

Actualización del Atlas de Peligros Naturales del Municipio de Tlaquepaque



Universidad de Guadalajara

Tlaquepaque

Gobierno Municipal 2007-2009.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque





Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Peligro por Inundación, Hundimiento y Desprendimiento



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



CREDITOS

Universidad de Guadalajara

Rector General Substituto
Dr. Marco Antonio Cortes Guardado
Secterario General
Lic. José Alfredo Peña Ramos
Rector del Centro Universitario de
Ciencias Sociales e Humanidades
Dr. Pablo Arredondo Ramírez
División de Estudios Históricos y
Humanos
Dra. Lilia Oliver Sánchez
Depto. de Geografía y Ord. Territorial
Dr. Bertha Márquez Azúa

Ayuntamiento de Tlaquepaque

Lic. José Hernán Cortés Berumen
Presidente Municipal
Lic. Francisco José Menéndez López
Secretario General
Lic. María del Rosario Velázquez Hernández
Síndico
Ing. Abraham Iván Urrutia Díaz
Director General de COPLADEMUN
Cmdte. Luis Alberto Rodríguez Camberos
Director de Protección Civil y Bomberos
Geog. Adrián Martínez Gómez
Responsable del Proyecto Lic. Ernesto Cordero
Arroyo

SEDESOL

Secretario de Desarrollo Social
Ing. Martín Hernández Balderas
Secretario de Desarrollo Humano
en Jalisco
Lic. Felipe de Jesús Vicencio Álvarez
Delegado Federal de la SEDESOL en
Jalisco



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



EQUIPO DE TRABAJO

- Responsable del Proyecto por parte de La Universidad de Guadalajara

- Mtro. Luis Valdivia Ornelas
- Mtra. María del Rocío Castillo Aja

- Participantes

- María Elizabeth Flores Vázquez
- Susana Rentería Pérez
- Jaime Martínez Tovar
- Luis Alberto Saldaña Estrada
- Luis Ángel Acosta Sánchez
- Martín Baltasar Mojica
- Marcela Livier Quiroz Hernández
- Rodrigo Alejandro Bautista Murillo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Coordinación

- Geo. Martín Baltasar Mojica
- Mto. Luis Valdivia Ornelas

Participantes

- Luis Alberto Saldaña Sánchez
- Quetzalcóatl Sinue Venegas Luevanos
- María Elizabeth Flores Vázquez.
- María Teresa González Alcaraz.
- Belén Cantero García.
- Claudia Guadalupe Nava Aguilar
- Edgar Alberto Aguirre Rocha.
- Samuel Alatorre Ramos.
-



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN

II.-LOS ATLAS DE RIESGOS

Alcances.

III.-EVALUACIÓN DEL PELIGRO.

-Inventario de las zonas peligrosas.

-Análisis de susceptibilidad.

-Cartografía temática.

-Finalidad e interpretación

IV.-Climatología REGIONAL.

-Clima en la sub cuenca hidrológica del Ahogado.

-Mapa base

V.- CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.

-Modelos digitales de elevación: mapa sombreado.

-Mapa hipsométrico o altimétrico.

-Mapa de pendientes.

-Mapa de orientación de las pendientes.

-Mapa de uso del suelo (1971).

-Mapa de uso del suelo (1997).

V.-SUELO.

-Tipo de suelos en la zona.

VI.-GEOLOGÍA.

-Geología regional y tectónica.

-Descripción regional de la columna litológica.

VII.-HIDROLOGÍA.

-Comportamiento hidrológico (evaluación de cambios para los períodos de retoro 5 , 10, 20, 50 y 100 años.

VIII.- GEOHIDROLOGÍA.

IX.- FISIOGRAFÍA (regionalización geomorfológica).

X.-USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN.

XII.- TRANSFORMACIONES DEL MEDIO NATURAL

-Cambio en las condiciones del escurrimiento superficial) (década de los años 1970-2000).

XIV.-EVALUACIÓN HISTORICA DE LOS FENÓMENOS PELIGROSOS.

-Cartografía histórica de zonas peligrosas por microcuenca.

XV.-DETERMINACIÓN DE LAS INUNDACIONES POR MICROCUENCA.

XVI.- CONCLUSIONES.

XVII.-DETERMINACION DE LOS HUNDIMIENTOS

XVIII.- DETERMINACIÓN DE LOS PROCESO DE REMOCIÓN EM MASA.

XIX BIBLIOGRAFÍA



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



INTRODUCCIÓN

Los desastres en México han cobrado miles de víctimas y cientos de millones de pesos en pérdidas en las últimas décadas.

El país por su condición geofísica y climatológica, así como por una extensa topografía irregular, presenta una gran diversidad de fenómenos peligrosos que pueden causar desastre, por ello se considera prioritario establecer una política de prevención con el objeto de disminuir los impactos económicos y las pérdidas de vidas humanas.

Muchos de los desastres pudieron evitarse o si no, por lo menos disminuir la magnitud de la tragedia, mediante una estrategia de prevención; ya que es posible identificar las zonas que registran problemas a partir del análisis histórico, así como definir a priori, cuales son las zonas más propensas a presentar diferentes tipos de amenazas.

Para ello es necesario calcular la probabilidad de recurrencia de un fenómeno peligroso, así como evaluar la vulnerabilidad de las comunidades y personas frente a dicha amenaza o peligro para poder cuantificar el riesgo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- CONCEPTOS GENERALES



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- En el marco de la reducción de los desastres y la prevención, los Atlas de Riesgos se convierten en una herramienta de carácter estratégico, ya que facilitan integrar información sobre peligros y vulnerabilidad tanto a nivel estatal, municipal, de plan parcial y de comunidad, en una plataforma de carácter homogéneo y dinámica que facilita una constante actualización de la información, particularmente en zonas con alto crecimiento urbano o de transformaciones severas al medio natural.
- De acuerdo con CENAPRED (2006), por comparación con un atlas de carácter geográfico los Atlas de Riesgos pueden conceptualizarse como un conjunto de mapas encuadrados a manera de libro en el cual se muestra de una manera gráfica, segregada y sintética la información de los peligros y la vulnerabilidad.



ALCANCES DE LOS ATLAS DE RIESGOS

- El trabajo contó con fuentes de información cartográfica vectorial referentes a 2005, los polígonos de colonia, aunque todavía en proceso de construcción y revisión, para 2008; se consultó el *google earth* la imagen es del 2007 y además se ortorectificó un mosaico de imagen satelital correspondiente a 2004; los datos censales son del 2005, todo ello para proporcionar una imagen lo más actualizada posible del municipio.
- Por la velocidad de la urbanización, las situaciones descritas y evaluadas como zonas de alto, medio o bajo riesgo generalmente se modifican a la alza, esto sucede particularmente en el ámbito de las inundaciones.
- Se recomienda la actualización constante a partir de nueva información que se produce en las dependencias del ayuntamiento, particularmente en zonas en donde se tiene considerado las nuevas reservas urbanas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



ALCANCES DE LOS ATLAS DE RIESGOS

- Tanto las inundaciones como los deslizamientos no son estáticos, estos se comportan diferencialmente en el tiempo, debido a las nuevas urbanizaciones que inciden en el impacto del entorno natural, ya sea mediante impermeabilizaciones, cortes a los canales asociados al trazo de vialidades, ampliaciones, plataformas, nuevos rellenos etc.
- Por lo que se considera necesario establecer una estrategia de monitoreo permanente de las zonas más peligrosas, y registrar los cambios en la infraestructura y equipamiento de la ciudad, ya que ocasionan nuevos patrones en la dirección del agua y por lo tanto, se pueden generar nuevas zonas de riesgos que pudieran no estar consideradas en el estudio.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



ALCANCES DE LOS ATLAS DE RIESGOS

- Las herramientas actuales para el manejo de la información así como los avances logrados en la identificación del fenómeno y el desarrollo de modelos para su representación, han permitido cambiar el enfoque tradicional de un Atlas de Riesgos, pasa de ser una colección de mapas a un sistema integral de información que permita evaluar el riesgo de desastre a diferentes niveles y escalas y que permita la realización de simulaciones y escenarios y que se pueda actualizar fácilmente y sobretodo que se mantenga en lo posible vigente.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



UTILIDAD DE LOS ATLAS DE RIESGOS

- Uno de los requisitos esenciales para la puesta en práctica de las acciones de protección civil y políticas de mitigación y prevención es contar con un diagnóstico de riesgos, es decir conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos inciden en los asentamientos humanos , en la infraestructura y el entorno.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Nivel de detalle del Atlas de Riesgos

- De acuerdo con Cenapred (2006) para el diseño de un atlas de riesgos es necesario tener presente al tipo de usuario, ya que, de acuerdo con esto varía la forma de entenderlo y leer un mapa.
- Para el ámbito de gobierno, tanto estatal, como municipal, el tipo de cartografía que debería de usarse tiene que ver con la discretización de zonas de peligro, bajo, medio, alto, mediante la técnica de colores (rojo, verde amarillo). Adicionalmente los técnicos del ayuntamiento como protección civil deberán tener información como: intensidad, períodos de retorno, vulnerabilidad, con el objeto de establecer programas de protección, mitigación, así como auxilio a la población.
- Para la población en general, es decir para el sector que no tiene un conocimiento general del tema, los productos deberán de ser de lectura fácil, con leyendas que explique el nivel de peligro.
- Atlas de académicos, para este sector se deberá de contar con información digital y base de datos que puedan ser manejados en un sistema de información geográfica: deberán de ser explicado los periodos de retorno, los niveles de susceptibilidad, así como indicar los sistemas vulnerables, y el nivel de riesgos a nivel probabilístico.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Definición de conceptos

- Uno de los avances más importantes en la definición de los conceptos es la delimitación del término vulnerabilidad, que se ha traducido en mayor claridad para los términos como riesgo, peligro, y desastre. Existían muchas definiciones, pero fue hasta que la United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO) y United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), con base en los trabajos de White (1945/1964/1973), Kates (1962/1971/1978) y Burton (1962/1968/1978), propusieron una unificación de definiciones. En informe denominado “Natural Disasters and Vulnerability Análisis (UNDRO, 1979)”, estableció las siguientes definiciones:
 - Amenaza-Peligro o peligrosidad (*Hazard-H*). Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.
 - Vulnerabilidad (*Vulnerability-V*). Es el grado de pérdida de un elemento o un grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probabilidad de ocurrencia de un suceso desastroso, expresado en una escala de 0 sin daño a 1 daño total.
 - Riesgos específico (*Specific Risk-Rs*). Es el grado de pérdidas esperado debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
 - Elementos de riesgo (*Elements at risk-E*). Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.
 - Riesgo total (*Total Risk-Rt*). Se define como el número de pérdida de vidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de desastres, es decir el producto del riesgo específico R_s , y los elementos de riesgo E .



Definición de conceptos

- Es así como desde este punto de vista, la evaluación del riesgo, puede llegarse a acabo mediante la siguiente formulación internacional:
- Al igual que se utilizó la palabra riesgo como sinónimo de peligro, actualmente se utiliza la palabra vulnerabilidad como sinónimo de riesgo, por lo que se considera importante recordar que se trata de conceptos completamente diferentes y su definición obedece a un enfoque metodológico que facilita el entendimiento del riesgo y su posibilidad de reducirlo o mitigarlo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Metodología general

- La metodología aplicada en el estudio de la actualización del atlas parte de los trabajos realizados para el proyecto del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED y de la versión del Atlas de Riesgos Naturales a Nivel de Ciudad o Zona metropolitana elaborados por SEDESOL .
- En ellos se plasma el diagnostico que permita identificar las zonas de atención prioritaria y su área de influencia:
 - Tipo y grado de peligro existente
 - Zonas de riesgo mitigable y no mitigable
 - Zonas vulnerables
- De acuerdo con los criterios manejados por SEDESOL tenemos zonas de riesgos mitigable y zonas de riesgo no mitigable para cada uno de los fenómenos peligrosos estudiados. Por riesgo mitigable consiste en diseñar acciones y programas para disminuir los impactos de los desastres antes de que estos ocurran.
 - Zonas de riesgo mitigable es cuando su reducción o mitigación aparece como un proceso factible o alcanzable, mediante la ejecución de medidas de prevención según sea el caso.
 - En tanto el riesgo no mitigable son espacios en donde los asentamientos humanos no deben permitirse, dado que cualquier medida de mitigación es físicamente imposible o financieramente inviable.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Diagnóstico de los peligros naturales

- La base fundamental para un diagnóstico adecuado del riesgo es la identificación y el conocimiento científico de los fenómenos peligrosos tanto en el tiempo (recurrencia) como en el espacio (territorio).
- Para la evaluación de los fenómenos peligrosos se contó con los estudios elaborados por el Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED, (2001); (2006) la Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros a Nivel de Ciudad (identificación y zonificación.) Y del Servicio Geológico Mexicano, (2004).
- La clasificación se complemento con la experiencia del equipo de trabajo y con los estudios realizados por la agencia Suiza para la cooperación y el desarrollo COSUDE y el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) 2005 dentro del proyecto MET-ALARN.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Clasificación de fenómenos peligrosos

- Los criterios que se utilizaron correspondieron con los empleados en el Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED, (2001) y en la Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros a Nivel de Ciudad (identificación y zonificación.) así como del Servicio Geológico Mexicano, (2004). La clasificación se complemento con la experiencia del equipo de trabajo.
- De acuerdo con estos documentos, los grandes grupos de amenazas son de: origen geológico, hidrometeorológico, químicos, sanitarios, y socio-organizativos.
- Los peligros geológicos, de acuerdo con Cenapred (2001), se clasifican de la siguiente manera: sísmico, volcánico, tsunamis, y movimiento de ladera y suelo, a partir de la cual se hizo una reclasificación, tomando en cuenta el origen del fenómeno perturbador, por lo que se estableció una reagrupación definiendo los de carácter geológico-geofísico, como sismos, tsunamis, y vulcanismo; y, los de carácter geológico-geomorfológico, como los movimiento de ladera, que se utilizan la terminología internacional propuesta por Verstapen, (1978) la que denominó movimientos en masa y deslizamiento, el término denominada movimiento de suelo se clasifico como fenómenos geotécnicos, de la cual se desglosaron hundimientos y agrietamientos.



- De acuerdo con COSUDE/ALARN (2002:7), existen diversas formas de hacer una evaluación, pero todas distinguen los conceptos de peligro y vulnerabilidad.
- Los métodos que se utilizan pueden dividirse en cualitativos y cuantitativos. Los métodos cuantitativos suponen un grado mayor de objetividad, sin embargo en muchas ocasiones debido a la falta de información estos no se aplican.
- La aproximación en este proyecto se basa en una combinación de métodos cualitativos con algunas aproximaciones de carácter cuantitativo, todo de acuerdo con la escala de trabajo 1:25,000 a nivel municipal y 10,000 para cada unidad de referte territorial (microcuenca).
- *Cuadro. 7 Relaciones entre recurrencia, variabilidad espacial y tipo de análisis*



- Para la evaluación de las inundaciones se utilizaron dos aproximaciones metodológicas; por un lado se modeló el fenómeno mediante estudios climatológicos hidrográficos e hidrológicos y por el otro se documentó el fenómeno a través del estudio histórico para los últimos 90 años es decir el período de 1918-2009, y se complementó con el levantamiento de información en campo mediante observación directa entrevistas de campo y aplicación de encuestas, todo complementado con la obtención de información de las dependencias del ayuntamiento.
- Estas dos aproximaciones permitieron construir una metodológica tipo multicriterio para definir las zonas más peligrosas y susceptibles a registrar eventos peligrosos.
- Para el tema de los hundimientos, se utilizó información histórica de 1970, mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas, la interpretación del MDT por el año del 2006 y de recorridos de campo.
- Para el tema de los desprendimientos, se utilizaron los criterios de pendiente, Litológico, fracturamiento, geometría y presencia de humedad así como de registros históricos, complementado de recorridos de campo.



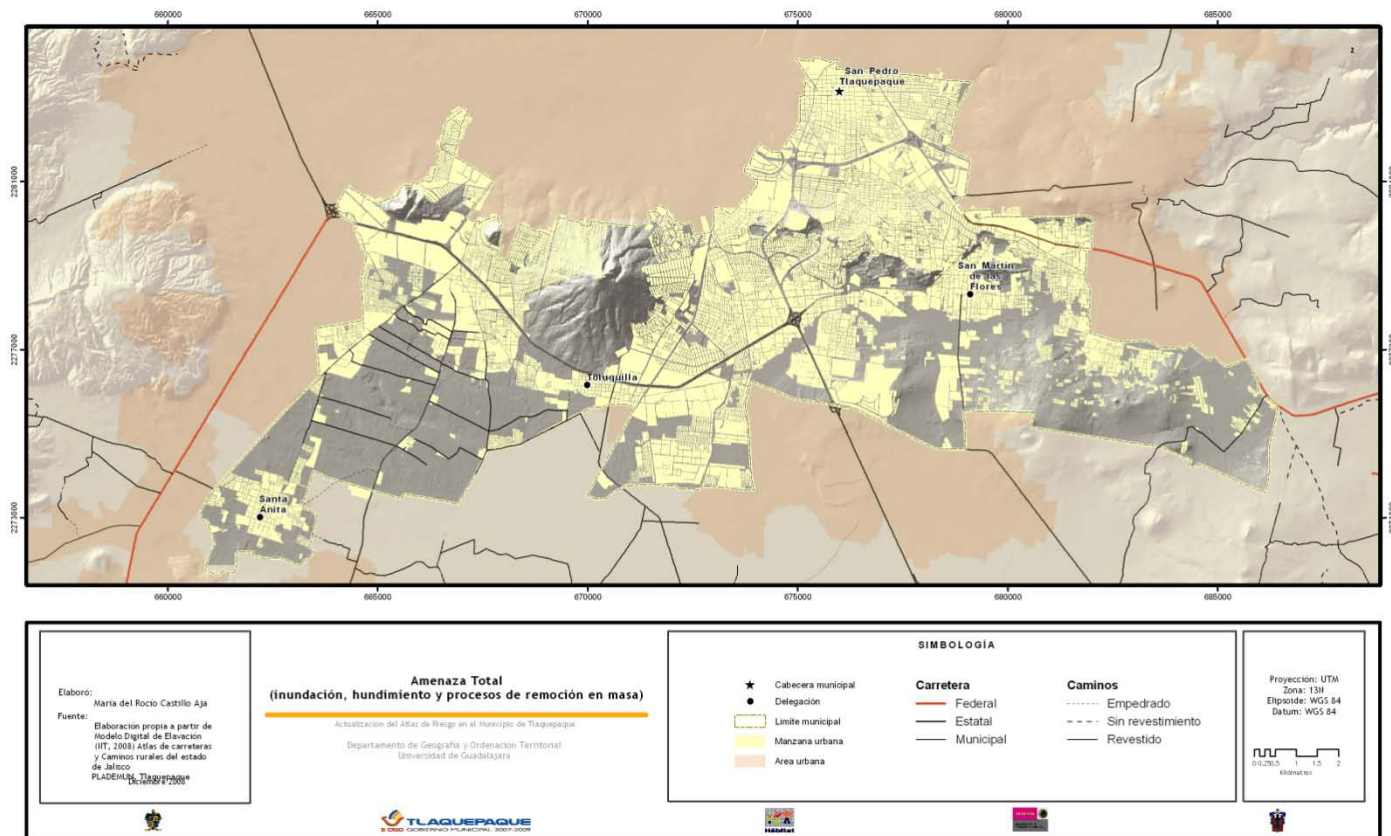
CARTOGRAFÍA



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Generación de cartografía base



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
 del municipio de
Tlaquepaque



El Medio Natural



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- El clima es un elemento del medio natural que tiene una influencia decisiva en las modificaciones que sufre el relieve terrestre, en la conformación de la naturaleza del suelo y en la distribución espacial de los seres vivos.
- Las manifestaciones del clima están íntimamente ligadas a los hechos que se producen a diario en la vida de todos los seres humanos. De tal modo interviene en la vida de éstos, que es determinante en la realización de actividades como la agricultura, la ganadería, la pesca, la industria, el comercio, el transporte, etc. Asimismo, el clima es un factor que influye en la salud, la recreación, la confortabilidad, el vestir y la vivienda de las personas.
- En la actualidad, es necesario conocer las características naturales de nuestro entorno para aprovecharlo y cuidarlo de la mejor manera. En tal caso, el presente trabajo, se refiere a las condiciones climáticas relevantes que imperan en el municipio de Tlaquepaque, Jalisco. Para ello se obtuvieron resultados de temperatura del aire, lluvia y precipitaciones intensas, balance hídrico y clasificación climática.



Metodología

- Para este tema se integraron las bases de datos de las cinco estaciones climáticas indicadas con anterioridad y se obtuvieron los datos representativos de temperatura, precipitación y lluvias máximas en 24 horas. En este aspecto es necesario señalar, que los procedimientos empleados son eminentemente estadísticos, en consecuencia los resultados que se logran, intentan ser una aproximación a la realidad.
- La secuencia en el desarrollo de este tema implica el análisis de la temperatura del aire, la precipitación y los riesgos por precipitaciones intensas. Para ello, se utilizó el índice de pluviosidad, la anomalía pluviométrica relativa, la probabilidad de lluvia por el método de la Distribución Acumulativa, y las curvas de intensidad, duración, periodo de retorno.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Con respecto a las curvas de intensidad, duración, periodo de retorno, en primer lugar se calcularon 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. Posteriormente se obtuvo la lluvia de duración de una hora y periodo de retorno de dos años, por los métodos de D. M. Hershfield y U. S. Weather Bureau. Después, aplicando la ecuación de F.C. Bell, se obtuvieron las cantidades de lluvia que caracterizan estadísticamente la intensidad, la duración y el periodo de retorno en el municipio de Tlaquepaque.
- Para conocer el comportamiento del agua en el suelo, se calculó el balance hídrico por medio del método del Dr. C. W. Thornthwaite. Por último, para definir el tipo de clima que predomina en este municipio se utilizó la clasificación climática de Wladimir Köppen, modificada por Enriqueta García.



Temperatura del aire

- La temperatura del aire es una de los elementos del clima que más influye en los seres vivos. Su desigual incidencia sobre la superficie terrestre, repercute definitivamente en la distribución de las plantas, los animales y el hombre. Procesos físicos como la formación de tormentas y el desplazamiento de masas de aire, dependen directamente de la temperatura.
- En el hemisferio norte, durante los meses cálidos, la duración del día y la insolación son mayores; por lo tanto, la cantidad de calor que recibe la superficie terrestre es superior a la que irradia al espacio, lo que trae como consecuencia un aumento de la temperatura. Durante los meses de invierno, la duración del día es menor, por lo que recibe menos insolación. Así, la pérdida de calor es mayor que la recibida, lo que provoca el frío del invierno. Conforme a lo anterior se puede explicar porque las temperaturas máximas se presentan durante los meses de abril, mayo y junio y las mínimas ocurren en los meses de diciembre, enero y febrero.
- Como elemento bioclimático, la temperatura del aire es la variable que influye de forma más directa sobre el grado de bienestar en las personas. De acuerdo con Griffiths (1985:117), para un individuo vestido la temperatura óptima está entre 18 °C y 24 °C. A este respecto, y sobre la base de los datos de temperatura media mensual (cuadro 1, figura 1), solo enero, febrero y diciembre carecen de este requisito.



VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura máxima media en °C	28.1	29.8	32.4	34.3	35.3	34.4	31.1	29.8	29.7	30.1	29.3	28.4	31.1
Temperatura media en °C	16.3	17.6	19.5	21.9	23.7	23.1	21.6	21.3	21.1	20.1	18.2	16.5	20.1
Temperatura mínima media en °C	3.6	4.7	6.7	9.4	11.9	13.3	13.2	13.0	12.3	9.2	5.9	4.7	9.0
Oscilación térmica en °C	24.5	25.1	25.7	24.9	23.4	21.1	17.9	16.8	17.4	20.9	23.4	23.7	22.1

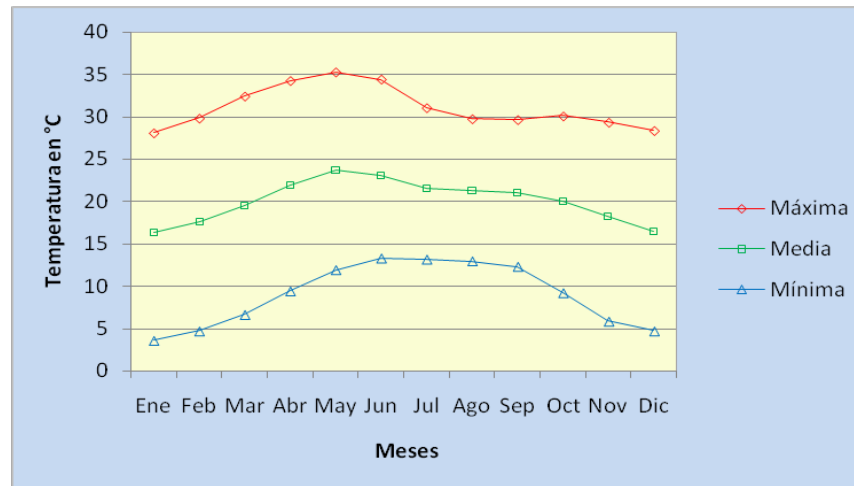


Figura 1. Temperatura del aire.



- Según Mosiño (1974:12,84,91), la temporada lluviosa en la mayor parte de nuestro país, se presenta en la mitad caliente del año. Así, las áreas del territorio nacional que presentan un régimen de lluvia durante esta época, las designa como de lluvias de verano. Al respecto, las zonas del país que presentan un régimen de lluvias de verano, son aquellas que tienen porcentajes de lluvia invernal menores del 10.2% de la anual. Esto debido a que durante el verano dominan los vientos alisios, que introducen una gran cantidad de humedad que recogen al pasar por las aguas cálidas del Golfo de México. También contribuyen los ciclones tropicales; estos fenómenos atmosféricos, que por la influencia monzónica invaden el territorio de México, y que provienen tanto del Océano Pacífico como del Atlántico, produciendo vientos destructivos y lluvias torrenciales. En este sentido, la temporada de ciclones en la República Mexicana se extiende de mayo a octubre.
- Desde esta perspectiva, se puede observar en el cuadro 2, que el régimen de lluvias que predomina en el municipio de Tlaquepaque, es precisamente de verano, ya que la temporada de lluvias se presenta durante el verano y parte del otoño, con más del 80% de la precipitación total anual, y un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2%.



Precipitación media mensual y anual en milímetros

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
15.7	4.8	4.0	4.2	25.7	179.5	229.6	200.1	153.8	55.6	13.3	7.1	893.4

- En relación a esta variable atmosférica, las lluvias máximas en 24 horas (lluvias máximas diarias) reflejan la intensidad con la que se puede presentar esta magnitud meteorológica en el lapso de un día. El cuadro 3 contiene la magnitud promedio de estos eventos.
- Es la máxima cantidad de lluvia captada por un pluviómetro en un periodo de 24 horas. No se refiere a la precipitación registrada en un sólo evento durante ese mismo lapso de tiempo.

CUADRO 3

Serie promedio de lluvias máximas en 24 horas en milímetros.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7.0	4.5	2.5	3.2	13.7	40.5	41.5	40.5	36.8	25.2	9.2	5.1



- Las sequías se producen cuando hay deficiencia de precipitaciones en un lugar, provocando alteraciones muy serias sobre los medios natural y humano. Según la Organización Meteorológica Mundial (1986) en Fernández (1996:114), existe sequía en una región cuando la precipitación anual es inferior al 60% de la normal durante más de dos años consecutivos en más del 50% de la superficie de la región.
- Para analizar el tema de las sequías se elaboró el cuadro 4, para ello se aplicaron el índice de pluviosidad y la anomalía pluviométrica relativa. Dichos resultados señalan que no hubo sequía durante el periodo que incluye este trabajo, asimismo, pone de manifiesto que se dieron 11 ciclos de lluvia por encima del valor normal anual de precipitación (893.4 mm) y 19 por debajo.



CUADRO 4
Análisis de las sequías

AÑO	PRECIPITACIÓN EN MILÍMETROS	ÍNDICE DE PLUVIOSIDAD EN %	ANOMALÍA PLUVIOMÉTRICA RELATIVA EN %
1977	903.0	101.1	1.1
1978	877.8	98.3	-1.7
1979	832.3	93.2	-6.8
1980	926.4	103.7	3.7
1981	889.6	99.6	-0.4
1982	910.0	101.9	1.9
1983	882.3	98.8	-1.2
1984	920.2	103.0	3.0
1985	869.0	97.3	-2.7
1986	955.1	106.9	6.9
1987	799.5	89.5	-10.5
1988	798.9	89.4	-10.6
1989	655.3	73.3	-26.7
1990	1019.8	114.1	14.1
1991	884.4	99.0	-1.0
1992	1065.9	119.3	19.3
1993	804.8	90.1	-9.9
1994	859.5	96.2	-3.8
1995	782.9	87.6	-12.4
1996	878.3	98.3	-1.7
1997	882.8	98.8	-1.2
1998	888.4	99.4	-0.6
1999	816.1	91.3	-8.7
2000	763.8	85.5	-14.5
2001	867.8	97.1	-2.9
2002	902.6	101.0	1.0
2003	1104.6	123.6	23.6
2004	1285.7	143.9	43.9
2005	766.7	85.8	-14.2
2006	1013.7	113.5	13.5



Probabilidad de Lluvia por el método de la Distribución Acumulativa

- El cálculo de la probabilidad de lluvia, tiene por objeto determinar con que frecuencia caerá cierta cantidad de precipitación y la periodicidad con que se tendrá una cantidad superior o inferior al evento. El resultado se expresa en forma de fracción o en porcentaje de probabilidad. El método de la distribución acumulativa se desarrolla a partir del cuadro 5.

CUADRO 5
Probabilidad de lluvia en porcentaje, Tlaquepaque, Jalisco

AÑO	PRECIPITACIÓN EN MILÍMETROS	LLUVIA ORDENADA DE VALOR MAYOR A MENOR	m	m/n+1	F	100(F)
1977	903	1285.7	1	1/31	0.032	3.2
1978	877.8	1104.6	2	2/31	0.064	6.4
1979	832.3	1065.9	3	3/31	0.096	9.6
1980	926.4	1019.8	4	4/31	0.129	12.9
1981	889.6	1013.7	5	5/31	0.161	16.1
1982	910	955.1	6	6/31	0.193	19.3
1983	882.3	926.4	7	7/31	0.225	22.5
1984	920.2	920.2	8	8/31	0.258	25.8
1985	869	910	9	9/31	0.290	29.0
1986	955.1	903	10	10/31	0.322	32.2
1987	799.5	902.6	11	11/31	0.354	35.4
1988	798.9	889.6	12	12/31	0.387	38.7
1989	655.3	888.4	13	13/31	0.419	41.9
1990	1019.8	884.4	14	14/31	0.451	45.1
1991	884.4	882.8	15	15/31	0.483	48.3
1992	1065.9	882.3	16	16/31	0.516	51.6
1993	804.8	878.3	17	17/31	0.548	54.8
1994	859.5	877.8	18	18/31	0.580	58.0
1995	782.9	869	19	19/31	0.612	61.2
1996	878.3	867.8	20	20/31	0.645	64.5
1997	882.8	859.5	21	21/31	0.677	67.7
1998	888.4	832.3	22	22/31	0.709	70.9
1999	816.1	816.1	23	23/31	0.741	74.1
2000	763.8	804.8	24	24/31	0.774	77.4
2001	867.8	799.5	25	25/31	0.806	80.6
2002	902.6	798.9	26	26/31	0.838	83.8
2003	1104.6	782.9	27	27/31	0.870	87.0
2004	1285.7	766.7	28	28/31	0.903	90.3
2005	766.7	763.8	29	29/31	0.935	93.5
2006	1013.7	655.3	30	30/31	0.967	96.7



- Del cuadro 5 tomando como ejemplo a $F = 3.2\%$ se puede interpretar que existe una probabilidad del 3.2% de que la lluvia en un año sea igual o mayor a 1285.7 mm; lo que también significa que 1 año de cada 31 años tendrá una precipitación igual o mayor que esta cantidad. De forma complementaria se tiene que existe una probabilidad del 96.8% de que la lluvia en un año sea menor o igual a 1285.7 mm; lo que igualmente quiere decir, que 30 de cada 31 años tendrán un valor de lluvia menor o igual a esta monto. Las demás probabilidades se interpretan de la misma manera.



La curva de intensidad,
duración, periodo de retorno

- La lluvia esta definida por tres variables: la intensidad, la duración y el periodo de retorno. La intensidad es la lámina o profundidad total de lluvia ocurrida durante una tormenta. De esta forma, la altura de la lámina de agua caída en el lugar de la tormenta, incorpora la cantidad de lluvia precipitada y la duración del evento. Mientras que el periodo de retorno, es la frecuencia, o intervalo de recurrencia, es decir, el número de años promedio en el cual el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez. En el entendido, que el riesgo es mayor, cuanto menor es el periodo de retorno o recurrencia.
- El cuadro 6, cuya representación gráfica es la figura 2, como representativo del municipio de Tlaquepaque, contiene estadísticamente las diferentes intensidades que puede alcanzar un evento de lluvia, en distintos intervalos de tiempo, y también en varios periodos de retorno. Sin olvidar, que conforme el periodo de retorno sea mayor, la probabilidad de presentarse es menor.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Así por ejemplo, si se escoge el primer resultado de este cuadro, se interpreta que la lámina de lluvia puede alcanzar los 11.7 milímetros de altura (11.7 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 entiende que la lámina de lluvia puede alcanzar los 69.3 milímetros de altura (69.3 litros por metro cuadrado) en un lapso de 24 horas, con un periodo de retorno de dos años; lo que infiere, que también se tiene un 50% de probabilidad anual de ocurrencia. Por lo que se supone, que eventos con menor intensidad a la de este ejemplo, tienen mayor probabilidad de presentarse.
- Por otra parte, si se toma el último de los resultados de este mismo cuadro, se concluye que la lámina de lluvia puede alcanzar los 122.3 milímetros de altura en 24 horas, con un periodo de retorno de 100 años. Lo que implica, que se tiene una probabilidad de 100 de que suceda un evento de tal magnitud en un lapso de un año



CUADRO 6

Intensidad-duración-periodo de retorno

PERIODOS DE RETORNO EN AÑOS	INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN MILÍMETROS EN MINUTOS						
	5	15	30	45	60	120	1440
2	11.7	21.4	29.1	34.2	38.0	49.0	69.3
5	15.4	28.3	38.4	45.1	50.4	64.7	83.5
10	18.3	33.4	45.4	53.4	59.6	76.5	92.9
25	22.0	40.3	54.7	64.4	71.8	92.2	104.8
50	24.9	45.5	61.7	72.6	81.1	104.0	113.6
100	27.7	50.7	68.8	80.9	90.3	115.9	122.3

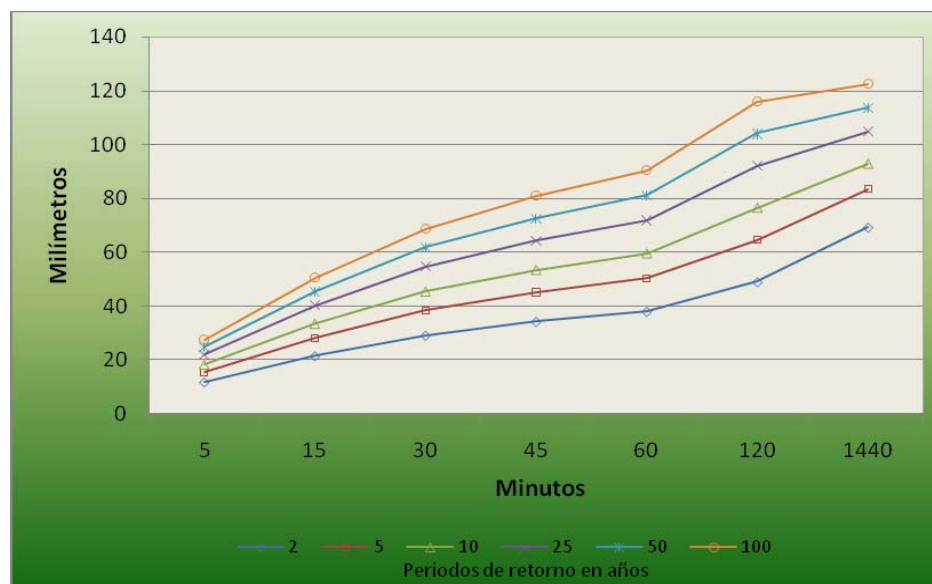


Figura 2. Curvas de intensidad, duración, periodo de retorno.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



CUADRO 7

Ficha hídrica, método de Thornthwaite, municipio de Tlaquepaque

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ETP	44.2	48.8	71	92.8	118.3	110	97.5	91.7	82.9	73.3	54.7	44.9	930.1
P	15.7	4.8	4	4.2	25.7	179.5	229.6	200.1	153.8	55.6	13.3	7.1	893.4
P-ETP	-28.5	-44	-67	-88.6	-92.6	69.5	132.1	108.4	70.9	-17.7	-41.4	-37.8	
Σd	-125.4	-169.4	-236.4	-325	-417.6	0	0	0	0	-17.7	-59.1	-96.9	
RU	28.5	18.4	9.4	3.9	1.5	71	100	100	100	83.8	55.4	37.9	
VRU	9.4	10.1	9	5.5	2.4	-69.5	-29	0	0	16.2	28.4	17.5	
ETR	25.1	14.9	13	9.7	28.1	110	97.5	91.7	82.9	71.8	41.7	24.6	611
D	19.1	33.9	58	83.1	90.2	0	0	0	0	1.5	13	20.3	319.1
S	0	0	0	0	0	0	103.1	108.4	70.9	0	0	0	282.4

- El balance hídrico es un procedimiento que permite conocer las condiciones de humedad que existen en el suelo. Para ello se basa en las interrelaciones que se derivan de los elementos climáticos contenidos en el cuadro 7. Este se explica de la siguiente manera: ETP: es la evapotranspiración potencial, P: la precipitación media mensual registrada en la zona de estudio, P-ETP: es la diferencia entre la P y la ETP, Σd : sumatoria del déficit, RU: reserva útil, VRU: variación de la reserva útil, ETR: evapotranspiración real, D: déficit de agua, S: superávit.



- El objetivo principal que tiene el balance hídrico, es identificar los meses del año en que existe déficit o excedente de agua, y así coadyuvar a la toma de decisiones en relación a los problemas que se pudieran presentar en un lugar determinado. Conocer el balance de humedad en el suelo es importante para evaluar la disponibilidad de agua para los cultivos, estudios hidrológicos, conservación de suelos, drenaje, repoblación forestal, etc.
- El análisis del balance hídrico, permite comparar la precipitación, la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, y admite puntualizar a lo largo del año, el déficit y el exceso de agua, el periodo de utilización de la reserva útil y, el de la reconstrucción de la misma.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- En este contexto, se puede observar, que el año comienza con déficit de agua en el suelo (la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial y existe consumo de agua de la reserva útil) esta carencia se prolonga e incrementa paulatinamente hasta mayo. En junio da inicio el periodo húmedo del año (la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial) y con ello la reconstrucción de la reserva útil. Como consecuencia, durante julio y hasta septiembre, existe demasía o superávit de agua, que permite la infiltración y escorrentía. Posteriormente, a partir de octubre y hasta diciembre, se origina el gasto de la reserva útil que trae como consecuencia deficiencia de agua en el suelo (figura 3).

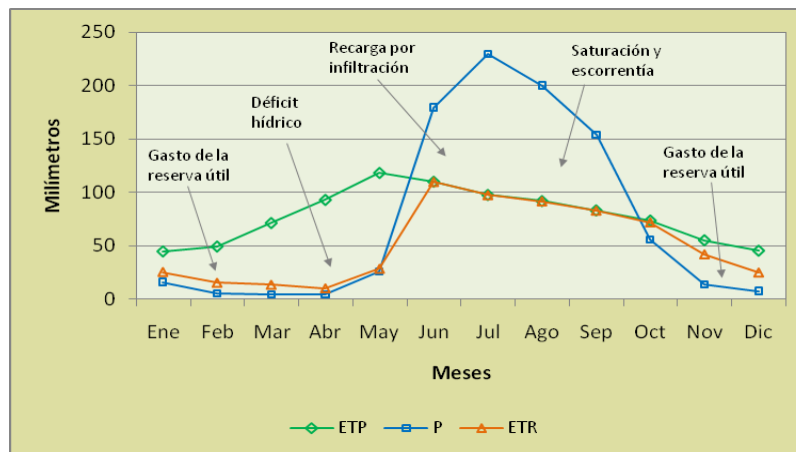


Figura 3. Balance hídrico según el método de Thornthwaite.



Clasificación climática

- La generalización climática para el municipio de Tlaquepaque, de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973, 1983) y los datos de temperatura y precipitación media mensual y anual contenidos en el cuadro 8, y representados en la figura 4, es $A(C)(w_1)(w)a(e)g$: que se traduce de la siguiente manera: Tiene un clima semicálido (climas de transición entre los climas cálidos y templados) con temperatura media anual por encima de los 18 °C, con temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C. La temperatura del mes más caliente es superior a 10 °C. Presenta lluvias en verano (por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad del año en que se encuentra el verano que en el mes más seco). Con un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de la precipitación total anual. Verano caliente con temperatura media del mes más cálido mayor de 22 °C, extremoso: con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C, el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



CUADRO 8

Elementos climáticos que determinan el clima conforme a Köppen

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura media en °C	16.3	17.6	19.5	21.9	23.7	23.1	21.6	21.3	21.1	20.1	18.2	16.5	20.1
Precipitación en mm	15.7	4.8	4.0	4.2	25.7	179.5	229.6	200.1	153.8	55.6	13.3	7.1	893.4

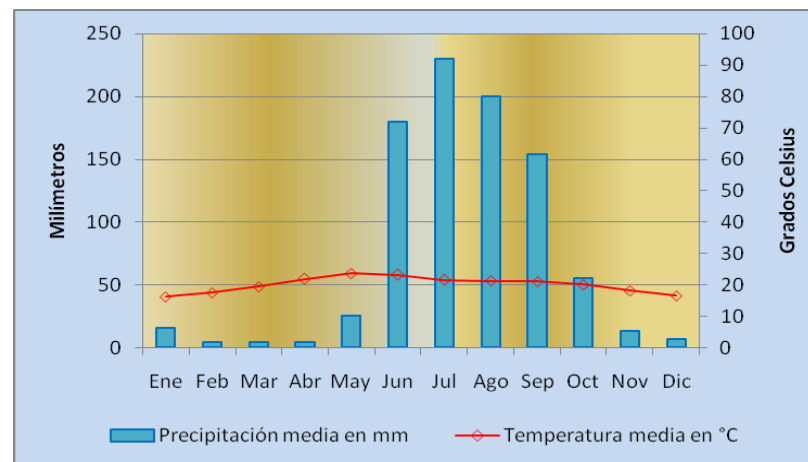


Figura 4. Temperatura del aire y precipitación.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
8.12	2.02	2.28	2.53	1.50	2.02	2.54
22.60	14.22	4.31	26.06	9.39	3.03	49.70
8.89	20.32	3.03	47.45	2.28	20.07	3.81
2.01	2.28	31.74	8.89	1.50	2.02	4.32
1.50	13.97	9.91	12.69	6.34	2.53	20.83
1.76	6.08	8.37	2.53	27.43	3.54	3.30
22.10	3.56	2.27	14.47	3.83		3.30
14.22		6.84	2.02	6.10		10.66
20.58		1.50	1.76			2.28
5.58		4.07	1.76			12.20
2.26		31.49				4.06
		47.24				12.96
		41.14				
		2.27				
		1.50				
		1.50				
		1.50				

Lluvias con duración de una hora registradas por la
estación EMA entre el 17 de marzo del 2000 al 14 de
septiembre de 2006.

Tomado del estudio programa de Manejo Integral de Aguas
Superficiales CEA_SIAPA 2007.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Conclusiones

- La temperatura promedio en el municipio de Tlaquepaque es benigna la mayor parte del año en relación a la confortabilidad climática que propicia para la población, excepto los meses de enero, febrero y diciembre, que tienen temperaturas medias inferiores a los 18°C.
- A escala regional o local, las precipitaciones excepcionalmente abundantes son los eventos climáticos que más se asocian con las situaciones de riesgo para la población, ya que suelen relacionarse con una mayor dificultad para su predicción, resulta difícil establecer su intensidad y pronosticar con certidumbre la fecha en que se pueden presentar. Al respecto, el cuadro 3, indica que los mayores eventos de lluvias máximas en 24 horas se presentan en el periodo del año que va de junio a septiembre. Por su parte, el cuadro 6 junto con la figura 2, puntualizan estadísticamente que en los sucesos máximos de precipitación que ocurren en la zona de estudio, la mayor cantidad de lluvia cae durante los primeros 60 minutos.



- El balance hídrico es un procedimiento que provee resultados, fácilmente interpretables, que señalan claramente las variaciones de humedad que se presentan en el suelo a lo largo del año. Esto lo caracteriza como una herramienta útil en el tema de la planificación del recurso hídrico en superficie. Sin embargo, cabe señalar, que dichos resultados no son representativos de las áreas urbanas del municipio, ya que éstas son lugares alterados desde el punto de vista natural.
- El clima que predomina en Tlaquepaque es el semicálido, con lluvias en verano; que de acuerdo a Miranda (1973:40), dicho fenómeno estacional ocurre debido a que la precipitación orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivo del aire y por la influencia de los ciclones tropicales



Geología

- La historia geológica de esta porción del territorio del Estado de Jalisco esta dominada por la evolución de bloques hundidos y elevados, así como la formación de estructuras de origen volcánico acumulativo y de sedimentación fluvio-lacustre del cuaternario. En los bloques hundidos se establecieron los llanos y las zona pantanosas; las estructuras conspicuas están formadas lomeríos producto de bloques elevados y basculados y por formas de origen volcánico (volcanes monogenéticos, domos, etc.), forman serranías que enmarcan los llanos.
- Los llanos han sido formados por el depósito de materiales volcánicos sobre depresiones topográficas en algunos casos el depósito se presento sobre cuerpos de agua de diferente dimensiones.
- Los más importantes depósitos volcánico se deben a la actividad geológicamente pleistocénica de los domos de composición ácida de La Primavera, particularmente los domos de Las Planillas, El Tajo y El Colli cubrieron con una capa de más de 50 m la periferia de la sierra particularmente hacia San Isidro Mazatepec, y en menor medida de la actividad de los volcanes monogenéticos como El Cuatro San Martín, etc ,



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Las estructuras elevadas constituyen el marco, que limita los llanos en contactos bruscos (escarpes de falla) o dilatados por intermedio de grandes abanicos aluviales.
- La juventud de los depósitos su elevada infiltración y la poca pendiente han permitido la conformación de importantes acuíferos y una red hidrográfica pobre y poco organizada, siendo sus principales características una baja densidad y escasa organización, desconexión entre cauces principales (cuencas cerradas) que no se comunicada con el dren principal denominado El Ahogado el cual se une con el San Juan de Dios a la altura de El Salto. Estos rasgos le han dado una dinámica territorial particular.
- La actividad agrícola ha impactado el proceso hidráulico de las cuencas mediante la construcción de una serie de vallados (canales de tierra), bordos, presas los que controlan la patrón superficial del agua.



Columna Geológica

- Suelo.
 - Secuencia de arenas fluviales.
 - Pómez de caída.
 - Arcillas lacustres.
 - Basalto intemperizado.
 - Basalto andesítico.
- La capa superficial esta compuesta principalmente de ceniza y material piroclástico proveniente principalmente de la sierra de La Primavera., su espesor es variable. Se identifica principalmente en la parte del valle.
 - El basalto-andesítico constituye el cuerpo principal del “Cerro del Cuatro”.



Geomorfología

- El municipio esta constituido de tres unidades geomorfológicas principales; la primera corresponde con **El Valle de Atemajac** esta unidad esta formada por un paquete de material volcánico de caída compuesto ´principalmente de ceniza intercaladas con pómez de caída. Los rasgos topográficos principales son una serie de lomas suaves que tiene una pendiente general en sentido oriente-poniente.
- La segunda unidad es **El Cinturón Volcánico del Sur de Guadalajara**. Esta formado de 8 estructuras que van desde conos cineriticos a volcanes de lava, están dispuestos en sentido NNO-SSE, son estructuras de poca altura, algunos con amplia base tipo volcán-escudo, se encuentran alineados en dirección noroeste-sureste, esta cadena de volcanes representa el parteaguas natural entre las cuencas hidrológicas de Atemajac y Toluquilla.
- La cadena inicia en el “Cerro denominado Las Águilas y remata en el Papanton de Juanacatlan, en el Municipio de Tlaquepaque entran tres estructuras, la más importante se denomina Cerro del Cuatro y esta formado principalmente por una sucesión de lavas de naturaleza andesitico basálticas y basálticas, en su cima se localiza un pequeño cráter abierto hacia el norte y en el esta emplazado un pequeño domo volcánico. Parcialmente fue cubierto por una capa de ceniza y pómez proveniente de la Primavera. El cerro del Tesoro esta formado principalmente de material fragmentado como la tefra y arenas volcánicas.



Geomorfología

- La tercera unidad geomorfológica se denomina **Planicie compleja de Toluquilla (PCT)**, está compuesta de rasgos tectónicos vinculados con La Fosa de Chapala y la Fosa de Tepic, por lo que predomina un patrón estructural E-O. Sobre estas estructuras se han presentado una importante actividad acumulativa de tipo volcánico y fluvio-lacustre.
- Se encuentra acotada por los siguientes cerros: Sacramento, Las Latillas, La Herradura, Lomas de Tejeda y El Molino, al oeste por los domos del CVLP – Nejahuete, Cerros Colorados, El Tule, Las Planillas, La Campana y Totoltepec –La topografía es llana con una inclinación persistente al oriente, la parte baja del valle muestra importante sedimentación lacustre, formando zonas con deficiente drenaje natural, llegando a formar zonas endorreicas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- La planicie de Toluquilla se encuentra zonificada en tres secciones:
 - Porción poniente; va de la cota 1650 a la 1560 msnm. Tiene características más asociados con la actividad volcánica de la sierra de La Primavera. Esta formado de una capa potente de pómez de caída así como de flujos de ignimbrita, parcialmente se encuentra desmantelado por los proceso erosivos.
 - Porción centro va de la cota 1,560-1480 Corresponde con una zona de transición entre el piedemonte volcánico y la zona de acumulación lacustre . Se reconocen horizontes de materiales retransportados formando una seria de capas de arenas intercaladas con cenizas.
 - Porción oriente 1,480-1400. Las secuencias fluvio lacustres comienza a engrosarse hasta formar una capa de más de 50 m de material intercalado con eventos erosivos y sedimentación lacustre.



- La mayor parte de los suelos son derivados de materiales pumíticos depositados in situ y de transportación aluviales. En las zonas más bajas de la planicie encontramos suelos de composición limo-arcillosa. La composición corresponde a los del tipo: feozen háplico, feozen, luvico, planasol eútrico, planasol pélico y vertisol eútrico. Suelos aluviales que sobreyacen con espesores variables a materiales piroclásticos de la Toba Tala y/o rocas extrusivas del Arco Volcánico Sur de Guadalajara y/o basaltos y andesitas del grupo Río Santiago.
- Una de las zonas agrícolas más importantes de la región está localizada en la porción central y poniente de la cuenca Toluquilla.
- Definimos el suelo como la interacción de factores ambientales (geológicos, geomorfológicos, biológicos, y climáticos) que en diferentes procesos adquieren o pierden materia orgánica, gases, o líquidos (entre otros) capaces de contener materia viva (INEGI, 1990:8). Este cuerpo natural, puede también ser creado por el hombre a partir de materiales terrestres, manifestando en ambos casos, características morfológicas limitadas verticalmente, con variaciones laterales, que ocupan de espacio y tiempo para su formación.
- Para la descripción de los tipos de suelo presentes en la zona, y al interior del predio, fue tomada como principal fuente la Carta edafológica 1:50,000 Guadalajara Oeste F-13-D65 (CETENAL, 1975), se complemento con recorridos de campo.



- Por orden de extensión, en la microcuenca del Arroyo Seco, los principales suelos son:
 - Feozem haplico que domina todo el predio y constituye el suelo de mayor extensión en el sector centro-oeste de la subcuenca de Toluquilla;
 - Regosol eutríco en las vertientes del Domo El Tajo, hasta su contacto con el pie de monte donde se asocia con el Feozem haplico, y;
 - Fluvisol eutríco que caracteriza el lecho del Arroyo Seco . Todos ellos de textura media y gruesa en los 30 cm superficiales que le confieren una elevada capacidad de infiltración.
 - La unidad Feozem (tierra parda), contiene una capa superficial oscura, moderadamente rica en nutrientes y materia orgánica, siendo la subunidad haplico la que se encuentra en la zona. Estos suelos son fácilmente erodables por el agua de escurrimiento y el viento. El agua de escurrimiento bajo el régimen de lluvias que se presenta en el área produce el encajamiento de los cauces u la evacuación de grandes volúmenes de tierra, condición que debe ser considerada en el diseño de las obras hidráulicas y de infraestructura.



- La unidad Regosol (manto que cubre la roca), es un suelo claro, de poca profundidad y fertilidad, que se forma por el depósito de material de acarreo. Son suelos de escaso desarrollo y fácilmente erodables La subunidad eutríco (bueno), denota una fertilidad moderada, mayor que otros regosoles, aunque esta característica no disminuye la susceptibilidad a la erosión. Las fuertes pendientes en donde se emplaza hace de este suelo en el área solo recomendable para mantener la vegetación natural que aun conserva.
- Por último, tenemos un Fluvisol (suelo de río, es decir de transporte), caracterizado por ser poco desarrollado y sujeto a movimiento casi continuo que le impide evolucionar, no obstante al ser eútrico, no presenta problemas de acidez, anegamiento, y poca fertilidad. Por su posición y condiciones dinámicas es un suelo que debe dejarse a los procesos naturales a los cuales esta sujeto.



Paisaje

- Un vistazo general del municipio nos permite decir que el contexto general esta dominado por un paisaje rural fuertemente transformado por la incursión de actividades industriales, importantes asentamientos regulares e irregulares y una creciente promoción inmobiliaria que en conjunto ha marginado paulatinamente las actividad agrarias. La transformación es de un dinamismo tal que en gran parte del municipio el paisaje tradicional es ya solo relictual puesto que el contexto general es proclive al deterioro o a la transformación de los signos de identidad que en algún momento le dieron carácter.
- Del punto de vista paisajístico el Municipio de Tlaquepaque se divide en tres sectores principales:
 - Paisaje Valle de Atemajac. Planicie ligeramente ondulada de naturaleza volcánica pumicitica.
 - Paisaje Valle de Toluquilla pertenece a La Cuenca del Ahogado, esta formada por una llanura en donde se mezclan deposito volcánico, acumulación eólica y fluvio lacustre.
 - Paisaje Cerros y lomas volcánicas del Cuatro-San Martín. Corresponde a una serie de elevaciones que separa topográfica e hidrográficamente el Valle de Atemajac de la Cuenca de Toluquilla



Valle de Toluquilla

- El Valle de Toluquilla esta caracterizada por estar surcado de varios escurrimientos importantes que proviene de la zona de Zapopan y de Tlajomulco. Las condiciones de pendiente hace que sea una zona con problemas natrales de desagüe, representa la parte baja de los cauces que proviene de las laderas sur de el conjunto volcanes campo Cerro Del Cuatro, El Tesoro y el Gachupin.
- Históricamente una parte importante de la infraestructura hidráulica ha tenido como objeto la actividad agrícola por lo que se construyeron una serie de canales d tierra (vallados) con objeto de darle un manejo al agua de lluvia.....



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Cadena Volcánica del sur de Guadalajara "Cerro del Cuatro, Santa María y Gachupín (Las Águilas)

- Paisaje de Cerros volcánicos, corresponde con La cadena Volcánica del Sur de Guadalajara, en donde se conjunta una serie de formas volcánicas de edades que van de los 1 a 1:5 m.a.
- Para el Municipio de Tlaquepaque esta constituida de tres cuerpos volcánicos el principal es representado por el "Cerro del Cuatro, y los otros dos son El Gachupín y El Tesoro, esta prominencia topográfica es continuada por un conjunto de lomas también de naturaleza volcánica conformada el Cordón Volcánico de Tonalá, lo forma la Loma del Tapatío el Cerro, y El Cholo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Valle de Atemajac

- La cabecera municipal se localiza en la parte alta de Valle de Atemajac, esta zona topográficamente es una ladera volcánico suavemente ondulada, formada de una capa de material pumicitico aproximadamente 5 m, debajo de esta secuencia tenemos un horizonte de basalto- andesitico, en puntos bajos cercanos a la zona de Revolución encontramos secuencia finas de materiales fluviales como arenas volcánica.

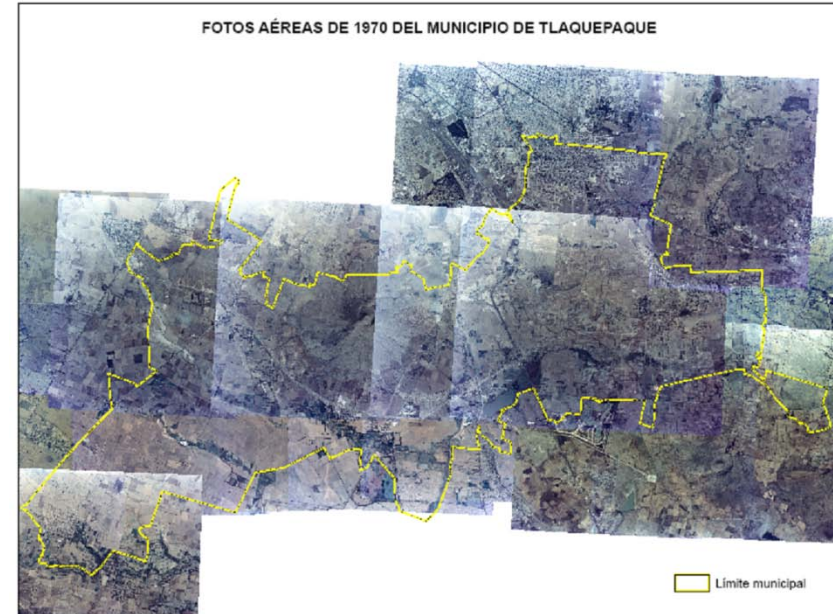


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Crecimiento urbano/comparativo entre el año de 1970 y 2006.

- De acuerdo con la fotointerpretación de la fotografía aérea del año 1970-71, podemos observar que el crecimiento urbano estaba principalmente en las inmediaciones de la cabecera municipal, las principales urbanizaciones se estaba presentado en las laderas del cerro el Tapatío, Las Águilas y de manera incipiente el Cerro del Cuatro.
- Los asentamientos en el valle de Toluquilla estaban restringidos a pequeños núcleos de población como:
 - *Toluquilla.*
 - *López Cotilla.*
 - *Santa María Tequepexpan*
 - *San Agustín.*
 - *Las Juntas.*



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Hidrología

- El escurrimiento es el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. (Aparicio, 1999).
- La lámina de agua que fluye sobre el terreno es el aspecto más tangible en los cálculos hidrológicos y sin embargo este fenómeno es el más complejo de analizar. Anteriores estudios se dedican a grandes extensiones de terreno para dar solución a estudios de grandes cuencas, este tipo de trabajos no son aplicables a cuencas en zonas urbanas por las condiciones de interrupción del ciclo hidrográfico del flujo natural del agua.
- El escurrimiento es la parte de la precipitación drenada por las corrientes desde el interior de las cuencas hasta su salida. El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes por lo que el escurrimiento puede ser: superficial, subsuperficial y subterráneo. (ITSON. 1985)
- Al principio de una precipitación fuerte, una gran cantidad de agua es interceptada por la vegetación; esta agua se encuentra muy expuesta al viento y ofrece una enorme área de evaporación de tal forma que las precipitaciones de corta duración e intensidad pueden llegar a ser completamente consumidas por la interceptación de plantas, por infiltraciones a través del suelo y por el agua que llena los charcos y pequeñas depresiones en la superficie del suelo.
- Para que el agua llegue a infiltrarse, la superficie del suelo debe presentar una serie de condiciones adecuadas. Cuando la precipitación es tal que su intensidad excede la capacidad de infiltración del suelo, comienza el escurrimiento superficial, una vez que el agua corre sobre la superficie del suelo y alcanza los cauces de la red hidrográfica comienza a aparecer el escurrimiento superficial en los cauces.



Métodos tradicionales

- En el apéndice Normativo A de la NOM-011-CNA-2000, (conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales) se establecen los métodos directos e indirectos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento superficial. En esta se menciona el método indirecto lluvia-escurrimiento. Este método se aplica en caso de que la cuenca en estudio no cuente con bastante información de registros hidrométricos, se toma en cuenta la lluvia, el escurrimiento y el área de la cuenca.

$$V = P * A * K$$

Donde:

V= Volumen anual de escurrimiento de la cuenca.

P = precipitación anual de la cuenca, si se tienen los registros de lluvia de por lo menos 20 años de las estaciones meteorológicas dentro y fuera del área de estudio se podrá calcular la precipitación mediante el método de Isoyetas o polígonos de Thiessen, esta se mide en mm que es la altura de la lamina de agua acumulada.}

A = es la superficie o área de captación de la cuenca, esta se puede determinar mediante programas de GIS o CAD.

K = coeficiente de escurrimiento, este es un valor adimensional que indica el porcentaje del agua que escurre en el área estudiada. Esta variable se puede obtener mediante medición directa por diferencia entre la precipitación y el volumen de escurrimiento aforado en el final de la cuenca o de manera indirecta en función del tipo y uso del suelo. Para macrocuencas y cuencas no urbanizadas se puede considerar el tipo de suelo como permeable, medianamente permeable y casi impermeable según la clasificación de INEGI que es ponderado con la utilización del suelo ya sean cultivos, usos forestales o suelos desnudos.

- En Nuevo León, la dirección de obras públicas y desarrollo urbano utiliza un método modificado por ellos para ser aplicado en cuencas urbanas que es similar al anteriormente descrito ($V = P * A * K$) pero para este caso el valor de K se calcula de forma distinta a como se haría para cuencas no urbanas; Se considera la pendiente del terreno y su uso y densidad de urbanización.



Estimaciones

- En nuestro caso para el análisis de gasto de cuenca por escurrimiento superficial se utilizaron tecnologías de la información geográfica para el procesamiento y análisis de los datos, los modelos anteriormente descritos consideran los valores promedio de las coberturas y pendientes en la cuenca los cuales arrojarían un resultado promedio del gasto, como se busca mayor precisión en los resultados se realizará el análisis mediante rejillas de datos o capas de información raster, que nos permiten tratar el territorio como un continuo y considerar las diferencias que se encuentren en este, que en este caso, lo que nos interesa son las diferencias de pendiente y cobertura del suelo.
- Para el cálculo de las pendientes se procesaron las curvas de nivel con una equidistancia de 5 m para construir un modelo digital de elevación, que es un arreglo matricial de los valores (raster) de elevación calculados entre las curvas de nivel por interpolación de los datos, obteniendo así celdas (llamadas píxel) con una ubicación en la rejilla conocida (coordenadas de localización X y Y en metros con proyección UTM) y de dimensiones 5m x 5m (25m²) cada una. A partir de esta se obtiene la pendiente de cada píxel como la función de diferencias de elevación entre píxeles vecinos entre la distancia al centro de cada píxel, la función pendiente también es conocida como la primera derivada de la elevación.



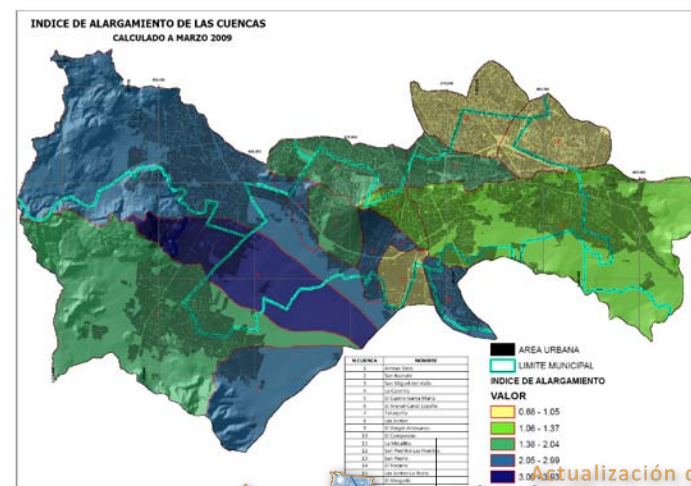
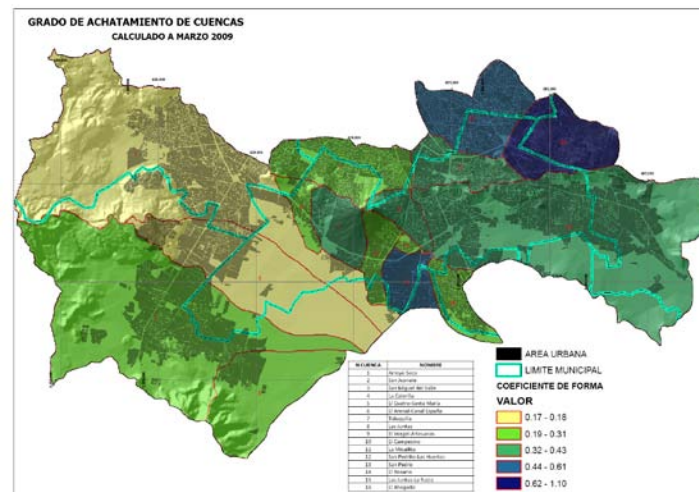
- Entonces se tomaron los valores de porcentaje de pendiente de 0, 20, 45, 100 como extremos de funciones lineales de la forma $Y = mx + b$ donde m es el valor de la pendiente de la recta y b una constante que compensa el desfase de la recta respecto a su origen formando así una colección de 3 ecuaciones para los rangos 1, 2 y 3 y considerando el rango 4 como constante.
- Se calculó entonces el valor de b para cada tipo de uso de suelo considerado en el estudio, Parques y Jardines, áreas no Urbanizadas y Zonas Urbanas por rango de densidad de ocupación. Se obtuvieron entonces 3 raster uno para cada tipo de cobertura que trata el estudio.
- A fin de separar las coberturas de parques, jardines y zonas con vegetación, zonas de escasa o nula vegetación y mancha urbanizada se utilizó una imagen de satélite de alta resolución espacial con la cual se ejecutó un índice de densidad de vegetación normalizado (NDVI) con base en la información espectral de las bandas rojo e infrarrojo de la imagen obteniendo así una imagen clasificada en tres grupos.
- Para determinar la densidad de ocupación del suelo se utilizaron datos vectoriales de INEGI correspondientes al conteo de población 2005 donde la densidad de viviendas por hectárea se empleo como indicador de la tipología de urbanización obteniendo la clasificación sugerida por la metodología tradicional y de esta manera generar un raster del modificador K1 para zonas urbanas



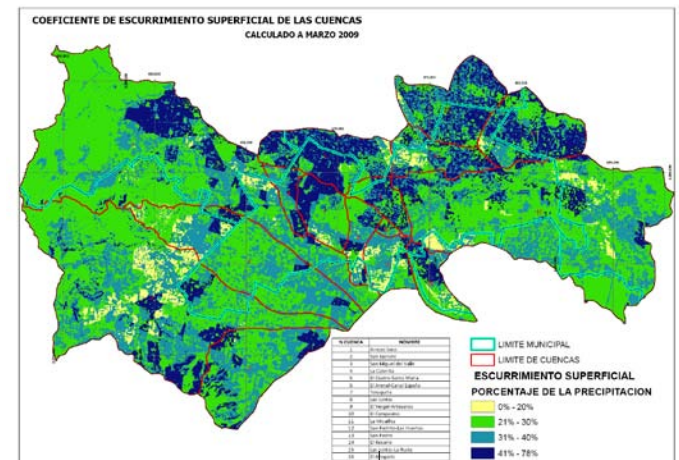
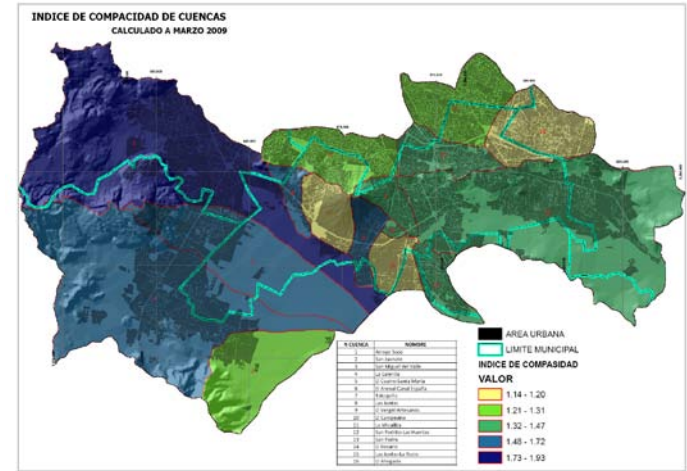
- El proceso siguiente fue la integración del coeficiente K, para ello se realizaron una serie de operaciones lógicas con los raster previamente obtenidos del tipo “*Decision tree*” o árbol de decisiones que opera con condicionantes del tipo “si <con> entonces <ans>”. El resultado es una representación continua del valor K (relacionado con el % de pendiente del terreno y su cobertura) correspondiente al municipio de Zapopan.



- Raros morfométricos de las subcuencas

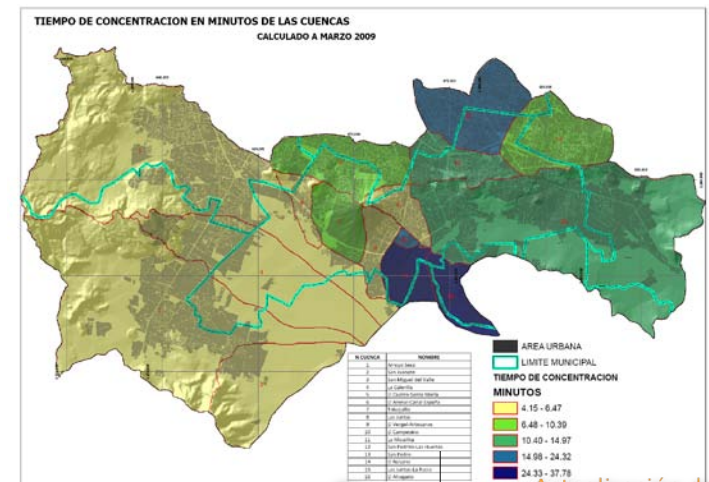
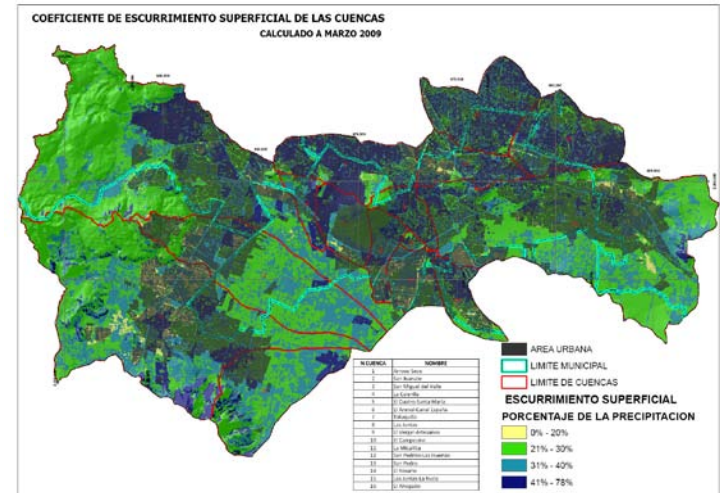


- Los mayores valores de coeficiente de escurrimiento corresponde.
 - En la subcuenca de Seco la zona de Arenales Tapatíos-Miramar (Zapopan).
 - Toda la ladera norponiente del Cerro del Cuatro.
 - Algunos núcleos urbanos en las subcuencas San Juanate-Seco.
 - La cabecera municipal de Tlaquepaque y San Pedrito.
 - La zona de valle de la Misericordia.
 - Santa María Tequepexpan. Toluquilla.



Estimaciones

- Una de las variables más importantes que definen la peligrosidad de las cuencas es el tiempo de concentración; a menor tiempo mayor peligrosidad.
- Se puede observar que las más peligrosas corresponde con las más grandes y las que están en la ladera surponiente del cerro del Cuatro.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Descripción de los Fenómenos Peligrosos



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



INUNDACIONES



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Aproximación general

- Los objetivos de los estudios de inundación es entender los mecanismos de inundación, delimitar las zonas inundables y determinar el riesgo de inundación en la situación actual .
- Los componentes de los estudios parte del análisis geomorfológico, del análisis histórico, del estudio hidrológico de la cuenca-vertiente y del estudio hidráulico.
- Del estudio geomorfológico aunque la mayoría de los sistemas están antropizados quedan algunas rasgos que permiten hacer una valoración de el comportamiento del sistema a partir de la comparación entre las condiciones previas al proceso de urbanización y las actuales.
- En el estudio hidráulico se partió del método hidrometeorológico, en estos estudios se parte de un análisis de la frecuencia de las precipitaciones máximas, con objeto de obtener, en una primera fase, la tormenta de diseño correspondiente a cada período de retorno. En una segunda fase, mediante un modelo de transformación de lluvia escorrentía, se convierten estos hietogramas en hidrograma de crecidas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Estudio de las inundaciones a escala local.

- Sobre el municipio se generan fuertes tormentas de elevada intensidad horaria, las cuales se precipitan en un marco hidrográfico-hidrológico adecuado para la formación y propagación de las avenidas fluviales de carácter torrencial (repentinas) generando lo que se conoce como inundaciones súbitas; tipo *flash flood*.
- El objeto de los estudios es conocer la causalidad de las inundaciones en el municipio. El tema es complejo, ya que la interacción de múltiples factores condicionan el comportamiento del sistema hidrológico en su globalidad.
- Las actuaciones sobre cauces y cuencas ha incrementando el problema y en el mejor de los casos consistió únicamente en acciones de carácter estructural, básicamente mediante el encauzamientos para facilitar el tránsito (incrementando la velocidad) a nivel urbano de las avenidas de agua, sin tener o haber considerado el carácter funcional de estas cuencas las que se comportaban de manera natural como de cuencas torrenciales, esto hubiera requerido de otros mecanismos destinados a distribuir (laminar) el caudal de avenida, frenar la erosión y mitigar los acarrees, que particularmente son altos debido a las condiciones geológicas del valle.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Estudio de las inundaciones a escala local en zonas urbanas.

- La urbanización ha generado cambios irreversibles en los uso del suelo y alteraciones considerables en la repartición de los componentes del balance hidrológico.
- Las superficies impermeables crecen al mismo ritmo de la urbanización, se reducen las zonas de infiltración, se dispara el escurrimientos superficial por lo tanto aumenta las superficies con registro de inundaciones.
- En la Zona Metropolitana de Guadalajara la capacidad natural hidráulica se ha visto reducida por la invasión de la infraestructura urbana, los impactos urbanos han llegado en provocar la pérdida completa del principal canal natural, lo que generó nuevos patrones de movimiento superficial del agua, han sido controlados a partir de la disposición de la retícula urbana y la micromorfología, ampliando y haciendo más complejo el patrón de inundación. Esta situación particularmente la tenemos en la cabecera municipal y en los asentamientos de la ladera del Cerro del Cuatro.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Características de las cuencas de drenaje urbanas

- Al aumentar el área revestida y la pérdida de los elementos de conducción se incrementan las condiciones para que también lo haga la magnitud absoluta de la inundación, aunque la subcuenca es pequeñas pueden generar enormes puntas de crecidas.
- En cuencas urbanas existen dos patrones de movimiento superficial del agua, el macrodrenaje definido a partir de los cauces fluviales, canales, colectores y el microdrenaje definido a partir de la ocupación del suelo (machuelo, viviendas, bardas, topes), en una zona urbana responde al trazado de las calles y la disposición de los machuelos.
- Las cuencas de drenaje urbano se caracterizan por el incremento de la impermeabilización y la reducción de la infiltración debido al revestimiento del suelo como consecuencia de la urbanización. Estos factores aumentan el volumen y la velocidad de la escorrentía produciendo caudales pico mayores en comparación con las cuencas no intervenidas o con menores impactos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Características de las cuencas de drenaje urbanas

La red de drenaje superficial es en donde se desarrolla la escorrentía, esta superficie es menos rugoso que en el medio natural, por lo tanto la velocidad del agua es mayor y los tiempos de concentración bajos, estos dos factores conllevan mayores caudales punta en los hidrogramas de los sucesos hidrológicos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Las cuencas urbanas tienen los siguientes componentes:
 - Microflujo, corresponde al agua que corre por las calles y es controlado por la pendiente de rodamiento, los machuelos, topes. Es fundamental para determinar con mayor precisión la manera de dirigir el escurrimiento excesivo hacia áreas en donde el daño es mínimo e identificar la superficie tributaria.
 - Macroflujo., esta definido por los cauces principales, canales y concentra el agua que proviene del microflujo.
 - Colectores. Corresponde a formen eminentemente antrópicas y no necesariamente presenta la disposición del la red natural. Generalmente han substituido a los canales naturales principales.
 - Alcantarillas. Son los puntos de infiltración dentro del sistema.



Causas de la inundaciones



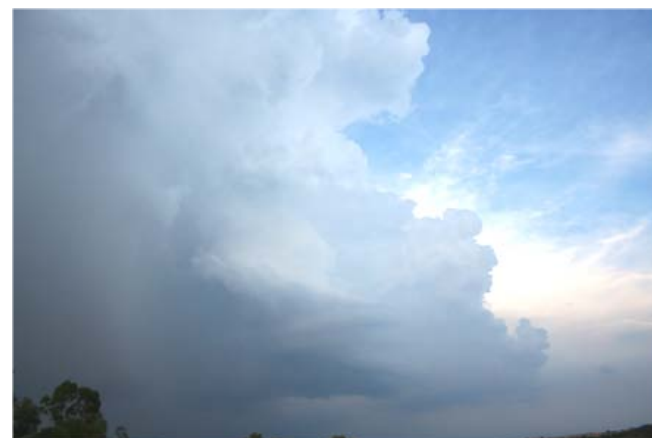
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Variable: Climáticas/valores de precipitación

Las lluvias tienen un fuerte componente convectivo, por lo que se forman nubes tipo *cumulunimbus* las que deja caer fuertes volúmenes de agua en períodos cortos de tiempo, a este tipo de lluvias se les da el nombre de tormentas.

De acuerdo con los estudios elaborados para la actualización de los datos registrados en el estación de Colomos automatizada durante un período de 6 años, se menciona que se registran un promedio 340 tormentas de las cuales 251 tienen una duración menor o igual a 30 minutos. 54 tiene una duración mayor a 30 m y menor o igual a 60 m. 18 de ellas tienen una duración mayor a 60 minutos y menor o igual a 90 minutos y 9btoementas tiene una duración superior a los 120 minutos



Nube tipo *Cumulunimbus*

Tormentas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Promedio
30	250	206	262	363	204	208	251	251
30-60	36	46	50	36	150	23	34	54
60-80	15	15	25	16	26	13	13	18
80-120	5	3	9	8	9	8	6	7
120	4	8	9	11	16	10	4	9
	310	281	359	333	584	256	265	

Tomado del estudio de programa de manejo Integral de Aguas SIAPA-CEA 2007



La cuestión hidrográfica

- El valle de Toluquilla estaba formado por un conjunto de microcuencas las cuales responden rápidamente a las tormentas de fuerte intensidad horaria producto de sus condiciones morfométricas como son:
 - La parte alta del sistema tiene fuertes pendientes mientras que la parte baja las pendientes son suaves.
 - Cauces antropizados debido a la actividad agrícola. (la mayor de los cauces eran canales de tierra denominados “vallados” de flujo intermitente.
 - Trazos irregulares y en ángulos agudos del los canales principales.



- El proceso urbano modifico drásticamente las condiciones del ciclo del agua, así como el porcentaje de cada valor, en las microcuencas mediante las siguientes impactos:
 - Pérdida del sistema de canales naturales, (del principal y los afluentes).
 - Manipulación de la dirección de los escurrimiento.
 - Cambios en la superficie de las microcuencas. (fenómenos de trasvase).
 - Pérdida de la compacidad.
 - Aumento de los valores de pendiente.
 - Aumento del revestimiento.
 - Pérdida de la sinuosidad.
 - Modificaciones al proceso de erosión-transporte y sedimentación.
 - Incremento del hidrograma de crecidas.



*La Cuestión Hidrológica e
hidráulica*

- Debido a la actividad antrópica se han presentado rectificaciones, confinamiento, revestimiento, entubamiento, con distintos criterios aplicados a lo largo del tiempo, generándose distintas funcionalidades.
- Disminución de la capacidad hidráulica debido a la pérdida de una buena cantidad de escurrimientos naturales los cuales varios de ellos no fueron substituidos por colectores o fueron diseñados con criterios técnicos insuficientes.
- Los primeros estudios que se realizaron para el proyecto de los colectores de acuerdo con el estudio del PROMIAP de CEA-SIAPA (2007) se manejaron dos valores distintos de intensidades de lluvia para los diseños de la sobras hidráulicas.
- Se estimaron con métodos para esa época un intensidad media para una tormenta de una hora y un periodo de retorno de 10 años un valor igual a 52 mm. (pagina 32).



Clasificación de las inundaciones en las zonas urbanas.

- En la zona urbana para establecer una clasificación de las inundaciones tiene que tomar en cuenta los siguientes aspectos:
 - Su ubicación; en vía publica o vivienda.
 - El nivel (altura) de la inundación.
 - La funcionalidad del sitio en el contexto de la movilidad urbana.
 - Su persistencia (duración).
 - Y la superficie que abarca en M²



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



De acuerdo a inundación en la vía pública o en viviendas particulares y la superficie que abarca.

- Se diferencia primeramente las inundaciones que se registran en la vía pública de las inundaciones que se registran en viviendas o construcciones de carácter particular.
- De acuerdo con el valor de superficie que cubre el cuerpo de agua, se diferencia zonas de acumulación de menos de 500 **M²** como *encharcamiento* y superficie de más de 500 **M²** se clasifican como *inundaciones*.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



De acuerdo con la altura de la lamina de Agua

Por (la altura) nivel de la inundación.

El nivel de inundación generalmente está referenciado a los criterios utilizados por el Sistema Nacional de Protección Civil, en donde maneja la altura del rasante para diferenciar en las zonas urbanas las inundaciones de los encharcamientos, se considera que debe de hacerse una clasificación más detallada para poder evaluar los impactos de las inundaciones.

- **Encharcamiento menos de 15 cm.** Esta no alcanzan el rasante de la banquetta, genera problemas menores en la movilidad urbana, el impacto principal es el congestionamiento vial, se incrementa en un 30% los alcances vehiculares, así como los tiempos del recorrido.
- **Encharcamiento severo hasta 25 cm.** Alcanza a afectar los domicilios, a nivel de la vialidades el tránsito se entorpece severamente, comienza a desarticularse la movilidad, existe problemas para que las personas puedan transitar por las aceras o para cruza las calles. Las zonas más bajas de la ciudad comienzan a registrar problemas.
- **Inundaciones hasta 50 cm.** Se generan problemas en la movilidad urbana, por arriba de los 25 cm. los vehículos más bajos comienzan a presenta flotabilidad y averías mecánicas. Los pasos a desnivel dejan de funcionar, comienza a registrase severos congestionamientos, e inicia la paralización total del transito vehicular, se registran daños en los enseres de las viviendas. Una de las zonas más peligrosas son los vados y las márgenes de los canales.
- **-Inundación hasta 1 m.** Se colapsa la movilidad urbana, hay severos daños en las viviendas, es necesario comenzar con desalojos en zonas criticas, existe caída parciales de bandas o viviendas. La población se ve en la necesidad de buscar zonas seguras, se generan fuertes corrientes sobre las vialidades, comienza a registrarse el arrastre de vehículos.
- **-Inundación (severa) de más de 1.5 m.** Se crea la necesidad de desalojo de personas y puede haber arrastre de vehículos en las vialidades, los daños son mayores en las viviendas, es necesario desalojara a la población, puede haber colapso de viviendas de manera parcial o total.



Coordinación del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Por la ubicación de la inundación

Clasificación de Calles	Límite Máximo/permitido
Local	No rebasar bombeo. El Flujo puede extenderse hasta la coronilla de la calle.
Colector	No rebasar bombeo. El Flujo debe de dejar libre al menos un carril.
Arterial	No rebasar bombeo. El Flujo debe de dejar libre al menos un carril de circulación en cada dirección peor no puede inundar más de dos carriles en cada dirección.
Vías rápidas	No se permite inundación de ningún de los carriles de circulación.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Daño en las viviendas y persistencia
de la inundación,

- De acuerdo con su persistencia (duración) se definen inundaciones súbitas e inundaciones lentas.
- De acuerdo con los datos obtenidos para la zona Metropolitana de Guadalajara las inundaciones son repentinas tipo *Flash Flow* , pero en la zona del Valle de Toluquilla el incremento del agua tiende a ser de naturaleza más paulatina. (Valle de la Misericordia).



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Crecimiento urbano e impacto al proceso del ciclo hidrológico en municipio.

El poblado de Tlaquepaque fue un asentamiento Tonalteca, este se ubico en unas lomas altas con respecto al valle de Atemajac, la que a su vez correspondía a la parte baja del Arroyo Seco; escurrimiento que provenía donde actualmente esta los restos de la hacienda La Vidriera y del poblado de San Pedrito.

Este crecimiento del centro de la población remonto la pequeña cuenca del arroyo seco por lo que la infraestructura más antigua paulatinamente quedo en la parte baja de la micocuenca.

Para el valle de Toluquilla existían un conjunto de asentamiento en la zona de Tlaquepaque están formados por los asentamientos de Toluquilla, Santa María Tequepexpan, San Sebastianito, Las Juntas y Santa Anita muchos de ellos se ubicaban en las inmediaciones de cauces principales.

El crecimiento urbano posterior fue paulatinamente remontando el sistema de microcuencas y cauces por lo que, la parte más antigua han quedado al final de los sistema hidrográficos, por lo tanto los impactos han escalado, generando insuficiencias cada vez mayores (parte baja) con el incremento de la urbanización aguas arriba.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Un aspecto fundamental que tiene que ver con la valoración de la peligrosidad por inundación es el impacto en los procesos urbanos, para poder ponderar este criterio se utilizó la valoración histórica que se hizo del fenómeno durante el período 1918 al 2008.

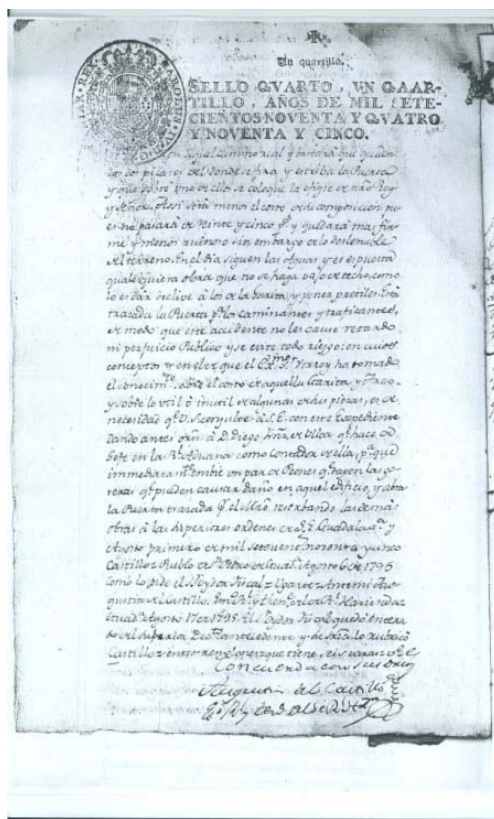
Se identificó la siguiente secuencia de impactos:

- Congestionamiento vehicular se incremento en un 30% los accidentes^[1],
- Caída de ramas, árboles anuncios, tendido eléctrico, etc.
- Daños a vehículos por caída de árboles.
- Problema en los servicios públicos (luz, teléfono, semáforos).
- Interrupción de los pasos a desnivel.
- Interrupción del servicio del Tren Ligero y macrobus.
- Aislamiento de amplios sectores de la ciudad (colapso de la movilidad).
- Arrastre de vehículos.
- Pérdida de enseres.
- Colapso parciales o totales de viviendas.
- Pérdida de vidas (por arrastre).

- ^[1] Dato proporcionado por el Director de Transito Lic. Manuel Verdín en entrevista en la radio dentro del programa “Cara a Cara” el día 21 de julio del 2008.



Análisis histórico de las inundaciones en el municipio.



- La información histórica tiene como principales objetivos aportar información en la medida de lo posible sobre los siguientes aspectos:
 - Tipología de los procesos históricos de inundación.
 - Localización y delimitación de zonas históricamente inundables.
 - Reconstrucción de los eventos históricos.
- Por otro lado la mejor manera de incrementar la cantidad de información en el **proceso de estimación de parámetros para calibrar los modelos de susceptibilidad** es incluir la información histórica.
- El estudio histórico de las inundaciones se basa en la recopilación de información mediante la consulta de la hemeroteca del Informador, El Occidental, El Sol, de revisión de base de datos de la Unidad Estatal de Protección Civil y municipal, así como de recorridos de campo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Los datos que se requieren en cada evento de inundación son los siguientes:
 - Fecha.
 - Área de afectación y duración.
 - Altura alcanzada de la inundación.
 - Identificación del proceso de desbordamiento.
 - Daños causados.
 - Calidad o verosimilitud de la información.
 - Fuente de información.
 - Obras de defensa y trabajos de construcción realizados.
- Se hizo una revisión en un período de 90 años; entre los años de 1918 al 2007, se han contabilizado por lo menos 77 inundaciones fuertes asociadas a la misma cantidad de tormentas locales severas (TLS) para la Zona Metropolitana de Guadalajara.
- Estos datos nos indican que existe una alta probabilidad de registro de tormentas de alta intensidad horaria en los temporales de lluvias.
- De acuerdo con los datos históricos que existe una probabilidad de presentarse por lo menos tres eventos de tormentas severas por año.



De acuerdo con la información histórica las lluvias intensas localmente conocidas con las palabras de **tormenta, chubasco, diluvio, cordonazo**, generalmente vienen acompañada por viento, granizo y descargas eléctricas.

Se tiene documentado que han generado serios problemas por lo menos desde el año de 1918 hasta la fecha, esto quiere decir que: la forma de llover directamente está influyendo en el comportamiento súbito del agua en los sistemas hidrográficos, por lo que representan uno de los primeros factores que están presentes en el problema de las inundaciones.



Se tiene registrado para el 17 de septiembre de 1940 un severísimo **cordónazo**, sus efectos fueron destructivos, el aguacero duro 122 minutos, el área que abarco fue más allá de Tlaquepaque hasta terminar algunos kilómetros delante de Zapopan, en muchas calles el agua rebaso más de 1 m, cuando menos 19 finas se colapsaron. Los mayores daños se sintieron en la calzada y el Parque Morelos.



Para el mes Junio de 1952 en el periódico El Occidental se tiene una nota l de a cual describe una tormenta en la zona de Guadalajara y Toluquilla, los vientos alcanzaron una velocidad de 120 kms/h acompañados de fuertes lluvias e intenso granizo; cruzó por Guadalajara y sus alrededores causando graves daños a la ciudad e interrumpió el servicio aéreo, derribó una antena en el aeropuerto.





Nota de la segunda tormenta registrada en la zona de Toluquilla para el año de 1952 en el mes de junio el día 9 se menciona que en menos de 24 horas una tromba volvió a afectar el poblado de Toluquilla, se vieron seriamente afectados las siembras, cayo 3 m de granizo en las rancherías como San Sebastianito y Santa María Tequepexpan se registro la muerte de 3 niños.

Fuerte granizada en Guadalajara

Un menor de un año de edad murió y sus tres hermanos se encuentran graves, luego de que les cayó encima un muro de su vivienda, el cual se reblandeció con la tormenta del jueves por la noche en Guadalajara.

En algunas colonias de la zona industrial de la capital tapatía y del sur de Zapopan, se precipitó una fuerte granizada que provocó que los niveles del agua alcanzaran hasta un metro; varios árboles se cayeron y decenas de automovilistas quedaron varados con sus vehículos.

El pequeño Alfredo Jacob Cruz perdió la vida en su domicilio ubicado en la calle San José, número 16 de la colonia Nueva Santa María, del municipio de Tlaquepaque. Sus hermanos Jesús Luis, Gerardo y Miguel, de entre tres y ocho años de edad, quienes se encuentran graves, fueron rescatados por personal de bomberos que acudió al lugar.

Los colonos señalaron que el agua se estancó y rápidamente subió al no poder correr ante los grandes depósitos de tierra, por la instalación de tubería para drenaje.

Las colonias Ferrocarril, Moderna y la zona industrial de Guadalajara; Zapopan y otras de Tlaquepaque, fueron de las más afectadas por la intensa lluvia del jueves por la noche, de acuerdo con los reportes de la Unidad Estatal de Protección Civil y los bomberos de los municipios citados.

Otro de los fenómenos asociados a las tormentas severas es la fuerte actividad eléctrica la cual se traduce en una gran cantidad de descargas.



Zonas que históricamente han registrado eventos de inundación.

De acuerdo con el análisis histórico para el municipio mediante la consulta hemerográfica se puede observar el siguiente patrón de inundación histórica:

La cabecera municipal (Niños Héroes y Río Nilo, Centro, Lomas de Tlaquepaque).

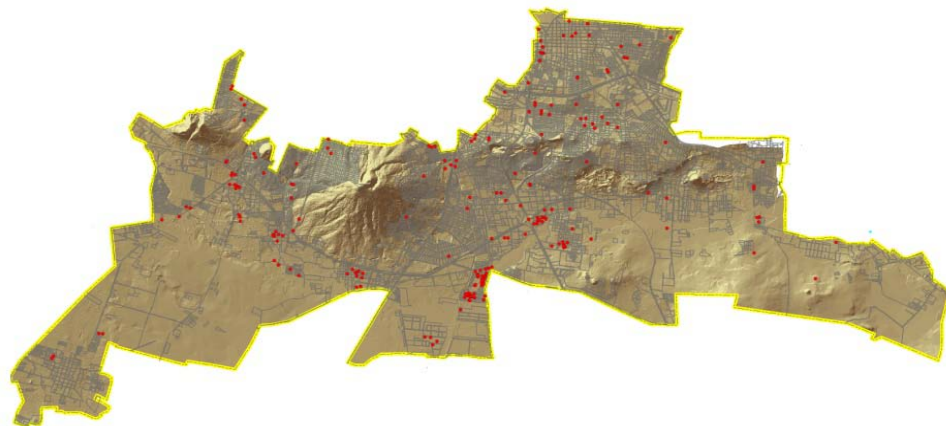
Fraccionamiento Las Huertas revolución.

Las Pintas, la Duraznero, San Martín (poblado) Fraccionamiento Los Naranjos, Los Puestos (El Carril).

Santibáñez, Haciendas San Martín, Prados de San Martín.

Cerro del Cuatro, Lomas del Cuatro, Las Juntas, Gobernador Curiel (Prof. Antonia Muñoz).

Compositores, Juan de La Barrera, Valle Verde, Las Liebres, la Duraznera. Valle de la Misericordia.



Tlaquepaque
Revisión Hemerográfica
• Puntos de Inundación
Periodo
1917 - 2008

- Toluquilla, San Sebastianito, Los Cajetes, Frac. Los Olivos, Valle de San Sebastiánito, Balcones de Santa María.
- Las Águilas, Santa María Tequepexpan, Nueva Santa María, Villa Real, Ojo de Agua, Santa Anita.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Cuadro con algunos de los eventos más importantes que han afectado a la ciudad y particularmente al municipio, para el período de 1919-2009.



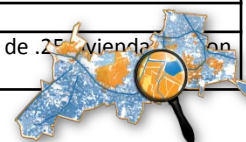
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



1919	Se registró una tromba, con . de lluvia, hubo casas destruidas y tres personas murieron.
1922	Grandes destrozos debido a una intensa granizada en la zona de Toluquilla.
1933	Fuerte tempestad se dejó sentir en Guadalajara.
1933	Las calles se convirtieron en ríos caudalosos, hubo muchas inundaciones, el agua llegó de manera súbita, se propone hacer un canal que conduzca el agua de la zona del Colli a Colomos.
1936	Fortísima tormenta, vino acompañado de granizo y vientos huracanados, se suspendió el servicio telegráfico, el eléctrico, muchas casas se inundaron y otras se derrumbaron, se desbordo el Arroyo El Colomo y , la que inundo de Atemajac.
1940	Fuerte tormenta, duró lloviendo 122 minutos, casas inundadas, la corriente arrastro con puestos de vendimias, se inundaron la fábrica sobre la calzada Independencia, afecto Toda la Ciudad desde Tlaquepaque hasta Zapopan.
1955	Tormenta con fuertes vientos alcanzaron los 120 Kms/h, y dejo caer una gran cantidad de granizo, interrumpió el servicio aéreo.
1955	Una tormenta en menos de 24 horas volció a azotar Toluquilla dejando como saldio 3 personas muertas.
1967	Una fuerte tormenta se abatió en la ciudad ocasionando que tres vehículos quedaran atrapados.
1974	Las aguas penetraron más de 1m a muchos establecimientos comerciales en la Calzada Independencia.
1976	Una fuerte tormenta en la zona de Tetlán-Río Verde ocasionó que más de 100 familias fueran afectadas.
1976	Más de la mitad de la ciudad se vio afectada por la lluvia, en algunos lugares alcanzo más de la inundación, hubo un muerto y varios heridos, destruyo viviendas y arrasó vehículos.
1979	Inundación en - Río Verde, se sugiere reubicación temporal de las personas afectadas.
1980	Derribo una gran cantidad de árboles.
1985	Severas inundaciones en la parte norte y centro de la ciudad, el la colonia Constitución hubo viviendas afectadas.
1986	Fuertes lluvias, ocasionaron la inundación a paso a desnivel.
1990	Fuertes inundaciones en el centro y sur de la ciudad.
1990	El Arroyo Osorio se desbordó y generó fuertes inundaciones.
1991	Desbordamiento de la Presa La Providencia, más de 800 personas evacuadas de la Huizachera, Ojo de Agua.
1991	Cuarenta casas afectadas por el desbordamiento del canal.
1992	Familias evaluadas.
1994	Inundaciones en la inmediaciones de Plaza del Sol, en Expo Guadalajara el agua subió más de .
1994	Familias tuvieron que ser desalojadas en Tetlán-Río Verde.
1995	Inundación generalizada en el sur de la ciudad de Guadalajara.
1995	Inundación en el colonia El Deán y La 18 de Marzo, la altura alcanzo más de .



1995	Severa Inundación en las colonias Ferrocarril y Manolete, el agua alcanzo más de .
1995	Inundaciones severas en el sur, Tlaquepaque, López Mateos, Lázaro Cárdenas.
1996	Severas inundaciones en el oriente de la ciudad, en Avenida Río Nilo.
1997	Severas inundaciones, en la colonia El Ferrocarril y San Rafael.
1997	Muchos vehículos atrapados por las fuertes corrientes en la zona de Plaza del Sol, en Cárdenas, en Avenida Guadalupe, Arboledas y R. Michel.
2000	Inundación de 40 viviendas, en Arcos y López Mateos.
2001	Inundaciones en el Déan y Colonia Higuierillas.
2001	Inundaciones en Avenida Conchitas, el Dean, Ferrocarril, en San Carlos alcanzó el tirante de agua más de
2001	Desbordamiento de la presa El Órgano, más de 14 viviendas inundadas en La Duraznera.
2001	Un niño muerto y tres heridos graves debido al estancamiento y posterior rotura de un dique que se formo de material apilado en la calle debido a la introducción de tuberías de drenaje, en la calle de San José de la Colonia Nueva Santa María.
2002	Inundación en Cruz del Sur, el agua alcanzó más de 1.5m
2003	Tormenta en el centro de la ciudad, entre Pedro Moreno y Niños Héroe, se presentaron muchos accidentes automovilísticos.
2003	Se presentaron dos tormentas, las cuales inundaron amplias zonas de Providencia, el agua alcanzo más de 1 m .
2003	En Isidro, Insurgentes, Ferrocarril los habitantes tuvieron que ser evacuados ya que el agua alcanzó más de 1m.
2003	En el parque de La Solidaridad el agua arrastro 4 personas, el agua alcanzo más de los .
2003	En la zona de Río Nilo un vehículo fue arrastrado por una fuerte corriente.
2003	Fuerte lluvia con granizo en la zona de San Andrés.
2003	Inundación en Presa de Las Rucias, gran cantidad de damnificados.
2003	En Río Nilo y Mercedes Celis, varios carros fueron arrastrados, una persona fue arrastrada por el canal Santa Paula.
2004	Fuerte lluvia con granizo en el centro norte de la ciudad, el granizo alcanzo los 25 cm.
2004.	Fuerte inundación en la parte centro poniente y sur de la ciudad, en una gran cantidad de colonias el agua alcanzó más de 1.5m.
2004	Inundación en San José del 15 debido a la ruptura del la presa de Las Pintas.
2004	Inundación en San Agustín, el agua subió más de .
2004	Desborde del canal de Las Pintas y de la Presa inundo todo a su alrededor.
2005	Fuerte inundación en el sur de la ciudad, se desalojaron a 30 familias, se reubicaron 23.
2005	Fuerte tormenta, inundó una amplia zona del sur de la ciudad, el agua alcanzó más de , hubo 80 vehículos inundados, el fuerte viento arraso con 9 árboles y 24 semáforos.
2005	En distintos puntos de la ciudad se precipito una fuerte tormenta.
2005	Fuerte tromba, se registraron 12 casas dañadas.
2006	Fuerte lluvia en San Andrés y La Nogalera, 20 árboles caídos.
2006	Inundaciones en El Deán, Ferrocarril, e Insurgentes, Oblatos, el agua alcanzó más de .25 viviendas con dañadas.



2006	Fuerte lluvia en el centro y sur de la ciudad, el agua alcanzo más de , la lluvia fue acompañada de granizo.
2006	Fuerte granizada en el centro y oriente de la ciudad, el agua alcanzó más de 1m.
2006	Inundación en Villas de , debido a una fuerte tormenta, el agua alcanzo más de 1m. inundación en más d 70 viviendas muchas aun no están habitadas,
2006	Fuerte lluvia en el norte de la ciudad, en la colonia fue arrastrado un vehículo, el agua alcanzó más de 1m.
2006	En la Colonia Hacienda de Mata (Osorio), dos policías fueron arrastrados y perecieron.
2006	Fuerte tormenta una gran cantidad de autos varados, la inundación alcanzo cerca de en zonas como Avenida México.
2006	Desborde del cauce en el Briceño, 139 familias damnificadas.
2007	Severa Inundación en La Duraznera, fraccionamiento Revolución
2008	Una fuerte lluvia ocasiono que el techo de dos fincas en la Villa Alfarera se vinieran abajo, en las Juntas el agua alcanzo más de
2008	Fuerte lluvia ocasionó que se desbordara la presa de Las Pintas y ocasionara severas afectaciones a la colonia Juan de La Barrera.
2008	Se desbordo el canal de las Pintas y afectó la colonia Juan de La Barrera y Loma Bonita Ejidal y el la Colonia Ex hacienda del Cuatro, en Villa California, Lomas del Sur y Real del Valle
2008	Un par de jóvenes fueron arrastrado por fuertes corrientes, hubo afectaciones en la Colonia Santibáñez y Juan de La Barrera.
2008	Severa inundación a lo largo del canal San Sebastianito, el agua ha alcanzado más de en lugares como Los Olivos, Amaneceres, Los Tulipanes,
2008	Más de 100 viviendas fueron afectada en el municipio de Tlaquepaque y Tlajomulco, las mayores afectaciones se tuvieron en las inmediaciones del canal de Las Pintas, el cual se desbordo en 4 puntos; Adolfo Horn y Primero de Mayo, En la colonia San José del Valle, a la altura de la Ex hacienda del Cuatro en el cruce con Chapultepec, y en la colonia Juan de La Barrera. En La Privada Juan de La Barrera se dañaron cerca de 65 viviendas. En la Colonia Loma Bonita Ejidal en su calle de Acueducto con el cruce de Ahuehuetes se registraron inundaciones de 15 viviendas al alcanzando el nivel de la inundación .
2008	En la calle de Batalla de Celaya una fuerte corriente arrastró aproximadamente 25 vehículos, en la calle batalla de Machimba al entronque con la carretera a Chapala se tuvo la afectación de alrededor de 25 viviendas el agua alcanzo los 1.5 m En la Colonia la Duraznera en la calle Evangelistas al cruce con santa Cruz se registro una inundación de 8 viviendas.
2008	Severa inundación en Jardines de Santa María.
2008	En la Colonia La Soledad el agua alcanzo hasta .
2008	Nuevamente en los 4 puntos a lo largo del canal de Las Pintas se presento un desborde, hubo afectaciones en Loma Bonita Ejidal, sobre la calle Acueducto en los cruces con Ahuehuete.
2008	Calle Loma Bonita Ejidal en Avenida Ahuehuetes la inundación rebaso los . Mientras que Tequepexpan en la calle Arenal en su cruce con Zaragoza un automóvil fue arrastrado



2006	Fuerte lluvia en el centro y sur de la ciudad, el agua alcanzo más de , la lluvia fue acompañada de granizo.
2006	Fuerte granizada en el centro y oriente de la ciudad, el agua alcanzó más de 1m.
2006	Inundación en Villas de , debido a una fuerte tormenta, el agua alcanzo más de 1m. inundación en más d 70 viviendas muchas aun no están habitadas,
2006	Fuerte lluvia en el norte de la ciudad, en la colonia fue arrastrado un vehículo, el agua alcanzó más de 1m.
2006	En la Colonia Hacienda de Mata (Osorio), dos policías fueron arrastrados y perecieron.
2006	Fuerte tormenta una gran cantidad de autos varados, la inundación alcanzo cerca de en zonas como Avenida México.
2006	Desborde del cauce en el Briceño, 139 familias damnificadas.
2007	Severa Inundación en La Duraznera, fraccionamiento Revolución
2008	Una fuerte lluvia ocasiono que el techo de dos fincas en la Villa Alfarera se vinieran abajo, en las Juntas el agua alcanzo más de
2008	Fuerte lluvia ocasionó que se desbordara la presa de Las Pintas y ocasionara severas afectaciones a la colonia Juan de La Barrera.
2008	Se desbordo el canal de las Pintas y afectó la colonia Juan de La Barrera y Loma Bonita Ejidal y el la Colonia Ex hacienda del Cuatro, en Villa California, Lomas del Sur y Real del Valle
2008	Un par de jóvenes fueron arrastrado por fuertes corrientes, hubo afectaciones en la Colonia Santibáñez y Juan de La Barrera.
2008	Severa inundación a lo largo del canal San Sebastianito, el agua ha alcanzado más de en lugares como Los Olivos, Amaneceres, Los Tulipanes,
2008	Más de 100 viviendas fueron afectada en el municipio de Tlaquepaque y Tlajomulco, las mayores afectaciones se tuvieron en las inmediaciones del canal de Las Pintas, el cual se desbordo en 4 puntos; Adolfo Horn y Primero de Mayo, En la colonia San José del Valle, a la altura de la Ex hacienda del Cuatro en el cruce con Chapultepec, y en la colonia Juan de La Barrera. En La Privada Juan de La Barrera se dañaron cerca de 65 viviendas. En la Colonia Loma Bonita Ejidal en su calle de Acueducto con el cruce de Ahuehuetes se registraron inundaciones de 15 viviendas al alcanzando el nivel de la inundación .
2008	En la calle de Batalla de Celaya una fuerte corriente arrastró aproximadamente 25 vehículos, en la calle batalla de Machimba al entronque con la carretera a Chapala se tuvo la afectación de alrededor de 25 viviendas el agua alcanzo los 1.5 m En la Colonia la Duraznera en la calle Evangelistas al cruce con santa Cruz se registro una inundación de 8 viviendas.
2008	Severa inundación en Jardines de Santa María.
2008	En la Colonia La Soledad el agua alcanzo hasta .
2008	Nuevamente en los 4 puntos a lo largo del canal de Las Pintas se presento un desborde, hubo afectaciones en Loma Bonita Ejidal, sobre la calle Acueducto en los cruces con Ahuehuete.
2008	Calle Loma Bonita Ejidal en Avenida Ahuehuetes la inundación rebaso los . Mientras que Tequepexpan en la calle Arenal en su cruce con Zaragoza un automóvil fue arrastrado



DEL ANÁLISIS DE LOS DATOS HISTÓRICOS SOBRESALE LA DESCRIPCIÓN DE EVENTOS ASOCIADOS A TORMENTAS LOCALES SEVERAS EN LA ZONA DE TOLUQUILLA-CERRO DEL CUATRO. LA SEGUNDA REFERENCIA HISTÓRICA QUE SE TIENE PARA LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA Y QUE CORRESPONDE CON EL AÑO DE 1922, SE DESCRIBE UNA TORMENTA SEVERA EN DONDE REGISTRA LA CAÍDA DE UNA GRAN CANTIDAD DE GRANIZO, EVENTO QUE SE VUELVE A REGISTRA POR LO MENOS EN EL AÑO DE 1955 EN DOS OCAISIONES EN MENOS DE 24 HORAS, LAS TORMENTAS MANIFESTARÓN FUERTES RACHA DE VIENTO Y GRANIZO, SE MENCIONA EN EL POBLADO DE SAN SEBASTIANITO SE REGISTRO LA MUERTE DE TRES NIÑOS.

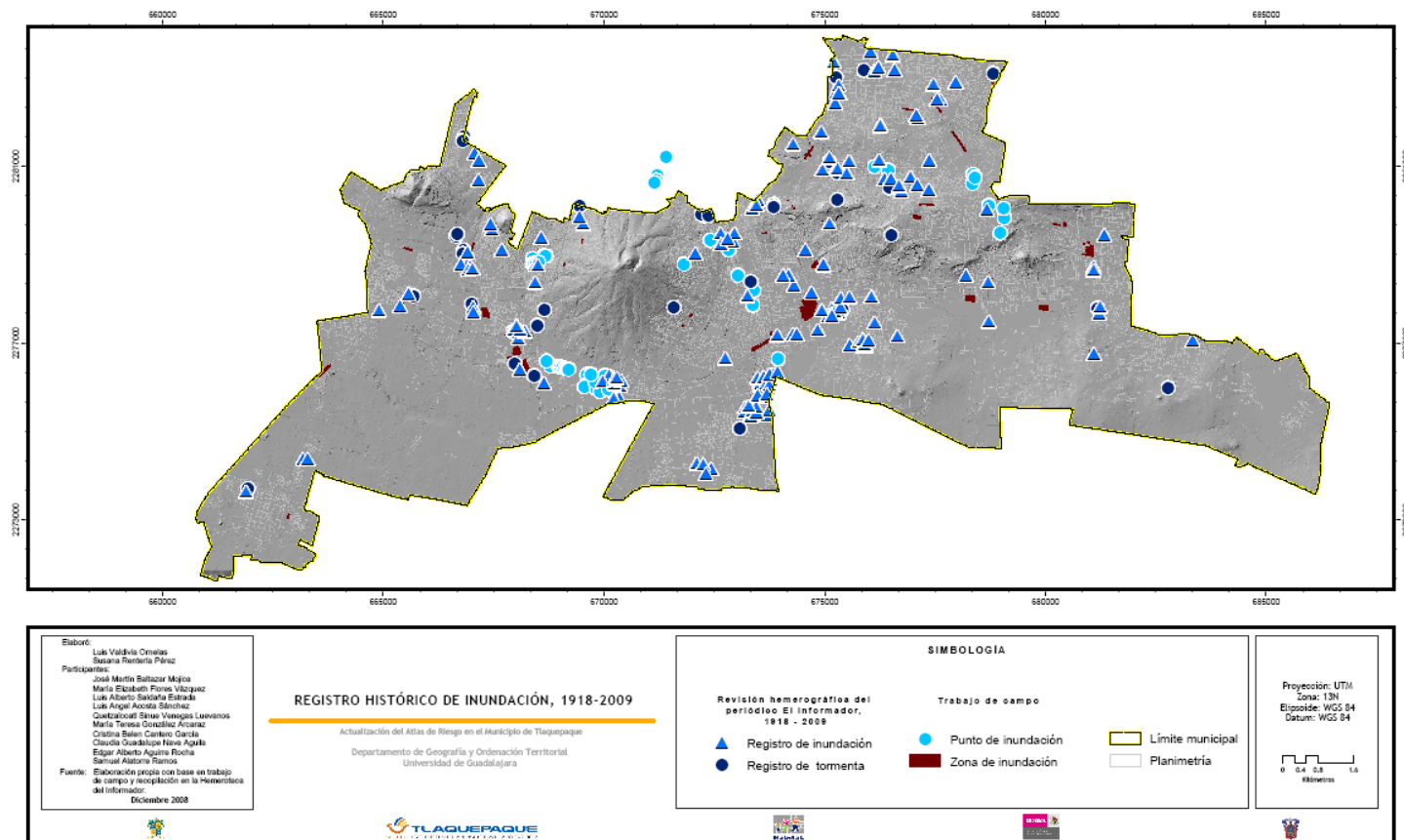
LA LA CUARTA REFERENCIA SE TIENE PARA EL AÑO DE 2006 UNA FUERTE TORMENTA EN LAS INMEDIACIONES DE TOQUILLA Y SANTA MARÍA TEQUEPEXPAN, SATURO EL SISTEMA DE CAUCES, EN LA ZONA DE CANAL ESPAÑA SE GENERO ARRASTRE DE UN VEHÍCULO MURIENDO TRES PERSONAS.

LA QUINA REFERENCIA SE TIENE DOCUMENTADA PARA EL AÑO DE 2008 EN LA LADERA SUPERIOR DEL CERRO DEL CUATRO EN LA ZONA DE BALONES DEL CUATRO, DEBIDO A UNA TORMENTA ASOCIADO CON FUERTE PRECIPITACIÓN DE GRANIZO COMBINADO CON LAS MALAS CONDICIONES URBANAS SE PRODUJO UN FLUJO DENSO (*DEBRIS FLOW*) EL CUAL IMPACTO VIVIENDAS OCASIONANDO LA MUERTE DE UN NIÑO Y DAÑOS.

A PARTIR DE LA DÉCADA DE LOS AÑOS 1990 LAS ZONAS QUE COMIENZAN A REGISTRAR SEVERAS INUNDACIONES EN LAS PARTES BAJAS ANTIGUOS PANTANOS Y DE BANCOS DE MATERIAL; COMO SANTIBÁÑEZ, LA DURAZNERA, LAS PINTAS, ARTESANOS, ETC.



Mapa de eventos históricos registrados (hemeroteca y campo)



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**



Evaluación histórica de los daños.

- El 16 de junio de 2008 se precipito una Tormenta severa acompañada de fuertes rachas de viento y gran cantidad de granizo, por lo menos se dañaron 40 viviendas, se presentaron siete lesionados y una persona falleció.
- El eventos ese relacionado con una Tormenta Local Severa la cual genero una gran cantidad de agua, particularmente granizo el cual se precipito sobre la ladera del cerro, se movió y canalizo sobre las calles pendiente abajo amalgamando una gran cantidad de basura y tierra generado un flujo de lodo denso con capacidad de colapsar muros.
- Este evento coincide territorialmente con el que se registró en 1922, los dos que se presentaron el 9 de Junio de 1952, se puede considerar que históricamente es una corredor en donde existe una alta incidencia de Tormentas Locales Severas.



Imágenes de Tonathiu Figueroa.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Cartografía Histórica

- De acuerdo con la Unida Municipal de Protección Civil existían 547 fincas con un total de 3014 personas en riesgo para el año del 2007, asociadas principalmente a inundaciones y para el barrancón los datos son los siguientes:

-98 personas con 65 viviendas

- Solo en la colonia Jardines de Santas María se calculo el daño en alrededor de 2, 167,000 pesos y 85 afectados.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



La urbanización y el comportamiento hidráulico de las cuencas.

- En los últimos 25 años se ha incrementado en más de un 50% la población de la ciudad y del municipio, este incremento exige que vaya paralelamente desarrollándose infraestructura hidráulica amen de toda una serie de servicios como transporte publico escuelas, etc.
- La infraestructura vial hace que la población valoren esta tipo de equipamiento o servicios, pero en el tema de los colectores es más difícil ya que, esta queda oculta y se pierde la sensación de su presencia por lo que le resulta difícil su valoración por lo políticos.
- Además de esta percepción ciudadana existe otros rasgos singulares que permiten que el valor disminuya como el carácter esporádico de su funcionamiento en las condiciones prevista, como la probabilidad de que en un año funciona a toda su capacidad el sistema.
- En zonas densamente pobladas la introducción de infraestructura implica amplias repercusiones sociales y altos costos económicos lo que es difícil de asumirlas por las autoridades.
- En la Zona Metropolitana de Guadalajara (Tlaquepaque) existe un desfase de por lo menos 30 años en el crecimiento de la red y las nuevas urbanizaciones.
- Para el año de 1995 se mencionaba que ya no era operante la red de colectores y que, la inundaciones se estaban convirtiendo en eventos de carácter cíclico y con serias repercusiones.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- **Análisis multicriterio.**

La aproximación metodológica para el análisis de cuencas urbanas se puede dividir en cinco ejes principales:

- El análisis hidrográfico, que se relaciona con las características morfológicas y morfométricas de las cuencas así como el aspecto geomorfológico del sistema de cauces, el objeto es identificar las cuencas más sensibles a las lluvias de alta intensidad horaria, así como entender los procesos de intercambio de energía (erosión, transporte y sedimentación) directamente relacionados con la funcionalidad natural del sistema.
- Identificación de los patrones superficiales del escurrimiento, definidos como: microdrenaje (patrón determinado por la disposición de la cuadrícula urbana) y macrodrenaje (definido por la red hidrográfica). Con el objeto de identificar el patrón de concentración acumulación y retención del agua a nivel de superficie.



Metodología de la Evaluación de las Inundaciones.

- Identificación del sistema de alcantarillas. Para conocer los puntos de infiltración y funcionamiento del sistema.
- Identificación de la funcionalidad hidráulica del sistema; corresponde con las actuaciones antrópicas a nivel del cauce, el cual puede definir segmentos críticos y nodos en donde puede estar comprometida la capacidad hidráulica del sistema.
- Modelación hidráulica del sistema a partir del programas como *Hec Ras*, *Mike Urban*, etc.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- La metodología que se utilizó para evaluar las corrientes urbanas fue la utilizada por Barros y Vallejo (2007), en ella se integra información de datos de campo, información histórica y datos técnicos. Con el objeto de construir indicadores para medir por tramo de corriente urbana y en toda la microcuenca la funcionalidad, así como analizar la interconectividad entre tramos de corriente de distintas condiciones de capacidades hidrológicas, con el objeto de desarrollar un análisis multicriterio, y así poder identificar los puntos más críticos de la red hídrica, según cinco criterios básicos:
 - **Evaluación en campo.**
 - **Registro de inundaciones (histórica y reciente).**
 - **Comportamiento del agua en el sistema (macro y microflujo).**
 - **La capacidad hidráulica.**
 - **Modelado del sistema.**
- El objeto es definir zonas más peligrosas, tanto del punto de vista histórico, como de la capacidad del sistema hidráulico a lluvias con diferentes periodos de retorno.
- Esta metodología se complementó con la utilizada por CENAPRED para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones de la subdirección de riesgo hidrometeorológico del año 2004.



- El método de Barros y Vallejo consiste en lo siguiente:
 - Revisando la información para cada tramo, se identifican aquellos que se consideran críticos o de atención (según la evaluación de problemas ambientales actuales en las corrientes), los que tienen registro de inundación (según la información histórica) y los que tienen incapacidad para un periodo de retorno definido (según la evaluación hidráulica).
 - Cruzando la información de los tres criterios, se identifican las situaciones de los tramos más críticos en cuanto amenaza por inundación, así como priorizar las acciones en función de los segmentos con menos capacidad para evacuar volumen de acuerdo con los periodos de retorno considerados y los registros históricos.
 - Este método se complementó con una metodología elaborada específicamente para aquellas microcuencas en donde ha sido borrado el canal natural, por lo que el patrón de inundación en estas zonas responde a rasgos micro-morfológicos y a la disposición de la retícula urbana.
 - Para poder identificar las zonas más peligrosas por inundación en donde no se presenta un canal natural se hicieron recorridos de campo para obtener la siguiente información:



- Dirección del escurrimiento.
- La altura del encharcamiento o inundación.
- La velocidad del agua.
- El proceso.
- Las veces que se ha presentado la inundación, y datos complementarios.

Mediante la evaluación de cada tramo según los tres criterios, se identifican los de mayor amenaza de inundación para la población, bajo las siguientes consideraciones:

$$Ic_{\text{corriente}}_{\text{según tramos}} = \frac{\text{Número de tramos críticos}}{\text{Número de tramos totales de la corriente}} \times 100 \quad (1)$$

$$Ic_{\text{corriente}}_{\text{según longitudes}} = \frac{\text{Longitud de los tramos críticos}}{\text{Longitud total de la corriente}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ic_{\text{ponderado}} = \frac{\sum (Ic * longitud)_{\text{corriente}}}{(\text{longitud total de las corrientes})_{\text{microcuenca}}} \times 100 \quad (3)$$



Análisis de la funcionalidad del subsistema

- El micro y el macro detona el patrón de concentración, retención y acumulación de agua superficial por lo que es fundamental poder conocer los patrones del comportamiento del micro y el macroflujo.
- Para poder identificar estos movimiento del agua es necesario hacer recorrido de campo, ya que la información altimétrica no es suficiente para construir modelos que permitan identificar las direcciones y orientaciones de la pendiente.
- Pare ello se recure a trazar las direcciones de los escurrimientos mediante la utilización de criterios en campo como microtopografía, configuración de los machuelos, pendiente de rodamiento, marcas de sedimentación, rizaduras, etc



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Definición de la terminología
utilizada

- *Punto de concentración*: superficie de menos de 500 M² la cual se asocia con depresiones naturales o a condiciones de la cuadrícula urbana.
- *Área de concentración*: Superficie superior a los 500 M² en donde se acumula agua de manera efímera.
- *Canal (cauce antropizado)*: en el que se han revestido sus caras o el fondo del lecho.
- *Vallado*: canal de tierra hecho para la agricultura de flujo no permanente.
- *Golpe de agua (activo, pasivo)*: cara de la margen del canal en donde el agua produce procesos de erosión lateral.
- *Macroflujo*: escurrimiento superficial controlado por canales cauces o vallados.
- *Microflujo*: escurrimiento superficial controlado por la disposición de retícula urbana.
- *Zonas bajas (pantanosas)*: corresponde con rasgos geomorfológicos de forma llana en donde las pendientes es menores al 1.5 grados y por lo tanto presenta problemas naturales de desagüe.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Descripción de las inundaciones por Microcuenca

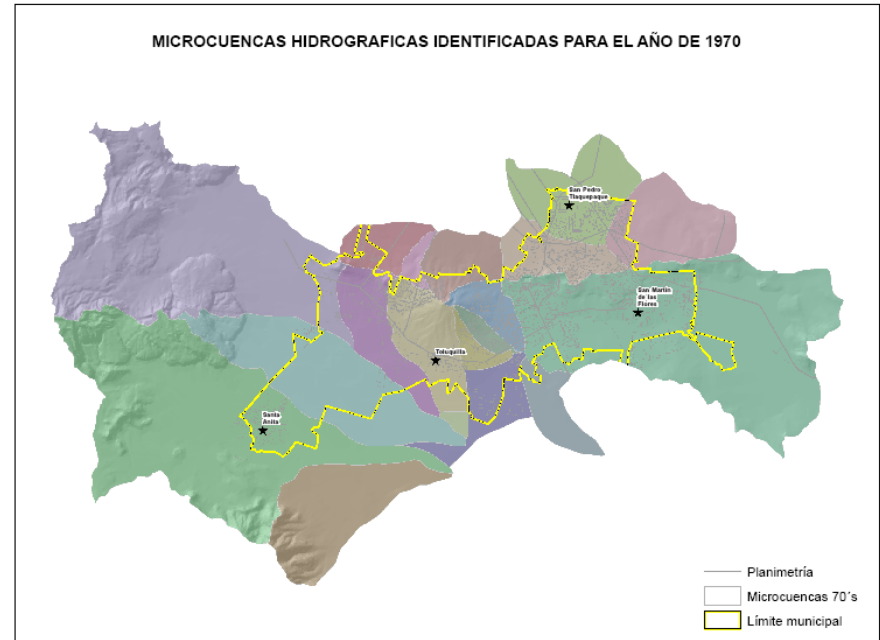


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Red hidrológica y microcuencas originales (primaria) antes del proceso del urbanización en el año de 1970.

- La reconstrucción de la red hidrológica de carácter primario existente en el municipio permitió agrupar el siguientes grupos de microcuencas:
 - Sistema de microcuencas de la cabecera municipal.
 - Sistema de las microcuencas de ladera sur del Cerro del Cuatro.
 - Sistema de microcuencas de la ladera norte del Cerro del Cuatro.
 - Sistema de microcuencas del San Martín de Las Flores.
 - Microcuenca Arroyo Seco
 - Sistema de microcuenca Arroyo San Juanate-Seco.

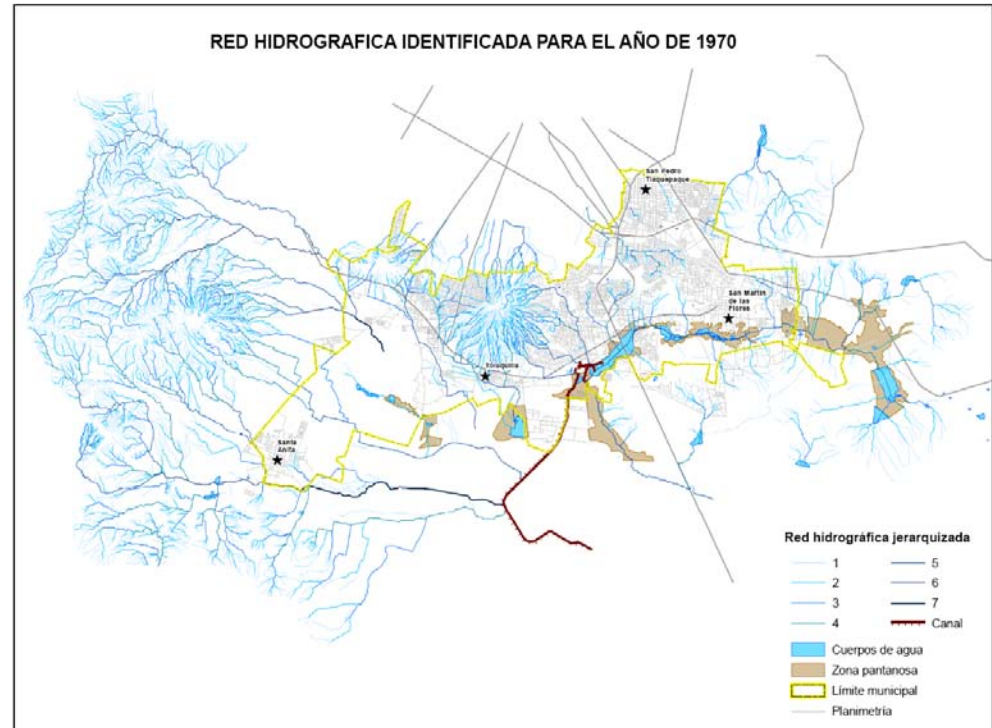


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Descripción general del sistema hidrográfico de 1970

- A partir de la fotointerpretación de la fotografía aérea para el año de 1971, tenemos que la red preexistente estaba formada por un conjunto de canales que colectaban el agua que provenía de La Primavera; particularmente del Colli y El Tajo, así como de la ladera sur del cerro del Cuatro. Existía todo un conjunto de bordos (cuerpos en azul) para permitir una manejo del agua para las actividades agrícolas, en las partes bajas del valle se identificaban una gran cantidad de zonas pantanosa (cuerpos en café) lo que indica que eran zonas con importantes problemas de desagüe, debido a la poca pendiente del terreno y al tipo de suelo impermeable lo que no facilitaba la infiltración.
- Los cuerpos de agua mayores eran Las Pintas y la presa Las Rucias, El Ocotillo, en Tlajomulco y una gran cantidad de otros menores.

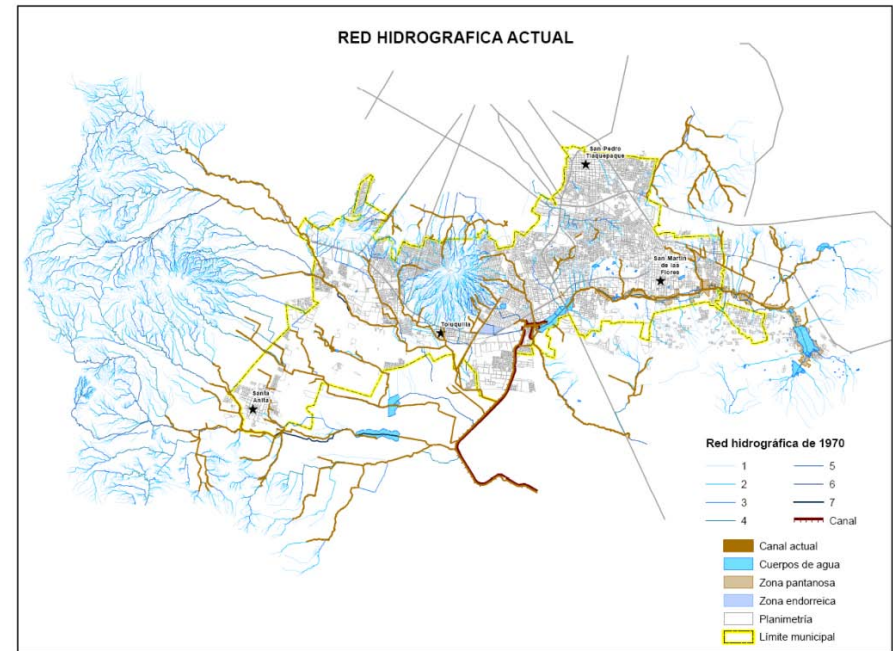


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Sistema actual/recuento de impactos

- Observando como esta el sistema actualmente (2009) y comparándolo con el del año 1970 podemos hacer las siguientes consideraciones:
 - Los mayores impactos a la configuración de la red de 1970 se presentaron en la zona de Las Pintas, en las laderas de Cerro del Cuatro, la zona de las Rucias- Santibáñez y particularmente en los vallados y los cuerpos de agua de Santa Anita y Unión del Cuatro.
 - Se redujo considerablemente las zonas pantanosas (color café).
 - Se conectaron varios sistemas de microcuencas al canal de Las Pintas, representa actualmente el nivel de base de la mayoría de los escurrimientos que cruzan el valle de Toluquilla.
 - Se perdió una gran cantidad de pequeñas bordos par retener el agua, así como canales de tierra.
 - En la zona de Santa Anita Agua Blanca se modificaron los trazos de los vallados y se perdieron cuerpos de agua.
 - Se perdieron la mayor parte d de los cauces naturales en el “Cerro del Cuatro.

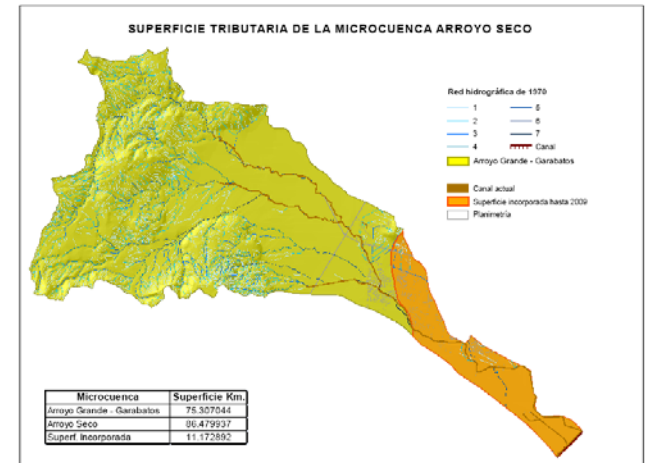


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque

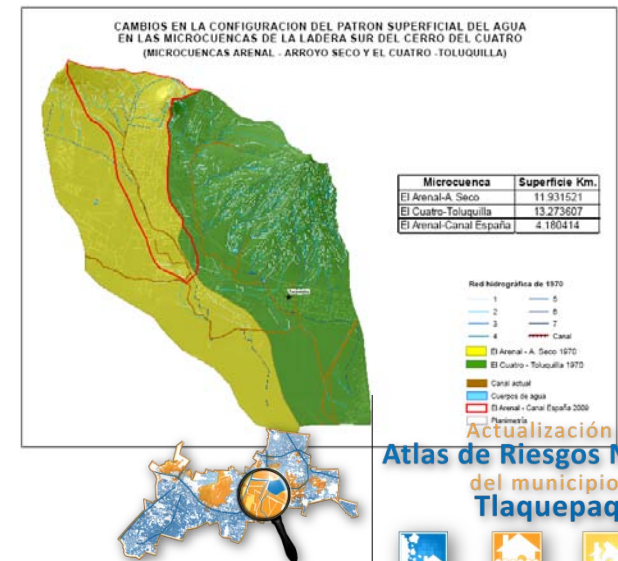


Microcuencas que han cambiado (aumentado o disminuido) la superficie tributaria debido al impacto antrópico.

- Una de las microcuencas que se vio más alterado por el impacto urbano fue la de Arroyo Seco, ya que creció la superficie a partir de la continuidad del canal principal hacia en canal de las Pintas.



- Microcuenca Canal España A Seco vio modificadda su superficie debido al crecimiento del las microcuenca A Seco.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque

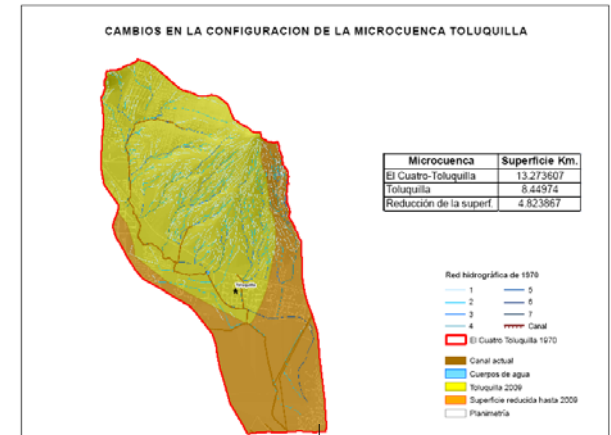


Microcuencas que han cambiado (aumentado o disminuido) la superficie tributaria debido al impacto antrópico.

- Las microcuencas formadas en la ladera norte del Cerro del Cuatro se fusionaron al momento de construirse el canal Patria.



- Las microcuencas del lado sur también se vieron modificadas sus superficies por el crecimiento de los cauces principales.

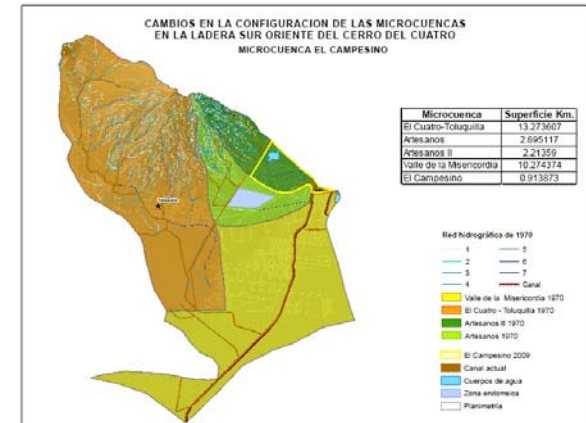


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuencas que han cambiado (aumentado o disminuido) la superficie tributaria debido al impacto antrópico.

- La otra zona de fuertes cambios en la configuración de la superficie de las microcuencas es en la zona de las Juntas-Los Artesanos, ahí la continuidad de la antigua carretera a Chapala (prolongación Gobernador Curiel modifico el trazo generando nuevas microcuencas

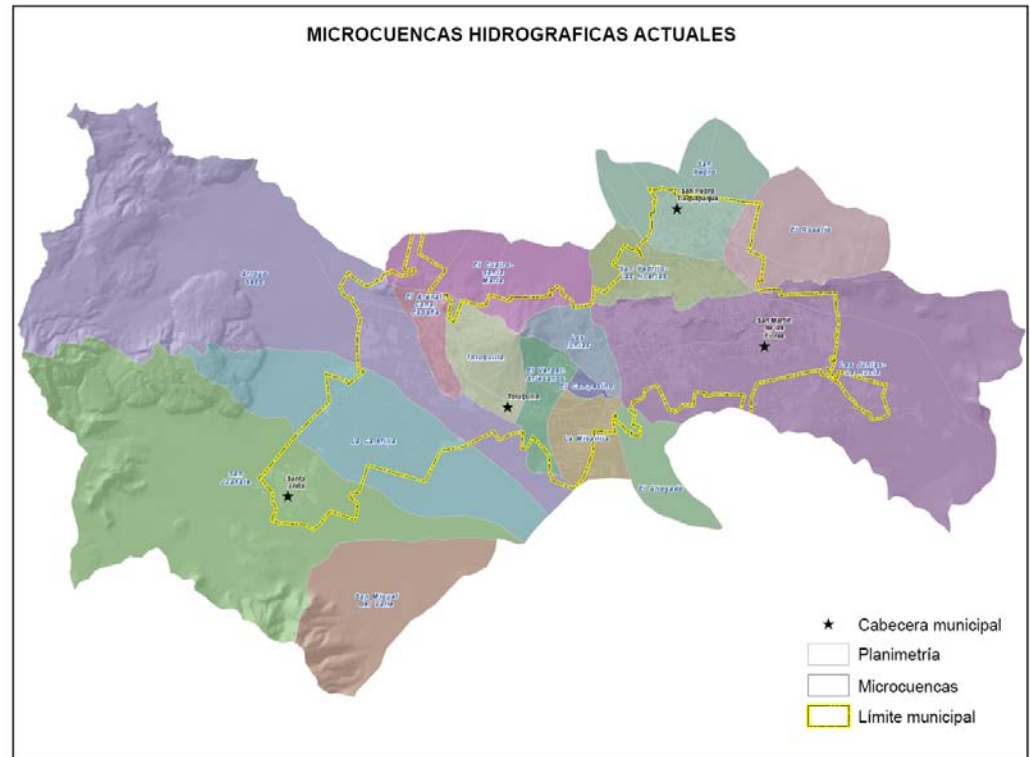


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Configuración actual del sistema de microcuencas

- El impacto de la urbanización en las condiciones del escurrimiento superficial y a la realización de obras hidráulicas ha ocasionado el aumento la superficie de la subcuenca del Arroyo La Arenal, La unión de las microcuencas de la ladera norte del Cerro del Cuatro y la reconfiguración de las microcuencas en la zona de la Colonia El Campesino-La Micaelita-Las Juntas.



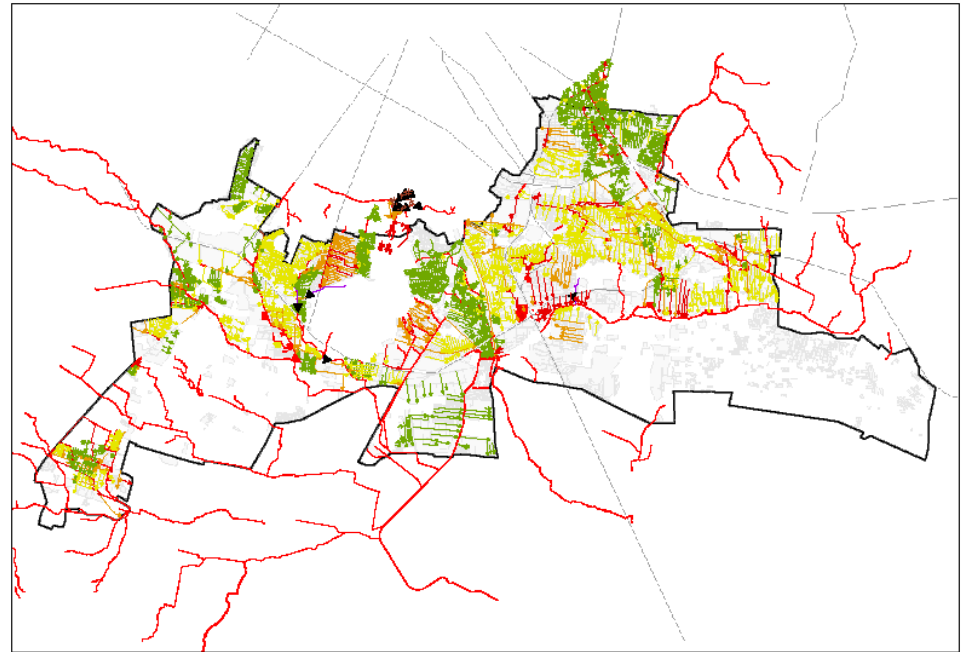
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



ASPECTOS GENERALES

- Uno de las variables que directamente determina la distribución de las inundaciones y que, por lo tanto se les dio especial énfasis en su valoración en campo es la identificación del microflujo y del macroflujo.

Evaluación del modelo de comportamiento del flujo superficial (macroflujo y microflujo).



microflujo

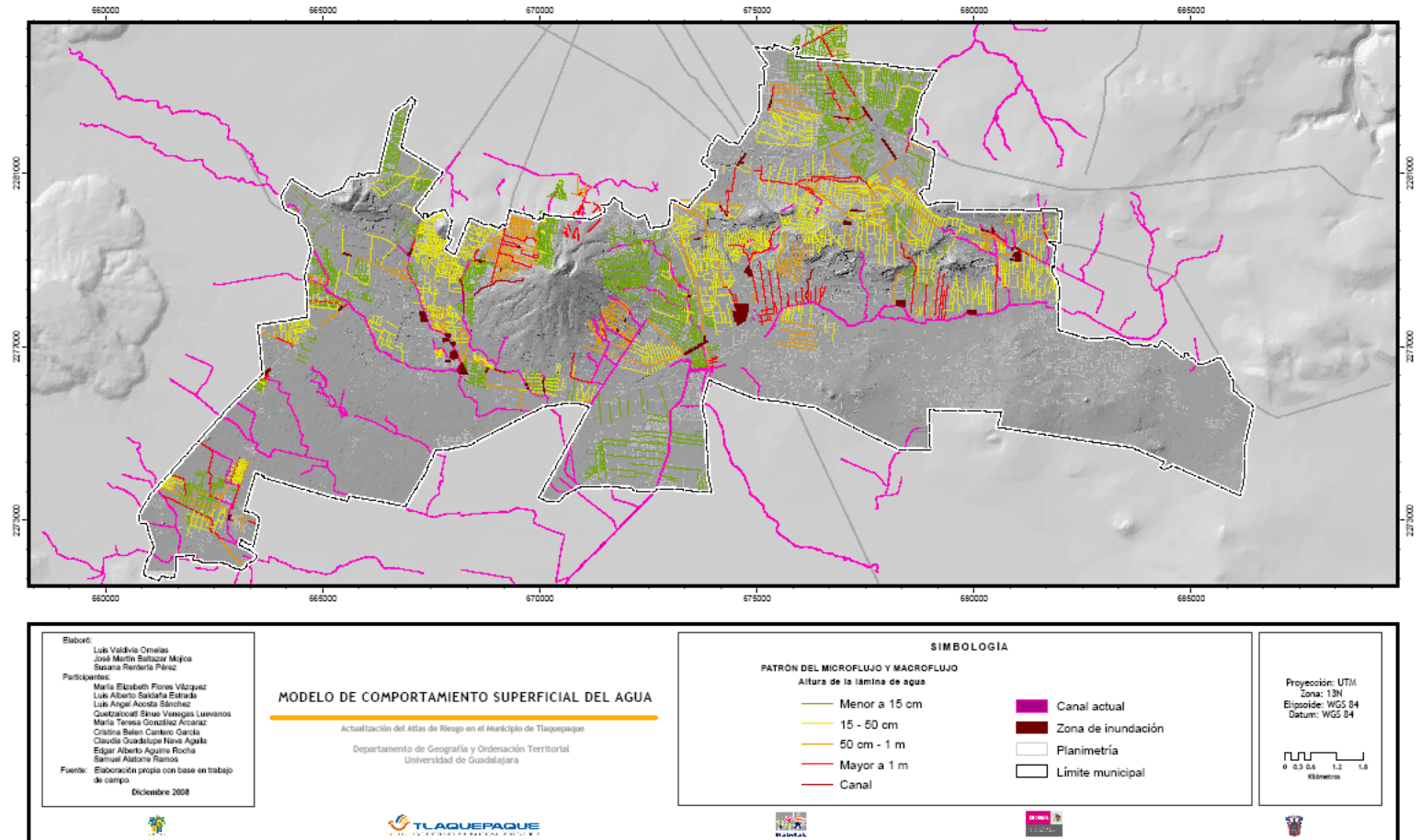


macroflujo

Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Modelo de comportamiento del agua superficial en el municipio.



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**



Análisis por microcuenca



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuencas en la cabecera municipal

- De acuerdo con la fotointerpretación de la fotografía aérea del año de 1971 a color del inegi, existían dos escurrimiento principales el la cabecera municipal primero (1) se denominaba Arroyo Seco; iba paralelo a lo que es actualmente (3) La Avenida Revolución, nacía en las inmediaciones del rancho conocido como La Vidriera. El segundo (2) escurrimiento se formaba en las inmediaciones del barrio del Álamo y se dirigía hacia lo que actualmente es la Avenida R. Michel (4).
- Debido a la urbanización completa de la superficie de estas microcuencas ya no existen los canal principales, quedando sólo algunos vestigios en el fraccionamiento Lomas de Tlaquepaque.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Patrón del microflujo/zonas más peligrosas.

- El agua al perder el canal principal de conducción se mueve en función de la micropendiente y la disposición de la retícula urbana. Esto ocasiona acumulaciones y fenómenos de entrapamiento.
- Por lo que las principales zonas más peligrosas esta determinado por el comportamiento del microflujo controlado por la disposición de la cuadrícula urbana y la microtopografía.
- Se han registrado daños en la vía publica, viviendas y escuelas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



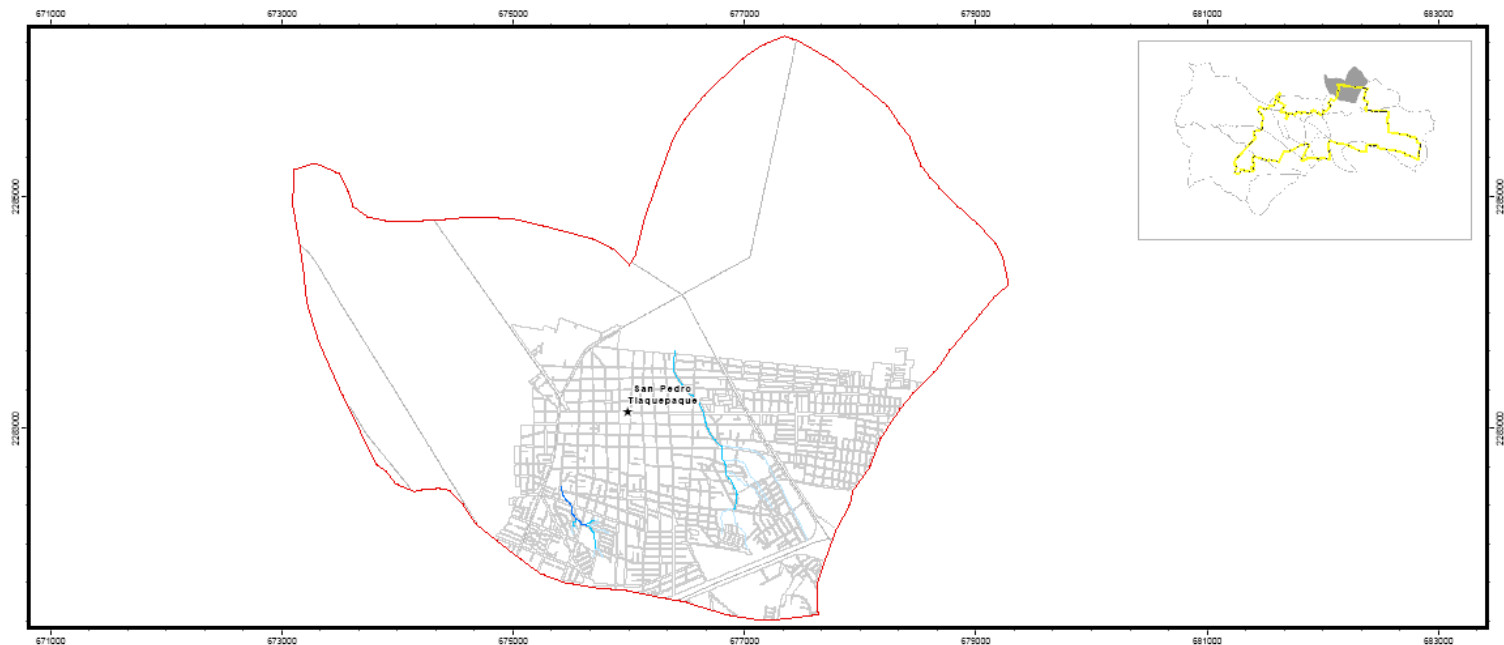
Mitigación

- Revisión y rehabilitación y mantenimiento de las redes de drenaje y alcantarillado, incluyendo los subcolectores.
 - Actualización del sistema de colectores.
 - Establecer una política de mayor infiltración en la cabecera de la microcuenca para disminuir la cantidad de agua que esta escurriendo. (lotes, jardines, camellones).
 - Construcción de cajas de contención de agua.
 - Infiltración en espacios como el área de la feria municipal.
- Instalación y operación de sistema de alertamiento temprano.
 - Promoción y acciones dirigidas a sensibilizar a la comunidad y las autoridades locales en materia de prevención de riesgo particularmente a los niños.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque





Elaboró:
 María del Rocio Castillo Aja
 Luis Valdivia Ornelas
 Susana Rentería Pérez

Fuente: Elaboración propia con base en
 la red hidrográfica actual y
 curvas de nivel del IIT 2008.

Diciembre 2008

MICROCUECNA SAN PEDRO

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque
 Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
 Universidad de Guadalajara



SIMBOLOGÍA

RED HIDROGRÁFICA DE 1970

Jerarquía

- | | |
|---|-------|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 7 |
| 4 | Canal |

- | | |
|--------------------|--------------|
| Limité microcuenca | Canal actual |
|--------------------|--------------|

- | |
|----------------------|
| ★ Cabecera municipal |
| ■ Delegación |
| □ Planimetría |

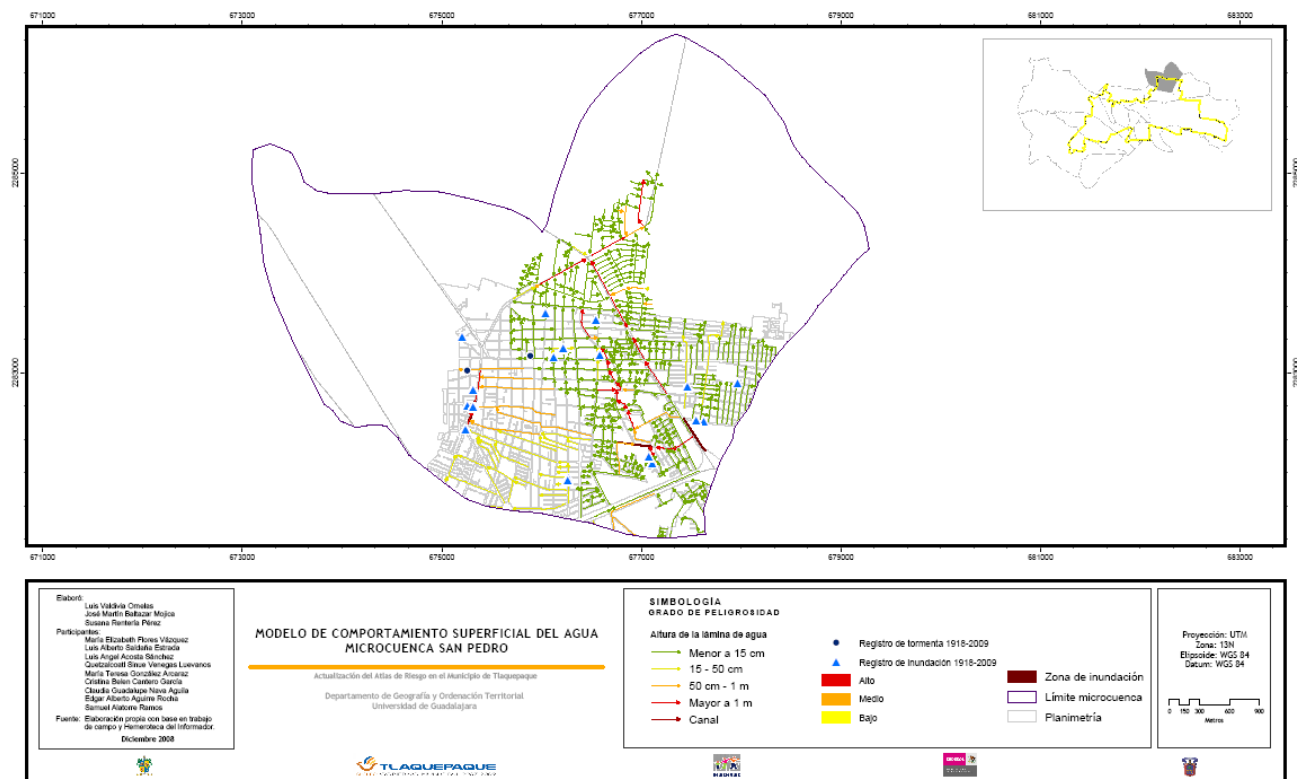
Proyección: UTM
 Zona: 13N
 Elipsoidal: WGS 84
 Datum: WGS 84



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
 del municipio de
Tlaquepaque



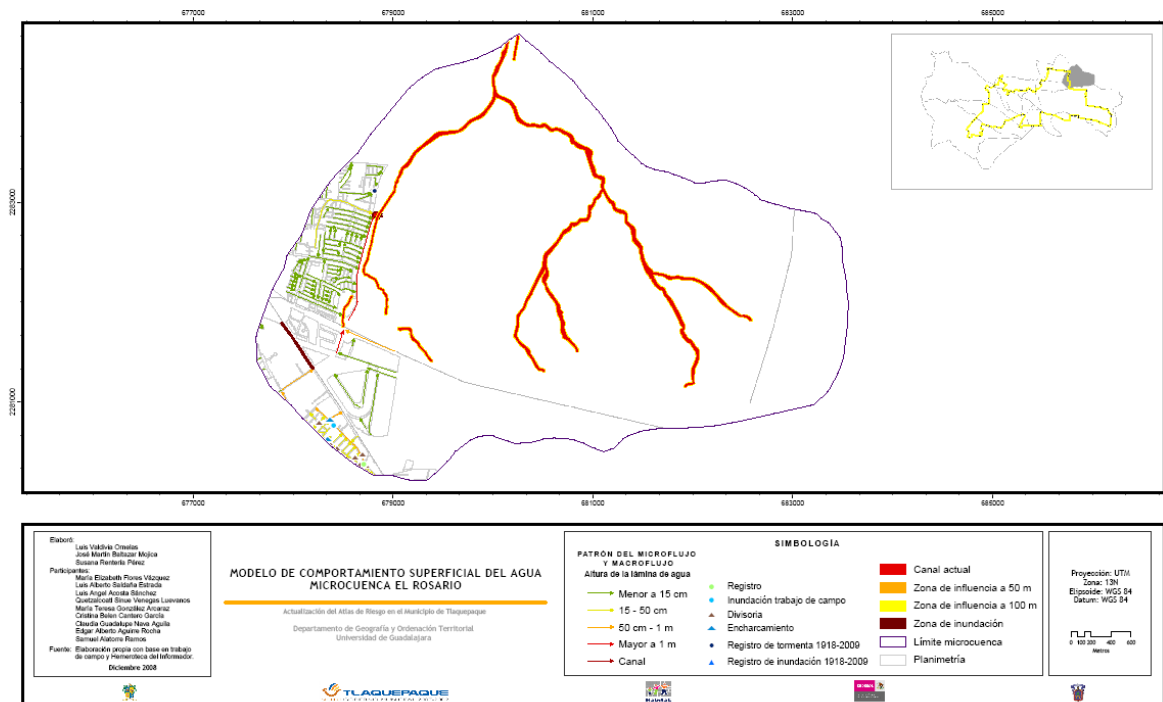
Zonas más peligrosas



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**

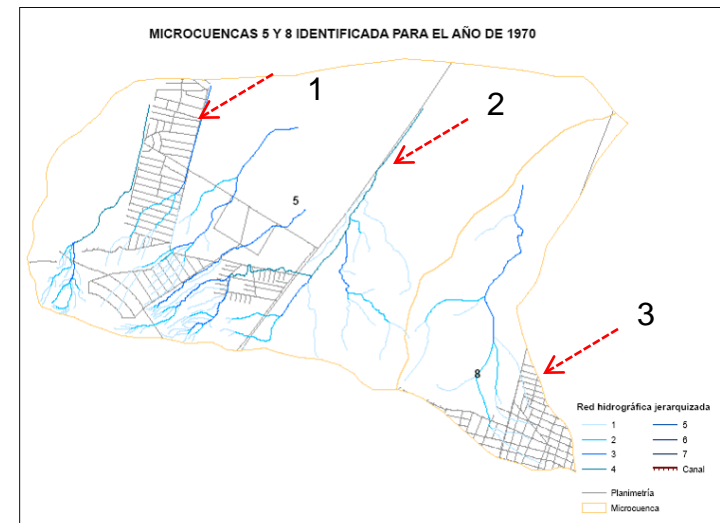


Zonas más peligrosas



Microcuencas existentes en Las Águilas para el año de 1970.

- Esta red esta formada sobre las laderas de dos conos volcánicos; El Cerro del Tesoro y El Gachupin, la disposición de la red original era en sentido sur norte, los cauces reconocían a la zona baja del Dean como su área de depositación.
- Este sistema estaba formado por cuatro canales principales los cuales se perdieron por la urbanización, para ello se tuvo que hacer algunos rellenos importantes de más de 2 m. en las laderas de los cerros. (las Águilas).



- 1) Colonia Las Águilas.
- 2) Cauces provenientes de Cerro del Tesoro paralelo a lo que actualmente es la Avenida Federalismo.
- 3) Laderas del Cerro del Cuatro.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuenca Santa María- Las Águilas

- Actualmente existen dos canales; uno proviene de la zona de Las Águilas y el otro del Cerro del Tesoro.
- Estos canales se unen para conectarse con el colector que va paralelo a la avenida.

MICROCUECNA I



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Patrón del microflujo/zonas más peligrosas.

- Las zonas más peligrosas esta determinado por el comportamiento del microflujo controlado por la disposición de la cuadrícula urbana y la microtopografía. Esta condición esta directamente relacionada con la urbanización de toda la superficie de la microcuenca y la pérdida de los canales colectores de agua principales.
- En la ladera del cerro del Cuatro algunos cauces naturales fueron substituidas por canales, paulatinamente se fueron embovedando, quedando una alternancia de canal a cielo abierto y embovedado, incluso varias viviendas se han asentado encima de estos canales.

El trazo del canal y la disposición de la retícula hace que en varias calle de la Colonia Buenos Aires se presenta acumulaciones de agua que pueden ocasionar riesgos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



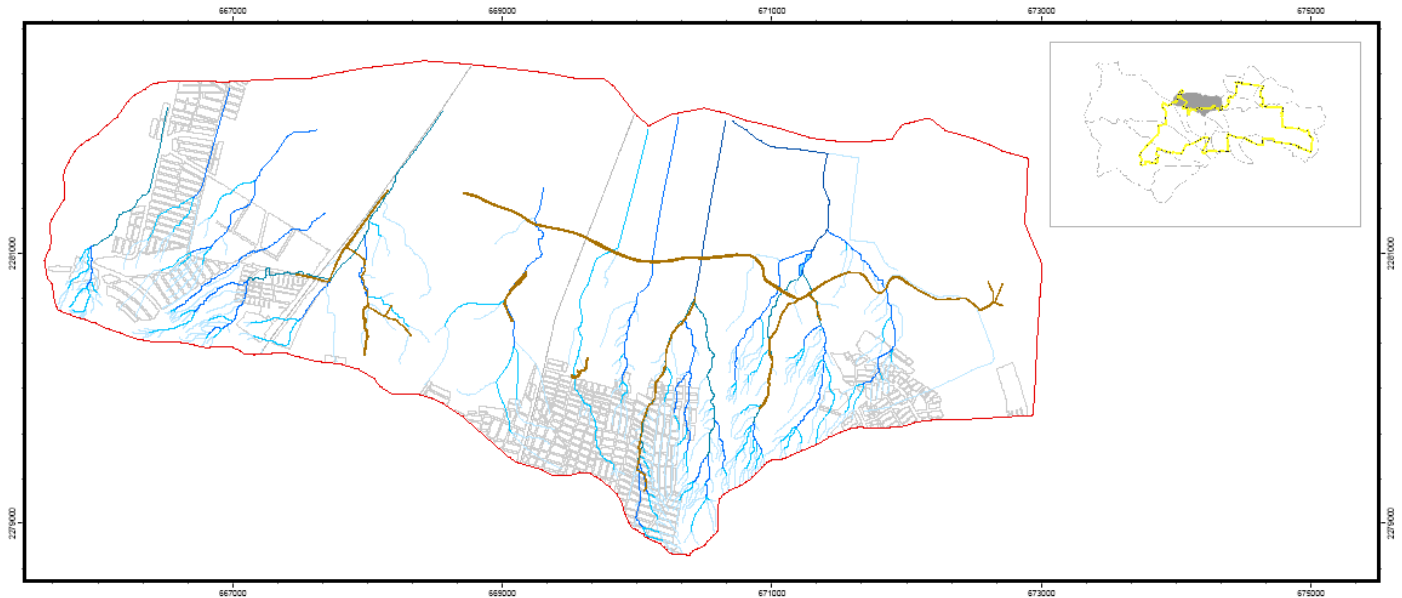
Mitigación

- Limpieza y desazolve periódico de alcantarillas y los canales.
- Rehabilitación y mantenimiento de las redes de drenaje y alcantarillado, incluyendo los subcolectores.
- Pavimentación de acequias hacia el alcantarillado pluvial.
- Laminar el flujo, tratar de no generar concentraciones que pueden incrementar zonas peligrosas.
- Manipular la microflujo para dirigirlo a zonas de infiltración. (parques, jardines, solares, etc).
- Política de mayor infiltración en la parte alta de la microcuenca (zona alta del cerro de Las Águilas. El Tesoro).



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque





Elaboró:
 Mariana del Rocio Castillo Aja
 Luis Valdivia Ornelas
 Susana Rentería Pérez

Fuente: Elaboración propia con base en
 la red hidrográfica actual y
 curvas de nivel del IIT 2006.

Diciembre 2008

MICROCUECNA EL CUATRO - SANTA MARÍA

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque
 Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
 Universidad de Guadalajara



SIMBOLOGÍA

RED HIDROGRÁFICA DE 1970
 Jerarquía

- | | |
|---|-------|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 7 |
| 4 | Canal |

- | |
|------------------------|
| Limites de microcuenca |
| Cuerpos de agua |
| Canal actual |
| Planimetría |

Proyección: UTM/
 Zona: 13N
 Elipsoidal: WGS 84
 Datum: WGS 84

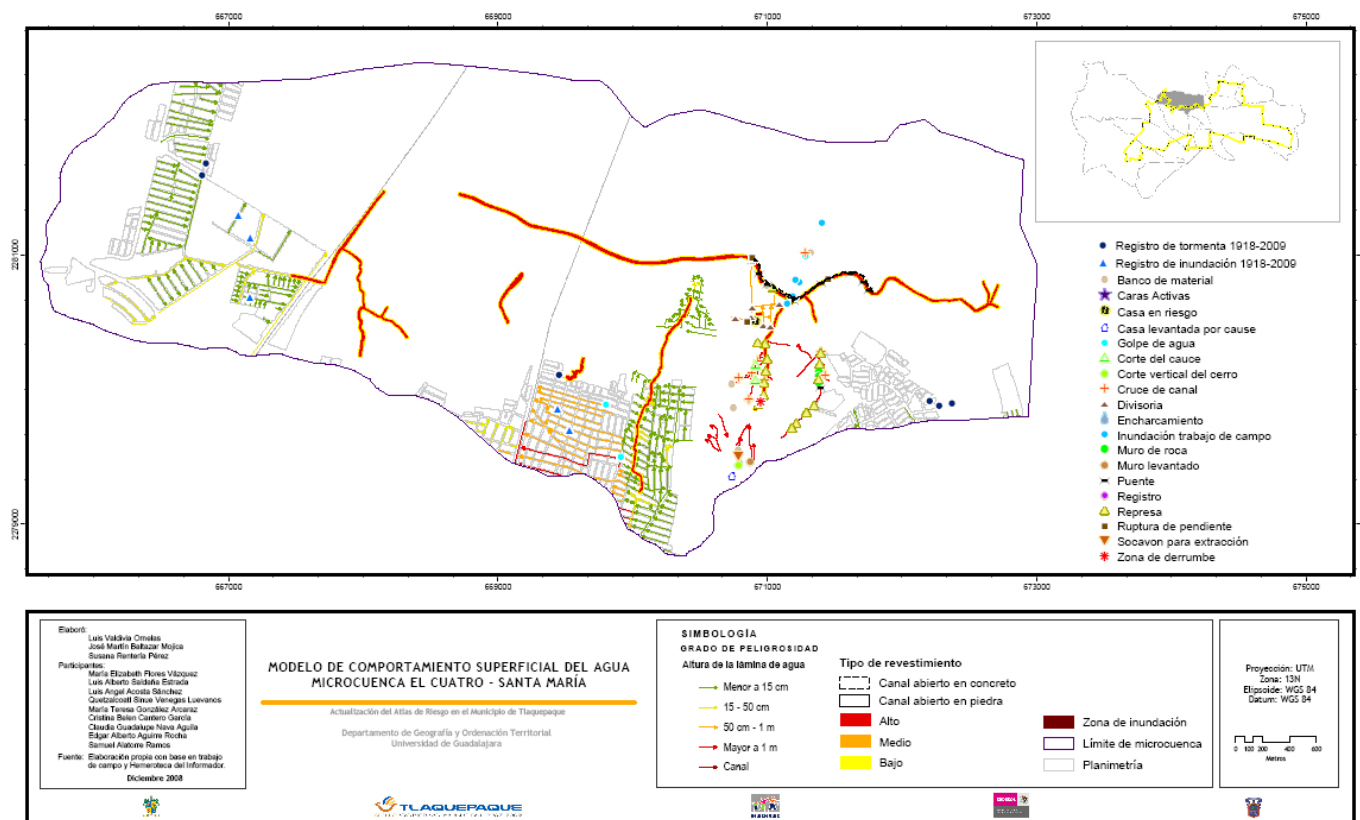
0 100 200 400 600
 Metros



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
 del municipio de
Tlaquepaque



Zonas más peligrosas



Microcuenca de Las Huertas-Revolución.

- Esta microcuenca fue de las primeras que se urbanizaron completamente a finales de la década de los años de 1980.
- La microcuenca tenía un trazo en sentido O-E, el cauce reconocía hacia la zona de El Deán, con el trazo de las vías de comunicación como el ferrocarril, y particularmente la carretera a Chapala, se corto la comunicación con el Deán, por lo que, durante un tiempo toda el agua que escurría por la superficie tenía como una única salida los colectores que iban a R. Michel, generalmente han sido insuficientes, registrándose fuertes acumulaciones de agua en la parte baja del fraccionamiento ocasionando severas inundaciones.
- Hay que mencionar que los desniveles actuales están más acentuados debido a que fue zona de extracción de material, por lo que el fraccionamiento quedo más debajo de lo que hubiera estado debido al nivel que tenía debido primeramente el trazo y después ampliación de la carretera a Chapala.



- 1) Fecha indica el punto en donde el trazo de la carretera a Chapala segmento y asilo este sistema de microcuencas de la zona de El Deán, su nivel de base natural. Generando con el tiempo fuertes problemas de insuficiencia del colector para poder evacuar el agua de manera adecuada.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación zonas que
históricamente han
registrado inundaciones

- Con la urbanización de la parte alta de la microcuenca por el asentamiento Las Huertas, y particularmente los desarrollos cotos a partir del año 2,000 se incrementaron los caudales que reconocen hacia el fraccionamiento Revolución, generando mayores afectaciones sobre las vialidades, y en eventos fuertes de precipitación, hasta arrastre de vehículos.
- Así también se tiene documentado daños a viviendas.
- De acuerdo con el patrón superficial de agua que se ha identificado tenemos que el agua proviene de la zona de Sam Pedrito-La Vidriera, paulatinamente se va concentrado por las calles topográficamente más bajas, para comenzar a afectar severamente a partir de el límite entre el fraccionamiento Revolución y Las Huertas.
- Actualmente se ha hecho obras para dar mayor capacidad de salida del agua y no generar afectaciones severas como las que se habían registrado en el fraccionamiento.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



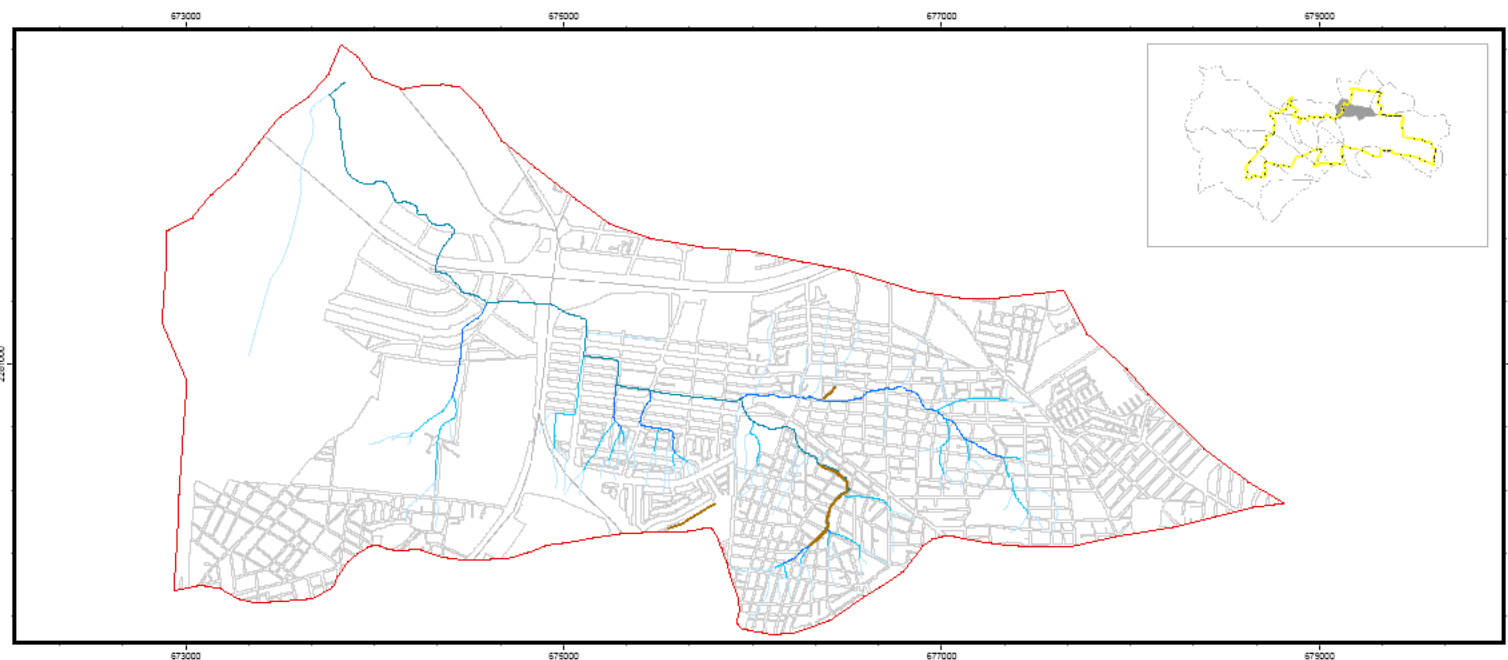
Mitigación

- Con la ampliación del colector se tiene menos registro de inundaciones en la zona del fraccionamiento Revolución.
- Es necesario establecer un programa permanente de limpieza y desazolve de alcantarillas y registros.
- Hay que Incrementar la infiltración en parques, zonas no urbanizadas, etc.
- Rehabilitación y mantenimiento de las redes de drenaje y alcantarillado, incluyendo los subcolectores.
- Construcción de cajas de contención de agua para disminuir el caudal y la velocidad en ciertas calles.
- Una política de laminación del flujo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque





Elaboró:
 Mariana del Rocio Castillo Aja
 Luis Valdivia Ornelas
 Susana Rentería Pérez

Fuente: Elaboración propia con base en
 la red hidrográfica actual y
 curvas de nivel del IIT 2006.

Diciembre 2008

MICROCUEENCA SAN PEDRITO - LAS HUERTAS

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque
 Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
 Universidad de Guadalajara



SIMBOLOGIA

RED HIDROGRÁFICA DE 1970

Jerarquía

- | | |
|---|-------|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 7 |
| 4 | Canal |

- | | |
|--|--------------------|
| | Límite microcuenca |
| | Canal actual |
| | Planimetría |

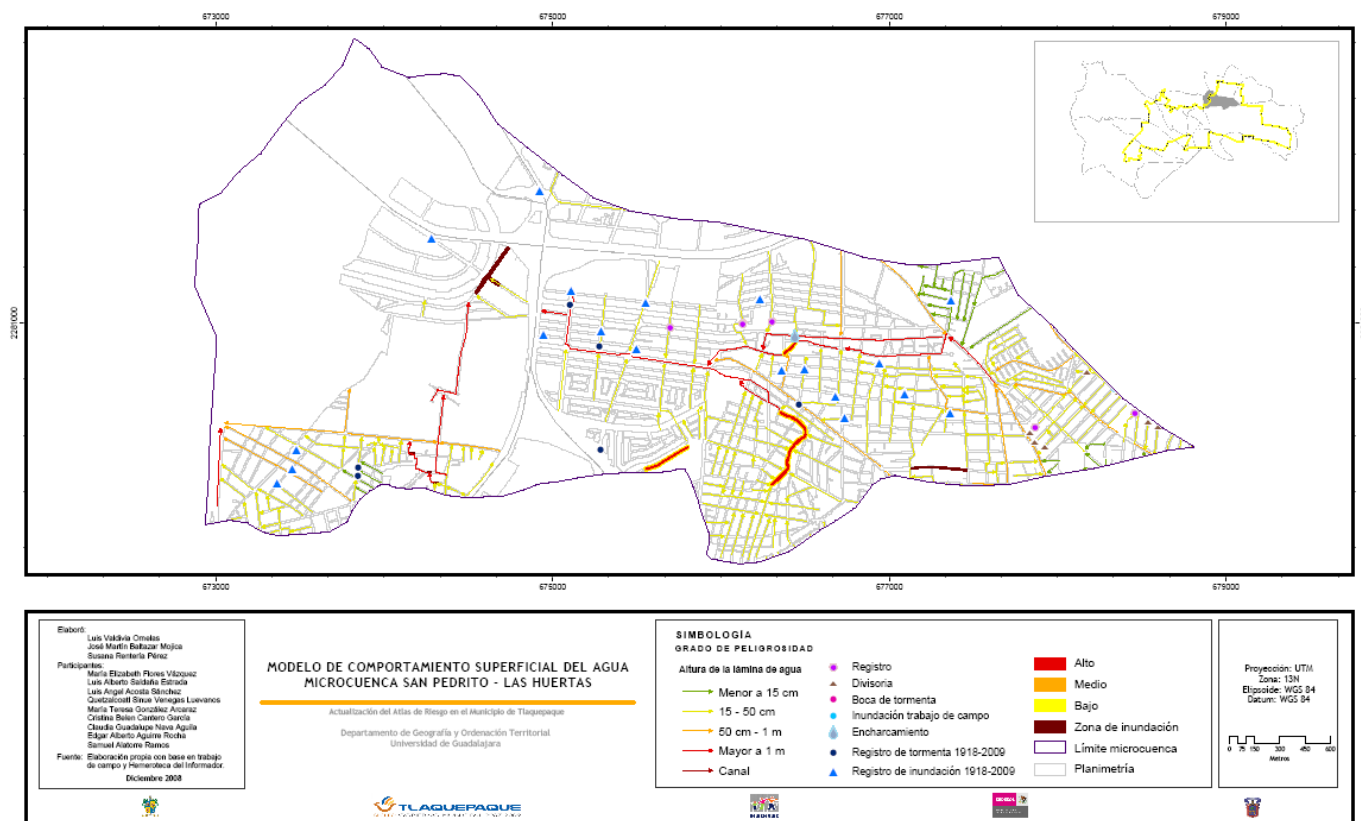
Proyección: UTM
 Zona: 13N
 Elipsoidal: WGS 84
 Datum: WGS 84



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
 del municipio de
Tlaquepaque



Zonas más peligrosas



Microcuencas Cerro del Cuatro

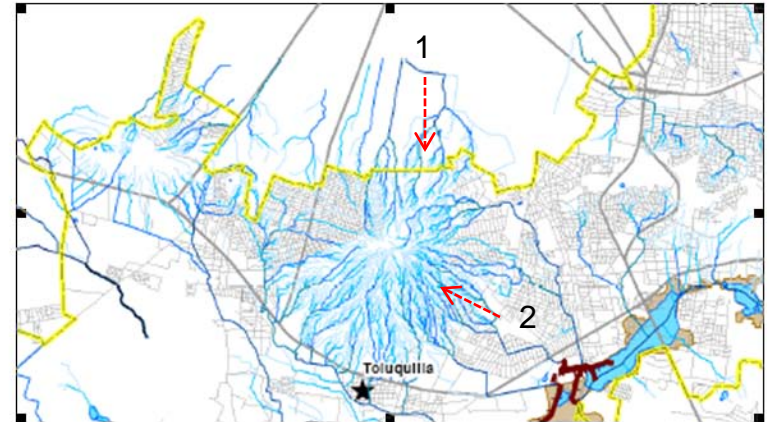


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuenca del Cerro del Cuatro

- El conjunto de escurrimientos que se forman en las laderas del Cerro del Cuatro, son de corta trayectoria pero de fuerte pendiente. La red original presentaba una disposición radial; la red de la ladera norte era poca densa y con altos valores de pendientes del canal principal, eran relativamente profundos y tenían como su nivel de base el la zona del Parque del Dean. En la ladera sur la red era más densa pero menos profunda y su nivel de base lo representaba el cuerpo de agua de la Presa de Las Pintas.
- Los cauces se agruparon en los siguientes conjuntos de microcuencas:
 - 1) Microcuencas de la ladera norte.
 - 2) Microcuencas de la ladera sur.



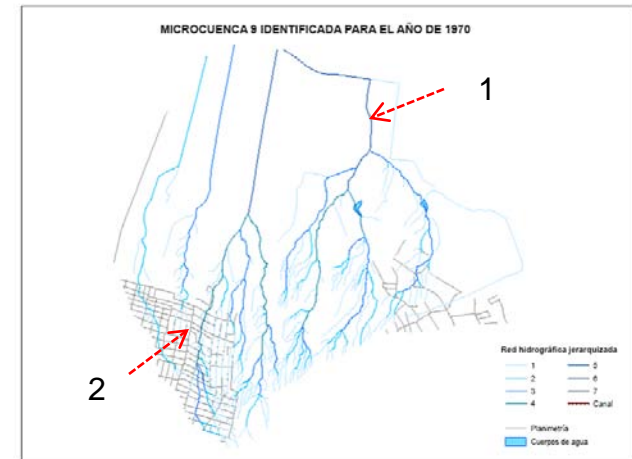
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuenca del Cerro del Cuatro/ladera norte

Impactos

- Debido al crecimiento sobre la ladera del cerro por encima de la cota 1,600 la urbanización impacto las condiciones de la velocidad del escurrimiento y se generaron nuevos patrones superficiales con proceso de represamiento y cambios súbito en la dirección debido a la disposición de la cuadrícula.
- Del sistema de cauces preexistentes quedaron solo algunos, los cuales actualmente están concentrados y acumulan toda el agua que escurre en el área. Sólo queda un polígono por urbanizar y se localiza entre la colonia Buenos Aires y el desarrollo *Terra Alta*.
- En la zona no urbanizada los patrones de movimiento de agua se asocian con el trazo de caminos, en donde se tiene importante proceso de erosión, formándose cárcavas profundas, lo que genera fuerte erosión, transporte y una fuerte sedimentación agua abajo es decir hacia el Municipio de Guadalajara.



- 1) Cauce principal que drena la parte alta de cerro para el año de 1970-71.
- 2) Colonia Buenos Aires

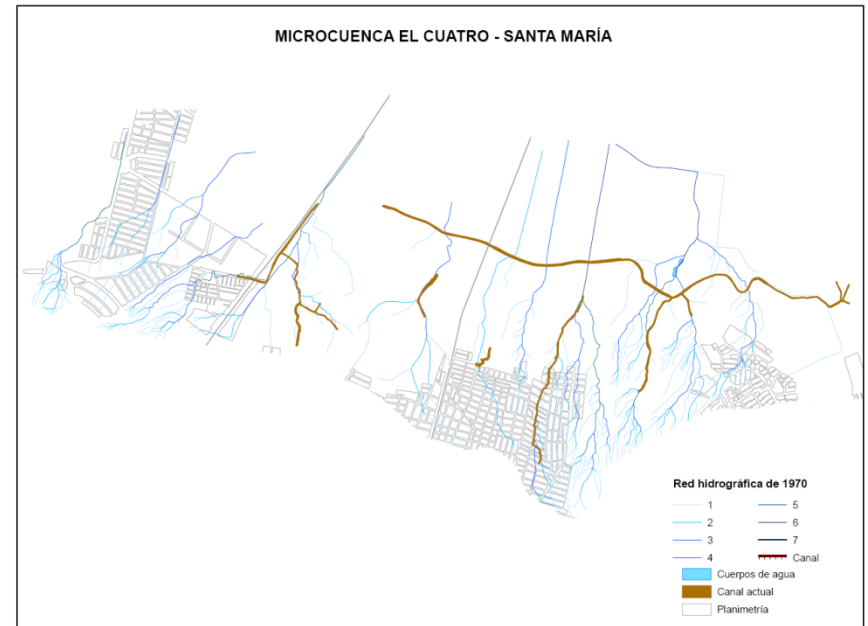


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuenca del Cerro del Cuatro/ladera norte

- El sistema natural actualmente ha sido substituido por obras hidráulicas como canales y bordos, los cuales se han ido construyendo para tratar de controlar el agua que baja de la ladera del cerro y la cual se concentra en la parte baja como es la zona Industrial y el parque El Deán.
- Con el incremento de la urbanización los canales y bordos están acentuando las insuficiencias por lo que presentan constantemente desbordes.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación de zonas que han registrado inundaciones

- Para controlar el agua se han elaborado una serie de represas con objeto de disminuir la concentración, y administrar el tránsito del agua.
- En la zona urbanizada el agua escurre principalmente por las laderas bajas; son los antiguos trazos de los cauces naturales.
- En algunas zonas se construyeron de manera improvisada canales, los cuales están segmentados con dimensiones muy irregulares, en donde incluso se han llegado a construir casas arriba.

Fotos:

En la primera imagen se observa el canal denominado Patria, el cual se construyó en la década de los años 1960, con objeto de conducir el agua que provenía de Federalismo y de la zona de Plaza del Sol y que bajaban hacia la Zona Industrial.

En la segunda imagen se puede observar una de las represas que se han tenido que construir para tratar de retener temporalmente el agua y que llega de forma súbita de los nuevos desarrollos y la cima del cerro.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Impactos

- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Pérdida de la red original.
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales principales.
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Invasión a la zona federal.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas. (disminución de la capacidad del canal).
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.
 - Áreas no urbanizadas degradadas, con pérdida de la capa de suelo y pómez con poca infiltración.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera norte.

Subsistema microflujo.

- El patrón del microflujo esta controlado por la disposición de la cuadrícula urbana de zona las calles colectores son las que esta en a favor de la pendiente (forma radial a la cima) aquí se concentra una buen cantidad del agua, la concentración ha generado el arrastre del suelo y la capa de pómez dejando que aflore el substrato compuesto de roca basáltica fracturada.
- El agua se concentra y se mueve con fuerte velocidad generando fenómenos de erosión, arrastre de tierra y basura, y golpes en viviendas que pos su posición quedan expuestas al paso del agua generalmente son las casas que se encuentran en esquinas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera norte.

- Subsistema del macroflujo
- El macroflujo está definido por los cauces naturales y por dos canales artificiales, que cruzan viviendas, tiene un trazo completamente irregular.
- El primer canal está en la zona de la Colonia Buenos Aires, sobre un punto bajo el cual fue cortado por la construcción de viviendas generando una cuneta muy marcada.
- El segundo canal está a cielo abierto y baja al vaso 5 de mayo.
- El canal está fragmentado a lo largo de su trayectoria.
- Los cauces naturales solo existen en la parte alta.

Fotografías

-Se puede observar la boca de inicio de el canal en la zona de la Colonia Buenos Aires, parcialmente rellena de basura.

-Zona de represa agua arriba de la colina 5 de Mayo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Identificación de las zonas más peligrosas por segmento de los canales.

Identificación de las zona más peligrosas.

- Se genera acumulaciones importantes de agua en zonas donde existen cuentas, y se registran constantemente inundaciones en donde el agua trae fuerte velocidad sobre los canales, particularmente el que se localiza cerca de límite municipal con Guadalajara.
- Se encuentran asentadas varias viviendas en su márgenes, más adelante el canal desaparece y da paso a calles ya en la zona de Guadalajara.



Fotografía

- Canal a cielo abierto en la colonia 5 de mayor, restos del cauce natural que bajaba hacia El Deán.
- Trayecto del canal aguas abajo, se marca a cielo abierto.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación de las zonas más peligrosas por segmento de los canales.

- De las zonas más peligrosas las encontramos en algunos tramos del Canal Patria y sobre el vaso 5 de Mayo aunque esto pertenece ya al municipio de Guadalajara.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



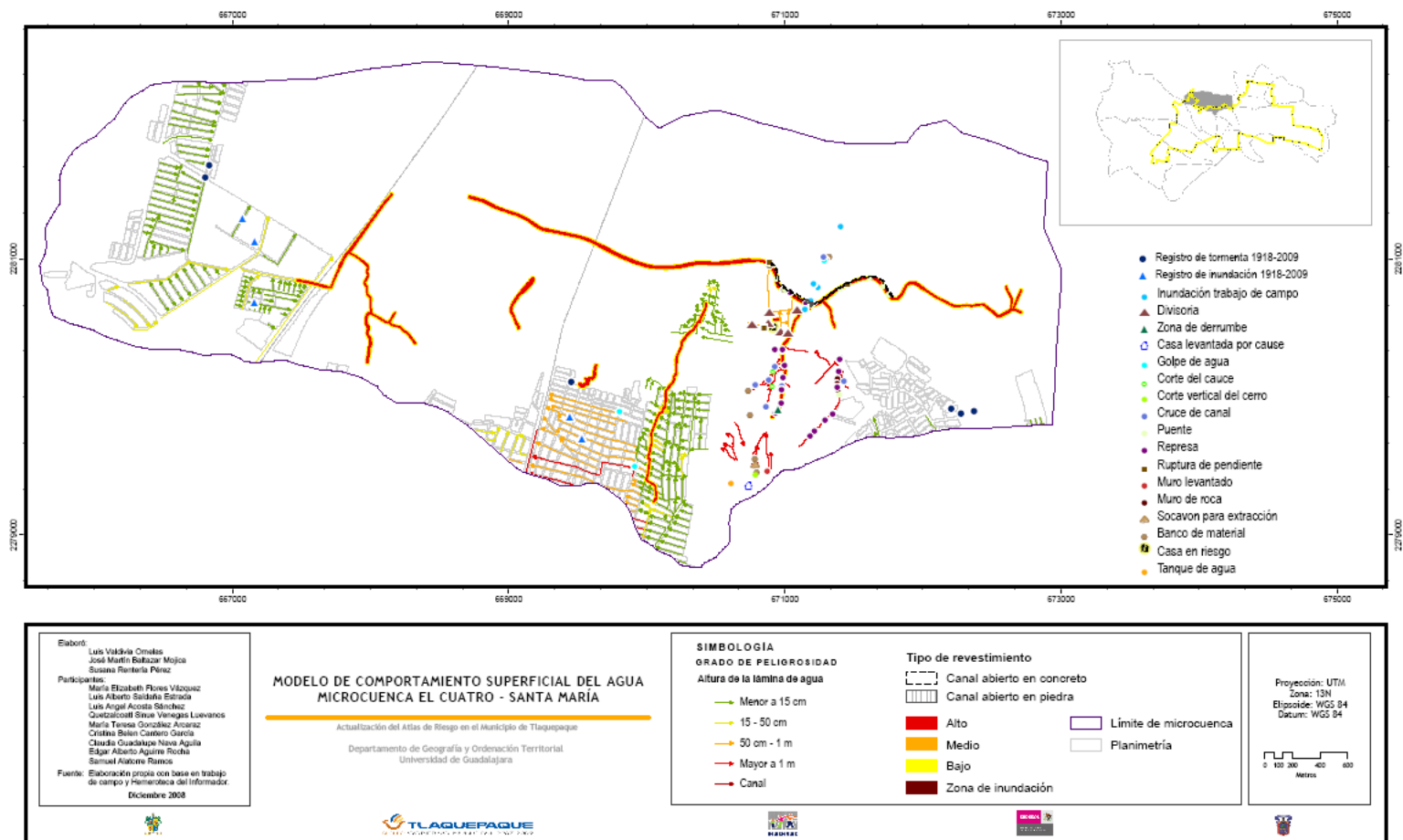
Mitigación



- Limpieza y desazolve periódico de alcantarillas.
- Rehabilitación y mantenimiento de las redes de drenaje y alcantarillado, incluyendo los subcolectores.
- Mantenimiento del sistema del canal Patria.
- Pavimentación de acequias hacia el alcantarillado pluvial.
- Mantenimiento de los bordos que retiene y contienen el agua, para su adecuado funcionamiento, ya que un mal funcionamiento puede incrementar severamente el problema de inundaciones en la parte baja.
- Mejoramiento de las condiciones en los terrenos no urbanizados, con objeto que se incremente la infiltración y disminuya los arrastres.
- Solucion al canal del sur y los Bordos 5 de Mayo y el Cuatro lo que implica aumentar la capacidad de retención.



Zonas más peligrosas



Condiciones del flujo superficial en la Colonia Brisas de Chapala

- Esta zona se encuentra entre la colonia las Juntas y la Loma del Tapatío.
- La ladera que da hacia el Valle de Atemajac, esta urbanizada principalmente por la colonia denominada Brisas de Chapala.
- Particularmente se habla de esta zona ya que la disposición de la retícula urbana en la parte baja genera que se forma un flujo por la calle de Lucas Valdivia el cual afecta a lo largo de todo su trayecto, llegando hasta las inmediaciones de la vía del ferrocarril.
- La concentración del flujo es tan fuerte que arranca la capa de asfalto y genera cárcavas de más de 1.5 m de profundidad, todo este material agua abajo es depositado a lo largo de toda la calle.
- Al final del trayecto genera un encharcamiento de más de 1 m de profundidad, el agua posteriormente cae a las vías del ferrocarril.
- Aquí es necesario laminar el flujo.



Políticas estructurales y no estructurales

- Se considera necesario revisar los canales que se han construido, ya que están subdiseñadas, por lo menos tendría que responder a períodos de retorno de 50 años, en algunos casos no tienen capacidad de evacuar incluso los volúmenes que se consideran ordinarios (3, 5 años).
- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- Establecer una política de prevención en las zonas en donde se tiene registrado inundaciones constantes.
- Existe un aporte importante de sólidos y basura de la parte alta del cerro, lo que colmata y disminuye la capacidad hidráulica de los colectores y alcantarillas.
- Establecer una política de laminación del flujo.
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos.
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la perdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Recubrir las calles (piedra ahogada en concreto) con objeto de disminuir la erosión y no incrementar la velocidad y facilitar que un fracción del agua se infiltre.
- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- Mejora las condiciones de transito en los canales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.
- Mantener en buenas condiciones el sistema de represas en la parte alta del Cerro del Cuatro, particularmente en lo que se refiere a los problemas de la colmatación



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuenca Toluquilla

- Este sistema formaba todo un conjunto de escurrimiento de diversa jerarquía, se unían para formar un cauce importante el cual corría por la periferia del poblado de Toluquilla, hasta llegar a la presa de Las Pintas.
- Algunos de estos escurrimientos que bajan del Cerro del Cuatro, se convierten literalmente en calles en el poblado de Toluquilla.
- En su parte media y baja ha sido severamente impactado debido al crecimiento de los asentamientos humanos.
- Se ha corregido el trazo y se la ha dado diverso tratamiento al canal, por lo que se formó una serie de segmentos con distinta funcionalidad.
- Actualmente se están corrigiendo algunas secciones del canal.

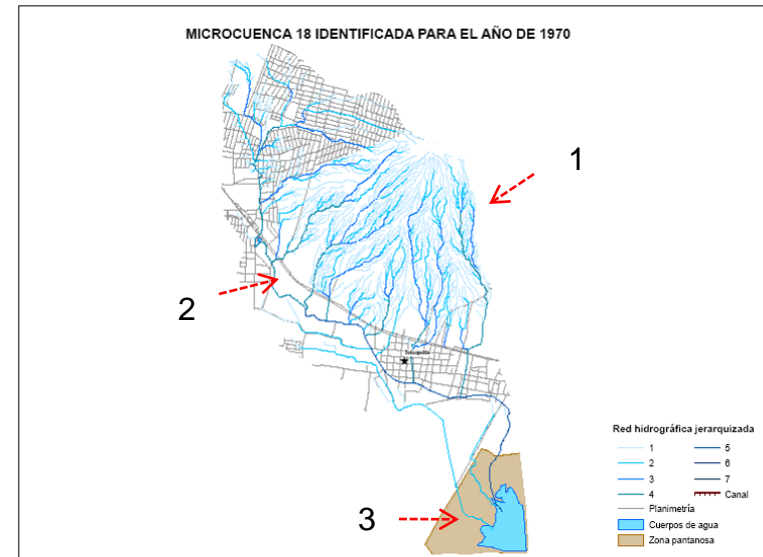


Imagen de la red para el año de 1970-71.

- 1) Red que actualmente existe para la ladera sur de Cerro del Cuatro, articula un conjunto de escurrimientos, algunos de ellos cruzan en poblado de Toluquilla.
- 2) El cauce principal viene del antiguo camino real que pasa por la periferia del poblado de San Sebastiánito para cruzar por la parte sur del poblado de Toluquilla y finalmente desembocar en la zona de Las Pintas.
- 3) 3) Cuerpo de agua de Las Pintas.

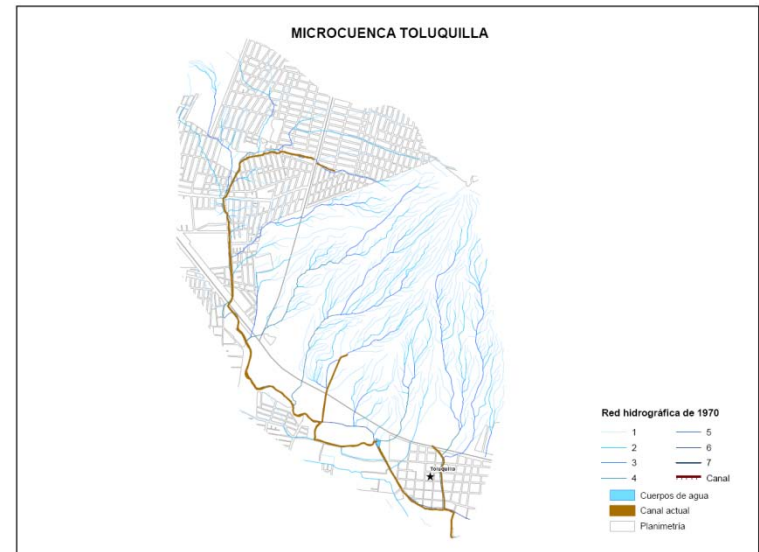


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Trazo actual del canal principal

- Debido a la urbanización el trazo del canal tiende a ser muy irregular, en la zona cercana al poblado de Toquilla se convierte una sección en canal en calle.
- En esta zona se han levantado bordos de tierra para aumentar la capacidad de conducción y la disminución de la posibilidad de la inundación.
- Se tiene importantes registros de inundación en el poblado.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Características dentro del poblado de Toluquilla.

- Existen pequeños canales tributarios dentro del poblado, algunos de ellos se utilizan como calles peatonales que comunican diferentes sectores de la ciudad incluso como frente de algunas viviendas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación de las zonas que han registrado eventos de inundación. 1918-2008.

- De acuerdo con el análisis histórico que se ha hecho para el período de 1919 al 2008 se tiene que se han registrado constantes eventos de inundación algunos severos en donde el agua ha alcanzado más de 1 m y ha ocasionado fuertes daños a las viviendas.
- De acuerdo con el registro histórico las laderas del cerro del Cuatro y la zona que va de Santa María Tequepexpan San Sebastianito hasta Toluquilla han registrado importantes eventos de lluvia y caída de granizo asociado a Tormentas Locales Severas.
- Se tiene por lo menos cinco registro (1922, 1952, 2006 y 2008) de severos daños, incluso se tiene documentado la pérdida de vidas humanas, por lo que **debe ser una zona de prioridad para establecer una política de protección civil**, sobre los canales naturales o artificiales y las vialidades que concentran mayormente el microflujo, así como las partes bajas marginales a los canales .



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Zonas bajas aledañas a los cauces principales debido a la extracción de material.
 - Urbanización de zonas bajas marginales a los canales principales debido a la existencia de antiguos bancos de material.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Invasión a la zona federal.
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal. (disfuncionalidad).
 - Mal diseño de obras hidráulicas.
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.



- Microflujo y macrolfujo.
- El agua que proviene de la parte alta de las laderas de los cerros se agolpa en un canal que va paralelo al antiguo Camino Real, este se ha segmentado debido al trazo del periférico por lo que, actúa como una especie de embudo en donde el agua se acumula de manera peligrosa, afectando a un conjunto de viviendas que están en la margen derecha del cauce, así mismo el agua que proviene de la parte alta utiliza parte del Camino Real esto hace que existan zonas con serios problemas de arrastre de personas y vehículos.



- Se considera necesario revisar las secciones hidráulicas que se han construido, ya que están subdiseñadas, por lo menos tendría que responder a períodos de retorno de entre 50 y 100 años, es decir en algunos casos no tienen capacidad de evacuar incluso los volúmenes que se consideran ordinarios.
- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- Existe un aporte importante de sólidos y basura, lo que disminuye la capacidad hidráulica del canal.
- Política de reubicación de personas asentadas en zonas de alto riesgo.
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Recubrir las calles (piedra ahogada en concreto) con objeto de disminuir la erosión y no incrementar la velocidad y facilitar que un fracción del agua se infiltre.
- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- Ampliar algunos puentes lo que permite mejorar el flujo de agua en zonas donde se presenta un constante desborde.
- Facilitar el transito del agua de un lado a otro del periférico.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.



Mitigación/políticas estructurales y no estructurales

- Crear obras de infraestructura hidráulica.
- Revisar el paso de la sección que se encuentra a la altura del periférico.
- Existen puentes improvisados los cuales pueden ocasionar el arrastre de personas en eventos fuertes de precipitación.
- Establecer área de retención.
- No continuar urbanizando zonas bajas marginales a canales que fueron antiguos bancos de material particularmente cercano a la Avenida Adolfo Horn.
- Reviso de las secciones hidráulicas ya que se han convertido en embudos para el paso de agua, generando represamientos e incremento de las inundaciones.
- Los canales que soportan la carga del agua y que son de tierra reforzar sus bordes con objeto de disminuir a probabilidad de rotura de los mismos.

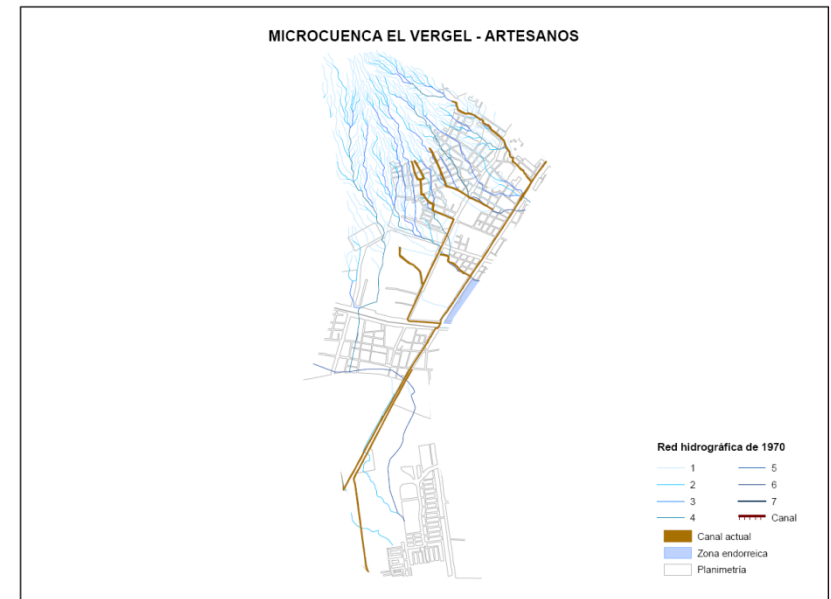


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Microcuencas El Vergel Artesanos

- El microflujo esta controlado por las calles que son radiales a la cima del cerro del Cuatro, algunas de ellas literalmente se convierten en cauces, arrastrando suelo, rocas, basura, escombros, parte se deposita en la lateral de Gobernador Curiel, y se canaliza hasta bajar a periférico en donde generan severas inundaciones.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Cartografía de zonas históricamente han registrado inundaciones

- Forma parte históricamente de la zona en donde se tiene registrado fuertes eventos de precipitación y caída de granizo desde el año de 1922 por lo que es una zona peligrosa de acuerdo con los registros históricos .
- Se tiene el registro de fuertes eventos de inundación/formación de aludes, particularmente en el mes de junio de 2008, la caída de granizo asociado a una fuerte precipitación genero un alud denso de tierra lodo y granizo el cual se movió pendiente abajo, tuvo la capacidad de colapsar los muros de varias viviendas y ocasionando pérdida de vidas humanas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Pérdida de sistema de cauces naturales
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Calles que se convierten en canales colectores de agua, aumentando los procesos erosivos.
 - La urbanización anárquica genera complejos patrones del microflujo afectando vialidades o viviendas.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Concentración del microflujo y proceso de erosión sobre las vialidades principales.
 - Desniveles lo que incrementa el golpe del agua en algunas viviendas.
 - Problemas de incorporación del microflujo al canal principal.



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera sur.

Subsistema microflujo.

- El comportamiento del microflujo esta acorde con la disposición de las calles. Las calles que tienen una disposición a favor de la pendiente concentra el flujo y lo mueven a fuerte velocidad. Se registran algunas viviendas en donde se presenta el golpe de la corriente producto de la situación de la vivienda con respecto de la dirección del flujo, generalmente son esquinas.
- Las calles con disposición radial algunas llegan a acumular el agua de manera importante.
- la prolongación Gobernador Curiel se acumula agua en diferentes sitios, además de gran cantidad de sedimentos, generando problemas de transito sobre la avenida.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera sur.

Subsistema del macroflujo

- El macroflujo esta controlado por dos escurrimientos principales los cuales han sido intervenidos mediante la rectificación y la elaboración de mamposteo en sus márgenes, tiene constantes cambios de anchura, así como puentes formales y improvisados (de tablas) por lo que tiene en algunos puntos comprometiendo su capacidad hidráulica, lo que hace que llegue a inundarse constantemente las viviendas que se encuentran en sus márgenes.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera sur.

Subsistema de las alcantarillas

- La mayoría de las alcantarillas están colmatadas, tienen problemas de mantenimiento o fueron cubiertas con la repavimentación de la zona, por lo que el 60% están sin funcionar.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mitigación

- Se considera necesario revisar las secciones hidráulicas que se han construido, ya que están subdiseñadas, por lo menos tendría que responder a períodos de retorno de entre 3 y 5 años, es decir en algunos casos no tienen capacidad de evacuar incluso los volúmenes que se consideran ordinarios.
- Existe un aporte importante de sólidos y basura de la zona alta del cerro Colonia Cerro del Cuatro, lo que disminuye la capacidad hidráulica del canal.
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos (zona federal).
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Recubrir las calles (piedra ahogada en concreto) zampeado con objeto de disminuir la erosión y no incrementar la velocidad y facilitar que una fracción del agua se infiltre.
- Facilitar el tránsito del agua hacia los canales principales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.



Mitigación

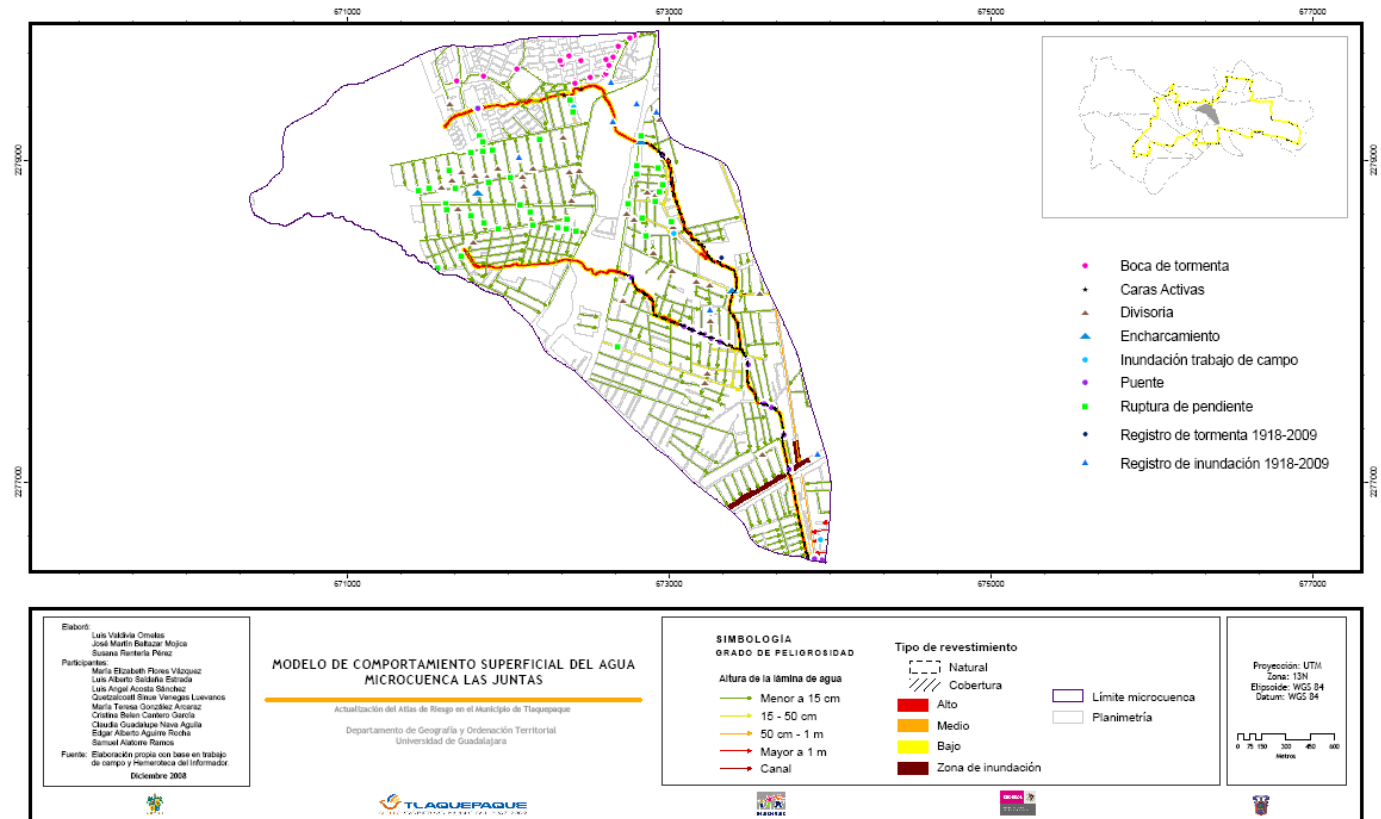
- Crear obras de infraestructura hidráulica.
- Reviso de las secciones críticas en el cauce , existen una serie de nodo el cual no permite un paso adecuado del agua.
- No urbaniza zonas de antiguos bancos de material, bordos, y canales, así como zonas bajas aledañas al cauce del Río Blanco.
- Restituir la capacidad hidráulica del canal principal.
- Reviso de las secciones hidráulicas ya que se han convertido en embudos para el paso de agua, generando represamientos e incremento de las inundaciones.
- Los canales que soportan la carga del agua y que son de tierra reforzar sus bordes con objeto de disminuir a probabilidad de rotura del dique.
- Establecer una política de laminación del flujo.
- Construir canales en la parte lata que permita que el flujo se cape y se desvíe por zonas ya preestablecidas,
- Lo anárquico en la urbanización en la parte alta del Cero del Cuatro (Balcones del Cuatro en combinación con el corredor de Tormentas Locales Severas que a desde aquí hasta Santa María Tequepexpan hace una zona de **actuación prioritaria para mejora las condiciones de marginación y pobreza**



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Zonificación de las áreas más peligrosas



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**



Microcuenca de Las Juntas La Micaelita

- Esta microcuenca corresponde con la sección que va de el poblado de Las Juntas hacia la Micaelita, la cual se localiza entre carretera a Chapala y Periférico.
- Esta zona carece de cualquier tipo de infraestructura o de cauces naturales, por lo tanto quien juega el patrón de concentración canalización y conducción del agua lo representa las calles, por lo que las inundaciones se incrementa en esta zona de manera considerable. Hay que mencionar que el agua que transita por esta zona se acumula en el periférico ya que no tiene conexión con el zona de Las pintas, así también las pocas pendientes de la parte baja hace que una amplia superficie se ve afectada por el transito del agua.



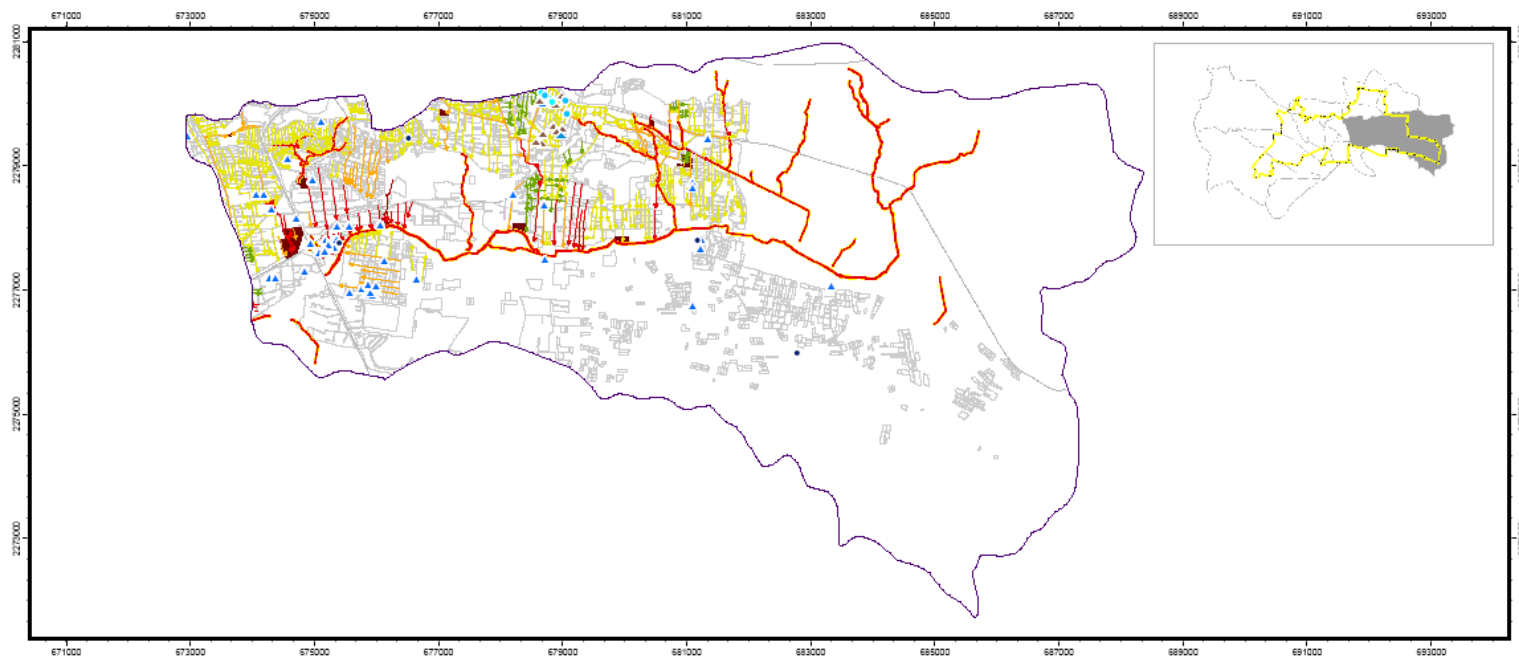
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Es necesario invertir en infraestructura de colectores.
- Establecer una política de laminación del flujo.
- Trazar de manera adecuada calles para habilitar canales.
- Introducir empedrado zampeado.
- Establecer comunicación hidráulica con el canal y la presa de Las Pintas.
- Construir canales en la parte alta que permita que el flujo se capte y se desvíe por zonas ya preestablecidas,



Zonas más peligrosas



Elaboró:
Luis Valdivia Ornelas
José Martín Buitrago Mojca
Susana Rentería Pérez

Participantes:
María Elizabeth Flores Valdez
Luis Alberto Saldaña Estrada
Luis Ángel Acosta Sánchez
Oscar Iván Silva Viqueles Luvianos
María Teresa González Arce
Cristina Belén Cardero García
Claudia Guadalupe Nieto Aguila
Edgar Alberto Aguilar Rocha
Samuel Antonio Ramos

Fuente: Elaborado propio con base en trabajo de campo y memoria del Informador.
Diciembre 2008

MODELO DE COMPORTAMIENTO SUPERFICIAL DEL AGUA MICROCUECNA LAS JUNTAS - LA RUCIA

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque

Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
Universidad de Guadalajara

TLAQUEPAQUE
MUNICIPIO

SIMBOLOGÍA GRADO DE PELIGROSIDAD

Altura de la lámina de agua

- Menor a 15 cm
- 15 - 50 cm
- 50 cm - 1 m
- Mayor a 1 m
- Canal

- Registro
- Inundación trabajo de campo
- Divisoria
- Encharcamiento
- Registro de tormenta 1918-2009
- Registro de inundación 1918-2009

- Alto
- Medio
- Bajo
- Zona de inundación
- Limite microcuenca
- Planimetría

Proyección: UTM
Zona: 13N
Elipticoide: WGS 84
Datum: WGS 84

0 200 400 800 1,200 1,600
Metros



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Condiciones del sistema de las
microcuencas ladero Norte (Colonia
Buenos Aires Francisco Villa).

- En esta zona una parte de la ladera del cerro se encuentra urbanizada, el resto todavía no es impactada por el proceso de urbanización.
- Sobre esta ladera del cerro se ha dado la mayor urbanización, por lo que queda poco de la red natural.
- La precaria urbanización ha hecho que el trazo de la cuadrícula controle los proceso de moviente del agua superficial y se generen fenómenos de fuerte concentración sobre las calles dispuestas en el mismo sentido que la dirección de la pendiente.
- El sistema de cauces forma un canal importante entre los dos cuerpos volcánicos del Cerro del Cuatro y el Tesoro, toma una dirección al oriente hacia el poblado de Toquilla para finalmente desembocar en la presa de Las Pintas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Una retícula urbana que permite la concentración del agua en ciertas calles.
 - Inexistencia de infraestructura hidráulica.
 - Concentración del macroflujo en pocas calles.
 - Aumento de los procesos erosivos.
 - Incremento sensible de la velocidad del agua.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera poniente.

Microflujo

- De acuerdo con la disposición de la retícula urbana, las calles paralelas a la dirección de la pendiente principal, controla la mayor parte del agua que escurre por las laderas de esta zona, y las calles transversales a la dirección d de la pendiente tiene de a acumularse el agua formando con las calas pequeños diques.
- Generalmente los golpes de agua se presentan sobre las casas que se encuentra en las esquinas.
- El trazo y nivelación de las calles ocasiona que en algunos sitios se generaran fuertes desniveles entre el piso de la calle y las viviendas, llegando a alcanza más de 1.5 m.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera poniente.

- El macrolfujo debido a la inexistencia de canales y cauces naturales las calles que tiene dirección a la pendiente presenta las mayores concentraciones

Fuertes desniveles ocasionan el incremento del riesgos a las viviendas que se encuentran pendiente abajo.

Viviendas que se ven afectadas por el golpe directo del microflujo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Condiciones en la zona de la Col.
Buenos Aires Francisco Villa

- Constantes desniveles sobre las calles laterales en la zona de Col. Buenos Aires
- Cuando el microflujo se concentra genera fuertes zonas de acumulación ocasionado la formación artificial de barrancas las que arrastra con tierra piedras basura escombro



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque

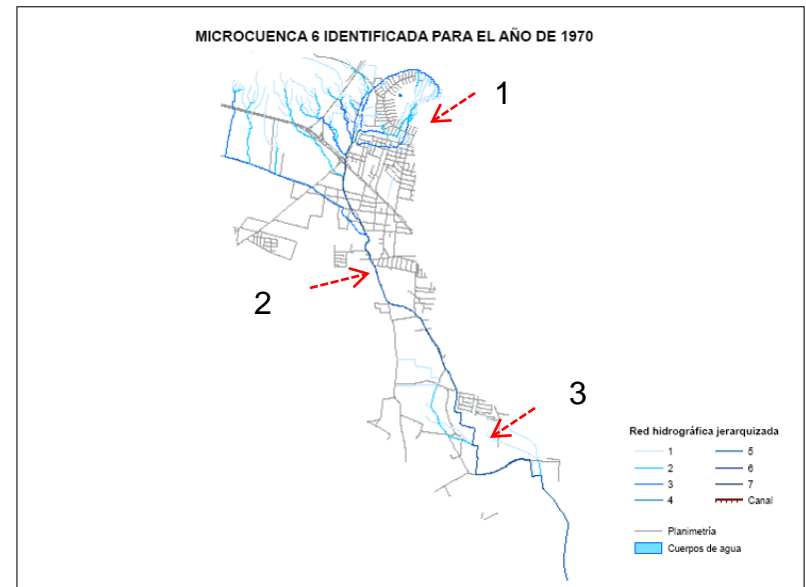


- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- De acuerdo con el análisis hidrológico es una de las microcuencas que genera más caudal por unidad de superficie, debido a la alta densidad en la urbanización que se ha presentado, particularmente para los últimos años en la zona de la cabecera de la microcuenca.
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos.
- Recubrir las calles (piedra ahogada en concreto) zampeado con objeto de disminuir la erosión y no incrementar la velocidad y facilitar que un fracción del agua se infiltre.
- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.
- Establecer una política de laminación de flujos para disminuir el riesgo de concentración y aumento de la velocidad del agua.
- Mantener constantemente limpias las alcantarillas de Av. Colon.



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la ladera suroriente (canal Seco-España).

- Esta microcuenca nace entre las laderas del cerro del Tesoro, y El Gachupin, en la parte alta forma un barranco profundo pero amplio, la red es densidad debido a la naturaleza del cono volcánico, el cual esta compuesto de materia de tefra.
- La red forma un canal importante el cual drena hacia el suroriente, hacia la zona de Las Toluquilla Las Pintas.
- Es un cauce de jerarquía 5 el trazo del canal ya en los años setenta presenta fuerte manipulación haciendo que algunas zonas el canal se acomodara al trazo de los linderos de los terrenos formando un trazo muy irregular en zig-zag).
- Esta canal ha tenido intervenciones en la década de los años 1970 en la parte alta, jardines de Santa María, en la parte media San Sebastianito.



1- Laderas del Cerro El Tesoro.

2.-San Sebastianito.

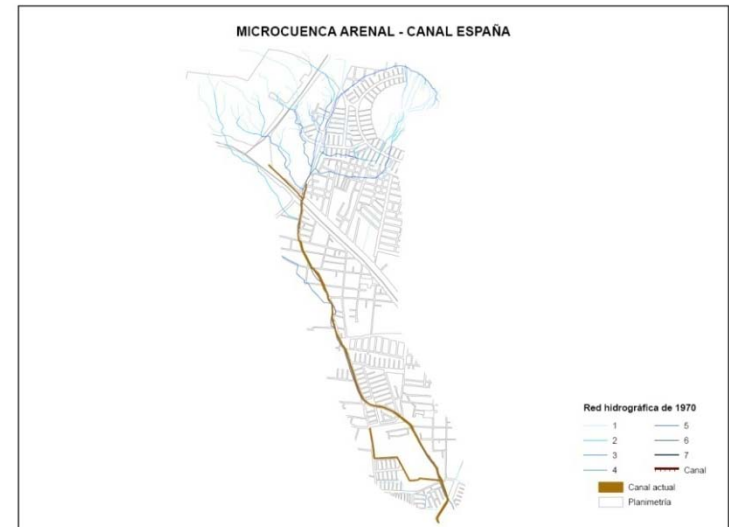
3.-Haciendas del Real



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Actualmente el canal España esta siendo intervenido, se esta levantando sus muros y se esta poniendo en el fono piedra, se están corrigiendo algunos trazos, todo con el objeto de aumentar la capacidad de conducción del agua.
- Es una de las zonas en donde se tiene la mayor cantidad de registro de severas inundaciones, asociadas a intensas precipitaciones pluviales.



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Creación de zonas bajas aledañas a los cauces principales debido al impacto producto de la actividad de los bancos de material.
 - Desarrollos habitacionales con distintos criterios de nivelación topográfica
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Invasión a la zona federal.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.
 - Gran cantidad de cruces vehiculares y peatonales sobre el canal.
 - Una alta tasa de sedimentación sobre el lecho del canal.



Funcionalidad de los subsistemas de la microcuenca Nueva España-El Arenal.

- El crecimiento urbano y la falta de políticas adecuadas de manejo de los canales ha hecho que a la largo de la trayectoria, particularmente con el cruce del periférico, en la zona de San Sebastianito se tenga distintas características y funcionalidades, así mismo el problema del desborde se ha incrementado debido a un nivel más bajo de los terrenos con respecto a los canales, esto debido a la presencia de antiguos bancos de material los cuales bajaron el nivel de los terrenos incluso un poco por debajo del piso del canal.

- 1- Canal en la zona de Balcones de Santa María.
- 2.-Viviendas afectadas durante la tormenta del mes de junio del 2008, el nivel subió por encima del bordo del canal, a más de 2 m.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Funcionalidad de los
subsistema de la microcuenca
Nueva España-El Arenal.



1- Imagen de uno de los puentes que cruzan el canal en la parte media (zona de San Sebastián), casi colmatado.

2.-canal desaparece para convertirse en calle en las inmediaciones de San Sebastianito.

3.-Viviendas asentadas en una parte topográficamente más baja que el canal, han registrado constantemente inundaciones de más de 1 m.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



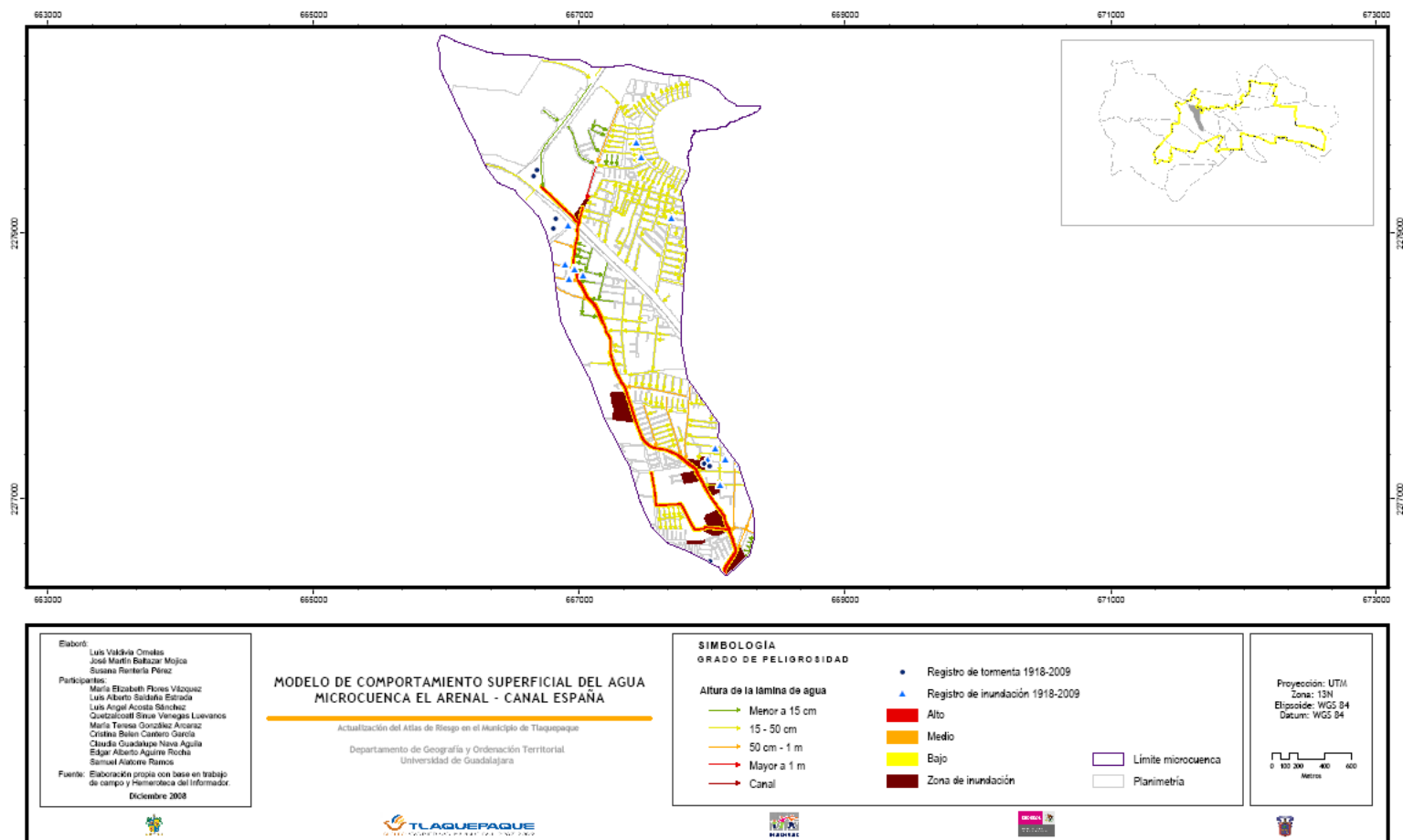
- Se considera necesario revisar las secciones hidráulicas que se han construido, ya que están subdiseñadas, por lo menos tendría que responder a períodos de retorno de entre de 50 años, es decir en algunos casos no tienen capacidad de evacuar incluso los volúmenes que se consideran ordinarios.
- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- De acuerdo con el análisis hidrológico es una de las microcuencas que genera más caudal por unidad de superficie, debido a la alta densidad en la urbanización que se ha presentado, particularmente para los últimos años en la zona de la cabecera de la microcuenca como es Av. San Isidro y camino a Río Banco.
- Se considera necesario establecer delimitar la sección federal.
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos (zona federal).
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Se considera que la ampliación del canal es insuficiente de acuerdo con los datos de precipitación que se han registrado en la zona en los últimos 20 años.



- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.
- Se considera que cualquier obras hidráulica que se realiza en esta zona debe estimar valores de intensidad de precipitación por encima de los 60 mm/h, ya que de acuerdo con los datos históricos es una zona de alta incidencia de tormentas locales severas.
- Reviso de las secciones hidráulicas ya que se han convertido en embudos para el paso de agua, generando represamientos e incremento de las inundaciones.
- Los canales que soportan la carga del agua y que son de tierra reforzar sus bordes con objeto de disminuir a probabilidad de rotura del dique.
- Controlar los proceso de erosión ya que en la parte media y baja tiende a colmatar los canales.



Zonas más peligrosas





Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque

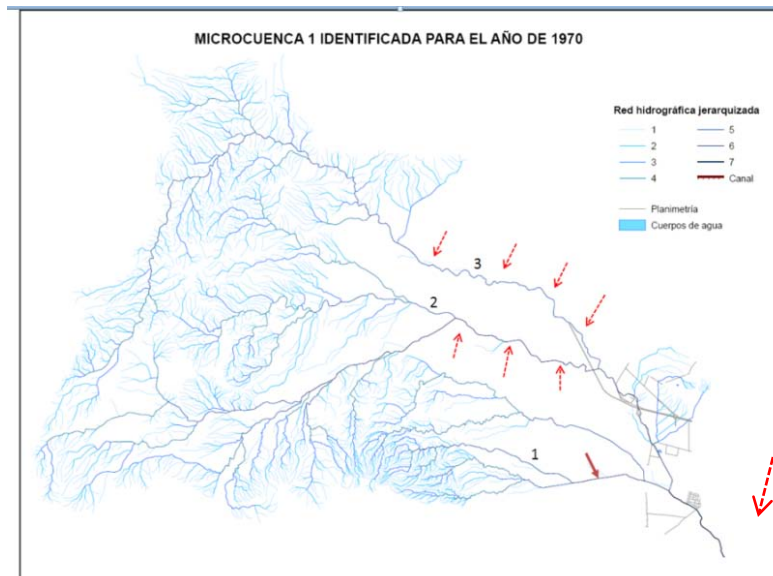


- El Arroyo Seco es una de las microcuencas más importante que existen en el Municipio de Tlaquepaque, aunque la superficie imbrifera se encuentra en un 80% fuera del municipio.
- Se forma en la sierra de La Primavera en el municipio de Zapopan, organiza toda el agua que proviene de Arenales Tapatíos y El Briseño, entra en forma diagonal al valle de Toluquilla.
- De acuerdo con la fotointerpretación que se hizo de la fotografía aérea del año de 1970 y 1971 del INEGI, el cauce no estaba conectada con la cuenca del Ahogado, es decir el agua se disipaba sobre terrenos que se localizaban entre lo que actualmente es Adolfo Horn y el pueblo de Toluquilla, es decir era un subcuenca natural de tipo endorreico.
- Con la urbanización esta cuenca se canalizo y se le dio salida hacia el canal de Las Pintas, actualmente sigue funcionando en estos términos.
- En algunas puntos se ha modificado drásticamente su trazo original, para tratado de ampliar y profundizar.



- Este sistema hidrográfico esta compuesto por tres microcuencas, estas son:

- 1.-Arroyo El Tecolote, drena la zona conocida como Las Palomas y Bugambilias.
- 2.-Arroyo El Garabato drena los cerros la Cuesta y las inmediaciones del poblado de Santa Ana de Los Negros.
- 3. Arroyo Seco o Grande drena parte de la sierra de La Primavera y los asentamiento de Arenales Tapatíos hasta Las Fuentes.

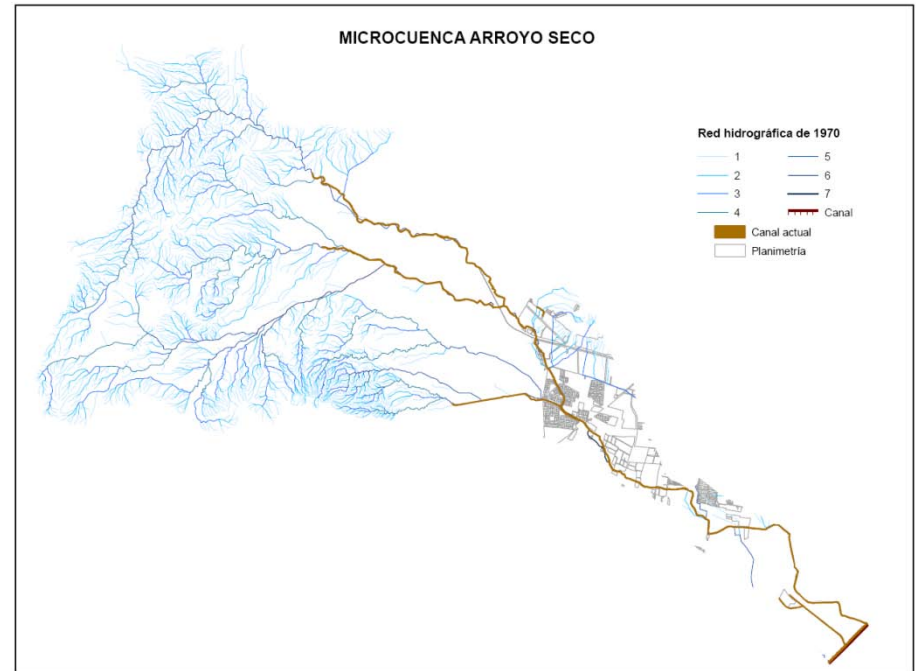


- 1) Zona en donde se segmentó el canal (López Mateos) principal y no tiene continuidad agua abajo.
- 2) Zona de invasión y modificación el canal principal.
- 3) Zona de invasión y modificación (Arenales Tapatíos).
- 4) La flecha mayor indica la zona en donde terminaba el cauce del Arroyo Seco, aproximadamente 5 Km antes de llegar al canal de Las Pintas.



Comparación con las condiciones actuales

- Más de la mitad de la superficie de este sistema de microcuencas está urbanizada, la única parte que no está urbanizada es la alta y corresponde al polígono de protección de La Primavera, el resto se ha urbanizado particularmente por asentamientos irregulares, en los últimos años se han proliferado los desarrollos en las márgenes del canal entre El Iteso y el poblado de Toluquilla.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Segmentación de cauces por trazo de vialidades.
 - Rectificaciones de los canales naturales. (trazos irregulares).
 - Invasión a la zona federal.
 - Urbanización en la parte alta de las microcuencas en donde los valores de pendiente son altos, lo que incrementa considerablemente el escurrimiento.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona de Arroyo Seco.

Determinación del Microflujo.

- El microflujo esta controlado por la presencia de las calles y el agua directamente es vertida al canal principal, no se tiene registros importantes de problemas de encharcamiento o acumulación, con excepción en la zona de, donde el agua que proviene de Zapopan de la colonia Agua Blanca y que afecta una parte del fraccionamiento.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona de Arroyo Seco.

Determinación del Macroflujo.

- El macroflujo esta directamente controlado por el cauce principal. Es de los pocos cauces que tienen dimensiones constantes a lo largo de su trayectoria.
- La única zona problemática es la que se localiza en los límites entre Zapopan y Tlaquepaque a la altura de, ya que existe vivienda asentadas en su márgenes y un vado. El resto del canal aparentemente no representa mayores problemas

Fotografía.

- Canal del Arroyo Seco, en algunas zonas se ha ampliado, profundizado y rectificado levantando bordos de más de 2 m en sus márgenes.
- Sobre El canal en la zona de Industrial Agua Blanca, se han levantado bordos en las márgenes del canal para aumentar su capacidad y generar una zona de protección, pero esto, ocasionando que se forme un dique para el transito del microflujo hacia el canal.



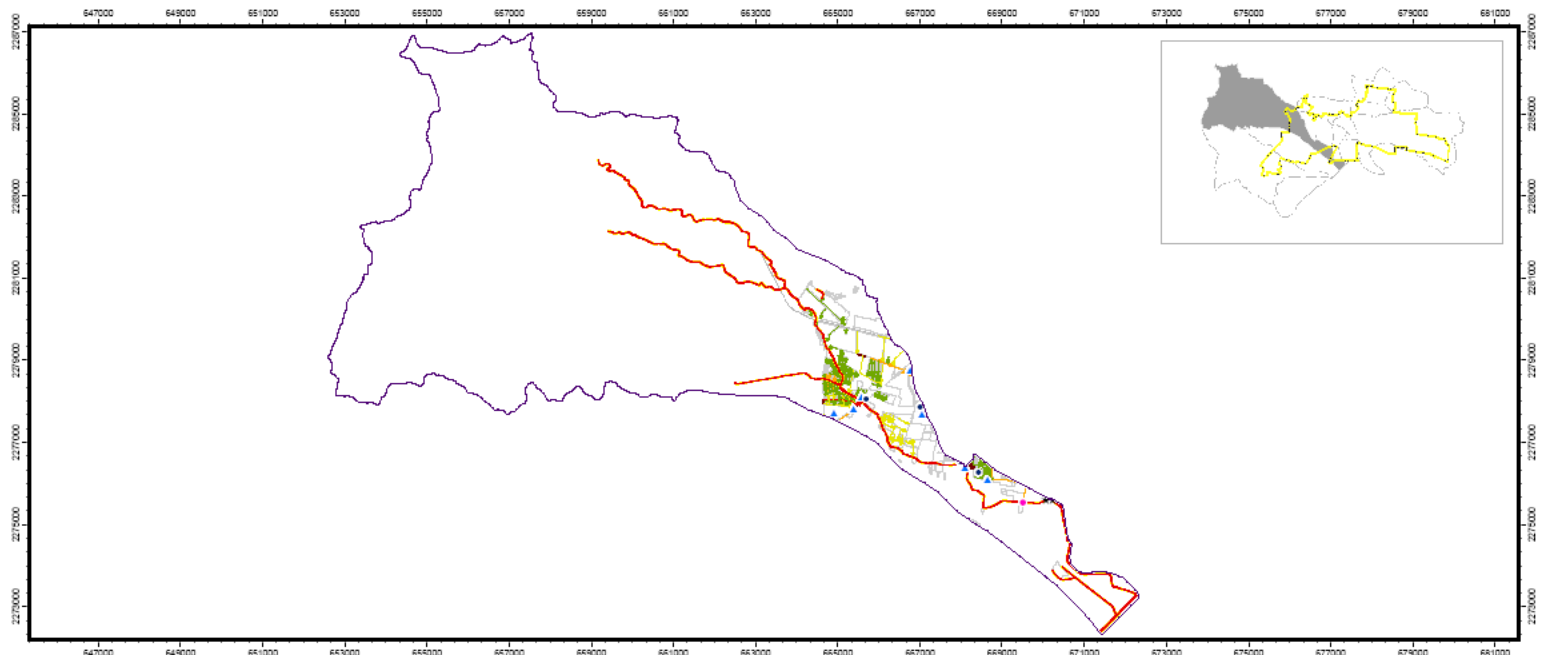
Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- De acuerdo con el análisis hidrológico es una de las microcuencas que genera más caudal por unidad de superficie, debido a la alta densidad en la urbanización que se ha presentado, particularmente para los últimos años en la zona de Arenales Tapatíos Miramar (Zapopan).
- Existe un aporte importante de sólidos y basura lo que disminuye la capacidad hidráulica del canal.
- Desalojara construcciones que se localizan dentro de la zona federal.
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Facilitar el tránsito del agua hacia los canales principales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.



Zonas más peligrosas



Elaboró:
Luis Valdivia Ocasio
José Martín Balbazar Mojca
Susana Rentería Pérez

Participantes:
María Elizabeth Flores Vilchique
Luis Alberto Saldaña Estrada
Luis Angel Acosta Sánchez
Quetzalcóatl Sique Venegas Luevanos
María Teresa González Aranza
Cristina Belén Cantero García
Claudia Guadalupe Neco Aguilera
Edgar Alberto Aguilar Ruelas
Samuel Alatorre Ramos

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo y memoria del informador.
Diciembre 2008

MODELO DE COMPORTAMIENTO SUPERFICIAL DEL AGUA MICROCUCENA ARROYO SECO

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque
Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
Universidad de Guadalajara

SIMBOLOGÍA

GRADO DE PELIGROSIDAD

Altura de la lámina de agua

- Menor a 15 cm
- 15 - 50 cm
- 50 cm - 1 m
- Mayor a 1 m
- Canal

- Puente
- Cara activa
- Registro de tormenta 1918-2009
- Registro de inundación 1918-2009

- Alto
- Medio
- Bajo
- Zona de inundación
- Límite microcuenca
- Planimetría

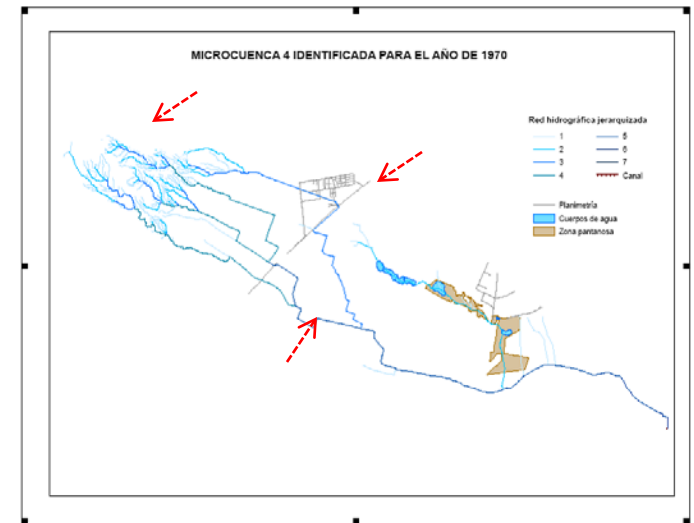
Proyección: UTM/
Zona: 13N
Elipsoidal: WGS 84
Datum: WGS 84

0 400 800 1,600 3,200
METROS



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona Camino Real de Colima (microcuenca San Juanate)

- Este sistema nace en las laderas del Cerro El Tajo y corre por una serie de canales (vallados) con dirección al este; hacia unas serie de pequeños bordos.
- La actividad agrícola manipulo el trazo del sistema por lo que tenia un una disposición en algunos rectos y los canales no fueron diseñados para tener un flujo permanente.
- Parte de este sistema se trastocó con el trazo de la Avenida López Mateos y sus posteriores ampliaciones.
- Así también desaparecieron la mayoría de los bordos que contenía el agua.



- 1.- Cerro del Tajo.
- 2.-López Mateos.
- 3.- La Lagunita.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Cartografía de zonas históricamente han registrado inundaciones.

- De acuerdo con la información levantada de la zona de estudio a través de consulta de fuentes de información histórica como archivos hemerográficos y de entrevistas con la población, las zonas identificadas que han tenido registro de inundaciones son las siguientes:
 - Camino Real se presentan severas inundaciones, provocando que se interrumpa el tránsito de vehículos
 - Cotos aledaños a Camino Real, han tenido que hacer algunas obras de defensa.

Primera imagen se observa obras de defensa para protegerse de las inundaciones, han tenido que levantar bardas de $\frac{1}{2}$ m.

En la segunda imagen se puede observar la zona de mayor inundación que se registra sobre una de las vialidades más importantes de sur de la zona Metropolitana de Guadalajara



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Pérdida de los vallados y cauces naturales.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Asentamiento sobre el lecho del cauce.
 - Pérdida de la continuidad de los canales.
 - Invasión a la zona federal.
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas.
 - Obras insuficientes.
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.
 - Urbanización en márgenes más bajas que el piso del canal principal.
 - Cambios constantes en las características del canal.



Funcionalidad del Microflujo/Macroflujo

- El microflujo y macroflujo están controlados en parte por el trazo de la Avenida Camino Real.
- Sobre el borde sur de esta vía de comunicación algunas construcciones nuevas de manera particular están levantando el nivel de desplante por lo que se está convirtiendo literalmente en un dique para el agua que proviene de la zona de López Mateos va a generar concentraciones de flujo en ciertas zonas lo que incrementará el problema de las inundaciones en zonas que hasta ahora no las han registrado.

Rectificación de vallados para tratar de dar solución parcial a las inundaciones en las nuevas zonas que se están urbanizando. (Camino Real).



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona Camino Real de Colima



- Macroflujo

Como en todo el valle de El Ahogado-Toluquilla ha desaparecido la mayoría de los vallados, los que quedan están presentando flujos permanentes, se vierten aguas de uso urbano, por lo que se esta generado un problema hidráulico y de contaminación muy serio.

En el caso de los vallados que estan dentro del municipio de Tlaquepaque en la zona de Camino Real, se puede observa que uno de los más importantes esta segmentado (ver imagen), a corto plazo se van a genera serios problemas, debido a la incapacidad de poder evacuar el agua ante el incremento de la impermeabilización.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mitigación

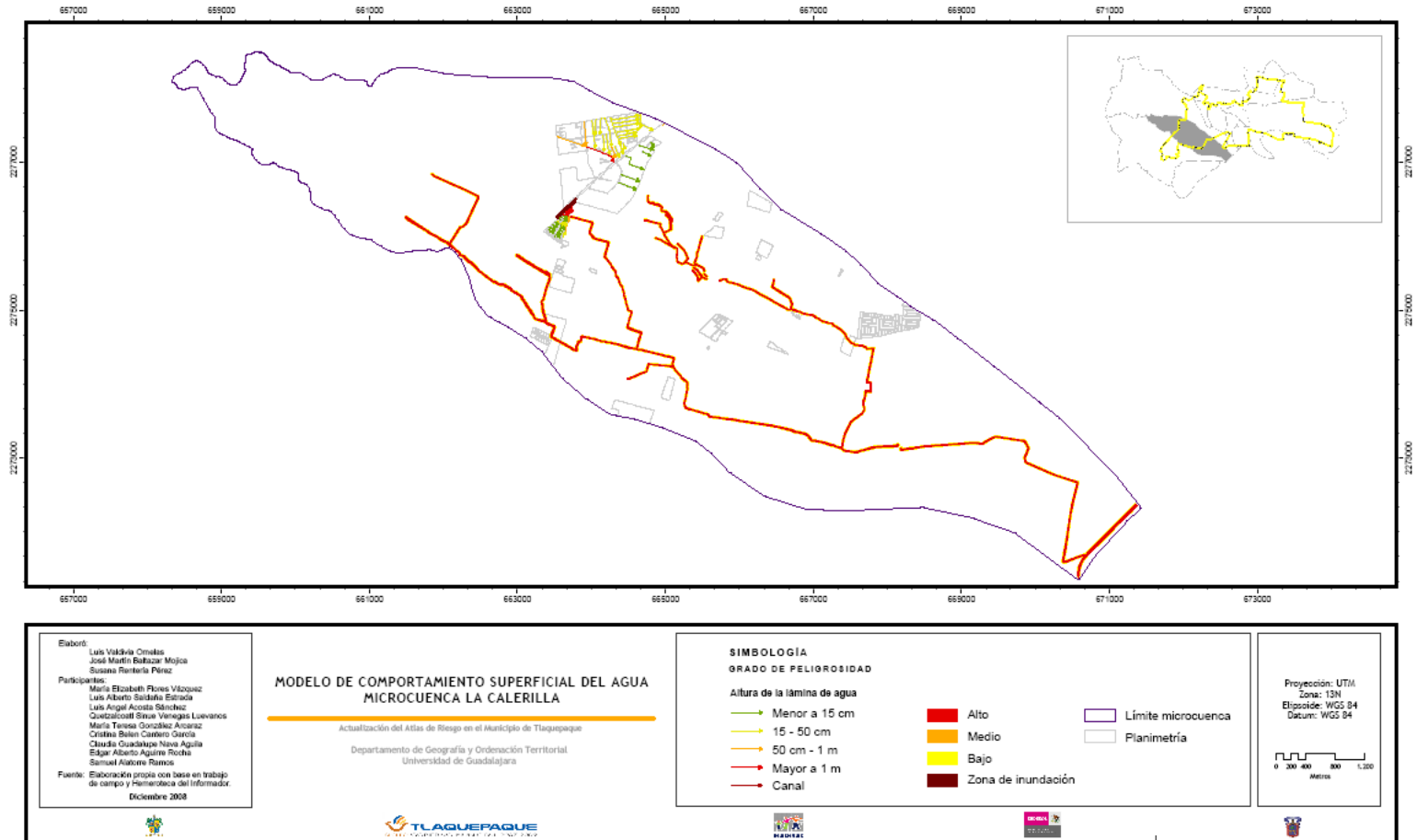
- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- Se considera necesario construir infraestructura hidráulica para disminuir las inundaciones en la zona de Camino Real.
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Facilitar el tránsito del agua hacia los canales principales.
- No impactar los vallados con diferentes criterios de manejo, establecer un solo criterio.
- Definir a los canales principales (como unidades integrales de manejo).
- Hacer un estudio general del sistema hidráulico e hidrográfico en el valle del Ahogado y Toquilla par definir las políticas de manejo integral de las subcuencas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



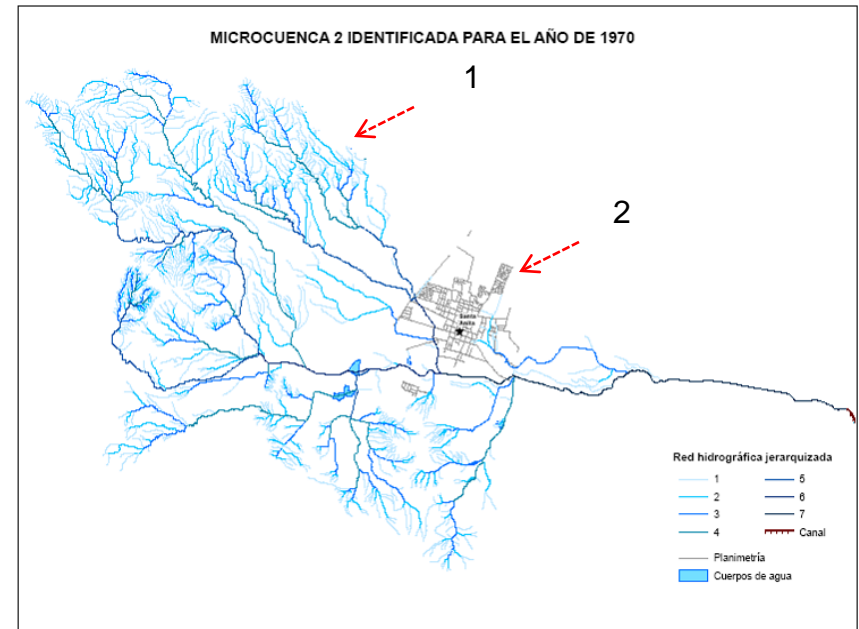
Zonas más peligrosas



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**

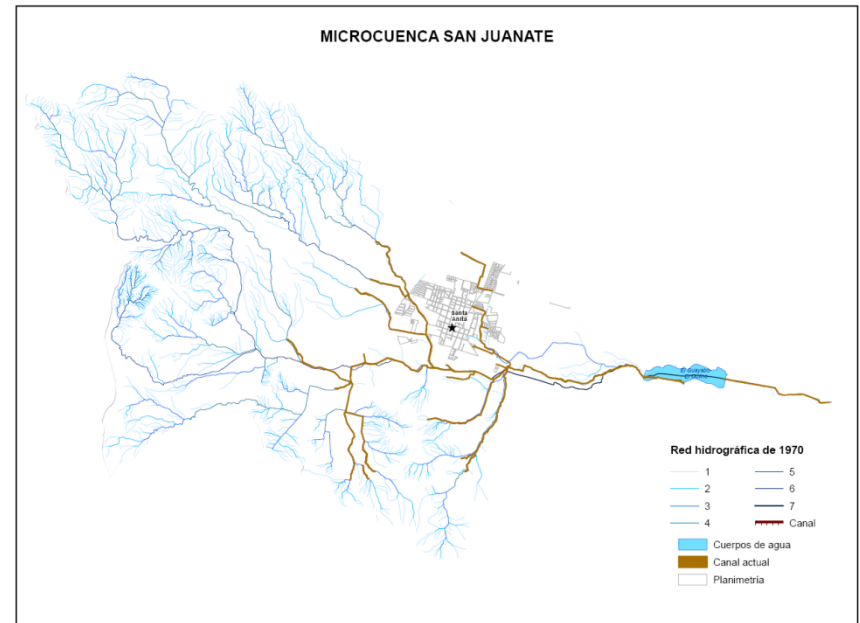


- Este sistema de microcuencas es una de las más importantes en la zona del Ahogado, drena parte del agua que se precipita en la periferia de la sierra La Primavera (cerro Tajo y La Cuchilla) y toda el sector oriente del valle, reconoce al canal de la Pintas como su nivel de base final.
- Este sistema de canales, vallados y cauces naturales estaban regulados por un conjunto de bordos y presas.
- De acuerdo con la información levantada de la fotointerpretación existía una red densa con gran cantidad de escurrimiento de primer orden sobre los cerros de La Primavera, lo que determina la presencia de una microcuenca con importantes procesos erosivos.
- Actualmente esta siendo impactada por la urbanización, tanto en su parte alta como media por lo que se están registrando severas afectaciones a partir de la Avenida López Mateos.



Trazo actual de los canales

- Se ha configurad un sistema de vallados que colectan el agua proveniente de la parte de la zona de la Primavera, se ha observado un incremento considerable en el gasto, parte de las afectaciones se esta viendo relejadas en el poblado de Santa Anita y en la zona de Lagunitas (Tlajomulco).



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Invasión a la zona federal.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Urbanización en las partes bajas.
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que la zona urbana de Santa Anita.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona Santa Anita

- Zona de Ojo de Agua en donde se han perdido los vallados y las calle y caminos los han substituido generando serios problemas a las viviendas asentadas en sus márgenes así como el movimiento de las personas.
- Paso peligroso en el camino de Santa Anta a la preparatoria (San Sebastián El Grande).



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la zona Santa Anita

- Debido a los cambios en la zona de López Mateos, por el desarrollo de Viviendas y el trazo de nuevas vialidades, una de las calle principales del poblado se ha convertido en concentradora del macroflujo y lo conduce hacia la zona de San Agustín.
 - Se tiene registro de severas afectaciones ya que el agua llega a alcanza más de medio metro y alcanza fuerte velocidad.
 - Esto es como consecuencia de la pérdida de los vallados y su segmentación, los nuevos trazos de vías de comunicación comienza a substituir esta función.
-
- Las laterales de algunas carreteras vecinales están tomando la función de la conducción del agua superficial.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Condiciones del sistema del macroflujo

- Primer se puede observar que se ha levantado de manera provisional una bordo de tierra paralelo a la vialidad de antiguo camino a Colima, con objeto de que el agua no afecte a los terrenos aledaños, el dique hace que el agua se mueva paralelo a la vialidad y donde encuentra calles se canaliza para bajara la zona de Santa Anita de manera concentrada.



El agua que baja por el Poblado de Santa Anita se concentra en un canal habilitado para conducir el agua hacia San Sebastián El Grande. Marginalmente se han construido viviendas que pudiera verse afectadas ante eventos fuertes de precipitación, o el transito de personas y vehículos, ya que las calles han substituido a los antiguos vallados concentrando fuertes volúmenes de agua en poca superficie del terreno.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mitigación.

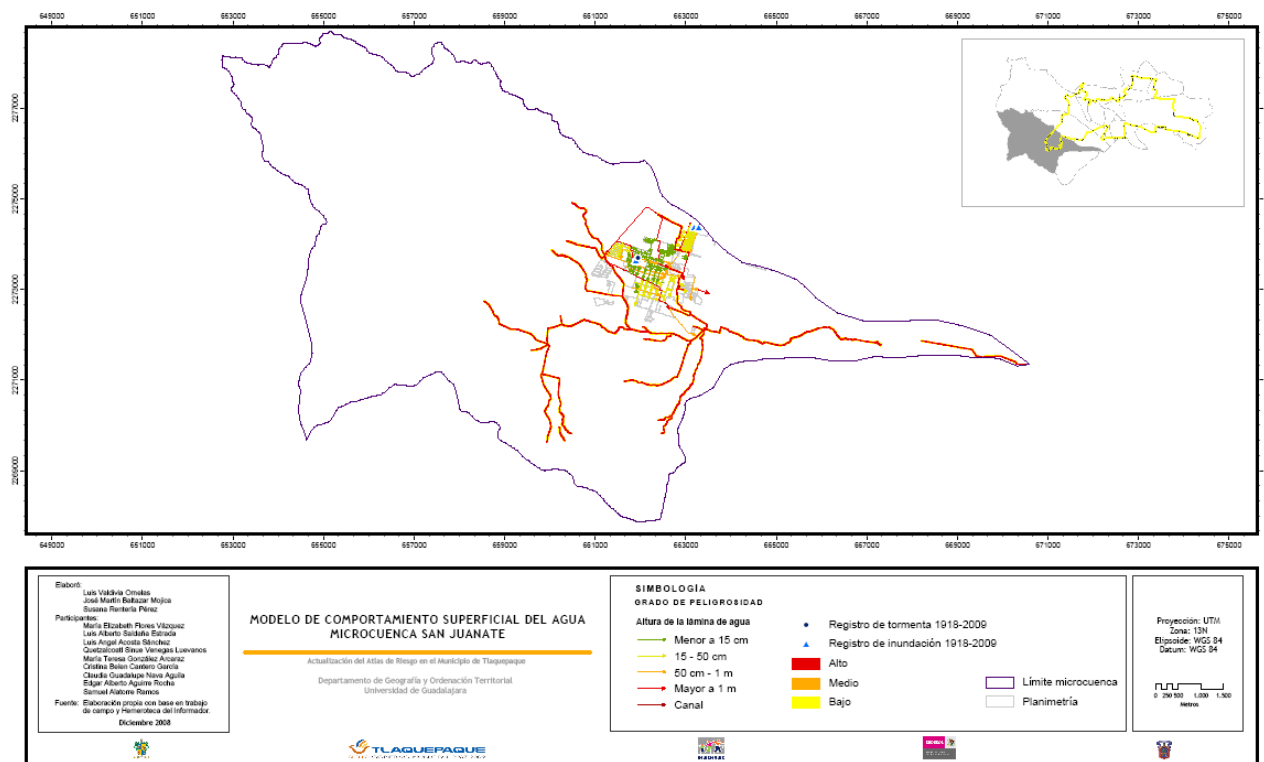
- Es necesario controlar el cambio de uso del suelo en el valle particularmente en la parte alta
- Crear obras de infraestructura hidráulica.
- Establecer área de retención sobre los cauces.
- Establecer una política de laminación del flujo.
- No urbaniza zonas de antiguos bancos de material, bordos, y canales, así como zonas bajas aledañas al cauce del Río Blanco.
- Reviso de las secciones hidráulicas ya que se han convertido en embudos para el paso de agua, generando represamientos e incremento de las inundaciones.
- Los canales que soportan la carga del agua y que son de tierra reforzar sus bordes con objeto de disminuir a probabilidad de rotura.
- Darle continuidad adecuada a los canales.
- Crear infraestructura hidráulica en el poblado de Santa Anita.
- Rehabilitar algunos vallados en la zona de Ojo de Agua-la preparatoria para darle un mejor orden al agua que escurre en la zona.
- Estudios puntales de carácter hidrológico en las microcuencas que se han definido para el valle de Tesistán.
- Establecer un nivel máximo de impermeabilización de las subcuenca.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque

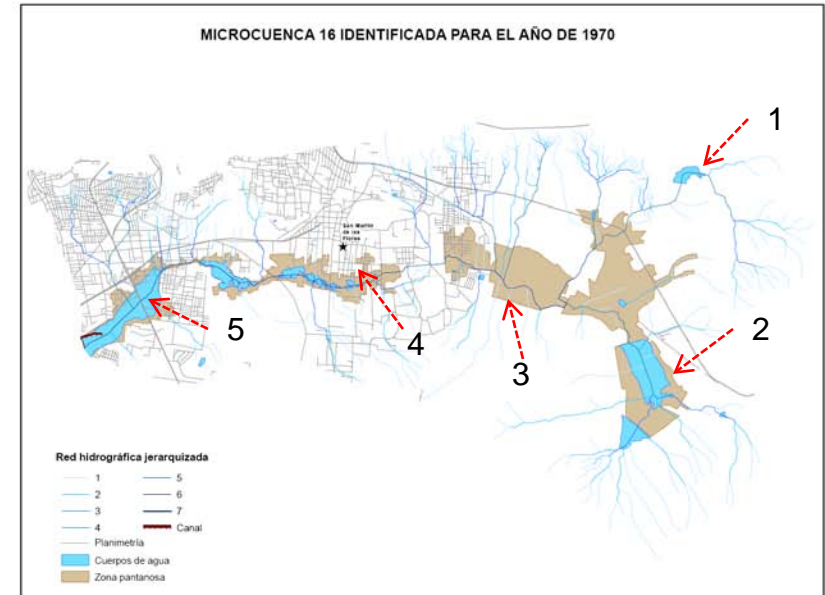


Zonas más peligrosas



Zona de San Martín de Las Flores/Condiciones del sistema hidrográfico en el año de 1970.

- En la zona de San Martín de Las Flores se caracterizaba por ser una zona baja llana, el agua provenía de la zona del borde denominado La Cuchilla (1), así como de la presa de Las Rucias.
- Se identificaba una amplia zona de acumulación de agua en las márgenes del canal principal, era de naturaleza pantanosa con problemas naturales de desagüe.



- 1) Presa El Cuchillo.
- 2) Presa Las Rusias Negras.
- 3) Zona pantanosa de la Col. Santibanez
- 4) Zona pantanosa de Las Pintas.
- 5) Presa de Las Pintas.
- 6) Zona de San Martín de Las Flores.

El color café indica las zonas pantanosas en el año de 1970.

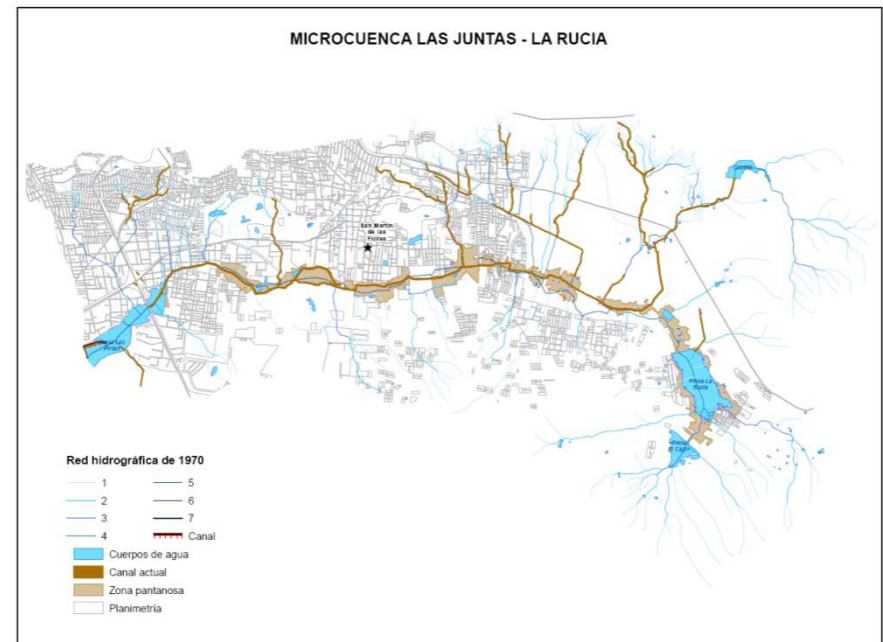


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Condiciones actuales/registro de eventos de inundación

- En la imagen actual de la zona de Santa Paula-Santibañez se puede observar lo siguiente:
 - Disminuyo drásticamente la superficie pantanosa (color café).
 - Disminuyo la superficie de las principales presas y bordos.
 - Se perdieron varios cuerpos de agua.
 - Se concentro el macroflujo en pocos canales, principalmente en la zona del Carril, la Col. Los Puestos y en la parte baja del poblado de San Martín de Las Flores.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Serios impactos a las condiciones topográficas debido a la gran cantidad de bancos de material.
 - Lleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Invasión a la zona federal.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.
 - Pérdida de zonas reguladores del flujo de agua, zona bajas pantanosas, bordos, presas, etc.



Mitigación

- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- Se considera necesario realiza la delimitar la sección federal.
- Recupera las condiciones de funcionalidad de los canales principalmente en la zona del Carril - Los Puestos.
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos (zona federal).
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la perdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Recubrir las calles (piedra ahogada en concreto) con objeto de disminuir la erosión y no incrementar la velocidad y facilitar que un fracción del agua se infiltre.
- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.
- Crear obras de infraestructura hidráulica.
- No urbaniza zonas de antiguos bancos de material, bordos, y canales, así como zonas bajas aledañas al cauce del Río Blanco.
- Restituir la capacidad hidráulica de los canal principal en la microcuenca del La Venta del Astillero.
- Dragar permanentemente el canal de Las Pintas.
- Reviso de las secciones hidráulicas ya que se han convertido en embudos para el paso de agua, generando represamientos e incrementando considerablemente las inundaciones.
- Los canales que soportan la carga del agua y que son de tierra reforzar sus bordes con objeto de disminuir a probabilidad de rotura del dique.
- Reubicación de personas en donde su vivienda este asentadas en zona de alto riesgo.



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de San Martín de las Flores.

- La zona de San Martín de las Flores y Santibáñez, del punto de vista hidrográfico es una cuenca con serios problemas naturales de desagüe en la parte baja, se ha urbanizado en una zona de acumulación natural de agua (pantanosa), la que se ha acentuado debido a los desniveles generado por la extracción de arcilla para las actividades económicas.
- o a la poca pendiente y a la baja tasa de infiltración en el subsuelo debido a la presencia de una capa de arcillas.
- La red en ves de reconocer hacia el oriente, va hacia el poniente debido a la actividad volcánico de movimientos tectónicos.
- Esta zona es alimentada del agua que proviene de las lomas de la Cuchilla en Tonalá.
 - Zona baja ocasionando por la extracción de material, formando una depresión la cual acumula agua.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación de zonas peligrosas

- Canal principal denominado Las Pintas, registra poca pendiente y alta tasa de sedimentación generando colmatación.
- Es el canal principal que drena toda la parte oriente del municipio.



- Nuevos desarrollos asentados en la parte baja marginal al canal han estado registrado constantes inundaciones, que ha hecho necesario poner bombas para desalojar el agua..



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación de zonas peligrosas

- La actividad extractiva ha generado un gran cantidad de hoyancos algunos de ellos acumulan agua de manera permanente.
- Muchos de los hoyancos se urbanizaron por lo que han quedado como áreas altamente peligrosas a la inundaciones. (SSantibáñez)



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Colonia Hipódromo -Los Puestos.

- En una de las zonas en donde el registro de inundaciones se ha incrementado de forma considerable en los años más recientes.
- En parte debido a la urbanización en las laderas del Cerro El Cholo El Jagüey y Tateposco y por otro lado a el manejo tan irregular del canal principal ha impactado la capacidad de conducción se tiene, existen constantes cambios en las dimensiones y segmentos con funcionalidades distintas debido a la construcción de puentes para acceder a las viviendas.
- El canal inicia con un tamaño de 5 de ancho por 2.5 de alto y termina a 1 km en un tubo de 30 cm de diámetro.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Análisis de la funcionalidad de los subsistemas de las microcuencas de la colonia Hipódromo- Los Puestos.

- Características del canal en la zona en donde inicia.
- A lo largo de su trayectoria; la que va paralela al a la cale de Carril, el canal constantemente tiene puentes provisionales, los que se han habilitado por la población para tener acceso a sus viviendas, induce a constantes desbordes.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



- A partir de la fotointerpretación de fotografía Aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI para el año de 1971, y de fotografía en B/N de 1985 escala 1: 37,000, complementado con recorridos de campo y con el apoyo del MDT, se puede estimar los siguientes impactos:
 - Relleno de los cauces.
 - Rectificaciones de los canales naturales.
 - Pérdida de los canales en la parte media y la baja.
 - Invasión a la zona federal.
 - Creación de plataformas (aumento de pendientes).
 - Problemas ambientales en los canales (basura, escombros, arena, agua residual).
 - Segmentación del cauce principal.
 - Mal diseño de obras hidráulicas
 - Aumentos de la tasa de impermeabilidad particularmente en la parte alta.
 - Pérdida de la capacidad de retención. (pocos espacios verdes)
 - Incremento del tiempo de concentración (volumen y velocidad).
 - Aumento y concentración del agua que baja.
 - Obras hidráulicas con mal mantenimiento.



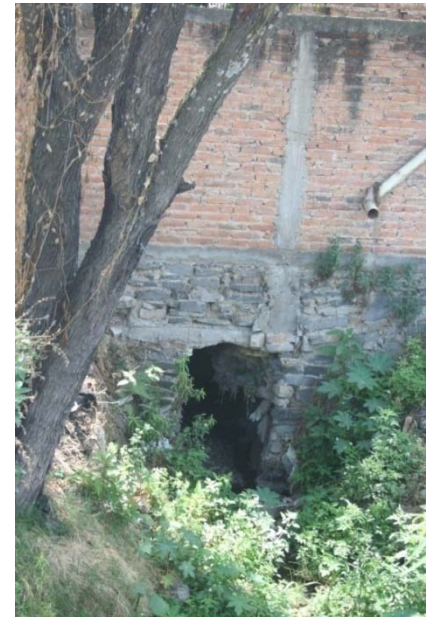
Identificación del patrón de movimiento superficial del agua

- Puentes provisionales que hace la población para tener acceso a su vivienda, altamente peligrosos ante un desborde del canal.



El microflujo discurre principalmente por la Avenida del Carril, no presenta mayores problemas. El macroflujo es el que afecta de manera considerable las viviendas dispuestas lo largo de sus márgenes.

- La sección hidráulica completamente irregulares genera severos taponamiento del flujo del agua.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Identificación del patrón del movimiento del superficial del agua

- Hubo la necesidad en algunos zonas de literalmente tumbar bardas para tratar de que el flujo tuviera salida.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mitigación

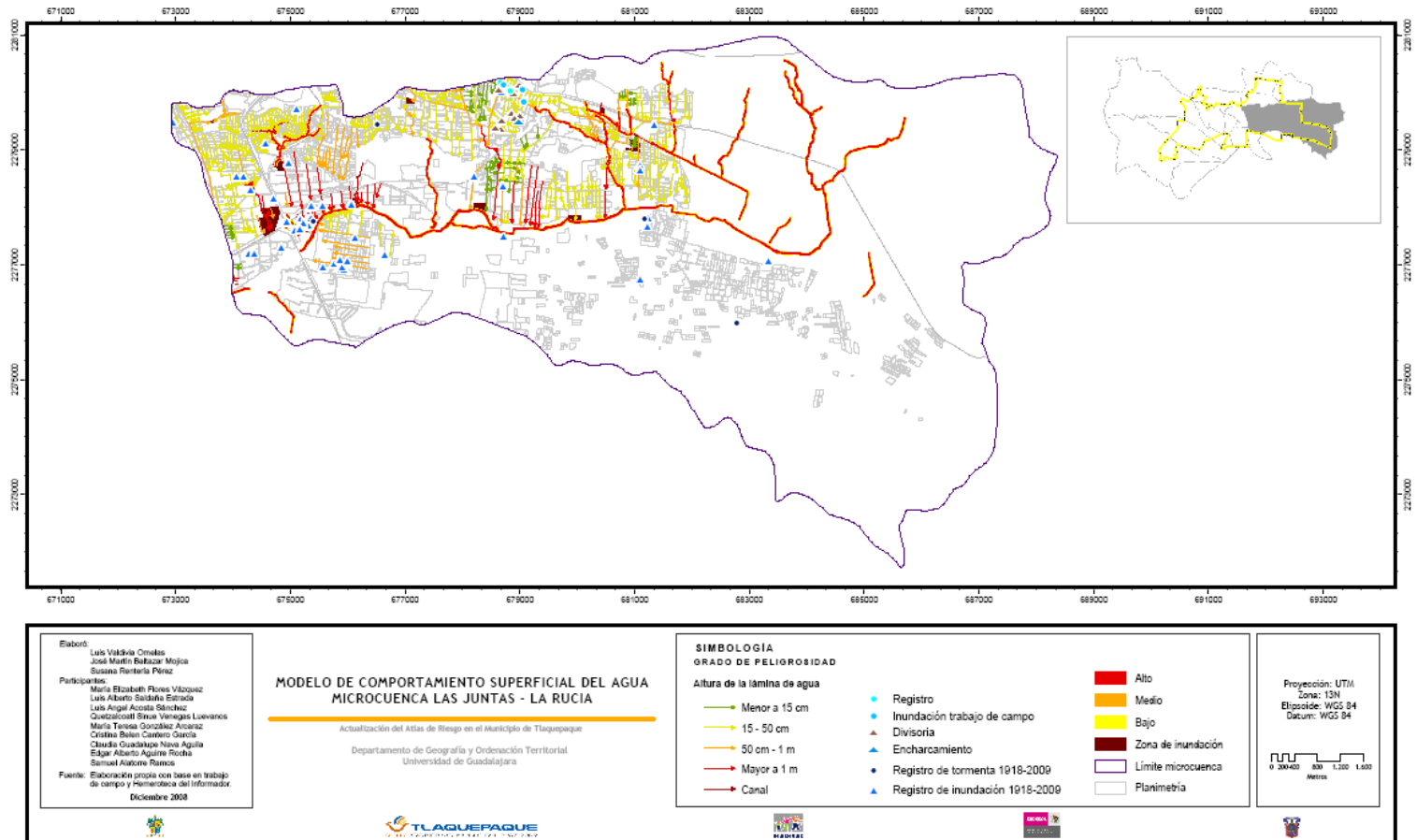
- Revisar las secciones más problemáticas a partir de los registros históricos de inundaciones.
- Se considera necesario establecer delimitar la sección federal.
- Redimensionar las secciones hidráulicas.
- Restituir la capacidad hidráulica del canal principal
- Política de reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgos (zona federal).
- Mantener desazolvado los canales, controlar la erosión sobre las vialidades con pendiente, ya que incide en la pérdida de la capacidad de conducción del canal principal.
- Facilitar el transito del agua hacia los canales principales.
- No urbaniza zonas de antiguos bancos de material, bordos, y canales, así como zonas bajas aledañas al cauce del Río Blanco.
- Establecer una política de protección civil en las colonias en donde los segmentos del cauce son los más peligrosos.
- Se necesita establecer un comunicación adecuada entre el canal que va paralelo a la calle del Carril con el canal de las Pintas.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Zonas más peligrosas



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**



La zona del canal de Las Pintas

- Es la parte más baja de todo el sistema hidrográfico que esta en La cuenca del Ahogado que pertenece al Municipio de Tlaquepaque.
- En la década de los años 1970, en la zona existían dos pequeños cuerpos de agua; el canal de las Pintas y una área muy extensa de tipo pantanosa.
- Por su condición topográfica, esta en una zona baja y plana y forma parte de un sistema hidrográfico importante, además de existir una gran cantidad de infraestructura alguna parcialmente funciona.
- Es una de las zonas que tiene uno de los mayores registros de inundación en el Municipio.

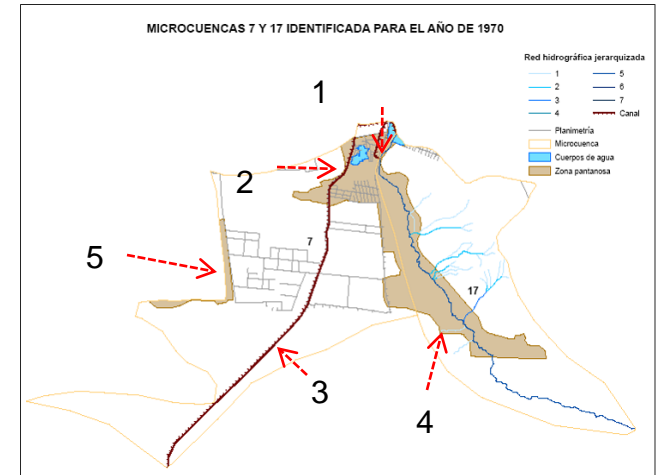


Imagen para el año de 1970 en donde se puede observar:

- 1) Presa de Las Pintas
- 2) Presa El Chicharrón
- 3) Canal de las Pintas
- 4) Río El Ahogado.
- 5) Canal no identificado.

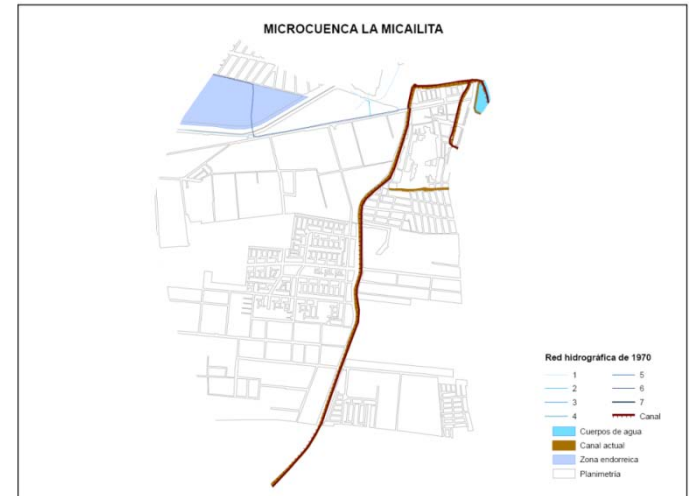
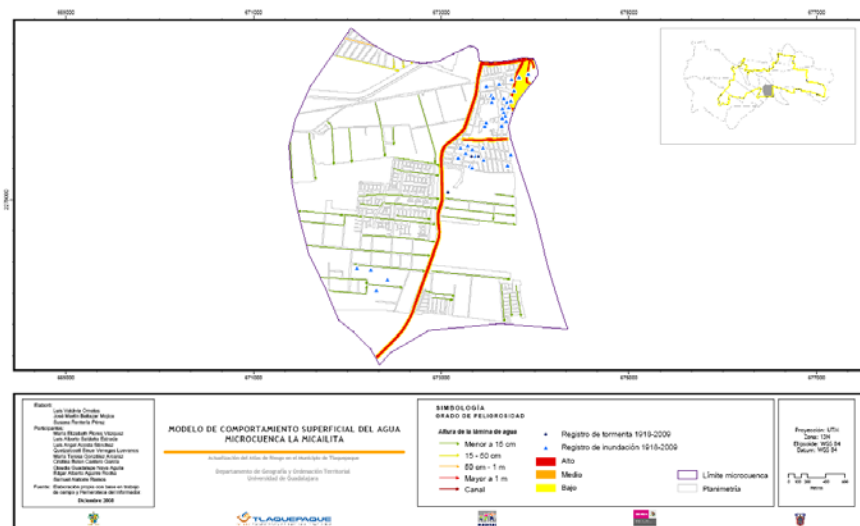


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Canal de Las Pintas

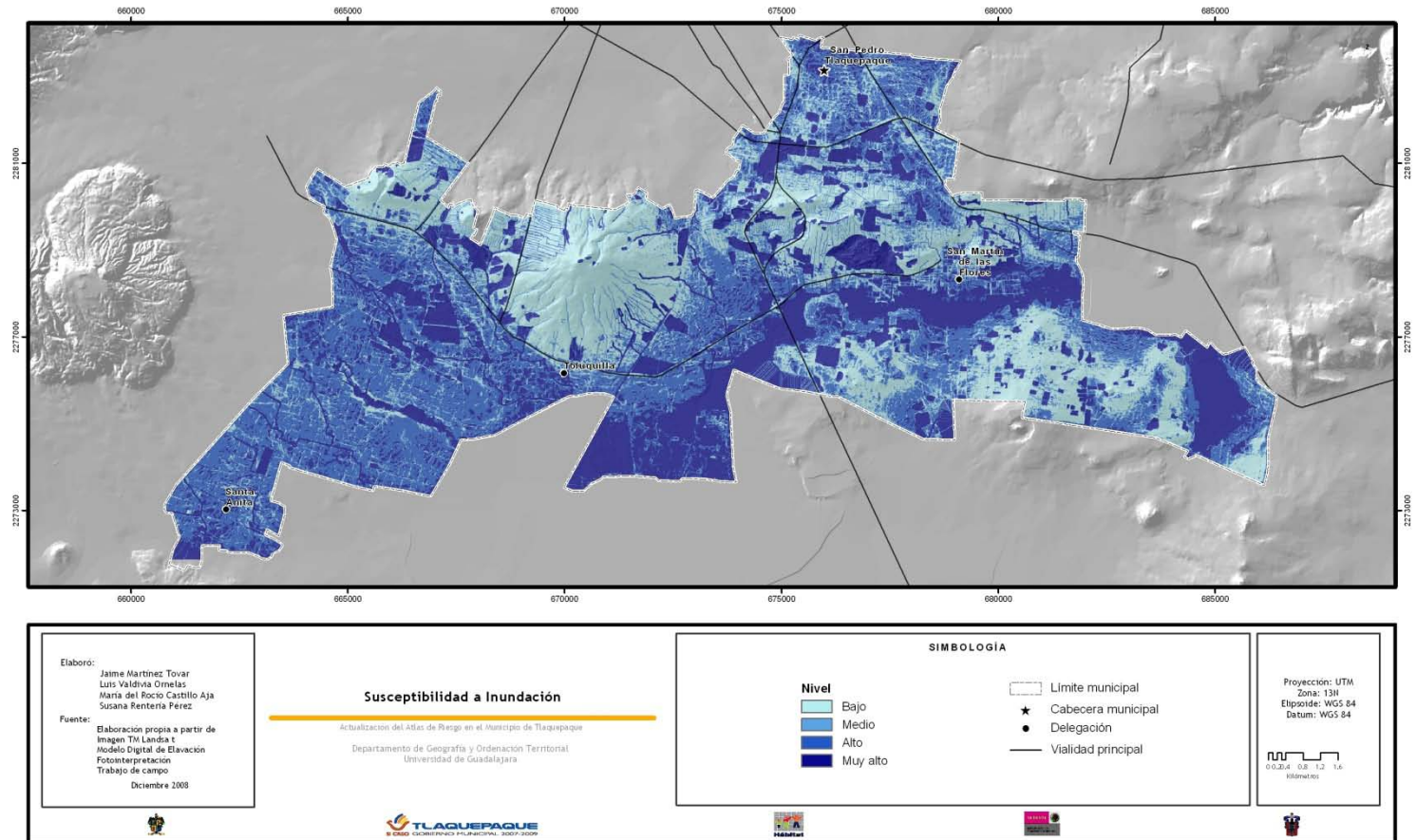
- El canal de Las Pintas es no de los puntos más problemáticos, en el municipio de Tlaquepaque se desborda en 4 puntos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mapa general del susceptibilidad a las Inundaciones.



Actualización del
**Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque**



Se considero fundamental establecer una política de mitigación de los daños, con lo que se necesita establecer una política de manejo del peligro a través de:

- Disminuir la magnitud de las inundaciones.
- Disminuir la recurrencia de la inundaciones.
- Disminuir la velocidad del agua.
- Reducir la exposición de la población a las inundaciones.
- Disminuir la peligrosidad del microflujo
- Establecer criterios claros del maneo del macroflujo.



Principios básicos para el manejo del drenaje pluvial.

- Establecer una política diferencial en zona urbanas y en zonas de reserva urbana.
- Cada microcuenca tiene su propia funcionalidad, por lo que deberán de hacerse estudios específicos para no impactar de manera significativa este proceso y que después se tengan repercusiones negativas.
- Establecer criterios de impermeabilización máximos por cada microcuenca.
- Establecer una política de laminación del microflujo.
- Inundar aéreas para proteger a otras.
- Restaurar cauces (recuperar la continuidad).
- Recuperar las condiciones ecológicas de las riberas.
- Estabilización de los bordes activos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Principios básicos para el manejo del drenaje pluvial.

- Los proyectos deberán de considera los impactos tanto aguas abajo de las descargas como aguas arriba.
- Los sitios de regulación de avenidas máximas deben de preservase de manera prioritaria, ya que son elemento fundamentales para que no se genera impactos negativos en áreas extensas urbanizadas.
- Se necesitan proyecto de seguridad hidráulica en zonas bajas donde existen canales y que se están dando importantes cambios de uso del suelo en la pate alta.
 - *Establecer un marco normativo general en zonas en donde existe aéreas de reservas urbanas.*
- Evaluación y monitoreo continuo del balance hidrológico a partir de cambio de uso del suelo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Conclusiones

- El núcleo original del poblado de Tlaquepaque se localizó sobre una loma en donde discurrían por lo menos dos cauces importantes, uno de ellos denominado Arroyo Seco que provenía de la zona de La Vidriera y Las Huertas.
- Debido su condición topográfica localizado entre dos subcuencas; por un lado la de Atemajac y por otro la del Ahogado, posee tres tipos específicos de patrones superficiales de movimiento del agua (hidrográficas-hidrológicas), por un lado tiene rasgos del valle de Atemajac, se caracteriza por redes incipientes poco organizadas y someras, por el otro existen características de redes naturales formadas en laderas de cerros en donde tenemos cauces de fuertes desniveles, con rupturas de pendiente y tercero existen rasgos en una amplia zona que va del Iteso a Santibañez en donde se tienen un gran cantidad escurrimientos algunos de ellos importantes y que convergen en puntos muy específicos como Las Pintas y zona bajas con problemas naturales de desagüe (zonas pantanosas).
- Los arroyos y la ciudad (Tlaquepaque) comenzó a construir la relación de peligro a partir de los años de 1970-1980 bajo un clima de mayor aceptabilidad social del riesgo y con una sociedad menos vulnerable que la actual.
- De esta forma, la red de drenaje (natural y antropica) esta recibiendo sin renovarse, los cambios habidos en los usos del suelo.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Conclusiones

- Se trata de una red encajonada en sus tramos medios y finales por la urbanización, estrangulada por una serie de infraestructuras urbanas interceptoras, no mejorada o renovada para afrontar las escorrentías inducidas por las nuevas extensiones urbanas, y presionada por unos caudales más críticos que los originales vinculados a las transformaciones de usos en sus cuencas.
- Además son múltiples las interferencias de las infraestructuras urbanas con la red drenaje que limitan su funcionalidad.
- La funcionalidad y características físicas de los arroyos en su transcurso urbano, muy ajustadas y limitadas, fueron establecidas ya en los años setenta bajo un marco de escasa consideración de los riesgos de inundación.
- Desde entonces apenas se han realizado operaciones de mejora de los puntos críticos de la red de drenaje.
- Esto ha repercutido en que los arroyos no tienen capacidad para evacuar en muchos casos avenidas ordinarias y muchos menos avenidas extraordinarias.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Conclusiones

- El proceso de ocupación de este territorio ha ido desarrollando y consolidando un modelo que ha supuesto la potenciación paulatina del riesgo natural.
- Las intervenciones en cuencas y cauces han tenido un carácter puntual, generándose de forma independiente entre sí, y sin contemplar los posibles efectos acumulativos sobre las avenidas.
- La falta de una definición y consideración unitaria del cauce se produce una fragmentación de hecho del mismo y de sus condiciones funcionales de forma que las distintas intervenciones infraestructurales y transformaciones urbanísticas no garantizan la conservación de su capacidad de evacuación. Entre las situaciones de riesgo más frecuentes se destacan:
 - a) La distorsión de las corrientes propiciada por la sucesión longitudinal de tramos fluviales con distinto tratamiento funcional (a cielo abierto o soterrado, urbanizado o natural).*
 - b) La potenciación de efectos sobre las zonas no defendidas derivada de la ejecución de defensas exclusivamente para una de las márgenes o para un sector de suelo urbanizable.*
 - c) Discrepancias en el diseño y dimensionamiento de los tramos embovedados o a cielo abierto alternos.*



Conclusiones

- Del estudio realizado se desprende que ninguno de los cauces de arroyos canalizados tienen capacidad suficiente para desaguar la avenida de 50 mucho menos de 100 años de periodo de retorno, por lo que se considera.
 - Existe una relación directa entre superficie revestida y volumen máximos esperados.
 - Las inundaciones tienen que ver con una suma de actuaciones a lo largo por lo menos de 40 años.
 - El estudio de la dinámica del medio natural debe considerarse como crítico fundamental en los estudios locales de ordenamiento o planeación.
 - Generalmente el diseño y cálculo de los encauzamientos se viene realizando en hipótesis de avenidas de aguas limpias.
 - Es necesario que los desarrollos urbanos garanticen la continuidad en la capacidad hidráulica de los cauces principales, no debe haber modificaciones puntuales, el canal se debe considerar de manera integral como un solo elemento.



Conclusiones

- Cualquier modificación tiene que estar en función de los diseño par tormentas con alta recurrencia, particularmente en la zona de Toluquilla y Cerro del Cuatro.
- La formación de comités por barrio para mantener en constate alimentación , permite construir en un grupo de alerta ante inundaciones y de apoyo para identificación de puntos críticos.
- Es necesario establecer criterios como cuenca de amortiguamiento.
- Es necesario en ciertos segmentos establecer medidas de puntuales de carácter estructural.
- En conclusión el riesgo por inundaciones súbitas no esta relacionadas con el desconocimiento de la casuística de la ocurrencia que justifique el desconocimiento de la ocurrencia proceso naturales de carácter extremo. O de la falta de previsión ante los cambios originados por el proceso urbano dentro del ciclo hidrológico.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Conclusiones

- Incorporar en el proceso de planificación los condicionantes del medio físico, y en especial los relativos a la red hídrica y sus riesgos naturales.
- Analizar el nivel de respuesta actual de la red de drenaje ante los riesgos de avenidas, identificar los problemas y establecer las soluciones pertinentes, especialmente en cuencas donde se prevean nuevos desarrollos urbanísticos, e incorporar las actuaciones necesarias para conseguir su adaptación a las características y dimensiones de la nueva ciudad.
- Definir un modelo de desarrollo urbano contrastado con la realidad físico-territorial del municipio. El nuevo crecimiento, basado en criterios de sostenibilidad y racionalidad y cuya viabilidad debe quedar asegurada, debe causar los mínimos efectos posibles sobre la red hidrográfica y el ciclo del agua.
- Considerar las repercusiones de este nuevo modelo de crecimiento sobre los cauces fluviales y sus riesgos asociados, incorporando las infraestructuras y medidas de corrección y prevención necesarias.
- Introducir determinaciones para el planeamiento de desarrollo y, específicamente, para los proyectos de urbanización, que garanticen una transformación del medio respetuosa con el dominio público hidráulico y un funcionamiento eficaz de la red de drenaje natural.



Hundimientos

- Los hundimientos son un fenómeno que esta afectando principalmente a las vialidades y cada ves más a viviendas.
- Hasta hora no se había contado con una clasificación de los *hundimientos-socavones*, lo que se considera que debe ser uno de los primeros pasos para poder entender la casuística del fenómeno.
- Aproximación a la clasificación de los hundimientos.
 - *Cuando los hundimientos son menores y afectan únicamente al piso de las calles o la carpeta de rodamiento se les denominan baches.*
 - *Cuando los hundimientos son mayores y muestran un oquedad entre el piso de concreto o de asfalto y la base del terraplén, se denominan socavón.*
 - *Cuando el movimiento del suelo es poco perceptible, pero se refleja en las construcciones ya sea por deformación o por agrietamiento del suelo o de las viviendas se le denomina hundimiento,*
 - *Y cuando estos hundimientos presentan una disposición longitudinal, se les denomina agrietamiento.*



Clasificación de los hundimientos

- Generalmente los socavones se manifiestan en superficie cuando cede el piso del concreto, de asfalto, o adoquín pero, el proceso que ha generado la pérdida del material que sustenta estas superficies ha estado actuando a lo largo de días, incluso semanas y meses.
 - Cuando el hundimiento afecta únicamente la carpeta de rodamiento se le denomina bache,
 - Cuando el hundimiento afecta la base de la carpeta y el subsuelo se le denominan socavón.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



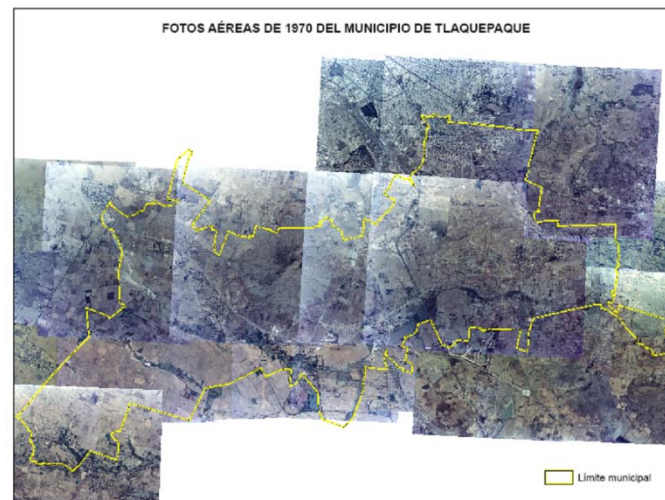
- La clasificación que se propone parte de los factores que están involucrados, esto permite hacer una clasificación a partir de su génesis lo que ayuda a establecer los pesos para cada una de las diferentes variable involucradas.
- De acuerdo con la descripción de los eventos que se han registrado en el municipio, podemos establecer tres grandes grupos:
 - Relacionado con aspectos de carácter natural.
 - Vinculados con aspectos de carácter antrópico.
 - y un tercer grupo que tiene que ver con la combina de los dos factores.
- Los que están asociados con las condiciones naturales se vinculan con el tipo de subsuelo, es decir la naturaleza del material, lacustre (deformable) o pumicítico (poco consolidado), y la relación con el papel erosivo del agua freática, lo que produce el fenómeno conocido como *piping*. En secuencias lacustres se presenta la pérdida de agua en el paquete produce subsidencia y agrietamiento, debido a la pérdida de volumen por extracción de agua, o a cambios debido a la contracción lineal de la secuencia lacustres (arcillas), ya movimientos tipo tipo *creep* de grandes paquetes de arcillas sobre laderas de más de 8 grados de pendiente.
- Los hundimientos que están asociados con la variable antropica esta vinculada con rellenos (diversa naturaleza), y fugas en el sistema de agua potable y drenaje de la ciudad, y en menor media a infraestructura como los *qanats*.
- El tercer grupo en donde se da la combinación de ambos factores; la humedad representa al factor que dispara el proceso de socavación lo que genera asentamientos de la red de agua potable y drenaje hace que se fracture lo que produce fugas de agua, lo que incrementa considerablemente el lavado de los materiales.



Metodología

La metodología utilizada para recuperar las condiciones previas al proceso de relleno, consistió en:

- Consulta de cartografía antigua para el periodo 1850-1912.
- Interpretación y tratamiento del MDT.
- Elaboración de un mapa de aspecto y pendiente.
- Foto identificación de rasgos del mosaico aéreo para 1947.
- Fotointerpretación de la fotografía aérea escala 1: 23,000 a color del INEGI de 1970 y 1971.
- Fotointerpretación de fotografía área en B/N escala 1: 37,000 INEGI de 1987.
- Fotointerpretación del mosaico de google earth para el año 2007.
- Mosaico fotogramétrico de todo el municipio para el año del 2005.
- Recorridos de campo.
- Base de datos de la Unidad Municipal de Protección Civil.

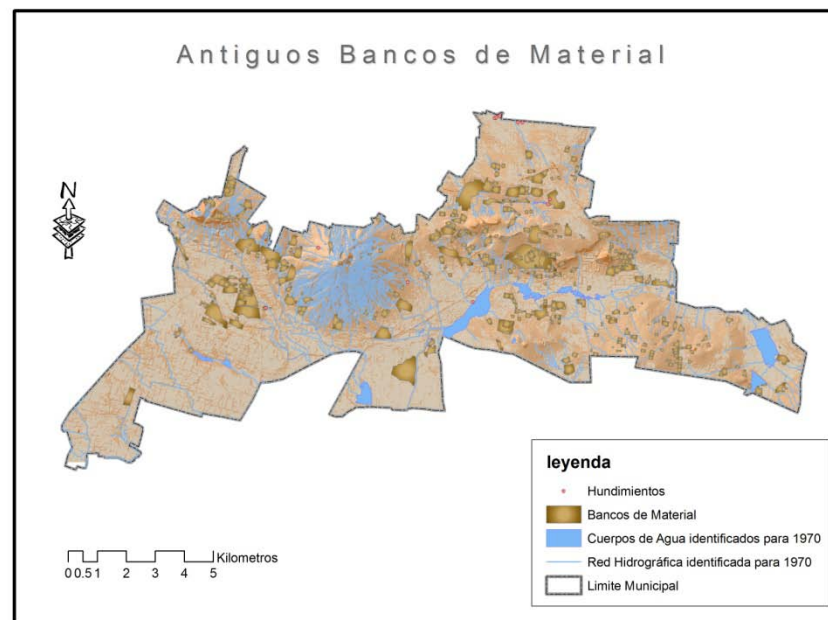


Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Zonas antiguas de bancos de material

- A partir de la fotointerpretación, de trabajos de campo se obtuvo un mapa de los sitios que históricamente han sido bancos de material y que una buen parte de ellos han sido parcial o totalmente rellenados .



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Clasificación de los hundimientos

Los hundimientos se han clasificado a partir de los siguientes criterios:

- **Zonas de relleno:** por el tipo de relleno, la edad
- **Geotécnicos:** condiciones del subsuelo (arcillas).
- **Por fugas del sistema de agua potable y drenaje.**
- **No diferenciados.**

Rellenos con todo tipo de materiales; desde basura hasta escombro.



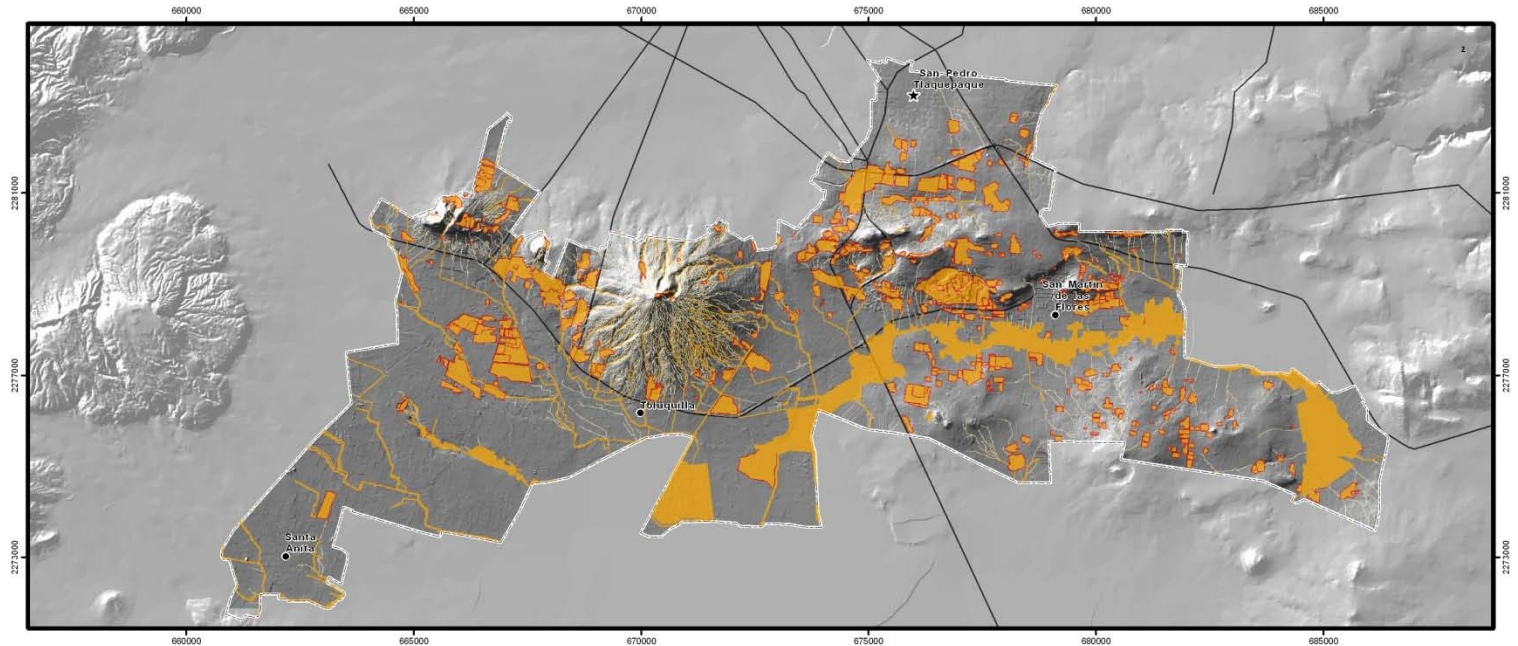
Rellenos que se hacen para levantar el nivel de desplante debido a problemas de inundación.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Zonas susceptibles a hundimientos a nivel Municipal



Elaboró:
Luis Valdivia Ornelas
María del Rocío Castillo Aja
Susana Rentería Pérez
Rodrigo A. Bautista Murillo

Fuente:
Elaboración propia a partir de
Imagen TM Landsat
Modelo Digital de Elevación
Fotointerpretación
Trabajo de campo
Diciembre 2008

Susceptibilidad a Hundimientos

Actualización del Atlas de Riesgo en el Municipio de Tlaquepaque

Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
Universidad de Guadalajara

SIMBOLOGÍA

Nivel

- Medio
- Alto
- Muy alto
- Limite municipal

- ★ Cabecera municipal
- Delegación
- Vialidad principal

Proyección: UTM
Zona: 13H
Elipsoide: WGS 84
Datum: WGS 84



Desprendimiento y caída

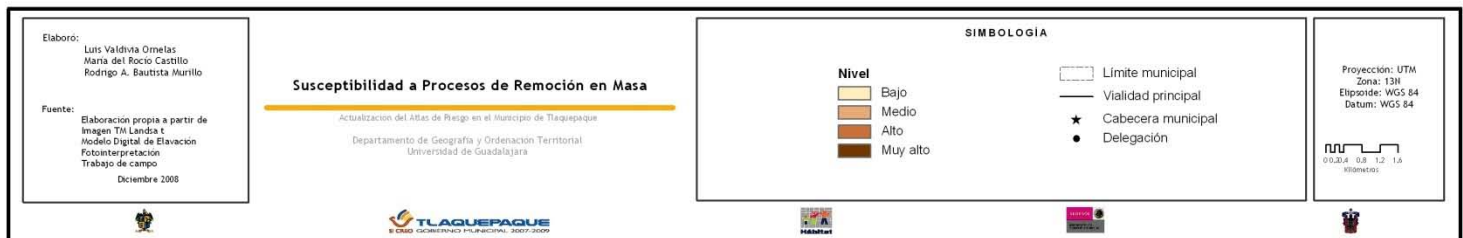
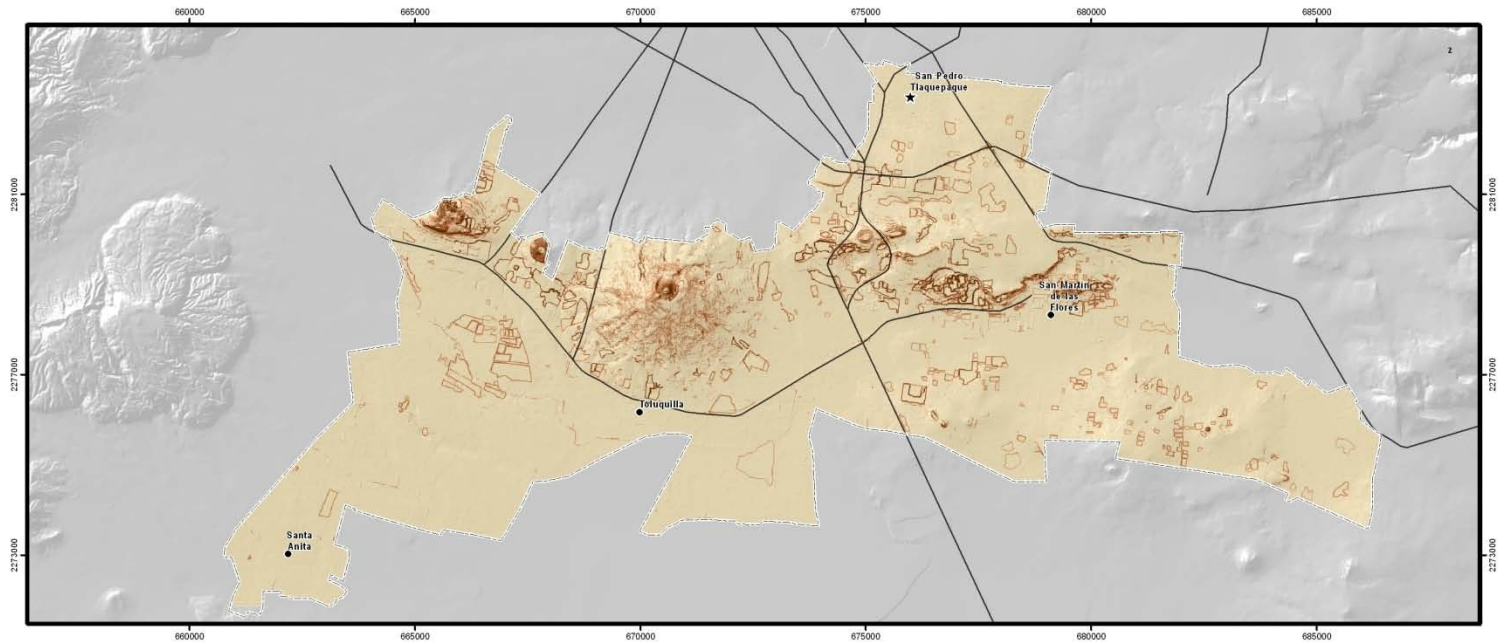
- Para el mapa de susceptibilidad a los desprendimiento y caída se discretizo el territorio del punto de vista geotécnico en donde se incluye datos como:
 - Tipo de roca.
 - Condiciones de fracturamiento.
 - Disposición de los planos.
 - Valor de la pendiente.
 - Presencia de humedad.
 - Datos históricos.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Proceso de remoción en General



Flujo de detritus

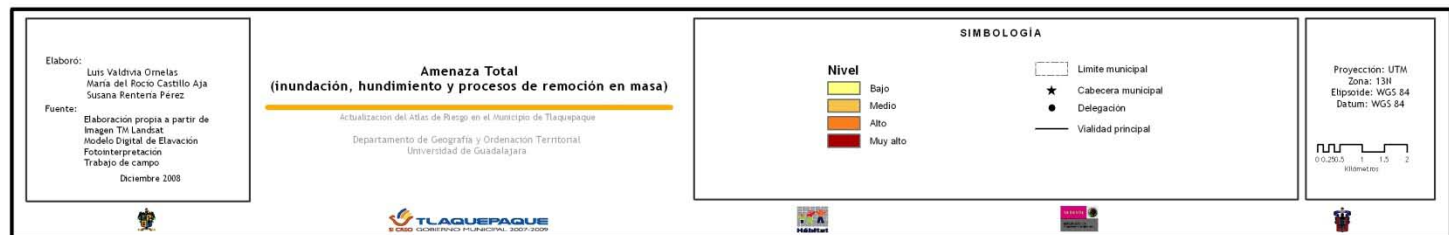
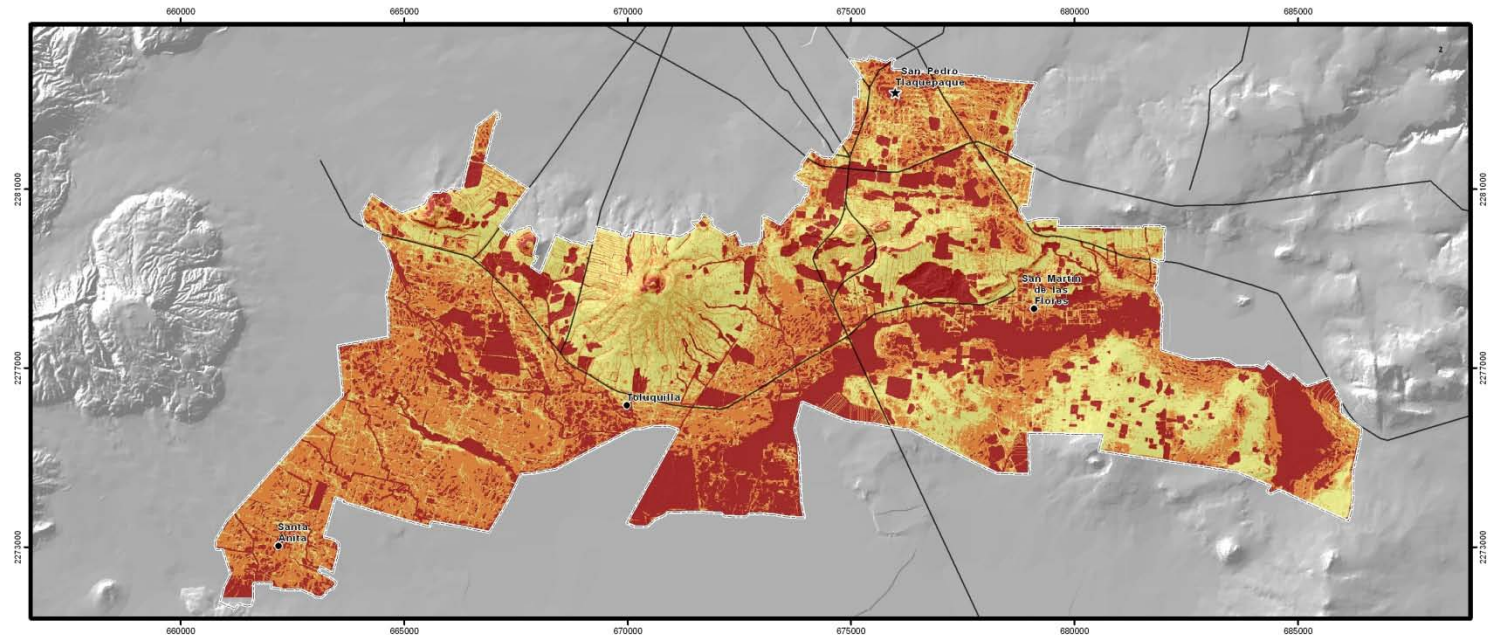
- Por las condiciones topográficas de la ladera del Cerro del Cuatro combinado con la precariedad de la urbanización, y ser una zona en donde históricamente se han registros eventos extremos de precipitación, las laderas del Cerro del Cuatro es altamente propensa a generar flujos densos denominados de *detritus* antro-po-naturales, los cuales pueden ocasionar severos impactos por la velocidad que alcanzan y la capacidad de colapsar construcciones.



Actualización del
Atlas de Riesgos Naturales
del municipio de
Tlaquepaque



Mapa de peligrosidad general a nivel Municipal



Conclusiones Generales

- Los estudios de los riesgos naturales parte de establecer los niveles de susceptible, exposición, resiliencia y vulnerabilidad del territorio a partir de un conjunto de variables, con el objeto de discretizar el territorio en zonas con riesgo, bajo, medio y alto.
- Los estudios de susceptibilidad se apoya con información de carácter histórico, con el objeto de calibrar el modelo, y así poder entender territorialmente la presencia espacio-temporal de las amenazas y poder cuantificar su magnitud.
- En zonas urbanas por la naturaleza de los impactos y la dinámica del crecimiento, se considera necesario de forma permanente actualizar la base de datos a través de información que genera las diferentes dependencia responsables de controlar el crecimiento urbano, con objeto de tener mapas lo más posible cercano a la realidad.
- Se considera una actualización general del estudio cada tres años con el objeto de incorporar zonas nuevas de urbanización y evaluar los impactos en los sistemas naturales que se haya generado para poder actualizar el modelo de riesgo.
- También se considera necesario que se apliquen estudios especiales de riesgos para los planes parciales y áreas con problema crónicos ya que necesitan un nivel fino de trabajo.

Bibliografía

- Atlas de Peligros Naturales (Versión de SEDESOL). 1996. Dirección de Gestión de Riesgos, SEDESOL.
- Barros Juan Fernando, Luz Eliana Vallejo 2007. *Metodologías para Evaluación de las Condiciones de las Corrientes Urbanas*. Rev. EIA, 1794-1237 Núm. 7 p, 75-86. Escuela de Ingeniería, Medellín, Colombia.
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas estatales y Municipales de Peligro y Riesgo 2006. Cenapred-Sistema Nacional de Seguridad Civil. Secretaria de Gobernación. México.
- MET-ALARN, INETER-COSUDE 2005. Inundaciones Fluviales. Nicaragua.
- Metodología para la elaboración de los Atlas de Riesgos (con índices de vulnerabilidad) 2006. Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del territorio. SEDESOL .
- Requejo Liberal Juan, Sánchez Biec, José Manuel. 2007. *El papel territorial de la red de drenaje, experiencias obtenidas tras las inundaciones en Rincón de Victoria Alicante*. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Valdivia Ornelas Luis María del Rocio Castillo Aja, 2000, *Las Regiones Geomorfológicas del Estado de Jalisco, Geocalli*, año 2, Núm. 3. Ed. Universidad de Guadalajara.
- Valdivia Ornelas Luis y María del Rocio Castillo Aja , 2007. *Amenaza por agrietamiento en el Valle de Tesistán*. Geocalli, Año 8, Núm. 16. Ed. Universidad de Guadalajara.

