Gaceta
Municipal de Zapotlán

MEDIO OFICIAL DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL GOBIERNO MUNICIPAL DE ZAPOTLÁN EL GRANDE, JALISCO. AÑO 8 NÚM. 95 016 DE FEBRERO DE 2016

ATLAS MUNICIPAL DE PELIGROS Y RIESGOS NATURALES DE ZAPOTLÁN EL GRANDE

LIC. ALBERTO ESQUER GUTIERREZ, Presidente Municipal Constitucional del Municipio de Zapotlán el grande, Jalisco, en cumplimiento a lo dispuesto en los artículos 42 fracción IV y V y 47 fracción V de la Ley del Gobierno y la Administración Pública Municipal para el Estado de Jalisco, así como lo previsto por el numeral 103 del Reglamento Interior del Ayuntamiento de Zapotlán el grande Jalisco y el resolutivo SEGUNDO, del punto tres de la sesión ordinaria número 4 cuatro de fecha 11 de febrero del 2016, por lo que a todos los habitantes del Municipio de Zapotlán, HAGO SABER.

Que este Ayuntamiento de Zapotlán el Grande, Jalisco, en pleno ejercicio de sus atribuciones en la Sesión Ordinaria No. 4 de fecha 11 de febrero de 2016 en el punto No 3 tuvo a bien aprobar los siguientes:

ACUERDOS:

PRIMERO.- Se aprueba tanto en lo general como en lo particular el **"Atlas de Peligros y Riesgos del Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco",** el cual entrará en vigor al día hábil siguiente de su publicación en la Gaceta Municipal de Zapotlán.

SEGUNDA.- Una vez aprobado el ordenamiento municipal, se proceda a su promulgación por parte del Presidente Municipal de conformidad a lo que señala el artículo 42, fracciones IV, V, y artículo 47, fracción V, de la Ley del Gobierno y la Administración Pública Municipal del Estado de Jalisco y demás relativos al Reglamento de la Gaceta Municipal de Zapotlán el Grande, Jalisco.

TERCERA.- El presente ordenamiento municipal entrará en vigor al día siguiente hábil de su publicación en la Gaceta Municipal de Zapotlán el Grande, Jalisco, y deberá ser divulgado en el portal web oficial de este Municipio de conformidad al Reglamento de la Gaceta Municipal de Zapotlán el Grande, Jalisco.

CUARTA.- Se abrogan y se derogan todas las disposiciones que se opongan al presente ordenamiento.

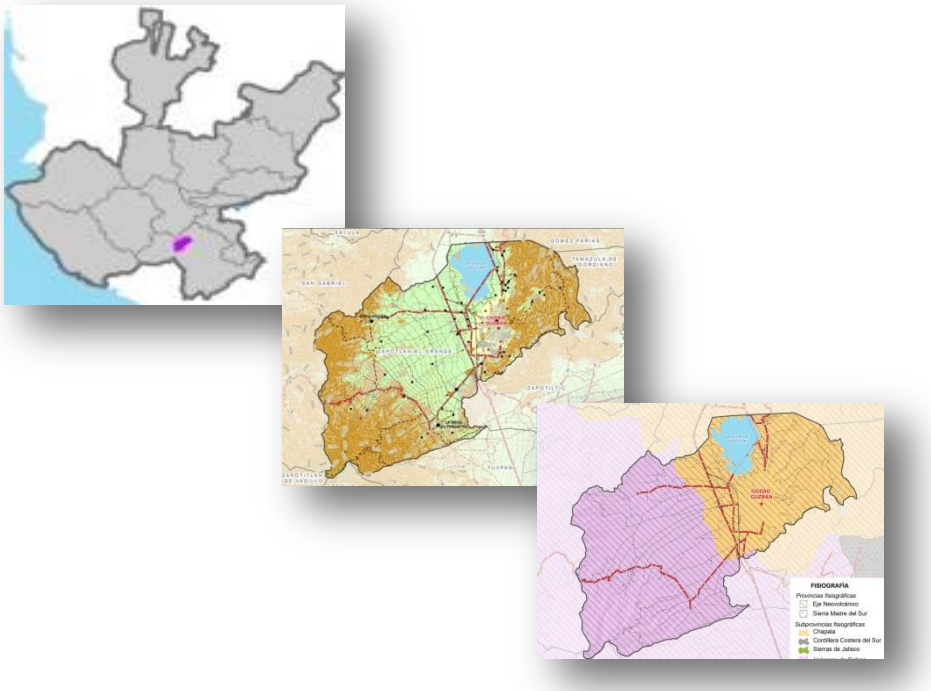
QUINTA.- Se faculta al ciudadano Secretario General para los efectos que realice la publicación, certificación y divulgación correspondiente, además de suscribir la documentación inherente para el debido cumplimiento del presente acuerdo, de conformidad a lo que señala el artículo 42, fracción V, de la Ley del Gobierno y la Administración Pública Municipal del Estado de Jalisco y demás relativos al Reglamento de la Gaceta Municipal de Zapotlán el Grande, Jalisco.

SEXTA.-. Una vez publicada la presente disposición, remítase mediante oficio un tanto de ella al Congreso del Estado de Jalisco, para los efectos ordenados en las fracciones VI y VII, del artículo 42, de la Ley del Gobierno y la Administración Pública Municipal del Estado de Jalisco.

SÉPTIMA.- Se Notifique al Consejo Municipal de Protección civil y Bomberos de Zapotlán el Grande, Jalisco, por parte de la Secretaría General, para los efectos legales a que haya lugar.

Capítulo I

Antecedentes e Introducción



Contenido

Capítulo I. Antecedentes e Introducción

1.1. Antecedentes I-3
1.2. Introducción I-4
1.3. Metodología I-6
1.4. Localización I-10
1.5. Mapa base I-12
Bibliografía I-14
Índice de Figuras, Mapas y Tablas I-14

Capítulo I. Antecedentes e Introducción

1.1. Antecedentes

Por las características geográficas que presenta el territorio nacional, éste se encuentra expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales, situación que provoca que más de 90 millones de habitantes en el país residan en zonas de riesgo, de los cuales cerca del 70% habitan en zonas urbanas, el 9.5% en zonas semiurbanas y el resto 20.5% lo hace en zonas rurales.

Actualmente, existe una desvinculación de la planeación territorial y las políticas para la prevención del riesgo, lo que ha propiciado la expansión de los asentamientos humanos hacia zonas no aptas. Lo anterior, aunado al aumento de fenómenos relacionados con el cambio climático, la problemática en el manejo de las cuencas hidrológicas, el deterioro ambiental, la marginación y la insuficiente cultura de prevención y mitigación, entre otros, conlleva a desastres cada vez más devastadores, tal como los que se han presentado en las últimas décadas

El Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) está dirigido a mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural, para aumentar la resiliencia en los gobiernos locales y la sociedad, a fin de evitar retrocesos en las estrategias para elevar la calidad de vida de la población y contribuir al cumplimiento de los objetivos institucionales en materia de ordenamiento territorial. [1]

El Programa se conceptualizó como una política pública a escala municipal, encaminada a evitar la ocupación del suelo en zonas no aptas para los asentamientos humanos y por ende, prevenir la ocurrencia de desastres; definiendo lineamientos para apoyar a las autoridades municipales del país con herramientas básicas para el diagnóstico, ponderación y detección precisa de peligros, vulnerabilidad y riesgos, enfocados a contribuir a un desarrollo territorial ordenado y sustentable.

En la actualidad, la mayoría de la información de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad es escasa y heterogénea, carente de criterios unificados que la hagan complementaria, consistente y compatible. Por lo anterior, resulta prioritario generar, actualizar y elevar la calidad de los atlas de riesgos desde un contexto estandarizado que permita homologar los criterios de calificación y cuantificación de los peligros, la vulnerabilidad y el riesgo, así como del levantamiento en campo de información referente a los fenómenos

[1] Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para el ejercicio fiscal 2014, publicadas en el Diario Oficial - Domingo 29 de diciembre de 2013.

perturbadores de origen natural a través de documentos metodológicos y cartografía elaborados por especialistas expertos en el ámbito de los peligros naturales. [2]

1.2. Introducción

En el Anexo IV. "Relación de Municipios con Riesgo Global" de las Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para el ejercicio fiscal 2014, publicadas en el Diario Oficial el domingo 29 de diciembre de 2013, se muestra la relación de los municipios con un índice de riesgo global alto y muy alto, en la que se clasifica al municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco con un índice de riesgo global **muy alto**. (Tabla 1.2.1).

ESTADO	CLAVE	MUNICIPIO O DELEGACIONES POLÍTICAS	INDICE DE RIESGO GLOBAL
JALISCO	14003	Ahualulco de Mercado	Alto
	14004	Amacueca	Alto
	14006	Ameca	Alto
	14007	San Juanito de Escobedo	Alto
	14014	Atoyac	Alto
	14015	Autlán de Navarro	Muy alto
	14022	Cihuatlán	Alto
	14023	Zapotlán el Grande	Muy alto
	14024	Cocula	Alto
	14032	Chiquilistlán	Alto
	14034	Ejutla	Alto
	14036	Etzatlán	Alto
	14037	El Grullo	Alto
	14038	Guachinango	Alto
	14039	Guadalajara	Alto
	14040	Hostotipaquillo	Alto
	14052	Juchitlán	Alto
	14054	El Limón	Alto
	14055	Magdalena	Alto
	14065	Pihuamo	Alto
	14067	Puerto Vallarta	Muy alto
	14075	San Marcos	Alto
	14079	Gómez Farías	Alto
	14082	Sayula	Alto
	14085	Tamazula de Gordiano	Alto
	14086	Tapalpa	Alto
	14087	Tecalitlán	Alto
	14099	Tolimán	Muy alto
	14102	Tonaya	Alto
	14103	Tonila	Muy alto
	14106	Tuxcacuesco	Alto
	14108	Tuxpan	Muy alto
	14113	San Gabriel	Muy alto
	14121	Zapotiltic	Muy alto
	14122	Zapotitlán de Vadillo	Muy alto

Tabla 1.2.1. Relación de Municipios con Riesgo Global (Fuente: Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos para el ejercicio fiscal 2014).

[2] Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013.

El análisis histórico y actual de los peligros hidrometeorológicos y geológicos a los que por su localización geográfica está expuesto el municipio de Zapotlán el Grande, y el análisis de sus índices de vulnerabilidad social y física, han hecho posible estimar el nivel de afectación y consecuencias que podrían provocar los riesgos al municipio, a partir de los cuales se han podido establecer los siguientes niveles de consecuencias:

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.

La generación de un Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales en Zapotlán el Grande, Jalisco, permite conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; analizar los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan; identificar y establecer a distintos niveles de escala y detalle las características y niveles actuales de riesgo; entendiendo el riesgo como el producto del peligro (agente perturbador), la vulnerabilidad (propensión a ser afectado) y la exposición (el valor del sistema afectable).

Refiriéndonos a la gestión integral de riesgo como un proceso de planificación, participación, intervención, toma de decisiones y políticas de desarrollo sustentables para:

1) Conocer las causas de fondo que generan el riesgo;
2) La reducción, prevención y control permanente del riesgo;
3) Revertir el proceso de construcción social de los riesgos;
4) Fortalecer las capacidades de resiliencia.

Para ello se requiere un enfoque multidisciplinario, tomando en cuenta la dimensión humana en la problemática, el compromiso decidido del gobierno y sociedad, transitando armónicamente a un entorno de desarrollo sustentable y de respeto al medio ambiente.

1.3. Metodología

Sistematizar y unificar criterios en la elaboración de atlas, aportará al ordenamiento territorial, a la prevención de desastres y a mejorar las condiciones del entorno urbano y rural en nuestro país; a su vez, el conocimiento del territorio y la toma decisiones informada contribuirá a la consolidación de los asentamientos humanos en zonas aptas, lo que mejorará la calidad de vida de la población.

Para la realización de los Atlas de riesgos y de acuerdo con la legislación nacional vigente en materia de Riesgos y Protección Civil (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Ley General de Protección Civil), se debe analizar cada fenómeno con un rigor técnico alto, por lo que se recomienda aplicar la guía metodológica de SEDATU contenida en las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013, que tienen como objeto apoyar en el proceso de elaboración de cartografía temática y bases de datos relacionados con los procesos perturbadores que afectan al territorio. El atlas permitirá:

1. Contar con un documento que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
2. Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes.
3. Sentar las bases para definir un esquema territorial de prevención, planeación y gestión del riesgo.

Las bases teóricas y sistémicas de los Niveles de Análisis para la Elaboración de Atlas de riesgos, se conformaron de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos.

El propósito general de la estandarización de criterios en la elaboración del Atlas se circunscribe a la unificación de cuatro elementos básicos que permitan equiparar y homologar la información de todos los municipios del país; de esta forma se concibe que todos los documentos emanados por los territorios municipales de México posean los mismos razonamientos en cuanto a:

1. Métodos de estudio del sistema perturbador

Por métodos de estudio se refiere a los planteamientos metodológicos que existen para obtener información precisa y en diferentes escalas de trabajo acerca de los sistemas perturbadores de origen natural que afectan el territorio nacional.

2. Jerarquía de complejidad de métodos de estudio
Este punto observa el desarrollo jerárquico de métodos, se consideran desde lo más simple hasta lo más complejo desde el punto de vista de la metodología empleada. De esta forma, el "Método 1" representa el nivel más básico de estudio y obtención de información; el cual de manera progresiva aumentará la complejidad de acuerdo a las características de la zona de estudio, aumentando también la numeración del mismo; es decir, el "Método 2" será más complejo que el número 1, el 3 más que el número 2 y así sucesivamente. Es importante mencionar que los métodos aquí propuestos son indicativos; es decir si un especialista opta por emplear un método similar o más innovador, que los aquí sugeridos, será perfectamente factible y por tanto incluirá la metodología a utilizar.

3. Métodos de representación cartográfica de los sistemas naturales Se definen las escalas de representación cartográfica de acuerdo con el origen y expresión territorial de cada uno de los sistemas perturbadores de la zona de estudio.

4. Especificaciones técnicas para la elaboración de la cartografía
Se establecen criterios formales para la representación y edición cartográfica en un formato universal y de libre acceso que permita integrar la información de todos los municipios en una sola base de datos.

En cumplimiento con lo arriba mencionado, el presente documento se encuentra conformado por una serie de cuadros que abordan tres elementos sustantivos en el estudio de los riesgos asociados fenómenos naturales; estos son:

I. Métodos de estudio de los sistemas perturbadores clasificados en orden de complejidad de acuerdo con los criterios establecidos por el CENAPRED.
II. Evidencias que se pueden encontrar al realizar el estudio de los sistemas perturbadores en campo y/o en documentos escritos o cartográficos.
III. Indicadores de vulnerabilidad (pertenecen al grupo de evidencias físicas o documentales que se relacionan con la ocurrencia de los procesos naturales que relacionan con la ocurrencia de sistemas perturbadores de origen natural).

La unificación de criterios para la estandarización en la elaboración de atlas y catálogo de datos geográficos, permitirá el análisis integral de los sistemas perturbadores en el territorio nacional considerando los principales sistemas, subsistemas y elementos que constituyen el peligro y riesgo.

Un factor importante que se considera en los lineamientos es el carácter dinámico de los agentes y procesos perturbadores que generan riesgos, pues el proceso de encadenamiento entre los sistemas genera más problemas y genéricamente se ha demostrado que pueden potencializar e incluso provocar un desastre. Un ejemplo de ello se representa en un sismo, el cual se puede asociar con procesos de caída de rocas,

agrietamientos e incendios entre otros procesos, los cuales a su vez generan situaciones más conflictivas y difíciles de resolver.

La guía ha sido construida con criterios de expertos académicos de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, se realizó a través de estudios en campo y gabinete; concertada con los responsables de instituciones nacionales como el CENAPRED y la DGDT de SEDESOL (a partir del 2013 Dirección General de Ordenamiento Territorial y Atención a Zonas de Riesgo en SEDATU); los apartados , (Ver también Figura 1.3.1) básicos que contiene por tipo de peligro son los siguientes:

A. Métodos, evidencias e indicadores de vulnerabilidad ante peligros geológicos*

- Fallas y fracturas**
- Sismos
- Tsunamis o maremotos
- Peligros volcánicos (erupciones volcánicas)
- Deslizamientos (inestabilidad de laderas)
- Derrumbes o caídos (inestabilidad de laderas)
- Flujos (inestabilidad de laderas)
- Hundimientos
- Erosión

*Los temas de subsidencia y agrietamientos no son desarrollados en la Guía, por tanto podrán ser analizados con las metodologías que los especialistas en la materia consideren más adecuadas.

B. Métodos, evidencias e indicadores de vulnerabilidad ante peligros hidrometeorológicos**

- Sistemas tropicales. Huracanes
- Sistemas tropicales. Ondas tropicales
- Masas de aire (heladas y tormentas de granizo)
- Masas de aire y frentes (tormentas de nieve)
- Tormentas eléctricas
- Sequías
- Temperaturas máximas extremas
- Vientos
- Inundaciones (pluviales, fluviales, costeras y lacustres)

*Los temas de lluvias extremas, tormentas de polvo, heladas, tornados y ondas cálidas y gélidas no son desarrollados en la Guía, por tanto podrán ser analizados con las metodologías que los especialistas en la materia consideren más adecuadas.[3]

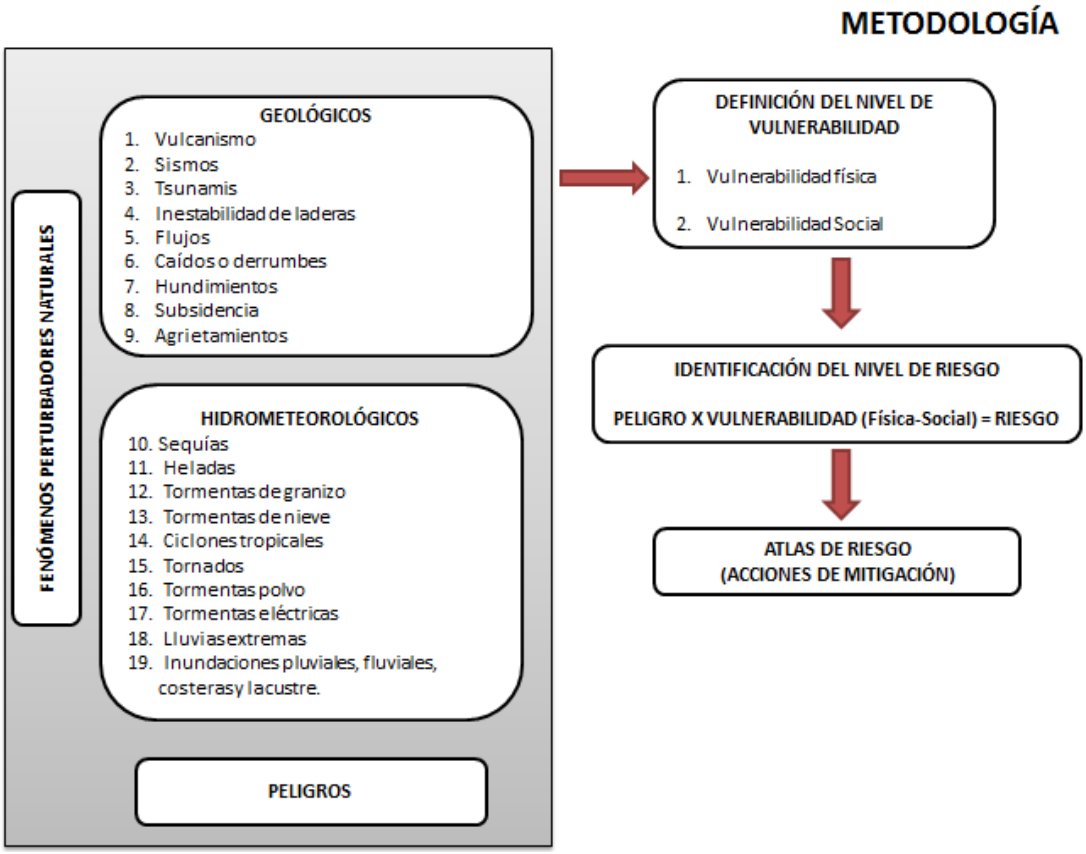


Figura 1.3.1 Metodología (Fuente: IIEG, 2015).

[3] Niveles de análisis para la elaboración de Atlas de riesgos – Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013.

1.4. Localización

El área de estudio de este documento tiene una superficie de 315 km^2 comprendido entre las siguientes coordenadas extremas: 103°37’35.31’’ a 103°22’49.7’’ de longitud oeste y; 19°34’36.9’’ a 19°46’38.5’’ latitud norte. Tiene colindancias con los municipios de Tuxpan, Zapotitltic, Tamazula de Gordiano, Gómez Farías, San Gabriel, Zapotitlán de Vadillo y Tonila.

Las elevaciones van de los 1,500 a los 3,900 msnm, la cabecera municipal, Ciudad Guzmán, se encuentra en promedio a 1,529 msnm. Las pendientes en el área de estudio son variadas, predominando las planas (<5°) con un 49%, en su mayoría se localizan en la porción central del territorio estudiado y corresponden en su mayoría a terrenos agrícolas, al cuerpo de agua de la Laguna de Zapotlán y a la cabecera municipal.

Las pendientes de lomerío (5° - 15°) y montañosas (>15°) corresponden al 18% y al 33% repartidas en la montaña oriente y el Nevado de Colima.

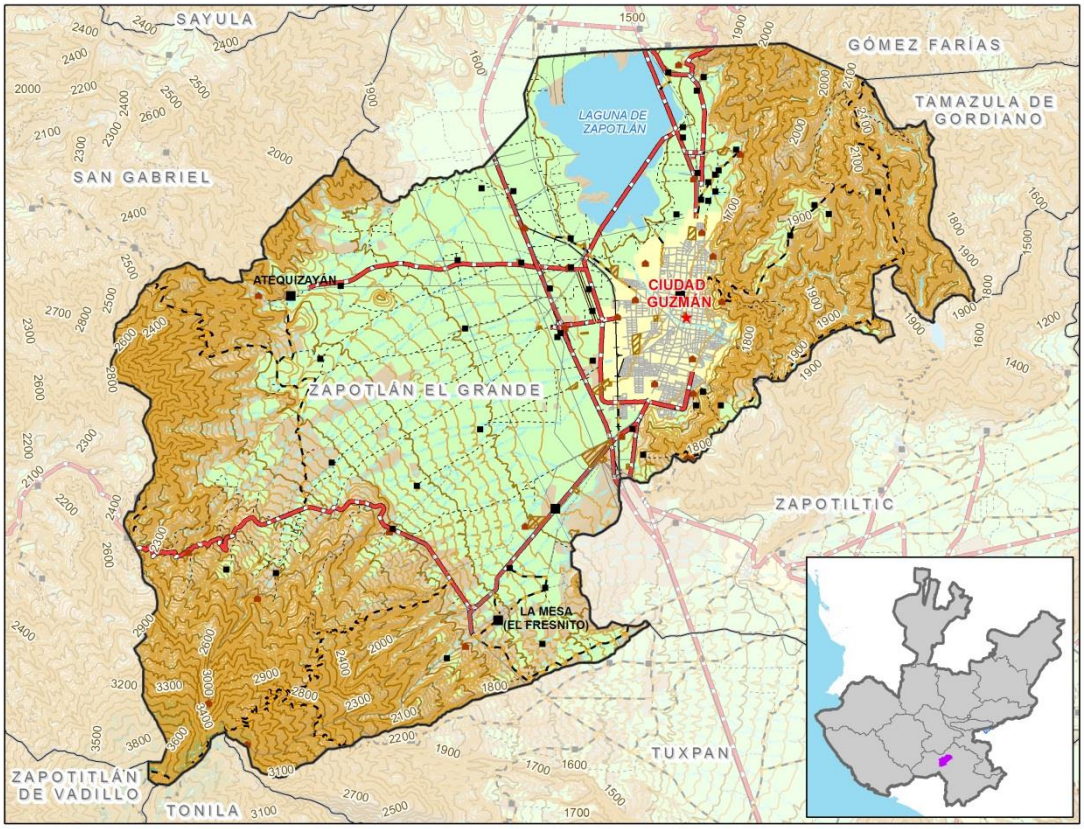
Las características del medio físico se describen en la Tabla 1.4.1.

Zapotlán el Grande, Jalisco			
Medio físico			**Descripción**
Superficie municipal (km^2)		316	El municipio de Zapotlán el Grande tiene una superficie de 316 m^2. Por su superficie se ubica en la posición 87 con relación al resto de los municipios del estado.
Altura (msnm)	Mínima municipal	1,500	La cabecera municipal es Ciudad Guzmán y se encuentra a 1,529 msnm. El territorio municipal tiene alturas entre los 1,500 y 3,900 msnm.
	Máxima municipal	3,900	
	Cabecera municipal	1,529	
Pendientes (%)	Planas (< 5°)	49.4	El 49.4% del municipio tiene terrenos planos, es decir, con pendientes menores a 5°.
	Lomerío (5° - 15°)	17.7	
	Montañosas (> 15°)	32.9	
Clima (%)	Frío	0.4	La mayor parte del municipio de Zapotlán el Grande (76.6%) tiene clima semicálido semihúmedo. La temperatura media anual es de 17.4°C, mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 28.5°C y 6.1°C respectivamente. La precipitación media anual es de 1,088 mm.
	Semicálido semihúmedo	76.6	
	Semifrío subhúmedo	3.7	
	Templado subhúmedo	19.3	
Temperatura (°C)	Máxima promedio	28.5	
	Mínima promedio	6.1	
	Media anual	17.4	
Precipitación (mm)	Media anual	1,088	
Geología (%)	Aluvial	25.7	El tipo de roca predominante es arenisca - conglomerado (28.1%), epiclásticas, originadas a partir del intemperismo y erosión de rocas preexistentes. Constituidas por minerales en fragmentos de tamaño de arena y otras de grano grueso.
	Andesita	2.5	
	Andesita-Brecha volcánica intermedia	4.4	
	Arenisca-Conglomerado	28.1	
	Basalto	1.6	
	Basalto-Brecha volcánica básica	0.1	
	Brecha volcánica básica	0.2	
	Riodacita-Toba ácida	12.7	
	Toba ácida	8.2	
	Toba intermedia	16.6	
Tipo de suelo (%)	Andosol	1.9	El suelo predominante es el regosol (47.1%), son de poco desarrollo, claros y pobres en materia orgánica pareciéndose bastante a la roca que les da origen. Son someros con fertilidad variable y su productividad se relaciona a su profundidad y pedregosidad. El cultivo de granos tiene resultados moderados a bajos y para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.
	Arenosol	12.7	
	Cambisol	21.2	
	Gleysol	1.1	
	Phaeozem	8.0	
	Regosol	47.1	
	Otros	8.0	

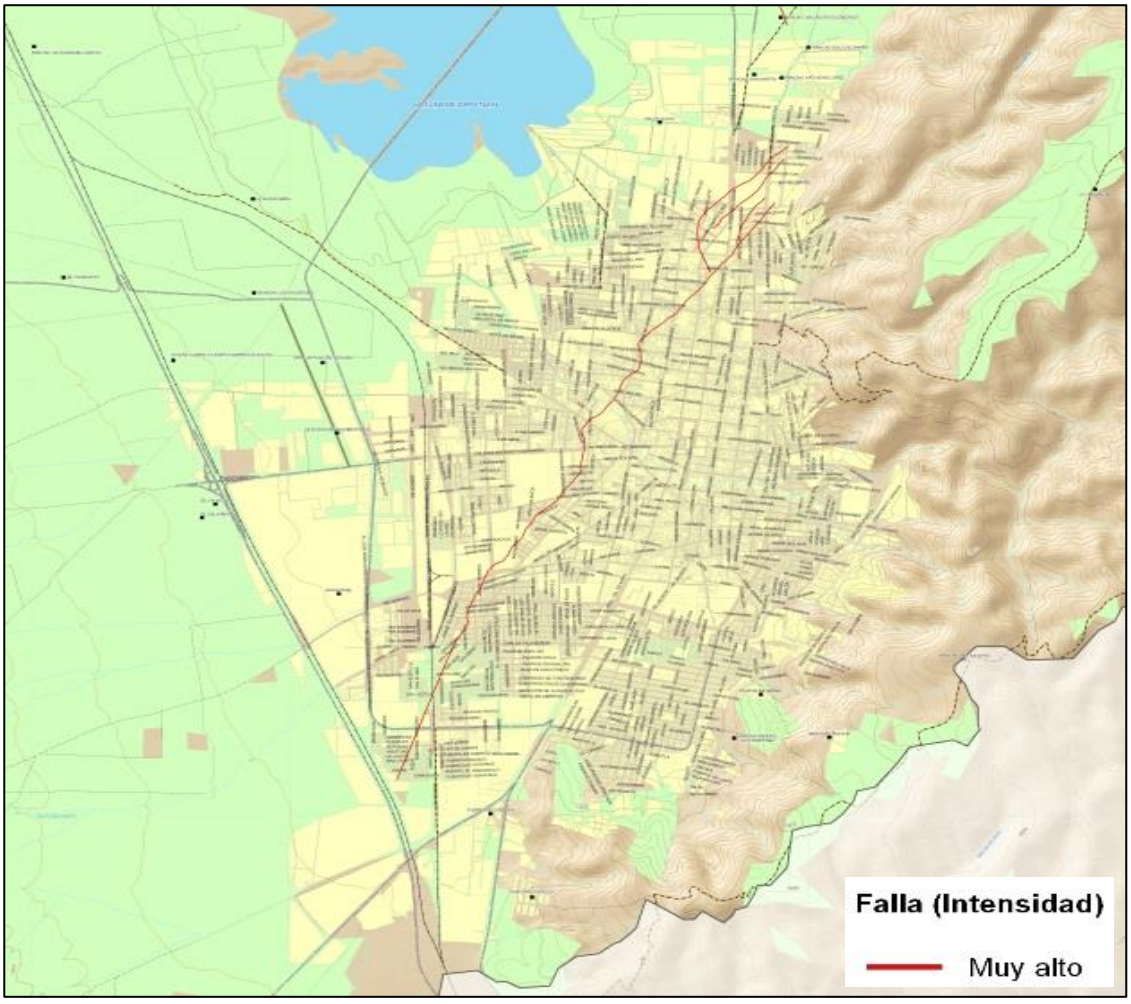
Tabla 1.4.1 Medio Físico (Fuente: IIEG, Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco; con base en: Geología, Edafología SII y Uso de Suelo y Vegetación SIV, esc. 1:250,000, INEGI. Clima, CONABIO. Tomo 1 Geografía y Medio Ambiente de la Enciclopedia Temática Digital de Jalisco. MDE y MDT del conjunto de datos vectoriales, esc. 1:50,000, INEGI. Mapa General del Estado de Jalisco 2012).

1.5. Mapa base

En este atlas de riesgo se utilizaron dos escalas de trabajo, una para la cobertura municipal con lo que se genera una cartografía escala 1:50 000 en la que se representa los peligros (Mapa 1.5.1), la vulnerabilidad y el riesgo, de las zonas rurales y naturales del municipio, y la segunda cartografía cubre la cabecera municipal (Mapa 1.5.2), en la que se organizó la información a nivel de predio.



Mapa 1.5.1. Mapa base escala municipal (Fuente: IIEG 2015, con datos de INEGI).



Mapa 1.5.2 .Mapa base escala local - Fuente: IIEG 2015, con datos del Municipio de Zapotlán el Grande

Bibliografía

- **Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013.**

- **CONABIO**. Tomo 1 Geografía y Medio Ambiente de la Enciclopedia Temática Digital de Jalisco. MDE y MDT del conjunto de datos vectoriales, esc. 1:50,000.

- **INEGI**. Clima.

- **INEGI** .Geología, Edafología SII.

- **INEGI**. Uso de Suelo y Vegetación SIV, esc. 1:250,000, INEGI.

- **INEGI. 2012.** Mapa General del Estado de Jalisco.

- **Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para el ejercicio fiscal 2014, publicadas en el Diario Oficial - Domingo 29 de diciembre de 2013.**

- **Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos para el ejercicio fiscal 2014.**

Índice de Figuras, Mapas y Tablas

Figuras

Figura 1.3.1 Metodología (Fuente: IIEG, 2015). I-9

Mapas

Mapa 1.5.1. Mapa base escala municipal (Fuente: IIEG 2015, con datos de INEGI)..... I-12
Mapa 1.5.2 .Mapa base escala local - Fuente: IIEG 2015, con datos del Municipio de Zapotlán el Grande..... I-13

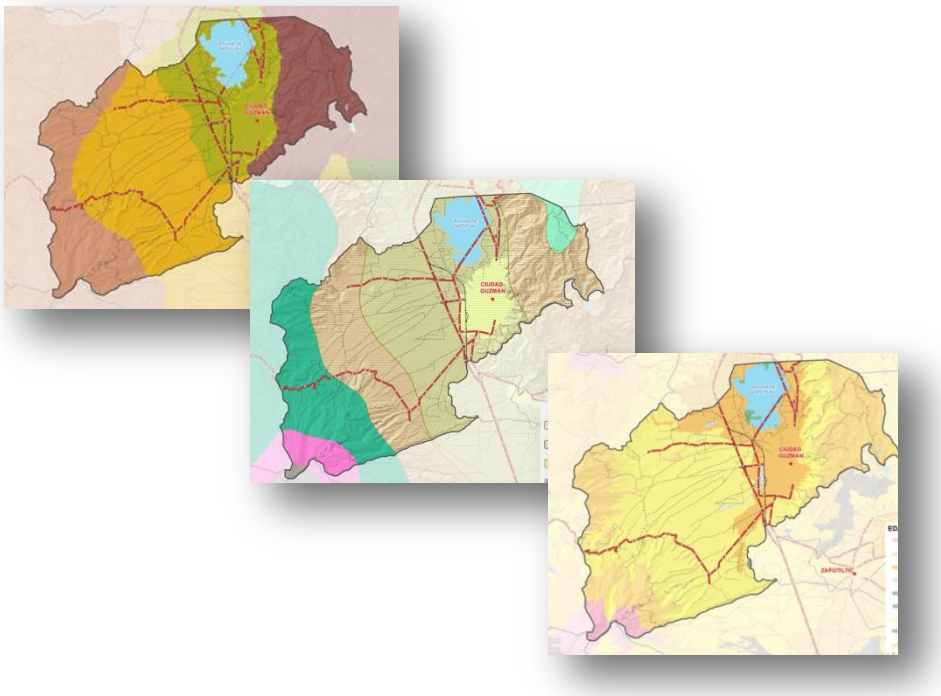
Tablas

Tabla 1.2.1. Relación de Municipios con Riesgo Global (Fuente: Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos para el ejercicio fiscal 2014). I-4

Tabla 1.4.1 Medio Físico (Fuente: IIEG, Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco; con base en: Geología, Edafología SII y Uso de Suelo y Vegetación SIV, esc. 1:250,000, INEGI. Clima, CONABIO. Tomo 1 Geografía y Medio Ambiente de la Enciclopedia Temática Digital de Jalisco. MDE y MDT del conjunto de datos vectoriales, esc. 1:50,000, INEGI. Mapa General del Estado de Jalisco 2012)..... I-11

Capítulo II

Caracterización de los elementos del medio natural



Contenido

Capítulo II. Caracterización de los elementos del medio natural

2.1. Fisiografía II-3
2.2. Geomorfología II-4
2.3. Geología II-5
2.4. Litología II-6
2.5. Edafología II-7
2.6. Tipos de suelo II-7
2.7. Hidrografía II-8
2.8. Cuencas y subcuencas II-10
2.9. Clima II-11
2.10. Uso de suelo y vegetación II-13
2.11. Áreas naturales protegidas II-16
Bibliografía II-19
Índice de Mapas y Tablas II-19

Capítulo II. Caracterización de los elementos del medio natural

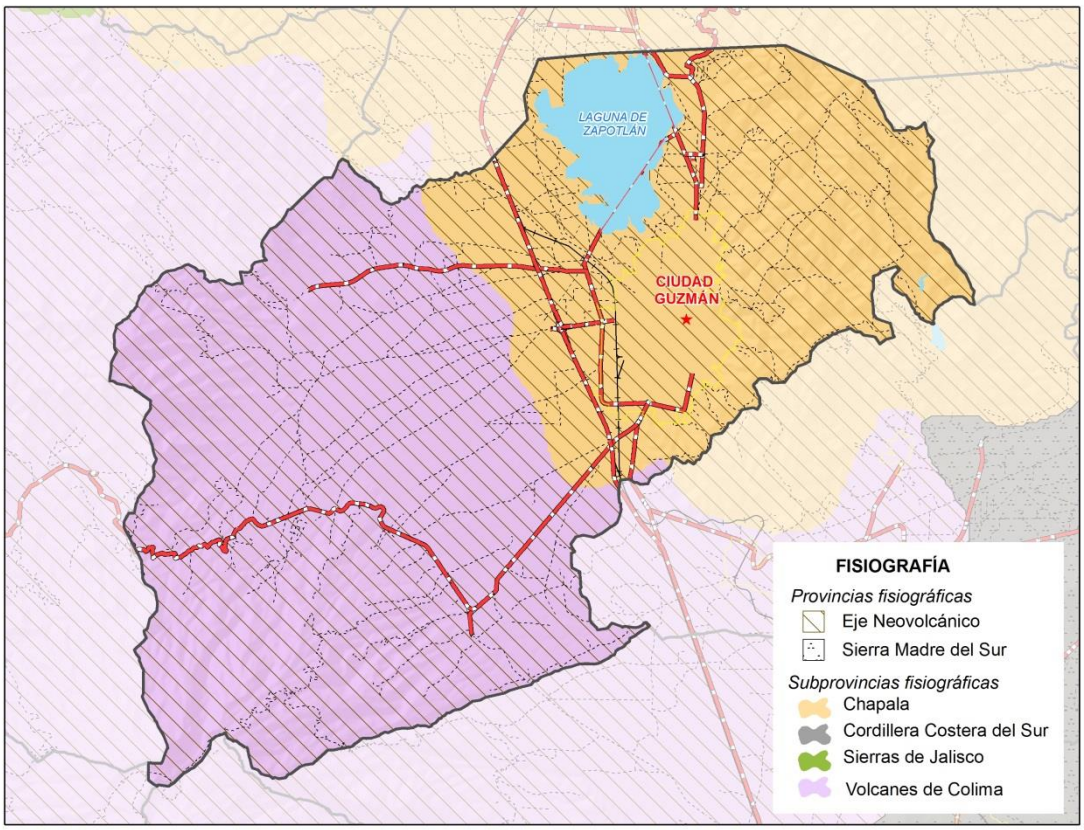
2.1. Fisiografía

El área de estudio se encuentra en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, también conocida como Sierra Volcánica Transversal, esta provincia se extiende por la porción central del país desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. Es la cordillera más alta del país, inicia en el Océano Pacífico y va desde la desembocadura del Río Grande de Santiago hasta Bahía de Banderas, de ahí continua hacia el sureste hasta el Volcán de Fuego para continuar alrededor del paralelo 19°N hasta el Pico de Orizaba y Cofre de Perote, alcanzando 880km de longitud y aproximadamente 130 km de ancho (INEEC e INEGI 2008).

Estructuralmente está conformado por rocas volcánicas, derrames de lava y otras manifestaciones de ígneas de la era Cenozoica. Es en esta provincia donde se encuentran los grandes volcanes de México, como el Pico de Orizaba (5,610 msnm), Popocatépetl (5,465 msnm), Iztaccíhuatl (5,230 msnm), Nevado de Toluca (4,680 msnm), Nevado de Colima (4,240 msnm) y volcán de Colima o de Fuego (3,838 msnm) (INEEC e INEGI 2008).

El Nevado de Colima forma parte del área de estudio en su porción poniente, mientras que el volcán de Fuego está al sur poniente del área de estudio, por su cercanía tiene influencia sobre los fenómenos asociados a sismicidad y vulcanismo.

De manera particular, el área de estudio se localiza en 2 subprovincias fisiográficas (Mapa 2.1.1), el 57% en la subprovincia Volcanes de Colima y el 43% restante en la subprovincia Chapala (INEGI 2001).



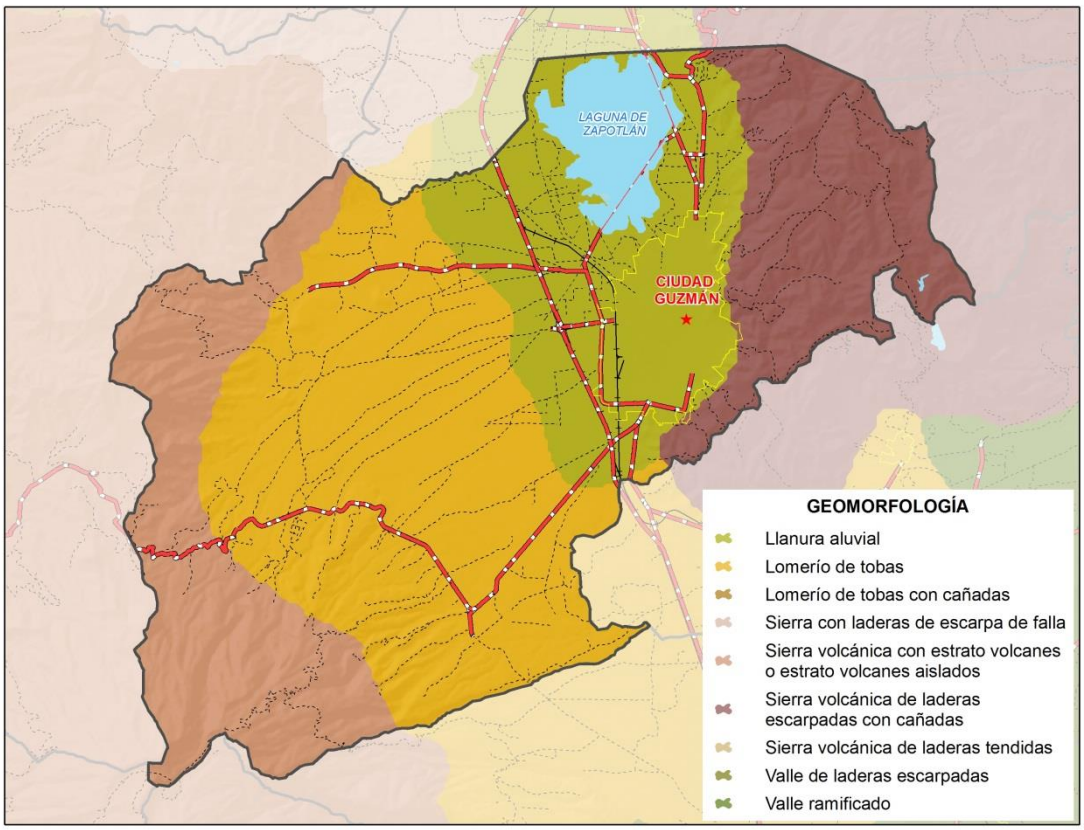
Mapa 2.1.1. Fisiografía del área de estudio (Fuente: Carta fisiográfica, INEGI)

2.2. Geomorfología

En lo referente a las estructuras del relieve, es decir, la geomorfología del área de estudio (Mapa 2.2.1), entendida como las formas del relieve y su evolución, en el área de estudio se observan 6 estructuras principales, con las siguientes superficies (Tabla 2.1.1):

Sistema de topoformas	ha	%
Sierra con laderas de escarpe de falla	3.01	0.01
Sierra volcánica de laderas escarpadas con cañadas	4,958.04	15.81
Llanura aluvial	7,805.70	24.90
Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	6,145.30	19.60
Cuerpo de agua perenne	446.83	1.43
Lomerío de tobas	11,994.53	38.26
	31,353.41	**100**

Tabla 2.2.1. Sistemas de topoformas. (Fuente: Carta Fisiográfica, escala 1:1’000,000. INEGI).



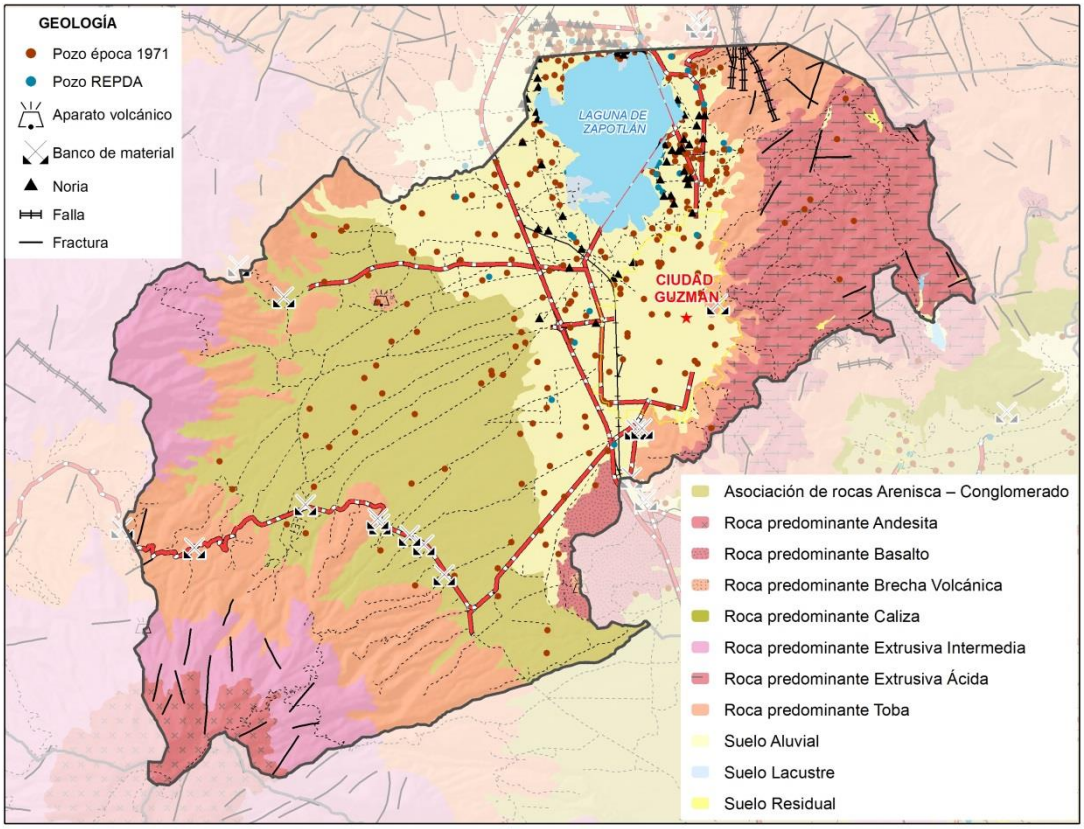
Mapa 2.2.1.Geomorfología del área de estudio. (Fuente: Carta geomorfológica, INEGI).

2.3. Geología

El área de estudio se encuentra en la cuenca de Zapotlán, la cual está ubicada en la confluencia de tres placas tectónicas, en consecuencia la región sur de Jalisco ha sido escenario de plegamientos dando lugar a la formación de la Sierra del Tigre y la Sierra de Tapalpa (anticlinales), con lo que el territorio de Zapotlán forma parte de una fosa tectónica, donde los depósitos marinos del Cretácico han sufrido procesos orogénicos intensos para después pasar a una época de vulcanismo intensivo del Mioceno al Pleistoceno, los cuales añadieron elementos estructurales como el volcán Nevado de Colima, surgido en una fase volcánica andesítica basáltica de hace aproximadamente un millón de años(Mapa 2.3.1).

Se observa la presencia de fallas normales y fracturas en la montaña oriente y en las laderas del Nevado de Colima. Una fractura es una ruptura de la corteza terrestre en la

que no ha habido desplazamiento entre los bloques, mientras que una falla es una ruptura donde sí ha existido desplazamiento.



Mapa 2.3.1 Geología del área de estudio. (Fuente: Carta Geológica (E13B15 y E13B25), escala 1:50,000. INEGI).

2.4. Litología

La roca predominante es la Arenisca–Conglomerado (génesis sedimentaria) con un 27% del área de estudio, esta asociación de rocas epiclásticas es originada a partir del intemperismo y erosión de rocas preexistentes, constituidas por minerales en fragmentos de tamaño de arena y otras de grano grueso. Sin embargo, las rocas ígneas de manera conjunta constituyen el 46% del área de estudio, entre ellas se identifican: andesita, basalto, brecha volcánica, extrusiva ácida, extrusiva intermedia y toba. De éstas, la de mayor presencia (20% del área de estudio) es la toba que se caracteriza por su origen explosivo formado por material volcánico suelto o consolidado, con fragmentos de composición mineralógica similar a la roca andesítica (entre 52% y 65% de sílice) con tamaños menores a 4mm.

2.5. Edafología

Los suelos aluviales, lacustres y residuales están presentes en un 27% del área de estudio, siendo los más representativos el aluvial (22%), formados por depósitos de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. El resto de la superficie de estudio (8%) se reparte entre andosoles, fluvisoles, gleysoles y litosoles.

La presencia de estos suelos indica que son suelos jóvenes, medianamente bajos en contenidos de arcilla, pobres en materia orgánica y con PH ligeramente ácido o neutro.

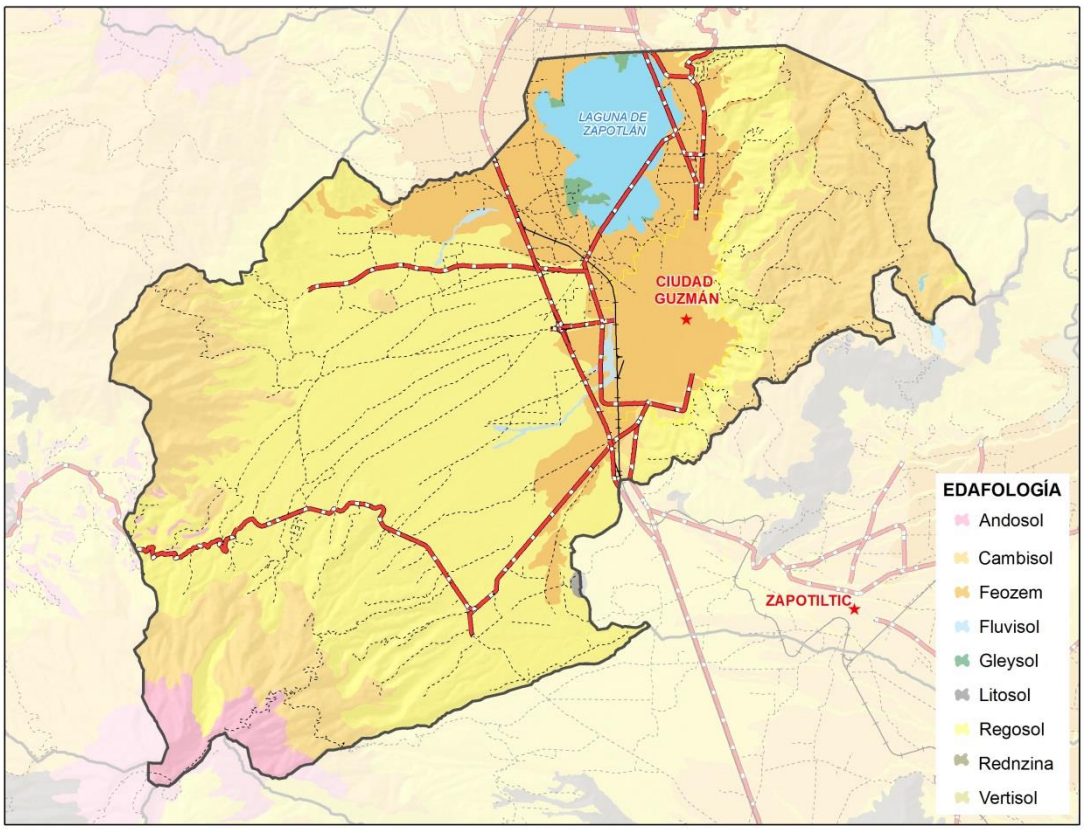
2.6. Tipos de suelo

Según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO 1968, modificada por DETENAL en los 1970, aproximadamente la mitad del área de estudio corresponde a regosoles (53%), estos suelos son de poco desarrollo, claros y pobres en materia orgánica pareciéndose bastante a la roca que les da origen. Son someros con fertilidad variable y su productividad se relaciona a su profundidad y pedregosidad. El cultivo de granos tiene resultados moderados a bajos y para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables. El regosol se localiza en su mayoría en el pie de monte del Nevado de Colima y el valle que le sigue hasta la cabecera municipal.

La subunidad de los regosoles es éutrico, es decir, representan los suelos ligeramente ácidos a alcalinos fértiles, estos suelos en Zapotlán presentan una fase textural gruesa (franca).

El cambisol se encuentra en un 23% del área de estudio, principalmente en la montaña oriente y las laderas del Nevado de Colima. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y presentan en el subsuelo vestigios del tipo de roca subyacente. Se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables dependiendo del clima. De moderada a alta susceptibilidad a la erosión. También son éutricos en su mayoría y con clases texturales medianas (arenosas) y gruesas (francas).

El Feozem (16%), se localiza principalmente en el valle alrededor de la Laguna de Zapotlán, estos suelos se distinguen por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materias orgánicas y nutrientes. Si son profundos se utilizan para la agricultura. Sus clases texturales son medias y gruesas (Mapa 2.6.1).



Mapa 2.6.1. Edafología del área de estudio. (Fuente: Carta Edafológica, INEGI).

2.7. Hidrografía

Los recursos hídricos del área de estudio son la Laguna de Zapotlán (1,741 ha aproximadamente), los acuíferos y los escurrimientos de temporal. No existen escurrimientos perennes en la cuenca de Zapotlán. Los escurrimientos tienen patrones de drenaje subdendrítico, dendrítico y subparalelo.

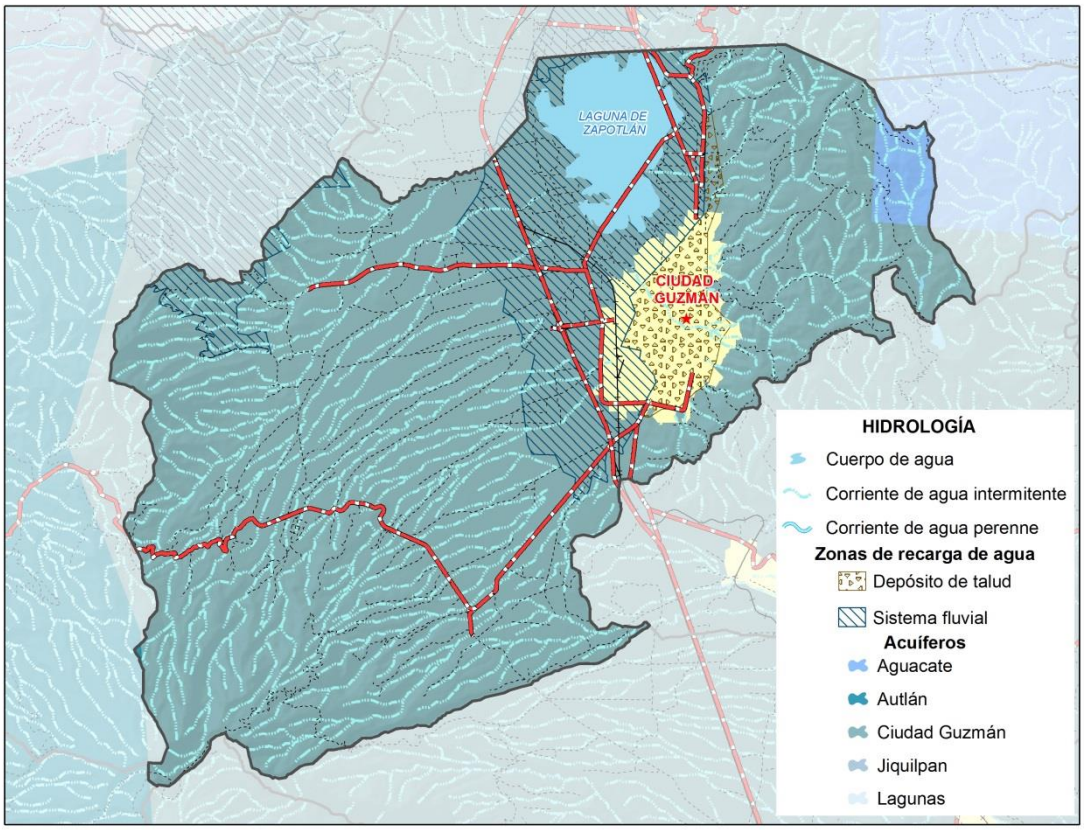
Existen zonas de recargas de acuíferos que abarcan aproximadamente el 24% de la superficie de estudio, es decir alrededor de 7,545 ha en dos tipos de depósitos de talud y sistemas fluviales que se ubican en la mancha urbana y alrededor de la Laguna de Zapotlán.

Según la Comisión Estatal del Agua (CONAGUA), existen 3 acuíferos en donde aún existe disponibilidad de agua subterránea y 254 pozos de agua(Tabla 2.7.1) (Registro público de derechos de agua–REPDA) en los cuales se cuenta con datos de extracción, además de 25

pozos de agua identificados a partir de la carta geológica de la década 1970. Todos estos pozos de agua se ubican en su mayoría en la llanura aluvial y el lomerío de tobas.

Acuífero	Característica	Hectáreas
Aguacate	Disponibilidad de aguas subterráneas. No publicada en el DOF.	511.9
Autlán	Con disponibilidad de aguas subterráneas, publicado en el DOF	9.6
Ciudad Guzmán	Con disponibilidad de aguas subterráneas, publicado en el DOF	31,029.5

Tabla 2.7.1 Acuíferos con disponibilidad de agua (Fuente: CONAGUA).



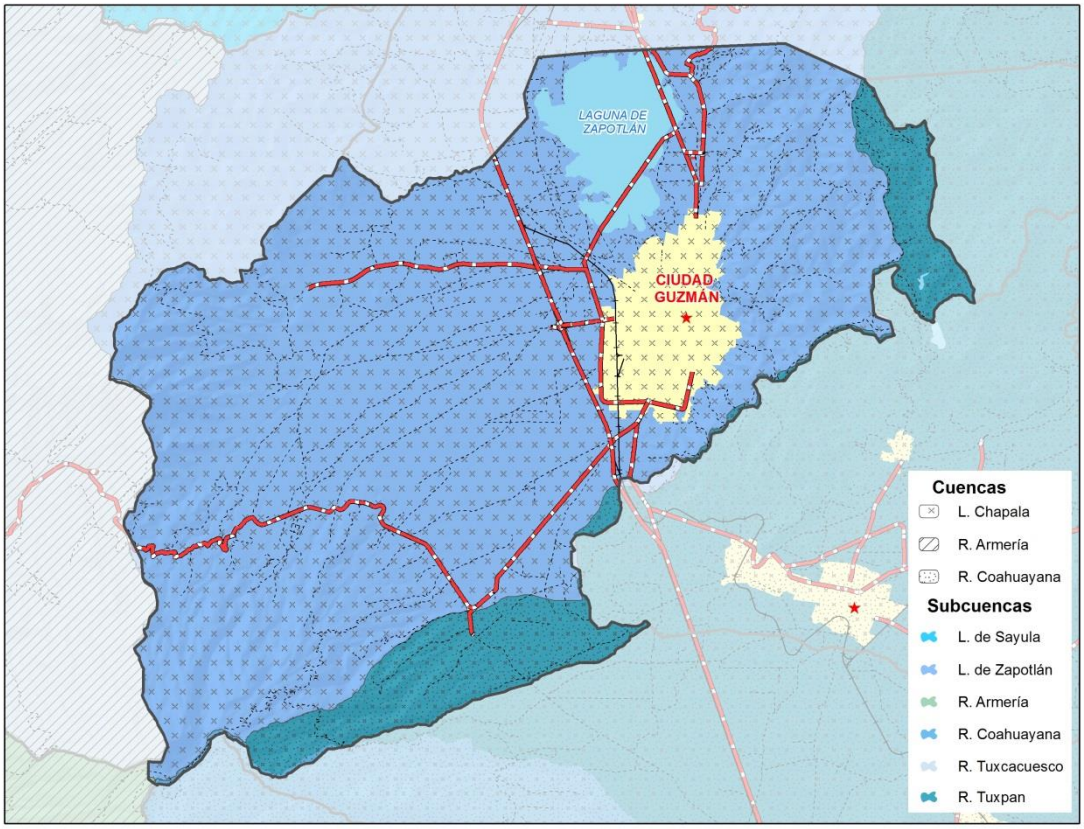
Mapa 2.7.1. Hidrología del área de estudio. (Fuente: Carta hidrológica, INEGI).

2.8. Cuencas y subcuencas

El territorio de Zapotlán El Grande se encuentra comprendido en tres cuencas (Lago de Chapala, Río Armería y Río Coahuayana) (Mapa 2.8.1) pertenecientes a la Región Hidrológica XII (Lerma–Chapala–Santiago). Las superficies del área de estudio (Tabla 2.8.1) se reparten en las siguientes cuencas y subcuencas:

Cuenca	Subcuenca	Hectáreas	%
L. Chapala	L. de Zapotlán	28,053.7	88.9
R. Armería	R. Armería	2.3	0.0
	R. Tuxcacuesco	20.1	0.1
R. Coahuayana	R. Coahuayana	73.5	0.2
	R. Tuxpan	3,401.4	10.8
	TOTAL	**31,551.0**	**100.0**

Tabla 2.8.1. Área de estudio comprendida en cuencas y subcuencas. (Fuente: IIEG 2015).



Mapa 2.8.1. Área de estudio comprendida entre cuencas y subcuencas (Fuente: INEGI).

2.9. Clima

El clima se refiere a los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre.

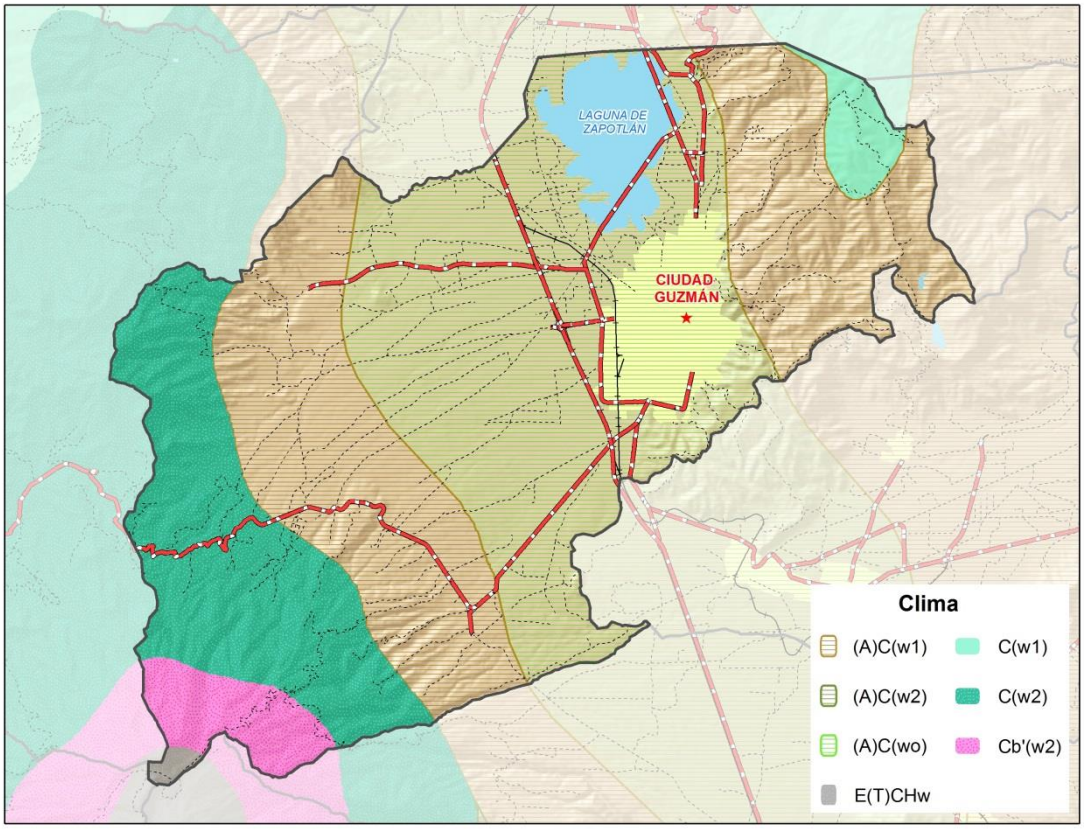
La clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García se basa en dos elementos fundamentales: temperatura y humedad. Según esta clasificación se agregan los climas del mundo en 5 grandes grupos climáticos que se definen a partir de las temperaturas medias anuales (A, B, C, D y E), cada clima en particular se distingue por su régimen de lluvia (letras minúsculas) o por su tipo de vegetación (letras mayúsculas).

De acuerdo a esta clasificación, el área de estudio tiene 4 grupos climáticos: Semicálido (A), Templado (C) Semifrío (Cb) y Frío (E) (Tabla 2.9.1 y Mapa 2.9.1). Según cartografía de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en el área de estudio existen los siguientes climas:

Tipo	Temperatura	Precipitación	%
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frio menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual	33.0
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	43.7
C(w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	2.1
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	17.3

Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	3.6
E(T)CHw	Frio, temperatura media anual entre -2°C y 5°C, temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6.5°C.	Con lluvias de verano.	0.4

Tabla 2.9.1. Características del clima en el área de estudio (Fuente: Cartografía CONABIO).



Mapa 2.9.1. Características del clima en el área de estudio. (Fuente: Cartografía CONABIO).

Las temperaturas oscilan entre los 35.7°C (máxima promedio) y 17.1°C (mínima promedio) con una media anual de 25.8°C. La precipitación media anual es de 1,101 mm.

Los vientos dominantes varían de dirección a lo largo del año, durante los meses de abril y mayo son predominantemente de Sur a Norte. De junio a septiembre los vientos van de Este a Oeste, mientras que de diciembre a marzo soplan de Norte a Sur. Las velocidades también varían entre los 4 a 6 nudos (CONABIO 1998).

2.10. Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo en el área de estudio, es predominantemente agrícola, el 47% de la superficie corresponde a tierras agrícolas tanto de temporal como de riego. Siendo el cultivo de maíz el cultivo predominante, seguido del aguacate y la frambuesa, en menor proporción se presentan cultivos de alfalfa, arándano, sorgo, agave, jitomate, fresa, granada y zarzamora (Mapa 2.10.1).

Los pastizales inducidos no son representativos en cuanto a superficie, sin embargo el municipio cuenta con tradición ganadera, lo que indica que ésta se lleva a cabo de manera extensiva, lo cual puede dar origen a la degradación de los ecosistemas donde se lleva a cabo esta actividad. Las áreas urbanas de igual manera cubren un porcentaje bajo de superficie, tan solo representan el 3.6 % de la superficie del área de estudio.

En cuanto a superficie forestal, el 43.7% de la superficie corresponde a esta cobertura de suelo, siendo la segunda cobertura más importante, cabe resaltar que solo la mitad de esta superficie forestal se encuentra en condiciones óptimas, la otra mitad es considerada vegetación secundaria, el bosque de pino-encino es la asociación predominante (18.5%), pero existe representación de bosque de encino-pino, oyamel, pino, así como pradera de alta montaña. En la orilla de la laguna existe tular y en la superficie del lago se reporta lirio.

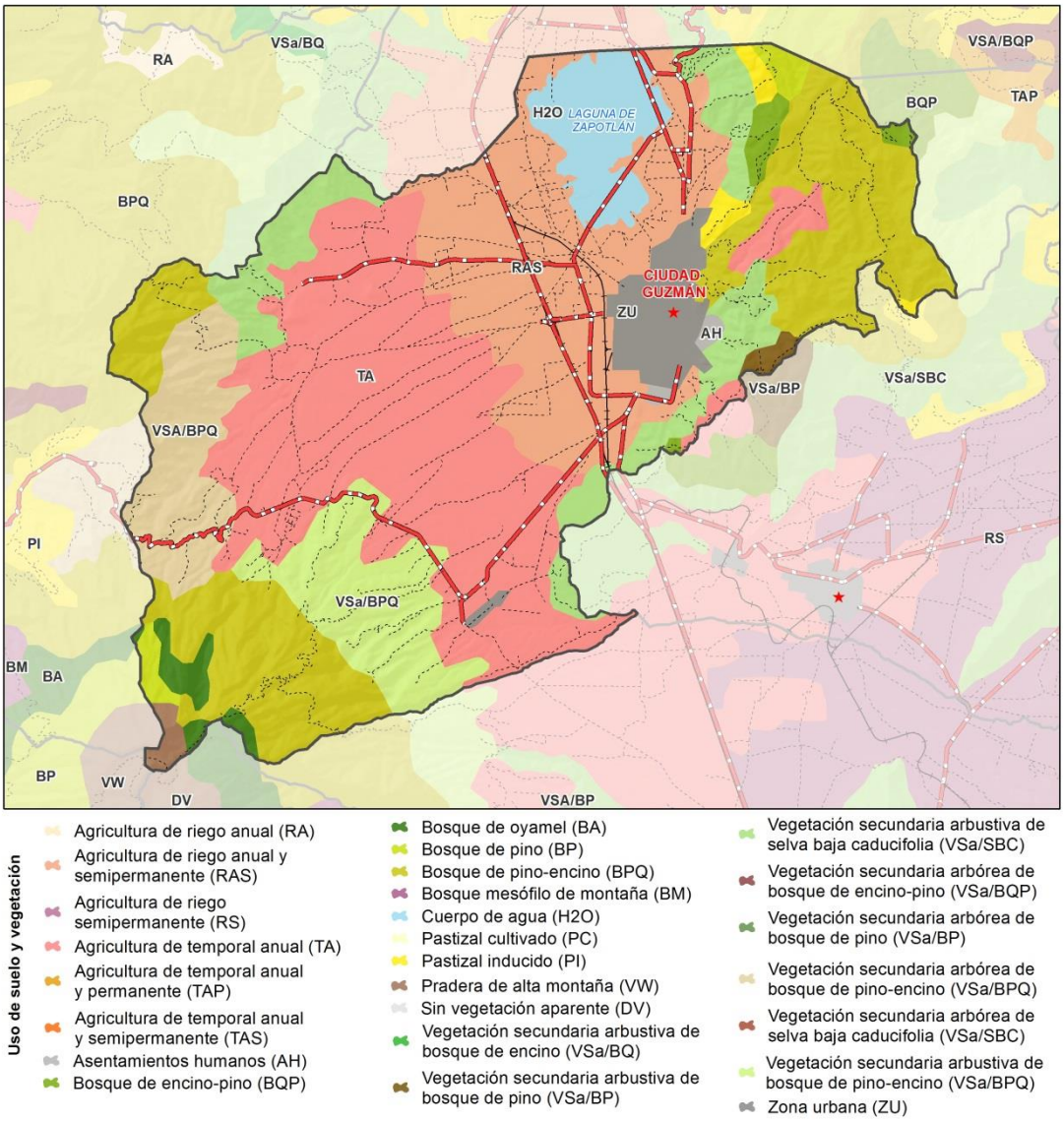
Al realizar un comparativo entre las coberturas presentes en 2002 contra lo existente en 2012, de acuerdo con la cartografía de uso de suelo vegetación de INEGI, se encontró que los cambios relevantes de cobertura se presentaron en los bosques de coníferas que se degradaron en un 15% de la cobertura del área de estudio a vegetación secundaria y un 1% que cambio a pastizal. Quizá el cambio más importante fue el de la cobertura de selva caducifolia que se degrado en su totalidad lo que implica este tipo de vegetación pueda desaparecen por completo del municipio, si no se aplican medidas de restauración en la zona.

Las especies predominantes en las áreas donde aún se presenta selva caducifolia son arboles de *Eysenhardtia polystachya, Bursera arbore (endémica), Ceiba aesculifolia, Lysiloma microphyllum* y *Helicoarpus therebuntaceus*. Entre los arbustos asociados están *Tecoma stans, Opuntia spp*., *Acacia farnesiana* y *Guazuma ulmifolia.* La selva se encuentra fragmentada por cultivos de maíz, construcción de casas y reforestaciones con *Eucalyptus*, por lo que las especies nativas están dispersas, y hay malezas abundantes.[1]

Las especies arbóreas representativas en el área cubierta por bosque templado son: *Pinus montezumae* y *Pinus devoniana*, *Quercus castanea*, *Quercus laurina, Quercus obtusata* y *Quercus rugosa*, destaca la presencia de *Cupressus lusitanica* que es especie protegida de acuerdo a la NOM- ECOL-059.[2]

También se tiene referencias de un pequeño manchón de *Zea diploperennis* especie endémica, muy cerca de la zona urbana. [2]

[1] Fase I y II del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca de Zapotlán, Jalisco. Universidad Autónoma de Querétaro.



Mapa 2.10.1 Uso de suelos y vegetación del área de estudio. (Fuente: Cartografía de uso de suelo vegetación, INEGI).

2.11. Áreas naturales protegidas

En el área de estudio se encuentran 2 áreas naturales protegidas, 1 federal y una estatal, además de 2 áreas municipales propuestas que aún se encuentran en consulta.

Parque Nacional "Volcán Nevado de Colima"

La zona, decretada parque nacional en 1936, cuenta con una extensión de 22 200 ha y alberga al Nevado de Colima y al Volcán de Fuego, este decreto fue modificado en 1940 con un cambio en el tamaño original de la superficie decretada. Su administración, se concretó a acciones de protección limitadas a cargo de diferentes dependencias del gobierno federal, hasta que en 1997 se transfirió a los gobiernos de Jalisco y Colima la administración del área, mediante la celebración de los Acuerdos de Coordinación del 28 de enero y 8 de noviembre de 1997.

Su objetivo es la protección de las montañas culminantes del territorio nacional, como es el caso del Área del Nevado de Colima, que constituye un verdadero museo vivo de la flora y la fauna de la comarca. Por su situación inmediata a centros de población de importancia, se requiere conservarlo para que se expresen plenamente sus funciones de protección y regulación del clima y del ciclo hidrológico, de importancia para los núcleos de población como Colima, Ciudad Guzmán y Tonila. Además existe un gran potencial para el desarrollo del turismo, con el beneficio económico para la población local.[2]

El Parque contiene una amplia extensión de paisaje alpino donde medra el zacatonal amacollado en combinación con el bosque de *Pinus hartwegii*. Este ecosistema casi único de los picos de gran elevación del Eje Neovolcánico Transversal es relicto en las montañas del Complejo Volcánico de Colima y corre el riesgo de desaparecer debido al aumento de las temperaturas locales como consecuencia de calentamiento global. En estos ecosistemas se encuentran ambientes azonales que reservan especies endémicas únicas de zonas heladas y de gran humedad, el aumento de las temperaturas cambia las condiciones favorables de vida de estos organismos y los hace vulnerables a plagas y enfermedades. Es además una de las pocas áreas del país en donde crece *Abies flinckii* una especie considerada sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.

Por su ubicación geográfica es posible observar el paso de las selvas tropicales a los bosques templados y las zonas semiáridas, así como la presencia de comunidades bióticas únicas como el bosque mesófilo de montaña, que está formado por especies de plantas que representan un relicto de la flora del Terciario del hemisferio norte, mezcladas con

[2] Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Volcán Nevado de Colima. Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas. Diciembre 2006.

especies de los trópicos del Nuevo Mundo (Rzedowski, 1978; Jardel *et. al*., 1993). Estas condiciones únicas y notables se observan en muy pocos lugares del mundo, como el Himalaya o indonesia. En la región del parque muchas especies de plantas y animales encuentran su límite de distribución geográfica hacia el norte o el sur del continente. [6]

El área natural protegida Volcán Nevado de Colima funciona como corredor faunístico que conecta con la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, resalta también su importancia en el renglón de la protección de especies de fauna silvestre. A pesar de la constante modificación del hábitat la zona conserva especies con alguna categoría de riesgo por lo que son importantes para la conservación. Se reconocen al menos 23 especies de aves y 19 de mamíferos, por solo mencionar a las especies de vertebrados mayores (ver anexos). Por estos antecedentes, la CONABIO integró el Área del Nevado de Colima y Volcán de Fuego como Área de importancia para la Conservación de las Aves AiCA numero C37 y como Región Terrestre Prioritaria número 64.

La captación e infiltración del agua tanto pluvial como de deshielo, que beneficia a las poblaciones de las partes bajas y posibilita la agricultura y la ganadería en las comunidades colindantes, es uno de los servicios ambientales más significativos que presta el Parque. Dado el papel fundamental de "fábrica de agua" que cumplen las altas montañas del parque, éstas fueron consideradas en el "Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña" de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Gobierno Federal, dentro del Programa Nacional las 60 montañas prioritarias de México. Esta área natural ocupa 379 hectáreas del área de estudio.

Parque Estatal "Bosque Mesófilo Nevado de Colima"

Es un área natural protegida de competencia estatal, decretada en 2009 cuenta con una superficie de 7,213.04 hectáreas ubicadas en los municipios de San Gabriel, Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo y Zapotlán El Grande, todos del Estado de Jalisco.

El área natural protegida fue creada para la protección y conservación de los bosques de neblina, ya que se determino es necesario poner más atención en su conservación pues son ecosistemas muy vulnerables. Los bosques mesófilos ecosistemas muy diversos, en México se ha considerado que hacia 1970 cubría aproximadamente el 1% del territorio nacional; actualmente se calcula que sólo queda el 0.1% de la superficie de 1970. Este tipo de vegetación es sumamente sensible a todo tipo de perturbaciones, los incendios afectan claramente sus etapas sucesionales, por ello en los volcanes se encuentra en franco retroceso con peligro de desaparecer (Jardel, 1991), y por lo tanto su riqueza biótica con ellos.[3]

[3] Periódico oficial del Estado de Jalisco. Sábado 11 de julio del 2009. Tomo CCCLXIV

Esta área natural está conformada por 4 polígonos totales, pero solo uno, el correspondiente a la barranca de Atenquique–Loma alta, se encuentra dentro del área de estudio, abarcando una superficie de 419 has.

La conservación de este tipo de vegetación debe contemplar las asociaciones vegetales aledañas, por esto es necesario considerar todas las formaciones vegetales presentes.

Bosque de Pino-Encino, las especies de esta formación presentan una importante propagación en el área, su distribución altitudinal es amplia desde los 1500 m hasta más de 3000 m, contribuyen de este modo, el diseño de interesantes matices paisajísticos.

Bosque Mesófilo de Montaña, su mejor estado lo encontramos entre 1620 y 2310 m de altura en áreas protegidas de los vientos y con menos radiación solar, frecuentemente cubiertas por nubes; es decir, requiere de una elevada humedad.

Bosque de Oyamel, presenta una distribución relacionada a las disponibilidades hídricas, en áreas protegidas a la radiación y el viento, se encuentra comúnmente entre los 2900 y 3500 msnm.

Bosque de Aile, es una formación que marca el contacto entre el bosque de pino hartwegii y el de oyamel, aquí se mezclan especies de los dos pero con predominio de *Alnus firmifolia* al que se debe su nombre, se suele encontrar alrededor de los 3000 msnm.

Bosque de Pinus hartweguii, se puede encontrar individuos de *Cupressus Lindley* (cedro) que fue introducido con fines de reforestación y *Alnus firmifolia* hacia su límite interior, se desarrolla entre 3200 a 3800 msnm pero alcanza su mejor desarrollo en torno a los 3550 msnm y Zacatonal, se desarrolla a los 3600 a 3800 msnm.

Bibliografía

- Carta Edafológica (E13B15 y E13B25), Escala 1:50,000. INEGI y Guía de interpretación de la carta Edafológica 1:50,000, INEGI.

- Carta Fisiográfica, escala 1:1’000,000. INEGI.

- Carta Geológica (E13B15 y E13B25), escala 1:50,000. INEGI

Fuentes electrónicas

- http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/421/cap2.html

- http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf

- Lineamientos e instrumento para el manejo del sitio RAMSAR Laguna de Zapotlán: http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/LAGUNA_DE_ZAPOTLAN.pdf

Índice de Mapas y Tablas

Mapas

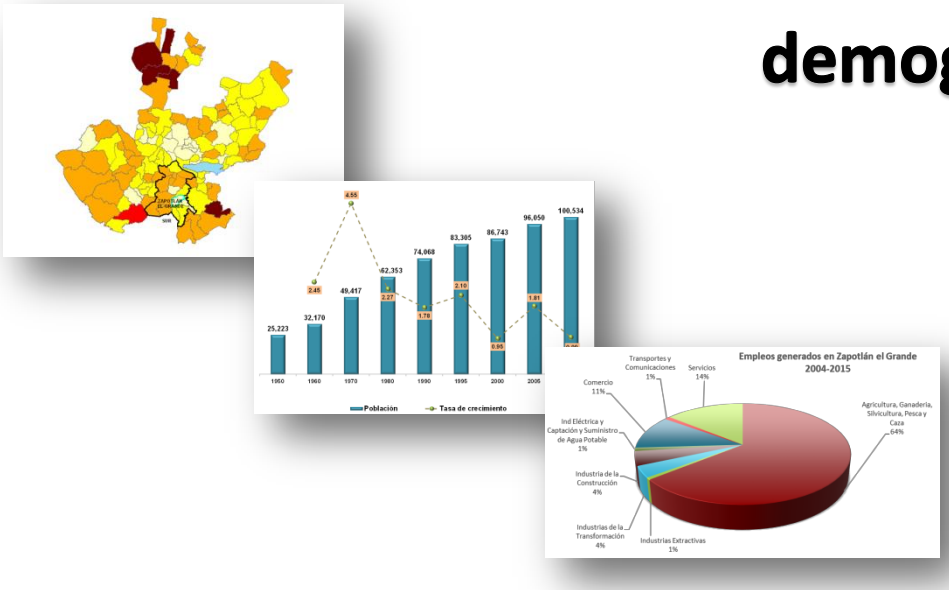
Mapa 2.1.1. Fisiografía del área de estudio (Fuente: Carta fisiográfica, INEGI) II-4
Mapa 2.2.1.Geomorfología del área de estudio. (Fuente: Carta geomorfológica, INEGI) II-5
Mapa 2.3.1 Geología del área de estudio. (Fuente: Carta Geológica (E13B15 y E13B25), escala 1:50,000. INEGI). II-6
Mapa 2.6.1. Edafología del área de estudio. (Fuente: Carta Edafológica, INEGI)..... II-8
Mapa 2.7.1. Hidrología del área de estudio. (Fuente: Carta hidrológica, INEGI). II-9
Mapa 2.8.1. Área de estudio comprendida entre cuencas y subcuencas (Fuente: INEGI)..... II-10
Mapa 2.9.1. Características del clima en el área de estudio. (Fuente: Cartografía CONABIO). ... II-12
Mapa 2.10.1 Uso de suelos y vegetación del área de estudio. (Fuente: Cartografía de uso de suelo vegetación, INEGI). II-15

Tablas

Tabla 2.1.1.Sistemas de topoformas.(Fuente: Carta Fisiográfica, escala 1:1’000,000. INEGI). II-4
Tabla 2.7.1 Acuíferos con disponibilidad de agua (Fuente: CONAGUA). II-9
Tabla 2.8.1. Área de estudio comprendida en cuencas y subcuencas. (Fuente: IIEG 2015)..... II-10
Tabla 2.9.1. Características del clima en el área de estudio (Fuente: Cartografía CONABIO). II-12

Capítulo III

Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos



Contenido

Capitulo III. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

3.1. Dinámica Demográfica III-4
3.1.1. Volumen y estructura de la población III-4
3.2. Distribución de la población III-5
3.3. Pirámide de edades III-5
3.4. Mortalidad III-8
3.5. Densidad de población III-9
3.5.1. Proyecciones de población III-9
3.5.2. Migración III-9
3.6. Escolaridad III-12
3.6.1. Educación III-12
3.7. Hacinamiento III-14
3.7.1. Hogares III-14
3.7.2. Vivienda III-15
3.8. Población con discapacidad III-16
3.8.1. Discapacidad por edad y sexo III-17
3.8.2. Tipo de discapacidad en la población III-17
3.9. Marginación y pobreza III-19
3.9.1 Marginación III-19
3.9.1.1. Índice de Desarrollo Humano (IDH) III-21
3.9.1.2. Desarrollo institucional III-22
3.9.2. Pobreza III-24
3.10. Actividades económicas en la zona III-28
3.10.1 Participación económica de las mujeres en el trabajo III-28
3.10.2. Empleo III-30
3.10.3. Empleo por sector III-31
3.10.4. Comercio exterior III-37

3.10.5. Unidades económicas de Zapotlán el Grande III-42

3.11. Reserva territorial..... III-47

3.11.1 Áreas para satisfacer necesidades básicas.....III-48

3.11.2. Control del desarrollo urbano.....III-50

Bibliografía III-51

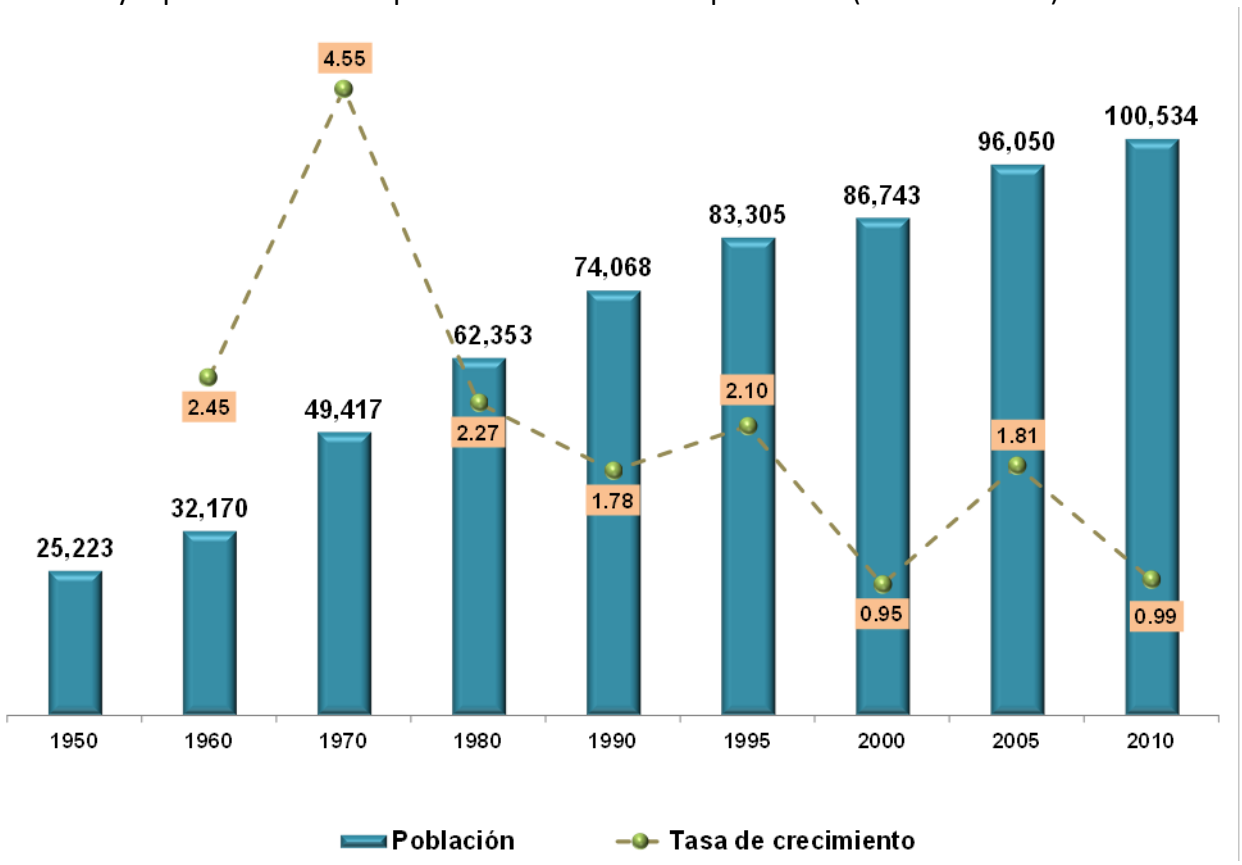
Índice de Gráficas, Mapas y Tablas III-52

Capitulo III. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

3.1. Dinámica Demográfica

3.1.1. Volumen y estructura de la población

Este documento muestra a manera de introducción un panorama sociodemográfico del municipio de Zapotlán el Grande y describe su crecimiento en términos de la población que las habitan. De acuerdo a los resultado definitivos del Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI, al 12 de junio de 2010 el municipio de Zapotlán el Grande contaba con 100 mil 534 habitantes, 48 mil 661 hombres y 51 mil 873 mujeres. Al comparar la cifra poblacional con la del año 2005, se observa que en los últimos cinco años hubo un ligero incremento de 4 mil 484 habitantes, y un ritmo de crecimiento en descenso ya que tuvo una tasa promedio anual de 0.99 por ciento (Grafica 3.1.1.1).



Gráfica 3.1.1.1. Población total y tasa de crecimiento promedio anual del municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; censos y conteos de población, 1950 hasta 2010).

3.2. Distribución de la población

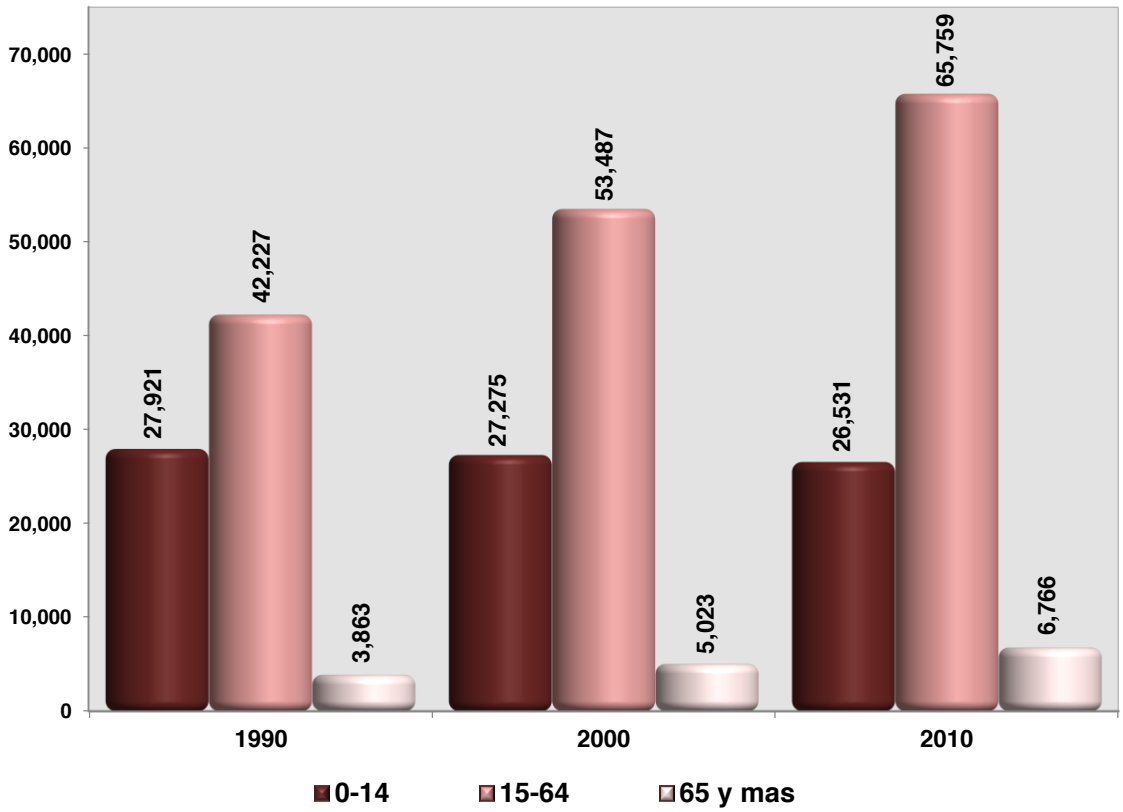
El municipio de Zapotlán el Grande pertenece a la Región Sur, su población en 2010 según el Censo de Población y Vivienda era de 100 mil 534 personas; 48.4 por ciento hombres y 51.6 por ciento mujeres, los habitantes del municipio representaban el 30.2 por ciento del total regional (ver tabla 3.2.1). Comparando este monto poblacional con el del año 2000, se obtiene que la población municipal aumentó un 15.9 por ciento en diez años. El municipio en 2010 contaba con 52 localidades, de éstas, 7 eran de dos viviendas y 35 de una. Ciudad Guzmán es la localidad más poblada con 97 mil 750 personas, y representaba el 97.2 por ciento de la población, le sigue La Mesa con el 0.8, Atequizayán con el 0.4, Los Depósitos con el 0.1 por ciento y Rancho de Don Luis Martínez con el 0.04 por ciento del total municipal.

Clave	No.	Municipio/localidad	Población total 2000	Población 2010			
				Total	Porcentaje en el municipio	Hombres	Mujeres
		023 Zapotlán El Grande	**86,743**	**100,534**	**100.00**	**48,661**	**51,873**
0001	1	Ciudad Guzmán	85,118	97,750	97.2	46,789	50,961
0008	2	La Mesa (El Fresnito)	842	851	0.8	425	426
0003	3	Atequizayán	376	432	0.4	208	224
0005	4	Los Depósitos	61	60	0.1	31	29
0140	5	Rancho de Don Luis Martínez	15	40	0.04	19	21

Tabla 3.2.1. Población por sexo, porcentaje en el municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, censos y conteos nacionales, 2000-2010).

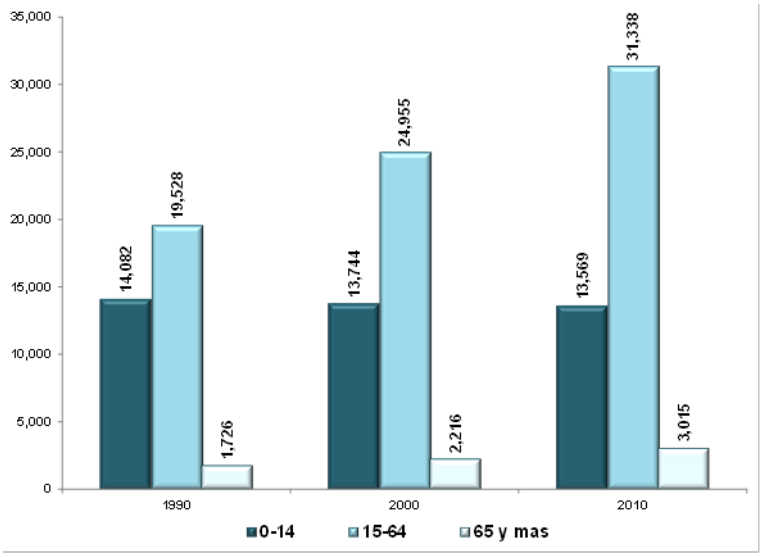
3.3. Pirámide de edades

En 1990, Zapotlán el Grande contaba con una población total de 74 mil 068 habitantes, de los cuales 27 mil 921 pertenecen al grupo de 0 a 14 años y representan el 37.7 por ciento de la población total; 42 mil 227 corresponden al grupo de 15 a 64 años, estos representan al 57 por ciento de la población. Por último está el grupo de 65 años y más con 3 mil 863 personas y representan al 5.2 por ciento de la población total. Para el 2010 la población del municipio alcanzó 100 mil 534 habitantes, esto quiere decir que aumentó en un 35.7 por ciento en comparación con 1990 (Gráfica 3.3.1).



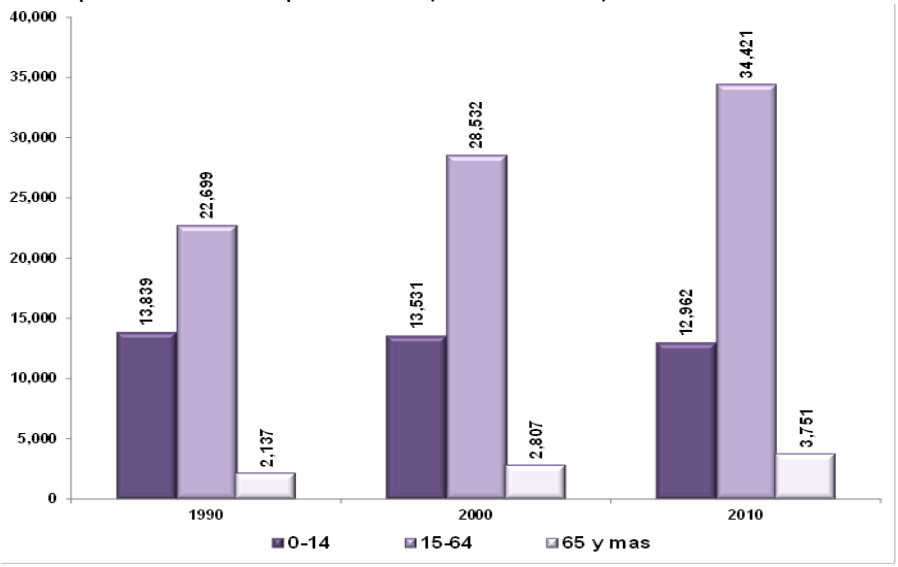
Gráfica 3.3.1. Población masculina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en INEGI; XI Censo de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda, 2010).

En lo que se refiere a la población masculina, en 1990 había un total de 35 mil 364 hombres, 14 mil 082 pertenecían al grupo de 0 a 14 años y representaban al 39.8 por ciento del total de hombres; 19 mil 528 correspondían al grupo de 15 a 64 años, estos representaban el 55.2 por ciento de la población masculina. En el grupo de 65 años y más había mil 726 hombres y representaban al 4.9 por ciento de los hombres. Para el 2010 la población masculina aumentó un 37.6 por ciento en comparación con 1990, esto quiere decir que alcanzó los 48 mil 661 hombres (Gráfica 3.3.2).



Gráfica 3.3.2 Población masculina y femenina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en INEGI; XI Censo de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010).

La población femenina de Zapotlán el Grande en 1990 era de 38 mil 704, 13 mil 839 pertenecían al grupo de 0 a 14 años y representaban el 35.8 por ciento de las mujeres; 22 mil 699 correspondían al grupo de 15 a 64 años, estas representaban el 58.6 por ciento de la población femenina. Por último está el grupo de 65 años y más con 2 mil 137 mujeres y representaban el 5.5 por ciento del total de mujeres. Para el 2010 la población femenina alcanzó las 51 mil 873 mujeres, las cuales representan a más de la mitad de la población total del municipio con un 51.6 por ciento (Grafica 3.3.3).



Gráfica 3.3.3. Población masculina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010 (Fuente: Elaborado por IIEG con base en INEGI; XI Censo de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010).

3.4. Mortalidad

En lo que se refiere a la fecundidad en Zapotlán el Grande, se tiene que en el año 2013 se registraron un mil 922 nacimientos. Respecto a los grupos de edad en los que se registraron estos nacimientos, el que concentra el mayor número de hijos es el de 20 a 24 años, con 561; seguido del grupo de 25 a 29 años con 518 nacimientos y en el otro extremo y un dato muy importante a considerar, son las niñas de 12 a 14 años, las cuales registraron 3 hijos (3.4.1.)

	Total	Menor de 15 años	De 15 a 19 años	De 20 a 24 años	De 25 a 29 años	De 30 a 34 años	De 35 a 39 años	De 40 a 44 años	De 45 a 49 años	De 50 y más años	No especi-ficado
Zapotlán el Grande	**1,922**	3	256	561	518	345	186	35	2	-	16

Tabla 3.4.1. Nacimientos registrados por municipio, según edad de la madre al momento del nacimiento en Zapotlán el Grande, 2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Natalidad. 2013).

A continuación se presenta una serie histórica de cuántos nacimientos se han registrado en los últimos años en Zapotlán el Grande, donde puede observarse que los nacimientos en este municipio, han tenido poca variación; y en lo que respecta a la edad de las madres por grandes grupos de edad, se tiene que el grupo de 20 a 39 años es el que concentra el mayor número de nacimientos, respecto a los demás. (3.4.2)

Zapotlán el Grande	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total	**2,248**	**2,120**	**2,183**	**1,974**	**2,060**	**2,035**	**1,911**	**1,871**	**2,164**	**1,960**	**2,105**	**1,922**
Menor de 15 años	6	8	5	4	2		4	9	3	8	4	3
15 a 19 años	294	266	293	271	272	275	257	260	291	297	294	256
20 a 39 años	1,816	1,736	1,764	1,630	1,734	1,688	1,584	1,530	1,799	1,581	1,752	1,610
40 años y más	58	53	50	39	34	38	36	40	35	34	35	37
No Especificado	74	57	71	30	18	34	30	32	36	40	20	16

Tabla 3.4.2. Nacimientos registrados por municipio de residencia según edad de la madre al momento del nacimiento en Zapotlán el Grande, 1990-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Natalidad. 1990-2013).

El mejoramiento de las condiciones de vida, se ha visto reflejado en la disminución de la mortalidad y la transformación del perfil de causas de muerte han tenido profundas consecuencias sociales, por lo que la mortalidad es el aspecto que, paradójicamente, mejor describe la situación de la salud de la población. Como puede observarse en la tabla de las defunciones en el municipio de Zapotlán el Grande, se habían mantenido en un promedio por año entre 500 y 600 muertes aproximadamente hasta el año 2012, lo cual no sucedió en el año 2013 donde casi se duplicó el número de defunciones generales llegando a la cantidad de un mil 41 defunciones registradas.

Zapotlán el Grande	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total	**495**	**451**	**506**	**545**	**536**	**528**	**513**	**524**	**596**	**616**	**602**	**1,041**
Hombres	256	232	280	297	295	280	282	283	352	325	312	553
Mujeres	238	218	226	248	241	248	231	241	244	291	290	488
No Especificado	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 3.4.3. Defunciones generales por municipio de residencia habitual del fallecido según sexo en Zapotlán el Grande, 1990 – 2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Mortalidad).

3.5. Densidad de población

3.5.1. Proyecciones de población

Conforme a las proyecciones de población que elabora CONAPO, el municipio de Zapotlán el Grande tendrá 106 mil 592 habitantes en 2015, de los cuales el 96.6 por ciento de la población total estará en Ciudad Guzmán cabecera municipal. Es claro que la concentración de la población está en la cabecera municipal, sin embargo esta proporción ha ido reduciéndose ya que en 2010 era de 98.4 por ciento y se estima que para el 2030 será solo del 94.1 por ciento (Tabla 3.5.1.1.).

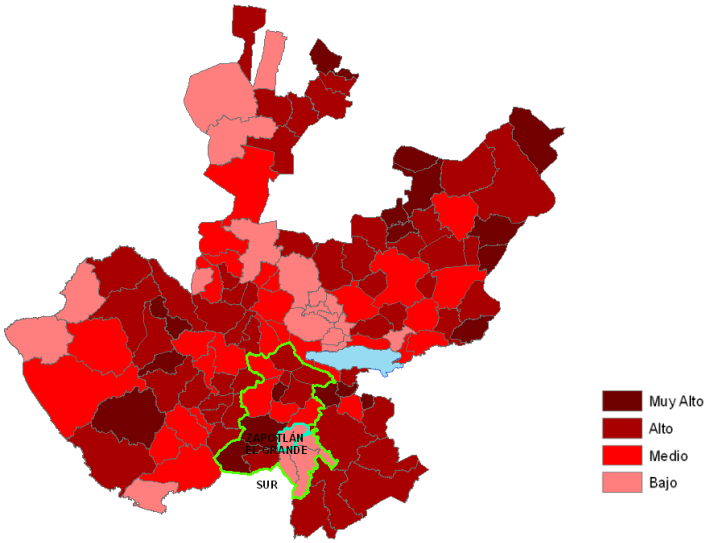
Clave	Municipio/localidad	2010	2015	2020	2025	2030
023	**Zapotlán El Grande**	**100,534**	**106,592**	**111,600**	**116,024**	**119,826**
0001	Ciudad Guzmán	97,750	103,019	107,076	110,342	112,748
	Porcentaje respecto al total del municipio	97.2	96.6	95.9	95.1	94.1
0078	Ciudad Guzmán [CERESO]	1,099	1,427	1,850	2,377	3,029
	Resto de localidades	1,718	2,146	2,675	3,305	4,050

Tabla 3.5.1.1. Proyecciones de población por localidades en el municipio de Zapotlán el Grande, 2010-2030. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base CONAPO, Proyecciones de Población por localidad, 2010-2030).

3.5.2. Migración

El estado de Jalisco tiene una añeja tradición migratoria a Estados Unidos que se remonta hacia los finales del siglo XIX. Se estima que 1.4 millones de personas nacidas en Jalisco habitan en Estados Unidos y que alrededor de 2.6 millones de personas nacidas en aquel país son hijos de padres jaliscienses. De acuerdo al índice de intensidad migratoria calculado por Consejo Nacional de Población (CONAPO) con datos del censo de población

de 2010 del INEGI, Jalisco tiene un grado alto de intensidad migratoria, y tiene el lugar decimotercero entre las entidades federativas del país con mayor intensidad migratoria. (Mapa 3.5.2.1).



Mapa 3.5.2.1. Grado de Intensidad migratoria a Estados Unidos. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONAPO Jalisco, 2010)

Los indicadores de este índice señalan que particularmente en Zapotlán el Grande el 3.51 por ciento de las viviendas del municipio se recibieron remesas en 2010, en un 0.98 por ciento se reportaron emigrantes del quinquenio anterior (2005-2010), en el 1.23 por ciento se registraron migrantes circulares del quinquenio anterior, así mismo el 2.11 por ciento de las viviendas contaban con migrantes de retorno del quinquenio anterior (ver Tabla 3.5.2.1.)

Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos	Valores
Índice de intensidad migratoria	-0.4606728
Grado de intensidad migratoria	Bajo
Total de viviendas	24733
% Viviendas que reciben remesas	3.51
% Viviendas con emigrantes en Estados Unidos del quinquenio anterior	0.98
% Viviendas con migrantes circulares del quinquenio anterior	1.23
% Viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior	2.11
Lugar que ocupa en el contexto estatal	116
Lugar que ocupa en el contexto nacional	1420

Tabla 3.5.2.1. Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, muestra del diez por ciento del Censo de Población y Vivienda 2010)

Cabe señalar que en el cálculo previo del índice de intensidad migratoria, que fue en el año 2000, la unidad de observación eran los hogares y Zapotlán el Grande ocupaba el lugar 115 con grado bajo, donde los hogares que recibieron remesas fue el 6.54 por ciento, hogares con emigrantes en Estados Unidos del quinquenio anterior 5.80 por ciento, el 0.93 por ciento de los hogares tenían migrantes circulares del quinquenio anterior y 1.14 por ciento migrantes de retorno (ver tabla 3.5.2.2)

Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos	Valores
Índice de intensidad migratoria	-0.0603909
Grado de intensidad migratoria	Bajo
Total de hogares	21057
% Hogares que reciben remesas	6.54
% Hogares con emigrantes en Estados Unidos del quinquenio anterior	5.80
% Hogares con migrantes circulares del quinquenio anterior	0.93
% Hogares con migrantes de retorno del quinquenio anterior	1.14
Lugar que ocupa en el contexto estatal	115

Tabla 3.5.2.2. Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos Zapotlán el Grande, 2000. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en el CONAPO, Colección: Índices Sociodemográficos. Diciembre de 2001).

3.6. Escolaridad

3.6.1. Educación

En el año 2010 en el municipio de Zapotlán el Grande había 72 mil 525 personas de 15 años y más; de las cuales 69 mil 254 sabían leer y escribir (32 mil 936 hombres y 36 mil 318 mujeres), es decir, el 95.5 por ciento de las personas estaba alfabetizado. Cabe destacar que el grupo de población más alfabetizado es el de 20 a 24 años con 9 mil 696 personas (14%) le sigue el de 15 a 19 años con 9 mil 346 alfabetas (13.5%) y por último los de 25 a 29 años los cuales concentran un 11.6 por ciento (8 mil 054) como se observa en la tabla, en contraste había en el municipio 3 mil 059 personas que no sabían leer y escribir; problema que se acentúa en las mujeres (1,730) con una participación del 56.6 por ciento, y se enfatizaba en el grupo de 60 a 64 años con 200 analfabetas (6.5%)(Tabla 3.6.1.1).

Grupos quinquenales de edad	Condición de alfabetismo								
	Alfabeta			Analfabeta			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total	**69,254**	**32,936**	**36,318**	**3,059**	**1,329**	**1,730**	**212**	**88**	**124**
15-19 años	9,346	4,660	4,686	42	24	18	34	15	19
20-24 años	9,696	4,744	4,952	74	43	31	40	16	24
25-29 años	8,054	3,885	4,169	92	51	41	23	12	11
30-34 años	7,402	3,579	3,823	112	63	49	19	7	12
35-39 años	7,037	3,244	3,793	130	92	38	16	7	9
40-44 años	6,062	2,791	3,271	150	78	72	9	4	5
45-49 años	5,296	2,409	2,887	174	82	92	10	6	4
50-54 años	4,662	2,156	2,506	252	96	156	7	2	5
55-59 años	3,588	1,706	1,882	309	122	187	7	3	4
60-64 años	2,758	1,287	1,471	350	150	200	8	4	4
65-69 años	1,932	945	987	282	98	184	10	3	7
70-74 años	1,379	643	736	282	99	183	5	0	5
75-79 años	832	361	471	314	127	187	6	4	2
80-84 años	601	276	325	226	93	133	9	1	8
85 años y más	609	250	359	270	111	159	9	4	5

Tabla 3.6.1.1. Población de 15 años y más por grupos quinquenales de edad según condición de alfabetismo y sexo Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010).

En lo que se refiere a asistencia escolar, de acuerdo con información del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, había en el municipio 30 mil 689 personas de 3 años y más que acudían a la escuela, es decir, el 32.6 por ciento del total; de estos 15 mil 642 eran hombres y 15 mil 047 mujeres. Por su parte, había 62 mil 818 personas de esas edades que no asistían a la escuela, las cuales representaban el 66.8 por ciento de

la población de 3 años y más del municipio; es importante mencionar que entre estas personas que no acuden a la escuela, el monto es mayor para las mujeres, con una proporción del 53.1 por ciento.

En cuanto a la población con mayor inasistencia escolar, destacan los de 30 años y más con una cifra de 43 mil 151 personas, lo que representa el 68.7 por ciento de los que no asisten (Tabla 3.6.1.2).

Edad	Población de 3 años y más			Condición de asistencia escolar								
				Asiste			No asiste			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total	**94,085**	**45,372**	**48,713**	**30,689**	**15,642**	**15,047**	**62,818**	**29,465**	**33,353**	**578**	**265**	**313**
03 años	1,810	914	896	264	133	131	1,492	749	743	54	32	22
04 años	1,849	988	861	1,128	576	552	699	400	299	22	12	10
05 años	1,787	919	868	1,685	865	820	93	50	43	9	4	5
06 años	1,799	904	895	1,748	877	871	45	23	22	6	4	2
07 años	1,905	955	950	1,868	936	932	26	15	11	11	4	7
08 años	1,852	959	893	1,810	942	868	34	14	20	8	3	5
09 años	1,777	888	889	1,743	863	880	30	21	9	4	4	0
10 años	1,870	967	903	1,822	943	879	41	20	21	7	4	3
11 años	1,777	874	903	1,730	844	886	40	24	16	7	6	1
12 años	1,681	886	795	1,631	860	771	47	24	23	3	2	1
13 años	1,695	880	815	1,576	811	765	116	69	47	3	0	3
14 años	1,758	885	873	1,574	767	807	183	118	65	1	0	1
15 años	1,914	982	932	1,603	802	801	307	177	130	4	3	1
16 años	1,813	908	905	1,351	664	687	460	244	216	2	0	2
17 años	1,870	940	930	1,246	615	631	621	323	298	3	2	1
18 años	2,004	966	1,038	1,154	549	605	846	414	432	4	3	1
19 años	1,821	903	918	881	439	442	934	462	472	6	2	4
20-24 años	9,810	4,803	5,007	3,392	1,708	1,684	6,378	3,076	3,302	40	19	21
25-29 años	8,169	3,948	4,221	852	513	339	7,275	3,407	3,868	42	28	14
30 años y más	45,124	20,903	24,221	1,631	935	696	43,151	19,835	23,316	342	133	209

Tabla 3.6.1.2. Población de 3 años y más por edad desplegada según condición de asistencia escolar y sexo, Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010).

Un factor importante como lo es la escolaridad, se tiene que para 2010 en el municipio había 36 mil 526 personas de 15 años y más que contaban al menos con un grado aprobado en educación básica, de ellos, 202 tenían solo hasta preescolar, 18 mil 171 primaria y 18 mil 153 secundaria. Sin embargo, es importante considerar aquellos que por alguna circunstancia han dejado la escuela y no tienen escolaridad, que para 2010 sumaban 3 mil 520 personas, entre los cuales predominan las mujeres con mil 979.(Tabla 3.6.1.3)

Nivel de escolaridad	Total	Hombres	Mujeres
Sin escolaridad	3,520	1,541	1,979
Educación básica	**36,526**	**17,833**	**18,693**
Preescolar	202	92	110
Primaria	18,171	8,354	9,817
Secundaria Total	**18,153**	**9,387**	**8,766**
Incompleta[1]	3,958	2,325	1,633
Completa[2]	14,177	7,053	7,124
No especificado	18	9	9
Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada	**618**	**120**	**498**
Educación media superior[3]	**15,828**	**7,041**	**8,787**
Educación superior[4]	**15,928**	**7,776**	**8,152**
No especificado	**105**	**42**	**63**

Tabla ₁₀ **3.6.1.3.**
Población de 15 años y más por sexo según nivel de escolaridad de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010).

1 Incluye a la población con uno o dos grados aprobados en secundaria.
2 Incluye a la población con tres grados aprobados en secundaria.
3 Incluye a la población que tiene al menos un grado aprobado en estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada, preparatoria o bachillerato y normal básica.
4 Incluye a la población que tiene al menos un grado aprobado en estudios técnicos o comerciales con preparatoria terminada, profesional (licenciatura, normal superior o equivalente), maestría y doctorado.

3.7. Hacinamiento

3.7.1. Hogares

Una parte fundamental del análisis poblacional es la que tiene que ver con las características de los hogares (números de personas, parentesco entre ellas, sexo del jefe del hogar, etc.), estos temas se analizan en este apartado del documento. Un hogar es una unidad formada por una o más personas, relacionadas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda y que se sostienen de un gasto común para la alimentación, en el municipio de Zapotlán el Grande en 2010 había 24 mil 605 hogares censales con 97 mil 783 habitantes.

Los hogares se clasifican en dos tipos los familiares y en el municipio tenía 22 mil 315 es decir el 91.7 por ciento y no familiares con 2 mil 284 representando el 9.3 por ciento. A su vez, los hogares familiares se dividen según su clase en nucleares, ampliados y compuestos.

Los hogares nucleares son 15 mil 976 los tradicionales, que se integran por el jefe del hogar, y el conyugue o los hijos, o ambos cuando sea el caso. Los ampliados 5 mil 879, se

caracterizan por la presencia de otros parientes del jefe, pueden ser hogares nucleares a los cuales se les han agregado otros parientes, o bien, estar integrados por un jefe y otros parientes, donde no existe un núcleo propio del jefe. Por último los hogares compuestos 366, además del jefe, incluyen a algún pariente y cuentan con la presencia de personas que no guardan ninguna relación de parentesco con el jefe.

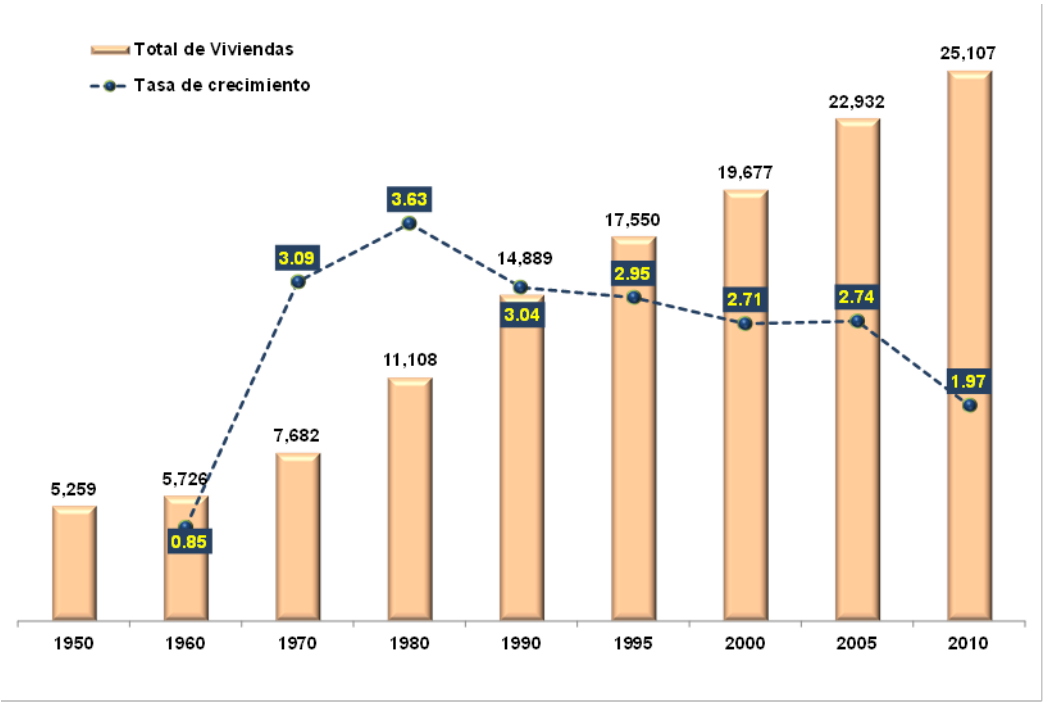
Los hogares no familiares pueden ser de corresidentes y unipersonales. Los de corresidentes son 182 hogares y corresponden a aquellos en los que sus miembros comparten la vivienda y los gastos de alimentación, pero que no guardan ninguna relación de parentesco con el jefe del hogar y los hogares unipersonales 2 mil 102 se refieren a las personas que viven solas.(Tabla 3.7.1.1).

Sexo de la Jefa y/o el Jefe	Hogares censales y población	Total	Tipo y clase de hogar								
			Familiar					No Familiar			N.E.
			Total	Nuclear	Ampliado	Compuesto	N.E.	Total	Unipersonal	De corresidentes	
Total	**Hogares censales**	**24,605**	**22,315**	**15,976**	**5,879**	**366**	**94**	**2,284**	**2,102**	**182**	**6**
	Población	97,783	95,147	59,658	32,961	1,990	538	2,615	2,102	513	21
Hombre	**Hogares censales**	**18,122**	**17,070**	**13,073**	**3,706**	**238**	**53**	**1,048**	**963**	**85**	**4**
	Población	75,696	74,487	50,763	22,102	1,306	316	1,197	963	234	12
Mujer	**Hogares censales**	**6,483**	**5,245**	**2,903**	**2,173**	**128**	**41**	**1,236**	**1,139**	**97**	**2**
	Población	22,087	20,660	8,895	10,859	684	222	1,418	1,139	279	9

Tabla 3.7.1.1. Hogares censales y su población según jefatura de los mismos de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010).

3.7.2. Vivienda

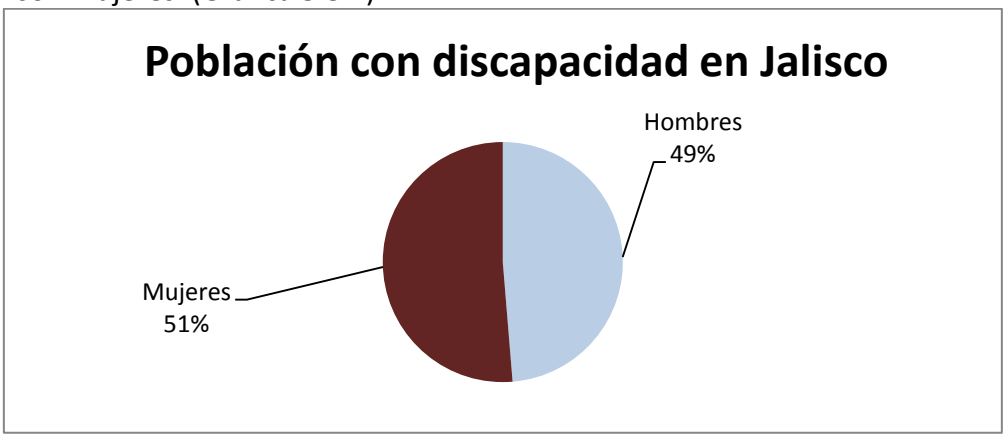
Las viviendas habitadas se clasifican en particulares y en colectivas. Las particulares son las destinadas al alojamiento de una o más personas que forman uno o más hogares. Las viviendas colectivas son las destinadas al albergue de personas por motivos de asistencia, salud, educación, etc. En los últimos años el crecimiento de viviendas en el municipio de Zapotlán el Grande es muy importante ya que en tan solo en sesenta años casi tres veces de lo que tenía en 1950 que eran 5 mil 259 viviendas para registrar en el 2010 un total de 25 mil 107. Haciendo un análisis entre el período de 1970 y 1980 fue el máximo crecimiento que tuvo con un 44.6 por ciento y registrando la mayor tasa de crecimiento con el 3.63 por ciento. A partir de ese año la tasa se redujo en promedio de 2.9 hasta 2005 y para 2010 la tasa fue menor con el 1.97 por ciento. (Gráfica 3.2.7.1).



Gráfica 3.7.2.1. Viviendas totales y tasa de crecimiento promedio anual, Zapotlán el Grande, 1950-2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos y conteos nacionales de población, 1950-2010).

3.8. Población con discapacidad

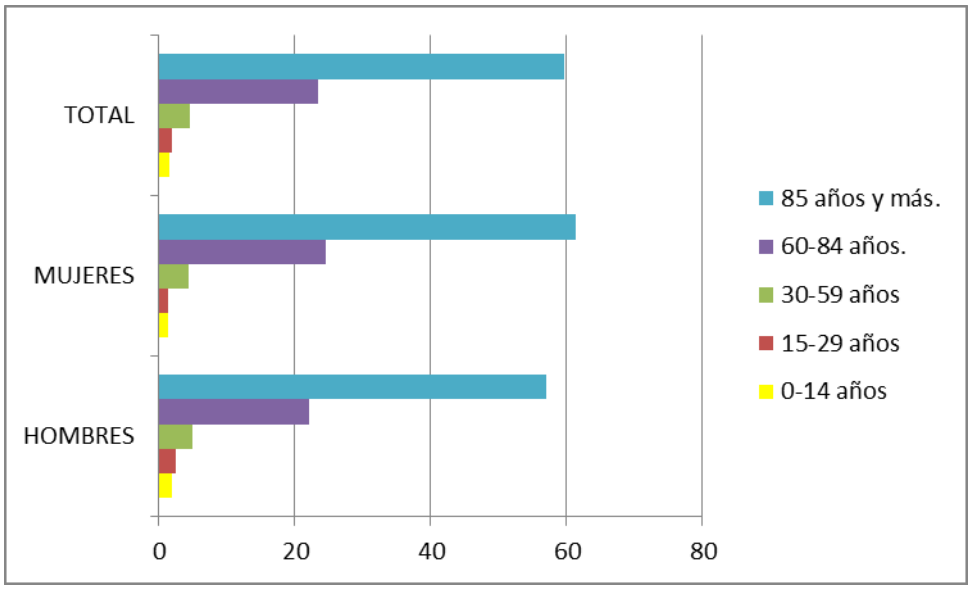
La discapacidad en la población de Zapotlán El Grande, representa un factor de vulnerabilidad ante la sociedad , de acuerdo al Censo INEGI, 2010 para el estado de Jalisco se reportan trecientos sesenta y siete mil, 869 personas con alguna dificultad física o mental para realizar actividades cotidianas, de los cuales 48.7% pertenecen a hombres y 51.3% son mujeres. (Gráfica 3.8.1).



Gráfica 3.8.1. Población con discapacidad de estado y distribución porcentual por sexo. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010).

3.8.1. Discapacidad por edad y sexo

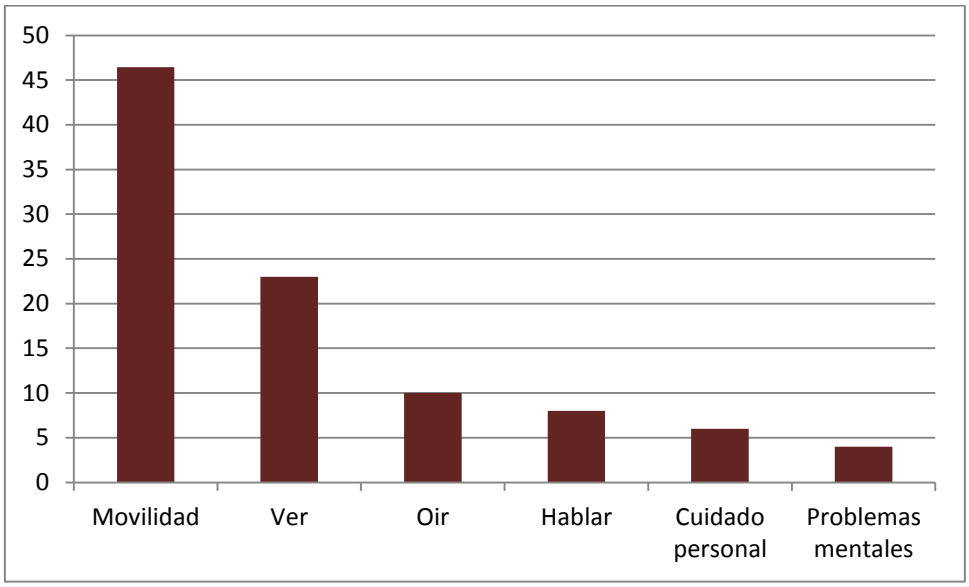
La edad de la población resulta una variable que aumenta la posibilidad de padecer alguna limitación física o mental, la población más joven representa el grupo con menos personas discapacitadas, respecto a el grupo entre 15 a 29 años aumenta ligeramente su porcentaje respecto al anterior, el mayor porcentaje se registra en el grupo de edad de 60 a 84 años, una de cada cuatro personas presentan discapacidad. (Grafica 3.8.1.1).



Gráfica 3.8.1.1. Porcentaje de población con discapacidad por grandes grupos de edad y sexo. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010).

3.8.2. Tipo de discapacidad en la población

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, el municipio de Zapotlán El Grande registra tres mil 995 personas con limitaciones en le actividad de los cuales 46.45 % presentan discapacidad motora, siendo la limitación de movilidad la discapacidad con mayor frecuencia entre la población residente, el segundo tipo de limitación que más padece la población está vinculado con problemas para ver aun utilizando lentes, los otros tipos de discapacidad se presentan por problemas como Oír, Hablar o comunicarse, Atender el cuidado personal, Poner atención o aprender y Problemas mentales. (Gráfica 3.8.2.1).



Gráfica 3.8.2.1. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010).

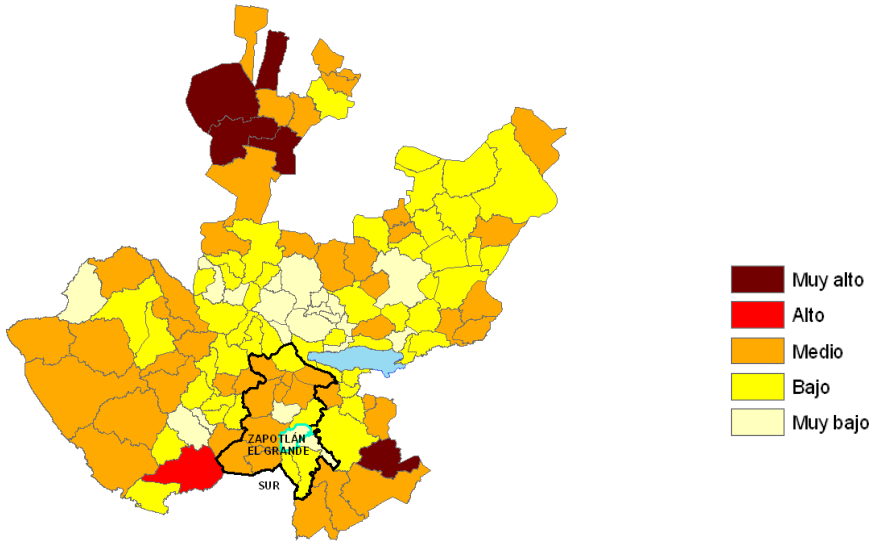
Sin embargo la discapacidad puede ser causada por distintos problemas, entre los que se encuentran: los del nacimiento y congénitos, enfermedad y accidentes aunque no se cuentan con cifras relacionadas con la causa del problema se sabe que otros factores como a situación conyugal la cual permite conocer el estado marital. En 2010 predomina la población casada; sin embargo la población en esta situación presenta un descenso al pasar del 47.7 al 43.6% en veinte años. También el porcentaje de solteros disminuye, al pasar del 43.5% en 1990 al 37.6% en 2010. Por el contrario, la población en unión libre se triplicó durante el mismo periodo, al pasar del 3.0 al 9.8 por ciento. La distribución según estado conyugal por sexo refleja las condiciones del denominado mercado matrimonial y la diferencias en la sobrevivencia de mujeres y hombres por lo que se concluye que la población casada tiene mayor probabilidad de afrontar los problemas con algún tipo de discapacidad.

3.9. Marginación y pobreza

3.9.1 Marginación

La construcción del índice para las entidades federativas, regiones y municipios considera cuatro dimensiones estructurales de la marginación: falta de acceso a la educación (población analfabeta de 15 años o más y población sin primaria completa de 15 años o más), residencia en viviendas inadecuadas (sin disponibilidad de agua entubada, sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo, con piso de tierra, sin disponibilidad de energía eléctrica y con algún nivel de hacinamiento), percepción de ingresos monetarios insuficientes (ingresos hasta 2 salarios mínimos) y residir en localidades pequeñas con menos de 5 mil habitantes.

En el mapa 3.9.1.1 se presentan los indicadores que componen el índice de marginación para el 2010. En donde se ve que el municipio de Zapotlán el Grande cuenta con un grado de marginación muy bajo, y que la mayoría de sus carencias están por abajo del promedio regional; destaca que la población de 15 años o más sin primaria completa asciende al 16.3 por ciento, y que el 29.5 por ciento de la población no gana ni dos salarios mínimos.



Mapa 3.9.1.1. Índice de marginación por municipio. Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONAPO).

A nivel localidad, se tiene que la mayoría de las principales localidades del municipio tienen grado de marginación medio, a excepción de la cabecera municipal y La Mesa que tiene grado de marginación bajo, en particular se ve que Atequizayán tiene el más alto porcentaje de población analfabeta (9.2 %) y Los Depósitos sin primaria completa (56.3%) (Ver tabla 3.9.1.1.)

Municipio / Localidad		Grado	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Población en localidades con menos de 5000 habitantes	% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador
Clave	Nombre						
	Jalisco	**Bajo**	**4.4**	**18.0**	**17.5**	**27.2**	**6.8**
	Sur		**6.4**	**23.2**	**31.1**	**47.5**	**12.4**
023	**Zapotlán el Grande**	**Muy bajo**	**4.2**	**16.3**	**2.8**	**29.5**	**6.6**
1	Ciudad Guzmán	Bajo	4.1	16.4			6.8
8	La Mesa (El Fresnito)	Bajo	8.1	36.5			7.7
3	Atequizayán	Medio	9.2	32.4			11.7
5	Los Depósitos	Medio	8.3	56.3			9.5
140	Rancho de Don Luis Martínez	Medio	0.0	8.0			10.0

Tabla 3.9.1.1. Grado de marginación e indicadores sociodemográficos de Zapotlán el Grande 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG , con base en CONAPO, Índices de marginación por entidad federativa, municipal y a nivel localidad, 2010).

Para el cálculo de los índices estatales, municipales y regionales, estos indicadores corresponden a los porcentajes de ocupantes en viviendas. Respecto a las carencias en la vivienda, en la localidad de Rancho de Don Luis Martínez tiene dos indicadores, el de viviendas sin excusado y sin agua entubada con los porcentajes más altos, 10.0 y 100.0 por ciento, respectivamente; por otro lado con el problema de piso el más alto lo tiene Atequizayán (6.5%). En lo que se refiere a equipamiento en la vivienda, esta última muestra el más alto porcentaje de viviendas sin refrigerador con el 11.7 por ciento (ver tabla 3.9.1.2.)

Municipio / Localidad		Grado	% Viviendas particulares habitadas sin excusado*	% Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica*	% Viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada*	Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra
Clave	Nombre						
	Jalisco	**Bajo**	**1.5**	**0.8**	**3.9**	**4.0**	**3.2**
	Sur		**2.9**	**1.6**	**9.7**	**4.0**	**6.3**
023	**Zapotlán el Grande**	**Muy bajo**	**0.2**	**0.4**	**1.2**	**4.0**	**3.3**
1	Ciudad Guzmán	Bajo	0.6	0.3	1.6	1.1	3.0
8	La Mesa (El Fresnito)	Bajo	2.0	0.8	5.3	0.9	3.3
3	Atequizayán	Medio	6.4	0.0	3.2	1.6	6.5
5	Los Depósitos	Medio	4.8	0.0	4.8	1.2	0.0
140	Rancho de Don Luis Martínez	Medio	10.0	0.0	100.0	1.3	0.0

Tabla 3.9.1.2. Grado de marginación e indicadores sociodemográficos (Fuente: Zapotlán el Grande, 2010). (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en CONAPO, Índices de marginación por entidad federativa, municipal y a nivel localidad, 2010).

Para el cálculo de los índices estatales, municipales y regionales, estos indicadores corresponden a los porcentajes de ocupantes en viviendas**.**

3.9.1.1. Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Conforme a la más reciente publicación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), denominado, "Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología", el índice de desarrollo humano (IDH) es una herramienta útil para explorar las características locales de las capacidades básicas de los individuos en una sociedad. El IDH hace manejable la complejidad asociada a la noción de desarrollo al utilizar tres dimensiones básicas para la medición: salud, educación e ingreso. Asimismo, permite referir estas dimensiones a unidades territoriales o geográficas y hace evidentes los distintos niveles de bienestar entre naciones, entidades federativas o municipios.

Con objeto de reflejar las condiciones de bienestar en los municipios y dada la disponibilidad de información a este nivel de desagregación, se ajustaron los indicadores empleados en cada índice componente del IDH municipal. En la dimensión de salud, se toma la tasa de supervivencia infantil como base para aproximar la información que proporcionaría la esperanza de vida al nacer. En el Índice de Educación se observan los años promedio de escolaridad y los años esperados de escolarización con el fin de formar el índice combinado de educación. Para aproximar la dimensión de ingreso, se considera el ingreso municipal per cápita ajustado al Ingreso Nacional Bruto (INB) anual en dólares estadounidenses ajustados por paridad de poder de compra (PPC). Los tres índices se agregan mediante el uso de la media geométrica y dan como resultado el IDH. Éste se expresa en valores entre cero y uno, donde uno corresponde al máximo logro posible y cero establece que no existe avance alguno.

En lo que respecta al desarrollo humano en el municipio de Zapotlán el Grande, se tiene que éste tiene un IDH de 0.792, con lo que ocupa el tercer lugar entre los municipios con mayor desarrollo humano, sólo por debajo de Zapopan (0.816) y Guadalajara (0.800), todos ellos clasificados dentro de cuartil de municipios con muy alto desarrollo en el país.

En la tabla 3.9.1.1.1 se puede ver que la dimensión donde tiene un menor desarrollo en 2010 es en el ámbito educativo, con un índice de 0.741. El Índice de Educación (IE) mide el progreso relativo de Zapotlán el Grande en materia de años promedio de escolaridad para personas mayores de 24 años, que fue de 8.94 en 2010; así como de los años esperados de escolaridad para personas entre 6 y 24 años, que en su caso fue de 13.84 en el municipio.

Índice de Desarrollo Humano (IDH)		Índice de educación	Índice de ingreso	Índice de salud	Años promedio de escolaridad	Años esperados de escolarización	Ingreso per cápita anual (dólares PPC)	Tasa de Mortalidad Infantil
Valor	Lugar							
0.792	3	0.741	0.776	0.866	8.94	13.84	22,469	12.86

Tabla 3.9.1.1.1. Indicadores e Índice de Desarrollo Humano (Nueva Metodología) de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en PNUD; Bases de datos del "Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología", 2014).

En contraste, en el rubro donde el municipio presentó el mayor desarrollo fue en el que se refiere a la capacidad básica de contar con una vida larga y saludable; con un índice de salud de 0.866, como resultado de una tasa de mortalidad infantil de 12.86, es decir, el número de defunciones de menores de un año de edad por cada mil nacimientos ocurridos en el año.

3.9.1.2. Desarrollo institucional

El Índice de Desarrollo Municipal (IDM) mide el progreso de un municipio en cuatro dimensiones del desarrollo: social, económica, ambiental e institucional, con la finalidad de presentar una evaluación integral de la situación de cada uno de éstos. El IDM parte de tres premisas vinculadas con el concepto de desarrollo humano, según el cual, el principal objetivo es beneficiar a las personas; las actividades de los gobiernos afectan el nivel de desarrollo de sus comunidades y que el desarrollo sostenible posibilita el bienestar de los individuos a largo plazo.

En la construcción del IDM se decidió incluir cinco variables para medir el desarrollo institucional de los municipios de Jalisco, por medio del porcentaje de participación ciudadana en elecciones; la evaluación del cumplimiento de la publicación de información fundamental y de la obligación de la atención a las solicitudes de información; la tasa de empleados municipales por cada mil habitantes; el porcentaje de ingresos propios por municipio y el número de delitos del fuero común por cada mil habitantes. (Tabla 3.9.1.2.1).

Indicadores	Valor
Índice de Desarrollo Municipal	63.9
Grado	Muy Alto
Lugar estatal	11
Índice de Desarrollo Institucional	60.3
Grado	Muy Alto
Lugar estatal	11
Porcentaje de participación ciudadana en elecciones	52.36
Evaluación del cumplimiento de la publicación de información fundamental	46.21
Empleados municipales por cada 1000 habitantes	10.16
Porcentaje de ingresos propios	51.38
Delitos del fuero común por cada 1000 habitantes[/a]	13.33

Tabla 3.9.1.2.1 Índice de Desarrollo Municipal-Institucional en Zapotlán el Grande, 2012. (Fuente: Índice de Desarrollo Municipal, IDM-I con base en IFE, ITEI, INEGI, Procuraduría de Justicia del Estado de Jalisco e INAFED (ver detalles y notas en IDM 2012 http://www.iieg.gob.mx/general.php?id=8&idg=472).

En el caso de Zapotlán el Grande, en 2009 registró una participación electoral del 52.36%, que lo coloca en el lugar 107 de los 125 municipios. Lo que significa que tiene una baja participación electoral en comparación con otras municipalidades del estado. Por otra parte, en 2011 con una calificación de 46.21% en materia de cumplimiento en las obligaciones de transparencia, el municipio se colocó en el lugar 16. Lo que muestra el grado de compromiso de una administración en publicar y mantener actualizada la información, en particular, la correspondiente a los rubros financieros y regulatorios; así como la mejora en su accesibilidad y un adecuado manejo y protección de la información confidencial. Esto en el marco del cumplimiento del derecho de acceso a la información pública.

En lo que respecta a los empleados que laboran en las administraciones públicas, es importante destacar que en 2009, Zapotlán el Grande tenía una tasa de 10.16 empleados municipales por cada mil habitantes, por lo que ocupa el sitio 63 a nivel estatal en este rubro. Esto en el sentido de que entre menor sea el valor de este indicador mejor, porque implica una lógica de austeridad donde con menos empleados municipales se logra prestar los servicios municipales a la población.

Asimismo, en el ámbito de las finanzas municipales, para 2009 el 51.38% de los ingresos de Zapotlán el Grande se consideran propios, en el sentido que fueron generados mediante sus propias estrategias de recaudación, lo que posiciona al municipio en el lugar 18 en el ordenamiento de este indicador respecto a los demás municipios del estado. Mientras que en la cuestión de seguridad, en 2011 el municipio registró una tasa de 13.33

delitos por cada mil habitantes, que se traduce en el lugar 118 en el contexto estatal, siendo el lugar uno, el municipio más seguro en función de esta tasa.

Considerando los cinco indicadores, Zapotlán el Grande obtiene un desarrollo institucional muy alto, con un IDM-I de 60.35, que lo coloca en el sitio 11 del ordenamiento estatal. Donde el primer lugar lo tiene Zapotlanejo y el último, Santa María del Oro.

3.9.2. Pobreza

La pobreza, está asociada a condiciones de vida que vulneran la dignidad de las personas, limitan sus derechos y libertades fundamentales, impiden la satisfacción de sus necesidades básicas e imposibilitan su plena integración social. De acuerdo con esta concepción, una persona se considera en situación de pobreza multidimensional cuando sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y los servicios que requiere para satisfacer sus necesidades y presenta carencia en al menos uno de los siguientes seis indicadores: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social calidad y espacios de la vivienda servicios básicos en la vivienda.

La nueva metodología para medir el fenómeno de la pobreza fue desarrollada por el CONEVAL y permite profundizar en el estudio de la pobreza, ya que además de medir los ingresos, como tradicionalmente se realizaba, se analizan las carencias sociales desde una óptica de los derechos sociales. Estos componentes permitirán dar un seguimiento puntual de las carencias sociales y al bienestar económico de la población, además de proporcionar elementos para el diagnóstico y seguimiento de la situación de la pobreza en nuestro país, desde un enfoque novedoso y consistente con las disposiciones legales aplicables y que retoma los desarrollos académicos recientes en materia de medición de la pobreza. (Tabla 3.9.2.1).

En términos generales de acuerdo a su ingreso y a su índice de privación social se proponen la siguiente clasificación**:**
Pobres multidimensionales.- Población con ingreso inferior al valor de la línea de bienestar y que padece al menos una carencia social.
Vulnerables por carencias sociales.- Población que presenta una o más carencias sociales, pero cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar.
Vulnerables por ingresos.- Población que no presenta carencias sociales y cuyo ingreso es inferior o igual a la línea de bienestar.
No pobre multidimensional y no vulnerable.- Población cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar y que no tiene carencia social alguna.

Indicadores de incidencia	Porcentaje	Personas
Pobreza multidimensional		
Población en situación de pobreza multidimensional	21.7	24,037
Población en situación de pobreza multidimensional moderada	20.3	22,432
Población en situación de pobreza multidimensional extrema	1.5	1,605
Población vulnerable por carencias sociales	40.1	44,322
Población vulnerable por ingresos	5.7	6,257
Población no pobre multidimensional y no vulnerable	32.5	35,971

Tabla 3.9.2.1. Pobreza multidimensional de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL con base en INEGI, MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010).

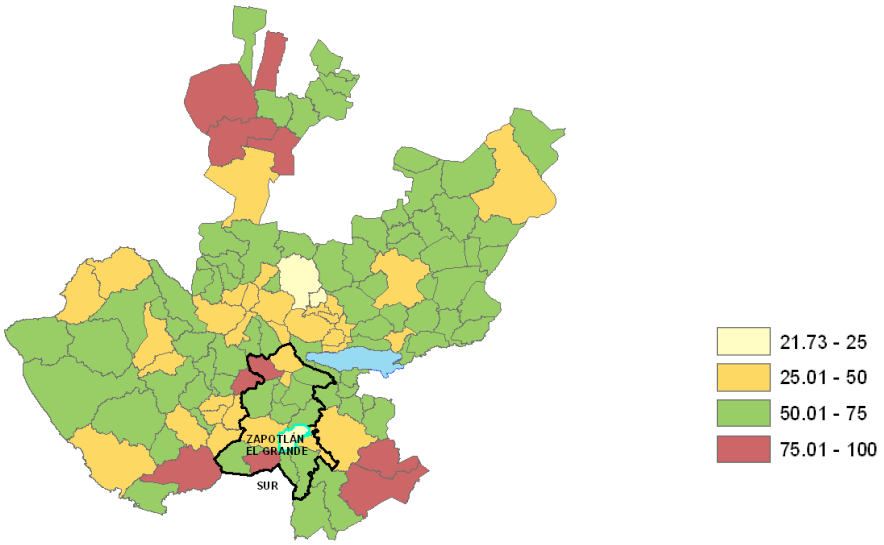
En la Tabla 3.9.2.2 se muestra el porcentaje y número de personas en situación de pobreza, vulnerable por carencias sociales, vulnerable por ingresos y; no pobre y no vulnerable en Zapotlán el Grande el 21.7 por ciento de la población se encuentra en situación de pobreza, es decir 24 mil 037 personas comparten esta situación en el municipio, así mismo el 40.1 por ciento (44,322 personas) de la población es vulnerable por carencias sociales; el 5.7 por ciento es vulnerable por ingresos y 32.5 por ciento es no pobre y no vulnerable. Es importante agregar que tan solo el 1.7 por ciento de Zapotlán el Grande presentó pobreza extrema, es decir mil 605 personas, y un 20.3 por ciento en pobreza moderada (22,432 personas).

Indicadores de incidencia	Porcentaje	Personas
Privación social		
Población con al menos una carencia social	61.8	68,359
Población con al menos tres carencias sociales	15.5	17,140
Indicadores de carencias sociales[1]		
Rezago educativo	19.1	21,099
Acceso a los servicios de salud	27.8	30,788
Acceso a la seguridad social	43.4	48,003
Calidad y espacios de la vivienda	6.4	7,132
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	3.2	3,499
Acceso a la alimentación	22.5	24,921
Bienestar		
Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	5.7	6,329
Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar	27.4	30,294

Tabla 3.9.2.2. Pobreza multidimensional en Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL con base en INEGI, MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010).

[1] Se reporta el porcentaje de la población con cada carencia social.

De los indicadores de carencias sociales, destaca que el acceso a la seguridad social es la más alta con un 43.4 por ciento, que en términos absolutos se trata de 48 mil 003 habitantes, le sigue el de acceso a los servicios de salud con el 27.8 por ciento, lo que significan 30 mil 788 personas. Los que menos porcentajes acumulan son la calidad y espacios, y acceso a los servicios básicos de la vivienda, con el 6.4 por ciento y 3.2 por ciento respectivamente (Mapa 3.9.2.1.). Es de relevancia mencionar que el 22.5 por ciento de los habitantes del municipio tienen carencia en acceso a la alimentación, es decir 24 mil 921 personas



Mapa 3.9.2.1. Porcentaje de población con pobreza multidimensional por municipio Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONEVAL, 2010).

A manera de recapitulación, el municipio de Zapotlán el Grande en 2010 ocupaba a nivel estatal el lugar 121 en el índice de marginación con un grado muy bajo, en pobreza multidimensional se localiza en el lugar 125, con el 20.3 por ciento de su población en pobreza moderada y 1.5 por ciento en pobreza extrema; y en cuanto al índice de intensidad migratoria el municipio tiene un grado bajo y ocupa el lugar 116 entre todos los municipios del estado (ver tabla 3.9.2.3.)

Clave	Municipio	Población	Marginación		Pobreza Multidimensional			Intensidad Migratoria	
			Grado	Lugar	Moderada	Extrema	Lugar	Grado	Lugar
14	**Jalisco**	**7,350,682**	**Bajo**	**27**	**32.0**	**4.9**	**23**	**Alto**	**13**
023	Zapotlán el Grande	100,534	Muy bajo	121	20.3	1.5	125	Bajo	116

Tabla 3.9.2.3. Población total, grado de Marginación e Intensidad Migratoria y situación de pobreza Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL y CONAPO, 2010).

3.10. Actividades económicas en la zona

3.10.1 Participación económica de las mujeres en el trabajo

La población económicamente activa (PEA) de 12 años y más en el municipio de Zapotlán el Grande se integraba por un total de 44 mil 220 personas, de ellas 27 mil 214 son hombres (61.5%) y 17 mil 006 mujeres (38.5%). De esa cantidad, el 96.2 por ciento estaban ocupadas, es decir, 42 mil 535; mientras que en un importante 3.8 por ciento estaban desocupadas, lo que significan un monto de mil 685 personas, predominando en esta última situación los hombres, con una proporción del 70 por ciento (mil 180); y enfatizándose en el grupo de 20 a 24 años los cuales sumaban 178 personas. (Tabla 3.10.2.2).

Grupos quinquenales de edad	Población económicamente activa								
	Total			Ocupada			Desocupada		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total	**44,220**	**27,214**	**17,006**	**42,535**	**26,034**	**16,501**	**1,685**	**1,180**	**505**
12-14 años	326	242	84	297	217	80	29	25	4
15-19 años	3,045	1,991	1,054	2,828	1,834	994	217	157	60
20-24 años	5,919	3,590	2,329	5,590	3,412	2,178	329	178	151
25-29 años	6,233	3,680	2,553	5,980	3,526	2,454	253	154	99
30-34 años	5,889	3,542	2,347	5,714	3,424	2,290	175	118	57
35-39 años	5,565	3,256	2,309	5,416	3,152	2,264	149	104	45
40-44 años	4,811	2,775	2,036	4,712	2,707	2,005	99	68	31
45-49 años	4,023	2,394	1,629	3,909	2,301	1,608	114	93	21
50-54 años	3,266	2,078	1,188	3,165	1,994	1,171	101	84	17
55-59 años	2,247	1,544	703	2,178	1,485	693	69	59	10
60-64 años	1,369	972	397	1,311	920	391	58	52	6
65-69 años	765	555	210	729	520	209	36	35	1
70-74 años	402	307	95	373	280	93	29	27	2
75-79 años	186	144	42	174	133	41	12	11	1
80-84 años	102	87	15	92	77	15	10	10	0
85 años y más	72	57	15	67	52	15	5	5	0

Tabla 3.10.2.2. Población económicamente activa de 12 años y más por condición de ocupación y sexo según grupos quinquenales de edad de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010.

Al analizar la tasa específica de participación económica de la población de 12 años y más por grupos quinquenales de edad, se puede ver que para 2010 en Zapotlán el Grande la tasa fue del 56.9 por ciento; siendo mayor entre los hombres (73.5) que entre las mujeres (41.8). El grupo que destaca es el de 30 a 34 años (78.2), le siguen los de 35 a 39 años (77.5) y en tercer lugar se encuentran los de 40 a 44 años (77.3). (Tabla 3.10.2.3).

Grupos quinquenales de edad	Tasas específicas de participación económica		
	Total	Hombres	Mujeres
Total	**56.9**	**73.5**	**41.8**
12-14 años	6.4	9.1	3.4
15-19 años	32.3	42.4	22.3
20-24 años	60.3	74.7	46.5
25-29 años	76.3	93.2	60.5
30-34 años	78.2	97.1	60.4
35-39 años	77.5	97.4	60.1
40-44 años	77.3	96.6	60.8
45-49 años	73.4	95.9	54.6
50-54 años	66.4	92.2	44.5
55-59 años	57.6	84.3	33.9
60-64 años	43.9	67.5	23.7
65-69 años	34.4	53.1	17.8
70-74 años	24.1	41.4	10.3
75-79 años	16.2	29.3	6.4
80-84 años	12.2	23.5	3.2
85 años y más	8.1	15.6	2.9

Tabla 3.10.2.3. Tasas específicas de participación económica de la población de 12 años y más por sexo según grupos quinquenales de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010).

En lo que respecta a la distribución de la población no económicamente activa (PNEA) en el municipio (Tabla 3.10.2.4), según el tipo de actividad no económica, se observa que para 2010, de las 33 mil 048 personas de 12 años y más en esta condición 12 mil 858 eran estudiantes, esto es, el 38.9 por ciento respecto a la PNEA. Por su parte, 15 mil 267 se dedicaban a los quehaceres del hogar (46.2%), 962 tenían alguna limitación física o mental permanente que les impedía trabajar (2.9%) y 2 mil 656 estaban pensionados o jubilados (8%). No obstante, había mil 305 personas que no trabajaban, no estudiaban, y que además no realizaban alguna de las actividades no económicas citadas anteriormente, los cuales representaban el 3.9 por ciento de la población económicamente inactiva en el municipio.

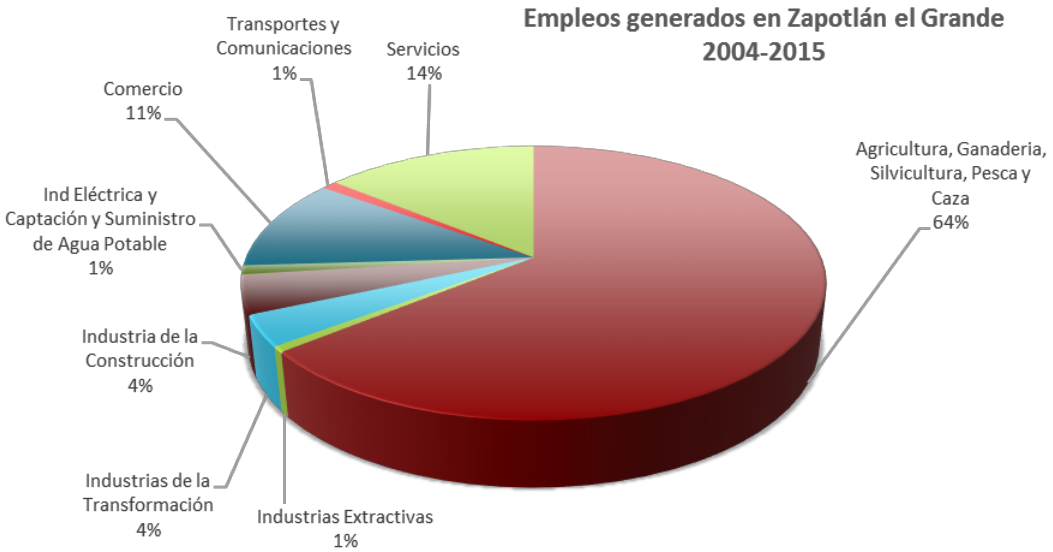
Tipo de actividad no económica	Total	Hombres	Mujeres
Población no económicamente activa	**33,048**	**9,542**	**23,506**
Pensionados o jubilados	2,656	1,775	881
Estudiantes	12,858	6,132	6,726
Personas dedicadas a los quehaceres del hogar	15,267	193	15,074
Personas con alguna limitación física o mental permanente que les impide trabajar	962	498	464
Personas en otras actividades no económicas	1,305	944	361

Tabla 3.10.2.4. Población no económicamente activa de 12 años y más por tipo de actividad no económica y sexo Zapotlán el Grande, 2010 (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010).

3.10.2. Empleo

Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y casa es el sector con mayor número de empleados en el municipio, seguido del sector servicios y del comercio. En cambio, el sector con menos trabajadores asegurados es el de Industria extractivas, seguido de Industria eléctrica y captación y suministro de agua potable.

Desde el 2004 el número de trabajadores asegurados ha ido en constante crecimiento en el municipio, pero por sector industrias extractivas, industrias de la transformación y sector de transportes y comunicaciones tuvieron una reducción de empleos entre el año 2007 y 2009. (Gráfica 3.10.2.1).



Gráfica 3.10.2.1 Empleos generados en Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS.*Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

3.10.3. Empleo por sector

Del sector Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza, solo agricultura, ganadería y silvicultura son los grupos que tienen trabajadores asegurados, siendo agricultura el que más empleos ha generado del 2004 al 2015, con 8,284 que representa el 98%, seguido de silvicultura (88) y ganadería (8). En total se generaron 8, 380 empleos, siendo el sector con mayor número de empleos generados. (Tabla 3.10.3.3.1)

Trabajadores asegurados del sector Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Agricultura	987	1,025	1,185	1,197	1,355	1,684	2,055	3,114	5,893	6,747	8,154	9,271	8,284
Caza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ganadería	161	156	144	150	140	144	144	150	156	164	166	169	8
Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silvicultura	176	208	209	182	199	207	222	196	207	191	168	264	88
Total	**1,324**	**1,389**	**1,538**	**1,529**	**1,694**	**2,035**	**2,421**	**3,460**	**6,256**	**7,102**	**8,488**	**9,704**	**8,380**

Tabla 3.10.3.1. Trabajadores asegurados del sector Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

De las Industrias extractivas, solo Extracción y beneficio de carbón mineral grafito y Extracción y beneficio de minerales metálicos cuentan con trabajadores asegurados, siendo el primero el único que reporta generación de empleos en el periodo 2004-2015 con 103 empleos generados, mientras que Extracción y beneficio de minerales metálicos perdió 14 empleos. En total generó 89 empleos, siendo el que menos empleos generó en este periodo. (Tabla 3.10.3.2 y Tabla 3.10.3.3.)

Trabajadores asegurados del sector Industrias Extractivas de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Exploración y extracción de petróleo crudo y gas natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Explotación de sal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extracción y beneficio de carbón mineral grafito	9	9	6	8	7	0	23	36	62	151	117	112	103
Extracción y beneficio de minerales métalicos	48	46	45	41	39	46	46	53	93	68	34	34	-14
Total	**57**	**55**	**51**	**49**	**46**	**46**	**69**	**89**	**155**	**219**	**151**	**146**	**89**

Tabla 3.10.3.2. Trabajadores asegurados del Sector industrias Extractivas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

Trabajadores asegurados del sector Industrias de Transformación de Zapotlán el Grande	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Beneficio y/o fabricación de productos de tabaco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Confección de prendas de vestir, otros artículos base textiles y materiales diversos,excepto calzado	17	28	69	17	18	20	18	12	18	19	19	17	0
Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de transporte y sus partes	13	9	4	1	2	1	1	1	1	2	3	3	-10
Elaboración de alimentos	402	442	461	466	475	531	561	585	602	617	673	690	288
Elaboración de bebidas	109	103	100	91	98	100	139	21	67	62	59	55	-54
Fabricación de calzado e industria del cuero	47	50	42	37	33	34	34	37	34	27	29	29	-18
Fabricación de productos de hule y plástico	27	18	16	18	12	15	13	12	72	76	105	99	72
Fabricación de productos de minerales no metálicos; excepto petróleo y del carbón mineral	37	28	32	51	28	40	31	21	25	22	21	22	-15
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	246	293	339	351	312	319	321	353	386	397	372	382	136
Fabricación y ensamble de maquinaria, equipos, aparatos y accesorios y artículos eléctricos, electrónicos y suspartes	7	8	8	9	10	7	7	2	3	4	3	3	-4
Fabricación y/o reparación de muebles de madera y sus partes; excepto de metal y de plástico moldeado	46	46	47	38	35	34	34	33	23	18	31	31	-15
Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria, equipo y sus partes; excepto los eléctricos	25	46	29	71	30	23	40	114	124	27	28	30	5
Industria del papel	251	238	205	215	212	196	203	216	207	234	305	280	29
Industria editorial, de impresión y conexas	37	36	42	40	39	46	52	50	53	47	46	50	13
Industria química	42	36	46	46	48	47	49	46	43	56	111	112	70
Industria textil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industria y productos de madera y corcho, excepto muebles	320	332	380	408	343	334	422	366	394	373	398	425	105
Industrias metálicas básicas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Otras industrias manufactureras	208	191	209	171	203	129	182	203	144	105	95	81	-127
Refinación del petróleo y derivados del carbón mineral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**1,834**	**1,904**	**2,029**	**2,030**	**1,898**	**1,876**	**2,107**	**2,073**	**2,197**	**2,086**	**2,298**	**2,309**	**475**

Tabla 3.10.3.3. Trabajadores asegurados del Sector industrias Extractivas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

Para la Industria de la transformación, la elaboración de alimentos, industria y productos de madera y corcho, excepto muebles, son los que más trabajadores asegurados tienen. Mientras que Construcción y reconstrucción y ensamble de equipo de transporte y sus partes y Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria, equipo y sus partes, excepto eléctricos; son los que menos trabajadores asegurados tienen.

En cuanto a generación de empleos, en el periodo 2004-2015, la Elaboración de alimentos y Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo son los que generaron más empleos con 288 y 136 empleos respectivamente. Los grupos que perdieron empleos fueron Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de

transporte y sus partes (-10), Elaboración de bebidas (-54), Fabricación de calzado e industria de cuero (-18), Fabricación de minerales no metálicos; excepto petróleo y carbón no mineral (-4) y Otras industrias manufactureras (-127). En total se generaron 475 empleos. (Tabla 3.10.3.4)

Trabajadores asegurados del sector Industrias de la Construcción de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil	807	880	801	1,036	811	800	1,070	1,228	1,105	1,175	1,164	1,307	500
Trabajos realizados por contratistas especializados	40	46	54	55	61	45	69	76	85	132	158	139	99
Total	847	926	855	1,091	872	845	1,139	1,304	1,190	1,307	1,322	1,446	599

Tabla 3.10.3.4. Trabajadores asegurados del Sector industria de la construcción de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

En la Industria de la Construcción, es Construcción de edificación y obras de ingeniería civil el grupo con más trabajadores y más empleos generados en el periodo 2004-2015 con 500 empleos generados, que representan el 83.47% de los empleos generados en ese periodo, Trabajos realizados por contratistas especializados (99). En total se generaron 599 empleos. (Tabla 3.10.3.5).

Trabajadores asegurados del sector Industria Eléctrica de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Captación y suministro de agua potable y tratada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	128	137	132	131
Generación, transmisión y distribución de energía	156	150	152	157	166	170	169	153	167	159	169	165	9
Total	**157**	**151**	**153**	**158**	**167**	**171**	**170**	**154**	**168**	**287**	**306**	**297**	**140**

Tabla 3.10.3.5. Trabajadores asegurados del Sector industria Eléctrica de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

En el periodo 2004-2015, la Industria eléctrica generó 140 empleos, siendo la Captación y suministro de agua potable y tratada el grupo que generó más con 131 empleos, mientras que Generación, transmisión y distribución de energía solo generó 9 empleos, aunque su número de trabajadores asegurados has sido constante desde el 2004. En total se generaron 140 empleos. (Tabla 3.10.3.6)

Trabajadores asegurados del sector Comercio de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Compraventa de alimentos, bebidas y productos del tabaco	959	989	1,082	1,154	1,170	1,450	1,582	1,718	1,655	1,781	1,800	1,757	798
Compraventa de artículos para el hogar	256	224	223	195	311	240	209	204	213	232	275	269	13
Compraventa de equipo de transporte; sus refacciones y accesorios	316	307	319	284	279	225	211	265	290	333	330	332	16
Compraventa de gases, combustibles y lubricantes	451	499	378	398	364	364	395	440	441	473	470	469	18
Compraventa de inmuebles y artículos diversos	78	75	89	83	100	130	117	119	44	35	31	31	-47
Compraventa de maquinaria, equipo, instrumentos, aparatos, herramientas	95	114	100	152	125	130	138	121	126	96	95	102	7
Compraventa de materias primas, materiales y auxiliares	560	526	579	577	596	638	715	747	756	732	627	633	73
Compraventa de prendas de vestir y artículos de uso personal	677	685	648	676	664	652	684	739	743	730	716	706	29
Compraventa en tiendas de autoservicios y departamentos especializados	362	478	524	558	598	554	597	635	733	738	900	873	511
Total	**3,754**	**3,897**	**3,942**	**4,077**	**4,207**	**4,383**	**4,648**	**4,988**	**5,001**	**5,150**	**5,244**	**5,172**	**1,418**

Tabla 3.10.3.6. Trabajadores asegurados del Sector comercio de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

El sector Comercio, la Compraventa de alimentos, bebidas y productos del tabaco es el grupo con más trabajadores asegurados, seguido Compraventa de prendas de vestir y artículos de uso personal y Compraventa de materias primas, materiales y auxiliares.

En cuanto a generación de empleos, en el periodo 2004-2015, Compraventa de alimentos, bebidas y productos del tabaco generó 798 empleos que representan el 56%, seguido de Compraventa en tiendas de autoservicios y departamentos especializados (511) que representa el 36%. Caso contrario el de Compraventa de inmuebles y artículos diversos que no generó empleos, si no que perdió 47 empleos en ese periodo. En total se generaron 1,418 empleos. (Tabla 3.10.3.7**.)**

Trabajadores asegurados del sector Transporte de Zapotlán el Grande													
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Comunicaciones	117	112	108	110	118	114	126	131	132	150	169	180	63
Servicios conexos al transporte	0	0	0	0	0	0	27	28	30	29	24	29	29
Servicios relacionados con el transporte en general	54	51	40	30	29	25	24	38	39	41	40	44	-10
Transporte aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporte por agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporte terrestre	598	598	621	665	563	574	542	555	621	562	601	649	51
Total	**769**	**761**	**769**	**805**	**710**	**713**	**719**	**752**	**822**	**782**	**834**	**902**	**133**

Tabla 3.10.3.7. Trabajadores asegurados del Sector Transporte de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

En el sector Transportes, el Terrestre es el que mayor número de trabajadores asegurados tiene, seguido de Comunicaciones y por último Servicios relacionados con el transporte en general.

En cuanto a generación de empleos, en el periodo 2004-2015, Comunicaciones fue el que más generó con 63 empleos, seguido de Transporte terrestre (51) y Servicios conexos al transporte (29) el cual empezó a generar empleos a partir del años 2010. Servicios relacionados con el transporte en general perdió 10 empleos en ese periodo. En total se generaron 133 empleos. (Tabla 3.10.3.8.)

Trabajadores asegurados del sector Servicios de Zapotlán el Grande	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Empleos generados 2004-2015
Agrupaciones mercantiles, profesionales, cívicas, políticas, laborales y religiosas	36	38	38	37	40	41	40	41	40	44	49	52	16
Preparación y servicio de alimentos y bebidas	333	359	374	393	363	386	453	480	483	528	518	541	208
Servicios colaterales a Instituciones financieras y de seguros	14	11	18	18	25	26	29	38	33	32	23	27	13
Servicios de administración pública y seguridad social	2428	2354	2454	2416	2722	2654	2801	2863	2801	2869	2820	2731	303
Servicios de alojamiento temporal	98	97	96	101	96	93	98	138	137	147	152	149	51
Servicios de alquiler, excepto de inmuebles	37	39	36	51	65	65	37	35	27	31	31	35	-2
Servicios de enseñanza, investigación científica y difusión cultural	227	240	273	280	293	295	343	369	432	436	442	474	247
Servicios de organizaciones internacionales y extraterritoriales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios financieros y de seguros (bancos, financieras)	15	13	17	27	38	73	99	114	126	149	143	146	131
Servicios médicos, asistencia social y veterinarios	204	213	228	232	240	230	225	231	213	226	225	224	20
Servicios personales para el hogar y diversos	414	415	431	446	442	446	478	514	529	589	509	599	185
Servicios profesionales y técnicos	341	414	564	573	872	842	983	957	656	888	1001	1027	686
Servicios recreativos y de esparcimiento	121	121	99	100	100	89	90	90	105	109	102	101	-20
Servicios relacionados con inmuebles	20	23	18	12	13	11	17	17	95	20	34	19	-1
Total	**4288**	**4337**	**4646**	**4686**	**5309**	**5251**	**5693**	**5887**	**5677**	**6068**	**6049**	**6125**	**1837**

Tabla 3.10.3.8. Trabajadores asegurados del Sector Transporte de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).

En el sector Servicios, el grupo con mayor número de trabajadores asegurados es Servicios de administración pública y de seguridad social, seguido de Servicios personales para el hogar y diversos y Servicios profesionales y técnicos.

Los que menos trabajadores asegurados tienen son Servicios colaterales a instituciones financieras y de seguros, Servicios financieros y de seguros y Servicios relacionados con inmuebles.

En cuanto generación de empleo, en el periodo 2004-2015, Servicios profesionales y técnicos fue el que más generó con 686 empleos que representa el 37.34%, seguido de Servicios de administración pública y de seguridad social (303) y Servicios de

investigación científica y divulgación cultural (247). Los que perdieron empleos fueron Servicios recreativos y de esparcimiento (-20), Servicios de alquiler, excepto inmuebles (-2) y Servicios relacionados con inmuebles (-1). En total se generaron 1837 empleos.

3.10.4. Comercio exterior

La Balanza Comercial de Zapotlán el Grande ha sido negativa desde el 2008, ya que sus importaciones han sido mayores a sus exportaciones, siendo el año 2014 donde registra un déficit mayor. (Tabla 3.10.4.1).

En el año 2013, en cuanto exportaciones, creció un 46.52% con respecto al 2012, siendo la variación porcentual más alta en exportaciones en el periodo 2008-2014, pero en el año 2014 se registró una caída de las exportaciones del 38.64% con respecto al año 2013. El año en el que se registró un mayor aumento en la variación anual de la importaciones fue en el 2011 con un 27.42%. (Tabla 3.10.4.2).

Balanza Comercial Zapotlán El Grande 2008-2014 (Millones de Dólares)					
Año	Exportaciones	Importaciones	Balanza Comercial	Variación Porcentual de Exportaciones	Variación Porcentual de Importaciones
2008	$ 6.51	$ 17.17	-$ 10.65		
2009	$ 4.55	$ 15.65	-$ 11.10	-30.13%	-8.86%
2010	$ 5.63	$ 17.09	-$ 11.46	23.67%	9.22%
2011	$ 5.27	$ 21.77	-$ 16.51	-6.41%	27.42%
2012	$ 6.57	$ 26.28	-$ 19.71	24.78%	20.69%
2013	$ 9.63	$ 28.15	-$ 18.52	46.52%	7.13%
2014	$ 5.91	$ 31.29	-$ 25.38	-38.64%	11.14%
Fuente: IIEG con base en datos del SAT					

Tabla 3.10.4.1. Balanza Comercial de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en datos del SAT, 2015.).

Exportaciones por Sección de Zapotlán El Grande 2008-2014 (Millones de Dólares)							
Sección	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SECCION XVI Máquinas y Aparatos, Material Eléctrico y sus Partes; Aparatos de Grabación o Reproducción de Sonido, Aparatos de Grabación o Reproducción de Imagen y Sonido en Televisión y las Partes y Accesorios de estos Aparatos.	$2.98	$1.96	$2.01	$2.54	$2.82	$2.26	$1.69
SECCION XV Metales Comúnes y Manufacturas de estos Metales.	$1.59	$1.18	$1.41	$1.60	$1.93	$2.18	$2.27
SECCION VI Productos de las Industrias Químicas o de las Industrias Conexas.	$0.36	$0.44	$0.54	$0.56	$0.82	$1.43	$1.32
SECCION XII Calzado, Sombreros y demás Tocados, Paraguas, Quitasoles, Bastones, Látigos, Fustas y sus Partes; Plumas Preparados y Artículos de Plumas; Flores Artificiales; Manufacturas de Cabello.	$1.10	$0.70	$1.04	$0.28	$0.32	$0.21	$0.22
SECCION IV Productos de las Industrias Alimentarias; Bebidas, Líquidos Alcohólicos y Vinagre; Tabaco y Sucedáneos del Tabaco Elaborados.	$ -	$ -	$0.00	$ -	$ -	$3.21	$ -
SECCION XVIII Instrumentos y Aparatos de Óptica, Fotografía o Cinematografia de Medida, Control o Precisión; Instrumentos y Aparatos Médicos Quirúrgicos; Partes y Accesorios de estos Instrumentos o Aparatos.	$0.18	$0.12	$0.10	$0.15	$0.47	$0.12	$0.21
SECCION XX Mercancías y Productos Diversos.	$0.15	$0.04	$0.24	$0.01	$0.01	$0.00	$0.00
SECCION VIII Pieles, Cueros, Peletería y Manufacturas de estas Materias; Artículos de Talabartería o Guarnicionería; Artículos de Viaje, bolsos de Mano y Continentes Similares; Manufacturas de Tripa.	$0.06	$0.06	$0.04	$0.04	$0.08	$0.08	$0.11
SECCION VII Plástico y sus Manufacturas; Caucho y sus Manufacturas.	$0.04	$0.03	$0.13	$0.03	$0.08	$0.06	$0.04
SECCION XI Materias Textiles y sus Manufacturas.	$0.02	$0.02	$0.06	$0.01	$0.03	$0.02	$0.02
SECCION XIII Manufacturas de Piedra, Yeso Fraguable, Cemento, Amianto,Mica o Materias Análogas; Productos Cerámicos, Vidrio y Manufacturas de Vidrio.	$0.02	$0.01	$0.04	$0.03	$0.01	$0.02	$0.01
SECCION XVII Material de Transporte.	$ -	$ -	$ -	$0.03	$ -	$0.02	$0.00
SECCION X Pasta de Madera o de las demás Materias Fibrosas Celulosicas; Papel o Cartón para Reciclar; Papel o Cartón y sus Aplicaciones.	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
SECCION V Productos Minerales.	$0.01	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$0.00
SECCION XXII Operaciones Especiales.	$ -	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$ -	$ -
Total Zapotlán El Grande	**$6.51**	**$4.55**	**$5.63**	**$5.27**	**$6.57**	**$9.63**	**$5.91**
Fuente: IIEG con base en datos del SAT							

Tabla 3.10.4.2. Exportaciones por sección de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

Los productos que más exporta Zapotlán el Grande son Máquinas y Aparatos, Material Eléctrico y sus Partes; Aparatos de Grabación o Reproducción de Sonido, Aparatos de Grabación o Reproducción de Imagen y Sonido en Televisión y las Partes y Accesorios de estos Aparatos, que en el periodo 2008-2014 generaron 16.25 millones de dólares, seguida de Metales Comunes y Manufacturas de estos Metales con 12.16 millones de dólares.

Los que menos se exportaron fueron Pasta de Madera o de las demás Materias Fibrosas Celulósicas; Papel o Cartón para Reciclar; Papel o Cartón y sus Aplicaciones; y Productos Minerales, generando 10,000 dólares cada uno.

En total, en el periodo 2008-2014, Zapotlán el Grande ha exportado $44.05 millones de dólares.

Importaciones por Sección de Zapotlán El Grande 2008-2014 (Millones de Dólares)							
Sección	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SECCION VI Productos de las Industrias Químicas o de las Industrias Conexas.	$ 8.94	$ 10.23	$ 11.75	$ 13.49	$ 16.23	$ 17.93	$ 22.69
SECCION XV Metales Comúnes y Manufacturas de estos Metales.	$ 3.22	$ 1.78	$ 2.08	$ 3.57	$ 3.83	$ 4.00	$ 3.42
SECCION XVIII Instrumentos y Aparatos de Óptica, Fotografía o Cinematografia de Medida, Control o Precisión; Instrumentos y Aparatos Médicos Quirúrgicos; Partes y Accesorios de estos Instrumentos o Aparatos.	$ 1.56	$ 1.24	$ 1.59	$ 2.45	$ 2.43	$ 2.79	$ 3.06
SECCION XVI Máquinas y Aparatos, Material Eléctrico y sus Partes; Aparatos de Grabación o Reproducción de Sonido, Aparatos de Grabación o Reproducción de Imagen y Sonido en Televisión y las Partes y Accesorios de estos Aparatos.	$ 3.09	$ 1.72	$ 1.19	$ 1.44	$ 2.78	$ 2.10	$ 1.64
SECCION IV Productos de las Industrias Alimentarias; Bebidas, Líquidos Alcohólicos y Vinagre; Tabaco y Sucedáneos del Tabaco Elaborados.	$ -	$ 0.29	$ 0.15	$ -	$ 0.43	$ 0.59	$ -
SECCION XVII Material de Transporte.	$ 0.05	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.39	$ 0.21	$ 0.26	$ 0.14
SECCION II Productos del Reino Vegetal.	$ -	$ 0.08	$ 0.16	$ 0.29	$ 0.17	$ 0.20	$ -
SECCION V Productos Minerales.	$ 0.05	$ 0.08	$ 0.03	$ 0.04	$ 0.04	$ 0.19	$ 0.18
SECCION VII Plástico y sus Manufacturas; Caucho y sus Manufacturas.	$ 0.15	$ 0.12	$ 0.07	$ 0.05	$ 0.06	$ 0.05	$ 0.07
SECCION XI Materias Textiles y sus Manufacturas.	$ 0.09	$ 0.07	$ 0.04	$ 0.01	$ 0.02	$ 0.02	$ 0.01
SECCION XIV Perlas Naturales o Cultivadas, Piedras Preciosas o Semipreciosas, Metales Preciosos y Manufacturas de estas Materias; Bisutería; Monedas.	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 0.03	$ -	$ 0.06
SECCION XII Calzado, Sombreros y demás Tocados, Paraguas, Quitasoles, Bastones, Látigos, Fustas y sus Partes; Plumas Preparados y Artículos de Plumas; Flores Artificiales; Manufacturas de Cabello.	$ 0.00	$ 0.02	$ 0.02	$ 0.02	$ 0.01	$ 0.00	$ 0.00
SECCION XX Mercancías y Productos Diversos.	$ 0.02	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.03	$ 0.00	$ 0.01
SECCION VIII Pieles, Cueros, Peletería y Manufacturas de estas Materias; Artículos de Talabartería o Guarnicionería; Artículos de Viaje, bolsos de Mano y Continentes Similares; Manufacturas de Tripa.	$ 0.01	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.01	$ 0.01	$ 0.01	$ 0.00
SECCION XIII Manufacturas de Piedra, Yeso Fraguable, Cemento, Amianto,Mica o Materias Análogas; Productos Cerámicos, Vidrio y Manufacturas de Vidrio.	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.01
SECCION X Pasta de Madera o de las demás Materias Fibrosas Celulosicas; Papel o Cartón para Reciclar; Papel o Cartón y sus Aplicaciones.	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.01	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
SECCION XXII Operaciones Especiales.	$ -	$ -	$ 0.00	$ -	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
SECCION IX Madera, Carbón Vegetal y Manufacturas de Madera; Corcho y sus Manufacturas; Manufacturas de Espartería o Cestería.	$ 0.00	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Total Zapotlán El Grande	**$ 17.17**	**$ 15.65**	**$ 17.09**	**$ 21.77**	**$ 26.28**	**$ 28.15**	**$ 31.29**
Fuente: IIEG con base en datos del SAT							

Tabla 3.10.4.3. Importaciones por sección de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

Los productos que más importa Zapotlán el Grande son Productos de las Industrias Químicas o de las Industrias Conexas, que representó 101.25 millones de dólares, seguido de Metales Comunes y Manufacturas de estos Metales con 21.90 millones de dólares en el periodo 2008-2014.

El producto que menos se importó fue Pasta de Madera o de las demás Materias Fibrosas Celulósicas; Papel o Cartón para Reciclar; Papel o Cartón y sus Aplicaciones con 20,000 dólares.

En total, en el periodo 2008-2014, Zapotlán el Grande ha importado $157.38 millones de dólares.

Exportaciones por País Comprador de Zapotlán El Grande 2013-2014 (Millones de Dólares)			
País Comprador	2013	2014	Variación Absoluta 2013-2014
Cuba (República de)	$1.81	$1.44	-$0.37
Guatemala (República de)	$0.63	$0.71	$0.08
El Salvador (República de)	$0.63	$0.68	$0.05
Honduras (República de)	$0.53	$0.67	$0.14
Ecuador (República de)	$0.86	$0.48	-$0.38
Colombia (República de)	$0.37	$0.34	-$0.03
Nicaragua (República de)	$0.34	$0.32	-$0.02
Estados Unidos de America	$3.61	$0.31	-$3.30
República Dominicana	$0.13	$0.27	$0.14
Costa Rica (República de)	$0.22	$0.25	$0.03
Bolivia (República de)	$0.19	$0.11	-$0.07
Chile (República de)	$0.21	$0.11	-$0.10
Panamá (República de)	$0.10	$0.09	-$0.01
Canadá	$0.00	$0.08	$0.08
Venezuela (República de)	$0.00	$0.04	$0.04
Perú (República del)	$0.00	$0.02	$0.02
Total Exportaciones Zapotlán El Grande	**$9.63**	**$5.91**	**-$3.72**

Tabla 3.10.4.4. Exportaciones por País comprador de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

En total son 16 los países a los que Zapotlán el Grande exporta, en el año 2013, Estados Unidos fue el país que más compró con $3.61 millones de dólares, seguido de Cuba con $1.81 millones de dólares. Para el 2014 ambos disminuyeron sus importaciones, Estados Unidos $3.30 Millones de dólares y Cuba $.37 millones de dólares, posicionándose Cuba como el principal país comprador, seguido de Guatemala.

Subpartidas que se exportan más a Cuba de Zapotlán El Grande 2013-2014 (Millones de Dólares)			
Subpartida	2013	2014	Variación Absoluta 2013-2014
831110 Electrodos recubiertos para soldadura de arco, de metal común.	$0.67	$0.67	$0.00
731100 Recipientes para gas comprimido o licuado, de fundición, hierro o acero.	$0.32	$0.25	-$0.07
846820 Las demás máquinas y aparatos de gas.	$0.19	$0.14	-$0.05
846890 Partes.	$0.00	$0.07	$0.07
Otros	$0.62	$0.31	-$0.32
Exportaciones a Cuba de Zapotlan El Grande	**$1.81**	**$1.44**	**-$0.37**
Fuente: IIEG con base en datos de SAT			

Tabla 3.10.4.5. Subpartidas que se exportan más a Cuba de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

El producto que más importa Cuba es Electrodos recubiertos para soldadura de arco, de metal común y se ha mantenido constante en los años 2013 y 2014. En el 2014, Cuba comenzó a importar Partes. (Tabla 3.10.4.6.).

Importaciones por País Vendedor de Zapotlán El Grande 2013-2014 (Millones de Dólares)			
País Comprador	2013	2014	Variación Absoluta 2013-2014
Estados Unidos de America	$26.27	$30.89	$4.63
República Checa	$0.20	$0.13	-$0.08
Canadá	$0.38	$0.08	-$0.30
Guatemala (República de)	$0.05	$0.06	$0.01
Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte	$0.04	$0.04	$0.00
Honduras (República de)	$0.02	$0.03	$0.01
El Salvador (República de)	$0.02	$0.02	$0.00
Países Bajos (Reino de los)	$0.00	$0.02	$0.02
Nicaragua (República de)	$0.02	$0.01	-$0.01
Italia	$0.01	$0.00	-$0.01
Costa Rica (República de)	$0.00	$0.00	$0.00
Panamá (República de)	$0.00	$0.00	$0.00
Ecuador (República de)	$0.00	$0.00	$0.00
China (República Popular de)	$0.00	$0.00	$0.00
Brasil (República Federativa del)	$0.20	$0.00	-$0.20
México	$0.77	$0.00	-$0.77
Japón	$0.17	$0.00	-$0.17
Alemania (República Federal de)	$0.00	$0.00	$0.00
Francia	$0.00	$0.00	$0.00
Total Importaciones Zapotlán El Grande	**$28.15**	**$31.29**	**$3.14**
Fuente: IIEG con base en datos del SAT			

Tabla 3.10.4.6. Importaciones por País vendedor de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

Del país que más importa Zapotlán el Grande es Estados Unidos, que han aumentados del 2013 al 2014 en $4.63 millones de dólares. En el 2013 Canadá era el segundo principal país exportador, pero para el año 2014 República Checa se posicionó como el segundo mayor exportador.

Subpartidas que se importan más de Estados Unidos de Zapotlán El Grande 2013-2014 (Millones de Dólares)			
Subpartida	2013	2014	Variación Absoluta 2013-2014
280429 Gases Nobles y Elementos No Metálicos	$14.38	$18.29	$3.91
901920 Aparatos de ozonoterapia, oxigenoterapia o aerosolterapia, aparatos respiratorios de reanimación y demás aparatos de terapia respiratoria.	$2.01	$2.41	$0.40
280421 Argón.	$1.38	$1.56	$0.18
831130 Varillas recubiertas y alambre "relleno" para soldar al soplete, de metal común.	$1.12	$1.15	$0.03
Otros	$7.37	$7.49	$0.12
Total de Importaciones compradas a Estados Unidos de Zapotlan El Grande	**$26.27**	**$30.89**	**$4.63**
Fuente: IIEG con base en datos del SAT			

Tabla 3.10.4.7. Subpartidas que se importan más de Estados Unidos de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT).

El principal producto que se importa de Estados Unidos son los Gases Nobles y Elementos no Metálicos, y en general las importaciones han tenido un crecimiento constante del año 2013 al 2014.

3.10.5. Unidades económicas de Zapotlán el Grande

Zapotlán el Grande cuenta con 6,532 unidades económicas de las cuales destaca Comercio al por menor con 2,620 unidades seguida de Otros servicios excepto actividades gubernamentales con 1,074 unidades y en tercer lugar “Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas con 716 unidades. El sector con menos unidades económicas en Zapotlán el Grande es el de Minería con 1 unidad seguida de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final con 2 unidades.

Unidades Económicas de Zapotlán El Grande por Sector del SCIAN Sectores	Unidades Económicas
Comercio al por menor	2,620
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1,074
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	716
Industrias manufactureras	450
Servicios de salud y de asistencia social	292
Comercio al por mayor	213
Servicios profesionales, científicos y técnicos	191
Servicios educativos	168
Industrias manufactureras	134
Industrias manufactureras	128
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	123
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	119
Servicios financieros y de seguros	85
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	70
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	59
Construcción	26
Información en medios masivos	21
Transportes, correos y almacenamiento	19
Transportes, correos y almacenamiento	13
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	8
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	2
Minería	1
Total	**6,532**

Fuente: IIEG con base en datos del DENUE Marzo del 2015

Tabla 3.10.5.1. Unidades económicas de Zapotlán El Grande por sector del SCIAN. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015).

Unidades Económicas de Zapotlán El Grande, del sector de Comercio al por Menor	
Clase de Actividad	Unidades Económicas
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	607
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	253
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	177
Comercio al por menor de artículos de papelería	150
Comercio al por menor de carnes rojas	100
Comercio al por menor de calzado	72
Comercio al por menor de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones	71
Comercio al por menor de regalos	65
Comercio al por menor de artículos usados	63
Farmacias sin minisúper	47
Comercio al por menor de carne de aves	45
Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías	43
Comercio al por menor de teléfonos y otros aparatos de comunicación	39
Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	38
Comercio al por menor en minisupers	34
...	
Comercio al por menor de mobiliario, equipo y accesorios de cómputo	6
Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor	5
Comercio al por menor de artículos religiosos	5
Comercio al por menor de motocicletas	5
Comercio al por menor de otros artículos de uso personal	5
Comercio al por menor en supermercados	5
Comercio al por menor de bicicletas	4
Comercio al por menor de instrumentos musicales	4
Comercio al por menor de artículos ortopédicos	3
Comercio al por menor de lámparas ornamentales y candiles	3
Comercio al por menor de pañales desechables	2
Comercio al por menor de partes y refacciones usadas para automóviles, camionetas y camiones	2
Comercio al por menor de alfombras, cortinas, tapices y similares	1
Comercio al por menor de artículos para albercas y otros artículos	1
Comercio al por menor de gas L. P. en estaciones de carburación	1
Total	2,620
Fuente: IIEG con base en datos del DENUE Marzo del 2015	

Tabla 3.10.5.2. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Comercio al por menor. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015).

En el sector Comercio al por menor, las actividades que cuentan con mayor número de unidades económicas son las de Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas con 607 unidades seguida de Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería con 253 unidades económicas.

Las actividades con menor número de unidades económicas en el sector Comercio son las de Comercio al por menor de alfombras, cortinas, tapices y similares, Comercio al por menor de artículos para albercas y otros artículos, Comercio al por menor de gas L.P. en estaciones de carburación, las 3 actividades cuentan con 1 unidad económica.

Unidades Económicas de Zapotlán El Grande, del sector Otros servicios excepto actividades gubernamentales	
Clase de Actividad	Unidades Económicas
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	261
Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	159
Asociaciones y organizaciones religiosas	68
Hojalatería y pintura de automóviles y camiones	62
Lavanderías y tintorerías	57
Lavado y lubricado de automóviles y camiones	47
Reparación y mantenimiento de otros artículos para el hogar y personales	44
Otras reparaciones mecánicas de automóviles y camiones	34
Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial	31
Reparación menor de llantas	30
Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores	28
Reparación y mantenimiento de aparatos eléctricos para el hogar y personales	25
Reparación y mantenimiento de bicicletas	23
Reparación y mantenimiento de equipo electrónico de uso doméstico	21
Reparación de calzado y otros artículos de piel y cuero	18
Sanitarios públicos y bolerías	17
Cerrajerías	16
Reparación de tapicería de muebles para el hogar	16
Reparación y mantenimiento de otro equipo electrónico y de equipo de precisión	15
Asociaciones y organizaciones civiles	12
Reparación y mantenimiento de motocicletas	12
Otros servicios de reparación y mantenimiento de automóviles y camiones	12
Asociaciones, organizaciones y cámaras de productores, comerciantes y prestadores de servicios	8
Alineación y balanceo de automóviles y camiones	7
Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo agropecuario y forestal	7
Servicios funerarios	7
Asociaciones y organizaciones laborales y sindicales	6
Reparación de suspensiones de automóviles y camiones	6
Rectificación de partes de motor de automóviles y camiones	6
Reparación de transmisiones de automóviles y camiones	5
Otros servicios personales	5
Tapicería de automóviles y camiones	3
Administración de cementerios pertenecientes al sector público	2
Instalación de cristales y otras reparaciones a la carrocería de automóviles y camiones	2
Asociaciones y organizaciones de profesionistas	1
Servicios de revelado e impresión de fotografías	1
Total	1,074

Fuente: IIEG con base en datos del DENUE Marzo del 2015

Tabla 3.10.5.3. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Otros servicios excepto actividades gubernamentales. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015).

En el sector Otros servicios excepto actividades gubernamentales, las actividades con mayor número de unidades económicas es salones y clínicas de belleza y peluquerías con 261 unidades, seguida de reparación mecánica en general de automóviles y camiones con 159 unidades, y la tercera actividad con más unidades económicas es Asociaciones y organizaciones religiosas con 68 unidades.

Las 2 actividades que únicamente cuentan con 1 unidad económica son Asociaciones y organizaciones de profesionistas y Servicios de revelado e impresión de fotografías.

Unidades Económicas de Zapotlán El Grande, del sector Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	
Clase de Actividad	Unidades Económicas
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	224
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	124
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	99
Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas	69
Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o	64
Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmedi	39
Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	35
Bares, cantinas y similares	24
Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos	15
Hoteles sin otros servicios integrados	14
Restaurantes de autoservicio	5
Moteles	1
Pensiones y casas de huéspedes	1
Centros nocturnos, discotecas y similares	1
Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería	1
Total	716

Fuente: IIEG con base en datos del DENUE Marzo del 2015

Tabla 3.10.5.4. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015).

En el sector Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, las actividades con mayor número de unidades económicas son Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas con 224 unidades seguido de Restaurantes con servicio de preparación de antojitos con 124 unidades.

Existen 4 actividades que únicamente cuentan con 1 unidad económica las cuales son Moteles, Pensiones y casas de huéspedes, Centros nocturnos y por último Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería.

Las 10 actividades con mayor número de unidades económicas suman un total de 2,302 siendo esto un 35% del total de las unidades económicas de Zapotlán el Grande.

10 Clases de Actividad con Mayores Número de Unidades Económicas en Zapotlán El Grande	
Clase de Actividad	Unidades Económicas
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	607
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	275
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	261
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	253
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	224
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	177
Comercio al por menor de artículos de papelería	150
Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	131
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	124
Comercio al por menor de carnes rojas	100
Total	2,302
Fuente: IIEG con base en datos del DENUE Marzo del 2015	

Tabla 3.10.5.5. 10 Clases de actividades con mayor número de Unidades económicas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015).

3.11. Reserva territorial

Las reservas territoriales del municipio se refieren a las superficies disponibles con que se cuenta actualmente para el desarrollo de sectores productivos involucrados en el desarrollo social, económico y demográfico, en el cual se consideran las zonas y etapas de años subsecuentes a la ejecución de un proyecto.

De acuerdo a la Política Nacional que regula el establecimiento e integración de superficies dedicadas a satisfacer las necesidades de la población. La estructura de asentamientos humanos del estado considera a CD. Guzmán como una unidad integradora de servicios con nivel intermedio, donde los usos del suelo son determinados conforme los criterios, estrategias y lineamientos que aseguran un crecimiento controlado que no afecta su desarrollo. El Plan Parcial de Desarrollo Urbano vigente plantea una serie de objetivos en el que se consideran las condiciones físicas que garantizan el crecimiento de la población de manera equilibrada. A fin de lograr los objetivos del programa de desarrollo urbano se enlistan los siguientes planteamientos:

- Adecuar la distribución de la población y sus actividades económicas, de acuerdo a las condiciones de su territorio.
- Distribuir equitativamente las cargas y beneficios del desarrollo urbano.
- Preservar y mejorar las áreas forestadas, ríos, escurrimientos y acuíferos en el centro de población y sus áreas de apoyo.

- Salvaguardar el Patrimonio Cultural del Estado, preservando los edificios y conjuntos arquitectónicos de valor histórico-cultural o que identifiquen la fisonomía del lugar.

- Los centros de población se desarrollan de acuerdo a la calidad de la imagen visual o características del lugar.

- Facilitar la comunicación y los desplazamientos de la población, promoviendo la integración de un sistema eficiente de vialidad, otorgando preferencia a los sistemas colectivos de transporte.

3.11.1 Áreas para satisfacer necesidades básicas

La relación entre la demanda de superficies hecha por los rubros de los sistemas sociales, económicos y demográficos está determinada por la relación entre el número de habitantes por unidad de superficie destinada para el desarrollo de cada sistema, los rubros involucrados son: Salud, Recreación, Cultura y Deporte.

3.11.1.1. Salud

En este apartado se presenta un panorama general de los servicios de salud a los que tiene acceso la población, (derechohabiente) en el municipio de Zapotlán el Grande, provenientes del Censo de Población y Vivienda 2010 y los últimos datos que ha publicado el INEGI. En ese año 71 mil 177 personas en ese municipio contaban con derecho a los servicios de salud (71%), de los cuales 47 mil 646 tenían derecho a la atención médica en el IMSS, 8 mil 899 pertenecían al ISSSTE, 58 a los servicios médicos de Pemex, Defensa y/o Marina, 13 mil 622 pertenecían al Seguro Popular, 784 a Instituciones Privadas y un mil 512 a Otras Instituciones, mientras que un mil 630 personas no especificaron si eran derechohabientes de alguna institución (2%). Del total de habitantes 27 mil 727 personas declararon no ser derechohabiente a ningún servicio de salud (27%). Ver Tabla 3.11.1.1.1

Municipio	Población total	Población sin derecho-habiencia a servicios de salud	Población derechohabiente a servicios de salud							No especificado
			Total	IMSS	ISSSTE	PEMEX, Defensa o Marina	Seguro Popular	Institución privada	Otra institución	
Zapotlán el Grande	**100,534**	**27,727**	71,177	47,646	8,899	58	13,622	784	1,512	1,630

Tabla 3.11.1.1.1. Población total por municipio según condición de derechohabiente a los servicios de salud e institución de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010).

3.11.1.2. Recreación y cultura

En este apartado se presenta un panorama general de las actividades culturales y recreativas a las que tienen acceso los habitantes del municipio de Zapotlán el Grande. Como puede observarse en la tabla 3.11.2.1 vemos que la cantidad de usuarios que asistieron en el 2013 a la Biblioteca Pública que se encuentra en el municipio, ha disminuido en un 6.7% en comparación con los asistentes que se tuvieron en el año 2011; en lo que a títulos y libros en existencia se refiere se puede ver que la cantidad de los mismo se incrementó en un 11 y un 10 por ciento respectivamente. Esto puede deberse a que cada día más personas tienen acceso a internet en su domicilio.

Zapotlán el Grande	2011	2013
Bibliotecas públicas	1	1
Personal ocupado	6	6
Títulos	9,157	10 207
Libros en existencia	12,685	13 952
Consultas realizadas	26,245	24 154
Usuarios	25,643	23 936

Tabla 3.11.1.2.1. Bibliotecas Públicas de Zapotlán el Grande 2011-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG, en base a la SEJ, Coordinación de Planeación y Evaluación Educativa, Dirección de Estadística y Sistemas. De Información, Depto. De Control e Información Estadística).

En cuanto a instalaciones deportivas se refiere, se tiene que desde el año 2011 y hasta el 2013, no se han visto modificadas; según puede observarse en la tabla 3.11.1.2.2 se sigue conservando la misma cantidad, desafortunadamente no se tiene un registro de cuántas personas asisten a las mismas.

Zapotlán el Grande	2011	2013
Albercas	0	0
Campos de beisbol	1	1
Campos de futbol	16	16
Canchas de basquetbol	11	11
Canchas de voleibol	2	2
Centros y unidades deportivas	12	12
Gimnasios	4	4
Pistas de atletismo	1	1

Tabla 3.11.1.2.2. Infraestructura Deportiva de Zapotlán el Grande 2011-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG, en base al Consejo Estatal para el Fomento Deportivo, Depto. de Infraestructura).

3.11.2. Control del desarrollo urbano

La Dirección de Planeación y Desarrollo Urbano del Ayuntamiento constitucional de Zapotlán es la dependencia encargada de normar y controlar el desarrollo urbano del municipio en coordinación con la Dirección de Obras Públicas. A través de las condiciones presentes del medio físico natural, se puede determinan áreas con aptitud destinadas al desarrollo urbano, en el caso de Ciudad Guzmán, se presentan las siguientes limitantes al desarrollo:

- Al Este y Sureste, se localiza la Sierra del Tigre, con topografía abrupta y pendientes mayores al 15%.

- La laguna de Zapotlán al Norte y los terrenos planos e inundables junto a la misma, así como los arroyos y escurrimientos intermitentes que cruzan el área son así mismo factores restrictivos a la urbanización.

- La inestabilidad del terreno y la presencia de fallas geológicas que corren casi paralelas a la serranía y que se localizan diagonalmente a través del área urbana en sentido Noreste - Sureste. Dada las experiencias que la cuidad ha tenido a través de su historia con los movimientos sísmicos, la localización de estas fallas conlleva tanto a la normatividad de la edificación como a su control en cuanto a su redensificación.

- Las áreas de producción agrícola intensa, fundamentalmente localizadas al Oeste de la localidad.

3.11.2.1. Contexto tendencial del desarrollo

De acuerdo con el POE del municipio de Zapotlán, 2012-2015 se puede observar el escenario tendencial a 30 años creado a partir de la dinámica y probabilidad de cambio entre las coberturas de uso de suelo y vegetación de los años 1993 y 2005 el desarrollo municipal consideran el cambio de uso de suelo sobre terrenos con algún tipo de cobertura vegetal, en la expansión de mancha urbana, sobre zonas con actividades agrícolas y zonas con ecosistemas conservados; sin embargo el cambio más significativo se dará en grandes extensiones de bosques conservados pasando a zonas perturbadas que aunque conservan en gran proporción su cobertura forestal, en su mayoría se observan perturbadas.

Las UGA como herramienta de planeación para los usos que autoriza el municipio, considera el grado o nivel de vocación del suelo para el desarrollo de alguna actividad, mediante ellas se permiten integrar nuevas superficies disponibles para el futuro.

Bibliografía

- **Ayuntamiento Constitucional de Zapotlán El Grande, 1995-2000.** Reserva territorial, Programa Estatal de Desarrollo Urbano del municipio de Zapotlán El Grande.

- **Ayuntamiento Constitucional de Zapotlán El Grande, 2015.** Programa de Ordenamiento Ecológico local del Municipio de Zapotlán El Grande correspondiente a la Subcuenca de la laguna Zapotlán.

- **CONAPO, 2010** .Marginación en Jalisco.

- **CONAPO, 2010-2030.** Proyecciones de la población, índices sociodemográficos.

- **CONAPO, 2015.** Intensidad migratoria a Estados Unidos

- **CONSEJO ESTATAL PARA EL FOMENTO DEPORTIVO, 2011-2013**. Infraestructura deportiva.

- **DENUE, 2015.** Unidades económicas de Zapotlán El Grande.

- **IMSS, 2015.** Empleos generados en Jalisco.

- **INAFED, 2012**. Desarrollo municipal en Jalisco.

- **INEGI, 1950-2010.** Censos y Conteos Nacionales de población.

- **INEGI, 1990-2010.** XI y XII censo General de población y vivienda.

- **INEGI, 1990-2013.** Estadísticas de mortalidad por municipio.

- **INEGI, 2013.** Estadísticas de natalidad por municipio.

- **ITEI, 2012.** Desarrollo municipal en Jalisco.

- **ONU, 2014.** Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo Humano.

- **Plan de Desarrollo Municipal, 2012-2015**. Gobierno municipal de Zapotlán El Grande.

- **Población con Discapacidad 2015**. Zapotlán el Grande, Jalisco.3.8 www.paraleloinformativo.com › Estatales.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico local del Municipio de Zapotlán El Grande** correspondiente a la Subcuenca de la laguna Zapotlán, 2015.

- **Reserva territorial.** Programa Estatal de Desarrollo Urbano 1995 - 2000.

- **SAT, 2015**. Balanza comercial en Zapotlán El Grande.

- **SEJ, 2011-2013**. Coordinación de planeación y evaluación educativa.

Índice de Gráficas, Mapas y Tablas

Gráficas

Gráfica 3.1.1.1. Población total y tasa de crecimiento promedio anual del municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; censos y conteos de población, 1950 hasta 2010). III-4
Gráfica 3.3.1. Población masculina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en INEGI; XI Censo de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda, 2010). III-6
Gráfica 3.3.2 Población masculina y femenina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en INEGI; XI Censo de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010). .. III-7
Gráfica 3.3.3. Población masculina por grandes grupos de edad, Zapotlán el Grande, 1990-2010III-7
Gráfica 3.7.2.1. Viviendas totales y tasa de crecimiento promedio anual, Zapotlán el Grande, 1950-2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos y conteos nacionales de población, 1950-2010). III-16
Gráfica 3.8.1. Población con discapacidad de estado y distribución porcentual por sexo. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010). III-16
Gráfica 3.8.1.1. Porcentaje de población con discapacidad por grandes grupos de edad y sexo. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010). III-17
Gráfica 3.8.2.1. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censos de población y vivienda, 2010). III-18
Gráfica 3.10.2.1 Empleos generados en Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS.*Los datos 2015 corresponden al primer trimestre). III-30

Mapas

Mapa 3.5.2.1. Grado de Intensidad migratoria a Estados Unidos. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONAPO Jalisco, 2010)..... III-10
Mapa 3.9.1.1. Índice de marginación por municipio. Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONAPO)..... III-19
Mapa 3.9.2.1. Porcentaje de población con pobreza multidimensional por municipio Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en estimaciones del CONEVAL, 2010). III-27

Tablas

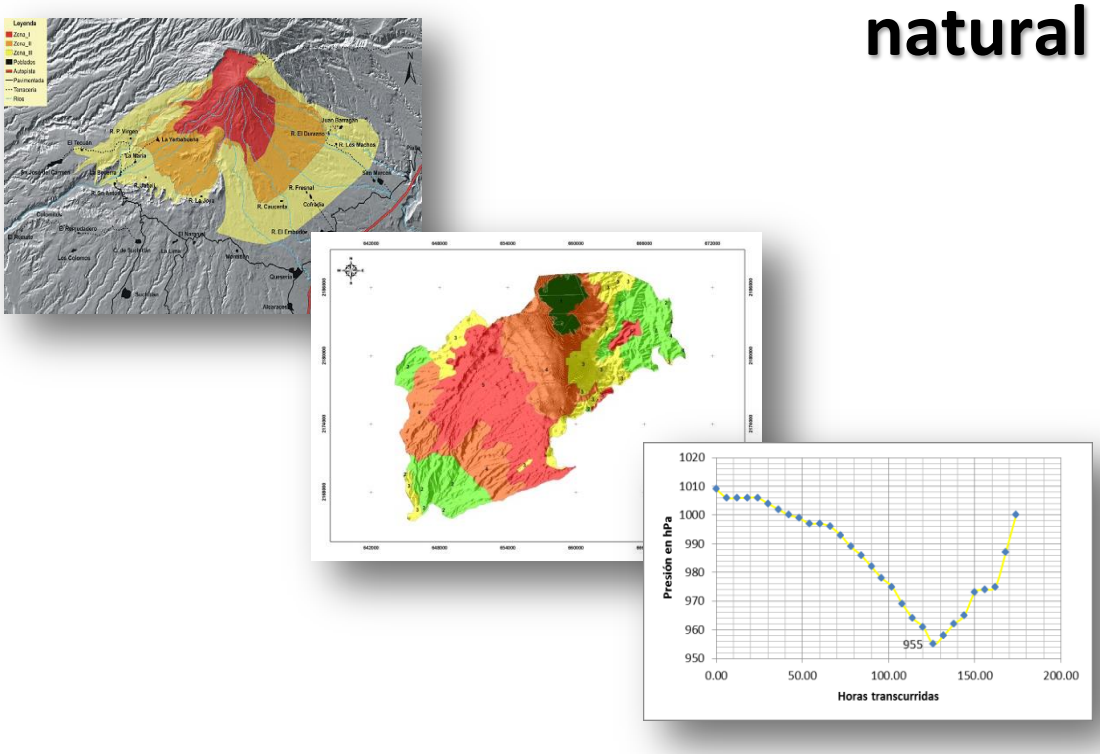
Tabla 3.2.1. Población por sexo, porcentaje en el municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, censos y conteos nacionales, 2000-2010). III-5
Tabla 3.4.1. Nacimientos registrados por municipio, según edad de la madre al momento del nacimiento en Zapotlán el Grande, 2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Natalidad. 2013). III-8
Tabla 3.4.2. Nacimientos registrados por municipio de residencia según edad de la madre al momento del nacimiento en Zapotlán el Grande, 1990-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Natalidad. 1990-2013)..... III-8
Tabla 3.4.3. Defunciones generales por municipio de residencia habitual del fallecido según sexo en Zapotlán el Grande, 1990 – 2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Estadísticas de Mortalidad). III-9
Tabla 3.5.1.1. Proyecciones de población por localidades en el municipio de Zapotlán el Grande, 2010-2030. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base CONAPO, Proyecciones de Población por localidad, 2010-2030)..... III-9
Tabla 3.5.2.1. Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, muestra del diez por ciento del Censo de Población y Vivienda 2010) III-11
Tabla 3.5.2.2. Índice y grado de intensidad migratoria e indicadores socioeconómicos Zapotlán el Grande, 2000. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en el CONAPO, Colección: Índices Sociodemográficos. Diciembre de 2001). III-11
Tabla 3.6.1.1. Población de 15 años y más por grupos quinquenales de edad según condición de alfabetismo y sexo Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010). III-12
Tabla 3.6.1.2. Población de 3 años y más por edad desplegada según condición de asistencia escolar y sexo, Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010). III-13
Tabla 3.6.1.3. Población de 15 años y más por sexo según nivel de escolaridad de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010). III-14
Tabla 3.7.1.1. Hogares censales y su población según jefatura de los mismos de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010). III-15
Tabla 3.9.1.1. Grado de marginación e indicadores sociodemográficos de Zapotlán el Grande 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG , con base en CONAPO, Índices de marginación por entidad federativa, municipal y a nivel localidad, 2010)..... III-20

Tabla 3.9.1.2. Grado de marginación e indicadores sociodemográficos (Fuente: Zapotlán el Grande, 2010). (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en CONAPO, Índices de marginación por entidad federativa, municipal y a nivel localidad, 2010). III-21
Tabla 3.9.1.1.1. Indicadores e Índice de Desarrollo Humano (Nueva Metodología) de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en PNUD; Bases de datos del "Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología", 2014)..... III-22
Tabla 3.9.1.2.1 Índice de Desarrollo Municipal-Institucional en Zapotlán el Grande, 2012. (Fuente: Índice de Desarrollo Municipal, IDM-I con base en IFE, ITEI, INEGI, Procuraduría de Justicia del Estado de Jalisco e INAFED (ver detalles y notas en IDM 2012 http://www.iieg.gob.mx/general.php?id=8&idg=472)..... III-23
Tabla 3.9.2.1. Pobreza multidimensional de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL con base en INEGI, MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010). III-25
Tabla 3.9.2.2. Pobreza multidimensional en Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL con base en INEGI, MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010). III-26
Tabla 3.9.2.3. Población total, grado de Marginación e Intensidad Migratoria y situación de pobreza Jalisco, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG, con base en estimaciones del CONEVAL y CONAPO, 2010). III-27
Tabla 3.10.2.2. Población económicamente activa de 12 años y más por condición de ocupación y sexo según grupos quinquenales de edad de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010. ..... III-28
Tabla 3.10.2.3. Tasas específicas de participación económica de la población de 12 años y más por sexo según grupos quinquenales de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010)..... III-29
Tabla 3.10.2.4. Población no económicamente activa de 12 años y más por tipo de actividad no económica y sexo Zapotlán el Grande, 2010 (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010). III-30
Tabla 3.10.3.1. Trabajadores asegurados del sector Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre). III-31
Tabla 3.10.3.2. Trabajadores asegurados del Sector industrias Extractivas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre)..... III-31
Tabla 3.10.3.3. Trabajadores asegurados del Sector industrias Extractivas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre)..... III-32
Tabla 3.10.3.4. Trabajadores asegurados del Sector industria de la construcción de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre)..... III-33
Tabla 3.10.3.5. Trabajadores asegurados del Sector industria Eléctrica de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre). III-33
Tabla 3.10.3.6. Trabajadores asegurados del Sector comercio de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).III-34
Tabla 3.10.3.7. Trabajadores asegurados del Sector Transporte de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).III-35

Tabla 3.10.3.8. Trabajadores asegurados del Sector Transporte de Zapotlán El Grande (Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS. *Los datos 2015 corresponden al primer trimestre).III-36
Tabla 3.10.4.1. Balanza Comercial de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base en datos del SAT, 2015.). III-37
Tabla 3.10.4.2. Exportaciones por sección de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT). III-38
Tabla 3.10.4.3. Importaciones por sección de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT). III-39
Tabla 3.10.4.4. Exportaciones por País comprador de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT). III-40
Tabla 3.10.4.5. Subpartidas que se exportan más a Cuba de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT)..... III-41
Tabla 3.10.4.6. Importaciones por País vendedor de Zapotlán El Grande 2008-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT). III-41
Tabla 3.10.4.7. Subpartidas que se importan más de Estados Unidos de Zapotlán El Grande 2013-2014. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del SAT). III-42
Tabla 3.10.5.1. Unidades económicas de Zapotlán El Grande por sector del SCIAN. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015)..... III-43
Tabla 3.10.5.2. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Comercio al por menor. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015)..... III-44
Tabla 3.10.5.3. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Otros servicios excepto actividades gubernamentales. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015). . III-45
Tabla 3.10.5.4. Unidades económicas de Zapotlán El Grande del sector Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015)..... III-46
Tabla 3.10.5.5. 10 Clases de actividades con mayor número de Unidades económicas de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaborado por IIEG con base datos del DENUE, 2015). III-47
Tabla 3.11.1.1.1. Población total por municipio según condición de derechohabiente a los servicios de salud e institución de Zapotlán el Grande, 2010. (Fuente: Elaborado por el IIEG con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010)..... III-48
Tabla 3.11.1.2.1. Bibliotecas Públicas de Zapotlán el Grande 2011-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG, en base a la SEJ, Coordinación de Planeación y Evaluación Educativa, Dirección de Estadística y Sistemas. De Información, Depto. De Control e Información Estadística)..... III-49
Tabla 3.11.1.2.2. Infraestructura Deportiva de Zapotlán el Grande 2011-2013. (Fuente: Elaborado por el IIEG, en base al Consejo Estatal para el Fomento Deportivo, Depto. de Infraestructura)..... III-49

Capítulo IV

Identificación de Peligros ante fenómenos perturbadores de origen natural



Capítulo IV. Identificación de Peligros ante fenómenos perturbadores de origen natural

4.1. Geológico IV-3

4.1.1. Fallas y Fracturas IV-3

4.1.2. Sismos IV-17

4.1.3. Tsunamis o maremotos (NO APLICA) IV-55

4.1.4. Vulcanismo IV-58

4.1.5. Deslizamientos IV-74

4.1.6. Flujos de lodo, tierra y suelo IV-83

4.1.7. Flujos de avalancha de detritos y derrumbes. IV-87

4.1.8. Hundimientos o subsidencia IV-97

4.1.9. Erosión IV-106

4.2. Hidrometeorológico IV-138

4.2.1. Ciclones tropicales IV-138

4.2.2. Ondas Tropicales IV-163

4.2.3. Heladas. IV-164

4.2.4. Nevadas. IV-168

4.2.5. Tormentas Eléctricas IV-171

4.2.6. Sequía IV-176

4.2.7. Temperaturas máximas extremas. IV-196

4.2.8. Vientos. IV-201

4.2.9. Inundaciones IV-225

Bibliografía IV-268

Índice de Figuras, Fotografías, Gráficas, Mapas y Tablas IV-279

Capítulo IV. Identificación de Peligros ante fenómenos perturbadores de origen natural

4.1. Geológico

Las fallas y fracturas son de gran importancia, ya que estas implican por una parte el agrietamiento del terreno y por otra un desplazamiento de las dos secciones y con el tiempo, tienden a dañar las construcciones que edifican sobre ellas. A diferencia de las fracturas que se manifiestan como rompimiento de las rocas y placas, sin que esto implique desplazamiento; sin embargo, constituyen terrenos inestables, sobre los que no se recomienda generar edificaciones.

El territorio que comprende al municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, se encuentra casi en su totalidad cubierto por depósitos recientes extruidos por el volcán Colima. Estos depósitos cubren parcial o incluso en su totalidad cualquier evidencia de falla y /o fracturas. En la zona Oeste del municipio, denota una sierra producto de deformación tectónica, en donde las fallas juegan un papel importante. La deformación genera fallas perpendiculares a la dirección de los esfuerzos, razón por lo que se muestra su eje de deformación.

En esta sección del Atlas de Riesgos, se identifican las zonas donde se ubican las fallas y fracturas, con la intención de evitar que se levanten construcciones sobre estas zonas; y también con la idea de cuantificar las sistemas expuestos sobre estas.

4.1.1. Fallas y Fracturas

Las fallas se definen como un rasgo estructural que implica el desplazamiento que varía desde unos pocos centímetros hasta kilómetros, de dos superficies o grandes bloques de roca. Se clasifican en tres tipos principales, en función de los esfuerzos que las originan y de los movimientos relativos de los bloques (Figura 4.1.1.1.) (Twiss y Moores, 1992).

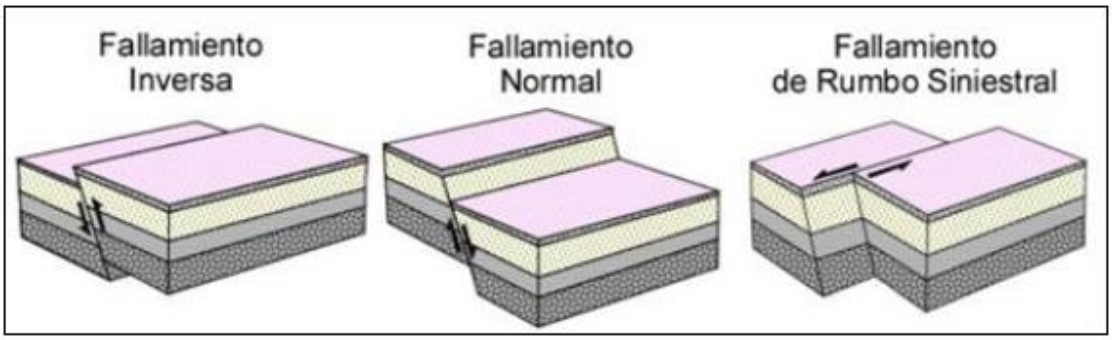


Figura 4.1.1.1. Esquema de los tipos de fallas (Fuente: Twiss y Moores, 1992).

Las fallas y fracturas son de gran importancia, ya que estas implican por una parte el agrietamiento del terreno y por otra un desplazamiento de las dos secciones y con el tiempo, tienden a dañar las construcciones que edifican sobre ellas. A diferencia de las fracturas que se manifiestan como rompimiento de las rocas y placas, sin que esto implique desplazamiento; sin embargo, constituyen terrenos inestables, sobre los que no se recomienda generar edificaciones.

El territorio que comprende al municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, se encuentra casi en su totalidad cubierto por depósitos recientes extruidos por el volcán Colima. Estos depósitos cubren parcial o incluso en su totalidad cualquier evidencia de falla y /o fracturas. En la zona Oeste del municipio, denota una sierra producto de deformación tectónica, en donde las fallas juegan un papel importante. La deformación genera fallas perpendiculares a la dirección de los esfuerzos, razón por lo que se muestra su eje de deformación.

En esta sección del Atlas de Riesgos, se identifican las zonas donde se ubican las fallas y fracturas, con la intención de evitar que se levanten construcciones sobre estas zonas; y también con la idea de cuantificar las sistemas expuestos sobre estas.

4.1.1.1. Estructuras Geológicas Regionales

En la zona de comprende el Municipio de Zapotlán el Grande se ubica dentro de la Faja Volcánica Transmexicana, la cual se caracteriza por la presencia de aparatos volcánicos y estructuras geológicas (fallas y fracturas) recientes o activas, estas últimas hacen que sea posible el dividir a esta provincia para facilitar el estudio.

La Faja Volcánica Transmexicana se divide estructuralmente en varias regiones, una de estas (en donde se encuentra Zapotlán) es el denominado Graben Colima o Rift de Colima. Esta región se considera como el límite Este del Bloque Jalisco. El rasgo tectónico distintivo de la región en general es la presencia de tres alineaciones con direcciones NW, SW y E-W las cuales corresponden a trenes estructurales bien definidas que han sido asociadas con procesos riftogenéticos recientes (Delgado, 1994) y que han formado tres graben

conocidas como Colima, Chápala y Tepic-Zacoalco los cuales se interceptan en la zona de Acatlán de Juárez (Mapa 4.1.1.1.1.)

La orientación dominante de este Graben es N-S, se refleja principalmente en el lineamiento que presentan los complejos volcánicos del Cántaro y Colima, así como una serie de aparatos monogenéticos ubicados al Occidente del área de estudio.

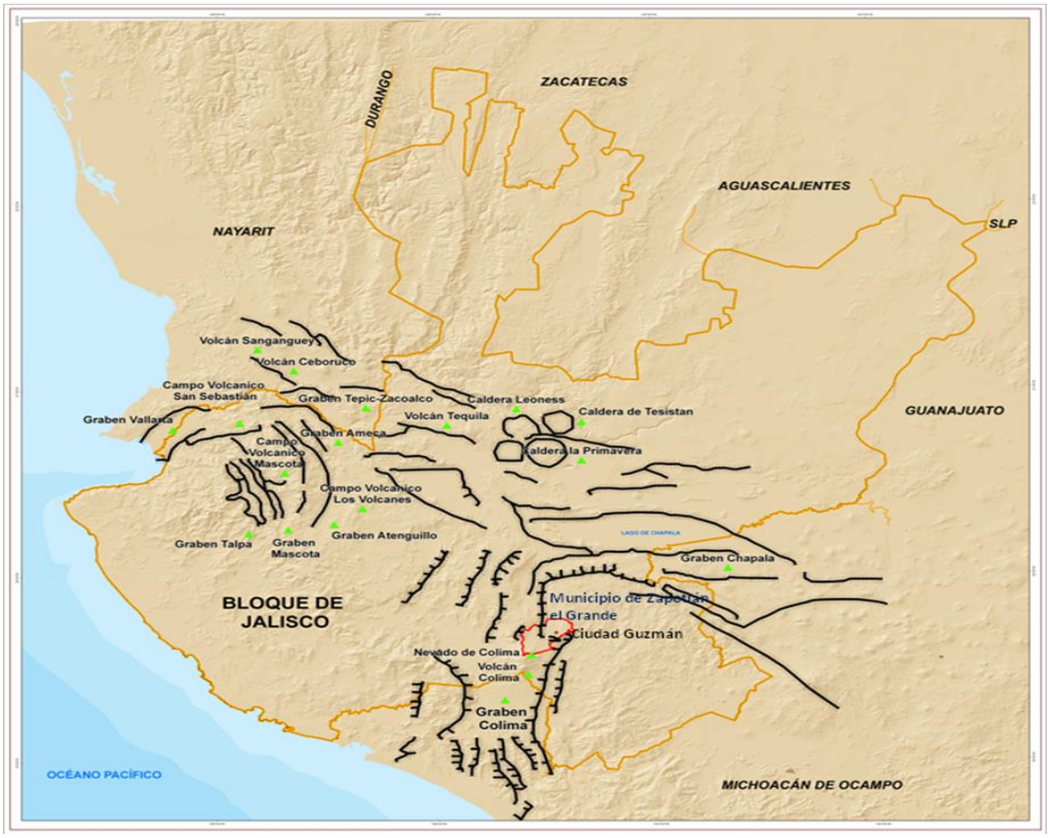
Utilizando imágenes de satélite ha sido posible observar en la parte central del Rift de Colima, el largo de éste de 55 a 60 Km y se extiende a partir de la vecindad del flanco norte del Nevado de Colima hasta el Sur de la ciudad de Colima. En el Sur de la cuenca el ancho es de 45 Km, mientras en la parte Norte la amplitud es de cerca de 60 Km, debido a la presencia de tres pequeños graben.

El graben de Colima, ha sido dividido en base a las características morfológicas y estructurales en tres secciones.

1) Graben Sayula, situado en la porción norte del Rift de Colima, también llamado Graben Norte de Colima (Allan, 1986).

2) Graben central de Colima, Ha sido el menos estudiado geológicamente hasta la fecha, se caracteriza por estar cubierto casi en su totalidad por depósitos volcánicos asociados con el complejo Volcánico Colima. Es en este graben en donde se localiza la zona de estudio.

3) Graben Sur de Colima. Inicia justo al sur de la ciudad de Colima, exhibe un patrón mucho muy complicado de de bloque fallados y que se extiende en dirección de la costa del Pacífico.



Mapa 4.1.1.1.1. Rasgos tectónicos del oeste México (Fuente: Datos tomados de Núñez-Cornú, 2011).

La relación entre el graben de Colima y el límite de las placas Rivera y Cocos es controversial hasta la fecha, algunos autores señalan que el área del rift de Colima representa una segmentación del límite de la Faja Volcánica Mexicana (Allan, 1986), probablemente relacionada a la diferencia geométrica de la velocidad de subducción, que existe entre la placa de Cocos (6 cm por año) y la placa de Rivera (2 cm por año). Algunos otros autores señalan que éste graben es similar al que dio por resultado el separación de la península de Baja California (10 a 12 millones de años). Otros autores (Ferrari & Rosas, 1994), señalan que la extensión a lo largo del Rift Tepic-Zacoalco es muy lenta, en comparación de lo que se podría esperar a partir de la separación de una micro placa (Cruz, 1996).

4.1.1.2. Fallas y Fracturas en Zapotlán el Grande

En Zapotlán el Grande hay una serie de fallas, y son de especial interés unas que corren en dirección norte-sur formando una fosa tectónica o graben. Ciudad Guzmán se encuentra precisamente localizada en el límite oriente de dicha fosa tectónica, la cual se extiende hacia el norte hasta llegar a la altura del lago de Chápala, que se encuentra a su vez dentro

de otra fosa tectónica que corre en sentido este-oeste (Lazcano, 2013), como se ha mostrado en el Mapa 4.1.1.1.1.

Ciudad Guzmán ha sido edificada en una zona de fracturas y fallas que señalan el contacto entre un bloque levantado (representado por la sierra del Tigre) y un bloque hundido representado por la depresión de Zapotlán.

Este sistema de fallas y fracturas teórica y prácticamente se reactiva cada vez que se producen irregularidades de movimientos de las placas tectónicas de cocos y americana causantes de los sismos que han azotado a lo largo de la historia geológica y de la historia de los asentamientos humanos.

Para generar el mapa de Fallas y Fracturas del Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de materiales escritos y gráficos e interpretación de mapas geológicos cartográficos. Las fracturas se analizaron mediante un modelo de elevaciones, ya que son el resultado de la interpretación de rasgos de lineamientos del relieve y estructuras geológicas reconocibles por la expresión topográfica.

En el área de estudio se observan fallas de tipo normal y fracturas que cortan a la secuencia estratigráfica. La tendencia de los lineamientos estructurales varía entre N50-70E y en menor proporción entre N30-60W., se observa en la Montaña oriente y también en la planicie de Zapotlán, tal y como se observa en la Fotografía 4.1.1.2.1. (Nuñez-Cornú, *et al*, 2005).

Se considera que las zonas por donde se encuentra la traza de las fallas, presentan fracturas y brechas en los materiales. Asimismo, puede existir una reactivación que origine un desplazamiento entre bloques y eventualmente la generación de sismos locales.



Fotografía 4.1.1.2.1. Fallas en el área de estudio. Con línea continua se muestra una falla normal con bloque caído. Con línea punteada se muestra la traza de falla cubiertas por sedimentos y cuya traza no fue observada (Fuente: Nuñez-Cornú, 2005).

El patrón de deformación de la sierra es el mismo que en el valle y posiblemente a través de estas estructuras se disipen esfuerzos producidos por el movimiento urbano o bien se activen por sobreexplotación de cuerpos de agua subterráneo.

Ciudad Guzmán se encuentra limitada por fallas y fracturas que afectan a toda la secuencia estratigráfica de la zona. La diferencia en consolidación de las rocas y su relación con las estructuras geológicas permiten apoyar a la identificación de potenciales zonas de peligro por falla, ya que cualquier tipo de construcción que se realice en materiales poco consolidados y afectados por fallas o fracturas se vuelve inestable y puede generar el daño o pérdida de la construcción (Nuñez-Cornú, 2005).

Las Fallas observadas en el suelo del Municipio de Zapotlán el Grande son normales y se detectaron a posterior al sismo de 1985 (Guzmán, 2013) y más recientemente se ha observado en Ciudad Guzmán la presencia de desplazamientos que alcanzan valores de 10 a 15 cm (Lazcano, 2013). Este fenómeno inicia como un hundimiento del terreno en la zona donde aparecen las grietas o fracturas, posteriormente las grietas de tensión y finalmente se presenta el fallamiento del suelo que sucede cuando se genera un desplazamiento entre los bloques abiertos de la grieta y la dislocación de la superficie del terreno se debe por los esfuerzos internos producto del movimiento relativo entre las placas tectónicas. Para explicar el origen de este fenómeno se han discutido diferentes teorías, algunas asociadas con una tectónica incipiente de la fosa o graben de Colima y otras relacionadas con el abatimiento del nivel freático, causado por la sobreexplotación del acuífero del valle del Municipio de Zapotlán.

En los últimos 30 años se han detectado algunas grietas en el suelo urbano de Ciudad Guzmán con dirección NE-SW, similar a la de las fallas normales que se observan en el (Mapa 4.1.1.2.1.). Existe la hipótesis de que se trata de las trazas superficiales de dichas fallas. Sin embargo, de acuerdo con los reconocimientos efectuados recientemente por el Centro Nacional de Prevención de Desastres y el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Guadalajara, el suelo de Ciudad Guzmán tiene, en las partes más superficiales, una granulometría heterogénea, con una cohesión relativamente baja que, muy probablemente, al recibir y permitir el paso hacia el oeste de los grandes volúmenes de agua captada en la Sierra del Tigre, pierde fácilmente los granos finos generando abatimientos en el terreno por tubificación (Barrera *et al*., 1995).

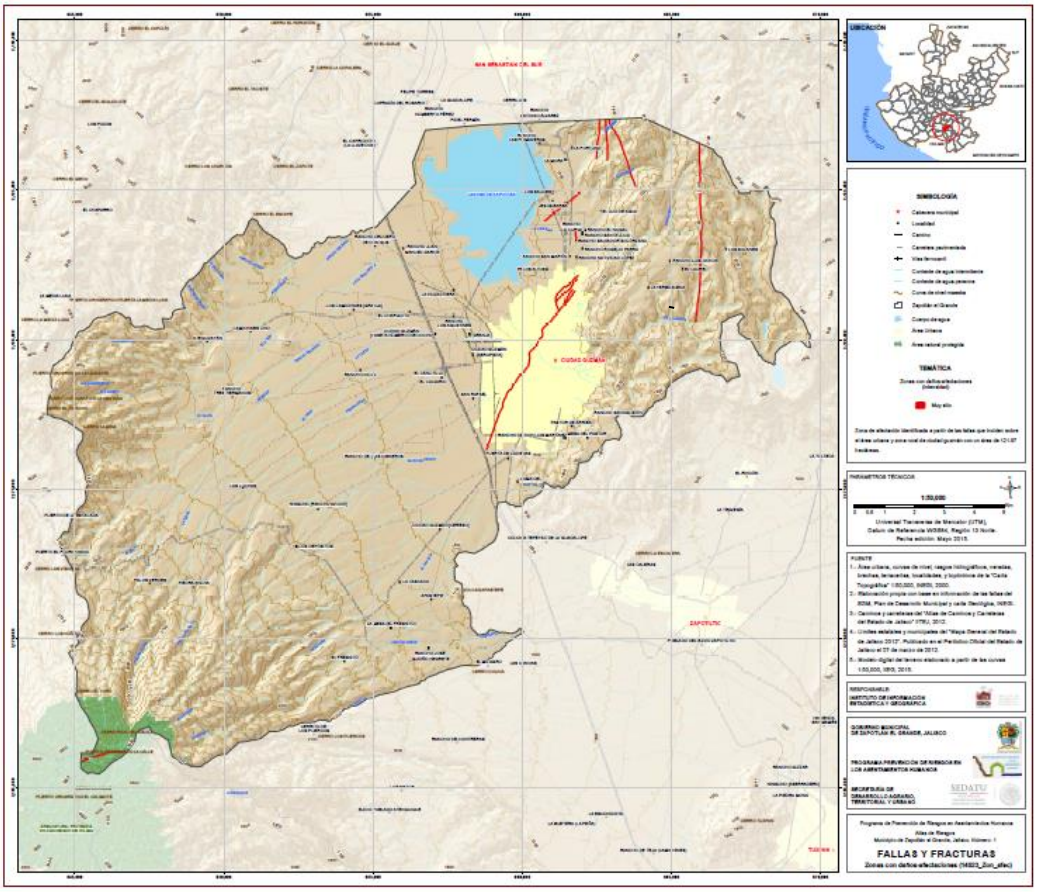
A lo anterior se puede sumar el abatimiento piezométrico producido por la extracción de agua, por bombeo, de los mantos profundos, ocasionando el agrietamiento y hundimiento diferencial del suelo que se observa en la zona urbana. La geometría escalonada

producida por las fallas profundas, se proyectan en la superficie como producto de la compactación de los sedimentos superyacentes.

El territorio que comprende al municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, se encuentra casi en su totalidad cubierto por depósitos recientes extruidos por el volcán de Colima y depósitos aluviales. Estos materiales pueden cubrir parcial o incluso en su totalidad cualquier evidencia de falla y/o fracturas.

Es importante mencionar que los estratos permeables inmersos en la Formación de tobas y jales (constituidos por tobas areno-arcillosas y materiales piroclásticos principalmente), se encuentran aparentemente profundos y cercanos a las zonas de los edificios volcánicos, por lo que es lógico sospechar en principio que los agrietamientos pudieran haber sido ocasionados por asentamientos diferenciales producidos por el acomodo de los materiales blandos que se encuentran descansando sobre un relieve no uniforme, característico de las zonas que se ubican en las inmediaciones de los edificios volcánicos ante fenómenos de subsidencia, es decir, por la pérdida en la resistencia del subsuelo debida al abatimiento de los niveles de aguas freáticas, ocasionados a su vez por la explotación creciente de los acuíferos que contribuyen en más de un 60 % al abasto de agua potable de la ciudad (Santana, 2002).

Se considera que las zonas por donde se encuentra la traza de fallas, presentan fracturamiento y brechas de los materiales, favoreciendo la presencia de deslizamientos. Asimismo, puede existir una reactivación que origine un desplazamiento entre bloques y eventualmente la generación de sismos locales. Los mapas 4.1.1.2.1. y 4.1.1.4.1. se observa la distribución de las superficies propensas al peligro por Falla y Fractura a nivel municipal y de su cabecera respectivamente en función del área de influencia de las estructuras geológicas mapeadas. Debido a la extensión del problema, así como a los elementos estructurales involucrados, al fenómeno de fallamiento y fracturamiento se le ha asignado un nivel de peligrosidad MUY ALTO.



Mapa 4.1.1.2.1. Mapa de fallas y fracturas a nivel Municipal (IIEG, 2015).

La zona de falla representa un peligro muy alto por atravesar la zona urbana de Ciudad Guzmán y con la posibilidad de desplazamientos por la incidencia de la estructura geológica y la posibilidad de generarse un sismo fuerte en la costa.

Por lo tanto, el peligro por movimiento tectónico es Muy alto en Zapotlán el Grande. Cabe señalar que el tipo del material en el área urbana Mapa 4.1.1.2.1.puede representar otro peligro en caso de que se presente un sismo.

4.1.1.3. Zona de Fracturamiento

La zona de agrietamientos se localizó al norte de Ciudad Guzmán próximo a los límites de la zona urbana. La zona es conocida como la ladrillera. El agrietamiento de suelos sigue una línea recta de orientación NW 15 SE (Fotografía 4.1.1.3.1.) (SGM, 2007), cuya longitud aproximada es de unos 200 m. En su inicio se dio la presencia de cortes en terrenos de

cultivos. El ancho del fracturamiento es variable. Actualmente el fracturamiento se observó tapado por cultivos (Fotografía 4.1.1.3.2.)



Fotografía 4.1.1.3.1. Zona de cultivo afectada por fracturamiento (Fuente: SGM, 2007).



Fotografía 4.1.1.3.2. Fracturamiento tapado por zona de cultivo (Fuente: IIEG, 2015).

Al recorrer la zona del agrietamiento en dirección al norte se observaron agrietamientos y huecos en el terreno, evidencia de la presencia aun de grietas superficiales (Fotografía, 4.1.1.3.3.)



Fotografía 4.1.1.3.3. Evidencia actual en la zona de agrietamiento (Fuente: IIEG, 2015).

El fracturamiento se cree sigue el mismo lineamiento de la traza de agrietamientos observados anteriormente. Esta zona se manifiesta por hundimientos alineados en el terreno, parcialmente rellenos con cascajo, donde se ha desarrollado vegetación silvestre (Fotografía 4.1.1.3.4.). Se desconoce la profundidad de la estructura, el personal de la UPCM comentó la posibilidad de que la grieta sobrepasa los 6 m. Cabe señalar que los ladrilleros refieren que está grieta, se abre cada año en épocas de lluvias y la rellenaron con escombros, sin embargo no pudo ser verificado.



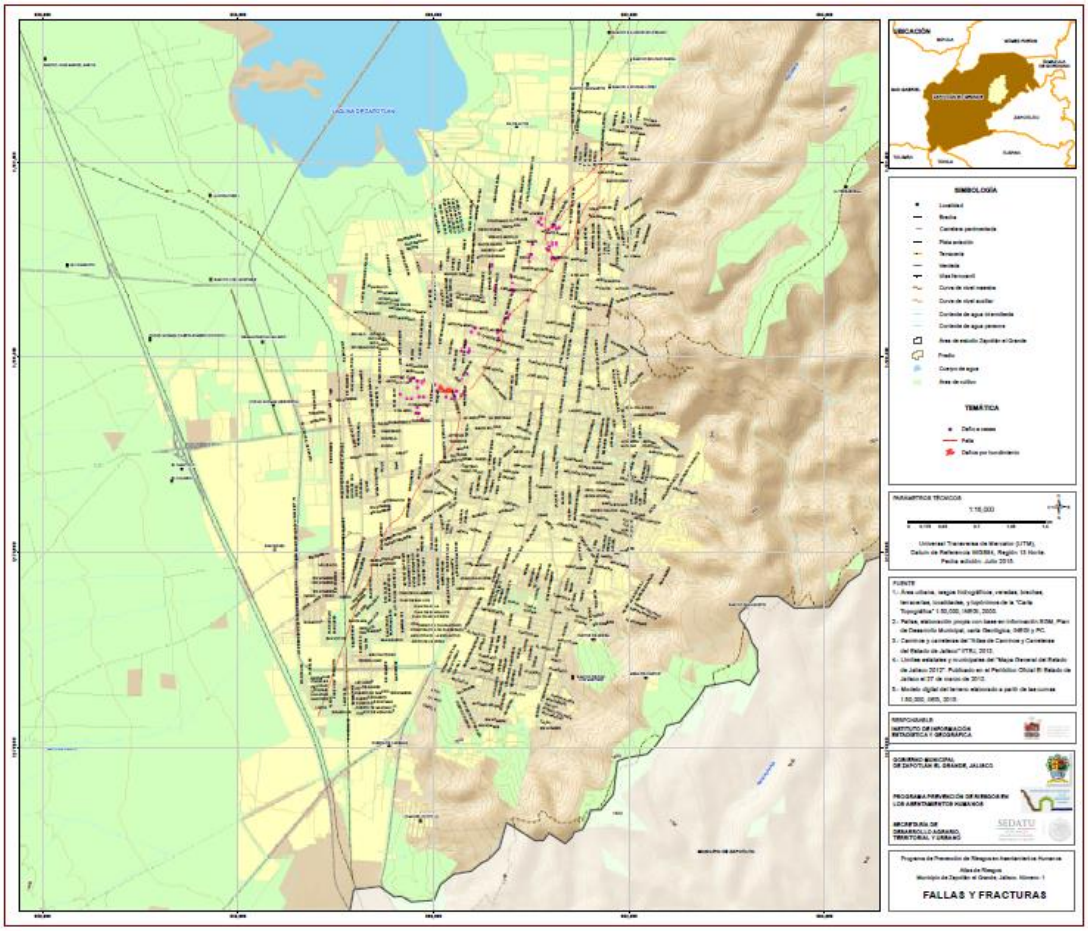
Fotografía 4.1.1.3.4. Traza de antigua grieta (fractura geológica) que se abrió antes de 1995. (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.1.4. Zona de daños y afectaciones

Las estructuras geológicas como las Fallas y Fracturas observadas en Ciudad Guzmán han generado una serie de afectaciones y daños en gran número de casas-habitación y que representan un peligro para los habitantes, como consecuencia del agrandamiento de la falla geológica detectada luego del sismo registrado en 1985, que devastó a la Ciudad de México.

De las investigaciones realizadas en la zona urbana se piensa que este fenómeno se encuentra asociado al comportamiento de la falla y de los mantos acuíferos podía haberse acelerado el proceso, como se ha observado desde 1994, donde otro sector de la falla geológica está relacionado con un problemas hidrológicos, en donde corrientes de agua se integraron a la falla geológica y ha llegado a ocasionar daños hasta de aproximadamente de 300 metros.

Los movimientos registrados provocaron que la falla que atraviesa a Ciudad Guzmán, se desplazara aproximadamente 500 metros en su parte central, provocando desniveles y afectaciones en viviendas (Mapa 4.1.1.4.1.)



Mapa 4.1.1.4.1. Zona de afectación por falla en Ciudad Guzmán (Datos tomados de Barrera, *et al*., 2015). Ratificado por IIEG, 2015.

Hay viviendas donde la falla pasa por el centro de las casas afectando también banquetas (Fotografía 4.1.1.4.1.) y al momento que se mueve, las estructuras son dañadas, de igual manera la infraestructura urbana resultó dañada y se tienen desniveles en las vialidades (Fotografía 4.1.1.4.2. y 4.1.1.4.3.)



Fotografía 4.1.1.4.1. Daños en banquetas y casas-habitación (Fuente: IIEG, 2015).



Fotografía 4.1.1.4.2. Daños en vialidades por fallamiento generando desplazamientos hasta de 50 cm (Fuente: IIEG, 2015).



Fotografía 4.1.1.4.3. Daños en vialidades por falla y reparadas **constantemente** (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.1.5. Implicaciones del Peligro por Fallas y Fracturas

Finalmente se concluye en este apartado de Fallas y Fracturas que de acuerdo a las observaciones el patrón de fallas del valle es paralelo al de la Montaña Oriente por lo que habría que realizar un monitoreo de fracturas de casa e infraestructura para determinar la distribución y definir qué es lo que lo activa. Las fallas y lineamientos estructurales (fallas y Fracturas) tienen dos orientaciones preferenciales, una hacia el NE y la otra al NW, como ya se ha venido mencionando.

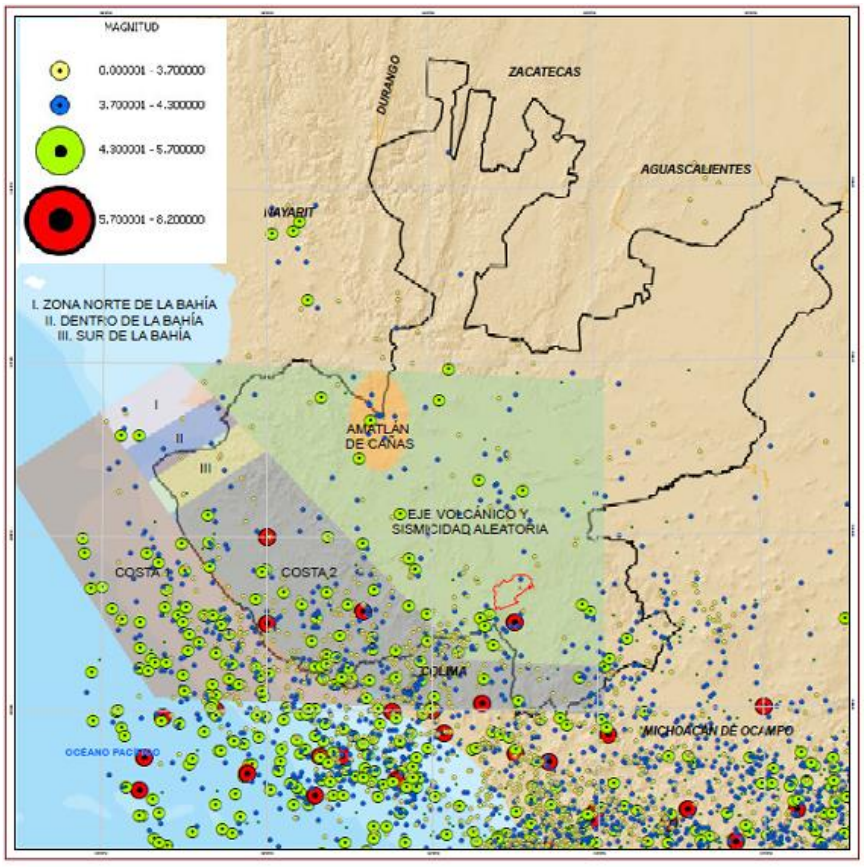
La zona sur del estado de Jalisco ha sido de las más afectadas por fenómenos sísmicos importantes, en 1985 Ciudad Guzmán fue la segunda ciudad más afectada del país, debido a las características del tipo de suelo lo que la convierte en una zona muy peligrosa.

4.1.2. Sismos

Los sismos son perturbaciones repentinas del subsuelo cuyos impactos socioeconómicos repercuten sobre las actividades del hombre. El estudio de estos fenómenos se traduce en mejorías en su comprensión y en el desarrollo urbano regional.

Los sismos que inciden sobre la zona urbana de Ciudad Guzmán, y en toda la cuenca de Zapotlán el Grande, están relacionados con el movimiento de placas en el pacifico, movimientos del bloque Jalisco y actividad volcánica. Los dos primeros son producidos por la interacción de placas tectónicas.

Los sismos por movimiento de placas en el Pacífico son llamados sismos interplaca. Son ocasionados por una fricción en las zonas de contacto, en este caso entre las placas de cocos y la placa americana (Mapa 4.1.2.1.) ubicadas en la zona del Océano Pacifico, la cual es la zona de sismicidad más importante (CENAPRED, 1994).



Mapa 4.1.2.1. Sismicidad en el límite de placas tectónicas (Fuente: Sismológico Nacional 1900-2015).

El alcance de acción de este tipo de sismos va más allá de los límites estatales, su radio de acción es de cientos de kilómetros, dependiendo de la magnitud del mismo, y su acción sobre las diferentes poblaciones dependerá de la distancia a la que se encuentren del epicentro y de las condiciones geológicas locales que imperen en cada lugar. Esto es importante si se toma en cuenta que Jalisco se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, y por tanto la zona de estudio, se caracteriza por estar dentro de la zona de subducción de la placa de cocos y la placa americana y dentro del área de influencia de epicentros mayores a 6 en la escala de Richter, que de ocurrir provocarán daños considerables en edificios, debido a que los muros se pueden desprender de las estructuras.

Así mismo, durante la ocurrencia de un sismo de este tipo existe dificultad para conducir vehículos. México presenta una gran actividad sísmica y en diversas regiones del territorio, el promedio de ocurrencia es de un sismo de magnitud mayor a 7.0 cada dos años y medio (Singh *et al*., 2000).

Los sismos por movimientos de bloque Jalisco se les llama sismos intraplaca locales, debido a que son producto de deformaciones de los materiales terrestres, que se dan por la concentración de fuerzas en una región limitada, en este caso en el bloque Jalisco.

Este territorio presenta una gran actividad vulcano-tectónica, misma que se refleja en su accidentada geografía y joven actividad geológica, debido a que forma parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico y es la región de mayor actividad sísmica y volcánica de mundo. En términos generales, los períodos de recurrencia sísmica dentro del estado de Jalisco son de alrededor de 100 años (Zárate & Martínez, 1993). ·

Los sismos por actividad volcánica que acompañan a las erupciones volcánicas (en este caso del Volcán Colima) y son ocasionados principalmente por el fracturamiento del magma, generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores, pero llegan a provocar desastres en las localidades cercanas al centro emisivo. Un ejemplo fue el sismo ocurrido el 25 de marzo de 1806, donde murieron más de dos mil gentes al derrumbarse las edificaciones en donde se encontraban (Vizcaíno, 1991).

El promedio de ocurrencia de este tipo de sismos en la zona es de 110.5 años aproximadamente. Sin embargo, estos sismos, al igual que los epicentrales, son difíciles de estudiar y no se pueden predecir con exactitud, debido a que generan una gran actividad microsísmica de baja magnitud para lo cual se requiere de una red de sismógrafos que cubran completamente el área, cosa que no se tiene en Ciudad Guzmán. Como se observa en la distribución epicentral de los sismos afectan una gran extensión del territorio. Por lo cual, es factible que toda la cuenca de la Laguna de Zapotlán e incluso más allá de sus límites sea afectada. Sin embargo, se estima que 5,042.5 has. De la cuenca resultarían con efectos sísmicos mayores, debido a que es donde se localiza la mayor concentración de población (Cruz, 1996).

La única manera de prevenir la ocurrencia desastres causados por peligros naturales es por medio de su caracterización y estudio que permitan tomar medidas preventivas, o en su caso de mitigación de posibles escenarios de desastre. El estado de Jalisco es una de las regiones con más alta sismicidad en México y por ende el peligro sísmico es muy alto, este peligro no solo está asociado al proceso de subducción de la Placa de Rivera bajo la Placa de Norteamérica, sino también a otras estructuras continentales no identificadas que han generado grandes terremotos históricos, El primer paso evaluar el peligro sísmico es estudiar la sismicidad histórica y correlacionarla con la actual y los estudios recientes relacionados llevados a cabo en la región.

Otras estructuras continentales no identificadas que han generado grandes terremotos históricos, algunos de ellos capaces de generar tsunamis. El primer paso evaluar el peligro sísmico es estudiar la sismicidad histórica y correlacionarla con la actual y los estudios recientes relacionados llevados a cabo en la región; desafortunadamente no se tiene aún una red sísmica local. El propósito de este trabajo es revisar y evaluar la sismicidad histórica, y los estudios de sismicidad recientes. (Nuñez-Cornú, 2011).

Por consiguiente el Municipio de Zapotlán y su cabecera municipal están expuestos continuamente a sufrir las consecuencias de los sismos debido a que no se conocen con exactitud el número de fallas o fracturas ni su ubicación en la zona de contacto, es difícil establecer las áreas de mayor o menor peligrosidad sísmica del área de estudio.

Así mismo el área de estudio se encuentra dentro de la zona considerada como “PELIGRO ALTO” dentro de la regionalización sísmica en la que plantea la distribución geográfica del riesgo sísmico, conteniendo básicamente la máxima intensidad probable que pueda provocar los sismos futuros.

Con el objeto de poder proyectar y construir edificios de acuerdo a normas que garanticen un comportamiento satisfactorio bajo efectos sísmicos es importante conocer con suficiente aproximación el riesgo sísmico en el área donde se ubicará la construcción.

A mayor riesgo sísmico, las fuerzas laterales de diseño serán más elevadas y consecuentemente los coeficientes sísmicos a emplearse.

4.1.2.1. Sismicidad Histórica en la Región de Colima-Jalisco

La historia macrosísmica de la región se remonta hasta 1544. En los últimos 160 años, han ocurrido 10 sismos importantes con Ms > 7.4: 11/feb./1875 Ms =7.5 (Singh et al, 1981) 20/ene/1900 Ms= 7.9, 16/may/1900 Ms=7.4 (op. cit.), 7/jun/1911, destructor en Ciudad Guzmán, 8/may/1912 daño grandemente a Guadalajara, 3 y 18/jun/1932 Ms =8.2 y 7.8, respectivamente (op. cit.) 10/ene/1973 Ms> 7.5 (Eissler y Mcnally, 1984), 19 y 20/sep/1985 con Ms=8.1 y 7.8, respectivamente; 9/10/95 con Ms=5.1. Los tiempos de

recurrencia estimados por Singh et al (1985) para terremotos como los de 1932 en la costa de Jalisco es de 77 años y considerando que el temblor de 1995 rompe apenas con la mitad sur del área que se rompió en 1932, la posibilidad de que ocurra un evento similar al de 1995 en un período relativamente corto de tiempo es muy alta (Figura 4.1.2.1.1.). El 22 de enero del 2003 ocurre un terremoto somero de Mw = 7.4 en la costa de Armería no asociado al proceso de subducción (Núñez-Cornú et al, 2004).

Por otra parte la complejidad de esta región tectónica se refleja en la existencia de estructuras desconocidas o no estudiadas capaces de generar terremotos de magnitud media (7.0 - 7.6) como el ocurrido cerca de las Islas Marías, donde causó gran destrucción, el 3 de diciembre de 1948 (M = 7.0), estos dos últimos terremotos pueden estar relacionados con una subducción oblicua.

El sismo del 3 de junio de 1932 es el sismo de mayor magnitud que ha sido registrado en la era instrumentada de México. Además de los terremotos de 1932, otros sismos importantes han ocurrido a lo largo de la costa de Colima-Jalisco, como consecuencia de la subducción de las placas Rivera y Cocos por debajo de la placa de Norteamérica (Figura 4.1.2.1.1.).

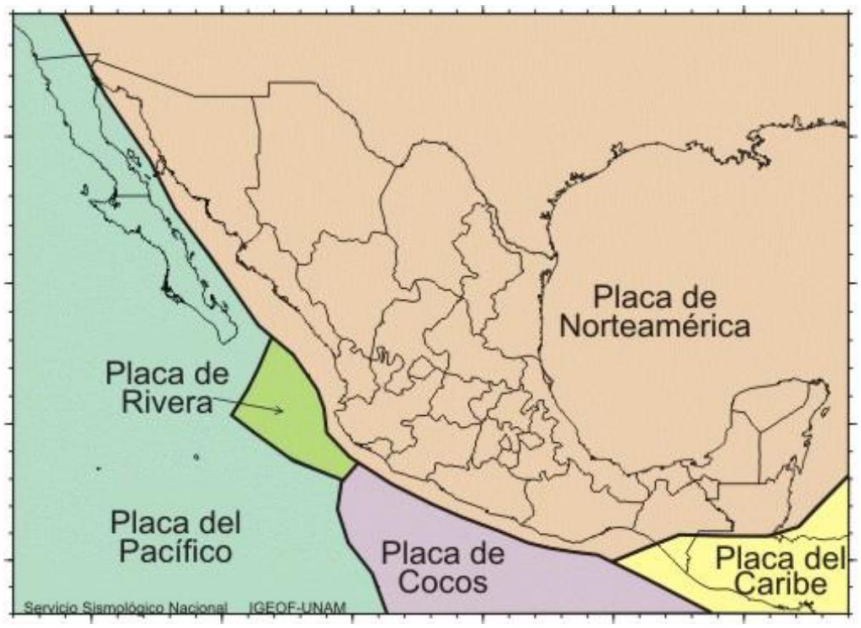


Figura 4.1.2.1.1. Placas tectónicas que interactúan en territorio mexicano (Fuente Ritz, 2004).

El 9 de octubre de 1995, un terremoto de poca profundidad y de magnitud 8.0, ubicado en 18.79 °N y 104.47 °W, tuvo un área de ruptura de 150 km cerca de los límites de los estados de Jalisco y Colima, y fue seguido por un tsunami de 5 metros de alto. Dos meses después, el 11 de diciembre, otro terremoto, magnitud 6.4 se registró. Su ubicación estaba en la zona de deformación entre las placas de Rivera y Cocos. El mecanismo focal obtenido para ese evento deslizamiento lateral, lo que sugiere que puede haber tenido lugar en el límite de Rivera y Cocos.

Más recientemente, el 22 de enero de 2003, cerca de las zonas de origen de los terremotos de 1932 y 1995, ocurrió un sismo de subducción, con una magnitud de 7.2, y un área de ruptura de unos 45 km.

La ocurrencia de temblores en los estados de Colima-Jalisco es frecuente. Hasta la fecha no se cuenta con técnicas científicas en ninguna parte del mundo que puedan determinar cuándo o dónde ocurrirá un sismo, tampoco se puede saber qué tan grande será o qué efectos tendrá en la población. Estar informados acerca de estos fenómenos naturales será de gran utilidad para mitigar el riesgo sísmico en caso de un evento de magnitud considerable.

La actividad sísmica entorno al Municipio de Zapotlán es alta dada las evidencias mostradas en los registros sísmicos históricos, que muestran daños y efectos destructivos en Zapotlán, alcanzando intensidades entre IX y X grados en la escala de Mercalli (Figura 4.1.2.1.2.).

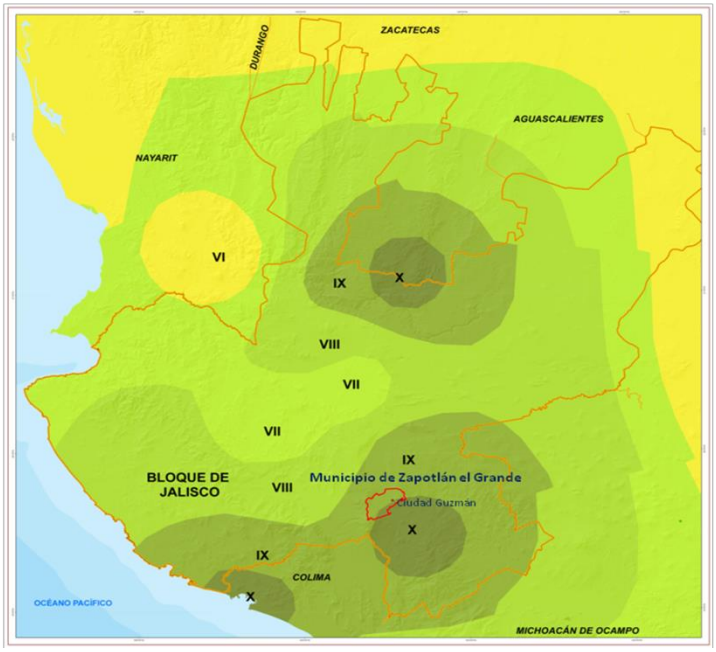


Figura 4.1.2.1.2. Máximas intensidades sísmicas originadas en el Municipio de Zapotlán por tres sismos, 1875, 1911 y 1995. (Fuente: Delgado, 1992).

Como consecuencia de sismos de gran magnitud, principalmente con epicentros en la región costera, en Ciudad Guzmán se han reportado daños acentuados en comparación con otras poblaciones cercanas y con tipos similares de construcción. Los sismos que más han afectado a Ciudad Guzmán ocurrieron en 1568, 1577, 1790, 1806, 1911, 1912, 1931, 1932, 1941, 1973 y 1985 (Vizcaíno, 1985), con epicentros principalmente en las costas de Jalisco, Colima y Michoacán.

Aunque la sismicidad en esa región es menor en comparación con la de otras zonas costeras de México, los sismos pueden alcanzar magnitudes muy grandes.

Dos casos de eventos sísmicos se registraron en 1911, daño Ciudad Guzmán y 1912 afecto grandemente a la Ciudad de Guadalajara, eventos que se pueden repetir y con la densidad de población actualmente asentada en la zona, puede ocasionar grandes daños.

Tal es el caso del sismo del 3 de junio de 1932 (Ms 8.2), con epicentro en las costas de Jalisco y un área de ruptura de aproximadamente de 100 Km, siendo el de mayor magnitud durante el siglo pasado, en México (Figura 4.1.2.1.3.).

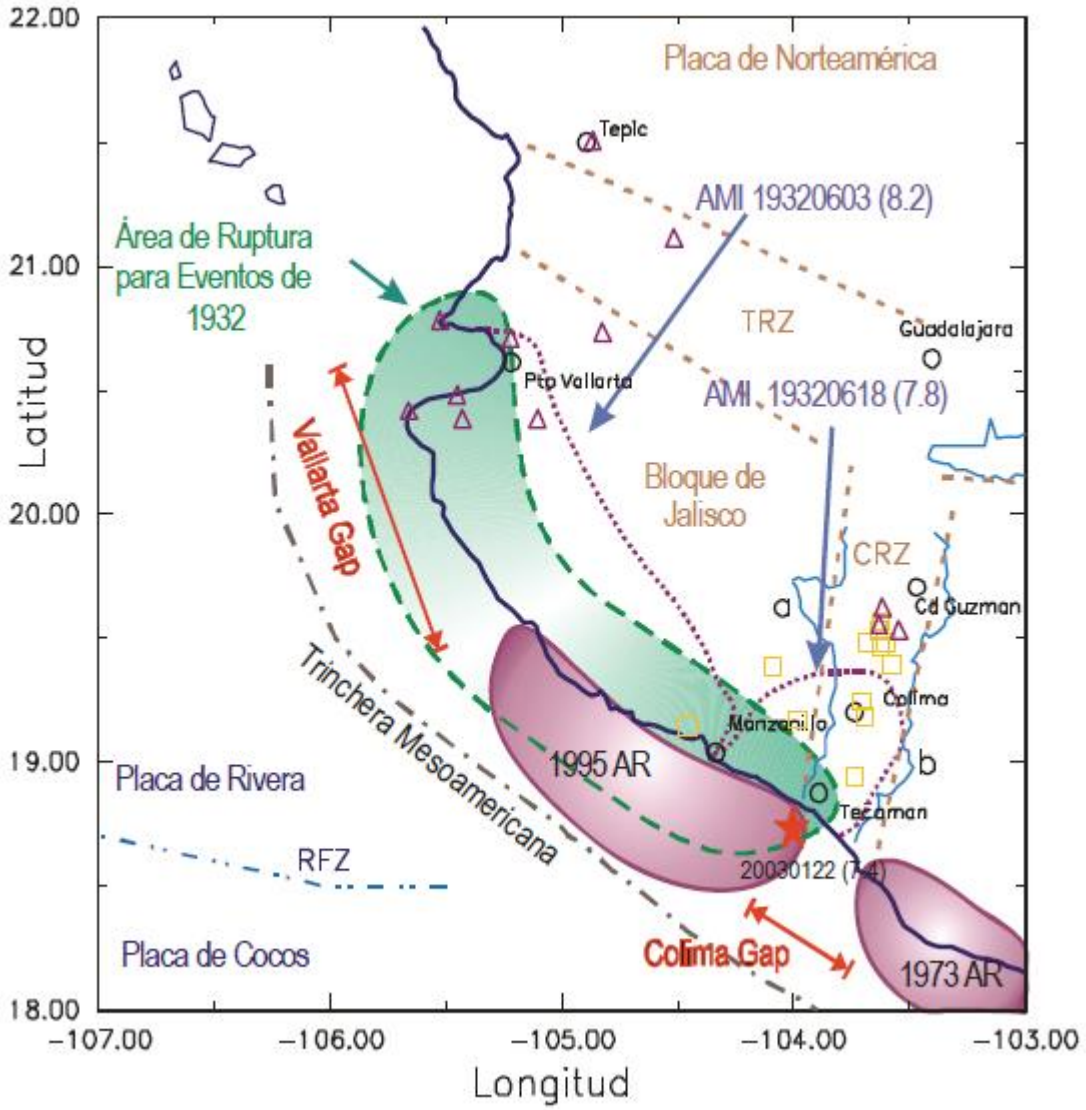


Figura 4.1.2.1.3. Mapa sismotectónico de la costa del Bloque Jalisco, zonas de rupturas de los grandes terremotos y brechas (gaps) sísmicos existentes (Fuente: Nuñez-Cornú, 2011).

El día 3 de junio de 1932 ocurrió un sismo con magnitud 8.2 localizado en las costas de Colima- Jalisco (19,5 N, 104.25 W). A este sismo le siguieron otros dos de magnitud 7.8 y 6.9 los días 18 y 22 de junio del mismo año. Estos sismos han sido ubicados en la interfase entre las placas de Rivera y Norteamérica. Este último sismo, el del 22 de junio, generó un tsunami más devastador que el del sismo principal a pesar de que la magnitud sísmica fue mucho más pequeña. A este sismo se la ha calificado como “terremoto tsunami” (Okal and Borrero, 2011).

El 9 de octubre de 1995, un terremoto de poca profundidad y de magnitud 8.0, ubicado en 18.79 °N y 104.47 °W, tuvo un área de ruptura de 150 km cerca de los límites de los estados de Jalisco y Colima, y fue seguido por un tsunami de 5 metros de alto. Dos meses

después, el 11 de diciembre, otro terremoto, magnitud 6.4 se registró. Su ubicación estaba en la zona de deformación entre las placas de Rivera y Cocos. El mecanismo focal obtenido para ese evento deslizamiento lateral, lo que sugiere que puede haber tenido lugar en el límite de Rivera y Cocos (Courboulex, et al., 1997)

Más recientemente, el 22 de enero de 2003, cerca de las zonas de origen de los terremotos de 1932 y 1995, ocurrió un sismo de subducción, con una magnitud de 7.2, y un área de ruptura de aproximadamente 45 km. La ocurrencia de temblores en los estados de Colima-Jalisco es frecuente. Hasta la fecha no se cuenta con técnicas científicas en ninguna parte del mundo que puedan determinar cuándo o dónde ocurrirá un sismo, tampoco se puede saber qué tan grande será o qué efectos tendrá en la población. Estar informados acerca de estos fenómenos naturales será de gran utilidad para mitigar el riesgo sísmico en caso de un evento de magnitud considerable.

Es conveniente mencionar que, como consecuencia del sismo del 9 de octubre, no se registraron daños importantes en Ciudad Guzmán, a pesar de que el sismo tuvo una magnitud grande y la distancia al epicentro es aproximadamente de 140 km. Es probable que esto se deba a efectos de directividad de las ondas provenientes de la fuente por lo que, como complemento a este tipo de estudios, se tendrá que analizar la posibilidad de un fenómeno de ese tipo y los efectos y daños que podría generar en el Municipio de Zapotlán.

Los efectos de estos eventos sísmicos, y en especial de sus tsunamis, son descritos por Sánchez y Farreras (1993), se basan principalmente en textos periodísticos de la época. El evento principal del 3 de junio de 1932 resultó en una severa destrucción en Manzanillo, Colima, Ciudad Guzmán y zonas colindantes, con cerca de 400 víctimas. Se generó un tsunami con una depresión inicial seguido por una inundación que alcanzó 3 m.

El grado acentuado de daños reportados en años hizo pensar, a la luz de resultados recientes de investigaciones en valles aluviales, que el suelo en Ciudad Guzmán tiene la capacidad de amplificar el movimiento sísmico, fenómeno que también se presenta en la Ciudad de México (Singh *et al*., 1988).

Por tanto, es importante estudiar claramente los parámetros básicos asociados al efecto de sitio para caracterizar el comportamiento del suelo en Ciudad Guzmán, llamada antiguamente Zapotlán el Grande.

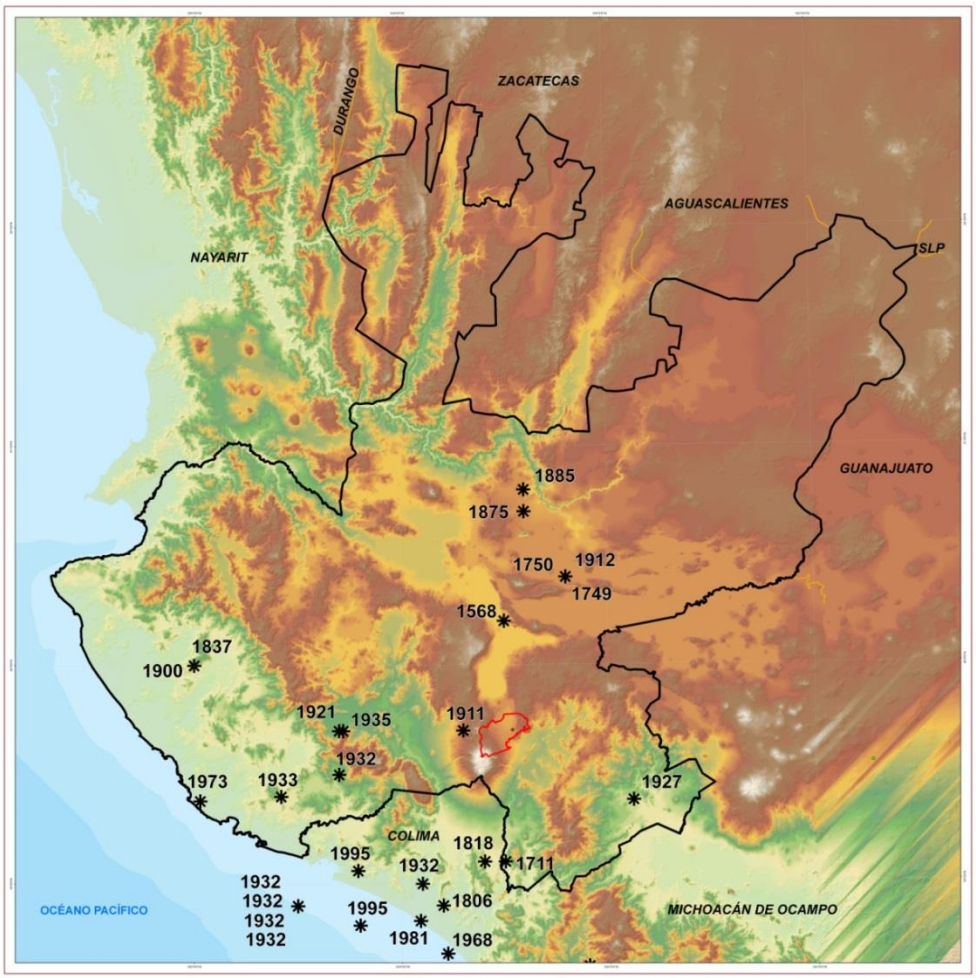
Los sismos históricos e instrumentales importantes localizados en un radio de 200 Km con centro en Ciudad Guzmán se muestran en la Tabla 4.1.2.1.1. y Mapa 4.1.2.1.1.

Sismos ocurridos en un radio de 200 Km con centro en Ciudad Guzmán										
Cat.	No.	Año	Mes	Día	Lat	Lon	Prof	Mag	Dist	Ubicación
NOAA	1	1568	12	27	20.2	103.5	-	6	89.3	Zacoalco de Torres
NOAA	2	1711	9	16	19.1	103.5	-	-	42.31	Colima
NOAA	3	1749	-	-	20.4	103.2	-	-	108.75	Zona Metropolitana de Guadalajara
NOAA	4	1750	-	-	20.4	103.2	-	-	108.75	Zona Metropolitana de Guadalajara
NOAA	5	1806	3	25	18.9	103.8	-	7.5	79.38	Tecomán
NOAA	6	1818	3	31	19.1	103.6	-	7.5	48.84	Colima
NOAA	7	1837	11	22	20	105	-	7.7	191.28	Sur de Puerto Vallarta
NOAA	9	1875	2	11	20.7	103.4	33	7.5	142.16	San Cristóbal de la Barranca
NOAA	10	1885	2	11	20.8	103.4	-	-	153.19	San Cristóbal de la Barranca
NOAA	11	1900	1	20	20	105	10	8.3	191.28	Sur de Puerto Vallarta
NOAA	12	1911	6	7	19.7	103.7	100	7.9	53.84	Ciudad Guzmán
NOAA	13	1912	5	8	20.4	103.2	15	6	108.75	Guadalajara
NOAA	14	1921	4	30	19.7	104.3	120	7.8	111.37	Autlán de Navarro
SSN	15	1927	1	19	19.38	102.88	100	6	52.15	Manuel M. Diéguez
NOAA	16	1932	6	3	19.5	104.3	25	8.4	107.39	Autlán de Navarro
NOAA	17	1932	6	18	19	103.9	50	7.9	80.04	Tecomán
SSN	18	1932	6	22	18.9	104.5	-	7	140.55	Manzanillo
SSN	19	1932	7	25	18.9	104.5	-	6.9	140.55	Manzanillo
SSN	20	1932	9	8	18.9	104.5	-	6.2	140.55	Manzanillo
SSN	21	1932	11	17	18.48	103.87	-	6.2	121.11	Costas Colima - Michoacán
SSN	22	1932	12	7	18.9	104.5	-	6.2	140.55	Manzanillo
SSN	23	1933	7	10	18.48	103.87	-	6.2	121.11	Costas Colima - Michoacán
SSN	24	1933	11	29	19.4	104.58	-	6	136.48	Casimiro Castillo
SSN	26	1935	6	29	19.7	104.28	-	6.1	109.35	Autlán de Navarro
SSN	27	1968	4	26	18.68	103.78	-	6.1	97.29	Costas Colima - Michoacán
SSN	28	1968	8	14	18.62	103.1	-	6.1	90.49	Calcoman de Matamoros Mich.
PDE	29	1973	1	3	18.5	103	43	78	105.96	Calcoman de Matamoros Mich.
PDE	30	1973	10	18	19.38	104.97	45	6.8	177.44	Punta Careyes
PDE	31	1974	1	26	18.6	103.4	33	6.1	91.58	Calcoman de Matamoros Mich.
PDE	32	1981	3	9	18.83	103.91	56	6.2	92.99	Tecomán

Sismos ocurridos en un radio de 200 Km con centro en Ciudad Guzmán										
PDE	33	1995	10	9	19.06	104.21	33	7.5	105.52	Manzanillo
PDE	34	1995	10	12	18.81	104.2	16	6	117.95	Tecomán
NOAA _Boulder Colorado SSN_ Servicio Sismológico Nacional. PDE_Preliminary Determination Epicenter (USGS)										

Tabla.4.1.2.1.1.- Sismos históricos e instrumentales, en el estado de Jalisco, M>6, (Fuente: Malagón, 2004).

Los tiempos de recurrencia estimados por Singh et al (1985) para terremotos como los de 1932 en la costa de Jalisco es de 77 años y considerando que el temblor de 1995 rompe apenas con la mitad sur del área que se rompió en 1932, la posibilidad de que ocurra un evento similar al de 1995 en un período relativamente corto de tiempo es muy alta por la complejidad tectónica de esta región y la existencia de estructuras desconocidas o no estudiadas capaces de generar sismos de magnitud media (5.0 y 6.5).



Mapa 4.1.2.1.1. Localización de sismos históricos e instrumentales de magnitud mayor a 6.0 grados entorno al Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: Malagón, 2004).

En la Tabla 4.1.2.1.2., se presenta la fecha y la descripción breve de las características de los sismos que han ocurrido en torno a Zapotlán el Grande, en base a lo escrito y recopilado por el cronista de Ciudad Guzmán (Vizcaino, 1991).

No.	Fecha	Descripción
1	1567	En **Zapotlán el Grande** (Actual Ciudad Guzmán, Jalisco), cayó la primera iglesia.
2	27/12/1568	Hubo intensa actividad sísmica en la zona comprendida entre **Zapotlán** y Ameca.
3	27/12/1577	Asociado con intensa actividad del Volcán Colima. Muchos **daños** y muerte en **Zapotlán**
4	15/04/1611	En **Zapotlán** y Zapotiltic fueron destruidos los conventos franciscanos.

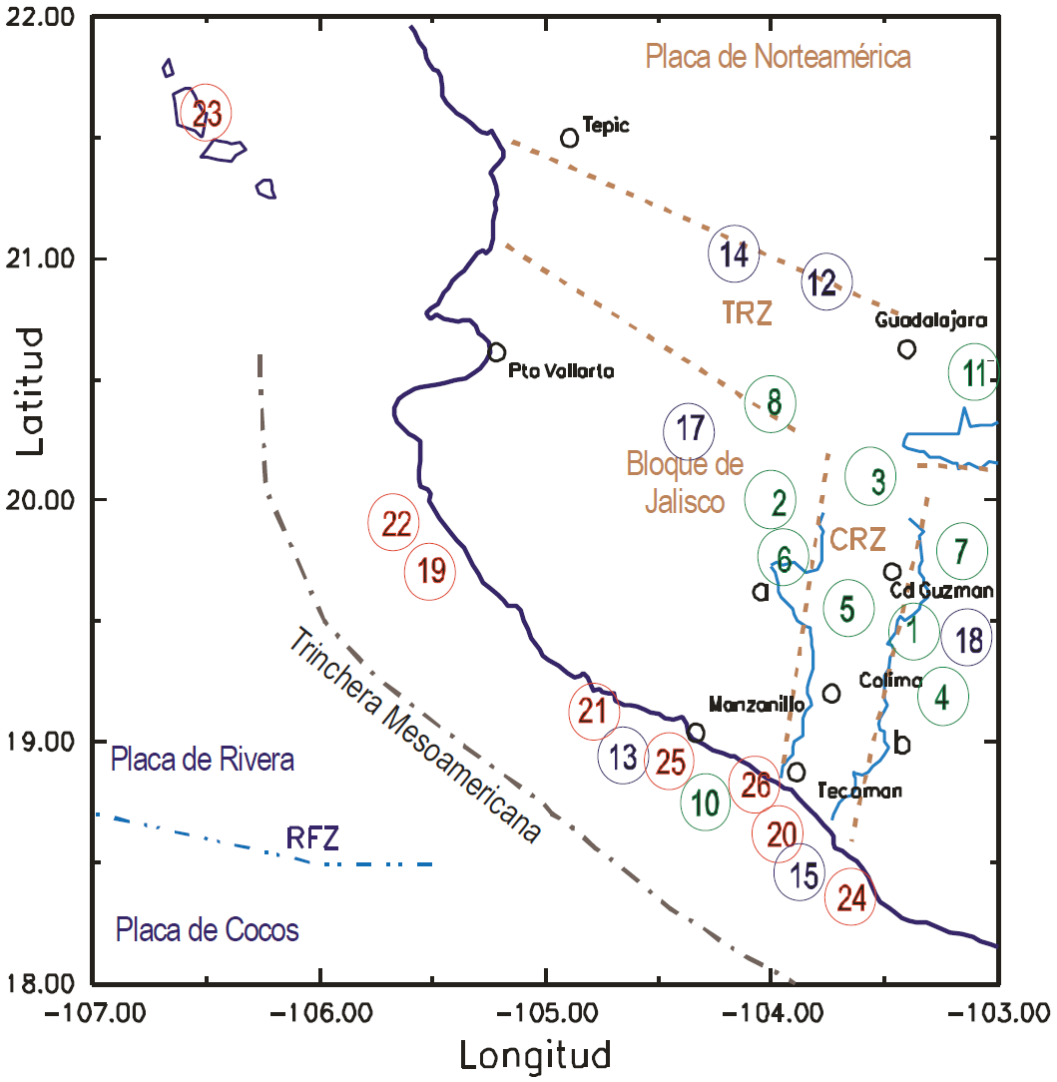
No.	Fecha	Descripción
5	26/08/1611	Destruye la iglesia de **Zapotlán** y pocos días después. Hubo otro que derrumbó el hospital de la Purísima Concepción y otras fincas.
6	15/08/1711	Gran destrucción en Amacueca, Sayula y **Zapotlán**. Se sintió en Guadalajara.
7	22/10/1743	Destrucción de muchas casas en **Zapotlán**.
8	25/03/1806	Sismo al que le siguieron intensas réplicas durante unos dos meses. Fuerte destrucción en **Zapotlán** (más de 200 casas) incluyendo daños a la parroquia y muchos muertos (más de 280).
9	31/05/1818	(M= 7.7, I= VI) A pesar de que su magnitud fue de 7.7 y su epicentro se localizó a unos 175 km hacia el suroeste de Guadalajara, causó muchos daños y derrumbó las torres originales de la Catedral y agrietó dos de sus bóvedas. No fue sino hasta el período de 1851 a 1854 que se volvieron a construir las torres, y hasta la fecha han perdurado. Hubo fuertes destrozos, en varias poblaciones de Jalisco (Tala, Ameca, Cocula, Sta. Ana, Acatlán, Zacoalco, Sayula, **Zapotlán**, etc.), pero sobre todo en la ciudad de Colima.
10	22/11/1837	Agrietó la fachada de la catedral de Guadalajara y otras edificaciones. Se sintió también en **Zapotlán** y en el sur de Jalisco.
11	02/10/1847	Causó muchos derrumbes y muertes en Ocotlán, daños leves en Guadalajara y **Zapotlán** y se sintió hasta la Cd. de México.
12	11/021875	Muy fuerte en San Cristóbal de la Barranca, en donde derribó la mayoría de las casas y causó alrededor de 50 muertos (la población era de 800). En Guadalajara no causó muerte pero sí fracturas en muchas casas y en los siguientes templos: Catedral, el Sagrario, la Merced, Santa Mónica, San Diego, Capilla de Jesús, de la Compañía (actual biblioteca iberoamericana), Aranzazú, Mexicaltzingo, San Juan de Dios y San José de Analco
13	09/03/1875	Sismo que ocurrió en la Costa de Jalisco, por el rumbo de Autlán, cerca del epicentro del terremoto de 1932. En Guadalajara agravó los daños a edificaciones causadas por el sismo del 11 de febrero y sus réplicas: los templos más dañados fueron: La Merced, San Diego, Aranzazú, Mexicaltzingo, Analco y Loreto.
14	22/03/1878	Causó daños en San Cristóbal y se sintió fuerte en Guadalajara.
15	19/01/1900	Destructor en Colima. Hubo además daños en muchas poblaciones de Jalisco (Ocotlán, Sayula, **Zapotlán,** San Gabriel, Autlán, Unión de Tula y Mascota. En Guadalajara sufrieron daños la cúpula de El Sagrario, los templos de Sta. Ma. De Gracia, San Felipe, Santa Mónica, San Diego, Capilla de Jesús, San Sebastián de Analco y Mezquitán.
16	16/05/1900	Intensa réplica del sismo del 19 de enero. Se sintió en varias poblaciones del sur de Jalisco hasta La Barca y Guadalajara, pero solo causó daños leves en Colima y **Zapotlán**.
17	07/06/1911	Causó daños fuertes en **Zapotlán** (Parroquia, Santuario, Tercera Orden, Sagrado Corazón y más de mil casas) y muertes (35). También fue destructor en la región cercana a Zapotlán (San Sebastián, San Andrés Ixtlán, Zapotiltic, Tuxpan, Tamazula, Tecalitlán, San Gabriel, etc.).
18	30/04/1921	Daños en Autlán, Unión de Tula y Tuxcacuesco. Fuerte en Zacoalco y otras poblaciones de Jalisco.
19	03/06/1932	El sismo de mayor magnitud en Mèxico en el siglo XX. Su epicentro se ubicó en la Costa de Jalisco, a unos 160 km de Guadalajara. Causó fuertes daños en Cihuatlán, Autlán y Mascota. Hubo réplicas fuertes (magnitudes De 4 a 8) hasta al menos diciembre del mismo año. El padre Severo Díaz hizo un interesante análisis (Díaz Galindo, 1932). El 13 de junio entró en erupción

No.	Fecha	Descripción
		el Volcán de Colima.
20	18/06/1932	Intensa réplica del terremoto del 3 de junio. Destructor en el Estado de Colima, sobre todo en Tecomán y Colima. Un tsunami invadió Cuyutlán.
21	09/04/1933	Daños en Tenacatita y otros lugares de la Costa de Jalisco (Autlán, Purificación). Fuerte en Colima
22	30/11/1934	Muy fuerte en la Costa de Jalisco. Sentido en Puerto Vallarta, Mascota y Autlán.
23	03/12/1948	Epicentro en las Islas Marías, destruyó la colonia penal.
24	30/01/1973	Conocido como el Terremoto de Colima, aunque en realidad ocurrió en el occidente de Michoacán, región poco poblada en esa época.
25	09/10/1995	Fuerte terremoto frente a las costas de Colima y Jalisco. Causó fuertes daños en las Costas de Colima y Jalisco, especialmente en Manzanillo, Cihuatlán, Jaluco, Barra de Navidad, Tenacatita y Puerto Vallarta. Se sintió fuerte en Guadalajara (a 240 km del epicentro), pero causó daños menores.
26	22/01/2003	Terremoto somero frente a la costa de Armería en Colima, fuertes daños en la Cd. Colima y en localidades de Jalisco al Oeste del Volcán, su patrón de daños es muy diferente al de 1995.

Tabla 4.1.2.1.2. Relación de daños y efectos en Zapotlán por sismos históricos (Fuente: Nuñes-Cornú, 2011).

Los sismos que mayor daño causaron han causado en Ciudad Guzmán fueron los ocurridos en los años 1568, 1790, 1806, 1818, 1911, 1941, 1973 y 1985, por lo que el promedio de que ocurran sismos de este tipo es de 60 años, pero esto puede ocurrir en mayor o menor tiempo y es difícil de precisar la fecha exacta, dado a que se requiere de

Estudios más específicos y detallados. En el Mapa 4.1.2.1.2. Se muestran los sismos cercanos al Municipio de Zapotlán y que causaron daños.

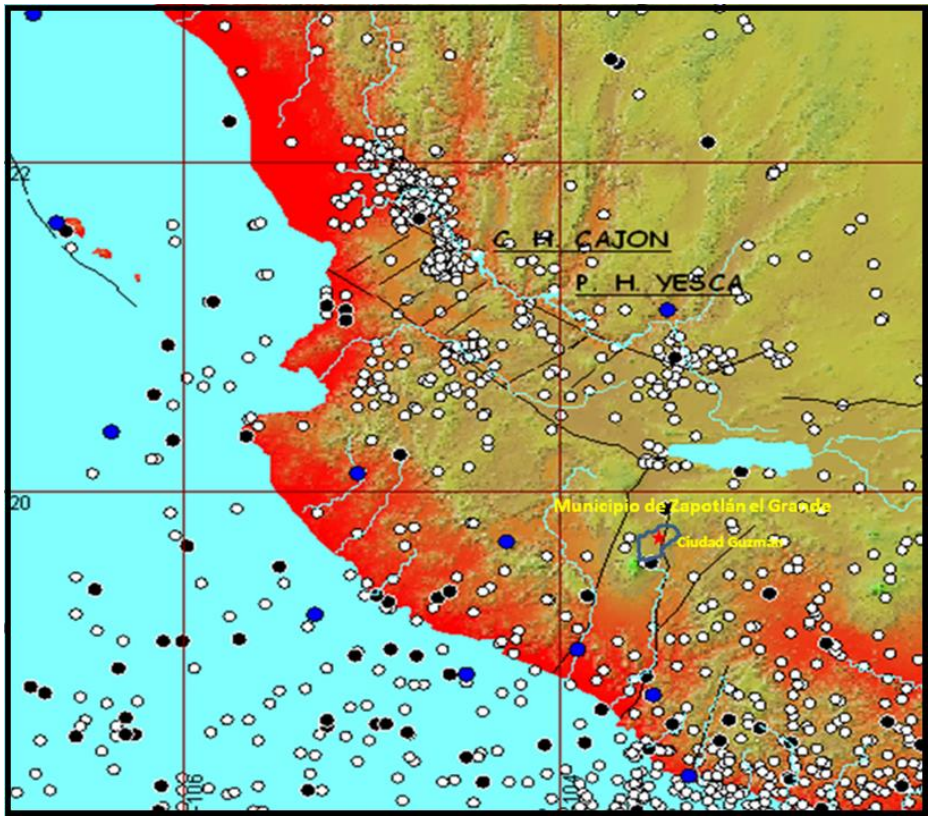


Mapa 4.1.2.1.2. Sismos históricos en el Bloque de Jalisco: Color Rojo (19 – 26) tipo A, sismos instrumentales; Color azul, (12-18) tipo B, algunos datos instrumentales descripciones macrosísmicas extensas; Color verde (1-11) tipo C, descripciones macrosísmicas limitadas. (Fuente: Nuñez-Cornú, 2011).

4.1.2.2. Sismicidad reciente

Entre 1993 y 1995 el Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Departamento de Geografía de la Universidad de Guadalajara empezaron a realizar estudios de sismicidad utilizando redes temporales de estaciones portátiles. Después del terremoto de 1995 estos estudios recibieron más apoyo y obtuvieron los primeros resultados regionales (Figura 4.1.2.2.1.).

Posteriormente los años 1996, 1997 y 1998 la Comisión Federal de Electricidad inicio estudios de microsismicidad en el norte y oeste del Bloque de Jalisco motivado por la escasez de trabajos y datos de sismicidad disponibles para esta área, a pesar del conocimiento de la ocurren sísmica que tiene la zona (Mapa 4.1.2.1.2.).



Mapa 4.1.2.2.1. Mapa epicentral de los terremotos registrados en el período 1996-1998 (Fuente: Delgado, 1994).

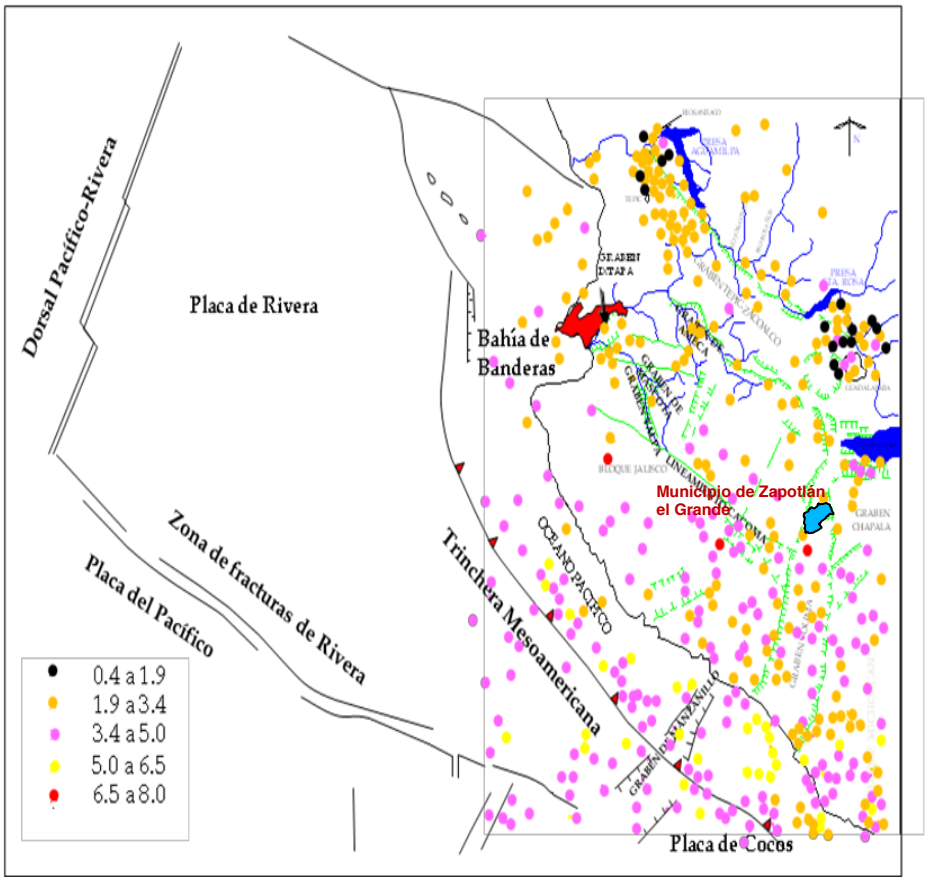
Además, basándose en la distribución hipocentral y en el estudio de las formas de onda se elaboró una clasificación de las zonas sismogénicas. En donde observamos que el Municipio de Zapotlán se encuentra en una zona de sismicidad del Eje Volcánico y

sismicidad aleatoria de estructuras geológicas locales, además de la sismicidad que se origina en la costa con eventos que han dañado fuertemente a Ciudad Guzmán (Mapa 4.1.2.2.2.).



Mapa 4.1.2.2.2. Zonas sismogenéticas entorno al Municipio de Zapotlán (Fuente: Malagón, 2009).

En el Mapa 4.1.2.2.3. Se muestra la sismicidad registrada por el Servicio Sismológico Nacional (azul) de 1974 a 2005 y la actividad localizada por el Observatorio Sismológico de Occidente de CFE (rojo) en el periodo de 1998 a 2005.

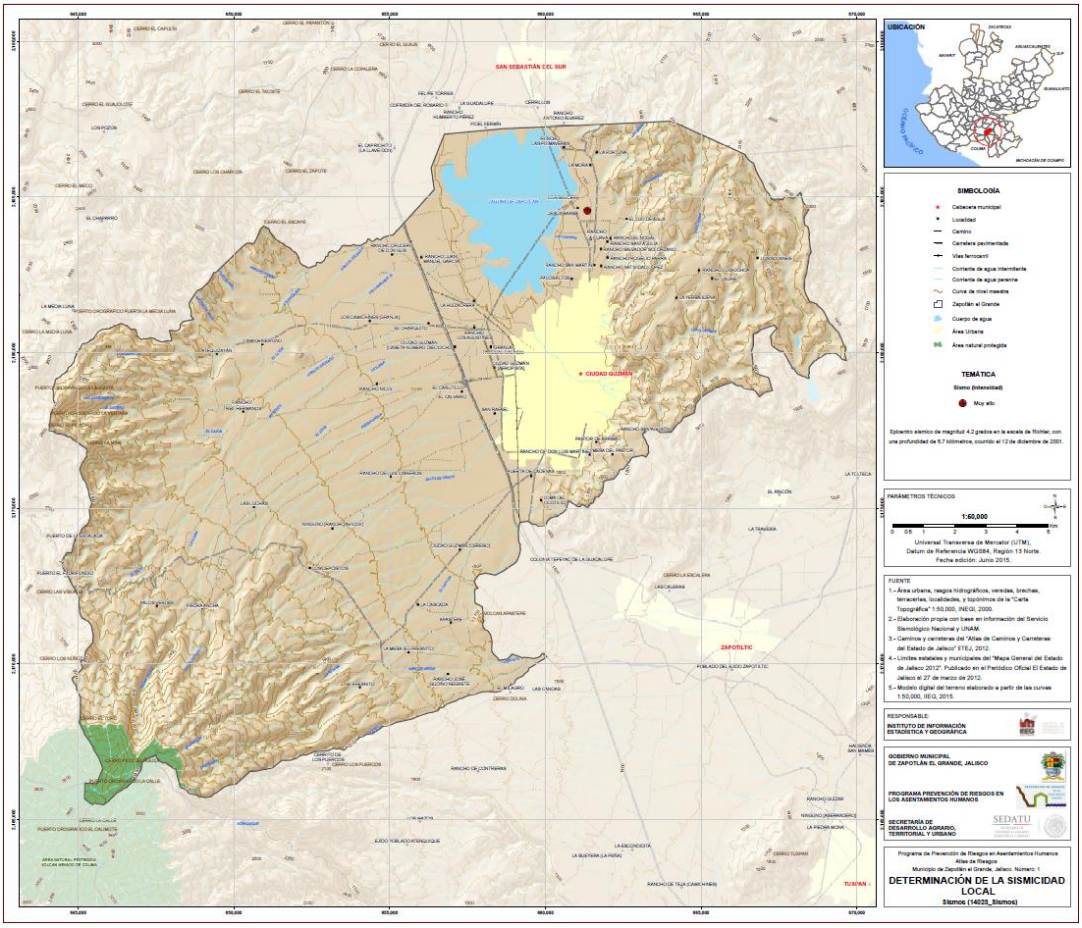


Mapa 4.1.2.2.3. Actividad sísmica en el Occidente de México (Fuente: SSN y CFE).

4.1.2.3. Sismicidad en Zapotlán el Grande

La sismicidad registrada dentro del Municipio de Zapotlán, solamente se logro localizar un solo evento (Mapa 4.1.2.3.1), por lo que se tuvo que recurrir a modelos probabilísticos para poder determinar la sismicidad local (Mapa 4.1.2.3.2.).

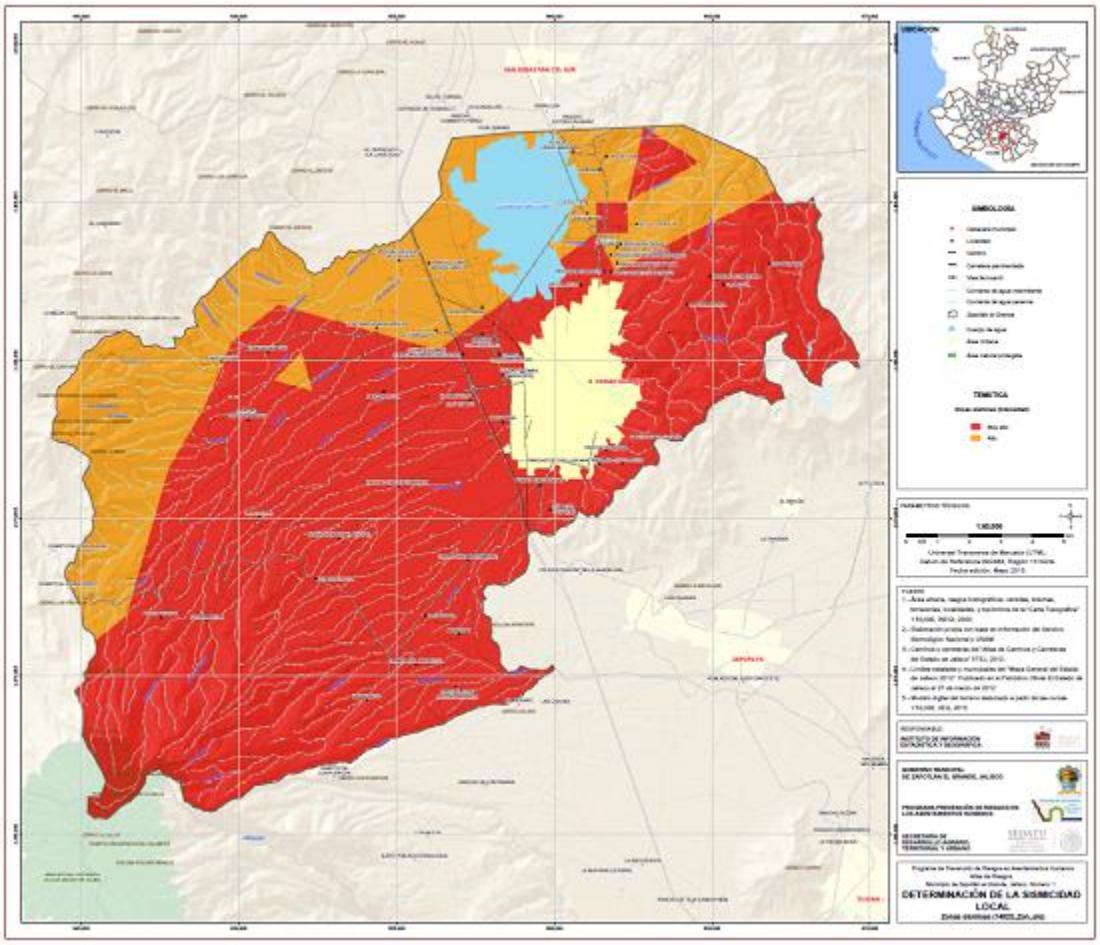
De acuerdo a la sismicidad regional mostrada en los apartados anteriores podemos mostrar baja sismicidad dentro del municipio, pero que la convierta en zona de riesgo por la gran sismicidad entorno al sitio de estudio, con eventos entre 5 y 8 grados de magnitud en la escala de Richter.



Mapa 4.1.2.3.1. Evento registrado dentro los límites del Municipio de Zapotlán (Fuente: Servicio Geológico Mexicano).

En la zona de estudio, se pueden producir sismos muy fuertes, o que tal *vez* no sean de gran magnitud, pero que si pueden afectar a la población en Zapotlán, debido a las condiciones de vulnerabilidad que presenta en algunos sectores, por las fallas o fracturas sobre las que se encuentren las edificaciones, así como por las condiciones del suelo en donde se asentaron.

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 incluidas.



Mapa 4.1.2.3.2. Dada la escases de eventos sísmicos en el Municipio de Zapotlán el Grande se trabajaron modelos probabilísticos para determinar la sismicidad local (Fuente: IIG, 2015).

La zona que puede sufrir mayores daños, tanto económicos como solo-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.

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

4.1.2.4. Estimación del Peligro Sísmico

La asignación del peligro sísmico, se basa en el método tradicional de Análisis de Peligro Sísmico probabilista (PSP) se basa en los catálogos sísmicos y de movimientos del terreno, en observaciones macrosísmicas y en registros instrumentales.

Debido a que los datos sismológicos son limitados, lo más apropiado fue recurrir a un escenario basado en un enfoque determinista. La principal ventaja del procedimiento es el tratamiento simultáneo de la contribución fuente sísmica y la propagación de la onda, que serán determinantes para la estimación del peligro sísmico del Municipio de Zapotlán el Grande.

4.1.2.4.1 Municipio de Zapotlán el Grande en la Regionalización Sísmica de México

En el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 1993) Capítulo Diseño por Sismo, se encuentra publicado el mapa de Regionalización Sísmica de México (Figura 4.1.2.4.1.1).

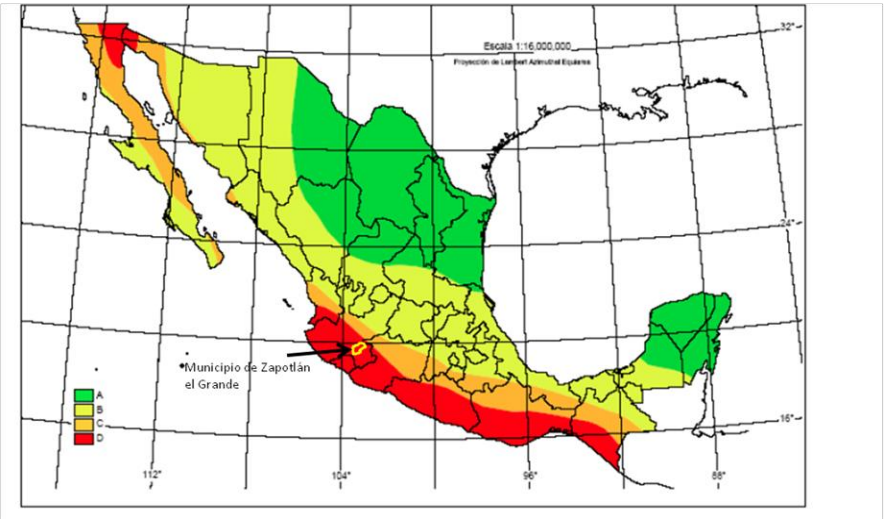


Figura 4.1.2.4.1.1. Regionalización Sísmica de México (Fuente: CFE, 1993).

Este mapa permite conocer, en términos generales, el nivel de peligro sísmico que tiene un área determinada. Para ello, el territorio nacional se encuentra clasificado en cuatro regiones, de la *A* a la *D*, las cuales representan un nivel creciente de peligro.

Esta clasificación del territorio se emplea en los reglamentos de construcción para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las

edificaciones y otras obras civiles de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo.

La zona A es aquella donde no se tienen registros históricos de sismos y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% de *g*. En la zona D ocurren con frecuencia temblores de gran magnitud (M > 7) y las aceleraciones del terreno pueden ser superiores al 70% de *g.*

Los niveles de sismicidad y de aceleración propios de las zonas B y C están acotados por los valores correspondientes de A y D, los temblores grandes son poco frecuentes (por ejemplo, el sismo de junio de 1999, con epicentro al sur de Puebla) y se estima que las aceleraciones se mantendrán por debajo del 70% de *g*.

Los niveles de Peligro Sísmico de Acuerdo a la Regionalización es la siguiente; la zona A corresponde a la zona de menor peligro, B a medio-bajo, C medio-alto y la D a la de mayor peligro. De acuerdo a esta clasificación el Municipio de Zapotlán se encuentra en una zona de mayor peligro (Figura 4.1.2.4.1.1.). http://www.CENAPRED.unam.mx).

Asimismo, se recomienda consultar el Manual de Obras Civiles de la CFE donde se expresa con detalle la clasificación de suelos para cimentación, parámetros específicos para suelos firme, de transición y suave, clasificación de construcciones según su destino o estructuración, etc. y concentrar toda la información particular para el municipio en estudio.

4.1.2.4.2. Cálculo de la peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica está definida como el nivel probable de sacudida del suelo asociado con la recurrencia de terremotos (Giardini et al., 1998).

Basándose en los datos de los catálogos instrumental e histórico, el territorio de México se subdividió, de manera global, en unidades sismotectónicas con el propósito de definir, dentro de ellas, estimaciones de peligrosidad sísmica.

4.1.2.4.3. Sismicidad de las fuentes sismogenéticas

La incertidumbre existente en el conocimiento sísmico obliga a considerar las variables en juego como aleatorias, por lo que deben sujetarse a teorías de probabilidad. Para determinar los parámetros de la distribución de probabilidades que describen la ocurrencia de temblores en una región dada, se tiene que calcular la distribución de magnitud, el instante de ocurrencia y la localización del foco.

La República Mexicana se divide en las provincias tectónicas determinadas por Zúñiga and Guzmán (1994). A partir de esta regionalización se divide la zona de subducción en 11 regiones, propuestas por Nishenko et al., (1987). Se supone que en cada una de estas divisiones se lleva a cabo un proceso de acumulación y liberación de energía:

- Los eventos con una Mw > 7 son debidos a procesos de subducción, aquellos con Mw < 7, costeros y superficiales se asocian a fallas locales.

- Los eventos costeros de profundidad intermedia se asocian con fallamiento normal en la placa oceánica sumergida. Al ser imposible la determinación del motivo precursor del temblor solo con el conocimiento de su profundidad focal, se asume que todos aquellos con una profundidad Δh > 50 km, tienen el mismo comportamiento de fallamiento normal.

Los modelos que describan la ocurrencia sísmica en la zona de subducción mexicana son los siguientes:

Para eventos en todo el territorio mexicano con Mw menor que 7, normalmente se idealiza el proceso de ocurrencia de los temblores como una distribución de Poisson, donde los tiempos entre eventos están exponencialmente distribuidos:

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda(M)t}$$

Donde λ(M) es el valor esperado del número de temblores con magnitud mayor o igual a M, por unidad de tiempo (formula funcional según Cornell et al., 1969). En este estudio, se aplica el método bayesiano (Rosenblueth et al., 1987).

Aquellos eventos con magnitud Mw superior a 7, como ya hemos mencionado, están asociados con la subducción a lo largo de la costa pacífica mexicana y tienen un proceso de ocurrencia más bien periódico.

Como la sismicidad para el estudio de peligrosidad sísmica en México sólo se ha tenido en cuenta hasta el año 1994, el proceso de renovación para Jalisco tiene en cuenta la media de los tiempos entre eventos (mt = 46 años) y el tiempo que ha transcurrido desde el

último temblor en la zona, t0 = 61 años. Por ello no se ha tenido en cuenta el gran terremoto de Octubre de 1995 producido en un proceso de subducción en las costas de Jalisco-Colima con una magnitud Mw de 8.0.

Para conocer los niveles de peligro sísmico se requiere de un procedimiento complejo que implica contar, entre otros elementos, con información de catálogos sísmicos con magnitudes y localizaciones epicentrales confiables y un conocimiento amplio de la tectónica que caracteriza a las diferentes regiones analizadas. Asimismo, la información geológica es de gran relevancia en tanto que permitirá tener conocimientos acerca de fallas, zonas sismogénicas y, particularmente, aportará datos sobre aspectos superficiales en el caso de valles aluviales.

Como sucede en la generalidad de los casos, en el Municipio de Zapotlán el Grande. Se tiene que recurrir a procedimientos determínistico dado que no se cuenta con un catálogo sísmico local que cubra periodos suficientemente largos de registros para determinar directamente los periodos de recurrencia característicos de las diferentes zonas sismogénicas. Se tiene, para la República Mexicana, un conocimiento bastante claro de la sismicidad a partir del siglo pasado.

Sin embargo, con respecto al Siglo XIX sólo se conoce de manera general la ocurrencia de eventos con magnitudes de 7 en adelante. Debido a la falta, en esa época, de estaciones suficientes, es muy probable que en el catálogo para dicho periodo no se encuentren presentes varios eventos importantes, especialmente de magnitudes entre 6 y 7. Las localizaciones epicentrales y las profundidades correspondientes no alcanzan la precisión que se tiene actualmente.

Para siglos anteriores, la incertidumbre en cuanto a número de temblores, su punto de origen y profundidad es aún mayor. De ellos sólo se tienen referencias históricas, particularmente a partir del Siglo XVI.

El procedimiento para la estimación del peligro sísmico implica el análisis de la sismicidad local, lo que implica dividir el territorio nacional en varios volúmenes nombrados fuentes generadoras, para las cuales se supone una tasa constante de generación de temblores.

Posteriormente, se determinan los efectos que son producidos por cada una de ellas en un sitio dado, en términos de intensidad sísmica instrumental (Figura 4.1.2.4.3.1.). Para ello se desarrollan leyes de atenuación, las cuales relacionan la magnitud, la posición de la fuente con relación a un sitio dado en nuestro caso de estudio se tomo en cuenta el Municipio de Zapotlán el Grande y la intensidad producida. Dichas leyes asumen el principio de que, en la medida que aumenta la distancia a partir de la fuente, la intensidad disminuye.

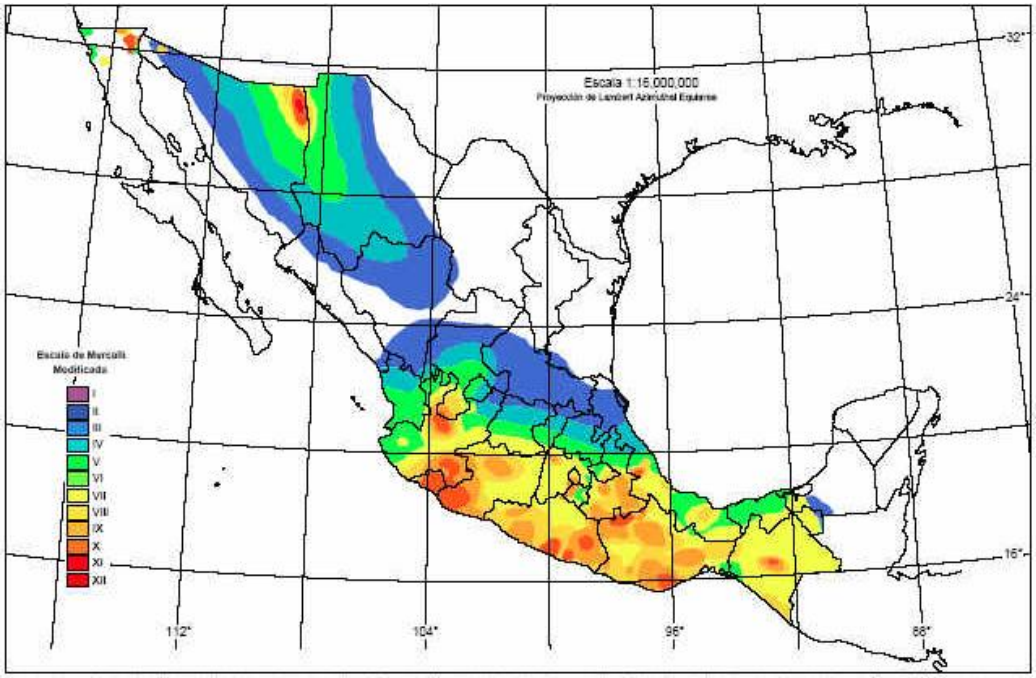


Figura 4.1.2.4.3.1. Mapa Global de Intensidades. (Fuente: http://www.seismo.ethz.ch/).

De manera formal, el peligro sísmico se describe mediante indicadores cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de movimientos de distintas intensidades durante lapsos dados (UNAM, 2003) y por medio de parámetros cualitativos, como son las intensidades sísmicas, para el área del Municipio de Zapotlán, podemos observar que se han registrado intensidades de IX a X en la escala de Mercalli (Figura 4.1.2.1.2.).

Sin embargo, dado que el fenómeno del efecto de sitio ha sido reconocido como factor determinante en los cálculos de peligro sísmico, se deben incluir, además de la información acerca de las fuentes sísmicas y los patrones de atenuación asociados a ellas, los efectos de la geología local. Por tanto, para una valoración completa se tienen que incluir parámetros derivados de una microzonificación sísmica propia.

4.1.2.4.4. Aceleraciones para Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años en el Municipio de Zapotlán el Grande.

Los mapas de peligro por sismo, son algunos de los resultados que se obtuvieron del programa Peligro Sísmico en México (PSM, 1996), que constituye un sistema de información cuantitativa sobre el peligro sísmico en la República Mexicana en cuya elaboración participaron el Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad, además del CENAPRED.

El Peligro Sísmico de México (PSM) genera los siguientes tipos de resultados:

1) Mapas de valores de la intensidad sísmica seleccionada asociados a un periodo de retorno dado.

2) Para cualquier sitio dentro de la República Mexicana, la curva intensidad vs. tasa de excedencia para el parámetro de intensidad seleccionado.

3) Para cualquier sitio dentro de la República Mexicana, el espectro de respuesta cuyas ordenadas tienen un periodo de retorno constante dado.

4) Información sobre las relaciones de atenuación utilizadas para el cálculo del peligro sísmico.

El conocer solamente las magnitudes de los temblores, nos da una idea clara del impacto que éstos producirían en una determinada región, ya que pueden presentarse a diferentes profundidades distancias de los asentamientos humanos.

Por su parte, los mapas de intensidades de Mercalli, describen de manera sencilla la distribución espacial de los efectos en el terreno y las construcciones, asociada a la ocurrencia de un evento en particular que, si bien permiten plantear un escenario a futuro, no indican cuál es la probabilidad de que ello ocurra nuevamente.

En el caso de mapas de peligro como los que aquí se presentan, y en donde se ubicará al Municipio de Zapotlán, se da a conocer la distribución de las intensidades en términos de aceleración del terreno asociada a periodos de retorno. Esta información, aunque no directamente aplicable en la población con fines de protección civil, es un elemento fundamental para especialistas en el diseño de nuevas construcciones y modificación o refuerzo de obras civiles existentes.

Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado se eligieron los mapas más representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años. En ellos se muestran aceleraciones máximas para terreno firme para un periodo de retorno dado (tiempo medio, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada).

Para que los estados y municipios cuenten con información actualizada que les permita tomar medidas apropiadas y orientar decisiones para la evaluación y mitigación del riesgo por sismo, CENAPRED realizó, con base en los mapas ya mencionados, la clasificación municipal de Peligro por sismo. Ahí se reportan los valores de aceleración máxima del terreno para cada municipio. Esto facilitará, ante la falta de un reglamento de construcción propio, definir las ordenadas de diseño para edificaciones de poca altura, típicas en nuestro país; es decir, construcciones de uno o dos niveles ubicadas en suelo firme.

Para el caso del Municipio de Zapotlán el Grande las aceleraciones máximas para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años se muestra en la Tabla 4.1.2.4.4.1.

MUNICIPIO	Amax (gal), para Tr = 10 años	Amax (gal), para Tr = 100 años	Amax (gal), para Tr = 500 años
Zapotlán el Grande, Jalisco	34	81.35	135.225

Tabla 4.1.2.4.4.1. Aceleraciones máximas para diferente periodo de Retorno en el Municipio de Zapotlán (Fuente: CENAPRED, 2004)

En caso de que un estado o municipio lleve a cabo estudios de riesgo para obras en particular, se deben solicitar mapas específicos a alguna de las instituciones participantes en la elaboración del PSM 2004, como se muestra en la Figura 4.1.2.4.4.1.(el sistema también es capaz de generar mapas para periodos estructurales fundamentales hasta de 3 s.). De esa manera se puede determinar,

Por ejemplo, si para periodos de retorno de 100 años o menos se alcanzan o superan aceleraciones del terreno de 150 gal. En ese caso, habrá que dar alta prioridad a la aplicación, actualización o creación de un reglamento de construcción para el propio estado o municipio.

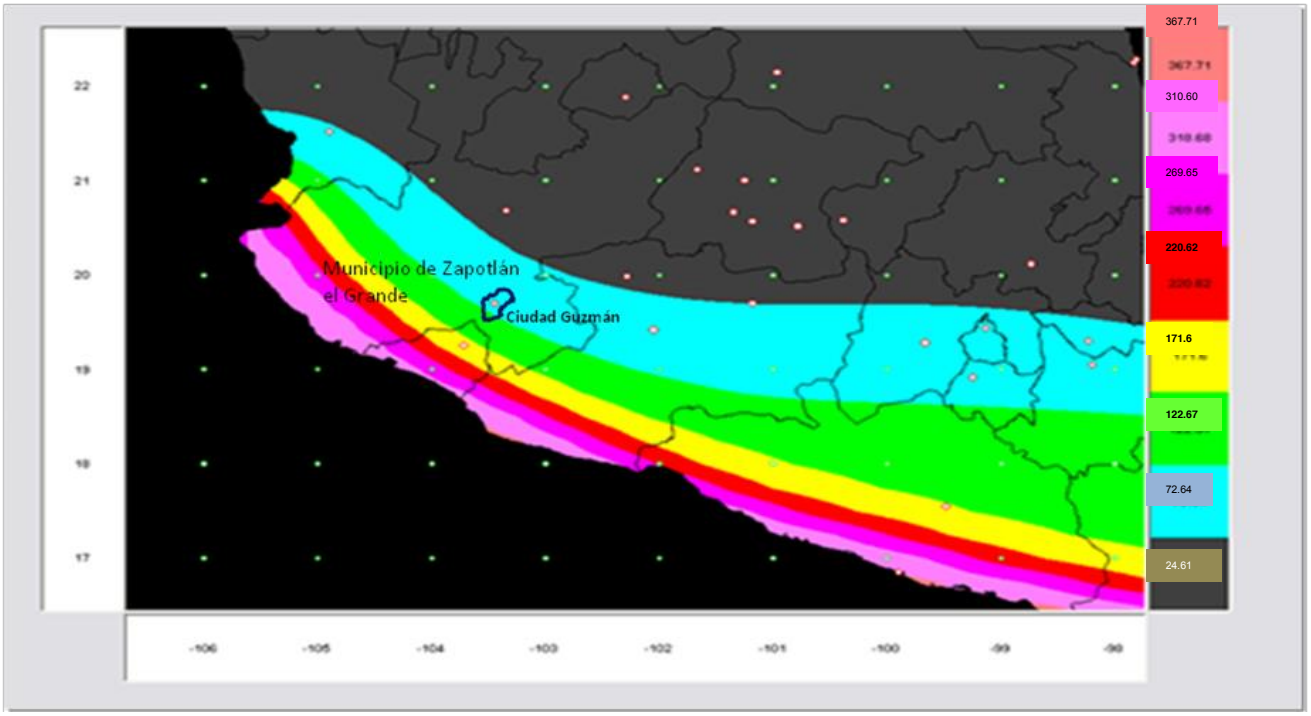


Figura 4.1.2.4.4.1. Aceleraciones máximas de México (Fuente: PSM 2004).

Es sumamente recomendable que el empleo de esta información se lleve a cabo con la asesoría o participación directa de un ingeniero civil capacitado para el diseño de obras sismorresistentes. De la (Figura 4.1.2.4.4.1.) se observa que el municipio de Zapotlán el Grande se tiene aceleraciones de 73.64 cm/seg2 hasta 122.67 cm/seg2.

La aplicación de la información derivada de estos mapas, junto con las características estructurales y estado físico de las construcciones, permitirá que especialistas emitan recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad de las obras civiles.

4.1.2.4.5. Mapa de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 15% g o mayores

Se sabe que, para los tipos constructivos que predominan en nuestro país, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de *g* (aceleración de la gravedad terrestre). Por tal razón, utilizando información reciente, la Comisión Federal de Electricidad generó el mapa actualizado de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 0.15 de *g* ó mayores, (Figura 4.1.2.4.5.1.).

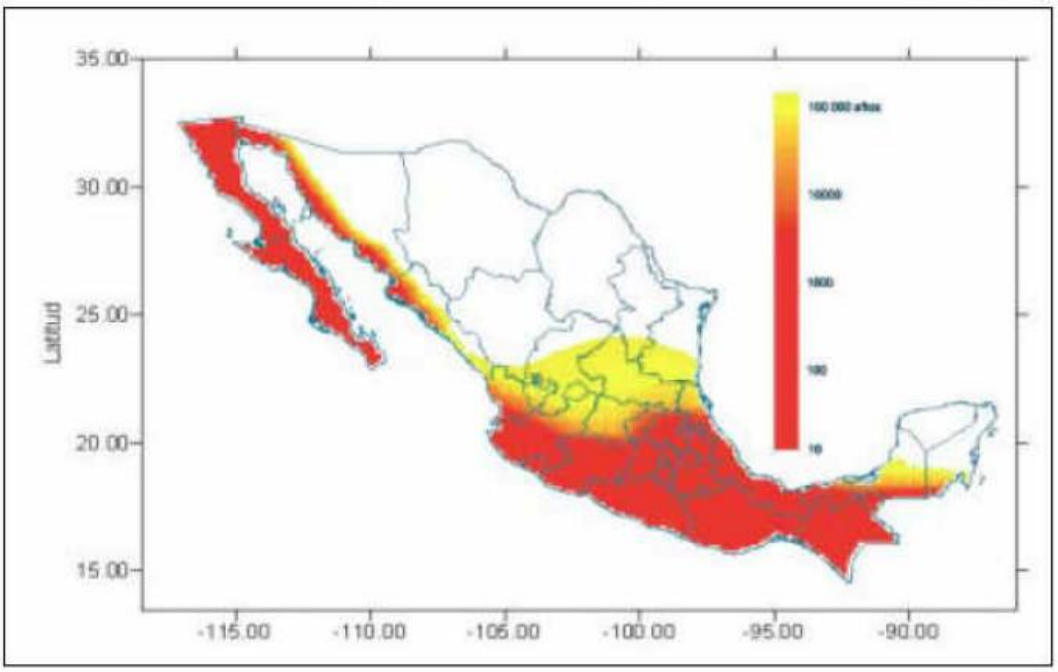


Figura 4.1.2.4.5.1. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones del 0.15 % g o mayores (Fuente: CFE, 2004). La escala del lado derecho tiene valores en años.

Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos del sismo, pueden definirse prioridades para

estudios específicos de seguridad estructural, actualización de reglamentos de construcción, etc.

4.1.2.4.6. Aceleraciones Máximas Teórica Probable

El cálculo de aceleraciones teóricas se realizó tomando en cuenta las distancias más cercanas a las trazas de las fallas de la sección de estructuras principales, en el cual se consideró las potencialmente peligrosas analizando su comportamiento sísmico histórico e instrumental. Este último de los catálogos del S.S.N., la C.F.E y SisVoc Estos criterios fortalecen la idea que en caso de una activación estas estructuras son las que representa mayor peligro sísmico.

Por otra parte la asignación de magnitudes máximas creíbles se sustenta en las dimensiones geométricas de las estructuras geológicas. Al sustituir en la función de Bufaliza (1984) y con las relaciones matemáticas propuestas por Malagón y López (2006), se obtuvieron los valores de aceleración teórica expresados como una fracción de "g". Los valores de la magnitud y aceleración teórica se muestran en la (Tabla 4.1.2.4.6.1.), para sismos de magnitud máxima y estructuras geológicas capaces de generar eventos de grandes magnitudes y próximos al Municipio de Zapotlán el Grande, donde se observa que la Trinchera Mesoamericana es la estructura geológica que genera el valor máximo de aceleración con 0.45 g, sin tomar en cuenta efecto de sitio según Bufaliza (1984) y 0.17 "g", según Malagón y López, (2006), al suponer un sismo de 8.2 grados en la escala de Richter en las costas de Jalisco y a una distancia de 90.81 tomando en cuenta efecto de material a nivel superficial, que puede considerarse valle aluvial.

Aceleraciones teóricas máximas con centro Ciudad Guzmán				
Estructura	**Magnitud**	**Distancia (km)**	**Bufaliza(g)**	**Malagón y López(g)**
Sismo 1858	6.0	55.48	0.59	0.22
Sismo 1911	7.9	25.18	0.41	0.20
Sismo 1912	6.0	82.07	0.64	0.22
Sismo 1932	8.2	90.81	0.45	0.17
Sismo 1985	8.1	253.36	0.62	0.16
Sismo 1995	7.5	79.41	0.49	0.19
Volcán de Colima	5.0	22.54	0.64	0.28

Tabla 4.1.2.4.6.1. Aceleración Teórica Máxima ante sismos a diferentes distancia epicentral.

De acuerdo a los valores obtenidos con la relación de Bufaliza (1984), son muy altos (mayores a 0.2 g) debido a que no considera los materiales del subsuelo y no toma en

cuenta efecto de sitio. La relación de Malagón y López (2006), considera el tipo de suelo, ya sea valle aluvial o roca, lo que ajusta los valores a un modelo más apegado a la realidad y efectos que se pudieran presentar en el Municipio de Zapotlán el Grande.

4.1.2.4.7. Funciones de Transformación e Índices de calidad del Peligro o Amenaza.

Las funciones que traducen los valores absolutos de una variable (indicador) a un índice de calidad se denominan Funciones de Transformación, y no siempre son lineales. En algunos casos los indicadores de calidad serán cualitativos mientras que en otros serán cuantitativos.

Si los indicadores a usar son cualitativos, se describirán claramente cuáles son los criterios usados para valorar la calidad del Peligro o Amenaza (Tabla 4.1.2.4.7.1.).Los Índices de calidad podrán ser individuales para cada indicador o compuestos, pero siempre cuidando que al calcular un índice compuesto no se pierda información importante para determinar el estado del medio ambiente; esto se puede lograr en parte mediante la identificación de banderas rojas que indiquen una calidad inaceptable de algún componente ambiental que interviene en el índice compuesto.

Se podrán proponer banderas rojas (zonas de riesgo) para algunos indicadores ambientales, es decir, valores umbral que si cruzan nos deben de alertar de la presencia de impactos significativos. Tales banderas rojas podrán indicar el incumplimiento de la normativa ambiental o riesgos importantes para la salud.

En Sismología una de las variables utilizadas fue el concepto de magnitud de un sismo, introducido para proporcionar una medida instrumental del mismo, utilizando mediciones del movimiento de la tierra tomando en consideración la distancia y la profundidad focal. El desarrollo posterior condujo al uso de muchas fases sísmicas diferentes y a esfuerzos ya sea para ¨unificar¨ los resultados obtenidos por métodos diferentes en una medida común de la energía sísmica o de utilizar diferencias entre estimados individuales para un sismo dado para construir un cuadro del carácter de la fuente. Las estadísticas de las magnitudes han venido a proporcionar la base para el estudio y la comparación de la actividad sísmica de diferentes regiones de la tierra, o para estudiar la variación de actividad con el tiempo en una región dada.

La energía liberada en el foco del terremoto se define en función de la amplitud máxima de la onda sísmica, cuya ecuación está dada de la siguiente forma:

Mrichter = ML = log A – log Ao; log Ao = 6.37-3log A

La Tabla 4.1.2.4.7.1. Muestra la relación de la magnitud con sus índices de calidad.

Ic	Descripción	Calidad
1	Generalmente no se siente, pero es registrado (< 3.5)	Calidad optima
2	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores (Magnitud 3.5-5.4)	Buena Calidad
3	Ocasiona daños ligeros (Magnitud 5.5-6.0).	Calidad Moderada
4	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente (Magnitud 6.1-6.9).	Baja Calidad
5	Fuerte Terremoto. Causa graves daños (Magnitud 7.0-7.9)	Muy Baja Calidad
6	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas al epicentro (Magnitud 8 o mayor).	Degradación Total

Tabla 4.1.2.4.7.1. Relación de los Índices de Calidad para Peligro sísmico (Fuente: Malagón, 2009)

Con el fin de determinar el peligro sísmico de las estructuras que pudieran representar mayor riesgo para el Municipio de Zapotlán el Grande es necesario realizar la estimación de la aceleración teórica máxima creíble debido al movimiento de una estructura geológica.

Para realizar la estimación de la aceleración teórica máxima que los sismos históricos pudieron originar en el Municipio de Zapotlán, se utilizó la relación de Bufaliza (1984) quien propuso las leyes de atenuación basadas exclusivamente en temblores mexicanos. La relación utilizada se basa, en la dependencia de la magnitud y la distancia epicentral cuya ecuación se da en la siguiente relación matemática.

$$\log a = 0.349 + 0.307\, M - 0.211 \log R - 0.0027\, R$$

Donde: a = Aceleración Teórica Máxima
M = Magnitud del sismo
R = Distancia epicentral del sismo al sitio de estudio

El índice de la calidad del peligro o amenaza y su relación con la aceleración teórica máxima se muestra en la (Tabla 4.1.2.4.7.2.)

Ica	Distancia (km)	Magnitud (ms)	Aceleración (g)
1	100	4.5 – 4.9	0.01 – 0.015
2	90	5.0 – 5.5	0.02 – 0.03
3	80	5.0 – 5.9	0.03 – 0.04
4	60	6.0 – 6.5	0.05 – 0.07
5	40	6.6 – 6.9	0.09 – 0.11
6	20	7.0 - 7.5	0.15 – 0.21 (o mayor)

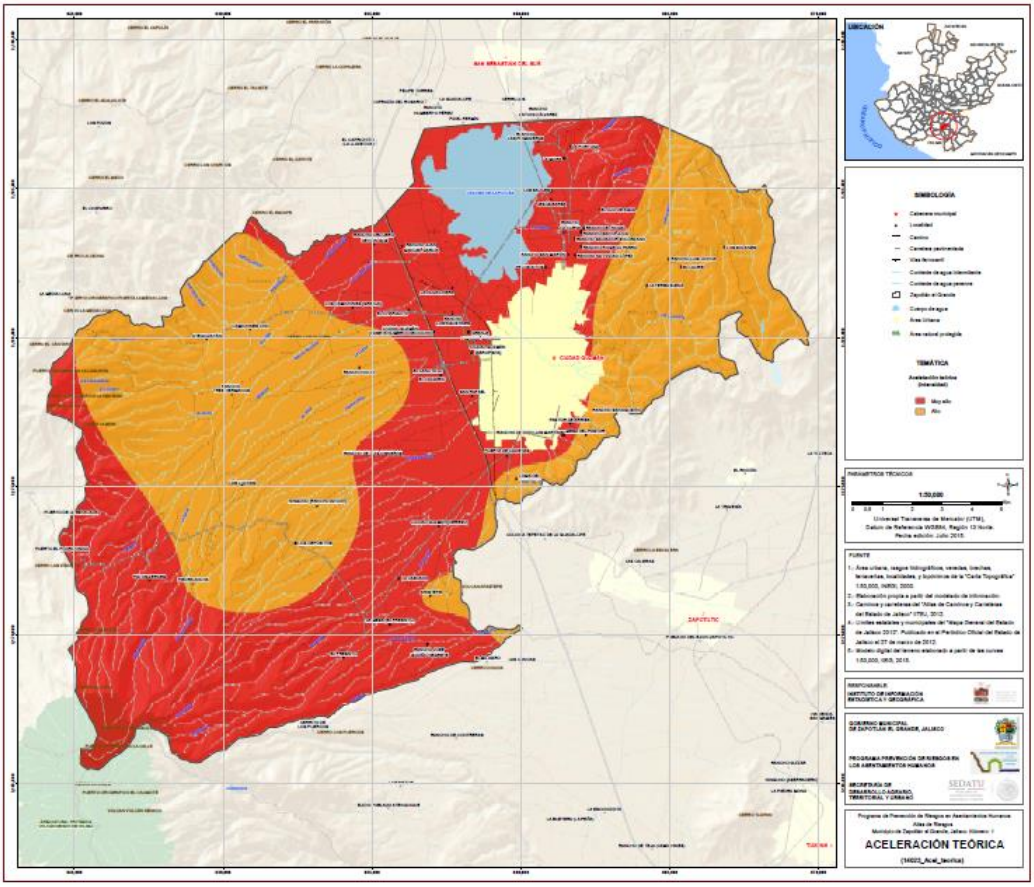
Tabla 4.1.2.4.7.2. Relación de la aceleración teórica máxima con los índices de calidad de peligro (Malagón, 2009)

El índice de calidad para la aceleración teórica máxima se manejara solamente como de mala calidad si el valor sobrepasa de 0.2 g. El resto de valores obtenidos para diferentes distancias y magnitudes se puede considerar aceptable.

Para referencia, los sismos de campo lejano como el evento de 1932 (M = 8.2°), ocurrido en las costas de Jalisco a 90.81 Km de Ciudad Guzmán, generarían aceleraciones en el sitio de 0.14 g en roca y de 0.17 g en valle aluvial a nivel superficial, que de cierta manera pudieran ser aceleraciones de peligro dado que se encuentran cerca de 0.2 g, y estaría influenciado por la amplificación de la onda sísmica debido a las condiciones del subsuelo.

4.1.2.4.8. Aceleración teórica máxima para el Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco.

Se construyó un plano de aceleraciones teóricas máximas para el Municipio de Zapotlán, tomando en cuenta un sismo de magnitud 8.2 grados en la escala de Richter ubicado al sur de Jalisco distancia epicentral a Ciudad Guzmán es de 90.81 km que es la cabecera Municipal de Zapotlán el Grande. Las aceleraciones obtenidas oscilan entre 0.18 g y 0.17 g tomando como referencia un Valle Aluvial, que puede alcanzar valores hasta de 0.1813 g, que es considerada como la zona de mayor aceleración teórica máxima para el Municipio. En el (Mapa 4.1.2.4.8.1.). Se muestra el plano de aceleraciones obtenidas, considerando peligro Muy Alto para Ciudad Guzmán (Mapa 4.1.2.4.8.1.).



Mapa 4.1.2.4.8.1.Valores de aceleración máximas teóricas, obtenidas para el Municipio de Zapotlán el Grande (IIEG, 2015).

4.1.2.4.9. Implicaciones de la actividad sísmica y la aceleración del terreno

Después de haber realizado el análisis regional y local de la sismicidad en el Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco y observado el comportamiento de la sismicidad a través de diversos catálogos e información sísmica de la región se está preparado para plantear ciertas hipótesis del comportamiento sísmico de la zona en estudio.

La sismicidad que se puede dar en la zona de estudio, está asociada con el movimiento de placas en el pacífico, 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. La amenaza recae sobre todas las poblaciones incluidas en la cuenca, pero se esperan mayoreo daños en las áreas que se encuentran en las partes bajas de la cuenca (5,042.5 has), las cuales corresponden a las zonas con mayor densidad poblacional.

La amenaza es mayor en zonas que se establecieron sobre las 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, Los Doctores, Esquípulas, Los Pintores, Valle Zapotlán, Alamo, Fcto, Zapotlán, Insurgentes, San José, La Palma, Valle del Sol, Jardines del Sol, Villas del Nevado, Provipo, El Triangulo, 16 de septiembre, Santa Rosa, CTM, Revolución, CNOP, Ejidal, El Tinaco, Unión de Colonos, José Zaragoza, Villa Olímpica, Central de Abastos.

Se ha venido observando que la actividad sísmica a todo lo largo de la trinchera Mesoamericana está clara, y el alto nivel sísmico de actividad a nivel continental. Es cierto que la magnitud de estos eventos es menor que los sismos de límite de placa en la zona de subducción y en ocasiones imperceptible para los habitantes de la zona, pero el análisis de la sismicidad de los monitoreos locales demuestra que hay estructuras tectónicas activas que hasta ahora eran desconocidas. Es labor a futuro el llegar a su pleno conocimiento ya que hasta ahora no ha sido posible profundizar en este aspecto por falta de datos. Todo ello permitirá incluir muy posiblemente esta región, de una forma específica, en futuras evaluaciones de peligrosidad sísmica de México.

Del análisis de la sismicidad hacia el sur del estado de Jalisco, y a lo largo de la costa, se puede observar la franja de actividad sísmica.

Después del estudio de la microsismicidad del área de Zapotlán el Grande, se han obtenido unos resultados y propuesto ciertas conclusiones que necesitan de un estudio más detallado y en profundidad, como se ha venido manifestando, reconociendo el gran potencial de estudio que tiene la zona, a nivel regional y local en el Municipio.

Como se ha visto la zona norte del Graben de Colima existe bajo nivel de sismicidad en la parte norte, siendo los sismos a distancia los que afectan al Municipio, por lo que es necesario la instalación de una red sísmica temporal por un período mínimo de dos años para identificar las estructuras tectónicas locales sísmicamente activas.

El sismo de mayor magnitud registrado instrumentalmente en la zona, ocurrió en la frontera entre la Placa Tectónica de Rivera y el Bloque Jalisco en 1932, con magnitud de 8.2º. y que afectó grandemente a Ciudad Guzmán.

La alta actividad sísmica en la costa puede activar estructuras geológicas (Fallas) a nivel continental, especialmente en el Municipio de Zapotlán.

La aceleración máxima teórica obtenida para el municipio es alta y oscila entre 0.14 a 0.17 g es alta y cercana a presentarse una aceleración de 0.2 g, dependiendo del tipo de evento que se registre puede ser de peligro Alto para la zona urbana.

4.1.2.5 Licuefacción de suelos

La licuación (o licuefacción) de suelos, ocurre cuando un material no consolidado (generalmente arenas) pierde su resistencia al esfuerzo cortante a causa de una vibración intensa y rápida (sismos), que rompe su estructura granular al reducir su presión inter-granular. Al iniciarse la vibración, por efecto de un sismo, el material se expande y las partículas sólidas adoptan un estado muy suelto (por perdida del soporte mutuo entre los granos); cuando el movimiento cesa, el material tiende a compactarse bruscamente, produciendo las presiones intersticiales que causan la licuación.

Durante los terremotos el movimiento del terreno puede causar una pérdida de la firmeza o rigidez del suelo que da como resultados el desplome de edificaciones, deslizamientos de tierra, daños en las tuberías, entre otros. El proceso que conduce a esta pérdida de firmeza o rigidez es conocido como *licuación del suelo.* Este fenómeno está principalmente, más no exclusivamente, asociado con suelos saturados poco cohesivos. El término licuación, incluye entonces todos los fenómenos donde se dan excesivas deformaciones o movimientos como resultado de transitorias o repetidas perturbaciones de suelos saturados poco cohesivos.

Según Fernández y Crumley, 2007, el suelo completamente saturado, con arenas sin cohesión, generalmente limpias, que pueden incluir algo de gravas puede ser licuefactado durante la sacudida sísmica. El incremento de la presión de poro provocado por la licuación, puede generar chorros de agua y aire mezclados con sedimentos finos, que cuando son expulsados sobre la superficie del terreno, forman volcanes de arena y agua.

Éstas, manifestaciones, notoriamente visibles en la superficie del terreno, pueden constituir indicadores de áreas susceptibles a la licuefacción. Los materiales más vulnerables a la licuefacción son: Las arenas limpias, no consolidadas y saturadas y los ambientes sedimentarios más favorables para la génesis de licuefacciones son: playas, barras arenosas y sistemas fluviales, ambientes lacustres y fluviolacustres.

En primer lugar es muy importante saber que los únicos materiales térreos que presentan el fenómeno de licuación son los suelos granulares que tengan una distribución de partículas uniforme y con cierta cantidad o contenido de materiales finos como limos o arcillas. Es decir: gravas y arenas bien graduadas, arenas finas y arenas limosas.

Entre las condiciones necesarias que se deben reunir para que los suelos granulares experimenten el fenómeno de licuación se encuentran: la distribución granulométrica de sus partículas, la baja densidad de los materiales, su ubicación bajo el nivel freático (suelos saturados) y, principalmente, estar sometidos a la acción de fuerzas dinámicas como las que generan los sismos.

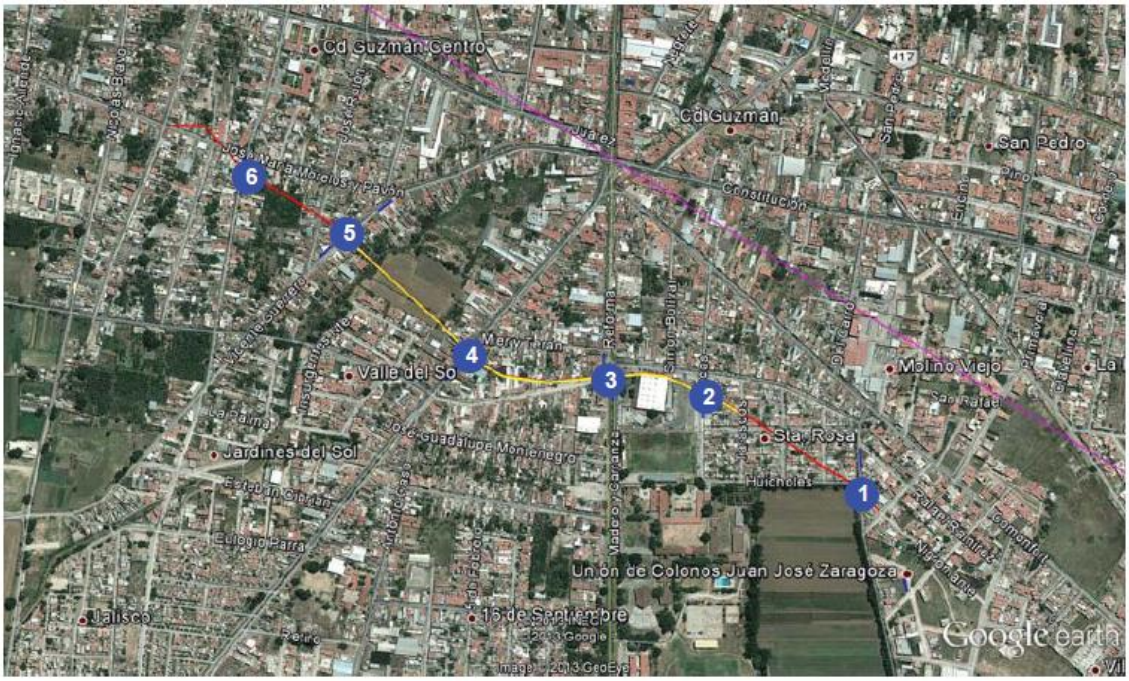
Un suelo arenoso totalmente saturado se licua cuando la resistencia al esfuerzo cortante entre sus partículas disminuye a tal grado que la mezcla agua-suelo se comporta como un semilíquido o líquido.

Tal fenómeno está condicionado por la generación de presión en el agua, también reconocida como presión de poro, dentro de la masa del suelo, lo que determina la reducción de los esfuerzos efectivos; y con ello, la disminución y pérdida temporal de su resistencia al esfuerzo cortante. Los aumentos de presión en el agua, que inducen el fenómeno de licuación, son provocados por la acción de los movimientos sísmicos. Una característica muy importante que indica la ocurrencia de licuación de suelos es la expulsión de una mezcla agua-suelo a través de pequeños volcancitos o grietas que se forman en la superficie del terreno.

El fenómeno de licuación de suelos tiene un potencial destructivo muy alto. En México, así como en otros países, el fenómeno de licuación de suelos ha causado daños muy severos en obras de ingeniería, infraestructura y vivienda; tales son los casos reportados durante los sismos de Michoacán, 1985, Manzanillo, 1995 por mencionar algunos casos.

4.1.2.5.1. Tectónica y estratigrafía del suelo de Ciudad Guzmán

De acuerdo a sondeos geotécnicos realizados por Lazcano en enero del 2013, a lo largo de la zona de falla (Figura 4.1.2.5.1.1.), el suelo está constituido de los 5 m superficiales principalmente por depósitos de suelo de origen lacustre por limos arenosos y arenas limosas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



Mapa 4.1.2.5.1.1. Localización de Sondeos Geotécnicos (Fuente: Lazcano, 2013).

De acuerdo al resultado obtenido con los sondeos dinámicos sus rigideces son muy blandas dentro de los 4 a 10 m superficiales y posteriormente hay rigideces medias a altas. No se encontró agua dentro de los 4 m superficiales pero si contenidos de humedad altos, posiblemente producto de fugas de líquido por rupturas de tuberías.

En los sondeos geotécnicos no se encontró oquedad alguna, ni se infieren tampoco oquedad en ninguna de las doce líneas geofísicas.

De acuerdo a los estudios Geotécnicos (Lazcano, 2013) y Geofísicos (Guzmán, 2013) realizados en Ciudad Guzmán, se encontró que a consecuencia del escalonamiento en la zona de roca hay espesores diferentes de depósitos de suelo, más profundos hacia el valle. Al consolidarse el suelo, los asentamientos son mayores en la zona oeste (Figura 4.1.2.5.1),y eso origina tensiones en la superficie que a s como su vez se están manifestando como escalonamiento (Lazcano, 2013).

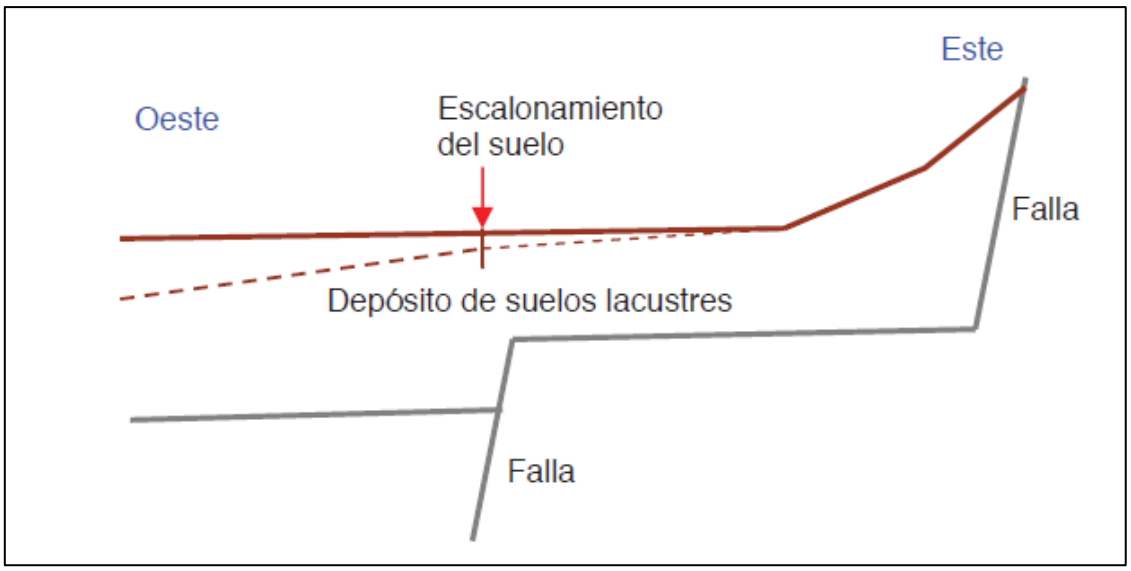


Figura 4.1.2.5.1. Corte esquemático del subsuelo en Ciudad Guzmán, Jal. Y posible explicación del escalonamiento del terreno superficial. (Fuente: Lazcano, 2013).

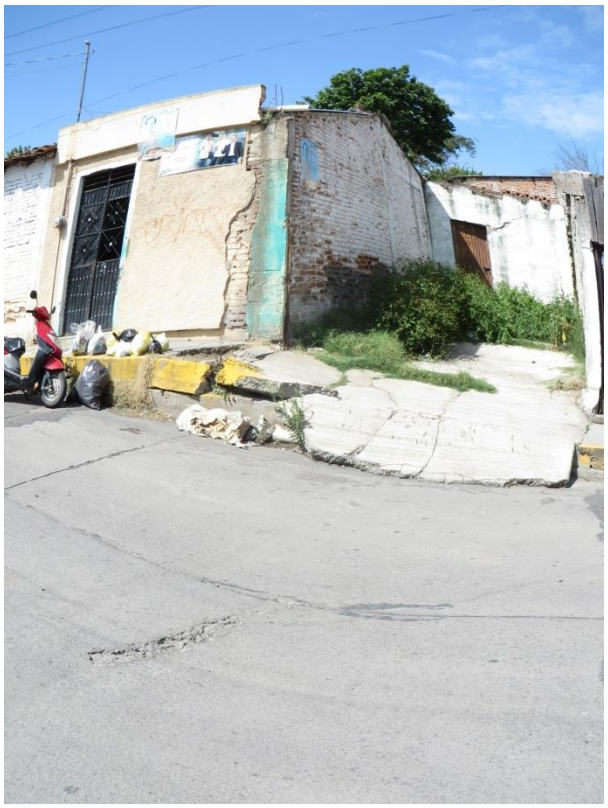
El escalonamiento en roca posiblemente puede deberse a una falla geológica. De hecho el valle de Ciudad Guzmán (Zapotlán) es una fosa tectónica o graben alargado en dirección NNE. Un graben es una estructura geológica delimitada por un par de fallas o sistemas de fallas normales, que por esfuerzos de tensión en la corteza se produce hundimiento de un bloque rocoso. En el (Mapa 4.1.2.5.1.2). Se muestra una fotografía de satélite en donde se observa el valle de Ciudad Guzmán (Zapotlán), los trazos de las fallas que lo limitan y el trazo del escalonamiento que está ocurriendo en el terreno. Los trazos de las fallas geológicas y del escalonamiento del terreno son aproximadamente paralelos.



Mapa 4.1.2.5.1.2. Fosa tectónica o graben delimitada por dos sistemas de fallas paralelas (Líneas color fucsia) (Fuente: Lazcano, 2013).

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 hasta un metro mientras que en 2012 no de 1985 alcanzaron los 10 cm. Posiblemente el escalonamiento de 1985 estuvo asociado al fenómeno de licuefacción del suelo y a eso se debió su amplificación de la onda sísmica.

En 1985 investigadores recorrieron varios puntos de la ciudad y en particular, en la calle Vicente Guerrero, se encontraron en ese tiempo, el escalonamiento que ahí se presento fue cercano a 80 cm. Pero en la actualidad es evidente que ha seguido hundiéndose la zona oeste más que la este. En el 2015 el Instituto de Información Geográfica (IIG), realizó un recorrido por la zona, ratificando la teoría de Lazcano, 2013, encontrando desplazamientos hasta de 1 m o mayores en el 2015 (Fotografía 4.1.2.5.1.1.). Así el proceso de consolidación sigue su marcha.



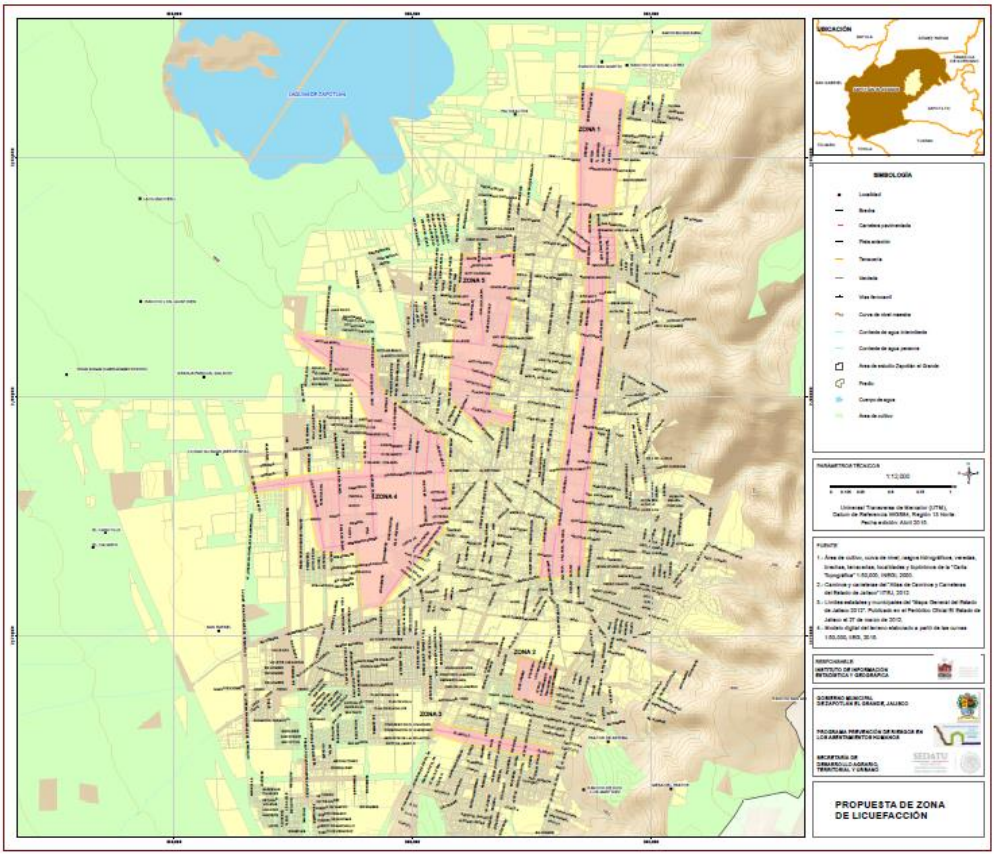
Fotografía 4.1.2.5.1.1. Desplazamiento aprox. de 1 m, en la Calle Vicente Guerrero (Fuente: IIEG, 2015).

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

4.1.2.5.2 Zonas susceptibles a Licuefacción de suelos en el Municipio

En la zona urbana de Ciudad Guzmán el peligro de presencia de 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, como el caso de algunas zonas en el área urbana. También debido a las condiciones inestables de este suelo, es posible que durante un fenómeno sísmico, combinado con una saturación de agua, el suelo se ablande, presentando el 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. En el Mapa 4.1.2.5.2.1., se muestra el mapa de zonas susceptible

a que se presente el fenómeno de licuefacción, debido a la presencia de ruptura de tuberías hecho que indica infiltración de fluidos, mezclándose con el material arcillo-arenoso de la zona y con la posibilidad latente de la presencia de un sismo de gran magnitud (Mw> 6.0), cuestión que hace que la zona sea potencialmente sísmica.



Mapa 4.1.2.5.2.1. Zonas potencialmente susceptibles a Licuefacción de suelos en Ciudad Guzmán (Fuente IIEG, 2015).

Por las condiciones del subsuelo en Ciudad Guzmán y la presencia de una zona altamente sísmica la hace área de Alto Peligro para que se presente el fenómeno de Licuefacción.

4.1.3. Tsunamis o maremotos (NO APLICA)

La palabra *tsunami,* de origen japonés, se usa internacionalmente para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto. Es una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto; a las costas pueden

arribar con gran altura y provocar efectos destructivos: pérdida de vidas y daños materiales. La gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino (CENAPRED, 2005).

En la gran mayoría de los casos, el movimiento inicial que provoca la generación de los tsunamis es una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano (Figura 4.1.3.1), ocasionada por un sismo. En el transcurso del siglo veinte, éste ha sido el origen de aproximadamente el 94% de los 450 tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico. Otros agentes causales menos frecuentes han sido: erupciones de volcanes sumergidos, impacto de meteoritos, deslizamientos submarinos y explosiones nucleares (Ferraras et al., 2005).

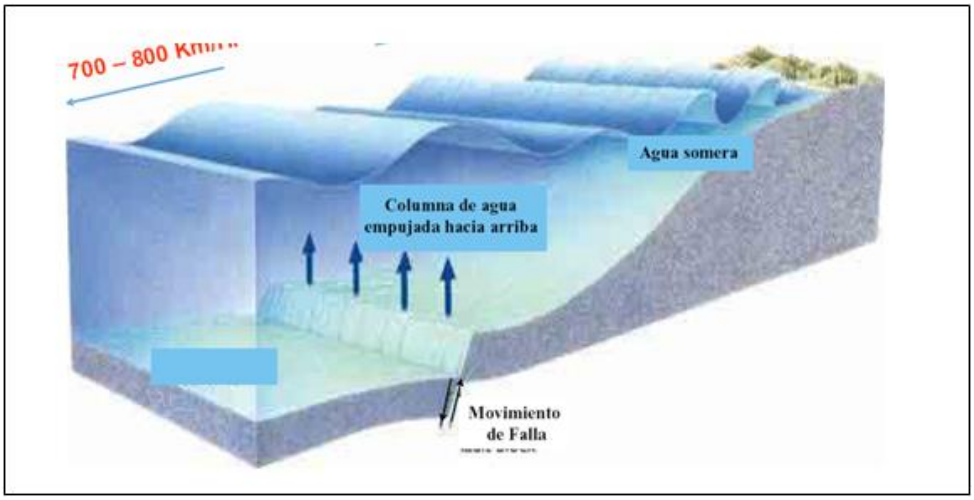


Figura 4.1.3.1. Esquema de generación y propagación de un tsunami (Fuente: Ferraras *et al.*, 2005).

Para que un sismo genere un tsunami, es necesario que: a) el hipocentro (punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla) del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial); b) ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas; es decir, que la falla tenga movimiento vertical: que no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral, y c) en cierto lapso de tiempo el sismo libere suficiente energía, y que ésta se transmita eficientemente (CENAPRED, 2005).

Los tsunamis se clasifican en locales, cuando el sitio de arribo se encuentra dentro o muy cercano a la zona de generación, regionales, cuando el litoral invadido está a no más de 1000 km, y lejanos, cuando se originan a más de 1000 km. (CENAPRED,2001a) identifica las zonas que, con periodos de retorno muy variables, pueden estar sujetas a la influencia

de olas de gran tamaño (Figura 4.1.3.2.), ya sea como zonas generadoras de tsunamis locales (franja color rojo) y/o como receptora de tsunamis lejanos (franja color azul).

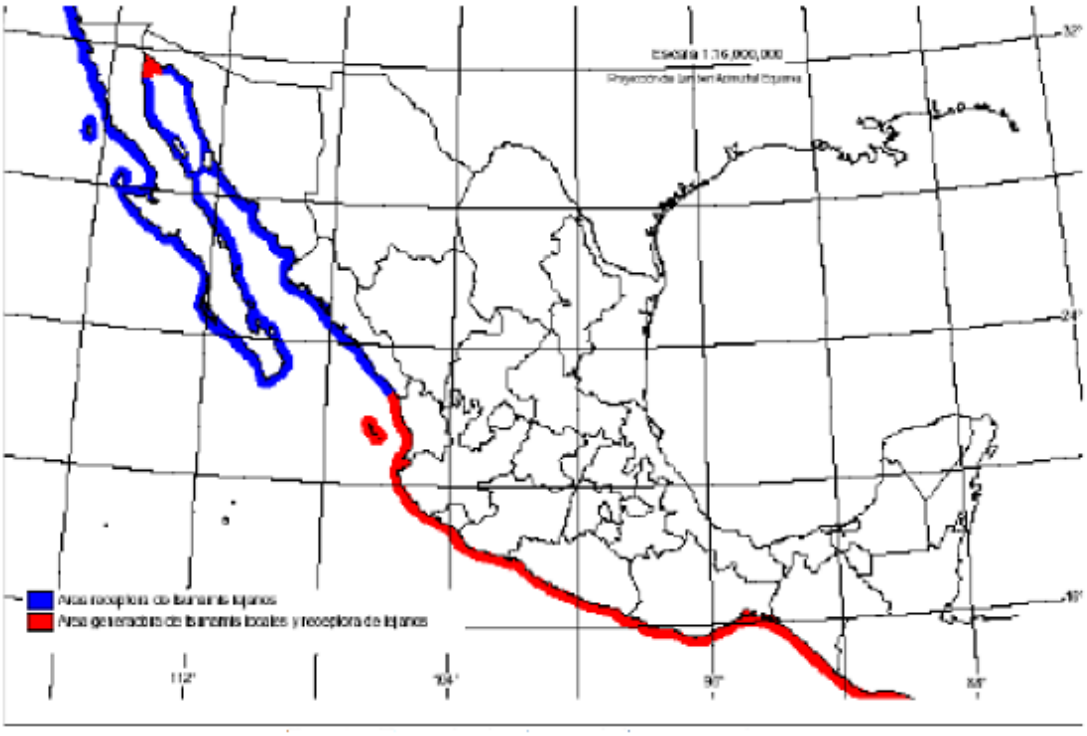


Figura 4.1.3.2. Zonas costeras susceptibles de afectación por tsunamis (Fuente: CENAPRED, 2005).

La penetración de las olas sobre el continente, depende básicamente de la topografía en el área inmediata a la línea de costa. Las olas asociadas a maremotos pueden incluso penetrar a lo largo de ríos y arroyos (CENAPRED, 2005).

4.1.3.1. Zonificación de peligro por tsunamis

De acuerdo con CENAPRED (2005), la altura máxima esperada para olas que impacten la franja inmediata a la línea de costa en la zona receptora de tsunamis lejanos es de 3 m. Para las zonas generadoras de tsunamis locales, la altura máxima reportada varía entre 7 y 11 m. Por tal razón y a falta de mapas de peligro por tsunami, se establece una cota de 10 m como la altura del peor escenario esperado y se combina con una distancia de 1 km de la costa para definir el área expuesta.

Los tsunamis originados por la ocurrencia de un terremoto cerca o en el fondo del océano son los más comunes y cuando las olas arriban a las costas con gran altura, pueden provocar efectos destructivos como pérdida de vidas y daños materiales. En México la

gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino, afectando particularmente a las zonas costeras (Ferreras et al., 2005).

Por su posición geográfica la zona del **Municipio de Zapotlán no es afectada por este tipo de fenómeno**. La zona de estudio se encuentra aproximadamente a 140 km de las costas, sitio en donde se generarían Tsunamis. Tomando como referencia el sismo del 09 de Octubre de 1995, en donde se generó un sismo de 7.5 grados. Dentro de la zona de estudio, no existen cuerpos de agua de tamaño considerable que sean capaces de generar un Tsunami; la laguna de Zapotlán se ubica al norte del Municipio aproximadamente de 5 a 10 Km de Ciudad Guzmán principal centro urbano. Finalmente se concluye que este tipo de fenómenos **no incide sobre el municipio ni se generan riesgos por Tsunamis sobre el mismo.**

4.1.4. Vulcanismo

Un evento volcánico (nacimiento, destrucción de un edificio volcánico o reactivación de uno preexistente) puede generar la destrucción del área inmediata o la destrucción y / o afectación de un área adyacente (puede ser a veces de cientos de kilómetros) y esta es consecuencia directa del volumen y material volcánico que emitan (cenizas, flujos piroclásticos, lahares, flujos de lava y productos derivados de erupciones freáticas).

México se localiza en una de las principales zonas volcánicas activas del mundo y se ha manifestado con mayor intensidad en la provincia fisiográfica conocida como "Eje Volcánico Transmexicano". Geográficamente, el municipio de Zapotlán el grande y su cabecera municipal (Ciudad Guzmán), al igual que la mayor parte del estado de Jalisco, se encuentra dentro del Eje Volcánico Transmexicano, más específicamente dentro del denominado graben de Colima, el cual se caracteriza por la presencia del complejo volcánico Colima, desde tiempos históricos se ha generado una actividad cíclica de tipo explosivo con emisiones de flujos piroclásticos y grandes cantidades de ceniza y que puede representar un peligro para las poblaciones entorno al volcán.

El Volcán de Colima o Fuego de Colima (19°30'45"; 103°37') tiene una elevación sobre el nivel del mar de 3,860 m. Está ubicado a unos 100 km al sur de Guadalajara y a 30 km al norte de Colima. Forma parte de una cadena volcánica con orientación N-S, constituida por los volcanes Cántaro, Nevado de Colima y Volcán de Colima. Tiene un volumen aproximado de 10 km3 y ha crecido a razón de 0.002 km3/año (Luhr y Carmichael, 1990). Durante los últimos 430 años, ha presentado alrededor de 50 erupciones que lo colocan como el más activo de Norteamérica (De la Cruz, 1993). Como consecuencia de su actividad, cuenta con el registro histórico más completo de los volcanes mexicanos. (Figura 4.1.4.1.).

El magmatismo de esta zona se asocia a una migración N-S, acompañada de eventos volcánicos explosivas (Maciel, 1994), lo cual explica que los aparatos volcánicos presenten esta orientación. En este sentido, la zona en estudio contiene aparatos volcánicos activos o recientes y la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico existe en forma latente, debido a que es una zona con características geológicas propicias para que en ella, en un tiempo geológicamente corto, suceda un evento volcánico. Los aparatos volcánicos encontrados dentro de la cuenca de la Laguna de Zapotlán, son de dos tipos: 1) monogenético y 2) poligenético.

1) Los volcanes monogenéticos presentes en la cuenca se formaron en épocas geológicas recientes. Se distinguen de los poligenéticos, debido a que surgen en un solo periodo eruptivo y su vida activa es muy corta, por lo que no sobrepasan a los 300 metros. Estos volcanes, se desarrollaron en las inmediaciones de la cuenca y son los siguientes: Los Guajes, El Zapote, El Escape, Los Núñez, La Calera, El Pino, Las Tubias, Apastepec.

2) Los aparatos volcánicos poligenéticos (estrato volcanes), son de larga vida activa y tienen varios periodos eruptivos, por lo que algunas veces alcanzan gran altura, como ejemplo de ello se tiene que el volcán Colima presenta una altura de 3.800 msnm. Este tipo de volcanes se desarrollaron principalmente en el lado SW de la cuenca, y son los siguientes: Volcán Nevado de Colima, Volcán de Colima, El Cántaro, el actual Volcán de Colima. Los dos últimos se desarrollaron durante el Cuaternario Superior, por lo que se consideran entre los más recientes. Durante los caminamientos realizados, se observó que la cuenca está cubierta casi totalmente por nuevas capas de tefras emitidas por los volcanes del Cántaro, Nevado de Colima y el extinto Volcán Colima. Además, prácticamente en todo el parteaguas oriental de la cuenca (sitio donde se ubica Ciudad Guzmán), se encontró que aflora toba fina color café claro, que se asocia a la erupción del volcán Nevado de Colima.

Este tipo de volcanes se desarrollaron principalmente en el lado SW de la cuenca, y son los siguientes: Volcán Nevado de Colima, Volcán de Colima, El Cántaro, el actual Volcán de Colima. Los dos últimos se desarrollaron durante el Cuaternario Superior, por lo que se consideran entre los más recientes. Durante los caminamientos realizados, se observó que la cuenca está cubierta casi totalmente por nuevas capas de cenizas emitidas por los volcanes del Cántaro, Nevado de Colima y el extinto Volcán Colima. Además, prácticamente en todo el parteaguas oriental de la cuenca (sitio donde se ubica Ciudad Guzmán), se encontró que aflora toba fina color café claro, que se considera la erupción del volcán Nevado de Colima.

Geográficamente, Ciudad Guzmán (al igual que la mayor parte del estado de Jalisco), se encuentra dentro del Eje Neovolcánico, más específicamente dentro del denominado graben de Colima, el cual se caracteriza por la presencia del complejo volcánico Colima. De los volcanes identificados, el Colima podría representar alguna amenaza para Ciudad

Guzmán e incluso para toda la cuenca Laguna de Zapotlán, debido a que se considera como uno de los más activos de México, por presentar desde tiempos inmemorables una actividad continua (50 erupciones registradas).

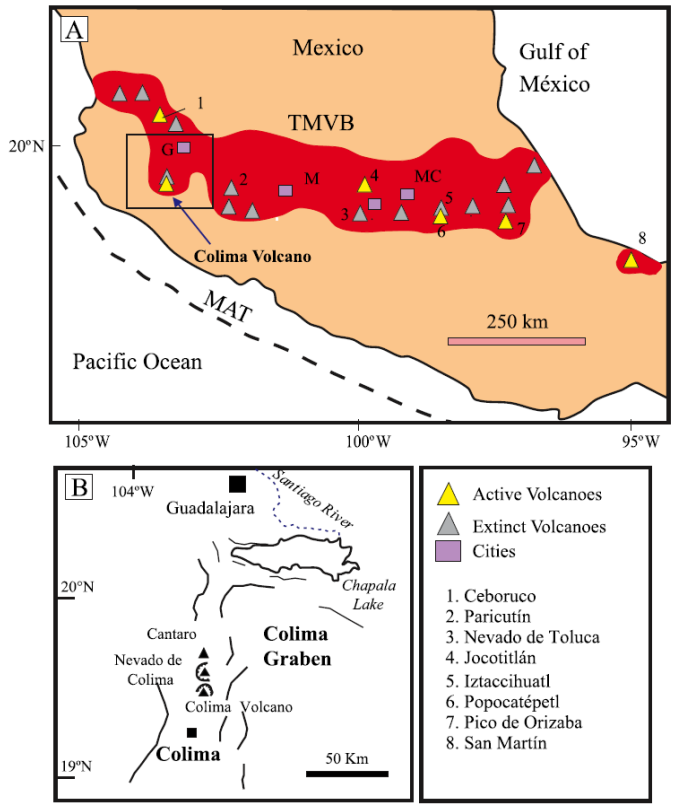


Figura 4.1.4.1. Localización del Eje Volcánico Transmexicano (superior) y Volcán de Colima (inferior) (Fuente: Saucedo, *et al*., 2004).

La idea fundamental es determinar el peligro del **Volcán de Colima,** el cual identifique de una manera precisa las áreas urbanas y rurales amenazadas por los diferentes productos arrojados en la actividad del volcán, en el Municipio de Zapotlán el Grande y su cabecera municipal (Ciudad Guzmán).

Para tener la oportunidad de evaluar el peligro que representa el Volcán de Colima (o Volcán de Fuego), el más activo de México y el más cercano al Municipio de Zapotlán el Grande se debe conocer su comportamiento en el pasado. Si no tenemos información al respecto, no sabremos qué tipo de erupción debemos esperar, hasta dónde pueden llegar sus emanaciones y qué daños pueden causar.

El Volcán de Colima ha tenido distintas actividades, desde las más moderadas, como coladas de lava, cuyos alcances son muy reducidos y no representan un peligro para las poblaciones aledañas, hasta erupciones muy grandes, principalmente plinianas (el volcán

emite lava muy viscosa y la explosión es violenta. Se caracteriza por su excepcional fuerza, continua erupción de gas y la expulsión de grandes cantidad de ceniza), que generan columnas de 20 ó más kilómetros de altura.

4.1.4.1. Vulcanismo activo de México

La mayor parte del Vulcanismo activo en México se encuentra ubicado en la porción central del territorio, en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) (Figura 4.1.4.1.1.). EL CVTM atraviesa el país a la altura del paralelo 19 grados N, desde las Costas del Pacífico hasta el Golfo de México y es el producto de la subducción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera por debajo de la placa continental de Norte América. El CVTM está conformado por estratovolcanes, calderas, escudos, campos de vulcanismo monogenético, entre otros. Cerca del 50 % de la Población Mexicana vive cerca o en los flancos de un volcán (Macias, 2005).

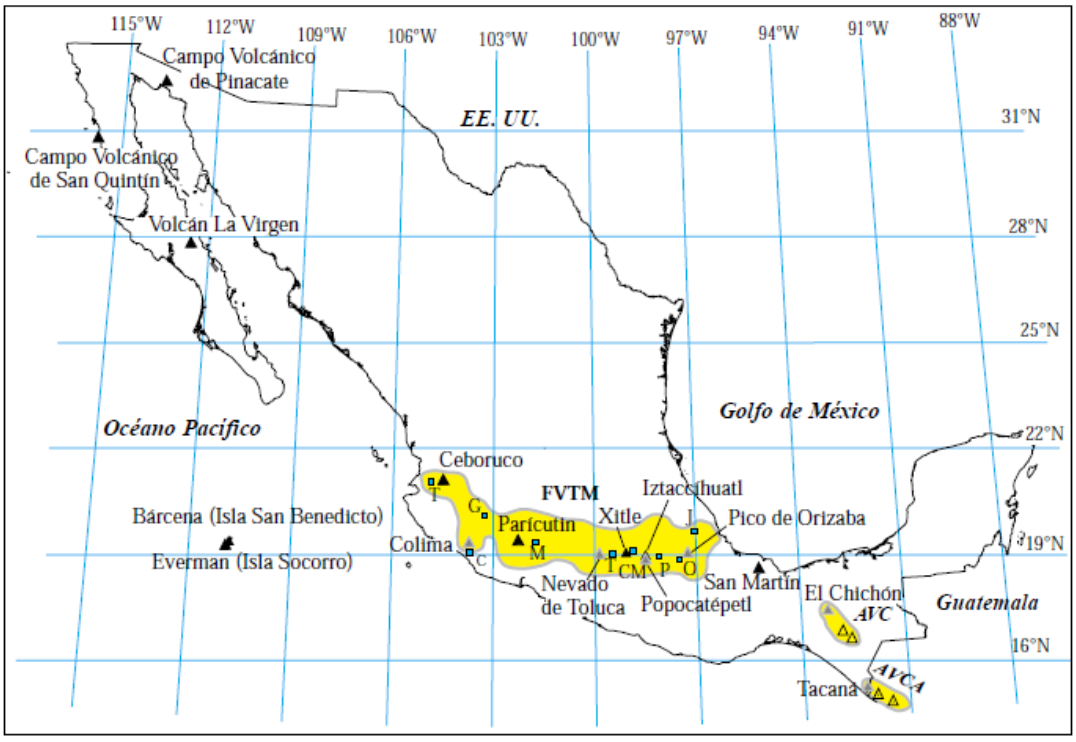


Figura 4.1.4.1.1. Localización de los principales volcanes de México (Fuente: Macías, 2005).

Sin embargo, los volcanes que representan un peligro real para la población son los volcanes poligenéticos que hacen erupciones en repetidas ocasiones durante miles e incluso millones de años y que cuentan con una cámara magmática a profundidad.

Un Volcán activo es aquel que presenta algún tipo de actividad interna (como sismos y explosiones) o superficial (como fumarolas y manantiales termales). Todas estas

manifestaciones se deben a la ocurrencia de magma por debajo del volcán. Las principales estructuras volcánicas en el Occidente y las más próximas al Municipio de Zapotlán el Grande, se muestran en la Figura 4.1.4.1.2.

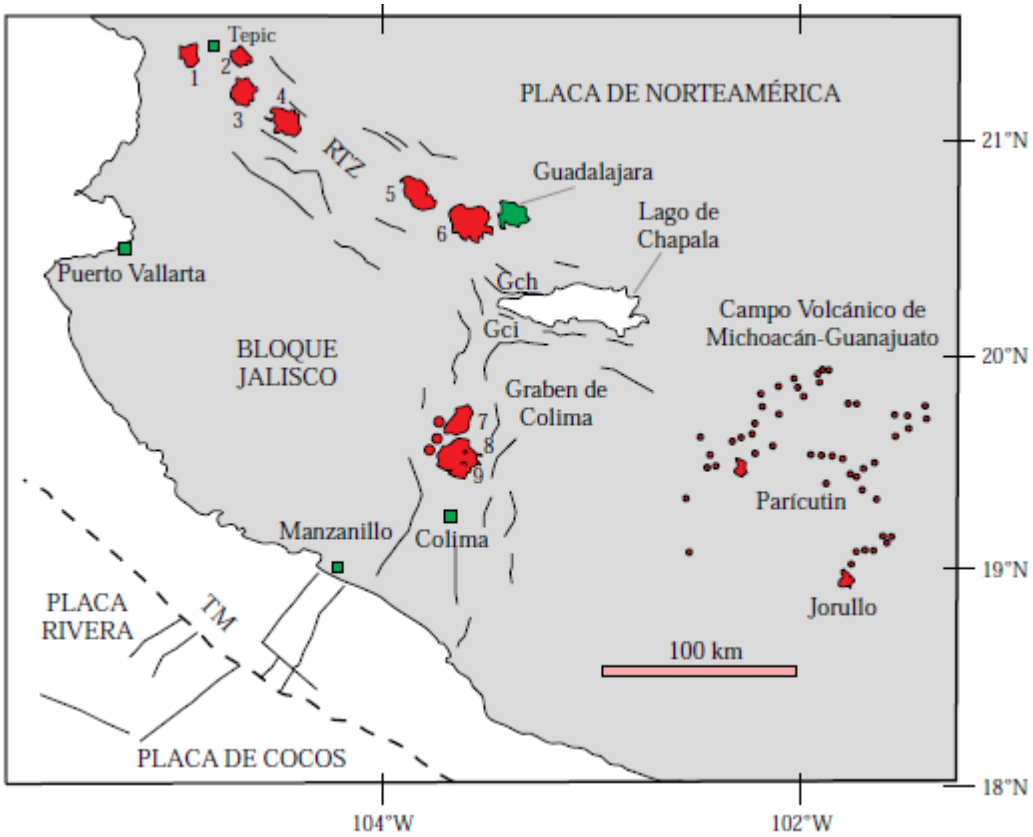


Figura 4.1.4.1.2. Esquema de la porción oeste de de la CVTM. Las estructuras volcánicas son: 1) San Juan, 2) Sanganguey, 3) Tepetiltic, 4) Ceboruco 5) Tequila, 6) Caldera de la Primavera, Complejo Volcánico, Cantaros, 8) Nevado de Colima, 9) Volcán de Colima. Las abreviaciones son: RTZ-rift Tepic-Zacoalco, GCH-graben de Chápala, GCi graben de Cítala y TM- Trinchera Mesoamericana (línea discontinua). Las líneas delgadas representan fracturas. (Fuente: Macias, 2005).

El volcán activo más próximo al Municipio de Zapotlán es el volcán de fuego, cuya estructura le pondremos más atención por el peligro que representa para los poblados en torno a él y que analizaremos brevemente su historia eruptiva.

4.1.4.2. Historia eruptiva del Volcán Colima

Los trabajos más detallados sobre la actividad histórica del Colima son aquellos publicados por Bárcena (1887), Waitz (1915; 1935), Arreola (1915), Medina-Martínez (1983), De la Cruz (1993), Saucedo y Macías (1999) y Bretón (2002). En estos trabajos se mencionan erupciones ocurridas en los siglos XVI y XVII (Tello, 1651), el 13 de diciembre de 1606 (Arreola, 1915), el 15 de abril de 1611 (Bárcena, 1887), en 1690 (De la Cruz, 1993), en 1771 (Bárcena, 1887) y muchos eventos menores.

El registro más detallado de las erupciones comienza con la ocurrida el 15 de febrero de 1818 (Sartorius, 1869), que destruyó un domo de lava (Dollfus y Monserrat, 1866) y arrojó escoria y ceniza hasta las ciudades de Guadalajara, Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí y México (Bárcena, 1887; Arreola, (1915). Después de la erupción quedó un cráter abierto de alrededor de 450 m de diámetro, con paredes que variaban de 50 a 230 m. Posteriormente, inició la formación del domo adventicio "El Volcancito" el 12 de junio de 1869 que concluyó en 1872 (Sartorius, 1869; Bárcena, 1887).

El 21 de agosto de 1869, Orozco y colaboradores reportaron que "El volcancito" estaba localizado a una altura de 3500 m y que había alcanzado una altura de 300 metros. La etapa comprendida entre 1893 y 1903 es especialmente importante en el estudio del Volcán de Colima, ya que tanto el padre Arreola en Colima, Col. como su colega Castellanos, en Zapotlán, Jal. (hoy Ciudad Guzmán), instalaron observatorios para vigilarlo. A partir de esta fecha se hicieron observaciones sistemáticas que duraron hasta 1906, y que eran publicadas en el boletín del Observatorio Meteorológico Central de México (Arreola, 1915).

La erupción explosiva mejor documentada del Volcán de Colima ocurrió en 1913. Antes de ella, la cima del volcán tenía un cráter cubierto por un domo de lava. La erupción comenzó el 17 de enero (Ortiz, 1944) con una serie de explosiones que generaron nubes de vapor y ena. El 20 de enero, la erupción continuó con la formación de una columna pliniana que alcanzó 21 km de altura (Saucedo, 1997). **Esta columna provocó una lluvia de ceniza que en Zapotlán, Jalisco, alcanzó 15 cm de espesor** y en Guadalajara alrededor de 0.5 mm (Waitz, 1915), y llegó hasta Saltillo, Coahuila, a más de 700 km del volcán.

El volumen total de la erupción de 1913 se estimó en 0.9 km3 (Saucedo, 1997). Durante la erupción también se produjeron flujos piroclásticos que avanzaron 15 km por el flanco sur del volcán, dejando depósitos de ceniza y rocas de 40 m de espesor (Waitz, 1915, Saucedo 1997).

La morfología de la cima del volcán cambió drásticamente; el edificio perdió 100 m de altura y se formó un cráter con un diámetro cercano a los 400 m y profundidad

desconocida. Para 1931, la profundidad del cráter oscilaba entre 50 y 100 m (Waitz, 1935; Arreola, 1915); para 1958, el cráter estaba casi completamente ocupado por un tapón de lava en bloques (Mooser, 1961), que entre 1961 y 1962, comenzó a derramarse por la ladera norte del Volcán de Colima formando una lengua de lava que llegó hasta la base norte del volcán en el sitio denominado El Playón.

En 1975-1976 comenzó la generación de flujos de lava compañados por primera vez de flujos piroclásticos, los cuales fueron documentados por Thorpe *et al.* (1977). Esta clase de actividad inicia con la intrusión de magma que empuja el domo generando derrames andesiticos como en 1982 (Luhr y Carmichael, 1990) y flujos piroclásticos producidos por el colapso gravitacional de las partes externas del domo, como en 1991 (Martín del Pozzo *etal*., 1987; Rodríguez-Elizarrarás *et al.,* 1991) o de la parte frontal de los flujos de lava, como en 1998(Saucedo *et al*., 2002) o por la destrucción de un domo central por explosiones violentas, como las ocurridas en julio de 1999 y durante los primeros meses del año 2005.

La erupción del 16 de abril de 1991, que originó flujos piroclásticos que rellenaron las barrancas del Cordobán, incentivó la elaboración de mapas de peligros del volcán de Colima (Sheridan y Macías, 1995; Martín del Pozzo *et al*., 1995; Navarro *et al*., 2003). Es indudable que la actividad explosiva del Volcán de Colima se ha incrementado durante los últimos 15 años con un incremento paralelo en el número y alcance de los flujos piroclásticos.

La caída de ceniza relacionada con una renovada actividad del coloso representa una seria amenaza para las comunidades asentadas en sus faldas y para las zonas urbanas cercanas.

En su historia, se observa que aproximadamente cada 100 años tiene una erupción pliniana y que la más reciente, en 1913, ha sido la más grande en tiempos históricos; comenzó el 17 de enero y tuvo su pico más alto el día 20 de ese mes.

Los eventos de tipo pliniano se toma como referencia para analizar los posibles escenarios de riesgo y de peligro relacionados con los flujos piroclásticos, los lahares (flujos de escombros y agua) y la caída de ceniza volcánica.

Sin embargo, a pesar de los registros y de la documentada erupción de 1913, no se ha hecho una evaluación completa del riesgo por caída de ceniza durante una potencial erupción pliniana. Uno de los peligros principales es el colapso de techos; se ha calculado que si se acumula una capa de 10 centímetros, es suficiente para que empiece a sufrir daños estructurales, y hasta se colapse.

Al reconstruir ese evento, los depósitos de material alcanzaron un espesor de 45 centímetros a ocho kilómetros de la cima del volcán, y de 15 cm en Ciudad Guzmán,

ubicada a 26 kilómetros. Por ello, añadió, se recomienda limpiar constantemente todos los techos durante una erupción pliniana.

Durante este tipo de explosiones casi siempre hay perturbaciones meteorológicas, como lluvia, y la ceniza mojada es más pesada. Además, por ser un material abrasivo (partículas muy finas de vidrio y cristales), al mezclarse con agua puede tapar las alcantarillas. Por otro lado, aunque no se acumule en los techos, puede entrar en las vías respiratorias y ocasionar problemas de salud.

4.1.4.3. Peligro Volcánicos

En los distintos escenarios de riesgo, la vulnerabilidad de la región los diferentes productos que pueda emitir el volcán en una fase explosiva; dicha vulnerabilidad es mayor en el sector sur del volcán que en el sector norte, debido a la barrera topográfica que representa el Nevado de Colima, cuya estructura sólo permitiría el paso de material de caída libre hacia el norte.

La zona de mayor riego por la actividad volcánica es delimitada a partir de la Barranca de Atenquique el Este, y la Barranca de Plátanos al oeste, ambos encajonamientos unidos casi de forma perpendicular con las barrancas de los ríos Tuxpan y Armería. De acuerdo con Martín del Pozzo (1988), los principales productos emitidos en anteriores etapas explosivas, que pueden representar peligro sobre la vida y los bienes instalados en esta zona de riesgo, son los siguientes:

a) Caída de ceniza
b) Flujos piroclásticos
c) Flujo de lava
d) Flujo de lodo (lahares)
e) Avalanchas de escombros

a) Caída de ceniza

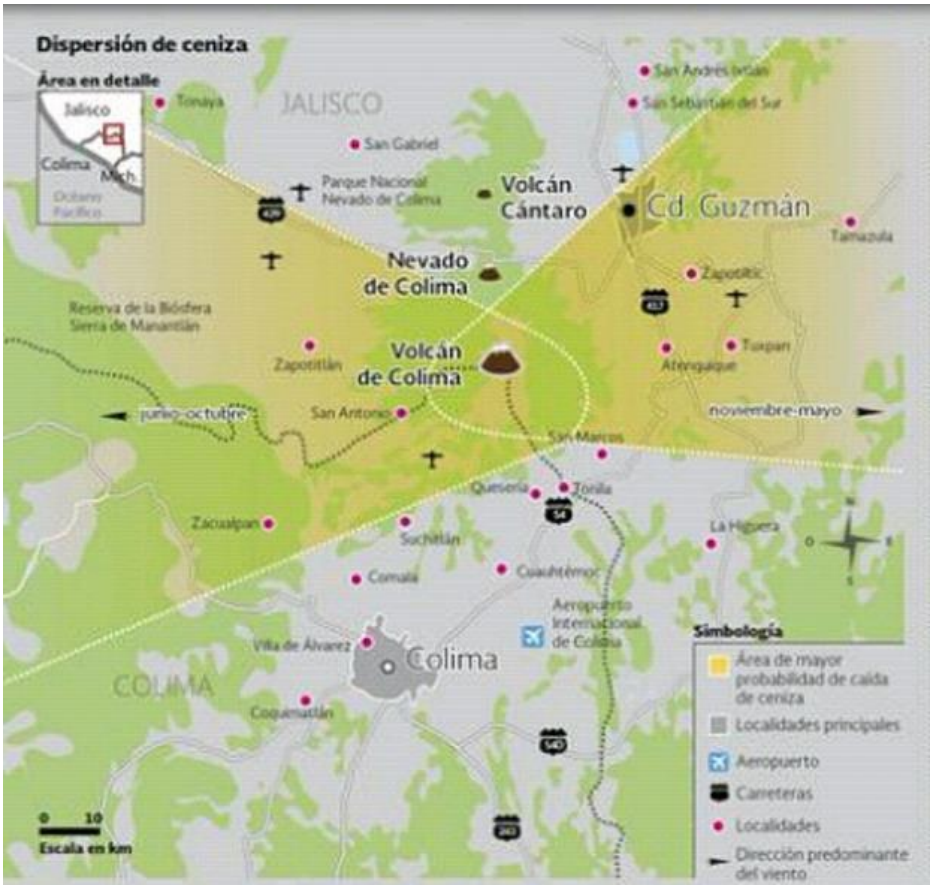
Para evaluar el peligro de caída de cenizas de una erupción pliniana se debe valorar, al mismo tiempo, la dirección y la velocidad del viento, pues ello permite hacer simulaciones que indiquen el espesor de la ceniza a cada cierta distancia.

Los efectos de las caídas de ceniza varían dependiendo del volumen del material expulsado, la duración o intensidad de la erupción y la duración de los vientos dominantes al suceder esta. La dirección de los vientos dominantes en el Volcán de Colima son de SW-NE durante la mayor parte del año, a excepción de los primeros meses en que varían de NW y E; si sumamos estas características de los antecedentes históricos de las

erupciones de 1818 y 1913, en que se reportaron caída de ceniza en **Cd. Guzmán** (Flores, 1987) y la erupción de 1991 en que la ceniza fue distribuida por los vientos hacia el norte, sur y noreste, tal situación permite establecer dos escenarios de peligro, desde Peligro Alto a Peligro medio.

El primero afectaría principalmente a 62 localidades ubicadas en el sector norte del complejo volcánico "Volcán Nevado de Colima", siendo las principales **Ciudad de Guzmán**, Tuxpan, Tamazula, la zona conurbana de Zapotiltic- Huescalapa, Zapotitlán de Vadillo, Venustiano Carranza, Atenquique, Tecalitlán, Alista, Copala, El Fresnito y un gran número de pequeñas localidades y rancherías diseminadas en toda la región (Suárez y del Pozzo, 1989).

La segunda comprende 37 localidades localizadas en la zona sur inmediata al volcán (Suárez y del Pozzo, 1989), las poblaciones con mayor importancia en esta zona son Quesería, Tonila, San Marcos, La Esperanza y Tenexcamilpa (Mapa 4.1.4.3.1.).



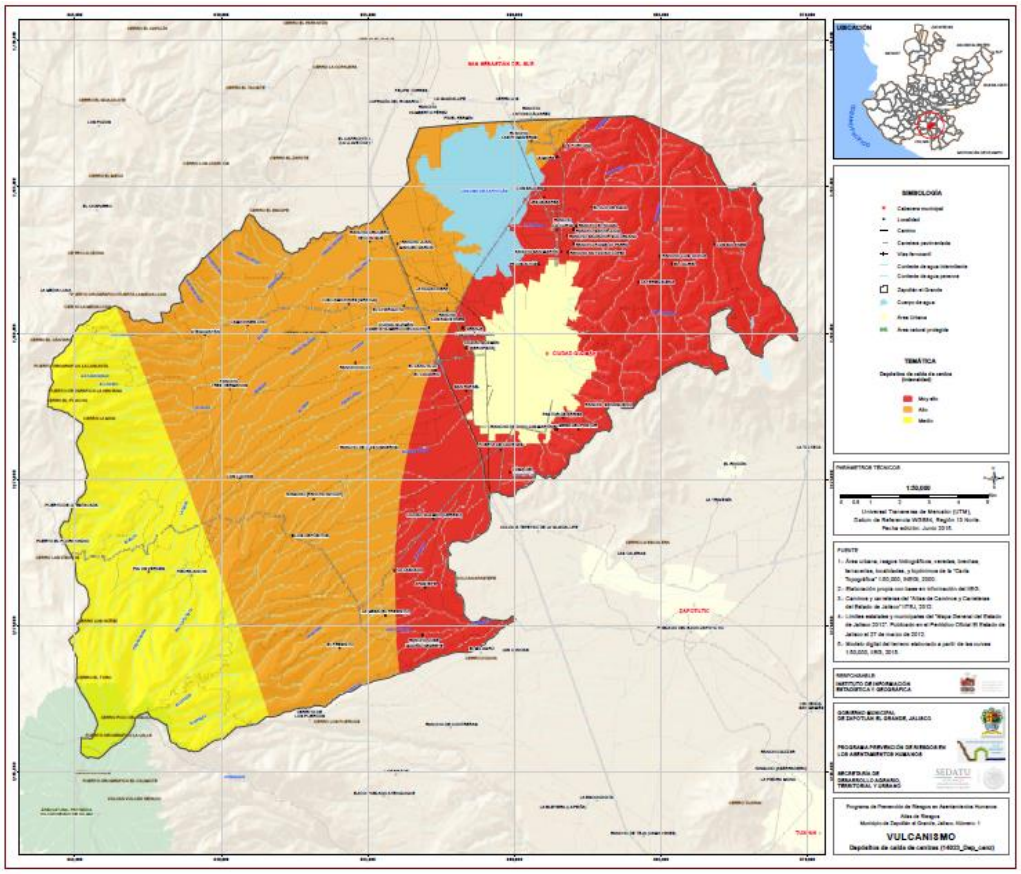
Mapa 4.1.4.3.1. Dispersión de cenizas del Volcán de Colima. (Fuente: CENAPRED/PC/SEGOB).

Vulcanólogos dedicados al estudio de caídas de cenizas han generado modelos numéricos de dispersión, y a partir de estudios estadísticos del comportamiento del aire en la región,

reconstruye mapas de caída de ceniza y calcula la probabilidad, para diferentes estaciones, de que el depósito en el suelo supere los umbrales de carga críticos que determinan daños a los edificios.

Los resultados obtenidos muestran que una erupción pliniana de ese coloso podría causar perjuicios serios en más de 10 pequeñas poblaciones y rancherías y, potencialmente, alcanzar ciudades grandes ubicadas a 10 kilómetros.

Aunque este tipo de sucesos tiene efectos muy locales, una persona que viva a 300 kilómetros del volcán puede experimentar sus consecuencias. Por ejemplo, la ceniza arrojada en 1913 llegó hasta Guadalajara y Saltillo, porque los vientos de la región casi siempre soplan desde el Oeste a Este. También podrían ser un problema importante para el tráfico aéreo. Para el Municipo de Zapotlán si incide este tipo de peligro catalogándolo el peligro Muy Alto para la zona urbana de Ciudad Guzmán (Mapa 4.1.4.3.2.).



Mapa 4.1.4.3.2. Distribución del Peligro en Caída de Cenizas para el Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: IIEG, 2015).

Los daños que causaría la caída de ceniza son:

1) Colapso de los techos de las casas habitación construida con materiales de mala calidad, según datos del INEGI (1990) el 6.47% de las casas ubicadas en la zona de riesgo por caída de ceniza fueron construidas con materiales

2) como lámina, cartón o desecho, habitando en ellas aproximadamente 12,300 personas.

3) Colapso de los techos y estructuras de las industrias establecidas en la zona.

4) Daño en los suelos agrícolas y en los de agostadero, los cuales varían de acuerdo al espesor de las cenizas acumuladas.

5) daños a las líneas utilizadas para el suministro de energía eléctrica, el cual provocaría la suspensión del servicio en un importante sector de la zona de riesgo así como las redacción del flujo eléctrico en puntos alejados, como lo es la ciudad de Guadalajara; este tipo de efecto también lo resentirían las líneas telegráficas y telefónicas, además de posibles incendios forestales.

6) El polvo suspendido en el aire puede provocar problemas respiratorios y visuales en la población y en los animales; las sustancias tóxicas emitidas durante una fase explosiva podrían continuar los suministros de agua que proveen a la gran mayoría de las localidades ubicadas en un radio de 20 km, o fijar elementos venenosos en la vegetación que sirve como forraje para el ganado.

b) Flujos piroclásticos

Si se considera la actividad actual del Volcán de Colima, lo más probable es que su domo continúe en crecimiento y origine flujos piroclásticos, es decir, corrientes turbulentas de gas y material sólido que se mueven al nivel de la superficie, se encañonan, siguen las barrancas principales y pueden superar barreras y llegar a mayores distancias (Mapa 4.1.4.3.3.).

En efecto, estos flujos pueden alcanzar poblaciones ubicadas en un radio de unos ocho kilómetros. En estos días fluyen, pero por magnitud no representan un riesgo para los asentamientos humanos ni para los excursionistas. Los flujos piroclásticos **no representan ningún peligro sobre el Municipio de Zapotlán.**

c) Flujos de lodo (Lahares)

Los lahares son flujos de material volcánico que se forman durante una lluvia torrencial, y descienden en forma de avalancha de lodo y rocas por el cauce de arroyos y ríos. **No representa ningún peligro sobre el Municipio de Zapotlán.**

El paso de estos flujos de **lodo** y **rocas** pueden alcanzar una **velocidad** entre 10 y 40 kilómetros por hora.

De acuerdo al Sistema Estatal de Protección Civil Colima, al menos 200 familias en Colima habitan en zona de peligro por el paso de lahares.

A través de la instrumentación sísmica instalada en la **Red Sismológica de Colima** ha sido posible detectar la ocurrencia de este fenómeno.

La restricción será permanente en épocas de lluvia, debido al cercano inicio del **temporal de lluvias**, ante la posible presencia de lahares.

Los flujos de lodo podrían ocasionar problemas en la vías de comunicación entre Colima y Jalisco, en la zona volcánica. Con las primeras lluvias de la temporada, la **ceniza** arrojada por el **Volcán de Colima** durante las explosiones, comienza a descender por las laderas, formando a su paso flujos de lodo y rocas que puede alcanzar una velocidad de entre 10 y 40 kilómetros por hora.

A estos flujos de lodo se les llama **lahares** y son la principal amenaza para poblaciones de **Colima y Jalisco** situadas en la zona volcánica.

Estudios del Observatorio Vulcanológico de la Universidad de Colima, a través de la instrumentación sísmica instalada en el **Volcán de Fuego**, se han podido detectar cuatro lahares.

Por el momento estas avalanchas de lodo y rocas no han ocasionado daños, ya que los flujos se han mantenido al interior del cauce de los arroyos La Lumbre, El Cordovan y Montegrande (Mapa 4.1.4.3.2.).

Actualmente más de 1000 habitantes de Colima y Jalisco habitan en zonas de peligro por Lahares. Este tipo de fenómeno no representan ningún peligro, ni incide sobre el Municipio de Zapotlán.

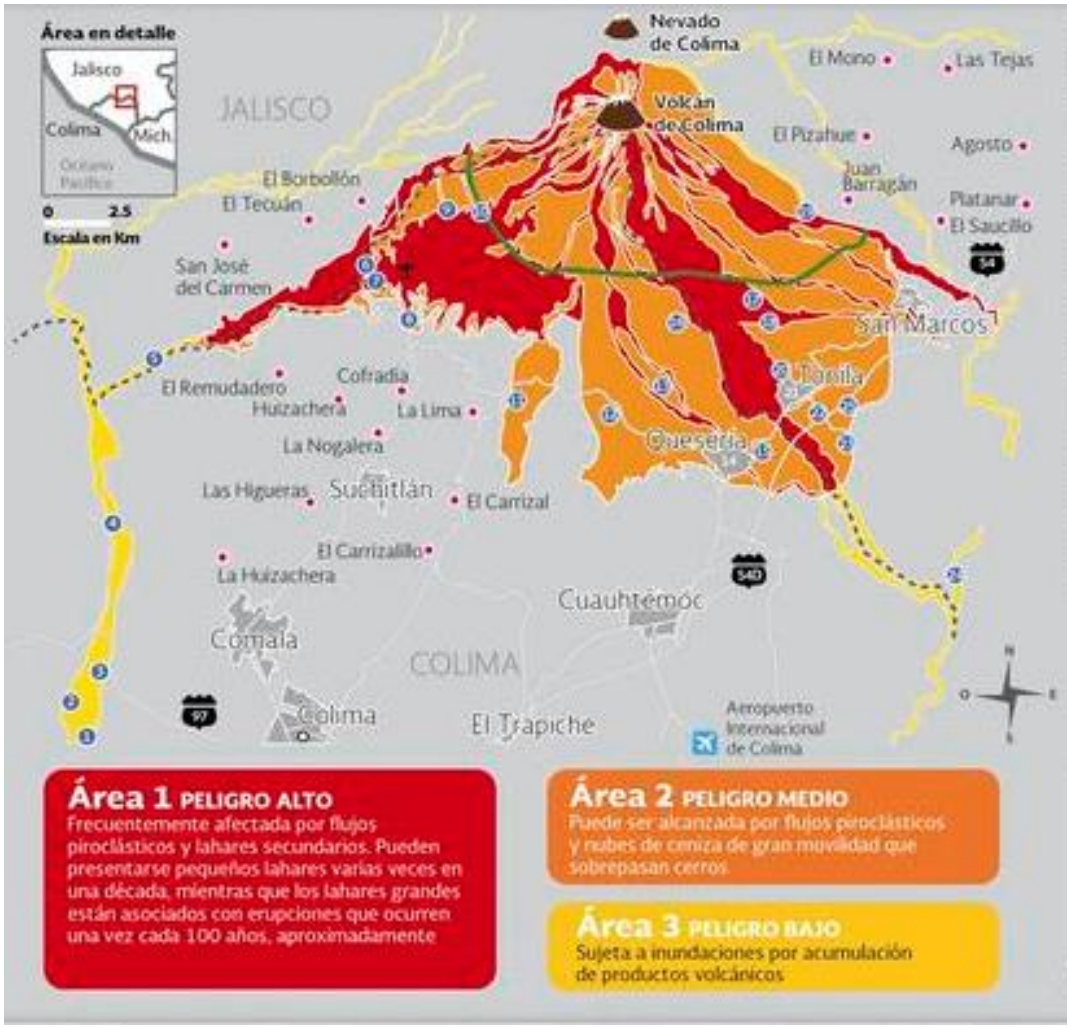
d) Flujos de lava o Derrames

El área de mayor riesgo, por emisiones de lava, se circunscribe a la parte superior del cono y presenta un riesgo reducido a la población asentada en los valles y partes bajas del volcán; ello obedece a que el cráter viscoso de las lavas arrojadas en anteriores eventos históricos, no han permitido que éstas bajen (varios años después de su emisión) a cotas inferior por los 2.000 metros S.N.M.M; otro riesgo inherente a los derrames de lava son la

probabilidad de emisión de pequeños flujos piroclásticos producto de la explosión que sufren las lavas al entrar en contacto con la atmósfera.

De acuerdo a Suárez y del Pozzo, 1989, las localidades que tienen alto riesgo por los flujos de lava es el nuevo centro ejidal de población Juan Barragán, localidades ubicada a escasos 8 kilómetros al Este del cráter a una altura de 1.400 metros S.N.M.M., y situada en el parteaguas de las barrancas de Beltrán y de los duraznos, la Hierbabuena, Confradía, Atenguillo y Caseuntla (Mapa 4.1.4.3.3.).

Los daños económicos por este tipo de emisión se remitirían a la destrucción total de los suelos que se vean afectados por el avance de la lava, dado que su recuperación tendría cientos de años. Para el Municipio de Zapotlán el Grande, **no incide este fenómeno, por lo tanto es nulo el peligro de afectación**.



Mapa 4.1.4.3.3. Poblados en peligro por flujos piroclásticos, Lahares y derrames (Fuente: CENAPRED *et al*., 2004).

e) Avalancha de escombros

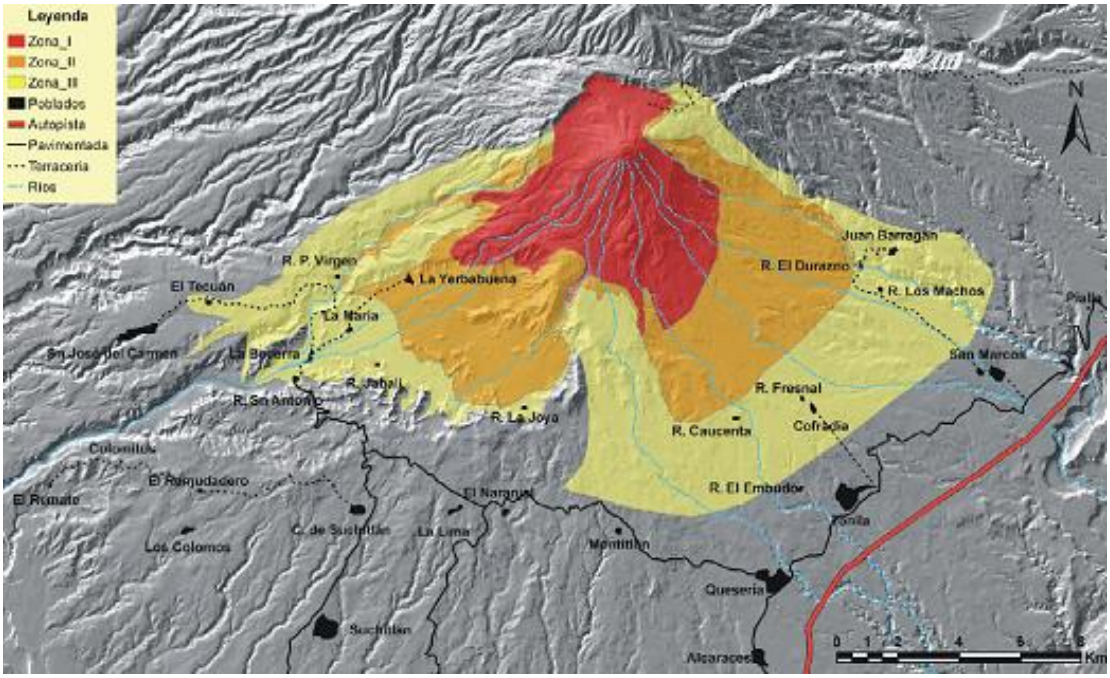
Es el escenario más catastrófico que puede ocurrir en el volcán de Colima, consiste en un derrumbe parcial o total del volcán, cuyos depósitos de escombros cubrirían el valle norte de Colima con espesores mayores a 50 m (Mapa 4.1.4.3.4.). Se han reconocido al menos 3 depósitos de este tipo, con una recurrencia de miles de años, fechándose la última con el método de C14 (carbono 14).



Mapa 4.1.4.3.4. Avalanchas y derrames gigantes originados por las erupciones del volcán colima en los últimos 18,000 años.(Fuente: CENAPRED/PC/SEGOB).

4.1.4.4. Mapa de Peligros

Con base en el registro estratigráfico de la erupción de 1913 y durante la cual ocurrieron varios flujos piroclásticos y el análisis de la información existente hasta el año de 2004, Saucedo et al. (2004), presentaron un mapa de peligros para flujos piroclásticos del Volcán de Colima (Mapa 4.1.4.4.1.). Según estos autores, la erupción de 1913 del Volcán de Colima se presentó en tres fases eruptivas que produjeron flujos piroclásticos, depósitos de caída y lahares. La erupción originó un volumen total de 1.1 km3 (Saucedo, 1997).



Mapa 4.1.4.4.1. Peligros del Volcán de Colima (Fuente: Saucedo *et al,* 2004).

Saucedo *et al*. (2004), elaboraron el mapa de peligros para flujos piroclásticos del Volcán de Colima. En este mapa aparecen tres zonas de peligro que podrán ser afectadas por flujos piroclásticos.

La zona 1, de color rojo y mayor peligro, es aquella que puede ser afectada por flujos piroclásticos, que pueden alcanzar hasta 5 km desde el cráter, como los producidos durante las erupciones de 1991, 1994 y 1998-1999.

La zona 2, de color naranja y peligro intermedio, es aquella que podrá ser alcanzada por flujos de aproximadamente 9 km de largo, como los flujos producidos durante la segunda fase de la erupción de 1913, así como los producidos en octubre de 2004 y durante los

meses de mayo y junio del año 2005. Es claro, que el alcance de los flujos piroclásticos producidos durante las últimas explosiones está comprendido dentro de la zona 2 del mapa de peligros, por lo que podemos afirmar que dicho mapa tiene un buen margen de confiabilidad.

La zona 3, de color amarillo y menor peligro en cuanto a probabilidad de ocurrencia, es aquella que podrá ser afectada por flujos piroclásticos con una longitud aproximada de 15 km, como aquellos producidos durante la tercera fase de la erupción de 1913.

Una erupción de esta magnitud afectara a unos 15,000 habitantes asentados en poblados y rancherías a como la Yerbabuena, y la Becerrera en el estado de Colima, y Tonila, San Marcos, Cofradia, y Juan Barragán en el estado de Jalisco.

Con base en los estudios geológicos disponibles (Saucedo, 2001; Saucedo *et al*., 2002; 2004; Gavilanes, 2004) podemos establecer que los únicos flujos piroclásticos capaces de destruir asentamientos humanos son aquellos que han ocurrido horas antes del desarrollo de una columna pliniana (Se caracteriza por su alto grado de explosividad, con manifestaciones muy violentas en las cuales se expulsan grandes volúmenes de gas volcánico, fragmentos y cenizas) y también los producidos por el colapso de una columna similar (Gavilanes, 2004; Gavilanes *et al*., 2004).

4.1.4.5. Implicaciones del peligro por vulcanismo

Debido a su 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 bloque y 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 km2 alrededor del volcán. De desarrollarse un evento volcánico de este tipo, la zona más afectada por derrames de lava sería la del lado sur 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 que pueda provocar **Peligro Muy Alto** en Ciudad Guzmán y **Alto y Medio** en el resto de la cuenca, debidos a la caída de cenizas.

4.1.5. Deslizamientos

La inestabilidad de laderas, también conocida como proceso de remoción en masa, se puede definir como la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosustentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos. Se presenta en zonas montañosas donde la superficie del terreno adquiere diversos grados de inclinación. Los principales tipos de inestabilidad de laderas son: deslizamientos, flujos y caídos.

El grado de estabilidad de una ladera depende de diversas variables (factores condicionantes) tales como: la geología, la geomorfología, el grado de intemperismo, la deforestación y la actividad humana, entre otros. Los sismos, las lluvias y la actividad volcánica son considerados como factores detonantes o desencadenantes de los deslizamientos (factores externos).

Entre los fenómenos geológicos, los deslizamientos de laderas son los más frecuentes y su tasa de mayor ocurrencia es en temporada de lluvias. Aunque también pueden ocurrir en sismos intensos, erupciones volcánicas y por actividades humanas como son: cortes, colocación de sobrecargas (viviendas, edificios, materiales de construcción, etc.), escurrimientos, filtraciones de agua, excavaciones, etc. (Figura 4.1.5.1.). Debido a que el agua juega el papel más importante en la inestabilidad de una ladera, las medidas de prevención y mitigación deben ser orientadas a reducir al mínimo su ingreso al interior de las laderas (Figura 4.1.5.1).

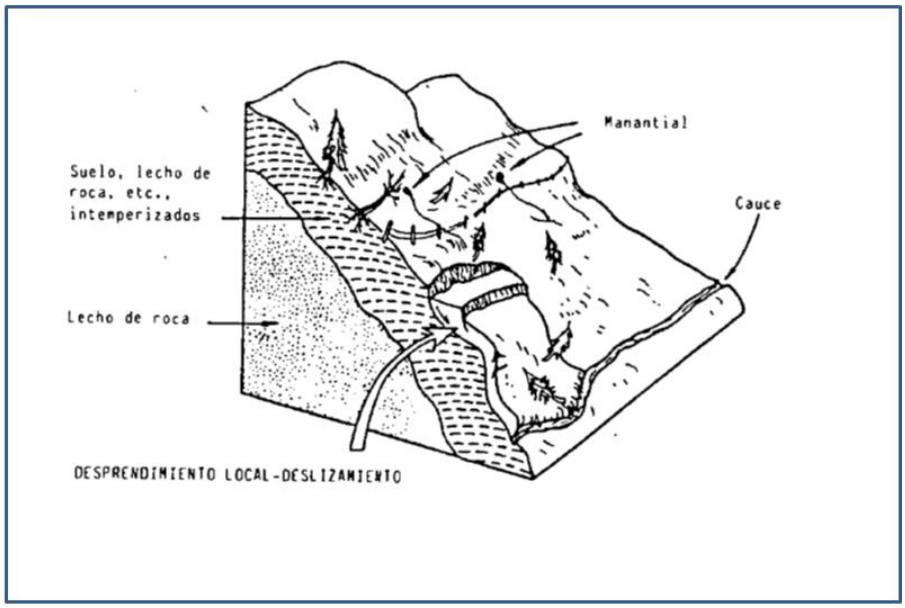


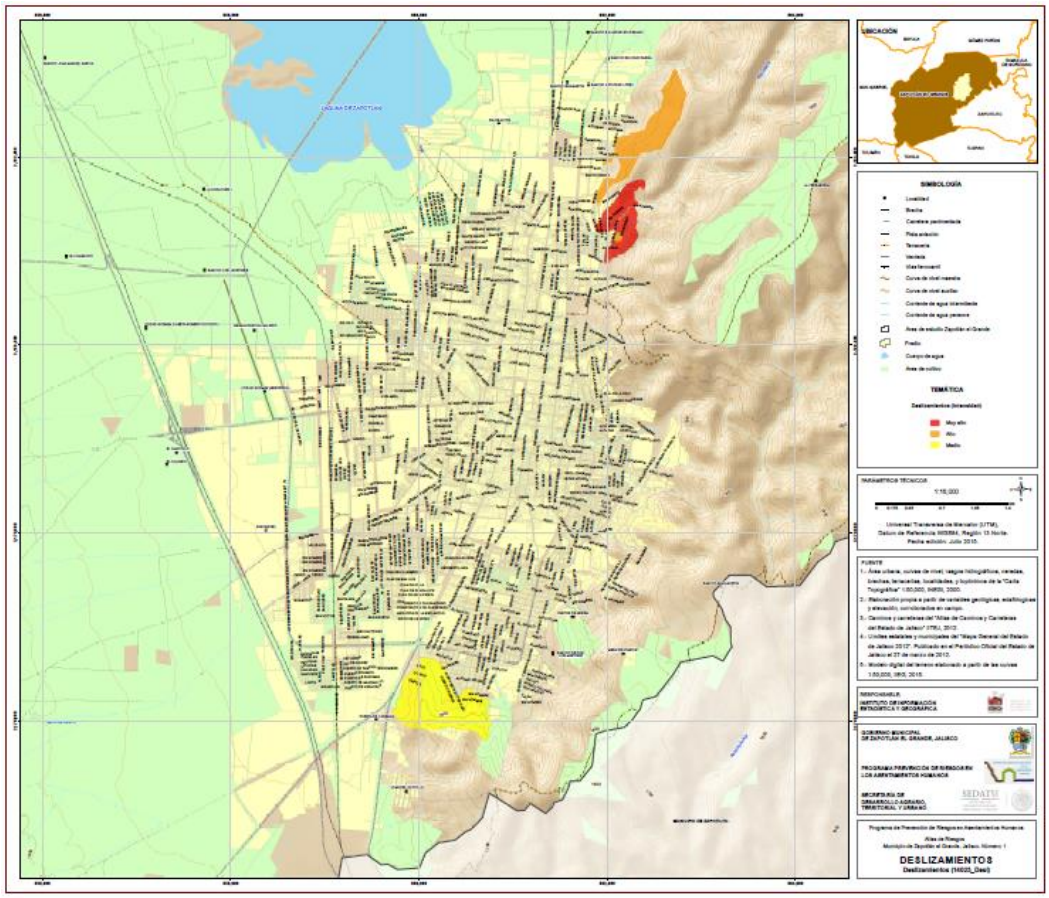
Figura 4.1.5.1. Factores que indican deslizamientos. Una topografía accidentada, con manantiales, árboles inclinados o curvos y desprendimientos localizados, caracterizan terrenos donde hay arrastre del suelo (Fuente: Cruz, 1996).

El término deslizamiento (movimientos de masa) se refiere al movimiento de grandes volúmenes de suelo que se desliza sobre una pendiente. Este tipo de fenómeno amenaza a las construcciones que se encuentran debajo de la zona de falla, debido a que se pueden producir grandes aportes de material sólido, que puede enterrar a las construcciones que se encuentran en la parte baja del talud. Así mismo, las construcciones que se encuentren encima de la zona de falla.

En la cuenca Laguna de Zapotlán y puntualmente Ciudad Guzmán, las zonas más susceptibles a sufrir deslizamiento o ser afectados por estos son las que presentan una combinación de todas o algunos de los siguientes factores: topografía accidentada, pendientes cóncavas o escarpadas (mayores de 25 %), suelo poco profundo o impermeable, desforestación o poca vegetación, estructuras (fallas, fracturas), manantiales y corrientes de agua.

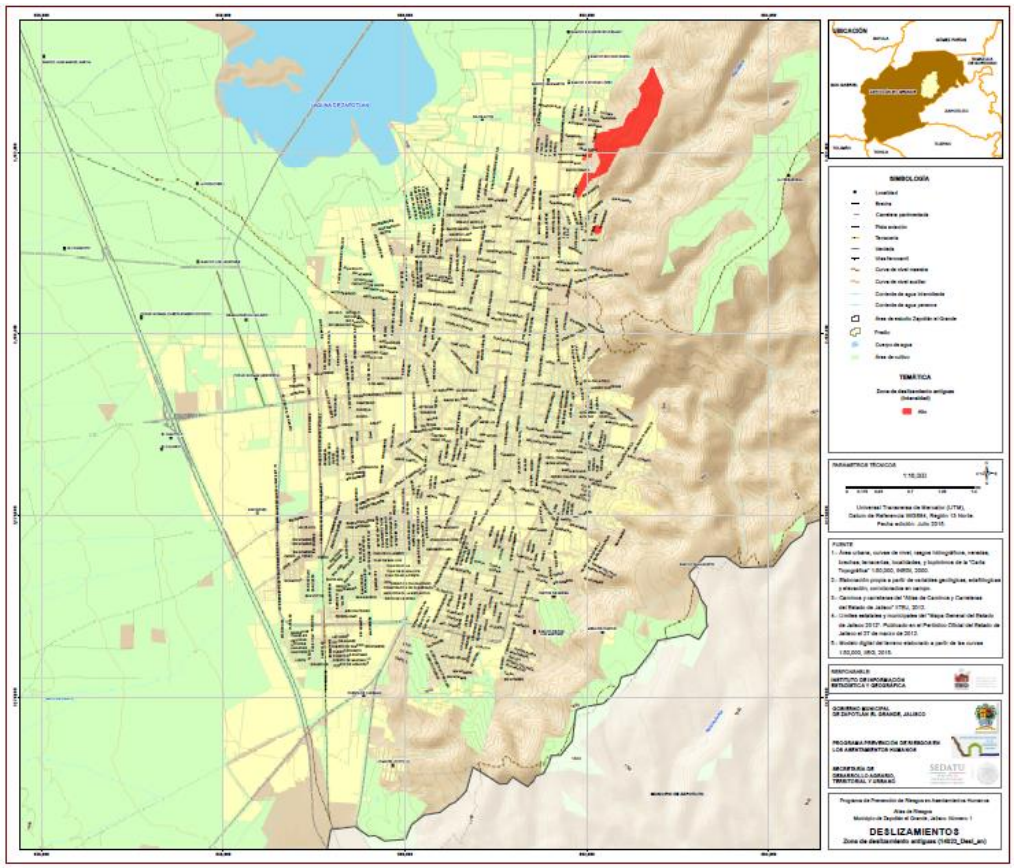
4.1.5.1. Zonas de deslizamiento antiguas

Las sierras y demás topoformas de la zona de estudio han perdido drásticamente la cubierta vegetal, a consecuencia de las constantes talas y quema de la vegetación, que se hace con el fin de aprovechar la madera de los bosques o utilizar los terrenos en cultivos de temporal anual. Motivo por el cual existen deslizamientos al Norte de Ciudad Guzmán que se encuentran en un Peligro de Alto a Muy Alto y al sur de la ciudad se localizó un polígono con posibilidades de deslizamiento en Peligro Medio (Mapa 4.1.5.1.1.).



Mapa 4.1.5.1.1. Deslizamientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

Además de los factores anteriormente mencionados, se tiene que las estructuras regionales aflorantes en la cuenca presentan una orientación predominantemente NE-SW, con esfuerzos de tipo distensivos. Lo cual provoca que las fallas y fracturas se presenten en algunas partes a favor o en el mismo sentido de la pendiente en donde se han generado deslizamientos antiguamente (Mapa 4.1.5.1.2).



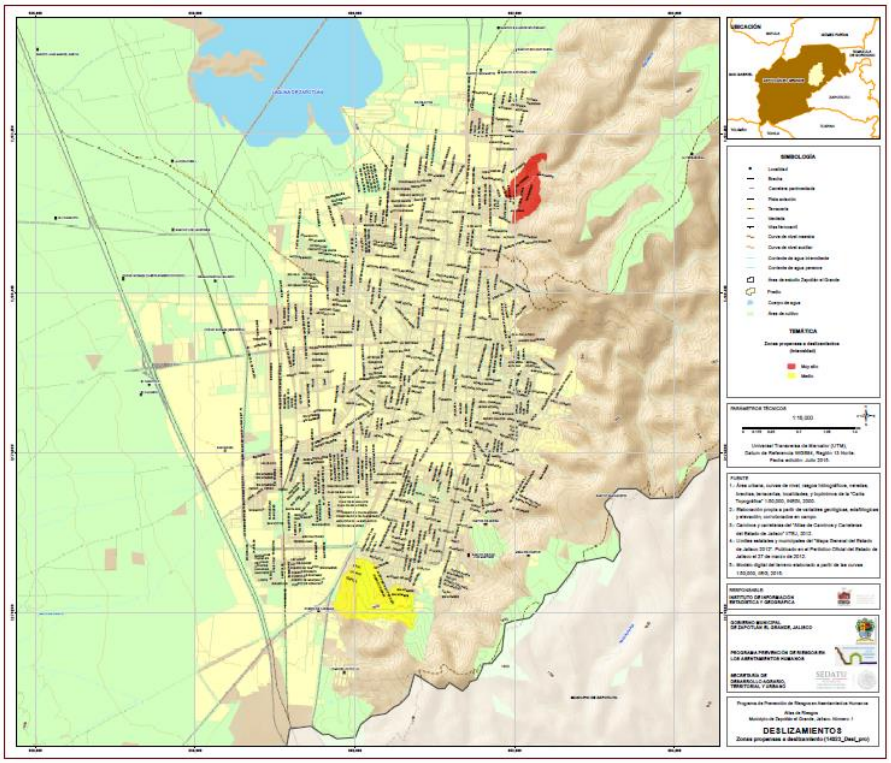
Mapa 4.1.5.1.2. Mapa de deslizamientos antiguos en Ciudad de Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

El fracturamiento presente en la zona de estudio se debe a que los materiales que cubrieron y dieron origen a los suelos de Ciudad Guzmán y de toda la cuenca presentan diferente tipos de permeabilidad. Esto también puede crear condiciones de inestabilidad en las pendientes cercanas o sobre las que se encuentre un asentamiento humano. Esto combinado con los demás factores anteriormente descrito puede provocar el deslizamiento de algunas partes de una pendiente.

4.1.5.2. Zonas propensas a deslizamiento

Para poder determinar los sitios potenciales a deslizamiento en principio se generaron algunos mapas que fungieron como insumo de este análisis; el mapa de pendientes se categorizó según lo marca la SEDESOL y de este se obtuvieron las pendientes mayores a 30°; con la ayuda del servicio web de la imagen SPOT para el Estado de Jalisco se detectaron los suelos desnudos (lugares donde no existe cubierta vegetal o se trata de algún tipo de pastizal o afloramiento de roca); una vez que se tenían estos insumos se

realizó el cruce de capas a fin de determinar los sitios potenciales a deslizamientos. Localizando dos zonas propensas a deslizamiento, hacia el norte de la ciudad con Peligro Muy alto y hacia el sur con peligro Medio (Mapa 4.1.5.2.1.).

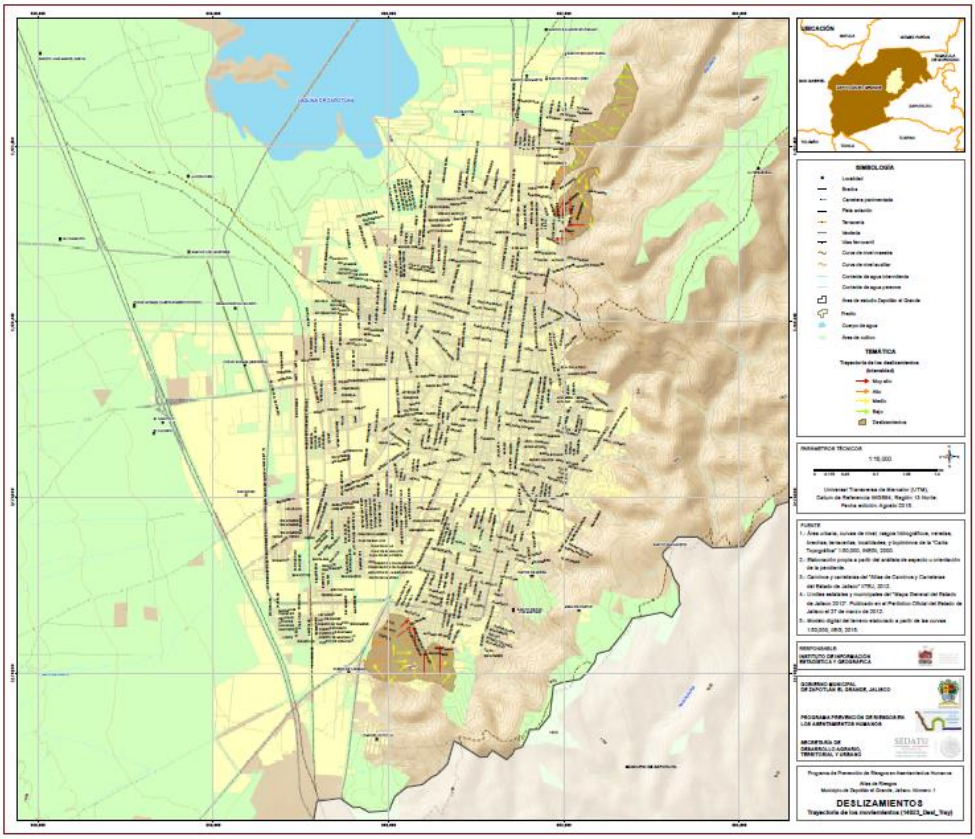


Mapa 4.1.5.2.1. Mapa de zonas propensas a deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015).

El mapa resultante contiene polígonos que se determinaron como sitios potenciales a deslizamientos, esta información se convirtió en el principal insumo para el análisis de los fenómenos geológicos a estudiar respecto al peligro ocasionado por taludes en el municipio de Zapotlán. Este mapa se intersectó posteriormente con el mapa de orientaciones para determinar la dirección posible de deslizamiento.

4.1.5.3. Trayectoria de los movimientos

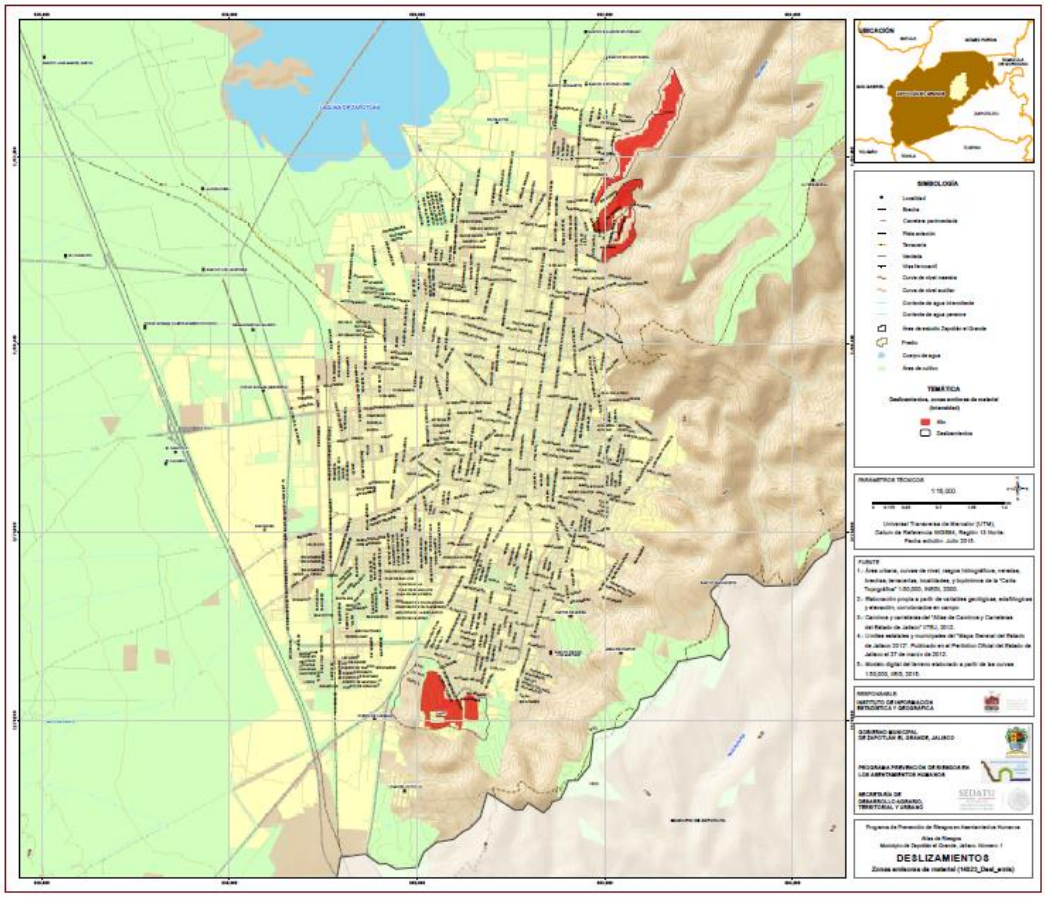
También se generó un mapa de orientaciones para poder estimar la dirección del deslizamiento; se utilizó el mapa de litología generado a partir de información de INEGI a fin de ubicar los sedimentos, en este caso se tienen aluviales y coluviales. La trayectoria de los movimientos de presentarse sería en su mayoría de este a oeste, con algunas direcciones sur a norte en la zona sur de Ciudad Guzmán (Mapa 4.1.5.3.1.).



Mapa 4.1.5.3.1. Mapa de trayectoria de movimientos de deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.5.4. Zonas emisoras de material

Los polígonos potenciales de emisoras de material obtenidos están distribuidos en las partes del pie de la sierra del municipio de Zapotlán, en este caso para el potencial de deslizamiento al nor-este y sur del mismo (Mapa 4.1.5.4.1).

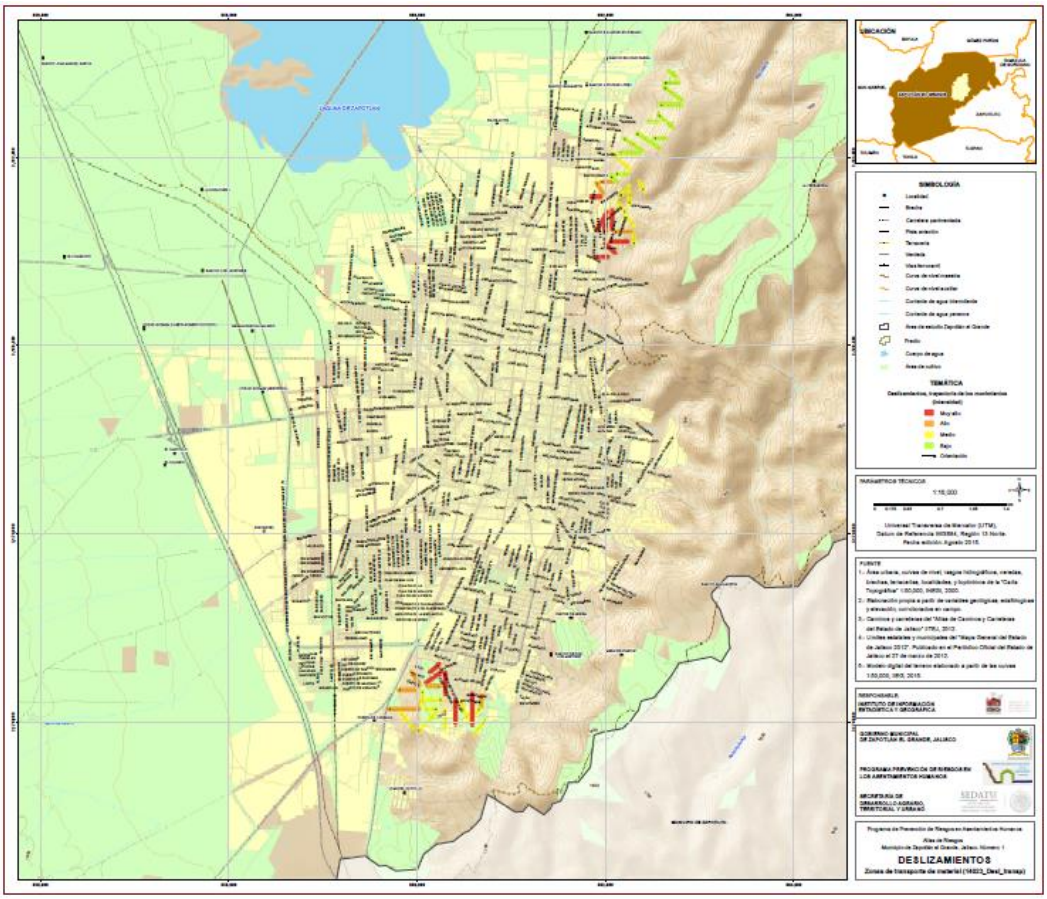


Mapa 4.1.5.4.1. Mapa de zonas emisoras de material en los deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.5.5. Zonas de transporte de material

Al noreste del municipio, en la zona del pie de la sierra oriente, se registraron 2 sitios de transporte de material los cuales se clasificaron con un nivel de amenaza muy alto.

Al sur de Ciudad Guzmán, en la zona del pie de la sierra, se localizó 1 sitio que de igual forma se clasifica con un nivel de amenaza muy alto. (Mapa 4.1.5.5.1.).

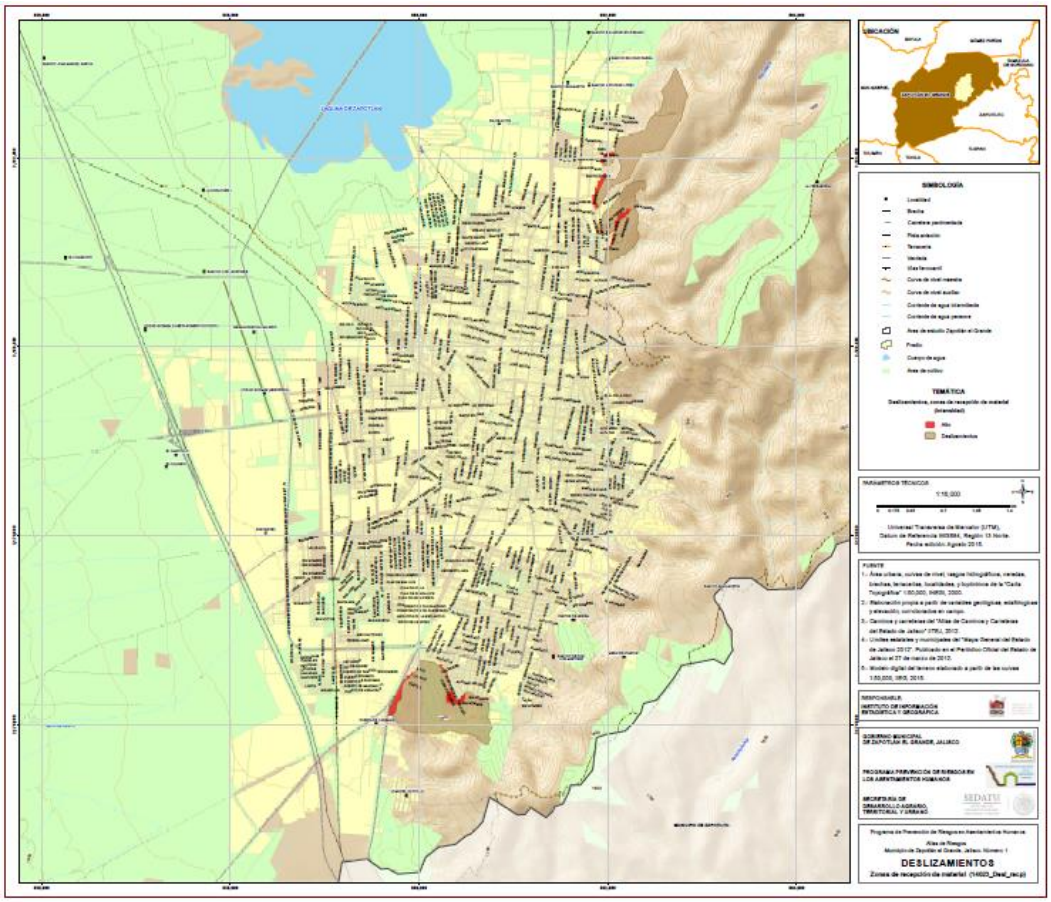


Mapa 4.1.5.5.1. Mapa de transporte de material en los deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.5.6. Zonas de recepción de material

Para demarcar las zonas de interés se elaboró un mapa de exposición el cual consiste en determinar las zonas del municipio en las cuales existe población o infraestructura que puede ser dañada en el caso de que un evento suceda.

Con este mapa se determinaron las regiones a estudiar y con el apoyo de un geotecnista se procedió a determinar las zonas de mayor peligro en el municipio; posteriormente estas áreas se verificaron en sitio con personal de la unidad de protección civil del municipio y se procedió a realizar las visitas de campo para levantar información y generar el mapa de recepción de material (Mapa 4.1.5.6.1.).



Mapa 4.1.5.6.1. Zonas de recepción de material en un deslizamiento (Fuente: IIEG, 2015).

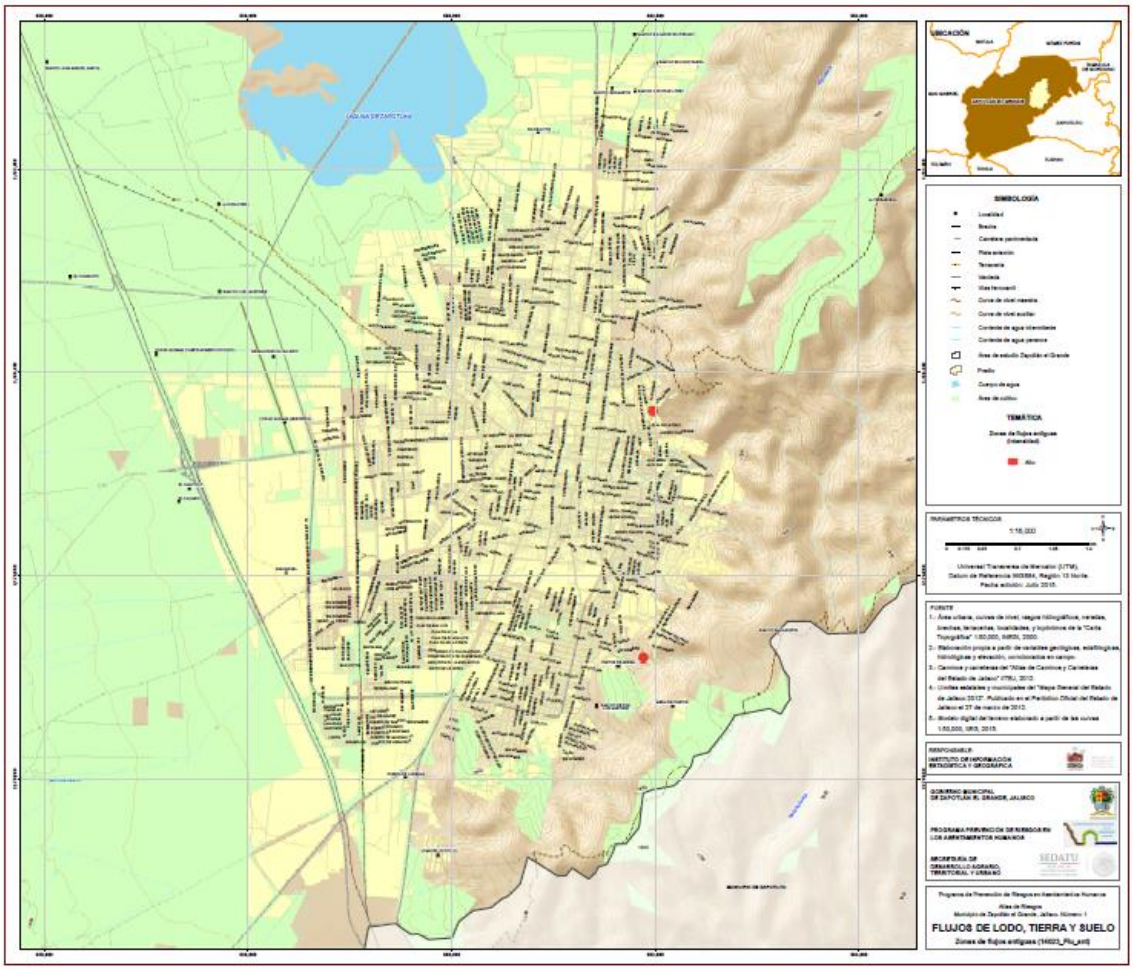
Los deslizamientos pueden afectar a algunas áreas del Noreste de Ciudad Guzmán, principalmente a las construcciones que se encuentran en las partes bajas y sobre la margen izquierda del río Chuluapan, debido a que se están desprendiendo de unas lomas cercanas al río, grandes bloques que pueden afectar 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. Aquí se encuentran las colonias: Lomas de San Cayetano, Chuluapan, La Paz.

4.1.6. Flujos de lodo, tierra y suelo

El flujo de lodo, tierra y suelo es un movimiento de una masa bien mezclada de roca, tierra y agua, que se comporta como fluido y se desplaza pendiente abajo; su consistencia es similar a la del concreto recién mezclado. Los flujos de lodos son fenómenos que causan grandes catástrofes. Su estudio muestra que las lluvias son las causantes principales de deslizamientos de tierra y suelo que igual a las erupciones volcánicas, depositan material sólido en las corrientes de agua, que a su vez impactan en poblaciones con planeación territorial deficiente (CENAPRED, 2001).

Los Procesos de Remoción en masa clasificados como Flujos, se pueden presentar principalmente en las laderas de los lomeríos, en forma de flujos de detritos. Para que se den estos procesos usualmente se requiere de abundante agua que fluye ladera abajo con un comportamiento de fluido viscoso y esto en conjunto con la litología abundante en arcillas como lo son las areniscas y las lutitas.

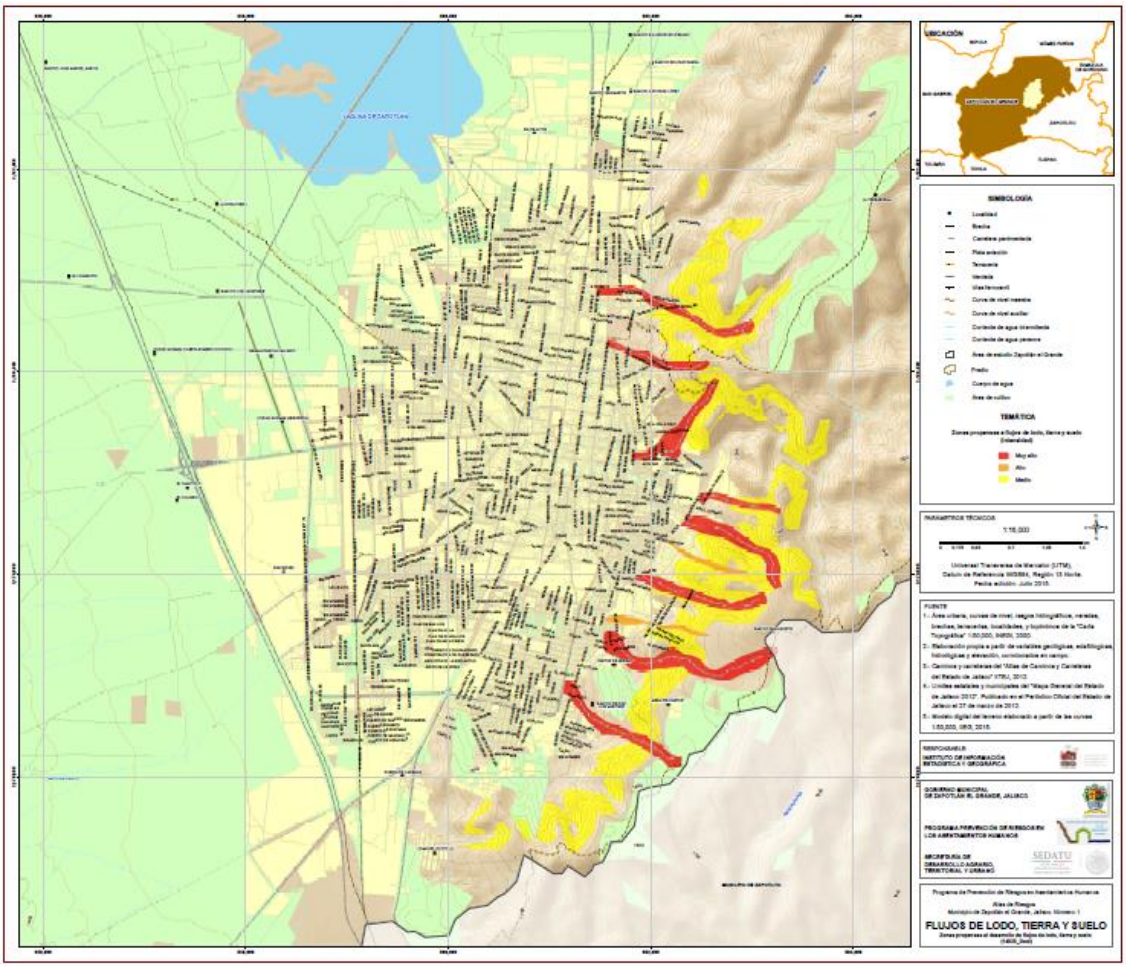
Las zonas de flujo de lodo de tierra en el Municipio de Zapotlán el Grande, se han presentado de forma histórica al este del municipio, concordando con las características del fenómeno explicados en los párrafos anteriores. Se localizaron dos sectores en la zona de la montaña oriente con Peligro Alto de Flujos de lodo (Mapa 4.1.6.1.).



Mapa 4.1.6.1. Flujos de Lodo, tierra y suelo antiguos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.6.1. Zonas propensas al desarrollo de flujos de lodo, tierra y suelo

El mapa de potencial de flujos de lodo, tierra y suelo se originó tomando de insumo el mapa de pendientes, la morfología de la zona este del municipio, la información sobre lluvias máximas en 24 horas y visitas de sitio. Se localizaron ocho sectores en la sierra con Muy Alto Peligro de ocurrencia de flujos de lodo, tierra y suelo. Dos sectores con Alto Peligro y en su mayoría toda la sierra con Peligro Medio de ocurrencia de este fenómeno (Mapa 4.1.6.1.1.).

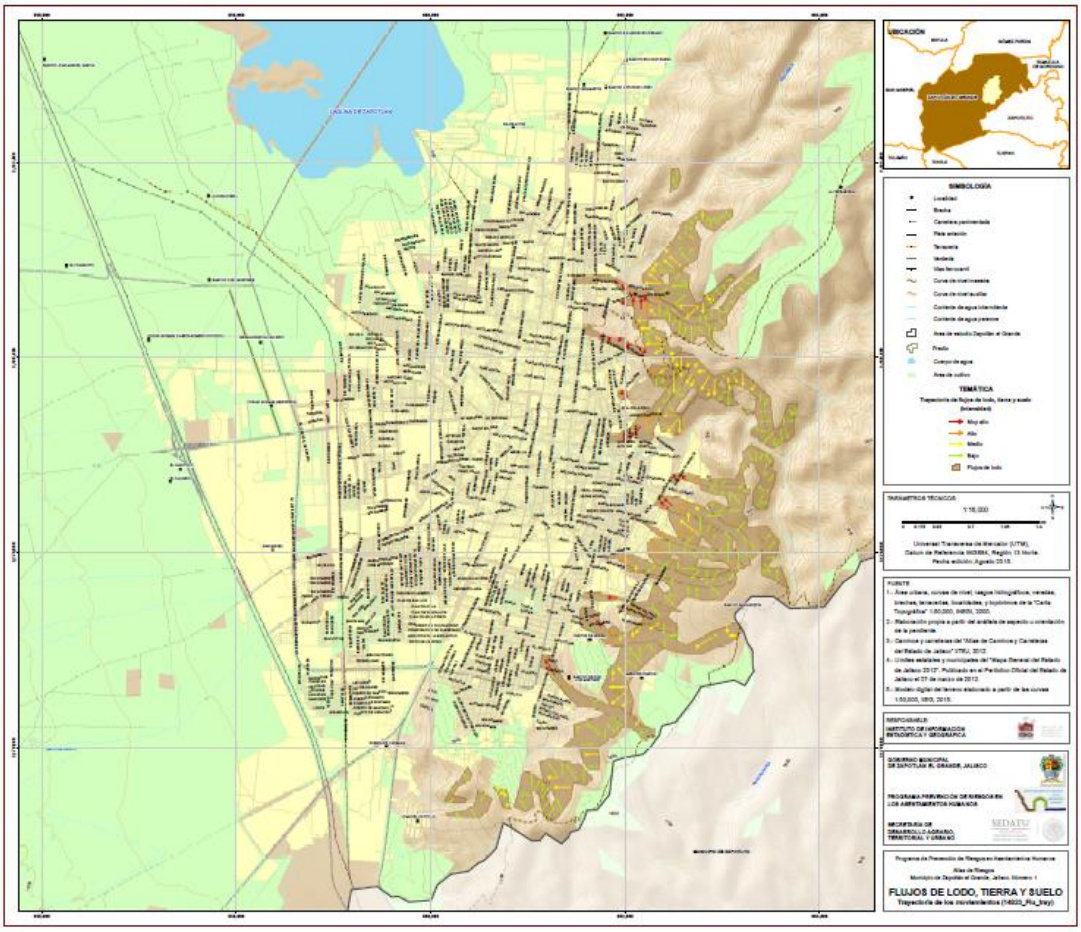


Mapa 4.1.6.1.1. Mapa de flujos de lodo propensos (Fuente: IIEG, 2015).

Las zonas propensas a generarse flujos de lodo, tierra y suelo, son generalmente los cauces de los ríos. Los sectores con problemas de este tipo de fenómeno son: Alcalde, Jesús García, Antonio Rosales, Libramiento Oriente, Cristo Rey etc.

4.1.6.2. Trayectoria de los movimientos

También se generó un mapa de orientaciones para poder estimar la dirección de los flujos de lodo, tierra y suelo; se utilizó el mapa de litología generado a partir de información de INEGI a fin de ubicar los sedimentos y fragmentos de rocas, en este caso se tienen sedimentos aluviales y coluviales, así como fragmentos de rocas ígneas extrusivas. La trayectoria del movimiento de presentarse tendría una dirección de este a oeste (Mapa 4.1.6.2.1.).



Mapa 4.1.6.2.1. Mapa de trayectoria de Movimientos de flujos de lodo (IIEG, 2015).

4.1.6.3 Frentes lobulares

Estos fenómenos son recurrentes, es decir se originan en los mismos lugares, por lo tanto los lugares donde históricamente se han presentado, deben tener planes de evacuación que al menos tengan dos rutas de escape. La vegetación debe ser plantada baja en laderas y es importante construir muros de retención. También podría ser ventajoso construir canales para dirigir el flujo alrededor de edificios.

4.1.6.4 Zonas emisoras de material

Los polígonos potenciales obtenidos están distribuidos en las partes del pie de la sierra del municipio de Zapotlán, en este caso para el potencial de deslizamiento al este del mismo.

4.1.7. Flujos de avalancha de detritos y derrumbes.

El flujo de avalancha de detritos está caracterizado porque el material se desplaza libremente ladera abajo sin estar canalizado. El suelo que se desplaza puede describirse como detritos (suelo de grano grueso) o suelo propiamente dicho (suelo de grano fino). El detrito es un suelo con un 20 a 80% de fragmentos mayores de 2 mm. Suelo fino es el que está compuesto de más del 80% de fragmentos menores de 2 mm., puede estar saturado o parcialmente saturado, ser de poco espesor y trasladarse de forma muy rápida a extremadamente rápida (Skinner & Porter, 1992). Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Figura 4.1.7.1.).

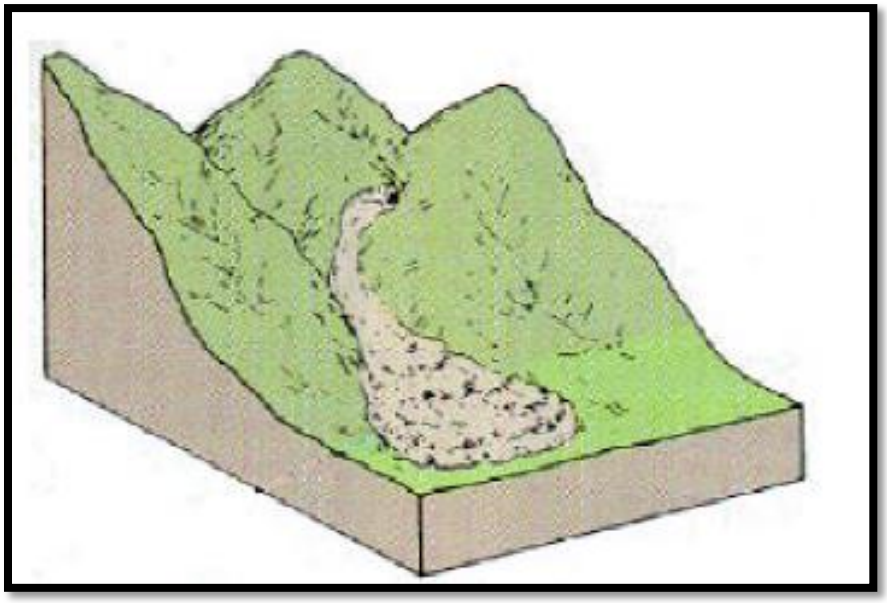


Figura 4.1.7.1. Flujo de avalancha de detritos (Fuente: Skinner & Porter, 1992).

Generalmente presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hungr et al., 2001).

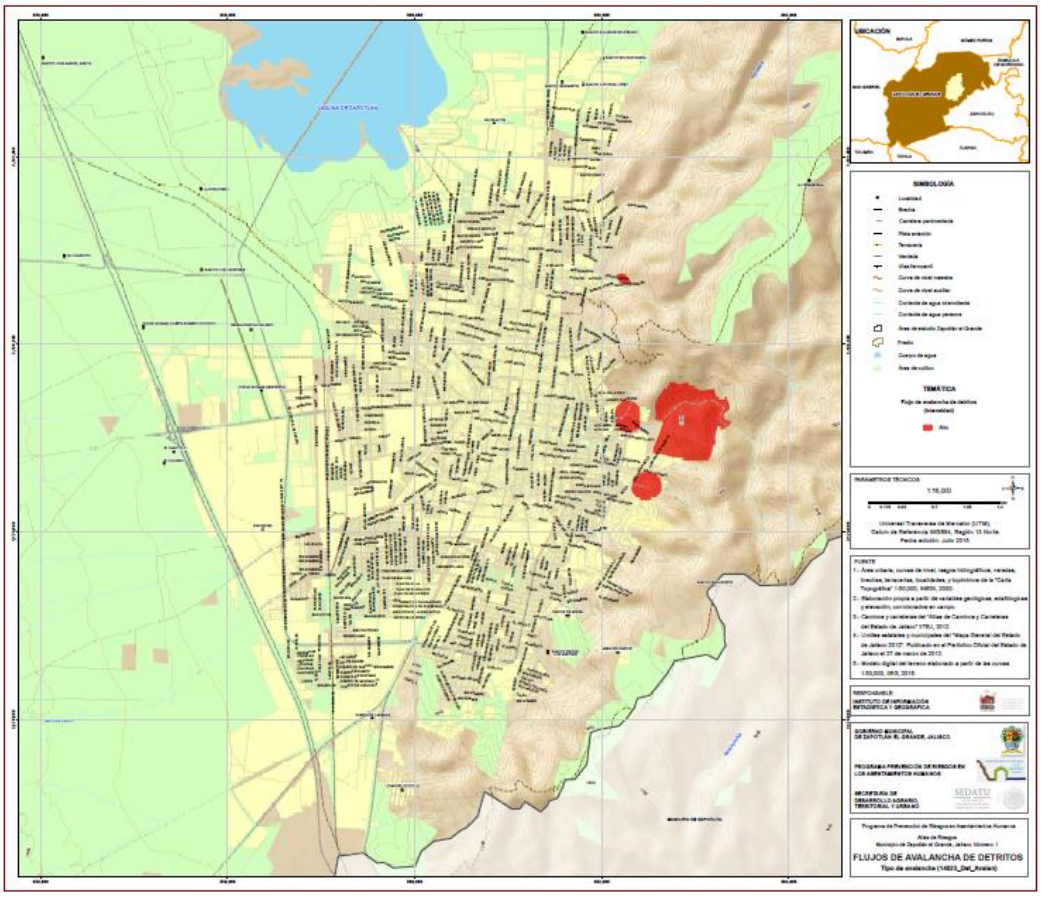
Las avalanchas, a diferencia de los deslizamientos, presentan un desarrollo más rápido de la rotura. Según el contenido de agua o por efecto de la pendiente, la totalidad de la masa puede licuarse, al menos en parte, fluir y depositarse mucho más allá del pie de la ladera (Varnes, 1978). Las avalanchas de detritos son morfológicamente similares a las avalanchas de rocas.

Con base en las visitas de campo se pudo observar que, para el caso de los peligros ocasionados por taludes en el Municipio de Zapotlán, estos están relacionados con macizos rocosos, el espesor de los suelos es corto en los casos del pie de los taludes de la serranía, es decir los taludes en peligro de derrumbe o desprendimiento de detritos son rocosos.

4.1.7.1. Zonas de avalancha de detritos

Se definieron polígonos clasificados como flujo de avalancha de detritos que pueden rodar; en total se inventariaron 4 peligros, éstos se encuentran relacionados con viviendas.

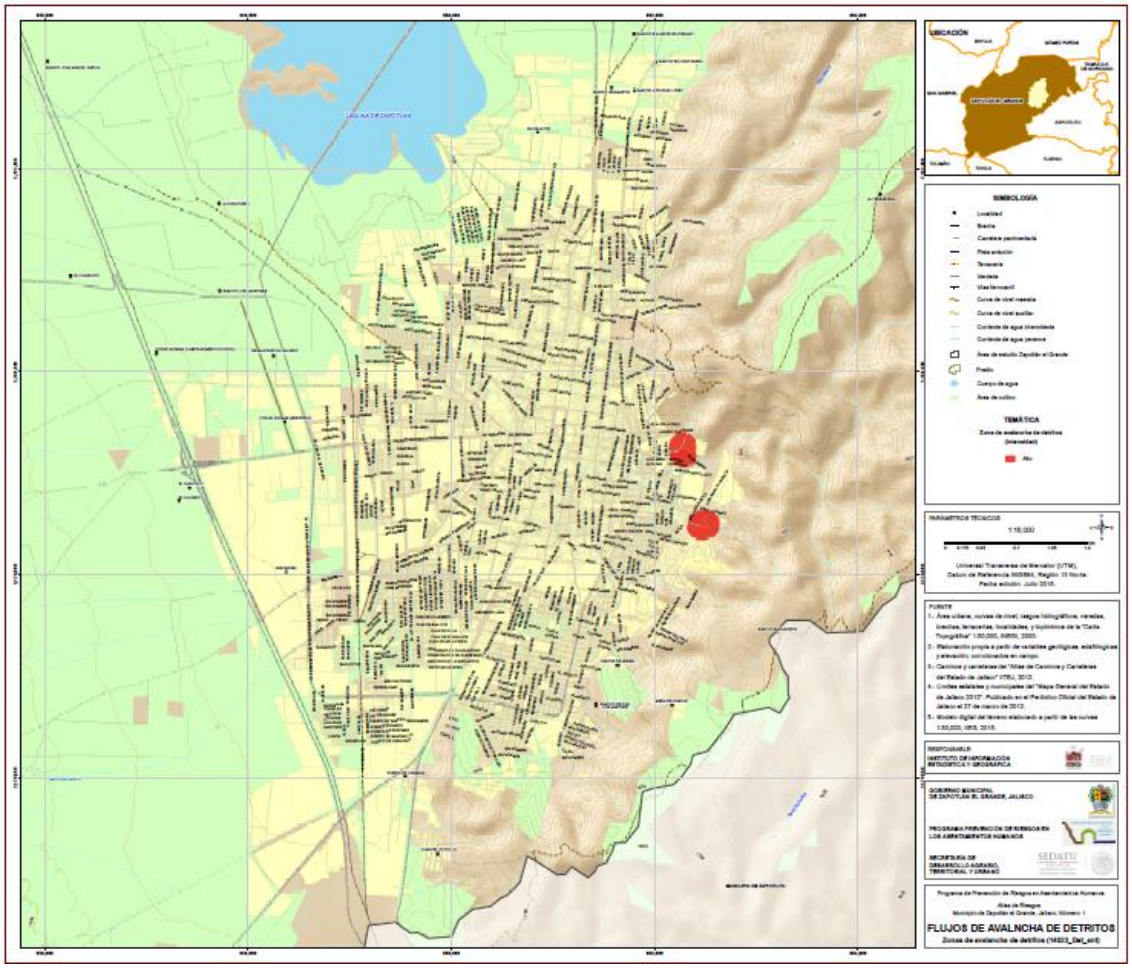
Con base en la caracterización del macizo rocoso, la altura del talud y el tipo de roca se otorgó el valor del peligro Muy Alto a las cuatro zonas identificadas (Mapa 4.1.7.1.1.).



Mapa 4.1.7.1.1. Flujos de Avalanchas de Detritos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.7.2. Zonas antiguas de avalanchas de detritos

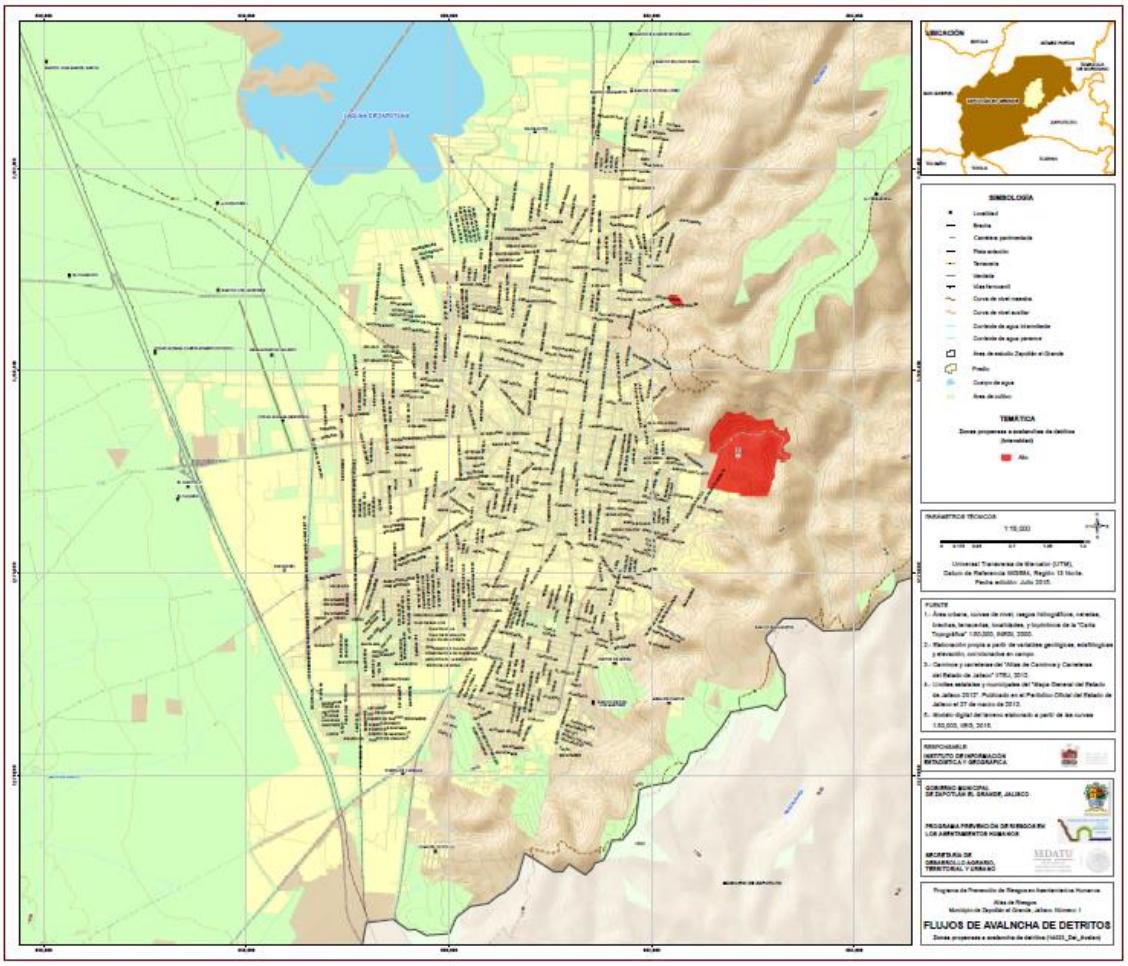
Se localizaron 2 zonas en donde se han presentado antiguamente flujos de avalanchas de detritos en la montaña oriente, como se muestra en el (Mapa 4.1.7.2.1.).



Mapa 4.1.7.2.1. Zonas antiguas de avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.7.3. Zonas propensas de avalanchas de detritos

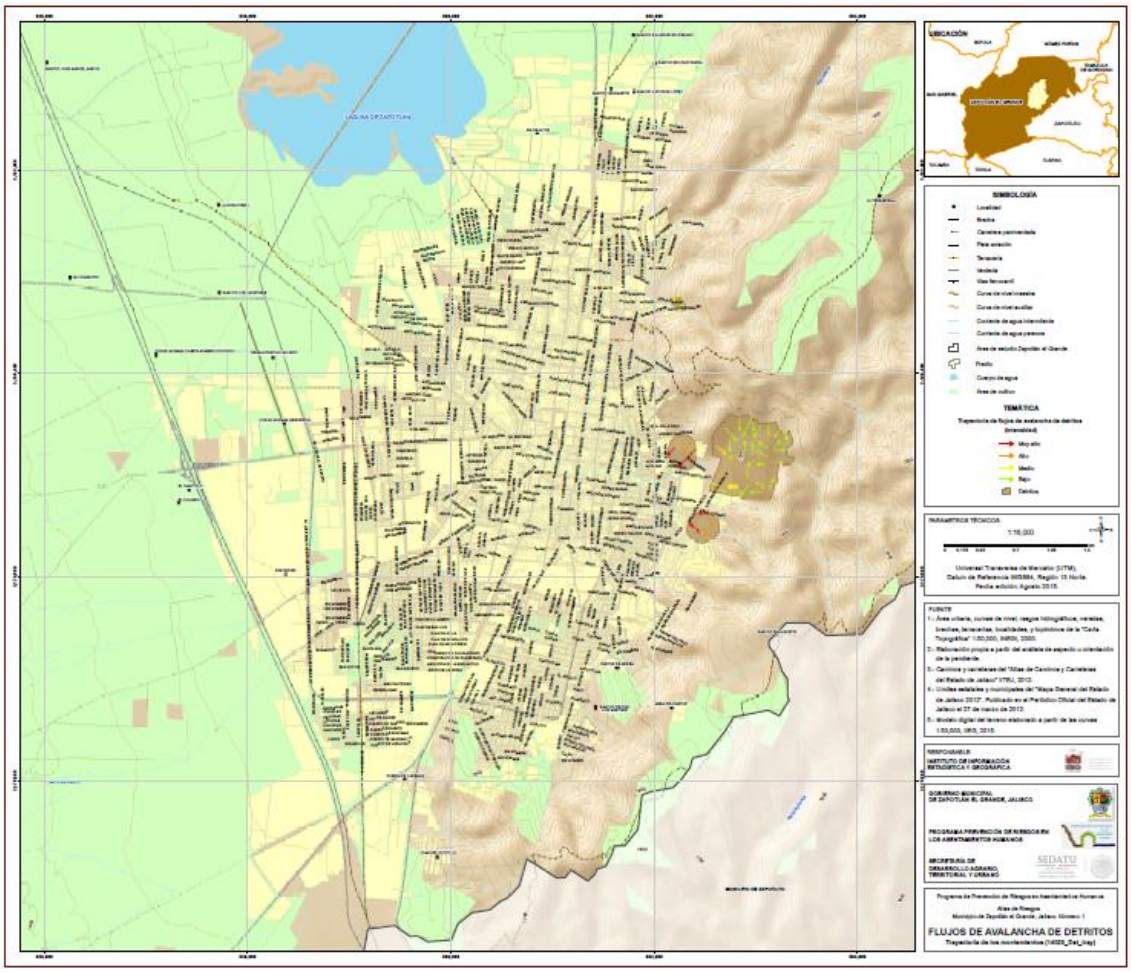
En visitas a campo se registraron las coordenadas de los sitios donde se habían presentado derrumbes o desprendimientos de detritos. Y se procedió a evaluar sus características geológicas (tipo de roca y altura del talud) para definir el nivel de amenaza o peligro de cada sitio (Mapa 4.1.7.3.1.).



Mapa 4.1.7.3.1. Zonas propensas a Flujos de Avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.7.4. Trayectoria de los movimientos

También se generó un mapa de orientaciones para poder estimar la dirección de las avalanchas de detritos; se utilizó el mapa de litología generado a partir de información de INEGI a fin de ubicar los sedimentos, en este caso se tienen rocas ígneas en su mayoría extrusivas (basaltos, andesitas y riolitas). La trayectoria de los movimientos de presentarse sería de este a oeste (Mapa 4.1.7.4.1.).



Mapa 4.1.7.4.1. Mapa de trayectoria de movimientos de Flujos de avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.7.5. Zonas emisoras de material

Los polígonos potenciales obtenidos están distribuidos en las partes del pie de la sierra del municipio de Zapotlán, en este caso para el potencial de deslizamiento al este del mismo.

Estos sitios potenciales se encuentran en las partes montañosas del Municipio de Zapotlán, por lo tanto la cabecera municipal está exenta de este tipo de fenómenos.

4.1.7.6. Zonas de transporte de material

Al este del municipio, en la zona del pie de la sierra conocida como “Las Peñas”, se registró un sitio el cual se clasifico con un nivel de amenaza muy alto. Por cierto aquí se aloja el parque ecológico “La Peñas”, donde se puede presenciar un domingo la asistencia de cerca de 500 personas.

También al este del municipio, en la zona del pie de la montaña oriente, se localizó un sitio más que es propenso a este fenómeno, si bien es mucho más pequeño en extensión que el sitio anteriormente descrito, de igual forma se clasifica con un nivel de Peligro muy alto.

4.1.7.7. Zonas de recepción de material

Para delimitar las zonas de interés se elaboró un mapa de exposición el cual consiste en determinar las zonas del municipio en las cuales existe población o infraestructura que puede ser dañada en el caso de que un evento suceda.

Con este mapa se determinaron las regiones a estudiar y con el apoyo de un geotecnista se procedió a determinar las zonas de mayor peligro en el municipio; posteriormente estas áreas se verificaron en sitio con personal de la unidad de protección civil del municipio y se procedió a realizar las visitas de campo para levantar información.

4.1.7.8. Derrumbes

Los problemas de derrumbes que presenta la inestabilidad de las laderas de las montañas, son uno de los peligros naturales más destructivos. Los caídos o derrumbes del terreno y que presentan diferentes movimientos complejos ocurren día con día, de tal forma que cada año las víctimas y los daños materiales son incalculables. Este tipo de fenómeno puede originarse, por terremotos, lluvias intensas, pero el principal peligro son los asentamientos humanos en las laderas de montañas que presentan diferentes grados de inclinación o por vivir al pie de ellas.

Los mecanismos básicos de los derrumbes, son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas u acantilados, por lo que el movimiento es de caída libre, rodando y rebotando que suelen presentarse mayormente en las carreteras (Figura 4.1.7.8.1).

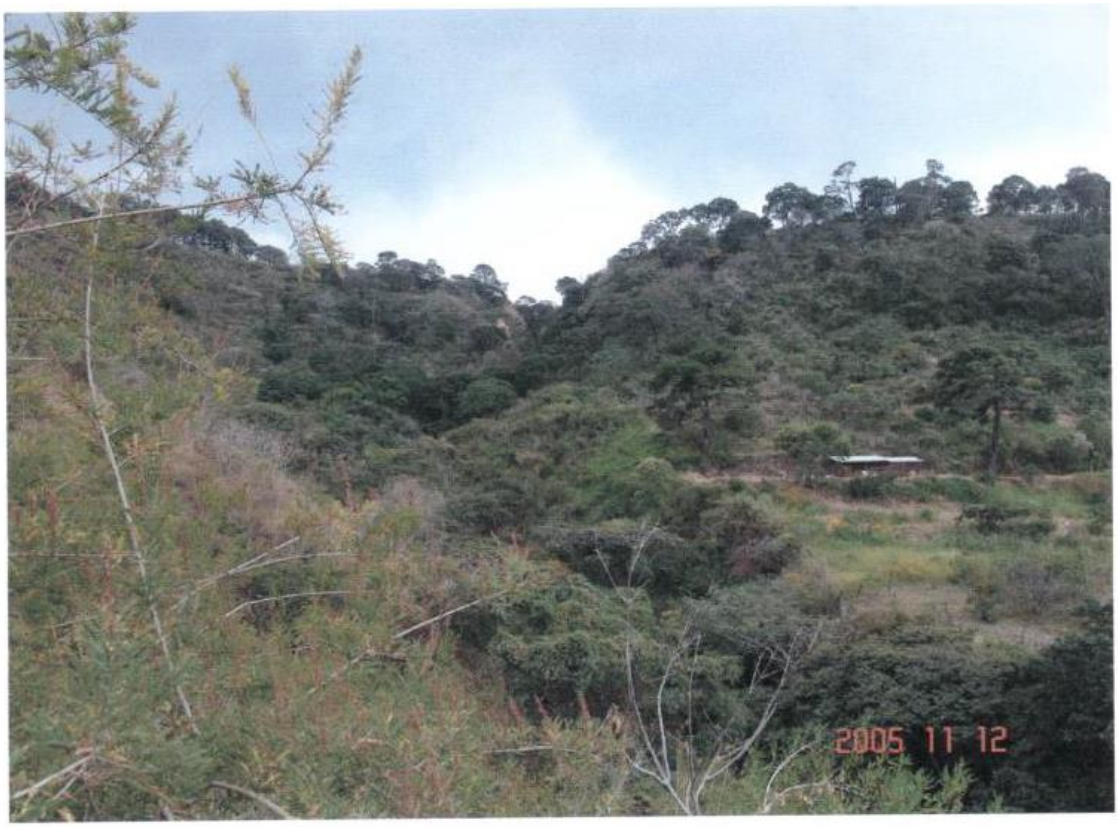
F

Figura 4.1.7.8.1. Caídos o derrumbes (http://rouseelcabrera.blogspot.mx/p/semana-7.html)

El desprendimiento de rocas se caracteriza por la caída libre desde un acantilado. Estas generalmente se acumulan en la base del acantilado formando una pendiente, lo que impone una amenaza adicional. El desprendimiento de rocas obviamente constituye un peligro para los seres humanos y la propiedad, pero en general, impone una amenaza localizada dada su limitada área de influencia.

Para el municipio de Zapotlán, se tiene contemplado este fenómeno dado que tiene incidencia, principalmente en Ciudad Guzmán, hacia la zona de la montaña, en donde existen asentamientos humanos en las laderas y evidencia de bloques caídos.

En la montaña Oriente la tendencia del fallamiento (Fotografía 4.1.7.8.1.) tiene dos direcciones preferentes una hacia el NE, que presenta las estructuras de mayor longitud, y la otra hacia el NW que tiene estructuras de menor tamaño (Nuñez-Cornú et.al., 2005).



Fotografía 4.1.7.8.1. Arroyo desarrollado a lo largo de una falla normal (Fuente Nuñez-Cornú *et al*., 2005).

Esto ha creado varios puntos susceptibles a desprender materiales, y formar movimientos en masa como caída de rocas, una evidencia son los bloques caídos en la zona denominado las Peñitas (Fotografías 4.1.7.8.2. y 4.1.7.8.3).



Fotografía 4.1.7.8.2. Bloque caído y estación sísmica de monitoreo (Fuente: IIEG, 2015)



Fotografía 4.1.7.8.3. Otro ángulo de bloque caído (Fuente: IIEG, 2015).

Un factor que incidirá en el futuro cercano a una mayor probabilidad de un deslizamiento masivo en las pendientes máximas, 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.

Las potenciales zonas de peligro en el área están ubicadas en las zonas de falla y en donde las tobas tienen intercaladas al Conglomerado Rojo y a los derrames andesíticos. La alternancia de rocas suaves (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 eliminación de la Toba Pumítica que deja sin soporte a los Conglomerados y andesitas lo que propicia la Caída de bloques.

Los sitios con peligro Alto son: La Reja, Peñas, Los Guayabos, que pueden tener efectos por derrumbes o caída de bloques.

4.1.7.8.1. Implicaciones del peligro por flujos de avalanchas de detritos y derrumbes.

Las diferentes formas en las que los taludes pueden romperse en la Montaña de Zapotlán, dependerán del ángulo del talud, el contenido de agua, tipo de material involucrado, y de factores ambientales locales tales como la temperatura del terreno para generar un flujo de avalanchas de detritos. Este tipo de fenómenos pueden ocurrir súbita y catastróficamente y de alto Peligro, dando como resultado flujos de detritos y derrumbes. Por ejemplo, la velocidad inicial de los flujos puede alcanzar los 30 m/seg en pocos segundos, disminuyendo a varios metros por día. Los movimientos más lentos dan lugar a deslizamientos, derrumbes (de roca y de suelo), deslizamientos complejos y reptación. Los flujos son considerados comúnmente como una de las amenazas geológicas más predecibles. Tres parámetros son particularmente importantes para el monitoreo de todo tipo de movimientos de masas:

1) Las grietas del terreno son la manifestación en superficie de una variedad de movimientos de masa. En planta, son generalmente concéntricas o paralelas, y tienen un ancho de algunos centímetros y longitudes de varios metros, lo cual las distingue de las grietas de desecación, que son más cortas [ver: Costras y fisuras en superficies desérticas]. La formación de grietas, y cualquier incremento en su ritmo o tasa de ampliación, es un indicador común de inminentes roturas del talud.

2) La aparición y el incremento de subsidencia o levantamiento del terreno también es un buen indicador de rupturas inminentes.

3) 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.

Los cambios climáticos pueden acelerar o frenar el ritmo natural de la rotura de taludes, debido a cambios en las precipitaciones o en la cubierta vegetal que retiene los materiales sueltos del talud: los incendios pueden también promover movimientos de masas por destrucción de la cubierta arbórea. Sin embargo, es difícil hacer generalizaciones allí donde falta información sobre la distribución actual y la importancia de los deslizamientos o flujos, y porque son varios los parámetros que, además del cambio climático, contribuyen a la estabilidad de una ladera.

4.1.8. Hundimientos o subsidencia

El hundimiento o subsidencia del terreno es un peligro natural que afecta a amplias zonas del territorio causando importantes daños económicos y una gran alarma social. La subsidencia del terreno puede deberse a numerosas causas como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad tectónica. Todas estas causas se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros (Figura 4.1.8.1.), durante periodos que varían desde minutos hasta años.

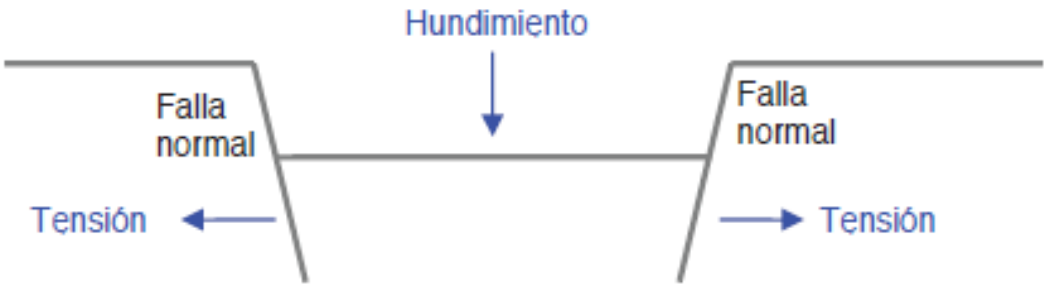


Figura 4.1.8.1. Hundimiento en Fosa tectónica o Graben (Fuente: Lazcano, 2013).

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 que se complica 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 (Lazcano, 2013).

Es importante mencionar que, debido a las condiciones inestables del suelo en el que está asentada Ciudad Guzmán, es posible que durante la ocurrencia de un fenómeno sísmico el suelo se licue o se haga de consistencia más blanda (fenómeno de licuefacción), lo que traería como consecuencia que las estructuras que se encuentran encima se hundan o se inclinen. Así mismo, el suelo es propicio para que se erosione en forma acelerada, a consecuencia de la gran cantidad de fallas y fracturas presentes o por fugas en el sistema de agua y alcantarillado. Esto provocará asentamientos o grietas en cualquier parte de la ciudad.

Sin embargo, se observó que la zona norte de Ciudad Guzmán, es más propicia para que ocurran hundimientos, debido a la presencia del sistema de fallas y fracturas en esa zona, un subsuelo poco compacto, escurrimientos de agua y zonas en donde los pozos se han abatido o colapsado. Este último punto es importante, debido a que si se deshidrata la roca, esta perderá la capacidad de soportar el peso que se encuentre en la parte superior.

Este fenómeno causará daños según el lugar en que se formen las grietas, por lo que esos daños pueden ser muy variables: desde problemas de tránsito hasta daños en las edificaciones y demás infraestructuras. Situación que trae consigo, problemas económicos y socio - organizativos y en general al bienestar de la población.

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Es de gran importancia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un peligro importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma (Cruz, 1996).

El mal ordenamiento territorial en Jalisco, desde el punto de vista geológico, aunado a la necesidad de viviendas y desarrollo económico, han propiciado la construcción en áreas que pueden sufrir hundimientos.

Este tipo de problemas son añejos en Jalisco y se han detectado en varias localidades, como en Guadalajara (Alcalde Barranquitas, el Tapatío), Chápala, Ciudad Guzmán y hace poco en Ameca.

Dichos acontecimientos ponen en riesgo a los habitantes de estas zonas y a sus bienes, Para conocer las causas que originaron estos hundimientos, primero debemos tener una visión global del problema, para después concentrar la atención en un caso específico.

En la entidad se pueden observar ejemplos en los que no son acatadas las normas establecidas, y las autoridades, quizá por imprudencia, permiten la construcción en lugares inadecuados.

La manera de localizar áreas de peligro por hundimientos es mediante estudios sistemáticos, revisión de registros históricos, observación de zonas afectadas cíclicamente y diagnósticos precisos. Los agentes causales de hundimientos, generalmente son la sobreexplotación de mantos acuíferos, tectónica y construcción de asentamientos sobre rellenos.

4.1.8.1. Tipos de Hundimientos

Los hundimientos del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos sub-superficiales de deformación. Prokopovich (1979) define desde un punto de vista genético dos tipos de subsidencia: endógena y exógena.

El primero de estos términos hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

Los hundimientos puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan (Scott, 1979). Las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsidencia (González Vallejo *et al*., 2002). En la Tabla 4.1.8.1.1. se muestra un esquema de los diferentes tipos de subsidencia existentes.

Por disolución subterránea	En Sal En yeso En rocas carbonatadas
Por construcción de obras subterráneas o galerías mineras	
Por erosión subterránea	Rocas Salinas
Por Flujo Lateral	Arcillas Por carga Por drenaje
Por Compactación	Por vibración Por extracción de fluidos Por hidrocompactación
Por Tectónica	

Tabla 4.1.8.1.1. Tipos de hundimientos o subsidencia del terreno. (Fuente: Corapcioglu, 1984.)

Para el caso de hundimientos del terreno en el Municipio de Zapotlán se piensan en varias hipótesis combinando compactación y tectónica.

4.1.8.2. Hundimientos Antiguos

Los hundimientos antiguos que se han reportado se encuentran en la zona urbana de Ciudad Guzmán, presentándose algunos casos a continuación:

Se registró un hundimiento de la superficie de asfalto en un área aproximada de 8 metros cuadrados. Este hecho ocurrió en la Calle Jazmín, casi en su intersección con Galeana, donde se construyó un colector de aguas pluviales, en el sitio convergen dos colectores de aguas negras proveniente de las colonias asentadas en la parte alta., lo que da paso a un caudal de considerable volumen.

Otro caso de subsidencia en donde fueron afectas un buen número de casas-habitación a consecuencia del agrandamiento de una falla geológica detectada luego del sismo registrado en 1985. Las investigaciones realizadas en este caso se piensa que está asociado al comportamiento de los mantos acuíferos que pudieron haber acelerado el proceso, como se observó en 1994, en el que se tuvo en otro sector de la falla un problema hidrogeológico, en donde corrientes de agua se integraron a la falla geológica y propició daños de aproximadamente 300 m. Está falla que atraviesa Ciudad Guzmán se desplazó aproximadamente 500 metros en la parte central, provocando hundimientos y afectaciones en viviendas (Fotografía 4.1.8.2.1.).



Fotografía 4.1.8.2.1. Afectaciones a viviendas por hundimientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

Hay viviendas donde la falla pasa por el centro de las casas y al momento que se mueve, las estructuras son dañadas, de igual manera la infraestructura urbana resultó dañada y tienen también desniveles en las vialidades.

Otro caso de hundimiento se presentó en la calle Ignacio Mejía y Manuel M. Diéguez en donde ocho viviendas quedaron inhabitables y daños menores en las calles antes mencionadas, No hubo daños a personas, es el saldo que dejo el fenómeno conocido como subsidencia, registrado en Ciudad Guzmán, municipio de Zapotlán el Grande, en una zona habitada sobre una grieta detectada desde los años ochenta.

La grieta es uno de los efectos visibles de una falla geológica en Ciudad Guzmán, que corre de noreste a suroeste y atraviesa prácticamente toda la ciudad; ya había provocado un movimiento de tierra desde febrero de 1985 y en los sismos de septiembre de ese mismo año que devastaron la Ciudad de México, hubo un desplazamiento mayor de este a oeste, con hundimientos del suelo en la parte oeste de la ciudad.

De las investigaciones realizadas de la línea que cruza la falla se encontraron daños en la vialidad y en las casas en la calle Manuel M. Diéguez y Reforma, a su cruce con la Calzada Madero. En el proceso de movimiento de esta estructura geológica se han registrado

desplazamientos de 2.5 centímetros, incluso en otras zonas hasta de 10 centímetros, con hundimientos de cinco y 10 centímetros.

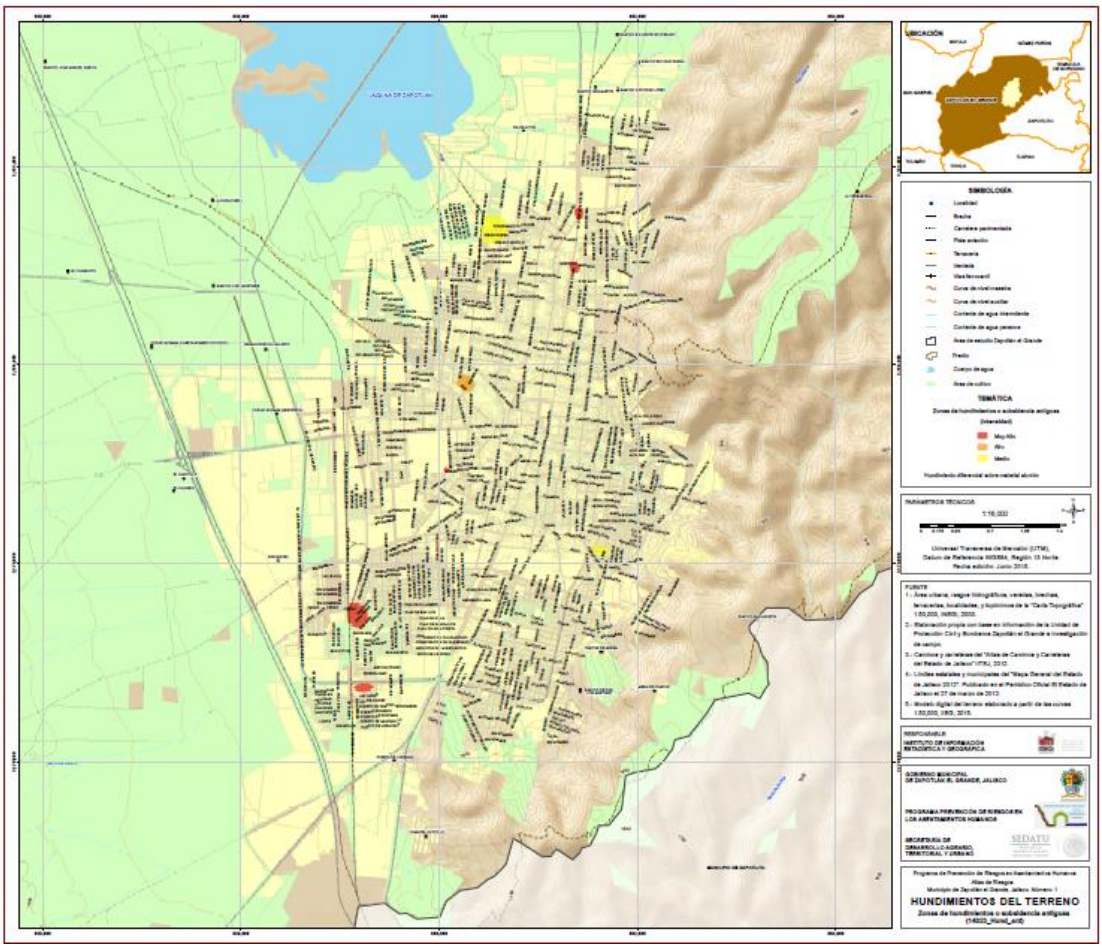
Se requieren diversos estudios tanto geofísicos como geológicos y geotécnicos para determinar las causas que originan los desplazamientos de terreno en la calle Guerrero a la calzada Madero y Carranza, donde 30 viviendas resultaron con daños y ocho de ellas quedaron inhabitables. Tuvieron lugar otros dos que originaron una grieta visible en las calles Manuel M. Diéguez, Ignacio Mejía y la Calzada Madero y Carranza, así como daños de consideración en varias viviendas. De momento no se ha presentado un incidente mayor a los registrados por lo pronto lo que podemos decir es que la grieta se encontró desde la calle Guerrero hasta la calzada Madero y Carranza, esta franja cruza en total de 30 viviendas y si bien no todas resultaron afectadas hay ocho que ya no están en condiciones de estar habitadas. Se ha podido observar en varias viviendas grietas en sus pisos, paredes y techos como si hubieran sido partidas por mitad (Fotografía 4.1.8.2.2.).

De igual forma, el desnivel en la calzada Madero y Carranza así como en la calle Manuel M. Diéguez alcanza en algunos puntos los 30 centímetros como consecuencia de este asentamiento que abarcó todo un sector de la población abarcando aproximadamente 422 metros de longitud.



Fotografía 4.1.8.2.2. Daños en casa-habitación observados (Fuente: IIEG, 2015).

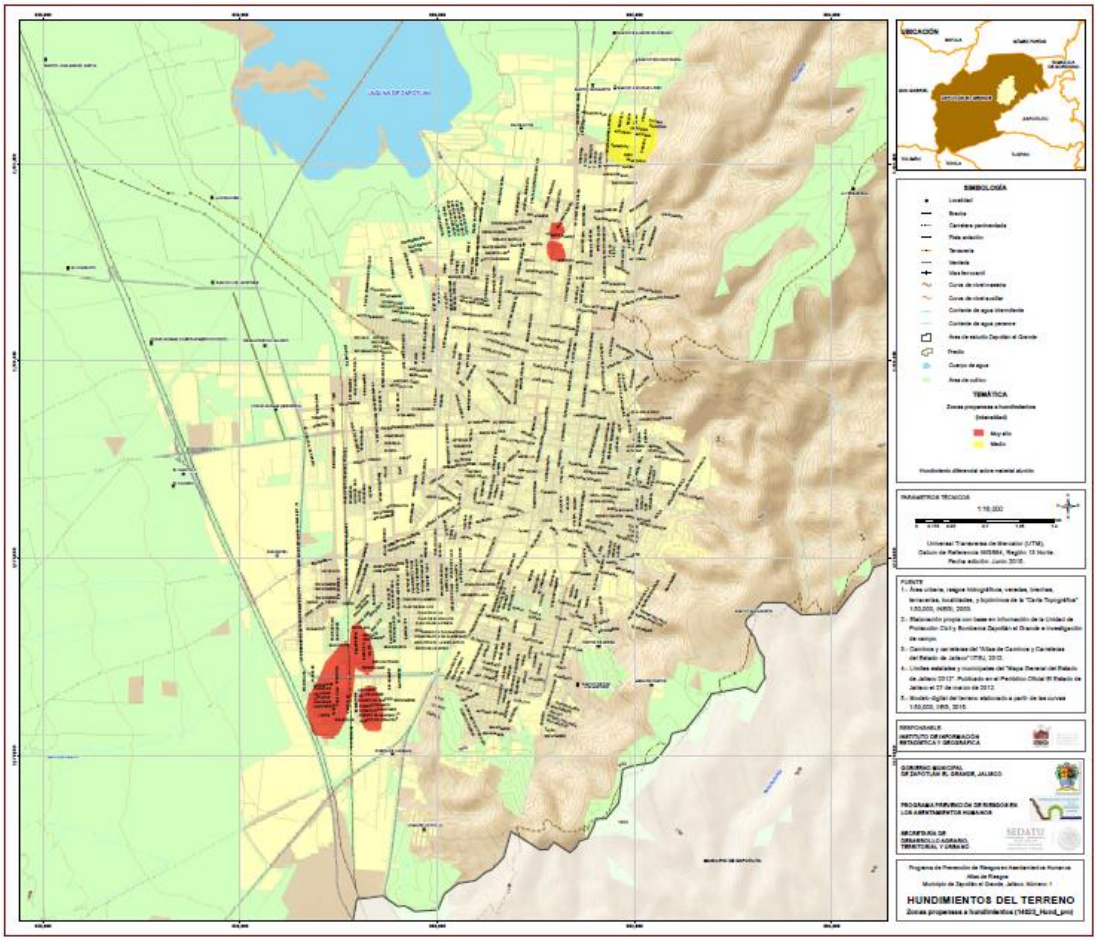
En el (Mapa 4.1.8.2.1.), se muestra los hundimientos antiguos ocasionados en Ciudad Guzmán y observados a partir del sismo de 1985. Se localizaron dos polígonos con Peligros Muy Altos, uno en Av. Cristóbal Colon casi esquina Chapultepec y otro hacia el sur de este, también en Av. Cristóbal Colón y Calle Mariscal. Otro sector con hundimientos antiguos anteriormente registrados se localiza sobre la calle Ignacio Aldama entre las calles Condominio Tulipanes y Diego Rivera, asignando un peligro Medio. Hacia el centro de la ciudad se encontró otro efecto de este fenómeno antiguamente originado, entre las calles Ignacio Mejía, Banderas y Sur, considerado con Peligro Alto. En la calle huicholes y Gregorio Torres se localizó otro sitio con hundimientos antiguos y Peligro Muy Alto. Otro sector de peligro Muy Alto localizado hacia el sur de la zona urbana, iniciando en la calle José Villaseñor entre las calles San Daniel, San Andrés y San José.



Mapa 4.1.8.2.1. Hundimientos antiguos generados en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).

4.1.8.3. Hundimientos Propensos

Los hundimientos propensos son el potencial de un área para que se produzcan hundimientos. A continuación se presenta el (Mapa 4.1.8.3.1.), las áreas propensas a generarse este tipo de fenómeno. Se localizaron polígonos con Peligros de Muy Alto, en la zona norte y sur de la ciudad. Localizándose también otra zona con posibilidad de hundimiento con Peligro medio en la parte norte de la ciudad.



Mapa 4.1.8.3.1. Áreas propensas a generarse hundimientos en Ciudad Guzmán (IIEG,2015).

4.1.8.4 Implicaciones del Peligro por Hundimientos

En la zona urbana de Ciudad Guzmán el peligro 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 débil generando un 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. Estos peligros son

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 muy probable que parte de la zona Noreste sea la más afectada.

El nivel de consecuencias que produzcan los hundimientos será de Peligro Medio, Alto y Muy Alto, debido a que los daños pueden ser considerables pero no se afecta la totalidad de las funciones de la población. 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.

Estos sitios potenciales se encuentran en las partes montañosas del Municipio de Zapotlán, sin embargo de presentarse el fenómeno se corre el riesgo que la trayectoria afecte población ubicada en las partes de la cabecera municipal.

4.1.8.5 Zonas de transporte de material

Al este del municipio, en la zona del pie de la sierra, se registraron 9 sitios los cuales se clasifican con un nivel de amenaza muy alto.

Al sur-este del municipio, cerca de la zona del pie de la sierra donde se encuentran “Las ladrilleras” en forma de bermas, se localizó 1 sitio que de igual forma se clasifica con un nivel de amenaza muy alto.

4.1.8.6 Zonas de recepción de material

Para delimitar las zonas de interés se elaboró un mapa de exposición el cual consiste en determinar las zonas del municipio en las cuales existe población o infraestructura que puede ser dañada en el caso de que un evento suceda.

Con este mapa se determinaron las regiones a estudiar y con el apoyo de un geotecnista se procedió a determinar las zonas de mayor peligro en el municipio; posteriormente estas áreas se verificaron en sitio con personal de la unidad de protección civil del municipio y se procedió a realizar las visitas de campo para levantar información.

4.1.9. Erosión

La degradación de suelos presente en el municipio de Zapotlán El Grande representa un factor de peligro principalmente en las zonas urbanas y localidades. Genera problemas en

la biodiversidad ecológica y la productividad del terreno, el cual sustenta las actividades agrícolas que garantizan la seguridad alimentaria del municipio.

El escurrimiento superficial representa el factor determinante para proceso de pérdida del suelo del territorio. La remoción del suelo acarrea problemas ambientales, como el asolvamiento a la cuenca el cual puede incrementar la corriente fluvial de arroyos y ríos de forma gradual, transformado su condición que provoca sequía en época de estiaje (Vélez, 1992).

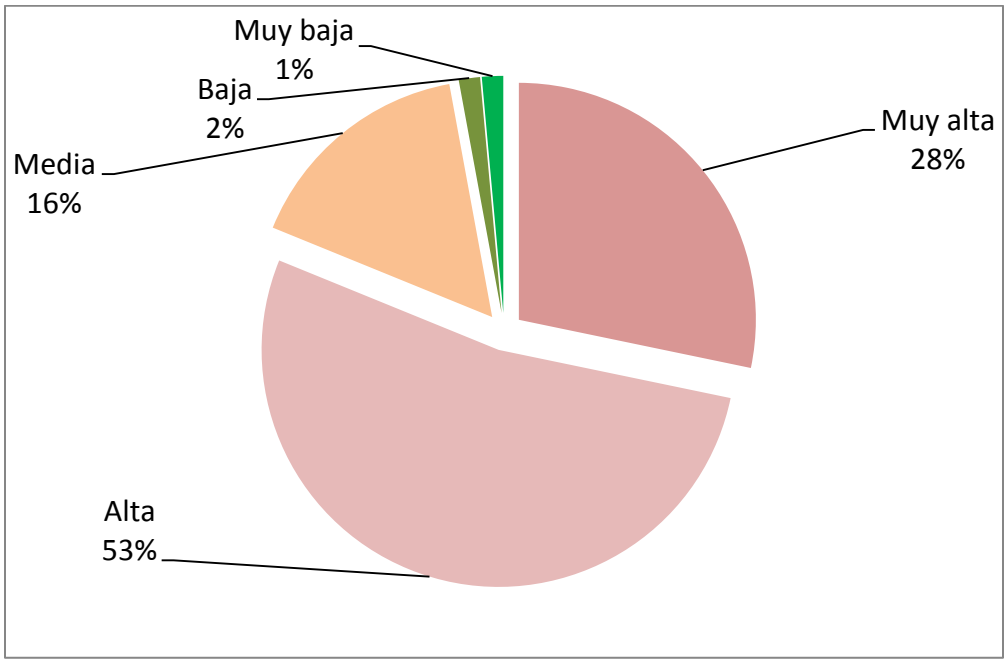
Es mediante el análisis de peligros que se identificaron las áreas que presentan alto grado de vulnerabilidad ante fenómenos erosivos, además se localizaron las áreas consideradas como no aptas para el establecimiento de infraestructura urbana, de acuerdo con las condiciones generales de cada zona, esto con la finalidad de evitar riesgos a los sistemas afectables de las poblaciones.

4.1.9.1 Tipos de erosión hídrica

Las áreas de afectación localizadas son clasificadas de acuerdo al grado de intensidad y magnitud del fenómeno de erosión, en los cuales son caracterizados el tipo de erosión, posteriormente se realizó el cruce de información vectorial de áreas con erosión tipo laminar y vertical del municipio. Se integró a una base de datos de un SIG, en la cual se realizó el análisis de la información, cabe resaltar aquellas áreas donde intersectan ambos tipos a la cual se realiza el calculó considerando lo siguiente:

- ✓ Uso dominante del suelo (actividades que se desarrollan actualmente)
- ✓ Grado de pendiente
- ✓ Forma y tamaño de áreas de influencia
- ✓ Capacidad de transporte de escurrimientos

Dentro del análisis de la información se consideró los factores erosivos que determinan la vulnerabilidad de los distintos escenarios ante dichos fenómenos, el cual se relaciona de manera directa con intensidad del peligro ver (Gráfica 4.1.9.1.1.).

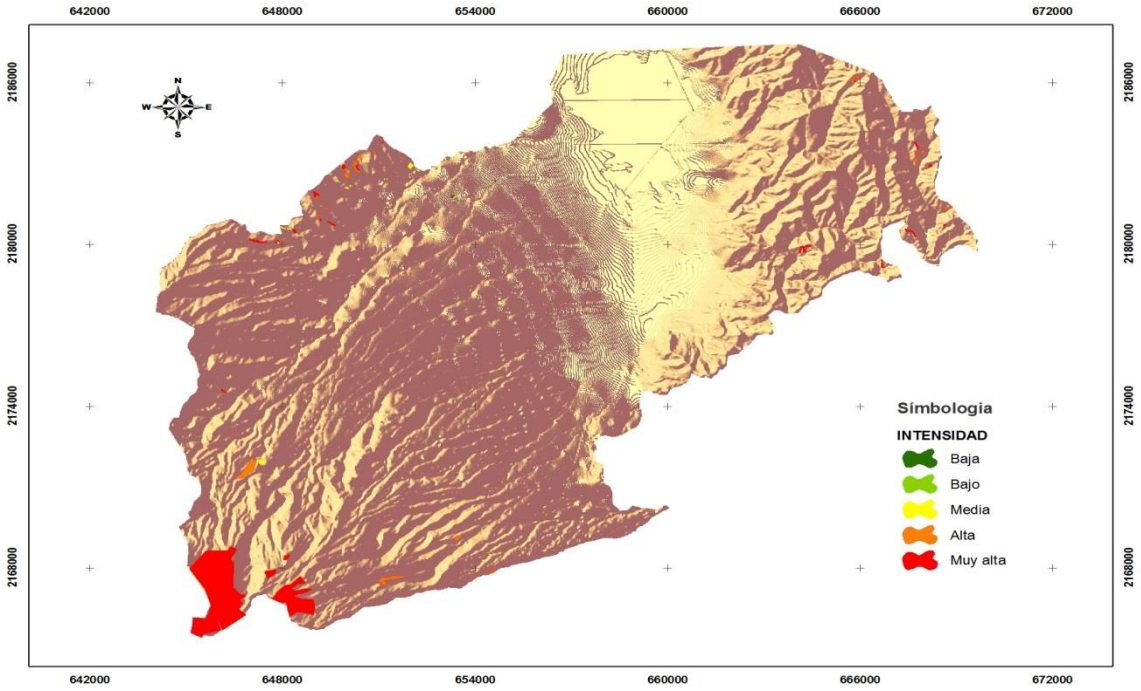


Gráfica 4.1.9.1.1. Porcentajes de la intensidad de tipos de erosión hídrica en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de Imágenes Landsat, 2015).

Intensidad	%
Muy alta	28.26
Alta	52.90
Media	15.94
Baja	1.45
Muy baja	1.45

Tabla 4.1.9.1.1. Valores de la intensidad de tipos de erosión. (Fuente: Elaboración propia a partir de Imágenes Landsat, 2015).

De acuerdo al análisis estadístico cerca de un 52.9 % ocurre con intensidades altas, un 28. 3 % aproximadamente del total de tipos de erosión que ocurren en el municipio son de intensidad muy alta, seguido por 15.9 % con intensidad media, el otro 3 % está considerado de intensidad baja y muy baja, en resumen más del 50 % de áreas afectadas por el fenómeno representan un alto grado de peligro; sin embargo las zonas erosionadas se localizan sobre áreas no cercanas a centros de población, escuelas o infraestructura urbana.



Mapa 4.1.9.1.1. Intensidad de tipos de erosión en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015).

4.1.9.a. Carta geomorfológica

La Geomorfológia del Municipio corresponde a Volcanes, Montañas, Llanuras de origen aluvial, Valle y lagos, los cuales presentan condiciones físicas y biológicas que influyen directamente sobre los procesos erosivos la cual se describen como :

- Sierra con laderas escapadas de falla geológica, la cual se distribuye sobre la porción Norte del municipio, los suelos dominantes son de textura media, la topografía es accidentada registrando pendientes mayores a 15°.
- Sierra de Laderas escarpadas con cañadas, se ubica en la montaña oriente del territorio, se integra por suelos de textura media donde, la topografía registran pendientes entre 15° y 30°.
- Llanuras aluviales, la cual se localiza sobre la porción Centro-Oeste, dominan los suelos de textura media y fina, comprende áreas planas y semiplanas, que debido condiciones físicas albergar zonas agrícolas y urbanas.

- Corresponde a Sierra Volcánica con estratos, la cual se distribuye en las partes de mayor altitud, los suelos dominantes corresponden a texturas medias y gruesas, la topografía es muy accidentada registrando pendientes de entre 30° y 45°.
- Lago de Zapotlán comprende el punto más bajo de la cuenca en la cual se depositan los escurrimientos, es considerada como una zona con alto grado de peligro al transporte de geomateriales y otros residuos.
- Lomeríos de tobas, se localiza sobre la porción Oeste del territorio se caracterizan por integrarse de suelos de textura media y fina, donde la topografía registra pendientes entre 10° y 30°, comprende las zonas de pie de monte.

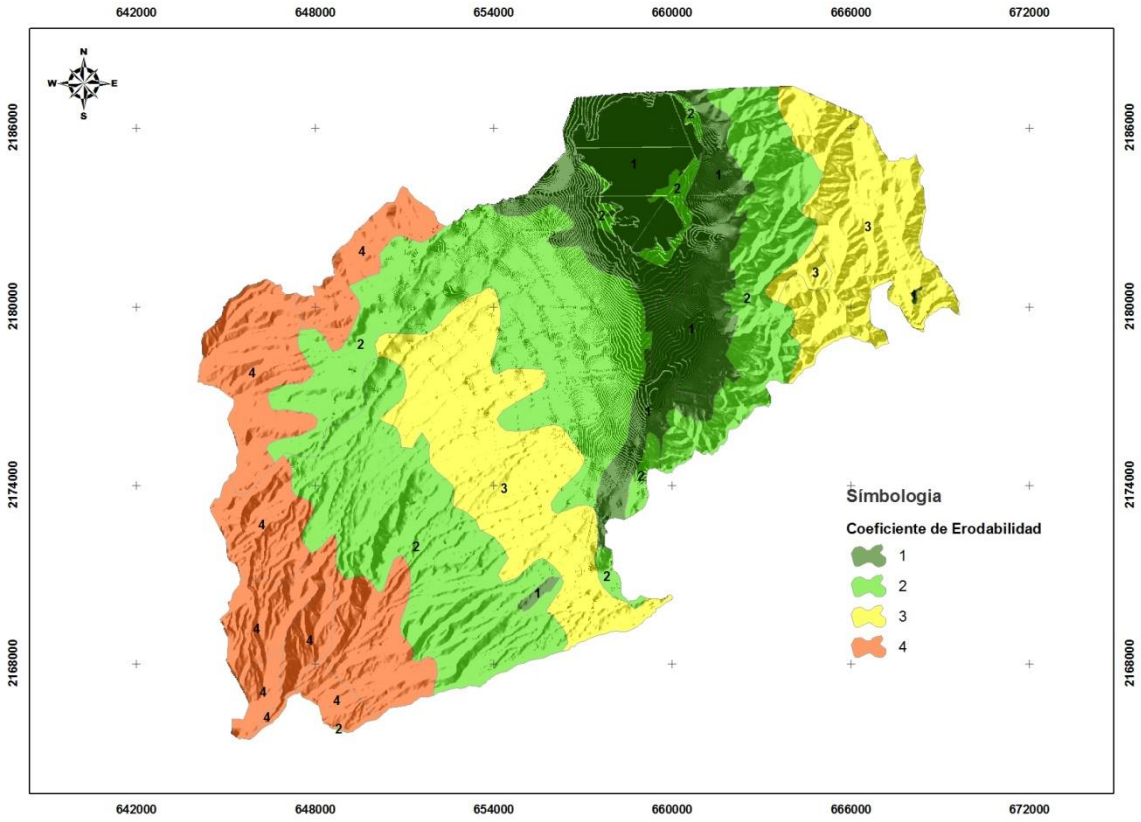
4.1.9.b. Suelos

Según el análisis de suelos dominantes, cerca del 47 % es ocupado por el grupo Regosol seguido por el 21 % del grupo Cambisol y el 12.68 % lo ocupan los Arenosoles, estas unidades además de distribuirse por la zona montañosa volcánica de la porción occidental hasta los lomeríos de tobas comparten la misma clase textural, considerada como un factor importante para el fenómeno de erosión hídrica. Respecto a las unidades de suelos de textura media y fina, Gleysol, Phoazem estos ocupan la región de los valles aluviales donde el suelo se origina por la deposición hídrica, estas zonas con uso dominante de suelos para desarrollar actividades agrícolas, respecto a la zona montañosa oriente, está integrada por suelos de las unidades Cambisol, Regosol y Leptosol de textura gruesa. En la (Tabla 4.1.9.b.1.) se muestra el porcentaje que representan respecto al municipio.

Unidades de suelo	Sup. (ha)	%
Andosol	607.77	1.93
Arenosol	3,999.47	12.68
Cambisol	6,689.95	21.20
Cuerpo de agua	1,409.44	4.47
Gleysol	353.28	1.12
Phaeozem	2,520.40	7.99
Regosol	14,848.34	47.06
Zona urbana	112,2.36	3.56

Tabla 4.1.9.b.1. Porcentaje de unidades de suelo dominante presentes el municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de Carta Geológica INEGI, 2010).

Las propiedades físicas que caracterizan las unidades de suelos dominantes para cada formación geológica, constituyen factores edáficos con los cuales se puede evaluar el factor de erodabilidad hídrica, a través de la asignación de valores a cada grupo de suelos presente (Mapa 4.1.9.b.1.)

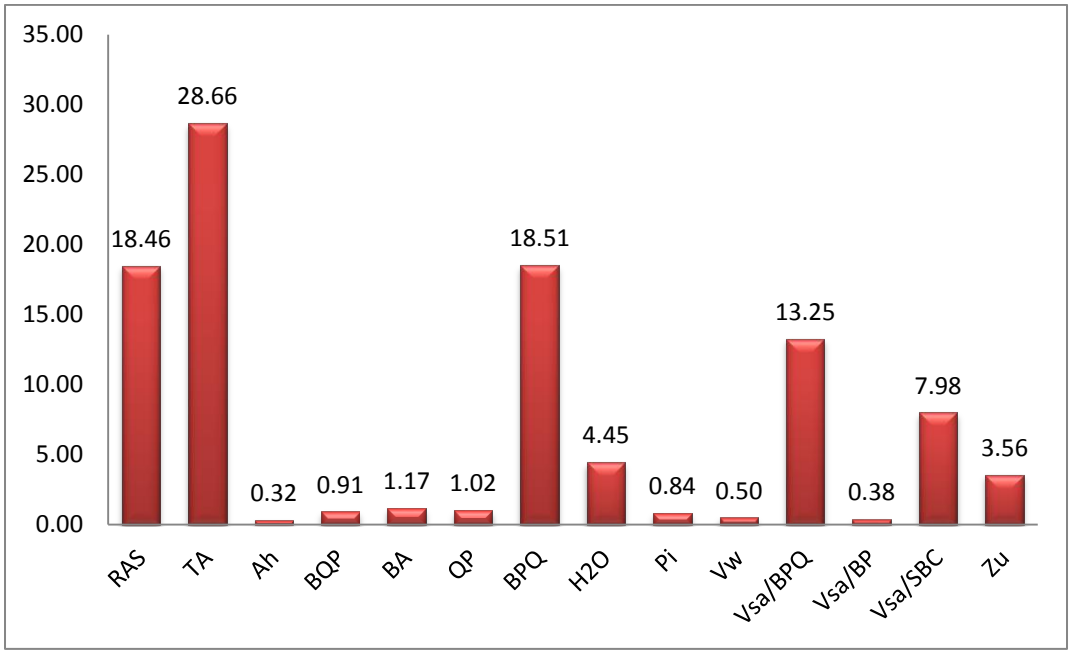


Mapa 4.1.9.b.1. Distribución del coeficiente de erodabilidad en suelos dominantes de la cuenca. (Fuente: Elaboración propia a partir de WRB, 2006, INEGI, 2010).

El valor asignado para cada nivel considera cada una de las características físicas de las unidades de suelo presente, se estima la influencia directa que representa ante en el comportamiento del proceso erosivo, asignándole el valor de uno (1) al nivel con menor susceptibilidad y un valor de cuatro (4) al nivel con alto grado de peligro para la pérdida de recurso.

4.1.9.c. Vulnerabilidad de la vegetación

Si bien la fenología de la vegetación varía con la época del año, cultivo, grado de cobertura y su desarrollo, el efecto se relaciona directamente con la intercepción, velocidad de escurrimiento e infiltración, la presencia de esta tiene influencia directa sobre la absorción de la lluvia y la disminución de la velocidad de escurrimiento partiendo de los tipos de cobertura presentes en el municipio con la finalidad de analizar la distribución. De acuerdo análisis estadístico aproximadamente un 28.66 % del territorio presenta uso del suelo con actividades Agrícolas de temporal anual (TA), cerca de un 18.5 % está representado por Bosque de Pino- Encino, le siguen en dominancia con 18.4 % las zonas con riego anual y semipermanente (RAS), el otro 34 % es ocupado por zonas con vegetación secundaria arbustiva de BPQ y SBC.



Gráfica 4.1.9.c.1. Porcentaje de la cobertura vegetal presente en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Carta de Uso de suelo y vegetación, serie V INEGI 2013).

La importancia del uso de suelo sobre áreas con problemas erosivos resulta ser determinante para el fenómeno perturbador, puesto que en áreas con algún tipo de cobertura se presenta menor susceptibilidad al deslizamiento de material geológico, cabe

mencionar que los factores biológicos en combinación con físicos que caracterizan la zona determinan la intensidad y magnitud del proceso, la vulnerabilidad de la cobertura se puede evaluar y cuantificar con un índice de erosión adecuado a las condiciones presentes (Lal, R. 1990).

En la (Tabla 4.1.9.c.1.) se muestra el tipo de cobertura presente en el municipio, en el cual se estiman los valores de la pérdida del suelo que corresponden a cada uso.

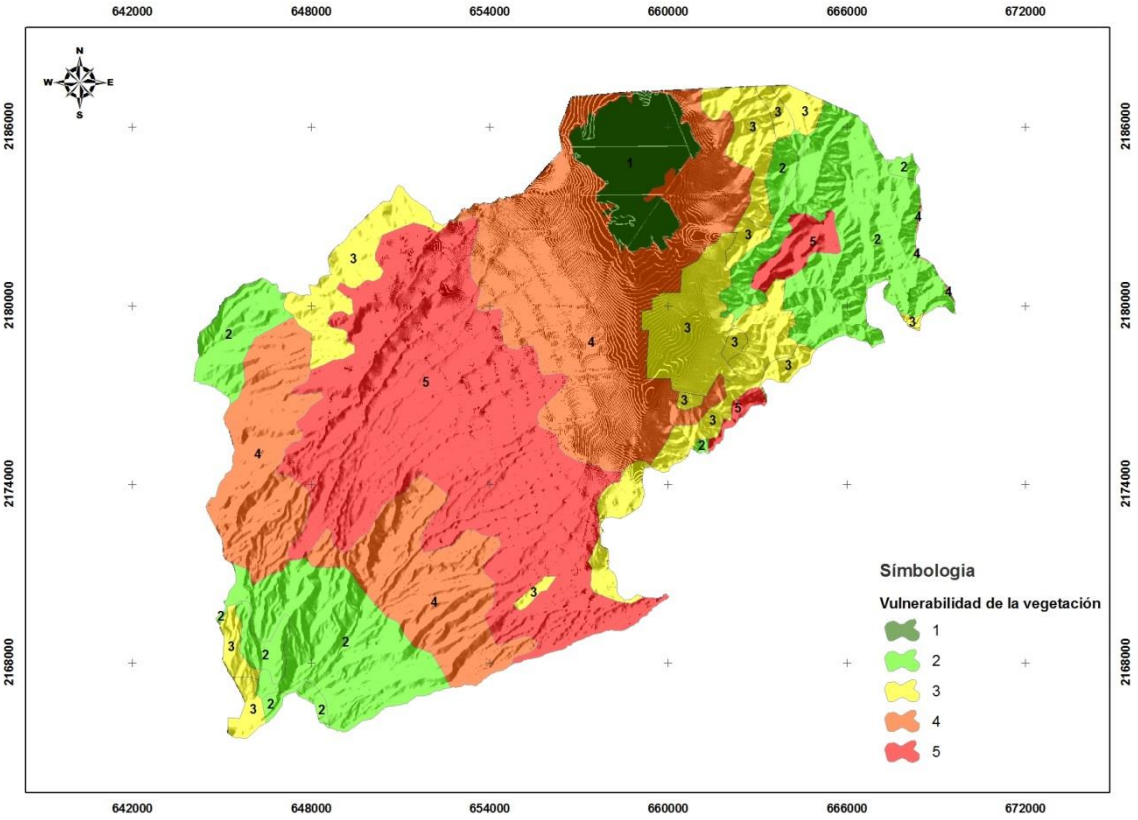
Tipo de cobertura		Pérdida promedio (Ton/ha-año)
Bosques	BPQ	0.016
	BQP	0.016
	BA	0.018
Agricultura	RAS	0.62
	TA	0.38
Áreas urbanas	Ah	N/A
	Zu	N/A
Pastizal	Pi	0.028
Vegetación secundaria	Vsa/BPQ	0.012
	Vsa/SBC	0.019

Tabla 4.1.9.c.1. Efectos del uso del suelo y tipos de cobertura en los procesos erosivos de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de SEGOB, 1998).

De acuerdo con los usos de suelo registrados para el municipio de Zapotlán El Grande, se determinó el nivel de vulnerabilidad de la vegetación presente en la zona, en el que se consideró la importancia de la protección que brinda el dosel de la vegetación representa entre otros. (Tabla 4.1.9.c.2. y Mapa 4.1.9.c.1).

Valor de Vulnerabilidad	%
1	4.45
2	20.59
3	14.59
4	31.71
5	28.66

Tabla 4.1.9.c.2. Porcentaje de vulnerabilidad de la vegetación. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI 2013, SEGOB 1998).



Mapa 4.1.9.c.1. Grado de vulnerabilidad de la vegetación ante los procesos erosivos municipales. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI 2013, SEGOB 1998).

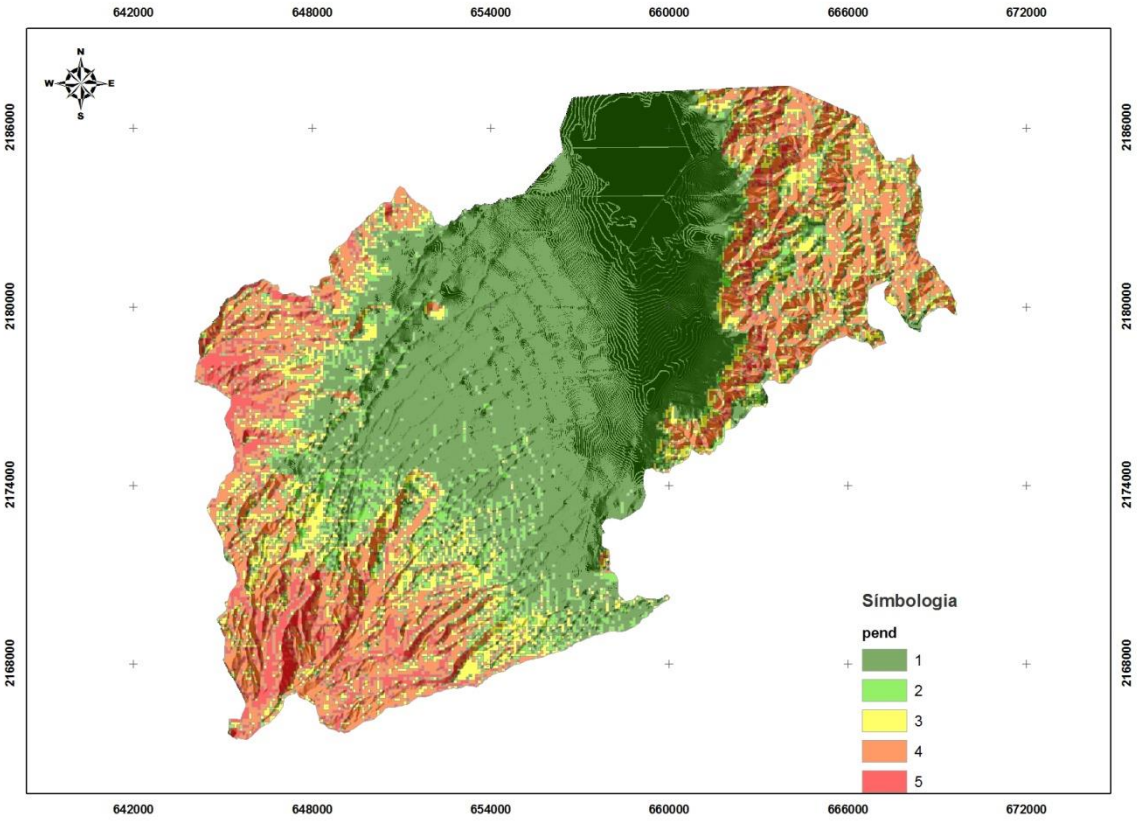
4.1.9.d. Laderas

La pendiente es un factor que influye durante proceso de pérdida de suelo, en el cual se consideró la longitud, magnitud y forma: el grado o porcentaje resulta ser el que origina problemas más agudos en comparación con la longitud la cual solo determina el espesor de la lámina o carga hidráulica. Es a partir del Modelo Digital de Elevación MDE municipal, que se realizó la clasificación de pendientes presentes, en el cual se consideran los criterios para la evaluación del fenómeno de acuerdo al análisis de peligro, finalmente se asigna un valor que considera la influencia directa del fenómeno.(Tabla 4.1.9.d.1.).

Pendiente (P)	0-5%	5-15%	15-30%	30-45%	Más de 45%
	3°	3° - 9°	9°- 18°	18°- 27°	> 30°
Valor	1	2	3	4	5

Tabla 4.1.9.d.1. Clasificación de pendientes. (Fuente: Elaboración propia a partir de ODIN, IITEJ, 2013).

El valor de referencia otorgado a cada uno de los rangos de pendientes que se tienen contemplados, se estimó en la intrusión que se juzga pudiera tener en el comportamiento del proceso erosivo, asignándole el valor de uno (1) al rango con menor pendiente y un valor de cinco (5) como rango al de mayor pendiente.(Mapa 4.1.9.d.1.).



Mapa 4.1.9.d.1. Distribución de las clases pendientes en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de ODIN, IITEJ 2013).

4.1.9.e. Red Hídrica

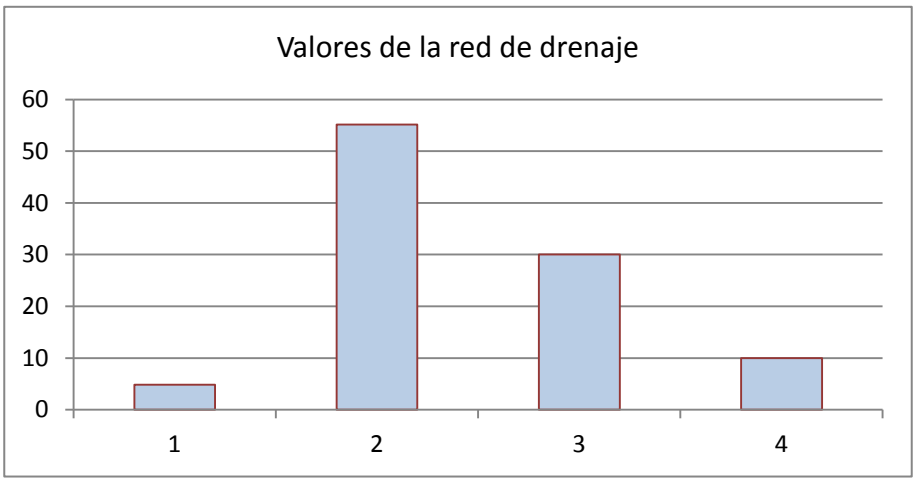
Los datos de escurrimiento superficial fueron consultados en la red de flujos del (SIATL, 2004). La cual se relacionó con las características que permiten evaluar y clasificar las características de la microcuenca en función del fenómeno perturbador.

La clasificación considera la densidad de corrientes, su textura y forma relacionando de manera directa la red de flujos, como producto arroja valores para definir áreas susceptibles a erosión hídrica. (Tabla 4.1.9.e.1.).

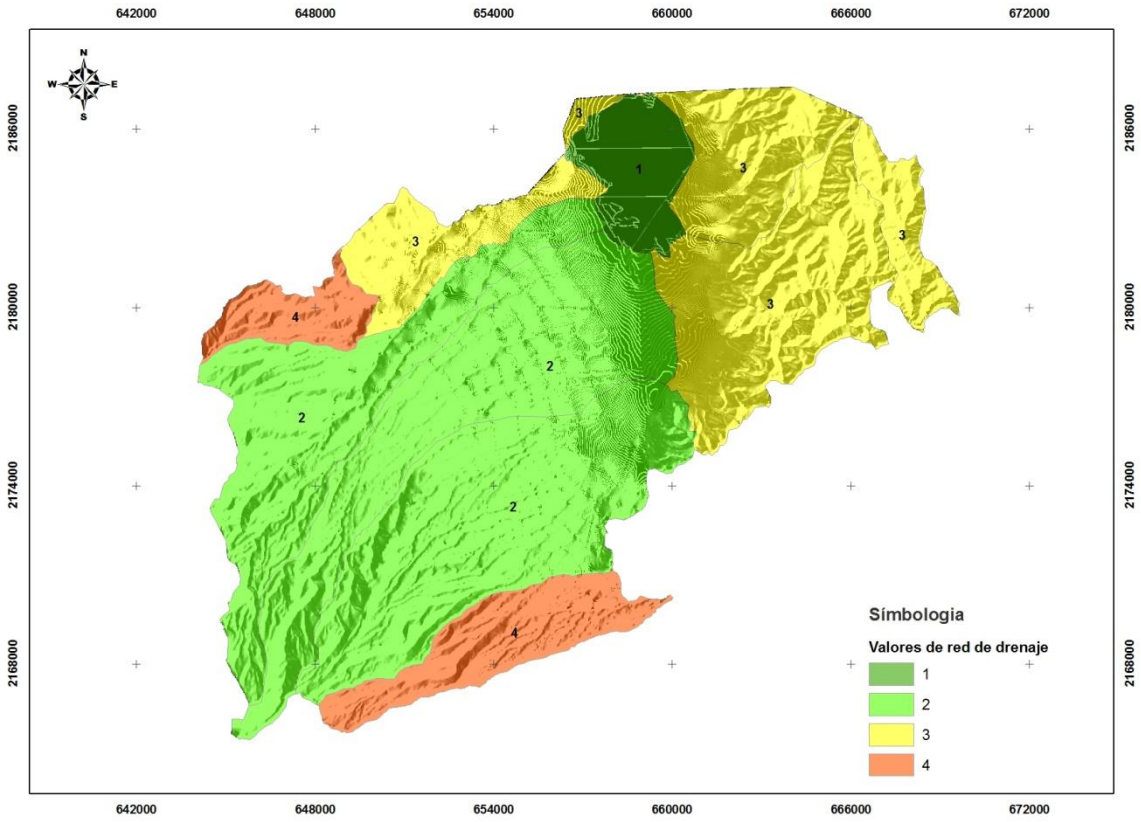
Valor	%	Detalles
1	5	Laguna de Zapotlán El Grande
2	55	Típicas de llanuras aluviales de textura fina , los tributarios se juntan aguas arriba
3	30	Cuenca de drenaje radial o centrifugo, red circular con canales paralelos procedentes de un punto elevado
4	10	Aguas arriba comunes curvas fuertes formando ángulos grandes, los tributarios muy controlados por las rocas

Tabla 4.1.9.e.1 Clasificación de la red de drenaje de la microcuenca. (Fuente: Clasificación de la forma y textura de la red de drenaje WAY, 1978).

La asignación de valores mostro áreas con alto grado de peligro ante fenómeno, descritos en la (Gráfica 4.1.9.e.1. y Mapa 4.1.9.e.1.).



Gráfica 4.1.9.e.1. Porcentaje de las zonas potenciales a erosión. (Fuente: Elaboración propia a partir de la red de flujos SIATL, 2004).



Mapa 4.1.9.e.1. Valores de la red de drenaje en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004, INEGI, 2010).

4.1.9.1. Geoformas hídricas

Para relacionar las condiciones generales de la geomorfología, con las características físicas y biológicas del municipio, fue necesario aplicar la sumatoria de información de tipo raster, el producto obtenido se analizó con la finalidad de evaluar el fenómeno perturbador bajo distintos escenarios y condiciones.

Por lo tanto:

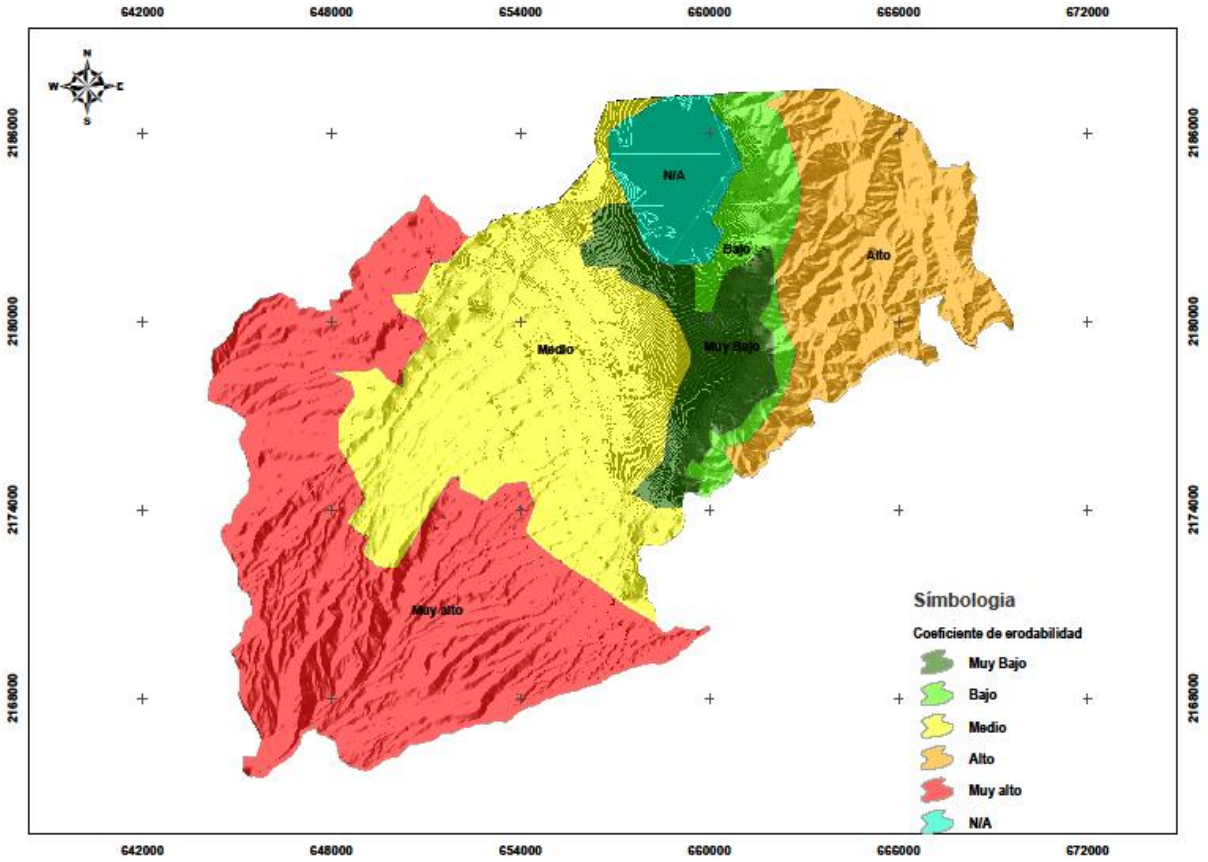
Geomorfología hídrica = Carta Geomorfológica + Suelos + Vulnerabilidad de la vegetación + Laderas + Red Hídrica

Se asignó valores que cuantifican el grado de peligro, este valor llamado coeficiente de erodabilidad fue el siguiente (Tabla4.1.9.1.1.).

Nombre	Valor
Laguna	N/A
Llanura Aluvial	1 Muy Bajo
Sierra con laderas escarpadas	2 Bajo
Lomerío de Tobas	3 Medio
Sierra volcánica con cañadas	4 Alto
Sierra volcánica de estratos	5 Muy Alto

Tabla 4.1.9.1.1. Valores de erodabilidad de las geoformas hídricas. (Fuente: Lobeck 1963,1964).

En el (Mapa 4.1.9.1.1.) se observa la distribución en el municipio que toman las áreas identificadas con el nivel de peligro de las Geoformas hídricas.



Mapa 4.1.9.1.1. Geoformas hídricas presentes en el municipio de Zapotlán. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010, 2013, IITEJ, ODIN 2013, SIATL, 2004).

De acuerdo con el análisis de geoformas hídricas, la porción que corresponde al Sierra de volcánica con estratos, registra muy alto grado de intensidad, caracterizada por integrarse de las zonas con mayor elevación y pendientes más fuertes, lo cual representa un factor de peligro por transporte y acumulación de geomateriales, para localidades como “El Fresnito”, Rancho “José Gudiño Negrete” y “Mesa de Fresnito” esta última caracterizada por ser un terreno plano.

Por otro lado la zona urbana de Ciudad Guzmán, es un área considerada con muy baja intensidad del peligro al fenómeno erosivo según el análisis de geoformas hídricas, considerando las condiciones físicas y biológicas dominantes, sin embargo el área concentra su mayor cantidad de infraestructura y población en la zona.

4.1.9.2. Erosión laminar

Se considera al proceso de la pérdida del suelo cuando el desplazamiento de partículas de suelo, es causado por la acción del impacto de las gotas de lluvia pluvial y este es de manera radial.

Para el municipio de Zapotlán El Grande, la distribución del fenómeno se presenta con mayor intensidad en zonas que favorecen al escurrimiento superficial, es decir que reúnen las condiciones de clima (precipitación), topográficas, tipo de cobertura y características de los suelos (grupo textural, estructura)que determinan la intensidad y magnitud del fenómeno, por ejemplo las suelos de textura fina facilita el escurrimiento superficial lo que aumenta el grado de peligro de erosión ,por lo contario sucede con suelos de grano grueso los permiten la infiltración del flujo hídrico.

Para la identificación de áreas en las que se muestran evidencias sobre el terreno de la pérdida de suelos se realizó un proceso de fotointerpretación sobre imágenes SPOT 2014 y Landsat, 2015 este análisis clasifica los factores erosivos que determinan la intensidad y magnitud del fenómeno, se considera la siguiente información: (Tabla 4.1.9.2.1. y 4.1.9.2.2).

Pendiente (°)	Granulometría	Área de afectación (ha)
Hasta 3°	Muy fino	0-10
3-9 °	Fino	10-50
9-18°	Media	50-100
18-27°	Grueso	100-200
Mayor a 30°	Muy grueso	Más de 200

Tabla 4.1.9.2.1. Clasificación de las variables que determinan la intensidad de la erosión laminar. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).

Valor	Intensidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

Tabla 4.1.9.2.2. Valores de la intensidad de áreas con erosión laminar. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).

La metodología utilizada en el cálculo de la intensidad del fenómeno considera los factores que cuantifican el área de afectación, los valores asignados representa el grado de la intensidad del fenómeno**:**

Memoria de cálculo: **INTENSIDAD = ∑ (n1+ n2 + n3)**

Siendo:

n1= Pendiente

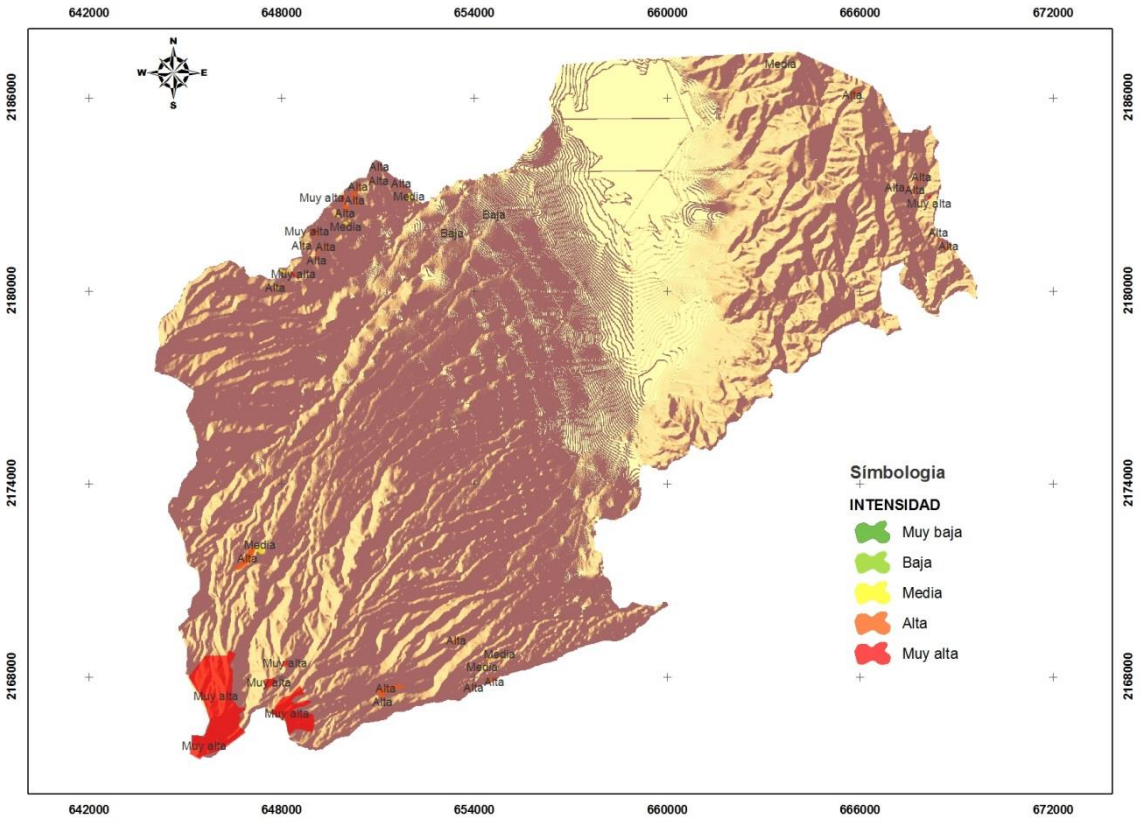
n2 = Granulometría

n3 = Área de afectación

Recomendaciones para disminuir el peligro ante el fenómeno erosivo:

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

En el (Mapa 4.1.9.2.1.), se muestran las áreas de donde la erosión de tipo laminar presentan intensidades consideradas como un peligro potencial a la pérdida del suelo.



Mapa 4.1.9.2.1. Intensidad de la erosión de tipo laminar en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015).

4.1.9.3. Erosión vertical

El proceso de degradación de suelos de tipo vertical, resulta ser el más agresivo pues la profundidad de disección, aumenta considerablemente con los factores físicos. (Fotografía 4.1.9.3.1.).



Fotografía 4.1.9.3.1. Erosión en cárcava influenciada directamente por el alto grado de pendiente sobre suelo con estructura desfavorable, en la cual aumenta de la profundidad de disección y el área afectación. (Fuente: IIEG, 2015)

El grado de pendiente y los factores topográficos en combinación con características edáficas e hídricas, determinan la magnitud e intensidad del fenómeno su relación de manera directa, permite su evaluación y representación en el terreno pudiéndose clasificar de la siguiente manera: (Tabla 4.1.9.3.1.).

Pendiente (°)	Longitud (m)	Profundidad de disección
0-5	1-80	0-3.5
5-10	81-160	3.6-7
10-15	161-240	7.1-10.5
15-30	241-320	10.6-17.5

Pendiente (°)	Longitud (m)	Profundidad de disección
Mayor a 30	321-400	Más de 17.6

Tabla 4.1.9.3.1. Clasificación de las variables que determinan la intensidad de la erosión vertical. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).

Memoria de cálculo: **INTENSIDAD = ∑ (n1+ n2 + n3)**

Siendo:

n1= P_{media}

n2 = Longitud

n3 = Profundidad de disección

$$P_{media} = Alt + (–) Alt - / Dis. Horizon. * 100$$

Siendo:

P = Pendiente expresada en porcentaje

Alt + = Cota de mayor altura

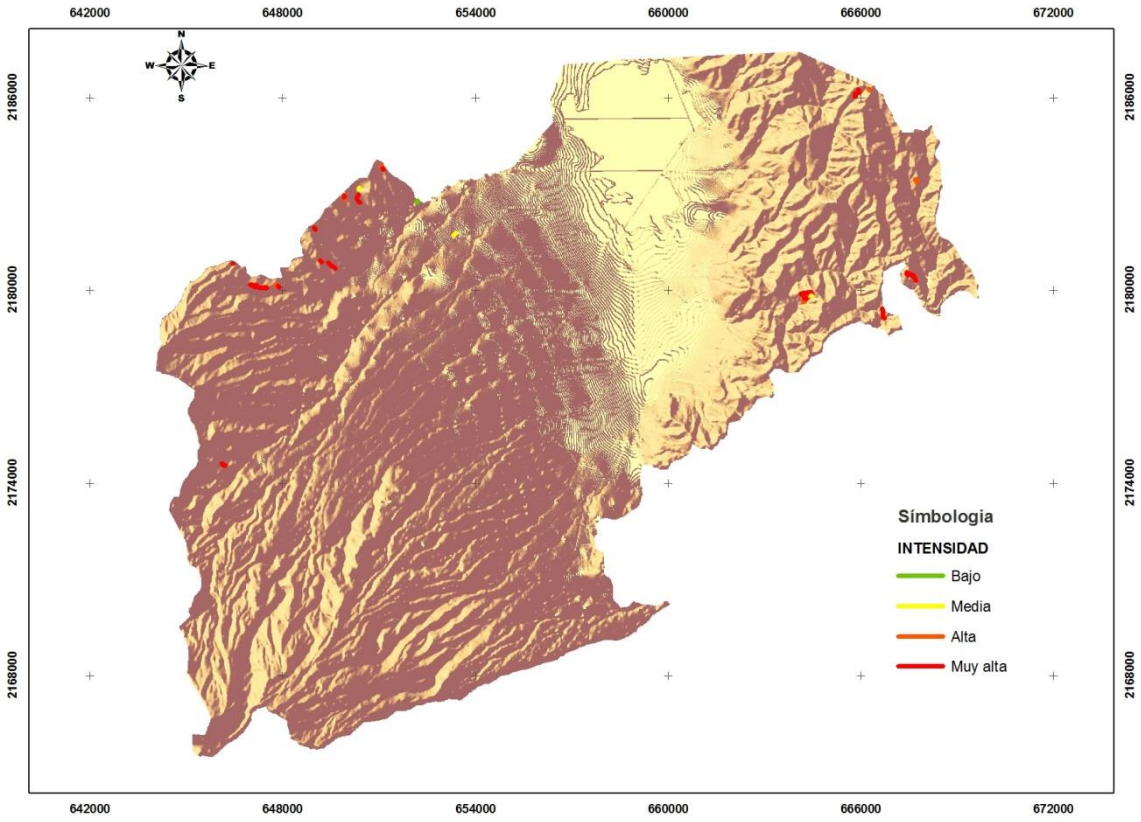
Alt – = Cota de menor altura

Dis. Horizon = Distancia horizontal.

Los valores asignados para cada clase representa el grado de la intensidad del fenómeno: (Tabla 4.1.9.3.2. y Mapa 4.1.9.3.1.).

Valor	Intensidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

Tabla 4.1.9.3.2. Valores de la intensidad de áreas con erosión vertical. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).



Mapa 4.1.9.3.1 Intensidad de la erosión de tipo vertical en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015).

<u>Recomendaciones para reducir el peligro ante la intensidad del fenómeno</u>

- Establecimiento de especies que favorezca la retención del suelo, recomendable cultivos con fácil propagación.
- Establecer conservación de suelo, principalmente sobre áreas con fuerte grado de pendiente.
- Reducir la longitud y magnitud de la pendiente, la cual representa un factor determinante en las dimensiones de disección

- Incrementar la rugosidad del terreno, mediante la colocación de barreras con la cual se disminuye la intensidad

4.1.9.5 Áreas de transporte

El análisis para la evaluación del fenómeno, contempla las áreas de transporte como aquellas zonas en las cuales se desplazan de las partículas de suelo y que generalmente se direccionan por los canalillos u arroyos de condición intermitente. (Fotografía 4.1.9.5.1. y 4.1.9.5.2.).



Fotografía 4.1.9.5.1. Arroyuelo el cual representa una vía potencial para el transporte de los geomateriales. (Fuente: IIEG 2015)

Partiendo de los siguientes criterios:

La capacidad de transporte en las partes muy altas y altas es mayor.



Fotografía 4.1.9.5.2. Área de transporte de rocas de gran tamaño localizada sobre la parte alta de la cuenca, donde la capacidad es mayor. (Fuente: IIEG, 2015).

La densidad de las corrientes, influye directamente sobre la dimensión de las áreas de desplazamiento, esta aumenta proporcionalmente con la capacidad de transporte

En terrenos con pendiente alta y muy alta (mayor a 27°), se registran los valores mayores del coeficiente de erodabilidad de los suelos.

Se determinó que:

✓ El área de influencia de los escurrimientos superficiales se determinó de acuerdo a la capacidad de carga hidráulica, considerando en arroyos = 10 m. y ríos = 20 m.

✓ Por medio de la evaluación de parámetros físicos-morfométricos que caracterizan el sistema de drenaje o las corrientes superficiales, se determinaron valores que refieren las condiciones del proceso erosivo.

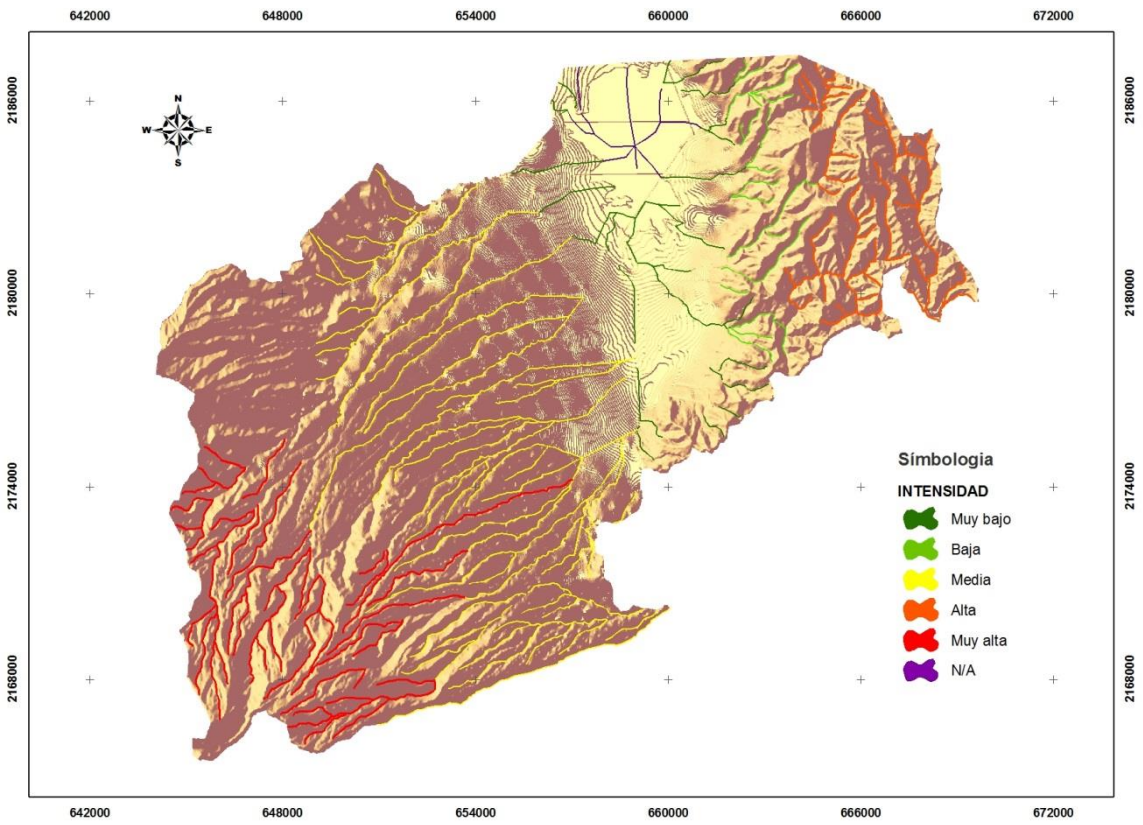
✓ La sumatoria de los valores asignados para cada variable representa el grado de la intensidad del fenómeno, con la cual se puede identificar las áreas de peligro. (Tabla 4.1.9.5.1. y Mapa 4.1.9.5.1.).

Pendiente	Líneas de drenaje	Erosión potencial
Hasta 3° (1)	Muy bajo (1)	Muy bajo (1)
3-9° (2)	Bajo (2)	Bajo (2)
9-18° (3)	Medio (3)	Medio (3)
18-27° (4)	Alto (4)	Alto (4)
Mayor a 30° (5)	Muy Alto (5)	Muy Alto (5)

Tabla 4.1.9.5.1. Valores de las variables para medir la intensidad de las áreas de transporte. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010, FIRCO 2012).

Memoria de cálculo:

Área de transporte = Pendiente + líneas de drenaje + erosión potencial.



Mapa 4.1.9.5.1 Áreas de transporte de materiales en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004).

<u>Recomendaciones</u>

Reducción del volumen hídrico, la velocidad y longitud líneas de drenaje

Establecer barreras a menor distancia en las partes altas de la cuenca

Mantener libre de residuos sólidos las partes bajas de la ciudad, co0n la finalidad evitar el asolve de las parte bajas

4.1.9.6. Áreas de recepción

El análisis sobre pérdida de suelos a causa de la erosión hídrica, considera aquellas áreas en las que se depositan y sedimentan los geomateriales principalmente en áreas con poco grado de pendiente, canales, zonas inundadas y sobre lagos (Vélez, 1992). (Fotografía 4.1.9.6.1.).



Fotografía 4.1.9.6.1. Área de recepción de los geomateriales transportados por los escurrimientos superficiales, en una zona con poco grado de pendiente. (Fuente IIEG, 2015).

La problemática del fenómeno acarrea alto impacto al ecosistema y localidades circundantes, la erosión y el asolvamiento de la cuenca causa el incremento de la corriente fluvial, es decir la gradual transformación de esta corriente que, de ser un río permanente, pasa a ser uno estacional, esto es, que llega a secarse en la época de estiaje (Sans, 1985).



Fotografía 4.1.9.6.2. Área de recepción de geomateriales, que provoca el asolve de una línea de drenaje transformando su condición. (Fuente: IIEG, 2015)

Para identificar las áreas de recepción, así como caracterizar el proceso se realizó la sobreposición información entre las líneas de escurrimiento superficial consultadas en la base SIATL, 2015 y la metodología propuesta por FAO, para la identificación de áreas susceptibles de erosión potencial (Fotografía 4.1.9.6.2.).

Se consideran los siguientes criterios:

Las áreas de depósito y sedimentación de los geomateriales, se relacionan con superficies geográficamente bajas y planas.

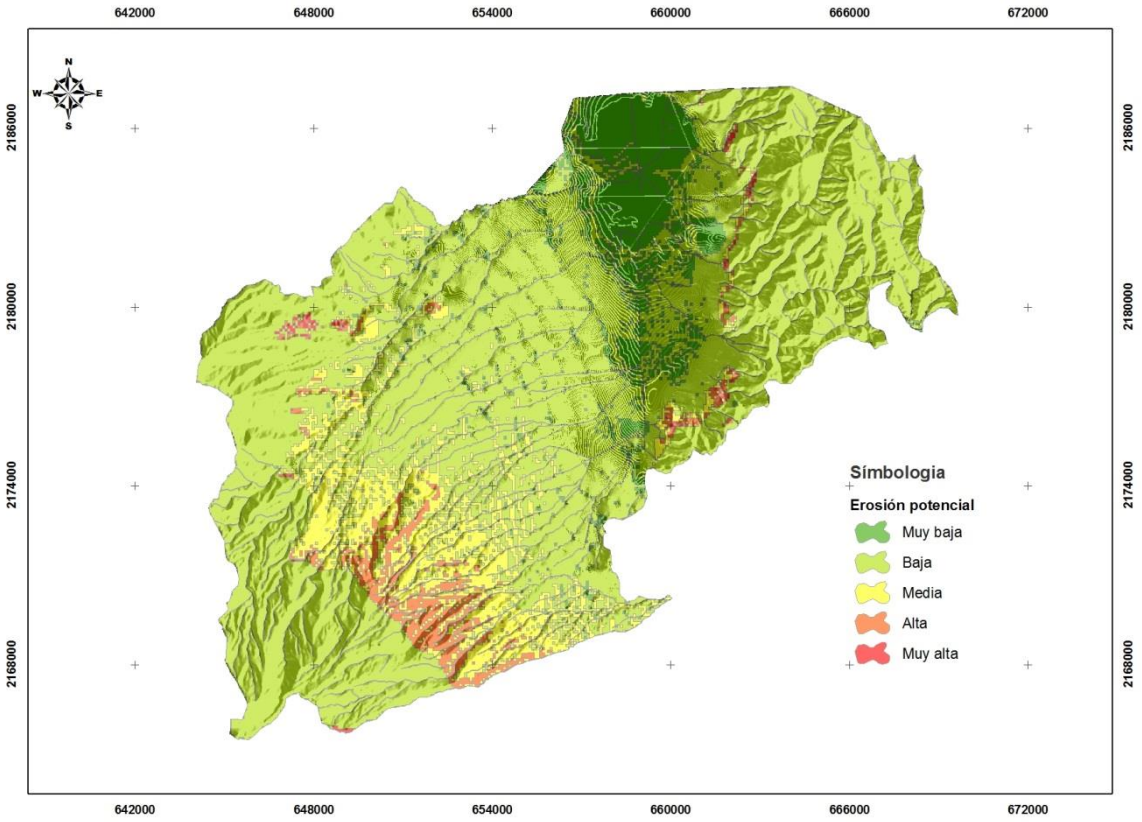
El asolvamiento para el municipio de Zapotlán El Grande, representa un problema de deterioro para la infraestructura hidráulica, además de ser un peligro para poblaciones cercanas a los cauces naturales.

Con base a la información disponible se determinaron los siguientes valores, con la finalidad de conocer la magnitud e intensidades del fenómeno: (Tabla 4.1.9.6.1.).

Pendiente	Líneas de drenaje	Erosión potencial
Hasta 3° (1)	Muy bajo (1)	Muy bajo (1)
3-9° (2)	Bajo (2)	Bajo (2)
9-18° (3)	Medio (3)	Medio (3)
18-27° (4)	Alto (4)	Alto (4)
Mayor a 30° (5)	Muy Alto (5)	Muy Alto (5)

Tabla 4.1.9.6.1. Clasificación de variables para determinan la intensidad en las de recepción. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).

En el (Mapa 4.1.9.6.1.), se señalan las áreas susceptibles al depósito de los geomateriales relacionando el grado de intensidad.



Mapa 4.1.9.6.1. Áreas de recepción de geomateriales en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004).

Las áreas de acumulación para las poblaciones del municipio que se localizan en los sitios con baja altitud, como la zona urbana del municipio lo que corresponde a Ciudad Guzmán presenta problemas erosivos a consecuencia de la sedimentación de los materiales acarreados, representan un factor de alto riesgo para la población que habitantes de las localidades del "Rancho Crucero de Don Gus" el "Rancho Juan Manuel García" "La Hiuzachera" y "Rancho Los Agustines" el asolve de obras hidráulicas es peligro potencial para esta zona que puede provocar pérdidas económicas y de vidas humanas.

4.1.9.7. Erosión potencial

Erosión hídrica de la zona de estudio (Tabla 4.1.9.7.1. y Mapa 4.1.9.7.1.)

Categoría	Clasificación	Ton/ha/año	Has que se erosionan en la zona de estudio
1	Nula o ligera	<10	134,378
2	Moderada	10-50	3786
3	Alta	50-200	1100
4	Muy alta	>200	52

Tabla 4.1.9.7.1. Superficies y volúmenes estimados de suelo perdido en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: A partir de metodología propuesta por FAO, 1990)

METODOLOGÍA

Para evaluar la erosión en la zona de estudio, se utilizó la metodología desarrollada por la FAO, el cual considera 4 factores:

a) Factores climáticos

b) Factores edáficos

c) Factores topográficos

d) Factores humanos

Los factores climáticos se calculan usando una modificación del Índice de Fournier (R_1), usando valores de precipitación mensual (P_1) y anual (P_2), los valores de R_1, se correlacionaron con el índice R de la ecuación universal de Mischmeier (Arnoulds, 1977).

$$R_1 = \frac{1=1*{P_1}^2}{p}$$

Los valores de R_1 también conocido como índice de erosividad de la lluvia, se clasificó en:

R_1 = 0 a 50 ligera

R_1 = 50 a 500 moderada

R_1= 500 a 1000 alta y

R_1 = >1000 muy alta.

b) Factores edáficos. Estos valores se tomaron de los tipos de suelos que predominan en la microcuenca.

Los tipos de suelos predominantes en la microcuenca son: Andosol (tipo II), Cambisol (tipo II), Phaeozem (tipo I), Regosol (tipo II), Fluvisoles (tipo ii) y Gleysoles (tipo ii) (INEGI).

Clases texturales.

Las clases texturales presentes en la zona son: Gruesa, Media y Fina y se clasifican en: 0.2, 0.3 y 0.1 respectivamente.

Factores topográficos. Se dividieron en tres clases:

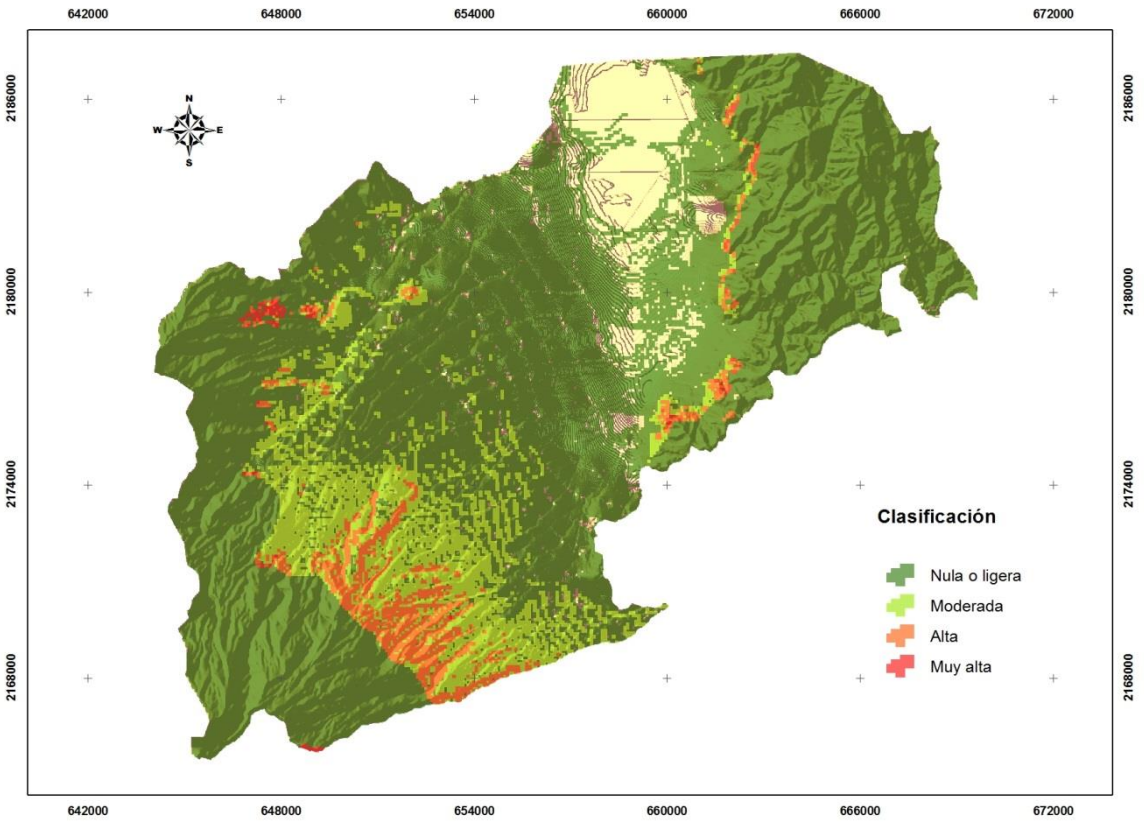
a) a nivel o ligeramente ondulada de 0 a 8%

b) de ondulada a fuerte del 8 al 30%

c) Fuerte a quebrada mayor de 30%

Con los anteriores datos se calculó el RIESGO DE EROSIÓN, de la forma siguiente:

$$RIESGO = R_1 * C_{UNIDAD} * C_{TEXTURA} * C_{PEND} * C_{USO}$$



Mapa 4.1.9.7.1. Erosión potencial en al municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de FAO, 1990).

4.2. Hidrometeorológico

4.2.1. Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales han causado algunos de los peores desastres debidos a fenómenos naturales. Países con litorales marítimos amplios, relieves bajos y poco desarrollados han sido fuertemente impactados por este fenómeno causando la muerte a decenas de miles de personas y pérdidas económicas de gran magnitud. En México el huracán Gilbert en 1988 causó la muerte a 200 personas y Pauline en 1997 provocó 228 decesos.

Sin embargo también tienen efectos benéficos pues contribuyen a redistribuir las lluvias haciendo que estas lleguen a las zonas áridas de nuestro país.

Estos sistemas atmosféricos requieren mínimamente calor y humedad. Una de sus fuentes de energía calorífica es la temperatura de las aguas oceánicas, si esta alcanza los 26 °C, entonces hay la suficiente para que se inicie el proceso de su formación el cual consta de las siguientes etapas:

Depresión tropical, presión de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h.
Tormenta Tropical, presión de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h.
Huracán: presión menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h.
Otras condiciones meteorológicas que deben conjuntarse son:

- Presencia de una zona de convergencia en los niveles bajos y de baja presión superficial, de escala sinóptica, es decir que tienen una escala espacial promedio del orden de varios cientos de kilómetros (de 100 a 1000 km.) y una escala temporal del orden de varios días (de 3 a 10 días).
- Una atmósfera tropical cálida y húmeda que favorezca la inestabilidad de las capas de aire cuando se saturan.
- Que el fenómeno se encuentre lo suficientemente alejado del Ecuador, generalmente de 4-5° de latitud.

La siguientes (Figuras 4.2.1.1.y 4.2.1.2.) muestra la temperatura promedio del mar para los meses de abril y julio con datos de 1971-2000.

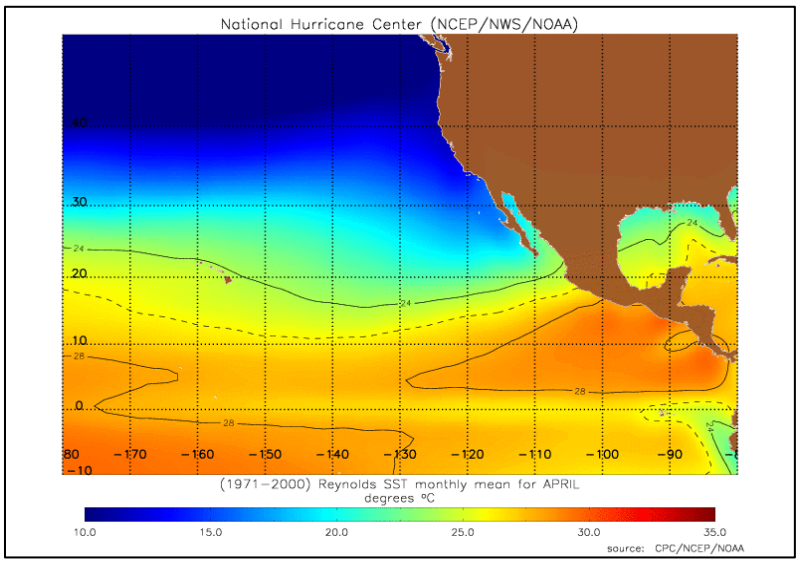


Figura 4.2.1.1. Temperatura del océano pacífico para abril (Fuente: NOAA, 2015).

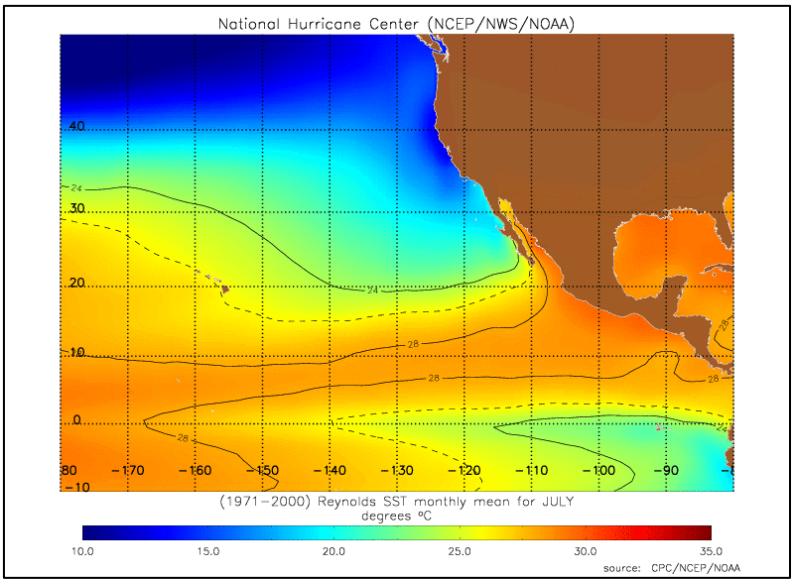


Figura 4.2.1.2. Temperatura del océano pacífico para junio (Fuente NOAA, 2015).

En la Figura 4.2.1.1. se observa como la zona del mar con temperaturas de 28 °C se empieza a extender hacia el oeste a partir de los 130° de longitud oeste, hasta conectar en el mes de julio con la zona que en el mes de abril se encontraba en los 170° de longitud oeste.

Una vez que el huracán ha pasado, baja la temperatura del agua del mar y cuando alcanza tierra pierde el contacto con su fuente de energía y recorre en sentido contrario las etapas de formación hasta que se desvanece, de tal manera que en sitios alejados de la costa sólo impactaran bien como tormentas tropicales, bien como depresiones tropicales.

La velocidad de los vientos no es uniforme sino que ocurren rachas aisladas, las cuales pueden destruir edificios y dejar en pie los que están a su lado. Sin embargo no es este el aspecto más aterrador del fenómeno, Parte de la estructura de un ciclón lo es la pared del ojo, una columna de nubes de tormenta de hasta 17 km, es la zona más peligrosa puesto que aquí los vientos alcanzan su máxima velocidad. Entonces son dos fases, en la primera las estructuras se debilitan o caen, luego viene la zona de calma del ojo con una amplitud de varias decenas de kilómetros, para enseguida encontrarse con el otro extremo de la pared del ojo, que termina por devastar lo que la primera fase dejó en pie.

Hay dos aspectos que no se pueden predecir fácilmente: su trayectoria y la fuerza de los vientos que puedan desarrollar. La trayectoria está influenciada por muchos factores propios de la tormenta y de la atmósfera que la rodea, lo cual dificulta su control, cualquier cosa que esto signifique. Mediante sondas, liberadas desde aviones en vuelo sobre el ojo del huracán, se recaban datos de temperatura, velocidad del viento y humedad que puedan ayudar a predecir su trayectoria, pero tales cálculos suelen fallar por 160 km. Es normal que se recurra también a la climatología de los ciclones tropicales ya que se puede observar que en ciertas regiones y temporadas, siguen determinadas trayectorias. Por último, a partir de la aparición de los sistemas de cómputo, se han desarrollado y perfeccionado también modelos matemáticos para la predicción de la trayectoria de los huracanes a los cuales se recurre para alertar a la población.

Son cuatro formas de peligro generados por un ciclón: los vientos, las olas, las mareas de tormenta o marejadas y las lluvias. En este último caso, el agua que recoge del mar durante su trayectoria es liberada después durante horas y cuanto más lento viaje el huracán tanta más cantidad de agua liberará, aumentado caudales de ríos y arroyos y reblandeciendo laderas.

Las zonas donde se originan en el océano pacífico va de lo 90° a los 130° grados longitud oeste, frente a las costas de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco, teniendo su fin de trayectoria principalmente en Jalisco, Michoacán, Colima, Nayarit, sur de Sinaloa y al oeste del extremo sur de la Península de Baja California.

Categorías Saffir-Simpson

Descripción de los daños producidos por vientos de los huracanes, escala Saffir-Sipson		
Categoría	**Velocidad Km/hr**	**Vulnerabilidad**
1	119 < v <153	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños menores a arbustos y árboles.
2	153< v < 177	Provoca algunos daños a los tejados, puertas y ventanas de edificios.
3	177 < v <209	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros.
4	209 < v <250	Provoca fisuras más generalizadas en los muros, con derrumbe completo de toda la estructura del techo de las viviendas pequeñas.
5	> 250	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios. Algunos edificios se desmoronan y el viento se lleva las construcciones. Los daños son graves en los pisos bajos de todas las estructuras.

Tabla 4.2.1.1. Categoría Saffir-Simpson

Dado que el riesgo asociado a huracanes en los municipios alejados de la costa se debe más al peligro por inundaciones, se ha propuesto una reclasificación de huracanes basada en los vientos y en la precipitación: "El grado de peligrosidad que el huracán implica, se da a conocer a la población a través de un código basado en una clasificación de la velocidad de los vientos; sin embargo, no existe un código similar para el grado de peligrosidad que implica la precipitación potencial" (Tabla 4.2.1.1.).

La propuesta de los autores citados es que a la par de la clasificación por la velocidad de vientos máximos y presión barométrica, se maneje una categorización conceptual por altura de precipitación potencial: (Tabla 4.2.1.2.).

Categoria	
A	Lluvia escasa
B	Lluvia normal
C	Lluvia intensa
D	Lluvia extrema

Tabla 4.2.1.2. Clasificación propuesta por precipitación acumulada potencial.

La reclasificación por ambos criterios se presenta en la (Tabla 4.2.1.3.).

	Categoría	**Precipitaciones**			
		A	B	C	D
Vientos	DT	DTA	DTB	DTC	DTD
	TT	TTA	TTB	TTC	TTD
	HI	HIA	HIB	HIC	HID
	HII	HIIA	HIIB	HIIC	HIID
	HIII	HIIIA	HIIIB	HIIIC	HIIID
	HIV	HIVA	HIVB	HIVC	HIVD
	HV	HVA	HVB	HVC	HVD

Tabla 4.2.1.3. Categorías de ciclones con base en viento y lluvia.

Claves: DT = Depresión tropical, TT= Tormenta tropical, Hx = Huracán categoría x

Trayectoria de los eventos históricos originados en el Océano Pacífico[1].

Existe registro de varios eventos cuyas trayectorias han impactado directamente en el territorio de Zapotlán el Grande. (Figura 4.2.1.4.).
El registro más antiguo corresponde a octubre de 1945, se trata de un evento categoría 1 del que no se encuentra mayor información que la fecha, trayectoria la cual se muestra en la (Figura 4.2.1.3.).y la velocidad alcanzada de 133 km/hr. Nótese que según esta imagen el fenómeno se originó en el Mar Caribe.



Figura 4.2.1.3. Trayectoria registrada más antigua de huracán incidente en Zapotlán el Grande (Fuente NOAA, 2015).

Huracán Categoría II “Bridget” (14-20 junio de 1971)
Precipitación registrada: 33.55 mm
Trayectoria:

[1] Las descripciones de los diferentes eventos fueron tomadas de la página del SMN:

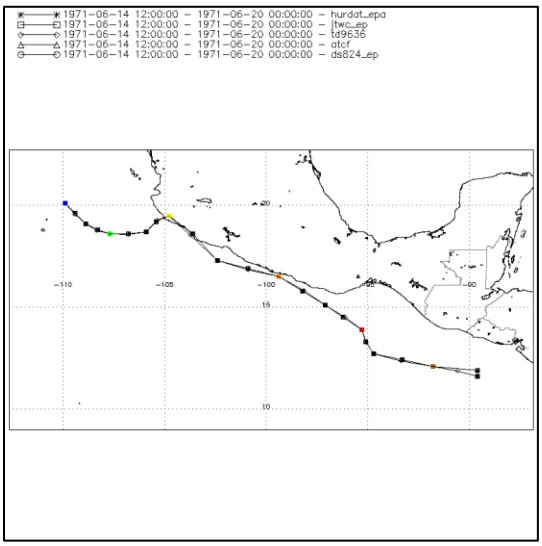
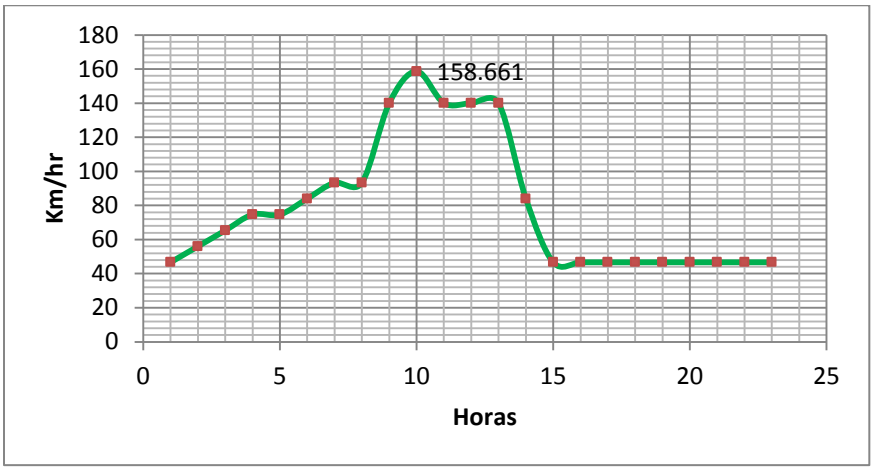


Figura 4.2.1.4 Trayectoria de Bridget (14-20 junio de 1971) (Fuente: NOAA 2015)



Gráfica 4.2.1.1. Velocidad contra tiempo de desarrollo en horas, huracán Bridget, Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA.

Tormenta Tropical “Aletta” (28-29 mayo, 1974)

Fue un evento que inicio el 28 de mayo de 1974, no alcanzó la categoría de huracán sino de tormenta tropical con una presión mínima de 992 milibares (mb). Lo anterior no significa que no hubiese podido ocasionar daños por lluvias torrenciales en el municipio.

Precipitaciones registradas: 73.5 mm, estación de San Marcos, Tonila

Trayectoria

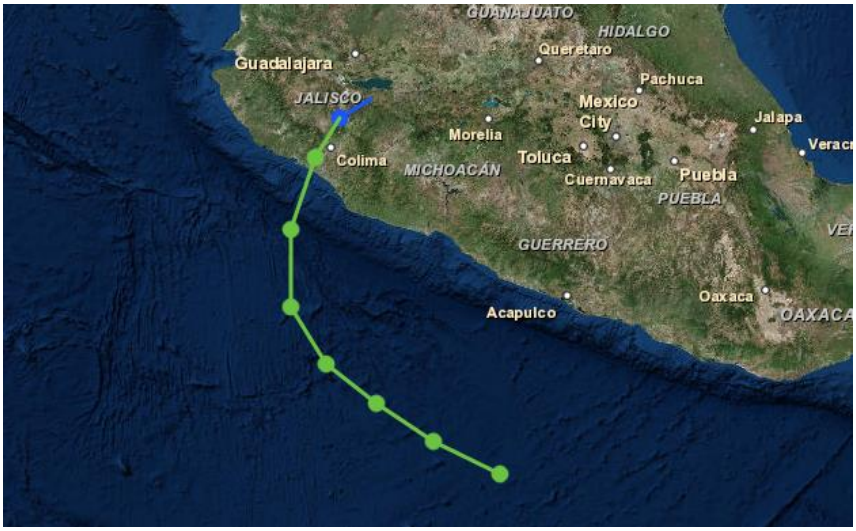
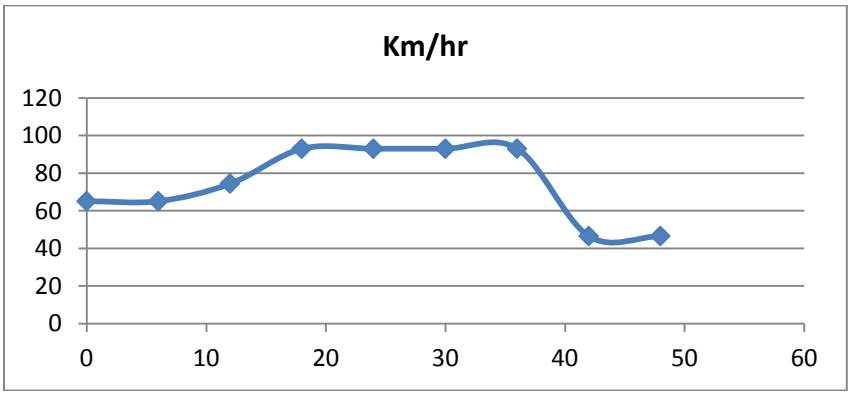


Figura 4.2.1.5. Trayectoria de "Aletta" (28-29 mayo, 1974) (Fuente: NOAA 2015).

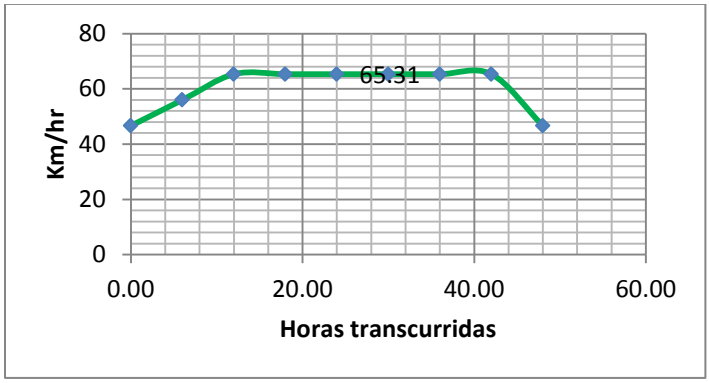


Gráfica 4.2.1.2. Velocidad de Aletta contra tiempo de desarrollo, en horas. Elaboración propia, datos de NOAA.

Tormenta tropical “Eleonor” (10 al 12 de julio de 1975)
Precipitación registrada: 40 mm
Trayectoria



Figura 4.2.1.6. Trayectoria de "Eleonor"" (10 al 12 de julio de 1975). (Fuente: NOAA 2015)



Gráfica 4.2.1.3. Velocidades de "Eleonor" contra tiempo de desarrollo. Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA.

Huracán Categoria IV "Virgil" 1 al 5 de octubre de 1992
Precipitaciones máximas registradas: 41.3 el 3 de octubre.
Trayectoria:

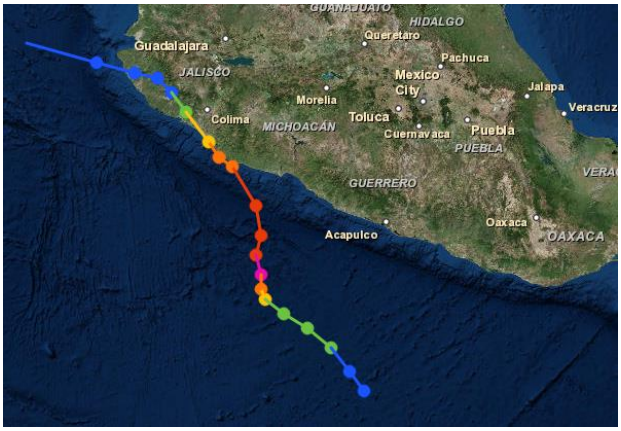
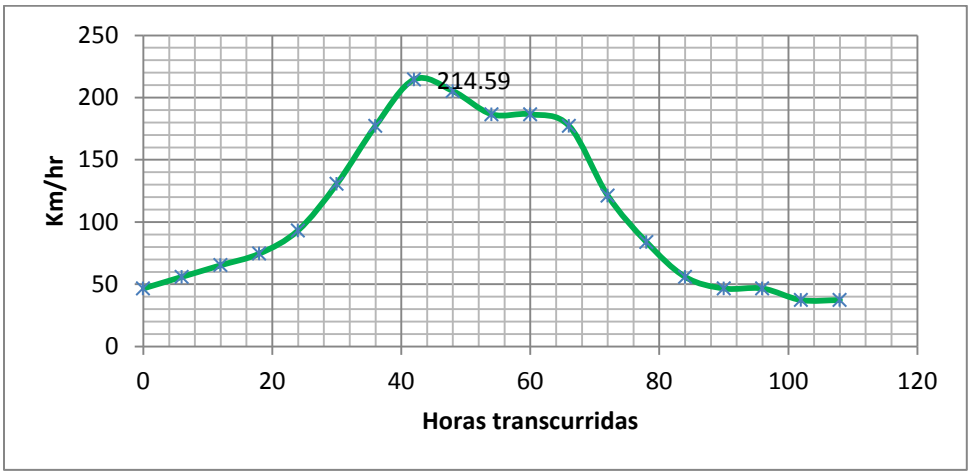
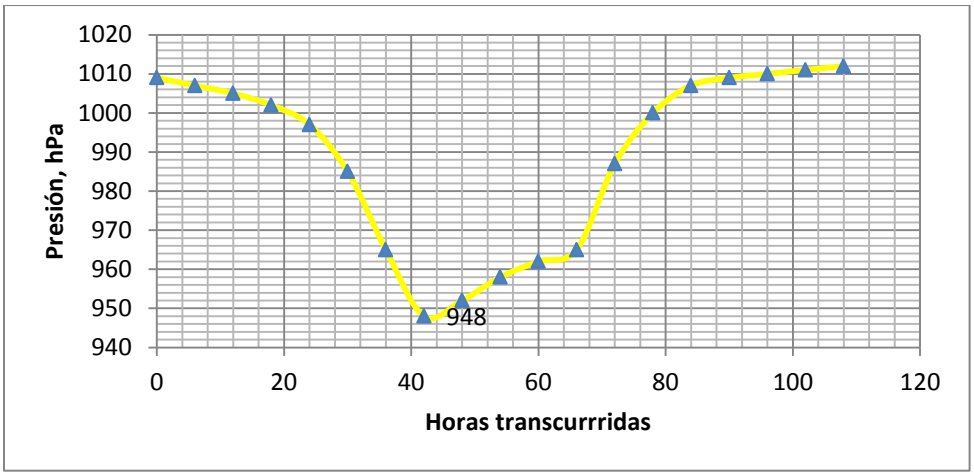


Figura 4.2.1.7. Trayectoria de "Virgil" (1 al 5 de octubre de 1992) (Fuente: NOAA 2005)



Gráfica 4.2.1.4. Velocidades de "Virgil" contra tiempo de desarrollo en horas. Fuente: elaboración propia con datos de NOAA.

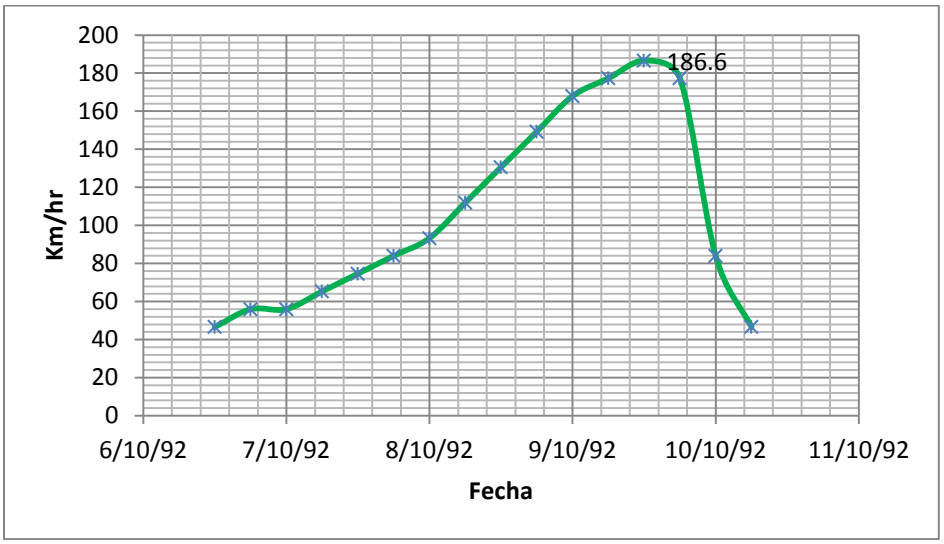


Gráfica 4.2.1.5. Presiones de "Virgil" contra tiempo de desarrollo en horas. Fuente: elaboración propia con datos de NOAA.

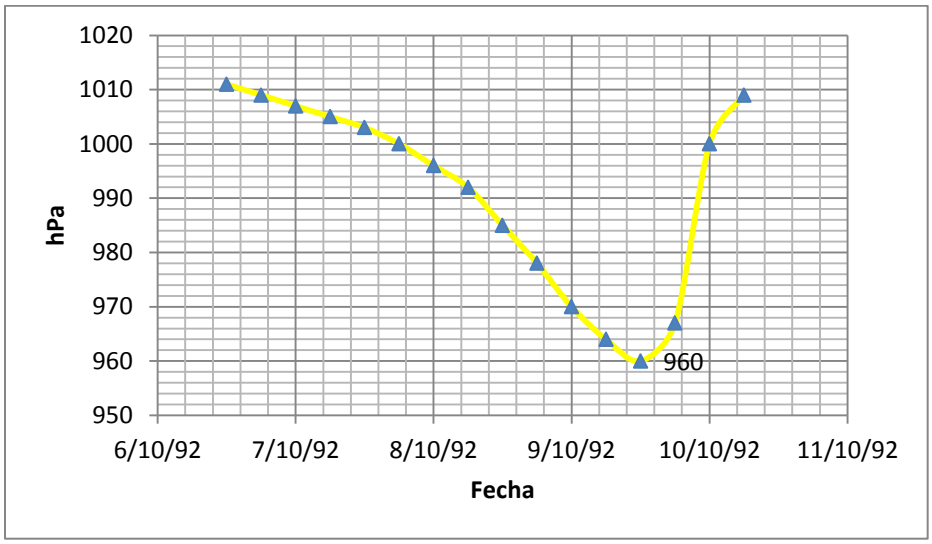
Huracán categoría III “Winnifred” 06-10 de Octubre de 1992
Inundación en Ciudad Guzmán de varias colonias, derrumbes en la Carretera Ciudad Guzmán-Venustiano Carranza, suspensión de servicios de electricidad y telefonía. Vientos con velocidades de 95 km en un radio de 80 km.
Precipitaciones máximas registradas: 105.5 mm.
Trayectoria



Figura 4.2.1.8. Trayectoria de "Winnifred" (06-10 de Octubre de 1992). Fuente: NOAA



Gráfica 4.2.1.6. Velocidades desarrolladas por "Winnifred" contra tiempo. Elaboración propia con datos de NOAA



Gráfica 4.2.1.7. Presión de "Winnifred" contra tiempo de desarrollo. Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA.

Huracán Boris, categoría I (27 junio-01 julio, 1996)
Precipitaciones máximas registradas: 40 mm el día 29 de junio.

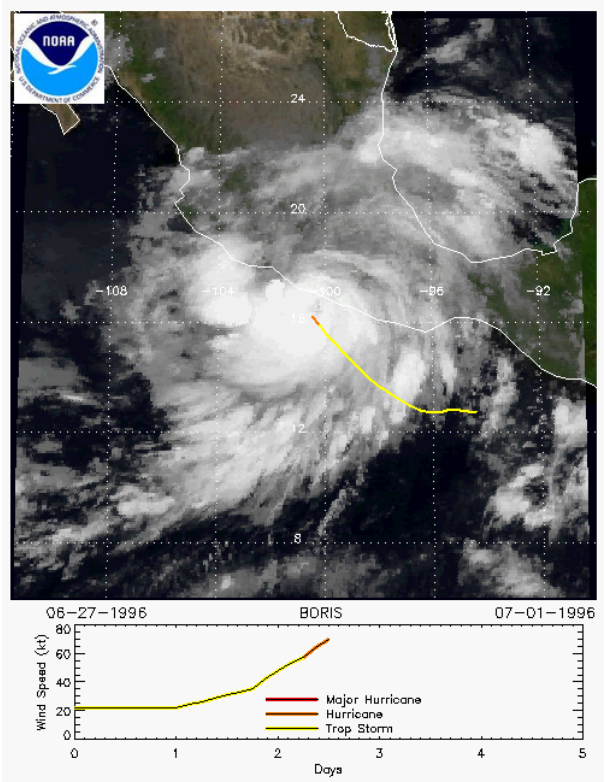


Figura 4.2.1.9. Huracán "Boris" (27 junio-01 julio, 1996). (Fuente: NOAA 2015).

Trayectoria

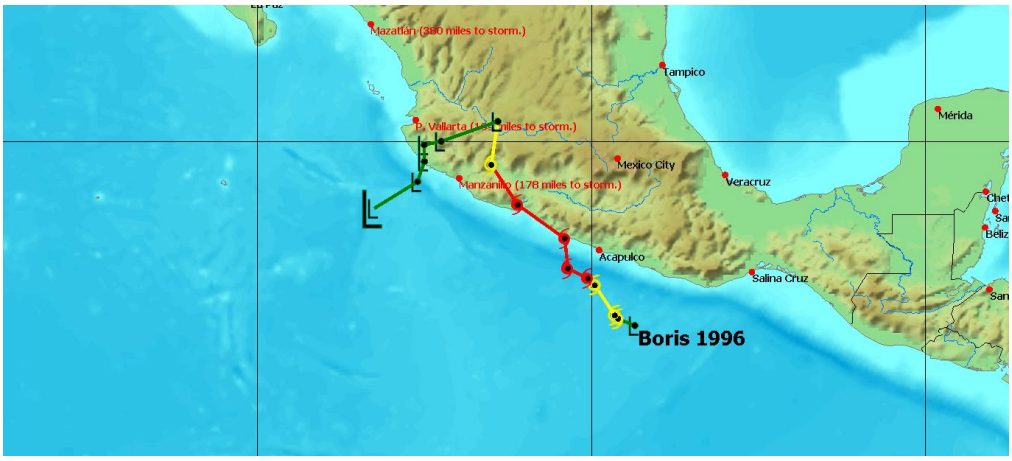
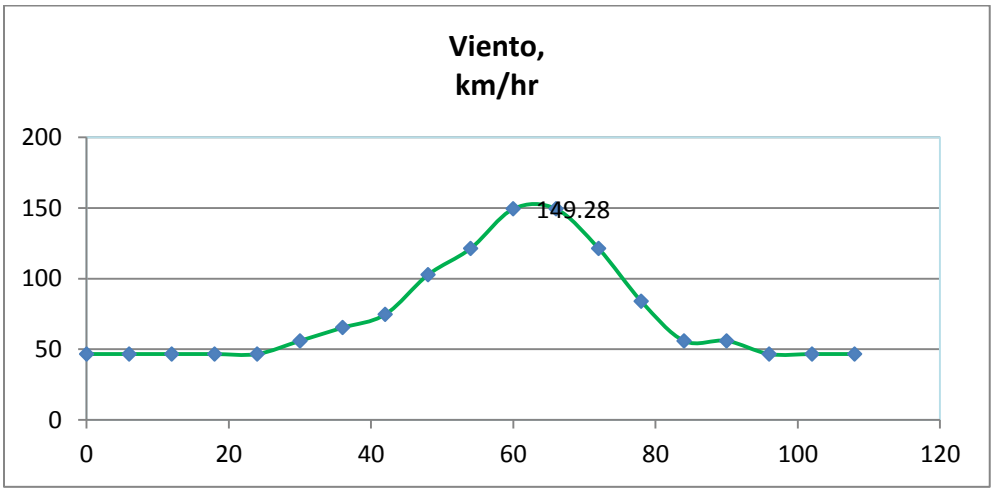
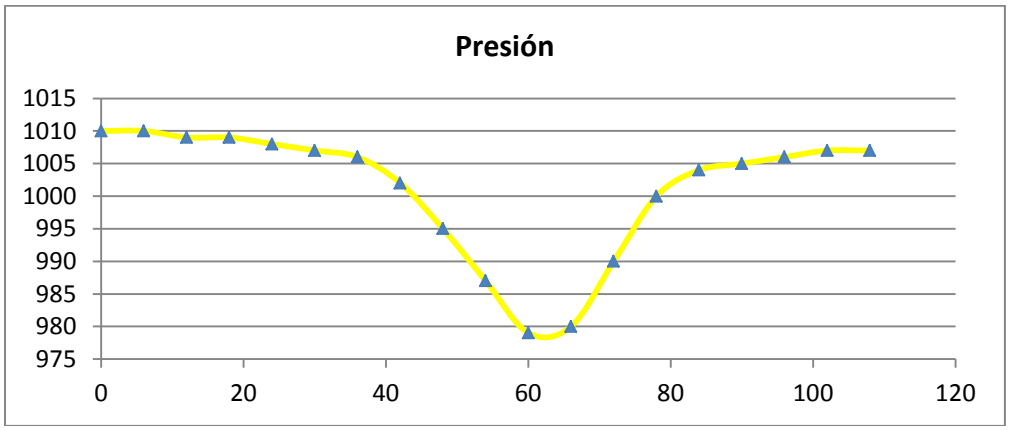


Figura 4.2.1.10. Trayectoria huracán "Boris".(Fuente: SMN 2015).



Gráfica 4.2.1.8. Velocidad del viento desarrollado por Boris en km/hr, a partir de las 00:00 del 26/06/1996, datos cada 6 horas.



Gráfica 4.2.1.9. Presión en mb contra horas a partir de las 00:00 del 26/06/1996, datos cada 6 horas.

Huracan “Pauline” Categoria IV (05 - 10 octubre 1997)
“Pauline” se desarrolló a partir de la depresión tropical No. 18-E de la temporada en el Pacífico, localizada a 425 km al Sur de Huatulco, Oax., con vientos máximos de 55 km/h y rachas de 75 km/h, alcanzando la categoría de huracán a las 16:00 horas del 6 de octubre a 335 km al Suroeste de Tapachula, Chis., con vientos máximos sostenidos de 120 km/h y rachas de 150 km/h . Durante los días 7 y 8 oscilo entre las categorías 4 y 3 con vientos máximos de 215 km/hr y rachas de 260 km/hr. Por la tarde del 8 de octubre las 16:45 horas, el centro del "ojo" del huracán penetró a tierra, entre las poblaciones de Puerto Ángel y Puerto Escondido, Oax., como huracán de categoría 3, con vientos máximos de 185 km/h y rachas de 240 km/h.

Ya como tormenta tropical, “Pauline”(Figura 4.2.1.11.) siguió su desplazamiento sobre tierra debilitándose cada vez más y en la madrugada del día 10, se degradó a depresión tropical, aproximadamente a 30 km al Suroeste de Uruapan, Mich., con vientos máximos de 55 km/h y rachas de 75 km/h. Se disipó más tarde, a 30 km al sur-suroeste de Guadalajara, Jal.

Precipitaciones registradas. 53 mm
Trayectoria:

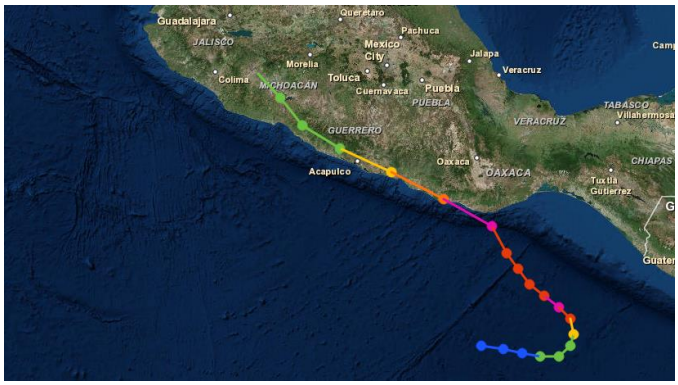


Figura 4.2.1.11. Trayectoria Huracan "Pauline" Categoría IV (05 - 10 octubre 1997).(Fuente: NOAA 2015).

Tormenta Tropical "Julio", 2002 (25-26 septiembre)

El día 25 de septiembre por la mañana se generó la depresión tropical No. 13-E de la temporada de ciclones en el Océano Pacífico Nororiental; se inició a 160 km al Sur-Suroeste de Zihuatanejo, Gro., con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y presión mínima de 1003 hPa. Por la tarde de este mismo día, cuando su centro se encontraba a 40 km al Sur-Sureste de Lázaro Cárdenas, Mich., la DT-13 se desarrolló a la tormenta tropical "Julio", con vientos máximos sostenidos de 65 km/h, rachas de 85 km/h y presión mínima de 1000 hPa, misma fuerza con la que "Julio" entró a tierra en las últimas horas del día, localizándose a 50 km al Oeste-Noroeste de Lázaro Cárdenas, Mich., con vientos máximos sostenidos de 65 km/h. Durante el día 26 "Julio" siguió perdiendo fuerza mientras avanzaba sobre tierra hacia el Noroeste, por lo que poco después del mediodía, cuando estaba a 65 km al Oeste-Suroeste de Ciudad Guzmán, Jal., con vientos máximos de 35 km/h y rachas de 55 km/h, entró en proceso de disipación.
Precipitaciones máximas Registradas: 38.2 mm (29 de septiembre)
Trayectoria:

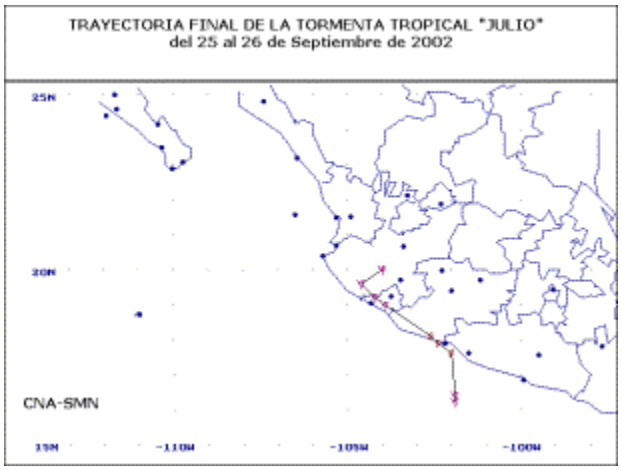
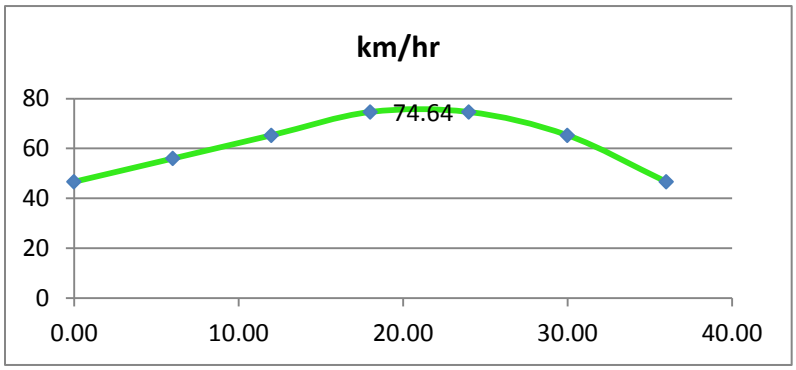
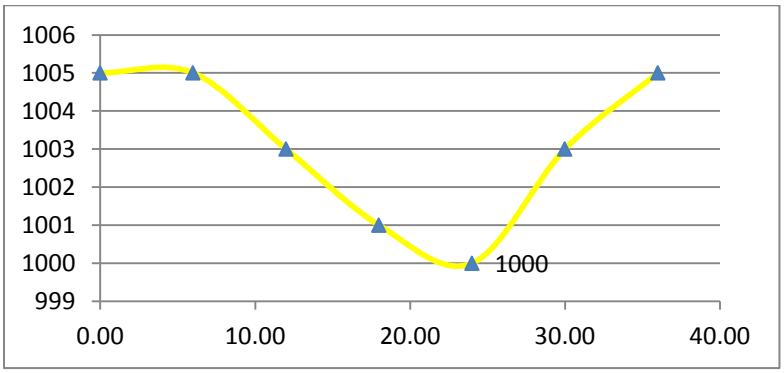


Figura 4.2.1.12. Trayectoria tormenta tropical "Julio"



Gráfica 4.2.1.10. Velocidad, tormenta tropical "Julio"



Gráfica 4.2.1.11. Presión en hPa de Tormenta tropical "Julio"

Huracán “Olaf”, categoría I (3 al 8 de octubre del 2003)

El día 3 de octubre del año 2003, por la mañana, se formó la depresión tropical No. 15-E de la temporada en el Océano Pacífico Nororiental; se inició a 500 km al Sur-Suroeste de Puerto Escondido, Oax., con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y presión mínima de 1005 hPa. Mientras se desplazaba hacia el Noroeste en forma paralela a las costas nacionales, la DT-15 adquiría mayor fuerza, por lo que en la tarde de este día, cuando se encontraba a 446 km al Suroeste de Puerto Escondido, Oax., se desarrolló a la tormenta tropical "Olaf" con vientos máximos sostenidos de 75 km/h y rachas de 95 km/h, alcanzando al final del día, vientos máximos sostenidos de 85 km/h con rachas de 100 km/h.

El día 5 por la mañana, cuando se encontraba a 215 km al Sur de Manzanillo, Col., con rumbo hacia el Noroeste, "Olaf" (Figura 4.2.1.13.) se intensificó a huracán alcanzando vientos máximos sostenidos de 120 km/h con rachas de 150 km/h, misma fuerza con la que se mantuvo durante el resto de este día.

El huracán "Olaf" afectó varios estados de la costa Sur y Occidente del país, aunque los efectos más importantes se dieron en Colima y Jalisco, en donde dio lugar a inundaciones con importantes daños materiales en viviendas, carreteras, zonas agrícolas y servicios de energía eléctrica y telefonía, entre otros.

El desarrollo de las diferentes etapas del ciclón "Olaf" tuvo una duración de 108 horas, tiempo en el que recorrió un total de 1,975 km, a una velocidad promedio de 18 km/h.
No se reportaron daños en Zapotlán el Grande.
Precipitación máxima: 59.3 mm

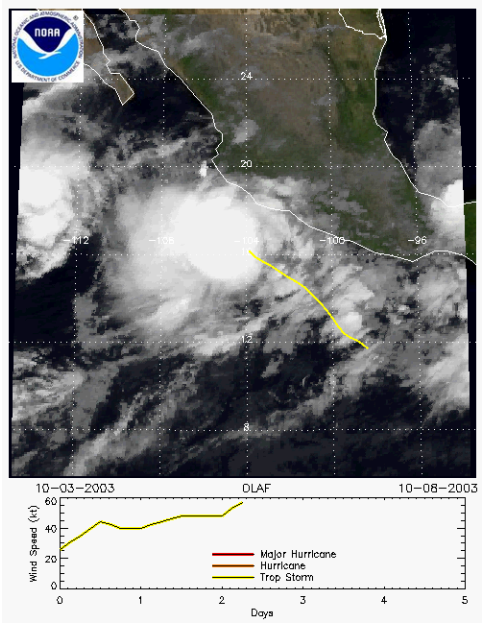


Figura 4.2.1.13. Huracán "Olaf", categoría I (3 al 8 de octubre del 2003). (Fuente NOAA 2015)

Trayectoria:

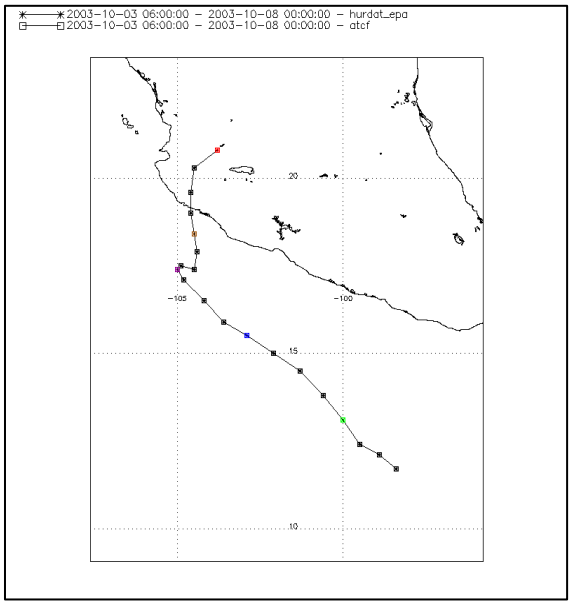
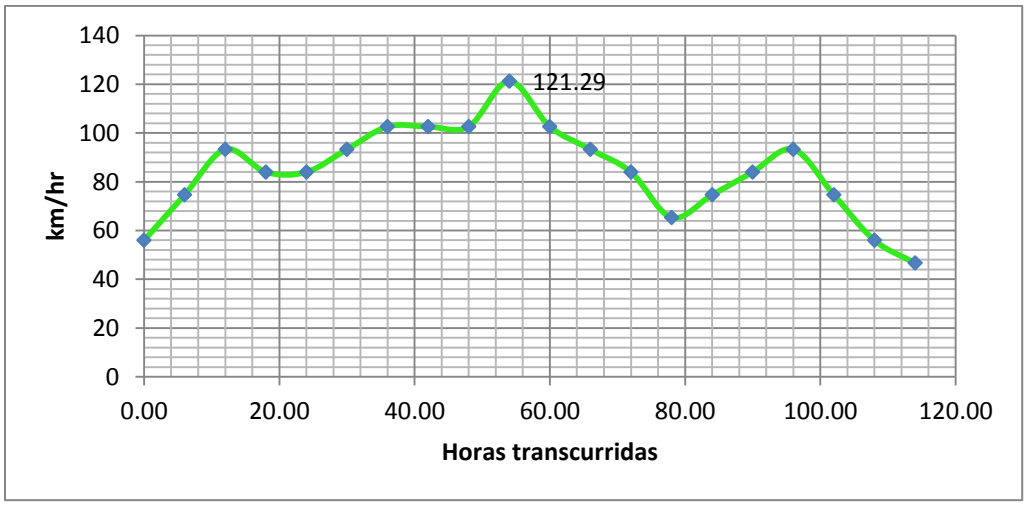
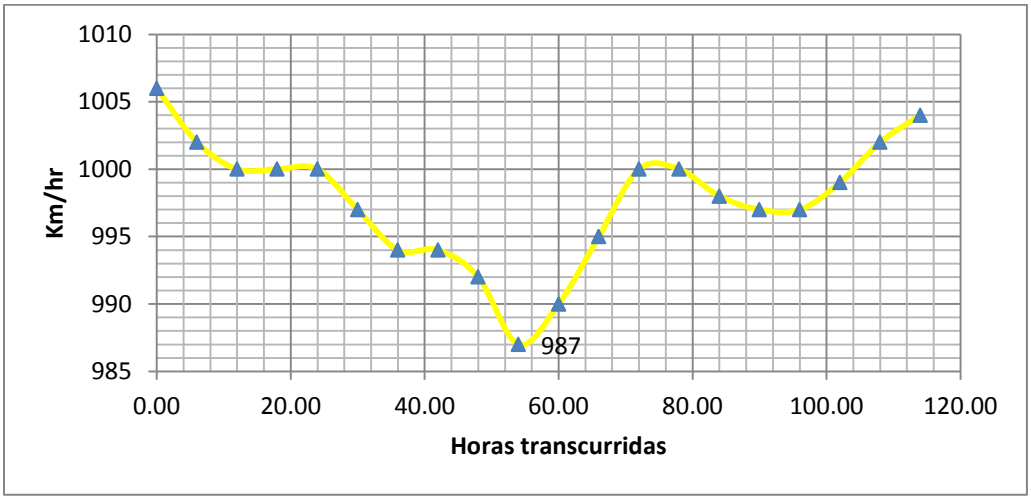


Figura 4.2.1.14. Trayectoria huracán "Olaf". (Fuente NOAA 2015).



Gráfica 4.2.1.12. Velocidades de viento desarrolladas por "Olaf". Elaboración propia con datos de NOAA.



Gráfica 4.2.1.13. Presiones desarrolladas por "Olaf". Elaboración propia con datos de NOAA
Tormenta Tropical “Dora” (03-06 julio del 2005)

El día tres de julio del 2005 se generó la depresión tropical No. 4 del Océano Pacífico a una distancia de 240 km al sur de Acapulco, Guerrero, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y presión mínima de 1004 hPa.

El día 5 a 120 km oeste-suroeste de Manzanillo, Colima “Dora” se degradó a depresión tropical, para finalmente el día 6 iniciar su desvanecimiento.
Precipitación Registrada: 26 mm.
Trayectoria:

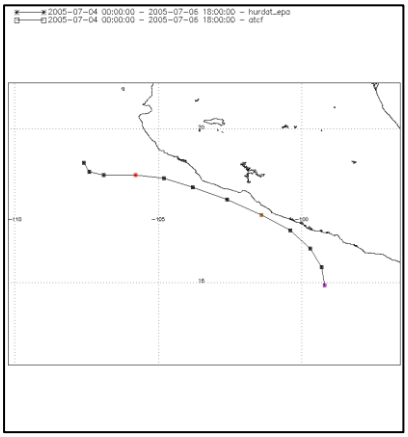
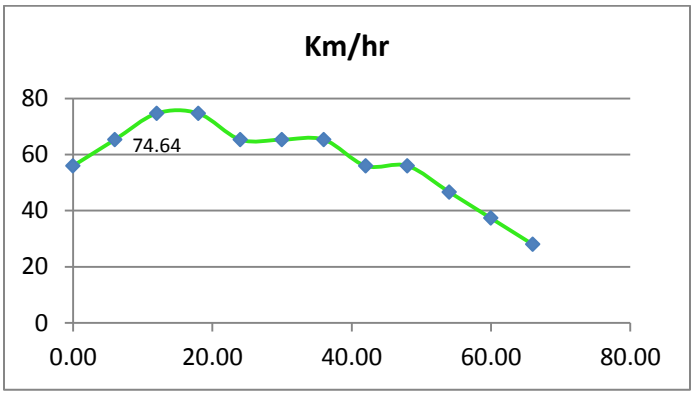
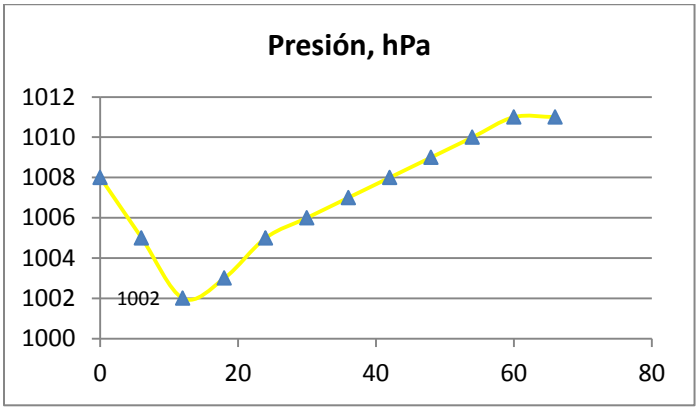


Figura 4.2.1.15. Trayectoria tormenta tropical "Dora"



Gráfica 4.2.1.14. Velocidad, tormenta tropical "Dora". Elaboración propia con datos de NOAA.



Gráfica 4.2.1.15. Presión desarrollada por "Dora". Elaboración propia con datos de NOAA.

Tormenta Tropical "Norman" (9 al 15 de octubre 2006)
Norman tuvo su origen en la depresión tropical No.15 del Océano Pacífico, a 1190 km de Cabo San Lucas, BCS, con vientos máximos sostenidos de 55 km/hr y rachas de 65 km., evolucionando a tormenta tropical en los próximos 4 días. Posteriormente, el 15 de octubre, la baja presión asociada con los remanentes de "Norman" se regeneró a depresión tropical a 130 km al suroeste de Manzanillo, Colima, con vientos sostenidos de 55 km/hr y rachas de 75 km/hr. Finalmente se disipo frente a la costa de Manzanillo, recorriendo en total 1905 km durante 65 horas.

Arrastre de material volcánica en zonas aledañas al Volcán de Colima. (El Informador, ejemplar del 17 de Octubre del 2006, pag. 5-B)
Precipitación registrada: 70 mm
Trayectoria (Figura 4.2.1.16.).

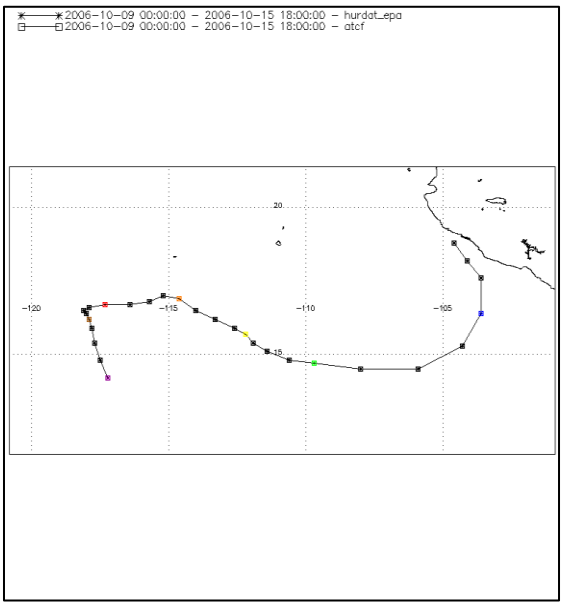
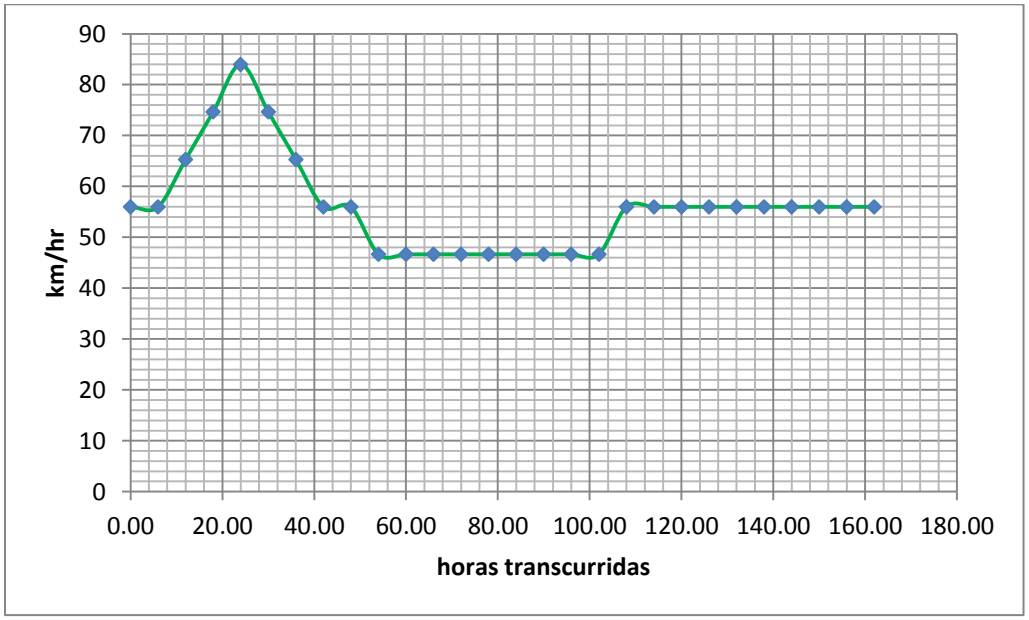


Figura 4.2.1.16. Trayectoria tormenta tropical "Norman". (Fuente NOAA 2015).



Gráfica 4.2.1.16. Velocidades del viento desarrolladas por "Norman". Elaboración propia con datos de NOAA

Huracán Jova (06-12 Octubre del 2011)

El día 5 de octubre por la noche se formó la depresión tropical No. 10-E de la temporada 2011 en el Pacífico Nororiental, la cual se inició a partir de una baja presión originada dentro de la vaguada monzónica al Sur del estado de Guerrero, donde se dieron las

condiciones favorables que permitieron la formación de la DT-10 a 1,005 km al Sur de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y desplazamiento hacia el Oeste a 15 km/h.con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h, es decir, fuerza de tormenta tropical, por lo que se le asignó el nombre de “Jova”.

La tormenta tropical “Jova” seguía ganando fuerza mientras cambiaba gradualmente el rumbo de su trayectoria. El día 7 de octubre por la tarde se ubicó a 815 km al Suroeste de Manzanillo, Col., con vientos máximos sostenidos de 100 km/h, rachas de 120 km/h y desplazamiento hacia el Nor-Noroeste a 13 km/h.

El día 8 por la tarde, se ubicó a 710 km al Oeste-Suroeste de Manzanillo, Col., ya como huracán, con vientos máximos sostenidos de 120 km/h, rachas de 150 km/h y desplazamiento hacia el Este-Noreste a 6 km/h.

Mientras avanzaba hacia el Este el huracán “Jova” (Figura 4.2.1.17.) siguió ganando fuerza y mayor velocidad en su desplazamiento y así, el día 9 de octubre por la noche, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h alcanzó la categoría II y en la madrugada del día 10, alcanzó la categoría III, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h cuando se encontraba a 430 km al Suroeste de Manzanillo, Col.
El día 10 de octubre por la mañana, “Jova” alcanzó su mayor intensidad con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h dentro de la categoría III de la escala Saffir-Simpson, a 400 km al Suroeste de Manzanillo, Col.

Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Col (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011); 115.0 mm en Melchor Ocampo, Mich. y 91.0 mm en Ciudad Guzmán, Jal., el día 11 de octubre.
Precipitación registrada: 91.0 mm día 11 de octubre.

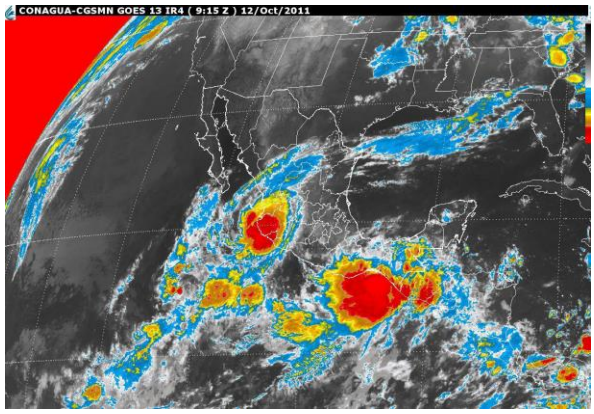
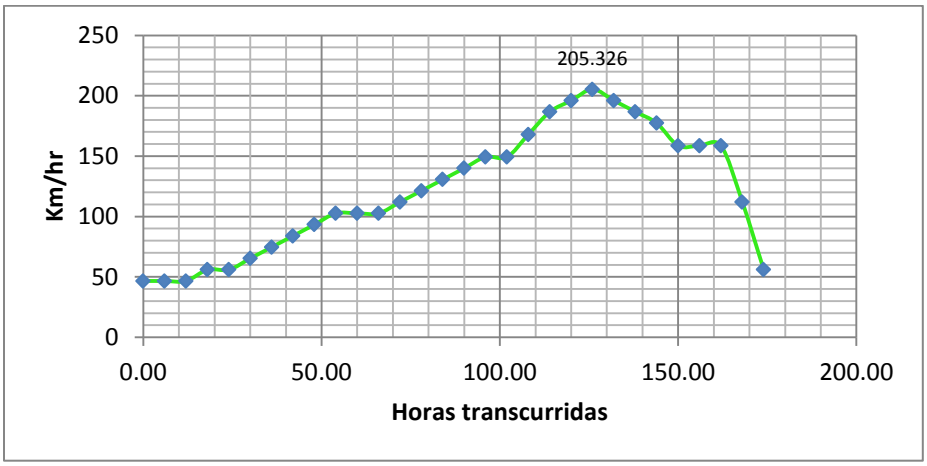


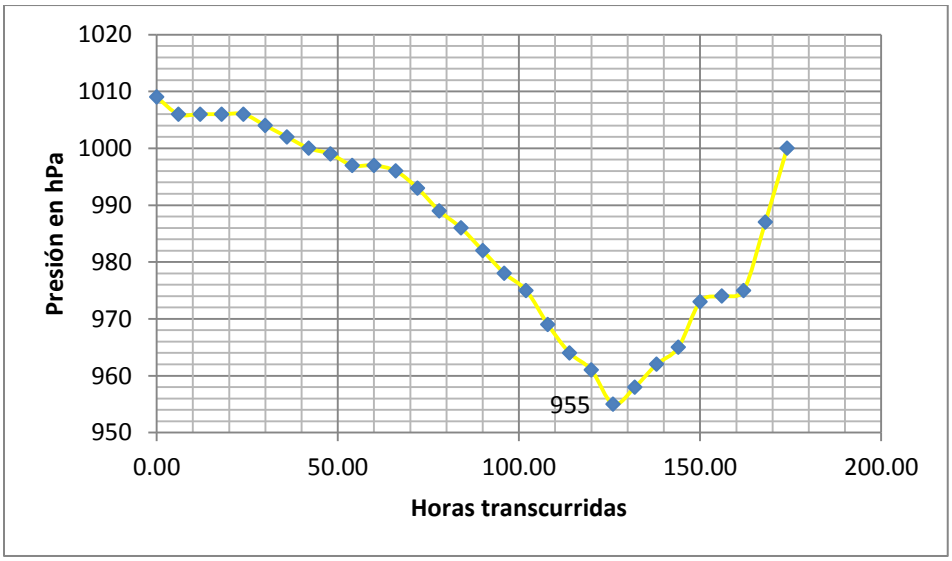
Figura 4.2.1.17. Imagen de satélite de huracán “Jova” entrando en tierra en Jalisco. (Fuente SMN 2015).



Figura 4.2.1.18. Trayectoria del huracán "Jova".(Fuente: NOAA, 2015)



Gráfica 4.2.1.17. Velocidades desarrolladas por "Jova". Elaboración propia con datos de NOAA.



Gráfica 4.2.1.18. Presiones desarrolladas por "Jova". Elaboración propia con datos de NOAA.

Huracán Manuel (13-19 de septiembre del 2013)

El día 13 de septiembre por la mañana se generó la depresión tropical No. 13 del Océano Pacífico, la cual se formó a partir de una baja presión frente a la costa de Guerrero que al encontrar condiciones favorables para su desarrollo, dio lugar a la depresión tropical Trece del Pacífico, la cual se inició 170 km al suroeste de Técpan de Galeana, Guerrero, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 y desplazamiento hacia el noroeste a 6 km/h. Por la tarde, cuando se encontraba a 230 km al suroeste de Técpan de Galeana, la DT-13 se desarrolló a la tormenta tropical “Manuel” con vientos máximos sostenidos de 75 km/h, rachas de 85 km/h y desplazamiento hacia el oeste-noroeste a 9 km/h.

Durante el día 14, la tormenta tropical “Manuel” inició con un periodo estacionario y después enfiló su trayecto con rumbo hacia el norte, desplazándose en forma errática mientras aumentaba su fuerza frente a la costa de Guerrero y Michoacán, originando una amplia zona de nubosidad densa, cuya rotación favorecía la entrada importante de humedad hacia los estados del sur y occidente del país.

El día 15 de septiembre, cerca de las 14:00 horas, la tormenta tropical “Manuel” tocó tierra sobre la Ciudad de Manzanillo, Colima con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 130 km/h, localizándose a las 16:00 horas a 3 km al noroeste de la población de La Lima y a 20 km al norte de Manzanillo; al avanzar sobre tierra, el sistema empezó a perder fuerza por lo que a las 22:00 horas, ya se encontraba en las inmediaciones de la población de El Limón, Jalisco, como depresión tropical con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y desplazamiento hacia el noroeste a 13 km/h.

Cierre de carreteras Ciudad Guzmán-El Grullo a la altura del Fresnito, y Acatlán-Ciudad Guzmán a causa de deslaves, inundaciones en colonias y desborde de canal hidrológico. Desbordamiento de arroyo Volcanes afectando áreas del Tecnológico de Ciudad Guzmán. Desbordamiento en arroyos afectando Atequizayán y Los Depósitos con grandes cantidades de sedimentos. En la colonia Azaleas –ubicada en el norte de Ciudad Guzmán–, el desbordamiento del arroyo Chuluapan ocasionó el ingreso del agua pluvial en la red de drenaje, lo que causó destrucciones en infraestructuras sanitarias.

Los arroyos Chuluapan y Emiliano Zapata –que cruzan de oriente a poniente la ciudad– al 100% de su capacidad. La laguna de Zapotlán superó su máximo nivel ordinario de capacidad, trayendo consigo el desbordamiento de sus aguas, que inundaron el complejo panamericano de remo y canotaje, así como restaurantes y bares asentados en la ribera de este vaso lacustre.

Mientras, en la colonia CTM fueron afectadas con inundaciones menores al metro de altura tres viviendas. Al igual que la finca marcada número 85 de la calle Belisario Domínguez –en el centro de Ciudad Guzmán–, dañada por el desbordamiento del escurrimiento La Giralda. Declaratoria de emergencia.
Precipitación registrada: 128.2 mm

Trayectoria:



Figura 4.2.1.19. Trayectoria de huracán "Manuel" (13-19 de septiembre del 2013). (Fuente NOAA, 2015).

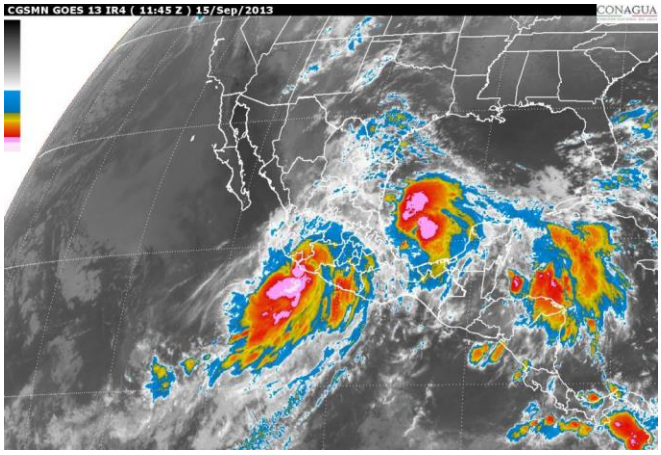


Figura 4.2.1.20. Imagen satelital de "Manuel" en el Pacífico e "Ingrid" en el Atlántico.

4.2.2. Ondas Tropicales

La definición de una onda tropical u onda del Este dada por el SMN es: Perturbación de escala sinóptica en la corriente de los vientos alisios y viaja con ellos hacia el oeste a una velocidad media de 15 Km/h. Produce fuerte convección (movimiento vertical del aire) sobre la zona que atraviesa.

La importancia de estas ondas, que se propagan hacia el oeste, radica en su relación con la lluvia convectiva (este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuáles se pueden convertir en cumulonimbos, nubes de tormenta, si la convección es muy fuerte). También son de interés por su rol como sistemas precursores de los ciclones tropicales en las cuencas del Atlántico tropical y del Pacífico oriental, se estima que una de cada cuatro ondas puede evolucionar a depresión tropical, y de estas, una de cada diez se desarrolla en forma de tormenta tropical.

Las ondas tropicales más definidas presentan las características siguientes:

- Longitud de onda de 2000 a 4000 km
- Período de 3 a 5 días
- Velocidad de desplazamiento hacia el oeste de 7 a 8 m s^{-1}, aproximadamente 6 a 7 grados de longitud al día
- Extensión latitudinal de 10 a 15 grados
- Amplitud máxima en la troposfera media a baja

Este tipo de evento meteorológico de escala sinóptica (que tienen una escala espacial promedio del orden de 100 a 4000 kilómetros y una escala temporal del orden de 3 a 10 días) afecta principalmente a la región centro y sureste del país con lluvias intensas y fuertes. Sin embargo, juegan un papel importante en el régimen de lluvias en el occidente del país y por lo tanto en el municipio de Zapotlán el Grande. En la (Figura 4.2.2.1.) siguiente se muestran las ondas tropicales número 1 y 2 de la temporada actual. La uno asociada a un sistema de baja presión con posibilidades de desarrolló ciclónico.

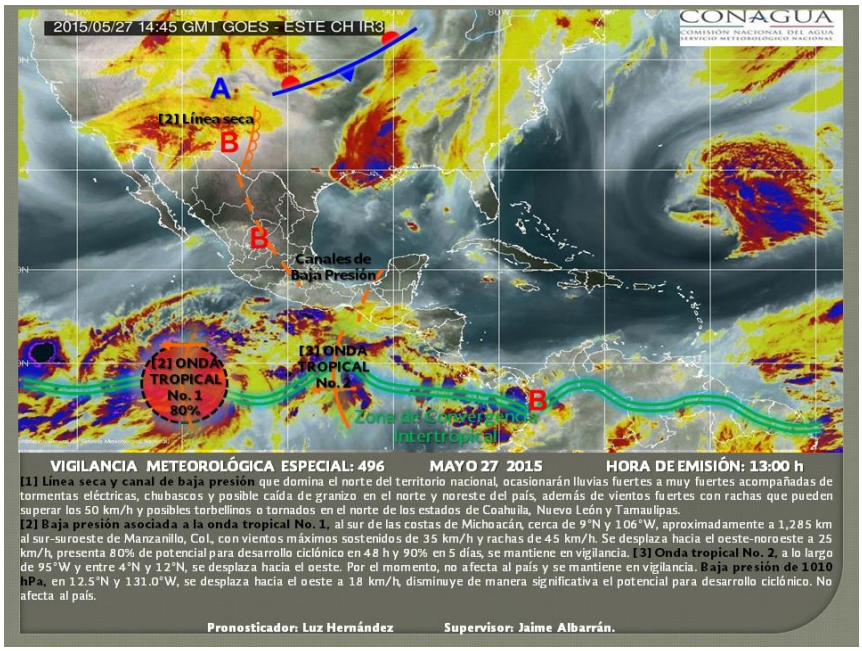


Figura 4.2.2.1. Imagen de ondas tropicales. (Fuente: SMN 2015).

4.2.3. Heladas.

Introducción

Se considera la ocurrencia de heladas cuando la temperatura del aire registrada en un termómetro instalado dentro de la casilla de observaciones meteorológicas y a una altura de 1.50 m sobre el nivel del suelo, es de 0°C. Esto constituye el concepto de helada meteorológica.

Las bajas temperaturas provocan, en las regiones donde se presentan, graves problemas a la agricultura y la salud de la población expuesta y dañan la infraestructura y entorpecen los servicios que esta presta. Las heladas suelen clasificarse según tres criterios: Épocas de ocurrencia, proceso físico que las origina y efecto visual que provocan.

De acuerdo con el primer criterio se dividen en: Otoñales o tempranas, invernales y tardías o primaverales.

Desde el punto de vista de la disciplina agro económica las más dañinas son las tempranas y las tardías, las primeras dañan cosechas o frutos y las segundas plántulas y cultivos en sus brotes iniciales.

Según el proceso que las origina las heladas pueden ser: Por advección, irradiación, y mixtas.

Las heladas por advección son provocadas por masas de aire frío con temperatura inferior al punto de congelación. Este fenómeno pueden presentarse a cualquier hora del día o de la noche, y el grado de intensidad de los daños provocados dependen en gran medida de los tipos de cultivo y otros factores asociados como el viento y la topografía.

Es frecuente que los fenómenos advectivos se combinen con la radiación, dando lugar a heladas de naturaleza mixta.

Las heladas por radiación se caracterizan por una gran pérdida de calor del suelo durante la noche, viento escaso o nulo y por un cielo sin nubosidad, que provoca un fuerte enfriamiento de suelo y de las capas de aire en contacto con él. La helada radiativa es precedida por la ocurrencia de inversión térmica, por lo que la temperatura es mas baja en la zona cercana a la superficie terrestre y aumenta con la altura.

Hay dos subcategorías de heladas de radiación: Una es la llamada "helada blanca", ocurre cuando el vapor de agua se deposita sobre la superficie y forma una capa blanca de hielo que se denomina normalmente "escarcha". La otra es la "helada negra", ocurre cuando la temperatura cae por debajo de 0 °C y la humedad es suficientemente baja por lo que no se forma hielo sobre la superficie. Sin embargo, los cultivos son dañados y al día siguiente las plantas presentan una coloración negruzca, por la congelación de la savia o del agua de sus tejidos. Durante este tipo de helada sucede que al congelarse el agua, se origina un incremento de su volumen, que deriva en el rompimiento y quemaduras en el follaje. Estas heladas causan daños más severos que las blancas. Cuando la humedad es alta, es más probable que se produzca una "helada blanca".

Factores meteorológicos que influyen en la formación de heladas.

- *Reflexión solar y capacidad de conducción térmica del suelo*. La reflexión se entiende como la capacidad de reflexión de luz de la superficie del suelo y se mide en albedos. La capacidad térmica es la habilidad de conducción de calor de un cuerpo o sustancia, ya sea por mecanismos conductivos o convectivos.

- *Radiación solar*. Es la cantidad de energía solar en watt/m^2 que recibe, en función de su latitud, una determinada área de la superficie del planeta. En los trópicos donde el Sol está en el cenit, la Tierra recibe más radiación que en las regiones situadas hacia los polos. Cuando de una región de la superficie terrestre se desprende una mayor cantidad de calor que la que recibe, ocurre un enfriamiento que favorece la formación de la helada.

- *Altura sobre el nivel del mar*. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar disminuye la presión atmosférica, por lo que al aire tiende a expandirse, tomando calor de sí mismo para efectuar ese trabajo y por lo tanto enfriándose. La temperatura disminuye aproximadamente 5 ºC con la altitud.

- *Topografía y viento*. La topografía juega un papel de primera importancia en la ocurrencia de heladas en una región, ya que determina el patrón de vientos de la zona y

por lo tanto influye en los regímenes de mezcla y velocidad de las corrientes y flujos de viento.

➢ Nubosidad. Las nubes sirven para retener gran parte del calor que, de otro modo, se perdería para la tierra en forma de reflexión y absorben cierta proporción de la energía que interceptan. Las nubes altas normalmente tienen un efecto de calentamiento que se llama efecto invernadero, porque dejan pasar la radiación solar pero absorben la radiación terrestre, enviando parte de ésta hacia el suelo. En cambio, las nubes bajas y, sobre todo, nubes con gran espesor tienen el efecto de enfriar, porque reflejan o absorben la radiación solar.

➢ Humedad atmosférica. Cuando disminuye la temperatura a 0ºC o menos y no existen vientos o corrientes, la humedad del aire se condensa, si la humedad es relativamente abundante este produce niebla, si la humedad es baja, ocurre la helada.

No es el objetivo de este estudio una explicación del proceso de transferencia de energía durante un evento de temperaturas bajas, pero es útil recordar que se trata de un proceso gobernado por las leyes de la termodinámica, es decir, se trata de un proceso de transferencia de energía calorífica. Las cuatro formas principales de transferencia de energía, que son importantes en la protección contra heladas, son la radiación; la conducción (o flujo de calor al suelo); la convección (i.e. la transferencia de calor sensible y calor latente en el fluido); y los cambios de fase asociados con el agua.

Método nivel 1.

Visualización ambiental durante las heladas:

- *Flora silvestre*
- *Fauna silvestre*
- *Agricultura*
- *Ganadería*
- *Población*
- *Registro de temperaturas*

Durante la elaboración de este Atlas de riesgos no se presentaron heladas debido a que las visitas de campo fueron programadas durante los meses de abril-mayo-junio del presente, por lo que se recurrió al método de nivel 2.

Temperaturas mínimas extremas:

Crear una base de datos climatológicos con los valores mínimos absolutos de temperatura, de cada una de las estaciones meteorológicas de la región en estudio.

Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

Se generó una base de datos con las temperaturas mínimas extremas de las estaciones en estudio, la cual se anexa en la memoria técnica, con ellas se elaboraran mapas de isotermas de temperatura mínimas extremas y de zonas agrícolas afectables. Con la

misma base de datos se calculó la probabilidad de recurrencia de heladas por debajo de 0 °C como temperatura crítica.

Análisis probabilístico de ocurrencia de heladas.

Conocer la probabilidad exacta de alcanzar una temperatura crítica específica de daño en una fecha determinada, en primavera y en otoño, es útil para determinar fechas de siembra y de cosecha en cultivos anuales y la duración deseable de la estación de crecimiento para evitar el daño por helada. El procedimiento consiste en la utilización de una función de distribución de probabilidad de valor extremo tipo I:

$$P(T - T_c) = 1 - \exp\left[-\exp\left(\frac{T_c - \beta}{\alpha}\right)\right] \quad \text{ec. 1}$$

Dónde:

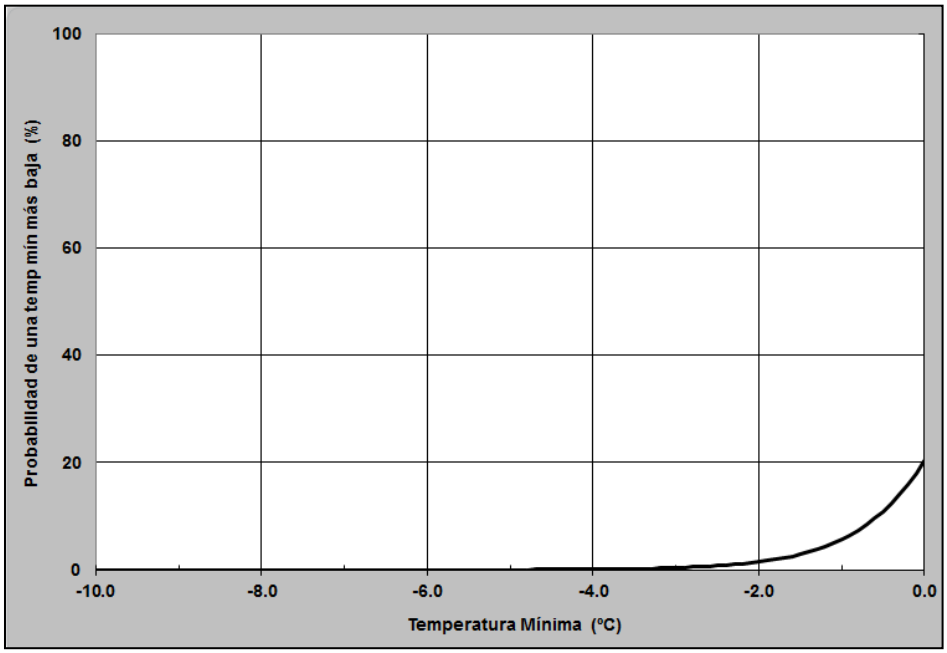
$\alpha = \sigma / 1.283$; $\beta = \mu + 0.45 \times \alpha$

μ = temperatura media mínima

σ = Desviación típica de las temperaturas mínimas en los años registrados.

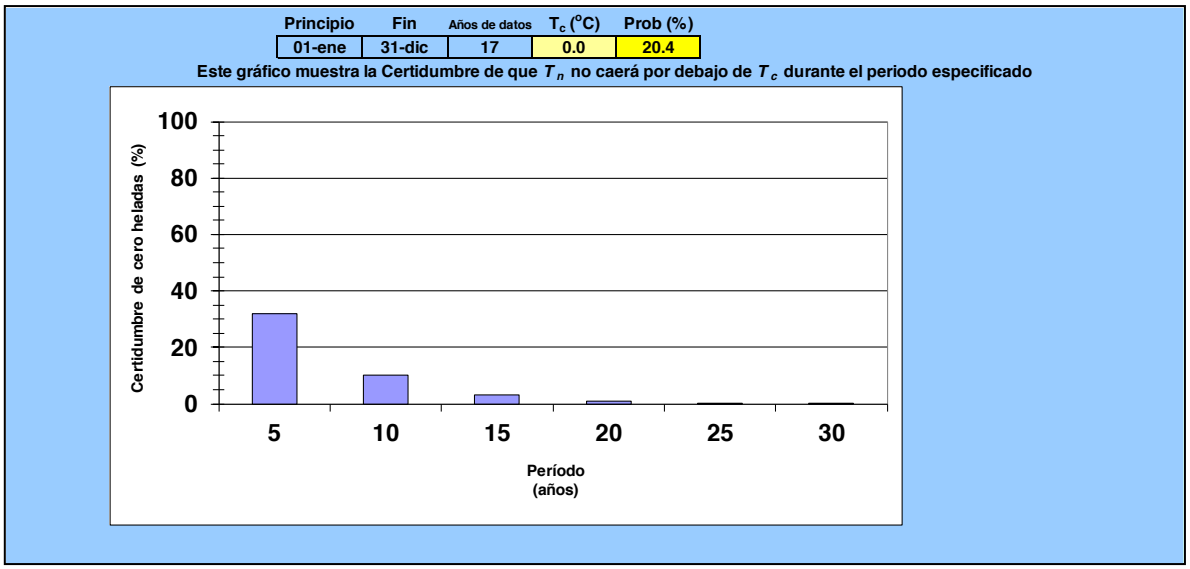
La FAO, a partir de este procedimiento desarrolló el programa TempRisk, para el que se requieren mínimo 20 años de información diaria de temperaturas mínimas.

TempRisk nos da la probabilidad y el riesgo de que la temperatura caiga por debajo de un nivel crítico cuando se ha establecido la sensibilidad del cultivo al daño. Los datos que se pueden ingresar son hasta 50 años de datos de temperatura mínima, las fechas de inicio y de finalización para el período a evaluar y la temperatura crítica, en este caso 0° C. Según los datos de la estación Ciudad Guzmán, las probabilidades de una helada con temperaturas de 0 °C es del 20 % en cualquier año. (Gráfica 4.2.3.1.).



Gráfica 4.2.3.1. Probabilidad de ocurrencia de heladas por debajo de 0 °C.

La certidumbre de que la temperatura mínima no caerá por debajo de la temperatura crítica durante el periodo especificado Tr (5,10, 25 y 50 años) se muestra en la siguiente (Gráfica 4.2.3.2.).



Gráfica 4.2.3.2. Certidumbre de no ocurrencia de heladas por debajo de 0 °C

En la imagen anterior, los valores para cada columna son: (Tabla 4.2.3.1.).

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 4.2.3.1. Certidumbre de cero heladas menores a 0 °C

4.2.4. Nevadas.

Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación. Éstas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.

Las bajas temperaturas y los fenómenos que se les relacionan pueden ocasionar diferentes problemas en las regiones afectadas, principalmente en la salud de la población, cultivos, animales domésticos y de granja, así como volver inseguro el tránsito por caminos y carreteras, y consecuente incomunicación de las localidades.
En Jalisco existe sólo una región con nevadas recurrentes: El nevado de Colima a 4260 msnm.

Parámetros y características de las nevadas
Los parámetros determinantes de la formación de nevadas, como ya se ha mencionado en otros apartados, son la *radiación solar* la cual está en función de la latitud, la *altitud sobre el nivel del mar*, *los vientos y la advección* (el desplazamiento horizontal de una masa de aire hacia una zona en que las propiedades térmicas o de humedad son distintas.

Si la temperatura del aire transportado por el viento es más alta que la de su alrededor se llama advección de aire caliente, en caso contrario es advección de aire frío), la nubosidad y la reflexión de la luz solar. Con respecto a este último parámetro se agrega que en el caso de la nieve, su albedo es muy alto (0.80 - 0.90), es decir, gran parte de la radiación solar es reflejada por ella.. Además, por su capacidad de conducción calórica relativamente alta de (2090 J/Kg °K), la radiación solar que absorbe la nieve está repartida en una capa gruesa, por esta razón la superficie de la nieve está muy fría. Si la temperatura en la atmósfera se incrementa hasta más de 0 °C, la superficie de la nieve permanece a 0 °C hasta que toda la nieve se derrite.
Existe una correlación entre la presencia de nieve y las bajas temperaturas en una región:

Antes de una nevada las temperaturas bajan. Por el albedo alto de la nieve se refleja gran parte de la radiación solar, lo que provoca que las temperaturas desciendan más, favoreciendo la caída de más nieve. Cuando la temperatura aumenta, la nieve se funde. Entonces baja el albedo del suelo, así que una mayor parte de la radiación solar es absorbida, lo que conduce a un incremento de la temperatura.

Para que se origine una nevada es necesario que se enfríe el aire húmedo, lo que normalmente ocurre al presentarse una corriente ascendente, logrando una sobresaturación del aire con vapor de agua (es decir, que la humedad relativa esté por arriba del 100%), pero varios estudios han mostrado que no puede condensarse el agua pura hasta que la humedad relativa alcance valores de aproximadamente 800%, cantidad que no se puede dar en la naturaleza. Entonces, es necesario que existan partículas fijas en el aire apropiadas para que se pueda congelar el agua en las capas altas de la atmósfera. El valor de la humedad relativa necesario para la condensación y formación de gotitas de agua depende de la existencia, la forma y el número de estas partículas. Normalmente existen suficientes partículas para que el vapor de agua condense alrededor de una humedad relativa de 100%. Una vez formados los cristales de hielo, como el que se muestra en la figura siguiente, estos crecen rápidamente.



Figura 4.2.4.1. Cristal de agua, unidad de un copo de nieve. Fuente: imagen tomada de internet.

El vapor de agua subenfriado se congela por sublimación en torno a los cristales de hielo. (Figura 4.2.4.1).A través de las irregularidades de la superficie de los cristales de hielo estos se van engarzando y creciendo. Se forman, así, copos de nieve. La temperatura óptima para la formación de copos de nieve es de entre los 0 y los -5 °C. Cuando el tamaño de los copos de nieve es suficientemente grande como para vencer la convección comienzan a caer. Si en su descenso alcanzan temperaturas superiores a los 0 °C se convierte en gotas de agua.

Método nivel 1

Visualización ambiental: Durante la época fría del año se observan las regiones donde precipitan las nevadas para definir coberturas y alturas de ocurrencia

Para la determinación de las alturas de nieve a partir de la precipitación se acepta generalmente que 1 mm de precipitación equivale a 1 cm de nieve. A partir de lo anterior y con los datos de precipitación durante la temporada invernal se han calculado los espesores de nieve en el Nevado de Colima. (Figura.4.2.4.2.).

Mediante un análisis estadístico de 25 años datos de las estaciones meteorológicas de la región se obtuvo (Tabla 4.2.4.1.).

Parámetro	Valor en cm.
Altura máxima de nieve	123
Media	16.6
Mínimo	2

Tabla 4.2.4.1. Alturas máximas, media y mínima de nieve en Nevado de Colima. Elaboración propia.



Figura 4.2.4.2 Imagen tomada en enero del 2014. (Fuente: Milenio Diario).

4.2.5. Tormentas Eléctricas

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulunimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados. El rayo es la descarga eléctrica que ocurre entre dos centros de carga de signo opuesto en el interior de la nube de una tormenta (en el caso de los rayos intranube) o entre las cargas opuestas de la nube y del suelo (los rayos nube a tierra). En promedio, los destellos intranube representan casi el 75% de todos los rayos que ocurren a nivel mundial, aunque llegan a constituir el 99% de las descargas eléctricas que producen algunas tormentas. La mayor parte del 25% restante son destellos de rayos a tierra. Los rayos son responsables de muchos de los accidentes debidos a fenómenos atmosféricos, incendios forestales, retrasos e interrupciones de vuelos lo que implica graves pérdidas para las compañías aeronáuticas, muerte de ganado, interrupción de servicios de comunicación y energía eléctrica, así como de un gran porcentaje de accidentes catastróficos en almacenes de combustible. Según CENAPRED “en México se registran, desde 1985 el número de decesos generados por el alcance de rayos (Secretaría de Salud,2007). En los últimos 22 años se reportaron 4,848 defunciones en 31 estados del país; en promedio, al año se llegan a presentar 220 pérdidas humanas por tormentas eléctricas. El único estado que no ha registrado muertes es Baja California Sur, mientras que en el Estado de México se localiza el mayor número de casos, con

1,140.” Según la Organización Mundial de la Salud, México es el país donde más muertes ocurren debido a este fenómeno con 223 muertes en promedio por año, siendo los niños y jóvenes entre los 10 y los 19 años los más afectados.

Características

La electrificación de una nube puede ocurrir ya sea por convección o por precipitación. Cuando se forma una nube de tormenta, la fricción producida en su interior por los cristales de hielo, el granizo blando y las gotitas líquidas producen intercambio de cargas negativas y positivas. Cuanto más vigorosas sean las corrientes ascendentes y descendentes (proceso convectivo) tanto mayor será la concentración de partículas en su seno, el número de colisiones que ocurren entre ellas y las cargas negativas y positivas que se acumulan.

Los cristales de hielo más ligero y de carga positiva son transportados por la corriente ascendente mientras que el granizo blando de carga negativa permanece suspendido o precipita. El resultado es que en la parte superior de la nube se concentran las cargas positivas y en la central e inferior las negativas. Pueden concentrase también cargas positivas en la porción inferior de la nube donde la temperatura es superior a los -10 °C.
Normalmente la carga eléctrica de la tierra es negativa. Cuando se forma una nube de tormenta, la región de carga negativa en la nube produce dos efectos simultáneos: atraer las cargas positivas a la superficie del suelo y repeler las negativas, de tal manera que la superficie del suelo bajo la nube de tormenta adquiere carga positiva.(Figura 4.2.5.1.).

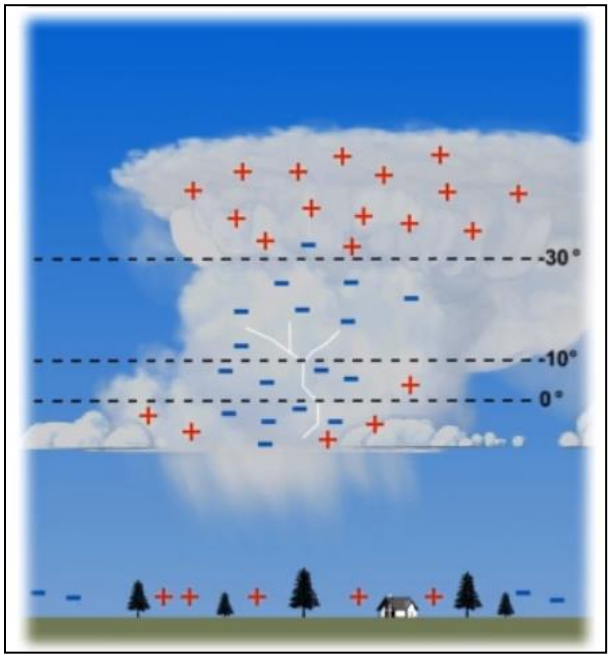


Figura 4.2.5.1. Estructura eléctrica de una nube de tormenta

El aire no es buen conductor de electricidad, pero si la diferencia de potencial entre las cargas negativas de la nube y las positivas del suelo sigue aumentando, las cargas negativas de la nube empiezan a avanzar (trazador descendente) a una velocidad promedio de 150 km/seg hacia el suelo hasta que logran abrir un canal conductor buscando establecer contacto con un objeto o región de carga positiva. Las cargas eléctricas acumuladas entre la punta del trazador descendente y el suelo ionizan el aire encima de los objetos más altos, aumentando su capacidad conductora, entonces la carga negativa fluye del aire circundante a los objetos más altos los cuales, a su vez, posibilitan la formación de un trazador ascendente. Una vez que ambos trazadores hacen contacto, aproximadamente a 50 metros sobre la superficie de la tierra, se cierra el canal trazador y las cargas negativas empiezan a descender desde la nube a tierra hasta que son drenadas y las cargas positivas ascienden hacia la nube, formando lo que se llama descarga de retorno. (Figura 4.2.5.2.).

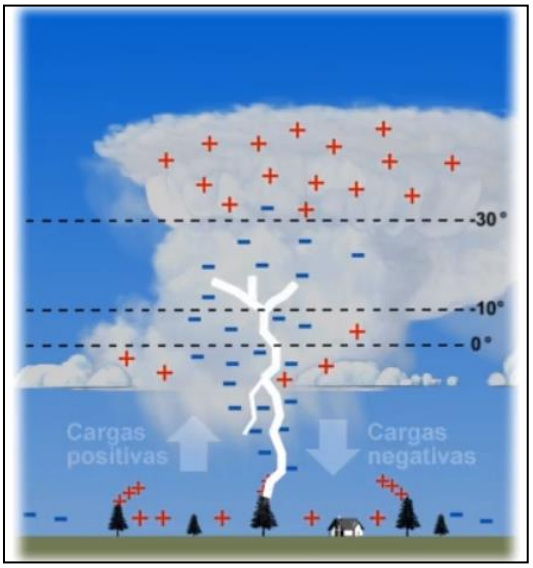


Figura 4.2.5.2. Descarga de retorno en una tormenta eléctrica

Método

Registros históricos de tormentas eléctricas:
Calcular los valores medios de las tormentas de un periodo determinado, que puede ser un mes, una estación del año o los valores medios anuales.
Trazar isopletas de un espacio dado o pueden usarse rangos representados de varios colores para mostrar la distribución espacial del hidrometeoro.
Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

En la norma NMX-J-549-ANCE-2005, se encuentran mapas del promedio anual de densidad de rayos a tierra por Estados. Para el Estado de México, este índice va de 9 a 4 rayos por km^2 por año, considerando la extensión en la que incide el límite superior del intervalo, es el más alto a nivel nacional. El más bajo corresponde a la península de Baja

California. Este índice se tomará como muy alto para ponderar la intensidad del fenómeno. Así la escala que se propone es la siguiente (Tabla 4.2.5.1.).

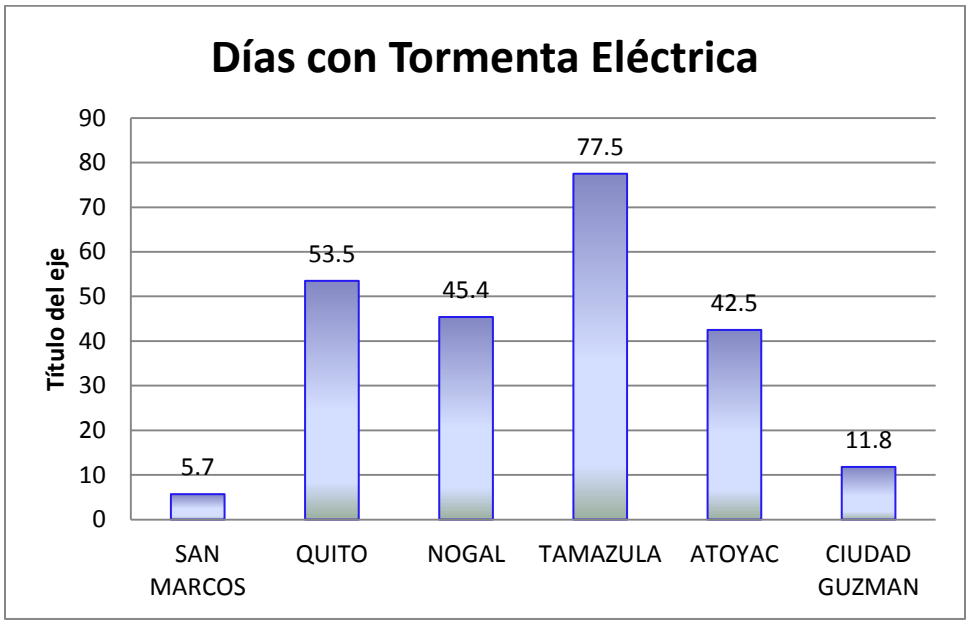
Intensidad	Descargas directas a tierra
Muy Alto	< 9
Alto	< 7.2
Medio	< 5.2
Bajo	< 3.6
Muy Bajo	< 1.8

Tabla 4.2.5.1. Intensidades de descargas directas a tierra

La información regional con la que se cuenta es la siguiente: (Tabla 4.2.5.2. y Gráfica 4.2.5.1.).

ID	X	y	z	NOMBRE	Días con tormenta eléctrica
1	657027.7	2150748.8	1131	SAN MARCOS	5.7
2	664386.1	2159676.88	1059	QUITO	53.5
3	626951.7	2200566.9	2004	NOGAL	45.4
4	682622.1	2177841.26	1409	TAMAZULA	77.5
5	655313.9	2213245.89	1383	ATOYAC	42.5
6	660900	2181014	1508	CIUDAD GUZMAN	11.8

Tabla 4.2.5.2. Días al año con tormenta eléctrica, fuente SMN.



Gráfica 4.2.5.1. Días con tormenta eléctrica por estación.

Se empleará una forma analítica para determinar el número de descargas directas a tierra (*ddt*) a partir de los datos de día de tormenta eléctrica (*Td*). Para México se ha propuesto la relación:

$$ddt = 0.024Td^{1.12} \quad ec.1$$

Sin embargo, los datos disponibles en la norma NMX citada, por ejemplo, para la zona donde se encuentra la estación meteorológica La Troja Vieja, es de 9 descargas directas a tierra, y el SMN reporta para esta estación 54.7 días con tormenta eléctrica. Utilizando este último valor, la ecuación 1 nos daría 2.12 *ddt* y no nueve. Debido a lo anterior se propone un ajuste a la ecuación 1 para quedar como sigue: (Tabla 4.2.5.3.).

$$ddt = 0.1017Td^{1.12} \quad ec.2$$

Donde *ddt* está en descargas por km^2 por año.

ID	X	y	z	NOMBRE	Días con tormenta eléctrica	ddt km^2- año
1	657027.7	2150748.8	1131	SAN MARCOS	5.7	0.71
2	664386.1	2159676.88	1059	QUITO	53.5	8.77
3	626951.7	2200566.9	2004	NOGAL	45.4	7.3
4	682622.1	2177841.26	1409	TAMAZULA	77.5	13.28
5	655313.9	2213245.89	1383	ATOYAC	42.5	6.77
6	660900	2181014	1508	CIUDAD GUZMAN	11.8	1.67

Tabla 4.2.5.3. Descargas directa a tierra por km^2-año

Considerando lo anterior y dado que la región presenta índices aceptables de homogeneidad como se ha demostrado en otros apartados, se procedió a determinar los promedios por mes para toda la región, con los cuales se calcula la intensidad para los diferentes periodos de retorno. (Tabla 4.2.5.4.).

Tr	En	Fe	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
5	1.5	1.1	1.3	1.1	2.7	7.4	9.2	9.3	7.7	5.2	2.3	1.2
10	2	1.5	1.6	1.5	3.5	3.5	11.9	12	10	6.7	3.0	1.6
25	2.5	1.9	2.1	1.9	4.5	4.5	15.3	15.5	12.9	8.6	3.8	2
50	3	2.2	2.5	2.2	5.2	5.2	17.9	18.1	15.0	10.1	4.5	2.4

Tabla 4.2.5.4. Días al año de tormenta eléctrica por periodo de retorno.

4.2.6. Sequía

El riesgo de un desastre por eventos de sequía, ha sido definido como el producto de la exposición de la región afectada y el grado de vulnerabilidad de ésta frente al evento (Wilhite y Buchanan-Smith, 2005). Por otro lado, otros autores ponen mayor énfasis en el término vulnerabilidad, definido como el grado en el cual los sistemas humanos y ambientales son susceptibles de experimentar daño debido a una perturbación o estrés (Luers et al, 2003; Adger, 2006; Smith and Wandel, 2006; Downing and Patwardhan, 2004, Scheneider et al, 2007).

Entre las múltiples amenazas naturales que pueden llegar a convertirse en desastres, una de las más importantes es la sequía, resultado de una deficiencia en la precipitación, respecto a lo considerado "normal", de modo que, cuando se extiende a través de una estación o más tiempo, es insuficiente para satisfacer las demandas humanas y del ambiente (Wilhite y Buchanan-Smith, 2005; Seth, 2003).

Las sequías han sido catalogadas como el peligro individual y natural más grande en el planeta (Patrick, 2003; Askew y Rodda, 1996). De hecho, según Below et al (2007), las sequías causaron más del 50% del total de muertes debidas a desastres naturales entre el 1900 y el 2004 y representaron el 35% de la población afectada por desastres y el 7% de las pérdidas económicas, después de las inundaciones y los terremotos. Sin embargo, el impacto económico de las sequías puede ser mayor, debido a que se presume que los impactos indirectos son mayores y generalmente son mucho más complejos de evaluar que los impactos directos (Ponvert-Deslisles, 2007).

En este contexto, las sequías, cuyo estudio se pretende abordar en términos de su probabilidad de ocurrencia mediante la estadística hidrológica, son consideradas como *"un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico"* (Lapinel y Báez, 2007). De éste modo, y considerando que las principales propiedades de la sequía que son de interés determinar, se refieren a su duración, intensidad, distribución y especialmente su frecuencia; el tratamiento

probabilístico resulta fundamental en la estimación del periodo de recurrencia medio de esta amenaza natural.

Nivel 1

Determinar índices de aridez de acuerdo al método utilizado por María Engracia Hernández. Consultar mapas de sequía del país a nivel municipal del CENAPRED.

Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

Evidencia

Mapa de índices de aridez

Registro histórico para Zapotlán el Grande.

Se localizaron registros completos para los años 2008 y 2009 en el sitio http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=74 del SMN, consultados en mayo del 2015. (Tabla 4.2.6.1.).

Mes	2008	2009
Enero	Moderada	Moderada
Febrero	Moderada	Moderada
Marzo	Moderada	Moderada
Abril	Moderada	Moderada
Mayo	Moderada	Moderada
Junio	Moderada	Moderada
Julio	Moderada	Moderada
Agosto	Moderada	Severa
Septiembre	Anormalmente seco	Severa
Octubre	Anormalmente seco	Severa
Noviembre	Anormalmente seco	Severa
Diciembre	Anormalmente seco	Severa

Tabla 4.2.6.1. Registro histórico de sequias en Zapotlán el Grande. Elaboración propia con datos del SMN

Desarrollo

Antes de iniciar el desarrollo del apartado se hace notar que los conceptos de aridez y sequía no son equivalentes: la aridez se define como un estado climático permanente. Para definir el término de aridez se debe de partir de las características de la superficie terrestre, tales como geomorfología y vegetación, las cuales afectan el clima hasta presentar las condiciones comunes de desertización, mientras que una sequía es un periodo considerado como anormalmente seco, el cual persiste a través del tiempo y puede producir graves cambios en los balances hidrológicos en una determinada región.

En comunicación directa con la M.C. María Engracia Hernández, afirma que el método que ella ha desarrollado se refiere al uso no de un índice de aridez, sino de severidad de sequía meteorológica(I.S.), y se calcula con la expresión:

$$I.S.= \frac{SUMY - SUMX}{SUMX} \quad ec.1$$

SUMY < SUMX
Y = Precipitación mensual registrada
X = Precipitación media mensual normal
Si SUMY - SUMX es menor de 0.0, hay sequía meteorológica.
El modelo obtenido mediante este método se muestra en la siguiente (Figura 4.2.6.1.) en el que a Zapotlán le corresponde un nivel medio.

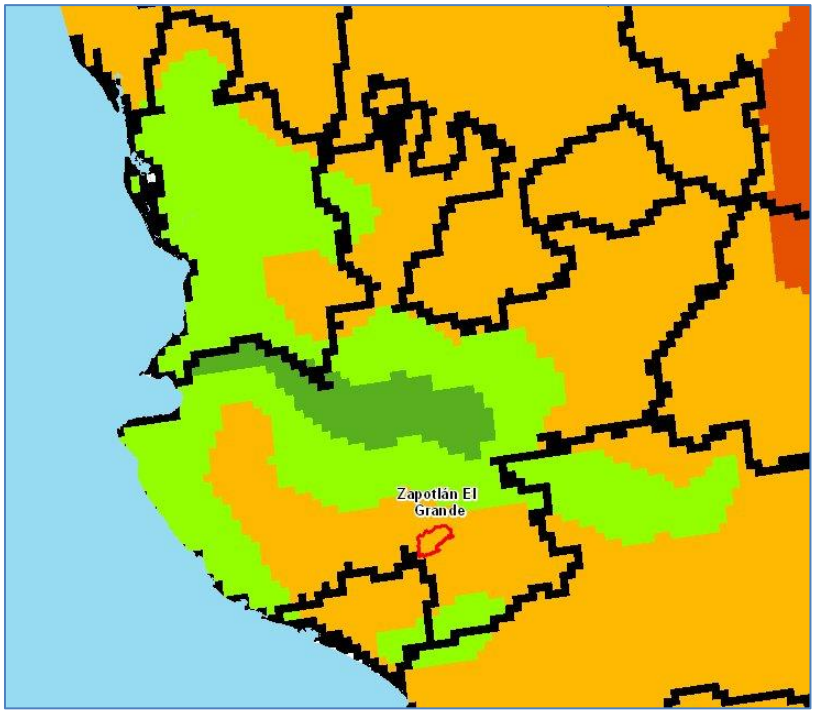


Figura 4.2.6.1. Índice de severidad de la sequía, modelo CCC (Canadian Climate Center).

Una vez determinado el I.S. de sequía, se utilizará para generar el mapa de escenario base. Se consideraron las estaciones (Tabla 4.2.6.2.).

Estaciones		Coordenadas WGS 84 UTM 13 N	
Nombre	**Clave**	**x**	**y**
San Marcos	14129	657027.70	2150748.8
Quito	14118	664386.10	2159676.88
Ciudad Guzmán	14030	660897.92	2181010.77
El Nogal	14052	626951.70	2200566.9
Atoyac	14018	655313.34	2213247.27
Ingenio Tamazula	14141	682622.1	2177841.26

Tabla 4.2.6.2. Datos de estaciones meteorológicas ubicadas en la cercanía de Zapotlán el Grande. Elaboración propia.

Dado que el registro de los datos es variable y la estación Ciudad Guzmán, la de mayor peso en la zona, sólo tiene datos completos a partir de 1995, se considera el lapso 1995-2014, 20 años.

El índice de severidad de sequía meteorológica se ha clasificado en siete grados (Tablas 4.2.6.3. y 4.2.6.4. y Mapa 4.2.6.2.).

Índice Valor absoluto	Grado	Guía SEDATU
mayor de 0.8	extremadamente severo	Muy alto
0.6 a 0.8	muy severo	Muy alto
0.5 a 0.6	severo	alto
0.4 a 0.5	muy fuerte	Medio
0.35 a 0.4	fuerte	bajo
0.2 a 0.35	Leve	Muy bajo
< 0.2	Ausente	No aplica

Tabla 4.2.6.3. Índice de Severidad de sequía. Elaboración propia

Resultados:

Estaciones		Coordenadas WGS 84 UTM 13 N		I.S	Grado
Nombre	Clave	x	y		
San Marcos Tonila	14129	657027.70	2150748.8	-0.370	leve
Quito	14118	664386.10	2159676.88	-0.448	muy fuerte
Ciudad Guzmán	14030	660897.92	2181010.77	-0.330	leve
El Nogal	14052	626951.70	2200566.9	-0.393	fuerte
Atoyac	14018	655313.34	2213247.27	-0.431	muy fuerte
Ingenio Tamazula	14141	682622.1	2177841.26	-0.297	leve

Tabla 4.2.6.4. Índice de severidad y grado de sequía para las diferentes estaciones. Elaboración propia.

Evidencia

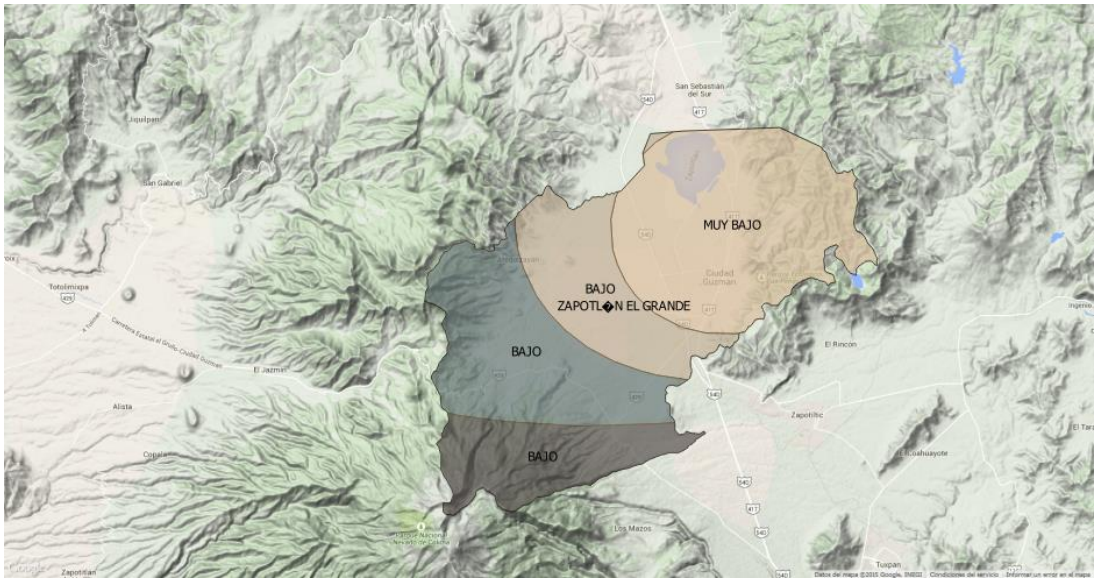


Figura 4.2.6.2. Mapa de grados de sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).

Determinación de periodos de retorno.

Considerando que las principales propiedades de la sequía que son de interés determinar, se refieren a su duración, intensidad, distribución y especialmente su frecuencia; el tratamiento probabilístico resulta fundamental en la estimación del periodo de recurrencia medio de esta amenaza natural. El método que se empleara será el análisis regional de frecuencia (ARF) mediante la teoría de los L-momentos y empleando el software libre ICI-RAFT[2] vr. 1 El procedimiento consiste en definir regiones estadísticamente homogéneas a partir del análisis de los datos de las estaciones en una determinada región. El ARF se caracteriza por aumentar la cantidad de datos disponibles para el análisis en una determinada región de estudio utilizando datos de diferentes estaciones, con lo que se obtiene mayor precisión en la estimación de los cuantiles. Sin embargo, al utilizar mayor información es necesario establecer las relaciones entre las diferentes distribuciones de frecuencias de las diferentes estaciones. Para lo anterior se utilizan los indicadores de discordancia, los cuales identifican una o más estaciones altamente discordantes respecto a un grupo de estaciones.

Valores Críticos del indicador de discordancia Di basado en L-momentos. (Tabla 4.2.6.5.).

No. de estaciones en la región	Valor Crítico de Di
5	1.333
6	1.648
7	1.917
8	2.140
9	2.329
10	2.491
11	2.632
12	2.757
13	2.869
14	2.971
≥ 15	3

Tabla 4.2.6.5. Tabla de valores críticos del indicador de discordancia.

Los resultados obtenidos mediante ICI-RAFT para las estaciones consideradas en el estudio son: (Tabla 4.2.6.6.).

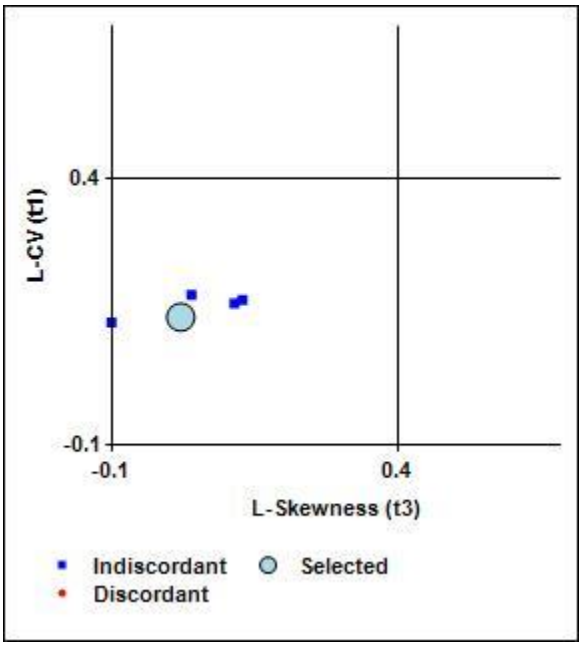
Sitio	L-media (L1)	L-escala (L2)	L-CV (L1/L2)	L-Skew (L3)	L-Kurtosis (L4)	Discordancia
Quito	802.211	110.643	0.1379	-0.0034	0.200	1.1786
El Nogal	624.052	75.848	0.1215	0.0717	-0.024	1.2804

[2] Disponible en: http://www.iwr.usace.army.mil/Missions/Hydrology/ICIRAFT%28ICIWaRMRegionalAnalysisofFrequencyT.aspx , recuperado el 01/05/2015

Sitio	L-media (L1)	L-escala (L2)	L-CV (L1/L2)	L-Skew (L3)	L-Kurtosis (L4)	Discordancia
Ing. Tamazula	941.441	80.416	0.0854	-0.1433	0.214	1.0001
Atoyac	560.600	71.879	0.1282	0.0858	0.114	1.0688
San Marcos	1130.755	108.367	0.0958	-0.0223	0.106	0.4718

Tabla 4.2.6.6. Medidas de estadística descriptiva basada en L-momentos. Elaboración propia.

El primer L-momento es el promedio o una medida de localización y puede tomar cualquier valor. El segundo L-momento es una medida de dispersión de los datos respecto a la media y toma valores mayores o igual a cero. L-CV es el valor análogo del coeficiente de variación en los L-Momentos.
Una representación del factor de discordancia basado en los L-momentos L-CV y L-skew, para el sitio San Marcos, se muestra en la siguiente (Gráfica 4.2.6.1.).



Gráfica 4.2.6.1. Factor de discordancia basado en L-CV y L-Skewness. Elaboración propia

Después de formar agrupaciones de estaciones, es necesario confirmar la homogeneidad de cada región, para determinar, por ejemplo si dos o más estaciones se pueden unir para formar otra región.
El criterio de homogeneidad (H) utilizado aquí se basa en Wallis *et al* (2007) quienes sugieren los siguientes rangos: (Tabla 4.2.6.7.).

Heterogeneidad	Wallis et al (2007)
Homogénea	H < 2

Heterogeneidad	Wallis et al (2007)
Posiblemente heterogénea	2 < H < 3
heterogénea	H > 3

Tabla 4.2.6.7. Tabla de criterios de homogeneidad basada en Wallis et al (2007). Elaboración propia.

Los datos arrojados para el conjunto de estaciones agrupadas en la región son: (Tabla 4.2.6.8.).

Región	L-media (L1)	L-escala (L2)	L-CV (L2/L1)	L-Skew (L3)	L-Kurtosis (L4)	Homogeneidad H
Ciudad Guzmán	810.9255	89.3943	0.1139	-0.0027	1.1232	1.36

Tabla 4.2.6.8. Datos de estadística descriptiva regionales. Elaboración propia

Selección de distribuciones de probabilidad y cálculo de magnitudes de sequía.

En esta etapa se procedió al cálculo y selección de la distribución de probabilidad que mejor se ajustara a cada combinación de eventos de precipitación mensual a partir del mes de mayo con duración de 6 meses. Las distribuciones utilizadas son las que más comúnmente se utilizan en L-momentos: Logística Generalizada y Generalizada de Valores Extremos

ICI-RAFT también calcula los valores del coeficiente de correlación de Pearson y las puntuaciones ***Z*** para cada distribución, que dan una indicación de la cercanía de ajuste de cada distribución estándar de los datos de la muestra del sitio que se está analizando. Valores de R de Pearson cercanos a 1 y un ***Z*** cercano a 0 indican un buen ajuste. Este último se basa en los L-momentos L-sesgo y L-curtosis (Anli et al., 2007). Mediante una prueba de bondad de ajuste basada en el estadígrafo Z se comprueba objetivamente cuando un conjunto de distribuciones se ajusta aceptablemente a los datos (Álvarez, et al., 1999). De esta forma se puede desestimar el uso de ciertas distribuciones que no se ajusten aceptablemente, pero este indicador por sí solo no tiene la capacidad para identificar a una distribución como la mejor (Hosking y Wallis, 1997).

Según lo planteado por Hosking y Wallis (1997), se considera que el ajuste de una distribución es aceptable o adecuado si el valor de ***Z*** es cercano a cero. En este contexto, un valor razonable es el asociado al grado significancia del 90%, es decir, $|Z| \leq 1.64$.

Resultados por estación meteorológica (Tabla 4.2.6.9.).

Sitio	Periodos de retorno, años				
	5	10	20	50	100
	*Precipitación en mm				
14118	649	559	475	369	290
14052	516	462	416	360	321
14141	841	759	675	555	455
14018	451	404	371	334	311
14129	982	891	805	694	611

Tabla 4.2.6.9. Descenso de la precipitación media anual en mm por estación meteorológica. Elaboración propia.

***Precipitación media anual.**

La disminución de la precipitación con respecto a la media anual, en % es:

Sitio	Pma* mm	Periodos de retorno, años				
		5	10	20	50	100
		Disminución en % con respecto a la media anual				
14118	**833**	77.91	67.10	57.02	44.29	34.81
14052	**697**	70.03	66.28	59.68	51.64	46.05
14141	**990**	84.94	76.66	68.18	56.06	45.95
14018	**576**	78.29	70.13	64.4	57.98	53.99
14129	**1180**	83.22	75.50	68.22	58.81	57.77

Tabla 4.2.6.10. Descenso de la precipitación en % con respecto a la media anual. Elaboración propia.

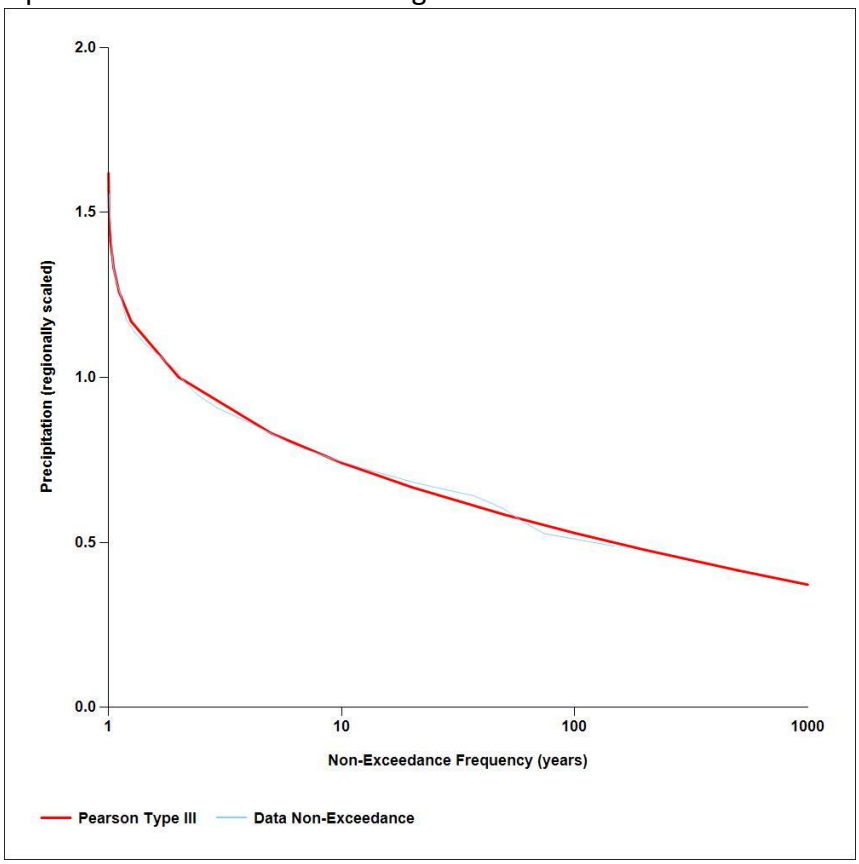
Análisis de correlación

Sitio	Función de Distribución de Probabilidad	Coef. de Pearson	Tipo y grado de correlación según Pearson	z
14118	Logística Generalizada	0.6056	Positiva moderada	-0.59
14052	Logística Generalizada	-0.1129	Negativa débil	0.14
14141	Logística Generalizada	0.5964	Positiva Moderada	0.1
14018	General de valores extremos	0.5763	Positiva Moderada	-3.77
14129	Logística Generalizada	0.2314	Positiva débil	-0.74

Tabla 4.2.6.11. Resultados de correlación para las diferentes funciones de distribución probabilísticas exploradas. Elaboración propia.

Resultados regionales

En la siguiente (Grafica 4.2.6.2.) se muestra la tendencia de la intensidad de la sequía para los diferentes periodos de retorno a nivel regional.



Gráfica 4.2.6.2. Disminución de la precipitación a nivel regional según una distribución tipo Pearson III. Elaboración propia.

Región	Periodos de retorno, años				
	5	10	20	50	100
	Precipitación en mm				
Ciudad Guzmán	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 4.2.6.12. Disminución regional de la precipitación en mm. Elaboración propia.

Análisis de correlación a nivel regional.

Región	Función de Distribución de Probabilidad	Coef. de Pearson	Tipo y grado de correlación según Pearson	z
Ciudad Guzmán	Gumbel tipo III	0.826	Positiva fuerte	0

Tabla 4.2.6.13. Análisis de correlación. Elaboración propia.

Nivel 2

Determinar los porcentajes de sequía intraestival (disminución de las lluvias durante el verano) de acuerdo a método de Pedro Mosiño y Enriqueta García, el cual consiste en la utilización de cuatro ecuaciones que representan los grados de sequía.

Evidencia

Gráficas de comportamiento de la sequía intraestival.

Mapa de grados de intensidad de la sequía intraestival.

Sequía Intraestival.

En la mayor parte de México, el régimen de precipitación presenta dos comportamientos durante el año, por lo que se tiene una época de lluvias y una época de estiaje (en este tiempo hay poca o ninguna lluvia. La sequía intraestival o canícula se define como la disminución de la precipitación, durante la época de lluvia respecto a su promedio.

Desarrollo (Método de Pedro Mosiño y Enriqueta García)

Se tomaran datos de precipitación de junio a octubre con los datos de las estaciones ya mencionadas en el nivel 1. Las expresiones para 3, 4, 5 y 6 meses son:

$$A_3 = 0.5 * Y_1 - Y_2 + 0.5 * Y_3 \quad ec.2$$

$$A_4 = Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4 \quad ec.3$$

$$A_5 = \left({}^{3}/_{2}\right)Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + \left({}^{3}/_{2}\right)Y_5 \quad ec.4$$

$$A_6 = 2 * Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 + 2 * Y_6 \quad ec.5$$

$$SI\% = \frac{A_n}{\sum P(j-o)} \quad ec.6$$

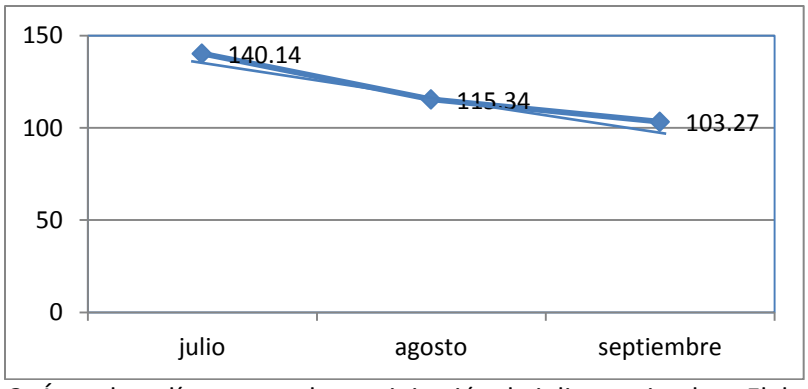
Resultados

La aplicación del método a los datos de las estaciones involucradas muestra que en la zona del proyecto no se presenta la sequía intraestival: (Tabla 4.2.6.14.).

Polígono	C. G	Quito	El Nogal	Tamazula	Atoyac	San Marcos
A3	-10.60	-19.98	6.36	-8.82	-53.50	-24.65
A4	-26.59	-62.92	-16.82	-55.97	-58.49	-142.05
A5	-136.67	-227.77	-177.16	-281.62	-225.92	-360.52
A6	-406.35	-429.11	-287.40	-527.44	-334.36	-692.23

Tabla 4.2.6.14. Áreas negativas por la aplicación de las ecuaciones 2 a 5, demuestra que no hay sequía intraestival. Elaboración propia.

Los valores negativos calculados para las áreas de los polígonos A3, A4, A5 y A6 muestran que no existe sequía intraestival en la zona del proyecto, excepto para la estación El Nogal para los meses julio-agosto-septiembre, del cual se presenta el polígono. (Gráfica 4.2.6.3.).



Gráfica 4.2.6.3. Área de polígono para la precipitación de julio-septiembre. Elaboración propia.

Para este caso: (Tabla 4.2.6.15.).

$$SI\% = \frac{6.36}{358.75} = 0.017(100) = 1.7\ \%$$

Estación	Sequía intraestival en %			
	A_3	A_4	A_5	A_6
San Marcos	0	0	0	0
Quito	0	0	0	0
Ciudad Guzmán	0	0	0	0
El Nogal	1.7	0	0	0
La Yerbabuena	0	0	0	0
Atoyac	0	0	0	0
Ingenio Tamazula	0	0	0	0

Tabla 4.2.6.15. Sequía intraestival en la región. Elaboración propia

Aplicación del Índice de Precipitación Estandarizado.

En diciembre del 2009 se aprobó la Declaración de Lincoln sobre los índices de sequía, que recomendó que, para describir las características de las sequías meteorológicas, todos los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) utilizaran el Índice normalizado de precipitación (SPI) además de los otros índices de sequías utilizados en esos Servicios. La Declaración de Lincoln también recomendó que se elaborara un exhaustivo manual del usuario del SPI. En junio de 2011 el Decimosexto Congreso Meteorológico Mundial aprobó una resolución en la que se ratificaron ambas recomendaciones. El Congreso solicitó asimismo que el manual del SPI se publicara y distribuyera en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas.

El SPI se calcula con base en la utilización de un registro de datos de precipitación de un lugar, que es ajustado a una función de probabilidad gamma que se transforma a una distribución de probabilidad normal estandarizada. De modo que el valor medio del SPI para ése lugar es cero y varianza uno; valores positivos de SPI son mayores a la mediana, valores negativos son menores a la mediana.

La función de frecuencia se expresa por la fórmula:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad ec.7$$

Donde:
α = es un parámetro de forma de la curva
β = es un parámetro de escala.
x >0 es la variable, en este caso la precipitación.
$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\propto-1} e^{-y} dy \quad ec.8$ *Γ(α) =* es la función gamma
Además, se utilizan las soluciones de máxima verosimilitud para estimar óptimamente *α* y *β*:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \quad ec.9$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad ec.10$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad ec.11$$

n = número de datos de precipitación.
El interés principal de la aplicación de la función gamma en análisis climáticos no es la aplicación de la ecuación (21), que es una función de frecuencias, sino su integral de la que se obtiene la probabilidad acumulativa de ocurrencia de una precipitación menor o igual que una precipitación (X) determinada, la cual se expresa como:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad ec.12$$

Escribiendo $t = {}^{x}/_{\hat{\beta}}$, la ecuación anterior deriva en la función gamma incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad ec.13$$

Dado que la función gamma esta indefinida para *x = 0*, y los datos de precipitación pueden contener a ceros, la probabilidad acumulativa será:

$$H(x) = q + (1-q)H(x) \quad ec.14$$

Donde:
q = m/n, y *m* es el número de ceros en la serie de datos.
Para calcular SPI computacionalmente se utiliza una aproximación proporcionada por Abramowitz y Stegun (1965) que convierte probabilidad acumulada en una variable aleatoria normal estándarizada Z:

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad para\ 0 < H(x) \leq 0.5 \quad ec.15$$

$$Z = SPI = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad para\ 0.5 < H(x) < 1 \quad ec.16$$

$$t = \sqrt{ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} \quad para\ 0 < H(x) \leq 0.5 \quad ec.17$$

$$t = \sqrt{ln\left(\frac{1}{(1 - H(x))^2}\right)} \quad para\ 0.5 < H(x) < 1 \quad ec.18$$

Donde
c_0 = 2. 515517
c_1 = 0.802853
c_2 = 0. 010328
d_1 = 1.432788
d_2 = 0.189269
d_3 = 0.001308

Los periodos de tiempo para los que normalmente se calcula el SP1 son 1, 3, 6, 9, 12, 24 y 48 meses.

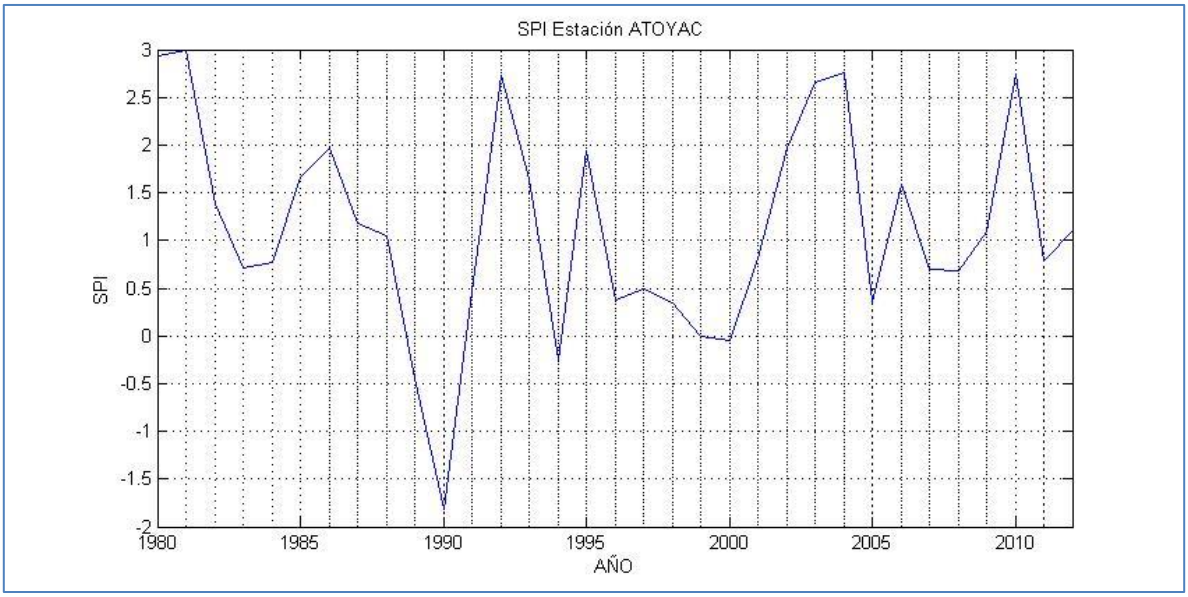
Los periodos cortos de 3 y 6 meses se emplean cuando se presenta el fenómeno de sequía intraestival, para sequía meteorológica se emplean los periodos de 12 y 24 meses. Los valores de SPI de esta escala de tiempo están relacionados con escurrimientos, nivel de reservorios y aún con niveles de agua subterránea.
Dado que en la región no se ha presentado el fenómeno de sequía intraestival, se calculara el SPI para periodos de 12 meses con ayuda de los softwares Excel y Matlab 14, con el que se calculó la función gamma incompleta mediante el comando *gammainc(x, A).*

La clasificación de SPI señala que un evento de sequía ocurre cuando los valores de SPI son negativos continuamente y la intensidad de la sequía asume valores menores de -1.0. El evento de sequía termina cuando el SPI alcanza valores positivos. (Tabla 4.2.6.16. y Gráficas 4.2.6.4, 4.2.6.5., 4.2.6.6., 4.2.6.7., 4.2.6.8.**).**

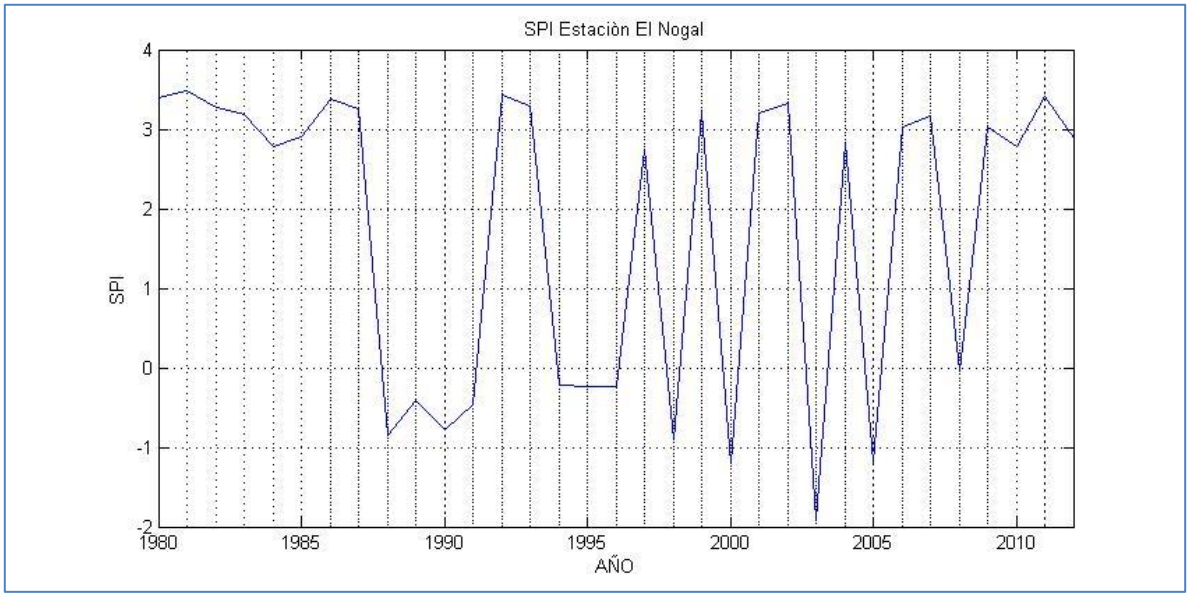
Valor SPI	Categoría de sequía
2 o mayor	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Cercano a lo normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Severamente seco
-2 o menor	Extremadamente seco

Tabla 4.2.6.16. Valor de SPI y categoría de sequía.

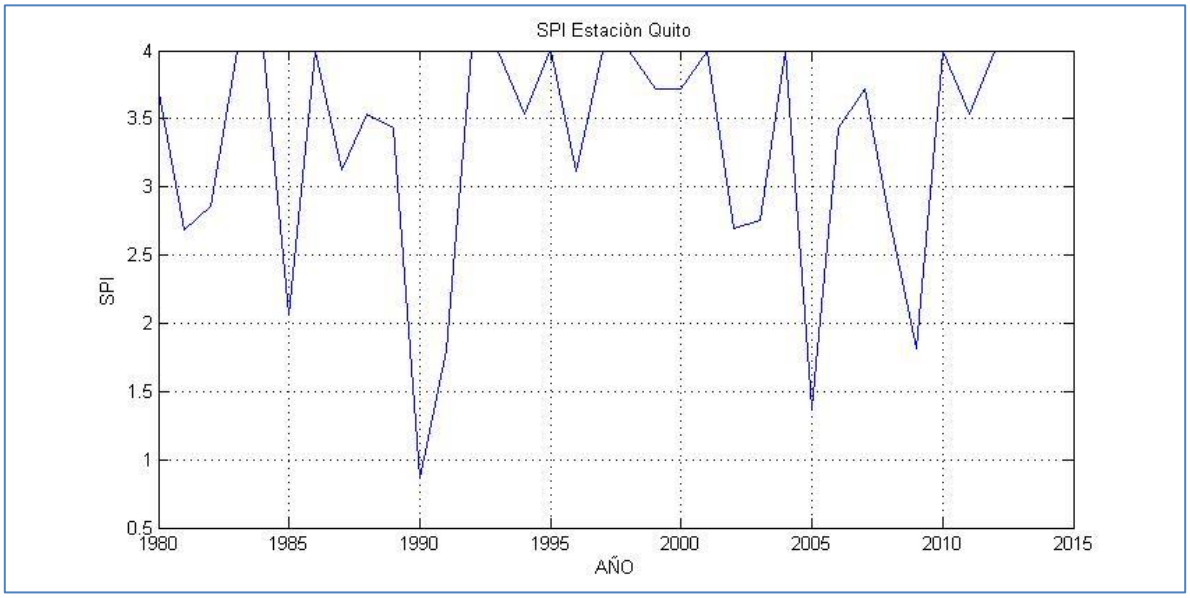
Resultados



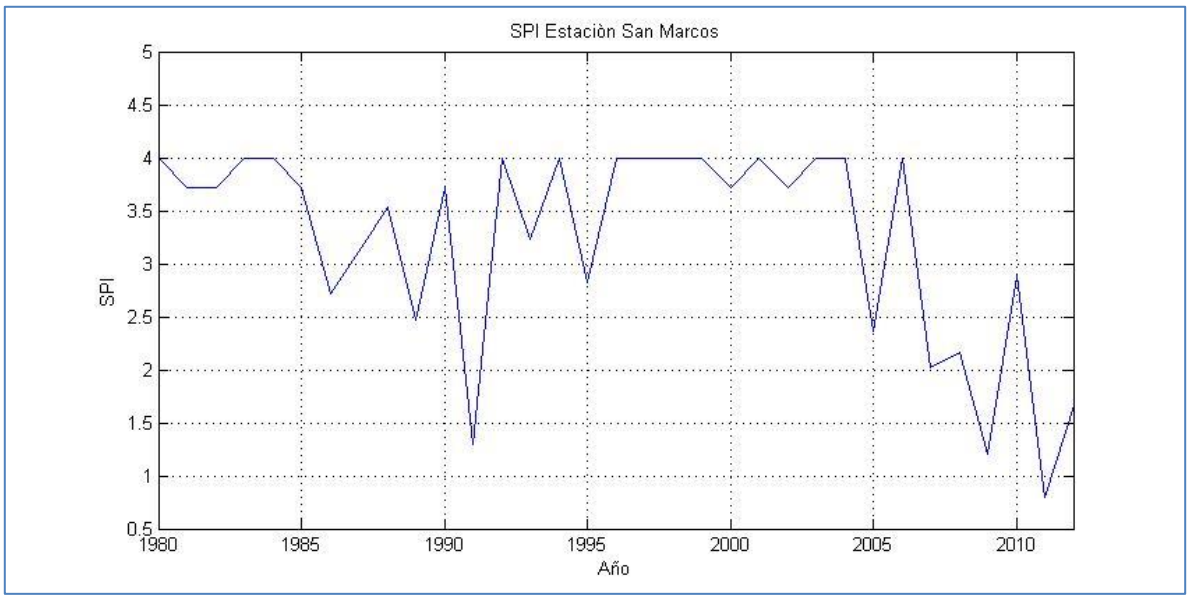
Gráfica 4.2.6.4. SPI estación Atoyac. Elaboración propia.



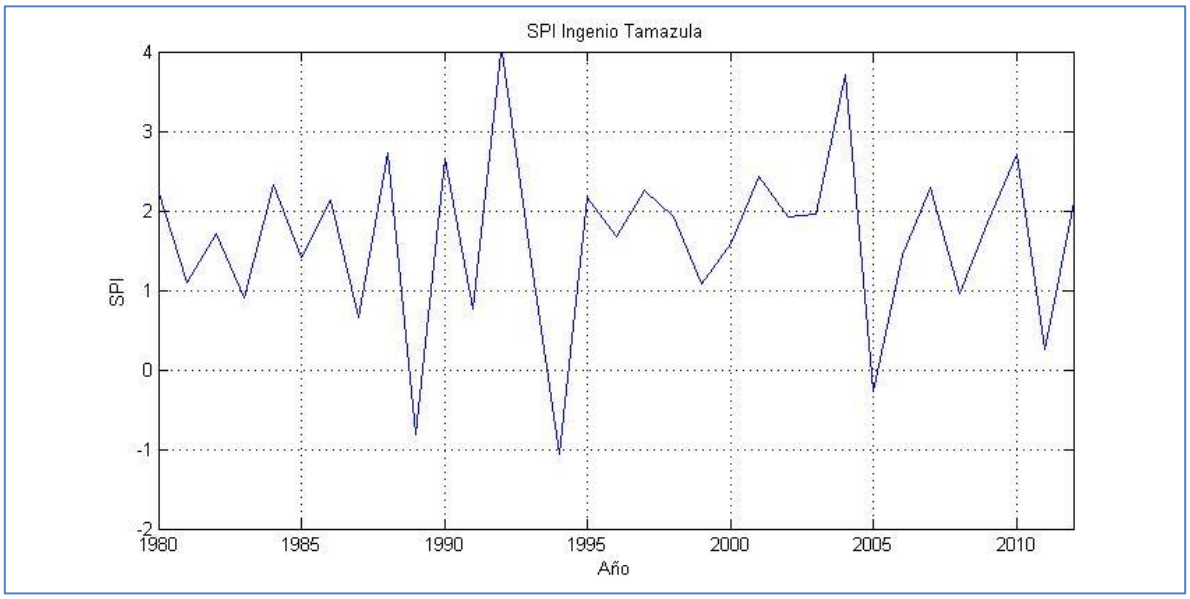
Gráfica 4.2.6.5. SPI Estación Elaboración propia. El Nogal.



Gráfica 4.2.6.6. SPI estación Quito. Elaboración propia.



Gráfica 4.2.6.7. SPI Estación San Marcos. Elaboración propia.

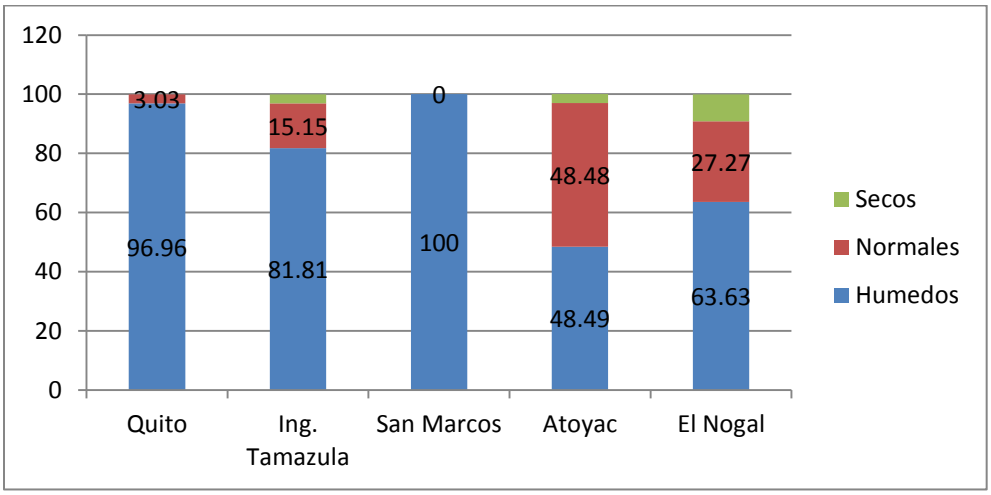


Gráfica 4.2.6.8. SPI estación Ingenio Tamazula. Elaboración propia.

Para representar cartográficamente lo anterior, todos los valores > 1, se consideraron húmedos, los valores < -1, se tomaron como secos, y los valores entre -1 y 1 se tomaron como normales y se calcularon los porcentajes obteniéndose que: (Tabla 4.2.6.17. y Gráfica 4.2.6.9.).

Condición	Quito	Inge. Tamazula	San Marcos	Atoyac	El Nogal
húmedos %	96.96	81.81	100	48,49	63.63
normales %	3.03	15.15	0	48.48	27.27
secos %	0	3.03	0	3.03	9.09

Tabla 4.2.6.17. Condiciones de humedad en las diferentes estaciones. Elaboración propia.



Gráfica 4.2.6.9. Porcentajes de años secos, normales y húmedos según el índice SPI calculado. Elaboración propia.

Para el año 2013-2014, el SMN presenta la siguiente imagen del territorio nacional, en la que se aprecia una condición moderadamente húmeda y muy húmeda para Zapotlán el Grande. (Figura 4.2.6.3.).

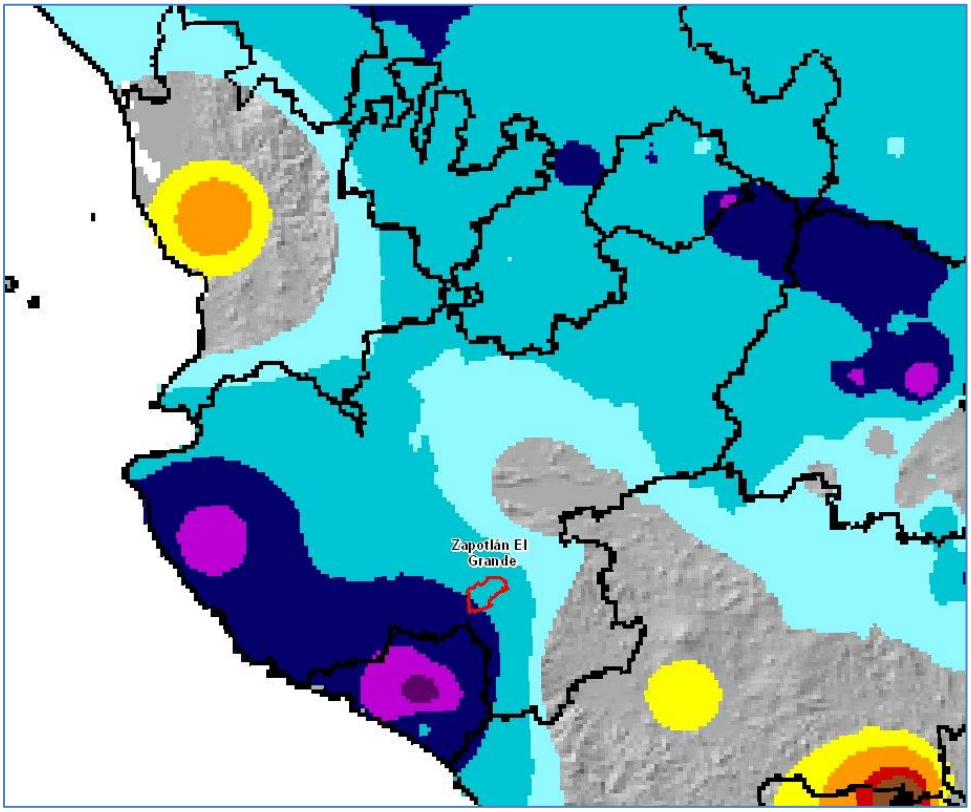


Figura 4.2.6.3. Condición muy húmeda y húmeda para el municipio de Zapotlán el Grande para el año 2013-2014. (Fuente: SMN, 2015).

Sequía meteorológica y variación de la superficie agrícola en Zapotlán el Grande.
Dado que la información sobre la superficie para la agricultura en Zapotlán el Grande, fue muy escasa y difícil de obtener, se estableció el período 1993-2014 para realizar el análisis de su variación.

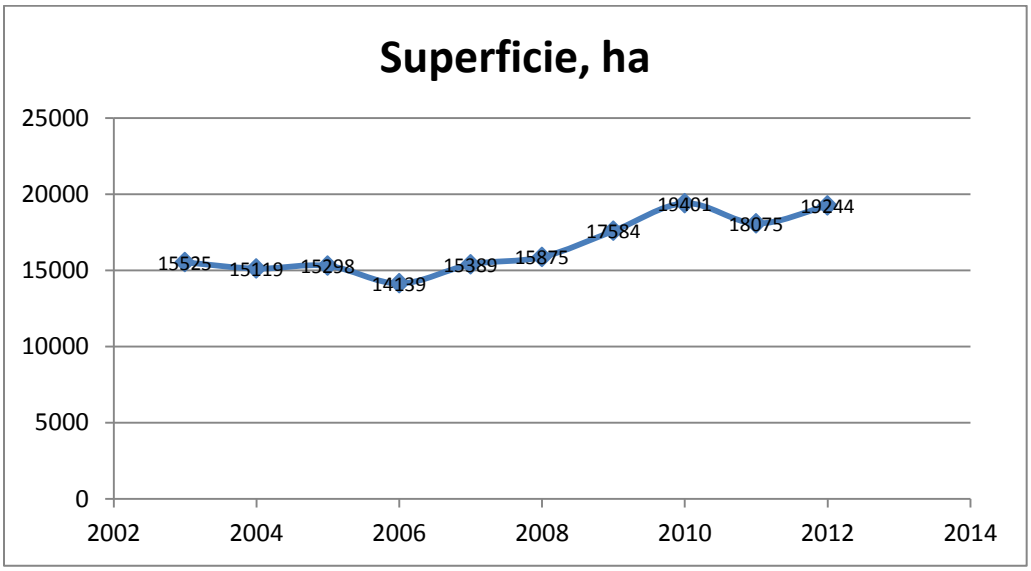
Objetivos:

- Describir la variación de la superficie agrícola para los años 1993-2014.
- Determinar la influencia del fenómeno de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal utilizando la capa de la serie II de Uso de suelo y Vegetación de INEGI (1993) y la superficie cultivada actual

Variación de la superficie agrícola.
Para determinar la variación de la superficie se emplea la siguiente formula:

$$IDA = \frac{S_2 - S_1}{S_2} * 100 \;\; ec.19$$

Donde:
S_2 = corresponde a la superficie del año más reciente.
S_1 = corresponde a la superficie del año anterior
La evolución de la superficie sembrada (2003-2012) se presenta en la siguiente gráfica:



Gráfica 4.2.6.10. Superficie total cultivada por año

Año	Superficie, ha	Variación %
1993	14586	0.00
2003	15525	6.048
2004	15119	-2.69
2005	15298	1.17
2006	14139	-8.20
2007	15389	8.12
2008	15875	3.06
2009	17584	9.72
2010	19401	9.37
2011	18075	-7.34
2012	19244	6.07
2015	23495.57	18.095
1993-2015		37.92

Tabla 4.2.6.18. Variación anual de superficie cultivada.

Para el análisis de los resultados del Indice de Severidad de Sequía y del IDAM y determinar la influencia entre la sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola, es necesario contar con un período de estudio en común. Debido a la carencia de datos de superficie agrícola, se utilizó la información de la capa de Uso de Suelo y Vegetación Serie II de INEGI con lo que se determinaron las áreas en las que la sequía meteorológica ha influido y la variación de la superficie encontrada.

Dos años de disminución de la superficie cultivada destacan en la tabla anterior: 2006 y 2011. Los datos de precipitación para esos años son los siguientes: (Tabla 4.2.6.19.).

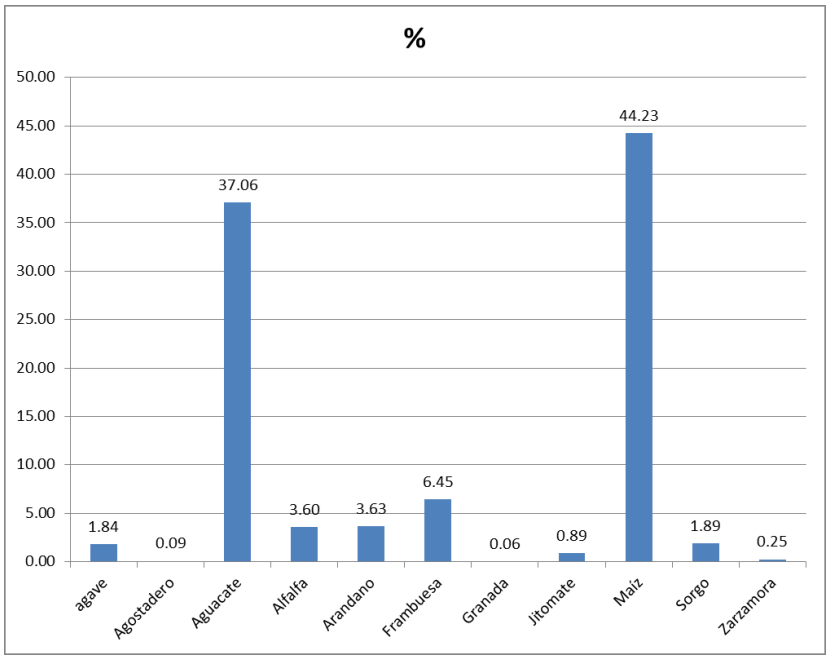
Año	Cd. Guzman	Quito	Nogal	Ing. Tamazula	Atoyac	San Marcos
2006	991	858	859.6	981.67	666.6	1490
2011	S/D	882.4	705	796.1	561.1	732.80

Tabla 4.2.6.19. Disminución de superficie cultivada y precipitación en el mismo año.

Por lo cual no se aprecia que la disminución de la superficie sembrada se deba a sequía.
En concreto, el incremento de la superficie desde 1993 al 2015 es de 8909.57 hectáreas lo que representa un 37.92 %.
Estas 8909.57 nuevas hectáreas abiertas al cultivo están distribuidas de la siguiente forma: (Tabla 4.2.6.20. y Gráfica 4.2.6.11.).

Cultivo	Hectáreas	%
Agave	163.64	1.84
Agostadero	8.36	0.09
Aguacate	3301.63	37.06
Alfalfa	321.13	3.60
Arandano	323.43	3.63
Frambuesa	574.25	6.45
Granada	5.70	0.06
Jitomate	79.58	0.89
Maíz	3940.80	44.23
Sorgo	168.54	1.89
Zarzamora	22.50	0.25
Total	8909.57	100

Tabla 4.2.6.20. Incrementos de superficie cultivada en hectáreas por cultivo



Gráfica 4.2.6.11. Incremento de superficie cultivada por cultivo.

4.2.7. Temperaturas máximas extremas.

Existen varias definiciones de ondas de calor, según la OMS la ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy cálido, sobre una zona extensa que suele durar unos días e, incluso, semanas.

En México, Jáuregui (2009) delimita a la onda de calor como la ocurrencia de tres o más días con temperaturas que exceden ciertos umbrales, los cuales varían geográficamente, por ejemplo, para el caso de la Ciudad de México se adopta el umbral de 30°C, sin embargo, en Mexicali y Hermosillo, la temperatura debe exceder los 40°C. En ambos casos, los mayores eventos ocurren entre marzo a julio. De manera similar, Vidal y Ortiz (2010) indican que una onda cálida está determinada por un período de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26°C, debido a que es el límite de la temperatura entre los climas templados y cálidos.

Impactos de las ondas de calor.

Las temperaturas máximas podrían generar un escenario crítico y dar lugar a una mayor incidencia de casos como 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 asociadas 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 (Kilbourne, 2000).

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.
Los efectos en la salud también son notables en las áreas de bajo nivel socioeconómico, por carecer de recursos para la instalación de aire acondicionado e, incluso, estar en un ambiente rodeado de abundancia de árboles y arbustos que proporcionan sombra, mientras que el acceso al cuidado sanitario es mínimo (Kilbourne, 2000).

Método
Obtener los registros de datos climatológicos de varias décadas de temperaturas máximas extremas mensuales.
Establecer los rangos para las isotermas de acuerdo a la distribución del sistema.
Obtener la frecuencia de masas de aire cálido en la zona de estudio.
Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

Análisis de las ondas de calor.
Se analizaron series completas de datos diarios de temperaturas de estaciones cercanas o que estén en el municipio de Zapotlán el Grande. La zona en estudio tiene temperatura máxima promedio de 29.16 °C para los meses cálidos (abril-septiembre), según el Atlas Climático Nacional de México, del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM[3], siendo mayo el de mayor temperatura. Posteriormente se definen el percentil 90 y a partir de este dato elabora el mapa de temperaturas máximas extremas.
Por ejemplo, para la estación Ciudad Guzmán con 15 años de datos el percentil 90 es de 33°C.
Los resultados del resto de estaciones analizadas se muestran en la siguiente (Tabla 4.2.7.1.).

Estación	Percentil 90, en °C	Años de datos
Ciudad Guzmán	33	17
Atoyac	35.5	25
Ingenio Tamazula	39	25
Quito	35	25
San Marcos	39	25
El Nogal	28	25

Tabla 4.2.7.1. Percentil 90 de temperaturas máximas extremas

[3] Disponible en http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/ consultado el 01 de agosto del 2015-08-12.

La recurrencia de temperaturas mayores o iguales al percentil 90 para la estación Ciudad Guzmán en la serie de datos estudiada que pudiesen representar ondas cálidas, es decir con duración mayor a 2 días, es la siguiente (Tabla 4.2.7.2.).

Estación Cd. Guzmán	Año	Mes	Tem. Prom.	Tem. Max.	Tem. Min.	Duración Días
1	1989	Abril	33.46	33.9	33	3
2	1989	Mayo	33.87	34.8	33	4
3	1991	Abril	33.5	34	33	2
4	1991	Abril	34.78	36.4	33	10
5	1991	Mayo	34.66	36.9	33.5	3
6	1991	Mayo	33.33	34	33	3
7	1991	Mayo	33	33	33	2
8	1991	Mayo	33.8	36	33	5
9	1991	Junio	34.8	35	33	6
10	1992	Abril	33.6	34	33	3
11	1992	Junio	33.41	35	33	10
12	1993	Abril	33.86	35	33	7
13	1993	Mayo	33.95	35.8	33	9
13	1993	Junio	33.6	34.2	33	2
14	1994	Marzo	34.25	34.5	34	2
15	1994	Abr-May	33.83	35.5	33	12
16	1994	Mayo	34	34	34	2
17	1994	May-Jun	34	34	34	14
18	1994	Junio	33.5	34	33	2
19	1995	Abril	34.67	36	33.2	4
20	1995	Mayo	33.9	35	33	5
21	1995	May-Jun	33.58	36.5	33	32
22	1996	Abril	33.41	34.7	33	7
23	1996	Mayo	33.67	35	33	12
24	1997	Mayo	34.18	36.2	33	7
25	1997	Mayo	34.3	36	33.2	4
26	1997	junio	34.04	35.2	33	5
27	1998	Abril	35.27	36.8	33.8	4
28	1998	May-Jun	34.33	39	33	48
29	1998	julio	33.25	33.5	33	2
30	1999	Marzo	33.8	34.7	33	3
31	1999	Abril	34.84	36	33.8	5
32	1999	Abril	33.57	34.2	33	4
33	1999	Mayo	33.38	35	33	7
34	1999	Mayo	35	35.4	34.6	2
35	2000	Abril	34.21	35.7	33.1	7

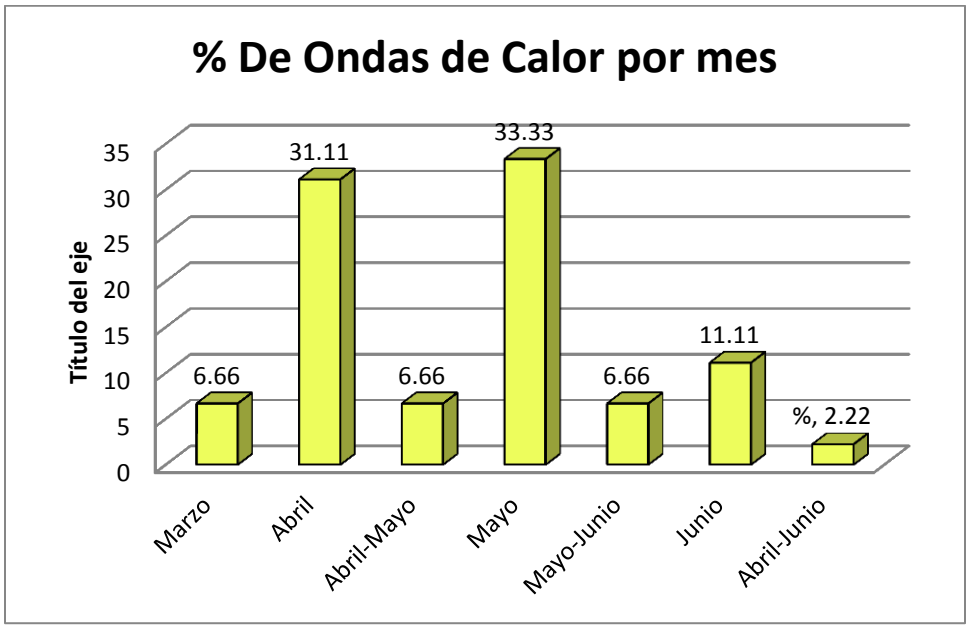
Estación Cd. Guzmán	Año	Mes	Tem. Prom.	Tem. Max.	Tem. Min.	Duración Días
36	2001	Abril	34.1	34.7	33.2	4
37	2001	Abril	34.16	35	33	3
38	2001	Mayo	34.86	35.2	34.4	3
39	2001	Mayo	35.04	36.2	33.3	11
40	2001	Marzo	34.14	36	33	7
41	2002	Abril	33.9	35	33.2	3
42	2002	Abr-May	34.45	36.6	33	26
43	2002	May	34.35	35	33.7	2
44	2002	May	33.64	34.5	33	5
45	2003	Abr-May	34.44	37.6	33	46
46	2005	Abr-Jun	34.67	38.7	33	74

Tabla 4.2.7.2. Características de las ondas de calor registradas en el estación Ciudad Guzmán.

De la tabla anterior se puede ver 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.(Tabla 4.2.7.3. y Gráfica 4.2.7.1.).

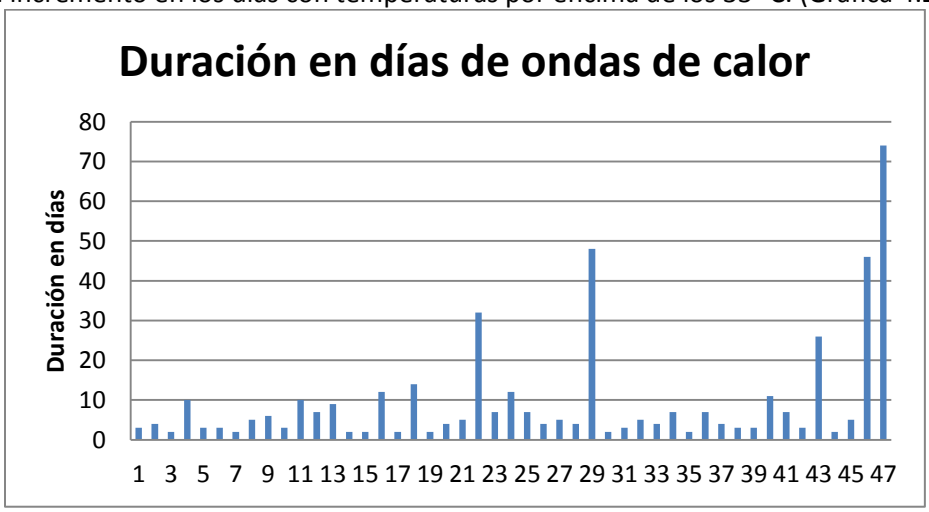
Mes	No. de Eventos	%
Marzo	3	6.66
Abril	14	31.11
Abril-Mayo	3	6.66
Mayo	15	33.33
Mayo-Junio	3	6.66
Junio	5	11.11
Abril-Junio	1	2.22

Tabla 4.2.7.3. Meses con más eventos de ondas de calor



Gráfica 4.2.7.1 % de ondas de Calor

Finalmente, aun cuando el registro de temperaturas en la estación en estudio solo llega al 2005, se aprecia un incremento en los días con temperaturas por encima de los 33 °C. (Gráfica 4.2.7.2.).



Gráfica 4.2.7.2. Incremento de la duración de ondas de calor a través del tiempo.

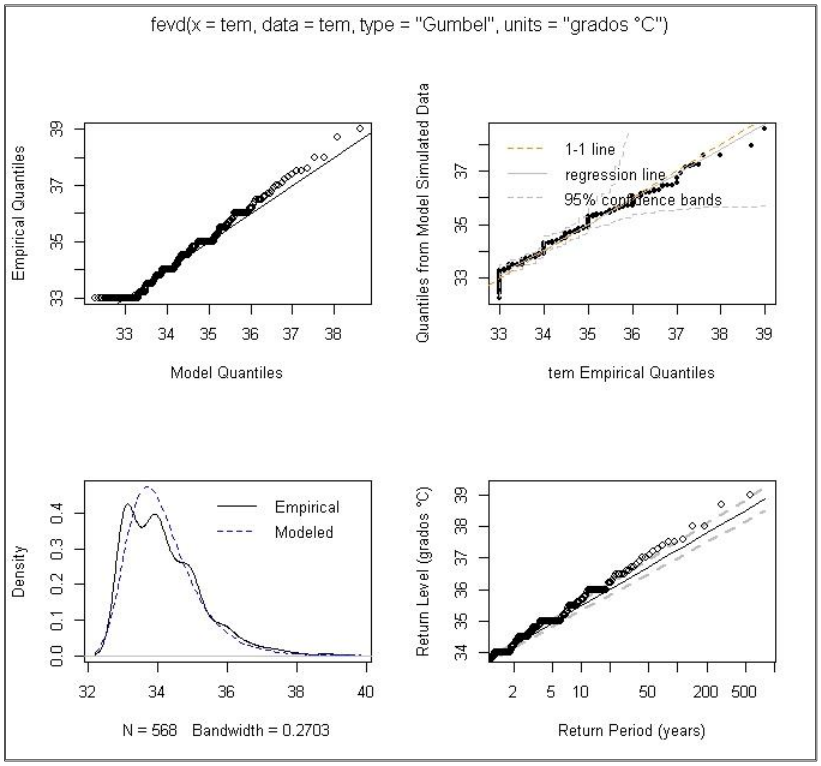
Periodos de Retorno.

Para determinar el periodo de retorno se utilizó el software libre ***R***[4] vr. 3.2.1 , el paquete **extRemes** y una función de distribución de Gumbel en los valores del percentil 90 de la estación Ciudad Guzmán, los resultados se muestran en la siguiente (Tabla 4.2.7.4. y Gráfica 4.2.7.3).

[4] R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Tr años	Temperatura °C
2	34.05
10	35.6
20	36.2
50	36.95
100	37.5

Tabla 4.2.7.4. Valores de temperatura para diferentes periodos de retorno.



Gráfica 4.2.7.3. Periodos de retorno de ondas de calor y grado de correlación con la distribución probabilística empleada.

En la gráfica de cuantiles del modelo y los empíricos se muestra que hay un buen ajuste pues los datos están más o menos bien dispuestos sobre la línea de 45°.

4.2.8. Vientos.

Introducción

Se sabe que la radiación solar llega a la tierra de manera muy uniforme, sin embargo la curvatura terrestre, los océanos, los continentes y el tipo de superficie, ríos, montañas, hielo, bosque, etc., hacen que la energía reflejada por la superficie terrestre (radiación infrarroja de onda larga de baja energía que afecta principalmente a la atmósfera

superficial) será muy heterogénea. La distribución irregular del calor en la baja atmósfera da por consecuencia la formación de gradientes de temperatura, de densidad y de presión, los cuales inducen las fuerzas que mueven la atmósfera. El efecto neto del movimiento atmosférico es la distribución de masa y energía en todo el mundo. Por ejemplo, las masas de aire en las regiones tropicales transportan el calor desde las zonas ecuatoriales hacia latitudes altas, tratando siempre de hacer un calor entre los polos y el ecuador. Este transporte de calor crea las circulaciones meridionales como la Celda de Hadley y la de Ferrel.

Aunque en teoría se pueden describir completamente los fenómenos meteorológicos mediante la Segunda Ley de Newton (establece que en un sistema de referencia inercial, el cambio en el tiempo de momento en un cuerpo sólido es igual la suma total de fuerzas que actúa sobre el mismo) no se puede solucionar para todas las condiciones iniciales y de frontera pues se genera una expresión matemática (ecuación diferencial) extremadamente compleja para la que no se tienen soluciones completas. En la práctica, se simplifica y se han desarrollado modelos sencillos para explicar los movimientos en la atmósfera, definiendo distintos vientos derivados del balance entre las fuerzas importantes que controlan el movimiento, son los vientos que existirían si la atmósfera se comportara de manera ideal. Estos vientos son: viento inercial, geostrófico, gradiente, ciclostrófico, termal y el efecto de la fricción del viento.

Ahora bien, dentro de la estructura de la circulación atmosférica, están inmersos un gran número de fenómenos de diferentes escalas, tales como de escala local y de mesoescala, los cuales varían desde unos cuantos milímetros hasta varias decenas de kilómetros. En general, se usa el término de convección para denotar la transferencia de calor o alguna otra propiedad por medio del movimiento vertical del fluido, ya sea aire o agua; en consecuencia, los océanos y la atmósfera transmiten calor por medio de los procesos de convección, la cual se observa en forma de turbulencia del viento y de corrientes del mismo fluido. La actividad atmosférica en estas escalas está directamente relacionada con los procesos convectivos de las parcelas de aire afectadas por fenómenos térmicos o dinámicos; esta actividad convectiva de la atmósfera está presente en todo momento y en cualquier lugar del mundo. La convección en la atmósfera puede generarse a partir de diferencias en la densidad de las parcelas de aire, las que a su vez se pueden originar del diferente calentamiento o por el esfuerzo del viento sobre la superficie de la tierra.

Metodología

Identificar los patrones dominantes de los vientos, conociendo su dirección y velocidad.
Hacer uso de esquemas de circulación conforme a las celdas de Hadley, Ferrel, corrientes monzónicas, anabáticos y katabáticos.

Tomar en cuenta los boletines del tiempo atmosférico, relacionados con la distribución de patrones de vientos.

Vientos anabáticos

Cuando las condiciones de escala sinóptica son de relativa calma y no se tienen grandes concentraciones de nubosidad, las condiciones del viento estarán principalmente afectadas y controladas por el calentamiento local, generándose las circulaciones de viento de montaña y valle, con un ciclo diurno muy bien definido. Durante las primeras horas de la mañana, las isotermas son prácticamente horizontales y el aire se encuentra en equilibrio neutro. Conforme el día avanza y el sol calienta mas las laderas montañosas, para un cierto nivel de altura, el aire en contacto directo será mayormente calentado que el aire sobre el valle, produciendo una relativa inestabilidad de las parcelas de aire y una mayor fuerza de flotabilidad entre el aire frío sobre el valle y el aire relativamente cálido sobre las laderas. Con esto se favorece que el aire en contacto aumente su temperatura y se expanda, disminuyendo su densidad y ascendiendo, a lo largo de las laderas, desde los valles y zonas bajas hacia las cimas, generando los vientos **anabáticos.**

Si los vientos anabáticos llevan consigo una considerable humedad, entonces se podrán formar nubes convectivas sobre las montañas; mientras que sobre los valles, el cielo se mantendrá despejado.

Es común ver sobre las cimas de las regiones montañosas que, alrededor de las 10-12 am, se formen nubes convectivas, especialmente cuando el aire tiene una fuente de humedad cercana, como el mar, lagos o ríos.

Vientos katabáticos

Durante la noche y la madrugada, la superficie del suelo en la alta montaña pierde calor por emisión de radiación infrarroja hacia el espacio, enfriando el aire en contacto; este aire frío será más denso y tenderá a descender de las montañas hacia los valles, produciendo los conocidos vientos katabáticos.

Los factores que influyen en ambos procesos son:

1. la orientación de las montañas, con respecto a la dirección de los rayos solares.- las laderas que dan la cara al sol, serán mayormente calentadas que las laderas ocultas al sol;
2. La topografía de la pendiente entre los valles y las cimas.- si la pendiente es muy grande, los movimientos de convección forzada serán más importantes que cuando la pendiente es pequeña;

3. El tipo y cantidad de la cobertura de la vegetación.- el suelo rocoso y arenoso calienta más rápidamente el aire, que el suelo cubierto de vegetación, además de que esta última evita la erosión y disminuye la intensidad de los vientos;

4. Las condiciones de humedad del suelo.- cuando el aire es muy seco, la atmósfera será relativamente más inestable que cuando el aire es húmedo. En particular, si se forman nubes alrededor de la cima de la montaña, estas disminuirán la entrada de radiación solar (durante el día) o la pérdida de radiación infrarroja (durante la noche), dando como

consecuencia que los gradientes de temperatura sean menores y también la intensidad de los vientos de montaña resultantes.

Celda de Hadley.
El desigual calentamiento del planeta da lugar a la formación de varias zonas o cinturones de presión: baja ecuatorial (del ecuador hasta los 30° de latitud), alta subtropical (desde los 30° a los 55° de latitud), baja subpolar desde los 55° hacia los casquetes polares) y finalmente en los casquetes polares existe una zona de alta presión.

Dichas zonas de presión determinan la convergencia del viento en el ecuador y su ascenso, para después dirigirse hacia los polos. De este modo se forman tres células de circulación: la *célula ecuatorial* o de Hadley, la de *latitudes medias* o de Ferrel y la célula del *frente polar*. Debido a la rotación de la Tierra, los vientos de superficie de la primera célula se desvían; son del NE en el hemisferio Norte y del SE en el hemisferio sur, y se les llama *vientos alisios.* (Figura 4.2.8.1.)

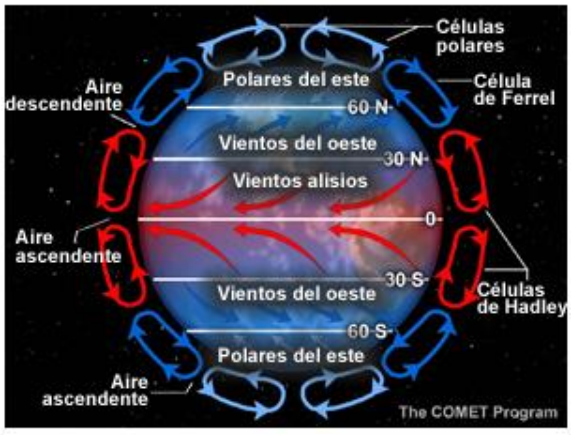


Figura 4.2.8.1. Circulación del viento a nivel planetario. (Fuente //www.meted.ucar.edu/)

A partir del equinoccio de primavera, del hemisferio Norte, se inicia el desplazamiento de la zona subtropical de alta presión hacia el norte, y queda la mayor parte del país bajo la influencia de los alisios del NE, los que adquieren elevada humedad en su paso por el Golfo de México. Estos vientos penetran hasta la sierra Madre Occidental y originan parte de las lluvias que se registran en verano y parte del otoño.

Por su parte, la célula de Ferrel los vientos desviados son del SW o del WSW, en el hemisferio norte, se les llama *vientos predominantes del oeste.*

Monzones.
La circulación tipo monzón se debe a la diferencia de calentamiento que experimentan los océanos respecto de los continentes. Durante el verano los océanos se calientan más lentamente que los continentes los cuales alcanzan mayor temperatura. Esta diferencia de temperaturas determina que se formen zonas de alta presión en los continentes durante

el verano y de baja presión en los océanos, haciendo que el viento fluya desde tierra hacia el mar, durante el invierno los continentes se enfrían más rápidamente que los océanos (debido a que la energía solar se transmite hasta unos 300 metros debajo de la superficie marina mientras que en los continentes penetra apenas una capa de 8 a 10 metros) haciendo que el viento fluya desde los océanos hacia los continentes.

Patrones del viento en Zapotlán el Grande.

Utilizando las bases de datos proporcionada por el SMN de las estaciones automáticas localizadas en el municipio (Figura 4.2.8.2.).se elaboraron patrones de flujo e intensidad del viento en las zonas de montaña y valle del municipio. Las bases contienen, entre otras, mediciones de velocidades y dirección del viento cada 10 minutos. La información se depuró tomando el dato por hora y mediante software libre se elaboraron rosas de viento y graficas de distribución de intensidades para cada mes y estación.

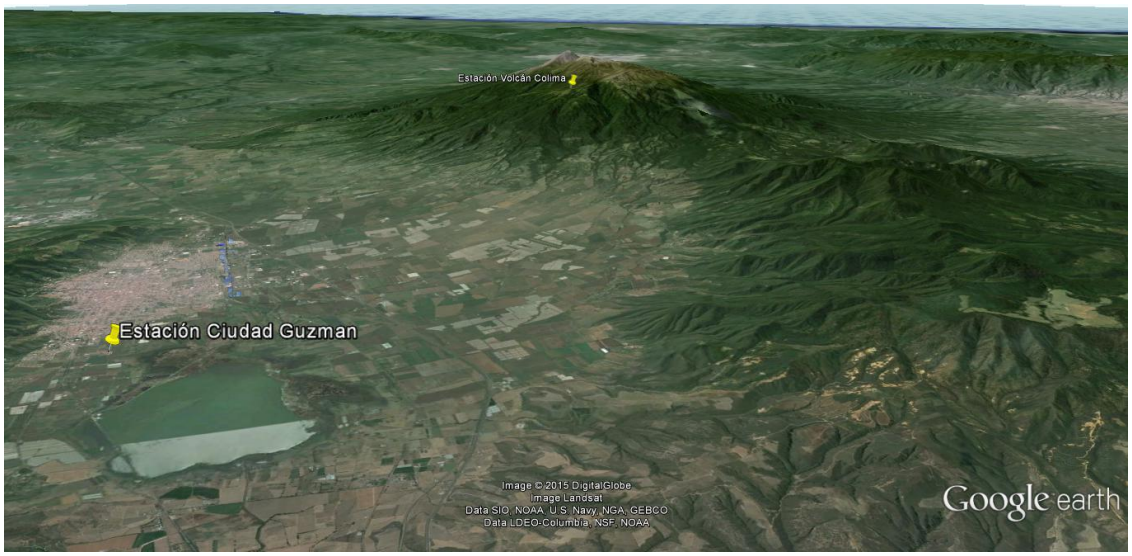
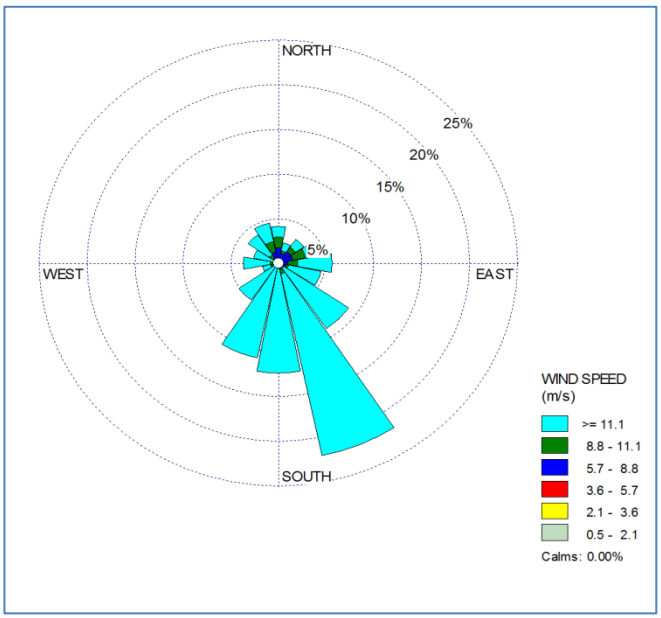
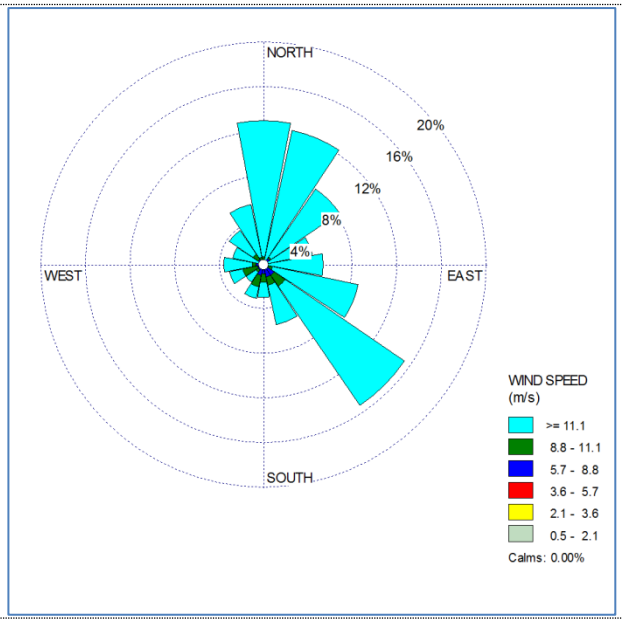
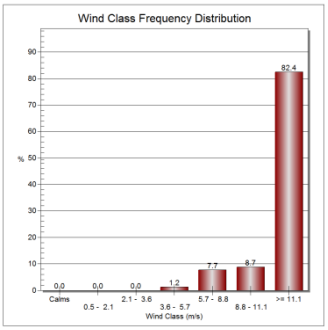
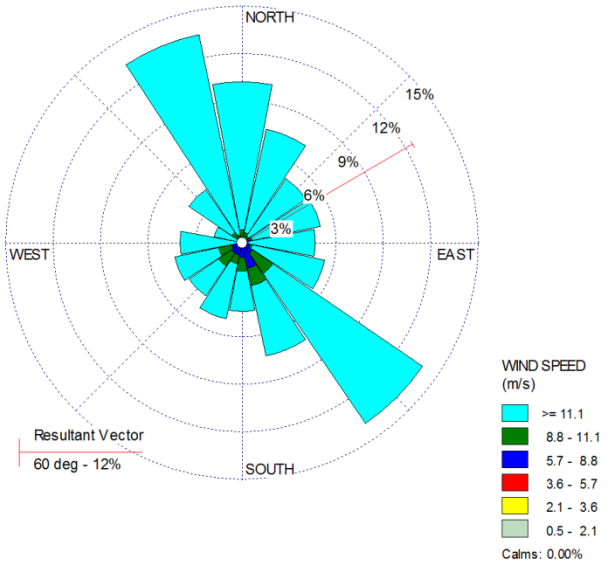
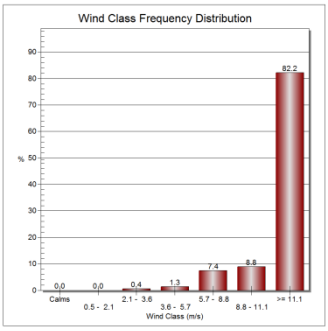
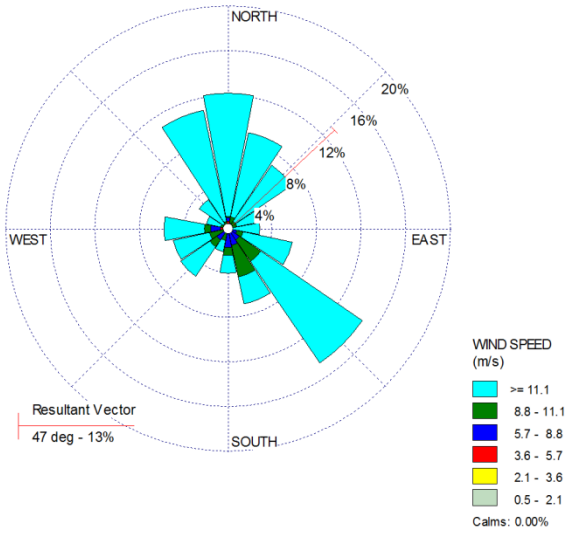
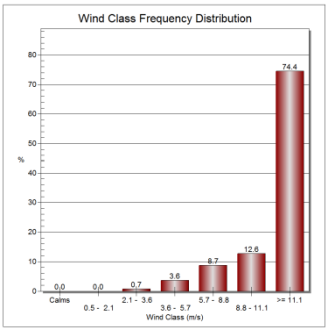
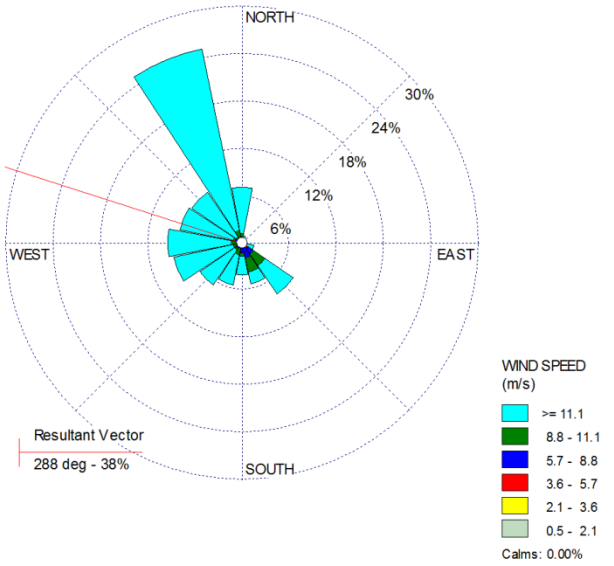
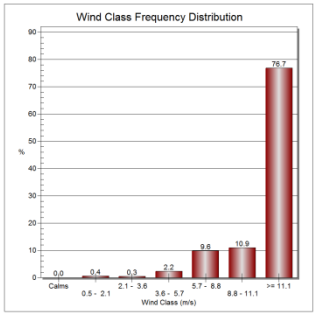
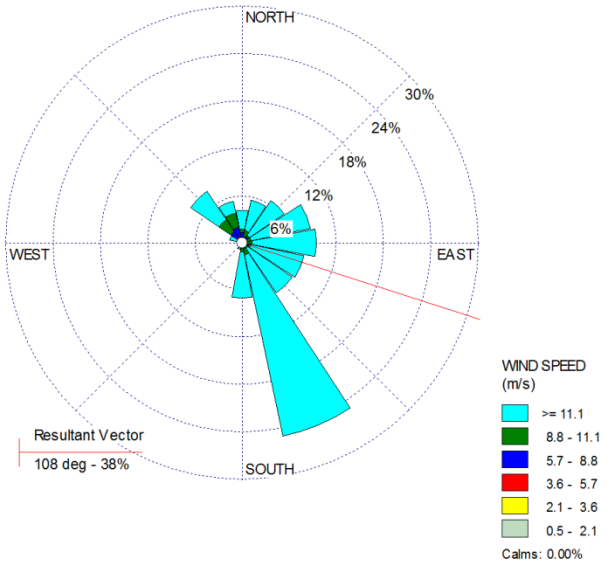
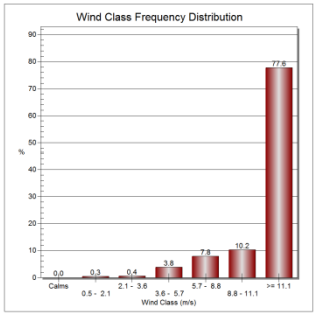


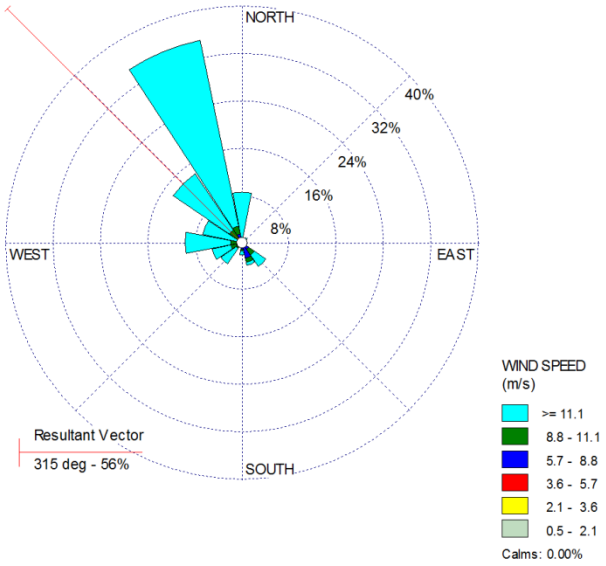
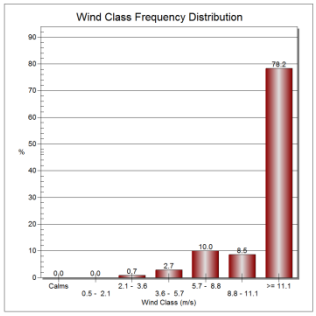
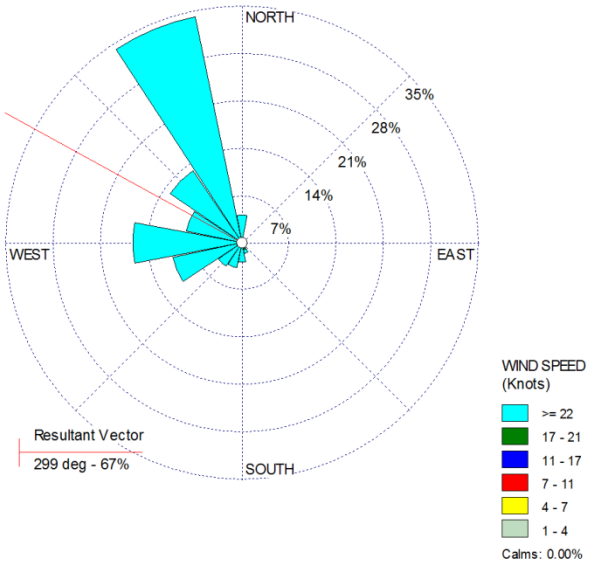
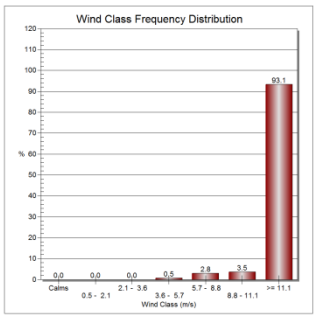
Figura 4.2.8.2. Ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas en el municipio de Zapotlán el Grande.

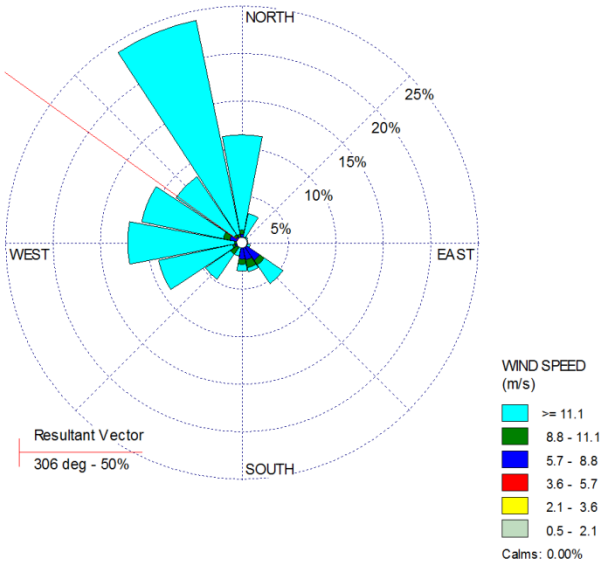
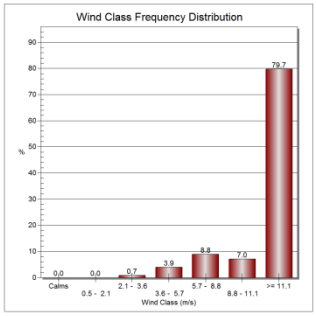
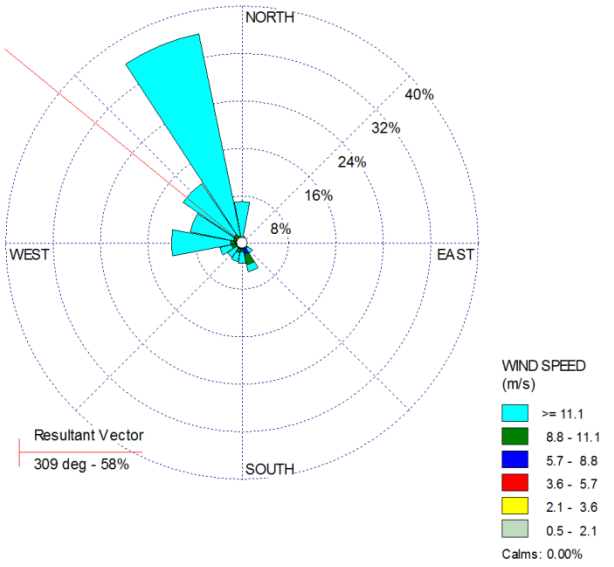
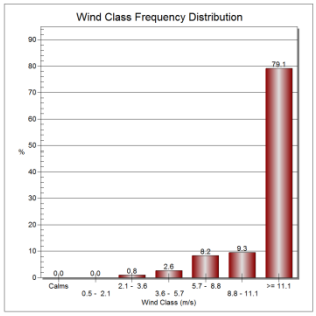
Los resultados se muestran a continuación
Estación Volcán Colima
Fuente: Elaboración propia con datos del SMN

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Enero		
febrero		
	Enero: vientos con dirección sur-sureste, velocidades iguales o superiores a 11.1 m/s. Febrero: vientos con dirección norte.noreste y sureste, velocidades iguales o superiores a 11.1 m/s.	Enero: Febrero: 82.4 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Marzo		
Abril		
	Marzo: Dirección a noroeste (predominante), norte, noreste y sureste (predominante) Abril: Dirección sureste(predominante), norte, noroeste y noreste.	Marzo: 82.2 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s. Abril: : 74.4 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Mayo		
junio		
	Mayo: Dirección predominate noroeste, en menor grado oeste Junio: Dirección predominate sureste, menor grado este.	Mayo: 76.7 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s. Junio: 77.6 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
julio		
Agosto		
	Julio: Dirección predominate noroeste. Agosto: Dirección predominante noroeste con mayor intensidad	Julio: 78.2 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s. Agosto: 93.1 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Septiembre		
Octubre		
	Septiembre: Distribución de oeste hacia el norte, maxima intensidad noroeste. Octubre: Distribución de oeste hacia el norte, maxima intensidad noroeste.	Septiembre: 79.7 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s Octubre: 79.1 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s

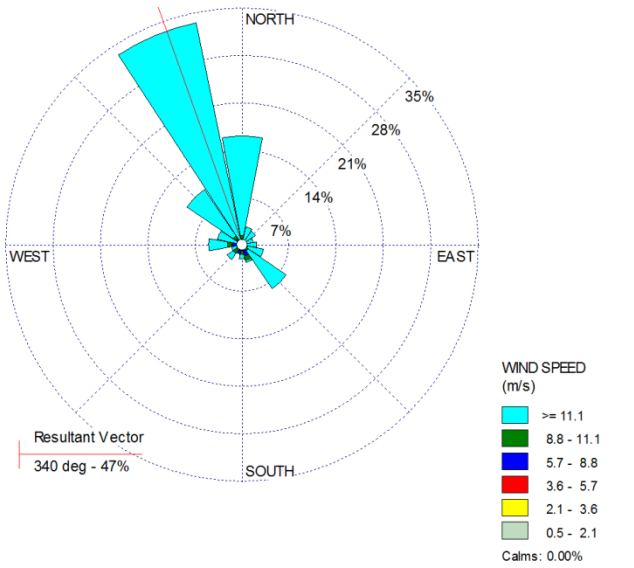
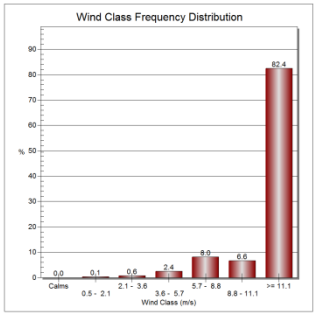
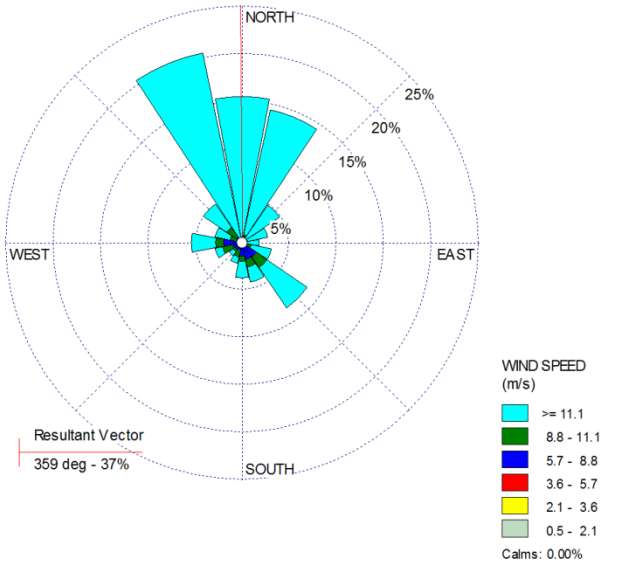
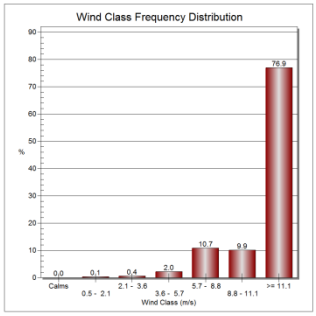
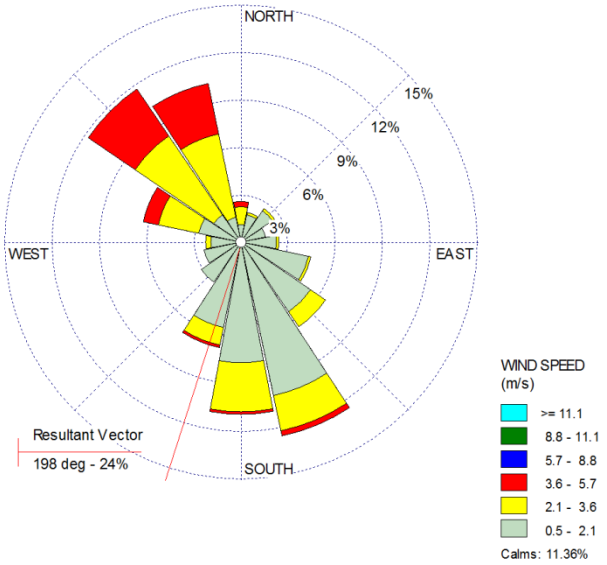
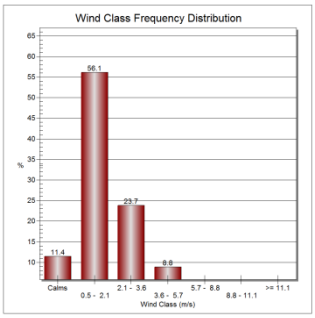
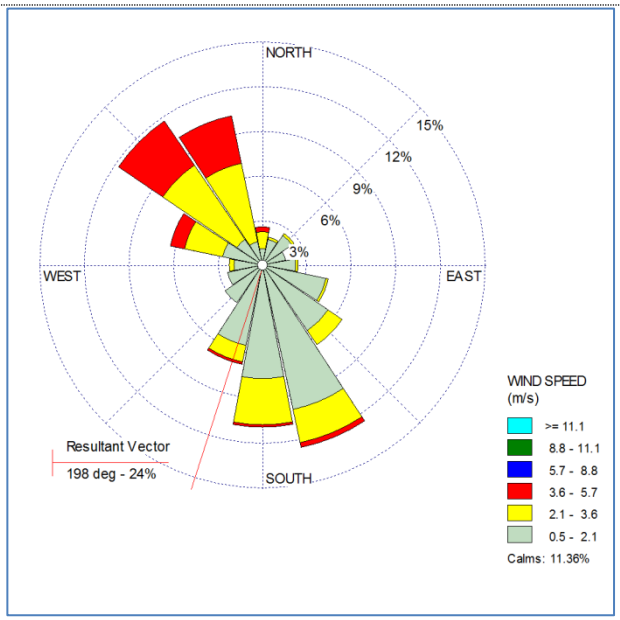
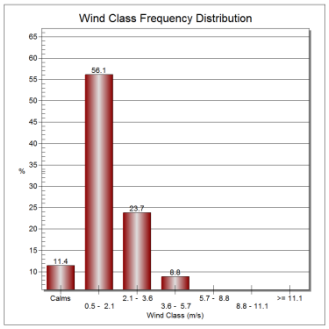
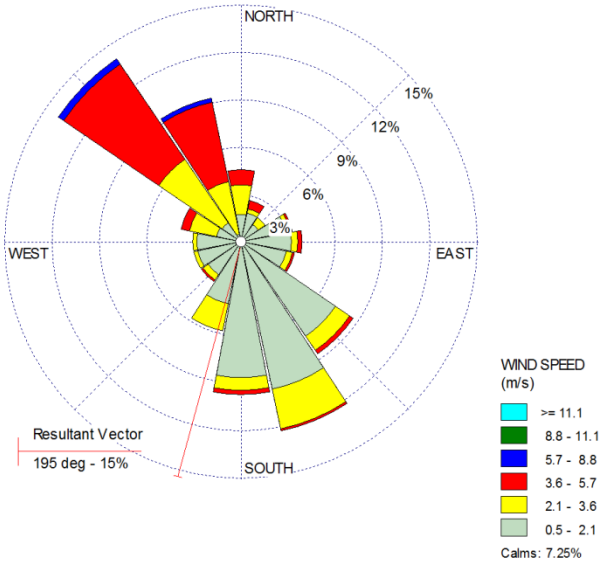
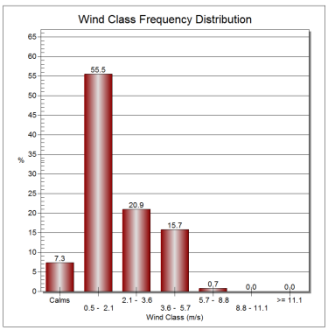
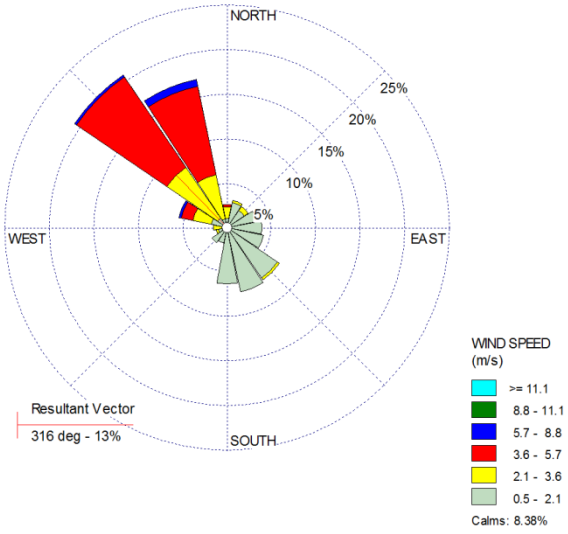
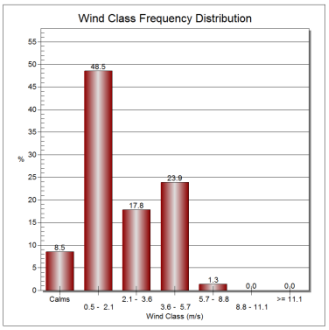
Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Noviembre		
Diciembre		
	Noviembre:Predominante noroeste 340°. Diciembre: Predominante al norte, 359°	Noviembre: 82.4 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s Diciembre: 76.9 % de vientos con velocidades superiores o iguales a 11.1 m/s

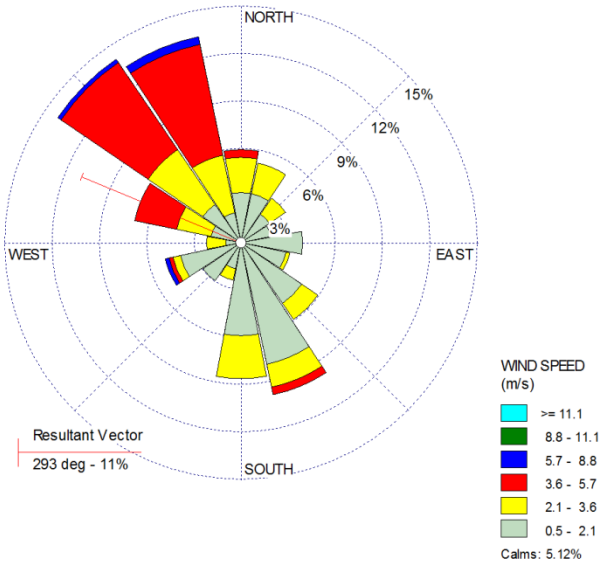
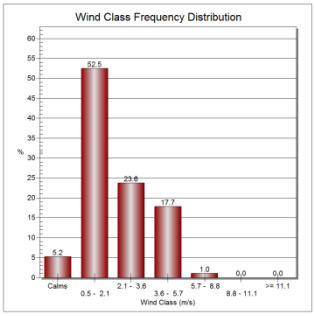
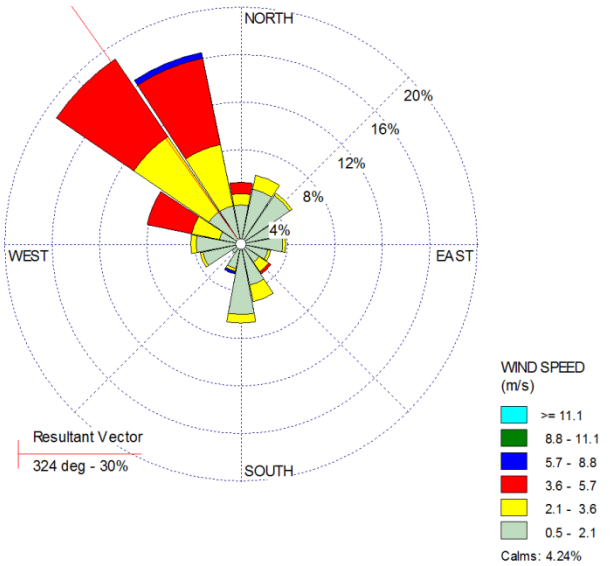
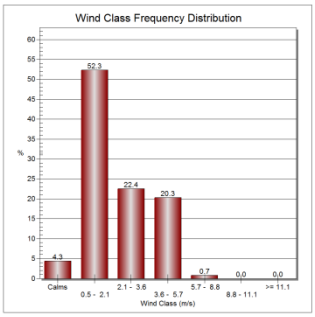
Tabla 4.2.8.1. Direcciones predominantes por mes y distribución de frecuencias de velocidad. (Fuente: Datos de estación meteorológica automática de Ciudad Guzmán, elaboración propia).

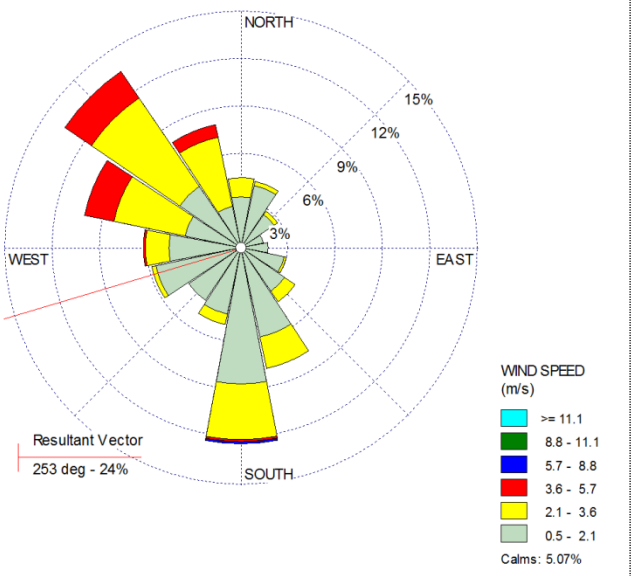
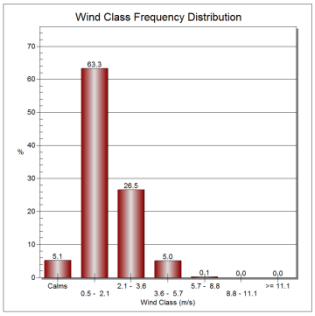
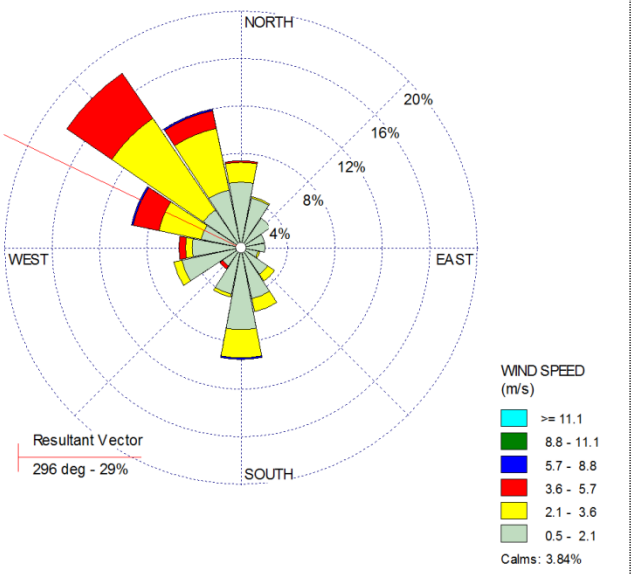
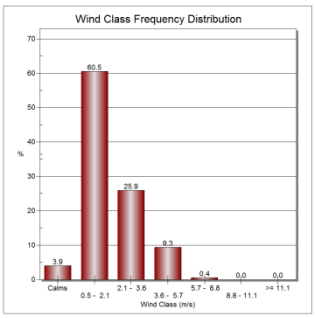
Estación Ciudad Guzmán

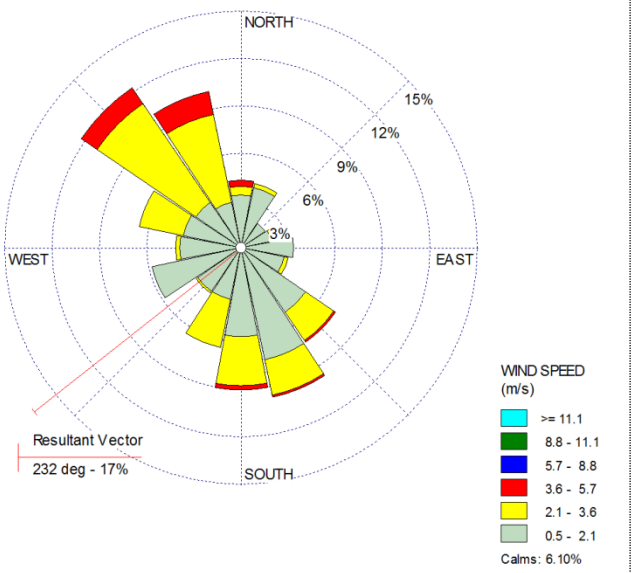
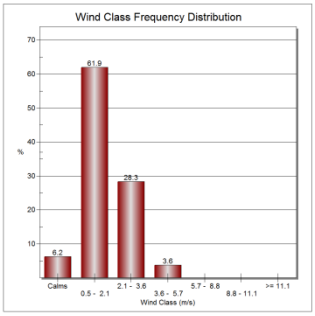
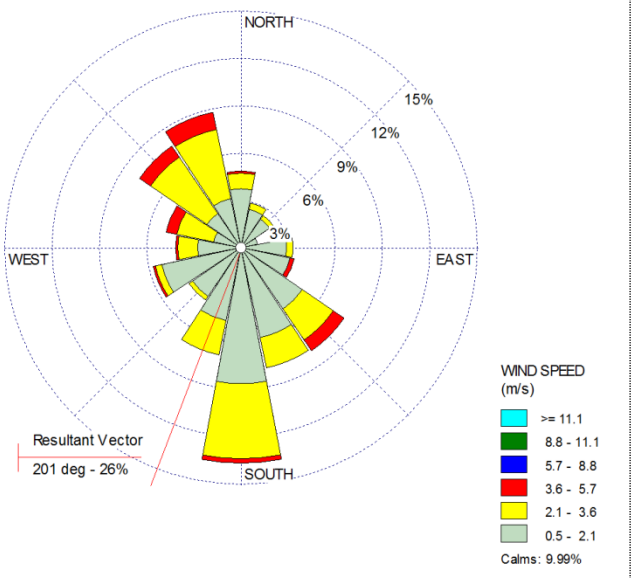
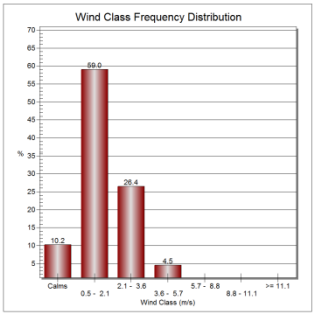
Fuente: Elaboración propia con datos del SMN.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Enero		
febrero		

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
	Enero: Direcciones noroeste y sureste, vector resultante a 198°. Febrero: Direcciones noroeste y sureste, vector resultante a 198°.	Enero: 56.1 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s. Febrero: 56.1 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s.
Marzo		
Abril		
	Marzo: Direcciones noroeste y sureste, vector resultante a 195° Abril: Dirección predominante noroeste, vector resultante a 316°	Marzo: 55.5 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s Abril: 48.5 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 23.9 % entre 3.6 -5.7 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Mayo		
junio		
	Mayo: Direcciones noroeste y sureste, vector resultante a 293° Junio: Dirección predominante noroeste, vector resultante a 324°	Mayo: 52.5 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s,17.7% entre 3.6 -5.7 m/s. Junio: 52.3 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s,20.3 % entre 3.6 -5.7 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Agosto		
Septiembre		
	Agosto: Direcciones predominantes: Sur y noroeste, vector resultante, 253°. Septiembre: Direcciones predominantes: Sur y noroeste, vector resultante, 296°.	Agosto: 63.3 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 5.0 % entre 3.6 -5.7 m/s. Septiembre:60.5 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 9.3 % entre 3.6 -5.7 m/s.

Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Octubre		
Noviembre		
	Octubre: Direcciones predominantes: Sur , sureste noroeste, vector resultante, 232°. Noviembre: : Direcciones predominantes: Sur , sureste noroeste, vector resultante, 201°.	Octubre:61.9 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 3.6 % entre 3.6 -5.7 m/s Noviembre: 59% intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 4.5 % entre 3.6 -5.7 m/s

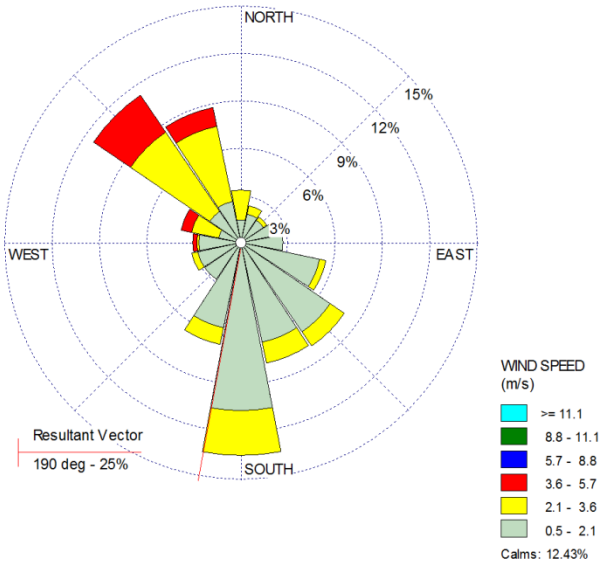
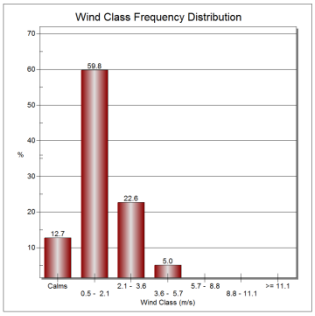
Mes	Rosa de los vientos	Distribución de frec.
Diciembre		
	Diciembre: : Direcciones predominantes: Sur , sureste noroeste, vector resultante, 190°.	Diciembre:59.8 % intensidad entre 0.5 – 2.1 m/s, 5% entre 3.6 -5.7 m/s

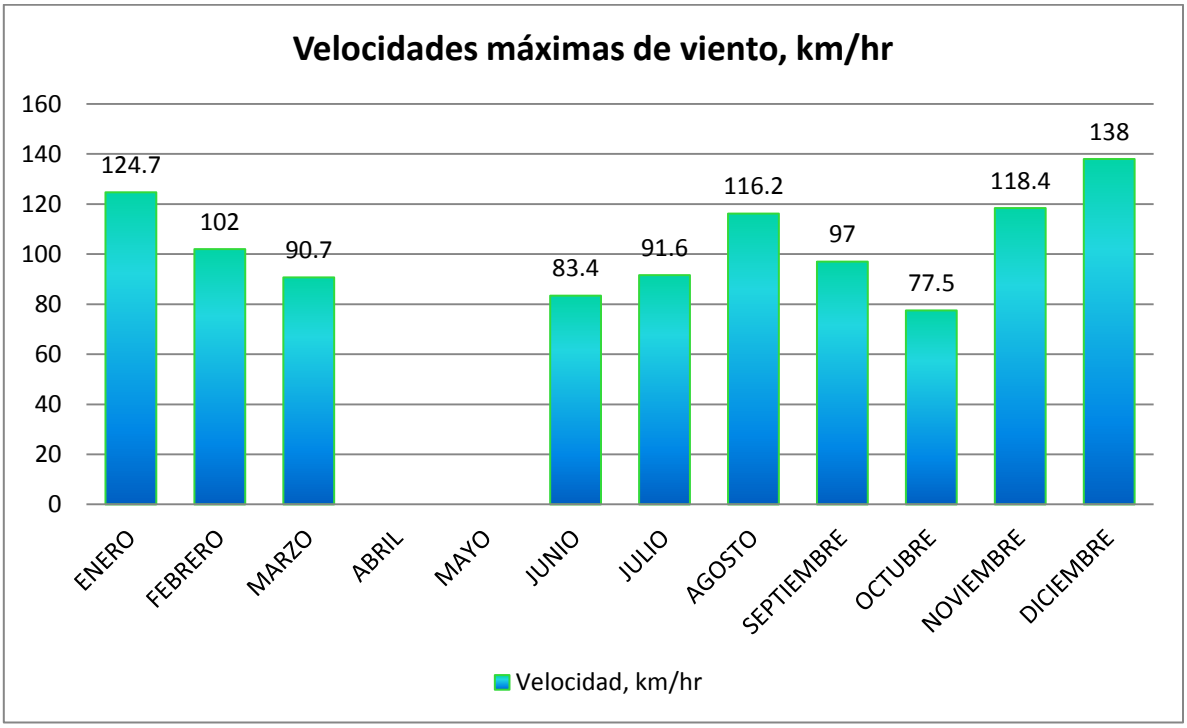
Tabla 4.2.8.2. Direcciones de viento predominantes y distribución de frecuencias de velocidades de viento. (Fuente: Datos de estación meteorológica automáticas del Nevado de Colima. Elaboración propia).

Observaciones generales:

Se aprecia claramente 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

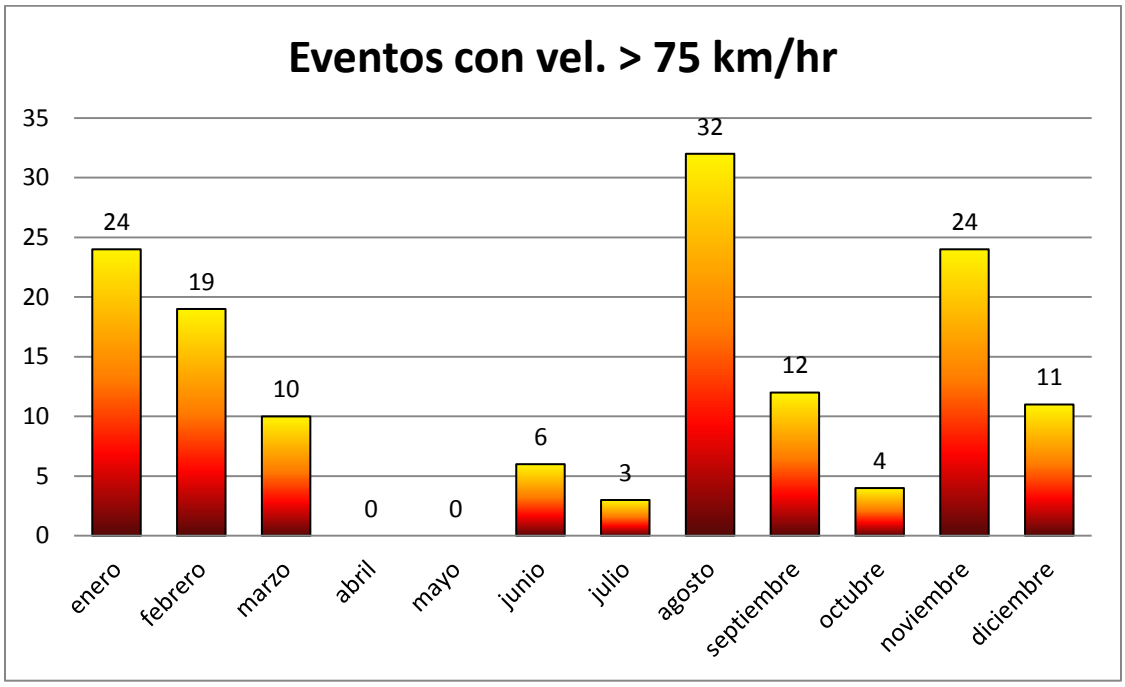
En la zona de la montaña del Nevado de Colima, los vientos en su mayoría superan 40 km/hr de velocidad llegando a alcanzar hasta 138 km/hr, en diciembre del 2013.

Una gráfica representativa de lo anterior para las velocidades máximas por mes del año (todos, excepto abril y mayo) km/hr es la siguiente.(Gráfica 4.2.8.1.).



Gráfica 4.2.8.1. Velocidades máximas por mes registradas en estación Nevado de Colima

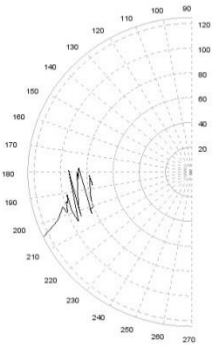
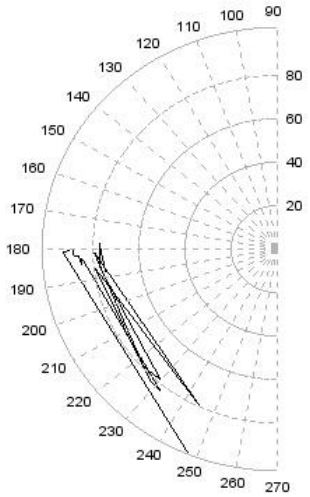
Por otra parte, considerando un registro con datos tomados cada 60 minutos, el número de eventos por mes con velocidades iguales o mayores de 75 km/hr (*temporal fuerte* según la escala de Beaufort), se presenta en la siguiente (Gráfica 4.2.8.2.).

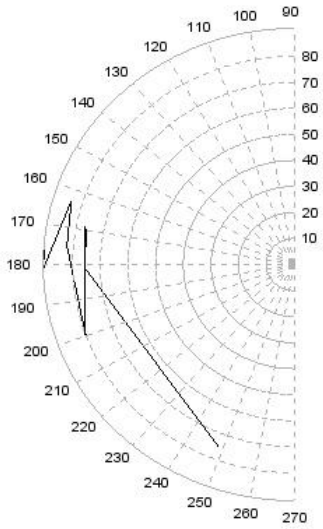
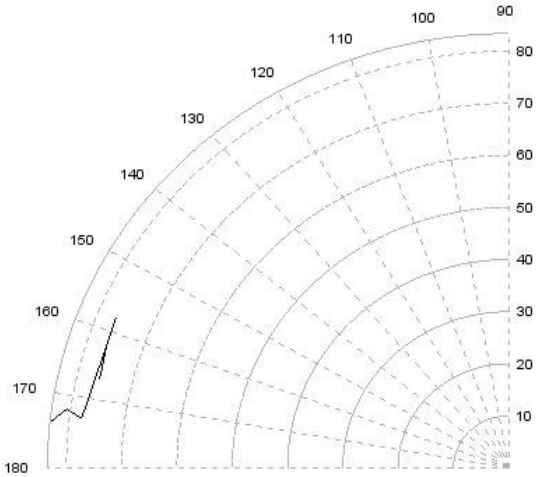


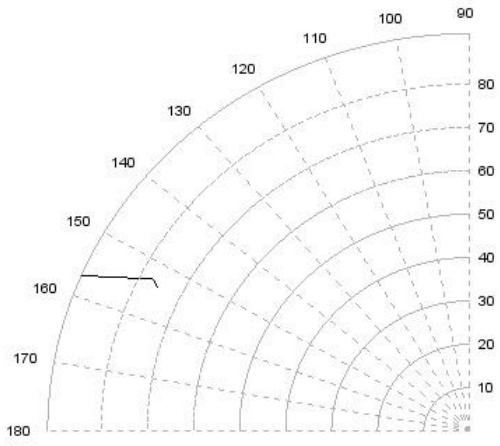
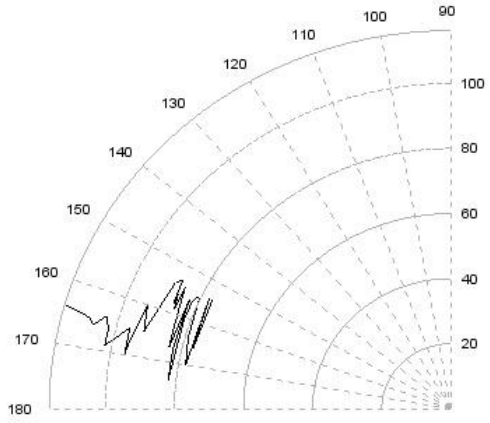
Gráfica 4.2.8.2. Numero de eventos con velocidades mayores a 75 km/hr, (temporal fuerte) por mes, en estación Nevado de Colima

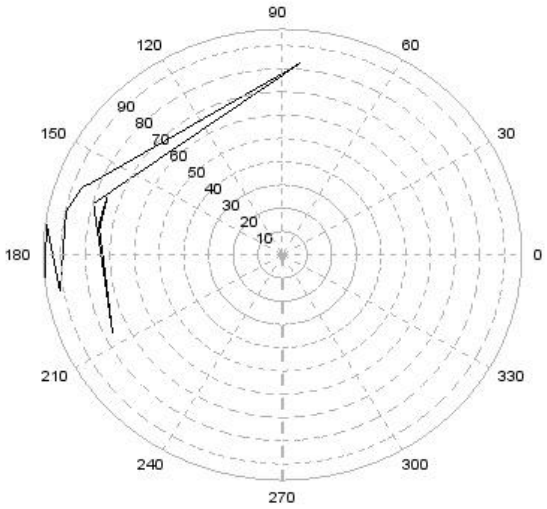
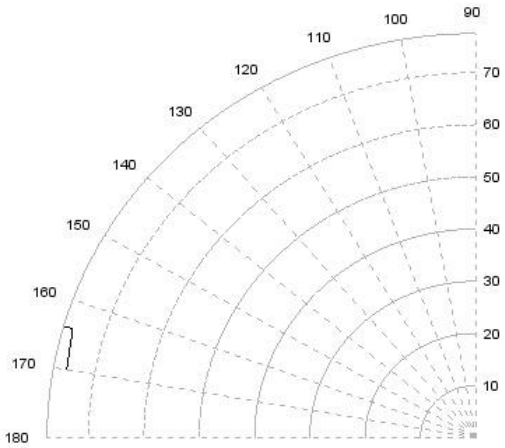
Además se aprecia claramente un cambio de dirección hacia el norte y noroeste a partir del mes de julio y hasta diciembre. En enero hay un cambio de dirección hacia el sur. En los meses siguientes se generan corrientes cruzadas en las direcciones sureste-noroeste. De las gráficas se desprende que agosto es el mes con más ocasiones de temporal intenso y diciembre con el evento de velocidad más alta.

Las direcciones de origen de estos eventos se presentan en las siguientes gráficas polares en las que el norte se debe tomar en 0°, este 90°, etc. En el eje vertical se graficó velocidad en km/hr (Tabla 4.2.8.3.).

Mes	Dirección e intensidad
Enero	
Febrero	

Mes	Dirección e intensidad
Marzo	
Junio	

Mes	Dirección e intensidad
Julio	
Agosto	

Mes	Dirección e intensidad
Septiembre	
Octubre	

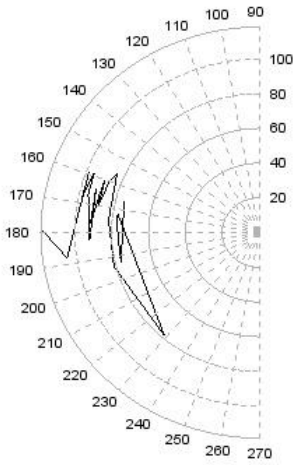
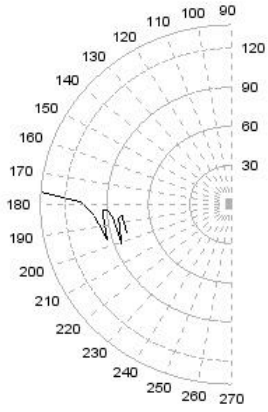
Mes	Dirección e intensidad
Noviembre	
Diciembre	

Tabla 4.2.8.3. Direcciones de origen y velocidades de vientos iguales o superiores a 75 km/hr . Fuente: Datos estación Nevado de Colima, SMN. Elaboración propia.

Finalmente, en la zona del valle predominan 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 predominado los que se encuentran en el rango 0.5 a 2.1 m/s en el registro de datos proporcionado por el SMN.

Sin embargo, para la Ciudad de Ciudad Guzmán, el *Manuel de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento*, México, 2008, de la CFE, en el apéndice 4C de Velocidades Regionales establece que para los diferentes periodos de retorno, la velocidad en km/hr del viento es: (Tabla 4.2.8.4.).

Ciudad	No. de Obs.	Lat.	Log.	Tr10	Tr50	Tr200	Q_5	Q_{15}
Cd. Guzmán	14030	19.7	-103.47	120	140	150	160	170

Tabla 4.2.8.4. Velocidades de viento para Ciudad Guzmán y diferentes Tr, según CFE.

Dónde:
Q = 15 valor para el diseño de las estructuras del Grupo A
Q = 5 valor para las del Grupo B.
No. de Obs. = Número de observatorio.

4.2.9. Inundaciones

El análisis de lluvias y la distribución de su intensidad en una región constituyen el primer paso de varias evaluaciones del peligro, en particular, el peligro de inundación por desbordamiento de causes debido al exceso de lluvia que se relaciona directamente con la intensidad de la precipitación, la topografía y la infraestructura de la zona analizada. 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 Rio Tuxpan. Particularmente, la subcuenca cerrada o endorreica Laguna de Zapotlán cuenta con 460 km^2, cubre también parte de los municipios de Gómez Farías y San Gabriel principalmente, además de pequeñas franjas de Atoyac, Zapotiltic, Zapotitlán de Vadillo y Sayula.

La subcuenca 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.

Método de Análisis
Cartografía general de inundaciones históricas. Se realiza una encuesta entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa con escala a detalle. La cartografía deberá tener un detalle suficiente para poder llegar a estimar los daños ocasionados. La escala de información deberá ser de por lo menos 1: 50000 con curvas de nivel a cada metro. Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo (en caso de existir datos de este último).
Se obtienen los valores de Precipitación y caudal máximo para los periodos de retorno de 2,10, 50, 100 y 200 años. Elaboración de cartografía de zonas inundables. Análisis y resumen de los otros datos encuestados.

Evidencia

Cartografía general de inundaciones históricas. Se realiza una encuesta entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa con escala a detalle.

La cartografía deberá tener un detalle suficiente para poder llegar a estimar los daños ocasionados. La escala de información deberá ser de por lo menos 1: 50000 con curvas de nivel a cada metro. Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo (en caso de existir datos de este último). Se obtienen los valores de Precipitación y caudal máximo para los periodos de retorno de 2,10, 50, 100 y 200 años. Elaboración de cartografía de zonas inundables. Análisis y resumen de los otros datos encuestados

Análisis histórico de inundaciones en Zapotlán el Grande.

Del análisis histórico de las inundaciones en el municipio se desprenden tres áreas que son principalmente afectadas: la cabecera municipal, la planicie de inundación generada por el crecimiento de la laguna de Zapotlán y la zona poniente del municipio que va de los 1740 metros hacia los 1540 (según reportes del departamento agropecuario del municipio), la cual es una zona con uso de suelo predominantemente agrícola, misma característica de la planicie de inundación generada alrededor de la laguna de Zapotlán. Para la zona urbana existen estudios previos en los que se ha determinado que precipitaciones de 40 mm pueden generar tirantes de agua superiores a los 0.35 m.

Las montañas ubicadas al oriente de la ciudad, las cuales en conjunto representan un área de captación de 4,707 hectáreas, vierten sus escurrimientos a la zona urbana, principalmente por los arroyos Los Guayabos y Chuluapan. En los últimos años la problemática se ha venido agudizando debido a los cambios de uso de suelo en esas zonas, incrementándose las áreas dedicadas a fines agrícolas en detrimento de las boscosas, contribuyendo también a la perdida de suelos, el arrastre de sedimentos y el asolvamiento de la laguna de Zapotlán lo que repercute en el aumento de la planicie de inundación. Una medida realizada para mitigar las inundaciones en la zona urbana fue la construcción del canal el cual tiene una extensión de 8.115 km, aproximadamente.

Por el lado poniente del municipio, inciden los arroyos intermitentes Salto de Cristo, El Capulín y Piedra Ancha, así como dos arroyos más de los que se desconocen sus nombres. En conjunto estos cauces drenan 11,892 hectáreas. (Figuras 4.2.9.1. y 4.2.9.2.).

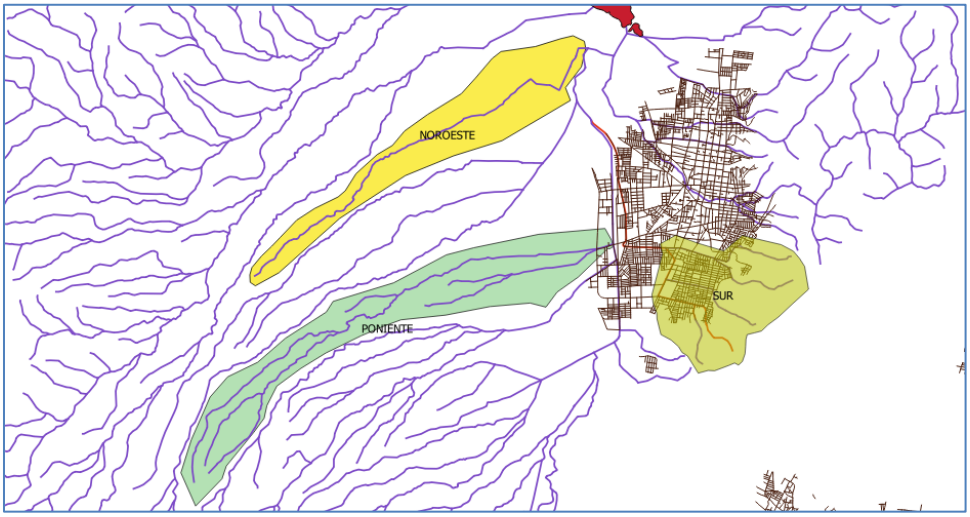


Figura 4.2.9.1. Arroyos sin nombre, descienden del Nevado de Colima

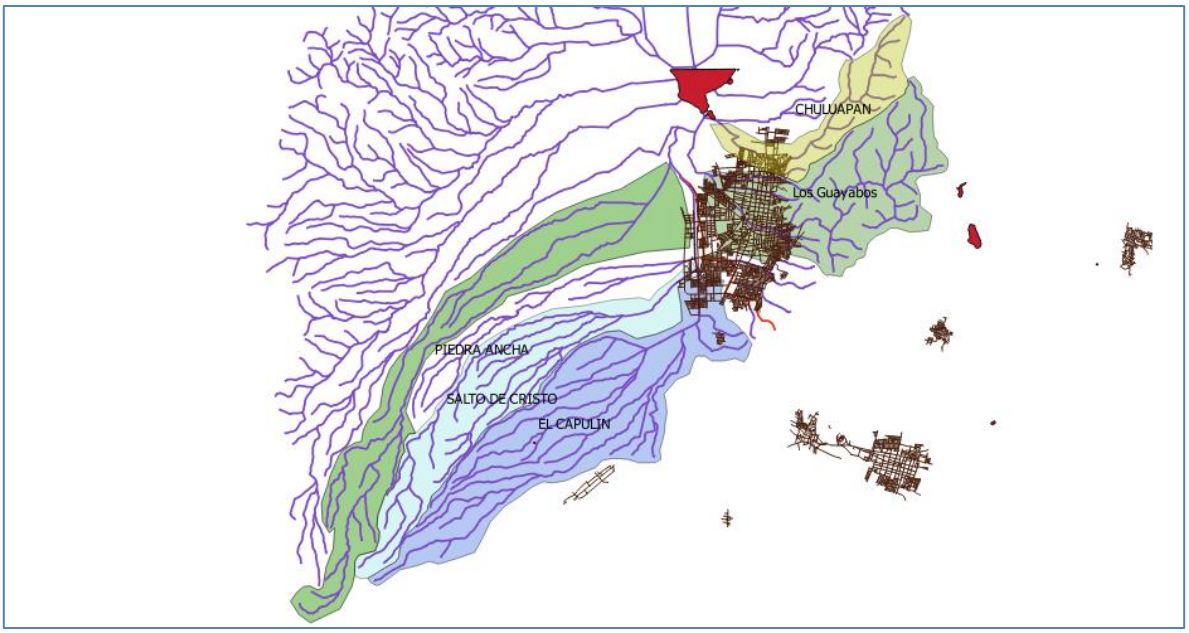


Figura 4.2.9.2. Cuencas de Arroyos El Capulín, Salto de Cristo y Piedra Ancha

Análisis estadístico de precipitación máxima y caudal máximo.

Dado que la estación meteorológica 14030 Ciudad Guzmán no tiene datos suficientes para ser empleados en el cálculo de las variables precipitación máxima y caudal máximo, se empleara la precipitación media calculada por medio de polígonos de Thiessen para toda la subcuenca Laguna de Zapotlán con los datos de las estaciones El Nogal, Ingenio Tamazula, Atoyac, San Marcos (Tonila) y Quito. Cabe mencionar que las estaciones automáticas Volcán de Colima y Ciudad Guzmán sólo cuentan con datos de los años 2013 y 2014.

La obtención de los polígonos de Thiessen se realizó con el software Qgis vr. 2.8.2-Wien. Las áreas de influencia en km^2 se obtuvieron mediante un geoproceso de las capas de los polígonos y el área de la cuenca con el mismo software dando como resultado: (Tabla 4.2.9.1. y Figura 4.2.9.3.).

ID	X	y	Nombre	Area, km^2
14141	682622.1	2177841.26	Tamazula	86.56
14118	664386.1	2159676.88	Quito	238.54
14052	626951.7	2200566.9	Nogal	36.09
14018	655313.9	2213245.89	Atoyac	97.85
14129	657027.7	2150748.8	San marcos	1.11
			Total	460.15

Tabla 4.2.9.1. Coordenadas de estaciones meteorológicas en la zona de Zapotlán el Grande

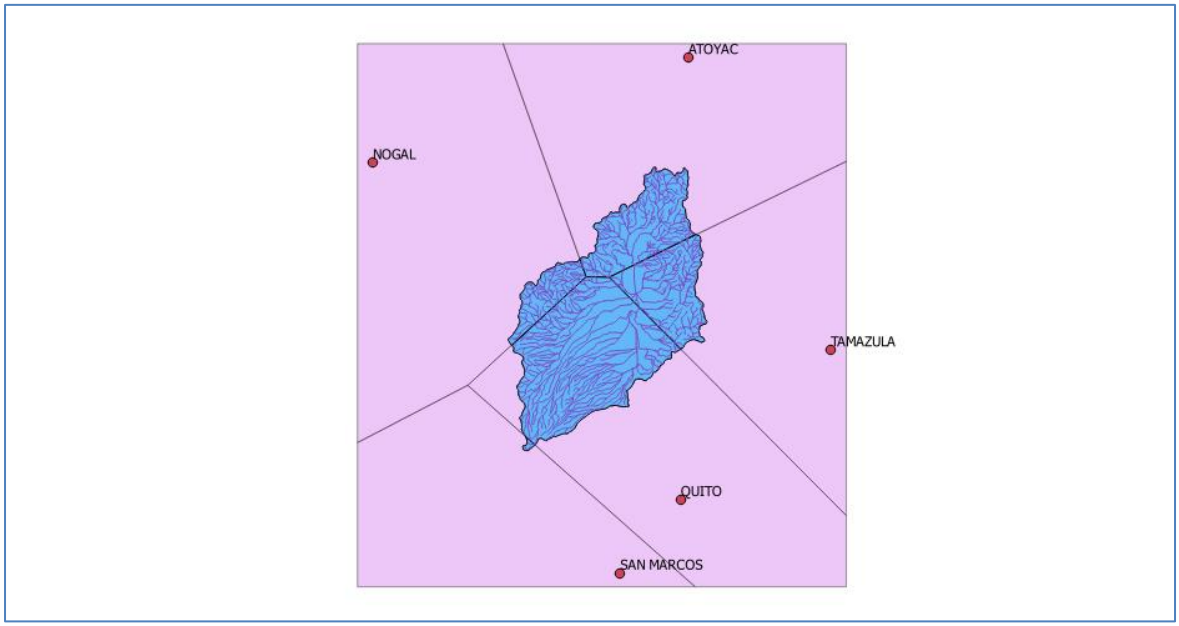


Figura 4.2.9.3. Polígonos de Thiessen

La expresión para el cálculo de la precipitación media es:

$$\overline{h_p} = \frac{1}{A_T}\sum_{i=1}^{n} h_{pi}\, A_i$$

Donde A_i es el área de influencia de la estación *i* y A_T es el área total de la cuenca.
Los datos de precipitación máxima en 24 horas para los años 1980-2012 obtenidos son: (Tabla 4.2.9.2.).

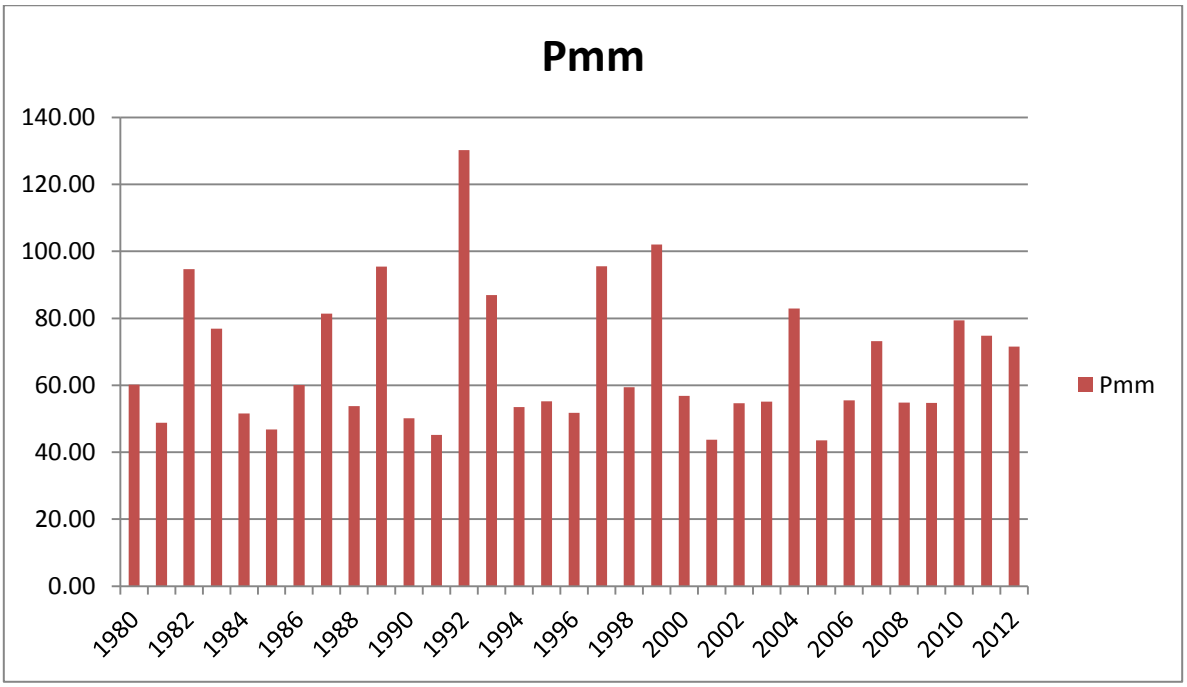
Año	P mm	Año	Pmm	Año	Pmm
1980	60.13	1991	45.20	2002	54.63
1981	48.81	1992	130.23	2003	55.15
1982	94.69	1993	86.96	2004	82.95
1983	76.87	1994	53.53	2005	43.54
1984	51.62	1995	55.17	2006	55.45
1985	46.75	1996	51.80	2007	73.21
1986	60.10	1997	95.49	2008	54.80
1987	81.43	1998	59.38	2009	54.69
1988	53.74	1999	101.99	2010	79.41
1989	95.46	2000	56.84	2011	74.83
1990	50.18	2001	43.70	2012	71.56

Tabla 4.2.9.2. Precipitación máxima en 24 horas

Con los siguientes parámetros estadísticos.

Desviación estándar	20.1363286
Media Armónica	61.7960955
Mediana	56.84
Kurtosis	1.35218997
Coeficiente de Asimetría	1.22655532
Máximo	130.23
Mínimo	43.54

Tabla 4.2.9.3. Parámetros estadísticos de lluvia máxima en 24 horas



Gráfica 4.2.9.1. Precipitación máxima en mm, 24 horas.

Determinación de la altura de precipitación y caudal máximo para los periodos de retorno (Tr) 2, 10, 50, 100 y 200 años.

Altura de precipitación para los Tr 2, 10, 50, 100 y 200 años (Tabla 4.2.9.4.).

Los datos de precipitación máxima se procesaron en el software AX de CENAPRED para ajustarlos a una función de distribución de probabilidad y obtener los periodos de retorno deseados. La función que arrojo el menor error estándar fue la función Doble Gumbel:

Tr	Dato	Calculado	Error^2
34	130.23	116.16	197.9649
17	101.99	107.08	25.9081
11.33	95.49	101.26	33.2929
8.5	95.46	96.66	1.44
6.8	94.69	92.59	4.41
5.67	86.96	88.68	2.9584
4.86	82.96	84.65	2.8561
4.25	81.43	80.42	1.0201
3.78	79.41	76.34	9.4249
3.4	76.87	72.97	15.21
3.09	74.83	70.3	20.5209
2.83	73.21	68.12	25.9081
2.62	71.56	66.28	27.8784
2.43	60.13	64.68	20.7025
2.27	60.1	63.25	9.9225
2.13	59.38	61.94	6.5536
2	56.84	60.74	15.21
1.89	55.45	59.61	17.3056
1.79	55.17	58.55	11.4244
1.7	55.15	57.53	5.6644
1.62	54.8	56.55	3.0625
1.55	54.63	55.59	0.9216
1.48	54.59	54.65	0.0036
1.42	53.74	53.72	0.0004
1.36	53.53	52.79	0.5476
1.31	51.8	51.85	0.0025
1.26	51.62	50.89	0.5329
1.21	50.18	49.89	0.0841
1.17	48.81	48.84	0.0009
1.13	46.75	47.69	0.8836
1.1	45.1	46.39	1.6641
1.06	43.7	44.82	1.2544
1.03	43.54	42.63	0.8281

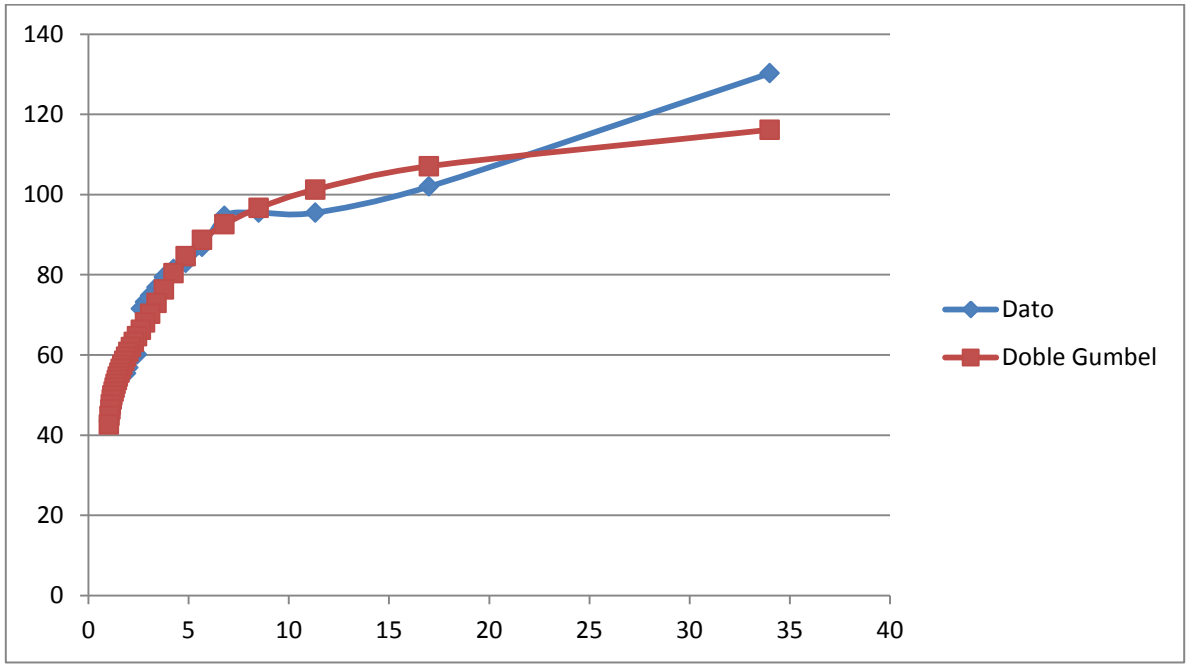
Tabla 4.2.9.4. Precipitación máxima para Tr determinado

Parámetros de la función Doble Gumbel

Parámetro	Alfa 1	Beta 1	Alfa 2	Beta 2	P
Valor	0.107686	53.7288	0.084451	93.9695	0.8

Tabla 4.2.9.5. Parámetros de la función doble Gumbel

Error estándar: 4.075



Gráfica 4.2.9.2. Gráfico de datos de precipitación calculados e históricos

Al extrapolar los resultados anteriores, el software AX arroja para precipitaciones máximas en 24 horas los resultados: (Tabla 4.2.9.6.).

No	Tr	Dato cal
1	2	60.74
2	5	85.48
3	10	99.33
4	20	109.38
5	50	120.98
6	100	129.42
7	200	137.72

Tabla 4.2.9.6. Extrapolación de Tr para lluvias máximas en 24 horas

Determinación de parámetros fisiográficos de la cuenca y subcuencas por tributario de orden 2 en la clasificación de Horton- Strahler. (Tabla 4.2.9.7.)

Parámetros fisiográficos de la subcuenca

Propiedad	Valor
Perímetro (km)	115.04
Área (km2)	460.25
Densidad de Drenaje	2.0806
Coeficiente de Compacidad	1.5122
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (km)	0.12015765
Elevación Máxima en la Subcuenca (m)	3900
Elevación Mínima en la Subcuenca (m)	1500
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	24.01
Elevación Máxima en Corriente Principal (m)	2989
Elevación Mínima en Corriente Principal (m)	1498
Longitud de Corriente Principal (m)	24463
Pendiente de Corriente Principal (%)	6.094
Sinuosidad de Corriente Principal	1.25288117
Area drenada por cauce principal	173.65 km^2

Tabla 4.2.9.7. Fisiografía de la cuenca

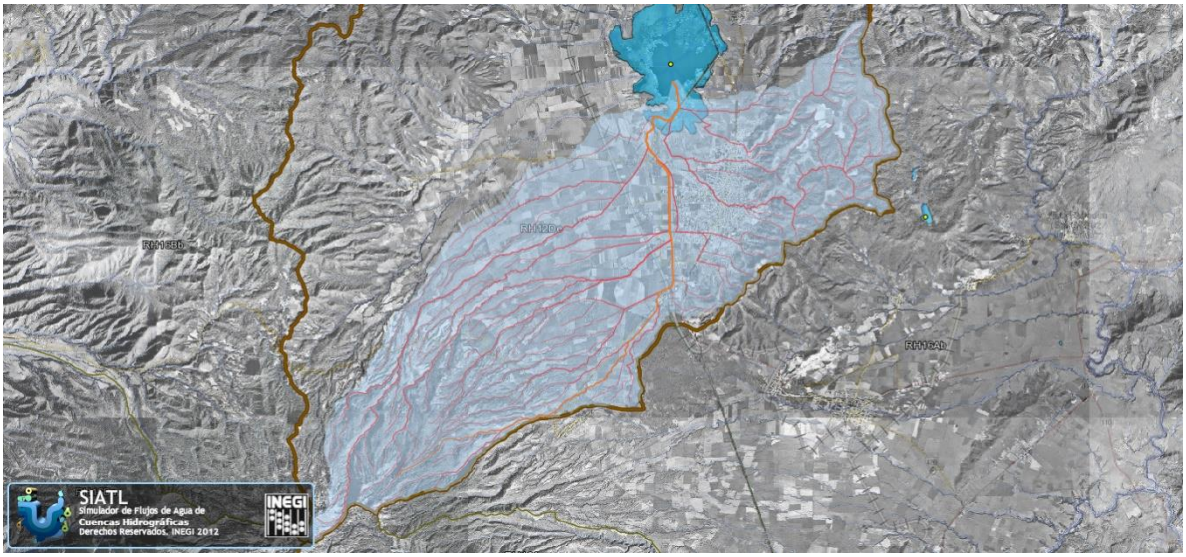


Figura 4.2.9.4. Cuenca de arroyos que inciden en la zona urbana de Zapotlán el Grande

Parámetros fisiográficos de las subcuencas por orden de Strahler 2

Arroyo Piedra Ancha	
Característica	Valor
Elevación máxima,	3427 m
Elevación mínima,	1498m
Elevación media,	2462 m
Pendiente media	7.4851 %
Longitud	25771 m
Tiempo de concentración	128.68 minutos

Tabla 4.2.9.8. Fisiografía arroyo Piedra Ancha

Arroyo El Capulín	
Característica	Valor
Elevación máxima,	2026
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1762
Pendiente media	2.5346 %
Longitud	20831
Tiempo de concentración	164.41

Tabla 4.2.9.9. Fisiografía de Arroyo El Capulín

Arroyo Salto de Cristo	
Característica	Valor
Elevación máxima,	2457
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1977
Pendiente media	4.03
Longitud	23759
Tiempo de concentración	153

Tabla 4.2.9.10. Fisiografía de Arroyo Salto de Cristo

Arroyo Poniente	
Característica	Valor
Elevación máxima,	1820
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1659
Pendiente media	1.82
Longitud	17668
Tiempo de concentración	164.72

Tabla 4.2.9.11. Fisiografía de Arroyo Poniente.

Arroyo Noroeste	
Característica	Valor
Elevación máxima,	
Elevación mínima,	
Elevación media,	
Pendiente media	
Longitud	
Tiempo de concentración	

Tabla 4.2.9.12. Fisiografía de Arroyo Noroeste

Arroyo Los Guayabos	
Característica	Valor
Elevación máxima,	1858
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1678
Pendiente media	2.34
Longitud	15372
Tiempo de concentración	135

Tabla 4.2.9.13. Arroyo Los Guayabos

Arroyo Chuluapan	
Característica	Valor
Elevación máxima,	2033
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1765
Pendiente media	4.44
Longitud	12029
Tiempo de concentración	89.35

Tabla 4.2.9.14. Fisiografía Arroyo Chuluapan

Arroyo Pastor	
Característica	Valor
Elevación máxima,	1548
Elevación mínima,	1498
Elevación media,	1523
Pendiente media	0.4465
Longitud	11198
Tiempo de concentración	202

Tabla 4.2.9.15. Fisiografía de Arroyo Pasto

Caudal Máximo en cauces que inciden en la zona urbana.

a) Pendiente gobernadora y tiempos de concentración de la lluvia

Con el objetivo de calcular la rapidez de llegada del escurrimiento a la zona en estudio se calcularon las pendientes medias de escurrimiento por medio de la expresión:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad ec.1$$

Además, se empleó la carta topográfica 1:50000 de INEGI.

La siguiente es la tabla generada para el Arroyo El Capulín. El resto se incluyen en la memoria de cálculo.(Tabla 4.2.9.16.).

No	H	L	S	raiz(S)	L/ raíz(S)
1	100	504	0.1984127	0.4454354	1131.47719
2	100	321	0.31152648	0.55814557	575.118779
3	100	367	0.27247956	0.52199575	703.070857
4	100	563.8	0.17736786	0.42115064	1338.71339
5	100	269	0.37174721	0.60971076	441.192804
6	100	345	0.28985507	0.5383819	640.809059
7	100	395	0.25316456	0.50315461	785.046973
8	200	662	0.3021148	0.54964971	1204.40344
9	200	422	0.47393365	0.68842839	612.990408
10	200	772	0.25906736	0.5089866	1516.73934
11	200	2102	0.09514748	0.30845985	6814.50116
12	200	3401	0.05880623	0.24249997	14024.7442
13	100	3957	0.02527167	0.15897066	24891.3858
L_{Total} = 14080.8			Suma de L/raiz(S) = 54680.1934		
S = 0.06631237					

Tabla 4.2.9.16. Pendiente gobernadora para arroyo El Capulín

Tiempo de Concentración

Para la obtención del tiempo de concentración, que corresponde al tiempo que tarda en llegar el escurrimiento desde la parte más alejada hasta el punto más bajo de la cuenca se utilizó el método de Kirpich, que se define como: (Tabla 4.2.9.17.).

$$t_c = 0.0003245 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77} \quad ec.2$$

Nanocuenca	El Capulín	Salto de Cristo	Piedra Ancha	A. Noroeste	A. Poniente	Los Guayabos	Chuluapan	A Pastor
Pendiente %	6.63	6.12	5.72	2.57	4.1	5.23	10.28	26.25
L	14080.8	16397	21338	9268	10941	7225	4829.94	738
t_c horas	1.44	1.67	2.10	1.51	1.43	1.09	0.535	0.087
t_c minutos	86.60	100.42	126.25	90.39	85.81	56.86	32.09	5.27

Tabla 4.2.9.17. Tiempo de concentración t_c para los diferentes arroyos

Las tormentas de diseño tendrán una duración igual al tiempo de concentración mayor para cada una de las zonas poniente y oriente de la ciudad, esto es, de 126.25 y 56.86 minutos respectivamente.

b) Cálculo de intensidad para una tormenta con duración igual a t_c y 2, 10, 50, 100 y 200 años de Tr.

Utilizaremos los datos obtenidos a partir de las expresiones de Powell y de Bell, respectivamente:

$$D = K(t \cdot T)^{1/4}$$

Donde:
D = profundidad de lluvia.
t = Duración en horas
T = periodo de retorno
K = constante que depende de la localidad.

Esta ecuación es una referencia conveniente para estimar otras cantidades de **profundidad-duración.**

Para determinar K, se utiliza el valor calculado para una tormenta con Tr = 10 años y duración de 24 horas:

$$K = \frac{D}{(t \cdot T)^{0.25}} = \frac{99.33}{(24 * 10)^{0.25}} = 25.23 \;\; ec.3$$

Para una tormenta con duración de 1 hora y 10 años de periodo de retorno la ecuación de Powell da:

$$D = 25.23(1 \cdot 10)^{0.25} = 44.86 \frac{mm}{hr} \;\; ec.4$$

La expresión de F.C. Bell permite estimar la altura de precipitación para cualquier periodo T < 100 años de retorno y para cualquier duración d < 120 min, de preferencia. Esta

relación lluvia-duración-periodo de retorno es directamente proporcional a la lluvia horaria con un periodo de retorno igual a 10 años.

$$I_d^T = (0.21lnT + 0.52)(0.54d^{0.25} - 0.50)I_{60}^{10} \quad ec.5$$

Los resultados que se obtienen con esta expresión son:

Tr	P mm/hr Poniente	Pmm/hr Oriente
2	39.11	29.35
10	59	44.26
50	78.84	59.16
100	87.4	65.58
200	96	72.00

Tabla 4.2.9.18. Intensidad para una tormenta con duración igual a t_c

c) Calculo de los coeficientes de escurrimiento.

Para estimar la altura de lluvia efectiva a partir de la total y las características de la cuenca, se emplea el método propuesto por el *U.S. Soil Conservation Service.* Por otra parte, se tomaran como referencia los datos proporcionados por el INEGI.

La ecuación propuesta para la Altura de lluvia efectiva es:

$$Pe = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08\right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32} \quad ec.6$$

Donde:

N = número de escurrimiento

P = Altura de precipitación en cm.

La distribución de tipos de suelo y vegetación se clasifica en la siguiente (Tabla 4.2.9.19.).

Nanocuenca(s)	Tipo de suelo
El Capulín Salto de Cristo Piedra Ancha Arroyo Noroeste Arroyo Poniente	***Regozol Eutrico***: Suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas, arenosos o con materiales flúvicos. Suelos con menos del 25 % de arcilla. 1.3 % de materia orgánica. ***Feozem Haplico***: Suelos oscuros ricos en materia orgánica; Material parental: Materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos y otros. Ambiente: Cálido a fresco (e.g. tierras altas tropicales) regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se

	seca; tierras llanas a onduladas; la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque. 26 % de arcilla.
Piedra Ancha	***Litosol***: Suelo con menos de 10 cm. De espesor sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Los litosoles son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas. 26 % arcilla
Los Guayabos Chuluapan A. Pastor	***Feosem Haplico*** ***Cambisol Cromico***: Los Cambisoles combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos. 22 % de arcilla.

Tabla 4.2.9.19. Clasificación de suelos por nanocuenca**.**

Nanocuenca(s)	Tipo de suelo	Vegetación	Area km^2	No. de escurrimiento
El Capulín	Regosol Eutrico, Feozem Haplico	Bosque de oyamel	0.17	60
		Bosque de pino-encino	4.58	60
		Bosque de encino-pino	0	60
		Agricultura de riego anual y semipermanente	5.4	90
		Agricultura de temporal anual	17.01	85
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	8.57	75
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	2.24	75
Salto de Cristo		Bosque de oyamel	0.12	60
		Bosque de pino-encino	4.69	60

Nanocuenca(s)	Tipo de suelo	Vegetación	Area km^2	No. de escurrimiento
		Agricultura de riego anual y semipermanente	3.79	92
		Agricultura de temporal anual	9.3	85
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	6.6	75
Arroyo Noroeste		Cuerpo de agua	0.13	N/A
		Agricultura de riego anual y semipermanente	6.28	92
		Agricultura de temporal anual	2.43	85
Arroyo Poniente		Agricultura de riego anual y semipermanente	3.44	92
		Agricultura de temporal anual	9.04	85
Piedra Ancha	Regosol Eutrico, Feozem Haplico Litosol	Bosque de oyamel	0.5	60
		Bosque de oyamel	1.12	60
		Bosque de pino-encino	6.43	60
		Agricultura de riego anual y semipermanente	9.41	92
		Agricultura de temporal anual	13.43	85
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.93	75
		Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	0.21	75
		Pradera de alta	0.96	58

Nanocuenca(s)	Tipo de suelo	Vegetación	Area km^2	No. de escurrimiento
		montaña		
Los Guayabos	Feosem Haplico Cambisol Cromico	Asentamientos humanos	0.58	90
		Bosque de pino-encino	12.33	60
		Agricultura de riego anual y semipermanente	0.73	92
		Agricultura de temporal anual	3.04	85
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	1.11	75
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	3.84	75
		Zona urbana	6.19	92
Chuluapan		Bosque de pino-encino	6.88	60
		Bosque de encino-pino	0.27	60
		Cuerpo de agua	0.27	NA
		Pastizal inducido	0.73	61
		Agricultura de riego anual y semipermanente	1.01	92
		Agricultura de temporal anual	0.58	85
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.03	75
		Zona urbana	1.01	92
A Sureste		Asentamientos humanos	0.42	92
		Asentamientos humanos	0.01	92
		Bosque de encino-	0.18	60

Nanocuenca(s)	Tipo de suelo	Vegetación	Area km^2	No. de escurrimiento
		pino		
		Agricultura de riego anual y semipermanente	1.51	92
		Agricultura de temporal anual	1	85
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0.07	75
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	2.44	75
		Zona urbana	1.73	92

Tabla 4.2.9.20. Clasificación de vegetación por nanocuenca.

El resultado para cada Tr al cruzar las capas de suelo y el área cubierta por cada tipo de vegetación se calculó como un promedio pesado de los coeficientes de escurrimiento, usando como peso el área del tipo de vegetación. (Tabla 4.2.9.21.).

$$C_e = \frac{P_e}{P} \quad ec.7$$

Nanocuencas	Ce				
	Tr 2	Tr 10	Tr 50	Tr 100	Tr 200
Chuluapan	0.06	0.10	0.14	0.17	0.19
El Capulín	0.24	0.36	0.45	0.48	0.51
Los Guayabos	0.05	0.12	0.18	0.21	0.24
Noroeste	0.48	0.60	0.68	0.70	0.72
Piedra Ancha	0.29	0.39	0.47	0.50	0.52
Poniente	0.37	0.51	0.59	0.62	0.65
Salto de Cristo	0.23	0.35	0.43	0.46	0.49
Pastor	0.18	0.32	0.39	0.42	0.45

Tabla 4.2.9.21. Coeficiente de escurrimiento por nanocuenca y Tr

d) Calculo del caudal máximo.

En el presente apartado se calcula el caudal máximo para los cauces que ingresan directamente en la zona urbana de Zapotlán el Grande. Para los arroyos Chuluapan, Los Guayabos y Pastores, se calcula en primer término el caudal sin considerar la aportación de la zona urbana, el cual se calcula en una segunda etapa.

Métodos hidrológicos

Hidrograma Unitario Triangular

Método de base hidrológica que permite calcular la forma del escurrimiento a lo largo del tiempo. El método asume una forma triangular en el hidrograma dado por una relación biunívoca en función de la relación de la superficie de la cuenca y el tiempo en el cual se presenta el gasto pico. Este método considera una altura de precipitación efectiva uniforme. Los resultados de caudal máximo obtenidos por este método y por el propuesto por el Soil Conservation Service (SCS) de E.U.A, son exactamente los mismos.

Para este estudio se consideraron los siguientes aspectos:

- Lluvia efectiva uniforme en el tiempo.
- Duración de la lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca hasta el punto de salida.
- Lluvia efectiva calculada a partir de los números de escurrimiento.
- Área de la cuenca en kilometros

$$q_p = 0.208\frac{A}{t_p} \quad ec.8$$

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c \quad ec.9$$

$$t_r = 1.67t_p \quad ec.10$$

q_p = $m^3/s/mm$

Para obtener el hidrograma de escurrimiento directo se debe multiplicar las ordenadas del hidrograma unitario por la lluvia en exceso, expresada en milímetros.

Así, por ejemplo, el gasto para un área de 4.58 km^2 con bosque de pino encino en la nanocuenca de arroyo El Capulín, será:

$$t_p = \sqrt{2.10} + 0.6 * 2.10 = 2.70\ hr$$

$$q_p = 0.208\frac{4.58}{2.70} = 0.353\ m^3/s/mm$$

$$Q_p = 0.353 * 0.1574812$$

$$= 0.0555\ m^3/s$$

Resultado

En la (Tabla 4.2.9.22.) se muestran los resultados de caudal máximo.

Subcuenca	Caudal Máximo, Hidrograma unitario triangular, m^3/s				
	Tr 2	Tr 10	Tr 50	Tr 100	Tr 200
Chuluapan	2.43	5.38	10.97	14.02	17.40
El Capulín	27.24	61.71	102.64	121.64	141.34
Los Guayabos	6.02	14.32	29.51	40.67	49.83
Noroeste	12.48	23.66	35.61	40.91	46.30
Piedra Ancha	28.32	58.69	94.05	110.37	127.26
Poniente	14.01	28.58	44.70	51.95	59.36
Salto de Cristo	17.21	38.43	63.83	75.68	88.00
Pastor	5.31	10.59	16.33	19.51	22.82
Totales	113.02	241.37	397.65	474.75	552.31

Tabla 4.2.9.22. Caudal máximo determinado por hidrograma unitario triangular.

Método Racional

Este modelo toma en cuenta, además de la intensidad, el área de la cuenca y un coeficiente de escurriemiento y es muy utilizado.(Tabla 4.2.9.23.).

Subcuenca	Caudal Máximo, método racional m^3/s				
	Tr 2	Tr 10	Tr 50	Tr 100	Tr 200
Chuluapan	4.53	11.12	22.64	28.94	35.92
El Capulín	98.62	223.44	371.64	440.43	511.79
Los Guayabos	9.66	30.96	62.61	83.97	102.87
Noroeste	45.20	85.67	128.95	148.14	167.63
Piedra Ancha	102.53	212.52	340.56	399.63	460.79
Poniente	50.73	103.49	161.86	188.11	214.94
Salto de Cristo	62.33	139.14	231.12	274.02	318.63
Pastor	7.75	20.74	33.71	40.28	47.12
Totales	381.34	827.08	1353.10	1603.52	1859.68

Tabla 4.2.9.23. Caudal máximo calculado según método racional.

Método de Chow

Chow desarrolló un método para el cálculo del gasto pico de hidrogramas de diseño de alcantarillas y otras estructuras de drenaje pequeñas. Este método solo proporciona el gasto pico y es aplicable a cuencas no urbanas con un área menor de 25 km^2. Se utilizará aquí, excepto para las subcuencas El Capulín y Piedra Ancha pues rebasan los 25 km^2. (Tabla 4.2.9.24.).

Resultados

Subcuenca	Caudal Máximo, método Chow m^3/s				
	Tr 2	Tr 10	Tr 50	Tr 100	Tr 200
Chuluapan	4.74765968	11.073852	20.7225648	27.9363312	34.22736
El Capulín	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Los Guayabos	11.7694177	30.256095	60.6625818	78.5728775	98.4382666
Noroeste	19.3696291	36.7357937	55.6341803	63.4885836	71.7281938
Piedra Ancha	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Poniente	21.7433085	44.740907	69.1641785	80.572292	92.7827383
Salto de Cristo	26.7125493	60.27735	98.9576028	117.355476	137.30976
Pastor	10.3949253	19.396726	31.5980161	37.7789148	44.3723116

Tabla 4.2.9.24. Caudal máximo según metodo de Chow

Delimitación de cuencas urbanas en función de la red de colectores existente.

La red de colectores actuales y las líneas de escurrimientos urbanos es la que se muestra en la siguiente (Figura 4.2.9.5.).

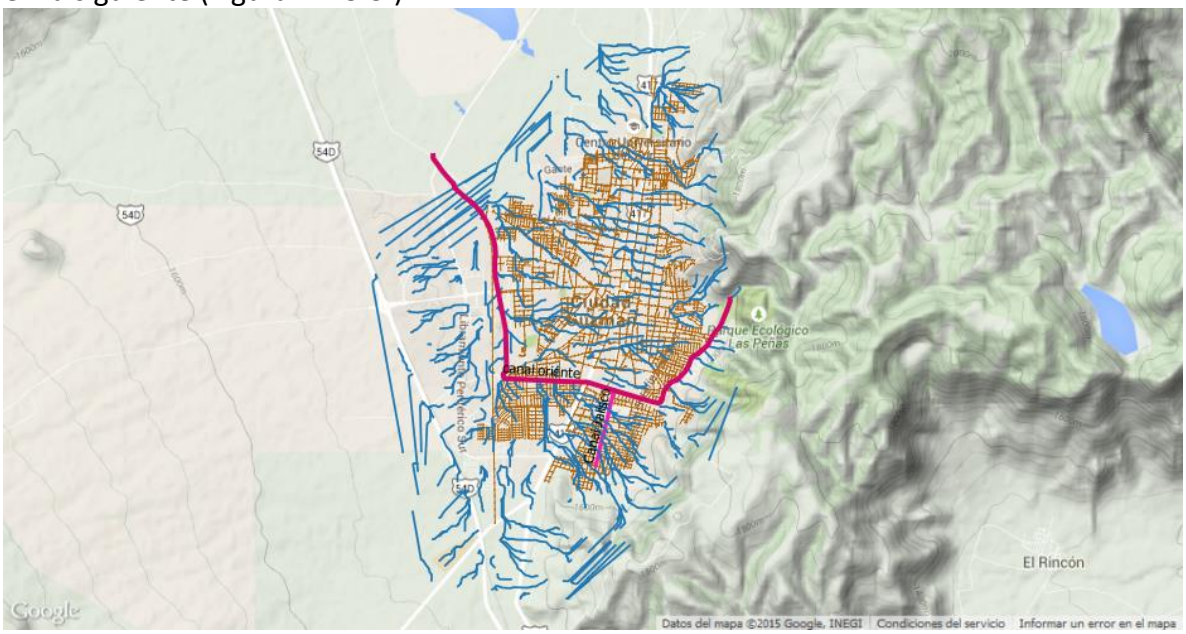


Figura 4.2.9.5. Red de colectores, canales y escurrimientos

Las cuencas urbanas se delimitaron de la siguiente forma:

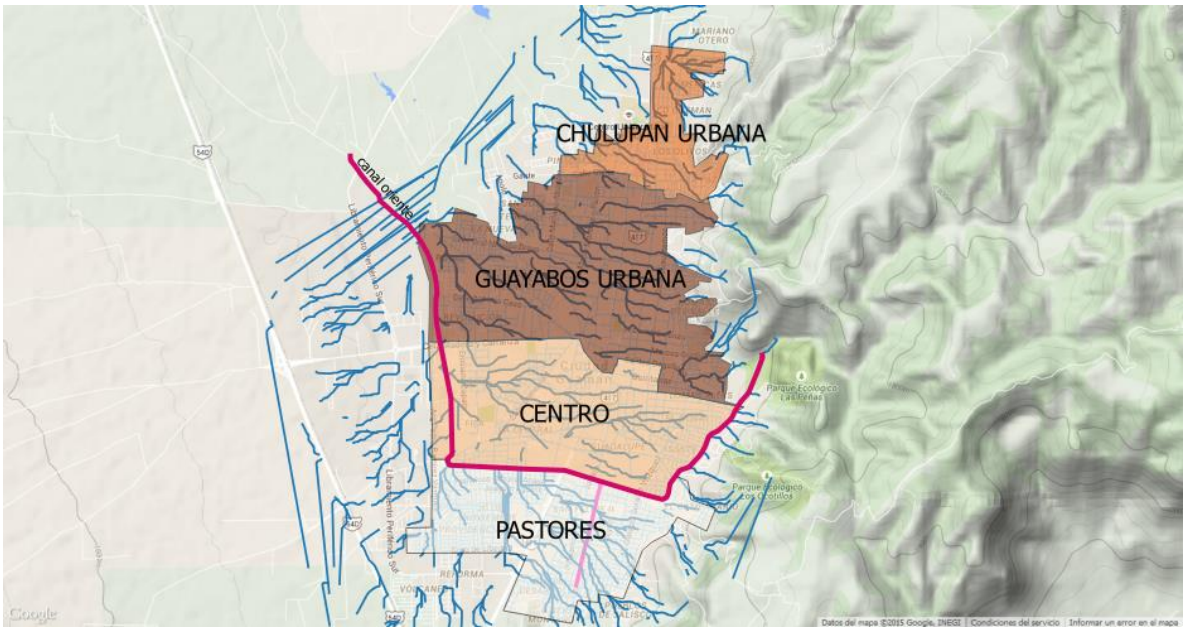


Figura . 4.2.9.6. Cuencas urbanas.

Se debe mencionar que la información digital de la red de drenaje con que cuenta el municipio no está actualizada, razón por la cual se analizará solo la zona en la que si se tiene información. Así, en función de los colectores y la infraestructura hidráulica, se dividió la zona urbana en 4 cuencas cada una con las siguientes características: (Tabla 4.2.9.25.).

Cuenca	Área, km^2	Drenaje, m	Puntos de Análisis
Pastores	3.176	65171.77	Calle Cuba, Canal Jalisco El Grullo (entre Diamante y Pavo Real), Alberto Cárdenas J.
Centro	3.945	65421.68	Hermenegildo Galeana, Emiliano Zapata.
Guayabos Urbana	5.22	95026.01	General Nicolás Bravo, Quintana Roo, Ignacio Allende, Apolo, Del Venado
Chuluapan Urbana	1.33	28961.61	Azucena, San Francisco, Tenochtitlan.
Total	14	254580.45	

Tabla 4.2.9.25. Red de Colectores

Inventario de la infraestructura hidrológica.

Características de la red de colectores.
Según información proporcionada por SAPAZA (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Zapotlan) se cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales, la planta No. 2 recibe agua residual de cuatro colectores: Volcanes, Los Guayabos, Manuel M. Diéguez y

Bravo Sur; mientras que a la planta No. 1 descargan los colectores: Bravo Norte y Morelos, las características de los colectores son las siguientes:

- Volcanes: Tubería de concreto, inicia en la cabeza de atarjea con un diámetro de 18" y varía a lo largo de toda la línea con diámetros de 24", 30", 36" y llega a la planta de tratamiento con un diámetro de 42".
- Los Guayabos: Tubería de concreto inicia en la cabeza de atarjea con un diámetro de 10" y varia a lo largo de la línea con diámetros 16", 24", 30" y finalmente llega a la planta con un diámetro de 36".
- Manuel M. Diéguez: Tubería de concreto inicia en su cabeza de atarjea con diámetro de 24" y llega a la planta con un diámetro de 36".
- Bravo Sur: Tubería de PVC inicia en su cabeza de atarjea con diámetro de 18" y llega a la planta con un diámetro de 36".
- Bravo Norte: Tubería de concreto con diámetro constante de 24".
- Morelos: Tubería de concreto con diámetro constante de 30".

Los colectores principales se encuentran saturados en horas pico. La tubería es muy antigua y no garantiza la hermeticidad requerida.
El sistema de alcantarillado es combinado, es por ello que en época de lluvias resulta insuficiente.
Además, Existen asentamientos humanos irregulares y hay tramos de calle en donde no hay tubería alguna, el agua residual corre por cuevas o cavernas. (Tabla 4.2.9.26.).

Clasificación	Material	Diámetro, pul.	Longitud, m	Simbología
Emisor	Concreto	42	1920	
Colector	Concreto	38	614	
Colector	Concreto	36	1071	
Colector	Concreto	30	543	
Colector	Concreto	28	783	
Subcolector	Concreto	24	848	
Subcolector	Concreto	18	3722	
Atargea	Concreto	12	Resto	
Atargea	concreto	8	Resto	

Tabla 4.2.9.26. Longitud de red de colectores

El porcentaje total de población con cobertura de servicio de alcantarillado en la cabecera municipal, según datos proporcionados por el organismo operador, es de 95. 53 %.

Tomando en cuenta el número de conexiones a la red de drenaje y el número de personas por vivienda, el índice de cobertura es de 92.27 % de la población total. (Figura 4.2.9.7.).

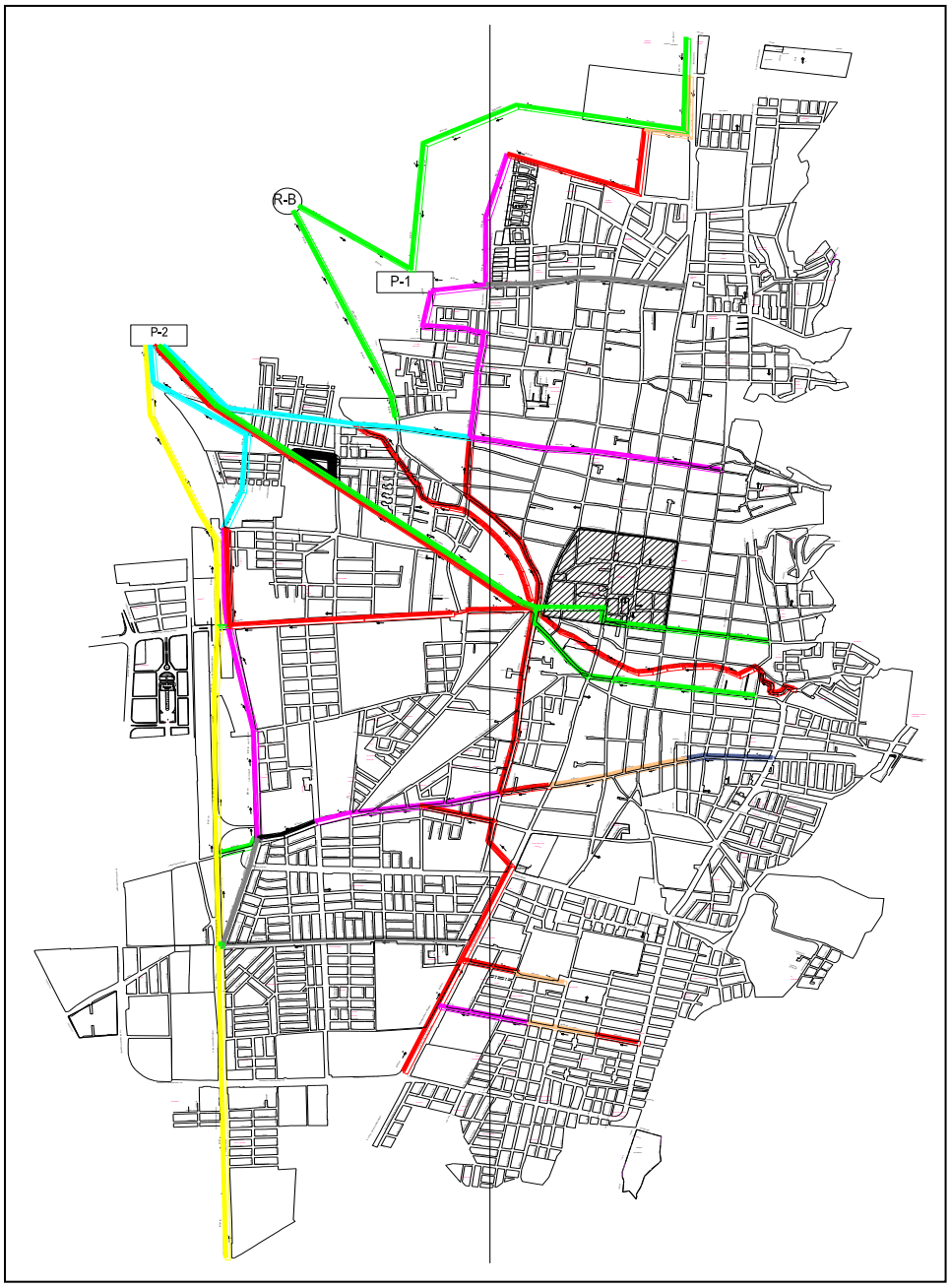


Figura 4.2.9.7. Red de Colectores de Zapotlán el Grande

Plantas de tratamiento de agua.

El SAPAZA opera dos plantas de tratamiento biológico nivel secundario, diseñadas para cumplir con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, mediante lodos activados sin sedimentación primaria, proceso convencional.

Planta de tratamiento No.1

La Planta de tratamiento No.1 se localiza al noroeste de la ciudad, en la prolongación de la calle Manuel Doblado. Dicha planta fue construida en el año de 1999 para una capacidad de 50 litros por segundo, entrando en operación en el año 2000. En el año 2008 se llevó a cabo una rehabilitación y ampliación de la misma, teniendo actualmente una capacidad instalada de 65 litros por segundo, para un cobertura del 25% de la población.

Planta de tratamiento No.2

La Planta de tratamiento No.2 se ubica al noroeste de la ciudad, en la prolongación de la calle Manuel M. Diéguez y Nicolás Bravo, a una distancia aproximada de un kilómetro con respecto a la planta de tratamiento No.1. La planta fue construida en el año de 2003 para una capacidad de 153 litros por segundo, entrando en operación en el año 2004. En el año 2008 se llevó a cabo una rehabilitación de la misma, sin embargo no fue ampliada en su capacidad. Actualmente esta planta atiende al 75% de la población.

Características de canales.

Canal Jalisco.

Se trata de un canal de sección rectangular con las características: (Figuras 4.2.9.8., 4.2.9.9. y Tablas 4.2.9.27., 4.2.9.28.).

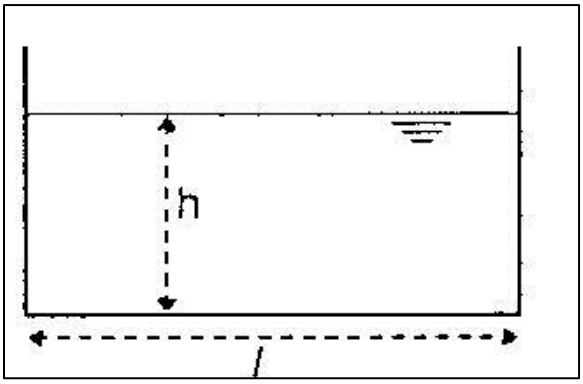


Figura 4.2.9.8. Canal Rectangular.

Parámetro	Expresión	Canal Jalisco
Área, m^2	h*l	1.10*3 = 3.3
Perímetro mojado, m	l + 2*h	3 +2*1.10 = 5.2
Radio hidráulico	h*l/l+2*h	3.3/5.2 = 0.6346
Ancho de la superficie libre	b	3
Longitud, m.	1161	-
Material	Concreto	-
Fondo	suelo	-
Tiempo de viaje, t_{v3}	Kirpich	8.28 minutos

Pendiente	h/l	0.01029
Q, m^3/s	según Manning	7.71
Velocidad, m/s	Manning	2.336

Tabla 4.2.9.27. Parámetros de canal rectangular

Canal Trapezoidal Zapotlán El Grande

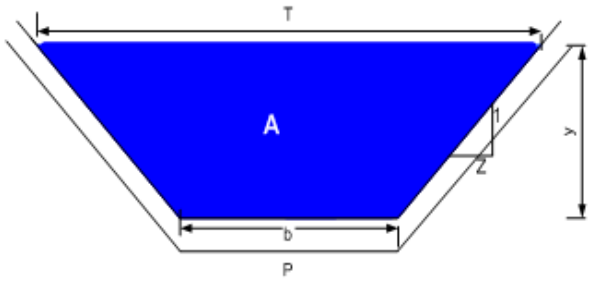


Figura 4.2.9.9. Canal Trapezoidal

Parámetro	Expresión	Canal ZG
Área, m^2	(b+zy)y	(2.5+1.625*2)2 = 11.5
Perímetro mojado, m	b+2yv(1+z^2)	$2.5 + 2 * 2\sqrt{(1 + 1.625^2)} = 10.132$
Radio hidráulico, m	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{11.5}{10.132} = 1.13$
Ancho de la superficie libre, m	b+2zy	9
Longitud, m.	8115	-
Material	Concreto	-
Fondo	Concreto	-
Tiempo de viaje, t_v	Kirpich	88.98, minutos
Pendiente	Promedio	0.0778
Q, m^3/s	según Manning	17.48
Velocidad, m/s	Manning	1.52

Tabla 4.2.9.28. Parámetros de canal trapezoidal.

Análisis hidrológico en cuencas urbanas

Pastores, calle Mirlo

En el cruce de Mirlo y Cuba termina el arroyo conocido como Pastores de arriba, con una velocidad calculada de 1.97 m/s para incidir casi en forma directa al Centro de Integración Juvenil, y discurrir posteriormente sobre la calle Mirlo. Esta calle se modelo con SWMM, considerándola como un canal rectangular abierto de 10 metros de ancho por 0.15 cm como altura máxima, para verter libremente sobre el canal rectangular de la calle Jalisco. El informe de la simulación para Tr 2 años se presenta (resumido) como ejemplo. Cabe hacer notar que cuando la simulación se completa con éxito, los errores totales de continuidad se muestran en la ventana de estado de la simulación. Estos errores representan la diferencia en % entre el almacenaje inicial más el flujo que entra y el

almacenamiento final más el flujo que sale. Si esta diferencia excede un nivel razonable (10%) los resultados de la simulación son cuestionables. (Figura 4.2.9.10. y Tabla 4.2.9.29.).

Nivel

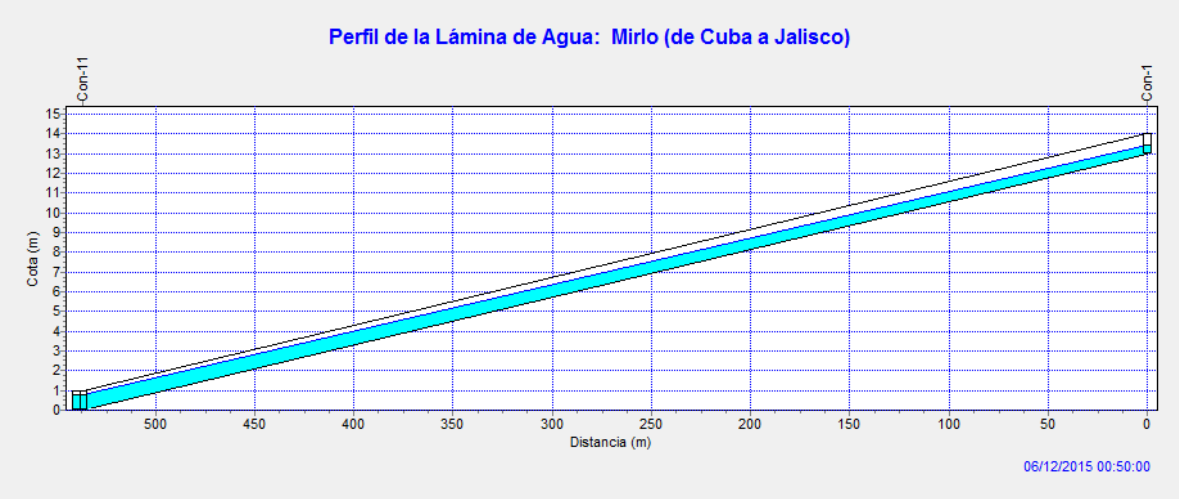


Figura 4.2.9.10. Lámina de agua calle Mirlo

		Caudal	Nivel	Velocidad	N. Froude
Días	Horas	(CMS)	(m)	(m/s)	
0	00:10:00	19.46	0.41	4.72	2.35
0	00:20:00	8.12	0.37	2.17	1.13
0	00:30:00	7.35	0.3	2.42	1.4
0	00:40:00	4.14	0.22	1.85	1.25
0	00:50:00	24.74	0.63	3.92	1.58
0	01:00:00	5.78	0.31	1.87	1.08
0	01:10:00	0.29	0.06	0.5	0.66
0	01:20:00	0.15	0.04	0.43	0.72
0	01:30:00	0.09	0.03	0.33	0.65
0	01:40:00	0.06	0.02	0.27	0.59
0	01:50:00	0.04	0.02	0.23	0.53
0	02:00:00	0.03	0.02	0.19	0.49
0	02:10:00	0.02	0.01	0.16	0.45
0	02:20:00	0.02	0.01	0.14	0.41
0	02:30:00	0.01	0.01	0.13	0.38
0	02:40:00	0.01	0.01	0.11	0.36
0	02:50:00	0.01	0.01	0.1	0.34
0	03:00:00	0.01	0.01	0.09	0.32
0	03:10:00	0.01	0.01	0.09	0.31
0	03:20:00	0.01	0.01	0.08	0.29

Tabla 4.2.9.29. Velocidades, caudal y tirante en calle Mirlo

Calle Ignacio Allende-Darío Vargas



Figura 4.2.9.11. Calle Ignacio Allende-Darío Vargas

Calles	tr	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
M. Hidalgo Cuauhtémoc	10	9.68	0.19	4.98
	50	12.95	0.23	5.58
	100	14.36	0.25	5.8
	200	15.77	0.26	6.02
Abasolo-M. Hidalgo	2	6.28	0.23	2.69
	10	9.52	0.3	3.16
	50	12.76	0.36	3.54
	100	14.16	0.38	3.68
	200	15.55	0.41	3.82

Tabla 4.2.9.30. Velocidades, caudal y tirante a lo largo de la calle Ignacio Allende

Calle Nicolás Bravo

Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
López Cotilla-Colón	2			
	10	10.33	0.28	3.66
	50	13.82	0.34	4.09
	100	15.32	0.36	4.26
	200	16.83	0.38	4.41
Morelos-Cristóbal Colón	2	6.21	0.25	2.47
	10	10.08	0.34	2.98
	50	13.52	0.41	3.34
	100	15.01	0.43	3.47
	200	16.49	0.46	3.6
Ignacio Mejia-Morelos	2	6.09	0.22	2.78
	10	9.94	0.3	3.36
	50	13.35	0.35	3.77
	100	14.82	0.38	3.92
	200	16.3	0.4	4.07
Apolo-Ignacio Mejia	2	12.31	0.47	2.6
	10	20.04	0.64	3.13
	50	26.9	0.77	3.49
	100	29.86	0.82	3.63
	200	32.82	0.87	3.76

Tabla 4.2.9.31. Velocidades, caudal y tirante a lo largo de la calle Nicolás Bravo

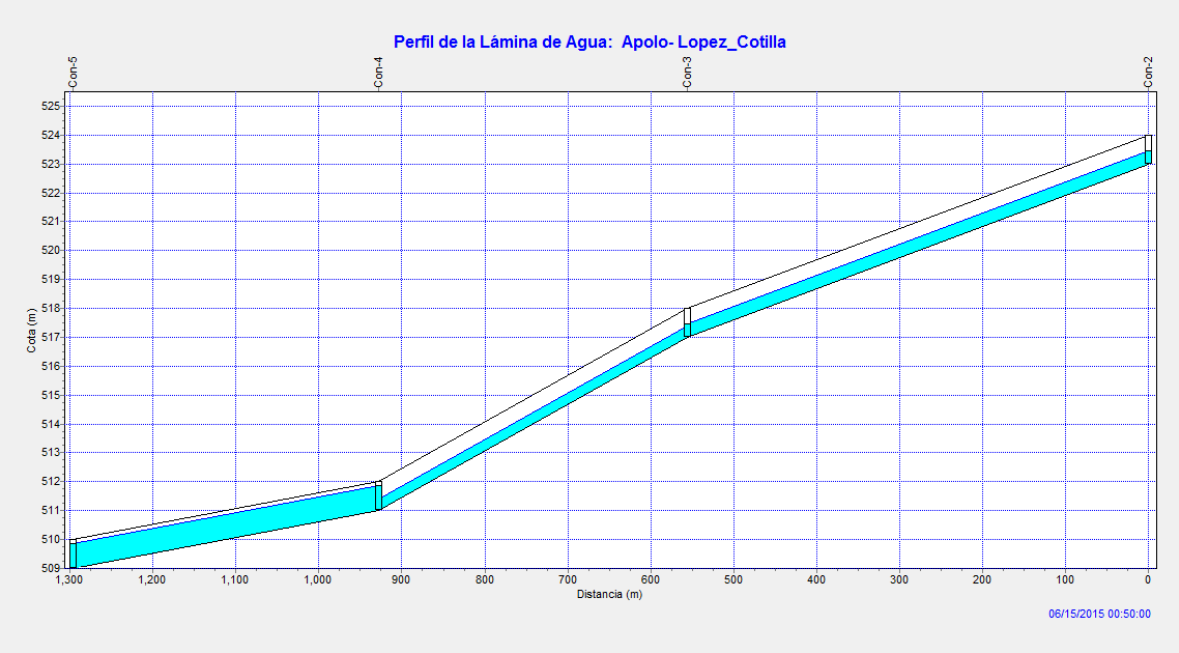


Figura 4.2.9.12. Perfil de la lámina de agua: Apolo-López Cotilla

Canal Galeana

Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
Contreras Medellin -C. Paes	2	1.5	0.68	0.74
	10	1.5	0.68	0.74
	50	1.5	0.68	0.74
Carlos Paes- Canal H.	2	1.5	0.94	0.53
	10	1.5	0.94	0.53
	50	1.5	0.94	0.53

Tabla 4.2.9.32. Velocidades, caudal y tirante a lo largo en el Canal Galeana.

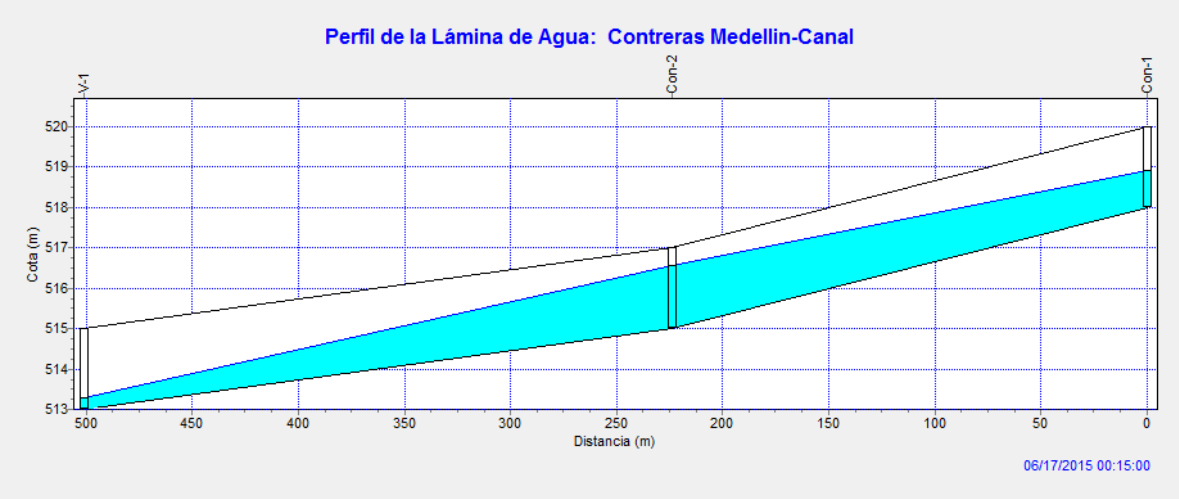


Figura 4.2.9.13. Perfil de lámina de agua: Contreras Medellín-Canal Galeana

Canal Jalisco

Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
Serefin Vezques Mirlo	2	6.42	0.78	2.74
	10	8.84	0.99	2.97
	50	8.84	0.99	2.97
	100	8.84	0.99	2.97
	200	8.84	0.99	2.97
Mirlo-Grullo	2	6.34	0.88	2.4
	10	9.14	1.07	2.84
	50	9.15	1.15	2.65
	100	9.15	1.15	2.65
	200	9.15	1.15	2.65
Grullo Gómez Farías	2	6.28	0.93	2.25
	10	7.74	1.08	2.38
	50	9.38	1.25	2.5
	100	9.39	1.25	2.5
	200	9.39	1.25	2.5
Gómez Farías Tonila	2	6.2	1.01	2.05
	10	7.74	1.08	2.38
	50	9.65	1.38	2.34
	100	9.65	1.38	2.34
	200	9.65	1.38	2.34
Tonila Sociedad de Uniones	2	5.53	0.97	1.91
	10	8.71	1.32	2.19
	50	8.71	1.32	2.19

Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
	100	8.71	1.32	2.19
	200	8.71	1.32	2.19
Sociedad de uniones Canal	2	5.53	0.77	2.4
	10	8.71	1.05	2.77
	50	8.71	1.05	2.77
	100	8.71	1.05	2.77
	200	8.71	1.05	2.77

Tabla 4.2.9.33. Parámetros de Canal Jalisco.



Figura 4.2.9.14. Canal Jalisco y puntos de análisis

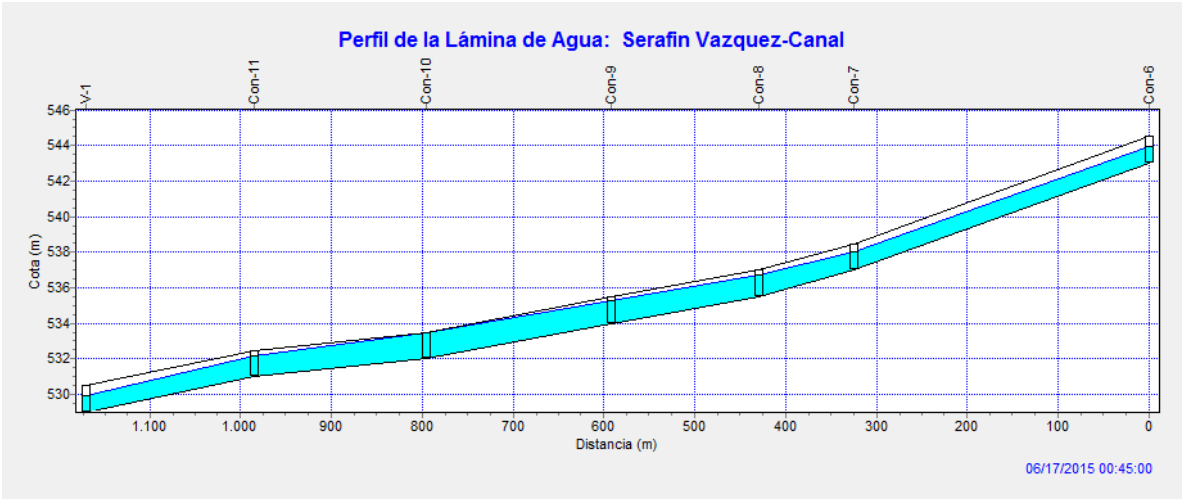


Figura 4.2.9.15. Perfil de lámina de agua: Serafín Vázquez-Canal.

Calle Leona Vicario

Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
Josefa Ortiz de Dmgz. Vallarta	2	6.31	0.20	3.15
	10	9.21	0.25	3.75
	50	9.21	0.25	3.75
	100	9.22	0.25	3.75
	200	9.22	0.25	3.75
Vallarta-Cisne	2	6.24	0.23	2.71
	10	9.47	0.29	3.23
	50	9.49	0.29	3.23
	100	9.49	0.29	3.23
	200	9.5	0.29	3.23
Cisne-Clavel	2	5.84	0.30	1.92
	10	9.57	0.40	2.37
	50	9.59	0.4	2.38
	100	9.6	0.4	2.38
	200	9.6	0.4	2.38

Tabla 4.2.9.34. Parámetros Calle Leona Vicario

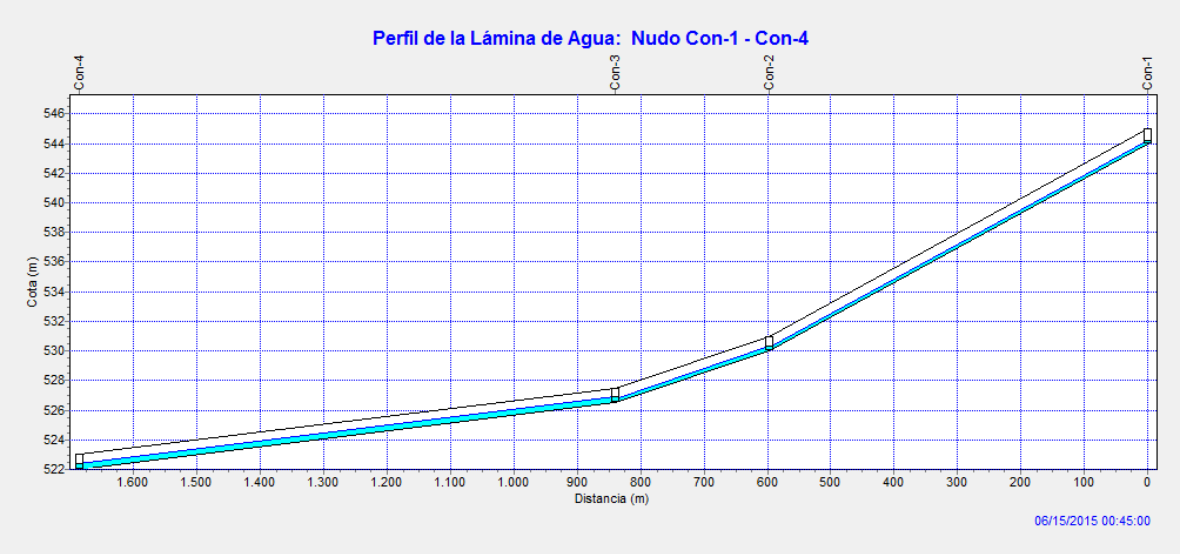


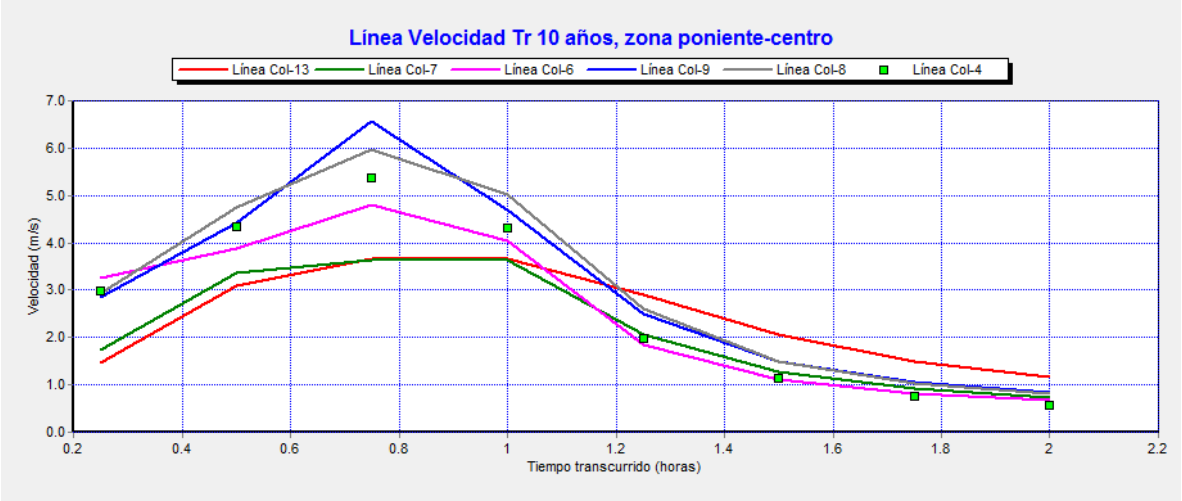
Figura 4.2.9.16. Perfil de lámina de agua en calle Leona Vicario

Calle Emiliano Zapata

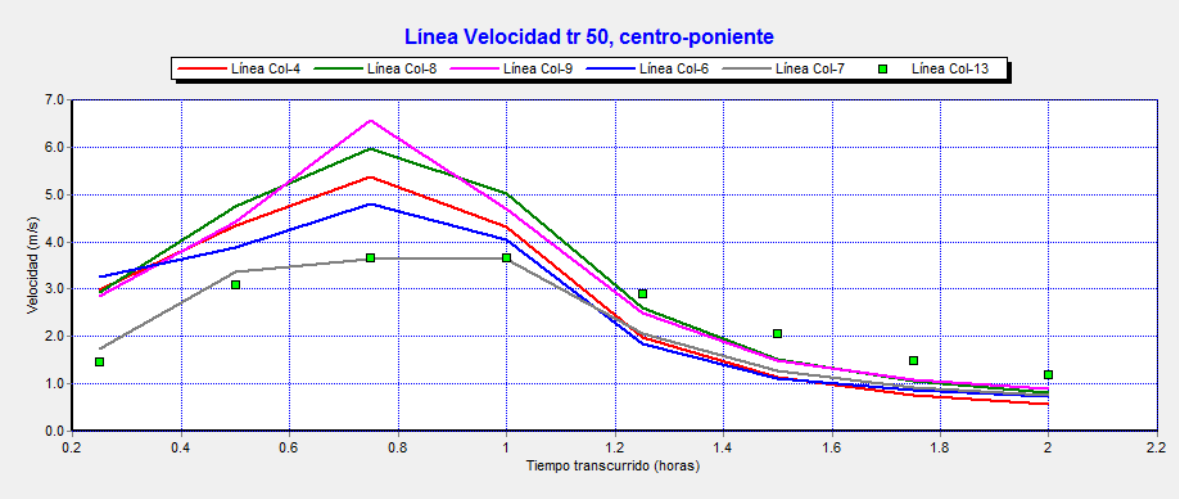
Calles	Tr, años	Caudal (CMS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)
Emiliano Zapata	2	6.21	0.58	1.06
	10	9.08	0.72	1.27
	50	9.08	0.72	1.27
	100	9.08	0.72	1.27
	200	9.08	0.72	1.27

Tabla 4.2.9.35. Parámetros de Calle Emiliano Zapata

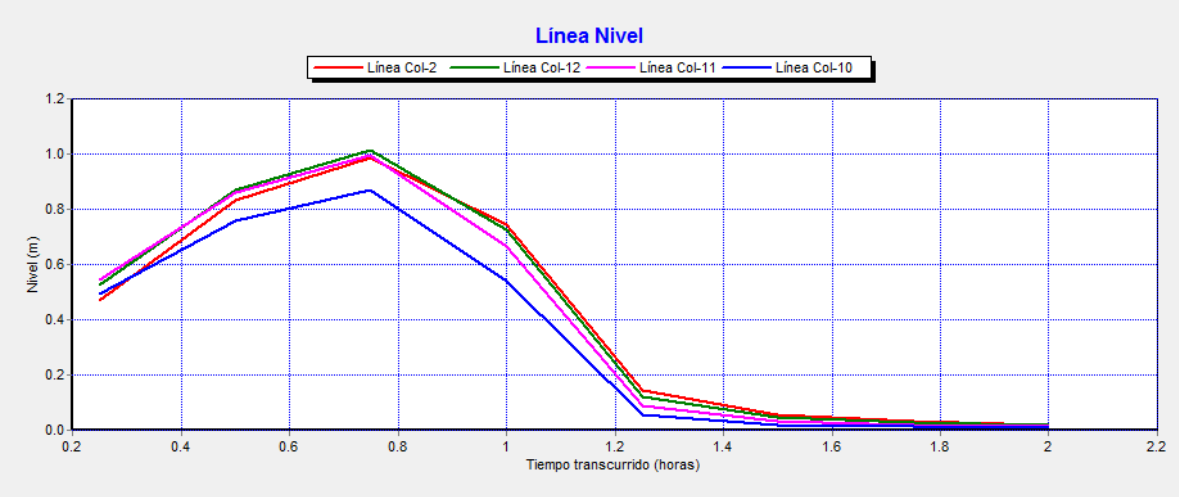
Canal hidráulico Trapezoidal.
Velocidad.



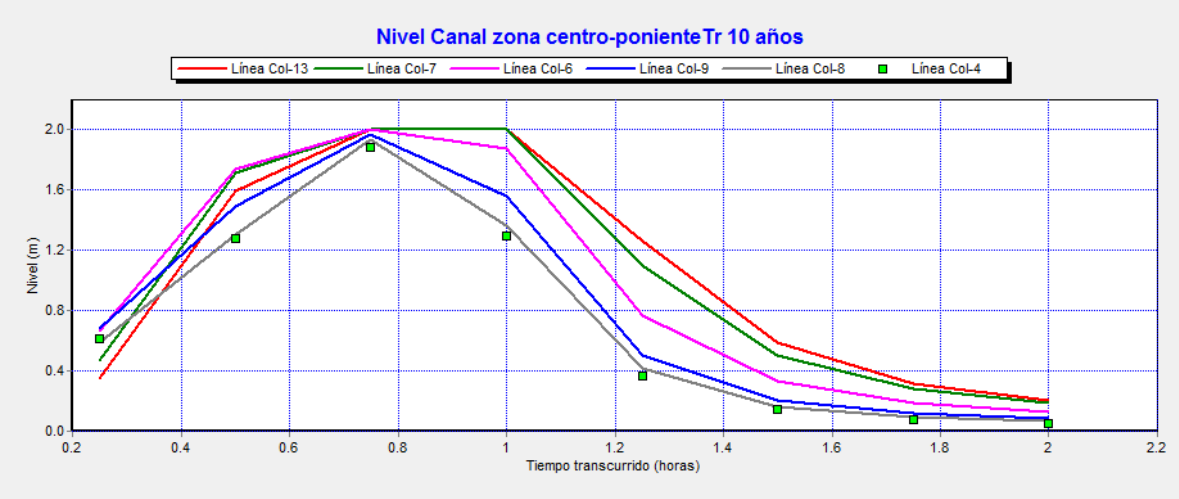
Gráfica 4.2.9.3. Velocidad Tr 10 años zona poniente-centro, canal trapezoidal.



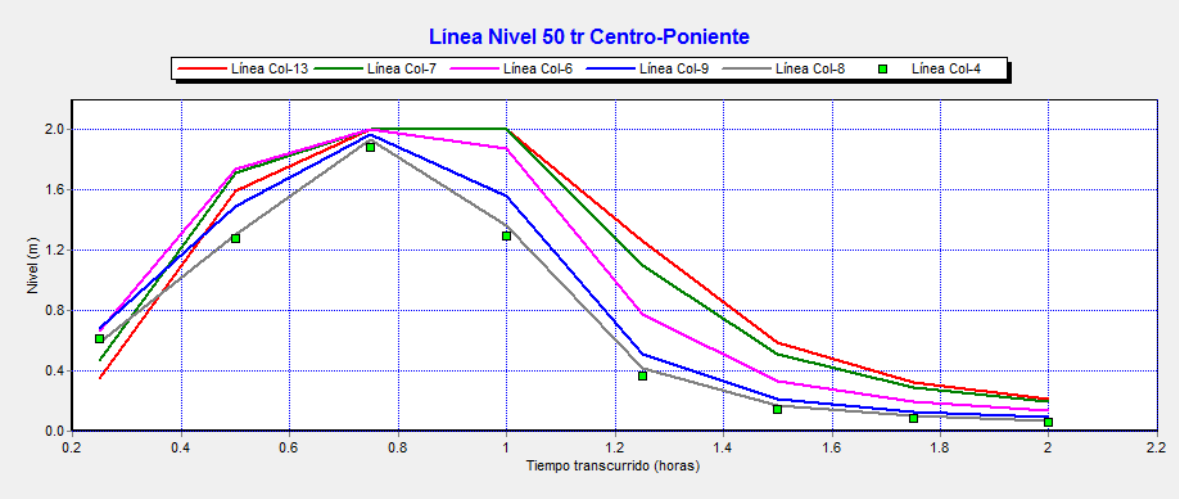
Gráfica 4.2.9.4. Velocidad Tr 50 años, tramo centro-poniente.



Gráfica 4.2.9.5. Tirante Tr 50 años, tramo centro-poniente.



Gráfica 4.2.9.6. Nivel de agua en tramo de colector centro poniente 10 años.



Gráfica 4.2.9.7. Tirante para Tr 50 años en sección centro-Poniente del colector trapezoidal

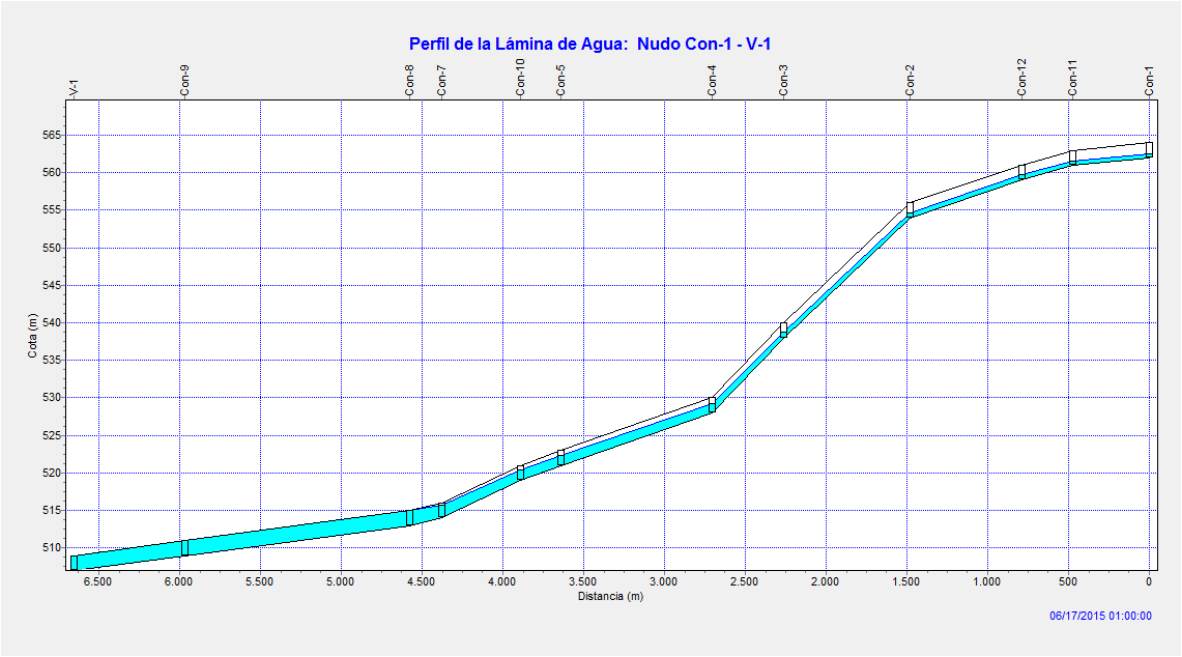


Figura 4.2.9.17. Perfil de lámina de agua en colector trapezoidal Tr 10 años.

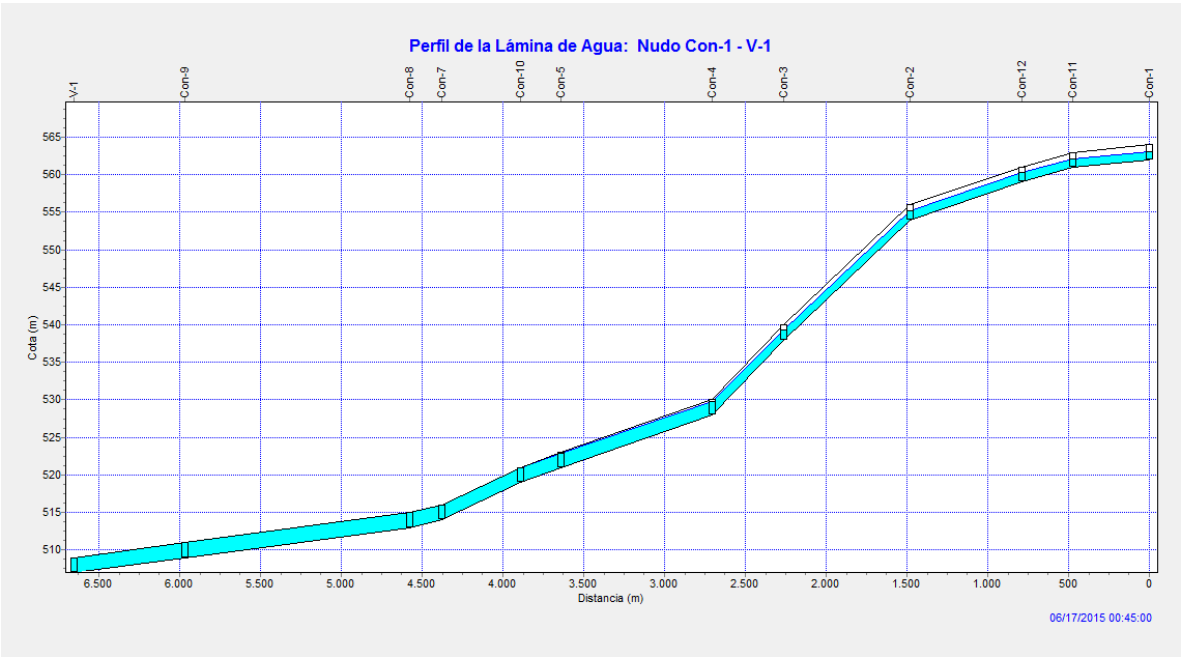


Figura 4.2.9.18. Lámina de agua en canal trapezoidal Tr 50 años

Análisis mediante Hec-Ras en modo estacionario de canal trapezoidal

El resultado obtenido con este software, considerando caudales del canal Jalisco y el Canal de la Av. Galeana, muestra las zonas potenciales de sufrir inundación. Cabe hacer notar que el resultado es solamente indicativo y es susceptible de mejorarse siempre que se cuente con datos de campo para su calibración, tales como niveles y topografía del mismo canal. (Figura 4.2.9.19.).



Figura 4.2.9.19. Zonas de Inundación en la zona urbana

Los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno muestra que las zonas inundables coinciden con los registros históricos: 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 Olimpica 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 Mercedez 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 zonas aisladas del mismo cauce. (Figura 4.2.9.20.).

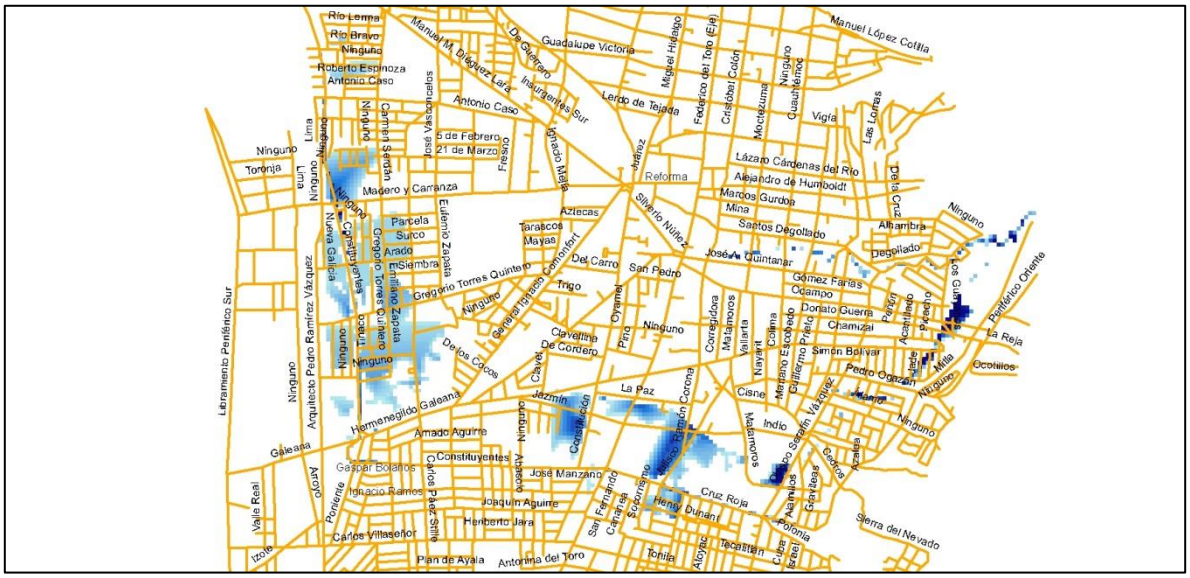


Figura 4.2.9.20. Zonas susceptibles de inundación por canal hidráulico e insuficiencia de capacidad en red de alcantarillado

Posibles zonas de inundación provocadas por los cauces de los arroyos Capulín, Salto de Cristo y Poniente.

Se analizaron el comportamiento hidrológico de los arroyos mencionados con el software Hec-Ras y Hec-GeoRas en régimen estacionario, ya que se trata de cuencas no aforadas. La zona analizada es cercana a la cabecera municipal, específicamente de la coordenada WGS84 UTM Z 13: (658988, 2175752) a (658918, 2180261): (Figura 4.2.9.15.)

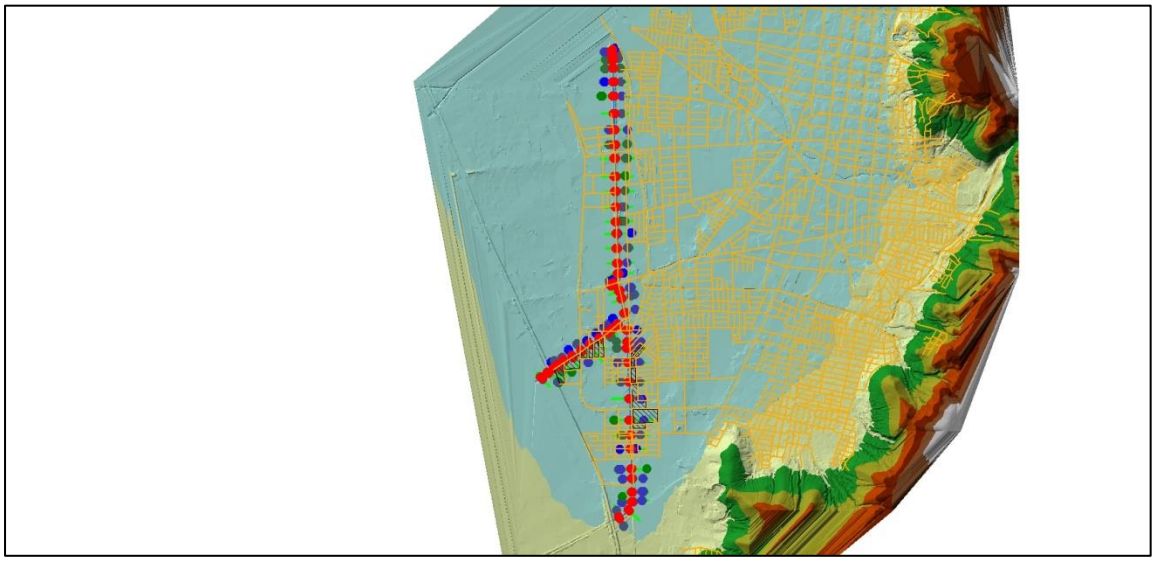
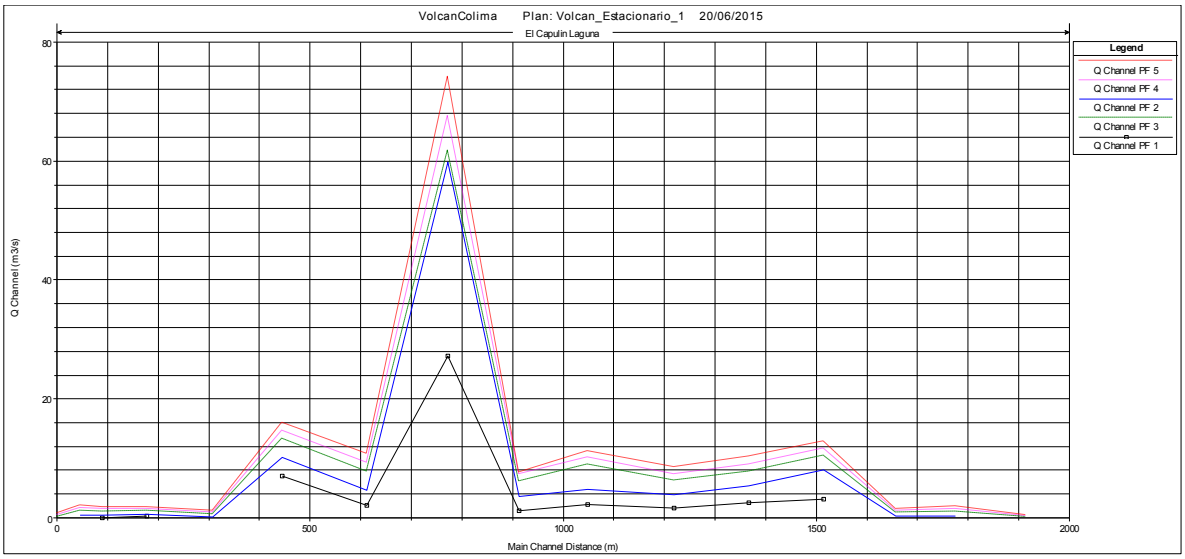


Figura 4.2.9.15. Esquema general de la simulación en HEC-GEORAS

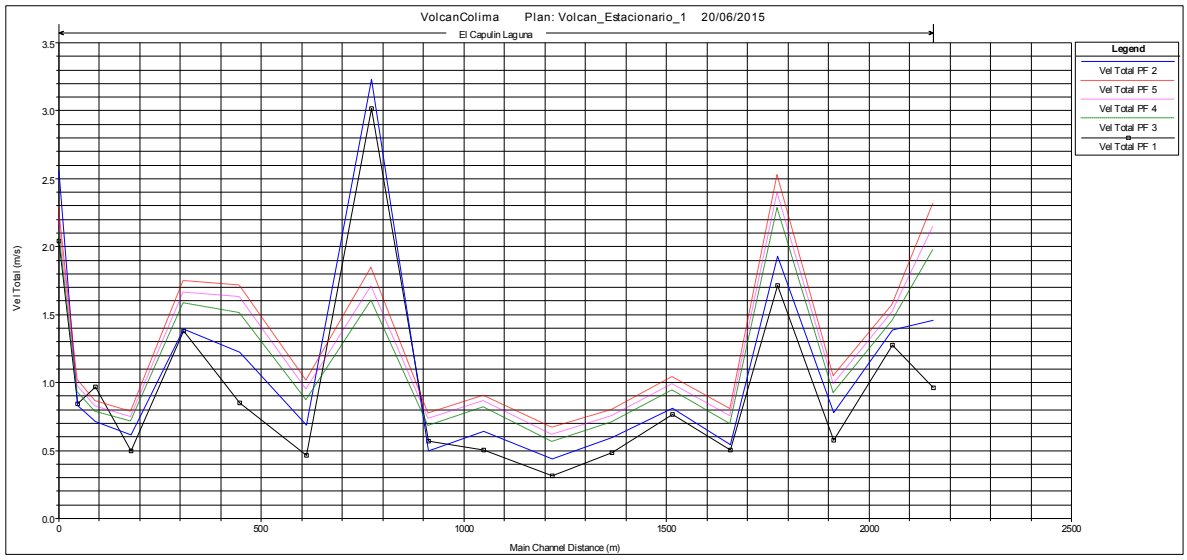
Las condiciones de la simulación y los resultados obtenidos en Hec-Ras, fueran las siguientes. (Tabla 4.2.9.36. y Gráficas 4.2.9.8., 4.2.9.9., 4.2.9.10., 4.2.9.11. y 4.2.9.12.).

Río	Rama	Tr2	Tr10	Tr50	T100	Tr200
El Capulín	Volcán	27.24	61.71	102.64	121.64	141.34
El Capulín	Centro	27.24	61.71	102.64	121.64	141.34
El Capulín	Laguna	27.24	61.71	102.64	121.64	141.34
Poniente		14.01	28.58	44.7	51.95	59.36
Salto de Cristo		17.21	38.43	63.83	75.68	88

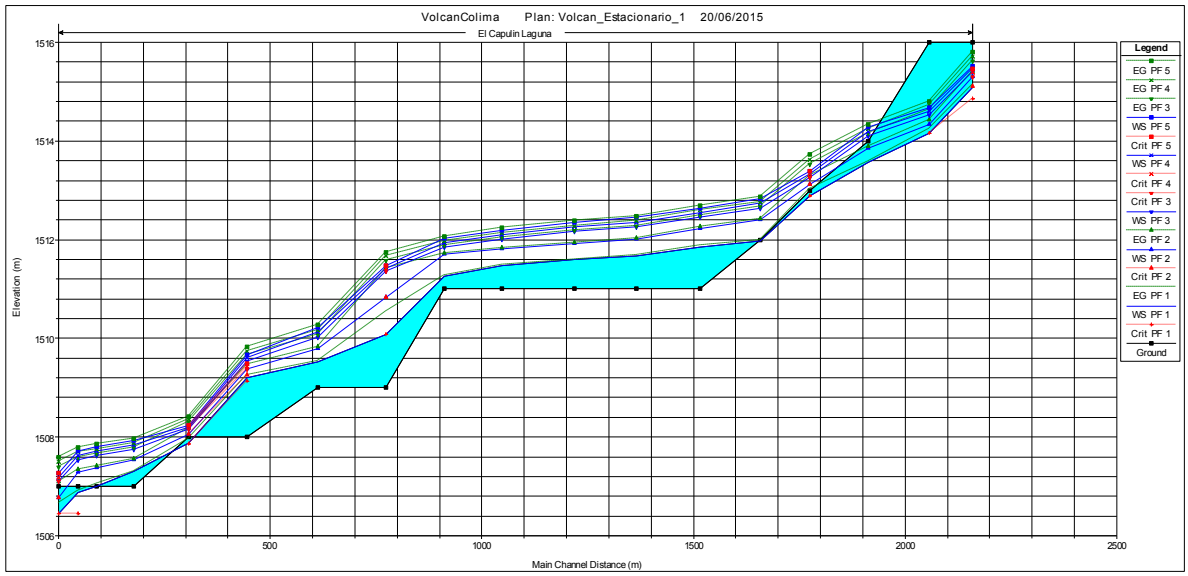
Tabla 4.2.9.36. Caudales pico para simulación en Hec-Ras



Gráfica 4.2.9.8. Caudal pico en Arroyo El Capulín para diferentes Tr

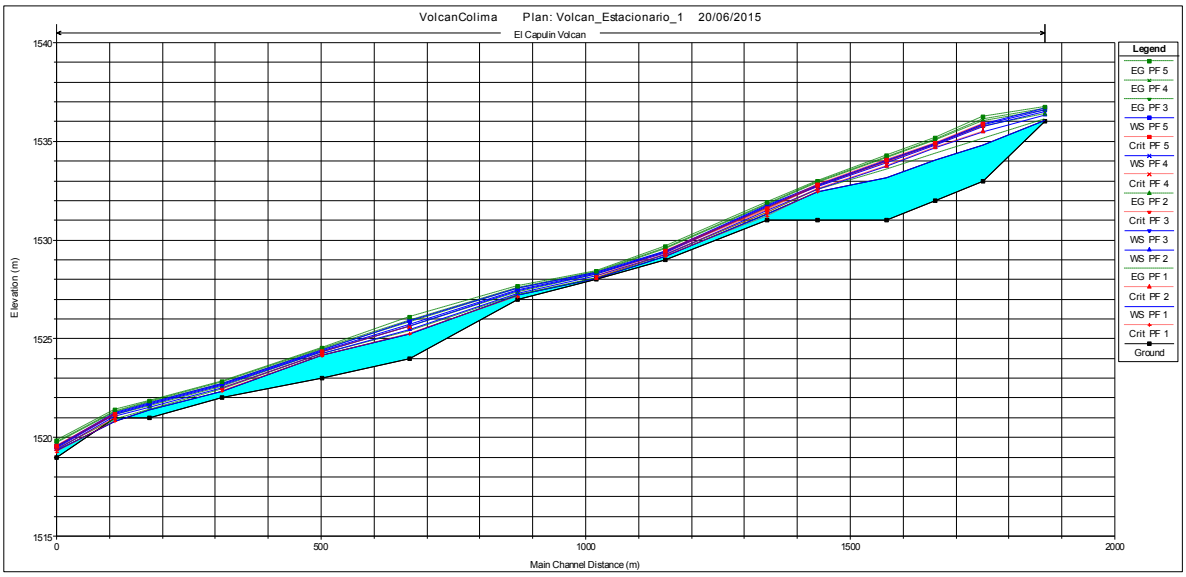


Gráfica 4.2.9.9. Velocidades en Arroyo El Capulín para diferentes Tr.



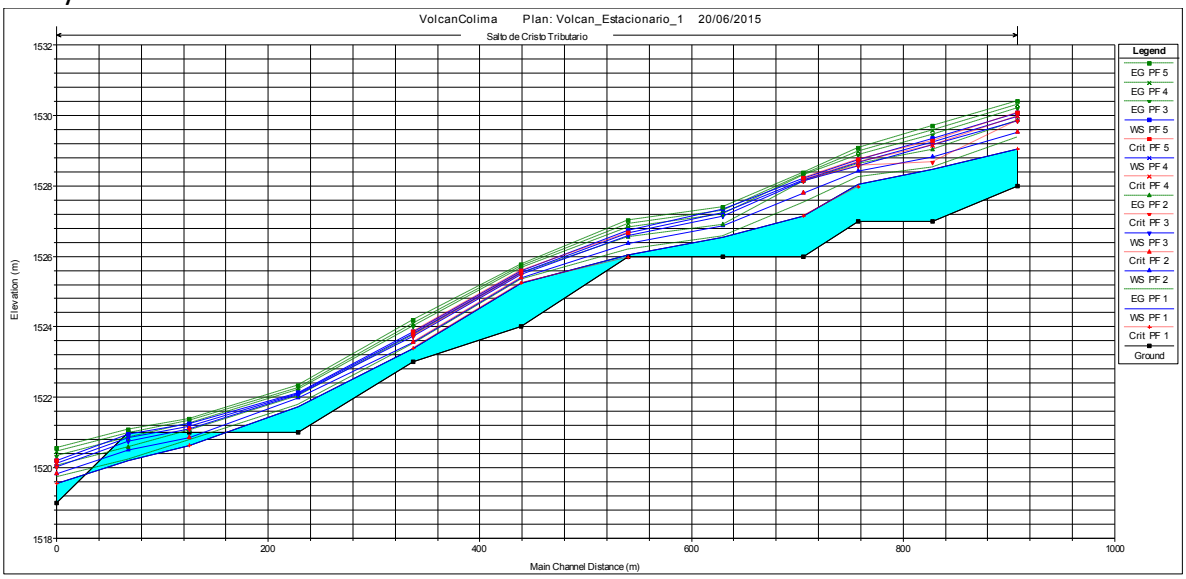
Gráfica 4.2.9.10. Perfiles de superficie de agua arroyo El Capulín-Laguna

Arroyo el Capulín, rama volcán.



Gráfica 4.2.9.11. Elevaciones de agua Arroyo El Capulín, lado Nevado.

Arroyo Salto de Cristo



Gráfica 4.2.9.12. Elevaciones de superficie de agua en Arroyo Salto de Cristo

Una vez modelado se trasladó a HEC-GeoRas, los resultados de posibles inundaciones se muestran en la siguiente imagen, para los diferentes periodos de retorno.(Figuras 4.2.9.22., 4.2.9.23, 4.2.9.24.).



Figura 4.2.9.22. Zonas de inundación Tr 10 años



Figura 4.2.9.23. Zonas de inundación Tr 50 años

Periodo de retorno 100 años



Figura 4.2.9.24. Zonas de inundación Tr 100 años

Bibliografía

- **Allan, J. 1986.** Geology of the Northern Colima and Zacoalco Grabens, SW México: Late Cenozoic Rifting in the Mexican Volcanic Belt. Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 97.

- **Arreola, J.M., 1915**. Catálogo de las erupciones antiguas del Volcán de Colima. *Memorias de la Soc. Antonio Alzate*, tomo, 32: 443-481.

- **ASA, 1982**. Soil erosion and conservation in the tropics. Special publication No. 43. USA.
- **Atkinson, G., 1984**. Simple computation of liquefaction probability for seismic hazard applications. Earthquake Spectra, 1 (1): 107-123.
- **Audemard, A. y De Santis, F., 1991**. Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. Bulletin International Association Engineering Geol., nº 44: 4-16.

- **Bárcena, M., 1887.** Informe sobre el estado actual del volcánde Colima. *Anales del Ministerio de fomento de México*.p. 328-365.

- **Barrera, D. , Gutiérrez, C., Mondragón, J., Pérez, G. Rosas, J. y Zárate, P. 1995.** Estudio geológico y estructural, hidrológico y sísmico de Ciudad Guzmán, Jalisco, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guadalajara.
- **Bodenbender, G., 1894.** El terremoto argentino. Del 27 de octubre de 1894. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba. Tomo XIV: 293-329.
- **Breton, 2002.** Summary of the historical eruptive activity of Volcan de Colima, M.xico 1519-2000. *Journalof Volcanology and Geothermal Research*, V.117, p. 21-46.

- **Bufaliza M. A., 1984.** Atenuación de intensidades sísmicas con la distancia en sismos mexicanos. Tesis de Maestría. División de estudios de posgrado. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería, UNAM.|

- **Cenapred, 1994.-** Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México.

- **Cenapred, 2001.** Inestabiidad de Laderas. Serie Fascículos**.**

- **Cenapred, 2005**- Tsunamis. CENAPRED, Fascículo No. 12.

- **Colegio de postgraduados, 1977**. Manual de conservación del suelo y agua. Chapingo, Méx.

- **Comisión Federal de Electricidad, 1993.-** Manual de diseño de obras Civiles. Diseño por Sismo. Sección C, Tomo 2, Tema 1, Cap. 3.

- **Courboulex, F., S.K. Singh, J. F. Pacheco ands C. J. Ammon,1997.** The 1995 Colima-Jalisco, Mexico, earthquakes (Mw = 8.0): A Study of the ruptura process. Geophys Res. Letter. 24(9): 1019-1022.

- **Corapcioglu, M.Y., 1984.** Land subsidence a state of the art review. Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media. En: Bear and M. Y. Corapcioglu (Ed.), *NATO ASI Series* E.82, Martinus Nijhott Publishers, 369-444

- **Cruz, H. A.G, 1996.-** Evaluación preliminar de los riesgos naturales de Ciudad Guzmán, Jalisco. Universidad de Guadalajara. CUCBA. División de Ciencias Biologicas y Ambientales. Tesis

- **Cuanalo O. y Melgarejo G. 2002.** Inestabilidad de laderas Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebl. Universidad Autónoma de Puebla.

- **Cuanalo O, Oliva A y Flores C. 2005**. Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos de laderas en las Sierras Norte y Nororiental de Puebla, México. *Memorias del VI Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables*. Valencia, España.

- **Cuanalo, O., Oliva, A. y González, C. 2007 .**Estabilidad de laderas. Análisis mediante factores de valuación. *Revista IngeoPress* 164 . 38-44.

- **De La Cruz S., 1993**. The historical eruptive activity of Colima Volcano, Mexico. *Journal Volcanology and Geothermal Research*, v. 55, p. 51-68.

- **Delgado V.M.A. Y Vázquez R.R., 1992**. Sexto Informe Técnico sobre Monitoreo Sísmico del Río Santiago. Inédito. C.F.E.

- **Delgado, M.A., 1994.** Informe Sismotectónico Preliminar P.H. El Cajón, Nayarit; Informe Interno, Inédito. C.F.E.

- **Delgado Vázquez M.A., 1995.** Zonificación Sísmica para la zona urbana de Guadalajara. Tesis. Licenciatura U.N.A.M. Inédito.

- **Delgado, M.A., Sánchez, A. E., Vázquez, R. R., Malagón, M. A. 1997.** Informe del Riesgo Sísmico P.H. Vallarta, Estado de Jalisco. Informe, Interno, Inédito. C.F.E.

- **De Pablo A. 1996.** Ingeniería Ambiental: Contaminación y Soluciones. Editorial Alfaomega. México.
- **Dolfus, A., Monserrat, E., 1867**. *Arcive de la commission scientifique du Mexique Ministere de L.instructionPublique*., tomo III: 7-55

- **Eissler H. Y McNally K., 1984.** Seismicity and tectonics of Rivera Plate and implications for the 1932 Jalisco, Mexico. Earthquake. J. Geophys. Res. Vol. 89, pp 4520-4530.Eissler y Mcnally, 1984.

- **Escobar C., 2001.** La degradación de las laderas urbanas y su relación con la pobreza. *Revista Electrónica Luna Azul* http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

- **Fernández, L. A., A. R. Crumley, 2007**. Estudio del riesgo de licuación para la represa de Río Blanco. Comparación entre metodologías existentes. Geoconsul, Inc.- Geotechnical Engineers, Puerto Rico.
- **Farreras, S. F., and A. J. Sánchez, 1987.** Generation, wave form and local impact of the September 1985 Mexican Tsunami. Science of Tsunami Hazard, 5(1): 3-13.

- **Ferrari L., J. Rosas-Elguera, 1994.** Structure, Kinematis and rate of deformation of the Tepic-Zacoalco Rift, Western, EOS.

- **González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. yOteo, C. 2002.** *Ingeniería Geológica*. Ed. Prentice Hall, Madrid, 715 pp.

- **Galván Ortiz, L. M. 2007 .***Aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) en la detección de sequias históricas en México (1920-2000).* Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.

- **García J.F., Fuentes M.O., Matías R.L.G. 2014.** *Sequías.* México: CENAPRED.
- Organización meteorológica mundial (2012) *Índice Normalizado de Precipitación, Guía del usuario.* Ginebra, Suiza.

- **Guanca, A.V**. **2010** "Determinación de la Erosión Hídrica de los suelos de la Cuenca del Rio Pilcomayo- Salta"

- **Gutiérrez, Martínez, C. A. 2014.-** Análisis cuantitativo de eventos sísmicos registrados en Ciudad Guzmán, Jalisco con fines de evaluación de efecto de sitio. Instituto de Geofísica. Sismología y Física del Interior de la Tierra.

- **Guzmán R. A, C., 2013.** Estudio Geofísico a lo largo de la traza de falla geológica que afecta a Ciudad Guzmán, Municipio de Zapotlán el Grande, estado de Jalisco. Unidad estatal de protección civil y Bomberos, Comandancia Regional de Ciudad Guzmán.
- **Guzmán, A, C, 2013.** Estudio geofísico a lo largo del trazo de la falla geológica que afecta a Ciudad Guzmán Municipio de Zapotlán el Grande, Estado de Jalisco. Exploraciones Geofísicas. Guadalajara, Jalisco
- **Hernández C.M.E., Azpra R.E., Carrasco A.G., Delgado D. O., Villicaña C. F. 2001.** *Los Ciclones tropicales de México I.6.1.* México: Plaza y Veldez.

- **Herrera Alanís José L., 2012.** *Análisis de las Olas de Calor en la República Mexicana.* Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.

- **Herrera G., Tomás, R., López-Sánchez, J.M., Delgado, J., Mallorequí, J.J., Duque, S. y Mulas, J. 2007.** Advanced DInSAR analysis on mining areas: La Union case study (Murcia, SE Spain). *Engineering Geology*, 90, 148-159.

- **Hungr O., J. Corominas and E. Eberhardt 2001.** Estimating landslide motion mechanism, travel distance and velocity

- **Ibáñez Rosales, A. 2011.** *Análisis Estadístico de Valores Extremos y Aplicaciones.* Trabajo de Investigación. Universidad de Granada. Granada. España.

- **IIEG, 2015.** Geomorfología del municipio de Zapotlán El Grande, Jalisco, Méx.
- **INPRES 1993.** La verdadera dimensión del problema sísmico en la provincia de San Juan. Publicación Técnica Nº 18, 46 pp. San Juan. La Unión (1894).Diario de la tarde. San Juan. Año XVI, Nros. 2 al 20 de noviembre de 1894.
- **Jiménez E, M.M., Ramírez .L.G., García J., F., Vázquez C.M.T., Mendoza E.D.R., Renner, S. 2006.** Capítulo III en *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Hidrometeorológicos.* MEXICO: CENAPRED.

- **Jiménez E.M.M., Ramírez, L.G., Fuentes M.O., Prieto G.R. 2014** (versión electrónica) *Ciclones Tropicales.* México: CENAPRED.

- **Koseki, Junichi. Matsuo, Osamu.1997.** Third Asian Young Geotechnical Engineers Conference 1997. Institute of Industrial Science, University of Tokio and Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan

- **Lazcano, D, del C., S., 2013.** Estudio de escalonamiento en el terreno a lo largo de un trazo. Unidad estatal de protección civil y Bomberos, Comandancia Regional de Ciudad Guzmán.

- **Lazcano Días del Castillo Salvador, 2013**. Estudio del escalonamiento del terreno a lo largo de un Trazo. SUELO-ESTRUCTURA. Consultoria Geotécnica y Sismica.

- **Leopold, L.B. Wolman, M.G. and Miller J.P. 1964.** Fluvial Processes in Geomorphology. 522 p
- **Lobeck, A.K. 1939.** Geomorphology. McGraw-Hill, 731 p
- **Luhr, J.F. and Carmichael, I.S.E., 1990.** Geology of Volcán de Colima Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geología. Boletin 107*. Mexico DF.

- **Macías, J. L. 2005.** Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Departamento de Vulcanología. Instituto de Geofísica. UNAM.

- **Macías, J. L. y Capra, L. 2005.-** Los volcanes y sus peligros: Situación actual en México y Latinoamérica. Fondo de Cultura Económica, 132 p.

- **Maciel, R., 1994.** Estudio Geológico en apoyo al ordenamiento ecológico de la cuenca de la Laguna de Zapotlán, UDG. México.

- **Malagón M. A., 2004.-** Catálogo de sismos Instrumentales ocurridos en el estado de Jalisco. Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara.

- **Malagón M. A.,2004.-** Catálogo de sismos históricos ocurridos en el estado de Jalisco. Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara.

- **Malagón M. A. y Lopez, E., 2006**.- Ley de atenuación de Intensidades sísmicas con la distancia para sismos ocurridos en el estado de Jalisco. Instituto de Ingeniería sísmica. Universidad de Guadalajara.

- **Malagón, M. A., 2009**.- Estimación del Peligro sísmico para el Atlas de Riesgos del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit. Instituto de Ingeniería Sísmica. Universidad de Guadalajara.

- **Manteca, J. I. y Ovejero, G. 1992.** Los yacimientos Zn, Pb, Ag - Fe del distrito minero de La Unión - Cartagena, Bética Oriental. Recursos Minerales en España, ed.). *CSIC*, 5: 1085-1102.

- **Mendez, Matias. V. 2010.** Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. En *Journal Of Climate*, Vol. 23. Recuperado el 10/05/2015, Disponible en: http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2009JCLI3080.1

- **Matías R.L.G. y Fuentes M.O.A., García J.F.2001**. *Heladas.* México: CENAPRED.

- **Matías Ramírez, L.G.2014.** *Actualización del índice de riesgo por ondas de calor en México.* México: CENAPRED.

- **Martín Del Pozzo, A. L., Romero, V. H. Ruiz – Kitcher. R. E.,1987**. Los flujos piroclásticos del Volc.n de Colima. México, *Geofísica Internacional*, 26-2: 291-307.

- **Martín Del Pozzo, A. L., Sheridan, M.F. and Barrera, D., Hubp,**
- **J.L. Vázquez, L., 1995.** Mapa de peligros, Volcán de Colima. *Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México*, México DF.

- **Montiel González Y, Loaiza C y Gouveia E. 2008**. Inestabilidad de laderas en el barrio Cerros de Marín, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Terra Nueva Etapa*. Vol. 24, julio-diciembre (2008).
- **Mosiño P.A., García E. 1968.** *Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana.* Instituto de Geografía (UNAM), Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

- **Naranjo Toledo Raúl. 2011.** *Análisis regional de frecuencia mediante el método de los l-momentos En las regiones de Valparaíso y metropolitana para la generación de Cartografía probabilística de sequía meteorológica.* Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

- **Navarro, C., A. Cortés, A., y A. Téllez, 2003.** *Mapa de peligros del Volcán de Fuego de Colima*. Universidad de Colima, México.

- **Nishio, N. 1994.** Journal of Pressure Vessel Technology. Damage Ratio Prediction for Buried Pipelines on the Deformability of Pipelines and the Nonuniformity of Ground. Vol. 116. Tokyo, Japan.

- **Nishio, N. 1997.** Earthquake Eng., JSCE, Vol 14, No 1. Mechanism of Pipeline Failures Caused by Soil Liquefaction During The Nihonkai-Chubu Earthquake. Japan Society of Civil Engineers.

- **Nuñez-Cornu, F. y M. Rutz 2004.-** Sismotectónica del Norte y Oeste del Bloque de Jalisco usando datos sísmicos regionales. Centro de sismología y vulcanología de Occidente. Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

- **Nuñez, Cornú , F, J. 2011.** Peligro sísmico en el Bloque de Jalisco, México. Centro de Sismología y Vulcanismo de Occidente, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco.

- **Nuñez, Cornú F.J., Suárez, P. C., Escalona A. F., Rutz,L. M., Díaz T. J., Elizalde T. K., 2005.** Atlas de Riesgos. Primera Fase, Modulo II. Ayuntamiento Constitucional de Zapotlán el Grande
- **Obermeier, S., 1994.** Using liquefaction-induced features for paleoseismic analysis. En: Using ground-failure features for paleoseismic analysis (Ed. Obermeier, S. y Jibson, W.) Geological Survey Open-File Report, 94-633: A1-A98.
  -Youtube, Wikipedia.
- **Okal E. A., Borrero J. C., 2011.** The tsunami eathquake of 22 June 1932 in Manzanillo, México: seismological study and tsunami simulations, Geophys, J. Int. 187, 1443-1459.

- **Ortiz, S.G., 1994**. La zona volcánica "Colima" del Estado de Jalisco. *Monografía del Instituto de Geografía de la Universidad de Guadalajara*, 44 p.

- **Pacheco J., Singh, S.K., Domínguez, J., Hurtado, A., Quintanar, L., Jiménez,Z., Yamammoto, J., Gutiérrez, C., Santoyo, M., Guzmán, M.,Kostoglodov, V., Reyes, G. and Ramírez, C., 1997.** The october 9,1995 Colima-Jalisco, earthquake (Mw 8): An aftershock study and acomparison of this earthquake with those of 1932, Geophys. Res. Lett., 24, 2223-2226.

- **Peligro Sísmico Mexicano, 2004**. Sistema de Información Geográfica, para obtener el Peligro Sísmico de México. Patrocinado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, noviembre, 2004.

- **Prieto G.R., Avendaño G.M.A., Matías R.L.G., Eslava M.H., 2014.**)*Tormentas Severas.* México. CENAPRED.METED COMET, (2014) El GLM del GOES-R: introducción al sensor de rayos geoestacionario. Consultado 02/06/2015.

- **Prokopovich, N.P. 1979.** Genetic classification on land subsidence. En: Saxena, S.K. (ed.). Evaluation and prediction of subsidence. *Proc. of the Int. Conf.*, Pensacola Beach, Florida, January 1978, Am. Soc. Civil Eng., New York, 389-399.

- **Raymundo V. G.** "Uso de SIG para el diagnóstico integral de cuencas hidrológicas" Universidad de Guadalajara, 2013.

- **Rentería G.S.A., Martínez A.J., Sanz R.R., 2015.** *Reclasificación de huracanes en Sinaloa, México, por vientos y Precipitación asociada al riesgo por inundaciones,* Revista Digital Tlaloc, No. 67, abril-junio del 2015.

- **Reyes Chávez, L. 2001.** *Análisis Regional de sequias.* Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México.

- **Reyes, G. V., Monzalvo, H.,J., Dominguez, G. J., 2006.**-.Estudios Sismotectónicos del P.H. La Yesca. Inédito, CFE

- **Rodríguez-Elizarraraga, S.R., Siebe, C., Komorowski, J.C., Esp.ndola, J.M., and Saucedo, R., 1991.** Field observa-tion of pristine block-and-ash-flow deposits emplaced April 16-17, 1991 at Volc.n de Colima, M.xico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 48:399-412.

- **Rodriguez-Estella, T., Manteca, J. L. y García, C. 2000.** Subsidencia minera, en relación con sismotectónica, en La Unión (Murcia). *Geotemas* 1, 150-153.

- **Rosas J., Nieto J. AND Urrutia J., 1993**. Ambiente estructural en la frontera norte del Bloque Jalisco, in: Delgado L., and Barajas M., eds. Contribuciones a la tectónica del Occidente de México; Unión Geofísica Mexicana. Vol.1,p 175-192.

- **Rosenblueth, E., y M. Ordaz, 1987.** Use of seismic data from similar regions. Earthq. Engnrng Dyn., 15, 619-634.

- **Rosengaus M.M., Jiménez E.M., Vázquez C.M.T. 2002**. *Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México.* México: CENAPRED.

- **Rutz, L. M. 2004.** Microsismicidad del noroeste del Bloque de Jalisco (México). Aplicación a la Sismotectónica y Peligrosidad Sísmica de la Zona. Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada (España). Universidad de Guadalajara (México).

- **Sánchez-Devora, A. J., 1980.** Tsunamis en la costa occidental de México. Tesis de maestría, CICESE, Ensenada, México.

- **Sánchez, A. J., and S. F. Farreras, 1988.** Tsunami threat to the mexican Pacific Ocean coast-Summary, Proc. 1987. Intern. Tsunami Symp., I.U.G.G., E. N. Bernard (ed), NOAWMEL, Seattle, WA. : 215-219.

- **Sánchez Devora, A. J., y S. F. Farreraz Sanz, 1993**: Catálogo de Tsunamis (Maremotos) en la Costa Occidental de México. World Data Center A for Solid Earth Geophysics Publication SE 50.

- **Sánchez D., A. J., S. F., Ferreras S. 1993**. Catálogo de Tsunamis (Maremotos) en la Costa Occidental de México (Catalog of tsunamis on the Western coast of Mexico) Worl Data Center A Pub. SE-50, U.S. Dept. of Commerce, Boulkder. Co, 79.

- **Santana, T. E., 2002**.- Geología del Complejo Volcánico San Miguel, al Sur Poniente de la Cuenca de México, Tesis de Licenciatura UNAM, 40 p.

- **Sartorious, C., 1869**. Eruption of the volcano of Colima in June 1869. *Smithsonian Report*, pp. 423.

- **Saucedo, G.R., 1997**. Reconstrucción de la erupción de 1913 del volcán de Colima: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, *Tesis de Maestría*, 185p.

- **Saucedo, R., Macias, J.L., Bursik, M.I., Mora, J.C., Gavilanes,J.C., Cort.s, A., 2002.** Emplacement of pyroclastic flows during the 1998-1999 eruption of Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*,V. 177, p. 129-153.

- **Scott, R.F. (1979).** Subsidence – A review. En: Saxena, S.K. (ed.). Evaluation and prediction of subsi-dence. *Proc. of the Int. Conf*., Pensacola Beach, Florida, January 1978, Am. Soc. Civil Eng., New York, 1-25

- **SEMARNAT, 2007**. Gaceta ecológica "La conservación de suelos: un asunto de interés público" Cotler *et al.* Distrito federal, México. (83)
- **Servicio Geológico Mexicano, 2007.** Visita de inspección a zonas de riesgo geológico en Cd. Guzmán, Municipio de Zapotlán el Grande, Estado de Jalisco.

- **Servicio Sismológico Nacional, 2015.** *Sismicidad ocurrida en el territorio nacional en el periodo 1900-2015,* Instituto de Geofísica UNAM, México.

- **Sheridan, M.F., Macías, J.L., 1995.** Estimation of risk probability for gravity-driven pyroclastic .ows at Volcan Colima, M.xico. *Journal of Volcanology and Geothermal*
- *Research*, 66, 251-256.

- **Singh, S.K., Ponce, L. and Nishenko, S.P.** 1985. "The great Jalisco,Mexico, earthquakes of 1932: subduction of the Rivera plate. *Bull.Seismol. Soc. Am.* Vol. 75, 1985, pp 1301-1313.

- **Singh, S. K., M. Rodríguez and J. M. Spindola, 1988.** A catalog of shallow earthquakes of Mexico, 1900-1981. Bull. Seismol. Soc. Am. 74 ,, 267-279.

- **Singh S.K. V. Kostoglodov, . F. Pacheco 2000.** Interslab earthquakes in the subducting oceanic plates below Mexico. GEOS Vol. 20, No. 3, p. 347.

- **Skinner, B.J. & Porter, S.C., 1992.** The Dynamic Earth: an introduction to physical
- Geology, II edition, John Wiley & Sons, Inc. New York. 570 p.p.

- **Snyder R.L., De Melo-A.J.P., 2010.** *Protección contra las Heladas: Fundamentos, Práctica y Economía, Volumen 2.* ROMA: FAO.

- **Suárez Plascencia, C., y Martín del Pozzo, A.L., 1989.** Volcanic Risk at Colima Volcano: Economic and Geographic Aspects. Continental Magmastidm Abstracts. IAVCEI Bull. 131:260.

- **Thorpe, R. S., Gibson, I. L., and Vizca.no. J. S., 1977**. Andesitic pyroclastic flows from Colima Volc.n o: *Nature*, v. 265,p. 724-725.

- **Tomás, R. 2009.** *Estudio de la ciudad de Murcia mediante Interferometría SAR diferencial avanzada*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. 480 pp.

- ***Tomás, R., Herrera G., Delgado, J., y Peña, F. , 2009.*** *Subsidencia del terreno*

- **Topete P. Á.** Artículos científicos "Diagnostico de una microcuenca" Universidad de Guadalajara, 2013.
- **Torres-Sánchez, H. 2010** ¿Qué Rayos Sabemos? En REV. ACAD. COLOMB. CIENC.: Volumen XXXIV, Número 131-junio de 2010. Recuperado 31/07/2015. Disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/131/193-208.pdf
- NMX-J-549-ANCE-2005, (2005) *Sistema de Protección contra tormentas eléctricas - Especificaciones, materiales, métodos de medición.* ANCE, A.C. D.F. MÉXICO.

- **Twiss, J. R. and Moores, M. E. 1992**.- Structural Geology. Ed. W. H. Freeman. First Edition.

- **USGS,2009.** ISOLS- *Internacional Survey on Land Subsidence.* Base de datos de ejemplos de subsidencia en el mundo: http://isols.usgs.gov_

- **Valiente Óscar M. 2001** Sequia: definiciones, tipología y métodos de cuantificación. En *Investigaciones Geográficas (Esp) julio-diciembre, num. 26,* Universidad de Alicante, Alicante, España.

- **Varnes, D. J. 1978.** Slope movement types and processes. In: *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.

- **Vélez, A. 1992.** Degradación del Medio Ambiente. Omega Ediciones. España
- **Vélez, F. F., A. Meléndez y H. García 2007.** Algunas consideraciones política agropecuaria. Universidad Iberoamericana, México.
- **Vizcaíno, J. Crónicas de Zapotlán de 1543 a 1985**. Historia de los temblores. Archivo Municipal de Ciudad Guzmán, 1985.

- **Vizcaino,J. 1991.** Semblanzas del Volcán " El Colima". Archivo Municipal. Cd. Guzmán, Jalisco.

- **Waitz, P., 1915**. El estado actual de los volcán es de México y la última erupción del Volcán de Colima (1913). *Revista Volcanológica*; 259-268.

- **Yagi, Y, T Mikumo, J Pacheco y G Reyes, 2004.** Source rupture process of Tecomán, Colima, México earthquake of January 22, 2003, determined by joint inversion of teleseismic body-wave and near-source data. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 5,pp. 1795-1807.

- **Zárate P., y A. Martínez, 1993.-** La geología aplicada a los riesgos naturales y antropogénicos como antecedente en un ordenamiento territorial. Universidad de Guadalajara, Centro de Ciencias de la Tierra.

- **Zúñiga, R. and M. Guzmán 1994.** Main seismogenic source zones in Mexico. Technical Report, Seismic Hazard Proyect, IPGH.

Fuentes electrónicas:

Caracterización de las cuencas, 2015.
www.chapingo.mx/irrigación/planest/documentos/.../CUENCAS.pdf

SEMARNAT, 2007. Gaceta ecológica "La conservación de suelos: un asunto de interés público" Cotler *et al* http :// redalyc.org/articulo.oa?id=53908302

Recuperada el 12/07/2015 Disponible en: http://usuario.cicese.mx/~sreyes/LIBRO%20METEOROLOGIA/Meteo7.pdf.Comet Meted *Ondas tropicales del Este.* Recuperada el 10 de julio del 2015. Disponible en: https://www.meted.ucar.edu/training_module.php?id=1120#.VemnmPZ_Oko. CRESPO PICHARDO, Guillermo (S. F) *Comparación de dos metodologías para el cálculo del índice de severidad de sequía para doce reservas de la biosfera mexicana.* Colegio de Posgraduados, Texcoco, México. Recuperado 12/05/2015. Disponible en: http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/crespo becamab.pdf

HERNÁNDEZ CERDA, María Engracia, TORRES TAPIA Laura Angélica, VALDEZ MADERO Gonzalo ( ) *Sequía Meteorológica.* Recuperado el 29/04/2015, Disponible en: www.atmosfera.unam.mx/cclimat/publicaciones/cambio.../**sequia**.pdf

Índice de Figuras, Fotografías, Gráficas, Mapas y Tablas

Figuras

Figura 4.1.1.1. Esquema de los tipos de fallas (Fuente: Twiss y Moores, 1992).....IV-4
Figura 4.1.2.1.1. Placas tectónicas que interactúan en territorio mexicano (Fuente Ritz, 2004).IV-21
Figura 4.1.2.1.2. Máximas intensidades sísmicas originadas en el Municipio de Zapotlán por tres sismos, 1875, 1911 y 1995. (Fuente: Delgado, 1992). IV-22
Figura 4.1.2.1.3. Mapa sismotectónico de la costa del Bloque Jalisco, zonas de rupturas de los grandes terremotos y brechas (gaps) sísmicos existentes (Fuente: Nuñez-Cornú, 2011).....IV-23
Figura 4.1.2.4.1.1. Regionalización Sísmica de México (Fuente: CFE, 1993). IV-36
Figura 4.1.2.4.3.1. Mapa Global de Intensidades. (Fuente: http://www.seismo.ethz.ch/).....IV-40

Figura 4.1.2.4.4.1. Aceleraciones máximas de México (Fuente: PSM 2004). IV-42
Figura 4.1.2.4.5.1. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones del 0.15 % g o mayores (Fuente: CFE, 2004). La escala del lado derecho tiene valores en años. IV-43
Figura 4.1.2.5.1. Corte esquemático del subsuelo en Ciudad Guzmán, Jal. Y posible explicación del escalonamiento del terreno superficial. (Fuente: Lazcano, 2013).....IV-52
Figura 4.1.3.1. Esquema de generación y propagación de un tsunami (Fuente: Ferraras *et al*., 2005). IV-56
Figura 4.1.3.2. Zonas costeras susceptibles de afectación por tsunamis (Fuente: CENAPRED, 2005). IV-57
Figura 4.1.4.1. Localización del Eje Volcánico Transmexicano (superior) y Volcán de Colima (inferior) (Fuente: Saucedo, *et al*., 2004).....IV-60
Figura 4.1.4.1.1. Localización de los principales volcanes de México (Fuente: Macías, 2005). .IV-61
Figura 4.1.4.1.2. Esquema de la porción oeste de de la CVTM. Las estructuras volcánicas son: 1) San Juan, 2) Sanganguey, 3) Tepetiltic, 4) Ceboruco 5) Tequila, 6) Caldera de la Primavera, Complejo Volcánico, Cantaros, 8) Nevado de Colima, 9) Volcán de Colima. Las abreviaciones son: RTZ-rift Tepic-Zacoalco, GCH-graben de Chápala, GCi graben de Cítala y TM- Trinchera Mesoamericana (línea discontinua). Las líneas delgadas representan fracturas. (Fuente: Macias, 2005). IV-62
Figura 4.1.5.1. Factores que indican deslizamientos. Una topografía accidentada, con manantiales, árboles inclinados o curvos y desprendimientos localizados, caracterizan terrenos donde hay arrastre del suelo (Fuente: Cruz, 1996).....IV-74
Figura 4.1.7.1. Flujo de avalancha de detritos (Fuente: Skinner & Porter, 1992). IV-87
Figura 4.1.7.8.1. Caídos o derrumbes (http://rouseelcabrera.blogspot.mx/p/semana-7.html)IV-93
Figura 4.1.8.1. Hundimiento en Fosa tectónica o Graben (Fuente: Lazcano, 2013). IV-97
Figura 4.2.1.1. Temperatura del océano pacífico para abril (Fuente: NOAA, 2015). IV-139
Figura 4.2.1.2. Temperatura del océano pacífico para junio (Fuente NOAA, 2015).....IV-139
Figura 4.2.1.3. Trayectoria registrada más antigua de huracán incidente en Zapotlán el Grande (Fuente NOAA, 2015). IV-142
Figura 4.2.1.4 Trayectoria de Bridget (14-20 junio de 1971) (Fuente: NOAA 2015).....IV-143
Figura 4.2.1.5. Trayectoria de "Aletta" (28-29 mayo, 1974) (Fuente: NOAA 2015). IV-144
Figura 4.2.1.6. Trayectoria de "Eleonor"" (10 al 12 de julio de 1975). (Fuente: NOAA 2015) .IV-145
Figura 4.2.1.7. Trayectoria de "Virgil" (1 al 5 de octubre de 1992) (Fuente: NOAA 2005).....IV-145
Figura 4.2.1.8. Trayectoria de "Winnifred" (06-10 de Octubre de 1992). Fuente: NOAA.....IV-147
Figura 4.2.1.9. Huracán "Boris" (27 junio-01 julio, 1996). (Fuente: NOAA 2015).....IV-148
Figura 4.2.1.10. Trayectoria huracán "Boris".(Fuente: SMN 2015).....IV-149
Figura 4.2.1.11. Trayectoria Huracan “Pauline” Categoría IV (05 - 10 octubre 1997).(Fuente: NOAA 2015).....IV-151
Figura 4.2.1.12. Trayectoria tormenta tropical "Julio" IV-152
Figura 4.2.1.13. Huracán “Olaf”, categoría I (3 al 8 de octubre del 2003). (Fuente NOAA 2015)IV-153
Figura 4.2.1.14. Trayectoria huracán “Olaf”. (Fuente NOAA 2015).....IV-154
Figura 4.2.1.15. Trayectoria tormenta tropical "Dora".....IV-155
Figura 4.2.1.16. Trayectoria tormenta tropical “Norman”. (Fuente NOAA 2015).....IV-157
Figura 4.2.1.17. Imagen de satélite de huracán “Jova” entrando en tierra en Jalisco. (Fuente SMN 2015).....IV-158
Figura 4.2.1.18. Trayectoria del huracán "Jova".(Fuente: NOAA, 2015) IV-159
Figura 4.2.1.19. Trayectoria de huracán "Manuel" (13-19 de septiembre del 2013). (Fuente NOAA, 2015).....IV-162

Figura 4.2.1.20. Imagen satelital de "Manuel" en el Pacífico e "Ingrid" en el Atlántico. IV-162
Figura 4.2.2.1. Imagen de ondas tropicales. (Fuente: SMN 2015).....IV-164
Figura 4.2.4.1. Cristal de agua, unidad de un copo de nieve. Fuente: imagen tomada de internet.....IV-170
Figura 4.2.4.2 Imagen tomada en enero del 2014. (Fuente: Milenio Diario). IV-171
Figura 4.2.5.1. Estructura eléctrica de una nube de tormenta.....IV-172
Figura 4.2.5.2. Descarga de retorno en una tormenta eléctrica IV-173
Figura 4.2.6.1. Índice de severidad de la sequía, modelo CCC (Canadian Climate Center).....IV-178
Figura 4.2.6.2. Mapa de grados de sequía. (Fuente: Elaboración propia, 2015).....IV-179
Figura 4.2.6.3. Condición muy húmeda y húmeda para el municipio de Zapotlán el Grande para el año 2013-2014. (Fuente: SMN, 2015). IV-193
Figura 4.2.8.1. Circulación del viento a nivel planetario. (Fuente //www.meted.ucar.edu/) ..IV-204
Figura 4.2.8.2. Ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas en el municipio de Zapotlán el Grande.....IV-205
Figura 4.2.9.1. Arroyos sin nombre, descienden del Nevado de Colima.....IV-227
Figura 4.2.9.2. Cuencas de Arroyos El Capulín, Salto de Cristo y Piedra Ancha IV-227
Figura 4.2.9.3. Polígonos de Thiessen.....IV-228
Figura 4.2.9.4. Cuenca de arroyos que inciden en la zona urbana de Zapotlán el Grande IV-232
Figura 4.2.9.5. Red de colectores, canales y escurrimientos.....IV-244
Figura . 4.2.9.6. Cuencas urbanas.....IV-245
Figura 4.2.9.7. Red de Colectores de Zapotlán el Grande IV-247
Figura 4.2.9.8. Canal Rectangular. IV-248
Figura 4.2.9.9. Canal Trapezoidal.....IV-249
Figura 4.2.9.10. Lámina de agua calle Mirlo IV-250
Figura 4.2.9.11. Calle Ignacio Allende-Darío Vargas IV-251
Figura 4.2.9.12. Perfil de la lámina de agua: Apolo-López Cotilla IV-253
Figura 4.2.9.13. Perfil de lámina de agua: Contreras Medellín-Canal Galeana IV-254
Figura 4.2.9.14. Canal Jalisco y puntos de análisis.....IV-255
Figura 4.2.9.15. Perfil de lámina de agua: Serafín Vázquez-Canal. IV-255
Figura 4.2.9.16. Perfil de lámina de agua en calle Leona Vicario IV-256
Figura 4.2.9.17. Perfil de lámina de agua en colector trapezoidal Tr 10 años. IV-260
Figura 4.2.9.18. Lámina de agua en canal trapezoidal Tr 50 años.....IV-260
Figura 4.2.9.19. Zonas de Inundación en la zona urbana IV-261
Figura 4.2.9.20. Zonas susceptibles de inundación por canal hidráulico e insuficiencia de capacidad en red de alcantarillado IV-262
Figura 4.2.9.15. Esquema general de la simulación en HEC-GEORAS IV-262
Figura 4.2.9.22. Zonas de inundación Tr 10 años IV-266
Figura 4.2.9.23. Zonas de inundación Tr 50 años IV-266
Figura 4.2.9.24. Zonas de inundación Tr 100 años IV-267

Fotografías

Fotografía 4.1.1.2.1. Fallas en el área de estudio. Con línea continua se muestra una falla normal con bloque caído. Con línea punteada se muestra la traza de falla cubiertas por sedimentos y cuya traza no fue observada (Fuente: Nuñez-Cornú, 2005).....IV-8
Fotografía 4.1.1.3.1. Zona de cultivo afectada por fracturamiento (Fuente: SGM, 2007). IV-11

Fotografía 4.1.1.3.2. Fracturamiento tapado por zona de cultivo (Fuente: IIEG, 2015).....IV-11
Fotografía 4.1.1.3.3. Evidencia actual en la zona de agrietamiento (Fuente: IIEG, 2015).....IV-12
Fotografía 4.1.1.3.4. Traza de antigua grieta (fractura geológica) que se abrió antes de 1995. (Fuente: IIEG, 2015).....IV-13
Fotografía 4.1.1.4.1. Daños en banquetas y casas-habitación (Fuente: IIEG, 2015). IV-15
Fotografía 4.1.1.4.2. Daños en vialidades por fallamiento generando desplazamientos hasta de 50 cm (Fuente: IIEG, 2015).....IV-15
Fotografía 4.1.1.4.3. Daños en vialidades por falla y reparadas constantemente (Fuente: IIEG, 2015). IV-16
Fotografía 4.1.2.5.1.1. Desplazamiento aprox. de 1 m, en la Calle Vicente Guerrero (Fuente: IIEG, 2015).....IV-54
Fotografía 4.1.7.8.1. Arroyo desarrollado a lo largo de una falla normal (Fuente Nuñez-Cornú *et al*., 2005). IV-94
Fotografía 4.1.7.8.2. Bloque caído y estación sísmica de monitoreo (Fuente: IIEG, 2015).....IV-95
Fotografía 4.1.7.8.3. Otro ángulo de bloque caído (Fuente: IIEG, 2015). IV-95
Fotografía 4.1.8.2.1. Afectaciones a viviendas por hundimientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015).....IV-101
Fotografía 4.1.8.2.2. Daños en casa-habitación observados (Fuente: IIEG, 2015).....IV-103
Fotografía 4.1.9.3.1. Erosión en cárcava influenciada directamente por el alto grado de pendiente sobre suelo con estructura desfavorable, en la cual aumenta de la profundidad de disección y el área afectación. (Fuente: IIEG, 2015) IV-124
Fotografía 4.1.9.5.1. Arroyuelo el cual representa una vía potencial para el transporte de los geomateriales. (Fuente: IIEG 2015).....IV-127
Fotografía 4.1.9.5.2. Área de transporte de rocas de gran tamaño localizada sobre la parte alta de la cuenca, donde la capacidad es mayor. (Fuente: IIEG, 2015).....IV-128
Fotografía 4.1.9.6.1. Área de recepción de los geomateriales transportados por los escurrimientos superficiales, en una zona con poco grado de pendiente. (Fuente IIEG, 2015).IV-131
Fotografía 4.1.9.6.2. Área de recepción de geomateriales, que provoca el asolve de una línea de drenaje transformando su condición. (Fuente: IIEG, 2015).....IV-132

Gráficas

Gráfica 4.1.9.1.1. Porcentajes de la intensidad de tipos de erosión hídrica en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de Imágenes Landsat, 2015). IV-108
Gráfica 4.1.9.c.1. Porcentaje de la cobertura vegetal presente en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Carta de Uso de suelo y vegetación, serie V INEGI 2013).....IV-112
Gráfica 4.1.9.e.1. Porcentaje de las zonas potenciales a erosión. (Fuente: Elaboración propia a partir de la red de flujos SIATL, 2004).....IV-118
Gráfica 4.2.1.1. Velocidad contra tiempo de desarrollo en horas, huracán Bridget, Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA.....IV-143
Gráfica 4.2.1.2. Velocidad de Aletta contra tiempo de desarrollo, en horas. Elaboración propia, datos de NOAA.....IV-144
Gráfica 4.2.1.3. Velocidades de "Eleonor" contra tiempo de desarrollo. Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA.....IV-145
Gráfica 4.2.1.4. Velocidades de "Virgil" contra tiempo de desarrollo en horas. Fuente: elaboración propia con datos de NOAA.....IV-146

Gráfica 4.2.1.5. Presiones de "Virgil" contra tiempo de desarrollo en horas. Fuente: elaboración propia con datos de NOAA. IV-146
Gráfica 4.2.1.6. Velocidades desarrolladas por "Winnifred" contra tiempo. Elaboración propia con datos de NOAA IV-147
Gráfica 4.2.1.7. Presión de "Winnifred" contra tiempo de desarrollo. Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA. IV-148
Gráfica 4.2.1.8. Velocidad del viento desarrollado por Boris en km/hr, a partir de las 00:00 del 26/06/1996, datos cada 6 horas. IV-149
Gráfica 4.2.1.9. Presión en mb contra horas a partir de las 00:00 del 26/06/1996, datos cada 6 horas. IV-150
Gráfica 4.2.1.10. Velocidad, tormenta tropical "Julio" IV-152
Gráfica 4.2.1.11. Presión en hPa de Tormenta tropical "Julio" IV-152
Gráfica 4.2.1.12. Velocidades de viento desarrolladas por "Olaf". Elaboración propia con datos de NOAA. IV-154
Gráfica 4.2.1.13. Presiones desarrolladas por "Olaf". Elaboración propia con datos de NOAA Tormenta Tropical "Dora" (03-06 julio del 2005) IV-155
Gráfica 4.2.1.14. Velocidad, tormenta tropical "Dora". Elaboración propia con datos de NOAA. IV-156
Gráfica 4.2.1.15.Presión desarrollada por "Dora". Elaboración propia con datos de NOAA. .. IV-156
Gráfica 4.2.1.16. Velocidades del viento desarrolladas por "Norman". Elaboración propia con datos de NOAA IV-157
Gráfica 4.2.1.17. Velocidades desarrolladas por "Jova". Elaboración propia con datos de NOAA. IV-160
Gráfica 4.2.1.18. Presiones desarrolladas por "Jova". Elaboración propia con datos de NOAA. IV-160
Gráfica 4.2.3.1. Probabilidad de ocurrencia de heladas por debajo de 0 °C. IV-167
Gráfica 4.2.3.2. Certidumbre de no ocurrencia de heladas por debajo de 0 °C IV-168
Gráfica 4.2.5.1. Días con tormenta eléctrica por estación. IV-175
Gráfica 4.2.6.1. Factor de discordancia basado en L-CV y L-Skewness. Elaboración propia IV-181
Gráfica 4.2.6.2. Disminución de la precipitación a nivel regional según una distribución tipo Pearson III. Elaboración propia. IV-184
Gráfica 4.2.6.3. Área de polígono para la precipitación de julio-septiembre. Elaboración propia. IV-186
Gráfica 4.2.6.4. SPI estación Atoyac. Elaboración propia. IV-189
Gráfica 4.2.6.5. SPI Estación Elaboración propia. El Nogal. IV-190
Gráfica 4.2.6.6. SPI estación Quito. Elaboración propia. IV-190
Gráfica 4.2.6.7. SPI Estación San Marcos. Elaboración propia. IV-191
Gráfica 4.2.6.8. SPI estación Ingenio Tamazula. Elaboración propia. IV-191
Gráfica 4.2.6.9. Porcentajes de años secos, normales y húmedos según el índice SPI calculado. Elaboración propia. IV-192
Gráfica 4.2.6.10. Superficie total cultivada por año IV-194
Gráfica 4.2.6.11. Incremento de superficie cultivada por cultivo. IV-196
Gráfica 4.2.7.1 % de ondas de Calor IV-200
Gráfica 4.2.7.2. Incremento de la duración de ondas de calor a través del tiempo. IV-200
Gráfica 4.2.7.3. Periodos de retorno de ondas de calor y grado de correlación con la distribución probabilística empleada. IV-201
Gráfica 4.2.8.1. Velocidades máximas por mes registradas en estación Nevado de Colima ... IV-218
Gráfica 4.2.8.2. Numero de eventos con velocidades mayores a 75 km/hr, (temporal fuerte) por mes, en estación Nevado de Colima IV-219
Gráfica 4.2.9.1. Precipitación máxima en mm, 24 horas. IV-229
Gráfica 4.2.9.2. Gráfico de datos de precipitación calculados e históricos IV-231

Gráfica 4.2.9.3. Velocidad Tr 10 años zona poniente-centro, canal trapezoidal.....IV-257
Gráfica 4.2.9.4. Velocidad Tr 50 años, tramo centro-poniente.....IV-258
Gráfica 4.2.9.5. Tirante Tr 50 años, tramo centro-poniente. IV-258
Gráfica 4.2.9.6. Nivel de agua en tramo de colector centro poniente 10 años.....IV-259
Gráfica 4.2.9.7. Tirante para Tr 50 años en sección centro-Poniente del colector trapezoidalIV-259
Gráfica 4.2.9.8. Caudal pico en Arroyo El Capulín para diferentes Tr IV-263
Gráfica 4.2.9.9. Velocidades en Arroyo El Capulín para diferentes Tr.....IV-264
Gráfica 4.2.9.10. Perfiles de superficie de agua arroyo El Capulín-Laguna IV-264
Gráfica 4.2.9.11. Elevaciones de agua Arroyo El Capulín, lado Nevado. IV-265
Gráfica 4.2.9.12. Elevaciones de superficie de agua en Arroyo Salto de Cristo IV-265

Mapas

Mapa 4.1.1.1.1. Rasgos tectónicos del oeste México (Fuente: Datos tomados de Núñez-Cornú, 2011). IV-6
Mapa 4.1.1.2.1. Mapa de fallas y fracturas a nivel Municipal (IIEG, 2015).....IV-10
Mapa 4.1.1.4.1. Zona de afectación por falla en Ciudad Guzmán (Datos tomados de Barrera, *et al*., 2015). Ratificado por IIEG, 2015.....IV-14
Mapa 4.1.2.1. Sismicidad en el límite de placas tectónicas (Fuente: Sismológico Nacional 1900-2015). IV-17
Mapa 4.1.2.1.1. Localización de sismos históricos e instrumentales de magnitud mayor a 6.0 grados entorno al Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: Malagón, 2004). IV-27
Mapa 4.1.2.1.2. Sismos históricos en el Bloque de Jalisco: Color Rojo (19 – 26) tipo A, sismos instrumentales; Color azul, (12-18) tipo B, algunos datos instrumentales descripciones macrosísmicas extensas; Color verde (1-11) tipo C, descripciones macrosísmicas limitadas. (Fuente: Nuñez-Cornú, 2011).....IV-30
Mapa 4.1.2.2.1. Mapa epicentral de los terremotos registrados en el período 1996-1998 (Fuente: Delgado, 1994).....IV-31
Mapa 4.1.2.2.2. Zonas sismogenéticas entorno al Municipio de Zapotlán (Fuente: Malagón, 2009). IV-32
Mapa 4.1.2.2.3. Actividad sísmica en el Occidente de México (Fuente: SSN y CFE).....IV-33
Mapa 4.1.2.3.1. Evento registrado dentro los límites del Municipio de Zapotlán (Fuente: Servicio Geológico Mexicano). IV-34
Mapa 4.1.2.3.2. Dada la escases de eventos sísmicos en el Municipio de Zapotlán el Grande se trabajaron modelos probabilísticos para determinar la sismicidad local (Fuente: IIG, 2015). IV-35
Mapa 4.1.2.4.8.1. Valores de aceleración máximas teóricas, obtenidas para el Municipio de Zapotlán el Grande (IIEG, 2015). IV-48
Mapa 4.1.2.5.1.1. Localización de Sondeos Geotécnicos (Fuente: Lazcano, 2013). IV-52
Mapa 4.1.2.5.1.2. Fosa tectónica o graben delimitada por dos sistemas de fallas paralelas (Líneas color fucsia) (Fuente: Lazcano, 2013). IV-53
Mapa 4.1.2.5.2.1. Zonas potencialmente susceptibles a Licuefacción de suelos en Ciudad Guzmán (Fuente IIEG, 2015). IV-55
Mapa 4.1.4.3.1. Dispersión de cenizas del Volcán de Colima. (Fuente: CENAPRED/PC/SEGOB).IV-66
Mapa 4.1.4.3.2. Distribución del Peligro en Caída de Cenizas para el Municipio de Zapotlán el Grande (Fuente: IIEG, 2015).....IV-67

Mapa 4.1.4.3.3. Poblados en peligro por flujos piroclásticos, Lahares y derrames (Fuente: CENAPRED *et al*., 2004). IV-71
Mapa 4.1.4.3.4. Avalanchas y derrames gigantes originados por las erupciones del volcán colima en los últimos 18,000 años.(Fuente: CENAPRED/PC/SEGOB). IV-71
Mapa 4.1.4.4.1. Peligros del Volcán de Colima (Fuente: Saucedo *et al,* 2004). IV-72
Mapa 4.1.5.1.1. Deslizamientos en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015). IV-76
Mapa 4.1.5.1.2. Mapa de deslizamientos antiguos en Ciudad de Guzmán (Fuente: IIEG, 2015). IV-77
Mapa 4.1.5.2.1. Mapa de zonas propensas a deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015). IV-78
Mapa 4.1.5.3.1. Mapa de trayectoria de movimientos de deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015). IV-79
Mapa 4.1.5.4.1. Mapa de zonas emisoras de material en los deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015). IV-80
Mapa 4.1.5.5.1. Mapa de transporte de material en los deslizamientos (Fuente: IIEG, 2015).. IV-81
Mapa 4.1.5.6.1. Zonas de recepción de material en un deslizamiento (Fuente: IIEG, 2015)..... IV-82
Mapa 4.1.6.1. Flujos de Lodo, tierra y suelo antiguos (Fuente: IIEG, 2015). IV-84
Mapa 4.1.6.1.1. Mapa de flujos de lodo propensos (Fuente: IIEG, 2015). IV-85
Mapa 4.1.6.2.1. Mapa de trayectoria de Movimientos de flujos de lodo (IIEG, 2015). IV-86
Mapa 4.1.7.1.1. Flujos de Avalanchas de Detritos (Fuente: IIEG, 2015). IV-88
Mapa 4.1.7.2.1. Zonas antiguas de avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015). IV-89
Mapa 4.1.7.3.1. Zonas propensas a Flujos de Avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015). IV-90
Mapa 4.1.7.4.1. Mapa de trayectoria de movimientos de Flujos de avalanchas de detritos (Fuente: IIEG, 2015)..... IV-91
Mapa 4.1.8.2.1. Hundimientos antiguos generados en Ciudad Guzmán (Fuente: IIEG, 2015). .. IV-104
Mapa 4.1.8.3.1. Áreas propensas a generarse hundimientos en Ciudad Guzmán (IIEG,2015). IV-105
Mapa 4.1.9.1.1. Intensidad de tipos de erosión en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015). IV-109
Mapa 4.1.9.b.1. Distribución del coeficiente de erodabilidad en suelos dominantes de la cuenca. (Fuente: Elaboración propia a partir de WRB, 2006, INEGI, 2010). IV-111
Mapa 4.1.9.c.1. Grado de vulnerabilidad de la vegetación ante los procesos erosivos municipales. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI 2013, SEGOB 1998). IV-114
Mapa 4.1.9.d.1. Distribución de las clases pendientes en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de ODIN, IITEJ 2013). IV-116
Mapa 4.1.9.e.1. Valores de la red de drenaje en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004, INEGI, 2010). IV-118
Mapa 4.1.9.1.1. Geoformas hídricas presentes en el municipio de Zapotlán. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010, 2013, IITEJ, ODIN 2013, SIATL, 2004). IV-120
Mapa 4.1.9.2.1. Intensidad de la erosión de tipo laminar en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015). IV-123
Mapa 4.1.9.3.1 Intensidad de la erosión de tipo vertical en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes SPOT, LANSAT 2015). IV-126
Mapa 4.1.9.5.1 Áreas de transporte de materiales en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004). IV-130
Mapa 4.1.9.6.1. Áreas de recepción de geomateriales en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de SIATL, 2004). IV-134
Mapa 4.1.9.7.1. Erosión potencial en al municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir de FAO, 1990). IV-137

TABLAS

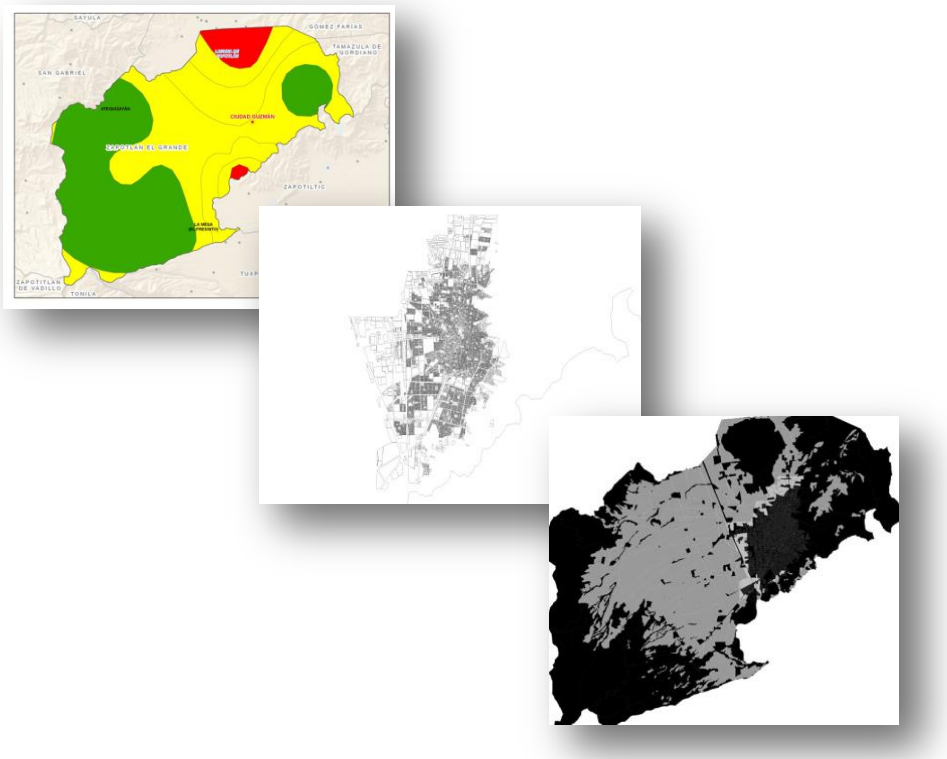
Tabla 4.1.2.1.2. Relación de daños y efectos en Zapotlán por sismos históricos (Fuente: Nuñes-Cornú, 2011).....IV-29
Tabla 4.1.2.4.4.1. Aceleraciones máximas para diferente periodo de Retorno en el Municipio de Zapotlán (Fuente: CENAPRED, 2004) IV-42
Tabla 4.1.2.4.6.1. Aceleración Teórica Máxima ante sismos a diferentes distancia epicentral. IV-44
Tabla 4.1.2.4.7.1. Relación de los Índices de Calidad para Peligro sísmico (Fuente: Malagón, 2009) IV-46
Tabla 4.1.2.4.7.2. Relación de la aceleración teórica máxima con los índices de calidad de peligro (Malagón, 2009) IV-47
Tabla 4.1.8.1.1. Tipos de hundimientos o subsidencia del terreno. (Fuente: Corapcioglu, 1984.)IV-100
Tabla 4.1.9.1.1. Valores de la intensidad de tipos de erosión. (Fuente: Elaboración propia a partir de Imágenes Landsat, 2015).....IV-108
Tabla 4.1.9.b.1. Porcentaje de unidades de suelo dominante presentes el municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de Carta Geológica INEGI, 2010).....IV-110
Tabla 4.1.9.c.1. Efectos del uso del suelo y tipos de cobertura en los procesos erosivos de Zapotlán El Grande. (Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de SEGOB, 1998).....IV-113
Tabla 4.1.9.c.2. Porcentaje de vulnerabilidad de la vegetación. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI 2013, SEGOB 1998).....IV-113
Tabla 4.1.9.d.1. Clasificación de pendientes. (Fuente: Elaboración propia a partir de ODIN, IITEJ, 2013). IV-115
Tabla 4.1.9.e.1 Clasificación de la red de drenaje de la microcuenca. (Fuente: Clasificación de la forma y textura de la red de drenaje WAY, 1978).....IV-117
Tabla 4.1.9.1.1. Valores de erodabilidad de las geoformas hídricas. (Fuente: Lobeck 1963,1964). IV-119
Tabla 4.1.9.2.1. Clasificación de las variables que determinan la intensidad de la erosión laminar. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).....IV-121
Tabla 4.1.9.2.2. Valores de la intensidad de áreas con erosión laminar. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010). IV-122
Tabla 4.1.9.3.1. Clasificación de las variables que determinan la intensidad de la erosión vertical. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).....IV-125
Tabla 4.1.9.3.2. Valores de la intensidad de áreas con erosión vertical. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010). IV-126
Tabla 4.1.9.5.1. Valores de las variables para medir la intensidad de las áreas de transporte. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010, FIRCO 2012). IV-129
Tabla 4.1.9.6.1. Clasificación de variables para determinan la intensidad en las de recepción. (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2010).....IV-133
Tabla 4.1.9.7.1. Superficies y volúmenes estimados de suelo perdido en el municipio de Zapotlán El Grande. (Fuente: A partir de metodología propuesta por FAO, 1990).....IV-135
Tabla 4.2.1.1. Categoría Saffir-Simpson.....IV-141
Tabla 4.2.1.2. Clasificación propuesta por precipitación acumulada potencial. IV-141
Tabla 4.2.1.3. Categorías de ciclones con base en viento y lluvia. IV-142
Tabla 4.2.3.1. Certidumbre de cero heladas menores a 0 °C IV-168

Tabla 4.2.4.1. Alturas máximas, media y mínima de nieve en Nevado de Colima. Elaboración propia. IV-170
Tabla 4.2.5.1. Intensidades de descargas directas a tierra.....IV-174
Tabla 4.2.5.2. Días al año con tormenta eléctrica, fuente SMN. IV-174
Tabla 4.2.5.3. Descargas directa a tierra por km^2-año IV-175
Tabla 4.2.5.4. Días al año de tormenta eléctrica por periodo de retorno.....IV-176
Tabla 4.2.6.1. Registro histórico de sequias en Zapotlán el Grande. Elaboración propia con datos del SMN IV-177
Tabla 4.2.6.2. Datos de estaciones meteorológicas ubicadas en la cercanía de Zapotlán el Grande. Elaboración propia. IV-178
Tabla 4.2.6.3. Índice de Severidad de sequía. Elaboración propia IV-179
Tabla 4.2.6.4. Índice de severidad y grado de sequía para las diferentes estaciones. Elaboración propia. IV-179
Tabla 4.2.6.5. Tabla de valores críticos del indicador de discordancia. IV-180
Tabla 4.2.6.6. Medidas de estadística descriptiva basada en L-momentos. Elaboración propia.IV-181
Tabla 4.2.6.7. Tabla de criterios de homogeneidad basada en Wallis et al (2007). Elaboración propia. IV-182
Tabla 4.2.6.8. Datos de estadística descriptiva regionales. Elaboración propia.....IV-182
Tabla 4.2.6.9. Descenso de la precipitación media anual en mm por estación meteorológica. Elaboración propia. IV-183
Tabla 4.2.6.10. Descenso de la precipitación en % con respecto a la media anual. Elaboración propia. IV-183
Tabla 4.2.6.11. Resultados de correlación para las diferentes funciones de distribución probabilísticas exploradas. Elaboración propia. IV-183
Tabla 4.2.6.12. Disminución regional de la precipitación en mm. Elaboración propia. IV-184
Tabla 4.2.6.13. Análisis de correlación. Elaboración propia. IV-185
Tabla 4.2.6.14. Áreas negativas por la aplicación de las ecuaciones 2 a 5, demuestra que no hay sequía intraestival. Elaboración propia. IV-185
Tabla 4.2.6.15. Sequía intraestival en la región. Elaboración propia IV-186
Tabla 4.2.6.16. Valor de SPI y categoría de sequía. IV-189
Tabla 4.2.6.17. Condiciones de humedad en las diferentes estaciones. Elaboración propia. .IV-192
Tabla 4.2.6.18. Variación anual de superficie cultivada. IV-194
Tabla 4.2.6.19. Disminución de superficie cultivada y precipitación en el mismo año. IV-195
Tabla 4.2.6.20. Incrementos de superficie cultivada en hectáreas por cultivo.....IV-195
Tabla 4.2.7.1. Percentil 90 de temperaturas máximas extremas.....IV-197
Tabla 4.2.7.2. Características de las ondas de calor registradas en el estación Ciudad Guzmán.IV-199
Tabla 4.2.7.3. Meses con más eventos de ondas de calor IV-199
Tabla 4.2.7.4. Valores de temperatura para diferentes periodos de retorno. IV-201
Tabla 4.2.8.1. Direcciones predominantes por mes y distribución de frecuencias de velocidad. (Fuente: Datos de estación meteorológica automática de Ciudad Guzmán, elaboración propia).IV-211
Tabla 4.2.8.2. Direcciones de viento predominantes y distribución de frecuencias de velocidades de viento. (Fuente: Datos de estación meteorológica automáticas del Nevado de Colima. Elaboración propia). IV-217
Tabla 4.2.8.3. Direcciones de origen y velocidades de vientos iguales o superiores a 75 km/hr . Fuente: Datos estación Nevado de Colima, SMN. Elaboración propia. IV-224
Tabla 4.2.8.4. Velocidades de viento para Ciudad Guzmán y diferentes Tr, según CFE.....IV-225
Tabla 4.2.9.1. Coordenadas de estaciones meteorológicas en la zona de Zapotlán el GrandeIV-228

Tabla 4.2.9.2. Precipitación máxima en 24 horas IV-229
Tabla 4.2.9.3. Parámetros estadísticos de lluvia máxima en 24 horas IV-229
Tabla 4.2.9.4. Precipitación máxima para Tr determinado IV-230
Tabla 4.2.9.5. Parámetros de la función doble Gumbel IV-231
Tabla 4.2.9.6. Extrapolación de Tr para lluvias máximas en 24 horas IV-231
Tabla 4.2.9.7. Fisiografía de la cuenca IV-232
Tabla 4.2.9.8. Fisiografía arroyo Piedra Ancha IV-233
Tabla 4.2.9.9. Fisiografía de Arroyo El Capulín IV-233
Tabla 4.2.9.10. Fisiografía de Arroyo Salto de Cristo IV-233
Tabla 4.2.9.11. Fisiografía de Arroyo Poniente IV-233
Tabla 4.2.9.12. Fisiografía de Arroyo Noroeste IV-234
Tabla 4.2.9.13. Arroyo Los Guayabos IV-234
Tabla 4.2.9.14. Fisiografía Arroyo Chuluapan IV-234
Tabla 4.2.9.15. Fisiografía de Arroyo Pasto IV-234
Tabla 4.2.9.16. Pendiente gobernadora para arroyo El Capulín IV-235
Tabla 4.2.9.17. Tiempo de concentración t_c para los diferentes arroyos IV-236
Tabla 4.2.9.18. Intensidad para una tormenta con duración igual a t_c IV-237
Tabla 4.2.9.19. Clasificación de suelos por nanocuenca. IV-238
Tabla 4.2.9.20. Clasificación de vegetación por nanocuenca. IV-241
Tabla 4.2.9.21. Coeficiente de escurrimiento por nanocuenca y Tr IV-241
Tabla 4.2.9.22. Caudal máximo determinado por hidrograma unitario triangular. IV-243
Tabla 4.2.9.23. Caudal máximo calculado según método racional. IV-243
Tabla 4.2.9.24. Caudal máximo según metodo de Chow IV-244
Tabla 4.2.9.25. Red de Colectores IV-245
Tabla 4.2.9.26. Longitud de red de colectores IV-246
Tabla 4.2.9.27. Parámetros de canal rectangular IV-249
Tabla 4.2.9.28. Parámetros de canal trapezoidal. IV-249
Tabla 4.2.9.29. Velocidades, caudal y tirante en calle Mirlo IV-250
Tabla 4.2.9.30. Velocidades, caudal y tirante a lo largo de la calle Ignacio Allende IV-251
Tabla 4.2.9.31. Velocidades, caudal y tirante a lo largo de la calle Nicolás Bravo IV-252
Tabla 4.2.9.32. Velocidades, caudal y tirante a lo largo en el Canal Galeana. IV-253
Tabla 4.2.9.33. Parámetros de Canal Jalisco. IV-255
Tabla 4.2.9.34. Parámetros Calle Leona Vicario IV-256
Tabla 4.2.9.35. Parámetros de Calle Emiliano Zapata IV-257
Tabla 4.2.9.36. Caudales pico para simulación en Hec-Ras IV-263

Capítulo V

Vulnerabilidad social y Vulnerabilidad física



Capítulo V. Vulnerabilidad social y Vulnerabilidad física

5.1. Vulnerabilidad Social V-3

5.1.1. Estimación de la Vulnerabilidad Social V-3

5.1.2. Rezago Social V-4

5.1.3. Capacidad de Prevención y Respuesta V-8

5.1.4. Percepción Local del Riesgo V-11

5.1.5. Grado de Vulnerabilidad Social V-15

5.2. Estimación de la Vulnerabilidad Física V-18

Bibliografía: V-29

Índice de Figuras, Mapas y Tablas V-29

Capítulo V. Vulnerabilidad social y Vulnerabilidad física

5.1. Vulnerabilidad Social

5.1.1. Estimación de la Vulnerabilidad Social

El municipio de Zapotlán el Grande por su ubicación geográfica y condiciones naturales ha sido impactado por diferentes peligros geológicos e hidrometeorológicos a lo largo de su historia, siendo los sistemas afectables principalmente la población, la infraestructura social y productiva, en este sentido determinar la vulnerabilidad social que a menudo es la más difícil de definir.

Basados en la metodología que propone la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos CENAPRED 2006a enfocados para determinar la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social, teniendo como principal objetivo identificar las características de la población susceptible de sufrir daño, en su persona o bienes que posea, a consecuencia de algún fenómeno natural geológico e hidrometeorológicos.

Cabe señalar que es necesario para la estimación de la vulnerabilidad, medir la capacidad de prevención y respuesta que tenga el municipio, a través de su unidad municipal de protección civil y bomberos, esto está definido por los planes de contingencia, organización y recursos para atender emergencias presentadas en el territorio del municipio de Zapotlán el Grande.

Es conveniente apuntar que a través del tiempo el concepto de vulnerabilidad social se ha relacionado estrechamente con estudios de pobreza y marginación. Sin embargo, diversos autores han llegado a la conclusión de que la vulnerabilidad social es aquella propensión que tiene la población de caer, en un momento determinado, en una condición de pobreza y marginación. Obviamente muchos de estos estudios, no toman en cuenta elementos externos que puedan llegar a incrementar las probabilidades de que una población se encuentre en estos parámetros de pobreza y marginación, como son los desastres naturales.

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

Para poder estimar la vulnerabilidad social asociada a desastres según la definición anterior, la presente metodología se divide en tres partes: la primera permitirá una aproximación al grado de vulnerabilidad de la población con base en sus condiciones sociales y económicas, que estará determinado por el índice de rezago social del Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL), donde incorpora indicadores de educación, acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar.

La segunda parte está en función de la capacidad de respuesta que tiene la autoridad municipal para atender eventos, emergencias y desastres naturales, se recaba información cualitativa y está dirigida a los responsables de la unidad municipal de protección civil y bomberos.

La tercera parte es una muestra no probabilística aplicada por un cuestionario a la población mayor de 18 años, donde se determina la percepción local de riesgo que es parte fundamental en materia de protección civil. Debido a la premisa que, si una población que identifican los peligros naturales del entorno, se mantiene informada, acata las recomendaciones de protección civil y sabe cómo reaccionar en caso de una emergencia, tiene mayor posibilidad de asumir una postura preventiva y de reacción de manera adecuada antes, durante y después de una emergencia.

El cálculo del índice de vulnerabilidad social (IM) a partir de las estimaciones del rezago social, capacidad de respuesta y percepción local del riesgo, está definido por la siguiente ecuación.

$$GVS = (R1 * 0.50) + (R2 * 0.25) + (R3 * 0.25)$$

$GVS = El\ grado\ de\ Vulnerabilidad\ Social\ asociada\ a\ dessatre$
$R1 = Resultado\ del\ índice\ de\ Rezago\ Social$
$R2 = Resultado\ del\ cuestionario\ capacidad\ de\ respuesta$
$R3 = Resultado\ del\ cuestionario\ percepción\ local\ de\ riesgo$

5.1.2. Rezago Social

El Índice de Rezago Social es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales.

La estimación de este Índice tiene como fuente de información la base de datos "Censo de Población y Vivienda 2010", que incorpora a la construcción del índice los siguientes indicadores:

1. Porcentaje de la población de 15 años y más analfabeta.
2. Porcentaje de la población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela.
3. Porcentaje de la población de 15 años o más con educación básica incompleta.
4. Porcentaje de j la población sin derechohabiencia a servicios de salud.
5. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas con piso de tierra.
6. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario.
7. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública.
8. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.
9. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica.
10. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora.
11. Porcentaje de las viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador.

A partir de los valores del índice de rezago social se generan dos modelos de estudio y de representación a diferente escala, modelo municipal Zapotlán el Grande y a nivel de cabecera municipal Ciudad Guzmán con unidad de medida del área geoestadística básica (Ageb)

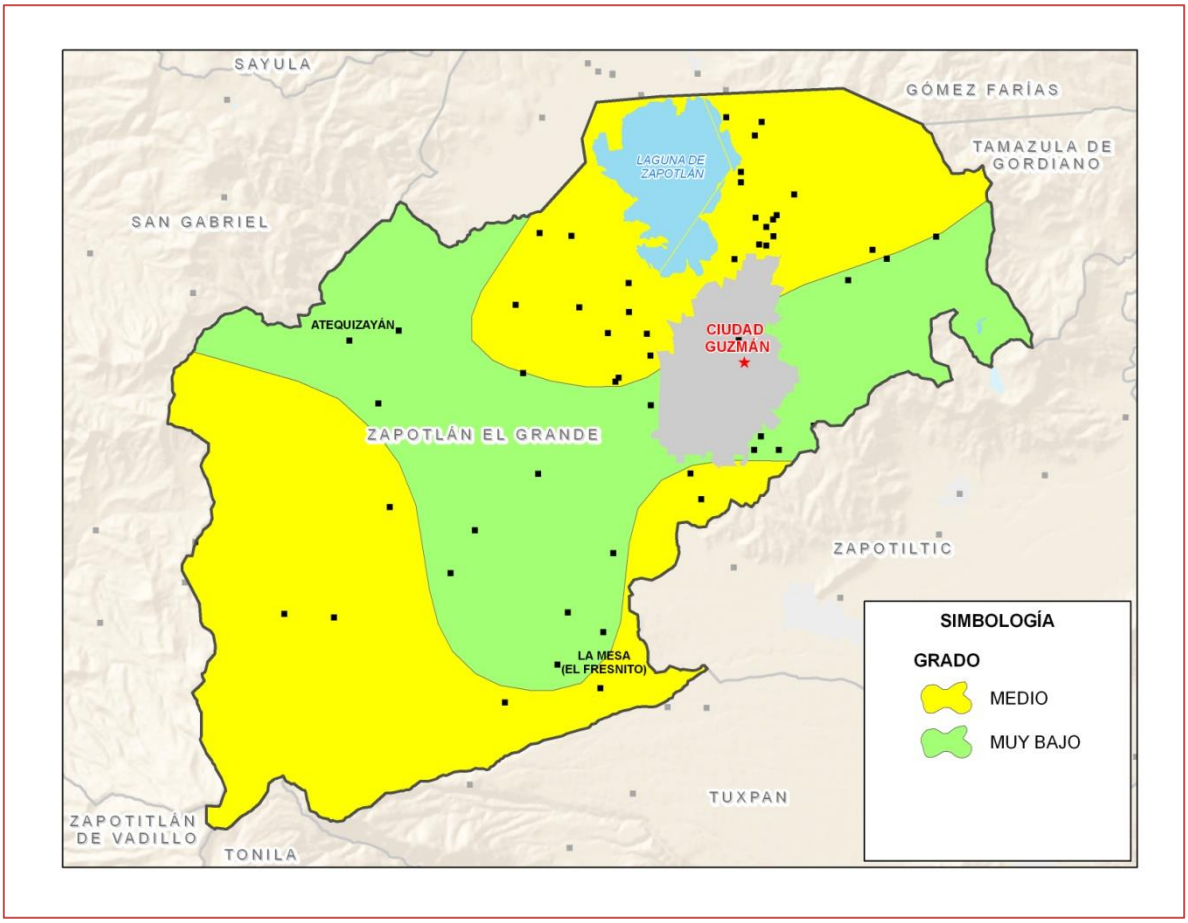
Para el modelo municipal se consideraron 10 localidades a las cuales se estimó el índice de rezago social. Véase Tabla 5.1.2.1.

Localidad	Índice	Grado
Ciudad guzmán	-1.505352	Muy bajo
Atequizayán	-1.163203	Muy bajo
Los depósitos	-1.135707	Muy bajo
La mesa (el fresnito)	-1.263729	Muy bajo
Apastepe	-1.152881	Muy bajo
Puerta de cadenas	-0.609538	Bajo
Rancho de don Luis Martínez	-1.406375	Muy bajo

Localidad	Índice	Grado
El caprichito (la llave dos)	-1.216207	Muy bajo
San Rafael	-1.720706	Muy bajo
Loma del ocotillo	1.508207	Alto

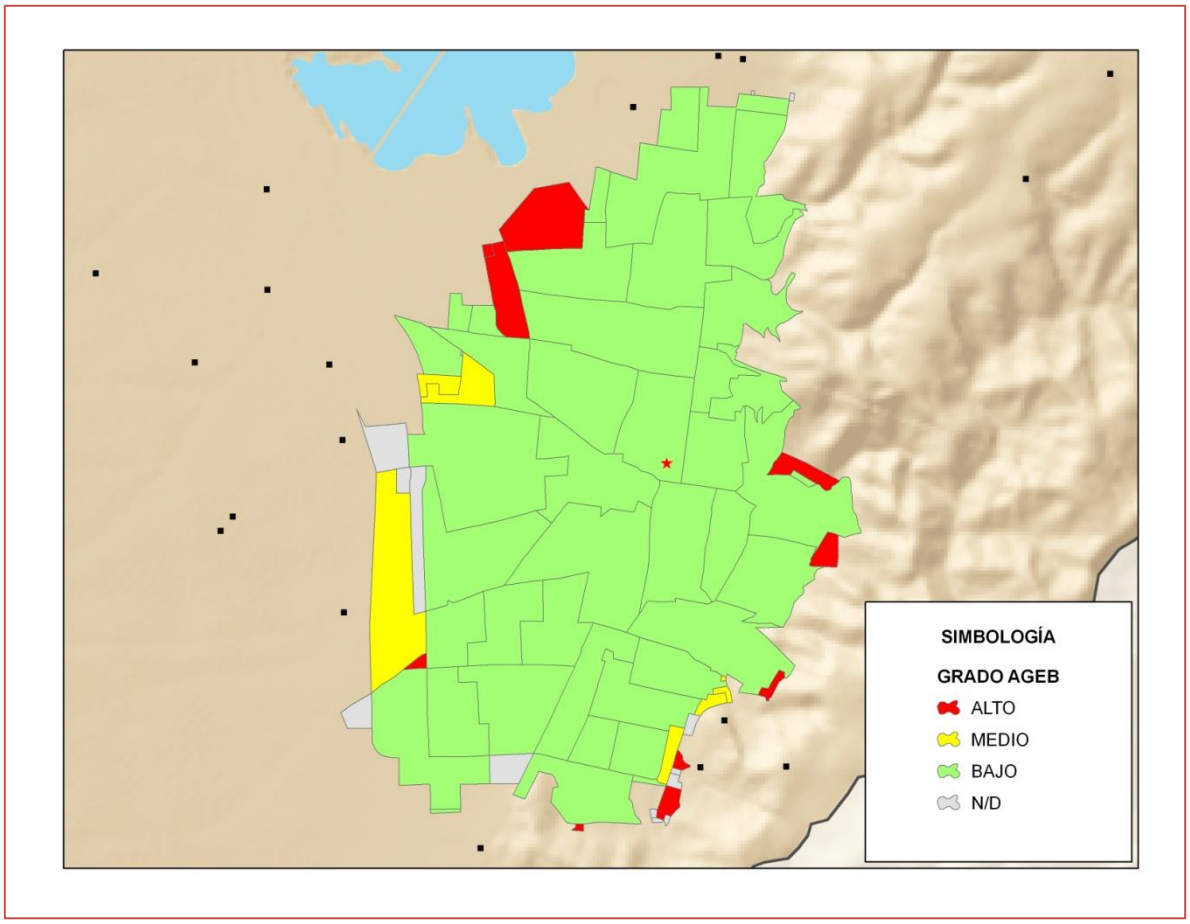
Tabla 5.1.2.1. Índice de rezago social por localidad, municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Índice rezago social 2010, CONEVAL).

A partir de las localidades se generó un modelo de regiones homogéneas, determinado por el grado de cada una de las localidades (muy bajo, bajo y alto). Para determinar las regiones homogéneas a nivel cartográfico, se empleó el método de vecindad con una interpolación lineal empleando un polinomio de primer orden para garantizar la continuidad y la cobertura territorial del municipio de Zapotlán el Grande. Véase Mapa 5.1.2.1.



Mapa 5.1.2.1. Modelo de rezago social a nivel municipal, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en el Índice rezago social 2010, CONEVAL).

De la misma manera se procesa la información del índice de rezago social a nivel de Ageb de la cabecera municipal Ciudad Guzmán, normalizando los valores conforme a lo estipulado en los rangos de vulnerabilidad social por CENAPRED 2006a, esto a su vez nos identifica zonas con alto nivel de rezago social como por ejemplo, en la parte suroeste de la cabecera se identifican zonas en las siguientes colonias, Rinconada de los Pinos, Cruz Blanca, Cd Guzmán, Pueblo de Jalisco y el Campanario, para la zona noreste se identifican las colonias La Nueva Luz y Valle de Zapotlán. Véase Mapa 5.1.2.2.



Mapa 5.1.2.2. Modelo de rezago social a nivel AGEB, Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el Índice rezago social 2010, CONEVAL).

Una vez estructurado los modelos de rezago social y de acuerdo a lo planteado por CENAPRED 2006a es necesario normalizar los valores del índice para cada unidad geográfica por el producto constante de 0.50.

5.1.3. Capacidad de Prevención y Respuesta

La segunda parte de la metodología para determinar la vulnerabilidad social, tiene que ver con la autoridad municipal encargada de atender eventos, emergencias y desastres ocasionados por algún fenómeno natural o antrópico, se realiza mediante un cuestionario que permite medir la capacidad de respuesta de la institución encargada de la protección civil. El cuestionario se diseña con preguntas básicas sobre el equipamiento y recursos con los que se cuenta, así como en el conocimiento de los recursos, programas, planes, información, capacitación, entrenamiento, etc., con los que dispone el organismo en caso de una emergencia, por lo que está dirigido al responsable de ésta.

Para la aplicación del cuestionario se entrevistó al Jefe de la Unidad Municipal de Protección Civil y Bomberos del municipio de Zapotlán el Grande, el Lic. Ricardo Lozada Padilla, manifestando que en caso de alguna emergencia el municipio se encuentra muy bien evaluado y capacitado para realizar las tareas en atención a la población en cuestión de protección civil.

Su alta capacidad de respuesta, derivada de los datos obtenidos del cuestionario, refiere a una condición de vulnerabilidad “Muy Bajo” permitiendo hacer frente a una contingencia, ya que si ésta es oportuna, la vuelta a la normalidad se realizará en un periodo de tiempo más corto y la dinámica de la población no se verá afectada gravemente.

La evaluación del cuestionario se basan en dos tipos de respuestas, las afirmativas donde se asignan el valor de 0 y las negativas con el valor de 1, concluyendo que entre menor sea la capacidad de respuesta de la Unidad Municipal de Protección Civil y Bomberos del municipio de Zapotlán el Grande, mayor será la vulnerabilidad de la población y viceversa. Véase Figura 5.1.3.1.

Capacidad de Respuesta de las Autoridades de **CENAPRED** por fenómenos: Hidrometeorológicos, geológicos y químicos, en el Municipio de Zapotlán El Grande.

No.	Indicador / Pregunta	Rango	
		a)Si	b)No
1	¿El municipio cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?	Si	No
2	¿Cuenta con algún plan de emergencia?	Si	No
3	¿Cuenta con un consejo municipales cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	Si	No
4	¿Existe una normatividad que regule las funciones de Protección Civil (por ejemplo; manual de organización)?	Si	No
5	¿Conoce algún programa de apoyo para la prevención, mitigación y/o atención de desastres?	Si	No
6	¿Cuenta con algún mecanismo de alerta temprana?	Si	No
7	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuáles se pueden coordinar en otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia)?	Si	No
8	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	Si	No
9	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?	Si	No
10	¿Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos	Si	No
11	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	Si	No

12	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchones y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?	Si	No
13	¿Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DICONSA, LICONSA, etc.) para la operación de albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?	Si	No
14	¿Se lleva a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan Familiar de Protección Civil?	Si	No
15	¿Cuenta con un número de personal activo?	Si	No
16	¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	Si	No
17	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	Si	No
18	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, Internet, fax, teléfono, etc.)?	Si	No
19	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?	Si	No
20	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?	Si	No
21	¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?	Si	No
22	Cuenta con algún sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) para georreferenciar puntos críticos en su localidad?	Si	No

Datos de la persona encuestada: Edad 32 años Sexo Masculino
Escolaridad T.S.U.E.S.L.R.
Puesto que desempeña en CENAPRED Lic. Ricardo Lozada Padilla
Jefe de la Unidad Municipal de P.C. y B del Municipio de Zapotlán.

Figura 5.1.3.1**. Cuestionario para evaluar capacidad de respuesta.** (Fuente: *cuestionario se diseñó con base en las características mínimas con que en teoría debería contar la institución para poder funcionar óptimamente [según la experiencia y las visitas a distintas unidades realizadas por el Área de Estudios Económico y Sociales del CENAPRED])*

En el caso de la Unidad Municipal de Protección Civil y Bomberos del municipio de Zapotlán el Grande, el puntaje final obtenido en el cuestionario fue de 0, que de acuerdo a lo establecido por CENAPRED 2006a la calificación final de la capacidad de respuesta es muy alto. Véase Tabla 5.1.3.1.

Rangos con respecto a la suma de las respuesta	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
De 0 a 4	Muy Alto	0
De 4.1 a 8	Alto	0.25
De 8.1 a 12	Medio	0.5
De 12.1 a 16	Bajo	0.75
16.1 ó más	Muy Bajo	1

Tabla 5.1.3.1. Resultado de la capacidad de respuesta. (Fuente: CENAPRED 2006ª).

5.1.4. Percepción Local del Riesgo

La tercera parte también consta de un cuestionario y se refiere a la percepción local de riesgo, es decir, el imaginario colectivo que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas.

De lo anterior es importante subrayar que el riesgo es directamente proporcional a la percepción que de él se tenga, debido al grado de conocimiento que se tenga y a la aceptación. Como explica Martín y Murgida (2004), más que sobre la base de las características físico-naturales y sociales propias del área, el riesgo se construye socialmente con base a la percepción de dicha situación y a su interpretación desde la óptica del grupo social (lo que implica controlarlo, reconstruirlo, resignificarlo y ejecutar acciones para enfrentarlo). La percepción del riesgo es entonces un producto social y en sí misma una construcción cultural, en donde dependiendo del contexto se aceptan o no determinados riesgos.

La percepción debe ser vista como un proceso multidimensional, es decir, “las informaciones son recibidas desde el mundo real y son percibidas en función de un proceso sociocultural en el que intervienen tanto los valores del individuo, su personalidad, sus experiencias pasadas, su grado de exposición al riesgo, así como su nivel social, económico y cultural (Chardon, 1997. Citando a Lecompte, 1995; Weinberg, 1995; p.5).

Es por esta razón que cuando se habla de la percepción del riesgo, se hace referencia a la misma como un producto socio-cultural complejo, que antes de ser un hecho aislado, es en su totalidad una variedad de la personalidad y de la conformación histórica de esta última en relación con un determinado contexto (Karam y Bustamante, s.f).

Como premisa de lo anterior se hace evidente que el riesgo va a ser percibido de manera distinta según la persona, ya que dicha percepción se va ver influenciada por el marco de referencia personal, familiar y comunitaria en que dicho individuo esté inmerso.

En el caso del municipio de Zapotlán el Grande se aplicó un cuestionario que nos permitirá estimar la percepción local del riesgo que se tiene en el municipio. El cuestionario contempla 25 preguntas que busca de manera muy general dar un panorama de la percepción de la población acerca del riesgo. En este caso, la importancia de las preguntas se enfoca tanto a la percepción de los peligros en su entorno, así como a la manera en que consideran las acciones preventivas en su comunidad y la información o preparación que poseen acerca de cómo enfrentar una emergencia.

El cuestionario se aplicó estratégicamente en dos ámbitos, rural y urbano, con la finalidad de tener continuidad territorial en todo el municipio y que nos permitiera modelar espacialmente la percepción local del riesgo. La muestra para la zona rural se basó en 9 localidades. Véase Tabla 5.1.4.1.

Localidad	Población Total	∑ Valores	Índice	Grado
Ciudad Guzmán	97,750	12.75	0.5	Medio
Atequizayán	432	16	0.75	Bajo
Los Depósitos	60	18.5	0.75	Bajo
La Mesa (El Fresnito)	851	17	0.75	Bajo
Apasteptl	22	10.5	0.5	Medio
Las Luchas	7	12.5	0.5	Medio
Lomas de los Capulines	14	15.75	0.75	Bajo
Palos Verdes	11	16.5	0.75	Bajo
La Laguna	20	7.5	0.25	Alto

Tabla 5.1.4.1. Tabla de rangos (percepción local del riesgo zona rural). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).

La muestra para levantar la percepción local del riesgo en la zona urbana se determinó mediante un taller realizado con el personal operativo de la Unidad Municipal de Protección Civil y Bomberos, teniendo como resultado puntos focales donde históricamente la población convive con peligros geológicos e hidrometeorológicos, ubicados en 9 colonias de Ciudad Guzmán. Véase la Tabla 5.1.4.2.

Colonia	∑ Valores	Índice	Grado
Ejidal	12.75	0.5	Medio
Santa Rosa	14.25	0.5	Medio
Pastor de Arriba	14.25	0.5	Medio
Lomas de Cayetano	12.5	0.5	Medio
Lomas del Ocotillo	7.5	.25	Alto
La Fortuna	7.5	.25	Alto
Chuluapan	12.75	0.5	Medio
La Providencia	11	0.5	Medio
Unión	11	0.5	Medio

Tabla 5.1.4.2. Tabla de rangos (percepción local del riesgo zona urbana). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).

Para completar el modelo de percepción local, se determinó aplicar encuestas a los sectores de salud y educación, con la finalidad de conocer si los responsables de los planteles tienen o no conocimiento sobre la existencia de riesgo, y en caso de haber vivido una experiencia de desastre cual fue su protocolo de acción para mitigar los efectos. Véase la Tabla 5.1.4.3.

Sector / Plantel	Localidad	∑ Valores	Índice	Grado
Educación / Primaria	Ciudad Guzmán	3	0	Muy Alto
Educación / Preescolar	Ciudad Guzmán	4	0	Muy Alto
Salud / Centro de Salud	Atequizayán	3	0	Muy Alto
Salud / Centro de Salud	El Fresnito	7	0.25	Alto

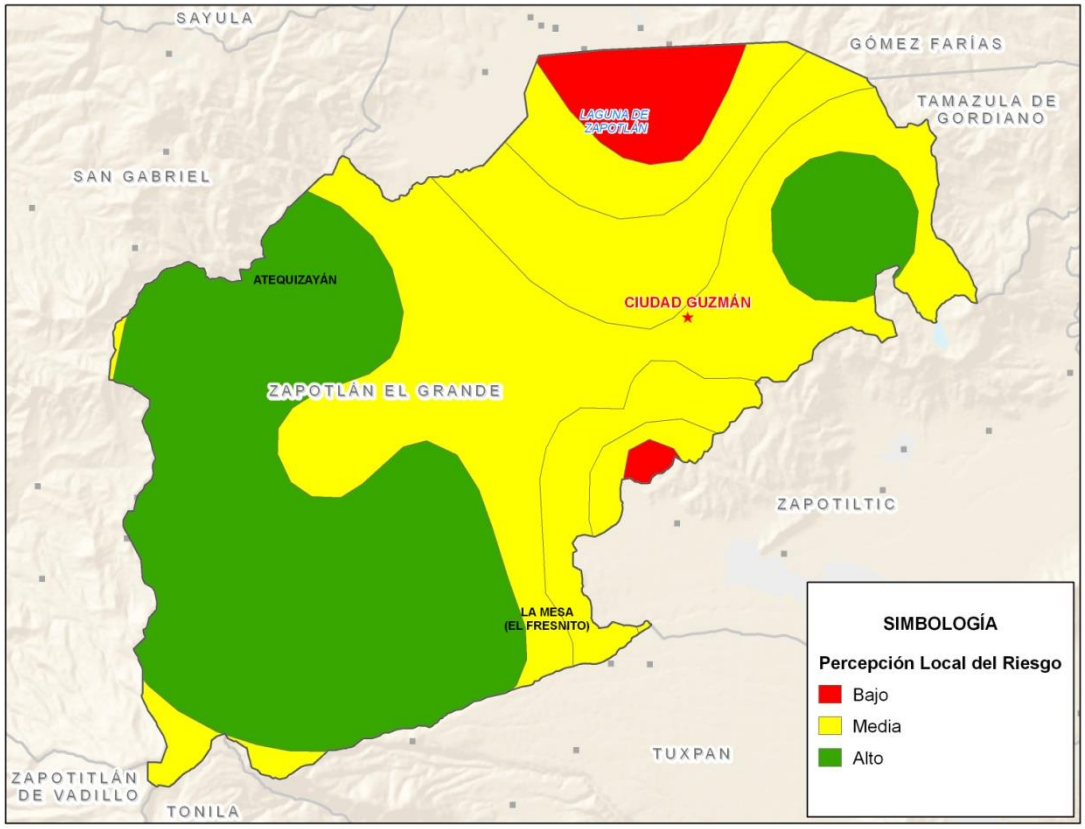
Tabla 5.1.4.3. Tabla de rangos (percepción local del riesgo sector salud y educación). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).

La percepción local del riesgo nos da como resultado el promedio de los valores calculados de 11.16 que en la tabla de rangos corresponde al valor de 0.50 de calificación y por consiguiente un grado de nivel Medio, se tiene cierta percepción de los peligros ya que en el municipio se han registrados eventos relacionados con inundaciones, fallas, hundimientos, desplazamientos, sismos, caída de cenizas y vulcanismo.

Con respecto a la distribución espacial de la vulnerabilidad por percepción local del riesgo se encuentra que el municipio de Zapotlán el Grande, los niveles más bajos de percepción se ubican en la zona oriente en la localidad, Lomas del Ocotillo y en la zona noreste en las localidades Jesús Barba, La Fortuna, La Mora, Los Sauces y Ranchos las Primaveras. Véase Mapa 5.1.4.1.

Los datos más representativos obtenidos por las encuestas son:

1. Todas las personas consideran que un fenómeno natural se puede convertir en desastre.
2. Poco menos de la mitad de la gente (8 de 17) han participado en algún simulacro.
3. 16 de 17 personas saben de la existencia de PC pero sólo 12 personas saben dónde está ubicada
4. El 94% de las personas (16 de 17) estarían dispuestas a cambiarse de su vivienda en caso de que estuvieran en peligro
5. El 70% de las personas encuestadas son mujeres
6. 58% de las personas encuestadas tienen 50 años o más



Mapa 5.1.4.1. Modelo espacial de percepción local del riesgo, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en el resultado de las encuestas de percepción local del riesgo, 2015).

5.1.5. Grado de Vulnerabilidad Social

De acuerdo al programa especial de prevención y mitigación del riesgo de desastre (2001-2006) menciona que, los efectos directos e indirectos causados por los desastres de mediana y gran envergadura en México, significaron, en promedio anual durante las últimas dos décadas, pérdidas de 500 vidas humanas y daños materiales ascendientes a 700 millones de dólares. Estas cuantiosas pérdidas han recaído en mayor medida en los grupos más desprotegidos y vulnerables de la población.

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Asimismo, la vulnerabilidad social antes desastres naturales se define como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de las emergencias, rehabilitación y recuperación frente a un desastre.

De acuerdo al planteamiento metodológico CENAPRED 2006, la vulnerabilidad social (GVS) se encuentra asociada a los tres elementos o condiciones, las condiciones socioeconómicas determinado por el indicador de rezago social donde determinan el 50%, la capacidad de respuesta un 25% y la percepción local del riesgo un 25%, determinada por la siguiente expresión.

$$GVS = (R1 * 0.50) + (R2 * 0.25) + (R3 * 0.25)$$

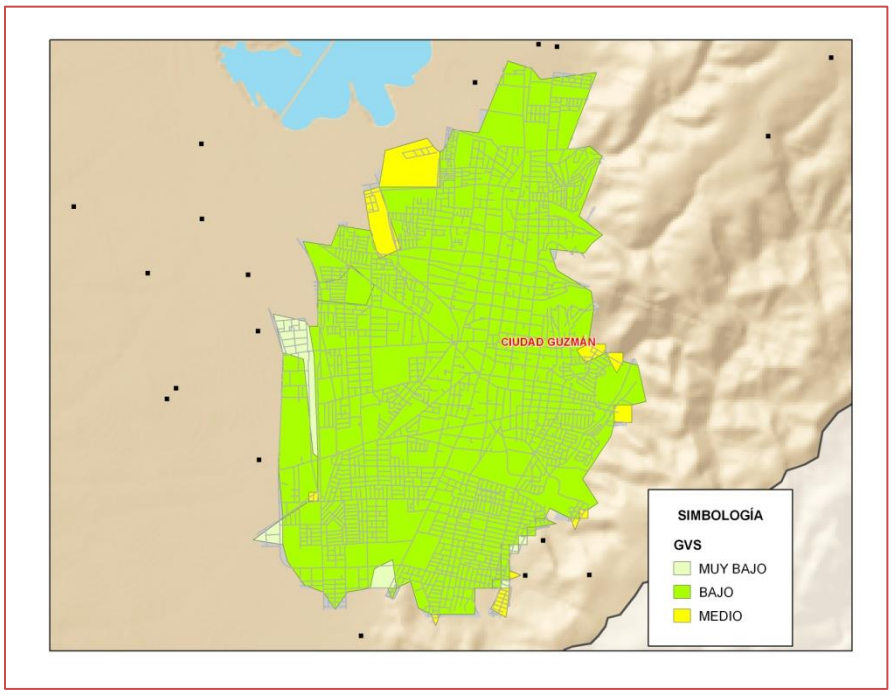
$GVS = El\ grado\ de\ Vulnerabilidad\ Social\ asociada\ a\ desastre$
$R1 = Resultado\ del\ índice\ de\ Rezago\ Social$
$R2 = Resultado\ del\ cuestionario\ capacidad\ de\ respuesta$
$R3 = Resultado\ del\ cuestionario\ percepción\ local\ de\ riesgo$

Una vez realizadas las operaciones para determinar la vulnerabilidad social (GVS), se obtiene que el cálculo del índice para el municipio de Zapotlán el Grande es de 0.2947 que de acuerdo a los valores determinados por CENAPRED 2006, el grado de vulnerabilidad social es Bajo. Véase la Tabla 5.1.5.1.

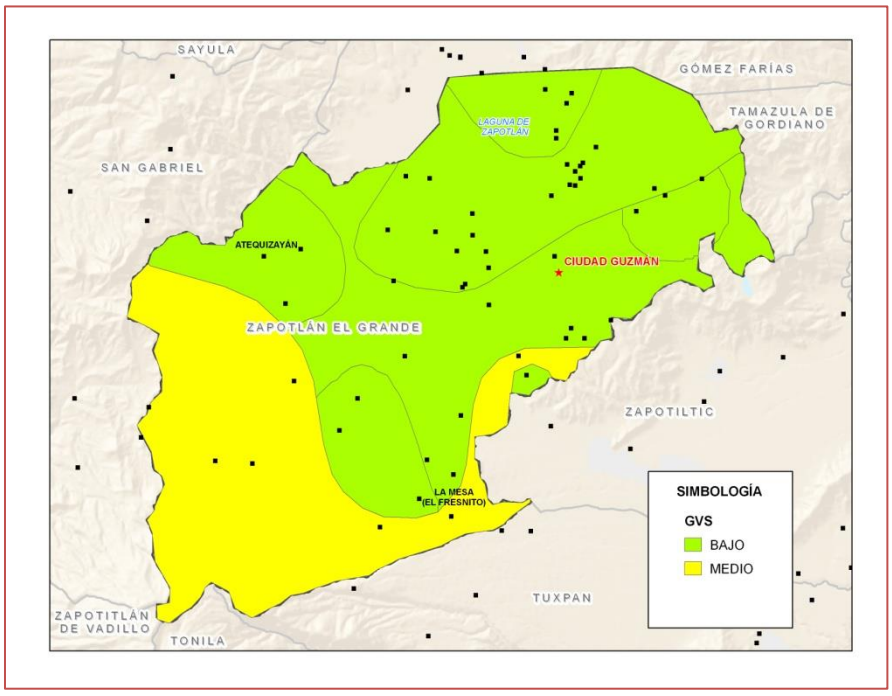
Valor final	Grado Vulnerabilidad Social	Resultado final
De 0 a 0.20	Muy Bajo	
De 0.21 a 0.40	**Bajo**	
De 0.41 a 0.60	Medio	**0.2947**
De 0.61 a 0.80	Alto	
Más de 0.80	Muy Alto	

Tabla 5.1.5.1. Tabla de rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social. (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).

La representación espacial del grado de vulnerabilidad social (GVS) para el municipio de Zapotlán el Grande y Ciudad Guzmán queda de la siguiente manera. Véase Mapa 5.1.5.1. y 5.1.5.2.



Mapa 5.1.5.1. Modelo espacial del grado de vulnerabilidad social (GVS), Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el índice de GVS, 2015).



Mapa 5.1.5.2. Modelo espacial del grado de vulnerabilidad social (GVS), Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el índice de GVS, 2015).

5.2. Estimación de la Vulnerabilidad Física

Una manera de cuantificar la vulnerabilidad física del municipio de Zapotlán el Grande es a través del componente físico, esté componente engloba las variables que describen los inventarios de información (infraestructura o sistemas) georreferenciada que se identifican en el municipio. La vulnerabilidad física está directamente relacionada con las capacidades que tienen la infraestructura o sistema de soportar los embates a los que se ve sometido por los peligros geológicos e hidrometeorológicos.

De acuerdo con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos CENAPRED 2004a, define la vulnerabilidad como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas.

Basados en la definición anterior es que la vulnerabilidad física está en función de la cuantificación en términos físicos y es expresada como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través de una función matemática o matriz de vulnerabilidad con valores entre cero y uno. Cero implica que el daño sufrido ante un evento de cierta intensidad es nulo, y uno, implica que este daño es igual al valor del bien expuesto. De dos bienes expuestos uno es más vulnerable si, ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad, sufre mayores daños.



Figura 5.2.1. Modelo de Vulnerabilidad Física para el municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia, 2015).

A partir del modelo de vulnerabilidad para el municipio de Zapotlán el Grande, se construye la variable del tema hidráulica que integra información del Sistema de Agua Potable de Zapotlán (SAPAZA), la información se encuentra en formato vectorial con extensión (dwg de AutoCad), es necesario procesar la información para adecuarla a sistemas de información geográfica con extensión (Shapefile), una vez procesada la información vectorial se trabaja a nivel de base de datos donde se especifican las características y atributos propios de la infraestructura; el proceso de tratamiento de la información antes descrito será para todas la variables del componente físico. Véase Tabla 5.2.1.

Tipo infraestructura hidráulica	Número/infraestructura
Acueducto	9
Cárcamo	4
Fosa séptica	2
Planta de tratamiento de agua residual	2
Pozo	31
Rebombeo	1
Tanque	21
Tanque (bombeo)	3
Tanque de agua	62
Red de agua potable	285 Km
Red de drenaje	220 Km

Tabla 5.2.1. Infraestructura que integra la variable de Hidráulica. (Fuente: Elaboración propia con base en información del Sistema de Agua Potable de Zapotlán, SAPAZA, 2014.)

Para determinar la variable de administración pública se integró cartografía de dos fuentes, la primera del Plan de Centro de Población del municipio de Zapotlán el Grande (Obras Públicas) y la segunda del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE-INEGI), esta variable se caracteriza por registrar edificaciones de los tres órdenes de gobierno. Véase Tabla 5.2.2.

Administración	Número
Estatal	26
Federal	18
Municipal	69
Otros	6
Total	119

Tabla 5.2.2. Infraestructura que integra la variable de administración pública. (Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Centro de Población 2014 y DENUE-INEGI 2014).

Las variables de servicio y comercio se integran en su totalidad del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE-INEGI), en estas variables se registra únicamente los establecimientos de administración pública, esto debido a que se tiene una mayor certeza con la temporalidad de la información. Véase Tablas 5.2.3. y 5.2.4.

Comercio	Número
Lechería LICONSA	2
Mercado	8
Tienda del IMSS 25	1
Tienda ISSSTE 83	1
Tienda LICONSA	1
Total	13

Tabla 5.2.3. Infraestructura que integra la variable de comercio. (Fuente: (DENUE-INEGI) Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014).

Servicio	Número
D.A.R.E de Zapotlán el Grande	1
Estación de carburación	2
Fiscalía general del estado de Jalisco	1
Gasolinera	6
Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses	1
Juzgado municipal adjunto a la dirección de Seguridad Pública Tránsito y Vialidad	1
Juzgado Regional Especializado en Justicia integral para adolecentes	1
Juzgado sin nombre	1
Oficina MP	1
Protección Civil	1
Protección Civil y Bomberos	1
Total	17

Tabla 5.2.4. Infraestructura que integra la variable de servicio. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI 2014).

En la variable de comunicaciones integramos los inventarios del Plan de Centro de Población municipio de Zapotlán el Grande (Obras Públicas) y de la Cartografía Catastral (Catastro), en esta variable se integran infraestructura de tipo eléctrica, telecomunicaciones, de correo y de transferencia de combustible.

En esta variable se caracteriza por incluir infraestructura con cobertura municipal y en su mayoría a nivel de la cabecera municipal de Ciudad Guzmán. Véase Tabla 5.2.5.

Infraestructura	Número
Comunicaciones	
Corréos de México	1
Telecomunicaciones de México	1
Ducto de gas	
Ducto de gas	1
Línea de transmisión	
Una línea en postería doble (h)	2
Una línea en postería sencilla	34
Una línea en torres de acero	4
Poste eléctrico	10,447
Subestación eléctrica	2
Telefónica	
Línea de comunicación en operación telefónica	6
Línea de comunicación fuera de uso telefónica	4
Telegráfica	
Línea de comunicación fuera de uso telegráfica	3
Total	10,504

Tabla 5.2.5. Infraestructura que integra la variable comunicaciones. (Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Centro de Población, 2014).

La variable de educación integra la infraestructura de planteles del sector público y privado, proveniente del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE-INEGI), en algunos casos se completó con información de la Secretaria de Educación Jalisco (SEJ). Véase Tabla 5.2.6.

Infraestructura	Número
Escuelas	167

Tabla 5.2.6. Infraestructura que integra la variable educación. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014).

Para la variable de salud se decidió integrar lo referente al DENUE-INEGI, servicios de salud públicos. Véase Tabla 5.2.7.

Infraestructura	Número
Servicio médico	12

Tabla 5.2.7. Infraestructura que integra la variable de salud. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014).

En la variable de transporte se integra un inventario de varias fuentes de información, debido a que su representación espacial es de dimensión lineal, encontramos información vectorial de vías de comunicación del INEGI, El Atlas de Caminos y Carreteras del Instituto de Información Estadística y Geográfica, e Infraestructura del Plan Metropolitano de Zapotlán el Grande. Véase Tabla 5.2.8.

Infraestructura	Kilómetros
Acueducto	23.7
Brecha	170.6
Carretera pavimentada	75.3
Gasoducto	11.2
Infraestructura agua	50.7
Línea de transmisión	97.3
Pista aviación	1.6
Telefonía	32.6
Telegráfica	8.0
Terracería	85.3
Vereda	125.4
Vías ferrocarril	20.2
Total	701

Tabla 5.2.8. Infraestructura que integra la variable transporte. (Fuente: Elaboración propia con base en vías de comunicación INEGI 2000, ACCEJ 2012 y Plan Metropolitano de Zapotlán el Grande, 2013-2014).

La variable de vivienda está definida a partir de la cobertura de predios extraída de la cartografía catastral. Véase Tabla 5.2.9.

Infraestructura	Número
Predios	40,023

Tabla 5.2.9. Infraestructura que integra la variable vivienda. (Fuente: Elaboración propia con base en la cartografía catastral Ciudad Guzman, 2014).

La variable de población se estima a nivel de manzana para la zona urbana de Ciudad Guzmán y a nivel de localidad en la zona rural del municipio, con base en los principales resultados por localidad (ITER), 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Véase Tabla 5.2.10.

Población	Número
Habitantes	100,534

Tabla 5.2.10. Infraestructura que integra la variable población. (Fuente: Elaboración propia con base en el ITER, 2010).

Por último la variable de agricultura se elaboró en conjunto con personal de la dirección Agropecuario, elaborando la carta de cultivos del municipio de Zapotlán el Grande. Véase Tabla 5.2.11.

Cultivo	Hectáreas
Agave	218
Agostadero	8
Aguacate	3,836
Alfalfa	471
Arándano	445
Frambuesa	1,371
Fresa	78
Granada	54
Jitomate	163
Maíz	5,804
Sorgo	442
Zarzamora	32
Total	12,924

Tabla 5.2.11. Infraestructura que integra la variable cultivo. (Fuente: Elaboración propia a partir de la carta de agricultura, 2015).

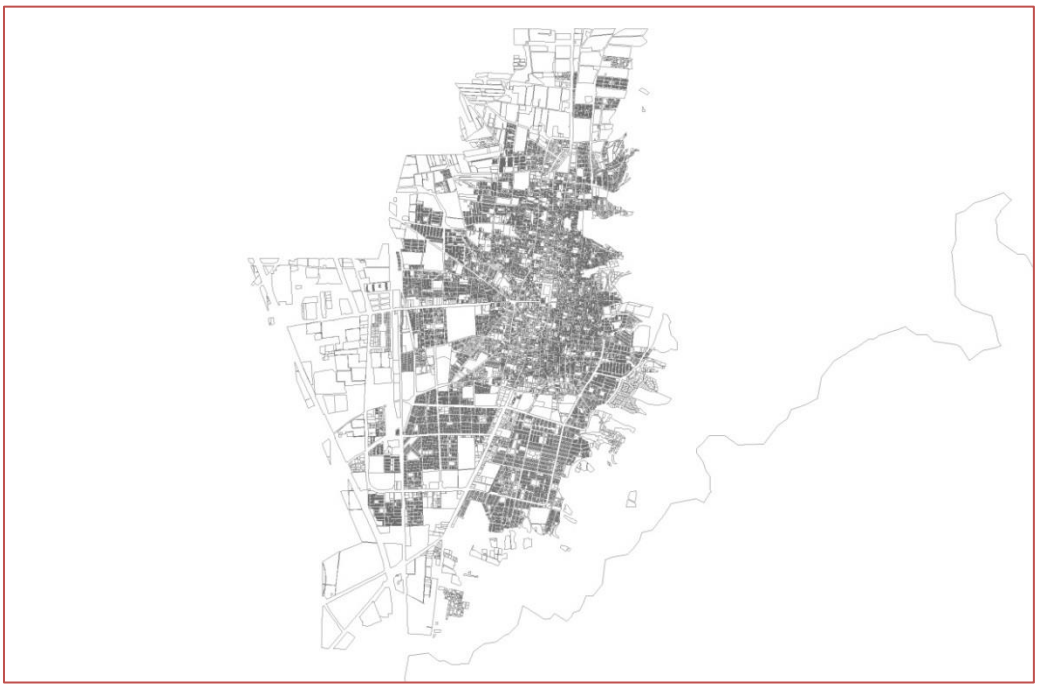
A partir de las variables del componente físico para determinar la vulnerabilidad física de los sistemas expuestos, es necesario normalizar las variables a una misma geometría espacial, que para fines prácticos sería polígono; una vez normalizadas las variables es que se integran en cuatro coberturas.

Cobertura de infraestructura que contiene aproximadamente 11,036 registros e integra las variables de hidráulica, administración pública, servicio, comercio, comunicaciones, educativo, salud, transporte. Véase Mapa 5.2.1.



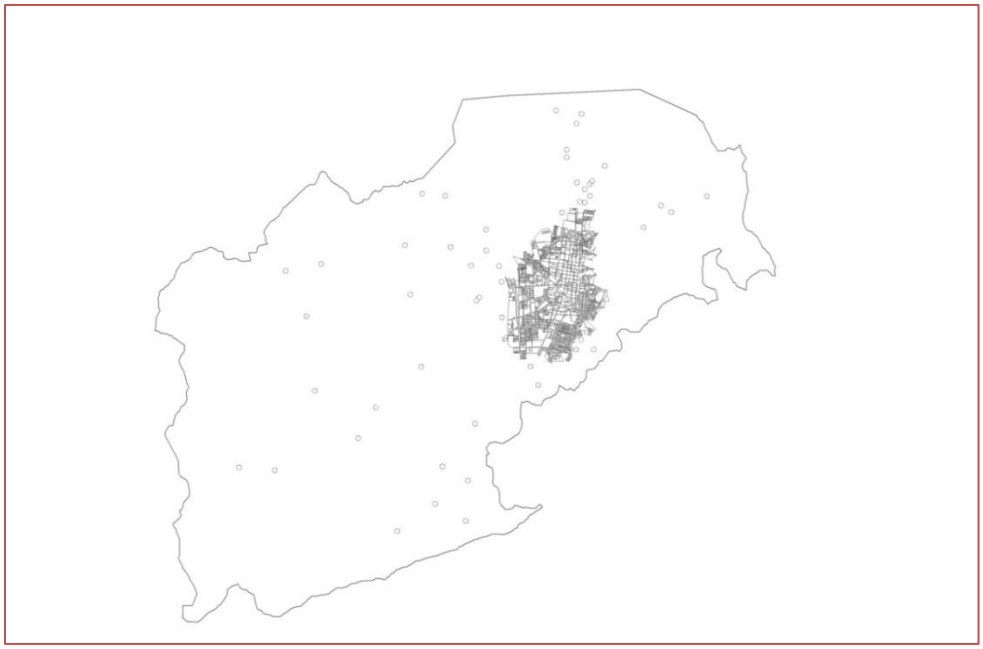
Mapa 5.2.1 . Mapa cobertura de infraestructura, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).

La segunda cobertura corresponde a la de predios, integra 40,023 registros de la variable de vivienda. Véase Mapa 5.2.2.



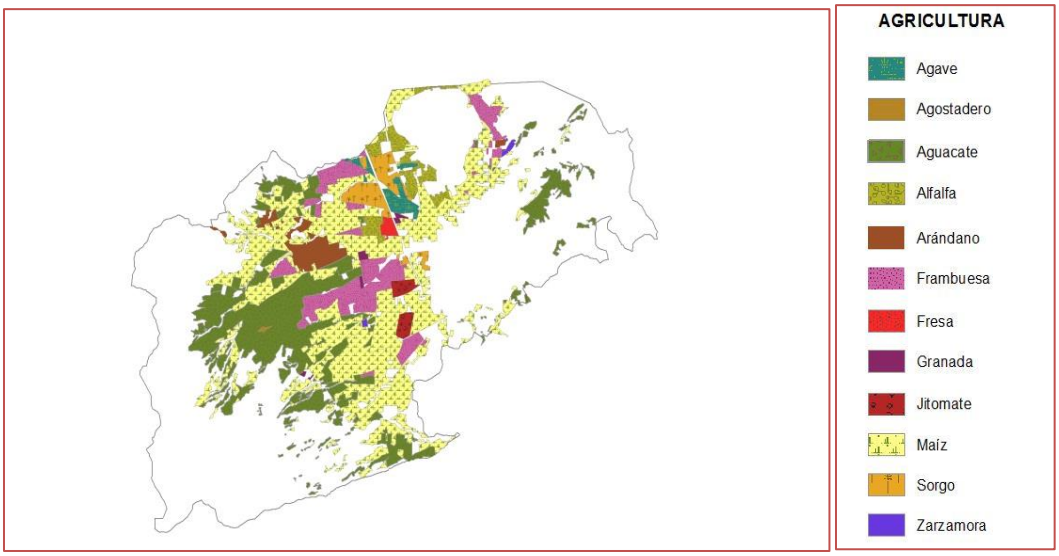
Mapa 5.2.2. Mapa cobertura de predios, Ciudad Guzmán, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).

La tercera cobertura corresponde a lo poblacional sumando un total de 100,534 habitantes residentes del municipio. Véase Mapa 5.2.3.



Mapa 5.2.3. Mapa cobertura de Población, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).

La cuarta corresponde a la cobertura de cultivos registrando un total de 12,924 hectáreas cultivadas. Véase Mapa 5.2.4.

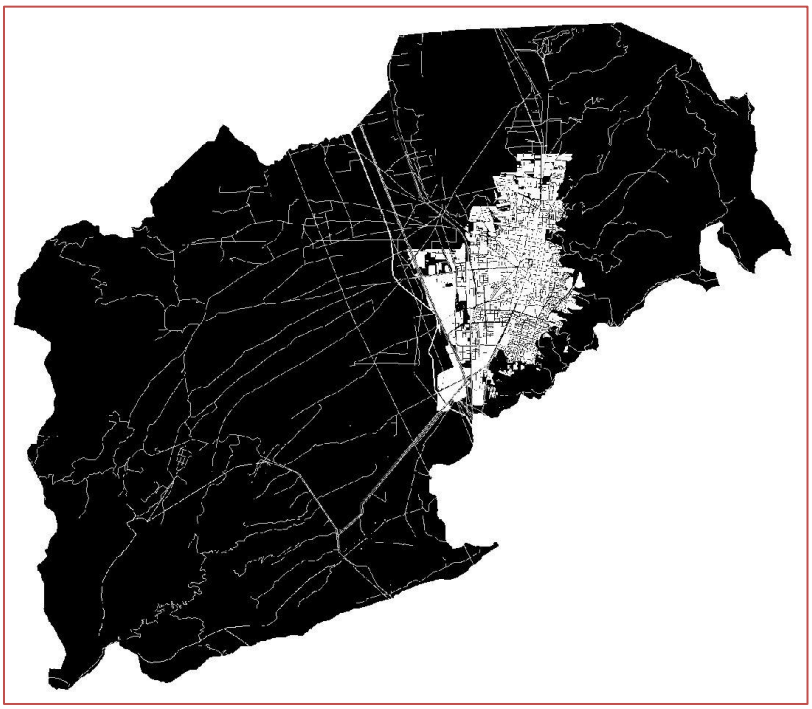


Mapa 5.2.4. Mapa cobertura de Cultivo, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).

Una vez integrada las coberturas se propone determinar la vulnerabilidad física utilizando una versión modificada de la metodología que plantea el International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) de la Universidad de Twente, Holanda; en esta metodología los valores para la vulnerabilidad física son ponderados por cada experto, tomando en cuenta al peligro que se está estudiando y su intensidad.

Basados en la metodología anterior se realizaran las valoraciones del peligro, es necesario procesar las coberturas del componente físico en mapas matriciales, estos mapas son el resultado de las funciones de vulnerabilidad e implican la asignación de valores entre cero y uno, con respecto a que tan vulnerable es a la exposición del peligro y este a su vez a la función del riesgo que se esté determinado.

Asimismo, los mapas matriciales en función de la exposición y su vulnerabilidad, se elaboran para todos los peligros existentes en el municipio. Como ejemplo; se integra el mapa matricial de vulnerabilidad física con respecto a la evaluación del peligro a fallas presente en el municipio, este mapa integra las coberturas de infraestructura, predios y población a nivel municipal. Véase Mapa 5.2.5.



Mapa 5.2.5. Mapa matricial de vulnerabilidad física para la estimación del riesgo por fallas, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de coberturas, 2015).

Otro ejemplo, Es el mapa matricial de vulneravilidad fisica para la evaluación del riesgo a sequía presente en el municipio, este mapa integra las coberturas de infraestructura, predios, población y cultivos, siendo la variable de cultivo la de mayor vulnerabilidad al peligro. Véase Mapa 5.2.6.



Mapa 5.2.6. Mapa matricial de vulnerabilidad física para la estimación del riesgo por sequía, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de coberturas, 2015).

A continuación listamos los mapas matriciales de vulnerabilidad física que se elaboraron con respecto a la valoración de cada peligro determinado:

Los mapas de vulnerabilidad física para los peligros de tipo Geológico que se identifican en el municipio de Zapotlán el Grande, afectando en su mayoría a la población que habita en la zona urbana de Ciudad Guzmán y a la cuenca de Zapotlán, son fallas y fracturas, sismos, hundimientos, licuefacción, erosión, vulcanismo con el fenómeno de caída de ceniza, inestabilidad de laderas que incluye deslizamientos, flujo de lodo, tierra, suelo y avalancha de detritos.

Por otra parte los mapas de vulnerabilidad física con evaluación de tipo Hidrometeorológicos que inciden en el municipio de Zapotlán el Grande en mayor medida son: inundaciones, sequías, vientos, tormentas eléctricas, nevadas, heladas y temperaturas extremas.

Bibliografía

CENAPRED (2001), Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre 2001-2006, Una población más segura ante fenómenos perturbadores, primera edición 2001.

CENAPRED (2006), Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social), primera edición noviembre 2006.

Flores, C. L., López, B.O., Pacheco, M.M., Reyes, S.C., Rivera, V.D., García, A.N., Marín, C.R., Méndez, E. K., Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social), México DF, 2006.

García, S.J. y Espadas, S. A., Análisis de vulnerabilidad física y medidas de mitigación del sistema de agua potable de Telchac Puerto ante la amenaza de huracanes Ingeniería [en linea] 2004, 8 (mayo-agosto) [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2015] Disponible en:**<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46780205>** ISSN 1665-529X.

Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social).

Instituto de Investigaciones Sociales, UABC, ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE MEXICALI, B.C. Mexicali B.C. México, 2011.

Kuroiwa, J., "Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza", Lima, Enero 2002.

Servicios Ambientales Profesionales S.C., Atlas Riesgo Naturales del Municipio de Ameca, estado de Jalisco, Zapopan Jalisco México, 2011.

Índice de Figuras, Mapas y Tablas

Figuras

Figura 5.1.3.1. Cuestionario para evaluar capacidad de respuesta V-10
Figura 5.2.1. Modelo de Vulnerabilidad Física para el municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia, 2015). V-18

Tablas

Tabla 5.1.2.1. Índice de rezago social por localidad, municipio de Zapotlán el Grande. (Fuente: Índice rezago social 2010, CONEVAL).....V-6
Tabla 5.1.3.1. Resultado de la capacidad de respuesta. (Fuente: CENAPRED 2006ª). V-11
Tabla 5.1.4.1. Tabla de rangos (percepción local del riesgo zona rural). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).....V-12

Tabla 5.1.4.2. Tabla de rangos (percepción local del riesgo zona urbana). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).....V-13
Tabla 5.1.4.3. Tabla de rangos (percepción local del riesgo sector salud y educación). (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).....V-13
Tabla 5.1.5.1. Tabla de rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social. (Fuente: Elaboración propia con base CENAPRED 2006ª).....V-16
Tabla 5.2.1. Infraestructura que integra la variable de Hidráulica. (Fuente: Elaboración propia con base en información del Sistema de Agua Potable de Zapotlán, SAPAZA, 2014.) V-19
Tabla 5.2.2. Infraestructura que integra la variable de administración pública. (Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Centro de Población 2014 y DENUE-INEGI 2014). V-20
Tabla 5.2.3. Infraestructura que integra la variable de comercio. (Fuente: (DENUE-INEGI) Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014). V-20
Tabla 5.2.4. Infraestructura que integra la variable de servicio. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI 2014). V-20
Tabla 5.2.5. Infraestructura que integra la variable comunicaciones. (Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Centro de Población, 2014).....V-21
Tabla 5.2.6. Infraestructura que integra la variable educación. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014). V-22
Tabla 5.2.7. Infraestructura que integra la variable de salud. (Fuente: Elaboración propia con base DENUE-INEGI, 2014). V-22
Tabla 5.2.8. Infraestructura que integra la variable transporte. (Fuente: Elaboración propia con base en vías de comunicación INEGI 2000, ACCEJ 2012 y Plan Metropolitano de Zapotlán el Grande, 2013-2014). V-22
Tabla 5.2.9. Infraestructura que integra la variable vivienda. (Fuente: Elaboración propia con base en la cartografía catastral Ciudad Guzman, 2014).....V-23
Tabla 5.2.10. Infraestructura que integra la variable población. (Fuente: Elaboración propia con base en el ITER, 2010). V-23
Tabla 5.2.11. Infraestructura que integra la variable cultivo. (Fuente: Elaboración propia a partir de la carta de agricultura, 2015). V-23

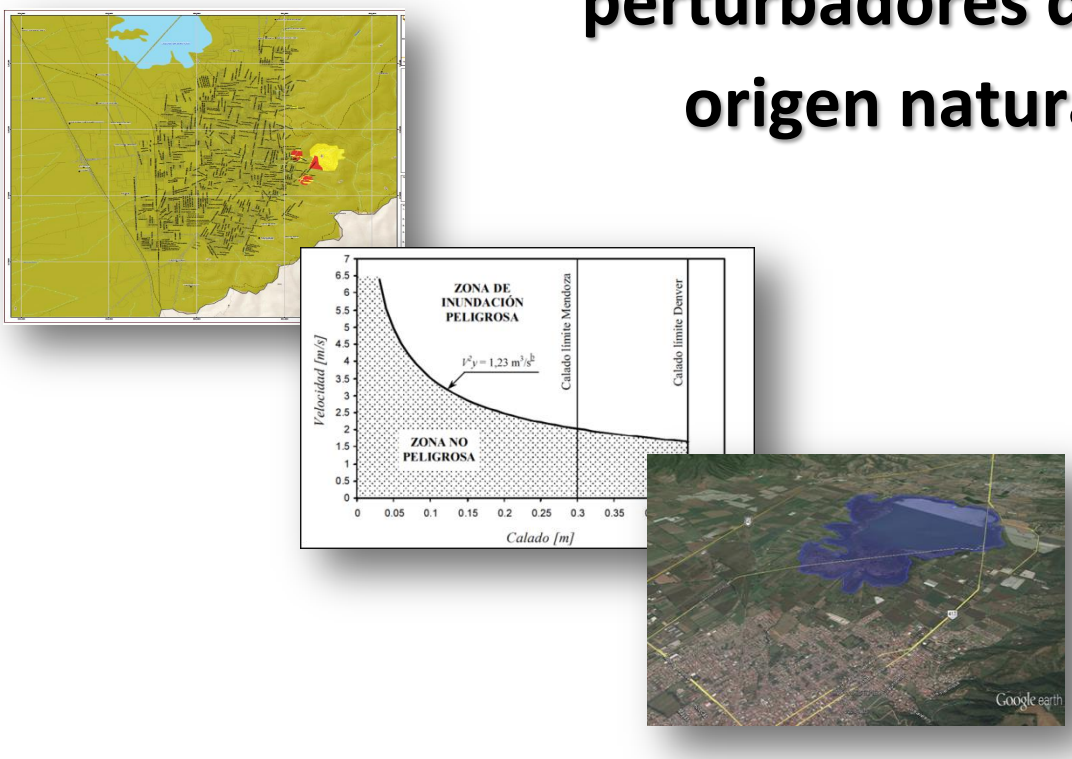
Mapas

Mapa 5.1.2.1. Modelo de rezago social a nivel municipal, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en el Índice rezago social 2010, CONEVAL). V-6
Mapa 5.1.2.2. Modelo de rezago social a nivel Ageb, Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el Índice rezago social 2010, CONEVAL). V-7
Mapa 5.1.4.1. Modelo espacial de percepción local del riesgo, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en el resultado de las encuestas de percepción local del riesgo, 2015). V-15
Mapa 5.1.5.1. Modelo espacial del grado de vulnerabilidad social (GVS), Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el índice de GVS, 2015). V-17
Mapa 5.1.5.2. Modelo espacial del grado de vulnerabilidad social (GVS), Ciudad Guzmán. (Fuente: Elaboración propia con base en el índice de GVS, 2015). V-17
Mapa 5.2.1 . Mapa cobertura de infraestructura, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).....V-24

Mapa 5.2.2. Mapa cobertura de predios, Ciudad Guzmán, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).....V-25
Mapa 5.2.3. Mapa cobertura de Población, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).....V-25
Mapa 5.2.4. Mapa cobertura de Cultivo, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de variables, 2015).....V-26
Mapa 5.2.5. Mapa matricial de vulnerabilidad física para la estimación del riesgo por fallas, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de coberturas, 2015). V-27
Mapa 5.2.6. Mapa matricial de vulnerabilidad física para la estimación del riesgo por sequía, Zapotlán el Grande. (Fuente: Elaboración propia con base en la integración de coberturas, 2015). V-28

Capítulo VI

Identificación de Riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural



Contenido

Capítulo VI. Descripción de Riesgos y Obras de Mitigación

6.1. Geológico VI-3

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

6.2. Hidrometeorológico VI-56

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

Bibliografía VI-89

Índice de Fotografías, Gráficas, Imágenes, Mapas, y Tablas VI-89

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.

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

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

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 riego 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.

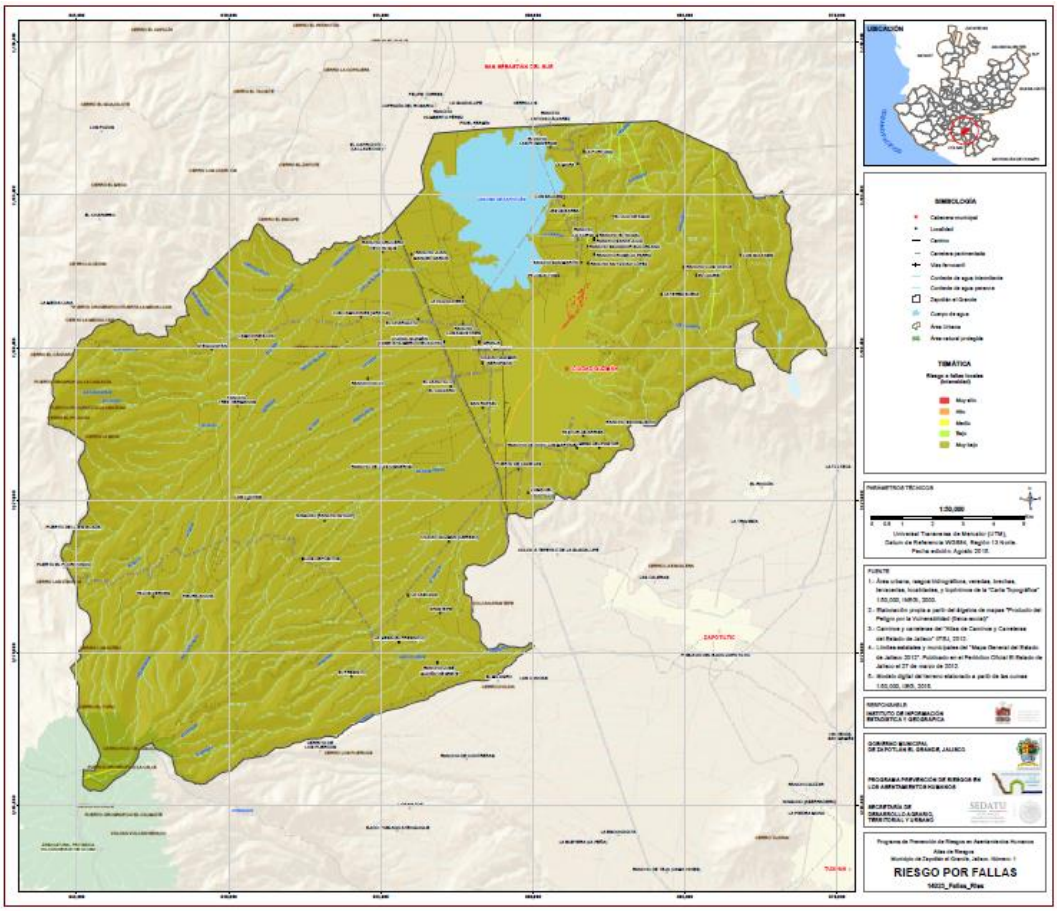
La intensidad de riesgo medio por erosión corresponde a las zonas del Volcán y sus estratos representa cerca del 32% del municipio, se caracteriza por terrenos con fuertes pendientes, donde los suelos dominantes de origen volcano-sedimentario de texturas media y gruesa facilitan la infiltración superficial. De acuerdo con el mapa de riesgo las localidades como: "El Fresnito" 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.

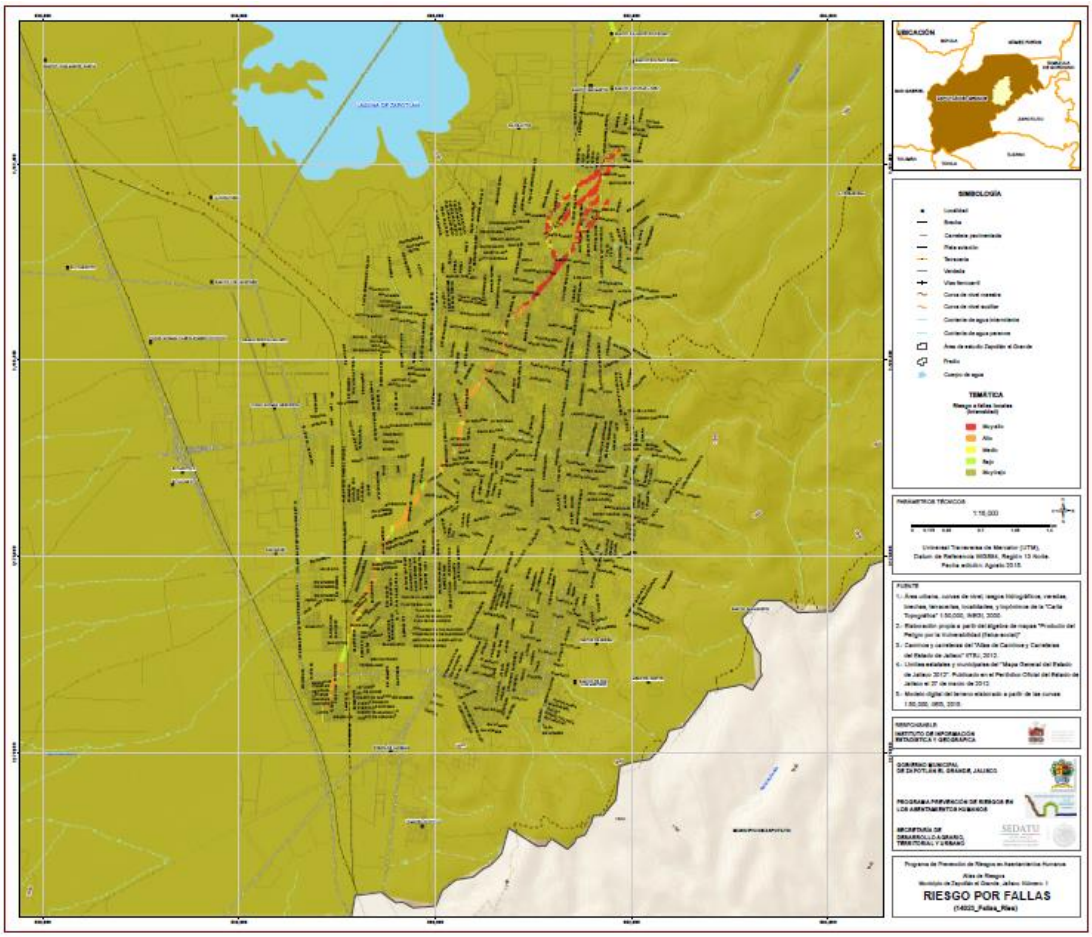
6.1.1. Riesgo por Falla

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.

Riesgo	Longitud en metros	Longitud en kilómetros
Alto	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
Medio	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
Muy alto	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 determinar tamaños de bloques, mecanismos de deformación de bloques o cuñas, patrones específicos de deslizamiento.

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

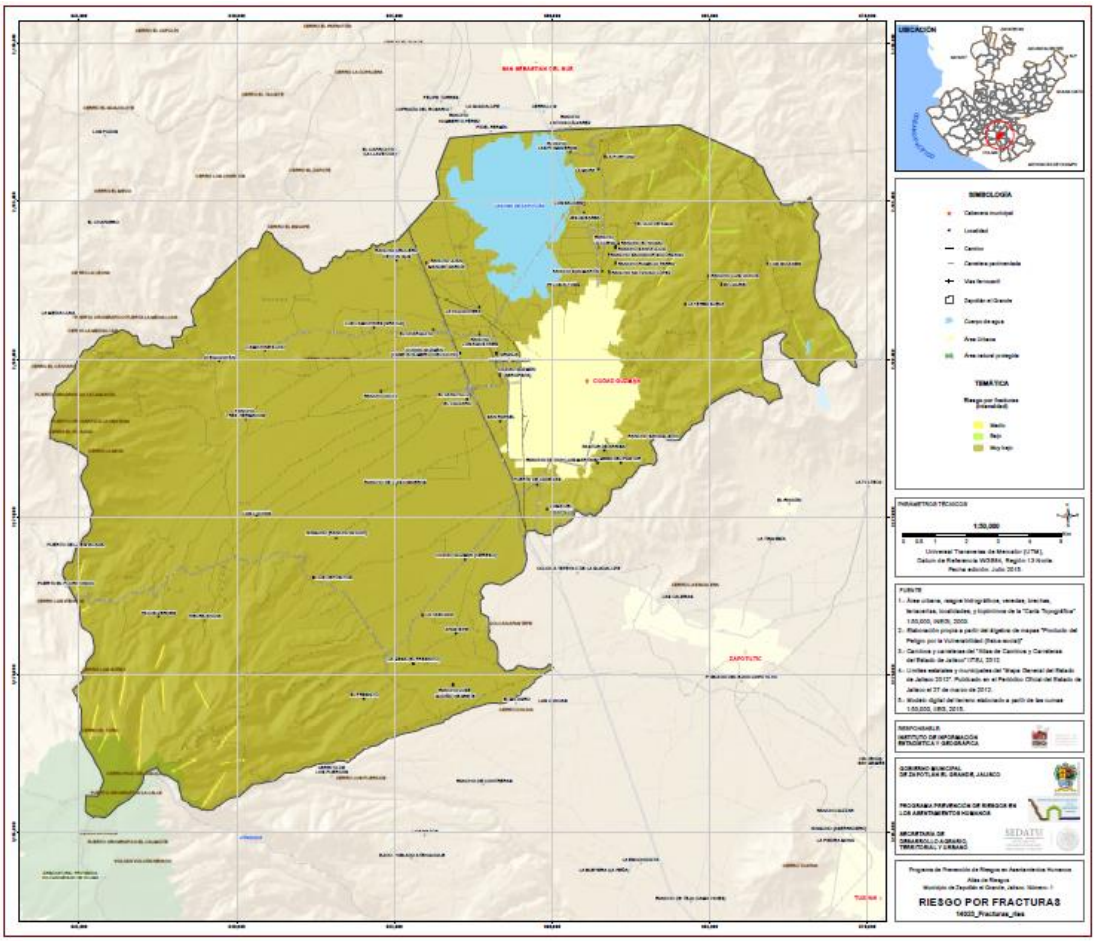
condiciones de riesgo por fractura y su integración en el diseño y construcción de una obra de ingeniería mediante soluciones acordes a la naturaleza del terreno y al medio ambiente, es uno de los principales objetivos de la Ingeniería Geológica.

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
Alto	473.01506	0.47301506
brecha	141.959	0.141959
terracería	125.83086	0.12583086
vereda	205.2252	0.2052252
Medio	165.154905	0.165154905
acueducto	126.74336	0.12674336
brecha	15.7174	0.0157174
terracería	22.694145	0.022694145
Muy alto	684.7172	0.6847172
Acueducto	684.7172	0.6847172

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

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 desfasamiento 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 desfasamiento 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.

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

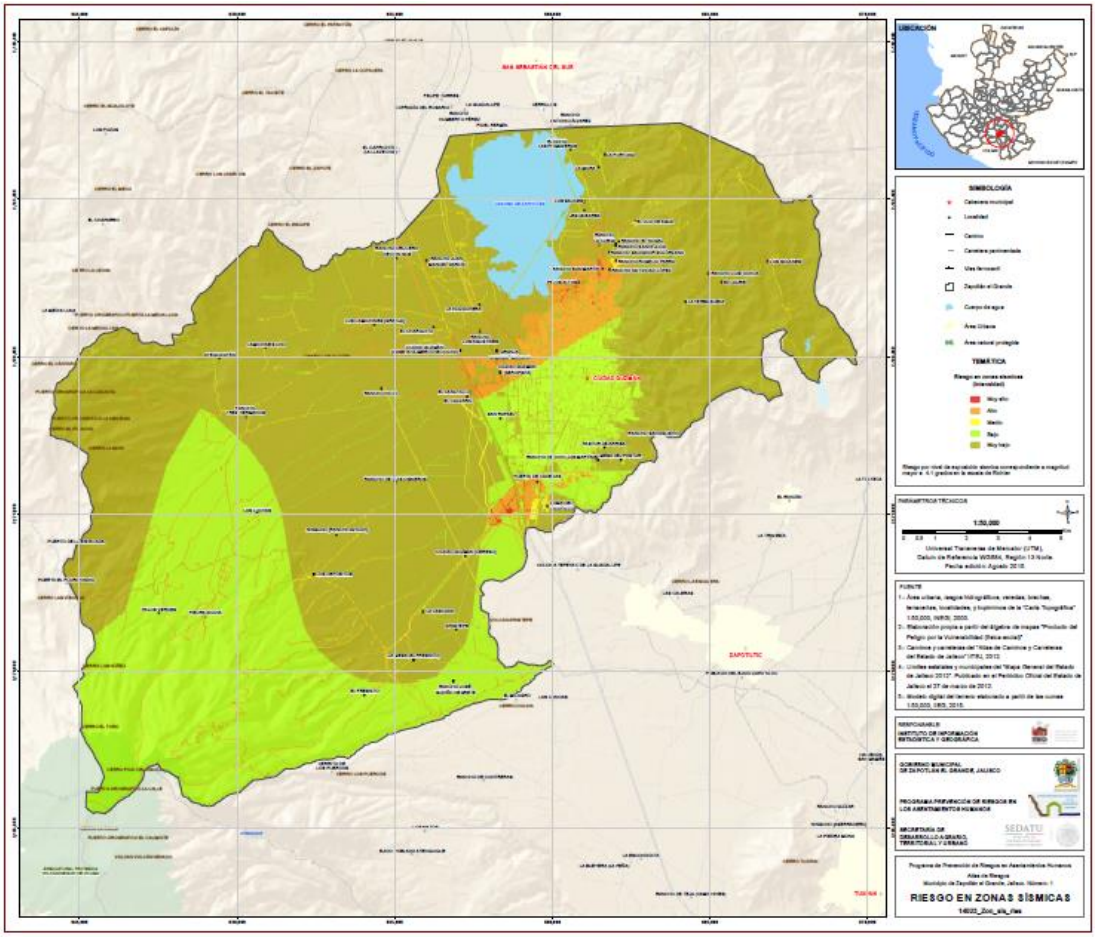
El análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas ha carecido tradicionalmente de estudios que lo aborden de forma integral. En general, o bien sólo se consideran los aspectos relacionados con la calidad en la edificación sin tener en cuenta el efecto de sitio, o bien sólo se estudia la peligrosidad. La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

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 (Mw = 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.

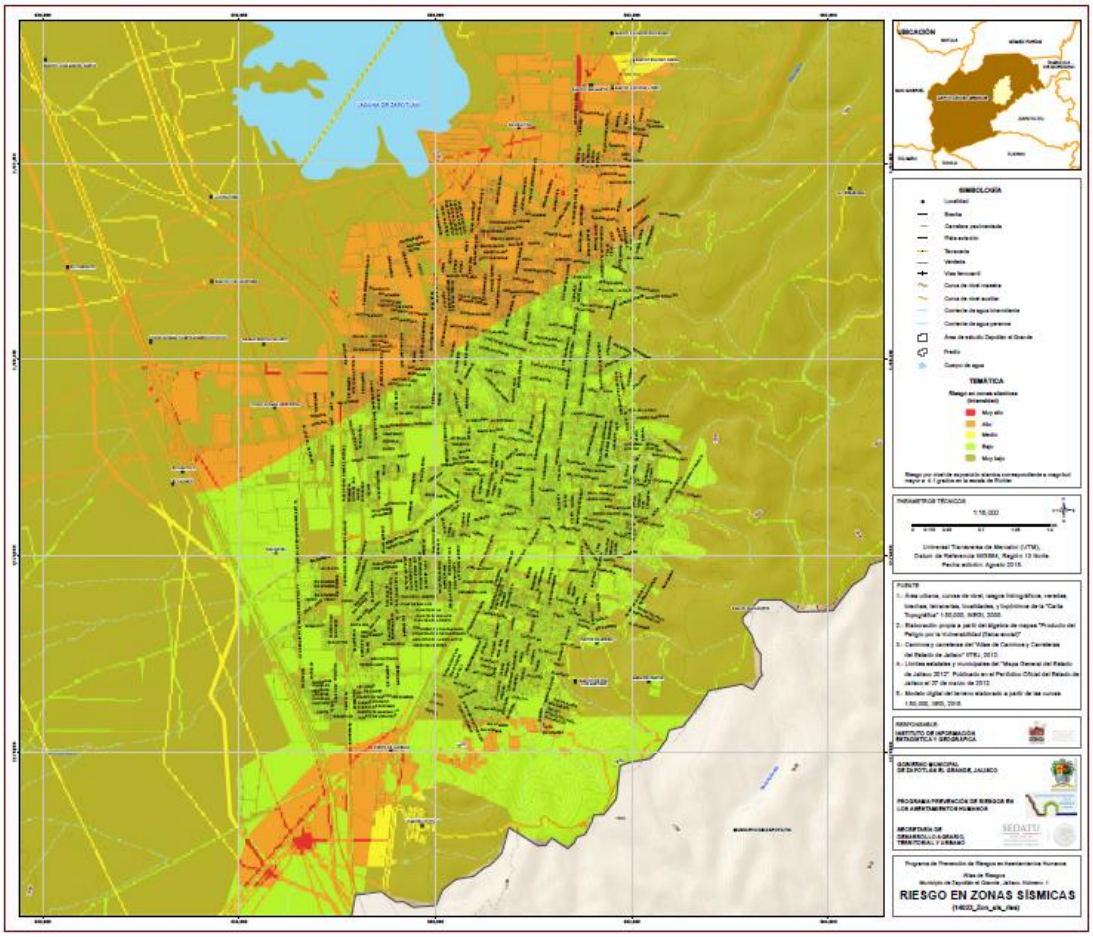
El riesgo sísmico calibra la probabilidad de que se produzca un sismo, el número de víctimas que ocasionaría y cómo afectaría al tipo de construcciones existentes en la zona. Así, una zona de fallas despoblada tendría una peligrosidad sísmica muy alta pero un riesgo sísmico muy bajo. Para disminuir el 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.).



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 sismos de 1985. De

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.

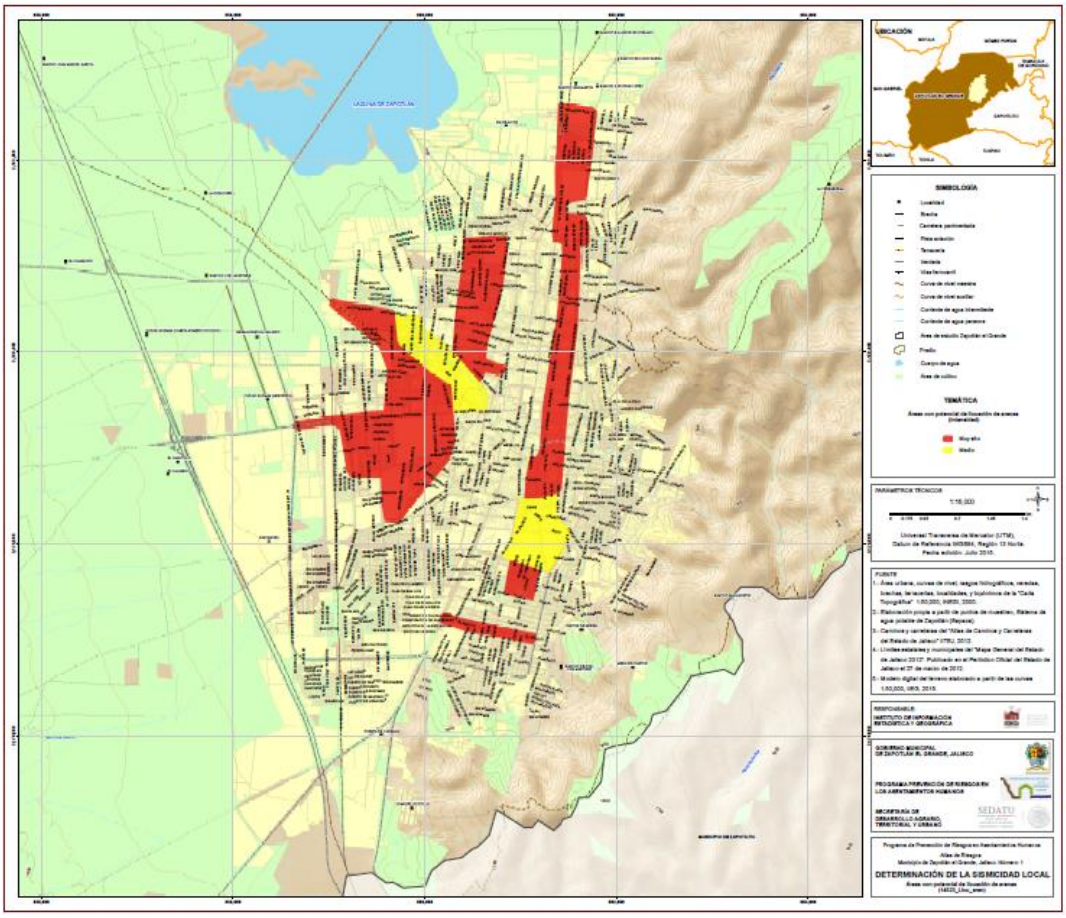
El riesgo recae sobre todas la población incluidas en la cuenca, pero se esperan mayores daños en las áreas que se encuentra en las partes bajas de la cuenca y zonas de debilidad como presencia de Fallas y Fracturas, las cuales corresponden a las zonas con mayor densidad poblacional. El riesgo es mayor 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 incluidas 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

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.

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).

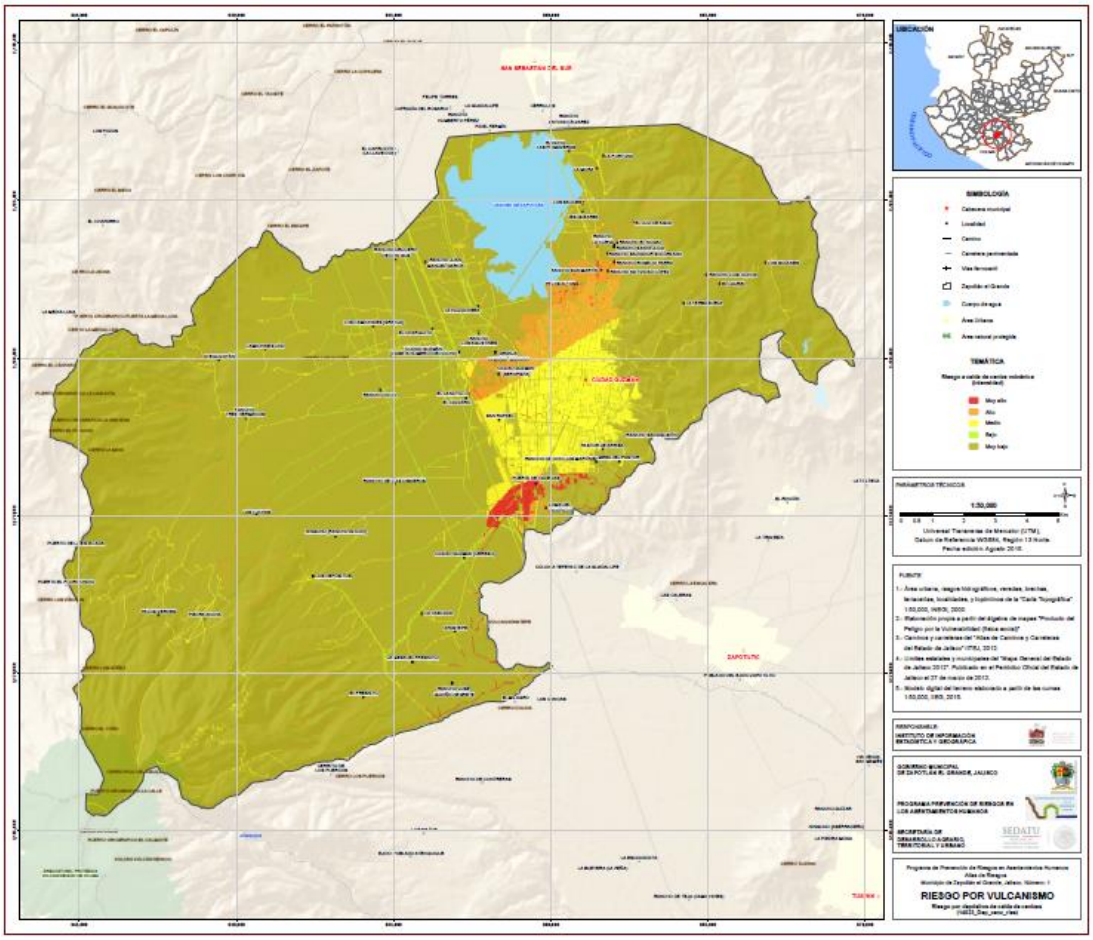
3) Revisar periódicamente posibles fugas en líneas de agua y drenaje a lo largo de la traza de la falla.

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

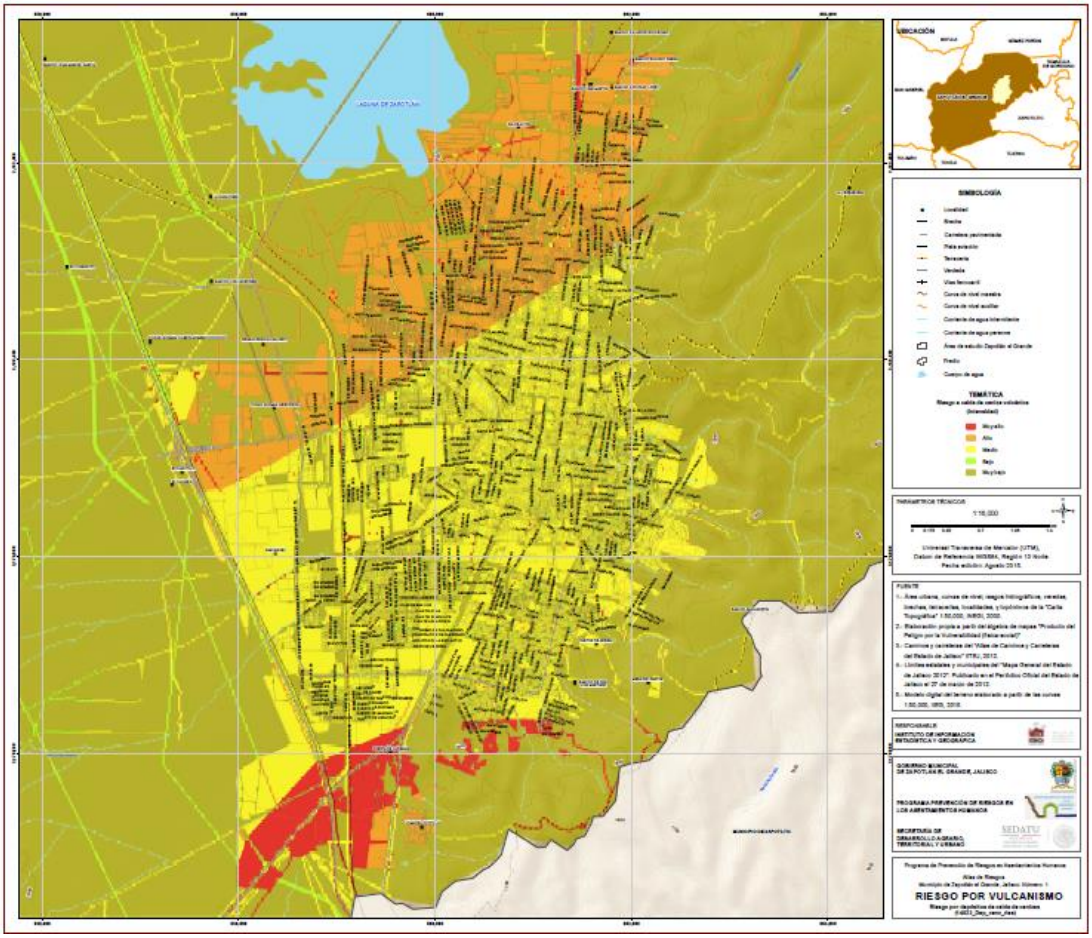
La actividad volcánica es una fuente de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmosfera y centros urbanos (servicios y salud). Dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios 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 la 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.).



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,

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 Km2 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.

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.

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.

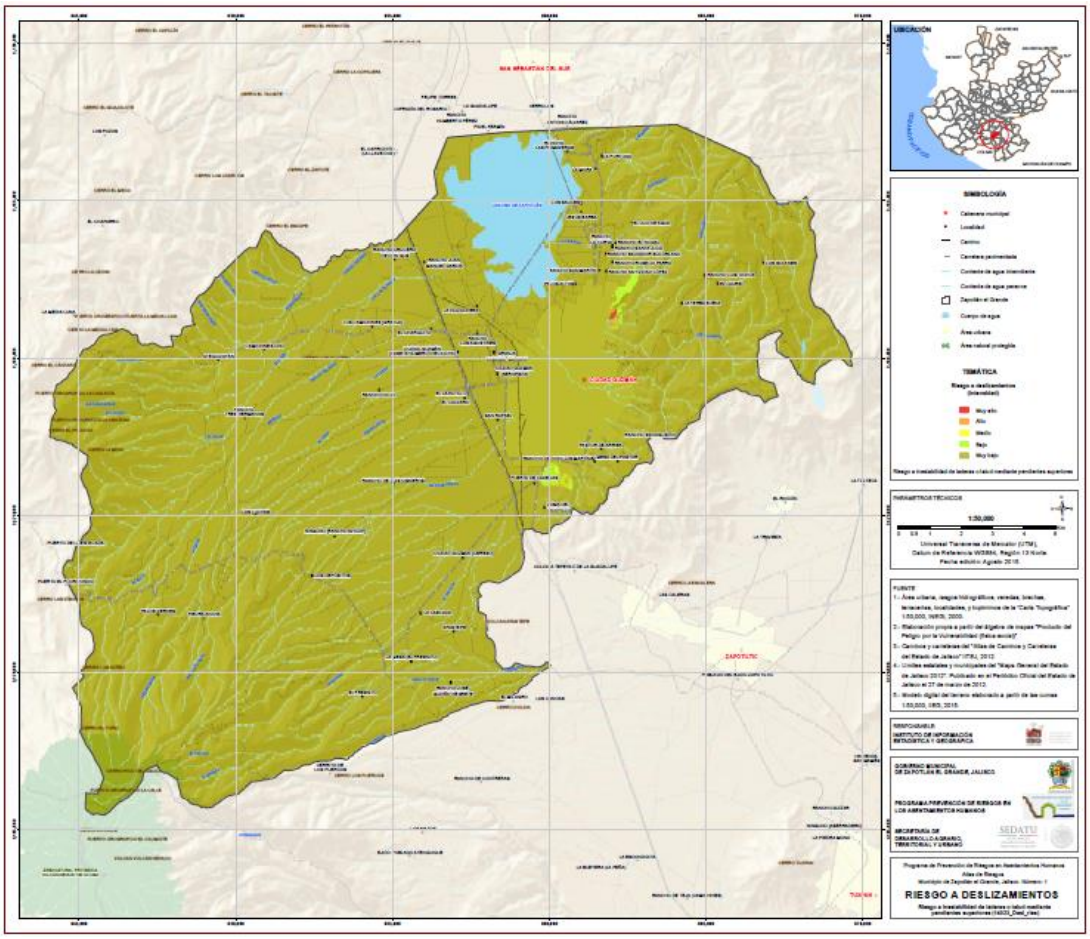
6) Almacenar suficiente agua con anterioridad para al menos una semana (cuatro litros por persona al día); cubrir los tinacos, cisternas y depósitos de agua.

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

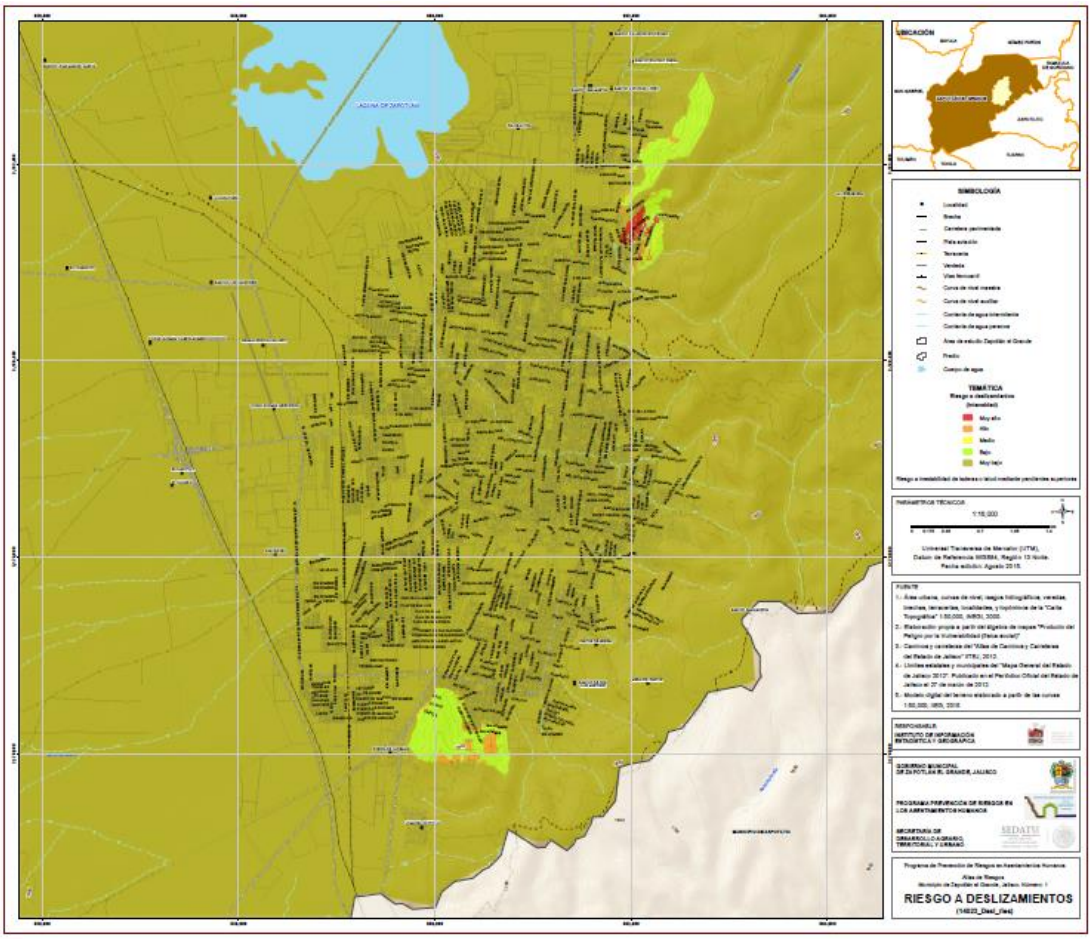
La interpretación de la ocurrencia de futuros deslizamientos ha requerido el conocimiento de las condiciones y procesos que controlan los deslizamientos en el área de estudio. Tres factores físicos a considerar son: la historia, la calidad de las pendientes y la roca firme, son el mínimo de componentes 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.

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.

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.

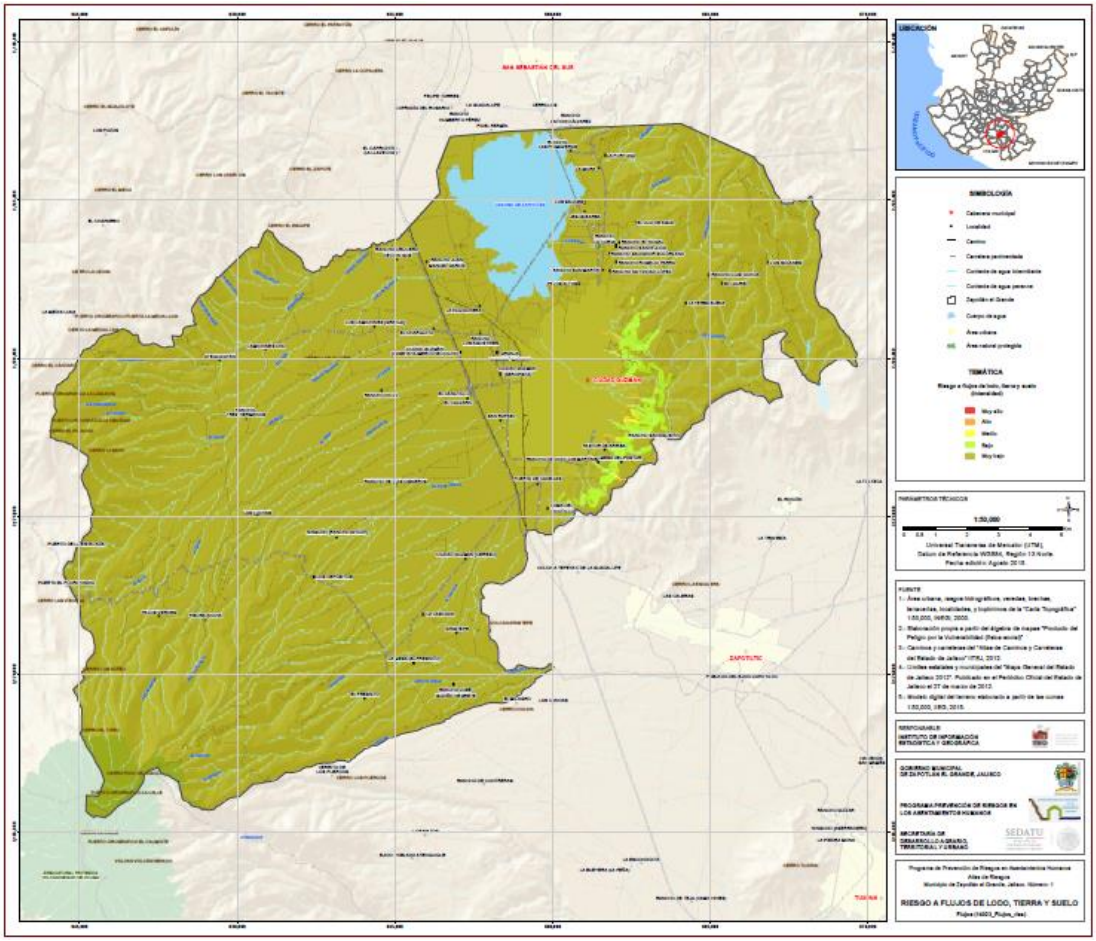
6.1.6. Riesgo por Flujos, Lodo, Tierra y Suelo

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.

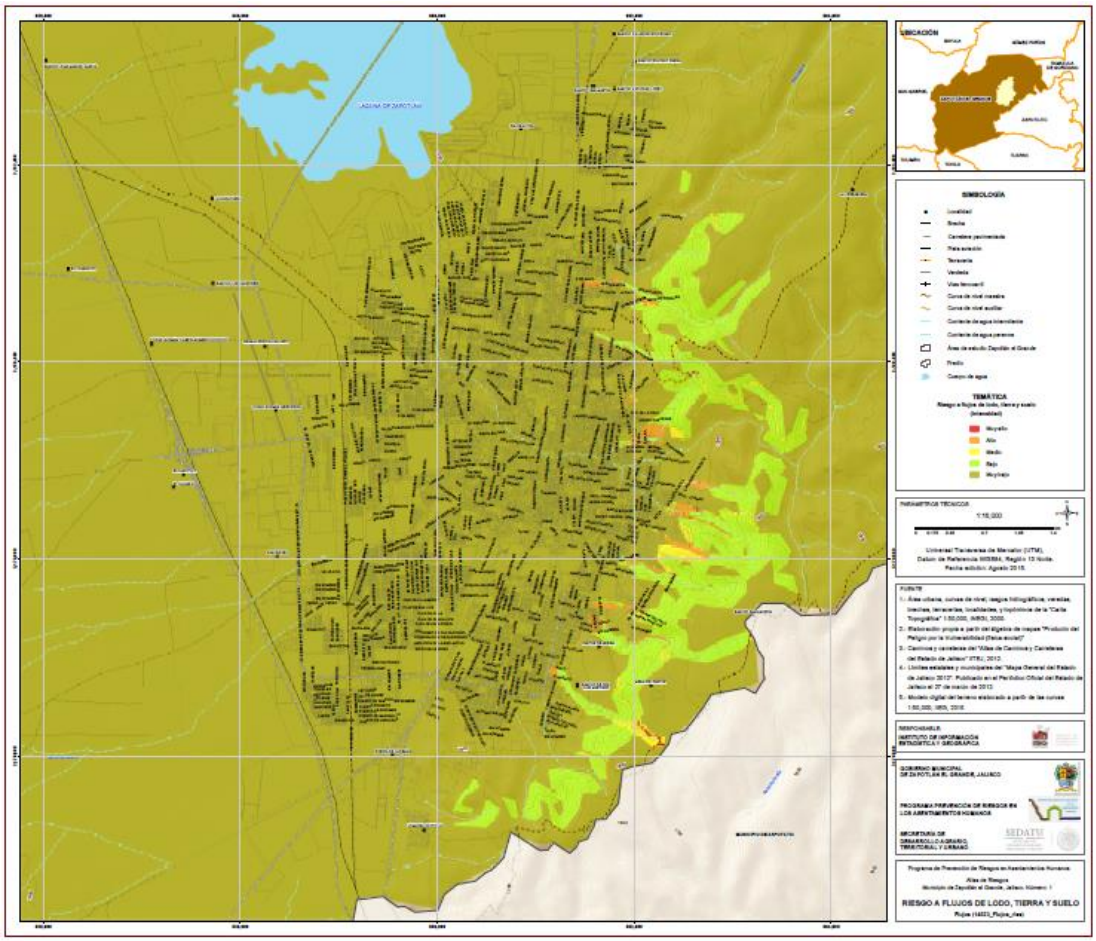
Como se mencionó anteriormente, el Riesgo que representan los flujos corresponden a eventos de erosión en masa que incluyen el desprendimiento, el transporte y la deposición de grandes cantidades de material. Son ocasionados generalmente por influencias de eventos dinámicos del globo terrestre, como 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 6.1.6.1. Mapa de Flujos, lodo, tierra y suelo a nivel Municipal de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015).



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.

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

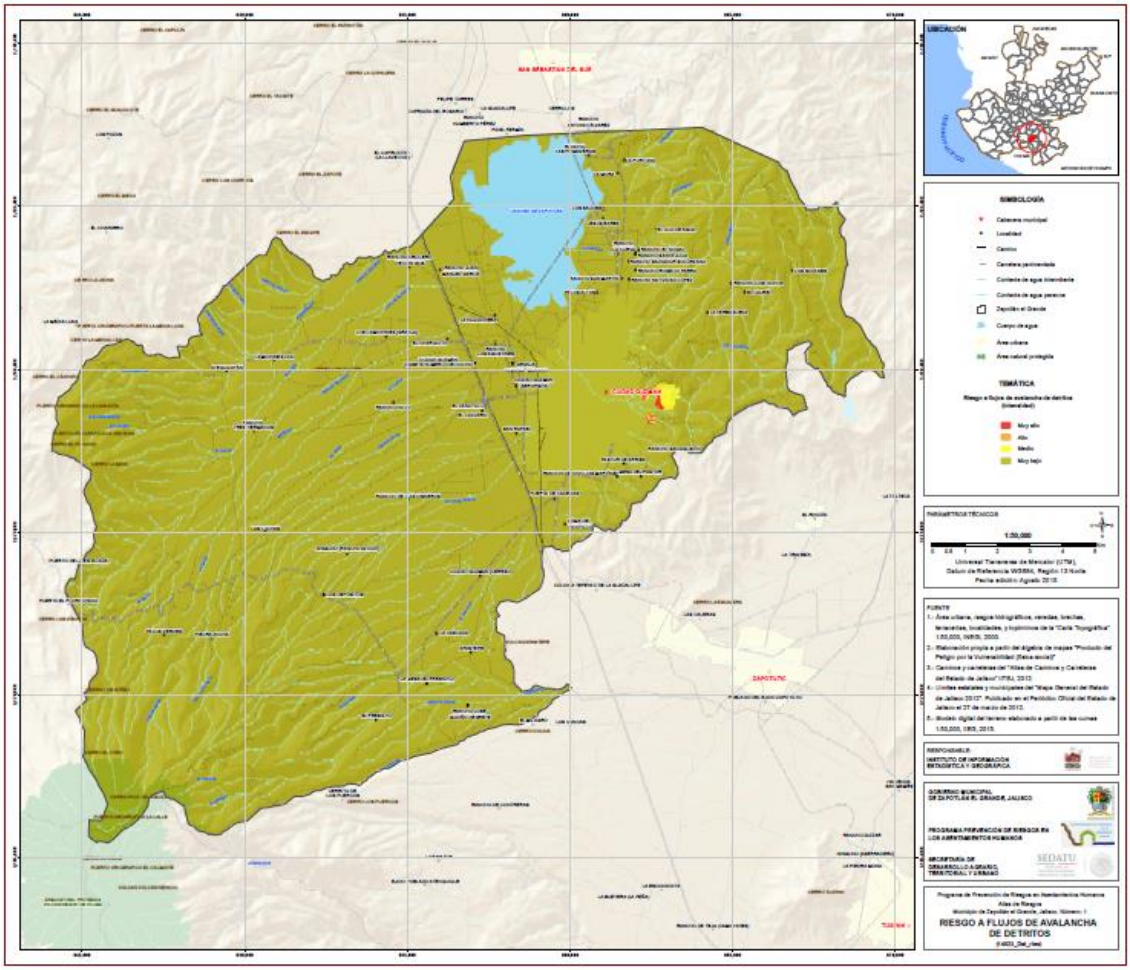
Los Riesgos por flujos de avalanchas de detritos constituyen un fenómeno muy común en las laderas de montaña, dando lugar a una rápida transferencia de sedimentos. Además tienen una gran influencia sobre la morfología de los cauces.

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 liquida 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.

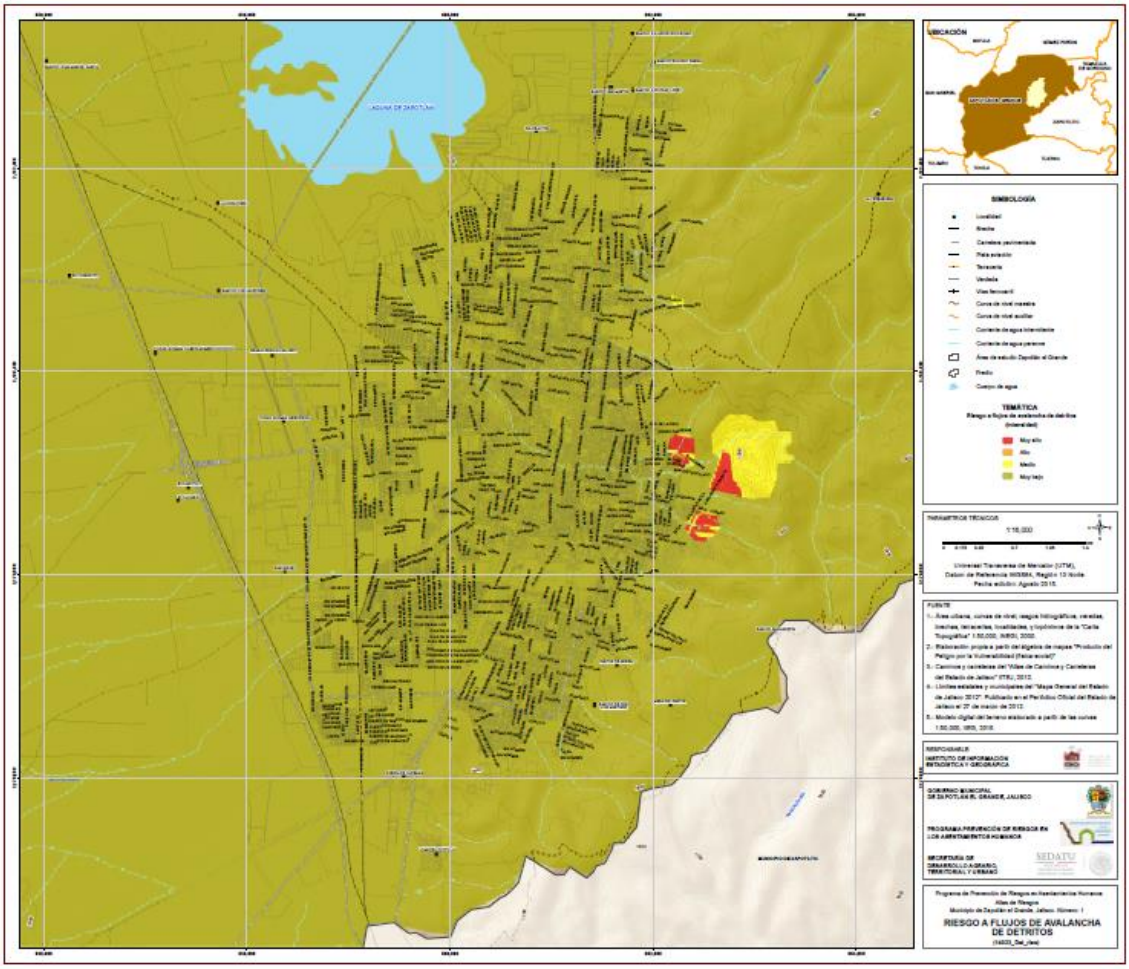
Por lo tanto los flujos de avalanchas de detritos está relacionada con dos factores importantes: la intensidad de lluvia y la cantidad de sedimentos disponibles para que sean transportados por el agua.

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

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

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.

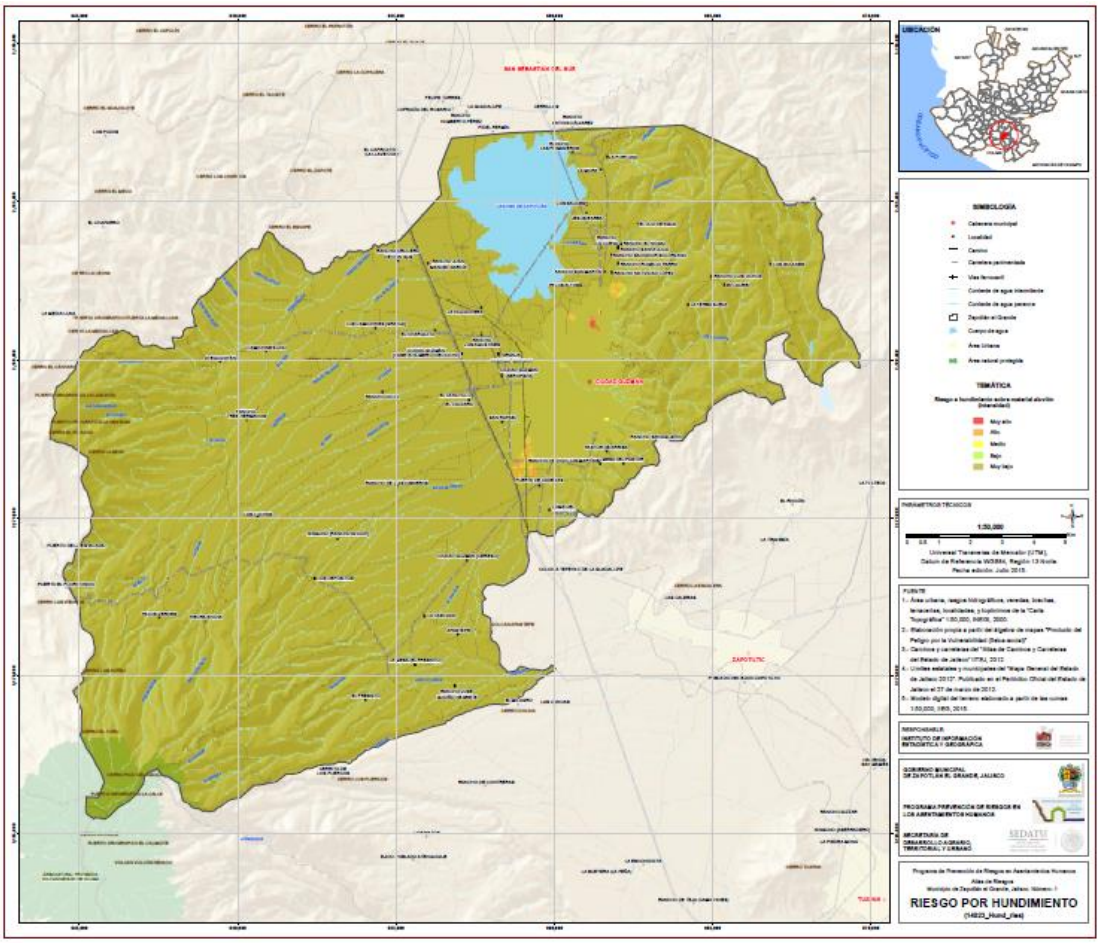
6.1.8. Riesgo por Hundimientos

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.)

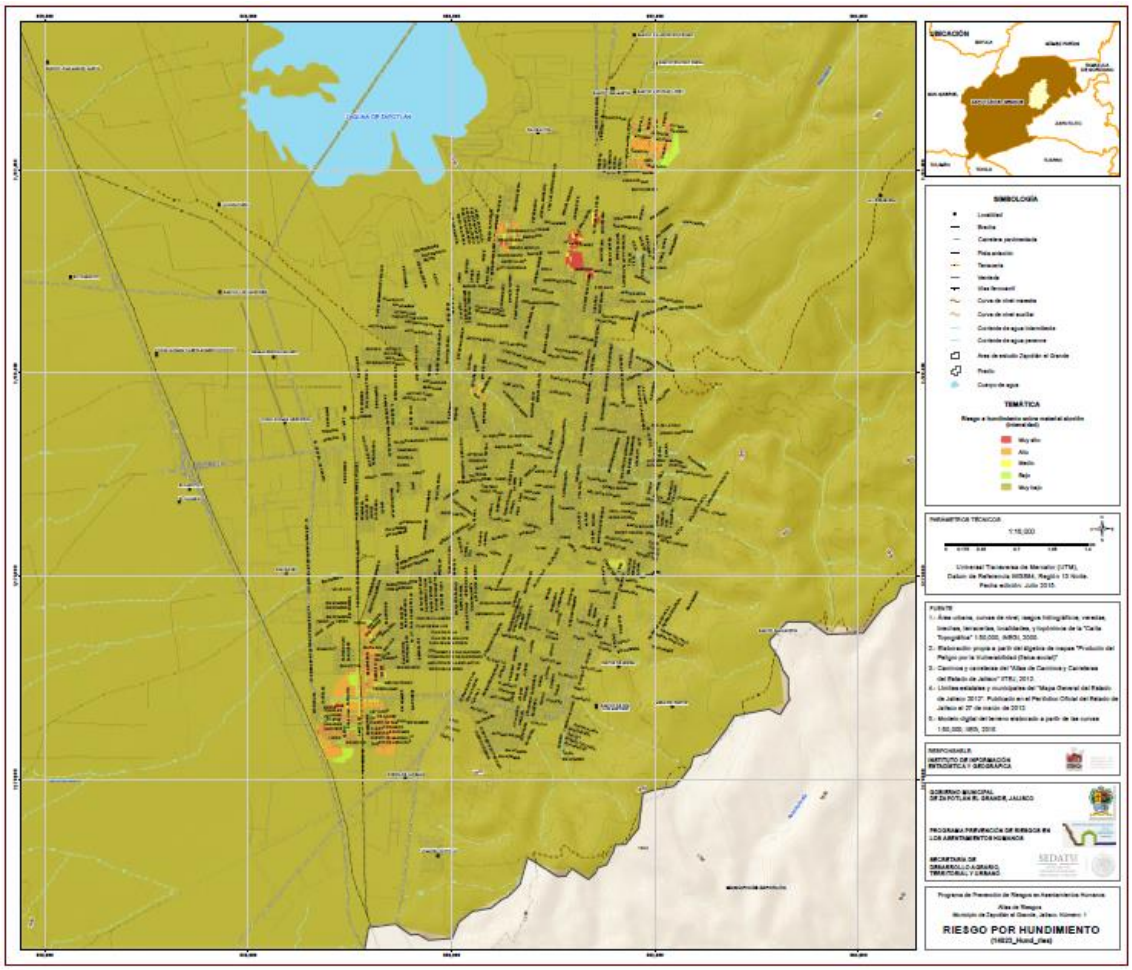
Los hundimientos afectan a las personas y construcciones que se encuentran asentadas sobre cauces de arroyo, fallas o fracturas o zonas que presenten material no compactado, situación con problemas grabes cuando ocurren precipitaciones fuertes. En la zona de estudio se ha construido sin respetar los 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 desforestación 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

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.)

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

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

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 Subsidencia

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

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 proceso 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 su 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

$$R= (P) * (Vf) * (Vs)$$

Dónde:

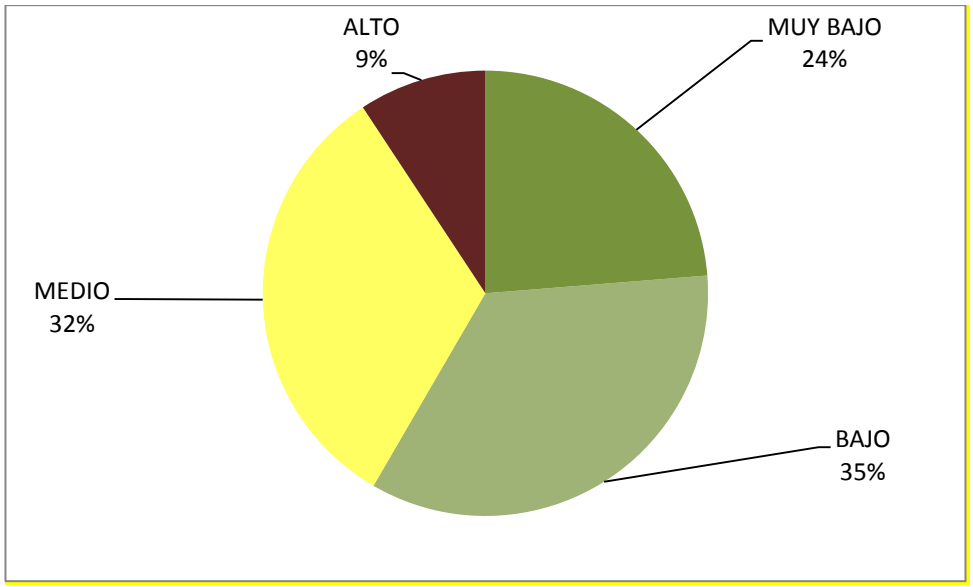
R= Indicador del riesgo

P= Intensidad del peligro

Vf= Es el resultado de (Parámetros físicos y biológicos)

Vs= 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:

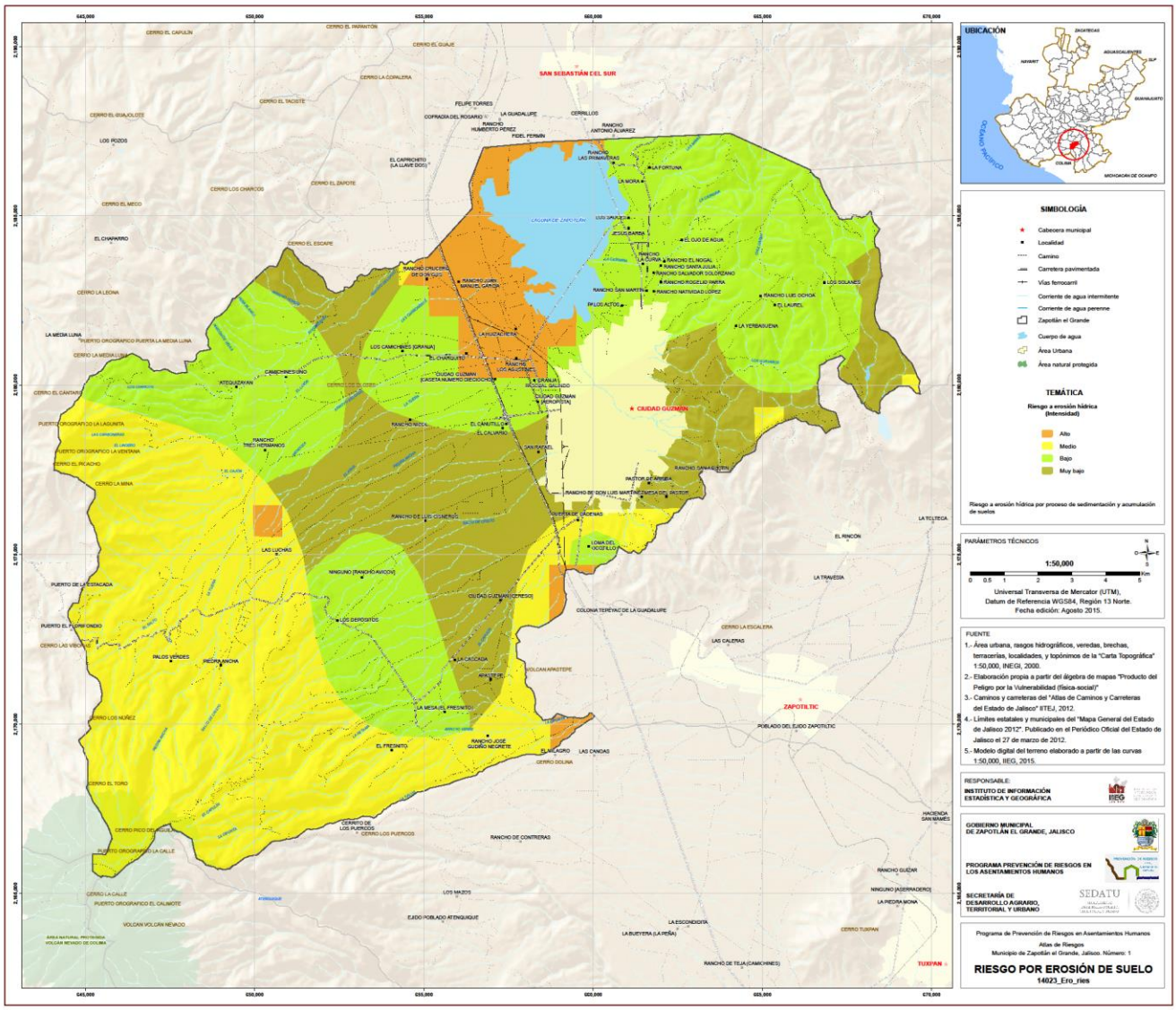
1. Alto) En este nivel considera aquellas áreas en las que se produce un daño directo, provocando un desastre sobre la salud de la población, al ambiente o a la propiedad (bienes estructurales),en el cual su impacto afecta la sociedad y causa interrupciones simultáneas en las actividades cotidianas.

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.



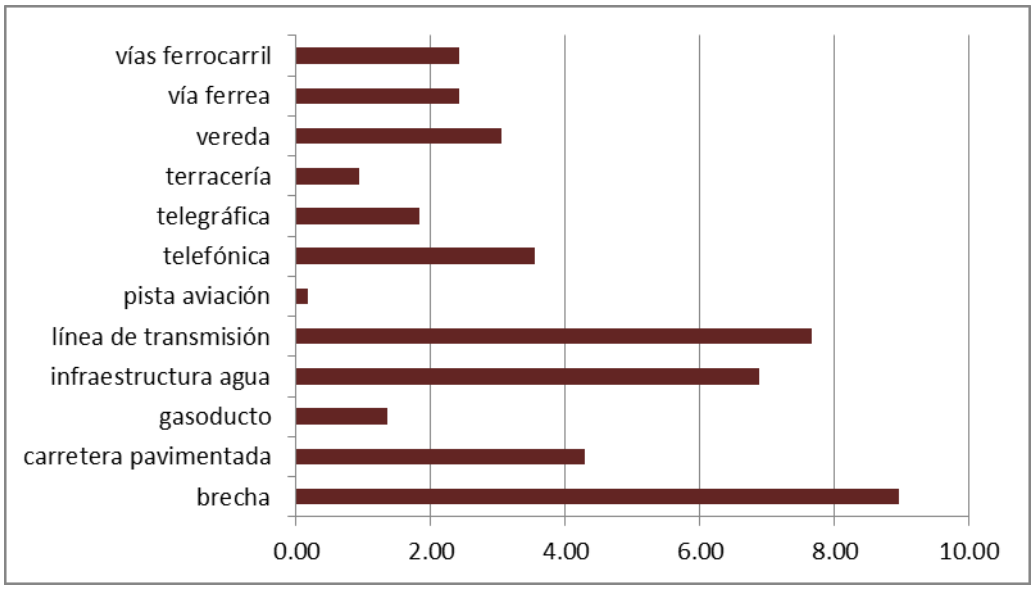
Mapa 6.1.9.1.1. Riesgo a erosión hídrica por proceso de sedimentación y acumulación. (Fuente: IIEG, 2015).

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 riego , 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).



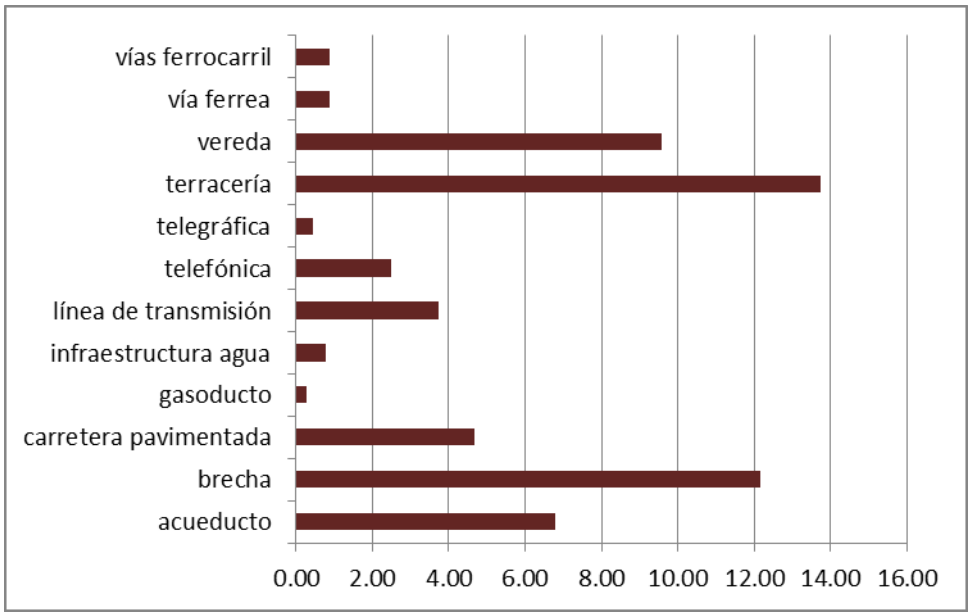
Gráfica 6.1.9.1.2. Porcentaje de infraestructura con intensidad alta de riesgo por erosión hídrica del municipio. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

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 Fresnito" 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

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.utalca.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, zanjas derivadora 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.

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 le 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.

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
A	Lluvia escasa	5 a 20
B	Lluvia normal	20 a 70
C	Lluvia intensa	70 a 150
D	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

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

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 ICI-RAFT[1] vr. 1, los resultados fueron:

Región	Periodos de retorno, años				
	5	10	20	50	100
	Precipitación en mm				
Ciudad Guzmán	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

[1] Disponible en: http://www.iwr.usace.army.mil/Missions/Hydrology/ICIRAFT%28ICIWaRMRegionalAnalysisofFrequencyT.aspx , recuperado el 01/05/2015

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.

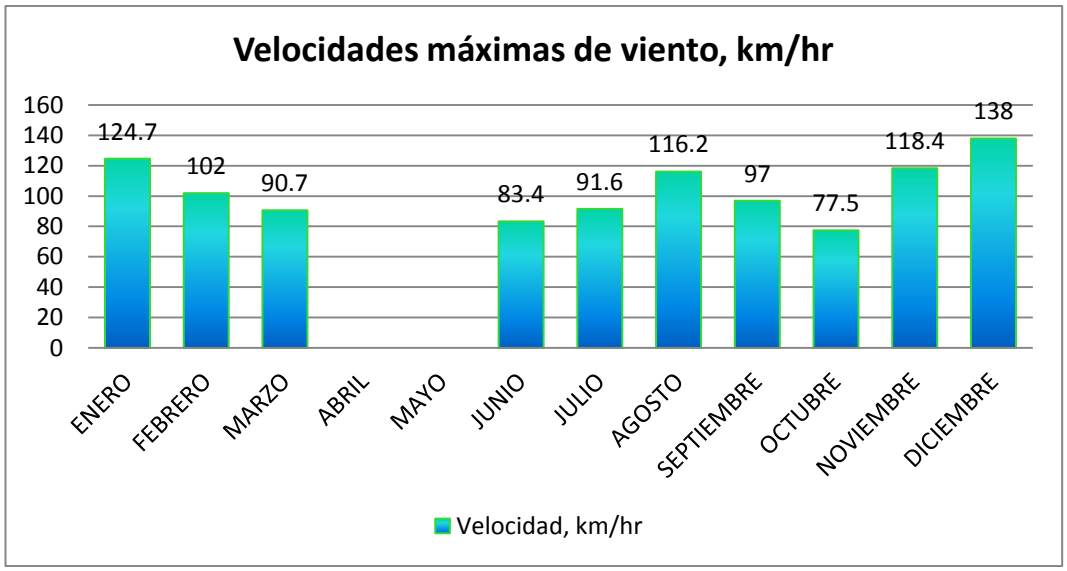
El análisis de peligro por ondas de calor en México está orientado principalmente hacia la población. Aun cuando las ondas de calor tienen impactos también en la agricultura y la ganadería, estos aspectos no han sido suficientemente estudiados en nuestro país, por lo que resulta necesario profundizar 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_5	Q_{15}
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.

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 perdida de suelos, el

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.

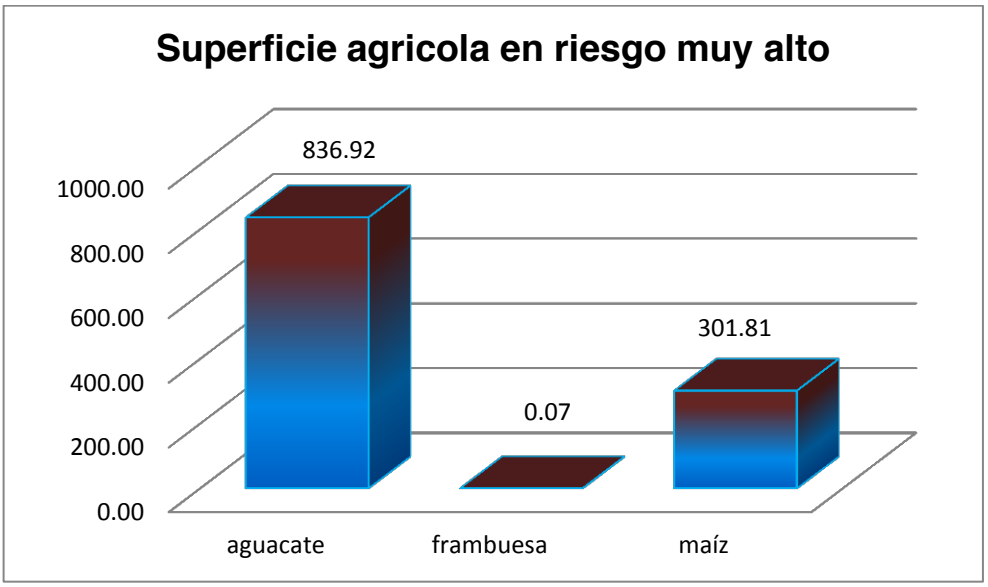
Como en otros fenómenos la geomorfología del Municipio de Zapotlán el Grande juega un papel importante en la configuración del mapa de riesgos por heladas.

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.

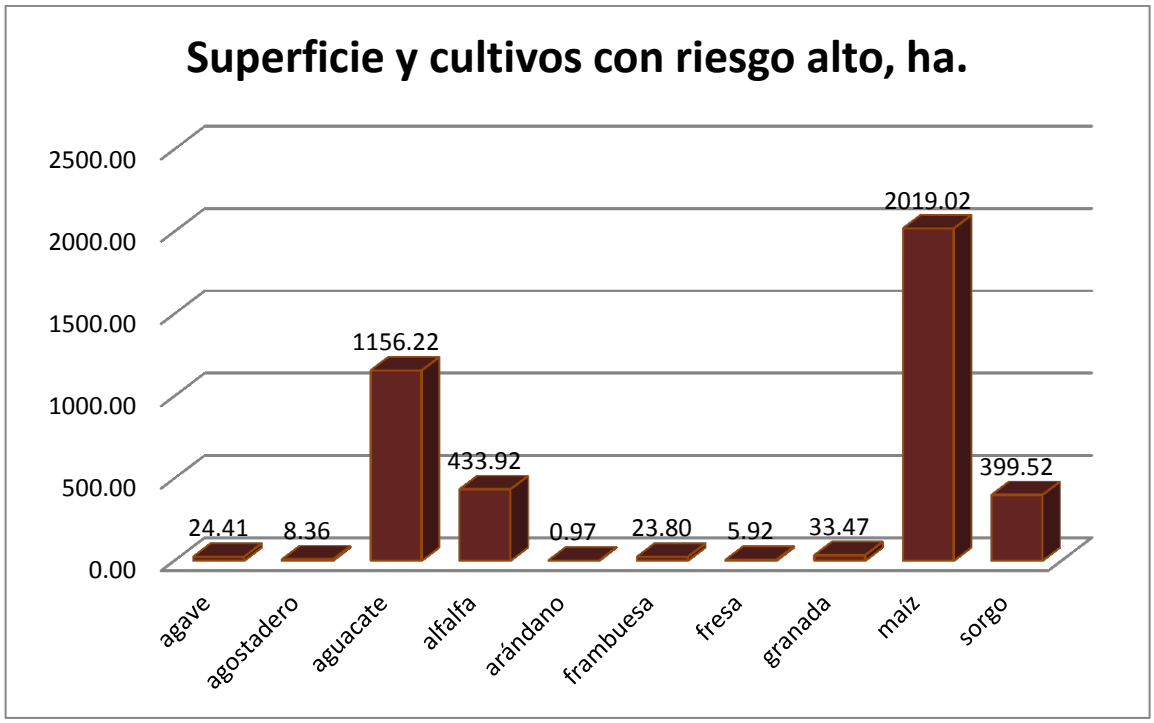
Para la agricultura

Las zonas más extensas con riesgo alto se localizan hacia el suroeste del municipio, sobre la cota 2000 msnm en las laderas del Nevada 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.)

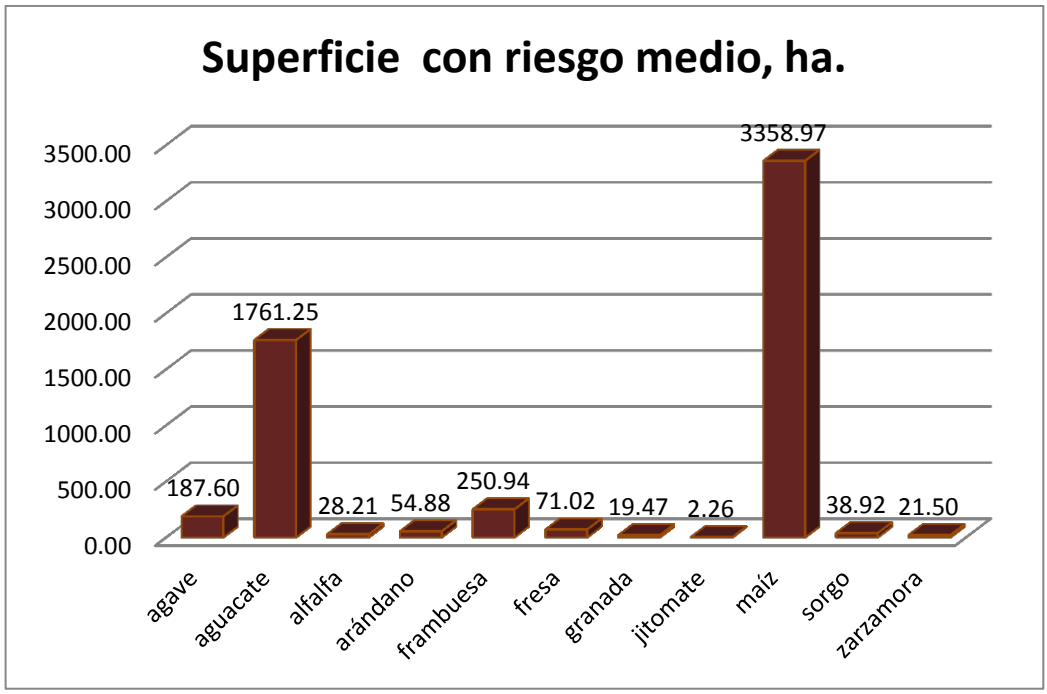


Gráfica 6.2.2.2. Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

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.)

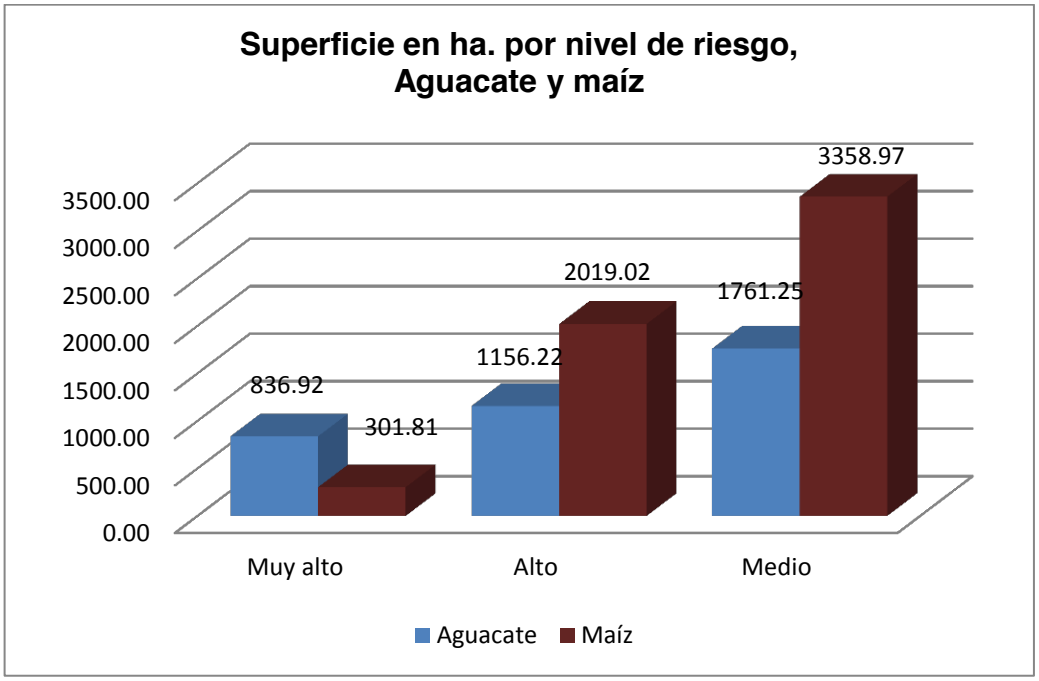
Cultivo	% de Superficie en nivel de riesgo		
	Muy alto	Alto	Medio
Aguacate	22.29	30.80	46.91
Maíz	5.31	35.55	59.14

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



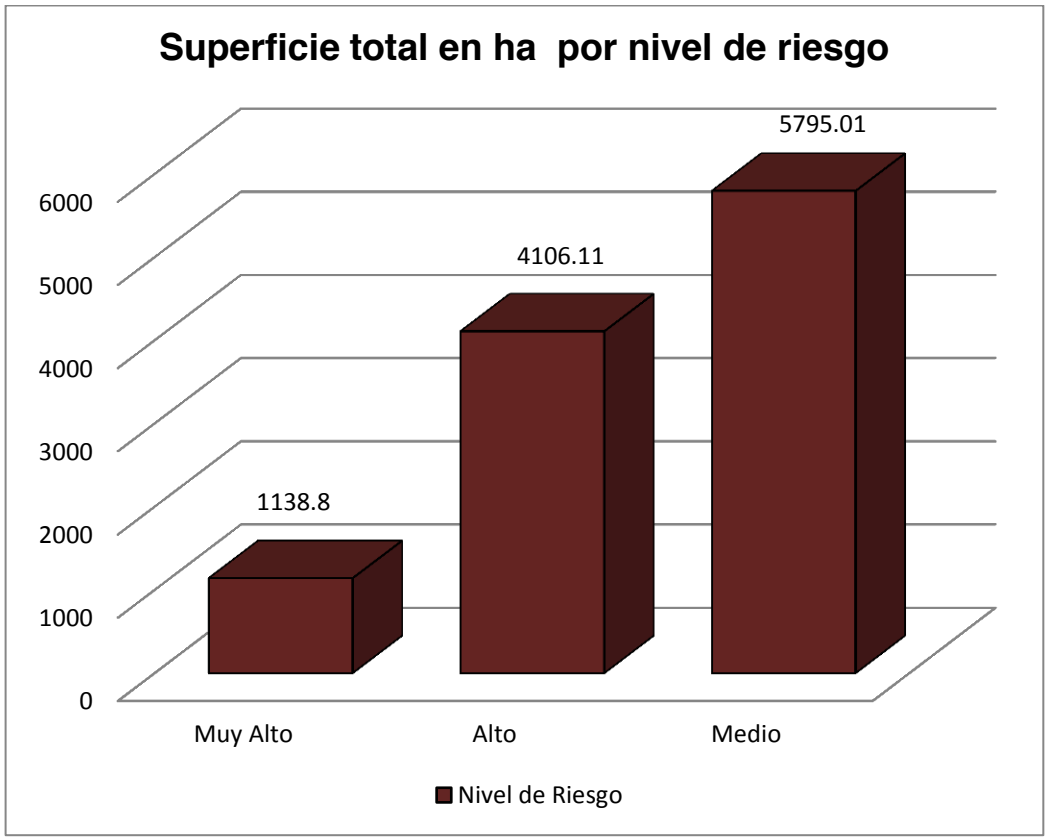
Gráfica 6.2.2.3. Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo medio.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015).

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).

- 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 temperadas 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

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 frio, 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.

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 cardiacos 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.

- 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

• 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 elije 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.

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).

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.

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 Sequia

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.

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
Total general	**612.1358**	**299.2279**	**372.1666**

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

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	232.5573	204.7740	41.1063
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	35.5124	87.5894	92.9902
Zona urbana			
Total general	**376.2635**	**295.9879**	**379.8860**

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.

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.

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)

- 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 obscuro 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.

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

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**

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 sub-dimensionado 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:

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

Donde:

C_d = coeficiente de arrastre.
ρ = 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:

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

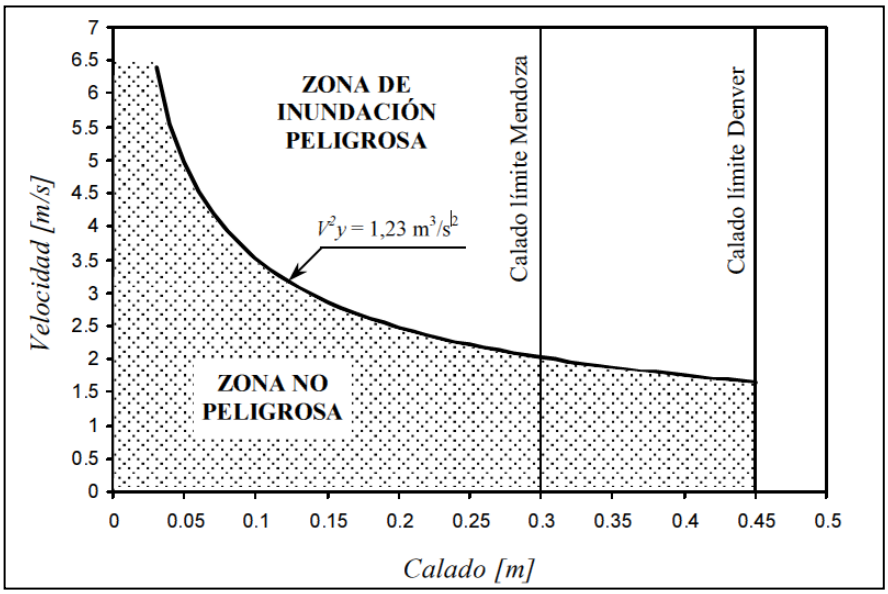


Imagen 6.2.8.1. Grafica de la ecuación dos. (Fuente: Gómez Valentín, Manuel en Hidrología Urbana, Barcelona, 2009).

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
Canal Jalisco			
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

Calle	Tirante m.	V m/s	Nivel De Riesgo
Canal			
Calle Leona Vicario			
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.

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 causes 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.

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.

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.utalca.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

Fotografía 6.1.9.2.1. Terrazas o bancales semicirculares. (Fuente: http://eias.utalca.cl/obras.html)..... VI-52
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) VI-52
Fotografía 6.1.9.2.3. Presa de malla de alambre electriosoldada. (Fuente: http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&id=88). VI-53
Fotografía 6.1.9.2.4. Presa de morillos. (Fuente: http://www.fiaes.org.sv/projects.php?lng=0&id=88). VI-54

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.). VI-84
Fotografía 6.2.8.2. Inundación del Polideportivo Laguna de Zapotlán (Fuente: IIEG, 2015.). VI-85
Fotografía 6.2.8.3. Daños en malecón de la Laguna por aumento de nivel (Fuente: IIEG, 2015.). VI-85

Gráficas

Gráfica 6.1.9.1.1. Porcentaje de las intensidades de riesgo por erosión hídrica municipal. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015) VI-46
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). VI-49
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). VI-50
Gráfica 6.2.1 Velocidades máximas por mes registradas en estación Nevado de Colima..... VI-60
Gráfica 6.2.2.1. Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto. (Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015). VI-63
Gráfica 6.2.2.2. Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo alto.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015). VI-64
Gráfica 6.2.2.3.Superficie agrícola en hectáreas con nivel de riesgo medio.(Fuente: Elaboración propia a partir de IIEG, 2015). VI-65
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). VI-65
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). VI-66

Imágenes

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

Mapas

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

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

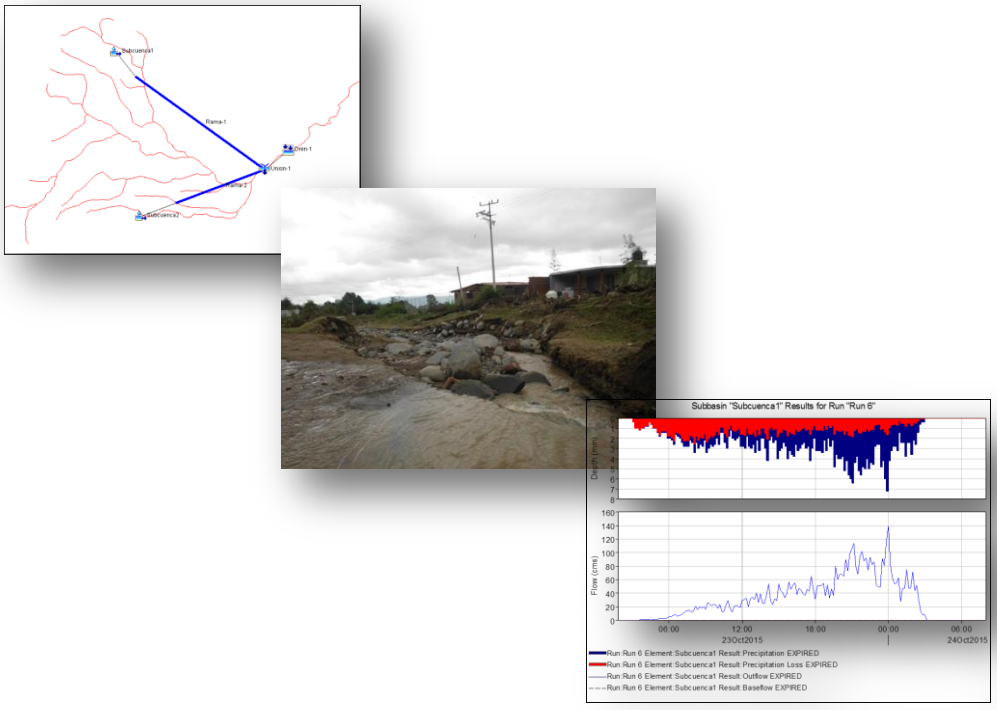
Tablas

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

Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Anexo 1.

Riesgos identificados por el huracán Patricia, 29 de octubre 2015



Contenido

Riesgos identificados por el huracán Patricia, 29 de octubre 2015

1. Cálculos de caudal pico y sedimentos durante las precipitaciones ocurridas durante el paso del huracán "Patricia" en el municipio de Zapotlán el Grande, Casos Atequizayán y El Fresnito. 3

1.1. Caso Atequizayán 4

1.1.1. Sedimentos 6

1.2. El Fresnito 10

1.2.1. Sedimentos 12

1.3. Efectos ocasionados por el paso del Huracán "Patricia" debido a Flujos de detritos y derrumbes en la zona de la Montaña al oriente de Ciudad Guzmán 21

1.3.1. Evolución y efectos en Ciudad Guzmán 21

Índice de fotografías, imágenes y tablas 28

Riesgos identificados por el huracán Patricia, 29 de octubre 2015.

1. Cálculos de caudal pico y sedimentos durante las precipitaciones ocurridas durante el paso del huracán "Patricia" en el municipio de Zapotlán el Grande, Casos Atequizayán y El Fresnito.

El huracán “Patricia” inicio su formación como depresión tropical el 20 de octubre a 330 km al sur-sureste de Salina Cruz, Oax., y a 400 km al sureste de Puerto Escondido, Oax., para el 23 de octubre ya con categoría V, se encontraba sobre la línea de costa impactando en las inmediaciones de las Bahías de Tenacatita, Cuestecomate y Navidad, donde se ubican las poblaciones de El Estrecho, La Manzanilla municipios de la Huerta y Melaque, municipio de Cihuatlán, Jalisco. Así como a 55 km al oeste-noroeste de Manzanillo, Col.

En el municipio de Zapotlán el Grande dejo en 24 horas la precipitación más alta registrada en la zona del Nevado de Colima: 398.4 mm, registrada de las 03 horas del 23 de octubre a las 03 horas del 24 de octubre.

En la estación automática ubicada en la Cabecera Municipal la precipitación registrada para el mismo lapso de tiempo fue de 150 mm.

Estos altos índices de precipitación provocaron grandes flujos de agua y arrastre de sedimentos, sobre todo en la zona del Nevado de Colima afectando a las comunidades de Atequizayán y El Fresnito, haciendo necesario el desalojo de sus habitantes.

Mientras que en la zona urbana se presentó inundación de calles y avenidas sin daños reportados.

En el caso de las comunidades mencionadas se efectuó un cálculo del caudal pico con los datos de la estación automática los cuales fueron recabados cada 10 minutos lo que permitió tener una distribución de la lluvia a lo largo del día 23 y parte del 24 de octubre muy preciso. Se utilizó el software HEC-HMS con el método del Número de Curva del SCS de los Estados Unidos.

Por otra parte, se calculó la cantidad de sedimentos arrastrados utilizando el mismo software y los métodos de la ecuación universal de pérdida de suelos para la erosión y el método de Toffalety para calcular el potencial de transporte como la velocidad de deposición de los sedimentos. Se debe mencionar que el cálculo de sedimentos sólo es aproximado, ya que se desconoce la granulometría de los sedimentos depositados. Debido a lo anterior se utilizó una distribución de tamaños obtenida para otros lechos de ríos.

1.1. Caso Atequizayán

En esta comunidad inciden tres arroyos intermitentes: Manzanitos, Los Charcos y La Tabaquera, siendo este último el cauce principal de esta nanocuenca, la cual tiene lo siguientes parámetros morfométricos:

Propiedad	Valor
Elevación máxima	2725 m
Elevación media	2182 m
Elevación mínima	1640 m
Longitud cauce principal	9176 m
Pendiente	8.60 %
Tiempo de retraso	51.78 (minutos)
Área Drenada	17.92 km^2

Tabla 1.1.1 Parámetros morfométricos de la cuenca del Arroyo La Tabacalera.

Así mismo se calcularon los parámetros componentes de la ecuación universal de pérdida de suelos para la región.

Para el análisis se dividió el área en dos subcuencas: una para los arroyos Manzanitos y La Tabaquera con 15.42 km^2 de superficie y la otra para el arroyo Los Charcos que drena una área de 2.5 km^2, como se muestra en la siguiente imagen:

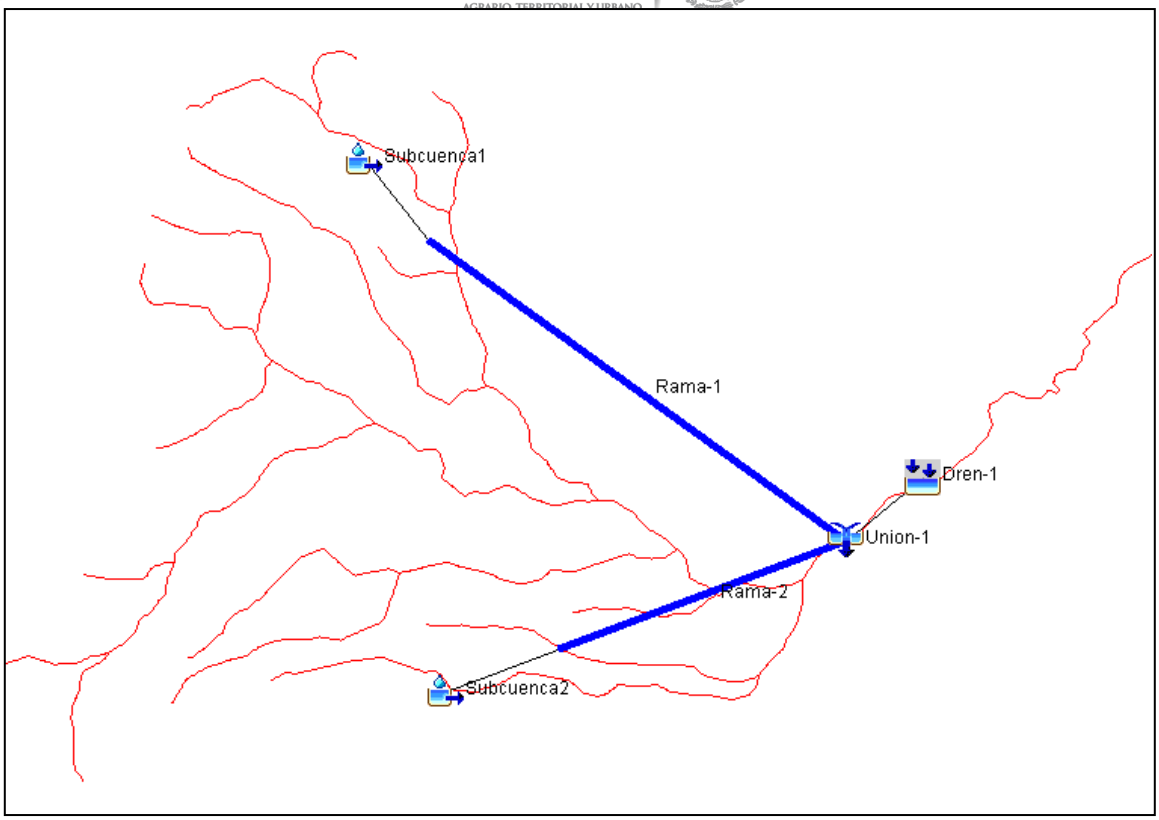


Imagen 1.1.1. Esquema de análisis para la cuenca del Arroyo La Tabaquera.

Resultados: Subcuenca 1 Atequizayan
Caudal Pico: 139.5 m^3/s

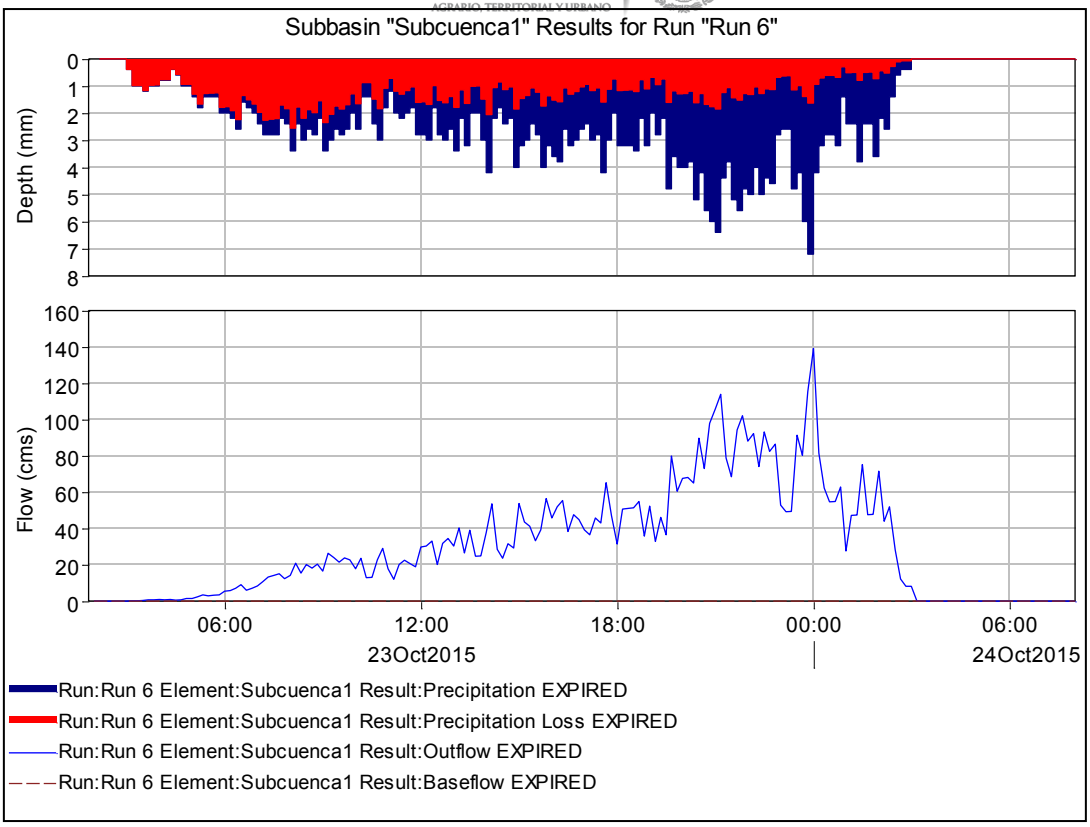


Imagen 1.1.2. Caudal pico y distribución de la precipitación en la Subcuenca del Arroyo La Tabaquera

Dato	Valor
Inicio de corrida	23 oct 2015, 02:00
Fin de Corrida	24 oct 2015 08:00
Unidades de Volumen	mm
Descarga pico	139.5 (m^3/s)
Volumen precipitado	398.4
Volumen de pérdidas	178.82
Volumen en exceso	219.58
Fecha/hora de la descarga pico	24 oct 2015. 00:00

Tabla .1.1.2. Tabla de resultados para el Arroyo La Tabaquera.

1.1.1. Sedimentos

Para la subcuenca uno se muestra en la siguiente imagen, la concentración de sedimentos en miligramos por litro.

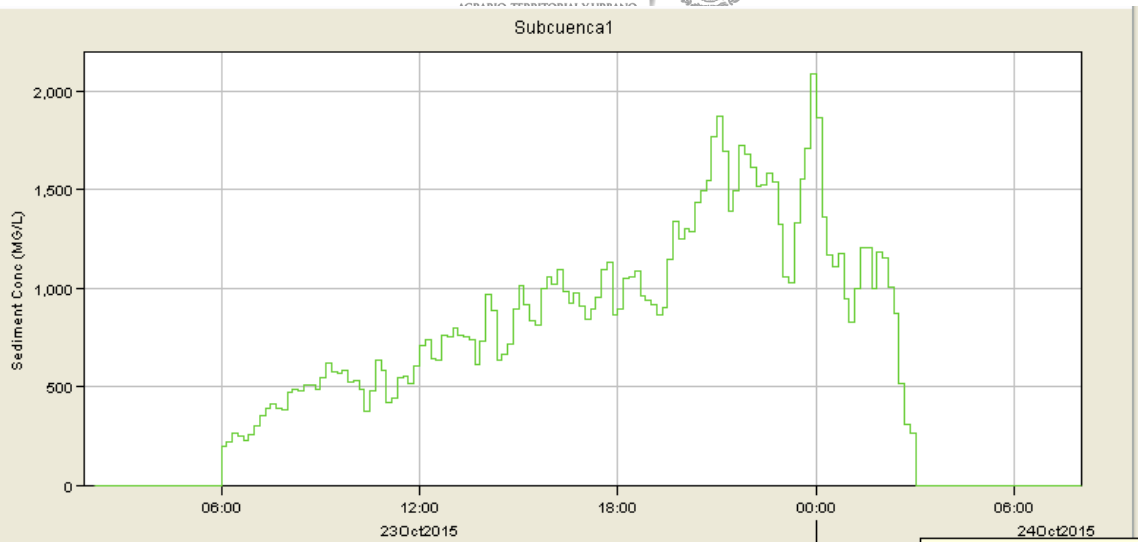


Imagen .1.1.1.1 Concentración en miligramos/litro de sedimentos conducidos en la cuenca del Arroyo La Tabaquera**.**

En función de la anterior se obtiene la cantidad de sedimentos en toneladas cada 10 minutos y que fueron depositados a lo largo del arroyo hasta llegar a la laguna de Zapotlán modificando la morfométria de los causes. En el momento de la descarga pico se arrastraron aproximadamente 160 toneladas de sedimentos en 10 minutos ya que en ese momento la concentración de sedimentos en el agua era de 2 g/lt.

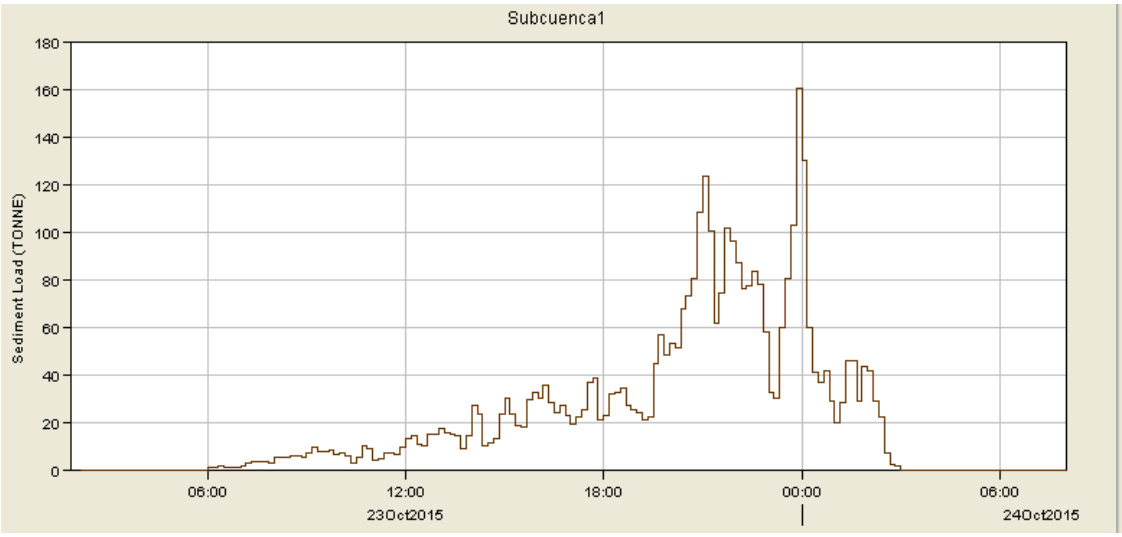


Imagen .1.1.1.2. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo La Tabaquera.

Subcuenca 2: Atequizayán
Caudal Pico: 18.6 m^3/s

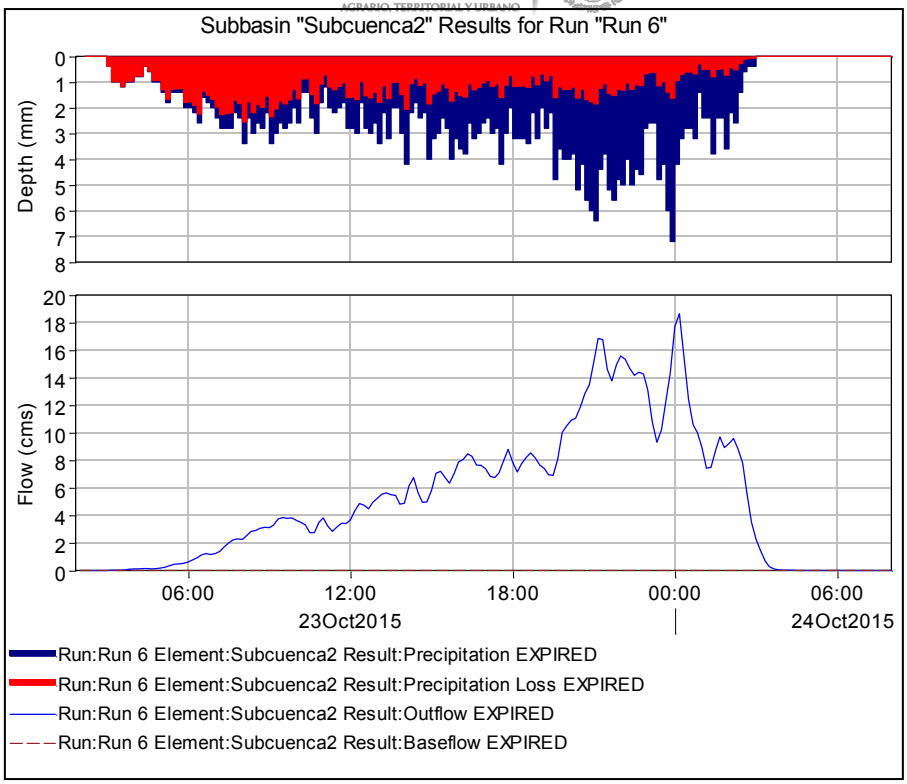


Imagen 1.1.1.3. Resultados de caudal pico y distribución de la precipitación en arroyo de Subcuenca 2.

Dato	Valor
Inicio de corrida	23 oct 2015, 02:00
Fin de Corrida	24 oct 2015 08:00
Unidades de Volumen	mm
Descarga pico	18.6 (m^3/s)
Volumen precipitado	398.4
Volumen de pérdidas	178.82
Volumen en exceso	219.58
Fecha/hora de la descarga pico	24 oct 2015. 00:10

Tabla 1.1.1.1. Resultados de caudal pico en arroyo de Subcuenca 2.

Sedimentos

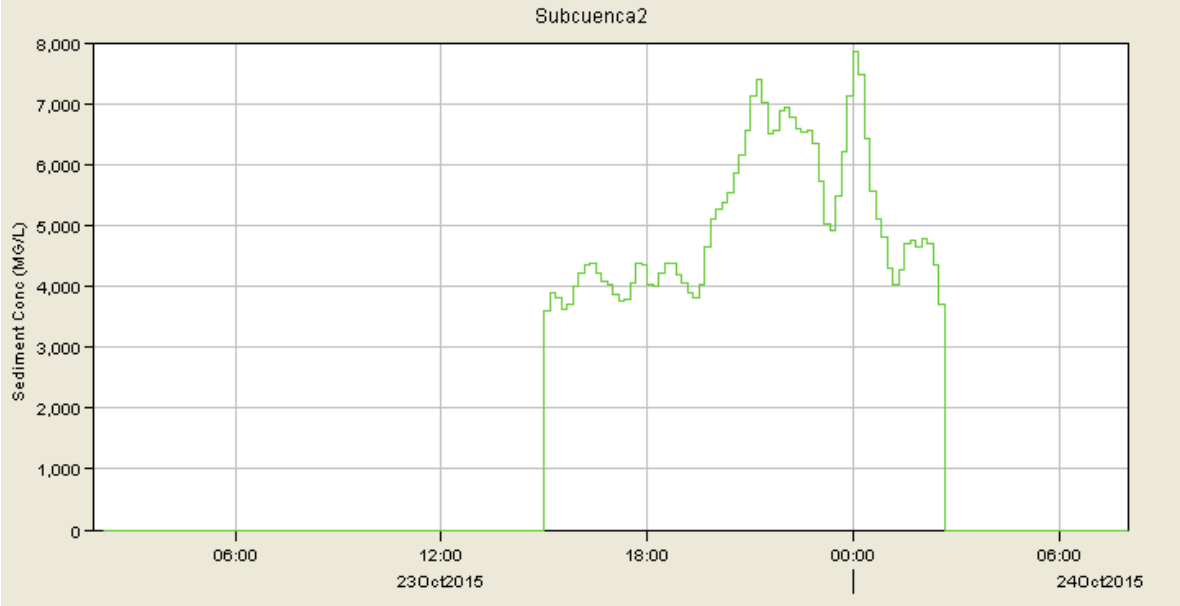


Imagen .1.1.1.4. Concentración en miligramos/litro de sedimentos conducidos en la cuenca 2.

En el caso de la subcuenca 2 la concentración de sedimentos es mucho más alta debida a la pendiente de la misma, entre otros factores.

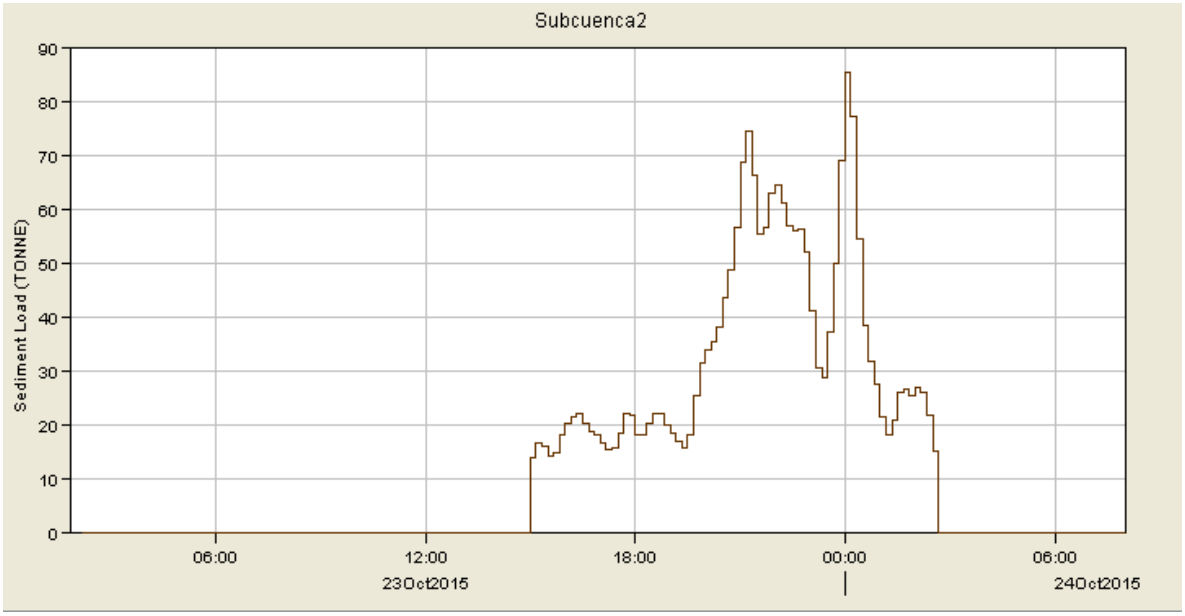


Imagen 1.1.1.5. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca 2.

1.2. El Fresnito

La localidad del Fresnito hidrológicamente pertenece a la subcuenca Rio Tuxpan en la cuenca Rio Coahuayana, sobre esta localidad incide el Arroyo La Difunta con las siguientes características morfométricas:

Propiedad	Valor
Elevación máxima	3375
Elevación media	2498
Elevación mínima	1621
Longitud cauce principal	10150
Pendiente	11.44
Tiempo de retraso (min)	50.4
Área Drenada	11.70

Tabla .1.2.1. Índices morfométricos de cuenca del arroyo La Difunta.

Este arroyo La Difunta tiene un arroyo tributario conocido como Arroyo La Retama que drena un área de 1.740 km^2, y el análisis se hizo en forma separada para estas dos áreas, como se muestra en la siguiente imagen:

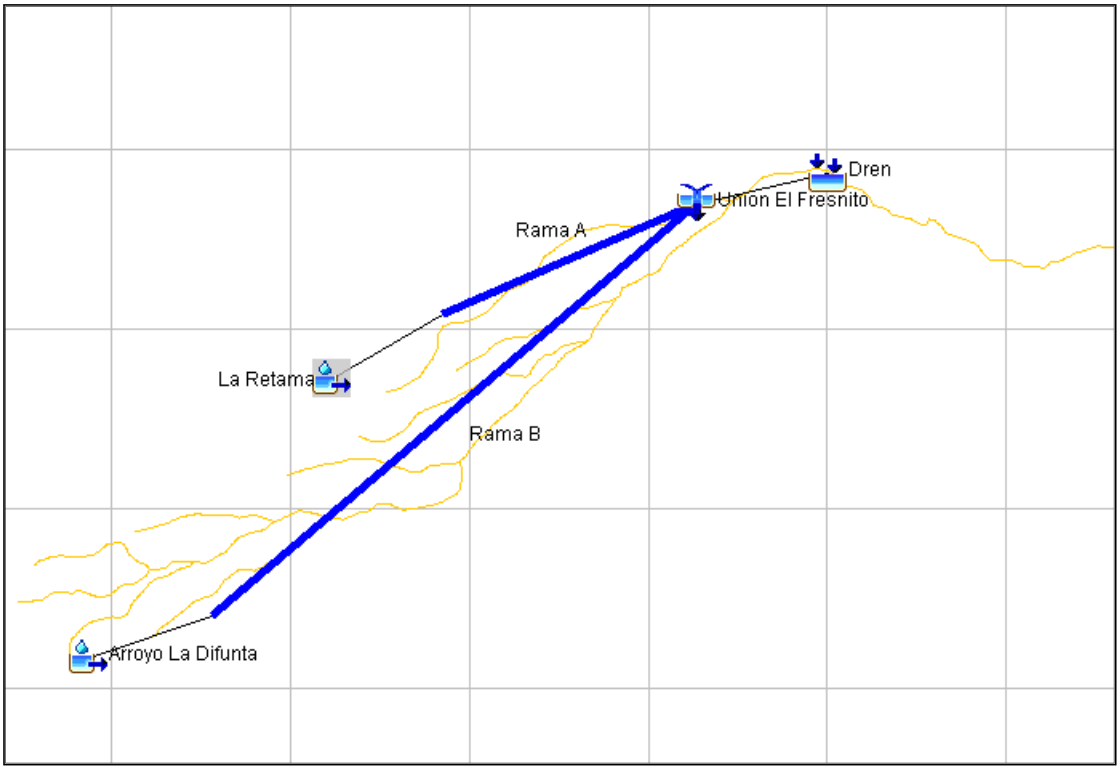


Imagen 1.2.1. Esquema de análisis de la cuenca del Arroyo La Difunta

Resultados Arroyo La Difunta

Dato	Valor
Inicio de corrida	23 oct 2015, 02:00
Fin de Corrida	24 oct 2015 08:00
Unidades de Volumen	mm
Descarga pico	73 m^3/s
Volumen precipitado	398.40 mm
Volumen de pérdidas	101.82
Volumen en exceso	296.58
Fecha/hora de la descarga pico	23oct2015/22.20

Tabla 1.2.2. Caudal pico en el Arroyo La Difunta.

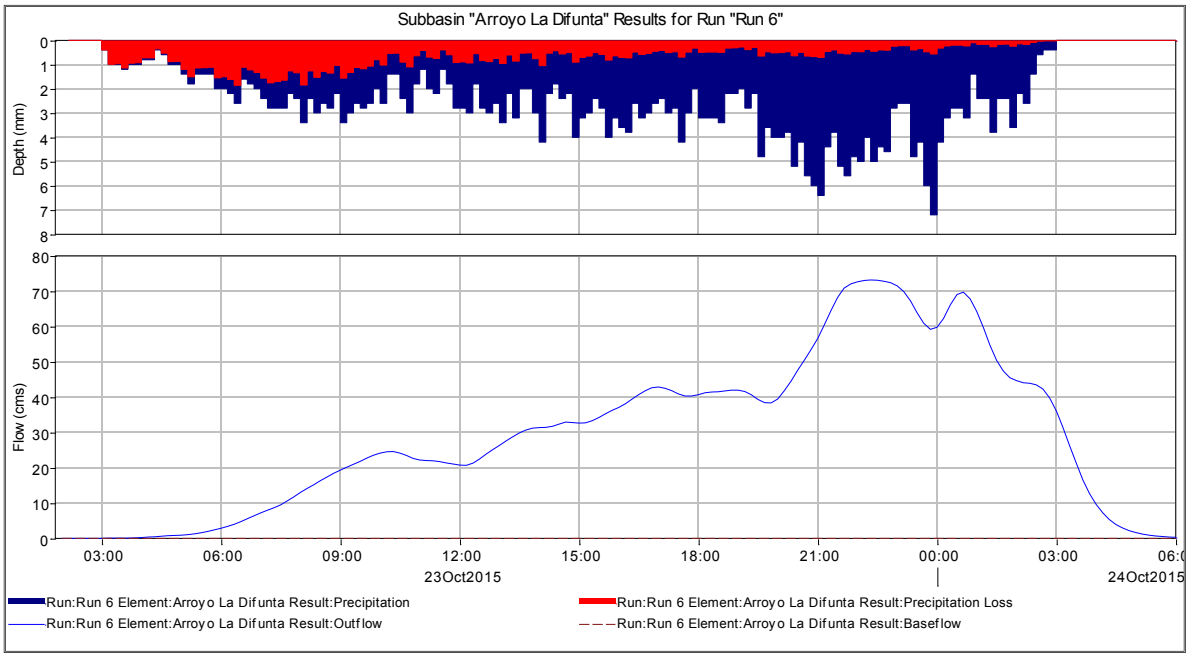


Imagen 1.2.2. Caudal pico y distribución de lluvia en Arroyo la Difunta.

1.2.1. Sedimentos

La carga de sedimentos arrastrados por este arroyo a lo largo del día 23 de octubre se muestra en la siguiente grafica con datos en toneladas cada 10 minutos.

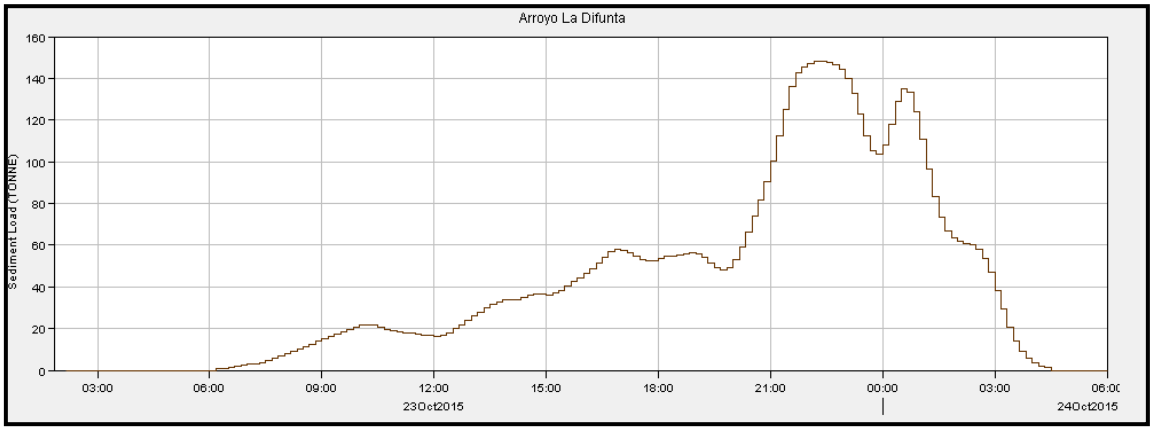


Imagen 1.2.1.1. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo la Difunta.

Mientras que la concentración de sedimentos en miligramos por litro se muestra en la imagen siguiente

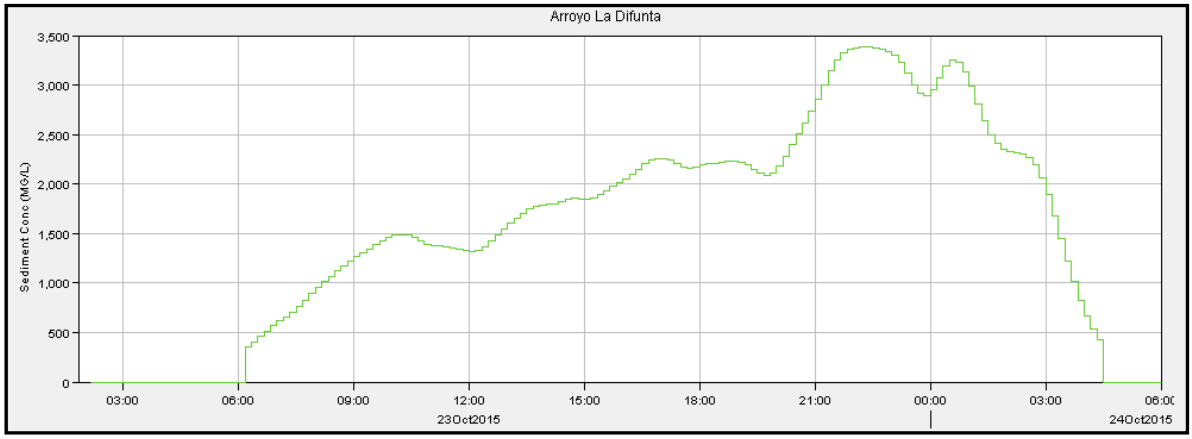


Imagen 1.2.1.2. Concentración de sedimentos en miligramos por litro en la cuenca del arroyo La Difunta.

Resultados Arroyo La Retama

Dato	Valor
Inicio de corrida	23 oct 2015, 02:00
Fin de Corrida	24 oct 2015 08:00
Unidades de Volumen	mm

Descarga pico	14.3 m^3/s
Volumen precipitado	398.40 mm
Volumen de pérdidas	57.73 mm
Volumen en exceso	340.67 mm
Fecha/hora de la descarga pico	23oct2015/21:30

Tabla 1.2.1.1 Caudal pico en el arroyo la Retama.

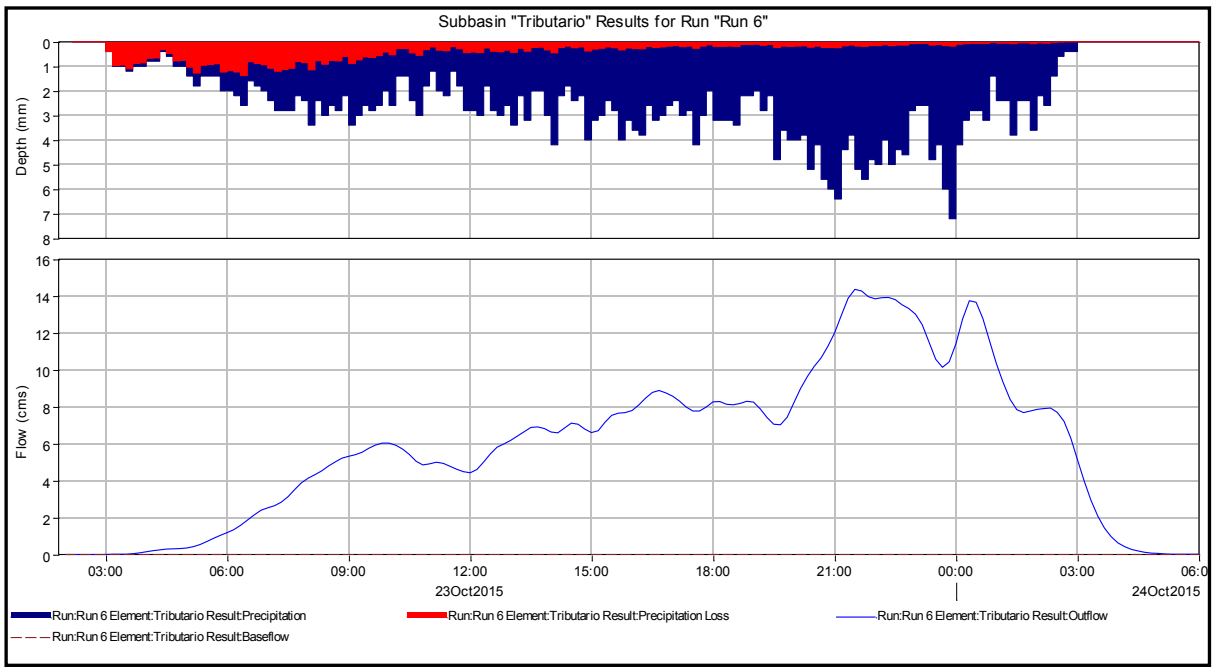


Imagen 1.2.1.3. Caudal pico en m^3/s en el Arroyo La Retama.

Sedimentos

Como en los casos anteriores, se presentan en las siguientes imágenes la carga y concentración de sedimentos en las unidades ya mencionadas. En el momento de la descarga pico, la corriente depositó poco más de 12 toneladas de sedimentos en 10 minutos. Así mismo se muestra que el arrastre se empezó a incrementar a partir de las 09.00 del día 23 de octubre.

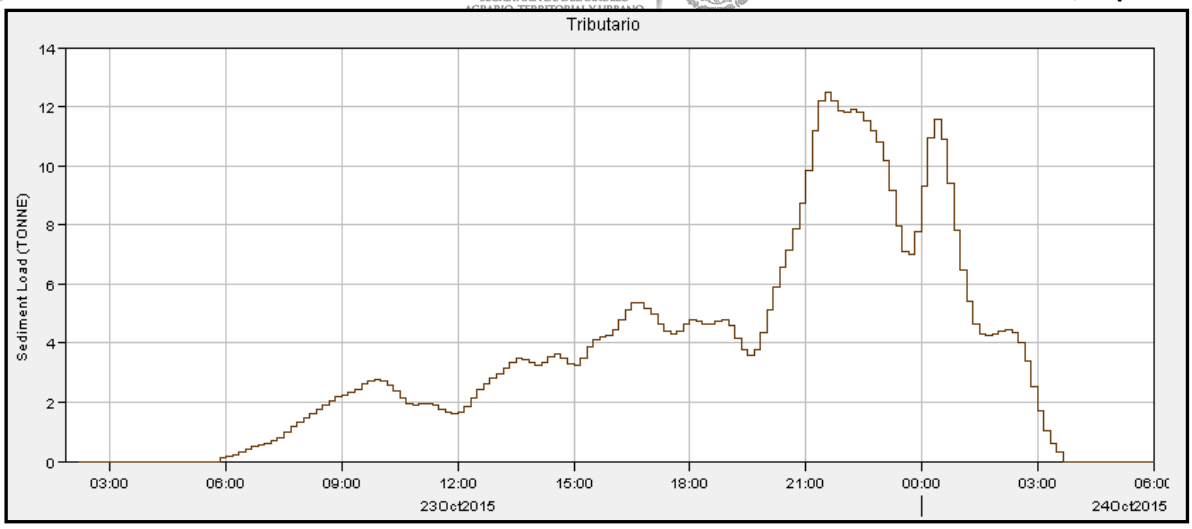


Imagen 1.2.1.4. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo La Retama.

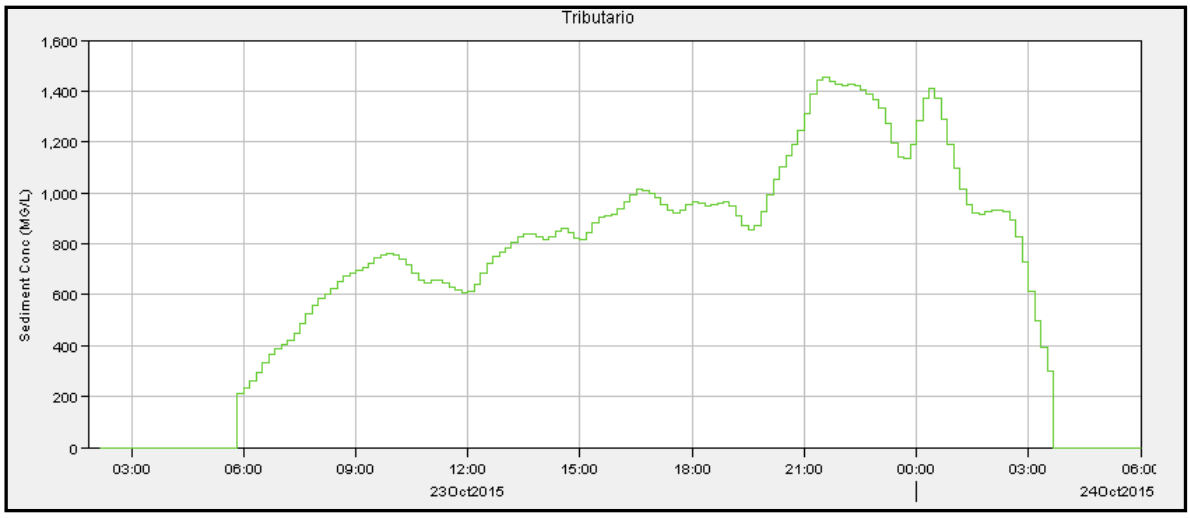


Imagen 1.2.1.5. Concentración de sedimentos en miligramos por litro en la cuenca del arroyo La Retama.

Fotografías



Fotografía .1.2.1.1 Acumulación de sedimentos en Atequizayán.



Fotografía .1.2.1.2. Cauce del Arroyo La Tabaquera después de Atequizayán, se aprecia el nivel alcanzado por la corriente.



Fotografía 1.2.1.3. Acumulación de sedimentos en el camino



Fotografía 1.2.1.4. Arrastre de sedimentos y vegetación a lo largo del cauce del Arroyo La Tabaquera.



Fotografía 1.2.1.5. Vegetación muerta arrastrad por la corriente.



Fotografía 1.2.1.6 Depósito de sedimentos en los márgenes del Arroyo La Tabaquera.



Fotografía 1.2.1.7. Viviendas en zona de riesgo en Atequizayan.



Fotografía 1.2.1.8. Nivel alcanzado por la crecida en Atequizayan



Fotografía 1.2.1.9. Sedimentos en lecho de Arroyo La Difunta en El Fresnito.



Fotografía .1.2.1.10 Sedimentos y obstrucción del camino de acceso al Fresnito.



Fotografía 1.1.1.11. Acumulación de sedimentos en el Arroyo Los Guayabos

1.3. Efectos ocasionados por el paso del Huracán “Patricia” debido a Flujos de detritos y derrumbes en la zona de la Montaña al oriente de Ciudad Guzmán

Poco después de las 17:40 hora local del 20 de Octubre del 2015, se pronostico la llegada del Huracán “Patricia al estado de Jalisco. Llegó con vientos de hasta 325 km/h. Su transformación ha sido calificada de "histórica", en menos de 10 horas el huracán Patricia pasó de ser una tormenta tropical a un monstruoso huracán de categoría 5, la máxima categoría en la escala de Saffir-Simpson. C**onsiderado el huracán más fuerte que se ha registrado en el Pacífico y Atlántico.** Patricia se desplazó a una velocidad de 17 km/h.

1.3.1. Evolución y efectos en Ciudad Guzmán

La evolución de Patricia, de tormenta tropical a huracán categoría 5 en cuestión de horas, ha sorprendido por su transformación en un periodo de tiempo muy corto.

El jueves en la madrugada la Unidad de Protección Civil del estado de Guerrero, en el Pacífico mexicano, identificó a Patricia como tormenta tropical.

Patricia se transformó de ser una conglomeración de tormentas eléctricas poco organizadas a uno de los sistemas tormentosos más fuertes y perversos del planeta"

Dos horas más tarde el sistema evolucionó a huracán categoría 1 y fue ubicado a unos 400 kilómetros de la costa central del Pacífico, entre los estados de Guerrero y Michoacán.

A mediodía, hora local, el Servicio Meteorológico Nacional de México, informó que la tormenta se había intensificado a categoría 4 y que se desplazaba a 28 km/h, con vientos de hasta 215 km/h, "una velocidad mucho mayor de los ciclones de estas mismas características".

El organismo proyectó que en las siguientes dos horas Patricia se fortalecería a categoría 5 y la proyección se cumplió cuando el huracán se encontraba a 360 km de la costa de Colima y Jalisco.

Por su paso por Ciudad Guzmán El Huracán “Patricia” genero deslizamientos y caída de bloques en la colonia Chuluapan y Pablo Luis Juan, al Norte del parque ecológico “Las Peñas” y Lomas de Solidaridad (Figura 1), zonas ubicadas como puntos de riesgo, originados por la alta precipitación y el desbordamiento del arroyo Chuluapan, cuyas aguas ingresaron a algunas viviendas, según los reportes obtenidos.

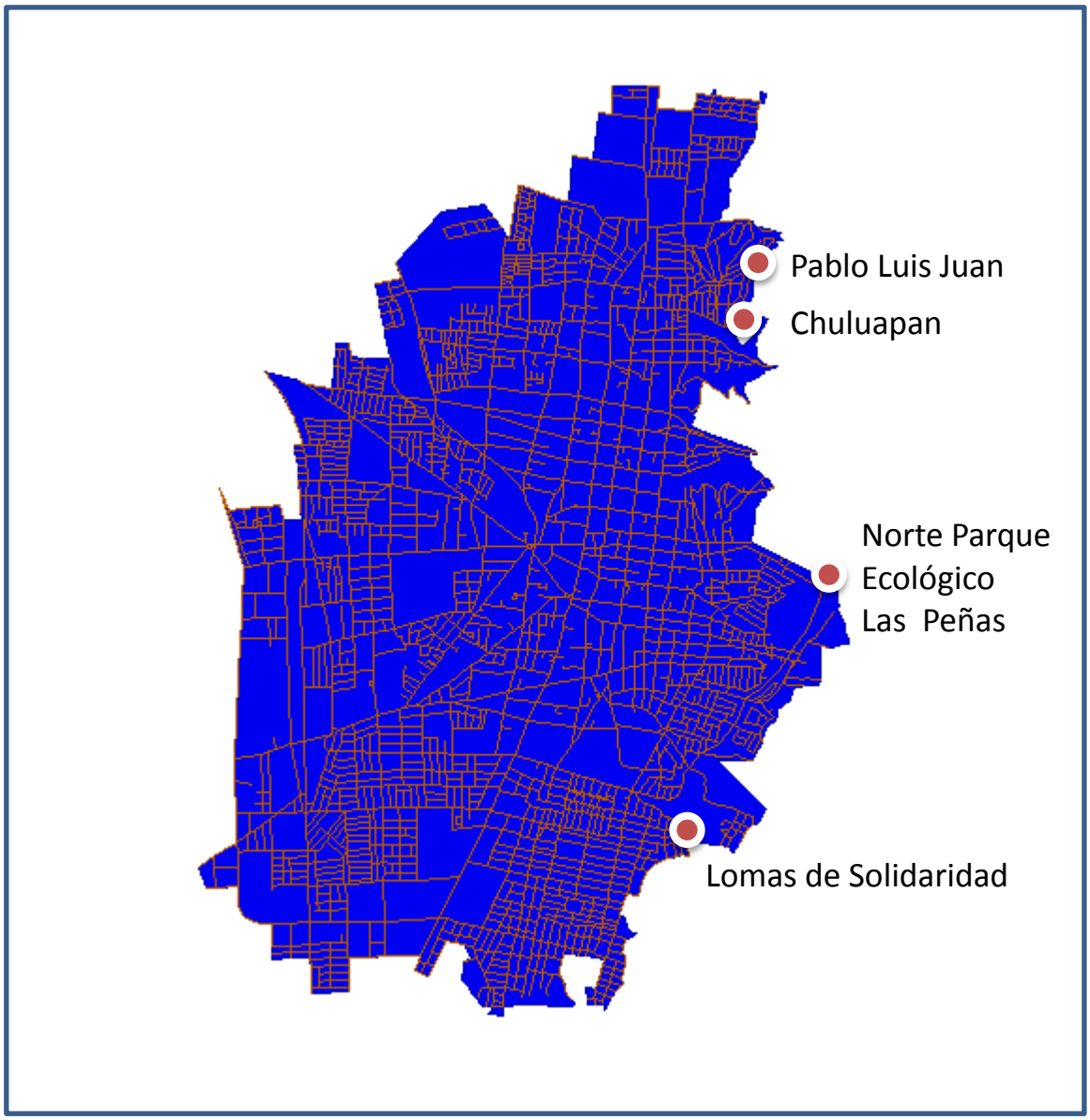


Imagen 1.3.1.1. Efectos y riesgos por flujos de detritos y derrumbes ocasionados por el Huracán "Patricia".

En la zona urbana de Ciudad Guzmán fueron decenas los reportes de árboles caídos, en los ingresos sur y norte, en el CUSur y numerosas calles. En la Laguna de Zapotlán, el agua cubrió el acceso al Centro Deportivo y por lo menos tres tramos del libramiento carretero poniente, El Huracán "Patricia" ocasionó daños menores en el Centro Universitario del Sur, principalmente de caída de árboles, cuatro de ellos grandes y 12 pequeños con afectaciones mínimas en la infraestructura universitaria; se registró también la caída de dos lámparas solares, inundación de los cimientos en la construcción del edificio de Investigación y Posgrado, equipo computacional mojado, cortes de energía en ciertas áreas, así como filtraciones de agua en algunas aulas. En las fotos 1-5 se muestran los efectos ocasionados por el Huracán, que en su mayoría fueron

desprendimientos de bloques, fracturamiento de masas de roca en su base que pueden ser de riesgo por deslizamiento



Imagen 1.3.1.2. Fracturamiento de masas rocosas con tendencias a deslizarse.



Fotografía 1.3.1.1. Masa de rocoso con alta humedad y riesgo a deslizarse.



Fotografía 1.3.1.2. Caída de bloques por fuertes vientos y alta precipitación.



Fotografía 1.3.1.3. Desprendimiento de bloque por fuertes vientos y alta humedad debido a las fuertes lluvias.



Fotografía 1.3.1.4.Bloque caído por fuertes viento.

Índice de fotografías, imágenes y tablas

Fotografías

Fotografía .1.2.1.1 Acumulación de sedimentos en Atequizayán. 15
Fotografía 1.2.1.3. Acumulación de sedimentos en el camino 16
Fotografía 1.2.1.4. Arrastre de sedimentos y vegetación a lo largo del cauce del Arroyo La Tabaquera. 16
Fotografía 1.2.1.5. Vegetación muerta arrastrad por la corriente. 17
Fotografía 1.2.1.6 Depósito de sedimentos en los márgenes del Arroyo La Tabaquera. 17
Fotografía 1.2.1.7. Viviendas en zona de riesgo en Atequizayan. 18
Fotografía 1.2.1.8. Nivel alcanzado por la crecida en Atequizayan 18
Fotografía 1.2.1.9. Sedimentos en lecho de Arroyo La Difunta en El Fresnito. 19
Fotografía 1.2.1.10 Sedimentos y obstrucción del camino de acceso al Fresnito. 19
Fotografía 1.1.1.11. Acumulación de sedimentos en el Arroyo Los Guayabos 20
Fotografía 1.3.1.1. Masa de rocoso con alta humedad y riesgo a deslizarse. 24
Fotografía 1.3.1.2. Caída de bloques por fuertes vientos y alta precipitación. 25
Fotografía 1.3.1.3. Desprendimiento de bloque por fuertes vientos y alta humedad debido a las fuertes lluvias. 26

Imágenes

Imagen 1.1.1. Esquema de análisis para la cuenca del Arroyo La Tabaquera. 5
Imagen 1.1.2. Caudal pico y distribución de la precipitación en la Subcuenca del Arroyo La Tabaquera 6
Imagen .1.1.1.1 Concentración en miligramos/litro de sedimentos conducidos en la cuenca del Arroyo La Tabaquera. 7
Imagen .1.1.1.2. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo La Tabaquera. 7
Imagen 1.1.1.3. Resultados de caudal pico y distribución de la precipitación en arroyo de Subcuenca 2. 8
Imagen 1.1.1.4. Concentración en miligramos/litro de sedimentos conducidos en la cuenca 2. 9
Imagen 1.1.1.5. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca 2. 9
Imagen 1.2.1. Esquema de análisis de la cuenca del Arroyo La Difunta 10
Imagen 1.2.2. Caudal pico y distribución de lluvia en Arroyo la Difunta. 11
Imagen 1.2.1.1. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo la Difunta. 12
Imagen 1.2.1.2. Concentración de sedimentos en miligramos por litro en la cuenca del arroyo La Difunta. 12
Imagen 1.2.1.3. Caudal pico en m^3/s en el Arroyo La Retama. 13
Imagen 1.2.1.4. Carga de sedimentos, en toneladas, conducidos en la cuenca del Arroyo La Retama. 14
Imagen 1.2.1.5. Concentración de sedimentos en miligramos por litro en la cuenca del arroyo La Retama. 14
Imagen 1.3.1.1. Efectos y riesgos por flujos de detritos y derrumbes ocasionados por el Huracán “Patricia”. 22

Imagen 1.3.1.2. Fracturamiento de masas rocosas con tendencias a deslizarse..... 23

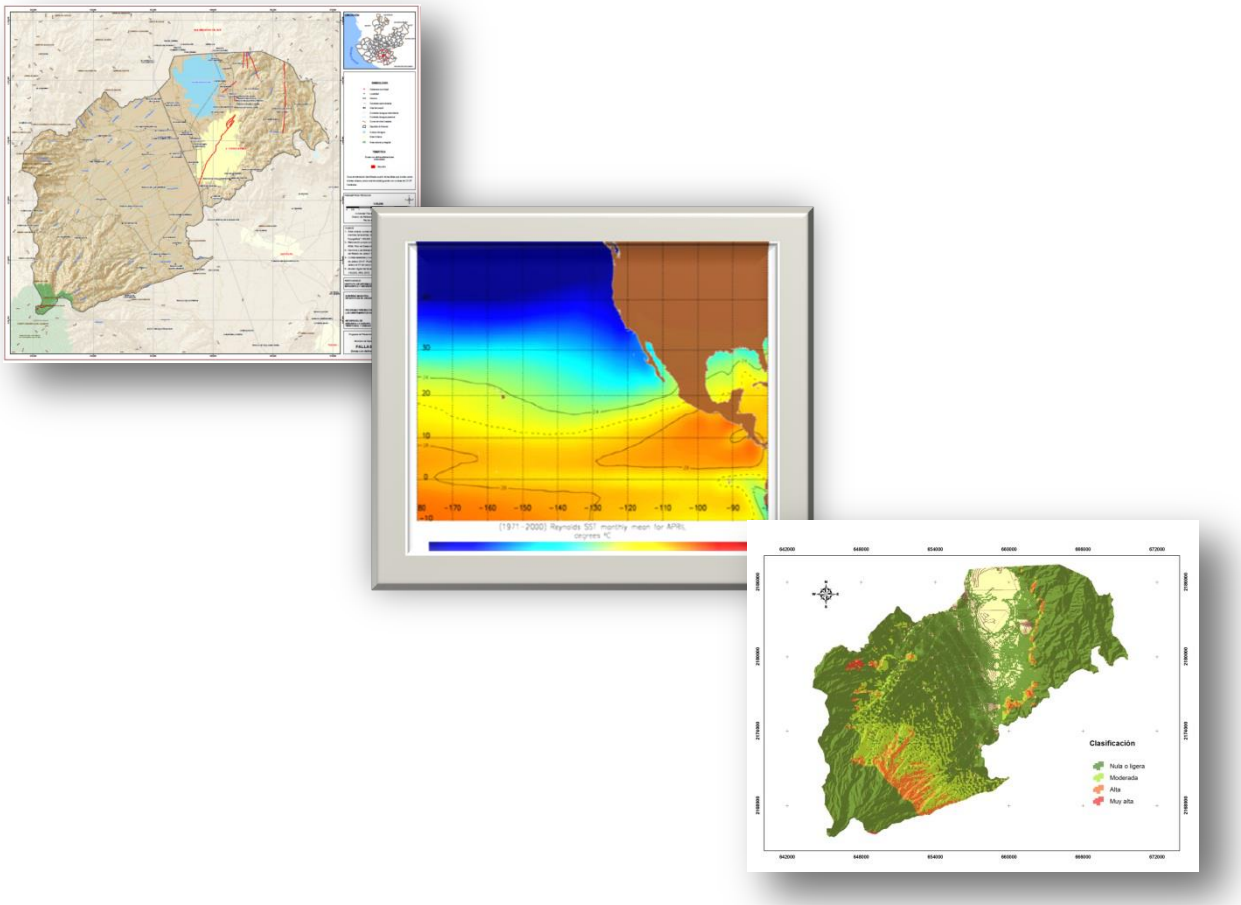
Tablas

Tabla 1.1 Parámetros morfométricos de la cuenca del Arroyo La Tabacalera..... 4
Tabla 1.1.2. Tabla de resultados para el Arroyo La Tabaquera. 6
Tabla 1.1.1.1. Resultados de caudal pico en arroyo de Subcuenca 2. 8
Tabla 1.2.1. Índices morfométricos de cuenca del arroyo La Difunta..... 10
Tabla 1.2.2. Caudal pico en el Arroyo La Difunta..... 11
Tabla 1.2.1.1 Caudal pico en el arroyo la Retama. 13

Atlas Municipal de Peligros y Riesgos naturales, Zapotlán el Grande

Anexo 2

Glosario



Contenido

1. GLOSARIO GEOLÓGICO 3
2. GLOSARIO HIDROMETOROLÓGICO 8

1. GLOSARIO GEOLÓGICO

Abrasión. Erosión de material rocoso por fricción de partículas sólidas puestas en movimiento por el agua, el hielo, el viento o la fuerza de gravedad.

Acuífero. Material permeable a través del cual se mueve el agua del subsuelo.

Agua del subsuelo. Agua que está bajo la superficie del terreno; también se menciona como agua subterránea.

Agua freática. Agua subterránea dentro de la zona de saturación.

Asentamiento. Hundimiento que sufre el terreno por efecto de la acción de cargas o fuerzas que alteran el estado de equilibrio del terreno natural.

Agua subterránea. Agua que se encuentra debajo de la superficie del terreno; se conoce también como agua del subsuelo.

Amenaza. Evento amenazante, o probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y periodo de tiempo dado. Son las fuentes de peligro asociadas a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos adversos sobre la salud humana, sus bienes y al medio ambiente. Se consideran como los tipos de amenaza más comunes los siguientes: terremoto, erupción volcánica, tormenta o huracán, inundación repentina, inestabilidad del suelo, deslizamiento, avalanchas, accidente tecnológico e incendio. Un sinónimo de "amenaza", en los estudios de riesgo, es el de "peligro". En términos matemáticos la amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento, calculada a partir de registros históricos de información durante un periodo significativo.

Amenazas antrópicas. Amenazas generadas por las actividades del hombre, cuyas consecuencias pueden ser desastrosas para una sociedad. Derivan de procesos tecnológicos, actividades humanas con el medio ambiente, o relaciones dentro o entre las comunidades.

Amenazas Naturales. Probabilidad de que ocurra un fenómeno natural que produzca efectos potencialmente dañinos sobre la salud humana, sus bienes y al medio ambiente dentro de un área y periodo de tiempo dado. Son causa de condiciones biológicas, geológicas, sísmicas, hidrológicas o meteorológicas o procesos en el medio ambiente natural.

Avalancha. Desprendimiento súbito y progresivo de una mezcla de roca, tierra y agua que cae ladera abajo.

Caídos de terreno. Fragmentos de tierra o roca que se desprenden y y se depositan en las partes bajas de una ladera.

Cámara magmática. Magma acumulado, antes de emerger en una erupción, bajo el volcán a profundidades de unos cuantos kilómetros.

Catástrofe. Transformación efectiva de riesgo en un daño. Suceso desafortunado que altera gravemente el orden regular de la sociedad y su entorno, por su magnitud genera un alto número de víctimas y daños severos. En una catástrofe, la mayoría o el total de los pobladores son impactados con una interrupción simultánea de sus actividades cotidianas.

Ceniza volcánica. Fragmentos de tefra menores de 2 mm., a los de mayor dimensión se les llama lapilli.

Columnas eruptivas. Densas columnas de tefra producidas por erupciones explosivas que ocasionalmente penetran la estratósfera y alcanzan alturas superiores a los 20 km.

Cuenca. Valle rodeado de alturas. Área total drenada por un río, incluyendo todas las corrientes que aportan sus aguas a dicho lugar.

Daño. Perjuicio o destrucción leve, pardal o total de alguna cosa. En el proceso social se valora el carácter de las transformaciones sufridas o potenciales, de manera que se miden parámetros económicos, culturales, vivenciales (sentimentales), etc., abordando costos mercantiles (daños a la producción) y sociales (daños a personas). Acorde con esto se deducen grados asumibles de riesgo, lo que incide directamente en la planificación de una zona sometida a la actividad de procesos naturales peligrosos.

Derrames de lava. Se llama así al magma que ha escurrido sobre la superficie terrestre, o roca que se ha solidificado a partir del material original que es el magma.

Desastre. Acontecimiento de un infortunio repentino o de magnitud que destruye las estructuras básicas y el funcionamiento normal de una sociedad (o comunidad). Un acontecimiento o serie de sucesos que ocasiona víctimas, daños o pérdida de la propiedad, infraestructura, servidos esenciales o medios de sustento a escala o dimensión más allá de la capacidad normal de las comunidades para dar abasto sin ayuda.\ Situación catastrófica cuyos patrones normales de vida humana (o ecosistemas) han sido interrumpidos y se requieren extraordinarias intervenciones de emergencia para salvar y preservar la vida y *1* o el medio ambiente. Los desastres con frecuencia se categorizan de acuerdo a las causas que se perciben o a la velocidad del impacto.

Deslizamientos. Movimientos de masa ó falla de laderas. Se refiere al movimiento de grandes volúmenes de suelo que se deslizan sobre una pendiente.

Elementos en riesgo. Poblaciones, edificios y actividades civiles, servidos públicos, infraestructuras, etc. expuestos a una amenaza.

Erosión. Desgaste de los terrenos por la acción de las aguas (erosión hídrica) y del viento (erosión eólica).

Erupción Volcánica. Emisión explosiva o quieta, de lava, materiales piroclásticos o gases volcánicos de o a la superficie de la tierra, usualmente por un volcán y raramente por fisuras./Emisión de material rocoso y gases a alta temperatura.

Estratificación. Estructura producida por el depósito de sedimentaciones en estratos o capas. Este término también se usa para indicar la existencia de capas o estratos en las rocas sedimentarias.

Evaluación de la Amenaza. Los puntajes de la amenaza se consideran teniendo en cuenta la capacidad destructora de cada evento, su efecto sobre la salud de la población y su probabilidad de ocurrencia en áreas dónde se encuentra la población objeto del análisis.

Evaluación del Riesgo. Riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad, es decir: *riesgo = (amenaza) (vulnerabilidad).*

Falla. Superficie de ruptura de una roca o estrato, a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

Grieta.

1) Fisura
2) Abertura o brecha de un borde natural

Hundimiento. Movimiento hacia abajo y hacia fuera de la roca o del material sin consolidar, como una unidad o como una serie de unidades.

Inestabilidad de laderas naturales. Conocidas también como deslizamientos del terreno, o de tierra, implica movimiento de rocas y/o suelo por la acción de la gravedad. Los deslizamientos de tierra sucedidos en el pasado son responsables de las características topográficas del paisaje natural actual.

Ladera. Costado de un terraplén o de una montaña.

Licuación de suelos. Consiste en la pérdida de resistencia de suelos arenosos, con partículas de tamaño uniforme y que se encuentren saturados. Como consecuencia de las vibraciones del terreno natural que origina el paso de ondas sísmicas, durante la ocurrencia de un temblor.

Manto Freático. Agua que se encuentra bajo capas superficiales del suelo, incluyendo a la que es retenida por absorción del suelo y la que puede circular.

Nivel Freático. Nivel superficial del agua subterránea.

Nivel dinámico. Nivel del agua subterránea que se toma cuando los pozos se encuentran activos, indica el abatimiento de los mantos freáticos de una zona.

Riesgo. Probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias (destrucción o pérdida), debido al grado de exposición de los elementos sometidos a una amenaza y a la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento. Según la manera en que se defina, el riesgo puede medirse Según la pérdida económica esperada, o según el número de vidas perdidas.

Riesgo Aceptable. Grado de pérdidas materiales y humanas, percibidas por la comunidad o autoridades correspondientes, como tolerables en acciones destinadas a minimizar riesgos de desastres.

Riesgo Natural. Probabilidad de que la sociedad sufra daño (pérdidas humanas, personas heridas, propiedades destruidas e interrupción de actividades económicas), debido a la posible ocurrencia de fenómenos naturales particulares, durante un periodo de tiempo en una región dada.

Riesgo Volcánico. Posible ocurrencia de un evento eruptivo que rompa con un cierto equilibrio establecido sobra la superficie terrestre afectando principalmente las condiciones establecidas por el hombre.

Sismógrafo. Instrumento para el registro de vibraciones, que se emplea más comúnmente para registrar vibraciones terrestres.

Sobreexplotación. Explotación excesiva de los recursos naturales.

Subsidencia. Reducción del nivel del material del terreno, debido a desplazamiento vertical, horizontal o por una superposición de los tipos de movimientos mencionados.

Tefras. Forma genérica de referirse a los productos piroclásticos, cualesquiera que sea su forma, provenientes de las erupciones volcánica. Entre ellos encontramos tobas (cenizas volcánicas).

Terremoto. Ondas que se generan en la tierra cuando las rocas se rompen después de haber sido distorsionadas más allá de su resistencia.

Terremoto Volcánico. Terremoto causado por movimientos de magma o explosiones de gases durante la actividad volcánica.

Toba. Ceniza volcánica consolidada.

Tsunami. Ola gigantesca generada en el océano en el momento de ocurrir un terremoto. Vulgarmente, pero en forma incorrecta, se le da el nombre de ola de marea. Algunas veces se le llama ola sísmica marina.

Volcán. Montaña que humea./ forma terrestre desarrollada por la acumulación de productos magmáticos cerca de un conducto central./ Aquel lugar donde la roca, fundida o fragmentada por el calor, emerge a través de una abertura desde las partes internas de la tierra hacia la superficie./ Estructura en forma de loma o montaña que se forma alrededor de una abertura por acumulación de los materiales emitidos.

Vulnerabilidad. Grado de pérdida (de O a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino. Es la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos ambientales a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser físicos, biológicos y sociales. La vulnerabilidad está generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual el elemento está expuesto.

2. GLOSARIO HIDROMETOROLÓGICO

Área de la cuenca. El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.

Aridez. Estado climático caracterizado por la escasez permanente de agua.

Arroyo. Corriente de agua. Generalmente se atribuye a los ríos de bajo caudal.

Avenida. La avenida se produce sobre los ríos y es el incremento del nivel del agua en el río debido a que fluye un caudal mayor al que normalmente presenta.

Características fisiográficas. Son los rasgos propios de cada cuenca y su cauce principal, tales como el área de la cuenca y la pendiente del cauce principal.

Cauce. Lecho de los ríos y arroyos por donde corren las aguas producidas por la precipitación.

Ciclo hidrológico. Describe el movimiento del agua en la atmósfera y la tierra. Si se toma como origen el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo, una parte se infiltra, otra escurre superficialmente y otra se evapora, volviendo a la atmósfera para formar nubes que los vientos desplazan y que al condensarse dan lugar a la lluvia, iniciándose de nuevo el ciclo.

Clima. Es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado; conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar o región, determinadas por los valores medios de los elementos del clima que son: temperatura, humedad, presión, vientos, ambos modificados por los factores del clima como son la latitud, la altitud, el relieve, las corrientes marinas, etc.

Condensación. Proceso por el cual el vapor de agua se convierte en agua líquida, producido por el enfriamiento, que da lugar a nubosidad o precipitaciones.

Convergencia. Zona donde chocan las líneas de flujo del viento generándose movimientos convectivos (ascenso del aire) para compensar la acumulación de aire en una pequeña zona.

Cuenca endorreica. El punto de salida del cauce está dentro de los límites de la cuenca y por lo general es un lago.
Cuenca exorreica. El punto de salida del cauce se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

Cuenca homogénea: Una cuenca es homogénea cuando tiene las mismas características físicas y de almacenamiento en toda su área.

Cuenca: Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida.

Divergencia. Movimiento del viento que resulta en una expulsión horizontal de aire desde una región específica. Las divergencias de aire en niveles bajos de la atmósfera están asociadas con movimientos del aire descendentes conocidos como subsidencia. Es lo contrario de la convergencia.

Erosión: Es el transporte de partículas sólidas por agentes externos, como son la lluvia y el viento.

Escurrimiento: Es el agua proveniente de la precipitación, circula sobre o bajo la superficie terrestre y llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

Frente frío. Límite anterior de una masa de aire frío en movimiento. Cuando entra en contacto con una masa de aire caliente menos denso se produce una situación de inestabilidad que suele provocar fuertes lluvias.

Gasto o caudal: Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río.

Gaviones: Contenedor en forma de cubo, formado con malla ciclónica y lleno de piedras, usado en obras hidráulicas, para formar con elementos de pequeño tamaño y peso, otros más grandes y pesados.

Hectopascal. Unidad para medir la presión atmosférica. Su abreviación es [hPa] y equivale a 100 Pascales por unidad (1 hecto [h]=100); 1 hPa=1 mbar (ver milibar).

Helada blanca. Blanca capa de cristales de hielo depositados sobre la superficie de los objetos que tienen una temperatura inferior a aquélla en donde el agua se congela.

Helada negra. Es cuando provoca daños celulares, al congelarse la savia de las plantas y produce un oscurecimiento de las hojas de éstas.
Helada. Congelación del agua del suelo por el descenso de temperatura por debajo de cero grados. Se produce en días anticiclónicos, con calma y sin nubosidad, principalmente en invierno.

Hidrograma: Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. Para cada punto del hidrograma se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición. El área bajo la curva de esta gráfica es el volumen de agua que ha escurrido durante el lapso entre dos instantes.

Humedad relativa. Cantidad de humedad en el aire a una temperatura determinada comparada con el máximo que podría retener a esa temperatura; suele expresarse en forma de porcentaje.

Humedad. Cantidad de vapor de agua en la atmósfera.

Huracán. Categoría que alcanza un ciclón tropical, con alto grado de destrucción, después de ser tormenta tropical. El huracán puede tiene a su vez, 5 grados de intensidad con velocidades que varían entre los 118 y más de los 250 km/h (ver la escala de Saffir-Simpson).

Inestabilidad. Situación en la que la temperatura de una masa de aire ascendente es siempre más caliente que el aire circundante; en consecuencia sigue subiendo y a veces llega a la tropopausa.

Inversión térmica. A veces sucede que en las largas noches de invierno, bajo un cielo claro (despejado de nubes), con una atmósfera seca, aire tranquilo y terreno cubierto de nieve, la temperatura es más baja en las capas superficiales y más alta en las capas intermedias de la troposfera, a esto se le llama inversión térmica.

Isotacas. Isolíneas para la variable viento.

Milibar. Unidad para medir la presión atmosférica. Su abreviación es [mbar]. Un bar equivale a 105 Pa, por lo tanto, un milibar es igual a 100 Pascales (1 mili [m]= 0.001); 1 mbar=1 hPa (ver hectopascal).

Neblina. Visibilidad ligeramente reducida por la suspensión de gotitas de agua en el aire.

Niebla. Gotitas de agua en el aire que reducen la visibilidad a menos de 1000 metros.

Nubosidad. Cantidad de nubes en el cielo, se expresa en las cartas meteorológicas como un círculo el cual es dividido en ocho partes iguales llamadas octas; por ejemplo cuando el círculo está en color negro se dice que hay ocho octas de nubosidad y si el círculo aparece sin color es que el cielo este despejado.

Punto de rocío. La temperatura a la cual el agua empieza a condensarse sobre las partículas de aire de una masa determinada.

Radiación. Modo por el cual la energía se propaga a través del espacio.

Rayo. Descarga con relámpago que progresa de la nube al suelo, sigue una trayectoria sinuosa y presenta habitualmente ramificaciones orientadas hacia abajo que tiene su origen a partir de un canal señalado (relámpago ramificado). Se llama también descarga al suelo y descarga nube-suelo. Popularmente se llama centella y centellón.

Relámpago. Es una manifestación luminosa de una descarga eléctrica brusca que tiene lugar desde o en el interior de una nube, y raramente desde edificios altos o montañas.

Rocío. Agua que se condensa en forma líquida en la superficie terrestre.

Saturación. Punto en el que una masa de aire no puede retener más vapor de agua a una temperatura determinada, es decir, cuando la humedad relativa es del 100%.

Sequía. Período de tiempo durante el cual hay un déficit de agua tal que llega a afectar las actividades humanas. Temperatura. Es la condición que determina la transmisión del calor de un cuerpo a otro: del más caliente al más frío.

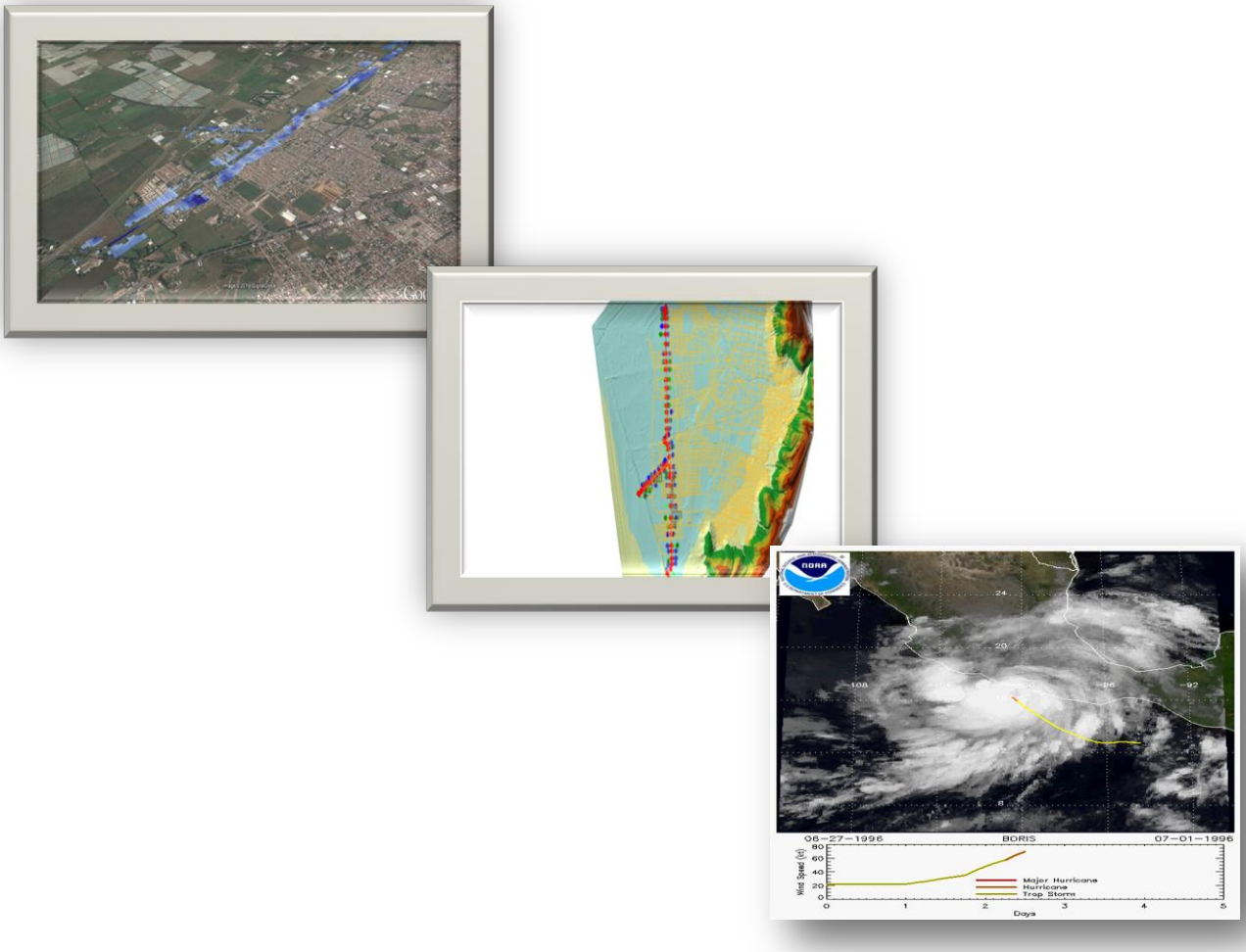
Sotavento. Ladera de la montaña resguardada del viento.

Tiempo. Es la suma total de las propiedades físicas de la atmósfera, o sea de los elementos, en un período cronológico corto, o también llamado el estado momentáneo de la atmósfera.

Tormenta tropical. Categoría que alcanza un ciclón tropical después de ser depresión tropical y a partir del cual se le designa un nombre. Puede alcanzar velocidades entre 62 km/h y 118 km/h (ver la escala de Saffir-Simpson).

Anexo 3.

Acrónimos



1.- Acrónimos

ANR: Atlas Nacional de Riesgos.

CCC: Canadian Climate Center.

CD. Guzmán: Ciudad Guzmán.

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CERESO: Centro de Readaptación Social.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONAPO: Consejo Nacional de Población.

CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

DENUE: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.

DETENAL: Dirección de Estudios del Territorio Nacional

DOF: Diario Oficial de la Federación

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FIRCO: Fideicomiso del Fondo para el. Mejoramiento Integral de Poblados.

IFE: Instituto Federal Electoral.

IIEG: Instituto de Información Estadística y Geográfica.

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.

INAFED: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.

INEEC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

ITC: Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.

ITEI: Instituto de Transparencia e Información Pública de Jalisco.

ITEJ: Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco.

NICS-ENINGH: Módulo de Condiciones Socioeconómicas.

NOAA: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

NOM-ECOL-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-categorías en riesgo.

REPDA: Registro Público de Derechos de Agua

SAPAZA: Sistema de agua potable de Zapotlán.

SAT: Servicio de Administración Tributaria.

SCC: Soil Conservation Service.

SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.

SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social.

SEJ: Secretaría de Educación Jalisco.

SGM: Servicio Geológico Mexicano.

SMHN: Servicio de Meteorología e Hidrología Nacional.

SMN: Servicio Meteorológico Nacional.

SSN: Servicio Sismológico Nacional.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UPCM: Unidad de Protección Civil del Municipio.

Para publicación y observancia, promulgo el presente documento que contiene "El Atlas de Peligros y Riesgos del Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco" en el municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco a los 16 días del mes de Febrero de 2016.



LIC. ALBERTO ESQUER GUTIERREZ
Presidente Municipal



LIC. HIGINIO DEL TORO PEREZ
Secretario General.

C. Regidora Maria Luis Juan Morales: rúbrica. **C. Regidora Laura Elena Martínez Ruvalcaba:** rúbrica. **C. Regidora Martha Graciela Villanueva Zalapa:** rúbrica **C. Regidor Roberto Mendoza Cárdenas.** rúbrica **C. Regidor Alan Isarel Pinto Fajardo**. rúbrica **C. Regidora Eugenia Margarita Vizcaíno Gutiérrez:** rúbrica. **C. Regidor Claudia Murguía Torres** rúbrica. **C. Regidor José Luis Villalvazo de la Cruz** rúbrica. **C. Regidor Eduardo González:** rúbrica. **Regidor Genaro Solano Villalvazo:** rúbrica. **C. Regidora Martha Cecilia Covarrubias Ochoa:** rúbrica **C. Regidor Ernesto Domínguez López:** rúbrica. **C. Regidor Juan Manuel Figueroa Barajas.** rúbrica. **C. Regidor Leopoldo Sánchez Campos:** rúbrica. **C. Regidor J. Jesús Guerrero Zúñiga:** rúbrica. **C. Síndico Municipal Matilde Zepeda Bautista:** rúbrica ----------

El que suscribe C. Licenciado Higinio del Toro Pérez, Secretario General del H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, con las facultades que me confiere el artículo 63 de la Ley de Gobierno y la Administración Pública Municipal del Estado de Jalisco, por el presente hago constar y ----------CERTIFICO----------

Que con fecha 16 de febrero del 2016, fue oficialmente publicado en la gaceta Municipal de Zapotlán órgano oficial informativo del Ayuntamiento el acuerdo de Ayuntamiento mediante el cual se Autoriza tanto en lo general como en lo particular el documento que contiene el "Atlas de Peligros y Riesgos del Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco", para que de conformidad con lo que establece el acuerdo tercero este entre en vigor por lo que se levanta la presente certificación para los efectos legales a que haya lugar.----------

ATENTAMENTE
"2016, AÑO DEL CENTENARIO DE NATALICIO DE LA INTERNACIONAL COMPOSITORA CONSUELITO VELAZQUEZ"
Ciudad. Guzmán, Municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco 16 de febrero de 2016.

LIC. HIGINIO DEL TORO PEREZ
Secretario General

Gobierno Municipal
de Zapotlán el Grande, Jal.
2015-2018

La presente fue publicada en la Gaceta Municipal de Zapotlán El Grande.
Correspondiente al día 16 de febrero del año 2016.
En Ciudad Guzmán, Municipio de Zapotlán El Grande, Jalisco.

El Presente ejemplar fue publicado con un tiraje de 20 ejemplares, el día 16 del mes de febrero de 2016 por el área de Diseño Gráfico, adjunto a la Dirección de Prensa y Publicidad del H. Ayuntamiento de Zapotlán El Grande, Jalisco; y fueron entregados para su distribución a la Oficina de Secretaría General. ----------