcciones (89- 102 km/hr)
- Destrucción en todas partes, puede estar acompañado de lluvias intensas (103- 117 km/hr) y proyectiles que pueden impactar a las personas.
- Voladura de autos, árboles, casas, techos y personas (>118 km/hr)

En la zona del Nevado de Colima las comunidades El Fresnito, Los Depósitos y Atequizayan presentan riesgos altos, mientras que los caminos de acceso a estas comunidades desde la cabecera municipal presentan riesgos de medio a muy alto.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



En estas localidades generalmente existen estructuras antiguas que con el paso del tiempo se siguen debilitando y que pudiesen presentar alguna clase de riesgo, ya que una característica de las estructuras de autoconstrucción es la ausencia de detalles adecuados para soportar los efectos de fuerzas laterales como las generadas por viento.

Otro factor de riesgo en la zona son los árboles muy viejos o con ramaje seco que algunas veces se localizan en el interior de las poblaciones.

Para el turismo de montaña en esta zona las condiciones de viento también representan un riesgo considerable, toda vez que la actividad turística se incrementa precisamente en las temporadas en que las velocidades del viento han alcanzado su intensidad más alta.

Por otra parte, en la parte alta del Nevado de Colima se localizan varias torres de comunicaciones cuya cimentación y montaje debió considerar lo estipulado por los criterios de ingeniería de diseño por viento de obras civiles.

Para la agricultura en la zona, el viento intenso puede provocar daños mecánicos en cultivos y plantaciones, pudiendo causar caídas de frutos y hojas, vuelco de cereales y en casos más extremos ruptura de ramas en árboles.

Uno de los efectos dañinos del viento es el vuelco de los cereales. La ruptura de ramas provoca grandes heridas que son de lenta y mala cicatrización. Además de los problemas mecánicos citados, el viento causa problemas en prácticas agronómicas como son el riego por aspersión y la pulverización de productos fitosanitarios. Por otro lado, el viento puede impedir el vuelo de los insectos polinizadores, los problemas surgen con velocidades de 10 km/h, haciéndose prácticamente impracticable el vuelo con velocidades de 20 km/h; el problema puede ser tan grave en las especies entomófilas que puede llegar a ser un factor limitante para la producción. Otro problema, ya comentado es cuando el viento actúa como agente de erosión del suelo, disminuyendo el espesor de la capa fértil, o cubriendo e invadiendo las tierras con arenas. Por otra parte, el viento ayuda a la propagación de algunas plagas y enfermedades (p.ej.: nubes de langostas, pulgones, escarabajo de la papa, etc.); puede transportar semillas de malas hierbas; y, puede entorpecer la conservación de la pureza varietal en el proceso de producción de semillas.

#### **6.2.7.1. Riesgos por Viento en la Zona Urbana**

Los riesgos en la zona urbana corresponden a vientos de otra categoría según los datos de la estación automática Ciudad Guzmán pues estos no rebasan los 40 km/hr en el periodo de registro con que cuenta dicha estación. Sin embargo la CFE en su Manual De Obras Civiles Diseño por Viento, (2008) menciona que para el Municipio de Ciudad Guzmán vientos con



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

periodo de retorno de 20 años pueden alcanzar velocidades del orden de 120 km/hr. Es este último dato el que se debe considerar para valorar el riesgo en la zona urbana del municipio.

Toda estructura elevada o que pueda ser objeto de fuerzas laterales generadas por viento deberá ser construida bajo criterios de diseño de obra civil por viento.

Así las estructuras en la ciudad que presentan los mayores riesgos son:

- Muros de mampostería usados como bardas de colindancia.
- Anuncios espectaculares.
- Techos de lámina con anclajes defectuosos o deteriorados.
- Árboles con altura mayor a 8 metros en calles y parques.
- Edificaciones con grandes ventanales expuestos al exterior.
- Torres, chimeneas y silos vacíos o abandonados.
- Sistemas de conducción de energía eléctrica (cableado y postes)
- Sistemas de cableado de comunicaciones (telefonía, telegrafía, etc.)
- Cubiertas de estaciones de abastecimiento de gasolina.

### Recomendaciones

Por lo tanto, con objeto de reducir los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones de mampostería, de manera similar a lo propuesto para este tipo de estructuras sujetas a las fuerzas laterales provocadas por sismo, resultan necesarios refuerzos estructurales suficientemente cercanos e idealmente formando marcos perimetrales confinantes.

Para paliar el efecto hay que utilizar variedades más resistentes y flexibles, además de abonar, y labrar adecuadamente

### 6.2.8. Riesgos por Inundación

Los riesgos en el municipio de Zapotlán el Grande relacionados con las inundaciones dependen de los factores de peligro y vulnerabilidad física y social. En general, Zapotlán el Grande ha sido clasificado como de vulnerabilidad social baja según la calidad de vida de sus habitantes (ver **Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros**



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



**y Riesgos, Fenómenos Hidrometeorológicos, Cap. III, Anexo A).** Sin embargo, en el presente estudio se detectó que existe una vulnerabilidad social de índice bajo en la mayoría de las localidades del municipio, y en 6 de ellas alta.

En la zona de la cabecera municipal las inundaciones tienen su origen en la insuficiencia del sistema de drenaje, "ya que es común que en ciudades en crecimiento quede subdimensionado para tormentas medianas, entre otras razones, debido al aumento del área impermeable aguas arriba del sistema de drenaje en cuestión. En estas situaciones, el sistema alcanza rápidamente su máxima capacidad, pudiendo incluso funcionar a presión, en el caso de que sea subterráneo, y su línea piezométrica llegar a alcanzar la cota del terreno." Tal como se detectó en algunas zonas de la ciudad causando afloramiento de aguas cloacales con los consiguientes riesgos de enfermedades cutáneas y gastrointestinales.

Aunado a esta problemática, se presenta la situación morfométrica de la propia cabecera, situada en las faldas de una cadena montañosa situada hacia el oriente y con importantes escurrimientos provenientes del Nevado de Colima que inciden a lo largo del límite poniente de la zona urbana.

La seguridad de las personas durante un evento de lluvia, así como el tráfico vehicular y de peatones y el que no se inunden casas y comercios, es el objetivo principal del sistema de drenaje. Las calles cumplen una importante función en ese sentido debido a su capacidad de conducir flujos considerables de agua, pero su función principal es para el transporte de peatones (banquetas) y vehículos (calle).

El flujo circulante por calles y aceras debería ser tal que los parámetros hidráulicos de la misma, tirantes, velocidades o combinaciones de los mismos, se mantuvieran por debajo de ciertos valores límite aconsejables. Para esto existen varios criterios, unos basados en el tirante máximo admisible de flujo, otros basados tanto en la velocidad como el tirante y otros más basados en la estabilidad de deslizamiento de una persona.

Aquí se empleara un criterio basado en tanto en la velocidad como el tirante. Para establecer dicho criterio se planteó (Nania, 1999) en la (Imagen 6.2.8.1.) que la fuerza que ejerce el agua sobre una persona sea tal que no provoque su deslizamiento y/o caída. La fuerza de arrastre del agua puede evaluarse como:

$$F_1 = \frac{1}{2} C_d \rho A v^2 \text{ ec. 1}$$

Donde:

$C_d$  = coeficiente de arrastre.

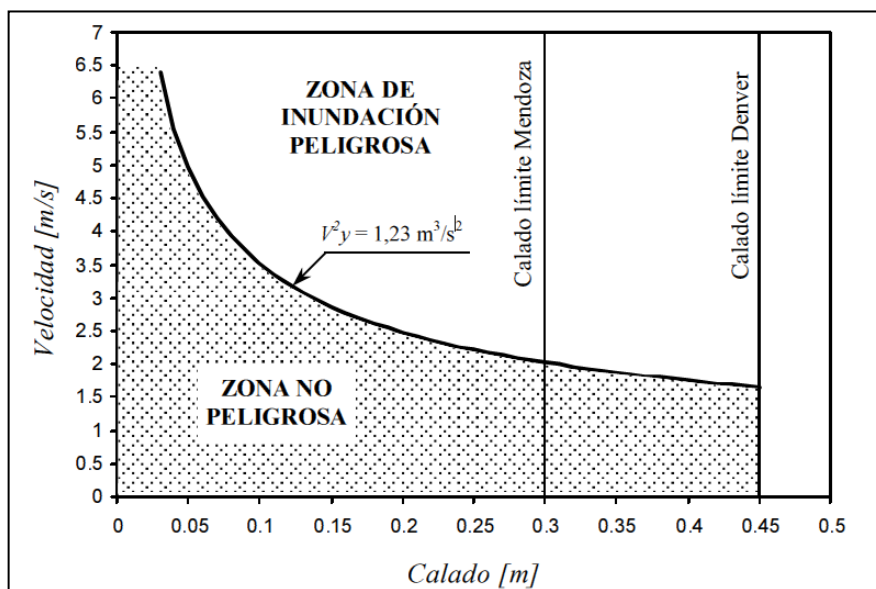
$\rho$  = densidad del fluido

$A$  = proyección frontal del área donde actúa la fuerza, en este caso tirante (y) por el ancho de la persona

$v$  = velocidad del agua

Con base en la ecuación anterior se estableció un criterio de seguridad de *estabilidad al deslizamiento*, según el cual:

$$v^2 y = 1.23 \frac{m^3}{s^2} \text{ ec. 2}$$



**Imagen 6.2.8.1.** Grafica de la ecuación dos. (Fuente: Gómez Valentín, Manuel en Hidrología Urbana, Barcelona, 2009).

Aplicando este criterio a las calles y avenidas analizadas en el presente estudio se obtiene las siguientes condiciones de riesgo en la (Tabla 6.2.8.1.)

Calle	Tirante m.	V m/s	Nivel De Riesgo
Mirlo	0.63	3.92	Alto
Ignacio Allende	0.26	6.02	Alto
Nicolás Bravo	0.46	3.6	Alto
<b>Canal Jalisco</b>			
Serafín Vázquez-Mirlo	0.99	2.97	Alto
Mirlo-Grullo	1.15	2.65	Alto
Grullo-Gómez Farías	1.25	2.5	Alto
Gómez Farías-Tonila	1.38	2.34	Alto
Tonila-S. de Uniones	1.32	2.19	Alto
Sociedad de Uniones-	1.05	2.77	Alto





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Calle	Tirante m.	V m/s	Nivel De Riesgo
Canal			
<b>Calle Leona Vicario</b>			
Josefa Ortiz-Vallarta	0.25	3.75	Alto
Vallarta-Cisne	0.29	3.23	Alto
Cisne-Clavel	0.4	2.38	Medio
Emiliano Zapata	0.72	1.27	Peligroso*

**Tabla 6.2.8.1.** Niveles de riesgo para personas circulando a pie.

\*Peligroso más por profundidad y daños al menaje que por arrastre de personas.

Dos arroyos más que nacen en las montañas del oriente de la ciudad, se encuentran canalizados, uno es el Chuluapan y el otro es Los Guayabos. Los márgenes del Chuluapan, en su ingreso a la zona urbana, han sido invadidos y aun cuando el cauce es profundo representa un riesgo considerable. Por otra parte el canal trapezoidal que desvía el flujo del arroyo Los Guayabos presenta condiciones de desbordamiento para tormentas de 10 años de periodo de retorno (*escala crítica* para el caso de Zapotlán el Grande) en adelante, como se mencionó anteriormente, en: la zona del cruce del canal Jalisco con el canal hidráulico, prolongándose la inundación del otro lado del canal, con profundidades que pueden rebasar 2 metros. En la Calle Emiliano Zapata desde Villa Olímpica hasta Parcela, Carlos Pérez y Poniente, con profundidades de más de 2 metros. Así mismo las calles Del Nevado y La Laguna con las mismas profundidades. También, las calles de Roberto Esparza y Mercedes Madrigal.

En el lado oriente la zona de las calles De Ocampo, De la Reja, Jade, Turquesa y Simón Bolívar, con zonas más reducidas pero con las mismas profundidades.

Finalmente, la prolongación del arroyo Los Guayabos hacia la zona urbana muestra posibilidades de alcanzar profundidades desde 0.46 a los 1.05 metros en áreas aisladas del mismo cauce.

Con respecto a los arroyos que descienden del Nevado de Colima, el arroyo El Capulín puede alcanzar velocidades superiores a los 3 m/s y tirantes de 2 metros en algunos puntos. Este arroyo cruza la carretera estatal El Grullo-Ciudad Guzmán a la altura del Tecnológico de Ciudad Guzmán provocando daños tanto a las instalaciones de la institución educativa como a la propia carretera y su interrupción, con lo que se genera un factor de riesgo para las personas que circulan por esa vía.

Como se aprecia en el mapa de riesgos, extensas zonas agrícolas se han visto afectadas por el desborde de los arroyos Salto de Cristo, Piedra Ancha y Delgado, con la consecuente destrucción de cultivos, aunado a la pérdida de suelos y el arrastre de sedimentos.

Tanto los arroyos generados en la cara oriente del Nevado de Colima como el Mencionado Chuluapan convergen paralelamente en el límite poniente de la zona urbana. La simulación

hecha para periodos de retorno de 10 años, muestra la formación de planicies de inundación que alcanzan un nivel de peligro alto por ser zonas que se inundan con tormentas de periodo de retorno menor a 100 años, tal como se muestra en el mapa de riesgos.

### **Riesgos y daños causados por el crecimiento de la superficie de la Laguna de Zapotlán.**

Ya que la subcuenca Laguna de Zapotlán es de tipo endorreico, los escurrimientos generados en toda la subcuenca se concentran en la laguna. Los cambios de uso de suelo forestal a agrícola, ocurridos de manera muy notoria en los últimos años, particularmente, por la introducción de cultivos protegidos y huertas de aguacate en las partes altas de la cuenca, han provocado el incremento de pérdida de suelo y de escurrimientos debido al aumento de la superficie impermeable. Ambos procesos repercuten en expandir la superficie de la laguna y disminuir su profundidad. Esta dinámica afecta principalmente a zonas agrícolas que circundan al cuerpo de agua y vías de comunicación, pero además degradan las partes altas de la cuenca. (Fotografía 6.2.8.1.)

La profundidad de esta llanura de inundación no es mayor a 0.50 m, pero esto ya imposibilita el uso de vías de comunicación y de parcelas para determinados fines agrícolas. Recientemente ha sido necesario subir el nivel del llamado Libramiento Periférico sur, lo cual ha provocado una gran cantidad de accidentes, algunos de ellos graves.



**Fotografía 6.2.8.1.** Trabajos para Aumentar el nivel de Libramiento Periférico Sur por encima del nivel de la llanura de inundación (Fuente: IIEG, 2015.).

Así mismo, se han visto afectadas otras infraestructuras como las del Polideportivo Laguna de Zapotlán y el malecón, además de restaurantes y pequeñas rancherías que han sido inundadas aún antes del temporal de lluvias.(Fotografías 6.2.8.2. y 6.2.8.3.)



**Fotografía 6.2.8.2.** Inundación del Polideportivo Laguna de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015.).



**Fotografía 6.2.8.3.** Daños en malecón de la Laguna por aumento de nivel (Fuente: IIEG, 2015.).



**Imagen 6.2.8.2.** Extensión de la laguna y su llanura de inundación. (Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth, 2015).

Riesgo presentes	Ha ocurrido
Pérdida de vidas humanas	no
Daño a infraestructura hidráulica	Si
Daño a vías de comunicación	Si
Degradación del Medio ambiente	Si
Propagación de enfermedades	Si
Escasez de alimentos	No
Daño a casas habitación	Si
Daño a comercios	Si
Daño a zonas agrícolas	Si
Daño a vehículos por arrastre	Si
Interrupción de servicios	Si
Desplazamientos masivo de población	No
Desalojo y/o abandono de lugares	Si
Falla de presa	No
Deslizamientos	Si

**Tabla 6.2.8.2.** Resumen de Riesgos, debido a inundaciones en Zapotlán el Grande y su actualización.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## **Recomendaciones:**

### **Arroyos y Laguna de Zapotlán**

- 1) En función de un **Plan de Control de Crecientes**, establecer el arroyo El Capulín desde la zona del Tecnológico de Ciudad Guzmán hasta la Laguna de Zapotlán como *cauce de crecientes* o *vía de desagüe intenso*, hacer el levantamiento topográfico necesario y definir la zona inundable para Tr 500 años.
- 2) Definir mediante un estricto Plan de Desarrollo Urbano los usos permitidos dentro de la planicie de inundación del Arroyo El Capulín y sus afluentes ( uso agrícola, de campos deportivos, parques, jardines, huertos, viveros, etc. )
- 3) Definir los usos de suelo y especificaciones de construcción dentro de las áreas inundadas rescatadas.
- 4) identificar y corregir constricciones en cauces.
- 5) Estudio para la construcción de presas para retener azolves tanto en los escurrimientos del Nevado de Colima como los provenientes de la Sierra El Tigre, u otras medidas tales como reforestación, terrazas, presas de gaviones, etcétera, que contribuyan a proteger los suelos en la cuenca.
- 6) Una vez implementadas las soluciones para evitar el arrastre de sedimentos en la parte alta de la cuenca, plantear el dragado de causas en la parte baja de tal forma de regresarla a su condición de equilibrio. El dragado, para que sea eficiente, deberá estar bien sustentado en un estudio hidrológico preciso.
- 7) Inspección de los bordos construidos con fines agrícolas e inutilización de aquellos que no estén construidos de manera adecuada.
- 8) Elaborar un estudio batimétrico de la Laguna de Zapotlán.





INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## **Sistema de Alcantarillado**

- 1) Elaboración y/o complemento del catastro de alcantarillado sanitario, incluye levantamiento de campo de red, planos generales y fichas técnicas, incluyendo actualizar la localización y dimensiones de todos los cauces, zanjas y canales existentes.
- 2) Diagnóstico integral de la red de alcantarillado, que incluya:
  - Determinar si existen cierres hidráulicos originados en cambios de sección con disposición errónea.
  - Comprobar que en cualquier pozo de inspección la tubería de aguas abajo no sea inferior a la de aguas arriba, y sustituirlos en su caso.
  - Establecer o actualizar programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- 3) Ampliación de la red de alcantarillado sanitario para proporcionar servicio a las zonas que no cuentan con él.
- 4) Promover que una parte de los escurrimientos se infiltren mediante franjas filtrantes, pozos de absorción, subdrenes de percolación, pavimentos porosos, etc.
- 5) Establecer o reforzar una campaña permanente de educación para que los ciudadanos no arrojen basura a las calles y/o sustancias contaminantes a la red de drenaje.
- 6) Eliminar las descargas clandestinas de aguas residuales.



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Bibliografía

- **Arriaga, V., V. Et al 1994.** Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- **Atlas de Riesgo, 2005** Atlas de Riesgo, Primera fase, Modulo I, Ayuntamiento constitucional de Zapotlán El Grande, Jalisco.
- **Atlas de Riesgo, 2005** Atlas de Riesgo, Primera fase, Modulo II, Ayuntamiento constitucional de Zapotlán El Grande, Jalisco.
- **Batís, A. Et al. 1999.** Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Instituto de Ecología, UNAM - CONABIO. México, D.F.
- **CONAFOR, 2010,** Manual de Conservación de suelos Segunda parte A, Manuales Técnicos, México.
- **CONAFOR, 2012** Conservar y restaurar suelos forestales controla la desertificación y mitiga la sequía, Agencia 3 sin censura informativa, México.
- **CONAFOR, 2010.** Prácticas de reforestación “Manual Básico” primera edición.

## Fuentes electrónicas:

- <http://eias.entalca.cl/obras.html>.
- <https://agencia3.wordpress.com>
- <http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&id=88>.

## Índice de Fotografías, Gráficas, Imágenes, Mapas, y Tablas

### Fotografías

<b>Fotografía 6.1.9.2.1.</b> Terrazas o bancales semicirculares. (Fuente: <a href="http://eias.entalca.cl/obras.html">http://eias.entalca.cl/obras.html</a> ).....	VI-52
<b>Fotografía 6.1.9.2.2.</b> Cultivo de maíz a curvas a nivel con el surcado perpendicular a la pendiente. (Fuente: <a href="https://agencia3.wordpress.com">https://agencia3.wordpress.com</a> ) .....	VI-52
<b>Fotografía 6.1.9.2.3.</b> Presa de malla de alambre electrosoldada. (Fuente: <a href="http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&amp;id=88">http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&amp;id=88</a> ). .....	VI-53
<b>Fotografía 6.1.9.2.4.</b> Presa de morillos. (Fuente: <a href="http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&amp;id=88">http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&amp;id=88</a> ). .....	VI-54



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

<b>Fotografía 6.2.8.1.</b> Trabajos para Aumentar el nivel de Libramiento Periférico Sur por encima del nivel de la llanura de inundación (Fuente: IIEG, 2015.).	VI-84
<b>Fotografía 6.2.8.2.</b> Inundación del Polideportivo Laguna de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015.).	VI-85
<b>Fotografía 6.2.8.3.</b> Daños en malecón de la Laguna por aumento de nivel (Fuente: IIEG, 2015.).	VI-85

### Gráficas

<b>Gráfica 6.1.9.1.1.</b> Porcentaje de las intensidades de riesgo por erosión hídrica municipal. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015)	VI-46
<b>Gráfica 6.1.9.1.2.</b> Porcentaje de infraestructura con intensidad alta de riesgo por erosión hídrica del municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-49
<b>Gráfica 6.1.9.1.3.</b> Porcentaje de infraestructura con intensidad media de riesgo por erosión hídrica del municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-50
<b>Gráfica 6.2.1</b> Velocidades máximas por mes registradas en estación Nevado de Colima.	VI-60
<b>Gráfica 6.2.2.1.</b> Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-63
<b>Gráfica 6.2.2.2.</b> Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-64
<b>Gráfica 6.2.2.3.</b> Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo medio.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-65
<b>Gráfica 6.2.2.4.</b> Superficie en hectáreas de aguacate y maíz con diferentes niveles de riesgo. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-65
<b>Gráfica 6.2.2.5.</b> Superficies en hectáreas para todos los cultivos con algún nivel de riesgo. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-66

### Imágenes

<b>Imagen 6.2.8.1.</b> Grafica de la ecuación dos. (Fuente: Gómez Valentín, Manuel en Hidrología Urbana, Barcelona, 2009).	VI-82
<b>Imagen 6.2.8.2.</b> Extensión de la laguna y su llanura de inundación. (Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth, 2015).	VI-86

### Mapas

<b>Mapa 6.1.1.1.</b> Mapa del riesgo por falla a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-8
<b>Mapa 6.1.1.2.</b> Mapa de riesgo en la Cabecera Municipal de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-9
<b>Mapa 6.1.2.1.</b> Riesgo por fractura a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-13
<b>Mapa 6.1.3.1.</b> Mapa de riesgo sísmico para el Municipio de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-17
<b>Mapa 6.1.3.2.</b> Mapa de riesgo sísmico para Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-18
<b>Mapa 6.1.3.3.1.</b> Mapa de riesgos por Licuefacción (Fuente: IIEG, 2015).	VI-20
<b>Mapa 6.1.4.1.</b> Mapa de riesgos por Vulcanismo para el Municipio de Zapotlán El Grande (Fuente: IIEG, 2015).	VI-23
<b>Mapa 6.1.4.2.</b> Mapa de riesgos por vulcanismo para Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-24
<b>Mapa 6.1.5.1.</b> Riesgo por deslizamiento a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-28
<b>Mapa 6.1.5.2.</b> Riesgo por deslizamiento en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-29
<b>Mapa 6.1.6.1.</b> Mapa de Flujos, lodo, tierra y suelo a nivel Municipal de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-32



INSTITUTO DE  
INFORMACIÓN  
ESTADÍSTICA Y  
GEOGRÁFICA



SEDATU  
SECRETARÍA DE DESARROLLO  
AGRIARIO, TERRITORIAL Y URBANO



## Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

<b>Mapa 6.1.6.2.</b> Mapa de Flujos de lodo, tierra y suelo a nivel de la cabecera Municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-33
<b>Mapa 6.1.7.1.</b> Flujos de avalancha de detritos a nivel Municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-36
<b>Mapa 6.1.7.2.</b> Riesgos por Flujos de avalancha de detritos a nivel cabecera municipal (Fuente: IIEG, 2015).	VI-37
<b>Mapa 6.1.8.1.</b> Mapa de riesgos por hundimientos en el Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: IIEG, 2015).	VI-41
<b>Mapa 6.1.8.2.</b> Mapa de riesgos por hundimientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-42
<b>Mapa 6.1.9.1.1.</b> Riesgo a erosión hídrica por proceso de sedimentación y acumulación. (Fuente: IIEG, 2015).	VI-47

### Tablas

<b>Tabla 6.1.1.</b> Nivel de afectación y consecuencias de los Riesgos naturales en Ciudad Guzmán (IIEG, 2015).	VI-5
<b>Tabla 6.1.2.</b> Características del Riesgo que se pueden presentar en Zapotlán el Grande (IIEG, 2015).	VI-6
<b>Tabla 6.1.1.1.</b> Riesgos por falla en los diversos elementos afectables en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).	VI-10
<b>Tabla 6.1.2.1.</b> Elementos afectables en riesgo por fracturamiento (Fuente: IIEG, 2015).	VI-13
<b>Tabla 6.1.3.1.1.</b> Estadística de la población en riesgo por sismo (Fuente: IIEG, 2015).	VI-18
<b>Tabla 6.1.3.5.1.</b> Población en Riesgo por Licuefacción (Fuente: IIEG, 2015).	VI-21
<b>Tabla 6.1.4.2.1.</b> Viviendas en riesgo por depósito de Cenizas (Fuente: IIEG, 2015).	VI-26
<b>Tabla 6.1.5.2.1.</b> Estadística de viviendas afectadas ante Riesgos por deslizamientos.	VI-30
<b>Tabla 6.1.6.1.</b> Población en Riesgo por Flujos de lodos, tierra y suelo (Fuente: IIEG, 2015).	VI-33
<b>Tabla 6.1.7.1.</b> Población en Riesgo por Flujos de Avalanchas de detritos (IIEG, 2015).	VI-38
<b>Tabla 6.1.8.2.1.</b> Elementos afectables en riesgos por hundimientos (Fuente: IIEG, 2015).	VI-44
<b>Tabla 6.1.9.1.1.</b> Longitud de la infraestructura urbana considerada con alto de riesgo por erosión hídrica. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-48
<b>Tabla 6.1.9.1.2.</b> Longitud de la infraestructura urbana considerada con medio de riesgo por erosión hídrica. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).	VI-50
<b>Tabla 6.2.1.</b> Peligrosidad de un ciclón por la altura de precipitación provocada	VI-56
<b>Tabla 6.2.2.</b> Huracanes con incidencia en el Municipio de Zapotlán el Grande.	VI-56
<b>Tabla 6.2.3</b> Certidumbre de cero heladas menores a 0 °C.	VI-57
<b>Tabla 6.2.3</b> Disminución regional de la precipitación en mm. Elaboración propia.	VI-58
<b>Tabla 6.2.4</b> Velocidades de viento para Ciudad Guzmán y diferentes Tr.(Fuente: CFE, 2008).	VI-60
<b>Tabla 6.2.2.1.</b> Porcentaje de superficies de aguacate y maíz con diferentes niveles de riesgo.	VI-64
<b>Tabla 6.2.5.1.</b> Hectáreas por tipo de cultivo en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).	VI-74
<b>Tabla 6.2.5.2.</b> Hectáreas por tipo de vegetación en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).	VI-75
<b>Tabla 6.2.5.3.</b> Número de personas en riesgo por sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).	VI-75
<b>Tabla 6.2.6.1.</b> Proyección de la distribución de la Población al 2015. (Fuente CONAPO, 2015).	VI-77
<b>Tabla 6.2.8.1.</b> Niveles de riesgo para personas circulando a pie.	VI-83
<b>Tabla 6.2.8.2.</b> Resumen de Riesgos, debido a inundaciones en Zapotlán el Grande y su actualización.	VI-86