Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalajara 2011

15 de Marzo del 2012
Versión Final

Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092
Municipio de Guadalajara, Jalisco

M. en C. Carlos Suárez Plascencia,
Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades
Cuerpo Académico SISVOC
Universidad de Guadalajara
Mariano Barcena y Avenida de los Maestros, Guadalajara, Jalisco
3338193381/86
csuarez@cencar.udg.mx

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

ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción 6

1.1. Introducción

1.2. Antecedentes

1.3. Objetivo

1.4. Alcances

1.5. Metodología General

1.6. Contenido del Atlas de Riesgo

CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio 14

Determinación de la Zona de Estudio

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural 18

3.1. Fisiografía

3.2. Geología

3.3. Geomorfología

3.4. Edafología

3.5. Hidrología

3.6. Climatología

3.7. Uso de suelo y vegetación

3.8. Áreas naturales protegidas

3.9. Problemática ambiental

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos 58

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

4.2. Características sociales

4.3. Principales actividades económicas en la zona

4.4. Características de la población económicamente activa

4.5. Estructura urbana

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural 82

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico 85

5.1.1. Fallas y Fracturas

5.1.2. Sismos

5.1.3. Vulcanismo

5.1.4. Deslizamientos

5.1.5. Derrumbes

5.1.6. Flujos

5.1.7. Hundimientos

5.1.8. Erosión

5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico 126

5.2.1. Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

5.2.2. Tormentas eléctricas

5.2.3. Sequías

5.2.4. Temperaturas máximas extremas

5.2.5. Vientos Fuertes

5.2.6. Inundaciones

5.2.7. Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)

5.3. Propuestas y recomendaciones 161

CAPÍTULO VI. Anexo *

6.1. Glosario de Términos

6.2. Bibliografía

6.3. Cartografía empleada (índice y breve descripción de los mapas contenidos)

6.4. Metadatos

6.5. Fichas de campo

6.6. Memoria fotográfica (con descripción y ubicación de cada imagen)

6.7. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción:

La dinámica urbana del municipio de Guadalajara en las cinco décadas pasadas ha propiciado la ocupación de gran parte de su territorio, alcanzando su limite horizontal en al año de 1996,donde se ha urbanizado sobre áreas con fragilidad ambiental, en zonas susceptibles de peligro y en áreas en donde fue modificado el relieve natural que existía por lo menos hasta los años 40.

En años recientes se han presentado una serie de procesos de origen geológicos e hidrometeorológico que han afectado sobre todo a áreas específicas de la ciudad.

Los fenómenos geológicos recurrentes con una recurrencia anual son los hundimientos, siendo afectadas dos zonas en particular: El área conocida como Alcalde-Barranquitas donde se han afectado estructuralmente y desplomado edificaciones, otra zona lo es el área de Colomos, ambas zonas tienen como común denominador que son sitios donde el antiguo relieve caracterizado por barrancas que se desarrollaron en depósitos de tobas pumíciticas, estas geoformas fueron alteradas con rellenos y nivelaciones para su incorporación urbana.

La localización de Guadalajara en una de las regiones tectónicas más activas del país, hacen que el municipio sea susceptible al peligro sísmico, históricamente esta región ha sido afectada por sismos con hipocentros en la zona de subducción de la placa de Rivera y en menor proporción por la placa de Cocos bajo la placa Americana, los sismos más importantes han sido en 1932 con Ms=8.2 y una segunda replica con Ms=7.8 ambos con epicentro en la costa sur del estado de Jalisco, en 1995 con Ms=7.6 y el del 21 de enero del 2003 con Ms=7.6 estos últimos sentidos en Guadalajara pero sin efectos en sus edificaciones. La zona occidente también ha registrado sismos originados por fallas de tipo continental, como el ocurrido en 1875 con epicentro en San Cristóbal de la Barranca a 55 km de Guadalajara y con M=7, otro evento importante fue un enjambre sísmico ocurrido de mayo a diciembre de 1912, donde la ciudad fue afectada y dañada de forma moderada en las edificaciones urbanas construidas en general por adobe de barro y vigas de madera.

Los fenómenos hidrometeorológicos que afectan al municipio se asocian al temporal de lluvias (de junio a octubre) y ocasionan daños recurrentes al municipio, agravándose cuando se presentan lluvias con intensidad superior a los 30 mm/hr, las zonas más afectadas son las colonias del sur y centro-poniente de la ciudad, las que generan inundaciones en zonas topográficamente bajas, desarrollo de corrientes en las zonas de cauces modificados y alterados, hoy ocupados por la traza urbana, así como inundaciones generadas por obturación de la red de drenaje por basura, que no permite el acceso del agua a la red de colectores y subcolectores.

1.2. Antecedentes:

Los antecedentes de estudios de riesgos naturales en el municipio, se remiten a investigaciones realizadas en la Universidad de Guadalajara en colaboración con dependencias del gobierno estatal como lo es la Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR) y la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos (UEPCyB), así como con el Ayuntamiento de Guadalajara, a través de la Dirección de Obras Públicas.

Los primeros estudios de riesgos naturales se realizaron a escala 1:50,000 y fueron realizados en el año 2000 para la SEDEUR, en el 2007 de elaboro un nuevo proyecto que estudio los peligros por inundaciones, procesos de remoción en masa, y zonas afectadas por hundimientos hasta el año 2006, pero no se consideró la vulnerabilidad, a fin de poder evaluar el riesgo. Las escalas de trabajo fueron a 1:20,000 y 1:10,000, integrándose el Atlas en formato ArcView Gis ver. 3.3.

En enero del 2007 la UEPCyB del Gobierno del Estado de Jalisco presenta el Atlas Estatal de Riesgos del estado de Jalisco a escala 1:600,000.

En estos tres documentos se identifica que la problemática relacionada con los peligros de origen natural que hacen susceptible al municipio son:

a) Hidrometeorológicos con la presencia de tormentas severas, inundaciones.
b) Geológicos con el desarrollo de hundimientos, remoción y afectaciones por actividad sísmica.

Del año 2007 a la fecha la ciudad ha presentado una serie de cambios en su morfología urbana con el crecimiento y modernización de la infraestructura vial y nuevas edificaciones. Como elemento dominante en las áreas circundantes a estas obras son el desarrollo de inundaciones durante y posterior a eventos de tormentas severas, y ello se puede deber a que no fue tomado en cuenta en su diseño dos factores que son: los periodos de retorno y las características hidrológicas de los escurrimientos que drenan el municipio y cuya dirección de flujo es hacia el límite norte del municipio donde se ubica la Barranca del Río Grande de Santiago donde fluye el Río Grande de Santiago.

Derivado de estas tormentas intensas, se forman importantes flujos pluviales en corto tiempo que escurren por la superficie pavimentada. Que afectan tanto las vialidades e inundan áreas habitacionales, comerciales y de servicios. La reciente demolición de varias cuadras del centro de la ciudad posiblemente se manifiesta con un incremento del coeficiente de escurrimiento. La interacción de estas variables puede ser la causa del incremento de las zonas de inundación con respecto a los identificados en el año 2007.

Los peligros geológicos que sobresalen en el municipio son los hundimientos que afectan vialidades como edificaciones, el origen de estos procesos es la interacción se las siguientes variables: a) un control geológico-estructural, por lo que en este Atlas de riesgo se identifica el sistema de lineamientos, fracturas y fallas que afectan tanto la secuencia de depósitos de tobas de

pómez que descansa en diferentes potencias al paquete de rocas volcánicas del Grupo Guadalajara que subyace a diferentes profundidades. b) el relleno de gran parte del sistema de barrancas que existía en el territorio municipal y c) la existencia de una red de tuberías de drenaje y agua potable avejentadas (entre 100 y 25 años de antigüedad), la correlación de estos elementos con los puntos de hundimientos que se han presentado y registrado en el territorio municipal desde el 2006, permiten establecer dos causales de esta problemática.

El desarrollo urbano de la ciudad implico un cambio constante en el uso del suelo, que se refleja actualmente en el aumento de la vulnerabilidad poblacional, de las edificaciones y la economía. Estos elementos sociales se interaccionarán con los elementos de peligro geológico e hidrometeorológico a fin de establecer los diferentes niveles de riesgo presentes en Guadalajara.

La realización del ARN del municipio de Guadalajara se elaboró con base en la Guía Metodológica emitida por la SEDESOL en el 2011, la cual tiene como objeto apoyar en el proceso de elaboración de cartografía temática y bases de datos relacionados con los procesos perturbadores que afectan al territorio municipal y con fundamento en la legislación nacional vigente en materia de Riesgos y Protección Civil (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Ley General de Protección Civil).

El ARN permitirá:

1. Contar con un documento cartográfico y escrito 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 en el corto plazo un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

4. Las bases teóricas y sistémicas se harán de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos.

Los resultados del **Atlas de Riesgos Naturales (ARN**) deben de incidir directamente en el desarrollo urbano de carácter sustentable de Guadalajara a través de su aplicación en los instrumentos de planeación existentes, como lo son los planes parciales de desarrollo urbano y en los planes operativos de la Unidad Municipal de Protección Civil y Bomberos, además de otras dependencias como Desarrollo Social, Obras Públicas ente otras. El ARN permitirá el entendimiento de cada proceso, su localización, su alcance y grado de afectación, así como el permitir establecer políticas de ordenamiento territorial, integrando un correcto uso del suelo, posibilitando usos compatibles y con ello evitar el generar nuevas zonas vulnerables a peligros de origen natural.

Marco Jurídico del ARN.

El ordenamiento de un territorio y, en especial, aquellos territorios que se encuentran en zonas expuestas a riesgos ya sean de origen geológico, geomorfológico, hidrometeorológico, o antropogénicos, debe de partir de una base sólida tratando de ajustarse al marco normativo existente que regula todo lo relacionado con los riesgos tanto en los niveles federal, estatal y municipal. La legislación y normatividad vigente que hacen referencia en la incorporación del análisis de los riesgos naturales son ocho documentos:

a) Ley del Desarrollo Urbano de Estado de Jalisco.
b) Ley General de Protección Civil.
c) Ley de Protección Civil del Estado de Jalisco
d) Ley Estatal del Equilibrio Ecológico.
e) Reglamento de Zonificación del Estado de Jalisco.
f) Plan de Desarrollo urbano de Centro de Población.
g) Plan Parcial de Urbanización para la regulación e incorporación Municipal.
h) Ley y reglamento de Planeación del Estado de Jalisco y sus Municipios.

En general estos documentos hacen referencia al tratamiento de los riesgo naturales como ámbito temático que debe tomar parte dentro de los planes de ordenamiento del territorio, iniciando por el Plan de Desarrollo Municipal, el Plan de Desarrollo Urbano, el Plan Parcial de Desarrollo Urbano, los Planes de Acción Urbanística hasta incluirlo dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico a nivel municipal y estatal.

1.7. Objetivo

El objetivo general del ARN del municipio de Guadalajara, Jalisco, es elaborar e integrar de la información disponible de peligros naturales y realizar el análisis de la vulnerabilidad, la interacción de estos dos elementos permitirá definir los riesgos que afectan a la ciudad más importante del occidente del país.

Objetivos particulares:
Identificar de los riesgos geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos, a través de la interpretación de los elementos de peligro y vulnerabilidad existentes.
Identificar su extensión geográfica.
Establecer propuestas de acciones de mitigación, así como determinar las áreas con riesgos no mitigables.

1.8. Alcances

El alcance del ARN es determinar los riesgos naturales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológicos que se presentan y desarrollan en Guadalajara y en su entorno geográfico. La ubicación del área de estudio en cuatro microcuencas hidrológicas orientadas sur-norte, con una red de tipo detrítico subparalela, las que evolucionaron sobre un sustrato geológico de tobas pumiciticas poco consolidadas permiten la presencia de condiciones que favorecen la evolución de riesgos recurrentes en la ciudad.
Dadas estas características, se establecen dos escalas de trabajo, una denominada regional que integra parte del entorno geográfico del municipio y una segunda que solo se plasma el territorio municipal, por lo que el atlas de riesgos no se constriñe al límite del municipio, ello con el propósito de buscar establecer que se generen a nivel intermunicipal en el corto y mediano plazo planes y programas de operación de reducción de riesgos, integración de los resultados al programa de desarrollo urbano y desarrollo social.

1.9. Metodología General

El **ARN,** se realizó a partir de conjunto de estudios multidisciplinarios estructurados, sistemáticos, planeados, así como recopilaciones históricas sobre los procesos que dan origen a los fenómenos naturales potencialmente peligrosos. Analizando también, el origen y causas de la vulnerabilidad poblacional, económica y de vivienda de las zonas expuestas.

Se utilizo la interpretación de sensores remotos como son fotografías aéreas con fecha de vuelo de 1941, de 1962, 1976, 1990, que se complementarán con imágenes satelitales. Con los modelos vectoriales del INEGI a escala 1:50,000 y del Instituto de Información Territorial del Gobierno del estado de Jalisco a escala 1:20,000 y curvas cada dos metros se elaboró el Modelo de Elevación del Terreno (MDT), el cual permitió extraer información de peligros a nivel local y regional de las características del terreno sin la urbanización existente.

Los datos geoespaciales resultado del análisis de la caracterización del medio físico, del medio social, económico y demográfico, se trabajaron en ambiente SIG a fin de realizar una evaluación multicriterio para determinar los riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural en el municipio, generando una serie de mapas que permiten visualizar la problemática identificada.

Los niveles de análisis utilizados para identificar el nivel de análisis de cada fenómeno perturbador en el municipio se basan en lo expuesto en la página 12 de las Bases para la Estandarización del Atlas de Riesgos y Catalogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo versión 2011, en donde se define que la "Jerarquía de complejidad de métodos de estudio" considera 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. Tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

N°	Fenómeno	Tipo	Complejidad de métodos de análisis de los peligros identificados	Escalas	
				Trabajo	Representación
1	Fallas y Fracturas	Geológico	4/2	1:25000	1:32,258
2	Sismos	Geológico	5	1:50000	1:32,258
3	Tsunamis o maremotos	Geológico	No aplica		
4	Vulcanismo	Geológico	2	1:50000	1:32,258
5	Deslizamientos	Geológico	2	1:25000	1:32,258
6	Derrumbes	Geológico	2	1:25000	1:32,258
7	Flujos	Geológico	3	1:25000	1:32,258
8	Hundimientos	Geológico	4	1:25000	1:32,258
9	Erosión	Hidrometeorológico	1	1:50000	1:32,258
10	Ciclones-huracanes	Hidrometeorológico	No aplica		
11	Ciclones-ondas tropicales	Hidrometeorológico	No aplica		
12	Tormentas eléctricas	Hidrometeorológico	4	1:25000	1:32,258
13	Sequías	Hidrometeorológico	2	1:50000	1:32,258
14	Temperaturas máximas extremas	Hidrometeorológico	1	1:50000	
15	Vientos fuertes	Hidrometeorológico	3	1:50000	1:32,258
16	Inundaciones	Hidrometeorológico	5	1:25000	1:32,258
17	Masas de aire, heladas, granizo	Hidrometeorológico	1	1:50000	1:32,258
18	Masas de aire y frentes, nevadas	Hidrometeorológico	1	1:50000	1:32,258

Los resultados aquí expuestos pueden permitir el realizar una adecuada planeación del uso del suelo y el diseño de normas y acciones orientadas a la mitigación de los posibles daños asociados a dichos procesos. La aplicación de estos resultados incrementa la seguridad de la vida y bienes de los habitantes del municipio.

El **ARN** es un documento dinámico, es decir, que al ser realizado en el sistema de información geográfica ArcGis, lo que permitirá actualizarlo periódicamente y en lo posible debe de ser ligado a sistemas de monitoreo de los procesos ambientales que en el corto plazo el municipio instale en su territorio, tales como estaciones climatológicas, sismógrafos, acelerógrafos, GPS, además de implantar metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad a escala detallada.

1.10. Contenido del Atlas de Riesgo

El contenido del ARN del municipio de Guadalajara, se establece de acuerdo a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo, el cual incluye los Términos de Referencia del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y los planteados en el Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos de la SEDESOL.

El contenido general se establece en cuatro grandes apartados que son:

- Antecedentes e introducción
- Determinación de la zona de estudio
- Caracterización de los elementos del medio natural
- Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos
- Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.

CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

2.1. Determinación de la Zona de Estudio

Dadas las características geográficas del municipio de Guadalajara y su desarrollo urbano en un contexto de conurbación con los tres municipios limítrofes al sur, oriente y poniente, hace que la presencia de los peligros de origen natural (sobre todo los de índole hidrometeorológico), se genere y evolucionen fuera del territorio municipal e interactúen dentro de él.
Estas características nos conllevan a establecer dos escalas de análisis, una denominada regional que abarca el municipio y su entorno geográfico, y una segunda que sólo se enfoca al territorio municipal.

- El primer nivel de análisis permite identificar las características climáticas, la dinámica hidrológica de las microcuencas que se localizan en el municipio, y cuyas cabeceras se ubican fuera de los límites municipales, de su parte media y distal, además de establecer patrones estructurales y geológicos que inciden en los hundimientos de procesos de remoción en masa que afectan de forma recurrente la mancha urbana.

- El segundo nivel de análisis permite identificar los factores socio-económicos y urbanos que inciden en la evaluación de la vulnerabilidad a nivel AGEB, La interacción de estos elementos con los peligros naturales, permitirán evaluar y cuantificar el nivel de riesgo que existe en cada uno de los siete distritos urbanos que integran al municipio de Guadalajara.

Determinación de la poligonal del municipio de Guadalajara.

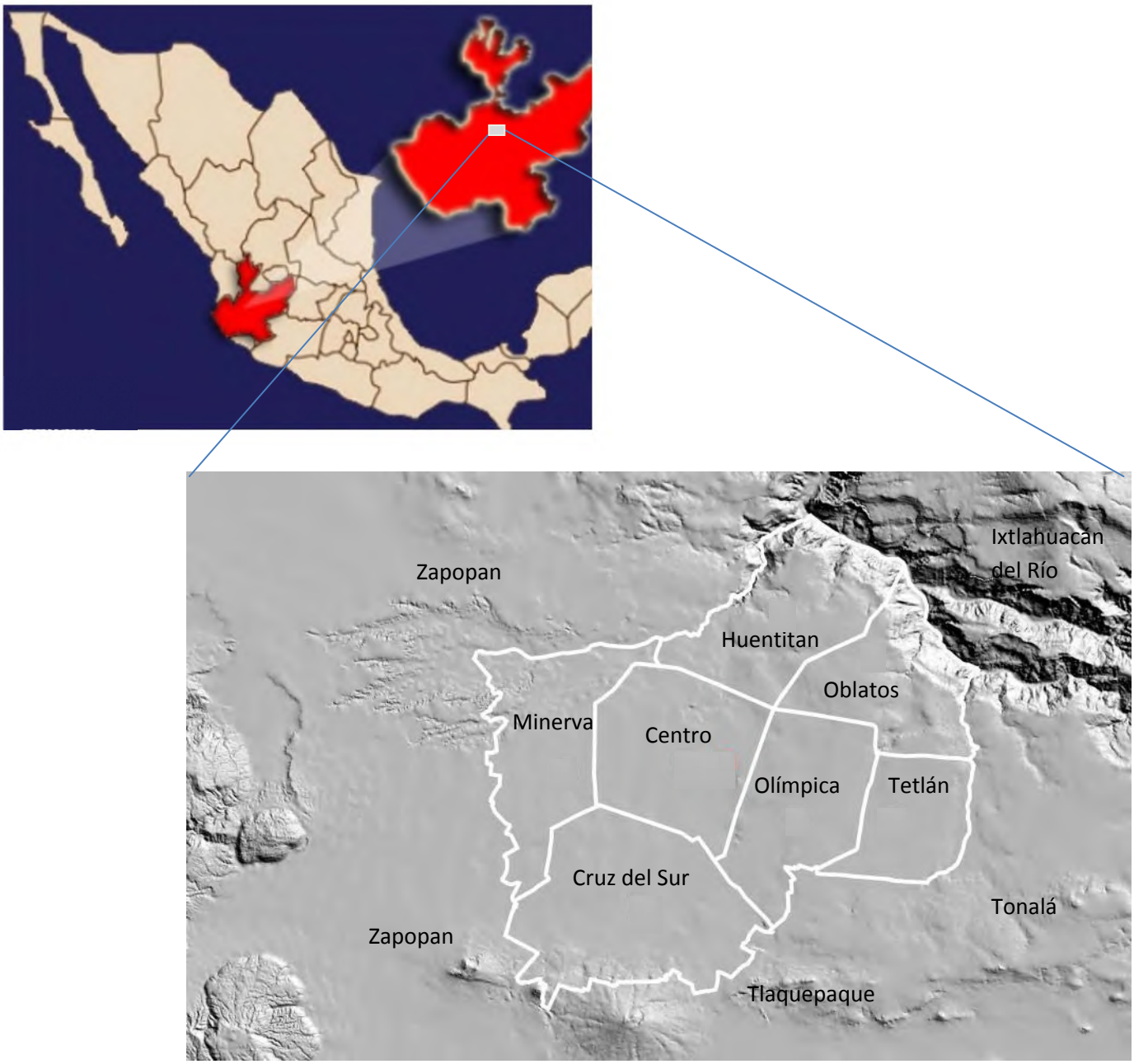


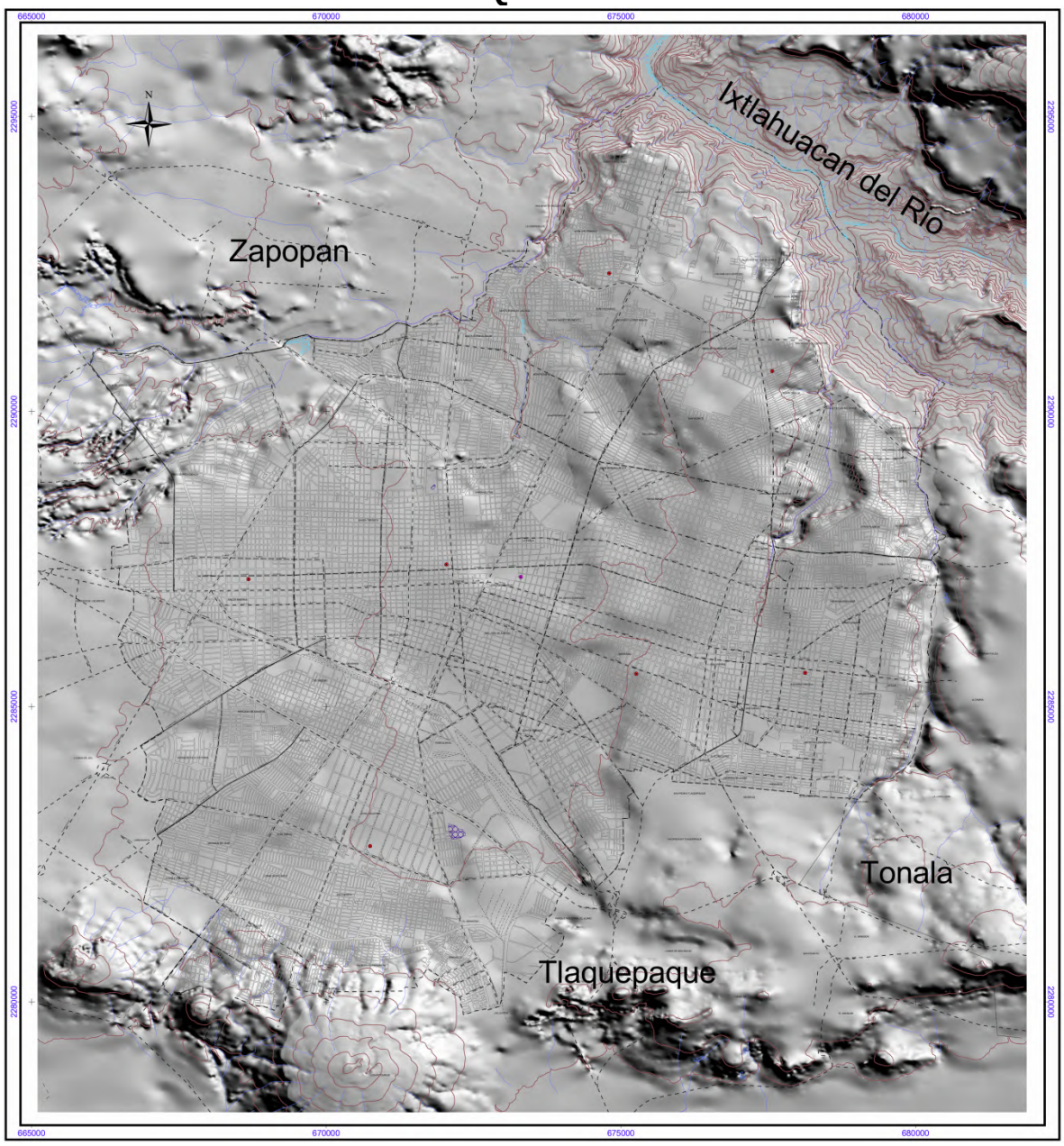
Figura 1. Localización del municipio de Guadalajara, ubicado en el sector central del estado de Jalisco.

Este limita con las siguientes municipalidades:

- Al Norte con Ixtlahuacán del Río.
- Al Este con Tonalá.
- Al sur y sureste con Tlaquepaque.
- Al Poniente, Surponiente y Nororiente con Zapopan.

El territorio municipal cuenta con una superficie de 150.2649 km^2, y se divide administrativamente en 7 distritos urbanos: Centro, Minerva, Huentitán, Oblatos, Olímpica, Tetlán y –Cruz del Sur, donde se tienen registradas 500 colonias aproximadamente y 38 barrios tradicionales, los que cuentan con un cubrimiento del 97% de servicios.

MAPA BASE QUE SE UTILIZA EN EL ARN



SIMBOLOGIA

- Limite Municipio
- Limite zonas
- Traza Urbana
- Vías Principales
- Calles Principales
- Tren Ligero
- Vías de Ferrocarril

Cuerpos de Agua
- Artificial
- Intermitente
- Perene

Ríos
- Intermitente
- Perene

- Curvas INEGI cada 50 m
- Centroide Guadalajara

Centroide de Zonas
- CENTRO
- CRUZSUR
- HUENTITAN
- MINERVA
- OBLATOS
- OLIMPICA
- TETLAN

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía

Provincia de la Faja Volcánica Transmexicana.

El estado de Jalisco se localiza de acuerdo al INEGI, dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana, que se caracteriza por una litología volcánica de diferentes composiciones, las cuales presentan una gran potencia dado que son el resultado de sucesivas etapas eruptivas de diferentes centros eruptivos desde el Terciario hasta el presente. En las sierras formadas has propiciado condiciones climáticas cálidas subhúmedas lo que ocasiona la presencia de una cubierta vegetal sumamente variada. La provincia pertenece a la cuenca del Lerma-Chapala-Santiago, la cual forma una depresión importante a partir del municipio de Juanacatlán al sureste de la Zona Metropolitana de Guadalajara y que prevalece hasta su desembocadura en las costas del estado de Nayarit.

Subprovincia de Guadalajara

El área de estudio se localiza dentro de la pequeña subprovincia denominda como “Guadalajara” la que queda toda dentro del estado de Jalisco ocupando el 3.73% de su superficie. Cubre totalmente los municipios de Antonio Escobedo, El Arenal, Guadalajara, Zapopan, Ahualuco de Mercados, Amatitán, Etzatlán, Hostotipaquillo, Magdalena, San Marcos, Tala, Tequila, Teuchitlán, Tlaquepaque y Tonalá.

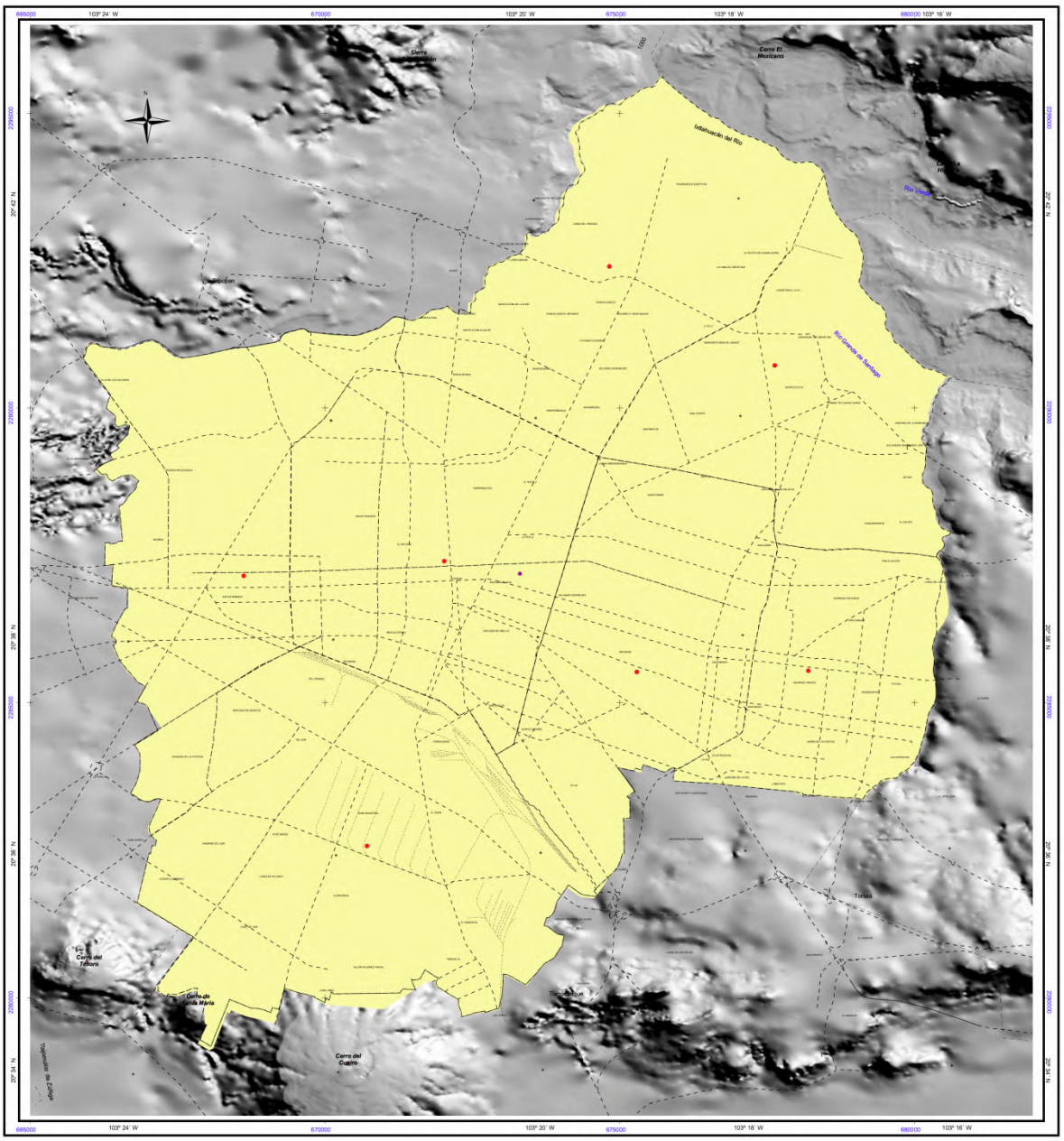
La subprovincia se caracteriza por las notables manifestaciones de vulcanismo explosivo generadas en la Sierra de la Primavera, la cual es una geoforma ubicada al poniente del municipio, y que se caracteriza ser una geoforma de domos y gruesos derrames de lavas rioliticas. De este centro eruptivo de edad Holocénica se emitieron importantes volúmenes de materiales piroclásticos, los que formaron importantes depósitos de tobas y flujos piroclásticos en su entorno y que se aprecian en los escarpes de relictos del sistema de barrancas ubicados en el sector poniente del territorio municipal, y en las cuales drenan una serie de escurrimientos de temporal que son capturados por el arroyo Atemajac y el río San Juan de Dios en el norte y que desalojan estas aguas en el río Grande de Santiago.

El límite norte del municipio se caracteriza por la presencia de una depresión tectónico-erosiva con una profundidad promedio de 600 m, en sus escarpes se observan paquetes de rocas volcánicas de composición basáltica, andesítica, dacítica y riolitica del llamado Grupo Guadalajara, las que se interestratifican con secuencias lacustres. Dada la diferencia altitudinal se han desarrollado varios pisos de vegetación pertenecientes a las asociaciones de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y bosque tropical en el fondo de la geoforma.

A pesar de ser una subprovincia pequeña es la menos uniforme de la región, teniendo una gran complejidad en su panorama fisiográfico, en el que se encuentran sistemas tan distintos como sierras, mesetas, lomeríos y llanos; sin embargo, en general su litología está constituida por una serie diferenciada de rocas volcánicas y materiales piroclásticos.

La topografía de la subprovincia, los tipos de clima y la vegetación que en ella se encuentran determinan la presencia de cuatro tipos de suelo en el municipio, **Regosol** eutrico, **Feozem** háplico, **Fluvisol** eutrico y **Litosol**; todos de origen residual y desarrollados de rocas madre formadas por rocas ígneas y tobas pumiciíticas.

MAPA FISIOGRÁFICO



SIMBOLOGÍA

FISIOGRAFÍA

- Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico Transmexicano

- Centroide Guadalajara
- Centroide de Zonas
- CENTRO
- CRUZSUR
- HUENTITAN
- MINERVA
- OBLATOS
- OLIMPICA
- TETLAN
- Conos Volcánicos

- Limite Municipio
- Limite zonas
- Traza Urbana

Vías Principales
- Calles Principales
- Tren Ligero
- Vías de Ferrocarril

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

MAPA 03.00.00

Escala 1:32,258.04

0 1.0 2.0
km

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

Contexto del Municipio de Guadalajara

Nota: Tamaño de Impresión 60 cm X 90 cm

3.2. Geología

TECTÓNICA

La región occidente del país se caracteriza por estructura tectónica conocida como Bloque de Jalisco (comprende parte de los estados de Jalisco, Colima, Nayarit y Michoacán) este interacciona con la Placa oceánica de Rivera que subduce bajo dicho Bloque (Figura 2), estas características hace que el occidente sea una de las regiones más activas del país desde el punto de vista sismológico y volcanológico, basta mencionar que es en esta región donde se han producido el terremoto, la erupción volcánica y el tsunami más grandes ocurridos en México en el siglo XX. El mayor terremoto (M=8.2) ocurrido en 1932 tuvo lugar en la costa de Jalisco, este fue seguido por otro de magnitud 7.8 quince días después. En 1995 un terremoto de magnitud 7.6 ocurrió en la costa sur de Jalisco, pero su área de ruptura fue solo la mitad sur del área propuesta para los terremotos de 1932, esto sugiere que la costa norte de Jalisco, incluyendo Bahía de Banderas, es una zona de alto potencial sísmico (también conocida como brecha sísmica). Sin embargo, no solo terremotos asociados al proceso de subducción ocurren en la región también existen grandes terremotos intraplaca como los eventos de 1568, diciembre 27 y febrero 11de 1872. Ambas fuentes sísmicas han generado y pueden generar sismos de gran magnitud que afectarán a la ciudad de Guadalajara.

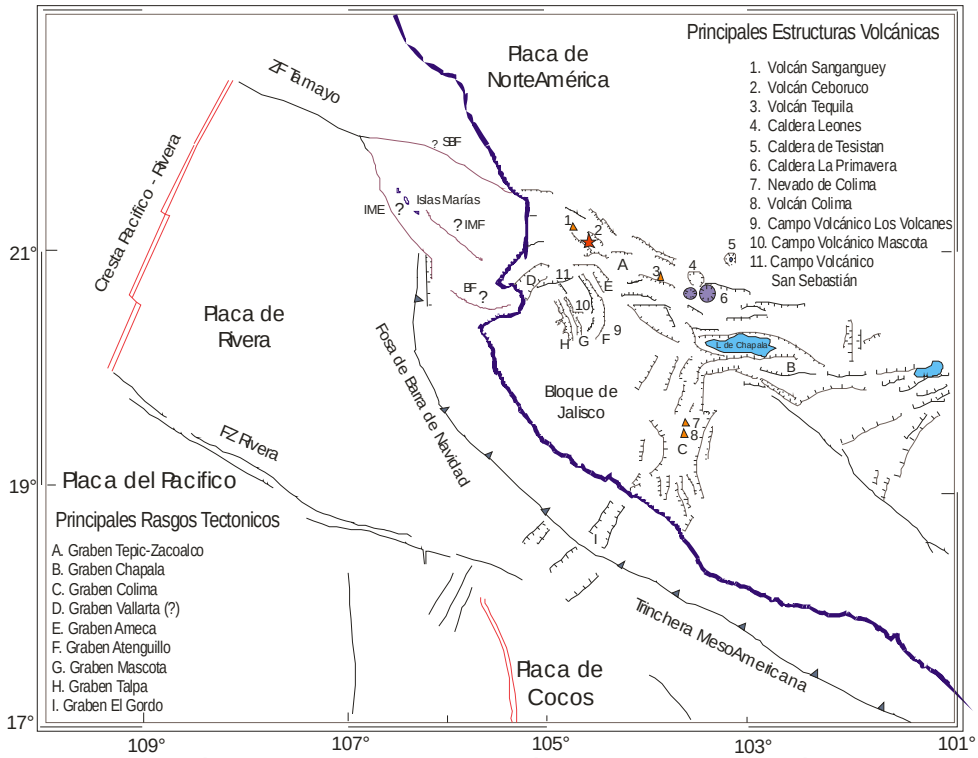


Figura 2. Marco tectónico del Occidente de México (tomado de Suárez-Plascencia, 1998)

De acuerdo con Suárez et al, (2009) La zona Metropolitana de Guadalajara muestra particulares características geológico- estructurales, que se reflejan en las unidades fisiográficas de la zona, como son los “valles” de Tesistán, Atemajac y Toluquilla, las estructuras volcánicas de edad terciaria al reciente localizadas al poniente y sur, y la barranca del Río Grande de Santiago (BRGS) es una depresión tectónica y erosiva con profundidad promedio de 500 m y anchura hasta de 3.5 km. Estructuralmente en la BRGS se identificaron y midieron fallas normales con desplazamiento con

componente izquierda orientadas 191°/89° en lavas basálticas. En la presa Colimilla, a 1297 msnm se observó fallamiento lateral con componente normal (267°/81°) donde se observan saltos hasta de 30 m. Los derrames de lava en este lugar están cizallados paralelamente al Río Verde. En la zona del puente Arcediano, donde aflora aparentemente la base de la secuencia las fallas tienen una orientación dominante en 188/75 en los derrames de andesita, mientras que las ignimbritas de pómez están cizalladas con dirección 92/84 paralelas al Río Verde. El sector poniente y centro del municipio presenta un conjunto de barrancas cuya evolución puede estar asociada y controladas por las fallas y zonas de fracturas que actualmente solo fue posible identificarlas y medir su actitud en los escarpes de la BRGS.

LITOLOGÍA

Los procesos más recientes que han formado la evolución geológica de la región de Guadalajara, ha sido caracterizado por la aparición y desarrollo de una serie de estructuras volcánicas Pliocenicas y Cuaternarias, el emplazamiento de estos productos, los cuales han sido afectados por movimientos tectónicos novísimos a nivel regional, ello ha dado como resultado el relieve actual sobre el cual se asentó, creció y evolucionó la ciudad.

Estratigráficamente las formaciones más antiguas que afloran en la región se ubican en el cañón de Río Grande de Santiago y en el macizo de San Esteban. Los afloramientos localizados en las partes bajas del cañón del Río del Río de Santiago de acuerdo a Odranuel Quintero (1992) se distinguen un flujo de cenizas de tipo riolitico datado en 9 MA por Watkins, et al. (1971), este subyace a series riolíticas de flujos de ceniza y lavas basálticas con una edad de 5-9 MA, (Watkins, et al. Op. Cit.), encima de este depósito descansan flujos de riolitas y brechas datadas por Gilbert, et al. (1985) en 5 ma.

En tanto el Macizo de San Esteban, localizado en extremo noroeste del A.M.G., forma una sierra de dimensiones menores con una edad relativa del Mioceno, constituido por rocas félsicas de grano grueso compuestas macroscópicamente por minerales de cuarzo, feldespatos y en menor proporción horblendas con un tamaño aproximado de 0.25 mm., el macizo aflora sobre depósitos volcánicos posteriores cuya génesis se encuentra en términos de sucesivas erupciones de tipo explosivo, fundamentalmente silícias y algunas máficas.

En la zona de San Esteban se encuentran en contacto dos horizontes ignimbríticos en forma de cuña, estos, forman un manto que cubre un amplio sector de los “Valles” de Atemajac y Tesistán, que se localizan a diferentes profundidades, estos depósitos fueron denominados por Gilbert, et al. Op. Cit., como *Ignimbrita San Gaspar e ignimbrita Guadalajara.*

La ignimbrita San Gaspar, es definida por estos autores. “como una extensa y delgada capa, de composición andesita sílicia de color oscuro que se encuentra fuertemente soldada, y está caracterizada por numerosas fiammes de vidrio porfírico oscuro que contiene fenocritales de plagioclasa, augita, hiperstena, horblenda y biotita con una edad de 4.8 millones de años”; las zonas en donde aflora es en las proximidades de la localidad de San Gaspar municipio de Tonalá, y en la estribación sur de la sierra de San Esteban, en la ciudad de Guadalajara la ignimbrita se encuentra

en diferentes profundidades, en el área de San Juan de Dios, está se ubica a una profundidad aproximada de 6 metros, mientras que en Tetlán está a 4 metros.

La “Ignimbrita Guadalajara” datada con una edad de 3.3 millones de años (Gilbert. et. al. Op. Cit.), “es caracterizada por abundantes fiammes de dos composiciones distintas. Las proporciones no están desvitrificadas conteniendo dos vidrios distintos, que se encuentran en aproximadamente la misma proporción; uno de ellos es incoloro y afírico, mientras que el otro es de color oscuro y contiene algunos fenocristales de feldespato alcalino[1]”. Esta ignimbrita ha sido utilizada históricamente como material de construcción en muchas de las edificaciones del AMG.

Al noroeste del AMG se levanta la Sierra de Tesistán, la cual presenta una estructura semicircular abierta hacia el sursureste con un patrón de fracturamiento externo de tipo radial, (caldera?) la estructura se encuentra ocupada en su interior por un domo riolítico denominado La Col, este limita en su parte basal con un “somma” de composición riolítica con fuerte grado de intemperización, el cual alcanza un promedio de altura de 100 metros; en la zona sur, en las proximidades de la localidad de Mesitas, la litología cambia radicalmente de rocas riolíticas a un depósito de tobas fuertemente soldadas con un espesor visible aproximado 8 metros, la textura y composición que presenta es similar a los sitios descritos por Gilbert. et al. op. cit. Ante tales evidencias es probable que el centro de emisión de la ignimbrita Guadalajara sea la Sierra de Tesistán, dado que los espesores más gruesos se encuentran en este sitio y conforme se aleja el espesor va disminuyendo hasta el punto de no encontrarla en la columna estratigráfica de Juárez y la Calzada Independencia (centro de la ciudad), en cambio a la altura de la Barranca de Huentitán (norte de la ciudad), las dos ignimbritas se encuentran intercalados con lavas basálticas y volcanoclástos.

Hacia el oriente y sur se localizan dos alineamientos de estructuras volcánicas denominadas como Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara (CVSG) (Luhr y Lazar. 1985), y el Cordón Volcánico de Tonalá (CVT) (Valdivia y Suárez, 1995).

“La CVSG, se conforma por 8 estructuras volcánicas de composición basáltico-andesitica de edad Plio-Pleistocénica (1.4 a 1.8 millones de años), dichos conos presentan una orientación NW-SW” (Luhr y Lazaar, et al. Op. Cit.), denominadas El Gachupín, Santa María, El Cerro del Cuatro, Cerro Escondido, San Bartolo, San Martín, Cerro la Cruz y el Papanton de Juanacatlán, estos atraviesan el sector sur de los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque y Tonalá.

Al noroeste de la CVSG se localiza el cordón Volcánico de Tonalá (CVT), el cual presenta una buena preservación de sus geoformas por lo que probablemente tuvo su génesis durante el Plioceno. El CVT es un alineamiento de aproximadamente 15 kilómetros con dirección ESE-WNW, iniciando con el cono monogenético basáltico del Tapatío y continua con una serie de conos de tefra y de composición basáltica como el Cholo y el Ocotillo, al este, el CVT se convierte en una mesa (sobre la que se asienta la cabecera municipal de Tonalá), que esta coronada por un volcán basáltico conocido como Cerro de La Reina, el cual emitió una serie de derrames lávicos con direcciones oeste y este, emplazándose sobre antiguos derrames basáltico-andesíticos probablemente de tipo fisural y que llegan hasta el borde de la barranca de Oblatos, este último descansa sobre la ignimbrita San Gaspar.

La zona noroeste del AMG presenta dos tipos de litología, la primera de ellas se caracteriza por sedimentos volcano-lacustres y fluviales de edad holocénica que forman morfológicamente una planicie que yace y en algunos puntos se interdigita con la ignimbrita San Gaspar y algunos derrames basálticos vesiculares y al parecer de tipo fisural, estos se localizan en el sector norte del AMG extendiéndose desde las proximidades del Estadio Jalisco hasta el borde de la barranca del Río Santiago, aflorando en los causes de los ríos San Ramón, San Juan de Dios y el Periférico Norte y formando una morfología de mesas.

Cabe hacer mención de que los materiales volcano-lacustres de esta zona son aprovechados como materia prima en la fabricación de ladrillos para la construcción y la elaboración de artesanías de Tonalá como de Tlaquepaque.

El último y más reciente evento volcánico en esta región fue la aparición y desarrollo de la caldera volcánica riolítica de la Sierra de la Primavera, cuyo pasado geológico inicia hace 120,000 años (Mahood, 1980) con la formación de los domos del Cañón de las Flores, la Mesa de León y el Río Salado, posteriormente se produjo hace 95,000 años (Walter. 1981) una erupción explosiva de tipo pliniano que dio origen a una ignimbrita que fue denominada por Mahood. OP. Cit., como Toba Tala, la cual se extendió y depósito en la planicie de Tala y el sector poniente del AMG, la extravación de la Toba Tala originó un colapso de la cámara magmática (A. López 1991), formando una caldera fue llenada por agua , dando lugar a un lago; el siguiente evento fue el emplazamiento de los domos del Najahuete, el Chato, la Mesa del Burro, el Pedernal, el Culebreado y Ixtahuantote, al término de este emplazamiento comenzó un nuevo aporte de magma riolítico que ocasiono levantamiento del piso de la caldera hace aproximadamente 60,000 años (A. López. Op. Cit.), con el levantamiento el lago desapareció dejando al descubierto un importante depósito de sedimentos lacustres (actualmente a esta unidad litológica se le denomina zona Bad Lands),este aporte de magma dio lugar a la aparición de tres centros eruptivos en la zona sur, llamados Cerro Planillas, San Miguel y el Tajo, la efusión de estas lavas fue precedida por emisiones de flujos piroclásticos que cubrieron sobretodo el Sureste de la sierra y el noroeste de la ciudad de Guadalajara (Walter, 1981, citado por A. López. 1991).

La última actividad está datada 25,000 y 30,000 años (Mahood, op. cit.) y se sitúa en los domos El Tajo y El Colli, la actividad explosiva de estos domos al igual que los anteriores depositaron una serie de horizontes pumiciticos principalmente sobre el área que actualmente ocupa la mancha urbana de Guadalajara. Los depósitos de estas unidades cubre el 36.98% de la superficie del municipio (grafico 1)

Estratigrafía

Parte del trabajo de campo el levantamiento de alrededor de 50 columnas estratigráficas en el municipio aprovechando como ya se mencionó en el apartado metodológico una serie de excavaciones realizadas en la ciudad.

Las secciones levantadas presentaron en general una profundidad promedio de 15 m, siendo la parte occidental de la urbe en donde se levantó a mayor detalle el paquete pumícitico, no encontrándose su basamento. En cambio en la parte oriental es menor, presentando espesores promedio de 5 m y yaciendo a la altura del Barrio de Analco sobre derrames de lava de composición

andesítica, y depósitos de tipo ignimbritico, (ignimbrita San Gaspar) en la parte más oriental del municipio aproximadamente a la altura de Tetlán.

Las unidades estratigráficas de composición localizadas en el occidente del área urbana de Guadalajara (Fig.3), se denominaron convencionalmente, secuencia pliniana A, B Y C.

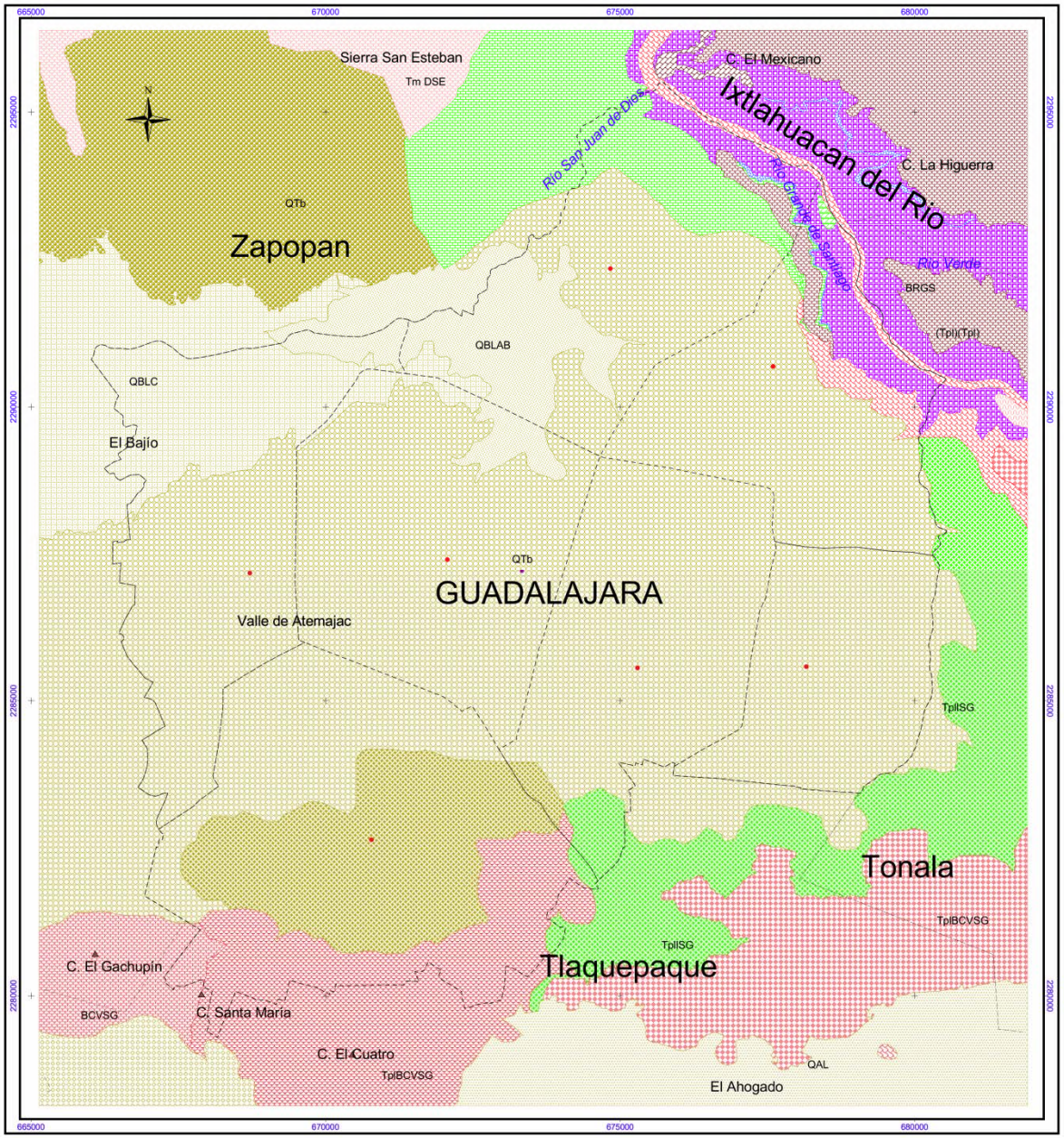
El nivel pliniano A, corresponde a la Toba Tala, de una edad de 95,000 años (Mahood, 1980), localizada preferencialmente en el noroeste y norte de la ciudad y en menor medida al sur y al sureste. No se identificó en el afloramiento descubierto por excavaciones sobre la margen derecha del río San Juan de Dios (Javier Mina y Calzada Independencia), el espesor visible de los afloramientos oscila entre los 6 y 12 metros.

El nivel pliniano B, pertenece a una secuencia rítmica de pómez de caída origina por la actividad del domo del Tajo, alternando por paquetes de pómez de tamaños diversos (menores a 8 cm) con gradación normal. Los niveles B y C se encuentran separados por una capa de líticos con un espesor constante de 10 cm, la cual se ha identificado como lapilli acresional; estos depósitos de lapilli se encuentran exclusivamente sobre la porción oeste de la ciudad.

La parte superior del pliniano C, corresponde a la actividad eruptiva del domo Colli (la más reciente de la Sierra de la Primavera), y se conforma por un paquete pómez de caída que varía de 2 m en el poniente a 0.20m el oriente con una distribución oriente poniente, este nivel presenta en algunos sitios del sector centro-suroriente (calles de Gante y 20 de Noviembre) horizontes lacustres y fluviales de baja energía con estratigrafía cruzada y lentes sobreyaciendo a la secuencia de pómez.

Grafica 1. Porcentajes de las unidades litológicas identificadas en el territorio municipal

Figura 3. Mapa Litológico del municipio de Guadalajara.



SIMBOLOGÍA

Depósitos Aluviales
- QAL
- QAL (El Ahogado)
- QAL (El Deán)

Toba Tala Q. (0.95 m.a, Mahood, 1981)
- Badlands Alcalde-Barranquitas (BLAB)
- Atemajac
- Badlands Los Colomos (BLC)
- Tesistán

Grupo Guadalajara
- Depósitos Fluviales y Cenizas
- Basalto Pliocuaternario (BPc) (BCVSG)
- BPc (C. El Cuatro)
- BPc (C. El Gachupín)
- BPc (Zalatitán)
- Ignimbrita de Pómez
- Ignimbrita Guadalajara IG (Tpl) (Gilbert et al, 1985) (3.5 m.a)
- Ignimbrita San Gaspar ISG (Tpl) (Gilbert et al, 1985) (4.8 m.a)
- Dacíta San Esteban (DSE) (3-7.3 ma?) Tm

Grupo Río Santiago (Ferrari, 2000)
- Dacíta
- Basalto San Cristóbal (9.75 ma) (Moore et al, 1994
- Riolíta
- Lavas intercaladas con Tobas y lacustres de los CRGS y Río Verde
- Conos Volcánicos

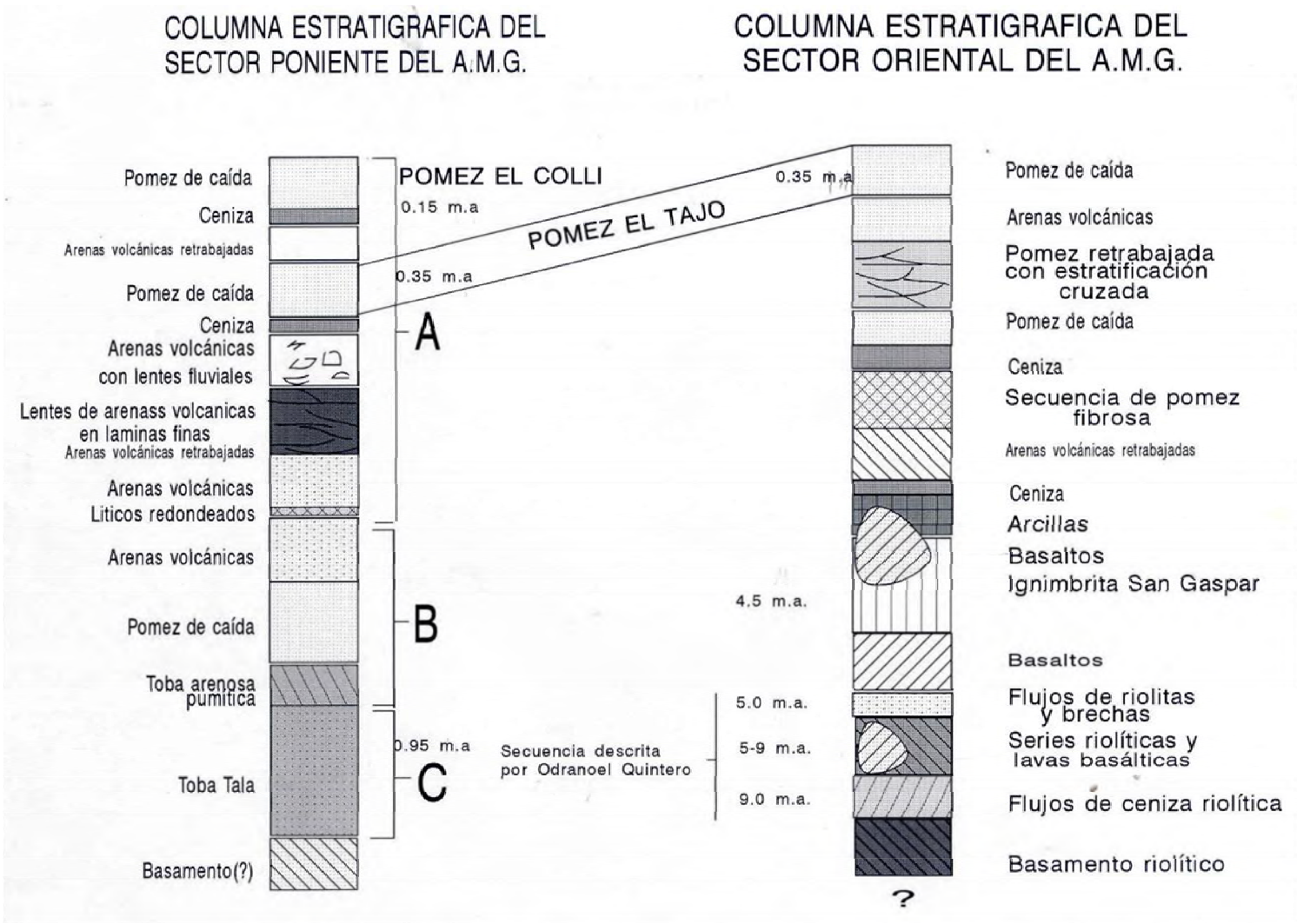
ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de Riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

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

Figura 4. Columnas estratigráficas generalizadas del sector oriente y poniente de Guadalajara.



3.3. Geomorfología

El análisis geomorfológico permite identificar los procesos responsables del desarrollo del paisaje a nivel regional y local. Los estudios de geomorfología aplicada permiten estudiar la interacción de la actividad humana y las geoformas, como es la modificación del curso de cauces, terraceo con fines de urbanización, relleno de depresiones topográfica.

El municipio de Guadalajara presenta un relieve acumulativo-erosivo, formado por el depósito de la Toba Tala, originada por la actividad explosiva de la sierra de La Primavera que dejo espesores de 300 m al poniente a pocos centímetros al oriente. Este paquete tobaceo es inconsolidado, lo que facilito la erosión pluvial, generando dos geoformas distintivas en el municipio, las barrancas de los Colomos y Alcalde Barranquitas, que sobresalen del relieve de lomerio bajo que predomina en la mayor parte del municipio.

El crecimiento urbano a partir de la década de los cincuentas, que dio como resultado un importante desarrollo industrial, comercial, conllevo la expansión horizontal de la traza urbana, hasta ocupar casi la totalidad del municipio a mediados de la década de los noventa. La constante urbanización propicio cambios significativos en la morfología del relieve del llamado “valle” de Atemajac, como son alteración de la red fluvial original, relleno de barrancas y modificación de elevaciones topográficas. Estos cambios en la geomorfología se han traducido en el aumento de los riesgos por inundaciones, por hundimientos, por deslizamientos de tierras y caída de bloques

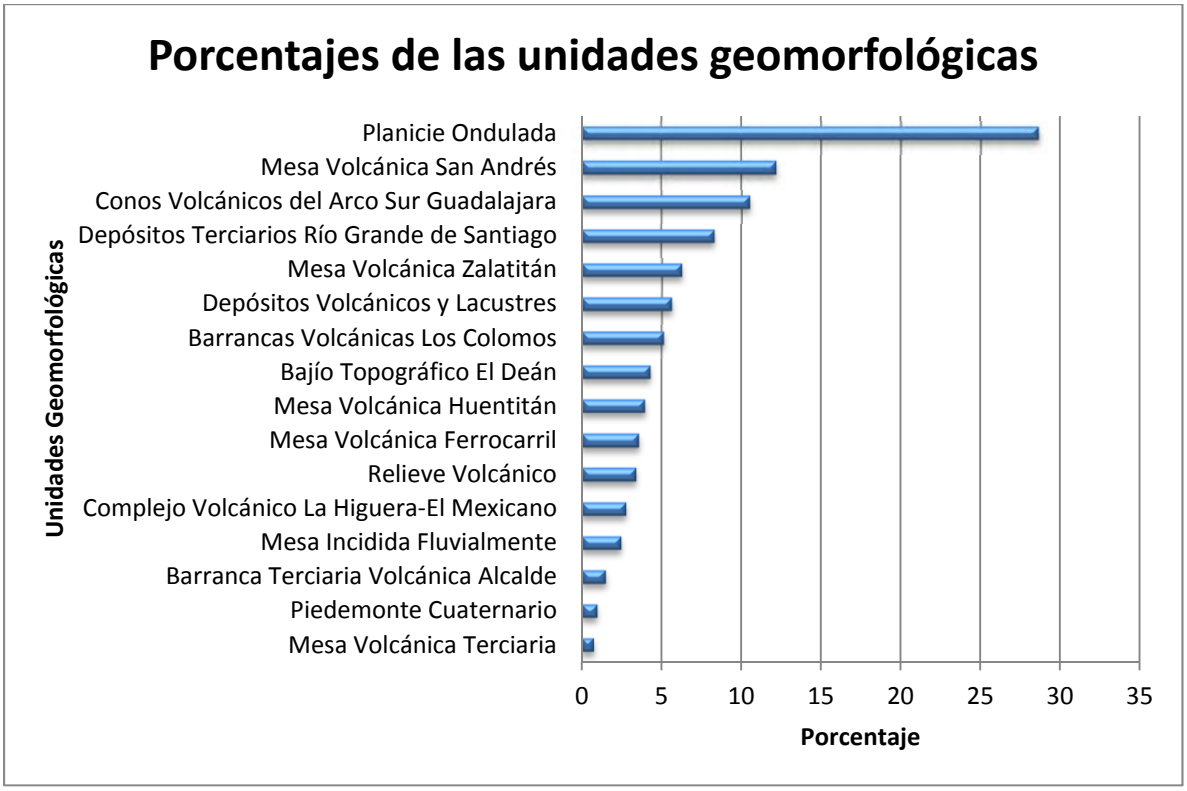
Con base en los mapas: geológico, de pendientes, memoria del relieve y densidad de la disección se identificaron catorce unidades,siendo estas las siguientes.

1. Depósitos Terciario del Río Grande de Santiago, formada por una secuencia volcánica de edad terciaria, la cual se encuentra afectada por fallas y fracturas muy recientes.
2. Mesa volcánica de Zalatitán formada por la secuencia de la ignimbrita San Gaspar (4.8 m.a), que cuenta en su superficie con pequeñas depresiones naturales susceptibles a presenta inundaciones.
3. Conos volcánicos del arco sur de Guadalajara de edad Pliocuaternaria pertenecientes a la Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara, estos son de composición basáltica. Entre ellos se ubican el Cerro del Cuatro, Santa María, El Gachupín, y otros.
4. Sierra Volcánica la Primavera, de edad Cuaternaria, y la cual emitió en su etapa activa grandes cantidades de pómez y materiales piroclásticos, los que fueron depositados en la Zona Metropolitana de Guadalajara, con espesores que van de los 120 m al poniente y unos centímetros al oriente (Tonalá).
5. Mesa volcánica de San Andrés, de edad Plio-Cuaternario y composición basáltica e ingimbritica.
6. Mesa volcánica de Huentitán, de edad Plio-Cuaternario y composición basáltica, la cual se puede observar su columna en la zona del Río San Juan de Dios (Colonia Lomas del Paraíso).
7. Mesa volcánica de Osorio.
8. Mesa Volcánica del Ferrocarril, de edad Pliocuaternaria y composición basáltica, se significa por ser un bajo topográfico.
9. Piedemonte Cuaternario compuesto de materiales volcánico de edad Cuaternaria y ubicada en la base del cerro Del Cuatro y del cerro de Santa María.
10. Planicie Ondulada de tobas volcánicas, ubicada en la mayor parte del distrito Minerva, Centro y Huentitán con un relieve de lomerío bajo.

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

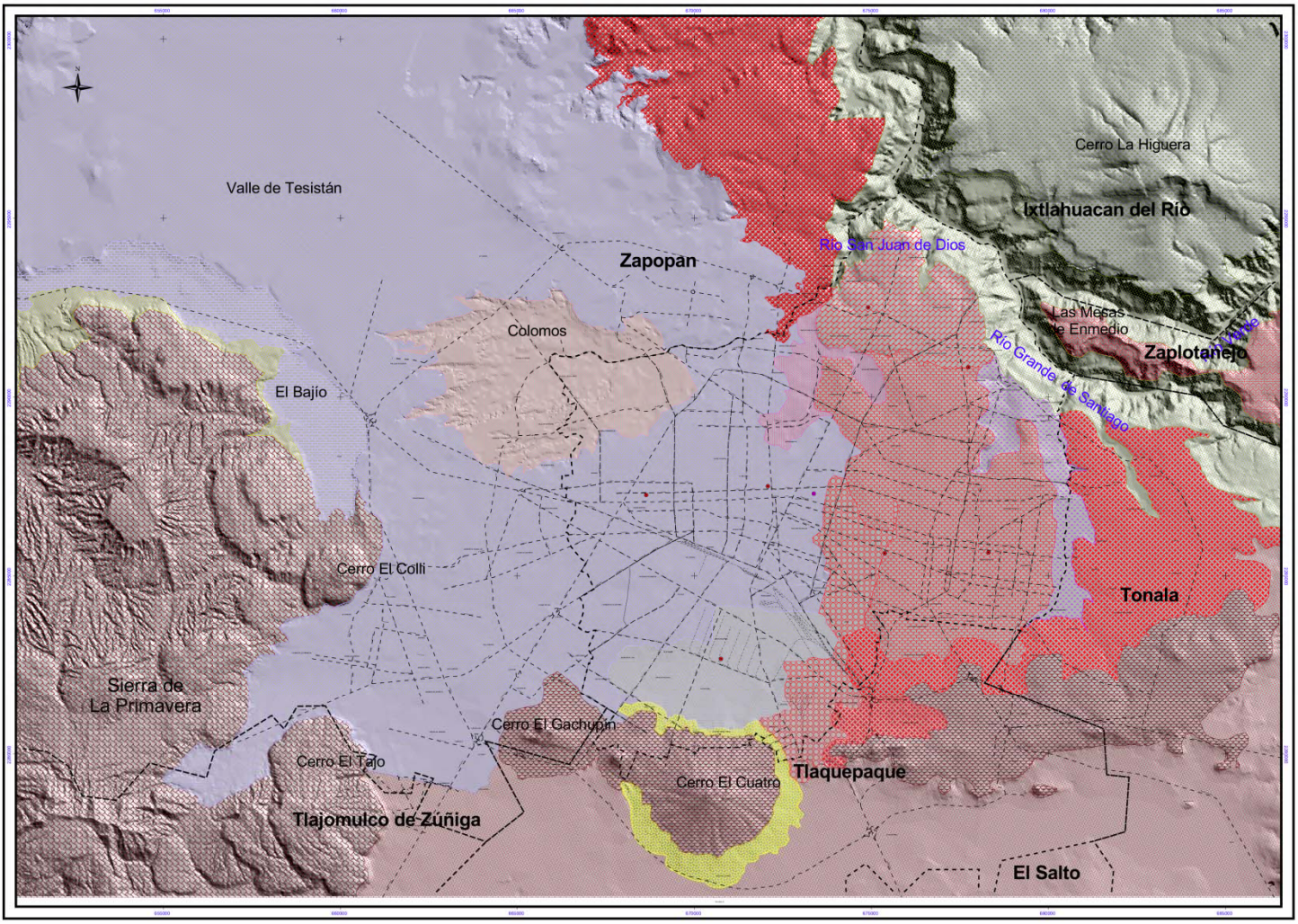
11. Barrancas en tobas volcánicas de Alcalde Barranquitas.
12. Barrancas en tobas volcánicas de la zona de Colomos.
13. Bajío topográfico el Dean, ubicado en el sector sur del municipio, y se caracteriza por ser una unidad de depósitos lacustres.

La que cubre la mayor superficie es la unidad Planicie ondulada que abarca el 28.61% de la superficie del municipio, siguiendo en importancia la Mesa volcánica de San Andrés con el 12.18%, los Conos Volcánicos del Sur de Guadalajara con el 10.50%, los Depósitos Terciarios del río Grande de Santiago con el 8.32%, los datos del resto de las unidades se pueden observar en la siguiente gráfica.



Grafica 2. Porcentajes de las unidades geomorfológicas identificadas en el territorio municipal

MAPA GEOMORFOLÓGICO



Fecha de Elaboración:
08 de Enero de 2012

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

0 2.5 5 10
km

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Límite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI
Estaciones Climáticas de la CNA, Plan Lerma y Estadísticas Climáticas del Estado de Jalisco

SIMBOLOGÍA

GEOMORFOLOGÍA

- Bajío Topográfico
- Bajío Topográfico El Deán
- Barranca Terciaria Volcánica Alcalde
- Barrancas Volcánicas Los Colomos
- Conos Volcánicos del Arco Sur Guadalajara
- Depósitos Terciarios Río Grande de Santiago
- Depósitos Volcánicos y Lacustres
- Mesa Incidida Fluvialmente
- Complejo La Higuera-El Mexicano
- Mesa Volcánica San Andrés
- Mesa Volcánica Zalatitán
- Mesa Volcánica Ferrocarril
- Mesa Volcánica Huentitán
- Mesa Volcánica Terciaria
- Piedemonte Cuaternario
- Piedemonte Tajo
- Planicie Ondulada
- Relieve Volcánico
- Sierra Volcánica La Primavera

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Límite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

3.3.1. GEOMORFOMETRÍA

La geomorfometría es la ciencia del análisis cuantitativo de la superficie terrestre, a través de del análisis cartográfico realizado por la manipulación del modelo de digital del terreno.

Se construyo el mapa de pendientes clasificado en donde se observa el predomino de los rangos de pendientes entre 0° y 5°, donde sobresalen la zona de la colonia Ferrocarril, el Dean y la Zona Industrial al sur, la zona de Oblatos al oriente y áreas diversificadas en los distritos Minerva y Centro.

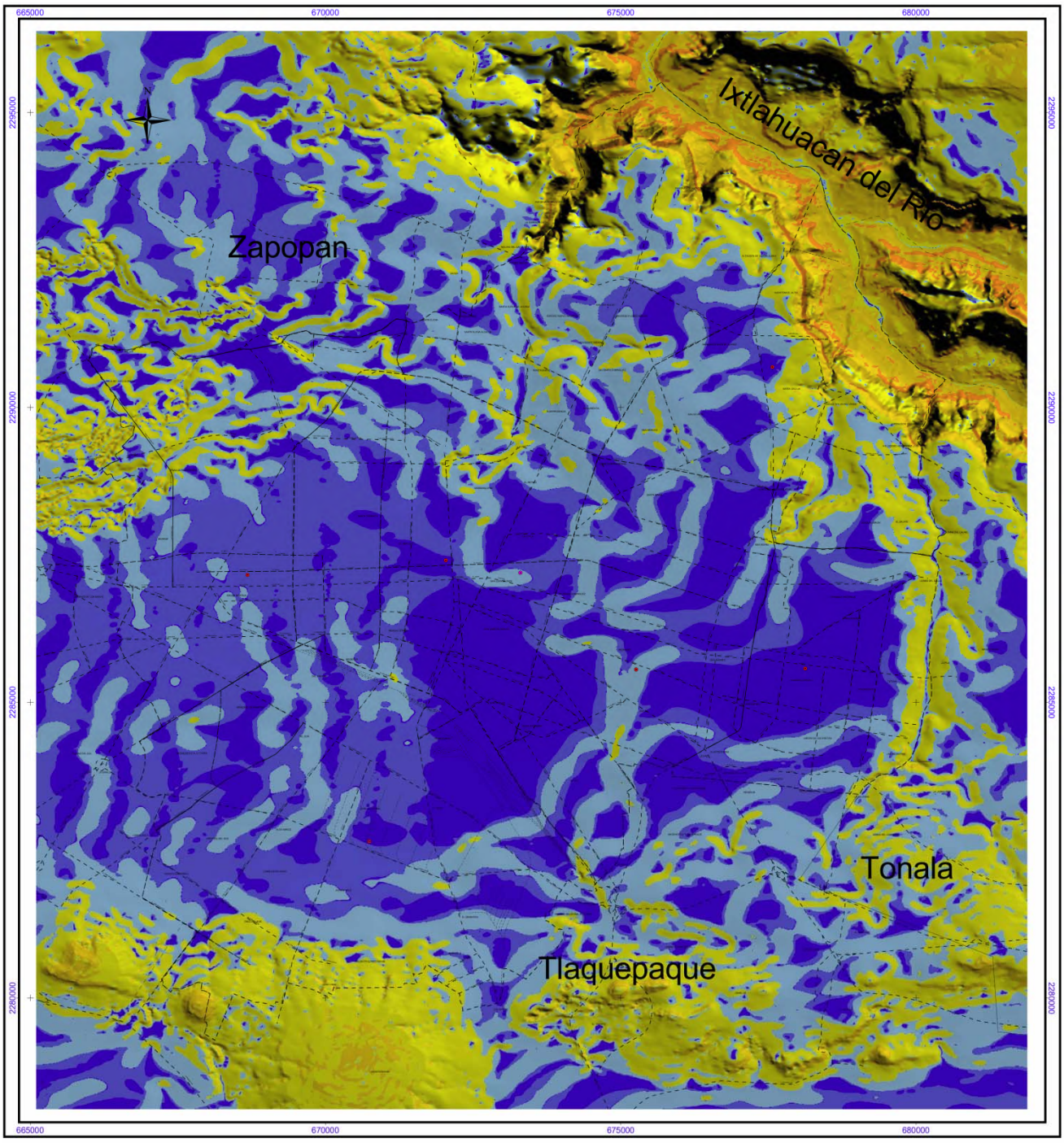
El Distrito Cruz del Sur presenta en las geoformas del Cerro del Cuatro y Santa María con pendientes radiales de hasta 30°.

Al norte y noreste, se ubica la ya referida barranca del Río Grande de Santiago, la que presente pendientes superiores a los 30° y áreas de escarpes verticales, las que penetran hacia el sur por la barranca del río San Juan de Dios y el arroyo de San Andrés de los Caños y Osorio, donde existen pendientes de hasta 25°.

Los Distritos Minerva y Centro, sobresalen dos áreas con pendientes de hasta 22° y escarpes que se asocian a las barrancas de los Colomos y Alcalde-Barranquitas, las cuales han sido modificadas por procesos urbanos, con rectificación de cauces, relleno de barrancas y creación de terrazas para urbanizar.

La densidad de la disección de la red fluvial muestra que los valores más altos se localizan en el Distrito Minerva, específicamente en la zona de Los Colomos y en el sector norte de los distritos Huentitán y Oblatos, donde se ubica al Barranca del Río Grande de Santiago. En estos mismos distritos se identifican valores medios de disección, debido a la presencia del río San Juan de Dios y San Ramón. El resto de los distritos urbanos presentan valores bajos como consecuencia de arroyos o ríos.

MAPA DE PENDIENTES CLASIFICADO



SIMBOLOGIA

Rangos de pendiente

90
72
54
36
18
1

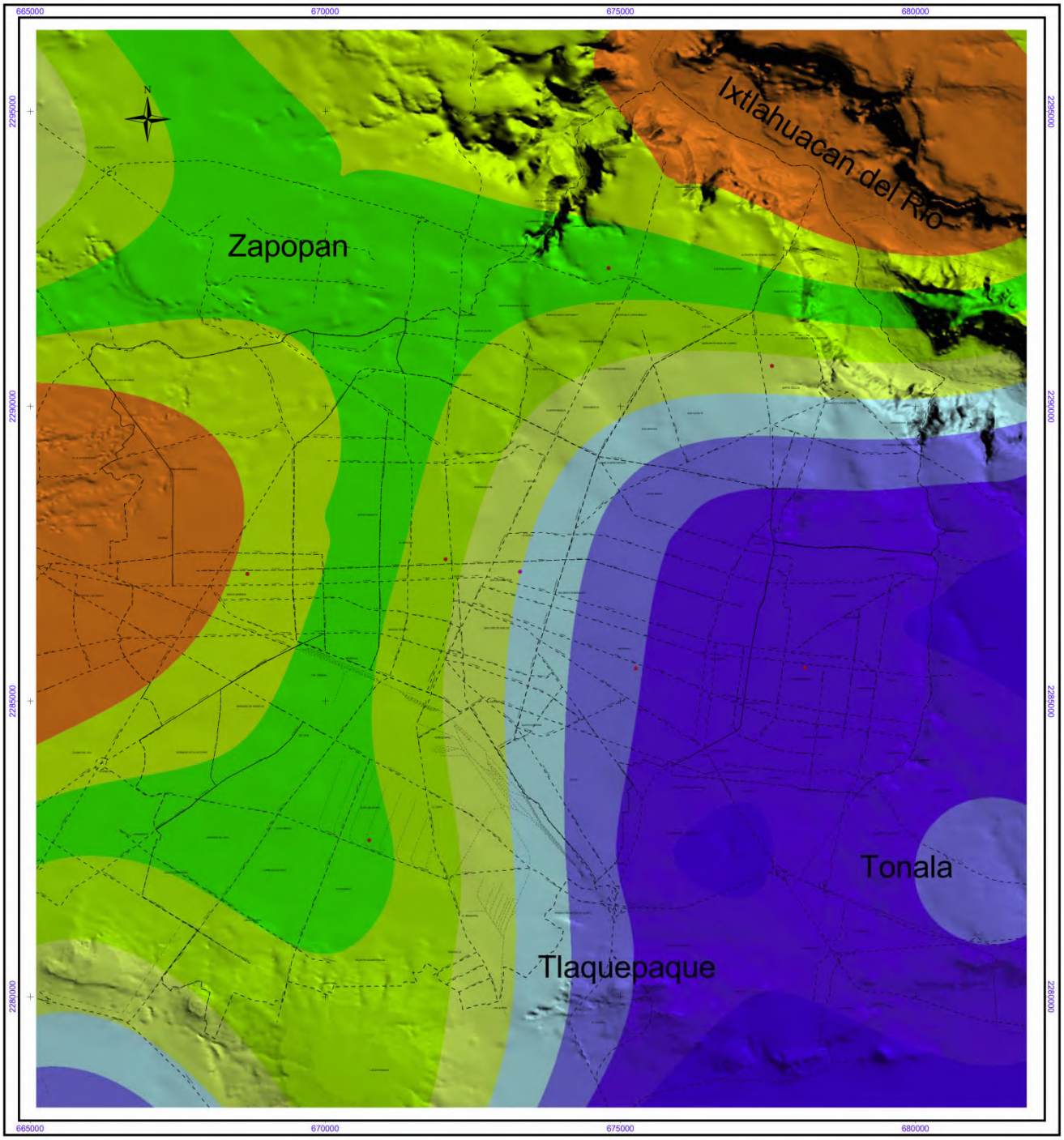
En grados

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

MAPA DE DENSIDAD DE LA DISECCIÓN HORIZONTAL



SIMBOLOGIA

Rangos de Disección

0.246
0.216
0.186
0.157
0.127
0.097
m/m2

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena Garcia
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

3.4. Edafología

En base a los factores y procesos de formación de los suelos, en la zona de estudio se reportan cinco clases suelo que se muestran en el mapa edafológico, las cuales de acuerdo al sistema de clasificación del Soil Taxonomy y su correlación con el Sistema de la FAO/UNESCO y con el Sistema Genético de Francia se clasifica como:

1. Litosol + regosol
2. Regosol eutrico + Feozem haplico
3. Fluvisol eutrico
4. Feozem haplico + litosol
5. Feozem haplico +regosol eutrico

En general la mayor parte de estos suelos se encuentran sepultados por el área urbana de la ciudad, y solo es posible observar sus características en áreas jardinadas, predios rusticos y áreas aún no urbanizadas.

Feozem (Suelos Empardizados)

A esta clase de suelos se les llama también con el nombre de Suelos Isohúmicos. Generalmente se les encuentra en forma muy abundante en el Estado de Jalisco y son suelos caracterizados por una cierta evolución climática bajo condiciones de estabilidad geomórfica.

Los suelos empardecidos se caracterizan por tener una evolución "zonal", es decir, están fuertemente influidos por los factores clima y vegetación. Son suelos con un perfil diferenciado por los procesos de la pedogénesis.

Esta clase de suelos se conocen con el nombre de Faeozem en la clasificación de la FAO/UNESCO y como Molisoles en la Soil Taxonomy.

En la zona de estudio se reporta la presencia de estos suelos, cubriendo una superficie del 7.34% y se identifican en dos áreas:

En el sector norte adyacente a la barranca del río Grande de Santiago, en esta zona se asocia con un litosol formado por lavas de composición basáltica, son poco profundos y presenta un horizonte B incipiente de color Café oscuro.

En el sector sur en el piedemonte del cerro del Cuatro, se ubica asociado con un regosol eutrico. Esta subclase de suelos se encuentra distribuida geográficamente en la unidad morfoestructural definida como un piedemonte que es un abanico coluvial. Esta subclase de suelos se caracteriza por presentar en su perfil una cantidad abundante de arcillas, arena, limo y piedras, producto del arrastre y depositación *In situ* bajo la acción de la gravedad y del escurrimiento provenientes de la parte alta de esta estructura.

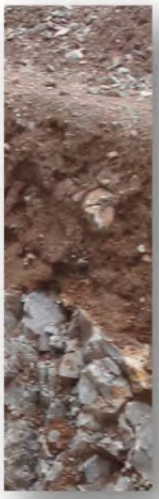


Figura. 5. Característica de los tipos de suelos tipo Feozem haplico+regosol eutrico en la unidad de piedemonte del cerro del Cuatro, formado por un abanico coluvial, obsérvese la cantidad de clastos envueltos en una matriz de areno-arcilla.

Regosol eutrico.

Estos cubren el 87.69% del territorio municipal, estos suelos pertenecen a la orden de los ENTISOLES, que son suelos que manifiestan un desarrollo pedogenético casi nulo, por lo que sus propiedades morfológicas están determinadas por los materiales que les dieron origen (roca madre).Por tal razón se dice que son suelos AZONALES. El escaso desarrollo de estos suelos se debe principalmente a uno de los siguientes factores: Juventud; Humedad o Sequía Extrema; o Resistencia del material parental a la alteración.

En la zona de aplicación de ARN estos suelos deben sus características y propiedades a la juventud extrema de los materiales volcánicos que les dieron origen, los cuales provienen de los materiales piroclásticos (tobas) emitidas por la actividad volcánica de la Sierra de la Primavera, la cual tiene una edad que va desde los 120,000 años cuando inició su actividad hasta los 15,000 años que es cuando declino su actividad volcánica, siendo el último reducto el llamado hoy Domo del Colli, De ahí que la juventud de la pómez , los procesos de acumulación fluvial del sitio y las características climáticas de la zona no ha permitido que se manifiesten procesos de evolución edáficos.

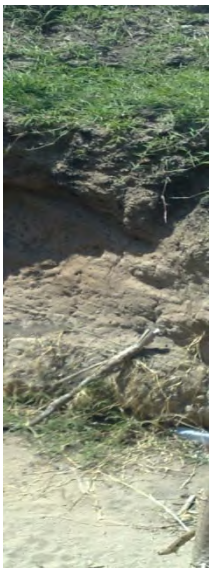
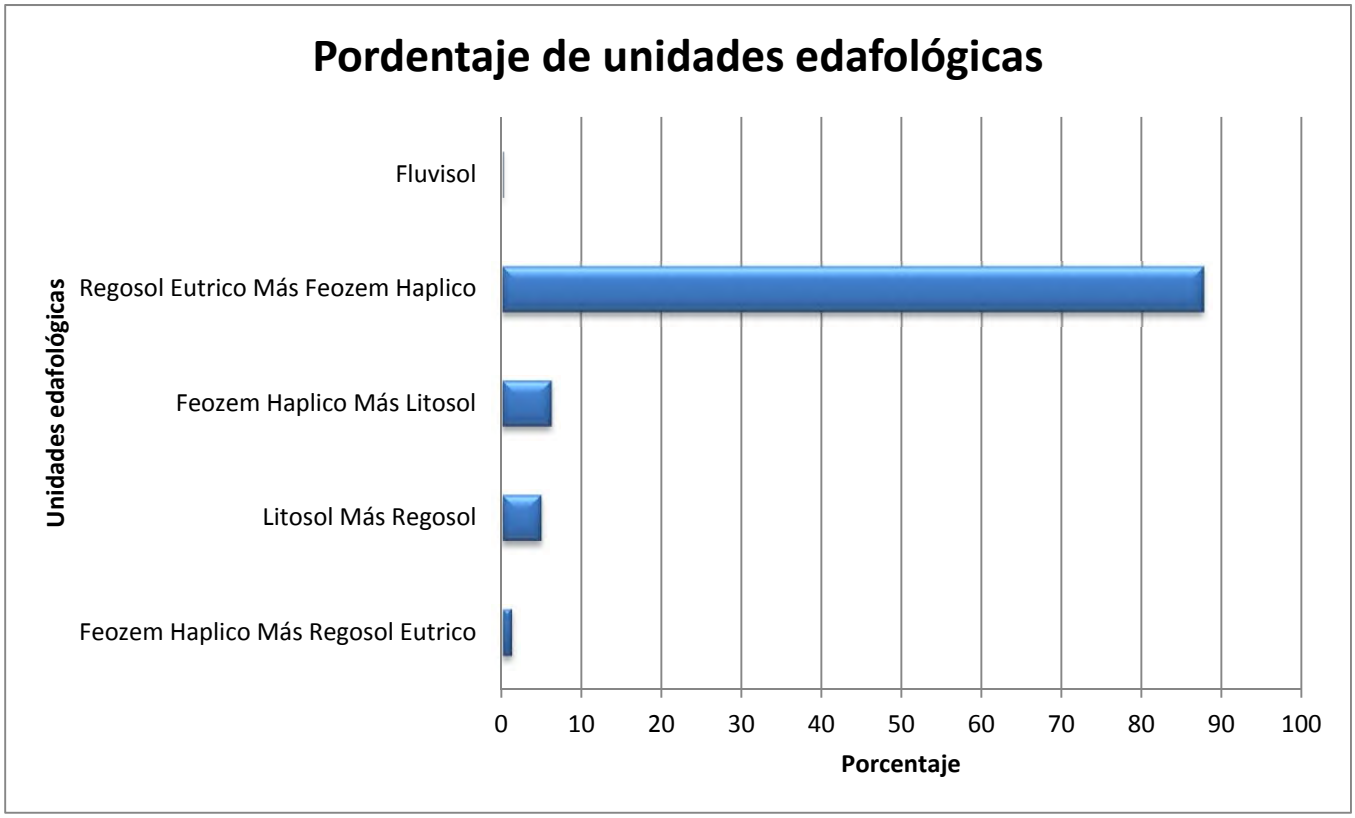


Figura 6. Características del suelo regosol eutrico en la zona poniente del municipio, este se forma por un horizonte con limo arenoso de composición pumícitica con presencia de gravas de composición riolítica y obsidiana. De forma general estos suelos son poco cohesivos, lo que favorece una baja capacidad de carga y procesos de solifluxión, los cuales favorecen la presencia de carcavamiento y hundimientos.

Fluvisoles.

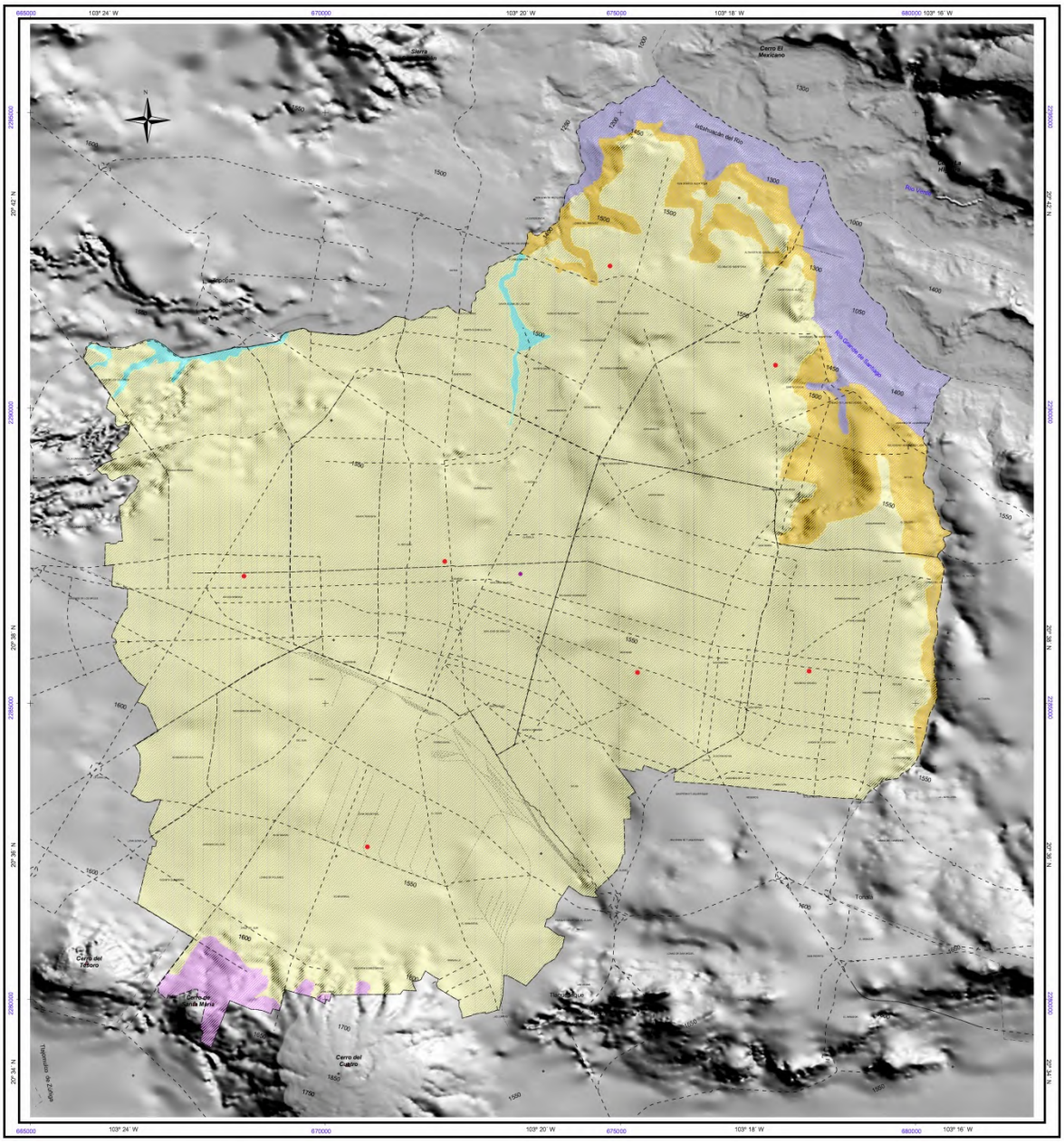
Estos cubren un muy bajo porcentaje (0.16%) de la superficie municipal y se han formado a partir de depósitos aluviales recientes, ocasionados por los arroyos de temporal que bajan desde el sector norte de la Sierra de la Primavera. Estos arrastran pómez y cenizas volcánicas depositadas según las características de los mismos y a las condiciones atmosféricas existentes en el momento de las erupciones que les dieron origen, posteriormente son re-transportados por medios fluviales. Una vez depositados estos materiales, inicia el proceso pedogénico, pero este ha sido muy lento a causa de la constante remoción y acumulación de material por procesos fluviales de temporal de tipo laminar.

Estos se localizan en las barrancas del sector poniente del municipio, en la zona conocida como Los Colomos, área que mantiene una paulatina urbanización a partir de los noventas, lo que ha propiciado su sepultamiento.



Grafica 3. Porcentajes de las unidades edafológicas identificadas en el territorio municipal, aquí cabe mencionar que la mayor parte de estas se ubican sepultadas por la mancha urbana.

MAPA EDAFOLÓGICO



ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

SIMBOLOGÍA

EDAFOLOGÍA

- Feozem Haplico + Litosol
- Feozem Haplico + Regosol Eutrico
- Fluvisol Eutrico
- Litosol + Regosol
- Regosol Eutrico + Feozem Haplico

- Centroide Guadalajara

Centroide de Zonas

- CENTRO
- CRUZSUR
- HUENTITAN
- MINERVA
- OBLATOS
- OLIMPICA
- TETLAN
- Conos Volcánicos

- Limite Municipio
- Limite zonas
- Traza Urbana

Vías Principales

- Calles Principales
- Tren Ligero
- Vías de Ferrocarril

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

MAPA 03.00.00

Escala 1:32,258.04

0 1.0 2.0
km

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

Contexto del Municipio de Guadalajara

Nota: Tamaño de Impresión 60 cm X 90 cm

3.5. Hidrología

Las cuencas hidrográficas siguen siendo consideradas como la unidad del territorio fundamental para la planeación, aprovechamiento y el manejo de recursos naturales. Sin embargo, uno de los principales problemas para los científicos y tomadores de decisiones es la falta de información que muestre la descripción detallada de la cuenca en base a sus diferentes características y dimensiones, su respuesta hidrológica y su delimitación consensuada (Santillán, et al. 2004).

El municipio de Guadalajara es drenado por cuatro subcuencas que pertenecen a la región hidrológica N° 12 (RH12L) Lerma-Santiago considerada de las más importantes del país (figura 6).

Figura 7. Mapa de localización de la región hidrológica Lerma-Santiago. El recuadro rojo muestra la ubicación del municipio de Guadalajara.

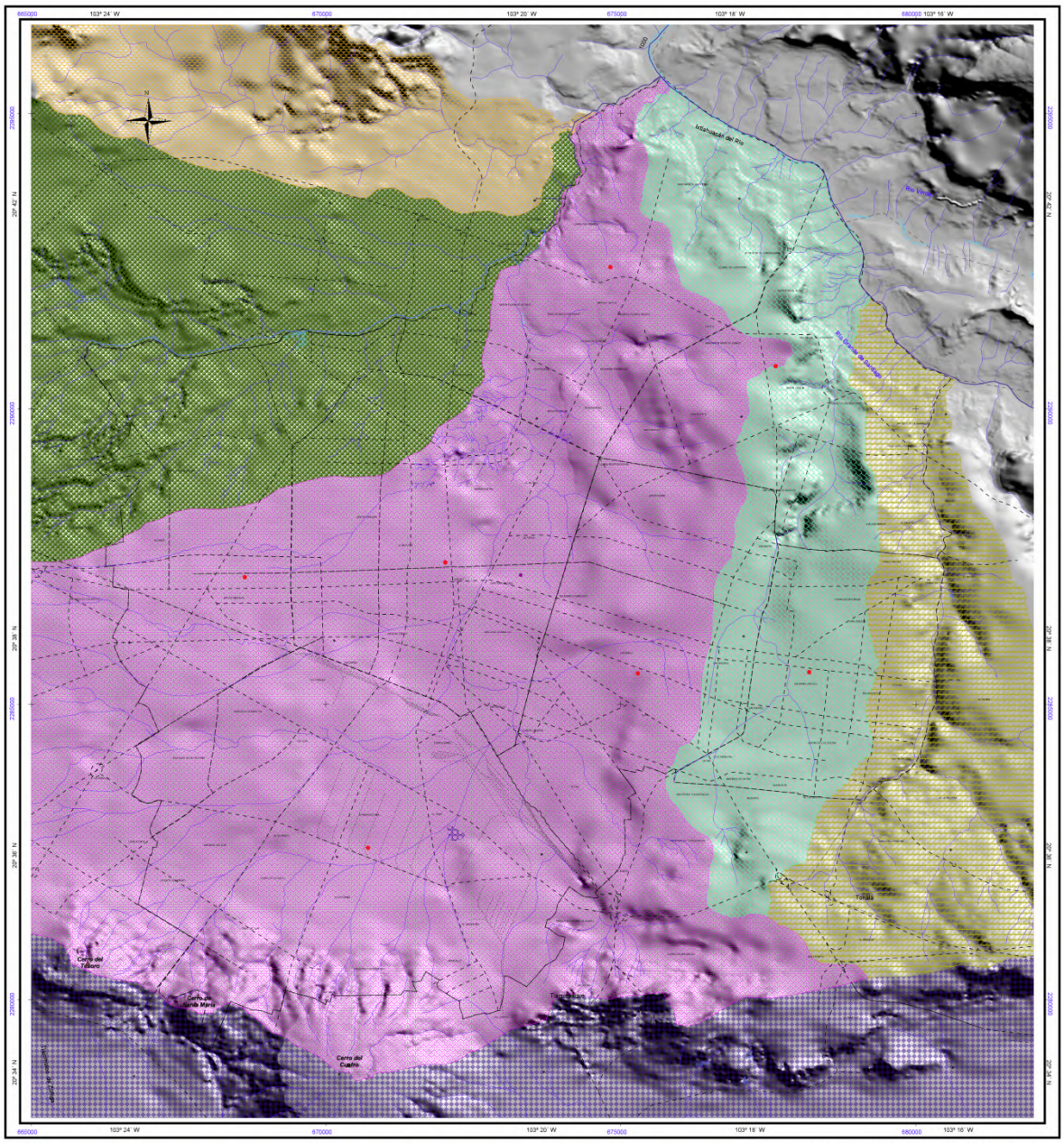
(Tomado de la Comisión Estatal del Agua)

Las características de las microcuencas que drenan el municipio son:

MICROCUENCAS	Estado actual	Características del cauce principal	2011	
			ÁREA km^2	PERÍMETRO Km
Osorio	Urbanizada	Cauce en colector	34.020	31.626
San Andrés	Urbanizada	Cauce en colector	32.750	35.726
San Juan de Dios	Urbanizada	Cauce en colector	118.934	69.799
Atemajac	Urbanizada	Cauce canalizado y en colector	181.202	72.172

Cuadro 1.

MAPA DE MICROCUENCAS



ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

SIMBOLOGÍA

CAUCES
- 1er Orden
- 2do Orden
- 3er Orden
- 4to Orden
- 5to Orden
- 6to Orden
- 7mo Orden
- 8vo Orden
- 9no Orden
- 10mo Orden
- 50mo Orden
- 100mo Orden
- Anomostosados

Cuerpos de Agua
- Artificial
- Intermitente
- Perene

Afluentes
- Manantial

CUENCAS HIDROLÓGICAS
- ATEMAJAC
- SAN ANDRÉS LOS CAÑOS
- OSORIO
- SAN JUAN DE DIOS
- AHOGADO
- RÍO BLANCO

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

MAPA 03.00.00

Escala 1:32,258.04

0 1.0 2.0
km

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

Contexto del Municipio de Guadalajara

Nota: Tamaño de Impresión 60 cm X 90 cm

Las dos microcuencas más importantes son la de San Juan de Dios y Atemajac, ambas se unen en el sector norponiente del municipio y escurren hacía en interior de la barranca en donde es capturado por el río Grande de Santiago.

Las microcuencas de Osorio y San Andrés drenan el sector oriente de Guadalajara y son de superficie reducida, ambas vierten sus escurrimientos hacía en interior de la barranca, donde forman una serie de saltos antes de ser capturadas por el río Grande de Santiago.

El municipio al tener urbanizada casi la totalidad de su superficie, esto ha generado que la mayor parte de los cauces que existían hasta mediados del siglo pasado, hayan desaparecido o canalizados. Para identificar donde se ubicaban estos se procedió a reconstruir los cauces a través de la utilización de fotografías aéreas antiguas con fecha de los años de 1941, 1962 y 1976, con el MDT elaborado basado en mínima curvatura, a partir de la información vectorial del INEGI escala 1:50 000 utilizando curvas de nivel a 10 m y 2 m proporcionadas por el IITEJ. Posteriormente en base a este mapa se realizó un análisis para identificar zonas de menor y mayor elevación (hipsográfico), con el fin de definir el punto de salida y el parteaguas de los cauces. La red de drenaje se reconstruyo entonces utilizando el MDT el software River Tool ver 3.0, se marcaron los establecidos por el INEGI y los identificados con el método de Horton 1945, modificada por Stradhler 1952, Smith 1972 y Schulemberg 1974, estos se presentan en el mapa de Red Hidrológica.

La red de drenaje presenta redes detríticas paralelas con parteaguas en las elevaciones ubicadas en la Sierra de la Primavera al sureste, en el cerro del Cuatro al sur y en el Cordón Volcánico de Tonalá al Sureste y Este, con puntos de salida al norte en la barranca del río Grande de Santiago.

Como se refirió la mayor parte de esta red escurre actualmente sobre la superficie pavimentada de la ciudad y es capturada por una serie de canales pluviales como el Canal del Sur, El canal de Atemajac, el canal de Normalistas y otros, parte de estos drenan aguas negras. En tanto los colectores drenan tanto aguas pluviales como aguas negras.

Por esta razón durante la temporada de lluvias cuando se presentan tormentas intensas, la mayor parte de estas aguas escurren por donde se ubicaban estos cauces, pero al estar modificados en su totalidad, estos generan inundaciones de diferente magnitud.

MAPA HIDROLÓGICO SUPERFICIAL

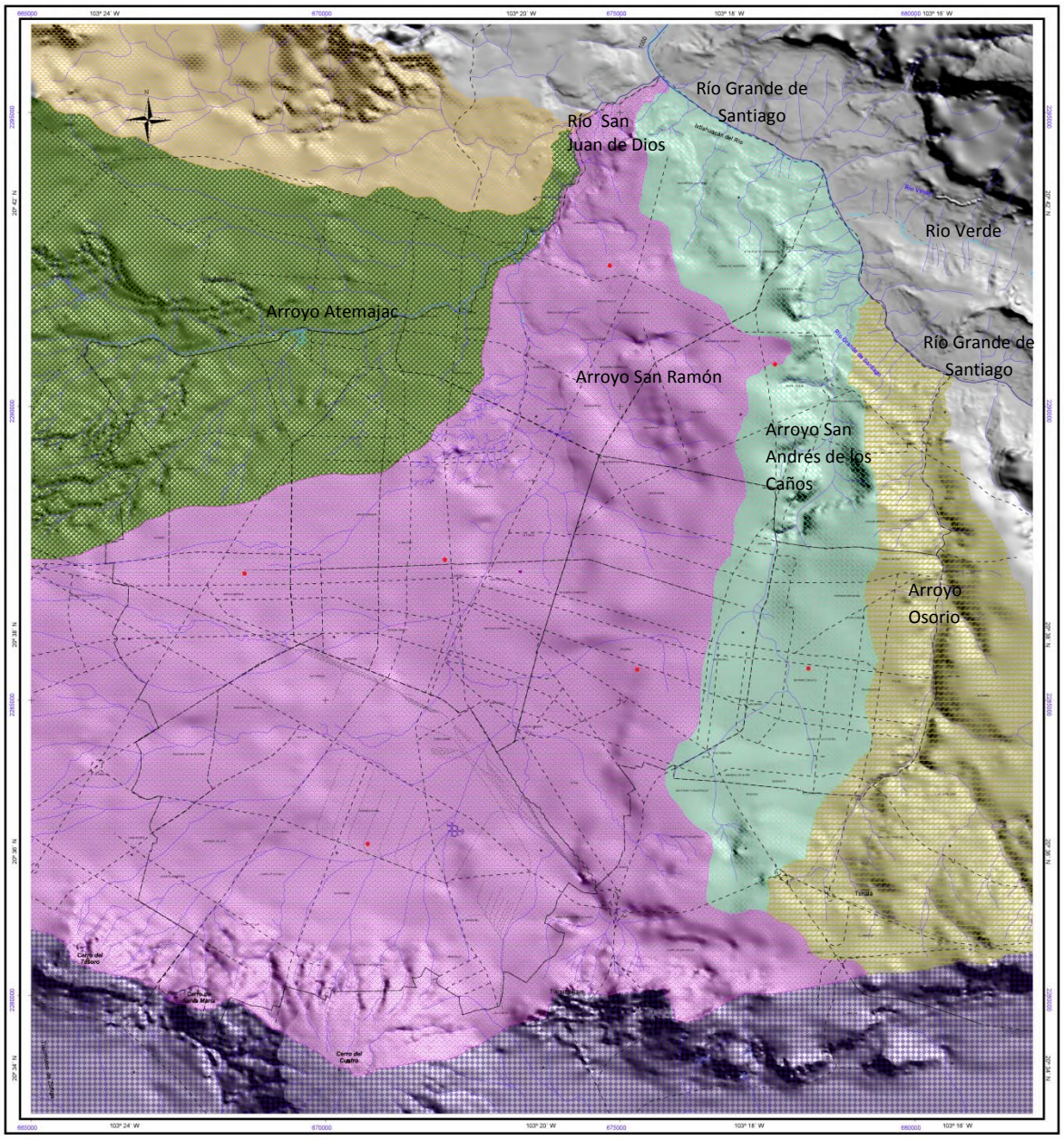


Figura 8. Arroyos actuales que drenan el municipio, los cuales se encuentran canalizados como el Atemajac y San Ramón, y entubados en un colector como el San Juan de Dios, San Andrés de los Caños y el Osorio, estos drenan en el borde de la barranca del Río Grande de Santiago en donde escurren en canal natural, el cual forma una morfología de saltos que provocan cascadas en el escarpe sur del cañón, Todos los escurrimientos emiten aguas negras.

3.6. Climatología

Tipo de Clima.

Según los datos de la estación Guadalajara (20° 41" N – 103° 20" W con 1578 msnm) reportada en el Plan de Asistencia Técnica del Plan Lerma Boletín N° 1, el clima del lugar donde se encuentra el proyecto es caliente subhúmedo, pues la temperatura media mensual del mes más frío es mayor de 14° C, la precipitación del mes más lluvioso es 71.68 veces más grande que la del mes más seco. El sitio también se caracteriza por presentar un ambiente atmosférico ligeramente extremoso debido a que la oscilación media mensual es de 8.7° C, pues los climas extremosos tienen una oscilación que varía de -5.5° C a 10° C. Por todo lo anterior, el clima de acuerdo a Köppen, modificado por Enriqueta García, es Aw (e), es decir, subtropical subhúmedo y extremoso.

Temperaturas Mínima, Máxima y Promedio.

La temperatura media anual en el municipio es de 18.8° C; la temperatura media mensual más alta se presenta en junio (23.0° C) y la más baja en diciembre (14.3); por lo tanto, la oscilación media mensual es de 8.7° C.

CUADRO 2: TEMPERATURA MÁXIMAS Y MÍNIMAS EXTREMAS

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAX	29.7	32.3	33.4	37.6	36.1	37.0	39.0	36.0	36.0	30.8	30.6	28.9	39.0
MIN	-5.5	-3.2	-2.6	1.6	3.5	7.8	10.0	9.0	6.2	1.4	-2.8	-3.6	-5.5
DIF	35.2	35.5	36.0	36.0	32.6	29.2	29.0	27.0	29.8	29.4	33.4	32.5	44.5

CUADRO 3: TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS PROMEDIO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAX	26.7	28.4	31.0	33.0	34.1	33.2	29.3	28.6	28.1	27.9	27.8	26.4	29.5
MIN	2.4	3.1	5.2	7.4	10.3	12.8	13.1	13.0	12.1	8.7	5.0	2.3	8.0
DIF	24.3	25.3	25.8	25.6	23.8	20.4	16.2	15.6	16.0	19.2	22.8	24.1	21.5

La temperatura más alta que se ha registrado es de 39.0° C (julio de 1903) y la más baja de -5.5° C, por lo consiguiente la oscilación térmica extrema-absoluta es de 44.5° C. Sin embargo, las temperaturas promedio máximas oscilan entre 34.1° C (mayo) y 26.4° C (diciembre); a su vez, las mínimas promedio van de 13.1° C (julio) a 2.3° C (diciembre); por lo consiguiente, las oscilaciones de estos promedios fluctúan entre 15.6° C (agosto) y 25.8° C (febrero), es decir, son mayores en la estación seca.

Precipitación Mínima, Máxima y Promedio.

La precipitación media anual de la región es de 866.9 mm, sin embargo, en 1897 se registraron 568.0 mm, en tanto que en 1958 se midieron 1297.1 mm; el período húmedo (lapso en el cual la precipitación es mayor que la evapotranspiración) es más o menos de 154 días y se extiende desde finales de la tercera semana de mayo, hasta mediado de la tercera semana de octubre. En esta época caen aproximadamente 813.6 mm, que equivalen a 93.85% del total anual. Si se toman en

cuenta las estaciones, en el verano caen 572.6 mm (66.05 %), en otoño 73.6 mm (8.49 %) y en las otras estaciones 220.7 mm (25.46 %).

Cuadro 4: Precipitaciones Promedio, Mínima y Máxima mensuales de acuerdo al Plan Lerma de Asistencia Técnica.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
P	14.3	3.2	4.7	4.7	25.5	168.3	229.4	194.2	149.0	47.2	15.7	10.7	866.9
Mi	0.0	0.0	0.0	0.0	Inap.	35.8	86.4	22.0	44.9	1.1	0.0	0.0	568.0
Ma	98.7	28.5	71.0	63.4	240.6	454.9	409.5	384.0	328.3	186.0	195.4	163.3	1297.1

Según la Estación Guadalajara la precipitación máxima en 24 horas fue de 105.5 mm y se registró el 9 de julio de 1930; pero en promedio la lluvia máxima en un día es de 30.9 mm en junio, 47.2 mm en julio, 36.2 mm en agosto, 22.2 mm en octubre, 9.4 mm en diciembre, 14.2 mm en mayo.

Periodo de Retorno.

De acuerdo González-Salazar *et al* (2008) el cuadro 5 reúne el comportamiento promedio de las series de lluvias máximas en 24 horas (lluvias máximas diarias), considerando seis estaciones climatológicas de la CONAGUA ubicadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las coordenadas geográficas son: Guadalajara Colomos (20º 42' 24" y 103º 23' 34"), Zapopan (20º 44' y 103º 24'), Guadalajara (20º 41' y 103º 21'), La Experiencia (20º 44' y 103º 20'), Tonalá (20º 38' y 103º 15') y Tlaquepaque (20º 38' y 103º 18').

Cuadro 5
Series promedio de lluvias máximas en 24 horas en milímetros

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Guadalajara	8.7	6.5	4.6	8.2	15.3	44.3	48.3	41.2	39.4	27.4	10.1	7.8
Zapopan	6.8	4.4	2.9	3.0	14.3	51.6	45.4	47.4	43.3	27.4	8.2	5.9
La Experiencia	8.8	5.9	2.2	3.2	13.9	39.6	44.6	39.9	35.4	22.6	13.7	5.7
Tonalá	2.6	2.2	3.0	3.6	20.6	38.5	39.9	33.4	29.6	24.5	9.3	4.7
Tlaquepaque	4.5	3.3	4.4	3.6	14.3	40.1	40.9	44.1	37.1	27.8	10.1	15.2
Guadalajara Colomos	8.8	6.7	2.8	3.9	12.7	39.0	44.6	42.7	41.9	29.1	13.8	6.9
PROMEDIO	6.7	4.8	3.3	4.2	15.2	42.2	43.9	41.5	37.8	26.4	10.9	6.0

Metodología

Los procedimientos empleados en este trabajo fueron eminentemente estadísticos y empíricos. La metodología fue la siguiente.

1. Integración de la serie de datos (de excedentes anuales) para cada una de las estaciones climáticas anteriormente mencionadas. Al respecto, es necesario aclarar que una serie de excedentes anuales, está constituida por los n valores más altos registrados durante el periodo que comprende la serie de tiempo. De esta manera, una serie de excedentes anuales extraída de 30

años de registros mensuales de lluvias máximas en 24 horas, deberá contener los 30 valores más altos medidos durante estos 30 años (SARH, 1982:54,55).

2. Cálculo de las lluvias máximas en 24 horas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, a partir de la Distribución de Gumbel (1934), en Fernández (1996:120,121).

$$xt = M + Sx \bullet k$$

Donde: xt es el valor de x con periodo de retorno t; M es la media de los valores extremos; Sx es la desviación típica de los valores extremos y k es un factor de frecuencia.

3. Cálculo de la lluvia de duración de una hora y periodo de retorno de dos años, por los métodos de D. M. Hershfield (1962) y U. S. Weather Bureau (Campos, 1998: cap. 4, p.p. 58,61). El método de Hershfield está representado por la ecuación siguiente.

$$P_2^{60} = 0.60(P_2^{1440})$$

Donde P_2^{60} es la lluvia con duración de una hora y periodo de retorno de dos años, 0.60 es el valor máximo que puede alcanzar el cociente entre la lluvia de una hora y la de 24 horas y la lluvia máxima en 24 horas con periodo de retorno de dos años.

3.1. El Cálculo de la lluvia con duración de una hora y periodo de retorno de dos años a partir del criterio propuesto por el U. S. Weather Bureau (ibid, 1998: cap. 4, p.p. 58,61) se reúne en la figura siguiente:

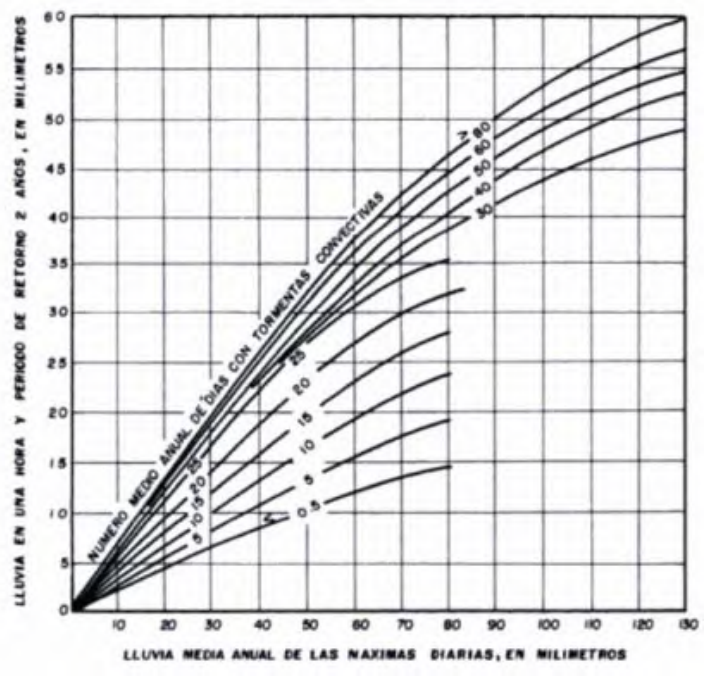


Figura 9. Criterio para obtener la lluvia de una hora y periodo de retorno de 2 años.

La media aritmética de los resultados de ambos procedimientos define la lluvia de duración de una hora y periodo de retorno de dos años.

Posteriormente, aplicando la ecuación de F.C. Bell (1969), ibid (1998: cap. 4, p. 56), se obtuvieron las cantidades de lluvia que definen la intensidad, la duración y el periodo de retorno.

$$P_T^t = (0.35 \text{ Ln } T + 0.76)(0.54\ t^{0.25} - 0.50)\ P_2^{60}$$

Siendo P_T^t el evento de lluvia en milímetros de duración t minutos y periodo de retorno T en años, y Ln el logaritmo neperiano de T.

Resultados

González-Salazar *et al* (2008) reportan en los siguientes cuadros y gráficas los resultados de las curvas de intensidad, duración y periodo de retorno de las seis estaciones climáticas. Por tanto, muestran el comportamiento promedio de dicha magnitud climática en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las graficas se presentan en forma aritmética.

El cuadro 6 como representativo de la Zona Metropolitana de Guadalajara, estadísticamente contiene las diferentes intensidades que puede alcanzar un evento de lluvia, en distintos intervalos de tiempo, y también en varios periodos de retorno, en cualquier punto de la mancha urbana. Sin olvidar, que conforme el periodo de retorno sea mayor, la probabilidad de ocurrencia es menor.

Así por ejemplo, si se escoge el primer resultado del cuadro 3, se interpreta que la lámina de lluvia puede alcanzar los 11.9 milímetros de altura (11.9 litros por metro cuadrado) durante los primeros 5 minutos de la tormenta, con un periodo de retorno de dos años; esto quiere decir, que se tiene un 50% de probabilidad anual de ocurrencia. Por el mismo renglón, en la columna de 1440 minutos (24 horas) si se escoge el primer resultado de esta columna, se interpreta que la lámina de lluvia puede alcanzar los 70.8 milímetros de altura (70.8 litros por metro cuadrado) en un lapso de 24 horas, con un periodo de retorno de dos años; esto quiere decir, que también se tiene un 50% de probabilidad anual de ocurrencia. Lo que hace concluir que eventos con menor intensidad a la de este ejemplo, que pudieran ocurrir en la Zona Metropolitana de Guadalajara, tienen mayor probabilidad de que se presenten.

Posteriormente, si se toma el último de los resultados de este mismo cuadro, se concluye que la lámina de lluvia puede alcanzar los 122.5 milímetros de altura en un periodo de 24 horas, con un periodo de retorno de 100 años. Lo que implica, que se tiene una probabilidad de 100% de que ocurra un evento de tal magnitud en un lapso de un año.

Por otro lado, comparando los datos del cuadro 1 de eventos extremos de lluvias máximas en 24 horas, con alturas de 81.5 a 114.8 milímetros, y los resultados de lluvias máximas en 24 horas (1440 minutos) del cuadro 3, se puede observar, que esas cantidades se ven reflejadas, sobre todo en los periodos de retorno de 5 a 50 años. Lo que implica que estadísticamente, un evento de más de 80 milímetros de lluvia en 24 horas, tiene un 20% de probabilidad de ocurrencia anual; mientras que uno de 114 milímetros sólo tiene el 2% de probabilidad.

Del mismo modo, analizando los resultados promedio del cuadro 2 de los meses correspondientes al periodo de lluvia: junio 42.2, julio 43.9, agosto 41.5 y septiembre 37.8 milímetros (sin olvidar que son lluvias máximas diarias) es notorio que estos datos son comparables con las duraciones de 45 y 60 minutos, con periodos de retorno de 2 y 5 años del cuadro 3 y la figura 5. Conforme a estos resultados, se puede decir que la mayor cantidad de lluvia se presenta durante la primera hora, con una probabilidad de ocurrencia que va del 50 al 20%.

CUADRO 6
Intensidad-duración-periodo de retorno
Zona Metropolitana de Guadalajara

PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS	INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN MILÍMETROS EN MINUTOS						
	5	15	30	45	60	120	1440
2	11.9	21.8	29.6	34.9	38.7	49.9	70.8
5	15.7	28.8	39.1	46.0	51.3	65.9	84.6
10	18.6	34.1	46.3	54.4	60.8	78.0	93.8
25	22.4	41.1	55.7	65.6	73.2	93.9	105.4
50	25.3	46.3	62.9	74.0	82.6	106.0	114.0
100	28.2	51.6	70.1	82.4	92.0	118.1	122.5

Cuya representación gráfica es:

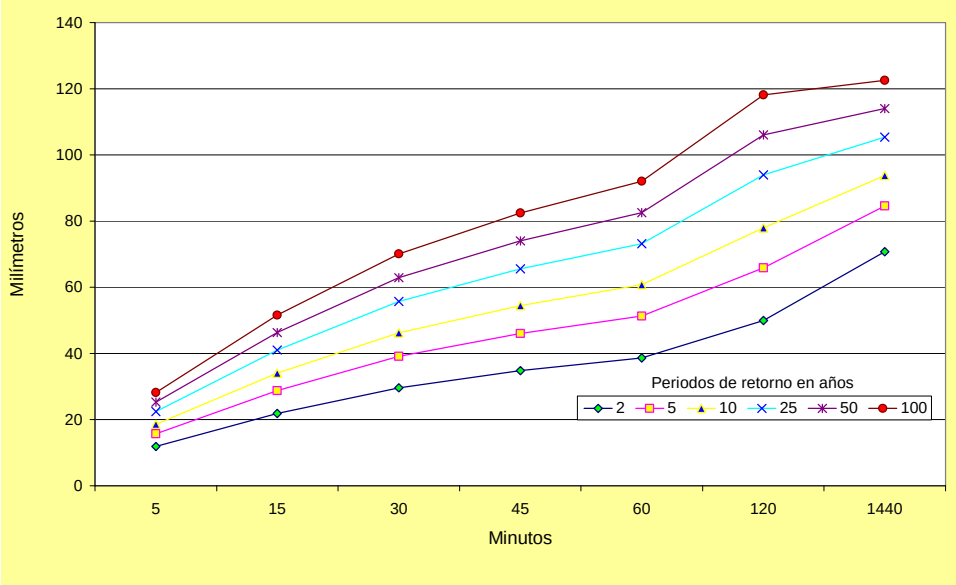


Figura 10. Curvas de intensidad, duración y periodo de retorno de la Zona Metropolitana de Guadalajara (tomado de González-Salazar, et al, 2008).

El cuadro 4 y la figura 6 pronostican la cantidad de lluvia que caería si la intensidad de la misma se prolongara o redujera a una hora, para cada intervalo de tiempo y periodo de retorno.

Cuadro 7
Intensidad-duración-periodo de retorno
Zona Metropolitana de Guadalajara

PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS	INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN MILÍMETROS POR HORA						
	5	15	30	45	60	120	1440
2	142.8	87.2	59.2	46.5	38.7	24.9	2.9
5	188.4	115.2	78.2	61.3	51.3	32.9	3.5
10	223.2	136.4	92.6	72.5	60.8	39.0	3.9
25	268.8	164.4	111.4	87.5	73.2	46.9	4.4
50	303.6	185.2	125.8	98.7	82.6	53.0	4.7
100	338.4	206.4	140.2	109.9	92.0	59.0	5.1

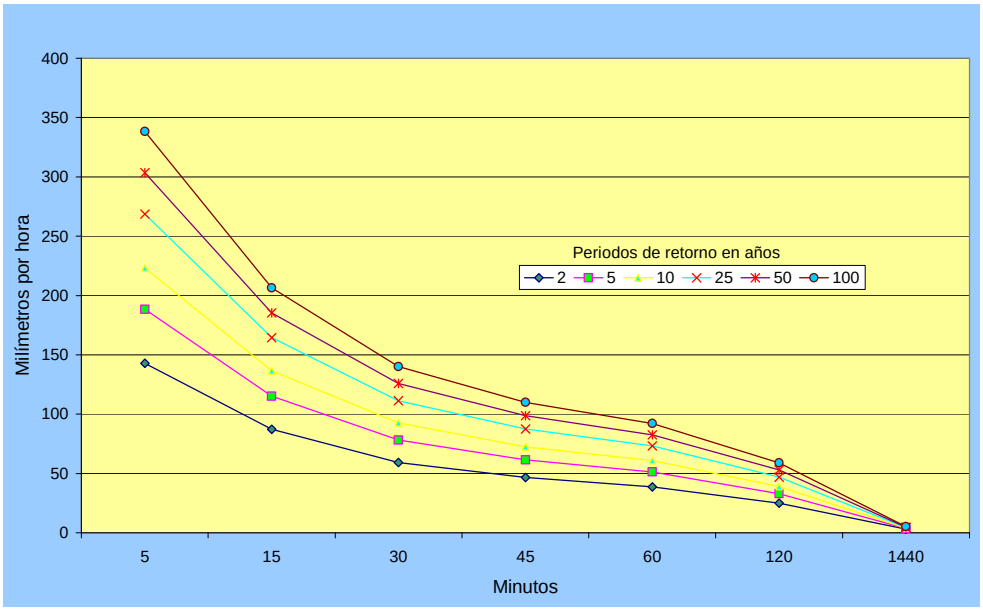
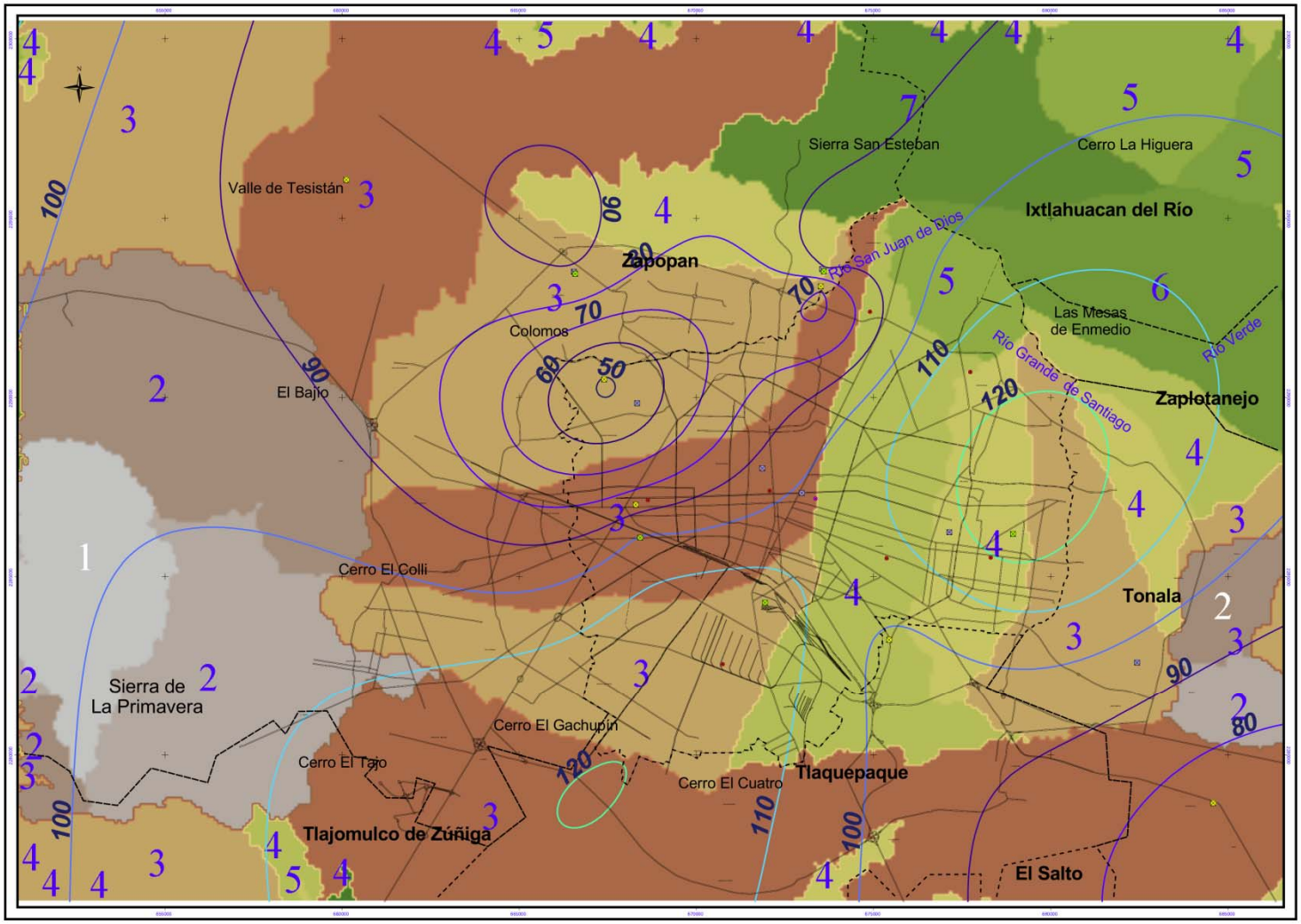


Figura 11. Curvas de intensidad de la lluvia en milímetros
por hora. Zona Metropolitana de Guadalajara (tomado de González-Salazar, et al, 2008).

Conclusiones

Los periodos de retorno de 2 y 5 años para intensidades de lluvia de 30, 45 y 60 minutos superan los 40 mm, esta precipitación de acuerdo con reportes del SIAPA es suficiente para generar inundaciones derivadas de la saturación de la red de drenaje y colectores del municipio, por lo que la susceptibilidad de generar este riesgo en la ciudad es muy alto durante cada temporal de lluvias (junio-octubre), y se mantendrá en tanto se construya y adecua este red en el corto plazo.

MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS/ANUAL Y CLASIFICACIÓN DE CUENCAS



Fecha de Elaboración:
30 de Diciembre de 2011

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

0 2.5 5 10
km

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI
Estaciones Climáticas de la CNA, Plan Lerma y Estadísticas Climáticas del Estado de Jalisco

SIMBOLOGÍA

- Estaciones Plan Lerma
- Estadísticas Climatológicas
- Estaciones CNA

Centroides de las zonas
- Guadalajara
- Centro
- Cruz del Sur
- Huentitán
- Minerva
- Oblatos
- Olímpica
- Tetlán

Limites de Zona
- Limite Municipales
- Centro
- Cruz del Sur
- Huentitán
- Minerva
- Oblatos
- Olímpica
- Tetlán

Vías Principales
- Calles Principales
- Tren Ligero
- Vías de Ferrocarril

Precipitación
- 50
- 60
- 70
- 80
- 90
- 100
- 110
- 120

mm

Clasificación de Cuencas

Ápice	1
Superior	2
Proximal	3
Media	4
Baja	5
Distal	6
Coalescencia	7

Clasificación propuesta por Suarez-Plascencia & Camarena-García, 2006

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

MAPA 03.00.00

Escala 1:32,258.04

0 1.0 2.0
km

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

Contexto del Municipio de Guadalajara

Nota: Tamaño de Impresión 60 cm X 90 cm

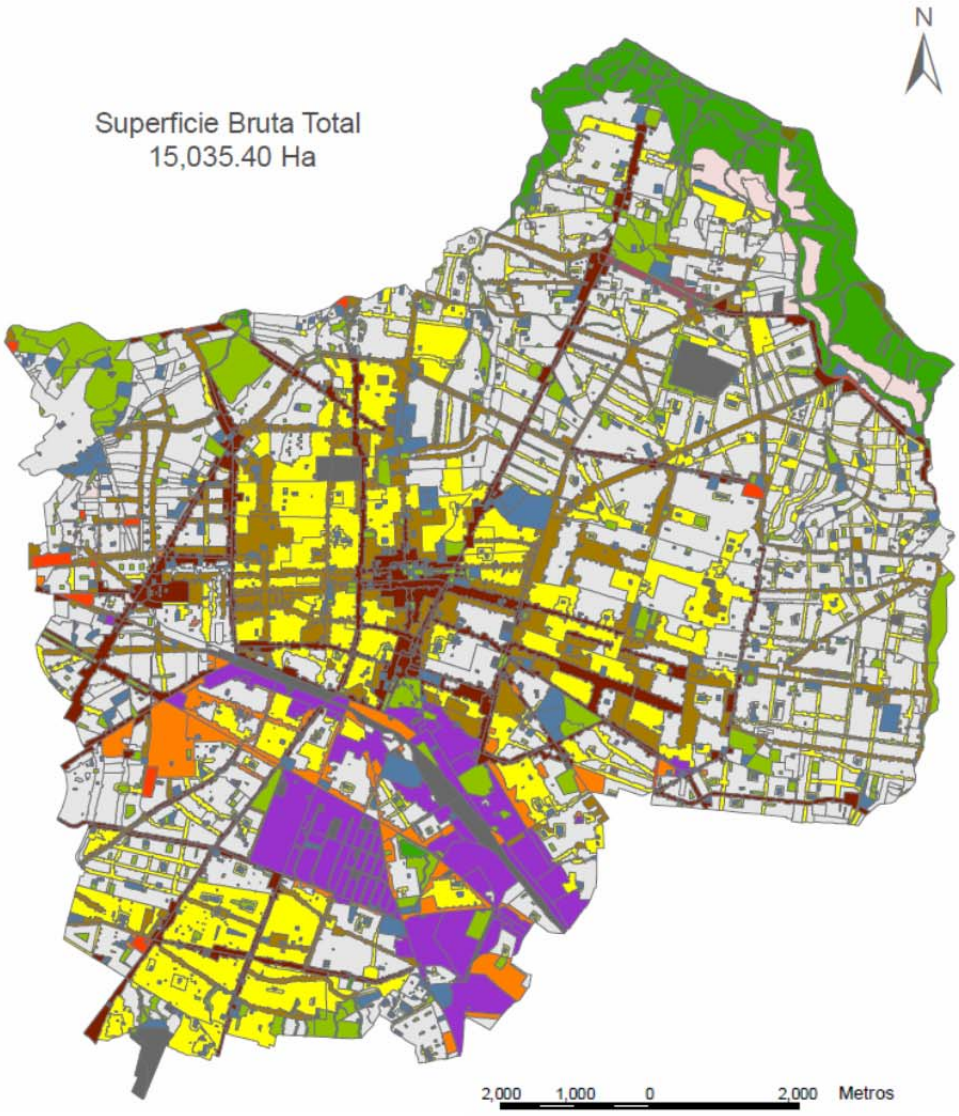
PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

3.7. Uso de suelo y vegetación

3.7.1. Uso del suelo

El uso del suelo en el municipio de Guadalajara es predominantemente urbano, ubicándose zonas habitacionales, usos mixtos de tipo barrial, distrital, una zona industrial localizada al sur de la zona centro y una zona central con un uso mixto central. En los límites norte se localiza el ANP de la barranca de Oblatos-Huentitán, en tanto en el límite poniente el ANP Los Colomos.

En la siguiente figura se observan estos usos establecidos desde el año 2003 por la Comisión de Planeación Urbana (COPLAUR).



Actividad	Superficie en Ha	Porcentaje
Alojamiento Temporal	189.84	1.26%
Aprovechamiento de Recursos Naturales	15.41	0.10%
Áreas de Protección	0.038	0.00%
Áreas Naturales Protegidas	781.51	5.20%
Comercio	56.75	0.38%
Equipamiento	664.48	4.42%
Espacios Verdes, Abiertos y Recreativos	857.55	5.70%
Habitacional	5689.75	37.84%
Industrial	844.05	5.61%
Servicios	381.61	2.54%
Instalaciones Especiales e Infraestructura	317.38	2.11%
Mixto Barrial	2693.72	17.92%
Mixto Central	1059.3	7.05%
Mixto Distrital	1463.03	9.73%
Mixto Regional	20.99	0.14%

Figura 12. Uso del suelo de las áreas urbanas de los planes parciales de desarrollo urbano 2003, vigentes hasta el año 2012. Tomado de COPLAUR.

3.7.2. Vegetación.

El municipio de Guadalajara al ser un municipio con una alta tasa de urbanización, las áreas verdes se encuentran constreñidas a las áreas jardinadas y parques urbanos donde la vegetación es de tipo ornato y de ambientación. A nivel de arbolado existe una alta diversidad de vegetación, predominando las siguientes especies:

Especie	Nombre Común
Ficus benjamina	Ficus
Eucalyptus globolus	Eucalipto
Jacaranda mimosaefolia	Jacaranda
Casuarina equisetifolia	Casuarina
Ceiba pentandra	Ceiba
Roseodrendron donnel-smithil	Primavera
Citricos	
Fraxinus udhei	Fresno

Cuadro 8

En la barranca de Oblatos-Huentitán presenta una asociación de vegetación natural clasificada como Bosque Tropical Caducifolio y Subcaducifolio. Las especies que podemos encontrar con mayor frecuencia en esta asociación son: "Palo Bobo" *Ipomoea intrapilosa*, "Mezquite" *Prosopis laevigata*, Guamuchil (*Phitecellobium dulce*), Jacaranda "*Jacaranda mimosaefolia*", Tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis),* Tepame, (*Acacia pennatula)* "Cuajiote Amarillo" *Burcera fagaroides*, "Copal Amargo" *Burcera bipinnata*, Papelillo *Burcera multijuga* y "Guaje" *Leucaena esculenta*. En el estrato herbáceo encontramos a "Capitana" *Verbesina greenmanii*, Higuerillas (*Recinun communis*), "Zacate Aviador" *Rhynchelytrum repens* y "Navajita Breve" *Bouteloua repens*. En tanto existe un matorral espinoso donde abunda la *Acacia farneciana* (huizache).

Figura 13. Fotografías de la vegetación predominante en el Cañón del Río Grande de Santiago.

3.8. Áreas naturales protegidas

El municipio de Guadalajara cuenta con dos Áreas Naturales Protegidas (ANP):

La Barranca del Río Grande de Santiago, en la zona conocida como Oblatos-Huentitán, que cuenta con una superficie aproximada de 1,137 hectáreas decretadas el 5 de Junio de 1995. Su proyecto contempla su recuperación basada en protección de flora y fauna, y el aprovechamiento sustentable; así como un desarrollo ecoturístico. Esta se designa como Área de Conservación Ecológica en el municipio de Guadalajara, debido a su alta biodiversidad en flora endémica y fauna existente. Al igual que su importancia en el ámbito ecológico, la zona guarda un potencial histórico-cultural significativo al contar con ruinas y vestigios históricos.

En esta está prohibida la construcción de todo tipo de edificaciones o instalaciones que no sean destinadas para los fines de protección, y se autoriza la realización de actividades de conservación de los ecosistemas.

Localización:

La localización geográfica de la zona decretada como ANP, se encuentra en el polígono que comprende desde el Arroyo de Osorio y la ceja urbana a 20° 41’ 38’’ Lat. N, 103° 16’ 11’’ Long. O. y a 1,518 m.s.n.m., en su desembocadura al río Santiago 20° 42’ 19’’ Lat. N., 103°15’ 56’’ Long. O., límite natural con el municipio de Tonalá, al noreste del municipio de Guadalajara; al extremo opuesto se localiza el punto geográfico en 20° 43’ 28’’ Lat. N., 103°20’ 01’’ Long. O. para la parte alta en la ceja urbana con el Periférico Manuel Gómez Morin al inicio del cauce del río de San Juan de Dios a 1,488 m.s.n.m., y en la desembocadura al río Santiago en la parte baja 20° 45’ 09’’ Lat. N., 103° 18’ 43’’ Long. O., a 997 m.s.n.m. límite natural con el municipio de Zapopan al norte de Guadalajara.

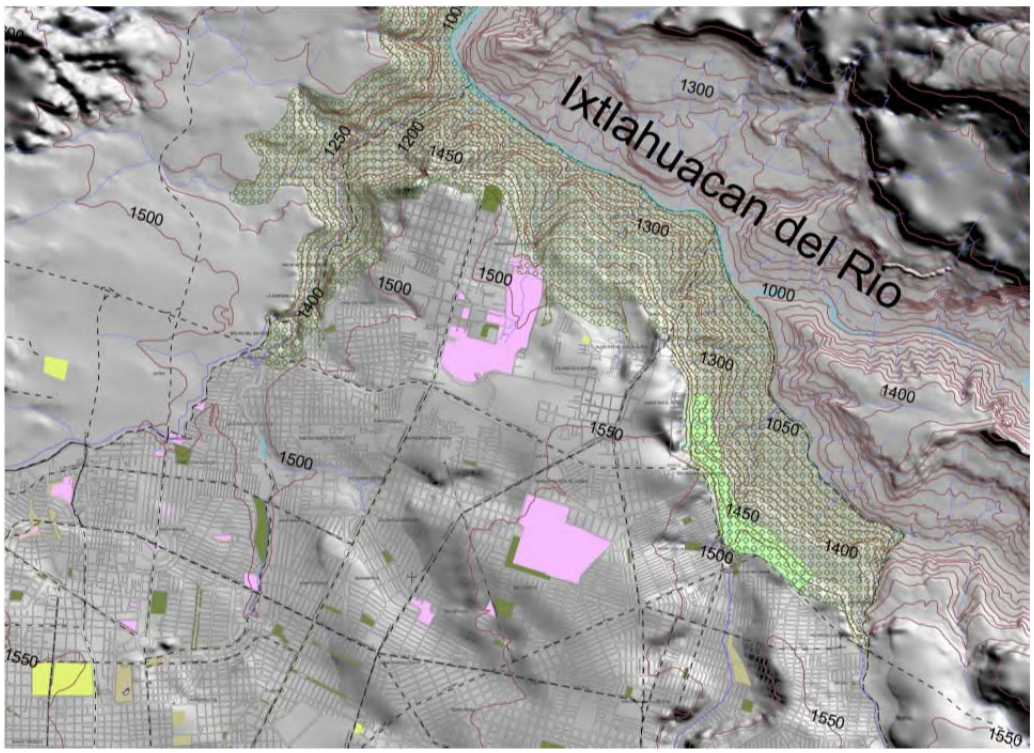


Figura 14. Zonificación de la Barranca Oblatos-Huentitan decretada por el Ayuntamiento de Guadalajara en junio de 1995.

Importancia:

La riqueza de la barranca es su vegetación, que presenta una predominancia del Bosque Tropical Caducifolio y Subcaducifolio, que se refleja en una gran diversidad biológica, originadas además por las condiciones topográficas, microclimáticas y edafológicas, que permite la existencia de una diversidad de sistemas ambientales, lo que permite que la Barranca funciona como corredor natural para especies de fauna.

Otro valor de importancia es que representa un límite natural en el extremo norte del municipio, el cual está sujeto a una fuerte presión urbana, ocasionada por el crecimiento urbano, que provoca la pérdida de la cubierta vegetal, por asentamientos irregulares que se localizan en sus escarpes y en las terrazas interiores. A ello se adiciona la acumulación de basura a cielo abierto, la deforestación, quemas, caza ilegal y vertidos constantes de aguas residuales provenientes de los arroyos de Osorio, San Andrés y el Río San Juan de Dios lo que provoca que diversas áreas se encuentren altamente perturbadas y contaminadas en su interior. A estos elementos se suman los daños ambientales generados por la construcción de la Presa de Arcediano y sus caminos de acceso.

Figura 15. Aspectos de la zona natural protegida de la Barranca del Río Grande de Santiago

Bosque Los Colomos: Se ubica dentro del área natural protegida de la cuenca hidrológica de Atemajac, que contempla dos polígonos, el de Los Colomos en el municipio de Guadalajara y el polígono del arroyo de La Campana en el municipio de Zapopan. El objetivo principal de esta ANP se centra en la conservación del acuífero de Atemajac y de su capacidad de infiltración a los mantos freáticos.

El bosque de Los Colomos se localiza en el poniente del municipio, cuenta con una superficie de *90.7 hectáreas cubierta por un abundante bosque, así como manantiales.*

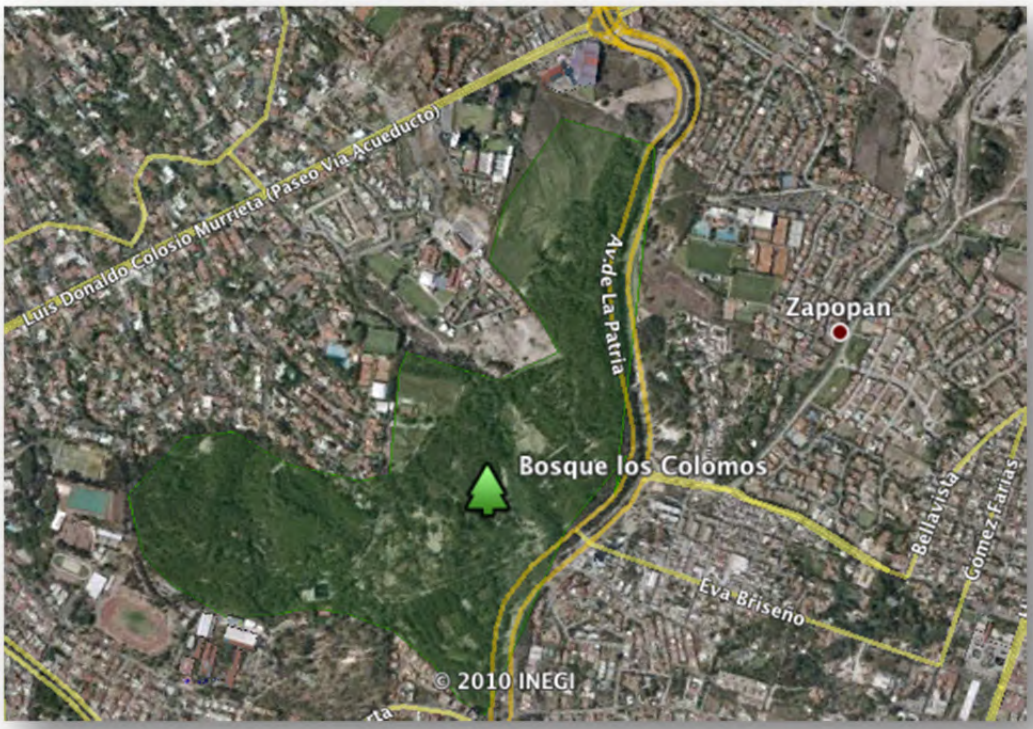


Figura 16. El polígono verde muestra el ANP del polígono del bosque de Los Colomos.

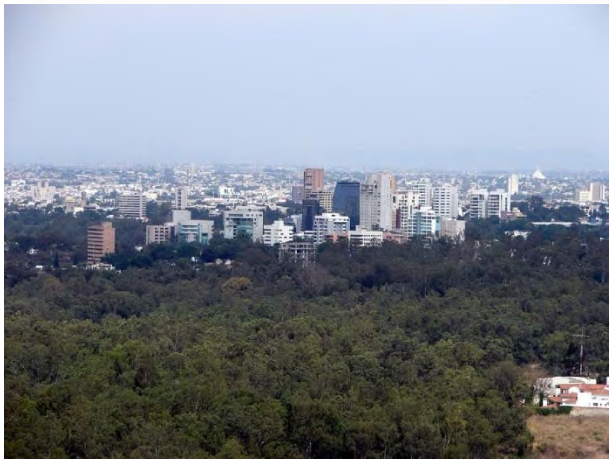
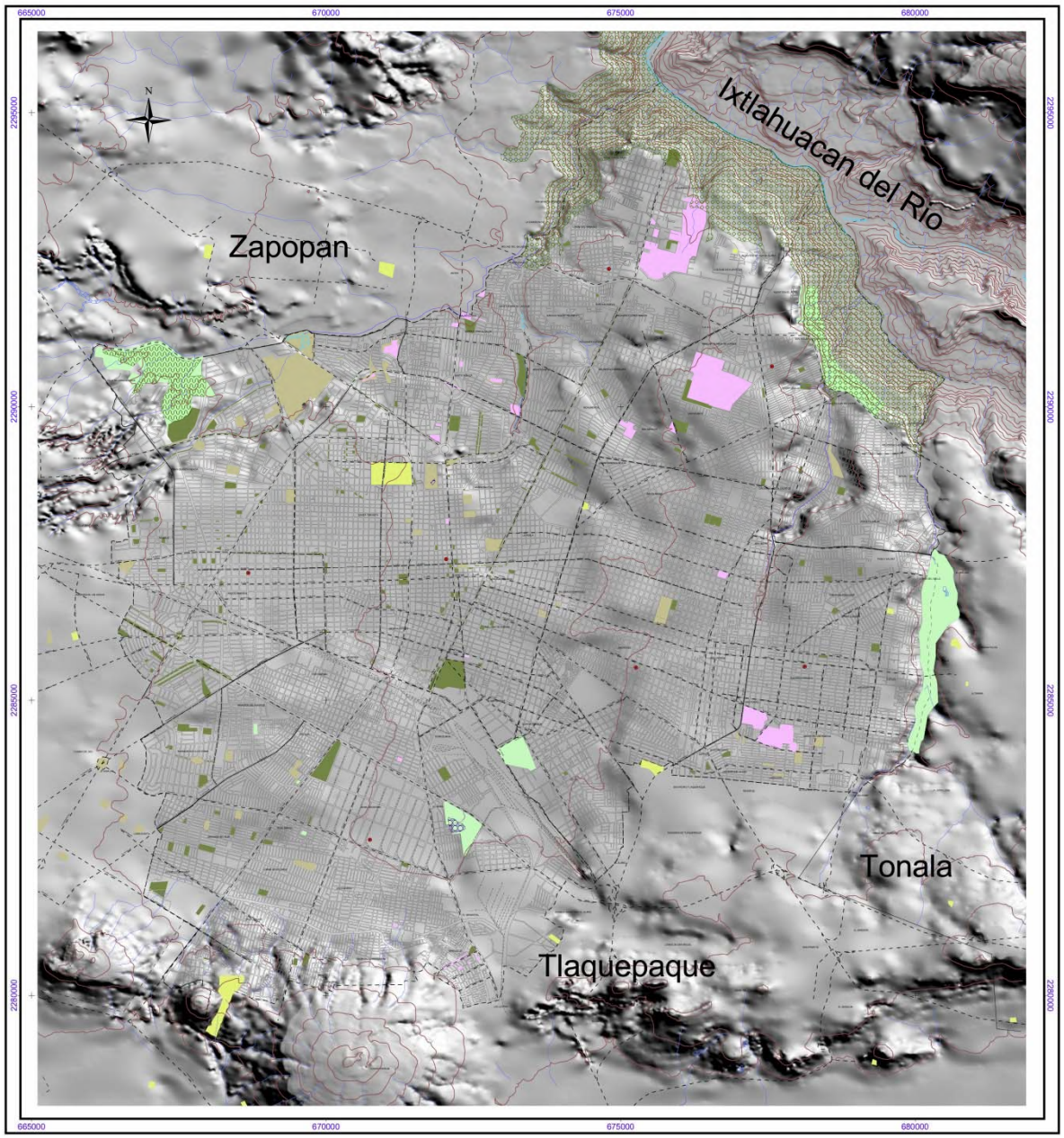


Figura 17. Imágenes del área natural protegida de Los Colomos ubicada en el Distrito Minerva, en el límite con el municipio de Zapopan en el poniente del municipio. Este pertenece a la zona protegida de recarga de la microcuenca de Colomos-Atemajac. (Fotos obtenidas el Metrópoliblog el 30 de diciembre del 2011)

MAPA DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS



SIMBOLOGIA

Área Natural Protegida
Barranca del Río Santiago
Bosque Los Colomos

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA, JALISCO

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

3.9. Problemática ambiental

La Problemática Ambiental consiste en un conjunto de estudios y análisis que sintetizan el estado medioambiental a nivel territorial, provincial, municipal, de empresa, asociación, etc. el diagnóstico ambiental se convierte en todo el paso previo para la formulación de una serie de conclusiones sobre el estado actual medioambiental. El objetivo principal es el conocimiento de la situación actual de los factores ambientales, socioeconómicos y organizativos.

El municipio de Guadalajara se caracteriza por ser el más poblado en el Estado de Jalisco, que cuenta con un nivel de urbanización muy alto lo que provoca innumerables problemas ambientales en el territorio municipal, las principales problemáticas ambientales identificadas son:

Medio físico:

Aire:

Contaminación por Fuentes de Área

Ladrilleras

Pollerías

Talleres de laminado y pintura

Paso del Ferrocarril

Deficiencia de áreas verdes

Tala y poda constante de árboles restando la generación de oxigeno

Derribo de arboles cada temporal de lluvias por los fuertes vientos

Incremento constante del trafico urbano debido al aumento del parque vehicular a razón de 400 vehículos diarios (SEMADES, 2011)

Emisión de malos olores área de San Juan de Dios

Malos olores Rastro de Guadalajara en el sur del municipio

Contaminación por Fuentes Móviles

Vehículos

Contaminación por Fuentes Biogénicas

Incendios en terrenos baldíos

Contaminación por Fuentes Fijas

Parque Industrial El Álamo

Contaminación en el recurso Agua:

Descargas Sanitarias

Descargas por el rastro de Guadalajara en el drenaje

Descargas de industrias

Emisiones desde curtidurías y talabarterías

Volúmenes de Aguas residuales descargados en cuerpos naturales (ríos y arroyos)

- Arroyo San Juan de Dios
- Arroyo Atemajac
- Arroyo San Gaspar

Inundaciones en cada temporal de lluvias

Redes de drenaje antiguas e insuficientes, algunas secciones tienen más de 70 años, lo que provoca fugas y contaminación al subsuelo.

Suelo:

Colonia Moderna (contaminación de subsuelo por hidrocarburos)

Alcalde Barranquitas (zonas de relleno con residuos y escombro mal compactado,)

Subsuelo inestable y colapsable

Contaminación de suelo por hidrocarburos (talleres mecánicos)

Contaminación en la margen de las vías del ferrocarril

Servicios Medio Ambientales

Invasión de áreas verdes, reserva urbana, zonas de recarga de mantos acuíferos

Cuenta con dos áreas protegidas: Colomos y la Barranca del Río Grande de Santiago.

Migración interna desde los municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tlajomulco El Salto, Tonalá

Carencia de zonas agrícolas

No cuenta con superficie disponible suficiente de suelo urbanizable y una escaza reserva urbana

El 90 % del Municipio de Guadalajara se encuentra urbanizado.

Medio Socioeconómico:

Presencia de áreas marginadas en los distritos Cruz del Sur (Cerro del Cuatro), Huentitán y Oblatos.

Procesos urbanos anárquicos en diferentes zonas del municipio como Cruz del Sur, Huentitán y Oblatos.

Falta de áreas verdes y áreas de esparcimiento

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

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

Dinámica Demografía:

Guadalajara presenta una evolución demográfica creciente desde el primer conteo de población realizado en 1738, este crecimiento se mantuvo hasta 1990, a partir de esta década comenzó a despoblarse tendencia que se mantiene hasta el censo del 2010. El siguiente cuadro muestra estas características.

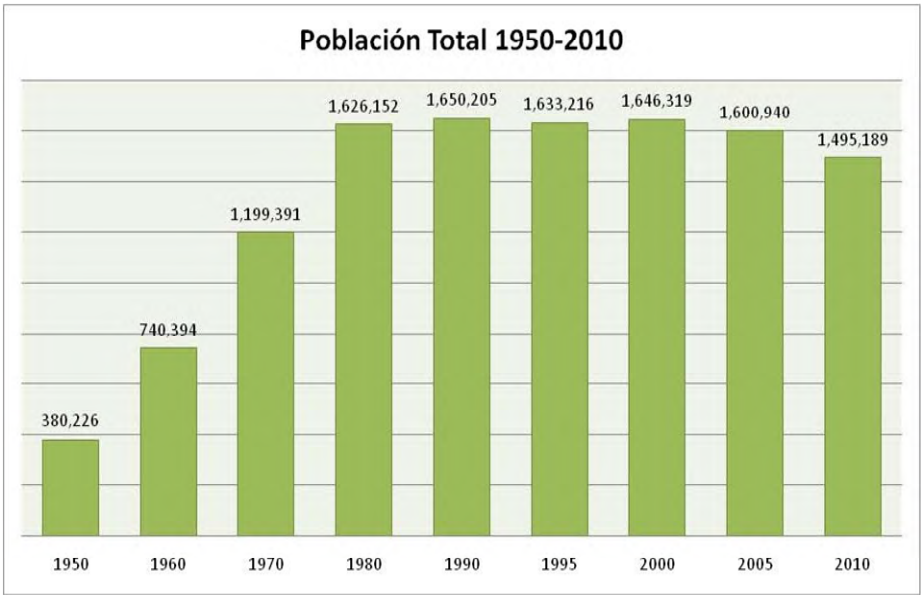
Año	1738	1865	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010
Población total	24,560	69,670	740,394	1´199,391	1´626,152	1´650,205	1´633,216	1´646,183	1´600,940	1´495,189

Cuadro: 9

El decremento paulatino de la dinámica de población desde de 1990, se muestra en la reducción de 155,016 habitantes entre 1990 y el 2010, se ahí la actuales políticas municipales de repoblamiento de algunos sectores de la ciudad, como lo son los distritos Centro y Olímpica.

De acuerdo con los resultado definitivos del II Conteo de Población y Vivienda de INEGI 2005 y los Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010, el municipio de Guadalajara presento durante los años de 1950 a 1970 las tasas de crecimiento poblacional más elevadas de 6% provocando variaciones de población de más del 200%, para 1980 y 1990 la población fue incrementando, pero durante el periodo de 1990 al 2000 el municipio comenzó a presentar una dinámica de perdida en la población, disminuyendo en total 4,022 habitantes con una tasa de crecimiento negativa del orden del -1.29%, es a partir de este punto donde el municipio muestra sólo signos negativos de crecimiento poblacional, tendencia que sigue hasta la actualidad ya que durante el año 2000 la población total del municipio era de 1´646,183 habitantes y para el 2010 presento una disminución en la población de 150,994 habitantes y una tasa de crecimiento negativa del -2.29%, la cual se espera continúe disminuyendo en los siguientes lustros. (Grafica 4)

Grafica 4



Esta evolución demográfica se refleja en las tasas de crecimiento negativas a partir de 1990 y son las siguientes:

Periodo de años	%	Comportamiento poblacional	Cantidad
1970-1980	2.92	Aumento	-
1980-1990	0.14	Aumento	24,053
1990-2000	-1.29	Decremento	-4,022
2000-2010	-2.29	Decremento	-150,994

Cuadro: 10

Distribución de la Población:

De acuerdo con los datos liberados por el INEGI en el mes de noviembre del 2011, se identifican que los grupos de edad presenta una predominancia del grupo de 15 a 64 años con el 65.04% de la población total, pero los grupos vulnerables a ser afectados por fenómenos perturbadores que es el de 0 a 14 años presento una disminución con respecto al año 2000 del 1.3%, en tanto el grupo de mayores de 65 años muestra un aumento del 2.23% en este mismo periodo. El siguiente cuadro muestra estos resultados.

Grupo de edad	Pob 2000	%	Pob 2010	%
De 0 a 14 años	486,116	29.53	401,249	26.83
De 14 a 65 años	1´049,545	63.76	972,351	65.04
Mayores de 65 años	97,134	5.90	121,589	8.13
No especificado	13,388	0.81	-----	-----

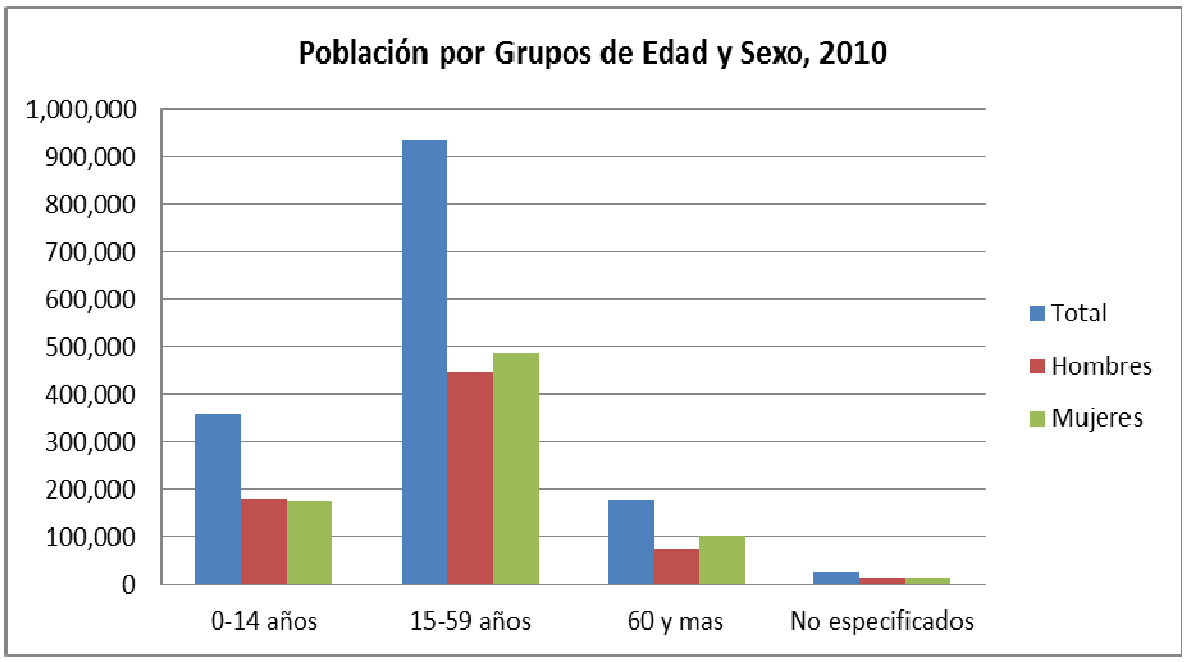
Cuadro: 11

La relación Hombres – Mujeres durante el 2010 fue de 92.2 hombres por cada 100 mujeres, siendo los hombres el 48% de la población total del municipio mientras que las mujeres representan el 52%, la densidad poblacional en el municipio durante el año antes mencionado fue de 99 habitantes por hectárea y en promedio por vivienda había 4 habitantes.

En la Grafica 5 podemos observar que la población predominante en el municipio de Guadalajara es la de jóvenes y adultos representada por el 62% de la población total, en segundo lugar la población de niños que son el 24% y en menor cantidad de población tenemos a los ancianos representada por el 12% de la población total, el 2% corresponde a la población no especificada.

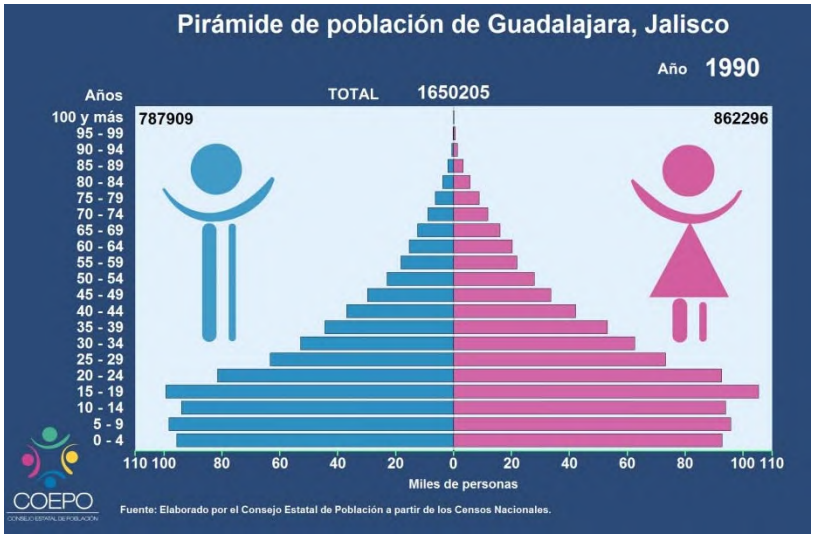
En la pirámide poblacional del 2010 (Figura 18) podemos observar que es dentro de los tres primeros rangos de edad de 0 a 14 años eran mayor la cantidad de hombres que mujeres, a partir de los 25 años es mayor la población femenina, su forma es regresiva lo que nos indica que la población joven es escasa y la población adulta es abundante, la tasa de dependencia municipal es de 2% y nos indica que por cada 100 habitantes únicamente 2 son dependientes económicos.

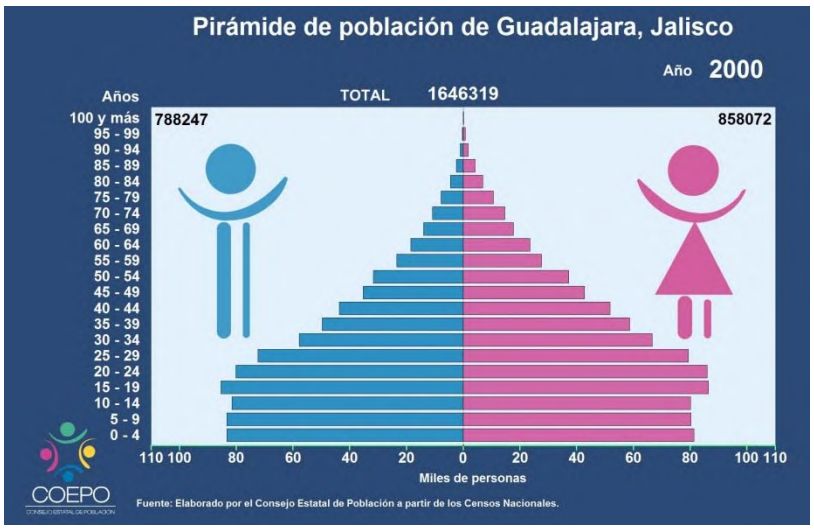
Gráfica 5

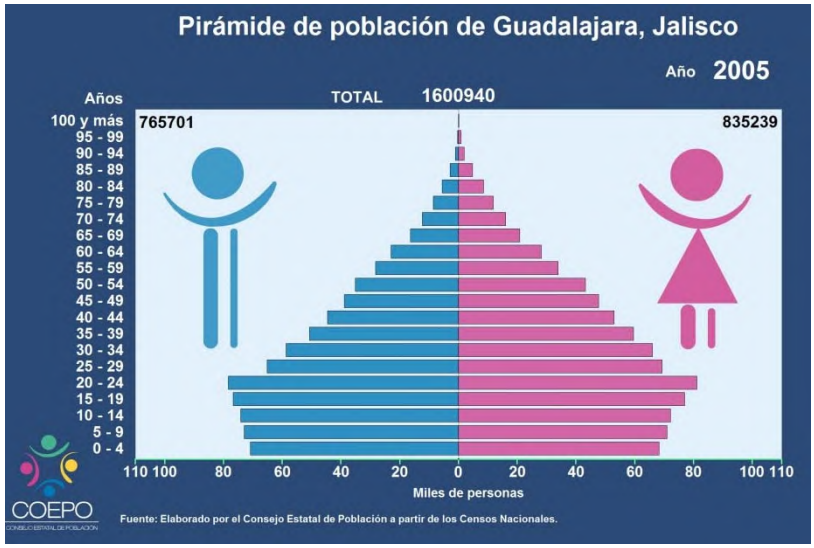


Estructura de la Población:

La evolución 1990-2000-2005-2010 (figura 17) de la estructura de la población en el municipio se observa en las siguientes pirámides de población elaboradas por la Consejo Estatal de Población (COEPO).







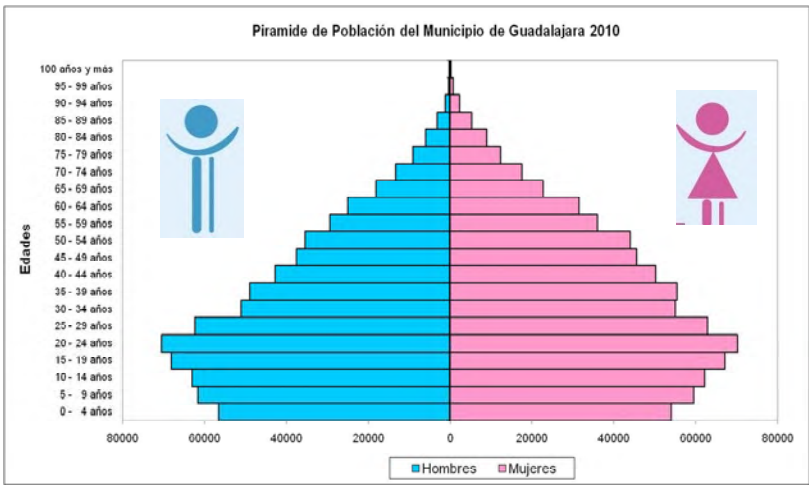


Figura 18. De acuerdo con datos de la COEPO y el INEGI, la población en el municipio de Guadalajara muestra un decremento paulatino de la población, la cual emigra en general hacia los municipios vecinos de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y Tlaquepaque. La reducción de la población entre 1990 y el año 2010 es de 155,016 habitantes, localizados principalmente en el Distrito Centro, ocasionando un efecto denominado "dona", esto es un área despoblada en la parte central del territorio.

Densidad de la Población:

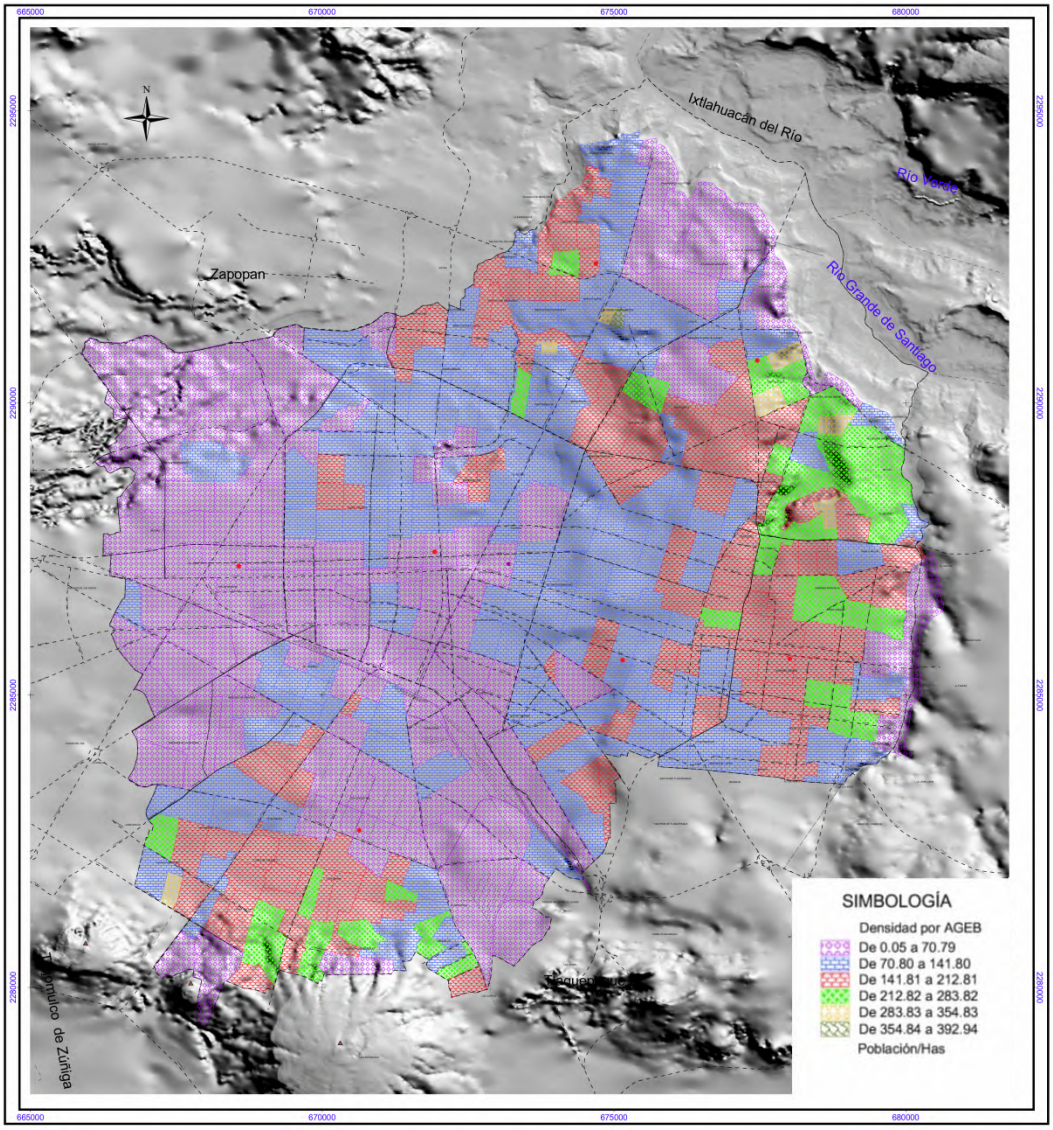
La densidad de población general el municipio no ha presentado variaciones importantes desde la década de 1980 hasta el 2010, siendo en promedio 90 hab/ha, el siguiente cuadro muestra este comportamiento.

Año	Densidad de población hab/ha
1980	86.538
1990	87.819
2000	87.612
2010	99.443

Cuadro: 12

La densidad de población a nivel de los 442 AGEBS que integran el municipio en el año 2010, a este nivel se observa que la densidad más alta corresponde a un AGEB del Distrito Huentitán con 392 hab/ha. Las densidades promedio son de 0.5 a 71 y de 71-142hab/ha en gran parte del municipio. El distrito Oblatos y Tetlán presentan densidad de población de 141 a 284 hab/ha.

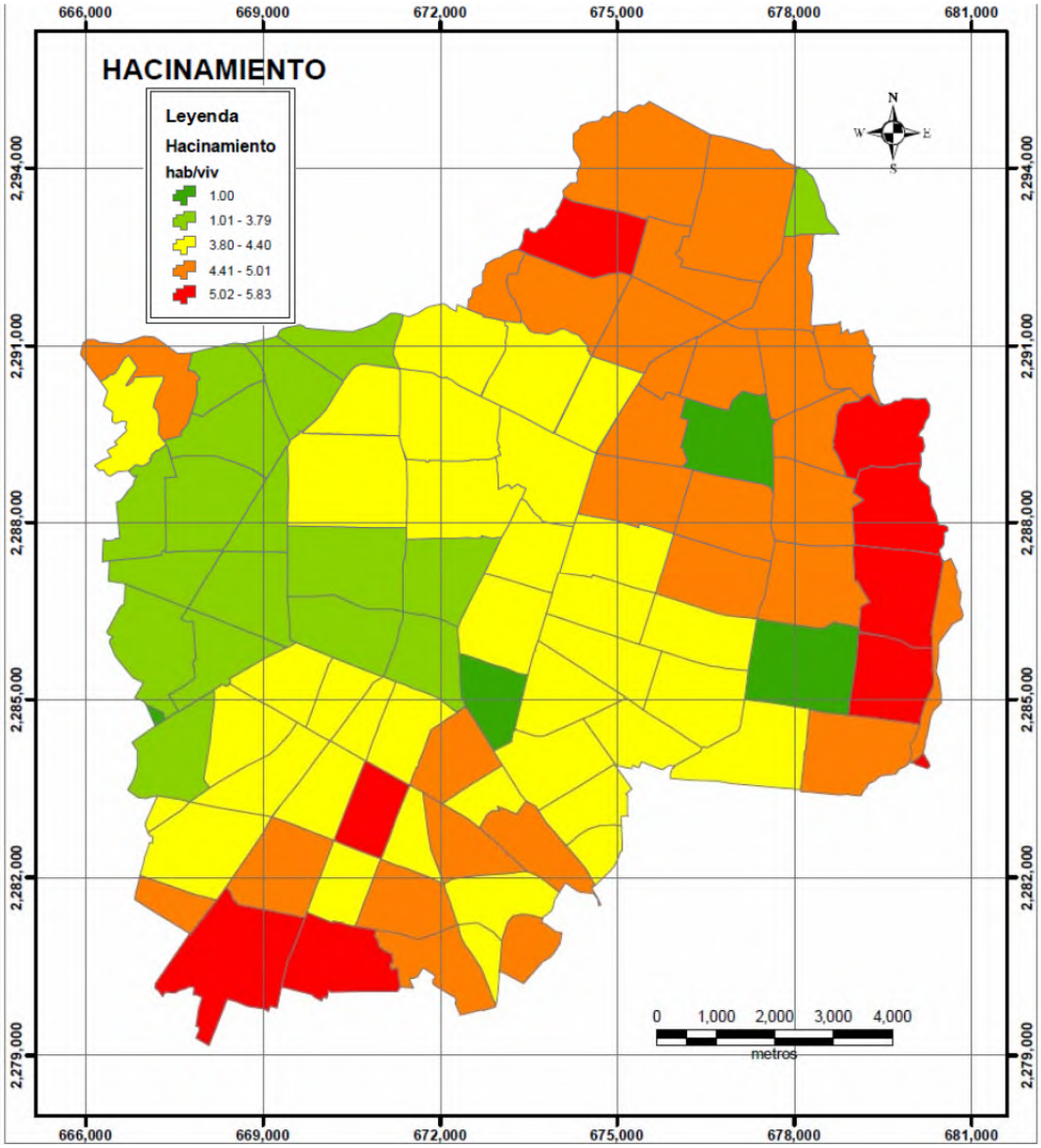
MAPA DE DENSIDAD DE POBLACIÓN A NIVEL AGEB



Hacinamiento de la Población:

El hacinamiento de la población calculado a partir del número de habitantes sobre vivienda en cada uno de los 93 AGEBS que integran el municipio en el año 2010, los resultados muestran que los valores más altos son de hasta 5.83 hab/viv y se localizan en AGEBs de los distritos Cruz del Sur, Huentitán y Oblatos, los valores medios de 3.80 a 4.40 cubren gran parte del municipio y los mínimos de 1.00 hab/viv se localizan en los distritos Minerva y Centro.

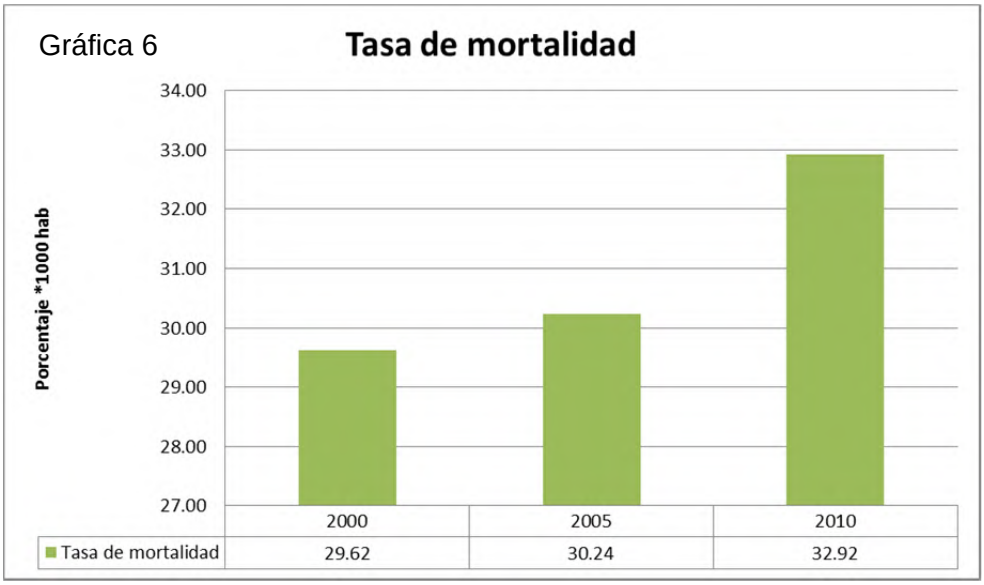
MAPA DE HACINAMIENTO DE POBLACIÓN A NIVEL AGEB.



Mortalidad.

La mortalidad es el indicador demográfico que muestra el número de defunciones de una población por cada 1000 habitantes en un periodo determinado, en el caso del municipio de Guadalajara, esta presenta una mortalidad alta en los periodos 1996-2000, 2001-2005 y 2006-2010.

Gráfica 6



Se considera tasa de mortalidad alta cuando presenta un rango >30% x mil habitantes, moderada entre 15-30% x mil habitantes y baja cuando es < 15%*mil habitantes. En la gráfica 6 indica que en el 2010 la tas de mortalidad alcanzo el 32.92% que se considera alta, la cual se mantiene en este rango desde el 2005,

De acuerdo a los datos tomado de la COEPO y analizados para este proyecto la evolución de la tasa de mortalidad en el municipio muestra un aumento 3 puntos en un lapso de 15 años.

Discapacidad.

En análisis de la discapacidad en el municipio de Guadalajara, se basa en los datos publicados en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, donde se reporta las personas que de manera permanente presentan algún tipo de limitación física o mental para realizar actividades cotidianas. Los resultados a nivel municipal se presentan en la gráfica 7, en donde la población con limitación en la actividad es el 3.69% de la población total del municipio, el siguiente grupo corresponde a la población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar, representando el 2.22%, los habitantes con problemas de visión aún usando lentes son el 0.73%, la población con problemas mentales alcanza el 0.52% en total la población con discapacidad alcanza un porcentaje del 8.194% del total de la población.

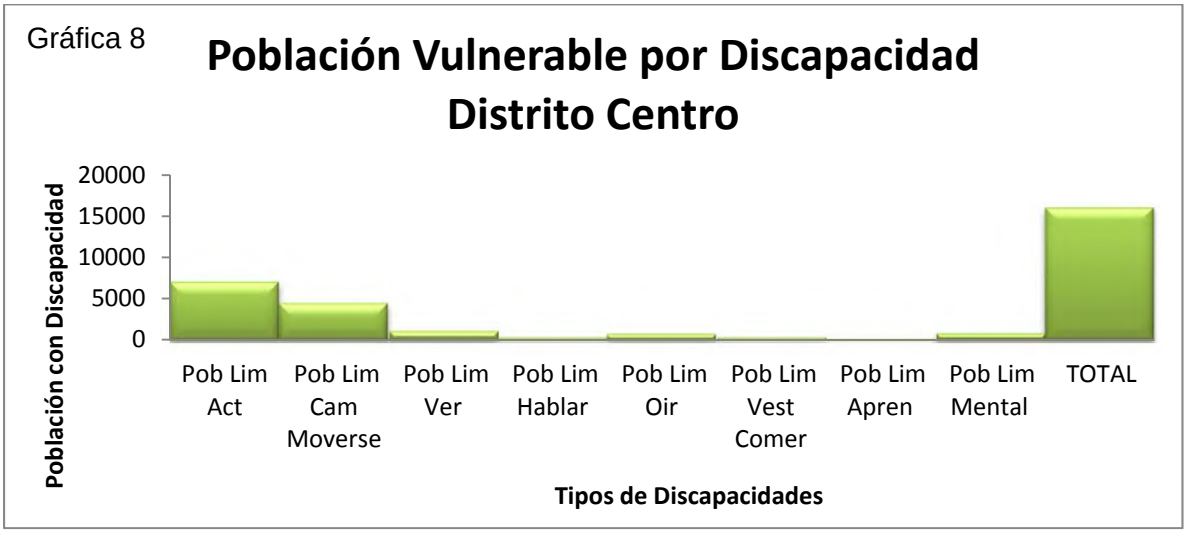
Gráfica 7

Si se analiza a nivel distrito los resultados se presentan el cuadro 13 y las gráficas 8, a la 14, en donde se presentan las mismas tendencias que a nivel del municipio.

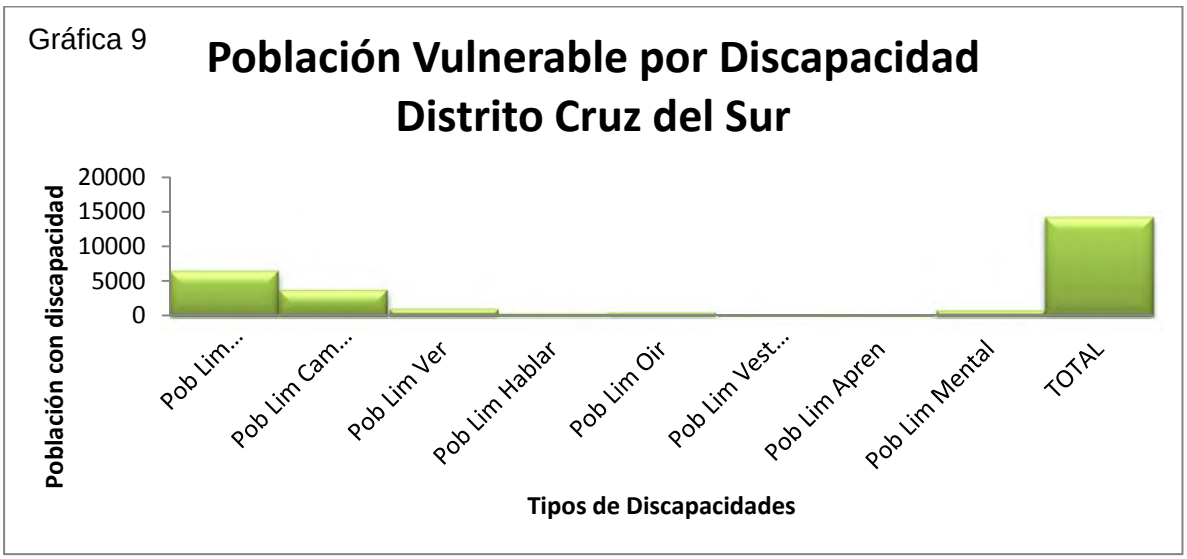
Cuadro 13

DISTRITO	Población con limitación en la actividad	Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	Población con limitación para ver, aún usando lentes	Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	Población con limitación para escuchar	Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	Población con limitación mental	TOTAL
CENTRO	7190	4613	1242	472	889	477	267	956	16106
CRUZ DEL SUR	12363	7338	2863	966	1176	741	602	1541	27590
HUENTITAN	7349	4165	1410	561	675	419	359	1400	16338
MINERVA	3494	2431	587	262	411	344	177	491	8197
OBLATOS	8742	5107	1893	664	806	453	472	1220	19357
OLIMPICA	9404	5731	1831	629	966	435	363	1272	20631
TETLÁN	6608	3895	1170	489	643	267	267	965	14304
TOTALES	55150	33280	10996	4043	5566	3136	2507	7845	122523
%	3.69	2.23	0.74	0.27	0.37	0.21	0.17	0.52	8.19

Gráfica 8



Gráfica 9



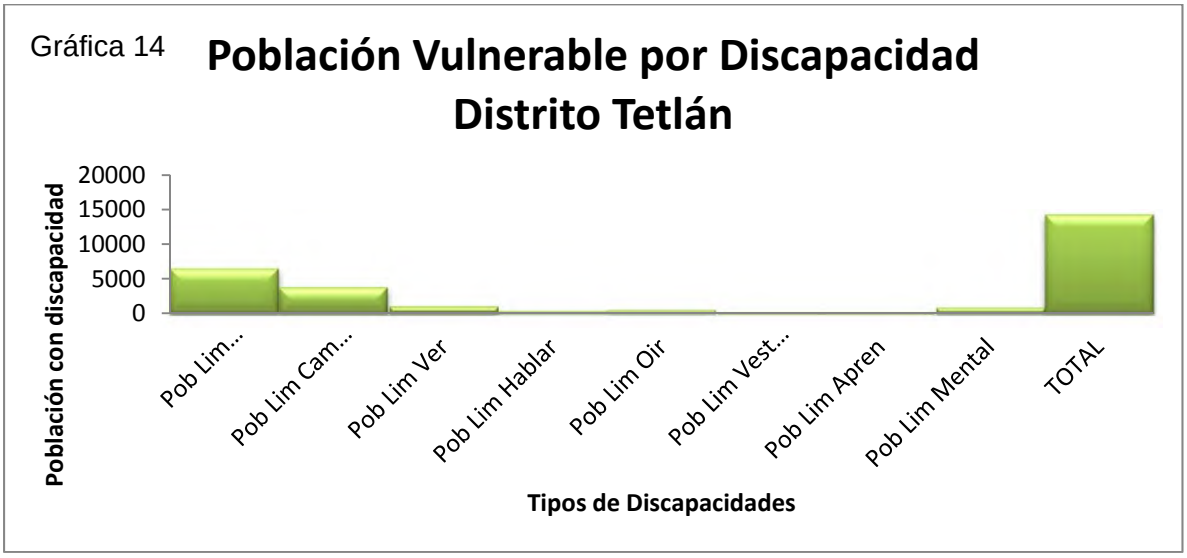
Gráfica 10

Gráfica 11

Gráfica 12

Gráfica 13

Gráfica 14



Marginación.

La marginación se define como “una condición diferenciada que imposibilita acceder y disfrutar, en igualdad de condiciones, los beneficios y logros alcanzados por el país o la entidad, lo que genera formas e intensidades de exclusión asociadas a la clase, territorio y condición étnica” (López, 1997). Macías-Huerta, et al, 2009, calcularon el índice de marginación de acuerdo al método de la CONAPO utilizado para los años 2000 y 2005, en donde se establecieron cinco rangos que se muestran en el siguiente cuadro.

	Límites de intervalo	
Rangos	Inferior	Superior
Muy bajo	-1.5678	-0.22079
bajo	-0.2208	1.12621
Medio	1.1262	2.47322
Alto	2.4732	3.82020
Muy alto	3.8202	5.16723

Cuadro 14.

Esta autora refiere que la distribución territorial de la marginación en el año 2000 presento el municipio de Guadalajara un rango de marginación Muy Bajo en la mayor parte de sus Ageb´s, pero en la periferia de los distritos Huentitán y Oblatos se presentaron valores Bajo y Medio, tres Ageb´s mostraron una marginación alta, dos en el distrito Huentitán y uno en distrito Cruz del Sur.

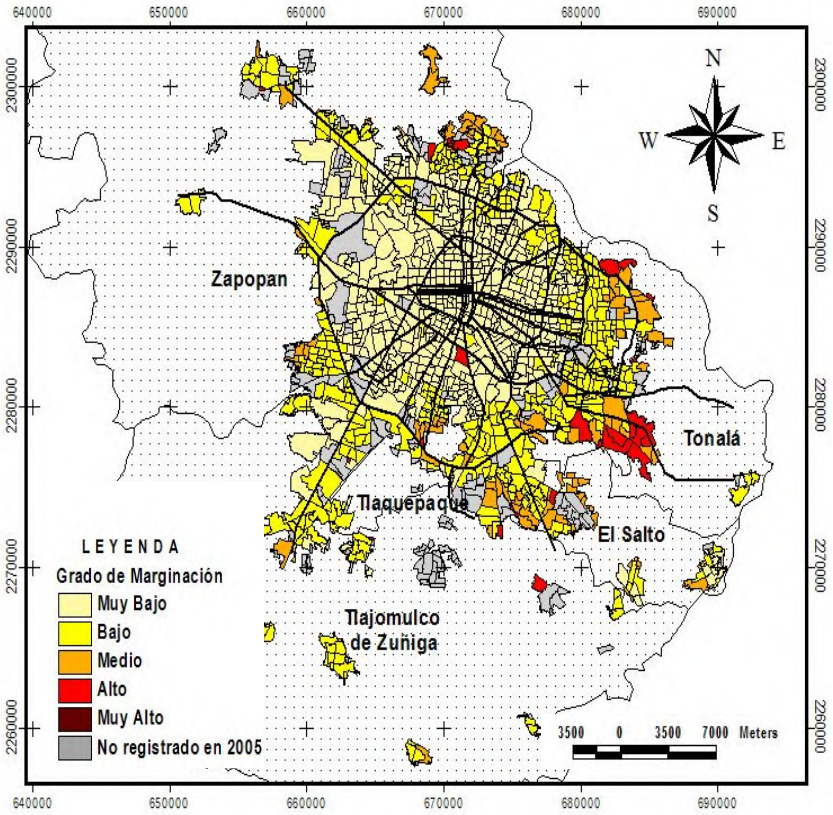


Figura 19. Grado de marginación de la Zona Metropolitana de Guadalajara en el año 2000, tomado de Macías-Huerta, et al, 2009.

Para el lustro del 2005 se observo un cambio en el índice, donde en los distritos Centro, Huentitán, Oblatos, Tetlán, Olímpica y Cruz del Sur pasaron de un rango bajo a medio en un alto porcentaje de los Ageb´s que lo integran, los tres Ageb´s con valores de rango alto en el 2000 evolucionaron a un rango medio, en tanto el distrito Minerva se mantuvo en un rango bajo.

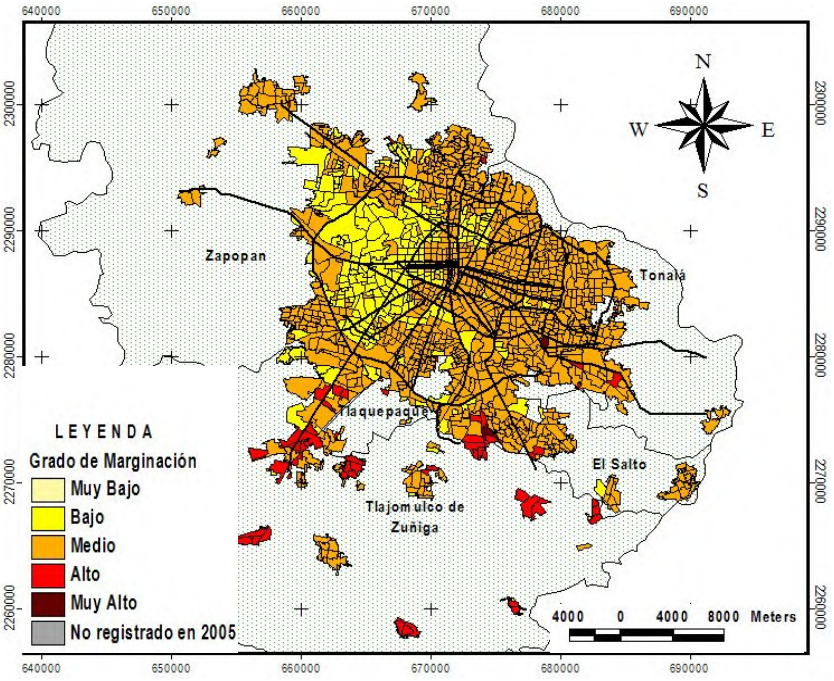


Figura 20. Grado de marginación de la Zona Metropolitana de Guadalajara en el año 2005, tomado de Macías-Huerta, et al, 2009.

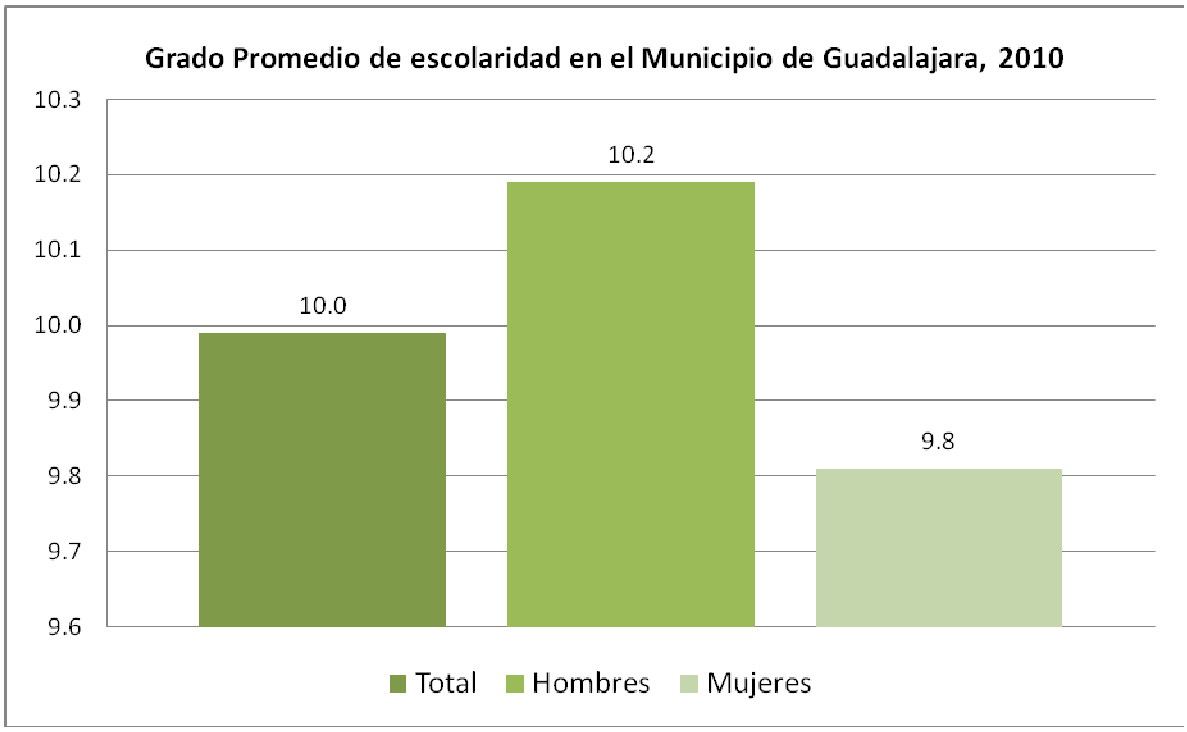
4.2. Características sociales

Características Sociales

En el municipio de Guadalajara al 2010 los habitantes de 15 años y más presentaban 10 grados de escolaridad promedio, el grado de escolaridad de los hombres fue de 10.2 grados un poco más alto que el de las mujeres (Grafica 15).

A nivel municipio la tasa de analfabetismo es de 2.1% en la población mayor de 15 años, los hombres presentan una tasa del 1.7% y las mujeres del 2.5%; mientras tanto 2,749 habitantes dentro del rango de 8 a 14 años no saben leer ni escribir , 1,604 son hombres y 1,145 mujeres.

Grafica 15.



En relación a la población mayor de 15 años podemos observar que es mayor la población femenina sin escolaridad que la población masculina; así mismo son las mujeres las que en mayor porcentaje de población (29.4%) no cuentan con educación básica completa, mientras tanto por cada cien mujeres 45.7 tienen educación posbásicas, esto significa que cuentan educación básica como es la primaria y secundaria. (Cuadro 15).

Indicador	Porcentaje de población de 15 años y más, 2010		
	Total	Hombres	Mujeres
Sin escolaridad	3.0	2.6	3.3
Con educación básica incompleta	28.0	26.3	29.4
Con educación posbásica	46.7	47.9	45.7

Cuadro 15.

Mientras tanto de cada 100 habitantes entre los rangos de edad de 3 a14 años 12 no asisten a la escuela, entre la población masculina son 13 por cada cien hombres y 12 por cada 100 mujeres. Según COEPO para el 2010 el grado de marginación del municipio era muy bajo, al igual que el grado de rezago social y 20.40% de viviendas presentaban algún nivel de hacinamiento.

De acuerdo con Hernández Medina, E. (2011) los diferentes niveles socioeconómicos de Guadalajara, se pueden clasificar en:

Nivel Alto:

Las personas que pertenecen a este nivel cercano al 0.5% de la PEA, al grupo pertenecen habitantes que por tradición han tenido un capital y un ingreso alto.

Nivel Alto nuevo:

Este grupo es de los llamados "nuevos ricos" cercano al 2.0%, este grupo de habitantes han ganado su dinero por diferentes medios: especulando, con nuevos negocios, o es gente que ha venido de otros estados de la república.

Nivel Medio Alto:

Este segmento está constituido por el 4.0% en este grupo se localizan profesionistas destacados, directivos de empresas, pequeños y medianos comerciantes e industriales.

Nivel Medio:

Este nivel socioeconómico lo integran Cercano al 17.0 % lo integran principalmente profesionistas, personal administrativo medio de grandes empresas, comerciantes y o pequeños industriales no muy destacados.

Nivel Medio Bajo:

Este segmento está compuesto, Cercano al 29% principalmente por personas trabajadoras, obreros calificados, administrativos de niveles bajos y auxiliares.

Nivel Bajo:

Los integrantes de este grupo social son obreros Cercano al 50% no calificados, desempleados y sin oficio, generalmente se ocupan haciendo pequeñas tareas y/o vendiendo cosas en la vía pública. Por lo general viven en la periferia de la ciudad en donde cuentan con servicios públicos muy limitados y poca seguridad. El terreno dónde construyen con su trabajo su vivienda es ejidal

y con problemas de regularización, sin servicios como el agua y calles pavimentadas, muchas veces los predios cuentan con varios propietarios.

4.3. Principales actividades económicas en la zona

Las principales actividades económicas de Guadalajara se representan en los tres sectores económicos: Primario, Secundario y Terciario. Las actividades primarias se basan fundamentalmente en el tránsito y comercio de ganado hacia el rastro localizado en el sur de la ciudad.

Las actividades secundarias se basan en las industrias textil y metalmecánica. Guadalajara se conceptualiza como la capital industrial en el occidente, las principales industrias son:

1. La industria alimenticia exporta la mayoría de sus productos (jugos, productos enlatados, dulces, salsas y alimentos en general), de estas exportaciones un 60% es nacional y el 40% restante se envía a Estados Unidos
2. La industria farmacéutica instalada en el municipio tiene un factor importante en la producción nacional solo superada por el Distrito Federal y se destaca por ser de los mayores distribuidores de medicinas en el país.
3. A nivel de industria electrónica, Guadalajara es denominada como "El Valle del Silicio" mexicano, debido al gran auge y desarrollo de la industria electrónica, así como es el principal fabricante de software en el país,
4. La industria metalmecánica es de las principales del país, y esta se localiza principalmente en la zona industrial.

Las actividades terciarias se basan en el turismo, que representa uno de los sectores con más importancia, dado los valores estéticos de la ciudad, su arquitectura, el patrimonio histórico y cultural la hacen atractiva para el turismo tanto nacional como extranjero. La ciudad cuenta con una gran infraestructura de centros comerciales, museos, parques recreativos, pasajes arquitectónicos, instalaciones deportivas de reciente construcción, restaurantes, bares, zonas comerciales y de interés, clubes nocturnos, hoteles etc., que son suficientes para practicar el turismo cultural.

4.4. Características de la población económicamente activa

La Población Económica está constituida por todos aquellos habitantes con 12 años y más de edad; a su vez esta se divide en Población Económicamente Activa (PEA) formada por todos aquellos individuos mayores de 12 años que declararon haber desarrollado alguna actividad económica en la semana previa al momento censal. Para el caso la PEA total en el municipio se comporta de la siguiente manera:

Cuadro 16.

PEA TOTAL	PEA OCUPADA (%)	PEA DESOCUPADA (%)
686,291	96.24	3.76

FUENTE: Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE, 2010), INEGI.

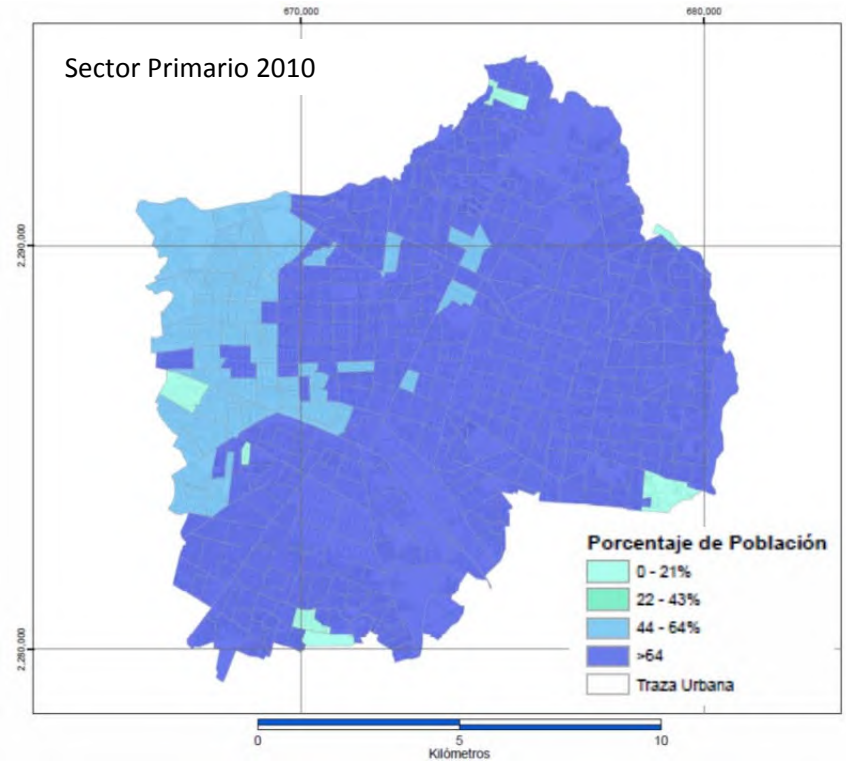
En cuanto a la distribución de la PEA en los diferentes sectores de la economía, se presentan las cifras en el siguiente cuadro.

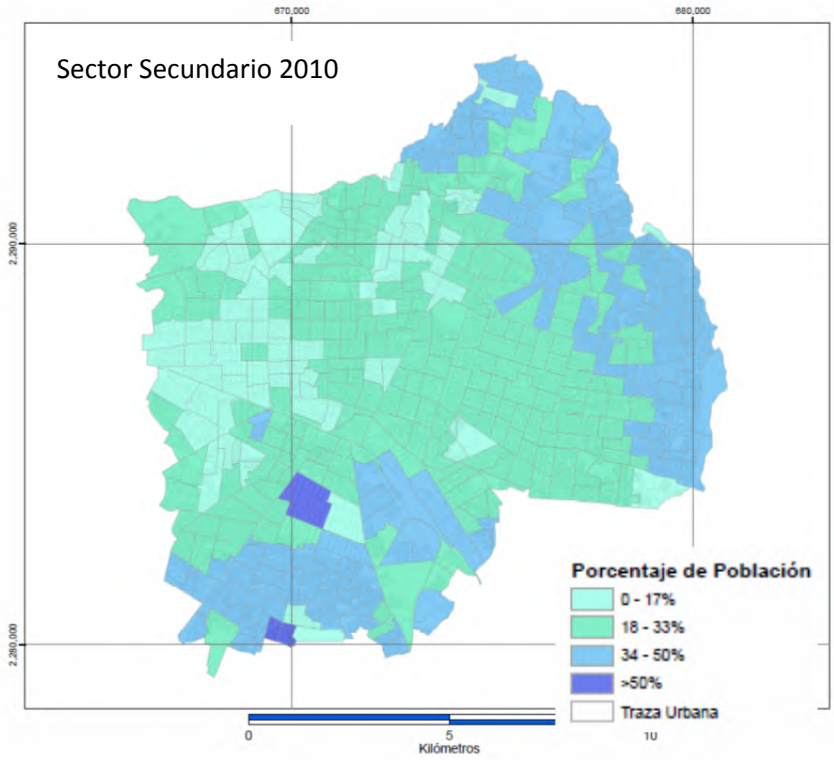
Cuadro 17:

PEA TOTAL	PEA SECTOR I (%)	PEA SECTOR II (%)	PEA SECTOR III (%)
686,291	4.40	30.09	65.61

FUENTE: Sistema de Consulta para la Información Censal (SCINCE, 2010), INEGI.

Dado que el INEGI no ha reportado hasta el momento los datos de la PEA por sectores, se utilizaron los datos reportado por el Consejo Estatal de la Población. El sector de actividad más importante, en cuanto a la PEA a nivel del municipio es el sector terciario con el 65.61%, en donde se engloban las actividades de servicios, comercios y turismo; el segundo lugar lo ocupa el secundario con el 30.09%, que son las actividades de transformación, industria electrónica y farmacéutica, en tercer sitio lo ocupa el sector Primario con el 4.40% y en este caen actividades de agrícolas y ganaderas, sobre todo del segundo en donde se engloban las actividades de traslado de ganado.


Sector Primario 2010
670,000
680,000
2,290,000
2,280,000
Porcentaje de Población
0 - 21%
22 - 43%
44 - 64%
>64
Traza Urbana
0
5
10
Kilómetros


Sector Secundario 2010
670,000
680,000
2,290,000
2,280,000
Porcentaje de Población
0 - 17%
18 - 33%
34 - 50%
>50%
Traza Urbana
0
5
10
Kilómetros

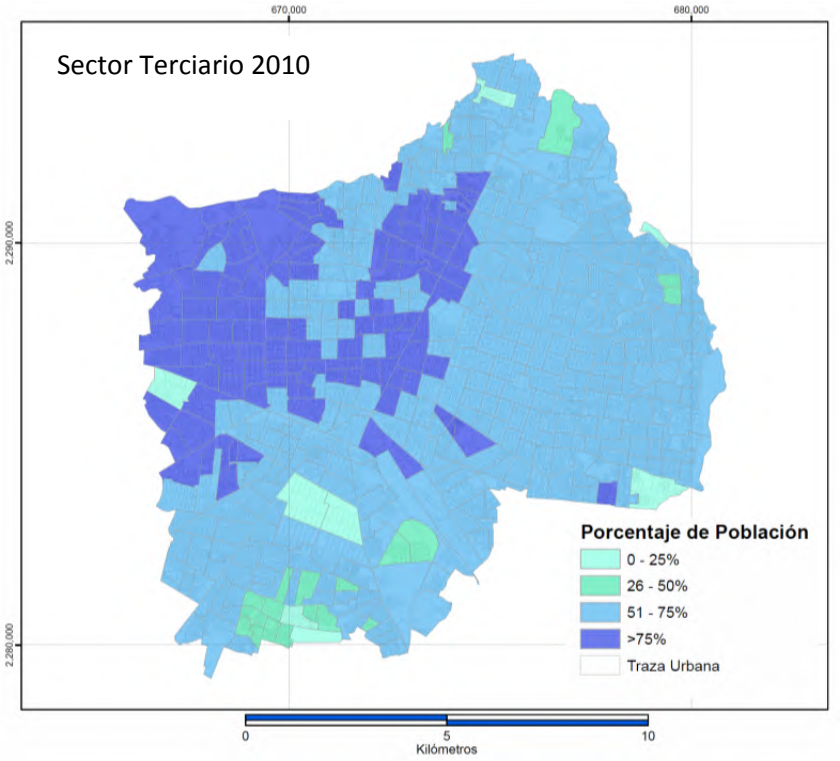


Figura 21. Distribución de la PEA en sectores económicos a nivel AGEB.

Cuadro 18:

PEA TOTAL	Hasta 1 S.M.	1-2 S.M.	2-5 S.M.	6-10 S.M.	Más de 10 S.M.
686291	14.66	24.60	45.29	11.07	4.38

FUENTE: Consejo Estatal de la Población, 2011.

En cuanto a la percepción económica de los trabajadores se observa que el grueso de la población económicamente activa que es el 45.29% entre 2 y 5 salarios mínimos, pero en contra parte el 36.26% gana menos de 2 salarios mínimos. Esto se traduce que un tercio de la población aproximadamente presenta condiciones de vulnerabilidad económica y la hace susceptible de sufrir los embates posteriores a un desastre que los afecte.

4.5. Estructura Urbana

El crecimiento urbano del municipio de Guadalajara en general no ha seguido una planeación adecuada, generando distintos segmentos urbanos, donde se encuentran cotos privados, áreas marginales en la periferia de los distritos urbanos de Huentitán y Oblatos, donde existe mínima infraestructura y deficiente equipamiento, al contrario de zonas residenciales. Las características físicas del “valle” de Atemajac condiciono el trazado de avenidas y calles, y por ende el crecimiento de barrios y colonias que hasta finales de la década de 2000 fue horizontal con vivienda unifamiliar.

Torre Escoto (2006) refiere que la expansión urbana (ver figura 17) del municipio se divide en cuatro momentos característicos.

1. Primer periodo: La fundación de la ciudad y su expansión hasta 1889.
2. Segundo periodo: Crecimiento contiguo a la mancha urbana 1890-1940.
3. Tercer periodo: La expansión socialmente fragmentada de 1940-1970.
4. Cuarto periodo: Desagregación del tejido a través de ejes de infraestructura de 1970 al 2010.

En donde se identifico diferentes categorías morfológicas básicas (Fig 17):

a) **Cuadricula ortogonal** que se ubica en el centro histórico y centro metropolitano, donde las calles cortan en Angulo recto y su diseño fue concebido de manera unitaria.
b) **Malla Ortogonal.** En este periodo se consolida un modelo local de gestión de la ciudad a partir de la instalación de la Zona Industrial en el sur del municipio, el cual es un detonante bastante eficiente para la urbanización y dotación de infraestructura, equipamiento y servicios para la ciudad en expansión. Aparece el concepto *Fraccionamiento* que es una forma de llevar a cabo el desarrollo urbano según lo dispone el reglamento y la Ley de Fraccionamientos Urbanos de 1953. El impacto urbano que ha tenido este nuevo concepto ha sido la segregación de la ciudad por fragmentos tanto físicos como sociales, esto se refleja en la denominación de los diferentes proyectos de urbanización: fraccionamientos residenciales de lujo, fraccionamientos populares y fraccionamientos medios.
c) **Malla rectangular tipo ciudad jardín**. Esta zona se ubica en el Distrito Minerva, donde se ubican fraccionamientos de lujo, populares y medios, en esta el crecimiento de la ciudad fue hacia todas direcciones, en forma dispersa lo que obligo a extender las vialidades hacia los nuevos fraccionamientos, esto se sucedió entre 1940 y 1970.
d) **Urbanización marginal.** La forma de urbanizar los terrenos periféricos por las inmobiliarias significó crear la mínima estructura de soporte para la división parcelaria. El diseño específico se hacía en función del tipo de fraccionamiento ya fuera popular, de clase media o de lujo. Las principales diferencias consistían en la ubicación, en la calidad de la urbanización, en la densidad de ocupación del suelo según las dimensiones de las parcelas, y la calidad de la edificación. Los Fraccionamientos Populares fueron la opción del mercado inmobiliario para atender la demanda de la población con menos recursos. Su mayor auge está comprendido en el periodo de 1940-1970 y coincide con el incremento de las actividades industriales. El 72% del total de la producción de este periodo estuvo destinada a este tipo de fraccionamientos y en 1970 representan más del 60% del área urbana. En las colonias populares, el proceso de urbanización se caracteriza por la precariedad y la mínima inversión en la urbanización que puede tardar varios años en consolidarse. Casi toda la vivienda se autoconstruye según las posibilidades económicas del propietario. Debido a sus bajos recursos la edificación puede llegar a tardar muchos años. La imagen urbana de estos sectores es precaria y casi siempre da la impresión de un producto sin terminar. Existen muy pocas áreas verdes que reciben poco mantenimiento. Predomina el espacio construido sobre el espacio libre, hay un elevado coeficiente de edificación
e) **Conjuntos habitacionales y Urbanizaciones cerradas tipo ciudad jardín**. Es esta etapa de 1970-2000 la ciudad se caracteriza por una desagregación del tejido urbano a través de ejes de infraestructura. En este periodo se desarrollan asentamientos irregulares, vivienda del INFONAVIT del FOVISSSTE y fraccionamientos cerrados. El ritmo de crecimiento continuo y acelerado que experimentó la ciudad durante el siglo XX alcanzó otros municipios vecinos en la década de los 70. Esta dinámica desequilibro su funcionamiento, lo que significó déficit de infraestructuras y servicios públicos, marginalidad urbana e inseguridad pública. La falta de alternativas habitacionales para la gran mayoría se reflejo en la composición de la periferia

que se caracterizo en más de un 50% por barrios de autoconstrucción. En este periodo se desarrollaron grandes conjuntos habitacionales como Infonavit Independencia, Fovissste Estadio, El Sauz, etc. Las características morfológicas en esta etapa corresponden a piezas de grandes dimensiones y geometría irregular que se diferencian de la trama de tejidos. Las dimensiones de estas macromanzanas son variables entre las mas grandes llegan a medir casi ocho hectáreas, y las mas pequeñas corresponderían a manzanas de los tejidos rectangulares. La característica distintiva es el tipo de urbanización homogénea con viviendas de dimensiones reducidas ya sea en baja altura o en edificios de cuatro alturas.

f) **Urbanizaciones de fraccionamientos cerrados de lujo**. Estos desarrollos aparecieron de forma masiva a partir de 1995, ubicados en el sector poniente del municipio en el Distrito Minerva, los ejes preferenciales de desarrollo fue las vías rápidas de la ciudad como Avenida Patria, Américas Pablo Neruda. Se caracterizan por ser recintos cerrados con un único acceso que se desprende de las vías rápidas. Los problemas estructurales y urbanos que conlleva esta forma de ocupación del territorio presentan un fuerte impacto para el total del área metropolitana, tanto en lo referente al funcionamiento de las infraestructuras, la relación con la ciudad consolidada, la disminución de áreas naturales y zonas agrícolas.

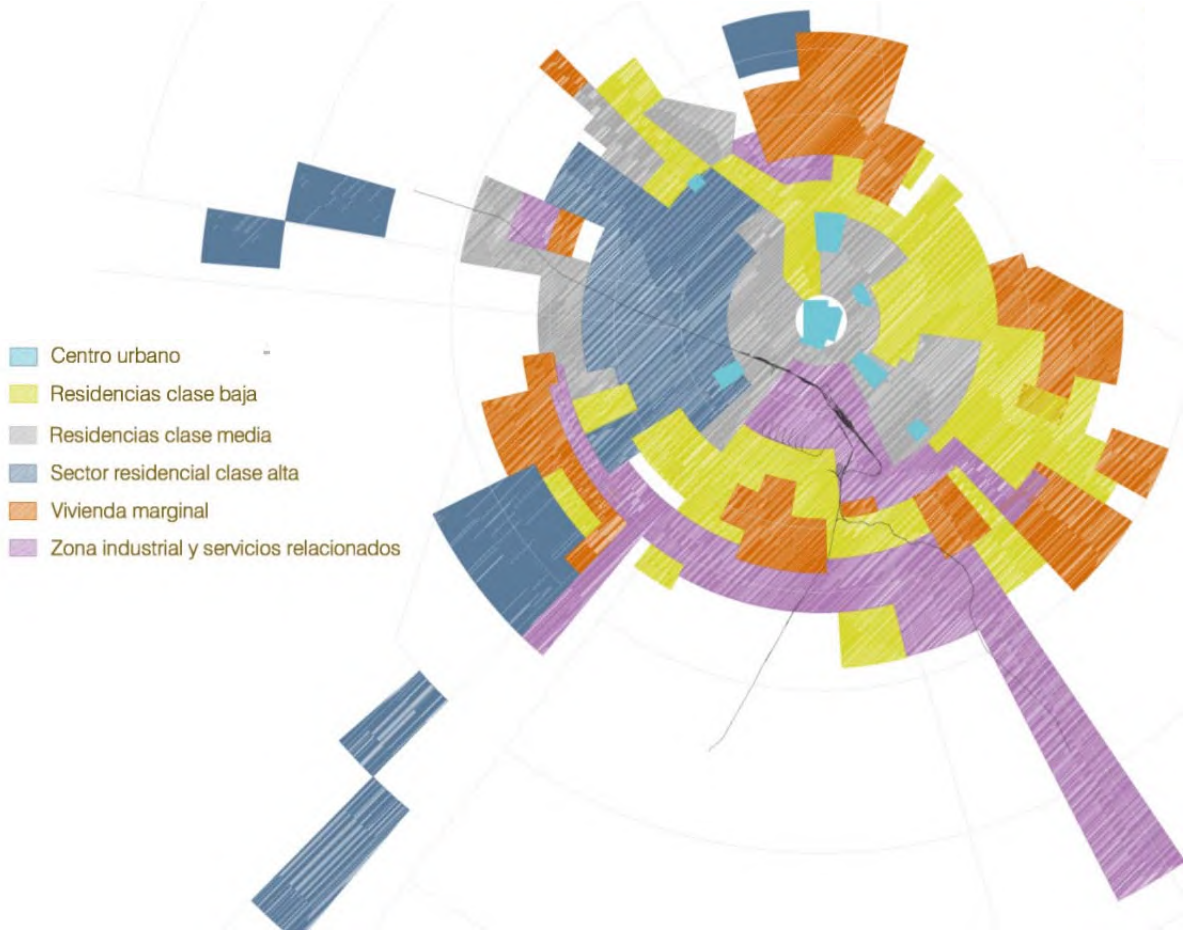
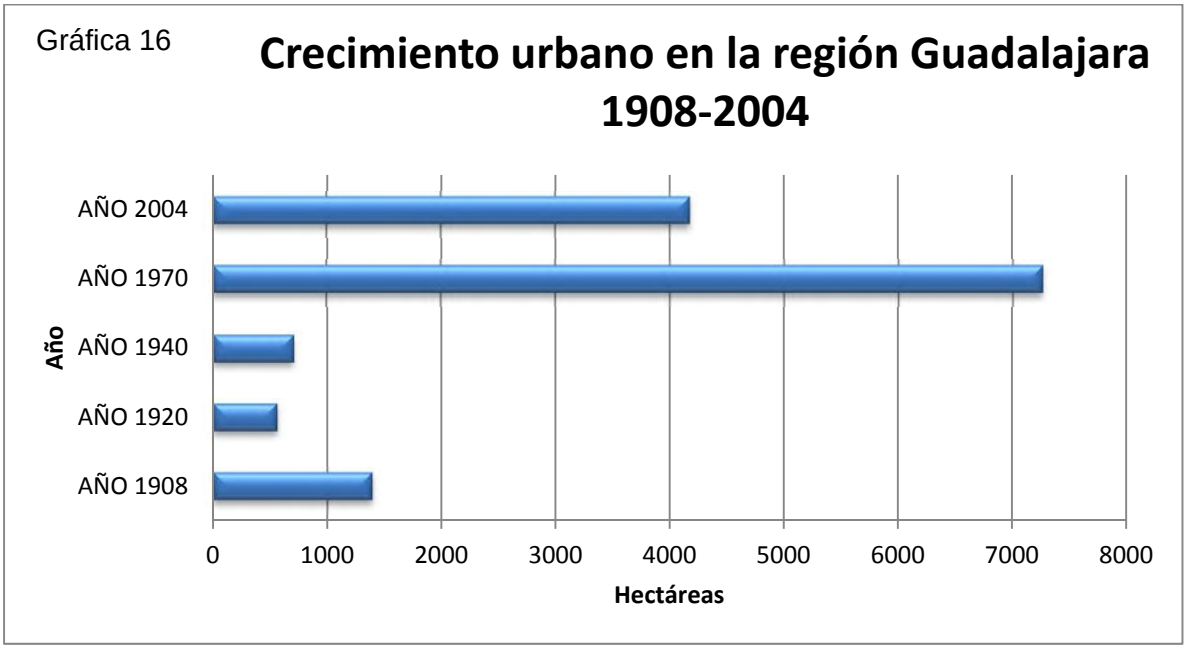


Figura 22. Estructura morfológica de la ciudad de Guadalajara, tomado de Torre Escoto, M. 2009.

Crecimiento Urbano.

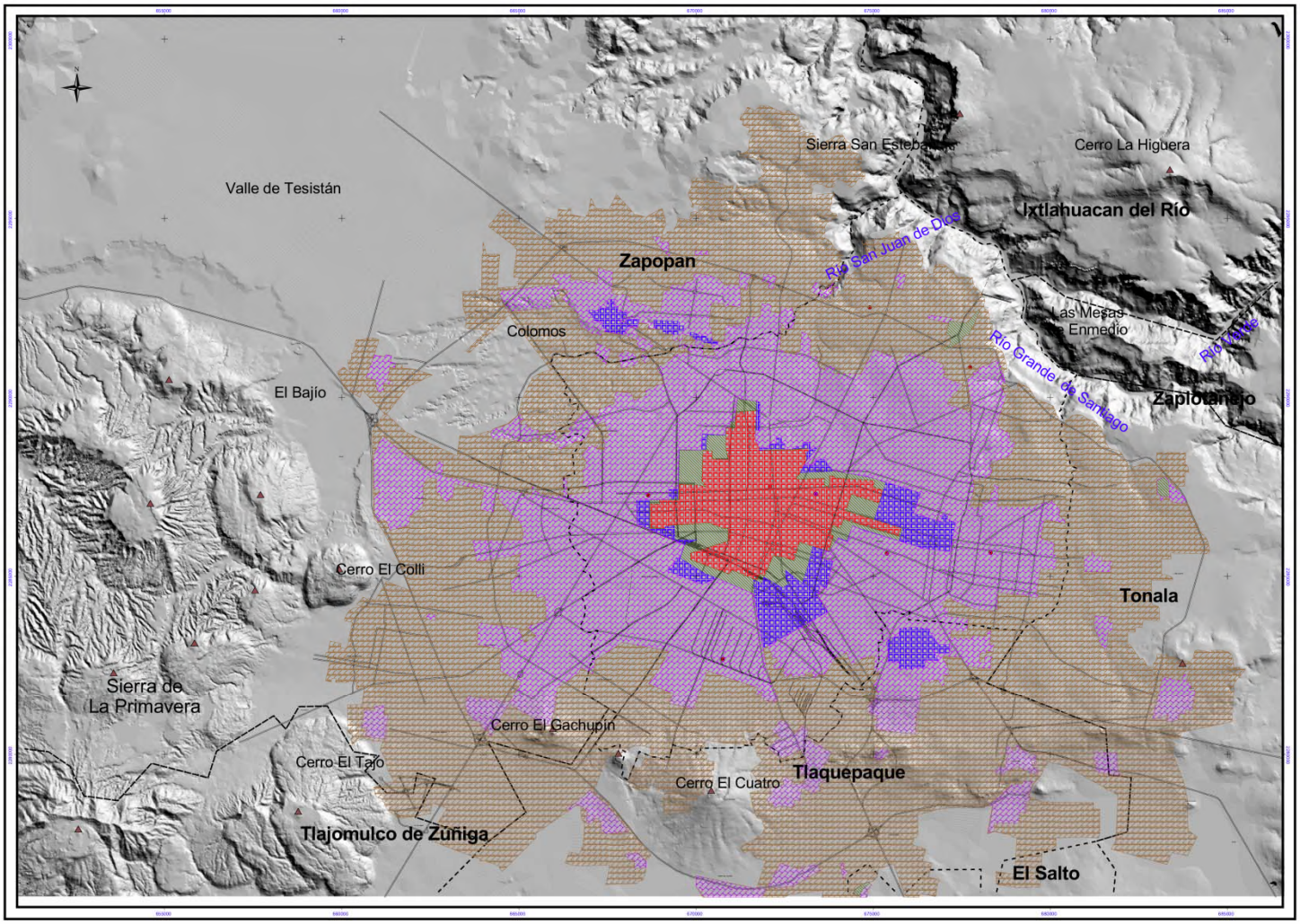
Desde la fundación de la ciudad en 1542 hasta 1908 la región de Guadalajara alcanzo a una superficie de 1381.58 has, centrándose el crecimiento en la zona centro, existiendo amplias zonas rústicas y agrícolas. Para el año de 1920 la ciudad creció 550.486 has, para 1940 se ocupo un espacio de 697.877 has. En esta década comienza el desarrollo industrial con la creación de la Zona Industrial en el Distrito Cruz del Sur, lo que genero un fuerte impulso demográfico y económico que se reflejo en un importante crecimiento urbano incorporando 7,257.698 has, para el año 2004 la ciudad crece en 4,170.649 has, alcanzando su limite físico de crecimiento horizontal, quedando solo 968.84 has de áreas no urbanizables como el interior de la barranca del río Grande de Santiago y la zona del bosque de Los Colomos. Estos comentarios se observan en el gráfico 16 y el mapa de la página 81.

Gráfica 16



Fotografía de 1958 en el límite norte de la ciudad que la calzada Independencia y la calle Monte Casino, cuando se iniciaba la construcción del estadio Jalisco.

MAPA DE CRECIMIENTO URBANO EN LA REGIÓN DE GUADALAJARA



Fecha de Elaboración:
30 de Diciembre de 2011

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

0 2.5 5 10
km

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

SIMBOLOGÍA

Crecimiento Urbano

- Hasta 1908
- 1909 a 1920
- 1921 a 1940
- 1941 a 1970
- 1971 a 2004

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

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

Cuadro de identificación de peligros (CIPP).

Este cuadro se formó con en análisis de procesos que han derivado en peligros de origen natural que afectan al municipio, dividiéndose en:

1. Recurrentes con ciclicidad anual siendo las tormentas severas, vientos fuertes, tormentas eléctricas, inundaciones, en el caso de los peligros geológicos se identifican como principales, los hundimientos, y en menor proporción derrumbes y flujos y estos se encuentran constreñidos a los bordes del interior de la BRGS, la ladera norte del cerro del Cuatro y del cerro de Santa María ubicados en la zona sur del municipio.
2. Fenómenos con un periodo de retorno prolongado, como son los sismos que para esta región tiene dos fuentes sismogenéticas, la zona de subducción de la Placa de Rivera bajo la Placa Americana en las costas del estado y los sismos originados por fallas de tipo continental.

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

5.1.1. Fallas y Fracturas.

Guadalajara fue urbanizada sobre una litología superficial de depósitos de pómez provenientes de la actividad Cuaternaria de la Sierra de la Primavera, piroclástos que sepultaron una potente secuencia de rocas volcánicas formadas por derrames de basalto, ignimbritas, depósitos lacustres, derrames de dacítas y riolitas. Estratigrafía que se observa en diferentes secciones de la Barranca del Río Grande de Santiago (BRGS) ubicada en el límite norte de la ciudad.

Como ya se menciono, Guadalajara fue objeto a partir de 1950 del relleno gran número de barrancas con fines de urbanización, sobre todo las ubicadas en el sector norte y poniente, el origen del sistema de barrancas es fundamentalmente por erosión hídrica, donde el agua trabajo muy probablemente en un sistema de fallas o zonas de fracturas, que actualmente solo es posible identificarlas en la BRGS.

La metodología empleada para identificar fallas, fracturas y lineamientos, se baso en dos métodos, el primero fue trabajo de campo en el interior de la BRGS, que es el único sitio natural que existe en el municipio y en donde aún es posible identificar estructuras geológicas y obtener su actitud. En la zona urbanizada, dado que es imposible identificar algún rasgo estructural se utilizaron fotografías aéreas de 1941 y 1976, donde la ciudad aún presentaba una superficie reducida y fue posible identificar lineamientos que posiblemente están relacionados con fracturas.

Estructuralmente el en municipio se identificaron cuatro áreas que se observan en la figura xx:

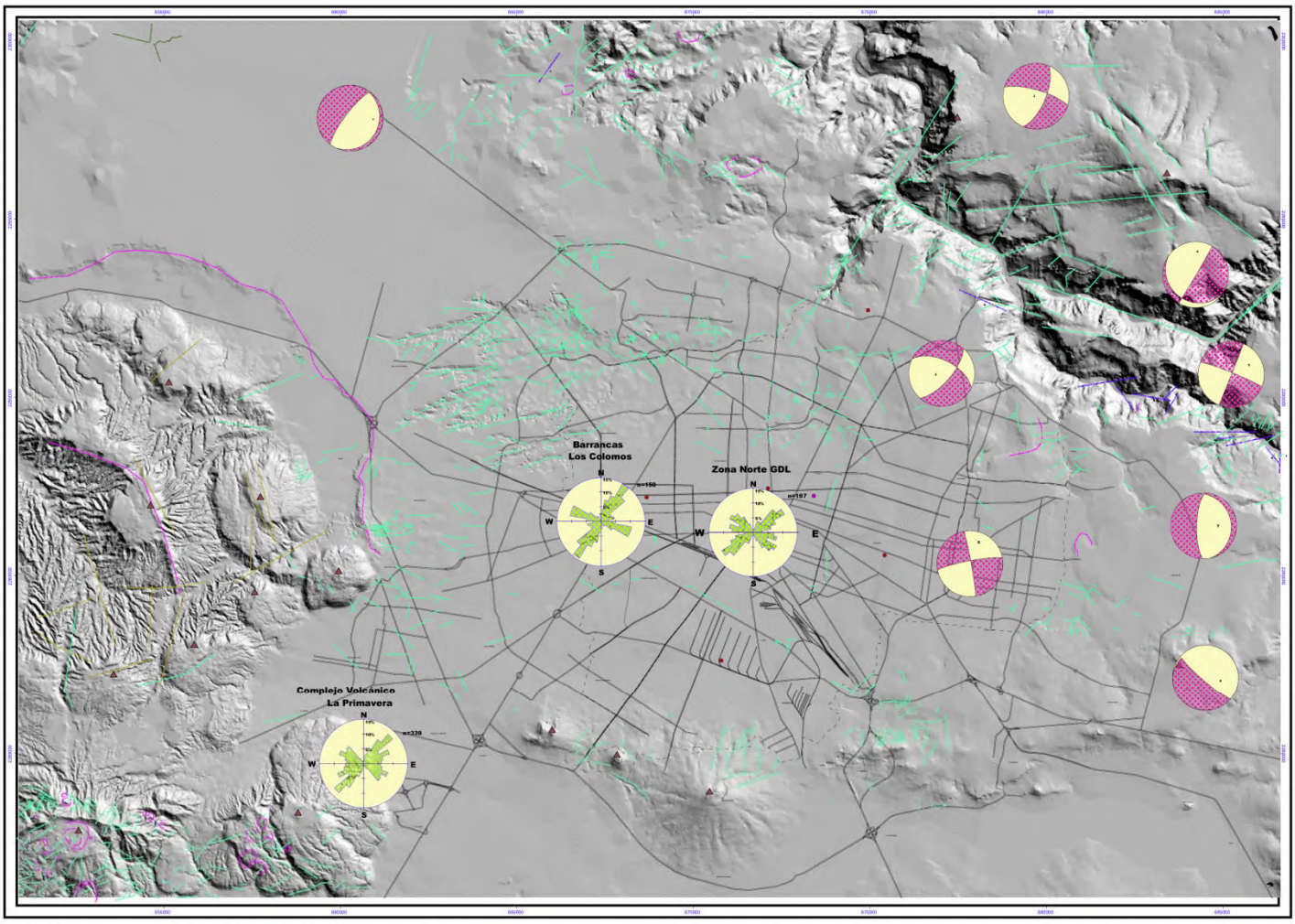
a) La Barranca del Río Grande de Santiago, es una depresión tectónico-erosiva con profundidad promedio de 500 m y ancho de 2.3 a 3.5 km. Estructuralmente en la zona de San Gaspar se identificaron fallas normales con componente izquierda en lavas contemporáneas con una dirección 191°/89°. En la presa Colimilla a 1297 msnm se observo una fallamiento lateral con desplazamiento normal (267°/81°) y saltos de 30 y 20 m, aparentemente los derrames de lava en el sitio presentan deformación, la cizalla principal es paralela al río Verde. En la zona del puente Arcediano (aparentemente es la base de la secuencia) el fallamiento tiene una orientación 188°75° en andesitas, las ignimbritas de pómez presentan un cizallamiento con dirección 92°/84° que es paralelo al río Verde.

b) Barrancas de Los Colomos al oeste del municipio, es una geoforma en donde se identificaron una serie de lineamientos en fotografías aéreas de 1941 y 1970, con una orientación preferencia NE-SE y en menor proporción WSW-ESE.

c) La Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara, donde se observaron e identificaron fracturas y lineamientos en las rocas de composición basáltica.

d) Sistema de barrancas de Alcalde-Barranquitas, que presentan una serie de lineamientos con dirección NE-SW, al que se alineaban los barrancos que eran profundos y angostos.

MAPA DE RASGOS ESTRUCTURALES DE LA REGIÓN DE GUADALAJARA



Fecha de Elaboración:
30 de Diciembre de 2011

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

0 2.5 5 10
km

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

Rasgos Estructurales, Lineamientos, Curvilineamientos; son identificados Utilizando;
Fotografía Aérea de 1941 escala 1:20,000
Fotografía Aérea de 1976 escala 1:40,000
Fallas y Grietas en campo.

SIMBOLOGÍA

RASGOS ESTRUCTURALES

Esrucuras en Campo
- Fallas
- Curvilineamientos
- Fracturas Geológicas
- Grietas Geológicas
- Lineamientos
- Conos Volcánicos

Figuras Estereográficas
- Fallas
- Curvilineamientos

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

Figura 23. Fotografías superiores muestra el sistema de cárcavas excavadas en pómez de la Toba Tala en la zona de Colomos, Distrito Minerva, en donde es posible observar planos bien definidos que posiblemente estén asociados a un control estructural. Las fotografías inferiores muestran fallas normales con componente lateral en el interior de la BRGS, que afectan ignimbritas de pómez y lavas.

5.1.2. Sismos.

Peligro sísmico:

El análisis del historial sísmico del municipio de Guadalajara indica que éste ha sido afectado por varios sismos de intensidad moderada, así como dos de gran intensidad en el siglo XX, ocurridos en el año de 1932, el cual ha sido el más fuerte registrado en Jalisco, con Ms=8.2 y con epicentro en el sector norte del municipio de Zapopán, el sismo del 9 de octubre de 1995 de Ms=7.2 con epicentro en el Puerto de Manzanillo y una intensa microsismicidad en la zona, esto es sismos menores a Ms=3.5, los cuales han sido registrados por la Red RESJAL a cargo del CICESE de Ensenada, el SISVOC y el Departamento de Geografía de la Universidad de Guadalajara, en el periodo de 1995 al 2000 y posteriormente por la red sísmica del Gobierno del Estado de Jalisco, operada por la UEPCJ y la Universidad de Guadalajara hasta el 2009 y cuyos epicentros se reportan en el mapa 15.

La tectónica regional activa genera un peligro sísmico recurrente en la zona de estudio, teniéndose dos zonas sismogenéticas que pueda ocasionar sismos:

a) Zona de subducción en la costa de Jalisco-Colima donde interaccionan la placa oceánica de Rivera con el Bloque Jalisco.
b) Fallas continentales activas debido a los esfuerzos tectónicos que genera la subducción sobre el Bloque Jalisco. En el entorno de Guadalajara se han identificado zonas activas de fallas normales con componente lateral, estas en la zona de la barranca del río Grande de Santiago al norte, en la zona de la Sierra de la Primavera al poniente y surponiente y en la zona de la montaña de Cerro Viejo-Sierra del Travesaño al Sureste.

Los sismos que han generado estas áreas sismogéneticas han ocasionado daños graves al municipio ocurrieron en 1568, 1577, 1806 y 1875; en sismo del año 1932 con epicentro en Manzanillo ha sido el de mayor magnitud registrado en el país en el siglo pasado (Ms=8.2). El área de fractura asociada a este sismo se extendió de este punto hasta Punta Mita, Nayarit; El sismo del 19 de septiembre de 1985 con Ms 7.8, el 9 de octubre de 1995, se sucede un sismo con un Ms de 7.6 y con epicentro en la misma zona que el anterior, este afecto toda la zona costera de Colima, Jalisco y Nayarit; el sismo de enero del 2003 con un Ms de 7.2, localizado en las inmediaciones del Graben del Gordo enfrente de la localidad de Armería, Colima, este evento no causó daños en la zona de estudio, no así en otros poblados cercanos, pero fue sentido por la mayor parte de la población del estado. En el cuadro 18 reportada por Núñez Cornú y Suárez Plascencia, 2006, se presenta una serie de tiempo de 441 años con los sismos registrados en la región de Jalisco-Colima y que han afectado al Guadalajara.

Sismos Históricos que han afectado al municipio de Guadalajara			
Num	Fecha	Descripción	Tipo
1	27/12/1568	(M=7.5? I=IV) Derrumbe de casas e iglesias en la rivera del Lago de Chapala a Guadalajara, hubo intensa actividad sísmica en la zona comprendida entre Zapotlán y Ameca	Subducción
2	27/12/1577	(I=V) Muchos daños y muerte en Zapotlán el Grande. En Guadalajara se desplomo la torre más alta del templo de San Francisco.	Subducción
3	25/03/1806	(M7.5, I=VI) Sismo al que le siguieron intensas replicas durante dos meses. Daños en Guadalajara (gritas en catedral, palacio de gobierno y otras construcciones), hay informe erróneos de la caída de las torres de Catedral de Guadalajara)	Subducción
4	31/05/1818	(M=7.7, I=VI) A pesar de su magnitud de 7.7 y su epicentro se localizó a uno 175 km hacia el SW de Guadalajara, causa muchos daños y derrumbo las torres de Catedral y agrieto sus dos bóvedas.	Subducción
5	22/11/1837	(M=7.7, I=VI) "Temblor de "Santa Cecilia" Agrieto la fachada de catedral y otras edificaciones.	Subducción
6	11/02/1875	(M=7.5, I=VIII) Muy fuerte en San Cristóbal de la Barranca, en donde derribo la mayoría de las casas y causo alrededor de 50 muertos. En Guadalajara no causo muertes, pero si fracturas en muchas casas y en los siguientes templos: Catedral, el Sagrario, La Merced, Santa Mónica, San Diego, Capilla de Jesús, Aránzazu, Mexicaltzingo, San Juan de Dios y San José de Analco, También hubo daños en el Palacio Municipal, El Liceo de Niñas El Instituto de Ciencias (actual preparatoria 1 de la U de G), es el sismo que ha afectado a Guadalajara con mayor intensidad (VIII) y el epicentro se ubicó a 55 km al NW, siguieron replicas hasta septiembre del mismo año.	Falla Continental
7	09/03/1875	(M=7.4, I=VI) Sismo ocurrido en la costa de Jalisco. En Guadalajara los daños fueron graves debido a los daños ocurridos en el sismo del 11/02/1875 y sus réplicas, los templos más dañados fueron La Merced, San Diego, Aránzazu, Mexicaltzingo, Analco y Loreto.	Subducción
8	28/04 a 05/11/1877	Secuencia de enjambres que afectan a Guadalajara	Falla Continental
9	22/03/1878	M=6.5 (I=VI) Enjambre que causo daños en San Cristóbal y se sintió fuerte en Guadalajara, hubo replicas hasta el 25 de abril. Repitiéndose un nuevo enjambre del 9 al 30 de diciembre.	Falla Continental
10	19/01/1900	(M=7.6, I=VII) Destructor el Colima, Hubo además daños en muchas poblaciones de Jalisco. En Guadalajara sufrieron daños la cúpula del Sagrario, los templos de Santa María de Gracia, San Felipe, Santa Mónica, San diego, Capilla de Jesús, San Sebastián de Analco y Mezquitán.	Subducción
11	8/05/1912	Enjambre sísmico que afecto a las localidades de Guadalajara y Zapopan, esta secuencia de eventos perduró por seis meses, dañando edificaciones en Guadalajara y haciendo que parte de su población huyera de la ciudad. Se generaron 3 grupos de temblores desde mayo hasta agosto.	Falla continental
12	03/06/1932	(Ms=8.2, I=VII) El sismo de mayor magnitud en México en el siglo XX. Su epicentro se ubicó en la costa de Jalisco, causo fuertes daños en Guadalajara. Hubo replicas fuertes (Magnitudes de 4 a 8) hasta el mes de diciembre del mismo año.	Subducción
13	09/10/1995	(Ms=7.6, I=VI) Fuerte terremoto frente las costas de Cihuatlán, se sintió en Guadalajara (I=V) y provoco daños menores.	Subducción
14	22/01/2003	(Mw=7.4) Terremoto frente la costa de Armería, leves daños en Guadalajara.	Subducción
15	06/10/2004	(Ms=4.3) Sismo con epicentro de la localidad de Nuevo México, Zapopan, con dos réplicas de 3.5 y 3.6.	Falla Continental
16	09/12/2009	(Ms= 3.9) Sismo al SW de Cihuatlán, cauda daños en edificios en la zona de Chapultepec en Guadalajara.	Subducción

Cuadro 18: Reporte de la sismicidad ocurrida en el Estado de Jalisco y que ha afectado al municipio de Guadalajara, en el periodo 1568-2009

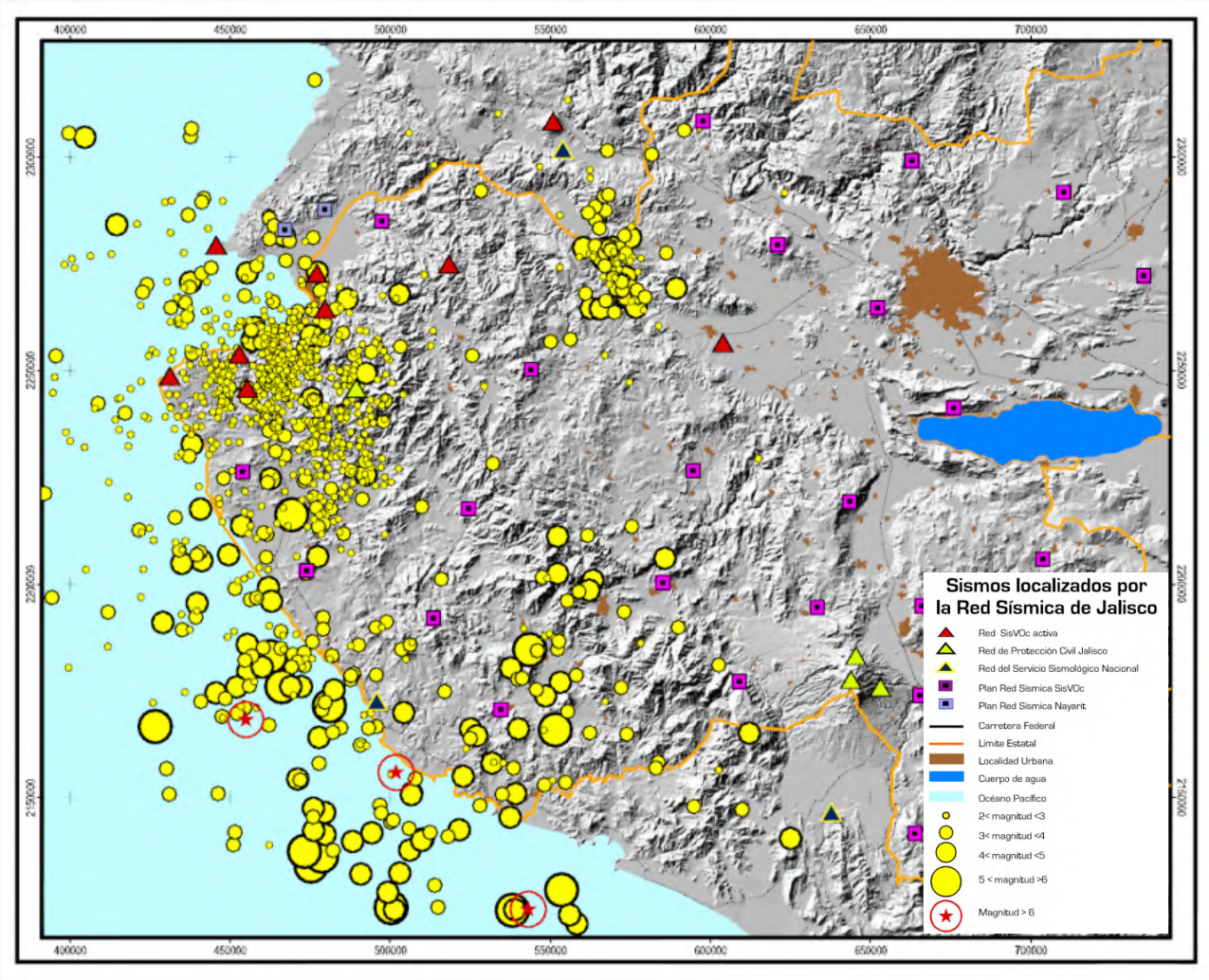
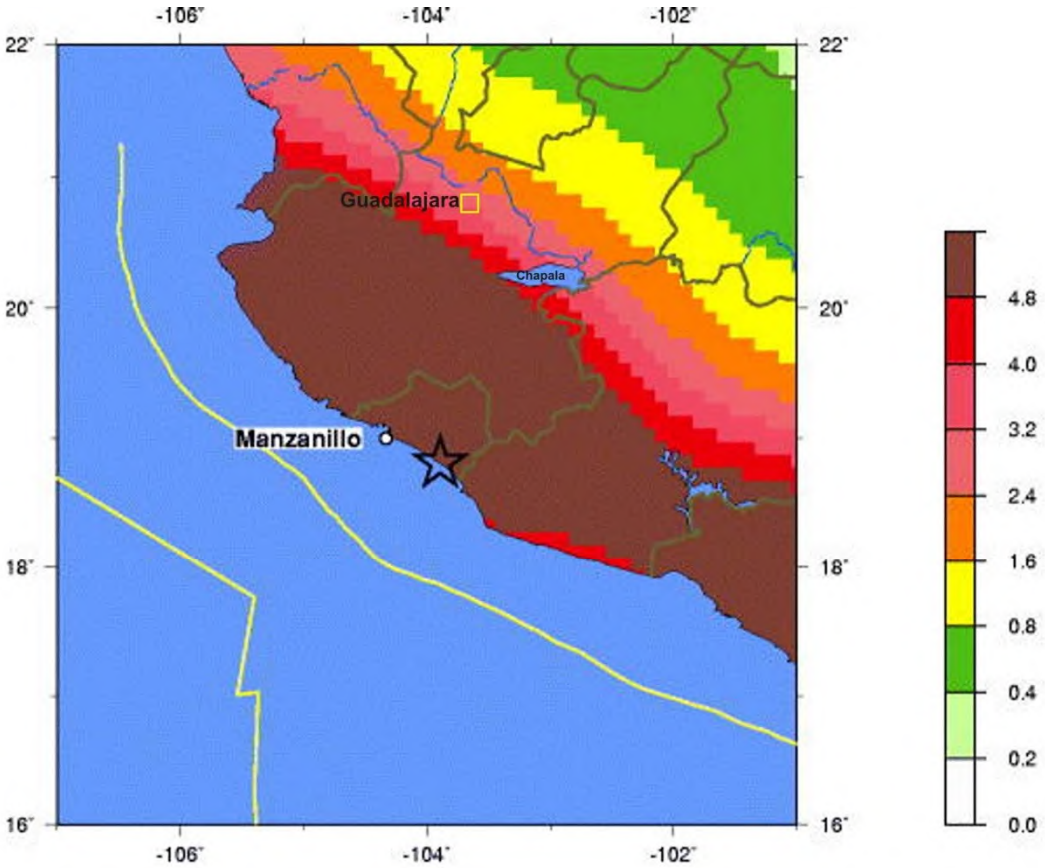


Figura 24. Sismos registrados por la red SisVoc del año 2002-2004. Tomado del Plan de Red Sísmica del SisVoc, Universidad de Guadalajara, 2008.

Del sismo del 22 de enero del 2003 de Ms=7.6 con epicentro en Armería, Colima, el USGS cálculo el mapa de peligro sísmico para la zona occidente del México, que se presenta en la siguiente figura.



Mapa de peligro sísmico en la región occidente del país con base en el sismo del 22 de enero del 2003 con un Ms=7.6 en la costa de Colima(estrella).

La aceleración pico del suelo (m/s^2) con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años en el municipio de Guadalajara es entre 3.2 a 2.4 m/s^2.

Fuente: USGS National Earthquake Information Center

Figura 25.

Según las leyes de atenuación, la intensidad del movimiento sísmico disminuye con la distancia del epicentro. Sin embargo, se conoce desde hace tiempo que la intensidad y, consecuentemente, la cuantía de los daños producidos por lo terremotos, no solo es función de la magnitud del sismo y de la distancia epicentral, la sacudida y los efectos del terremoto varia significativamente de un sitio a otro y dependen de las condiciones geológicas del subsuelo, la topografía del terreno y el mecanismo del terremoto y su direccionalidad.

El municipio de Guadalajara esta inmerso en una zona con gran actividad sísmica que ha sido afectada por lo menos 16 sismos desde 1568, con magnitudes máximas han sido entre M=7.5 en 1875 con epicentro en San Cristóbal de la Barranca y el de Ms=8.2 en 1932 en las costas de Colima y Jalisco, esta actividad ubica al municipio dentro de la zona “C” de la regionalización sísmica propuesta por la Comisión Federal de Electricidad.

Con base en la propuesta de Ramírez-Centeno *et al*, (1998) quienes realizaron la caracterización geodinámica del terreno de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) a partir de estudios de vibración ambiental y geofísica y cuyo resultado fue una propuesta de Zonificación Sísmica de la ZMG.

La zonificación sísmica se baso en la propuesta de un Mapa de Isoperiodo, cuya construcción tomo en cuenta registros de vibración ambiental, sondeos geotécnicos, geofísicos y de los periodos obtenidos de los acelogramas registrados por la Red Acelográfica de la Zona Metropolitana de Guadalajara que trabajo hasta el año 1997.

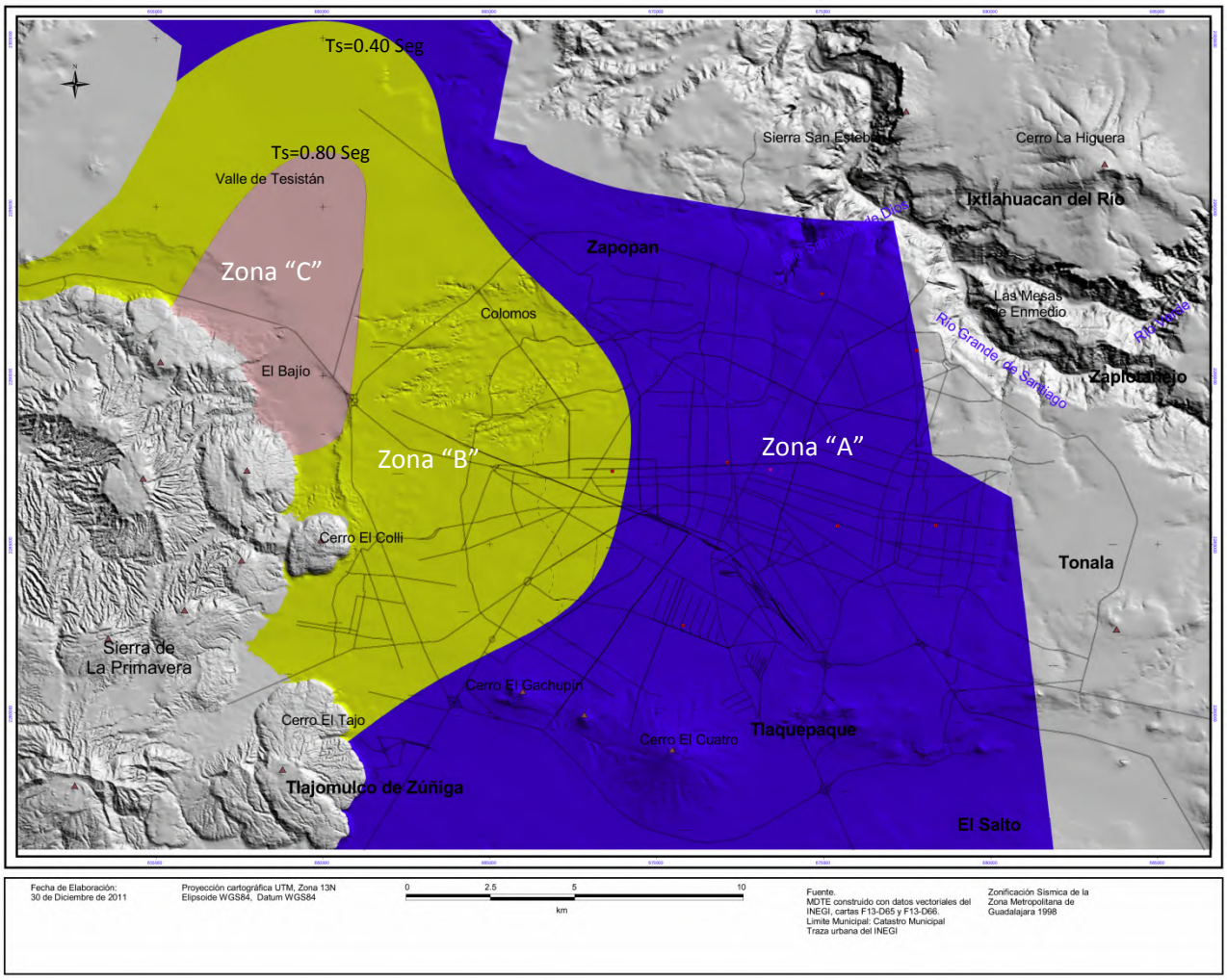
Los resultados son la identificación de las curvas correspondientes a los isoperiodos (Ts) construidas a partir del periodo natural de vibración, clasificándolas de 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70 y 0.80 segundos, con los que se establecieron dos Ts como límites para zonas los siguientes valores.

ZONA	CARACTERÍSTICAS	INTERVALOS DE Ts
A	Firme	< 0.40 seg
B	Intermedio	0.80-0.40 seg
C	Blando o inconsolidado	>0.80 seg

Cuadro: 19

Las curvas de 0.40 y 0.80 segundos se utilizaron para generar el mapa siguiente:

MAPA DE ISOPERIODOS (TS)



Zona A. con Ts=0.40 segundos se ubica en una zona con un subsuelo firme con una potencia de depósitos de la toba Tala de 20 m, que corresponde al sector oriente del municipio, donde se localizan los distritos urbanos Oblatos, Huentitán, Tetlán y Olímpica.

Zona B con Ts=0.80 y 0.40 segundos se ubica en una zona con suelo intermedio y con una potencia entre 20 y 200 m de Toba Tala en promedio, que corresponde al distrito urbano Centro, Minerva y Cruz del Sur.

Zona C con un Ts = >0.80 segundos y corresponde a una zona con suelo blando o inconsolidado de una potencia mayor a 200 m de Toba Tala, y esta se ubica al poniente del limite municipal de Guadalajara.

Un factor importante para determinar el riesgo sísmico de una ciudad es el identificar los procesos urbanos que han generado el crecimiento de la ciudad, así como el tipo de construcción empleado. El municipio de Guadalajara se identifican tres tipos de construcciones que se clasifican en:

a) Edificaciones de la etapa de desde la fundación de la ciudad en 1542 hasta 1909, donde las fincas se caracterizan por no tener estructuras de concreto reforzado, utilizaron ladrillo de adobe, poca cimentación y la utilización de vigas de madera, estas se ubican principalmente en el distrito urbano Centro y Olímpica. Y estas presentan edificaciones de uno y tres pisos en general, en estos se ubican ocho barrios que son los más antiguos de municipio que son: El Santuario, El Retiro, Mexicaltzingo, Analco, San Juan de Dios, Mezquitán, del Pilar y del Carmen, en la zona existen un poco más de 14,000 fincas originales de los siglos XVI y XIX, de estas solo el 41% tienen mantenimiento, pero cerca de 7,000 presentan un grado de deterioro que las hace susceptibles a daños en caso de un sismo.

Figura 26. Fincas ubicadas en la calle Enrique González Martínez y Libertad, así como en la calle Reforma y Pino Suárez, donde se muestra un ejemplo del estado de las fincas de esta etapa de la ciudad, y que actualmente están en ruinas y colapsando paulatinamente.

b) Edificaciones de la etapa de 1909 a 1940, a esta pertenecen la zona del Agua Azul, la zona de la Minerva y la zona del Centro Médico, en esta etapa se comienzan a utilizar algunos elementos de concreto reforzado, se sigue utilizando el ladrillo de adobe, parte de las construcciones ya utilizan vigas de acero y castillos y son fincas de hasta cuatro pisos.

Figura.27. Finca ubicada en la calle Argentina y Prisciliano Sánchez, donde se muestra un ejemplo del tipo de vivienda de esta etapa de crecimiento de la ciudad, el estado de conservación es variable.

c) Edificaciones de la etapa de 1940 a 1990, en este periodo la ciudad experimenta un crecimiento acelerado debido a la instalación de la Zona Industrial en el sur del municipio, esto genero la construcción de nuevas colonias en los cuatro puntos cardinales de la periferia de la ciudad, urbanizando zonas de uso agropecuario, zonas de barrancas excavadas en depósitos de pómez de la Toba Tala, las cuales fueron objeto de relleno y modificación de cauces. En esta etapa se utilizan y generalizan estructuras de concreto reforzado y se usa en la mayor parte de la construcción ladrillo cocido (lama), vigas de acero y castillos.

Figura.28. Fincas ubicada en la calle González Ortega y Eulogio Parra que son construcciones de la década de los 40; finca más recientes de los 70 ubicada en José Vasconcelos y Vasco de Quiroga, donde se muestra un ejemplo del estado de las fincas de estas etapas de la ciudad.

d) Edificaciones de la etapa 1990-2011, en este periodo las construcciones adoptaron la normativa del Reglamento de Construcción de 1997 y su adecuación del 8 de agosto del 2003 y el cual es vigente hasta la fecha. En el año de 1993 la ciudad cubre casi totalmente su superficie municipal con un crecimiento horizontal. El tipo de construcción utiliza masivamente ladrillo cocido y se introduce el ladrillo de jalcreto y el uso de concreto, así como la presencia de estructuras metálicas y cimentación. Las zonas del municipio que fueron urbanizadas son la zona norte hasta el borde del Cañón del Río Grande de Santiago, la zona sur incluida las faldas del cerro del Cuatro, la zona del Dean y parte del distrito urbano Minerva, específicamente en la zona adyacente al bosque de los Colomos.

Figura.29. Fincas ubicada en la Avenida Américas que son construcciones de la década de finales del siglo XX y de la primera década del siglo XXI, donde se muestra un ejemplo el tipo de construcción actual de varias zonas del municipio.

Las edificaciones de Guadalajara en general son menores a cuatro pisos, aunque en distritos como Minerva, Centro existe la tendencia desde finales del siglo XX a edificar construcciones mayores a 5 pisos dados la falta de espacios.

La determinación del riesgo sísmico es preciso evaluar el periodo que presentan las edificaciones ante un sismo, y esta función depende de la cantidad de pisos que tenga. Su cálculo se obtiene con la ecuación de Albert (1976) calibrada para edificios rígidos:

$$T=0.1*N$$

Donde: N= Número de pisos de la construcción

T= Periodo fundamental en segundos

Cuando ocurre un sismo en una zona urbana, y las edificaciones presentan un periodo fundamental igual al periodo natural del suelo, las construcciones entran en resonancia y es cuando la construcción tiene mayores posibilidades de colapsar.

La zonificación sísmica propuesta para Guadalajara, muestra que de la Avenida Américas al norte, de la Avenida Cruz del Sur y la Avenida López Mateos al sur, marcan el límite de la Ts=0.40 segundos y que se extiende hacia el oriente. En caso de un sismo fuerte las edificaciones menores a tres pisos tienen una menor susceptibilidad de ser afectados. Con estas características existe un alto porcentaje en esta zona.

Al poniente de la Ts=0.40 segundos y hasta los limites municipales al Oeste donde el efecto de sitio alcanza una Ts=0.70, las edificaciones entre 4 y 8 pisos pueden presentar riesgo de colapso si entran en resonancia con el suelo.

El último sismo que genero daños importantes en el municipio fue el generado en las costas de Colima-Jalisco el 03 de junio de 1932, afectando sobre todo en la zona Centro de la ciudad. La sismicidad posterior generada en las costas del Pacífico no han creado daños, y esto se debió probablemente a parte de las viviendas y edificaciones no alcanzaban más de tres pisos, tal y como se puede observar actualmente en los Distritos Olímpica, Oblatos y Huentitán.

La tendencia actual de construcción, es la edificación vertical con más de 10 pisos, sobre todo en los distritos Centro, Minerva y Huentitán, sitios que presentan efectos de sitio mayores a 0.40 seg, por lo que se deberá exigir a los constructores que sus proyectos se apeguen al reglamento de construcción vigente, el que se recomienda adecuarlo al estado actual del conocimiento del comportamiento y características geológicas del subsuelo.

Las fuentes de los movimientos fuertes son dos como se ha mencionado, la subducción de la Placa Rivera bajo la Placa Americana, y los sismos de tipo continental generados en las fallas geológicas localizadas en el Cañón del Río Grande de Santiago. Ambas regiones ha producido sismos con una magnitud de 7.5 en 1875, de 8.2 en 1932 y el octubre de 1995 de 7.4, además se han presentado fenómenos como enjambres símicos locales como los ocurridos durante varias semanas en 1878 y en 1912, los que provocaron daños a las construcciones y pánico entre los habitantes de la entonces Guadalajara.

Con base en lo planteado el municipio de Guadalajara ha sido afectado por sismos históricos, donde se han dañado edificaciones y templos, los daños se han cuantificado con intensidad de Mercalli modificada de VI a X. Los valores de Ts de 0.40 y 0.80 segundos muestran importantes efectos de sitio, es decir la amplificación de las ondas sísmicas al parecer tienen una relación con la potencia de la Toba Tala, especialmente a zona con espesores mayores a 18 m, donde se reportaron frecuencias de 1 a 10 Hz por la Red Acelerográfica de la Zona Metropolitana de Guadalajara en el sismo de octubre de 1995 (Chávez, 2001).

Las características geológicas, sísmicas y en conjunto con el estado y antigüedad de las edificaciones en los siete Distritos Urbanos de la ciudad, la hacen susceptible y vulnerable a un evento sísmico y sobre todo a los generados por fallas de tipo continental ubicadas en la zona del Río Grande de Santiago o en la zona del Graben Colima, Tepic-Zacoalco y Chapala, así como la sismicidad generada en la zona de subducción de la Placa de Rivera bajo la Placa Americana en las costas del estado.

5.1.3. Vulcanismo.

El vulcanismo en la región de Guadalajara ha tenido importantes manifestación desde el Terciario Superior (Mioceno) hasta el reciente, siendo el responsable de la morfología y el paisaje del área de estudio. Como se describió en el apartado de geología, la actividad volcánica más reciente se focaliza en la caldera riolitica de la Primavera ubicada al poniente del municipio. Su actividad inicio hace 120,000 años y termino hace 25,000 años con las manifestaciones eruptivas del Domo del Colli. Esta estructura volcánica de 11 km de ancho se formo como resultado de una erupción pliniana VEI 6 (violenta paroxismal) que emitió 20 kilómetros cúbicos de tobas pumiciticas denominadas como “Toba Tala” hace 95,000 años.

La actividad continuo y un segundo evento importante ocurrió hace 75,000 años con la formación de una serie de domos en el borde de la caldera la cual extrudió importantes volúmenes de tobas y flujos piroclásticos, y finalmente los eventos de los domos del Tajo y El Colli hace 30,000 y 25,000 años que tuvieron una actividad similar a las anteriores. El resultado fue que se cubrió el relieve antiguo del municipio, formado por una serie de derrames de lavas de composición basáltica y andesitas. La potencia de los espesores de la Toba Tala alcanza los 300 m en su contacto con su fuente de emisión y se adelgaza hacia el oriente de la ciudad, tal y como se aprecia en la figura xx.

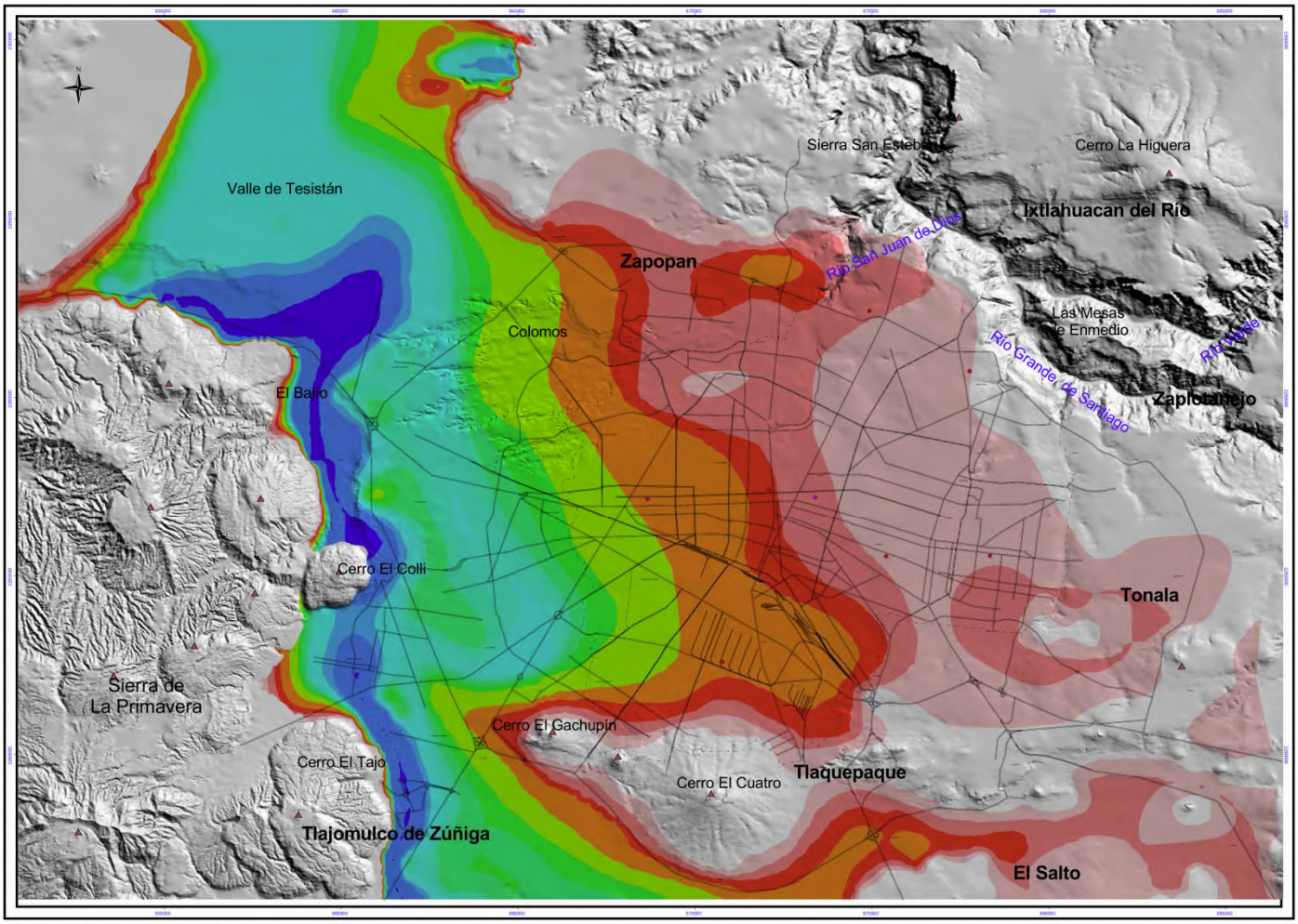
De acuerdo con la Asociación Internacional de Vulcanología y Geofísica del Interior de la Tierra (IAVCEI), para que un volcán se catalogue como activo, debió haber tenido erupciones en los recientes 10,000 mil años, bajo este parámetro la Sierra de la Primavera no se cataloga como activa. Aunque aún presenta manifestaciones termales en varios sitios de su estructura dómicas, recientemente el SISVOC de la Universidad de Guadalajara, instalo un sismógrafo de tres componentes en el Cerro de Planillas y este ha registrado sismos de origen volcánico asociados a movimientos de fluidos.

El resto de las estructuras volcánicas que se ubican en la zona y que se identifican con un triangulo rojo en la figura xx, son de edad Pliocuaternaria, por lo que son considerados extintos, de estos solo dos se ubican dentro del municipio, el cerro del Cuatro, el cerro de Santa María, el resto se ubica en los municipios vecinos: Zapopan con la Sierra de la Primavera y la Sierra de San Esteban, Tlaquepaque con el cerro del Tapatío, Tonalá, con el cerro de La Reyna, El Cholo, Ixtlahuacán del Río con el Cerro del Mexicano y el cerro de La Higuera.

El peligro volcánico que representa para el municipio la presencia de la caldera es mínimo, dado que su última actividad fue más allá de los 10,000 años en la Sierra de la Primavera. Aún así se debe considerar implementar el monitoreo geofísico, sísmico y geoquimico de la Sierra de la Primavera, en tanto continúen sus manifestaciones termales y su reducida actividad sismo-volcánica.

En cuanto el peligro que representa la actividad volcánica del Volcán Colima, localizado a 129 km al SSW, es solo por una ligera caída de ceniza en caso de que un evento explosivo coincida con vientos hacia el NNE, los cuales podrán transportar este material, tal y como ocurrió en la erupción de enero de 1913, lo que representa un peligro muy bajo para el municipio de Guadalajara.

MAPA DE ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS EN LA REGIÓN GUADALAJARA Y DISTRIBUCIÓN DE LA TOBA TALA



Fecha de Elaboración:
30 de Diciembre de 2011

Proyección cartográfica UTM, Zona 13N
Elipsoide WGS84, Datum WGS84

0 2.5 5 10
km

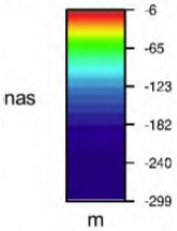
Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

Zonificación Sísmica de la Zona Metropolitana de Guadalajara 1998

Modificado de GEOEX, 2004

SIMBOLOGÍA

Profundidad de la toba



Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos

Número de obra: 114039PP032356

Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

5.1.4. Deslizamientos.

Los deslizamientos de laderas son procesos geomorfológicos muy comunes en la superficie del planeta, en la Guía Básica para elaboración de los Atlas Estatales y Municipales del CENAPRED (2004), se define que los deslizamientos se asocian a zonas de alta pendiente, y que se ocasionan por el movimiento de una masa de material pétreo pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera. Por la forma de la superficie de la falla, se distinguen deslizamientos de tipo rotacional y traslacionales.

Rotacionales: Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. A menudo estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas.

Traslacionales: Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Usualmente determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, tales como planos de estratificación, juntas y zonas de diferente alteración o meteorización de las rocas, con echado propicio al deslizamiento.

En el municipio de Guadalajara se identificaron este tipo de procesos geomorfológicos en la Barranca del Río Grande de Santiago, en donde las altas pendientes predominantes que presentan rangos desde 12° hasta 90° propician su evolución y desarrollo. Esta zona declarada como zona protegida municipal, esta deshabitada y solo existen caminos de terracerías y el campamento de la Comisión Estatal del Agua en la zona de Arcediano.

En los recorridos de campo y en la fotointerpretación de las imágenes de esta zona solo se identifican pequeños movimientos traslacionales asociados a la presencia de fallas normales en el interior de la barranca. El peligro por deslizamiento en la Barranca es alto, pero al estar deshabitada el riesgo es reducido. En la siguiente imagen se observa un deslizamiento ocurrido en este sitio.

Figura 30.

5.1.5. Derrumbes

CENAPRED (2004) define a los derrumbes como movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, en que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando; incluye:

Desprendimientos: Caída de suelos producto de la erosión o de bloques rocosos, atendiendo a discontinuidades estructurales (grietas, planos de estratificación o fracturamiento) proclives a la inestabilidad.

Vuelcos o volteos: Caída de bloques rocosos con giro hacia adelante y hacia afuera, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión, formaciones columnares, o diaclasas) que tienden a la vertical.

Su presencia en el municipio de Guadalajara de acota al interior de la Barranca del Río Grande de Santiago, en donde la presencia de escarpes con pendientes de 60° a 90°, discontinuidades estructurales en las rocas volcánicas y sedimentarias en los escarpes, hacen que este sitio presente una alta susceptibilidad a caída de rocas y derrumbes, en las siguientes fotografías se pueden observar estos escarpes y la presencia de discontinuidades estructurales, de donde se desprenden bloques que ruedan hacia las laderas bajas de esta geoforma.

Figura 31. Características de los escarpes localizados en el sector sur de la Barranca del Río Grande de Santiago, en los distritos Huentitán y Oblatos, obsérvese las fracturas verticales en los escarpes y los detritos generados por los flujos que se suceden en el temporal de lluvias al interior de esta geoforma.

5.1.6. Flujos

CENAPRED (2004) define a los flujos como los movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla o en ladera. Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos; pueden distinguirse para el caso del municipio de Guadalajara:

***Flujos de lodo**:* Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.

***Flujos de tierra o suelo**:* Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo.

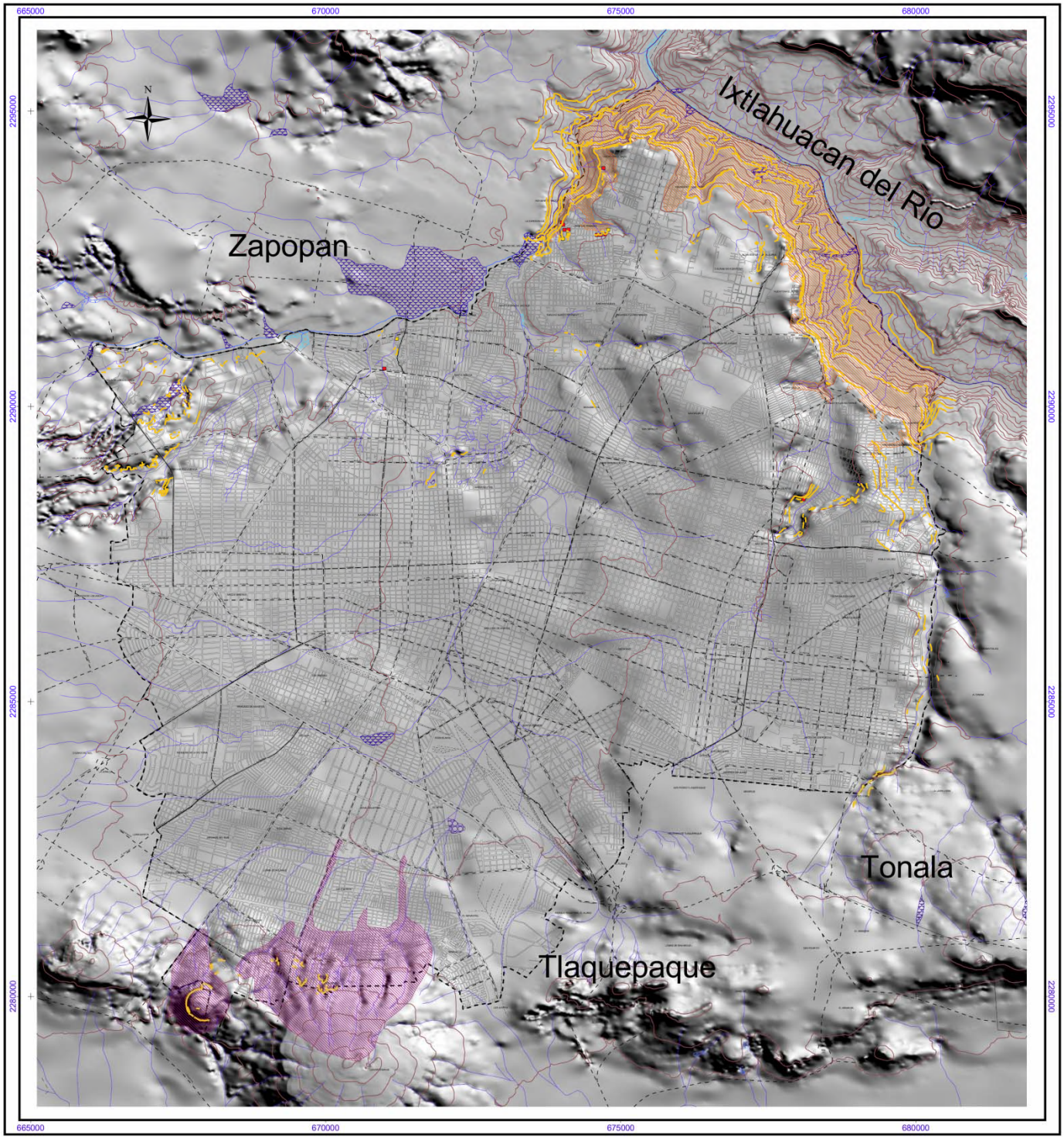
Los flujos o deslizamientos se identificaron en el territorio municipal en su zona sur, específicamente en la laderas del Cerro del Cuatro, el cual ha sido objeto a proceso de urbanización intenso de tipo marginal e irregular desde la década de los 90, esta ocupación del suelo en áreas de alto pendiente propicio la pérdida de vegetación propiciando su susceptibilidad a ser erosionado durante tormentas que afecten el área. El desarrollo urbano creo calles a favor de la pendiente lo que ha facilitado la formación de fuertes corrientes, con un gran poder erosivo, que forman cárcavas y arrastre de materiales que se deposita en el Canal del Sur, colmatándolo y reduciendo su funcionamiento como infraestructura captadora de los escurrimiento pluviales y alejarlos por el colector pluvial ubicado en la calle 8 de Julio.

En tormentas severas se han generado flujos de detritos que han afectado las viviendas ubicadas en las partes bajas de esta estructura volcánica y que al alcanzar vialidades principales descienden por estas, como ejemplo tenemos las siguientes imágenes.

Figura 32. Flujo de detritos generado por una tormenta ocurrida el 16 de junio del 2008 en el Cerro del Cuatro, el que genero importantes arrastre de flujos de detritos, ocasionando daños a vialidades y casas. (Fotografías de la Gaceta Universitaria, El Occidental y Mural)

El peligro para los asentamientos ubicados en el cero del Cuatro es alto ante la presencia de tormentas severas, las cuales generalmente provocan este tipo de procesos de ladera. Las zonas identificadas se pueden observar en el siguiente mapa.

MAPA DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTOS DE LADERA



SIMBOLOGIA

- Movimiento de Masa
- Derrumbes
- Deslizamientos
- Escarpe
- Peligro
- Derrumbe
- Deslizamiento

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Límite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

5.1.7. Hundimientos

Peligro por Hundimientos.

Metodología:

Para ello utilizamos las fotografías aéreas de 1941 tomadas sobre el territorio municipal, del cual desconocemos su autor, estas cubren la mayor parte del municipio, a excepción de una fracción del Distrito Minerva. Estas fotografías fueron escaneadas en alta resolución (600 x 600 pixeles) y después georeferenciadas, dentro del programa AUTOCAD 2004. Para lo que se utilizó en Datum WGS84.

Terminadas estas acciones se realizó la identificación del sistema de barrancas y causes existentes en 1941, con lo que se adiciono y actualizó los elementos identificados en los vuelos de 1960, 1970, 1980 y 2003, y que fueron las barrancas existentes, las depresiones fluviales y por extracción de material, así como las zonas de relleno, entre las que podemos mencionar:

- Rellenos de barrancas con escombro y materiales poco consolidados.
- Rellenos de barrancas y depresiones con basura.
- Relleno de barrancas y depresiones con residuos de asfalto.
- Modificación de barrancas y depresiones con fines de urbanización.

Como parte del trabajo se solicitó al SIAPA la información referente a los estudios que tienen referentes al inventario de hundimiento en el municipio, información que se nos negada por ser de uso restringido. Ante tal situación se procedió ha realizar una serie de recorridos por el municipio, con objeto de realizar un levantamiento de los siguientes elementos:

- Puntos de hundimiento en el municipio,
- Daños a viviendas por fracturas por asentamiento del terreno (en cizalla, verticales y horizontales).
- Daños visibles en pavimentos y banquetas, como hundimientos, fracturas, exceso de reparaciones por bacheo.

Se han identificado cerca de 1,100 puntos en el territorio municipal afectados por este fenómeno. De estos puntos se tiene un punto de control GPS, el cual fue adquirido mediante un GPS GIS marca Trimble-Pathfinder, de igual manera se tomo una fotografía digital y anotaciones sobre las características del hundimiento o daño.

Teniendo estas capas de información, se interaccionaron estas (geología, barrancas y depresiones rellenadas y puntos de hundimientos), con ello se construyeron los mapas de áreas y sitios susceptibles a hundimientos en el municipio.

ANTECEDENTES DEL PROCESO DE HUNDIMIENTOS:

El problema de los hundimientos en el municipio de Guadalajara, es un problema recurrente, por lo menos desde la década de los 80´s, que es cuando el crecimiento de la ciudad se acentúa sobre todo en el distrito Huentitán, Minerva, Cruz del Sur, Tetlán y Oblatos. A partir de esta década esta problemática se hace sentir cada año, sobre todo en la estación de lluvias de mayo a octubre. Pero este se ha acrecentado en años recientes, creando una preocupación de las autoridades como de la población en general el conocer las causas de esta problemática.

El factor que origina este fenómeno es generalmente asociado a dos elementos hipotéticos:

- A fugas de la red de agua potable y drenaje, debido a su antigüedad.
- Al relleno inadecuado de causes, barrancas y depresiones entre 1940 y 1980, para ser usados para su urbanización.

En ambas hipótesis, el factor que actúa como común denominador es la litología superficial de composición pumicítica que yace bajo la ciudad. Esta se compone de una secuencia de capas de pómez, generada por la actividad volcánica de tipo explosivo de la Sierra de la Primavera, la cual depósito espesores de hasta 300 m en el Distrito de la Minerva, y se va adelgazando al oriente, teniendo en la zona de San Juan de Dios 4 m, en la zona de Periférico Norte y la Calzada Independencia 8 m, en la zona de la glorieta Colon en la Av. Américas y López Mateos con 15 m, hasta una capa de pocos centímetros en los distritos Tetlán y Oblatos en sus límites con el municipio de Tonalá.

Todo este depósito pumícitico sepulto el antiguo relieve del “valle” de Atemajac, formado por una secuencia denominada “Ignimbrita San Gaspar” de 4.8 millones de años (Gilbert, 1985), la sobreyace una serie de derrames de lava de tipo basáltico, provenientes de la actividad de hace 2 millones de años de la Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara y actividad fisural Terciaria (3.5 millones de años) en la zona de Huentitán, Tetlán y Oblatos.

Esta combinación de materiales de alta permeabilidad formados por las secuencias de tobas y arenas pumiciticas y una capa semipermeable formada por las secuencias de ignimbritas y basaltos, los cuales presentan posiblemente cierto grado de fracturamiento y trazos de fallamientos (determinados estos por el arreglo geométrico que presentan varios arroyos que drenaban el municipio, sobre todo el San Juan de Dios), ello ocasiona que las aguas pluviales que se infiltran verticalmente y al llegar a la zona de contacto entre las dos litologías, los flujos de mueven horizontalmente. Este fenómeno cuando encuentra fracturamiento en el paquete de pómez, comienza a formar tubificación, que con el paso de los años comienzan a crecer hasta desarrollar huecos, que puede llegar a formar galerías, cuyos techos se desploman con el peso que existe sobre ellos, creando los hundimientos.

Este proceso podría identificarse como el “natural”, pero existen otros procesos que son derivados de fugas en tuberías de agua y drenaje, que se pueden derivar de su antigüedad o por su deficiente construcción.

En este caso el proceso de una fuga, hace que el material pumícitico sea removido, creando huecos, debilitando la base de la tubería, lo que ha posterior hace que este fractura totalmente, incrementando la fuga, y por ende el proceso de tubificación. Con el paso del tiempo el hueco aumenta de tamaño, hasta que provoca el desplome de su techo, apareciendo el hundimiento. En algunos de los hundimientos verificados, se pudo apreciar, pequeños huecos por debajo del nivel del tubo de drenaje, en estos huecos se asociaron pequeñas fracturas en las tobas, siendo estos sitios puntos de remoción del material removido.

La siguiente fotografía muestra unos de estos hundimientos, este se ubicó en el barrio de Santa Tere en el Distrito 01 Centro.

Figura 33. Imagen de un hundimiento en el barrio de Santa Tere, en donde es posible observar dos huecos localizados 1.35 m por debajo del tubo de drenaje averiado, por este sitio se genero una tubificación por donde la arenas pumicitas fueron arrastradas por la corriente de agua.

Otro tipo de hundimiento y más esporádico es el asociado con la presencia de las galerías filtrantes (Quanats), las cuales son obras de ingeniería realizadas desde la época de la Colonia hasta principios del Siglo XX, el objeto de estas obras fue él dotar de abasto de agua potable a la ciudad de Guadalajara y poblados cercanos. Muchas de estas galerías se encuentran abandonadas y su localización se ha ido perdiendo en el tiempo. Algunos de estos trazos aún existen en la llamada “Caja de Agua” en la Av. Los Arcos y la Av. Circunvalación Agustín Yañez; y se ubican otros ya destruidos en la zona donde se ubica en Parque Tucson, en la zona de los Colomos y en el Barrio de San Andrés. Sitios en donde aún afloran manantiales.

RESULTADOS:

La identificación de las zonas de hundimientos en el municipio se realizó a través de las siguientes variables:

a) Identificación de los causes existentes en las fotografías aéreas de 1940, 1960, 1970 y 2003.
b) Identificación de los que han sido rellenados para darle un uso urbano.
c) Identificación del tipo de relleno de estos causes y depresiones.
d) Trabajo de campo para identificar en las calles de la ciudad las siguientes variables.
    1) Puntos de hundimientos recientes (últimos cinco años)
    2) Puntos con pavimentos fracturados, deformados o con hundimientos.
e) Trabajo de campo para identificar edificaciones con agrietamientos, y cizallas en su construcción, clasificando los agrietamientos en bajos, moderados y altos.
f) Identificación de manantiales o zonas de antiguos manantiales.
g) Puntos donde existieron galerías filtrantes en el municipio.

Distrito Centro.

El distrito urbano Centro, presenta las áreas urbanizadas más antiguas de la ciudad, donde el relieve a sufrido una importante modificación, como lo es el relleno de causes, barrancas y depresiones, sobresaliendo la zona de Alcalde-Barranquitas, el cause del Río San Juan de Díos, y la zona del barrio de Mezquitán.

En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturas en pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
1 Centro	23	230	-	8	18	22	8	1*

* Se refiere que en la zona del primer cuadro de la ciudad, donde aparentemente existen galerías en el subsuelo construidos para comunicar a las iglesias antiguas que existen en la zona. Uno de estos fue descubierto en la esquina de la Av. Juárez y 16 de Septiembre, durante la excavación del túnel del Tren Ligero.

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos, son secciones de las colonias Alcalde Barranquitas, Barranquitas, El Retiro, la zona de la Normal, Observatorio, Colinas de la Normal, Mezquitán Country, San Miguel de Mezquitán, La Guadalupana, Miraflores, Independencia Oriente, Hogares de Guadalajara y Las Conchas.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el municipio. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de

profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Centro.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Centro	2297.91	158.478	6.896	14.210	0.618

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Centro	2297.91	197.9309	8.613	62.4468	2.717

El 18.844% de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada la zona de La Normal-Alcalde-Barranquitas-Barranquitas, Colinas de la Normal y El Retiro. En esta zona en la década de los 70´s aún podían observarse geoformas caracterizadas por barrancas, escurrimientos, y depresiones, las cuales fueron llenadas desde años anteriores con escombro (caso de la zona de barrancas ubicadas en la zona del Retiro cercana al Panteón de Belén y la Av. Fray Junípero Serra), en otros sitios se rellenó con basura (zona de la Calle Belén, Pino Suárez y su cruce con la Av. de Los Maestros y Normalistas), por mencionar algunos.

Este tipo de rellenos de escombro en general fueron mal compactados y pobremente consolidados, se han ido asentando con el paso de los años, generando fracturas en las líneas de drenaje, lo que ha provocado procesos de tubificación y por ende continuos hundimientos. En este

punto hay que recalcar, que muchos de estos daños son reparados continuamente, pese a ello el problema persiste.

Al realizar en análisis de la red fluvial antigua que drenaba la superficie del municipio, sobre todo en este sector de la ciudad, se observan patrones de cambio de orientación del cauce del Río San Juan de Dios, a partir de su antigua bifurcación en lo que hoy es el Parque Morelos, la cual se constituía como una “isla”. De este punto el río drenaba por lo que hoy es la calle Alameda, para después girar 90° hacia la zona de las actuales instalaciones del CUCS por la calle de Sierra Nevada, y de aquí volver a girar hacia el poniente por lo que hoy es la calle de Sierra Madre, hasta llegar a las actuales instalaciones de la Unidad Deportiva Independencia, continuar por la calle Río Escondido y Monte Jura, hasta la Avenida Normalistas, donde vuelve a girar hacia el Norte. Está corriente de agua a su vez capturaba una red fluvial dendrítica, que se desarrolló en lo que hoy es Alcalde Barranquitas, el Retiro y Colinas de la Normal. Este patrón estructural nos puede sugerir la presencia de un control geológico del basamento del sitio, que puede estar afectando al paquete pumícitico y de los rellenos, lo que podría añadir un factor natural a los elementos antrópicos que inciden en los hundimientos de estas áreas.

Por lo que es necesario hacer investigación geológico-geofísica (sismicidad, gravimetría, deformación y geohidrología) que nos ayuden a detectar la presencia de estructuras geológicas activas, que se estén concatenando con los procesos de tubificación y de asentamiento de rellenos, y que inciden directamente en los hundimientos de este sector de la ciudad.

Un elemento más que puede estar relacionado, es la existencia de túneles y galerías filtrantes, ello en el primer cuadro de la ciudad, y los cuales datan desde la edificación de las primeras iglesias, así como de mediados del siglo XIX.

Distrito 2 Minerva.

El distrito Minerva localizado en el sector poniente del municipio, presenta los espesores más potentes de tobas y arenas pumicitas del municipio, este paquete supera los 50 m de capas alternadas, y sobre esta se ha desarrollado una urbanización progresiva intensiva a partir de la década de los 70´s. El proceso urbano ha modificado a través del relleno gran parte de los cauces que drenaban hacia el norte y que eran capturados por el Río de Atemajac, hoy canalizado.

Existen tres redes subdentriticas y subparalelas que han sido alteradas, para urbanizar parte de las colonias del sector norte del distrito.

En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturas en pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
2 Minerva	5	143	-	15	21	25	2	2*

* Se refiere que en las galerías ubicadas en el cruce de la Av. Circunvalación Agustín Yáñez y Av. Los Arcos, así como en la zona del Parque Los Colomos.

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos, son secciones de las colonias Providencia, Lomas de Providencia, Italia Providencia, Jardines del Country, División del Norte, Jardines del Bosque, Jardines de los Arcos, Rinconada de la Victoria, Villa Victoria y el sector sur del barrio de Santa Tere.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el distrito. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Minerva.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Minerva	2224.26	62.702	2.819	42.659	1.917

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Minerva	2224.26	99.1664	4.458	21.3675	0.960

El 10.154 % de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada en sector norte del distrito.

El distrito presenta dos tipos de geoformas, el sector centro norte se caracteriza por barrancas, escurrimientos, y depresiones, que escurren hacia el río Atemajac, que corre por la Av. Patria. En la zona de Los Colomos existe una serie de badland, en cuyas crestas y barrancas se han modificado para su urbanización, haciendo que el paquete de pómez se compacte y provoca asentamientos diferenciales en el terreno, creando daños en construcciones de Colinas de San Javier y fraccionamientos cercanos a este.

Un punto de atención, lo es el Parque Los Colomos, el cual se manifiesta como un área geográfica que debe de ser sujeta a políticas de conservación del bosque actual, así como de la red de cauces que lo drenan, pues una mayor alteración puede incrementar la erosión existente, y con ello colapsos y derrumbes de taludes.

En el caso de las barrancas y depresiones fueron rellenadas en décadas pasadas con escombro y en algunos casos basura, son susceptibles de presentar hundimientos aislados y aleatorios. Estas zonas se encuentran marcadas en el mapa con líneas amarillas.

Distrito 3 Huentitán.

El distrito Huentitán localizado en el sector centro-norte del municipio, presenta una geología marcada por la presencia de tobas y arenas pumicitas que descansan sobre una capa de basaltos a una profundidad que va de 8 a 10 m en el sector sur, hasta ser superficial en los límites con el barranca del Río Grande de Santiago.

El desarrollo urbano progresiva intensiva a partir de mediados de la década de los 70´s, e intensificándose en los años siguientes. El proceso urbano modificado el relieve de la microcuenca directa del río San Juan de Dios y del Arroyo San Ramón, esto fue a través de la canalización del primero, y la colocación de un colector en cada uno de ellos. Estas obras fueron aprovechadas para urbanizar progresivamente sus márgenes, construyendo edificios de departamentos y casas de interés social, sobre terrenos rellenados con escombro.

Las áreas con problemas por hundimientos se identificaron en el sector centro-sur del distrito, en sus límites con el distrito centro, y es la continuación de la zona de Alcalde-Barranquitas.
En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturamiento de pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
3 Huentitán	14	75	-	8	18	22	8	1*

* Esta galería se localizaba entre la calle Paulino Machorro y la Av. Normalistas, y era un túnel construido con ladrillo, que drenaba directamente en el antiguo cauce del río San Juan de Dios.

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos, son secciones de las colonias Jardines alcalde, Villas de San Juan, Calzada Independencia poniente, Santa Elena de la Cruz y Monumental.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el distrito. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Huentitán.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Huentitán	2207.60	15.074	0.682	38.355	1.737

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Huentitán	2207.60	39.5026	1.789	45.7593	2.072

El 6.28 % de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada en sector sur del distrito.

El distrito presenta dos tipos de geoformas, el sector centro sur se caracteriza por la presencia de los ríos San Juan de Dios y el San Ramón, ambos canalizados y con colector. Ambos cauces son la continuación del sistema fluvial descrito en el Distrito Centro, por lo que la problemática es similar.

Un punto de atención, lo es el problema de hundimiento que manifestó la calle Paseo Bohemio, en la colonia Monumental. Esta calle se construyó sobre un antiguo cauce, que formaba una barranca llamado “Los Manzanos”, que se caracterizaba por un badland, esta se rellenó en la década de los 70´s con escombro y con asfalto. Este sitio fue un área verdes hasta hace aproximadamente 25 años, este espacio ocupaba la zona que cubre de las calles Tula y Paseo Bohemio, en su prolongación desde la Calzada Independencia hasta la Av. Belisario Domínguez. Posteriormente el área fue urbanizada, que de acuerdo con el reporte del Colegio de Ingenieros Civiles, la mayor parte de las 70 casas afectadas fue con una deficiente cimentación, en un terreno mal compactado.

Otro punto de hundimientos recurrentes es la Calle Monte Carmelo e Iztaccihuatl, donde ocurrió un hundimiento moderado, que no afecto viviendas, pero si a la infraestructura de drenaje y agua potable, está a diferencia del anterior, fue por una rotura de la línea de drenaje, la cual fue tubificando en entorno, hasta generar, el hundimiento. La siguiente fotografía muestra este punto.

Figura 34. Socavón en las inmediaciones Del estadio, Jalisco, Colonia Independencia.

En el caso de las barrancas y depresiones fueron rellenadas en décadas pasadas con escombro y en algunos casos basura, estas muestran susceptibilidad a presentar hundimientos aislados y aleatorios. Estas zonas se encuentran marcadas en el mapa con líneas verde amarillo. Las siguientes fotografías muestran hundimientos en zonas de antiguas barrancas de Jardines Alcalde, colonia Independencia y en Alcalde Barraquitas.

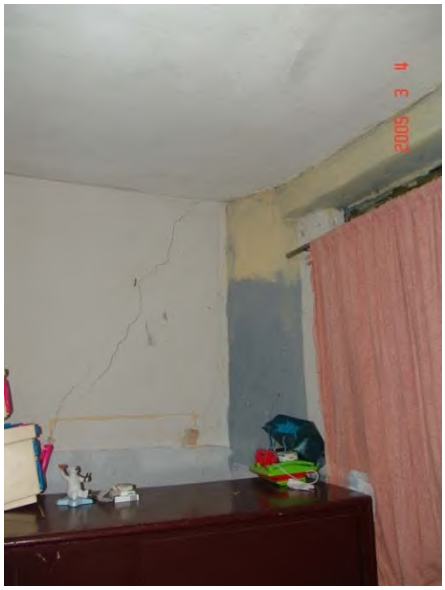


Figura 35. Hundimientos en histórico en la zona de alcalde Barranquitas, Jardines Alcalde y la colonia Independencia, sitios que fueron objeto de modificación del relieve con el relleno de barrancas y nivelación del terreno durante 1945 a 1965 y cuarenta años después se manifestaron fenómenos de hundimientos que afectaron y afectan edificaciones y calles de estas colonias.

Distrito 4 Oblatos.

El distrito Oblatos localizado en el sector nororiente del municipio, presenta una geología marcada por la presencia de una capa delgada de tobas y arenas pumicitas que descansan sobre el basamento de basaltos a una profundidad aproximada de 6 m, en la zona de Belisario Domínguez, esta capa de pómez se va adelgazando conforme se acerca al borde de la barranca del Río Grande de Santiago.

El desarrollo urbano en este distrito fue progresivo a partir de mediados de la década de los 70´s, e intensificándose en los años siguientes. El proceso urbano fue modificado el relieve de la microcuenca del arroyo Los Manzanos, el arroyo San Andrés de los Caños y la zona del arroyo Osorio, que es utilizado como límite con el municipio de Tonalá. Esta modificación fue a través de la canalización superficial de algunos de los arroyos, sobre todo de los ubicados en el sector noreste del distrito. La introducción de colectores en la microcuenca del Arroyo Osorio y en el de San Andrés de los Caños. Estas obras fueron aprovechadas para urbanizar progresivamente sus márgenes, construyendo casas y edificaciones, sobre terrenos rellenos con escombro y otros materiales de mala calidad.

En la siguiente fotografía se observa como este proceso de relleno con escombro, aún existe en la zona de la Presa de Osorio.

Figura 36. Relleno paulatino de depresiones topográficas con el objetivo de nivelarlas y posteriormente urbanizar el sitio.

De igual forma en los predios del sector oriente, pertenecientes al municipio de Tonalá, también se están rellenando con escombro, tal y como se observa en la siguiente imagen.

Figura 37. Proceso de relleno con escombro y materiales de baja calidad, en las márgenes de la barranca del arroyo de Osorio, en el límite de los municipios de Guadalajara y Tonalá, en el distrito Tetlán.

Las áreas con susceptibilidad por hundimientos se identificaron en el sector suroeste en la microcuenca del arroyo Manzanos y en la parte central del distrito, donde se ubica el antiguo cauce del arroyo San Andrés de los Caños, en ambas zonas existieron depresiones, áreas con pendientes y barrancas que fueron modificadas para su urbanización, por lo que son susceptibles a sufrir hundimientos, ya sea por tubificación causada por fugas en la red de agua potable y drenaje, o por corrientes subterráneas.

Esta susceptibilidad disminuye hacia los límites norte y oriente del municipio, donde la capa de pómez disminuye radicalmente.

En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturamiento de pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
4 Oblatos	0	14	5	6	6	10	-	-

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos, son secciones de las unidades habitacionales Saturnino Coronado, Arandas, Tetlán Río Verde, las Colonias Guadalajara Oriente, Circunvalación-Belisario, San Marcos, la Federacha, Bethel y Villas de Guadalupe.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el distrito. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros. Para este distrito solo se identificaron cauces rellenos con peligro moderado.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Oblatos.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Oblatos	1766.76	0.0	0.0	106.351	6.02

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Oblatos	1766.76	0.0	0.0	1.7816	0.100

El 6.12 % de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada en sector suroeste y centro de esta unidad administrativa.

El distrito presenta dos tipos de geoformas, el sector suroeste se caracteriza por un antiguo sistema de barrancas que se relleno y que pertenece a la microcuenca Los Manzanos, esta zona, ha presentado problemas de hundimientos, sobre todo en el año 2003, de la calle Onix, a Puerto Todo los Santos y Puerto Ensenada de la Colonia San Marcos, donde se reportaron casas con daños, así

como reportes de hundimientos en la calle Onix, sitio donde un camión recolector de basura colapso el pavimento y se hundió con este. El resto de la zona se reportan hundimientos aislados.

Distrito 5 Olímpica.

El distrito Olímpica localizado en el sector oriente del municipio, presenta una geología marcada por la presencia de una capa delgada de tobas y arenas pumicitas que descansan sobre el basamento de basaltos y de la ignimbrita San Gaspar a una profundidad aproximada de 8 m, en la zona de la Central Camionera, esta capa de pómez se va adelgazando en los limites con el Distrito Tetlán.

El desarrollo urbano en este distrito fue progresivo a partir de mediados de la década de los 40´s, e intensificándose en los años siguientes. El proceso urbano fue modificado el relieve de la microcuenca del arroyo San Ramón. Esta modificación fue a través de la canalización superficial de este, así como el relleno de antiguas depresiones topográficas en la zona centro y sur del distrito. Estas obras fueron aprovechadas para urbanizar progresivamente sus márgenes, construyendo casas y edificaciones, sobre terrenos rellenos con escombro y otros materiales de dudosa calidad.

Las áreas con susceptibilidad por hundimientos se identificaron en el sector noroeste en la microcuenca del arroyo San Ramón (el cual se encuentra canalizado a cielo abierto y en su cruce con la Av. Belisario Domínguez ingresa al colector de la calle Sierra Morena. Este arroyo formo una red de tipo dendrítica que cuyas cabeceras se ubicaban hasta la calle Pite Pérez Moreno e Ignacio Machain y la calle Puerto Melaque. En esta zona existieron depresiones, áreas con pendientes y barrancas que fueron modificadas para su urbanización, por lo que son susceptibles a sufrir hundimientos, ya sea por tubificación causada por fugas en la red de agua potable y drenaje, por corrientes subterráneas y asentamientos diferenciales de los rellenos.

Esta susceptibilidad disminuye hacia los límites sur y oriente del municipio, donde la capa de pómez disminuye radicalmente.

En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturas en pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
5 Olímpica	4	27	2	13	15	10	3	-

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos en la microcuenca San Ramón y que son secciones las colonias El Mirador, La Huerta y Santa María, la Unidad Independencia, Lomas de Independencia y Talpita. Además de las colonias Revolución, quinta Velarde, García Cuadra, Jardines del Rosario, Unidad Habitacional el Rosario y El Dólar.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el distrito. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros. Para este distrito solo se identificaron cauces rellenos con peligro moderado.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Olímpica.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
5 Olímpica	2036.57	46.369	2.28	5.775	0.28

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
Olímpica	2036.57	18.1108	0.89	25.4420	1.25

El 4.70 % de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada en sector noroeste y centro de esta unidad administrativa.

El distrito presenta dos tipos de geoformas, el sector suroeste se caracteriza por un antiguo sistema de barrancas que se rellenó y que pertenece a la microcuenca San Ramón, esta zona, ha presentado problemas moderados de hundimientos. El resto de la zona corresponde a una zona semiplana donde se reportan hundimientos aislados.

Distrito 6 Tetlán.

El distrito Tetlán localizado en el sector suroriente del municipio, presenta una geología marcada por la presencia de una capa delgada de tobas y arenas pumicitas que descansan sobre el basamento de basaltos y de la ignimbrita San Gaspar a una profundidad aproximada de 4 m, en la Avenida Plutarco Elías Calles, esta capa de pómez se va adelgazando en los límites con el municipio de Tonalá, donde solo es de unos centímetros (ver mapa xx espesor de la Toba Tala).

El desarrollo urbano en este distrito fue en el entorno de la localidad indígena de Tetlán que ya existía desde 1541, a la llegada de Nuño de Guzmán. Este pueblo se mantuvo como tal hasta mediados de la década de los 60-70´s, cuando la urbanización en su entorno se intensificándose, hasta quedar integrado a la traza urbana de la ciudad. El proceso urbano fue modificado el relieve de la microcuenca ubicada en el sector centro-poniente del distrito. Esta modificación fue a través del relleno de antiguos cauces y depresiones topográficas de zona. Estas obras fueron aprovechadas para urbanizar progresivamente sus márgenes, construyendo casas y edificaciones, sobre terrenos rellenos con escombro y otros materiales de dudosa calidad. Siendo estas áreas las que presentan mayor susceptibilidad a hundimientos, ya sea por tubificación causada por fugas en la red de agua potable y drenaje, por corrientes subterráneas y asentamientos diferenciales de las zonas con rellenos.

Esta susceptibilidad disminuye hacia los límites sur y oriente del municipio, donde la capa de pómez disminuye radicalmente.

En estas zonas se identificaron en los recorridos de campo los siguientes datos:

Distrito	Banquetas y arroyos de calles		Edificaciones				Manantiales	Galerías
	Hundimientos	Fracturas en pavimentos	AA	AM	AB	Cizallas		
6 Tetlán	5	8	1	-	5	8	3	-

La distribución de las zonas con mayor susceptibilidad a presentar hundimientos en el distrito son secciones las colonias Residencial San Andrés, Navarro Orozco, San Andrés, San Jacinto, Los Romos, Jardín de los Poetas, La Paz, Unidad Habitacional Plutarco Elías Calles, La Campesina, el Mezquite y Ampliación Lagos de Oriente.

La determinación del grado de peligro que representan los cauces que han sido rellenados para su posterior urbanización en el distrito. Para ello se clasificaron en dos jerarquías Alto y Moderado. El primero corresponde a causes principales que tuvieron más de dos metros de profundidad y un talweg mayor a 10 metros. El peligro moderado corresponde a cauces con talweg menor a 10 m y profundidad menor a dos metros. Para este distrito solo se identificaron cauces rellenos con peligro moderado.

Con base en estos parámetros se tienen los siguientes resultados para el Distrito Tetlán.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	Cauces rellenos con peligro alto		Cauces rellenos con peligro moderado	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
6 Tetlán	1357.55	5.227	0.39	39.396	2.90

Otros dos parámetros que se identificaron fueron:

- El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.
- El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.

Las áreas identificadas se muestran en el siguiente cuadro:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a hundimiento por tubificación por deterioro o deficiente instalación en las líneas de agua potable y drenaje.		El área de edificaciones con daños en su estructura y ubicadas en zonas de cauces, barrancas y depresiones, rellenadas.	
		Hectáreas	%	Hectáreas	%
6 Tetlán	1357.55	9.5894	0.71	8.7347	0.64

El 4.64 de la superficie de este distrito muestra un grado de susceptibilidad a ser afectado por hundimientos, siendo el área más afectada en sector centro-poniente y centro-oriente de la unidad administrativa.

Figura 38. Afectaciones en muros con fracturas en cizalla posiblemente asociadas a subsuelos con poca capacidad de carga o inconsolidados.

Distrito 7 Cruz del Sur

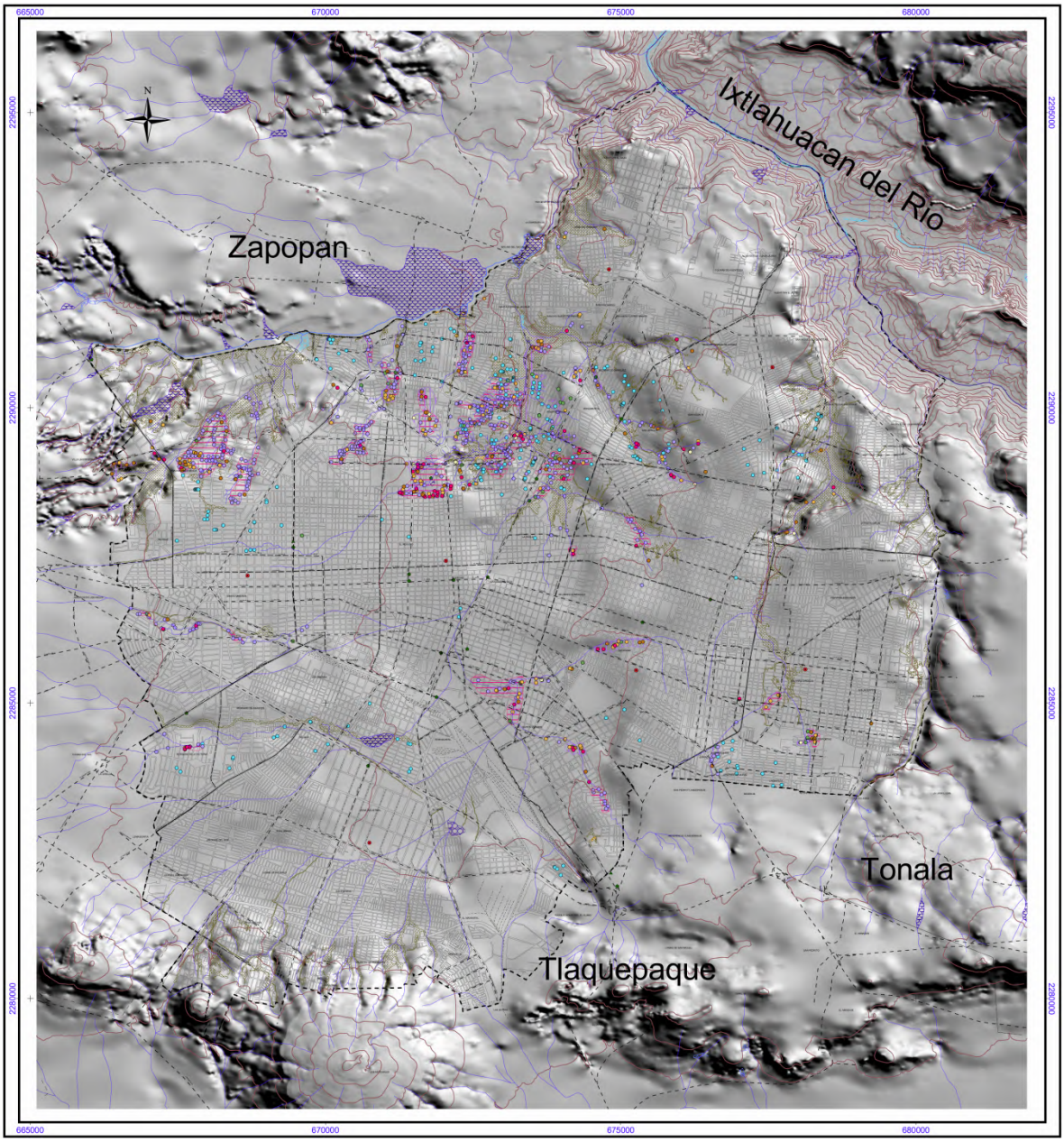
El distrito Cruz del Sur localizado en el sector sur del municipio, presenta una geología marcada por la presencia de una capa de tobas y arenas pumicitas en el sector centro-poniente que descansan sobre el basamento de basaltos a una profundidad aproximada de 16 m, en la Calzada Lázaro Cárdenas y Mariano Otero, esta capa de pómez se va adelgazando hacia el sur en las proximidades del Cerro del Cuatro, el Cerro de Santa María, pertenecientes a la Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara. Estas capas pumiciticas se Inter.-estratifican con capas sedimentarias, formadas por limos y limo-arcilla, pertenecientes a procesos lacustres, estos se ubican en la Zona Industrial, del Deán y la colonia Ferrocarril, hasta desparecer en el piedemonte del Cerro del Cuatro, a la altura de la Avenida López de Legaspi-18 de Marzo. El cual se encuentra formado por materiales gruesos mezclados en una matriz arenosa y de líticos.

El desarrollo urbano en este distrito inicia a finales de las década de los 50´s, específicamente en 1957 cuando se crea la Zona Industrial del municipio. A partir del desarrollo de esta, comenzó la urbanización en su entorno se intensificándose, hasta quedar integrado a la traza urbana por su sector norte, y en la década de los 80´s y 90´s hubo un importante crecimiento de la traza hacia las laderas del Cerro del Cuatro.

El proceso urbano modifico el relieve de la microcuenca ubicada sobre lo que hoy es la Calzada Lázaro Cárdenas, hasta la zona del Deán. Esta modificación fue a través del relleno del antiguo cauce y depresiones topográficas de zona. Estas obras fueron aprovechadas para urbanizar progresivamente sus márgenes, construyendo la vialidad y edificaciones. Siendo estas áreas las que presentan mayor susceptibilidad a hundimientos, ya sea por tubificación causada por fugas en la red de agua potable y drenaje, por corrientes subterráneas y asentamientos diferenciales de las zonas con rellenos.

El resto de la zona presenta una baja susceptibilidad a hundimientos debido a la litología, siendo la causa más probable de estos la tubificación por desperfectos en las redes de drenaje y agua potable.

MAPA DE PELIGRO POR HUNDIMIENTOS



SIMBOLOGIA

- Hundimientos
  - Hundimiento
  - Resquebrajamiento
- Área afectada
  - Agrietamiento en Muros
  - Tubificación a causa de fugas
- Daños a Muros
  - Cizalla
  - Agrietamiento Moderado
  - Agrietamiento Bajo
  - Agrietamiento Alto
- Datos SIAPA
  - Socavación
- Sondeos
  - Ensayos y Obras, Laboratorio
  - Estudios y Control de Laboratorio S.A.
  - Ingeniería de Cimentaciones y Materiales
- Espacios afectados
  - Barrancas Rellenadas
  - Meseta

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

CONCLUSIONES:

En forma de conclusión, los hundimientos en el municipio de Guadalajara, se deben a dos causas principales:

- Tubificación: debido generalmente a fugas de agua en la red de agua potable y la red de drenaje, dada su antigüedad, o por fallas en su instalación y operación.
- Hundimientos por diferenciación o asentamiento del subsuelo pumícitico, poco consolidado, en cual en la presencia de flujos de agua y el propio peso de los materiales geológicos colapsa lenta pero progresivamente, hasta formar huecos de diferente magnitud.
- Combinación de los dos puntos anteriores, junto con la presencia de rellenos de causes y depresiones topográficas con escombro, escombro-basura, basura y en algunos puntos rellenos con residuos de asfalto.

En estos factores el agua juega un papel fundamental. Aquí cabe mencionar que en análisis de forma del antiguo cauce del río San Juan de Dios, el arroyo San Ramón y otros de la ciudad, presentan tanto la corriente superficial como en sus tributarios curvaturas en ángulo recto, que es un patrón estructural que refleja el control ejercido por sistemas de fracturas o fallas en el basamento, que posiblemente este controla un sistema de fracturamiento sobre el paquete pumícitico, y de rellenos, lo que hace que los materiales removidos y transportados por el movimientos de las aguas subterráneas, escapen hacia los subestratos inferiores, creando así constantes huecos en el subsuelo del municipio.

5.1.8. Erosión.

Los procesos erosivos son reducidos en el municipio de Guadalajara dado su alto grado de urbanización, y estos se acotan a las dos zonas protegidas del municipio, el Parque de los Colomos y la Barranca del Río Grande de Santiago.

El parque los Colomos se ubica dentro de una unidad geomorfológica caracterizada por ser una zona de badlands que han sido objetos de un proceso continuo de alteración del relieve desde 1980, como es modificación de cauces, cortes, relleno y formación de terraplenes para la construcción de edificaciones, todas estas acciones afectan los depósitos de tobas pumicíticas inconsolidadas que forman la totalidad del subsuelo de la zona.

Los suelos del Bosque Los Colomos son de textura gruesa, lo que los hace susceptibles a la pérdida por lixiviación y eluviación de cationes y coloides, entre ellos a la materia orgánica. En general, por su textura, tienen poca capacidad para retener agua, aunque la cantidad de la materia orgánica, vinculada con la presencia de la vegetación, aumenta su capacidad para almacenar agua y cationes, que son indispensables en la nutrición de la vegetación y los microorganismos. También por su granulometría, los suelos no sólo presentan poca cohesión y, por lo tanto, una erodabilidad elevada, sino también altas tasas de infiltración; sin embargo, cuando se encuentran degradados por la erosión pluvial o el pisoteo, las partículas finas tienden a tapar los poros de la superficie, formado un encostramiento que reduce a su mínima expresión la infiltración, incrementando considerablemente la erosión (Programa de manejo del bosque Los Colomos, 2006).
Los procesos erosivos se presentan durante el temporal de lluvias, cuando los escurrimientos laminares generan arrastre de material suelto, que es canalizado por los escurrimientos que drenan la zona y que son capturados por el Arroyo Atemajac. Cuando este se desborda deja importantes cantidades de arena pumicitica sobre los carriles de la Avenida Patria.

Figura 39. Fotografías de la zona de Colomos, en donde la litología inconsolidada le dan características de erodabilidad, que se manifiestan en tormentas intensas con grandes arrastres de materiales en suspensión en las corrientes que se forman y son capturadas por el arroyo Atemajac.

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

Con base en el análisis del clima se puede comenzar a identificar la susceptibilidad a los peligros hidrometeorológicos que afectan al territorio municipal:

5.2.1. Susceptibilidad por ciclones.

En forma sencilla, un ciclón o huracán es un viento muy fuerte que se origina en el mar, que gira en forma de remolino acarreando humedad en enormes cantidades, y que al tocar áreas pobladas, generalmente causa daños importantes o incluso desastres, pero así mismo el principal mecanismo para llevar agua a los valles, mesetas y planicies interiores del estado y del occidente del país; la ubicación del municipio de Guadalajara en el interior del estado a 193 km al sur de la línea de costa hace que la **vulnerabilidad a estos procesos naturales originados en el mar sea bajo, y solo es afectado por ligeras precipitaciones y vientos moderados asociados a esos fenómenos.** Esencialmente un huracán se constituye como grandes sistemas de vientos en rotación y poseen características únicas de circulación, completamente distintas de los sistemas ciclónicos típicos de latitudes medias y de los tornados de escala menor, de las trombas marinas y de los remolinos de polvo; son fuertes vientos que se trasladan girando a gran velocidad, donde la presión atmosférica disminuye en su interior y adquiere una circulación rotacional organizada en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido opuesto en el hemisferio sur. Los ciclones se forman y se intensifican cuando están situados sobre océanos tropicales o subtropicales en ambos hemisferios, en donde la fuerza de rotación de la tierra (fuerza de Coriolis) es suficientemente fuerte para que se inicie el movimiento de rotación alrededor del centro de baja presión y cuyas temperaturas de agua a nivel de la superficie son de 27° C, o más cálidas. Las regiones ciclogénicas no son estables en cuanto a su ubicación, ya que ésta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, los que a su vez están influidos por las corrientes oceánicas frías (Corriente de California) y la contracorriente cálida ecuatorial (o Corriente de Costa Rica) en el Océano Pacífico.

La evolución de un ciclón tropical puede ser dividida en las cuatro etapas siguientes:

1) **Nacimiento (depresión tropical).** Primero se forma una depresión atmosférica, que se caracteriza porque el viento empieza a aumentar en superficie con una velocidad máxima (promedio en un minuto) de 62 km/h o menos; las nubes comienzan a organizarse y la presión desciende hasta cerca de las 1000 hpa (hectopascales).
2) **Desarrollo (tormenta tropical).** La depresión tropical crece o se desarrolla y adquiere la característica de tormenta tropical, lo que significa que el viento continúa aumentando a una velocidad máxima de entre 63 y 117 km/h inclusive, las nubes se distribuyen en forma de espiral y empieza a formarse un ojo pequeño, casi siempre en forma circular, y la presión se reduce a menos de 1000 hpa.
3) **Madurez (huracán).** Se intensifica la tormenta tropical y adquiere la característica de Huracán, es decir, el viento alcanza al máximo de la velocidad, pudiendo llegar a 370 km/h, y el área nubosa se expande obteniendo su máxima extensión entre los 500 y 900 km. de diámetro, produciendo intensas precipitaciones. El ojo del huracán cuyo diámetro varía

entre 24 a 40 km, es un área de calma libre de nubes. La intensidad del ciclón en esta etapa de madurez se gradúa por medio de la escala de Saffir-Simpson.

4) **Disipación (fase final).** Este inmenso remolino es mantenido y nutrido por el cálido océano hasta que se adentra en aguas más frías o hasta que entra a tierra firme, situación ésta última en la que el ciclón pierde rápidamente su energía y empieza a disolverse debido a la fricción que causa su traslación sobre el terreno.

Estadística de Huracanes.

Para esta fase del proyecto se consideraron solamente los huracanes de los últimos 25 años (1986-2011). En este período se generaron 87 ciclones tropicales de estos 31 (36%) pasaron a menos de 400 Km de las costas del estado de Jalisco y Colima, solo en 8 (9.1%) casos la trayectoria paso sobre las costas y 2 penetraron en el estado, el último fue el Huracán Jova el 12 de octubre del 2011.

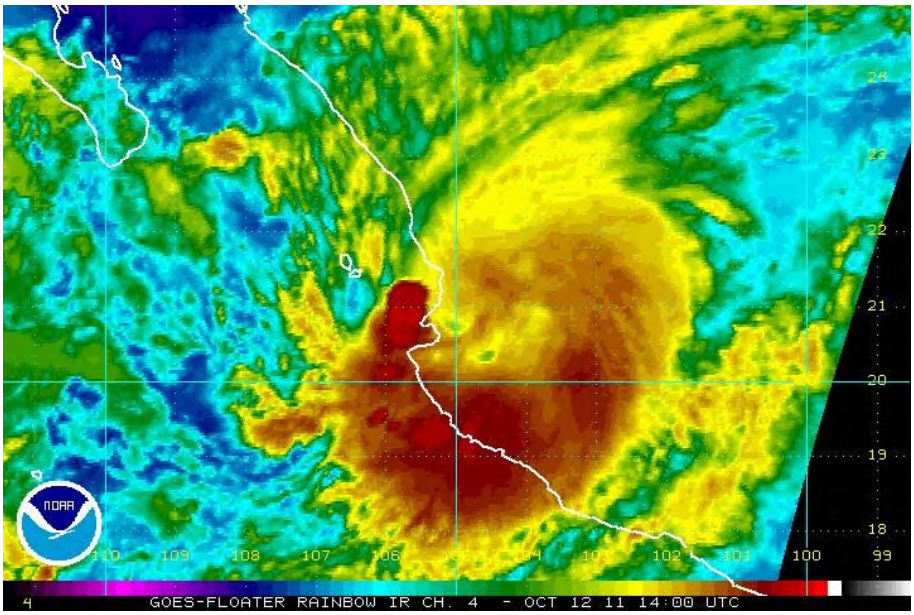


Figura 40. Imagen de la NOAA del huracán Jova del 12 de octubre del 2011 el cual atravesó el estado de Jalisco por su sector poniente, dejando lluvias ligeras en el municipio de Guadalajara.

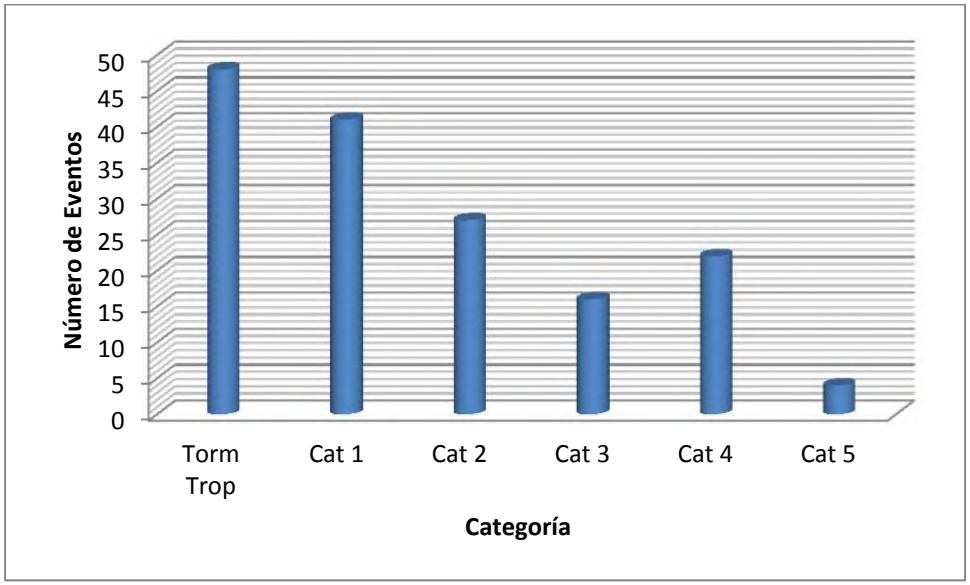


Figura 41. Número de ciclones tropicales formados en el Pacifico Oriental que han afectado las costas de Jalisco.

Los eventos que cuya trayectoria cruzó por las costas del Estado de Jalisco son:

Año	Nombre	Categoría
1987	Eugene	2
1990	Douglas	Tormenta Tropical
1992	Virgil	4
1993	Calvin	2
1996	Hernan	1
1999	Greg	1
2000	Norman	Tormenta Tropical
2002	Kenna	5
2003	Olaf	1
2005	Hillary	2
2006	Lane	3
2007	Henriette	Tormenta Tropical
2011	Jova	4

Cuadro: 20

De estos 13 eventos solo Jova cruzo con categoría de huracán el estado, generando solo lluvias ligeras en el municipio de Guadalajara.

Conclusiones

Los antecedentes históricos huracanes que han afectado al estado de Jalisco, ninguno de ellos ha afectado a la ciudad de Guadalajara, dejando solo lluvias ligeras y vientos moderados, por lo que el peligro a este tipo de eventos es bajo.

5.2.2. Susceptibilidad por Lluvias Torrenciales y eléctricas.

Según la Estación Guadalajara la precipitación máxima en 24 horas fue de 105.5 mm y se registró el 9 de julio de 1930; pero en promedio la lluvia máxima en un día es de 30.9 mm en junio, 47.2 mm en julio, 36.2 mm en agosto, 22.2 mm en octubre, 9.4 mm en diciembre, 14.2 mm en mayo.

Cuadro 21: Promedio de lluvia máxima (mm).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom
6.8	2.5	2.5	6.0	14.2	30.9	47.2	36.2	32.2	22.2	6.7	9.4	47.2

En la Estación Guadalajara, en promedio, se presentan 14.4 tempestades al año, pero se han registrado hasta 137 tempestades al año, siendo agosto el mes donde se presenta el mayor promedio de tempestades y también donde se han registrado el mayor número de tempestades al año; en promedio los meses libres de tempestades son febrero y abril.

La probabilidad de ocurrencia de tormentas severas y eléctricas es de 0.088 eventos por día en el temporal de lluvias de junio a octubre, estas generalmente se manifiestan por la tarde y noche y se asocian a fuertes precipitaciones.

En el 2011 entro en operaciones el radar doopler como parte del sistema de alerta temprana para tormentas severas, el cual esta instalado en el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, y cuyo objetivo es alertar de la presencia de núcleos de tormentas que pudiera ocasionar eventos severos que afecten a la Zona Metropolitana de Guadalajara con horas de antelación.

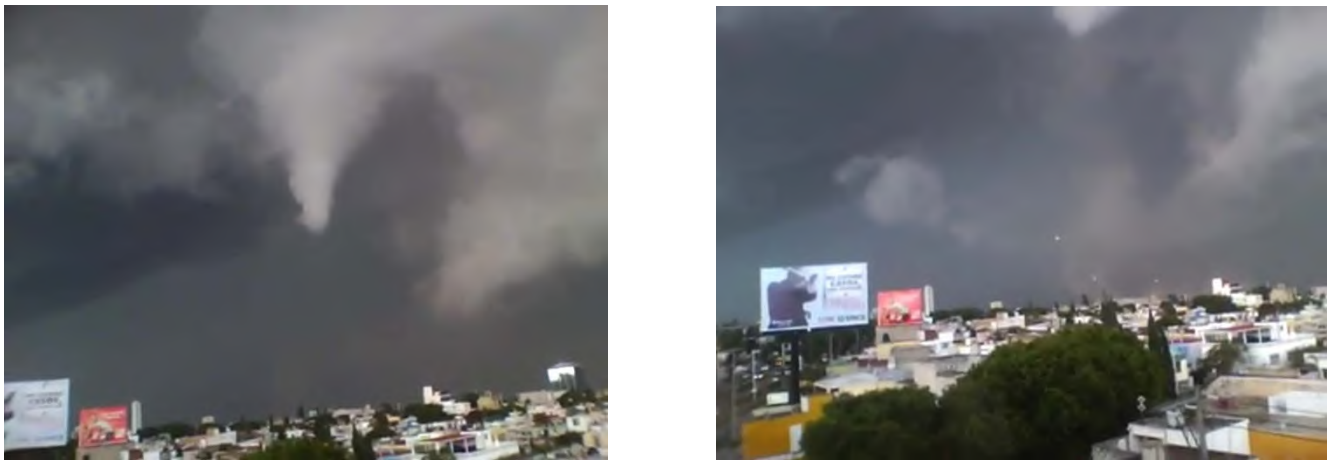


Figura 42. Tornado de dimensiones reducidas que afecto el Distrito Minerva el lunes 6 de septiembre del 2010, producto de una fuerte tormenta que afecto la zona durante la tarde, sin ocasionar daños.

5.2.3. Susceptibilidad a Sequias.

El fenómeno de sequía de acuerdo con el IMTA, 2007, se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico. El agua deja de fluir en ríos que normalmente no se secan y los lagos y lagunas se convierten en valles áridos. La vida se complica.

La lluvia precipitada en el municipio de Guadalajara en el 2011 fue de 857 mm que estuvo 154.2 mm por debajo de la media anual de 1,011.2 mm (CONAGUA), pero dado que Guadalajara es un municipio urbanizado, los efectos de una sequia no son sentidos en el corto plazo, dado que las fuentes de agua son el Lago de Chapala, el Sistema Presa Calderón-La Zurda y pozos profundos, en tanto los alimentos son transportados de otros municipios del estado y entidades del entidades del país.

Los efectos por la dotación de agua podría sentirse en el mediano plazo, en el caso de presentarse una sequia prolongado y que repercutiera en los niveles del Lago de Chapala y el la presa Calderón-La Zurda.

Históricamente el IMTA (2007, reporta que entre 1882 y 1910 hubo un total de 39 periodos secos, aunque se desconoce su duración exacta, entre los estados afectados estuvo Jalisco. Entre los efectos que se tendrían la falta de lluvias es el desarrollo de incendios forestales en las áreas montañosas cercanas a Guadalajara, como lo es la Sierra de la Primavera y el Cerro Viejo en Tlajomulco de Zúñiga, en caso de sucederse traería problemas ambientales con respecto a la calidad del aire.

De acuerdo con Hernández-Cerda, en Gay García (2000), el índice de severidad de sequia se calcula mediante el siguiente algoritmo:

I.S.= (SUMY-SUMX)/SUMX SUMY<SUMX

Donde: Y = Precipitación mensual registrada
X = Precipitación mensual normal (periodo 1950-2000)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Y	0	0	0	0	0	38.6	155.71	125.99	72.71	64.78	0	0	393.01
X	14.3	3.2	4.7	4.7	25.5	168.3	229.4	194.2	149	47.2	15.7	10.7	819.70

Cuadro 22.

SUMY= 393.01
SUMX= 819.7 Si SUMY - SUMX es menor de 0.0, hay sequía meteorológica

I.S.= -0.52

El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasificó en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). En este caso es severo para el municipio de Guadalajara en el año 2011.

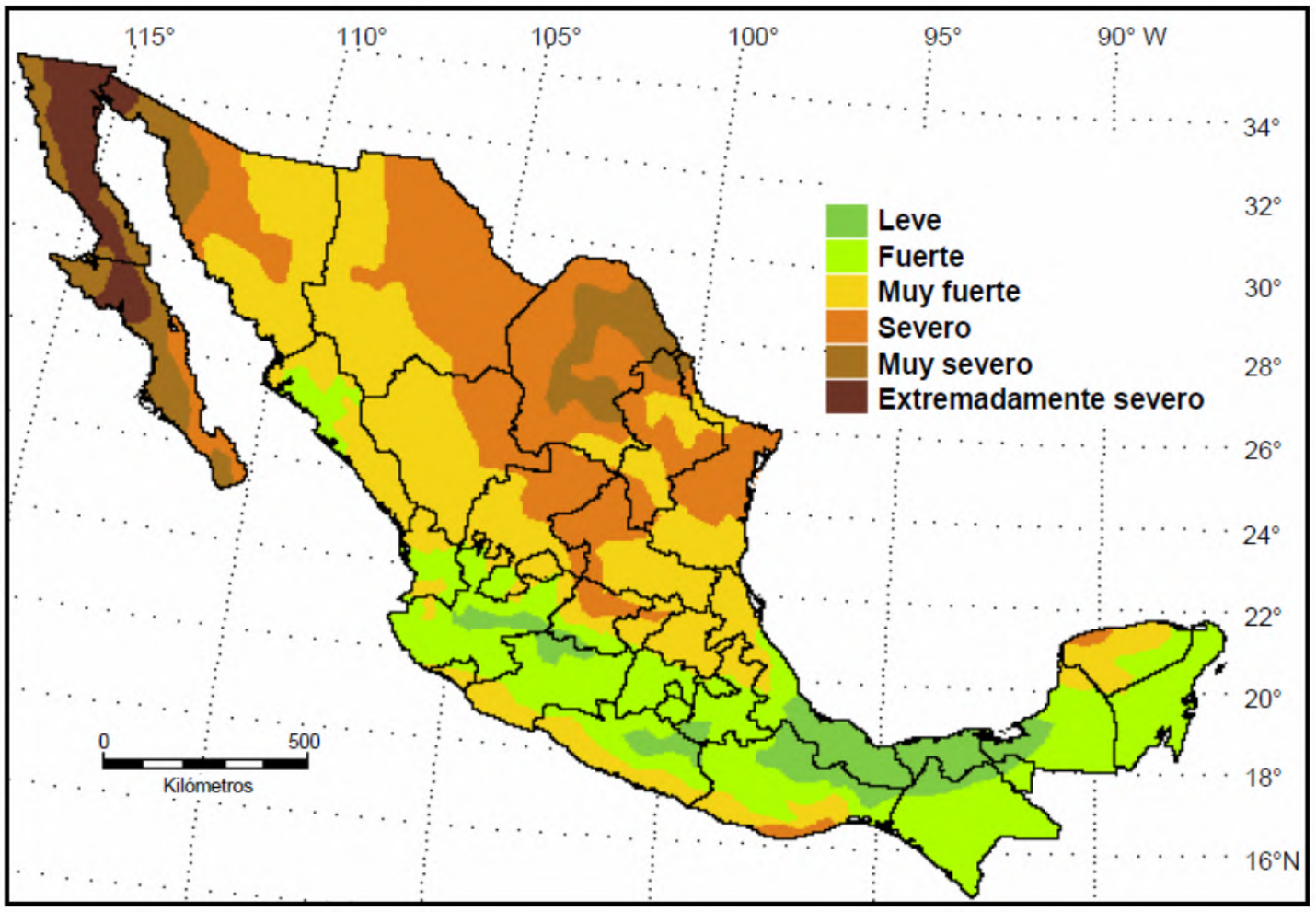


Figura 43. Los escenarios reportados para el año 2000 la sequia en Guadalajara se clasifico con un índice de severidad de sequía meteorológica de tipo leve.

Hernández-Cerda, en Gay García (2000), prevén escenarios futuros basándose en modelos climáticos de Circulación General GFDL-R30 (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*) y CCC (*Canadian Climate Center*), para simular los cambios en el equilibrio climático resultante del incremento de dos veces las concentraciones del CO_2.

Los datos de precipitación media mensual se ajustaron a los cambios planteados por los modelos GFDL-R30 y CCC para simular los efectos de un posible incremento de dos veces la concentración de CO_2. Esto se hizo al multiplicar los registros de precipitación media mensual de enero a diciembre de los treinta años estudiados por los cambios en porcentaje propuestos en condiciones de $2XCO_2$.

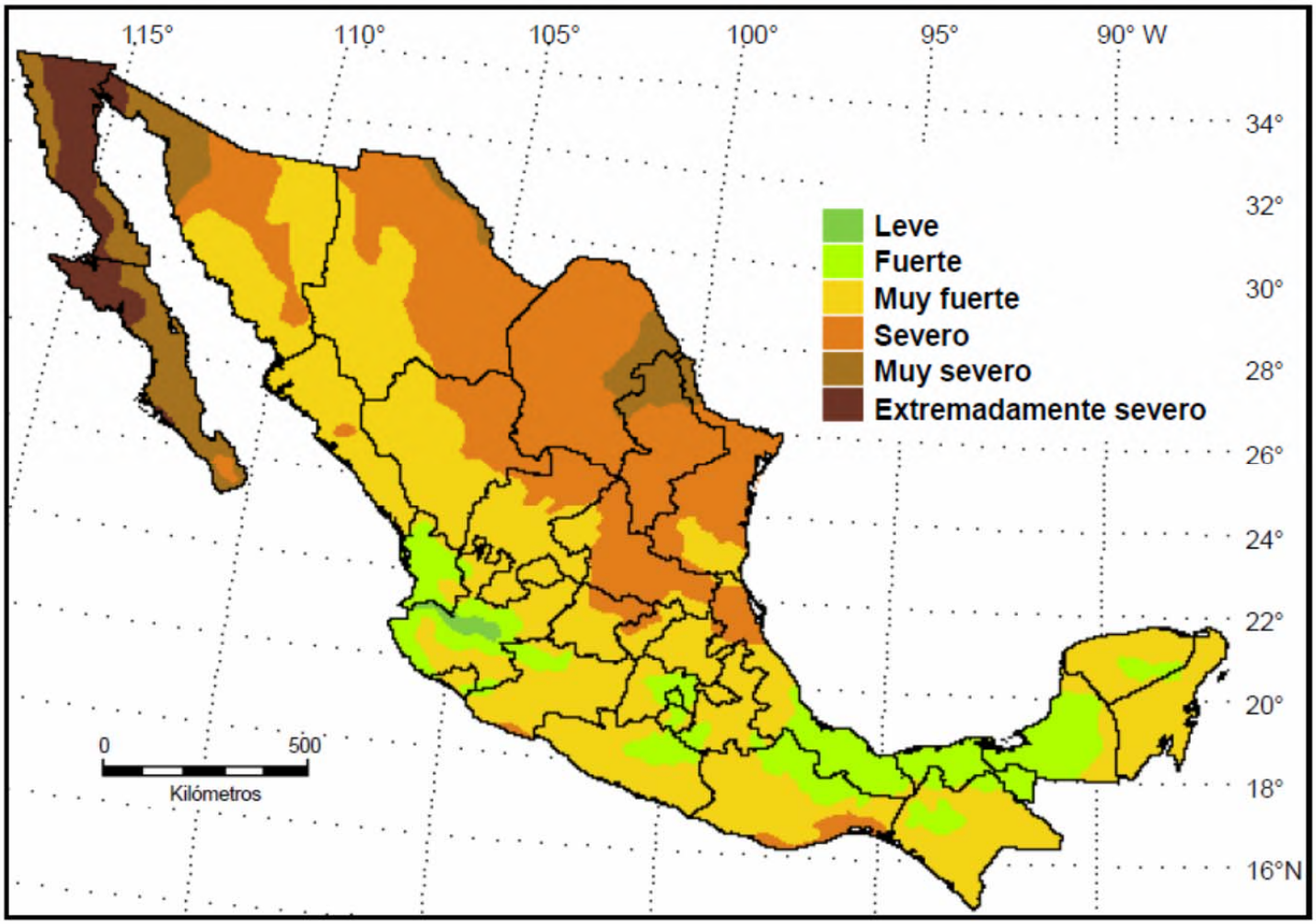


Figura 44. El índice de severidad de la sequia meteorológica en Guadalajara con el modelo CCC se clasifico como leve a fuerte, que es semejante con el modelo anterior.

Con la aplicación del modelo GFDL-R30 esta autora observo cambios muy contrastantes en el estado de Jalisco y sobre todo en el municipio de Guadalajara, al presentar un índice de severidad de muy fuerte, que es un poco superior al calculado para los datos del 2011 en el cuadro anterior.

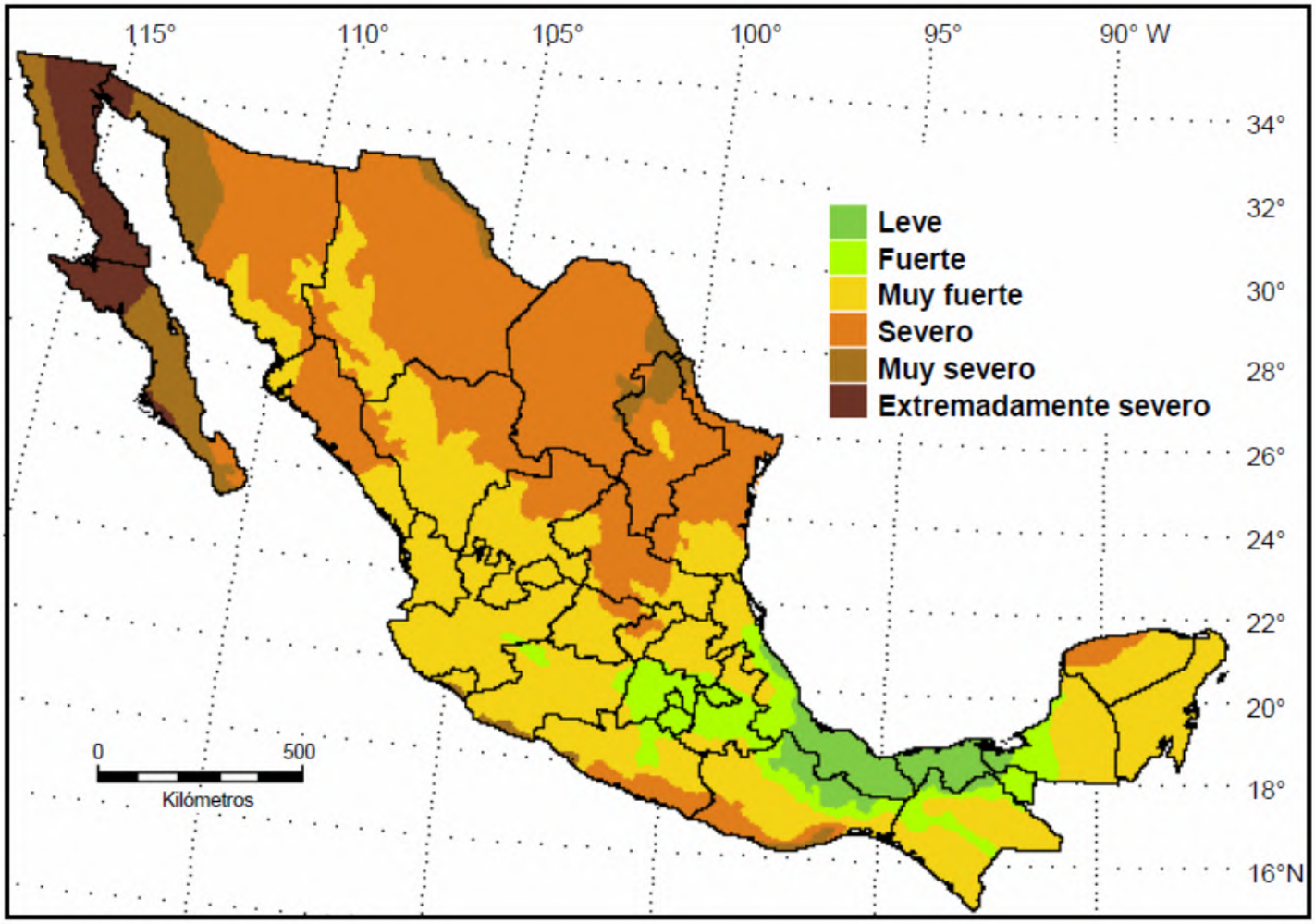


Figura 45. El índice de severidad de sequia meteorológica en Guadalajara con el modelo GFDL-R30 muy fuerte, que es clasificado como Muy fuerte, que de acuerdo con el calculo efectuado en la página 116 lo identifica como Severo, que es un rango previo al identificado por Hernández-Cerda, en Gay García (2000).

Conclusiones.

Con base en los resultados expuestos y reportados por Hernández-Cerda (2000) se observa que la región de Guadalajara y su región circundante se ve afectada por el incremento de severidad de la sequía, y la cual se típico como severa con el calculo efectuado con los datos de precipitación del año 2011.

Con estos pronósticos se deberá tener especial cuidado con la optimización de los recursos hídricos que abastecen a la ciudad, así como en las fuentes de suministros de alimentos, ambos elementos en caso de presentar desabasto podrían generar problemas sociales, políticos y económicos en la urbe.

En este caso la prevención es la única manera de mitigar los efectos de la sequia, con acciones como almacenar granos básicos, hacer un uso racional del recurso agua, desazolve de presas, y hacer campañas de difusión a la población en general para fomentar conciencia de este tipo de peligro hidrometeorológico.

5.2.4. Susceptibilidad por temperaturas máximas extremas.

La ubicación geográfica del municipio de Guadalajara favorecen sus condiciones climáticas, y las que incidieron de forma importante en su localización final en el año de 1542 en el llamado “Valle” de Atemajac, de acuerdo con los registros del Plan de Asistencia Técnica del Plan Lerma, la temperatura promedio hasta 1964 fue de 18.8°C, para el 2000 ascendió a 27.9°C de acuerdo con reporte del INIFAP y la CONAGUA. Este aumento de temperatura se debe probablemente al proceso de deforestación y urbanización que ha manifestado el municipio desde los 60’s y del cual ya ha sido referido en apartados anteriores.

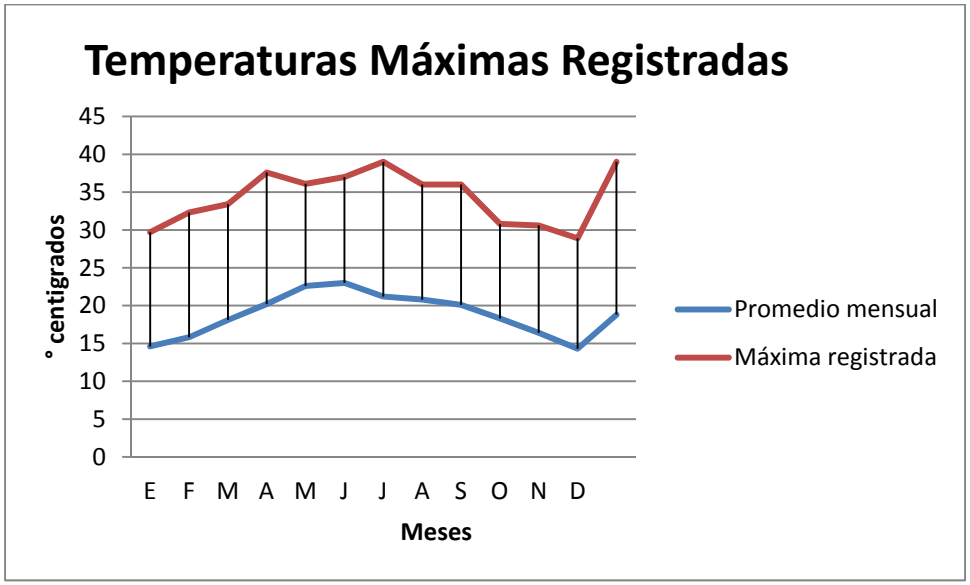
El registro de las temperaturas máximas registradas en el municipio varía entre 17.8°C y 12.5°C en los meses de julio y octubre, alcanzando temperaturas de 39.0°C. (Ver cuadro 23 y gráfica 16)

Esta tendencia de aumento de la temperatura, sobre todo en el verano va en aumento en la zona urbana y es consecuencia del proceso de deforestación que experimenta la ciudad, el aumento de parque vehicular y un aumento notable en la superficie pavimentada, la iteración de estos tres factores un aumento gradual de las temperaturas extremas en Guadalajara.

Otro elemento importante es la formación de islas de calor en diferentes puntos de la ciudad, las cuales presentan hasta cinco o seis grados con respecto a otras zonas de la ciudad donde existen parques y zonas arboladas. Las zonas más afectadas es la zona centro. Minerva, zona industrial y estacionamientos de plazas comerciales.

CUADRO 23: TEMPERATURAS MÁXIMAS EXTREMAS DE LA ESTACIÓN GUADALAJARA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	14.6	15.8	18.1	20.2	22.6	23.0	21.2	20.8	20.1	18.3	16.4	14.3	18.8
MAX	29.7	32.3	33.4	37.6	36.1	37.0	39.0	36.0	36.0	30.8	30.6	28.9	39.0
DIF	15.1	16.5	15.3	17.4	13.5	14.0	17.8	15.2	15.9	12.5	14.2	14.6	20.2



Gráfica: 16

5.2.5. Susceptibilidad por Vientos fuertes.

El peligro por vientos fuertes en Guadalajara se asocia a los sistemas de baja presión que afectan a la Zona Metropolitana de Guadalajara en la temporada veraniega, el peligro de vientos fuertes en el municipio se acota a los días de tormentas que son 14.4 en promedio en la temporada de lluvias, siendo la probabilidad de ocurrencia en este lapso de tiempo de 0.088 eventos por día en el temporal de lluvias de cinco meses.

CUADRO 24: DÍAS CON TORMENTAS PROMEDIO Y MÁXIMOS EN LA ESTACIÓN GUADALAJARA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	0.1	0	0.1	0	0.8	3.3	3.1	4.1	2.1	0.6	0.1	0.1	14.4
MAX	2	1	3	2	8	16	13	20	9	5	2	1	82

CUADRO 25: VIENTOS FUERTES ESTACIÓN GUADALAJARA REGISTRADOS EN EL AÑO 2011 (Km/hr)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
VIENTO PROM	6.7	8.6	9.4	10.4	10.9	8.1	6.7	7.5	6.6	6.0	7.0	6.3	6.98
VIENTO MAX*	-	-	-	-	-	56.5	42.8	32.5	42.6	-	-	-	-

*Vientos fuertes asociados a tormentas severas

Los daños ocasionados por este tipo de eventos meteorológicos extremos tienen una baja ocurrencia en la temporada de lluvias y se manifiestan aleatoriamente en la superficie del municipio, dado que son asociados a la formación de nubes cumulonimbos de desarrollo vertical que forman células convectivas, cuyas fases de madurez y derrumbamiento generan fuertes turbulencias en la superficie de la Tierra, y es cuando ocurren generan daños importantes como los que se observan en las siguientes fotografías de la tormenta del 29 de junio del 2011 que afecto parte del Distrito Huentitán en la zona del estadio Jalisco.

Figura 46. Fotografías de daños provocados por la tormenta del 29 de junio del 2011 con vientos fuertes que alcanzaron rachas de hasta 56.5 km/h

5.2.6. Inundaciones

Antecedentes:

El crecimiento urbano del municipio alcanzo sus límites en al año de 1993, este proceso como se ha referido fue controlado hasta la década de 1940 por elementos físicos como el sistema de barrancas de Alcalde-Barranquitas en el sector centro-norte y el sistema de barrancas de los Colomos en el sector poniente. En 1950 comienza la expansión de la mancha urbana y las fraccionadoras comienzan alterar el relieve, con el relleno de barrancas, rectificación, entubamiento y desaparición de cauces, relleno y nivelación de grandes superficies utilizando generalmente escombro deficientemente compactado.

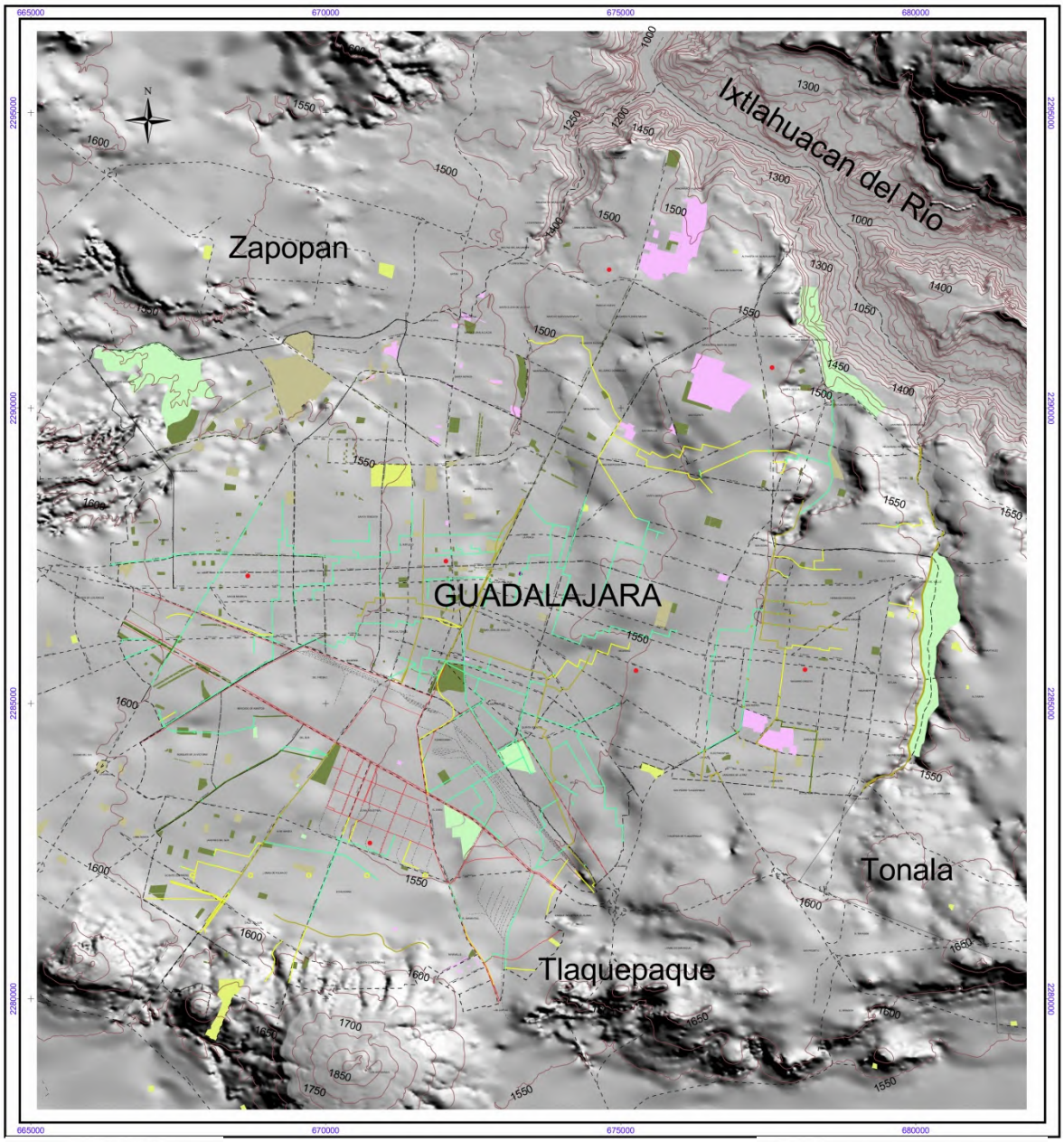
En estos “nuevos” terrenos se comenzaron a edificar entre 1950 y 1970 barrios y colonias, como La Perla al oriente de la Calzada Independencia, Barranquitas, Miraflores, Colinas de la Normal, esto en la zona de la Normal, más al norte Jardines Alcalde, la colonia Independencia, Monumental, La Federacha y Belisario Domínguez, y al poniente la colonia Providencia (ver mapa de crecimiento urbano).

Hasta antes de este proceso urbano las aguas pluviales escurrían por cuatro cauces y afluentes principales: el Atemajac, el río San Juan de Dios y los arroyos San Andrés de los Caños y Osorio, todos drenando sus aguas hacia el río Grande de Santiago en el límite norte del municipio. La alteración del relieve género que parte de estos drenes naturales desaparecieran o alteraron su morfología.

En la década de los 70 y 80 se construyeron 7 colectores que sustituyeron los cauces naturales referidos, y su diseño fue en base al periodo de retorno de 10 años que es de 40 mm/hr, su objetivo fue de tener una rápida conducción del agua precipitada en tormentas severas.

Los colectores fueron construidos para tener una operación combinada o bimodal, esto es llevan agua pluvial y agua residual producto de las 804,000 descargas domiciliarias de la ciudad. Actualmente se tienen 156 km de colectores principales, 152 subcolectores, 6,900 km de red de atarjeas (SIAPA, 2008). En la siguiente página se muestra el mapa de colectores de la ciudad.

MAPA DE RED DE COLECTORES



SIMBOLOGÍA

Ubicación de Colectores
- COL. 1.07
- COL. 1.22
- COL. 1.52
- COL. 1.90
- COL. 1976
- COL. 1961
- COL. 1991
- COL. Herradura 1.50
- COL. Herradura 1.60
- COL. Herradura 1.70
- Colectores Mayores
- Canal del SUR
- Ductos de PEMEX

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Limite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

A partir la década de los 90 la construcción de infraestructura de colectores a sido mínima en el territorio municipal, en cambio el desarrollo urbano ha continuado y sobre todo de los municipios de Zapopan y Tlaquepaque, municipios en donde se ubican las cabeceras de las cuatro microcuencas que drenan a Guadalajara. Estas características han propiciado la reducción de terreno natural y por ende la superficie de infiltración, lo que ha provocado la alteración del coeficiente de escurrimiento que ha alcanzado en una basta superficie hasta el 100%, lo que ha hecho poco operativo y obsoleto gran parte del sistema de drenaje y colectores de la ciudad (diseñado para precipitaciones de hasta 400 mm//hr) durante tormentas severas o prolongadas en el temporal de lluvias de verano y en las llamadas lluvias cabañuelas en el invierno.

Método:

La caracterización de las microcuencas que drenan el municipio, las características de los colectores realizadas en un estudio del CEA-SIAPA, El análisis e identificación de las zonas de inundación en el municipio se efectúo con la identificación del paelorelieve del municipio, esto es, como era el relieve del municipio previo a su urbanización. El análisis geomorfológico e hidrológico nos permitió localizar, identificar, y cartografiar los diferentes procesos que dan origen al peligro por inundación en el municipio de Guadalajara.

Los resultados se basaron en la elaboración del modelo de elevación del terreno con curvas de nivel a dos metros y 10 m, el análisis de las fotografías aéreas de la ciudad, tendiendo acceso a las imágenes de los años 1941, 1960, 1962, 1970, 1985, 1992 y 2004, el caculo del periodo de retorno, además de contar con bases de datos de inundaciones históricas por parte del SIAPA y de Bomberos del municipio. Con estos elementos se procedió a evaluar el grado de modificación del relieve, que barrancas fueron alteradas por relleno, como se modificaron los cuatro cauces originales que drenaban el municipio, las depresiones topográficas rellenadas, así como alteración de la red fluvial original por procesos urbanos.

Características de la red de colectores en las microcuencas.

La Comisión Estatal del Agua y el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado en el 2007, realizaron un diagnóstico del estado del sistema de colectores, y aquí se plantea un resumen de estas características.

Microcuenca del río San Juan de Dios.

Cuando se construyó el primer tramo del colector de San Juan de Dios, su capacidad fue calculada con base en los escurrimientos que se tenían entonces por ese río; que eran bastante limitados porque un gran porcentaje de su cuenca tributaria eran terrenos no habitados, de alta permeabilidad, en los que el porcentaje de escurrimiento hasta al arroyo troncal, era escaso. Sin embargo, con el crecimiento de la ciudad, las condiciones de la cuenca cambiaron por lo que la capacidad del colector fue rebasada. Se propuso seguir aprovechando este colector, pero se redujo su microcuenca tributaria natural de 11,893 Ha. hasta que ésta resultase de una magnitud adecuada a su capacidad.

Canal Interceptor del Poniente o Canal Santa Catalina.

Se construyó primeramente el Canal Interceptor del Poniente, llamado también Santa Catalina, para captar las aguas correspondientes al cerro del Colli en el municipio de Zapopan; pero se mezcló el concepto de control de aguas pluviales con aprovechamiento de las mismas para recarga de acuíferos por lo que no se previeron descargas controladas y se hizo funcionar por medio de infiltración, lo que prevalece a la fecha. Aunado a lo anterior no se cuenta con un programa formal de mantenimiento por lo que frecuentemente se tiene que recurrir a medidas de emergencia entre las que se encuentra el desazolve de la cubeta del canal.

El canal Santa Catalina se encuentra dentro de la cuenca del Arroyo Chicalote misma que subdivide al interceptar parte de los escurrimientos provenientes del cerro del Colli con objeto de regular las aguas de lluvia y disminuir los daños aguas abajo, principalmente en la avenida López Mateos. Aunque existe la intercepción de escurrimientos, ésta es hidráulicamente ineficiente y en temporal de lluvias el agua viaja libremente por las avenidas Mariano Otero, Guadalupe y Tepeyac así como por las avenidas de las colonias Mirador, Jardines y Ciudad del Sol estas en el municipio de Zapopan, en el límite con Guadalajara.

Como consecuencia de lo anterior, las avenidas Mariano Otero y López Mateos en el tramo localizado entre Mariano Otero y Lázaro Cárdenas, sufren frecuentes inundaciones por los escurrimientos no interceptados y por la topografía de la avenida López Mateos ya que originalmente era la carretera de acceso a la ciudad, viniendo de Morelia y la ciudad de México. Lógicamente la carretera fue construida con criterios de ingeniería que hicieron que quedara como un bordo sobre la topografía original, lo que no permite el desfogue de las aguas de lluvia en su tránsito hacia aguas abajo.

Además, el arroyo el Chicalote, que corría de poniente a oriente y que actualmente se canaliza principalmente por las calles Axayacatl y Popocatepetl, al toparse con la avenida López Mateos empieza a elevar sus niveles hasta que cruza la avenida para inundar Plaza del Sol y predios particulares por donde llega hasta Mariano Otero donde permanece hasta que se desfoga por la calle Topacio hacia las instalaciones del Club Hípico, la Expo-Guadalajara, el Mercado de Abastos y las colonias Residencial Victoria y Jardines del Bosque. Dadas las frecuentes inundaciones es evidente la incapacidad del canal Santa Catalina (Interceptor del Poniente) y de los colectores López Mateos (Poniente) y Mariano Otero (Auxiliar del Poniente) para detener y conducir estos excedentes.

Canal del Sur.

En la década de los cincuentas, en el año de 1955, se construyó el Canal del Sur cuyo origen se encuentra una cuadra al poniente de la Avenida Gobernador Curiel, muy cerca de donde se encuentra la planta potabilizadora denominada Miravalle, y llegaba hasta lo que hoy es la Central de Abastos. Debido al avance de la urbanización se decidió reducirlo hasta un poco antes de llegar a la Avenida Colón. El propósito original de este canal fue, de acuerdo con informes de aquel entonces, el de incrementar la infiltración al acuífero y regar 600 Ha no urbanizadas.

Más adelante, cuando se le dio la función reguladora de aguas pluviales, el Canal del Sur conducía las aguas hasta la presa del Dean por un arroyo natural que es el punto más bajo del canal y que al entubarse se convirtió en la calle 3 de Mayo por donde se desalojan las aguas hacia el pequeño vaso regulador 5 de Mayo cuyas compuertas permiten que el agua se descargue hacia un colector que va por la calle José Guillermo Carbo de aproximadamente un kilómetro de longitud que se une al colector cuya punta se inicia en el cruce de las calles Colón y J. Martínez Chavarría o Calle 1, de la colonia Lomas de Polanco.

Este colector continúa por la calle Pedro García Conde y Miguel Álvarez para cruzar diagonalmente por el rastro municipal y descargar en un canal a cielo abierto, ubicado sobre la calle Arroz que desemboca las aguas pluviales en el vaso del Dean. Con el Canal del Sur se pretende controlar los escurrimientos provenientes de unas 600 Ha de la cuenca alta cuyo parteaguas inicia en el cerro del Cuatro. Al iniciar su operación se dijo que su finalidad era funcionar como área de infiltración y control y con ello evitar las inundaciones de la zona industrial; además de conducir a dicha presa los excedentes del canal que llega desde Chapala a la planta potabilizadora de Miravalle.

La capacidad de control de avenidas del Canal del Sur es cuestionable dadas las frecuentes inundaciones que sufre la zona industrial. Se estima que el Canal del Sur, además de su ineficiencia hidráulica para interceptar los escurrimientos, a lo largo de su recorrido presenta zonas bajas o columpios que impiden que el flujo sea continuo hacia el vaso 5 de Mayo por lo que se presentan derrames cuyo flujo principal encuentra su recorrido por las avenidas Gobernador Curiel y 8 de Julio, lo que provoca un caos vial que hace punto menos que intransitable la zona durante las tormentas severas. Con el tiempo el Canal del Sur se ha rodeado de construcciones y puentes peatonales que permiten ver constatar que la basura y los azolves hacen menos eficiente su funcionamiento hidráulico.

En la parte poniente del canal y de la avenida 8 de Julio, a la altura del cruce de las calles Jesús Reyes Heroles y Rafael Molina, baja un importante arroyo del Cerro del Cuatro que cuenta con un pequeño almacenamiento denominado Bordo del Cuatro, cuya capacidad podría llegar hasta 100 mil m^3 y cuya ubicación es muy importante para el control de las aguas de esta cuenca. Desafortunadamente se encuentra en muy malas condiciones, rodeado de colonias por cuyas calles transita la basura hacia el vaso. Además por el centro del cauce se han construido dos colectores de aguas residuales que será necesario reubicar para rescatar su capacidad de regulación. Las aguas superficiales al no ser interceptadas en su totalidad por el Canal del Sur, inundan la zona industrial y junto con las aguas excedentes del Chicalote y del Santa María, escurren hacia la presa del Dean, que al llenarse es incapaz de detener la inundación de la Colonia Ferrocarril que se ubica en la parte más baja de este tramo de la cuenca.

De acuerdo con información proporcionada por la Asociación de Usuarios de la Zona Industrial de Guadalajara, las empresas instaladas sufrieron pérdidas en sus inventarios del orden de 12 millones de pesos en el año 2005. La zona industrial cuenta con 486 empresas y ellas laboran 62,500

personas que frecuentemente se ven imposibilitadas a llegar o salir de su trabajo en tiempo de lluvias. Entre julio y septiembre de 2006 emplearon 520 toneladas de cemento asfáltico para reparar daños causados por las inundaciones. En esa misma temporada el crucero de la calle 5 y Avenida 8 de Julio fue reparado en tres ocasiones ya que la corriente pluvial arrancó la carpeta asfáltica y la base hidráulica en una superficie de 120 metros cuadrados. A lo anterior se añade el daño a decenas de vehículos que se ven atrapados por el agua.

En sus inicios, a partir de 1955, la zona industrial se encontraba fuera de la ciudad de Guadalajara y no existía problema de inundación. Sin embargo, a partir de la década de los sesentas se empezaron a advertir las inundaciones, cuando se construyeron las zonas habitacionales al sur y al poniente del parque industrial y desafortunadamente desapareció la red hidrográfica primaria constituida por los arroyos Chicalote, Santa María y Arroyo de la Longaniza a cambio de una red de colectores que a todas luces es insuficiente.

El vaso de la presa el Dean se construyó en el año de 1955 con el doble propósito de aliviar la carga del colector San Juan de Dios así como de incrementar la infiltración. Sin embargo, la administración municipal Guadalajara de 1973 destinó el vaso a tiradero de escombro con lo que se estima se perdió un 30 % de la capacidad del vaso. Desde entonces, el vaso recibe muy poca atención ya que durante el invierno permanecen aguas residuales sin tratamiento que son aprovechadas por aves migratorias.

Actualmente el vaso se encuentra protegido dentro del parque Liberación y tiene una superficie de 27 Ha. su capacidad de almacenamiento es de 250,000 m^3. El vaciado de la presa se lleva a cabo por medio de una compuerta ubicada sobre la cortina que da paso a tres tubos de 1.07 metros de diámetro. La capacidad real de descarga está limitada más adelante por un solo tubo que conduce las aguas al pequeño colector de la calle 13 de la colonia Ferrocarril cuya capacidad es de apenas m^3/s. El tránsito de las aguas hacia el lado norte de las 11 vías del ferrocarril es muy limitado y se hace a través de una sección cuadrada autorizada por la oficina del ferrocarril en la ciudad de México. Esta estructura se ha convertido en un gran cuello de botella que provoca frecuentes inundaciones desde la calle 9 hasta la calle 13 de la colonia ferrocarril. En tanto no se desalojan las aguas que inundan la colonia Ferrocarril por el citado conducto, la compuerta del vaso del Dean permanece ahogada, lo que provoca inundaciones en la Avenida Lázaro Cárdenas hasta por seis horas.

Colector del Poniente o López Mateos.

Como parte del plan original de los sesentas, para reducir las aportaciones de la cuenca tributarla del río de San Juan de Dios y evitar las inundaciones que se podían presentar en la zona céntrica, se construyó el Colector del Poniente o López Mateos que inicia a la altura del fraccionamiento Pinar de la Calma con 4.5 m^3/s y descarga sus aguas combinadas al colector Patria Poniente que continúa por esta avenida hasta Federalismo donde poco después escurren al Arroyo de Atemajac, afluente del río de San Juan de Dios. La confluencia de estos dos ríos se localiza aguas abajo del periférico, justo donde inicia el tramo de fuerte pendiente de la barranca de Oblatos, antes de su desembocadura al río Santiago. La capacidad de descarga del colector López Mateos en el punto de

descarga al colector Patria es de 42 m³/s y se localiza frente de la calle Lomas Grandes, a 536.50 metros aguas arriba de la Avenida Federalismo y 1,239.70 metros aguas abajo de la presa Zoquipan.

La longitud total del colector López Mateos es de 10.5 kilómetros. A lo largo de su trayecto este colector recibe las descargas por margen izquierda de los subcolectores Axayacatl con 5.1 m³/s, Tepeyac, Guadalupe y Las Torres con 12.6 m³/s, Av. México con 12.0 m³/s y Jesús García con 2.6 m³/s. Por margen derecha, en el cruce de la calle Isabel Prieto con la Avenida López Mateos, este colector recibe las aguas del colector auxiliar del Poniente, cuyo caudal es de 9.0 m³/s y cuatro cuadras después del nodo Colón las del colector Mar de Bering con 2.6 m³/s. Se supone que el colector López Mateos drena las aguas de la cuenca que se ubica entre el Boulevard Cordilleras, donde se ubica el colector del Colli, y la Avenida López Mateos. Sin embargo dadas las deficiencias en la construcción del Colli, aún se registran inundaciones en la colonia Paseos del Sol y la propia colonia Ciudad del Sol dado que las aguas que no son captadas por ese colector o por el Canal Santa Catalina transitan por las avenidas Axayacatl y Popocatepetl e inundan el carril poniente de la Avenida López Mateos y frecuentemente rebasan la vialidad para inundar el centro comercial Plaza del Sol.

Cuando las aguas quedan atrapadas en este sector transitan por la Avenida Plaza del Sol e inundan las instalaciones del Colegio Guadalajara y dos grandes predios baldíos al norte. De acuerdo con la topografía del lugar el antiguo cauce del Arroyo Chicalote se encuentra frente a la calle Popocatepetl, precisamente donde se ubican dos predios particulares, uno de ellos es conocido como de Emuda, que frecuentemente se utiliza para la llegada de espectáculos de circo a la ciudad. En la parte oriente de este predio se ha construido una barda limítrofe por donde circulan las aguas hacia Mariano Otero, donde la barda cuenta con varias ventanas que trasladan y empeoran el problema hacia esta muy transitada avenida. Los otros dos predios que se ubican al sur corresponden uno a un particular y el otro al Colegio Guadalajara que durante el verano de 2007, al igual que un restaurante de Mariano Otero, sufrieron graves pérdidas por inundación al detenerse y almacenarse el flujo que alcanzó tirantes superiores a los dos metros. La única posibilidad de drenar estas aguas consiste en bombear las aguas y mediante un pequeño conducto que atraviesa el Hotel Fiesta Inn, descargarlas a la avenida Mariano Otero. En los tres predios mencionados se considera que la solución debe orientarse a la construcción de un depósito de detención suficientemente grande para detener los grandes volúmenes que transitan por lo que era el antiguo cauce y cuya descarga deba conectarse al colector López Mateos o a su auxiliar, con gastos reducidos que pueden incrementarse pasado un tiempo razonable para evacuar los excedentes mediante bombeo

De igual manera que en la avenida López Mateos, se puede apreciar que en Mariano Otero, frente a la calle Topacio, se localiza el antiguo cauce del Arroyo Chicalote. En las grandes tormentas el tráfico se desquicia en esta zona y el agua transita por la calle Topacio inundando las Colonias de la Victoria, el Club Hípico Tapatío, el estacionamiento de la Expo Guadalajara, el conjunto habitacional Mariano Otero y un campo de fútbol del Club Guadalajara donde se construyó un conducto cerrado que funciona de manera deficiente. En este predio se recomienda la construcción de un depósito de detención hundido, de tal manera que permita la práctica del deporte durante los meses de estiaje. La punta del colector Chicalote inicia en la calle Topacio, frente al Club Hípico Tapatío con un gasto

de 5.0 m³/s, cruza por el mismo Club y la Avenida Paseo de las Arboledas hasta la calle Chicalote, por donde llega hasta la Central de Abastos y continúa por Lázaro Cárdenas y se conecta al colector Colón que más adelante se denomina Colector Intermedio del Poniente, que corresponde al túnel que supuestamente era la solución definitiva a las inundaciones de la zona metropolitana.

Túnel Colector Intermedio del Poniente.

Entre los años 1974-1975 se construyó el Túnel Colector Intermedio del Poniente que descarga aguas combinadas en el vertedor-desarenador cercano a la prolongación de la Avenida Alcalde. El problema más urgente a resolver para dar solución al drenaje del área central de la ciudad era el Colector Intermedio del Poniente en su tramo comprendido entre la Avenida Washington al sur y la glorieta de Tránsito, al norte con una longitud de 5 Km. y diámetro exterior máximo de 5.34 metros excavado a una profundidad promedio de 25 metros, destinado a dar servicio a un área de 2,500 Ha con un gasto de 80 m³/s en el tramo mencionado. La obra del túnel se construyó desde la glorieta de Tránsito hasta la avenida de la Paz y la continuación del colector hasta la avenida Washington fue construida de manera convencional, a cielo abierto.

Desde la Avenida Washington hacia el sur el colector se ubica en el carril poniente de la Avenida Colón con un gasto de 38 m³/s hasta Lázaro Cárdenas y su capacidad disminuye gradualmente hasta llegar a 20 m³/s en la Avenida Patria. Sin embargo, de acuerdo con reportes de supervisión de aquel entonces, durante la construcción del colector Colón en un tramo de 138.4 metros localizado a la altura de la calle Rosario Castellanos no se respetó la pendiente del proyecto que era de 0.0021 y en su lugar se construyó con pendiente de 0.00062 lo que implica que el colector está casi horizontal y el gasto máximo que puede conducir es de apenas 12 m³/s en lugar de los 20 originalmente proyectados. Durante las tormentas severas la zona entre esta calle y la de Isla Pantenarias, sufre inundaciones por el agua que escurre en la cuenca del desaparecido río Santa María, cuyo parteaguas al sur y al poniente se extiende por los cerros del Cuatro y del Chapulín hasta el cruce del periférico con la avenida Mariano Otero. El agua que no cabe por los colectores López Mateos e Intermedio del Poniente circula por las calles que vienen del poniente y al llegar a la avenida Colón se detiene por la presencia del Tren Ligero que se encuentra protegido con un muro de unos 70 cm. Para dar paso al agua se construyeron dos bloques de alcantarillas de 10 tubos de unos 30 cm. de diámetro cada uno que con dificultad permiten el paso de un escaso gasto hacia la parte oriente de la vialidad donde se localiza la punta del colector de la calle 1 o Joaquín Martínez Chavarría de la colonia Polanco, que a su vez conduce las aguas pluviales hacia el vaso del Dean.

La interacción del Tren Ligero con el sistema de drenaje de la ciudad ha sido un factor negativo para el funcionamiento de las obras hidráulicas. En el mes de Abril de 1992 un derrame de gasolina de la planta de Pemex ubicada en la esquina que forman las avenidas de Lázaro Cárdenas, Juan de la Barrera y 18 de Marzo de la zona industrial Higuerillas-El Álamo permaneció en el colector Intermedio del Oriente por espacio de varios días atrapado por los trabajos de construcción del sifón intermedio del Poniente ya que se instaló un tapón en este colector para poder conducir los gastos del drenaje sanitario por el sifón del colector San Juan de Dios, previamente construido. De manera natural los vapores de gasolina imposibilitados para transitar por un sifón se fueron acumulando

hasta que se provocó una explosión de consecuencias trágicas. Las explosiones en el sistema de drenaje sanitario ya habían sucedido en 1984 en el colector de la calle Sierra Morena. El hecho es que la línea 2 del Tren Ligero construyó 11 sifones y otros dos más en la línea 1, que se considera prioritario eliminar, por seguridad del sistema de drenaje. El Colector Intermedio del Poniente, en el tramo de la Avenida Colón recibe por margen izquierda las descargas de los subcolectores La Cruz con 4 m³/s, Chicalote y Las Torres con 8 m³/s y El Mezquite con 1.45 m³/s. En el tramo que se ubica a partir de la Avenida Washington recibe las descargas de los subcolectores Mexicaltzingo con 7 m³/s y 28.6 m³/s de diversos subcolectores, entre los que destaca el de las avenidas México y Federalismo que descargan a la altura de la calle Artesanos.

Colector Intermedio del Oriente.

Al lado oriente de la Calzada Independencia se construyó el colector Intermedio del Oriente que junta sus aguas con el colector San Juan de Dios a la altura de las calles Montes Jura y Normalistas. En este punto el colector San Juan de Dios también recibe por margen izquierda 8.2 m³/s del colector Jesús García. A partir de Montes Jura el colector San Juan de Dios continúa por la margen derecha de la canalización construida sobre la avenida Normalistas. Unos mil quinientos metros aguas abajo el colector principal San Juan de Dios, a la altura de la calle Prolongación Patria, recibe las aguas del colector Talpita-Federacha por margen derecha y continúa hasta el periférico, con capacidad de 142.0 m³/s. En este punto las aguas residuales del río San Juan de Dios, junto con las descargas del arroyo Atemajac, son captadas por la obra de toma de la CFE y conducidas hasta el tanque regulador de la hidroeléctrica de Agua Prieta localizado 2 kilómetros al poniente de este sitio.

Sobre la margen izquierda del río San Juan de Dios, a la altura de la calle Prolongación Patria, se construyó otro colector marginal que recibe las aguas del colector la Patria Poniente cuya capacidad es de 11.0 m³/s y que fue diseñado con la idea de quitarle gasto y carga contaminante al cauce principal del arroyo Atemajac mediante una estructura vertedora localizada en el cruce de las calles Lusitania y calle Prolongación Patria. Sin embargo dados los remansos que provocaba esta estructura se tuvieron problemas de inundación en la colonia Santa Elena por lo que se optó por removerla. Los datos referentes a los volúmenes de agua captados por lo interceptores se resumen a continuación.

El antiguo colector de San Juan de Dios, con una sección H = 3.8 m y un gasto de 64 m^3/s. y el interceptor Intermedio del Oriente, con un H = 3.3 m y un gasto de 56 m³/s concurren a una caja de enlace ubicada en la calle Montes Jura del fraccionamiento Independencia. A partir de ésta, el caudal de ambos a lo largo de 1,858 m escurre por un solo colector de sección H = 5.0 m. A este colector se incorporó también el colector Jesús García, con un gasto de 8 m³/s. El nuevo colector de H =5.0 m cuenta con una capacidad de 142 m^3/s y está diseñado para drenar el caudal que aportan las cuencas tributarias acumuladas de los colectores que a éste concurren, más la correspondiente al tramo del nuevo colector que continúa con el nombre de San Juan de Dios. En la descarga actual de este colector se suman los caudales de los colectores Patria Oriente 11 m^3/s y 31 m^3/s del colector Talpita Federacha, para lo cual se construyó una caja de enlace y la prolongación del nuevo colector, con una sección de H = 5.3 m y una capacidad de 166 m³/s hasta su descarga en la cortina de la

presa derivadora Rancho Nuevo, en la cota prevista para la conducción de las aguas residuales al vaso de regulación para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica.

En síntesis, los interceptores construidos para reducir la cuenca hidrológica del río de San Juan Dios (15,206 Ha) a tan solo 2,968 Ha. que representan su actual cuenca hidráulica, captan el escurrimiento de 12,238 Has cuyo gasto, según la formula de Mac Math, el gasto es de 190 m^3/s. Se supone que este gasto no llega al colector de San Juan de Dios que solo puede desfogar los 64 m3/s antes consignados.

Microcuenca del Arroyo de Atemajac.

El arroyo de Atemajac se une al río de San Juan de Dios antes de la descarga de éste al río Santiago y su confluencia se ubica dentro de la barranca de Oblatos, frente al poblado de la Experiencia. En la parte plana del valle, que corresponde a la zona urbana, ambos arroyos tienen su propia cuenca. En la actualidad la cuenca baja del Arroyo de Atemajac se encuentra totalmente urbanizada y dada su ubicación dentro del contexto de la ciudad presenta diferentes facetas:

La cuenca se encuentra dentro de dos municipios, sin que las acciones de infraestructura hidráulica tengan una coordinación clara y eficiente entre los Ayuntamientos respectivos. El cauce del arroyo en la parte baja sirve de límite entre ellos. Zapopan norte en el tramo de Federalismo hasta avenida Alcalde y Zapopan poniente de Alcalde a periférico. El municipio de Guadalajara se encuentra al sur del cauce en el primer tramo mencionado y al oriente en el segundo tramo. La ocupación del suelo dentro de la cuenca se encuentra regulada por los planes parciales de los municipios, pero la protección de canales, cauces y zonas de almacenamiento no están debidamente reglamentadas ni vigiladas, por lo que son susceptibles a invasiones y a problemas con los escurrimientos.

La infraestructura hidráulica se encuentra en buenas condiciones pero existen algunas zonas que aún permanecen como colonias “irregulares” a las que se ha dotado de infraestructura sin que a la fecha se haya completado. El programa de colectores en la zona no ha sido completado en su totalidad y existen reclamos para su conclusión. Hasta la fecha las aguas residuales corren por el cauce del arroyo desde Alcalde hasta el periférico aunque recientemente se construyó un tramo de colector por margen derecha, unos 300 metros aguas abajo de Federalismo y unos 190 metros aguas arriba de Alcalde. La ubicación de éste último tramo no coincide con el proyecto original en el cruce de Alcalde, que consideraba la rectificación del cauce del río para llevarlo unos 50 metros hacia el norte, fuera del cauce actual, por donde sería más sencillo el cruce de la avenida Alcalde y permitiría mantener recto el cruce de la avenida Patria.

El colector de drenaje sanitario de la margen derecha que falta por hacer en el tramo Federalismo-Alcalde requiere de al menos otros 500 metros pero su terminación es más complicada ya que se enfrenta al problema de resolver las invasiones a la zona federal del cauce, misma que se presenta en ambas márgenes por lo que se sugiere revisar el proyecto y proceder de manera legal para disponer de estas áreas y poder ejecutar las obras hidráulicas que hacen falta. Se considera necesario establecer un estricto control de descargas a los colectores sanitarios, en especial en la

zona del mercado de Atemajac ya que se utiliza el arroyo como basurero donde descargan varios obradores con altos riesgos a la salud. Por otro lado, aún no se concluye la avenida Patria, que constituye el circuito interior de la ciudad. Tanto el tramo de Federalismo-Alcalde así como el de Alcalde a Periférico del arroyo de Atemajac se encuentran invadidos en las colonias Villas Alcalde de Zapopan y Santa Elena y División del Norte de Guadalajara.

Microcuenca de San Andrés o de los Caños o Cuenca del Oriente.

La cuenca de San Andrés se ubica al oriente de la de San Juan de Dios y descarga directamente al río Santiago a través del Arroyo de San Andrés. Tiene una superficie de 3,275 Ha, aun cuando la cifra oficial es de 2,137 Ha. Esta cuenca tiene una delimitación clara y muy diferente a las cuencas divididas de San Juan de Dios. Los colectores que se construyeron en esta microcuenca, al igual que otras fueron calculados con datos de precipitación y escurrimiento muy reducidos, tal como se hizo en la década de los setentas con otros colectores.

En este cauce se construyó el colector denominado Oriente, que drena desde la cabecera municipal de Tlaquepaque, hasta su descarga directa a la barranca en el extremo de la Unidad Tetlán-Río Verde del Infonavit. Originalmente el tramo de la Unidad Cuauhtémoc del Infonavit era un canal de sección rectangular con muros de mampostería pero la terminación del colector permitió construir la avenida Plutarco Elías Calles donde se aloja un desagüe en el centro de la vialidad. En el tramo que se localiza entre Balcones de Oblatos y la Unidad Tetlán-Río Verde se construyó otro canal de drenaje pluvial que ha resultado insuficiente para drenar de manera eficiente los excedentes que no caben en el colector del Oriente.

La avenida Plutarco Elías Calles del municipio de Guadalajara constituye la principal ubicación del colector que drena esta cuenca y tiene una longitud de 9,271 metros. Este colector descarga a la barranca de Oblatos a la altura de la calle Hacienda de Mata y periférico, justo al poniente de la Academia de Policía. Un poco antes de su descarga se construyó una caja de concreto de aproximadamente 4 metros de ancho 4 de largo y 4 de profundidad cuyo objetivo estuvo orientado a la transferencia de volúmenes de aguas residuales hacia el vaso regulador de la hidroeléctrica de Agua Prieta pero aún falta construir el túnel que servirá para conducir las aguas hasta la descarga de los arroyos San Juan de Dios y Atemajac donde ya se derivan las aguas hasta el sitio de aprovechamiento en generación de energía eléctrica.

En un recorrido del colector hacia aguas arriba (al sur en este caso) se inicia por la calle Ángel Albino Orozco después por la calle Hacienda Ciénega de Mata para llegar al cruce con la calle Hacienda de Tala que es un punto altamente conflictivo que año con año registra niveles de al menos un metro de inundación e impide el paso de las personas que intentan cruzar de oriente a poniente o viceversa de esta populosa zona de colonias de la zona de Oblatos. En este punto el colector Oriente llega con una sección herradura de 3.10 metros y tiene capacidad para conducir hasta 48.5 m³/s mientras que el gasto hacia aguas abajo se reparte en la continuación del colector del mismo diámetro pero por el cambio de pendiente solo puede conducir 18.5 m³/s y un canal revestido con mampostería de escasa capacidad que hace difícil el tránsito de las aguas hacia la barranca. De hecho se reportan graves

problemas de inundación en la margen izquierda del cauce revestido del arroyo San Andrés, particularmente en la colonia Oblatos a la altura de la calle Hacienda la Calera, según los vecinos por la escasa capacidad del colector de la calle Joaquín Amaro pero la realidad es que la descarga de los ramales que llegan por margen izquierda al cauce del arroyo San Andrés quedan ahogados por los tirantes tan altos que se registran en el canal revestido y en el cruce de las calles Hacienda de Tala y Hacienda de Mata.

A partir de Hacienda de Tala el colector principal Oriente sube por la calle Hacienda Ixcuintla hasta Hacienda Higuera en un tramo de fuerte pendiente por donde sube hasta la avenida Plutarco Elías Calles y José María Iglesias, donde se encuentran los restos de la cortina de la desaparecida presa de Oblatos. Con dirección sur el colector llega hasta la calle de Fray Manuel de Navarrete con una sección herradura de 2.70 metros y capacidad de 36.0 m³/s. En este tramo de la avenida Plutarco Elías Calles se construyó un canal al centro que hace que las aguas excedentes se desalojen con altas velocidades que agravan la crisis de la zona baja de la cuenca. A partir de Fray Manuel el colector da vuelta al poniente hasta la calle de El Cairo y se dirige al sur por dos cuadras hasta Rómulo Velasco donde se va por una cuadra hacia el oriente hasta Manuel M. Ponce. Después de cruzar la avenida Javier Mina mediante un sifón invertido, se dirige hacia el sur con sección herradura de 2.40 m y gasto de 19.5 m³/s. El colector Oriente llega a la avenida Historiadores con sección herradura de 1.70 m y gasto de 10.0 m³/s. De esta avenida se dirige hacia el oriente por tres cuadras hasta llegar a la calle Luis Alfaro Piña donde toma hacia el sur en un recorrido de 1.6 Km. con sección circular cuyo diámetro es de 1.07 metros y gasto de 3.42 m³/s hasta la calle del Bosque donde continúa hacia el sur. Esta calle cambia el nombre a Guadalupe Victoria hasta terminar en la calle Mariano Matamoros.

Haciendo un recorrido por la microcuenca, está claro que faltan varios ramales de colectores y dar solución a varios puntos de inundación. Destaca entre ellos la concentración de escurrimientos en el cruce de las avenidas San Jacinto y Revolución. En este punto se encuentra la conocida Glorieta del Charro donde se concentran los escurrimientos de la cuenca alta a través de las avenidas río Nilo, Revolución y Niños Héroes o San Rafael. Estos escurren hacia aguas abajo por la avenida San Jacinto y calles paralelas de las colonias residencial San Andrés, Tetlán y San Andrés Gigantes hasta atravesar las avenida Gigantes y Javier Mina para llegar a la colonia Rinconada de San Andrés donde con frecuencia se presentan niveles de inundación superiores a 1.50 metros con los daños consecuentes. En esta zona, en particular en la del parque San Rafael, debe aprovecharse la existencia de varios campos deportivos para adecuarlos de tal manera que se pueda disponer de un depósito de detención suficientemente grande para regular los grandes flujos de agua que hacen daño a las colonias de la cuenca media y baja.

De los subcolectores importantes por su ubicación más no por el gasto de aguas pluviales que conducen vale la pena destacar los ramales que llegan al colector del Oriente por las avenidas Chamizal-Guelatao y San Jacinto-Plutarco Elías Calles que más bien están diseñados para conducir aguas residuales y escasos gastos de escurrimiento pluvial ya que apenas llegan a 2.0 y 2.5 m³/s. Ambos subcolectores se incorporan al colector del Oriente por el lado poniente de la avenida

Plutarco Elías Calles, a la altura de la calle República. Ambos subcolectores cruzan la avenida Javier Mina con sifones que valdría la pena eliminar.

Otro subcolector importante es el Medrano cuya punta inicia en la calle C. Campos A., continúa hacia abajo hasta la calle Manuel R. Alatorre donde da vuelta hacia el poniente hasta la calle del Canal. Se va hacia el norte un par de cuadras para llegar a la calle Medrano y en el cruce de ésta con Manuel M. Ponce el subcolector Medrano se incorpora al colector del Oriente con un gasto de 8.66 m³/s mediante una sección herradura de 1.60 metros. El colector Oriente continúa hacia el norte por la calle Manuel M. Ponce que se convierte en Túnez al cruzar la avenida Gigantes y continúa para cruzar Javier Mina con otro sifón que se propone eliminar.

Microcuenca de Osorio.

La cuenca de Osorio tiene una superficie de 3,402 Ha y se ubica en los límites de los municipios de Guadalajara, Tonalá y apenas una pequeña porción del norte de Tlaquepaque. Incluye los poblados de Tetlán, Zalatitán, el Rosario, Santa Cruz y otras colonias del poniente de Tonalá. La cuenca incluye dos corrientes principales que confluyen en el vaso de la presa Osorio. Por el poniente se localiza el arroyo de Osorio del que solo queda un canal que sirve de dren a la colonia Las Piedrotas y Villas de Oriente. Por el oriente se encuentra el arroyo Rosario donde se aloja el subcolector de sección circular de 1.22 metros que da servicio a las colonias del Rosario y 20 de Noviembre.

En la parte media de la cuenca, después de la confluencia de los arroyos, se construyó de 1944 a 1999 la presa de Osorio cuyo objetivo era el riego 100 Ha de terrenos agrícolas. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, la cortina es de gravedad construida con mampostería y tiene una longitud de 373.50 metros. Tiene una altura total de 18 metros, con ancho de corona de 2.0 metros y 20.0 metros de base. Incluye vertedor libre con longitud de 40.3 metros y carga máxima de 0.50 metros. La obra de toma no funciona ya que la presa se encuentra fuera de operación.

A la fecha solo quedan vestigios de la cortina ya que el vaso, amén de haberse azolvado, se convirtió en el Parque de la Solidaridad Iberoamericana con motivo de la primera reunión cumbre de jefes de estado y de gobierno de los países iberoamericanos, el 18 de Julio de 1991. El parque recreativo actualmente cuenta con 110 Ha y cuenta con un lago en la parte que se conserva de la presa cuya capacidad de regulación se estima en uno 900,000 m³. Desafortunadamente el parque escasamente opera como reguladora de los escurrimientos pluviales ya que se construyeron muros de protección contra inundaciones alrededor del mismo de aproximadamente un metro de alto que impide o dificulta la entrada libre del agua al antiguo vaso de la presa. Sin embargo, en el centro de la cortina el gobierno del estado de Jalisco construyó una alcantarilla que sirve para desalojar las aguas excedentes que llegan a la cortina por medio de los arroyos que llegan a la cola del vaso.

En el programa de colectores de los setentas se dijo que en esta cuenca solo se tenía una planeación general de los colectores que serían necesarios y que éstos serían básicamente para escurrimiento de aguas residuales; debiéndose construir un colector troncal en cada margen de la

presa, para conducir las descargas hasta el extremo de la barranca donde se ubicaría el túnel de transferencia de aguas residuales a la zona de la hidroeléctrica de Agua Prieta.

El drenaje urbano de la cuenca de Osorio se inició con un programa de colectores que consideraba la separación de aguas pluviales y residuales hasta la presa Osorio, que ahora es el parque de la Solidaridad. Sin embargo, en el tramo del parque al Periférico Manuel Gómez Morín se construyeron dos colectores denominados Guadalajara y Tonalá que debieron haber sido exclusivamente pluviales pero se conectaron una serie de descargas que impidieron que esto fuera así. Por esta causa la descarga que se hace después del Periférico es de aguas combinadas lo que genra contaminación en el río Grande de Santiago.

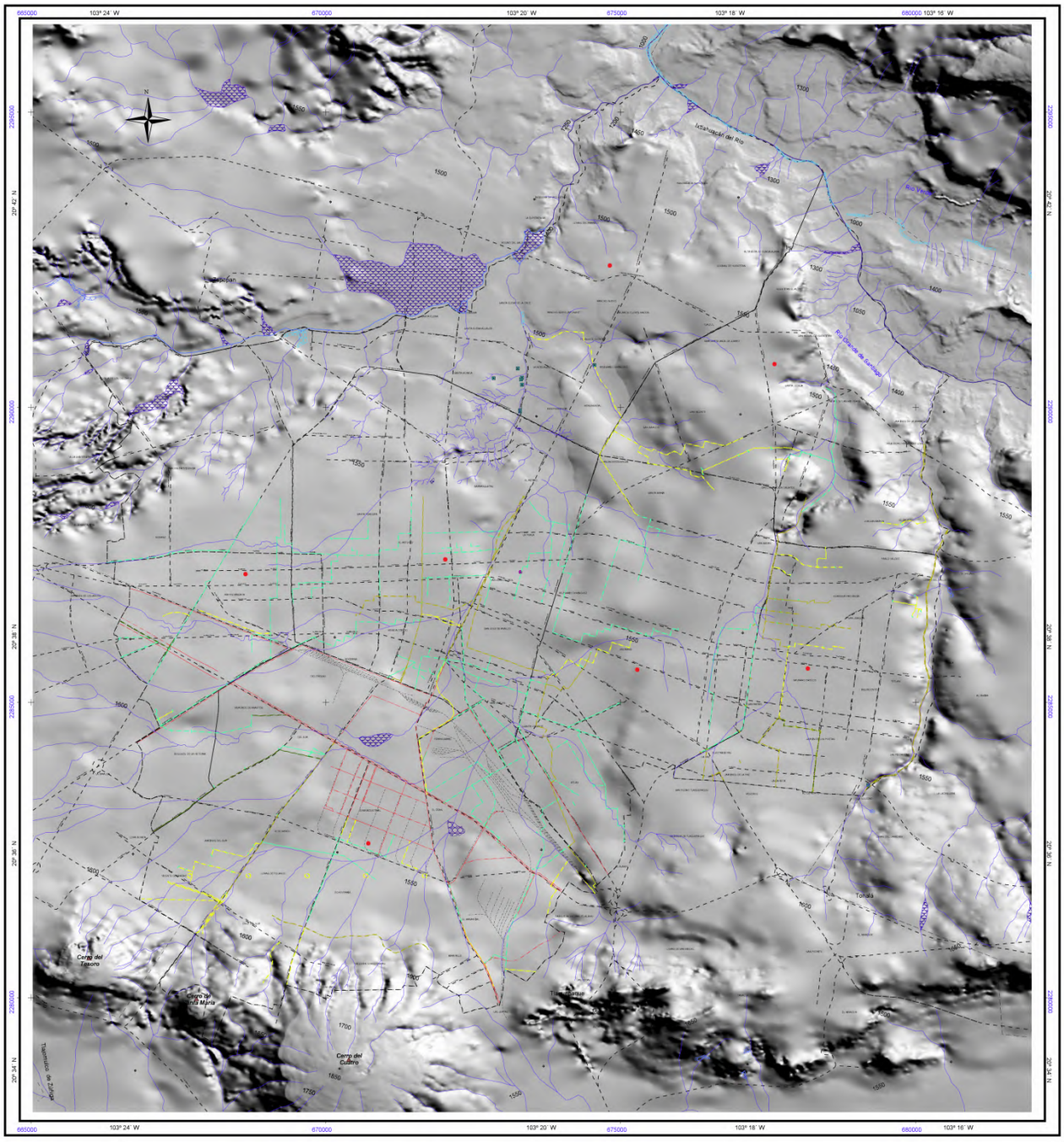
El colector Osorio cuenta con una longitud 9,932 metros y en la parte mas baja tiene capacidad para conducir hasta 110.6 m^3/s en una sección rectangular de 3.20 metros en la parte superior y herradura en la parte inferior. El curso que lleva el colector, una vez que cruza el periférico por la calle Mizpa, coincide con la avenida Malecón por donde se extiende hacia el sur en una longitud de 7,537 metros. Al llegar a la avenida La Soledad, después de cruzar Río Nilo, da un pequeño quiebre hacia el poniente para llegar a la avenida Patria por donde continúa hasta cruzar la autopista a Zapotlanejo para llegar a la calle Carlos Salgado, en la zona de la nueva central camionera. A partir de esta calle el colector se localiza en dirección a la carretera los Altos donde se encuentra La Punta en el municipio de Tonalá.

Adicionalmente se construyeron dos colectores pluviales. Uno de ellos se ubica en el carril oriente de la avenida Malecón a partir de la calle prolongación Pablo Valdés hasta el Periférico. El otro se localiza en el carril poniente desde la calle Pablo Valdés hasta el Periférico. En ambos colectores, por circunstancias no muy claras se permitió la incorporación de aguas residuales de varias descargas que no se pudieron enviar al colector de aguas residuales. Por la zona oriente de la cuenca, siguiendo el arroyo El Rosario existe un colector de aguas residuales pero hace falta construir el pluvial correspondiente. Adicionalmente, en un afluente del arroyo El Rosario se desprenden dos colectores llamados No. 7 y 7-B donde por el trayecto se encuentran colectores separados de aguas pluviales y aguas residuales hasta la unidad deportiva de Santa Cruz de las Huertas con una longitud aproximada de 1,600 metros.

También al oriente del parque de la Solidaridad se encuentra la descarga del arroyo No. 5 y por el trayecto aguas arriba se construyeron colectores separados de aguas pluviales y residuales hasta el fraccionamiento Basilio Badillo con un recorrido de aproximadamente 1,500 metros. Se observa que en esta cuenca, falta una gran cantidad de colectores sanitarios, pero desde el punto de vista de drenaje pluvial lo más importante a destacar sería la conservación y el desazolve del vaso de la presa Osorio y la adecuación de los cauces que llegan a la misma conocidos como arroyo número 5 (Hortaliza-20 de noviembre-Loma Bonita-Basilio Badillo), arroyo número 7 (Leyes de Reforma-Rosario-Loma Dorada-cabecera municipal); y arroyo número 8 (Rosario-Lomas del Manantial-Santa Cruz de las Huertas). Las cuencas de San Andrés, Osorio y San Gaspar representan aproximadamente el 20 % de Zona Metropolitana por lo que es muy importante el control de sus descargas, especialmente porque éstas llegarían al sitio del proyecto de la presa Arcediano.

La Comisión Estatal del Agua de Jalisco considera continuar con el proyecto de transferir las aguas residuales de San Gaspar, Osorio y San Andrés. El proyecto inicia con la captación de los escurrimientos del Arroyo San Gaspar con dirección hacia la estructura hidráulica de captación existente en los arroyos San Juan de Dios y Atemajac y que actualmente opera la Comisión Federal de Electricidad.

MAPA DE LA RED DE COLECTORES Y LA RED DE CAUCES



SIMBOLOGÍA

Ubicación de Colectores
- COL. 1.07
- COL. 1.22
- COL. 1.52
- COL. 1.90
- COL. 1976
- COL. 1961
- COL. 1991
- COL. Herradura 1.50
- COL. Herradura 1.60
- COL. Herradura 1.70
- Colectores Mayores
- Canal del SUR
- Ductos de PEMEX

Cauces
- 1er Orden
- 2do Orden
- 3er Orden
- 4to Orden
- 5to Orden
- 6to Orden
- 7mo Orden
- 8vo Orden
- 9no Orden
- 10mo Orden
- 50mo Orden
- 100mo Orden
- Anomostosados

Cuerpos de Agua
- Artificial
- Intermitente
- Perene

Afluentes
- Manantial

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos
Número de obra: 114039PP032356
Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Límite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

Resultados:

El resultado del crecimiento urbano desordenado y anárquico de la ciudad y de la Zona Metropolitana de Guadalajara, ha modificado paulatinamente el relieve en las cuatro microcuencas que drenan la ciudad, si se adiciona el no haber construido más colectores desde los 90, la deforestación y el incremento de la superficie pavimentada, así como la constante emisión de residuos en la calle por parte de los habitantes de la ciudad.

La interacción de estas variables ha redituado en la identificación de 757 puntos de inundación, de los que 75 presentaron durante el 2011 tirantes de hasta 1.50 m que de acuerdo con el SIAPA y Bomberos Guadalajara, generaron perdidas de hasta 530 millones de pesos anuales. El resto de los puntos presentan tirantes de 10 a 30 cm y de 30 a 100 cm.

Los tipos de inundación que se forman en el municipio se asocian con su topografía y son:

a) Encharcamientos en zonas topográficamente bajas, que afectan a vialidades.
b) Inundaciones en zonas topográficamente bajas, que afectan a vialidades y edificaciones con la introducción del agua dentro de estas.
c) Formación de corrientes que se forman en zonas con diferencias altitudinales, que forman desniveles topográficos, lo que propicia la formación de fuertes corrientes que generalmente son menores a 1.00 m, pero con poder destructivo, que han generado arrastres de personas, vehículos, y grandes cantidades de basura que propician el taponamiento de las alcantarillas, inhibiendo que el agua pluvial pueda ser canalizada en la red de drenaje y colectores, agravando la inundación en la zona afectada.

En general estos encharcamientos e inundaciones son de corto periodo de duración, esto es de 60 a 90 minutos pero han llegado a ser hasta de 180 minutos y gran parte se ocasiona por la obstrucción de las bocas de tormenta con basura que es arrastrada por las corrientes de agua.

Otro fenómeno asociado a las tormentas severas son las corrientes que se forman en la traza urbana, donde generalmente el agua pluvial, sigue la topografía y reconoce sus antiguos cauces, por ejemplo se puede citar a las Avenida Lázaro Cárdenas, la Niños Héroes, Américas, Montevideo, Vallarta, la Calzada Independencia, entre otras, en donde lluvias con periodos de retorno de 5 y 10 años generar importantes escurrimientos que arrastran vehículos y personas.

Figura 47. Imágenes de inundaciones severas en el municipio generadas por tormentas entre 25 y 50 mm en menos de 60 minutos (fotografías tomadas de los diarios El Informador y Público)

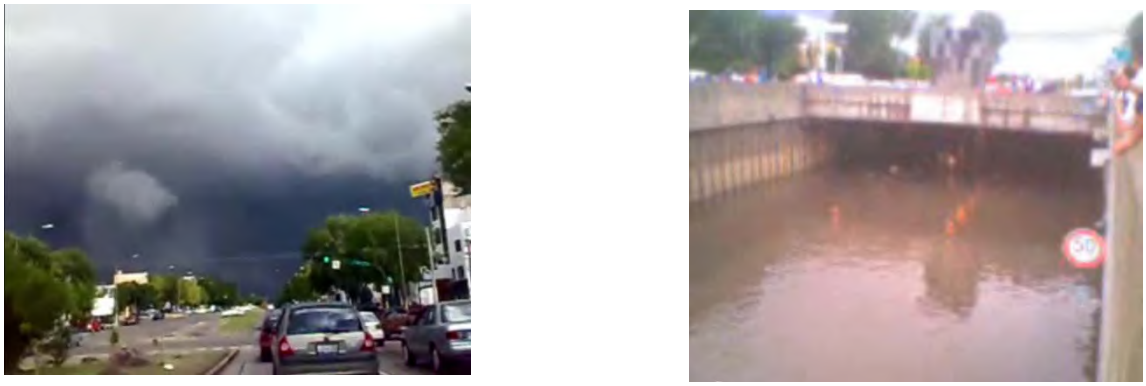


Figura 48. Aspectos de una tormenta en e Distrito Minerva y su afectación en el paso a desnivel de la Avenida Las Rosas y López Mateos en el límite con el municipio de Zapopan.

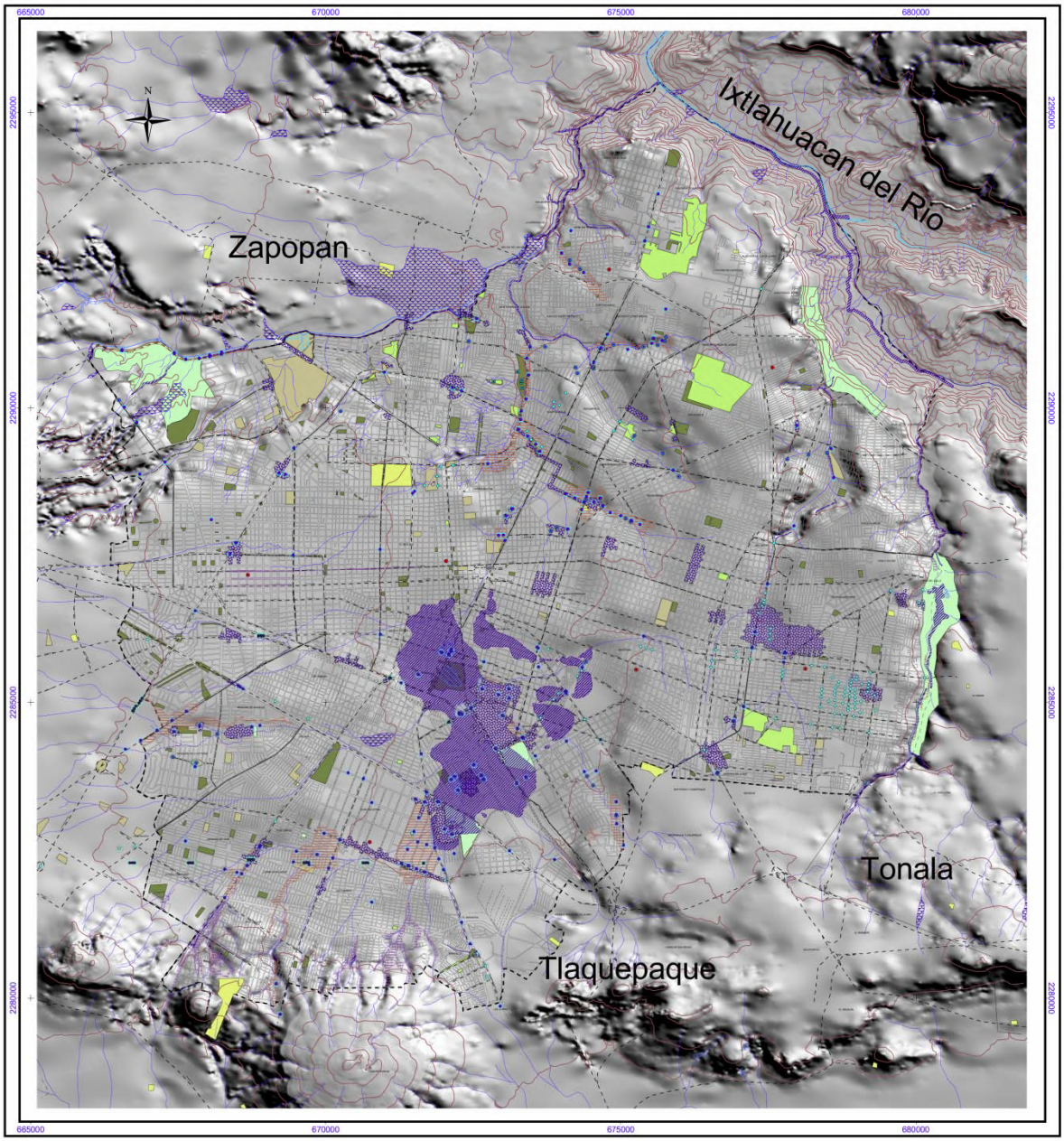
Los resultados visualizan que las áreas con mayor problemática a inundaciones, son las áreas conocidas como Alcalde-Barranquitas, ubicada al norte del centro de la ciudad, sitio de antiguas barrancas modeladas en una litología pumicitica y rellenadas entre 1950 y 1970; la zona Centro donde los ríos San Juan de Dios, Mezquitán y Mexicaltzingo fueron entubados y sepultados; el distrito Minerva al poniente en la colonias Jardines del Bosque, Obrera, Arcos Vallarta, Ladron de Guevara, Americana y el barrio de San Antonio, sitios que presentan severas inundaciones y corrientes pluviales.

Este sector surponiente de Guadalajara, los factores que han contribuido al incremento de las inundaciones son tres:

1. El incremento del coeficiente de escurrimiento por el proceso de pavimentación.
2. Es el diseño de la red de colectores y la traza de las principales avenidas y calles en los años 50´s a los 80´s, fue en su mayor parte perpendicular a la red de drenaje natural, creando una serie de diques artificiales en la temporada de lluvias, lo que en años recientes se ha traducido en un incremento de las áreas inundadas de la ciudad en cada temporal de lluvias, tanto en superficie como en altura de los tirantes de agua.

3. Falla en cárcamos de desalojo de aguas pluviales en pasos a desnivel de la Avenida López Mateos, Américas y Niños Héroes, lo que ocasiona severas inundaciones en estos, alcanzando alturas que han superados los dos metros en el desnivel de la Avenida Niños Héroes con la vía del ferrocarril.

MAPA DE PELIGRO HIDROMETEREOLÓGICO POR INUNDACIÓN (MULTICRITERIO)



SIMBOLOGIA

Análisis Multicriterio

Zonas de Influencia de los Puntos
- I. Inundación de 30 a 100 cm
- I. Inundación Recurrente
- I. Inundación superior a 100 cm
- Inundación de 10 a 30 cm
- Inundación de 30 a 100 cm
- Inundación Recurrente
- Inundación superior a 100 cm

Zonas de Inundación
- Área Inundación MDTE
- Inundación Histórica
- 10 a 30 cm
- 30 a 100 cm
- I. Área Inundación MDTE
- I. Inundación Histórica
- I. 30 a 100 cm
- I. 10 a 30 cm

Nota: I. = Intercepción

Áreas afectadas por inundación
- 10 a 30 cm
- 30 a 100 cm

Puntos de Inundación
- Inundación superior a 100 cm
- Inundación de 30 a 100 cm
- Inundación de 10 a 30 cm
- Recurrentes a Inundación

- Limite Municipio
- Limite zonas
- Traza Urbana

Vias Principales
- Calles Principales
- Tren Ligero
- Vias de Ferrocarril

Cauces
- 1er Orden
- 2do Orden
- 3er Orden
- 4to Orden
- 5to Orden
- 6to Orden
- 7mo Orden
- 8vo Orden
- 9no Orden
- 10mo Orden
- 50mo Orden
- 100mo Orden
- Anomostosados

Cuerpos de Agua
- Artificial
- Intermitente
- Perene
- Afluentes
- Manantial

Áreas de recarga
- Jardín
- Panteón
- Parque
- Plaza
- Unidad Deportiva

Autores:
M. en C. Carlos Suárez Plascencia
M. en C. Miguel Alberto Camarena García
Geógrafo Karen Chantal Guillén Patiño
Geógrafo Enrique Plascencia Hernández

Proyecto: Prevención de riesgos en Los Asentamientos Humanos

Número de obra: 114039PP032356

Número de expediente: PP11/14039/AE/1/092

Fuente.
MDTE construido con datos vectoriales del INEGI, cartas F13-D65 y F13-D66.
Límite Municipal: Catastro Municipal
Traza urbana del INEGI

Los resultados de identificación de las áreas de inundación son las siguientes:

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.30 a 1.00 m		El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.10 a 0.30 m		Puntos de inundación con un tirante de 0.30 a 1.00 m	Puntos de inundación con un tirante de 0.10 a 0.30 m	Puntos de inundación con un tirante mayor a 1.00 m
		Has	%	Has	%	Puntos	Puntos	Puntos
Centro	2,297.91	135.59	5.9	10.54	0.46	32	5	1

Las zonas de inundación son el barrio del Retiro, la Avenida Normalistas, el barrio de la Huerta de Alcaraz en la zona del Parque Morelos

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.30 a 1.00 m		El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.10 a 0.30 m		Puntos de inundación con un tirante de 0.30 a 1.00 m	Puntos de inundación con un tirante de 0.10 a 0.30 m	Puntos de inundación con un tirante mayor a 1.00 m
		Has	%	Has	%	Puntos	Puntos	Puntos
Huentitan	2,207.60	39.99	1.81	1.74	0.08	7	20	0

Las zonas de inundación son la zona del canal de San Ramón, la confluencia de la Calzada Independencia y Mesa del Norte, la Avenida Normalistas en la zona del canal pluvial del río San Juan de Dios, la colonia Lomas del Paraíso, Rancho Nuevo y el sector poniente de pueblo de Huentitán en las márgenes con la BRGS.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.30 a 1.00 m		El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.10 a 0.30 m		Puntos de inundación con un tirante de 0.30 a 1.00 m	Puntos de inundación con un tirante de 0.10 a 0.30 m	Puntos de inundación con un tirante mayor a 1.00 m
		Has	%	Has	%	Puntos	Puntos	Puntos
Minerva	2,224.25	45.55	2.03	7.35	0.33	27	28	4

Las zonas de inundación son la zona de la Avenida Lázaro Cárdenas y Mariano Otero, sobre todo en los carriles rápidos de la primara vía, la zona del mercado de Abastos, Jardines del Bosque, en las

confluencia de la Avenida Niños Héroes en su cruces con Arboledas, Avenida Arcos, en e paso a desnivel con la vía del ferrocarril, las calles López Cotilla, Vallarta y otras del área en donde el agua forma importantes corrientes que descienden hacia la Avenida Américas, girando por la Avenida Vallarta e inundando la zona de la Universidad de Guadalajara y el Templo Expiatorio en el barrio de San Antonio.

La zona de Providencia en donde se forman importantes escurrimientos que se concentran en la avenida Montevideo y que drenan a través del campo de golf Country Club y que es capturado por el arroyo Atemajac a la altura de Plaza Patria. Aguas arriba de este arroyo es su trayecto por la Avenida Patria (Limite con el municipio de Zapopan) este arroyo en tormentas severas se desborda e inundando esta importante avenida de la ciudad.

Distrito	Superficie del Distrito (Has)	El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.30 a 1.00 m		El área con peligro a inundaciones con un tirante de 0.10 a 0.30 m		Puntos de inundación con un tirante de 0.30 a 1.00 m	Puntos de inundación con un tirante de 0.10 a 0.30 m	Puntos de inundación con un tirante mayor a 1.00 m
		Has	%	Has	%	Puntos	Puntos	Puntos
Cruz del Sur	3,135.86	181.91	5.80	46.72	1.49	53	40	5

Las zonas de inundación se ubican fundamentalmente en la Zona Industrial, en la zona del rastro, la colonia 18 de Marzo y la colonia Ferrocarril, y se debe a los escurrimientos que descienden del cerro del Cuatro que limita al municipio de Guadalajara con Tlaquepaque. De sus laderas se han incidido varios arroyos que drenan hacia el sur, vertiendo el agua por la Avenida 8 de Julio y otras calles con orientación norte-sur como Francisco Franco, José María Méndez y Manuel Delgado. Parte de estas aguas deben ser capturadas por el canal del sur ubicado perpendicular a los escurrimiento, pero la falta de limpieza durante el temporal ocasiona que esta agua pase esta obra, y su sume a los escurrimientos del piedemonte urbanizado del cerro del Cuatro, e inunde las áreas descritas.

La zona del Mercado de Abastos se inunda por las escorrentías provenientes del sector oriente de la Sierra de la Primavera y que cruzan en municipio de Zapopan, ingresado al municipio de Guadalajara por la Calle 9 y 10, siguiendo por la calle Piñón y Guatemala e ingresando a la Avenida Lázaro Cárdenas. El paso a desnivel de esta avenida con Mariano Otero, ocasiona acumulación y encharcamiento de agua, donde se han alcanzado hasta 2.00 m de tirante.

La zona del Dean, es una colonia que se localiza entre el Cerro del Cuatro y el vaso regulador del Dean, es una zona baja que se urbanizo en el entorno de esta obra y en tormentas severas esta sufre inundaciones con tirantes de hasta 1.00 m.

Conclusiones:

a) Los problemas de inundación recurrentes en el municipio son la consecuencia de un serie de factores como son el crecimiento urbano, la alteración del relieve, que la red de colectores ha sido rebasada para eventos superiores a los 40 mm/hora, el tener una red de colectores combinada, el aumento del coeficiente de escurrimiento por la urbanización y la reducción de áreas verdes para la infiltración.
b) Las microcuencas que inciden en el municipio han sido alteradas paulatinamente por los procesos urbanos que se han manifestado de forma importante desde 1940, lo que ha generado más de 757 puntos de encharcamiento e inundación recurrentes.
c) En las microcuencas de Osorio y San Andrés de los Caños, la red fluvial y los colectores coinciden en su trazo, se presentan pocas inundaciones y estas corresponden a las partes bajas de la microcuenca.
d) La microcuenca del Río San Juan de Dios, es la de mayor extensión y gran parte de la red de colectores es tangencial a la red fluvial, sobre todo en el sector centro (Parque Agua Azul) y suroeste (zona del Mercado de Abastos), este factor junto con la alteración del relieve, provocó la modificación de la cuenca y por ende inundaciones recurrentes en este sector de la ciudad.
e) La sección de la zona industrial (microcuenca Del Deán) es un bajío topográfico, en donde las inundaciones son generadas por un incremento de la escorrentía proveniente del Cerro del Cuatro, en donde se ha manifestado una urbanización progresiva de sus laderas, lo que ha amentado el coeficiente de escurrimiento.
f) La falta de cultura entre los habitantes de Guadalajara, que al arrojar basura a la calle, en el temporal de lluvias esta es arrastrada por las corrientes obturando las alcantarillas lo que provoca inundaciones. Situación que pasa en gran parte de la ciudad.
g) En la zona de Alcalde Barranquitas y Colomos, las inundaciones se asocian a la alteración y modificación del relieve, concentrándose en las áreas donde los causes fueron rellenados.
h) Es necesario la construcción de nuevos colectores, los que deben de adecuarse a la red fluvial original que drenaba el municipio.
i) Establecer un sistema de drenaje profundo con túneles emisores los que permitan desalojar el agua pluvial acumulada en zonas bajas con la zona de la Colonia Ferrocarril, la zona del Mercado de Abastos, la zona de Niños Héroes y otras.
j) El diseño de nuevos colectores deben considerar gastos que correspondan a periodos de retorno de 500 o 1000 años.
k) Establecer un programa intermunicipal de manejo de cuenca, el que permita control de los escurrimientos desde la cuenca alta e intermedia, a través de métodos estructurales como vasos de retención y regulación, recuperación de cauces que aún existen en el municipio

5.2.7. Susceptibilidad por masas de aire.

La susceptibilidad de presencia de masas de aire frías en el municipio de Guadalajara se asocia a dos fenómenos:

1. Las tormentas convectivas que se suceden en el temporal de lluvias que generan granizadas.
2. Tormentas de invierno (cabañuelas) asociadas a la convergencia de frentes fríos y corrientes calidad del Pacífico, las que generalmente se suceden en los meses de diciembre a febrero.

Los fenómenos que han generado son granizadas, heladas y muy raramente nevadas.

Granizadas.

Como promedio se presentan 3.0 granizadas al año, pero se han registrado hasta 5 granizadas en los meses de julio y agosto. (Cuadro 22).

CUADRO 22: INTEMPERISMOS SEVEROS DE LA ESTACIÓN GUADALAJARA

GRANIZO MÁXIMO Y MEDIAS (DÍAS)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	0.6	0.7	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	3.0
MAX	0	0	2	1	2	4	5	5	2	1	1	0	10
AÑO			1934	1941	Vrs.	1962	1959	1922	1922	1946	1959		

Figura 49. Granizada el 8 de agosto del 2004, que afectaron la colonia Independencia, Villas de San Juan y Jardines Alcalde, Alcalde-Barranquitas, el Retiro, La Perla en el Distrito Huentitán, los daños provocados fueron 25 casas, 15 negocios y 20 árboles cayeron, fotos superiores Suárez-Plascencia, C, e inferiores tomadas del periódico Mural).

El peligro debido a este tipo de fenómeno meteorológico esta condicionado a la presencia de fuertes corrientes ascendentes húmedas y la presencia de corrientes de vientos fuertes en altura, este tipo de eventos de acuerdo con el cuadro anterior puede sucederse tres veces al año con un máximo de hasta 10 eventos en este lapso de tiempo.

Heladas.

Se considera la ocurrencia de heladas cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo meteorológico (es decir a 1,50 metros sobre el nivel del suelo), es de 0ºC. Esta forma de definir el fenómeno fue acordada por los meteorólogos y climatólogos, si bien muchas veces, la temperatura de la superficie del suelo puede llegar a ser 3 a 4ºC menor que la registrada en el abrigo meteorológico.

El registro de heladas en el municipio han sido 10 en promedio al año, pero se han presentado hasta 51 en el año de 1929, el siguiente cuadro muestra estos datos.

CUADRO 26: HELADAS DÍAS EN LA ESTACIÓN GUADALAJARA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
PROM	2.7	1.8	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0.1	1.9	2.8	10.0
MAX	13	17	13	3	0	0	0	0	0	4	11	12	73

Nevadas.

El peligro por nevadas es casi nulo, ya que se ha presentado solo una nevada El siglo pasado que afecto el norte y centro del estado y se sucedió el 13 de diciembre de 1997. Por lo que el peligro de ocurrencia es muy bajo.

5.3 Recomendaciones y Propuesta de mitigación de Peligros.

Con base en los resultados generados en este Atlas de Riesgos Naturales realizados en el municipio de Guadalajara, se emiten las siguientes recomendaciones de acciones y obras con el objetivo de mitigar los peligros identificados.

Peligro	Acción
Fallas y fracturas	Actualizar el reglamento de construcción del municipio de Guadalajara que data del 2003. Realizar un estudio para establecer que fallas son activas en la barranca del Río Grande de Santiago y establecer su nivel de peligro.
Sismos	Establecer una red sísmica que cubra la totalidad del municipio a fin de establecer que fallas están activas y localizar la sismicidad que se genera en la Barranca del Río Grande de Santiago. Colocar una red de acelerógrafos en el subsuelo y en edificio altos (más de 4 pisos) y realizar estudio de sitio, con el objeto de actualizar la zonificación sísmica en el municipio, dado que la más reciente fue en 1998. Los resultados deben ser fundamentales para la actualización del Reglamento de construcción. Contemplar estudios geotécnicos y de sitio adecuados a construcciones verticales que pretendan edificarse en el municipio, sobre todo en el distrito Minerva, a fin de asegurar que su diseño estructural sea adecuado para soportar sismos de gran magnitud (Ms=8.5). Establecer un inventario y programa de revisión estructural de fincas antiguas sobre todo en el Distrito Centro, a fin de evitar que sean afectadas por sismos. Establecer un programa de concientización continua a la población sobre el riesgo símico que presenta la ciudad.
Vulcanismo	Una de las estaciones símicas debe ser colocada en la Sierra de la Primavera a fin de monitorear su actividad sísmica.
Deslizamientos	Inhibir totalmente el desarrollo urbano en la Barranca del Río Grande de Santiago, zona con alta susceptibilidad a presentar deslizamientos.
Derrumbes	Realizar revisiones continuas en la ceja de la barranca del Río Grande de Santiago a fin de evitar construcciones o urbanizaciones que sean susceptibles de ser afectadas por derrumbes en esta zona inestable.
Flujos	Establecer obras de conservación de cuenca y de prevención de erosión en la zona del bosque de Los Colomos y el Cerro del Cuatro, a fin de evitar procesos erosivos que se manifiesten en tormentas severas con el desarrollo de flujos de detritos y de finos que afecten las partes bajas de estas áreas.
Hundimientos	Establecer un programa continuo de monitoreo geofísico en las áreas identificadas con una susceptibilidad a sufrir hundimientos, con el objeto de identificar oquedades que se reflejen posteriormente en hundimientos. Entre los métodos a utilizar podría ser georadar y métodos eléctricos. El organismo encargado de suministro de agua potable y drenaje deberá incrementar el cambio de tuberías antiguas, por tuberías flexibles y de alta resistencia a fin de evitar fugar y generar tubificación que se refleja en hundimientos en calles y afectación de edificaciones.

Tormentas eléctricas y vientos fuertes	Apoyar la operación continua del radar doppler operado por el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, a fin de que emita de forma constante y a tiempo alertas tempranas de la evolución de tormentas severas, lo que permitirá establecer medidas preventivas y de auxilio.
Inundaciones.	Establecer una red de estaciones meteorológicas en todo el municipio (al menos 30) a fin de contar con registros en tiempo real de las variables que registran a fin generar una base de datos confiable en los próximos veinte años, lo que permitirá establecer la dinámica atmosférica en cada uno de los distritos urbanos del municipio. Establecer un programa de manejo de cuencas intermunicipal, el que permita generar obras de control de los escurrimientos pluviales en la sección alta y media de estas. Dado que el municipio geográficamente se significa como la sección baja o de recepción de los escurrimientos generados en otros municipios. Valorar la creación de obras de captación y control de grandes volúmenes escorrentías, que permitan posteriormente desalojarlas o infiltrarlas de una manera adecuada. Valorar la construcción de una red de drenaje profundo que permita desalojar rápida y eficientemente los escurrimientos de tormentas severas (35 mm/hr y mayores). En la construcción de los nuevos colectores plantear la eliminación de sifones como los que cruzan la Ave, Juárez y la Calzada Independencia, Javier Minas y sus cruces con las calles Guelatao, Plutarco Elías Calles y Túnez. Evaluar la ampliación de capacidad del cauce y colector del río Atemajac por la Avenida Patria en su tramo entre la presa de Zoquipan- Avenida Alcalde y su conexión con colector del Río San Juan de Dios. Revisar las alcantarillas en los cruces de la Avenida Américas y Montevideo, en la Av. Ávila Camacho en su salida del Country club. Buscar el financiamiento para establecer un programa emergente de sustitución y/o reparación de la red de colectores y subcolectores en la ciudad, dado que algunos están seriamente dañados y provocan inundaciones y hundimientos durante el temporal de lluvias. Ampliar el vaso regulador del Dean en 150,000 m^3 más, para ello utilizando la parte sur del parque.
Vientos Fuertes	Establecer un programa de colocación y mantenimiento de espectaculares en la ciudad que presentan alta susceptibilidad a colapsar durante tormentas con vientos huracanados. Establecer un programa adecuado de podas y retiro de árboles peligrosos a ser colapsados por tormentas severas con vientos huracanados.