



**MÉXICO**  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA  
DE RÍOS

PROGRAMAS CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS POR  
ORGANISMOS DE CUENCA Y PARA LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL  
PAÍS (ETAPA 1)  
SGT-GASIR-DF-15-OP-01-RF-AD-CC

PROGRAMA CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS PARA  
LA ZONA URBANA DE URUAPAN, MICHOACÁN DE OCAMPO.  
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA IV, BALSAS



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la  
Zona Urbana de Uruapan, Michoacán de Ocampo

Región Hidrológico-Administrativa IV, Balsas

## Contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Gestión integrada de crecidas .....	3
2.1	La perspectiva a largo plazo .....	4
2.2	Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas .....	4
2.3	Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....	8
2.4	Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil.....	10
2.5	Instituciones involucradas en la gestión de crecidas .....	12
2.5.1	Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos .....	14
3.	Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables .....	19
3.1	Identificación de zonas potencialmente inundables.....	20
3.2	Socioeconómica.....	21
3.3	Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....	21
3.1.1	Subcuencas de aportación .....	22
3.1.2	Relieve.....	23
3.1.3	Uso de suelo .....	24
3.1.4	Edafología.....	26
3.1.5	Precipitación .....	28
3.1.6	Escurrimientos .....	33
3.4	Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación .....	34
3.5	Descripción de inundaciones históricas relevantes .....	37
3.6	Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes	39
3.7	Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación.....	40
4	Diagnóstico de las zonas inundables.....	42
4.1	Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas .....	42
4.2	Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana .....	43
4.3	Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes.....	44
4.4	Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas ....	45

4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones .....	46
4.6	Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....	49
5	Evaluación de riesgos de inundación .....	51
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema .....	51
5.1.1	Cálculo de la precipitación media de diseño.....	51
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas .....	55
5.1.3	Modelo lluvia-escurrimiento .....	56
5.1.4	Resultados.....	58
5.2	Modelo hidráulico .....	60
5.2.1	Condiciones de frontera.....	60
5.2.2	Procesamiento del modelo digital de elevaciones .....	61
5.2.3	Infraestructura.....	63
5.3	Simulación en las condiciones actuales .....	63
5.4	Resultados.....	66
5.5	Análisis de los resultados .....	72
5.6	Elaboración del mapa de severidad.....	82
6	Esquema de seguimiento de la ejecución del programa.....	89
6.1	Programas de ejecución de medidas no estructurales.....	90
6.2	Programas de ejecución de medidas estructurales.....	91
	GLOSARIO .....	92
	REFERENCIAS.....	98



## Lista de figuras

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas.....	4
Figura 3.1 Ubicación de la zona de estudio .....	19
Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables.....	20
Figura 3.3 Zona urbana de Uruapan .....	21
Figura 3.4 Subcuencas de aportación .....	22
Figura 3.5 Relieve.....	24
Figura 3.6 Uso de suelo.....	25
Figura 3.7 Edafología.....	27
Figura 3.8 Estaciones climatológicas.....	29
Figura 3.9 Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 16164 “Uruapan SMN” .....	30
Figura 3.10 Precipitación media mensual en la estación climatológica 16164 “Uruapan SMN” .....	31
Figura 3.11 Precipitación media mensual de las estaciones climatológicas de la zona urbana de Uruapan.....	31
Figura 3.12 Estaciones climatológicas en la zona urbana de Uruapan .....	32
Figura 3.13 EMA’s.....	33
Figura 3.14 Ríos principales y estación hidrométrica .....	35
Figura 3.15 Variación del número de escurrimiento por subcuenca.....	37
Figura 3.16 Zonas inundables de la ciudad de Uruapan identificadas en la visita de campo .....	39
Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas.....	43
Figura 4.2 Grados de marginación en la zona urbana de Uruapan, Michoacán .....	48
Figura 5.1 Interfaz del programa VELL elaborado por el CENAPRED .....	54
Figura 5.2 Hietograma adimensional para distribución de la precipitación de diseño .....	56
Figura 5.3 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.....	57
Figura 5.4 Hidrogramas de Entrada 1 (subcuencas 1 y 2) .....	58
Figura 5.5 Hidrogramas de Entrada 2 (subcuenca 3) .....	58
Figura 5.6 Hidrogramas de Entrada 3 (subcuenca 4) .....	59

Figura 5.7 Hidrogramas de Entrada 4 (subcuenca 5) .....	59
Figura 5.8 Vectores que delimitan el ancho de los ríos .....	62
Figura 5.9 Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del río Cupatitzio .....	62
Figura 5.10 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Uruapan..	64
Figura 5.11 Esquema del modelo hidráulico .....	66
Figura 5.12 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años .....	67
Figura 5.13 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años .....	67
Figura 5.14 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años .....	68
Figura 5.15 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años .....	68
Figura 5.16 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años .....	69
Figura 5.17 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años .....	69
Figura 5.18 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años .....	70
Figura 5.19 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años .....	70
Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años .....	71
Figura 5.21 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años .....	71
Figura 5.22 Zonas de inundación en la zona centro de Uruapan (TR= 100 años).....	72
Figura 5.23 Fotografía de pequeños embalses en el trayecto del río Cupatitzio .....	73
Figura 5.24 Zonas de inundación en la zona sur sobre el río Cupatitzio, calles (TR= 100 años) .....	73
Figura 5.25 Zonas de inundación en la zona sur sobre el río Cupatitzio, satélite (TR= 100 años) .....	74
Figura 5.26 Zonas de inundación en la zona del aeropuerto, calles (TR= 100 años) .....	75
Figura 5.27 Zonas de inundación en la zona del aeropuerto, satélite (TR= 100 años) ....	75
Figura 5.28 Zonas pantanosas en el aeropuerto de Uruapan .....	76



Figura 5.29 Zonas de mayor inundación en Uruapan (TR= 100 años).....	77
Figura 5.30 Zonas de mayor inundación en Uruapan (TR= 100 años).....	77
Figura 5.31 Zonas de mayor inundación en Uruapan y planta de tratamiento (TR= 100 años) .....	78
Figura 5.32 Inundación en colonia La Laguna, calle Fresno (TR= 100 años) .....	79
Figura 5.33 Inundación en la colonia Los Lagos, calle Lago de Sayula (TR= 100 años) ...	79
Figura 5.34 Inundación frente a la colonia Villa Victoria (TR= 100 años).....	80
Figura 5.35 Sección del río San Antonio con máximas profundidades (Tr=100 años).....	80
Figura 5.36 Evolución de los tirantes en una sección del río San Antonio (Tr=2 y 100 años) .....	81
Figura 5.37 Mapa de Tirantes máximos (Tr= 100 años).....	82
Figura 5.38 Diagrama de Dórrigo .....	83
Figura 5.39 Código de colores para elaborar mapas de severidades.....	83
Figura 5.40 Envoltente de tirantes máximos .....	84
Figura 5.41 Envoltente de velocidades máximas .....	84
Figura 5.42 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.....	85
Figura 5.43 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.....	86
Figura 5.44 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.....	86
Figura 5.45 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.....	87
Figura 5.46 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.....	87
Figura 5.47 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.....	88
Figura 6.1 Esquema de seguimiento de medidas.....	89
Figura 6.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales .....	90
Figura 6.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural.....	91

## Lista de tablas

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas.....	7
Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Michoacán .....	11
Tabla 2.3 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas .....	14
Tabla 3.1 Subcuencas.....	23
Tabla 3.2 Uso de suelo.....	25
Tabla 3.3 Edafología.....	27
Tabla 3.4 Estaciones climatológicas .....	29
Tabla 3.5 Estaciones hidrométricas.....	34
Tabla 3.6 Descripción de los cuatro grupos de suelo .....	36
Tabla 3.7 Valores del número de escurrimiento $N$ por subcuenca .....	36
Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (superficie, en km <sup>2</sup> por estación) .....	42
Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio .....	42
Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEb, 2010 .....	46
Tabla 4.4 Complemento del IMU.....	47
Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Uruapan, Michoacán.....	49
Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas con más de 20 años completos, en la República Mexicana.....	53
Tabla 5.2 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	55
Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n” de acuerdo con el uso del suelo.....	65
Tabla 5.4 Profundidades máximas alcanzadas en la zona de mayor inundación sobre el río San Antonio.....	81

## 1. Introducción

México está expuesto cotidianamente a episodios hidrometeorológicos severos, como huracanes, ciclones y precipitaciones intensas que, si bien contribuyen de manera positiva a incrementar el almacenamiento de agua de las presas y lagos, también provocan estragos en la población, la infraestructura, los servicios y los sistemas de producción.

El mayor impacto histórico y la propensión futura a inundaciones se concentra en 17 entidades federativas, que acumulan el 62% de la población nacional, entre las que se encuentran el Estado de México, el Distrito Federal, Veracruz, Tabasco y Chiapas (PNH, 2014-2018). No obstante, las inundaciones no se presentan sólo en las áreas con precipitaciones abundantes: también ocurren en zonas bajas, áreas urbanas e incluso en zonas áridas.

En la actualidad, la atención a inundaciones carece de acciones efectivas como la alerta oportuna sobre riesgos por fenómenos hidrometeorológicos extremos, el desarrollo de planes de prevención, la construcción de obras de protección, el mantenimiento de la infraestructura, y la coordinación interinstitucional, entre las más relevantes, lo que acentúa la vulnerabilidad de las poblaciones que habitan en condiciones de precariedad.

Dadas las condiciones actuales y con el fin de atender anticipadamente los impactos de la ocurrencia de estos eventos para minimizar los daños provocados por las inundaciones, en enero del 2013 el presidente de la república instruyó la puesta en marcha del Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH) para proteger a la población, a sus bienes y a zonas productivas. En una primera etapa, la Conagua procedió a la formulación de programas de medidas de prevención y mitigación contra inundaciones para cada organismo de cuenca con una visión integral dentro de la Gestión Integrada de Crecidas (GIC). Bajo este mismo enfoque, este tercer año de actividades del Programa, el interés se centra en la atención a las zonas urbanas del país, en programas que contemplan la ejecución de acciones medioambientales, de planeación urbana, prevención, alerta temprana y protocolos de emergencia, elementos y estrategias necesarias para evitar la pérdida de vidas humanas ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos severos.

En este documento se presenta el *Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la Zona Urbana de Uruapan, Estado de Michoacán de Ocampo*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa IV, Balsas. Contiene la caracterización de la zona urbana, considerando los aspectos económicos, sociales y ambientales, el diagnóstico de la problemática existente, y un análisis de riesgo en el que se encuentra la población y zonas productivas.



## 2. Gestión integrada de crecidas

La necesidad de mitigar los efectos de las inundaciones fue planteada desde el 2002 en el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible –celebrada en Sudáfrica<sup>1</sup>– en la que la comunidad internacional se comprometió a adoptar un enfoque integrado e integrador para hacer frente a la gestión de riesgos y a la vulnerabilidad, incluidas la prevención, la atenuación, la preparación, la respuesta y la recuperación.

Posteriormente, en Hyogo, Japón<sup>2</sup> (2005) se definió un Marco de Acción con objetivos estratégicos hacia una integración más eficaz de las consideraciones sobre los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible, en los que la prevención, la atenuación, la preparación y la reducción de la vulnerabilidad son nuevamente elementos centrales, al igual que la creación y el fortalecimiento de instituciones, de mecanismos y de capacidad a todos los niveles.

A últimas fechas, el marco de acción para la reducción de desastres post 2015 resultante de la Conferencia de Sendai, Japón<sup>3</sup> (2015) incorpora el compromiso para la reducción sustantiva de la mortalidad y una disminución de los damnificados y pérdidas económicas por desastres para el año 2030, así como un descenso de los daños de infraestructura crítica y servicios básicos, entre ellos la salud y la educación.

En materia de inundaciones, sigue siendo vigente el documento conceptual “Gestión Integrada de Crecidas” (GIC), No. 1047 en su edición 2009 que junto con el Programa Asociado de Gestión de crecidas (WMO – GWP), plantea que el problema de la gestión de inundaciones en forma aislada resulta necesariamente en un enfoque limitado y poco sistemático. Por ello, la GIC procura cambiar el paradigma del enfoque fragmentado tradicional y fomenta la utilización eficiente de los recursos de la cuenca fluvial como un todo, empleando estrategias para mantener o aumentar la productividad de las llanuras de inundación, al tiempo que se adoptan medidas de protección contra las pérdidas causadas por las inundaciones.

En ambos se contempla un enfoque participativo abierto, transparente, integrador y comunicativo, que alienta la participación de usuarios, los encargados de la planificación y las instancias normativas en todos los niveles. Un esfuerzo de este tipo requiere de la descentralización del proceso de la toma de decisiones y abarca amplias consultas con la población así como la participación de las partes interesadas en las actividades de planificación y aplicación.



1 Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2002.

2 Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, 2005.

3 Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015.

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas

## 2.1 La perspectiva a largo plazo

Diversas estimaciones coinciden en prever, hacia finales del siglo XXI, incrementos de la temperatura a nivel mundial de dos a cuatro grados centígrados. Entre los escenarios generados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se espera que dicho aumento en la temperatura impacte de manera significativa el ciclo hidrológico, generando mayor variabilidad en patrones tradicionales de precipitación, humedad del suelo y escurrimiento –entre otras afectaciones– lo que dificultará la actividad de otros sectores económicos que dependen de la disponibilidad de los recursos hídricos, como la producción alimentaria, generación de energía y conservación ambiental, además del suministro de agua potable y saneamiento. Por tanto, los desastres, tanto en número como en sus consecuencias previsiblemente se incrementarán como resultado del cambio climático (Conagua, 2012).

Para encarar esta problemática, es indispensable entonces desarrollar estrategias de prevención y adaptación que consideren el agua como un eje toral en un enfoque multisectorial.

En el análisis de los desastres, se encuentra que los daños estimados como porcentajes del PIB son significativamente mayores en países subdesarrollados, lo que puede acentuarse de continuar la tendencia global a la concentración de la población en localidades urbanas. Al gestionar los actuales riesgos de las inundaciones y al planificar el futuro, se debe encontrar un equilibrio entre enfoques de sentido común, que minimizan los impactos mediante una mejor gestión urbana y el mantenimiento de la infraestructura para la mitigación de las inundaciones y enfoques con visión de futuro que anticipen y defiendan contra las futuras amenazas de inundaciones construyendo nueva infraestructura o redefiniendo radicalmente el entorno urbano.

La toma de decisiones sobre la priorización apropiada de los esfuerzos de gestión de las inundaciones requiere de una comprensión de los riesgos por inundación presentes y futuros (K, Jha, A. et al. 2012).

Como el riesgo de inundaciones evoluciona con el tiempo, los diseñadores de políticas públicas también deben explorar cómo las decisiones se modifican a la luz del clima cambiante. Así, los procesos de toma de decisiones deben incorporar información sobre los modelos utilizados para proyectar el cambio climático a distintas escalas y se deberá comprender las incertidumbres relacionadas con estos resultados.

## 2.2 Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas

El Documento del Programa Nacional Hídrico (PNH) 2013-2018 responde a la problemática actual y a la visión de largo plazo con la definición de seis objetivos orientados para avanzar en la solución de los desafíos identificados y en el logro de la sustentabilidad y la seguridad hídrica:

Objetivo 1. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua

Objetivo 2. Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones

Objetivo 3. Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

Objetivo 4. Incrementar las capacidades técnicas, científicas y tecnológicas del sector.

Objetivo 5. Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras de manera sustentable.

Objetivo 6. Consolidar la participación de México en el contexto internacional en materia de agua.

Particularmente los dos primeros contemplan estrategias y acciones que preparan a la sociedad mexicana a fin de que pueda afrontar en mejores condiciones los posibles efectos del cambio climático, tanto en aquellas zonas donde existe la probabilidad de disminución de los regímenes pluviales como en aquellas donde se pueden intensificar los patrones de lluvia y provocar inundaciones catastróficas.

En esta visión, la GIC interviene de manera importante, promoviendo un enfoque integrado de gestión de los recursos suelo y agua de una cuenca fluvial en el marco de la GIRH, y tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y reducir al mínimo las pérdidas de vidas y de infraestructura causadas por los desastres derivados de las inundaciones.

Los elementos rectores de la GIC son:

- Gestión del ciclo hidrológico en su conjunto.
- Gestión integrada de la tierra y de los recursos hídricos.
- Gestión integrada de riesgos.
- Adopción de la mejor combinación de estrategias.
- Garantía de un enfoque participativo.

Los dos primeros elementos pueden agruparse en un solo concepto, *Gestión de la cuenca hidrológica*, en este elemento se propone tomar en cuenta lo siguiente:

- Dimensionar las crecidas (pequeñas, medianas e importantes).
- Identificar aspectos positivos de las crecidas. Es decir, usar las llanuras de inundación en la agricultura, acuicultura, recarga de acuíferos, etc.
- Gestionar todo tipo de crecidas y no sólo las que llegan a un nivel máximo para la aplicación de medidas de protección.
- Identificar zonas que se puedan sacrificar para almacenar agua con el fin de proteger áreas críticas.
- Gestionar crecidas en las ciudades, en donde se considere el suministro de agua potable, aguas residuales y el vertido residual, así como la evacuación de los escurrimientos superficiales.
- Considerar en los programas para inundaciones urbanas el control tanto de la cantidad de agua proveniente de las tormentas como la contaminación de las mismas.

El tercer elemento, **Gestión integrada de riesgos**, ofrece alternativas para evitar que un peligro se transforme en desastre. La gestión de riesgos de crecidas consiste en una serie de medidas sistemáticas para un periodo de preparación, respuesta y recuperación y debe formar parte de la GIRH. Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico. Los resultados de este proceso continuo de gestión de riesgos pueden ser divididos en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando o reduciendo sus causas como la exposición o el grado de vulnerabilidad. Las estrategias son tendientes a evitar que los desastres se produzcan.
- Medidas de preparación, hacen referencia a las actividades que tienen por objeto alistar a la sociedad y a sus instituciones para responder adecuadamente ante la eventualidad de que se presente un fenómeno capaz de desencadenar un desastre. Su objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de la población y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta o atención de la emergencia, comprende la movilización social e institucional necesaria para salvar vidas y bienes una vez que el fenómeno ya se ha presentado. Incluye la recuperación de la comunidad después del desastre, con tareas de reconstrucción.

Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico y se centran principalmente en reducir la vulnerabilidad.

El cuarto elemento, ***Adopción de la mejor combinación de estrategias***, propone para la selección de estrategias o combinación de estrategias, considerar tres factores correlacionados: el clima, las características de la cuenca y las condiciones socioeconómicas de la zona (Tabla 2.1).



Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas

Estrategia	Opciones
Reducir las inundaciones	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenación de cuencas
Reducir la vulnerabilidad a los daños	Mejoras a los canales
	Regulación de las planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y reaprovechamiento
	Diseño y ubicación de las instalaciones
	Normas para viviendas y construcciones
	Protección de elementos situados en zona inundable
Atenuar los efectos de las inundaciones	Predicción y alerta de crecidas
	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	Seguro contra inundaciones
	Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundación

Fuente: Documento OMM-N°1047

El quinto elemento, *Garantía de un enfoque participativo*, recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- La población debe participar en todos los niveles de la toma de decisiones.
- Se debe alentar la participación de usuarios y responsables de la planificación y las instancias normativas de todos los niveles, bajo el siguiente enfoque:
  - Abierto, transparente, integrador y comunicativo.
  - Descentralización del proceso de la toma de decisiones y debe incluir la realización de amplias consultas con la población.
  - Colaboración de representantes de todos los ámbitos afectados, de las diferentes áreas geográficas de la cuenca fluvial (aguas arriba y aguas abajo).
- Definir objetivos y responsabilidades de todos los actores involucrados en la gestión de crecidas.
- Transformar las alertas en medidas preventivas.
- Participantes de todos los sectores, especializados en diversas disciplinas, deben colaborar en el proceso y llevar a cabo las tareas necesarias para apoyar la aplicación de los planes de atenuación de los efectos de los desastres y de la gestión de los mismos: con un enfoque de abajo-hacia arriba y de arriba-hacia abajo.
- Definir las fronteras geográficas y límites funcionales de todas las instituciones involucradas en la gestión de crecidas.
- Promover la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales y administrativas.

Bajo este contexto se formulan los Programas Contra Contingencias Hidráulicas para Zonas Urbanas, con el objetivo de plantear medidas preventivas tendientes a disminuir los daños provocados por las inundaciones en la ciudad. El ámbito urbano constituye la unidad de planeación en la que se evalúa el riesgo para identificar zonas potencialmente inundables, se propone el uso adecuado de llanuras de inundación, se evalúa y se consideran las mejores medidas para disminuir los daños (prevaleciendo acciones no estructurales por encima de las estructurales), se incluyen a todos los actores

involucrados en la gestión de las crecidas, definiendo fronteras geográficas y límites funcionales para evitar traslape de tareas antes, durante y después de que ocurra la inundación.

No obstante, para la aplicación efectiva del concepto de GIC en el ámbito urbano, es necesario disponer de un entorno propicio en términos de política, legislación e información; una clara definición de los papeles y las funciones institucionales; e instrumentos de gestión que permitan proceder de forma eficaz a la formulación de normas, seguimiento y cumplimiento de las leyes<sup>4</sup>.

### **2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos**

En estado de emergencia por desastres naturales, los Gobiernos pueden verse obligados a utilizar fondos que habían sido previamente destinados a proyectos fundamentales de desarrollo económico, y esto, en el largo plazo, puede impactar negativamente el proceso de desarrollo y crecimiento económico de los países.

Los Gobiernos son cada vez más conscientes que el riesgo fiscal derivado de desastres naturales no puede seguir siendo ignorado. México se encuentra en la vanguardia de iniciativas encaminadas al desarrollo de un marco integral en gestión del riesgo de desastres, incluyendo el uso efectivo de mecanismos de financiamiento del riesgo y aseguramiento para manejar el riesgo fiscal derivado de los desastres. El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) fue establecido por el Gobierno Federal de México en el marco de su estrategia de gestión integral del riesgo con el propósito de apoyar actividades de emergencia, recuperación y reconstrucción después de la ocurrencia de un desastre.

El FONDEN fue originalmente creado como un programa dentro del Ramo 23 del Presupuesto de Egresos de la Federación de 1996, y se hizo operacional en 1999 cuando se emitieron sus primeras Reglas de Operación. Los recursos del FONDEN originalmente se destinaban únicamente a la realización de actividades ex post de rehabilitación y reconstrucción de (i) infraestructura pública de los tres órdenes de gobierno - federal, estatal y municipal; (ii) vivienda de la población de bajos ingresos; y (iii) ciertos elementos del medio ambiente, tales como selvas, áreas naturales protegidas, ríos, y lagunas.

En la actualidad, el FONDEN está compuesto por dos instrumentos presupuestarios complementarios: el Programa FONDEN para la Reconstrucción y el Programa Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), y sus respectivos fideicomisos. El instrumento original, y aún el más importante del FONDEN es el Programa FONDEN para la Reconstrucción. Sin embargo, en reconocimiento de la necesidad de promover el manejo proactivo del riesgo, el gobierno de México comenzó, a inicios de los años 2000, a asignar recursos específicamente destinados a actividades preventivas. Aunque los recursos para la prevención siguen siendo significativamente menores que para la reconstrucción, el gobierno Mexicano continúa dirigiendo esfuerzos a la transición de un enfoque del financiamiento del riesgo post-desastre a la gestión del riesgo financiero previo a la ocurrencia del desastre. La ejecución de los recursos financieros de los 2 instrumentos del FONDEN (de reconstrucción y de prevención) se realiza a través del Fideicomiso FONDEN y del Fideicomiso Preventivo (FIPREDEN), cuya institución fiduciaria en ambos casos es BANOBRAS, un banco de desarrollo del Gobierno de México.

---

<sup>4</sup> Gestión Integrada de Crecidas: Documento Conceptual, Organización Meteorológica Mundial, 2009

El proceso para acceder y ejecutar los recursos del programa FONDEN para la Reconstrucción permite un equilibrio entre la necesidad del desembolso inmediato de los fondos ante la ocurrencia de un desastre y aspectos de rendición de cuentas y de transparencia. La Secretaría de Gobernación (SEGOB) es la instancia responsable del procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN y de la emisión de las declaratorias de desastre natural. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la instancia responsable de los recursos del FONDEN.

El FONDEN cuenta con un Sistema electrónico y automatizado en línea que utiliza tecnología e información de punta en el proceso de acceso a los recursos, tales como la captura en una plataforma de información geográfica de fotografías geo-referenciadas de todos los activos públicos afectados y que serán sujetos de apoyo para asegurar la eficacia y exactitud del proceso de evaluación y cuantificación de los daños sufridos por un determinado desastre natural. SEGOB revisa en el Sistema en línea que las solicitudes de recursos señalen de manera detallada las acciones que se llevarán a cabo así como el costo requerido para la reparación de la infraestructura y viviendas dañadas.

Consecutivamente, SEGOB remite el expediente a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y le solicita convoque a sesión del comité técnico del fideicomiso FONDEN para que éste autorice los recursos los cuales quedan etiquetados en el Fideicomiso FONDEN en una subcuenta específica por cada programa de reconstrucción. Los recursos son transferidos por BANOBRAS (en su carácter de institución fiduciaria) de estas subcuentas a las empresas proveedoras de servicios de reconstrucción, previa presentación de las facturas de avance de la ejecución de las obras. Los recursos del FONDEN financian 100% los costos de reconstrucción de activos federales y 50 por ciento de los activos locales.

A través de la estrecha colaboración existente entre la Secretaría de Gobernación y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el FONDEN ha podido establecer una sólida relación entre sus áreas técnicas y financieras en el manejo de desastres naturales.

Por otro lado, el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) actúa como el área técnica enfocada en la reducción del riesgo y trabaja estrechamente con el FONDEN, el vehículo financiero para la administración de desastres.

El procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN es el siguiente:

- a) El titular del Ejecutivo de la Entidad Federativa solicita opinión sobre el desastre natural a la Instancia Técnica Facultada (ITF).
- b) La ITF realiza el dictamen.
- c) De resultar positivo se instala el Comité de Evaluación de Daños.
- d) Por subcomités se evalúan daños.
- e) Se solicitan apoyos parciales inmediatos.
- f) Se solicita la declaratoria de Desastre Natural.
- g) Se presenta ante la SEGOB y la SHCP la evaluación de daños.
- h) Se emite la declaratoria de Desastre Natural.
- i) Los subcomités de evaluación de daños presentan documentación, fotografías, carga en el sistema web de evidencias, se elabora una división de obras y se firman anexos.
- j) El servidor público facultado solicita ante la unidad política federal los anticipos.
- k) Se notifica a las Entidades Federativas la autorización de recursos.

- l) Se elabora el programa de obras y acciones calendarizado y se realiza el seguimiento de obras.

## **2.4 Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil**

La ley vigente de Protección Civil del Estado de Michoacán fue publicada en el periódico oficial del estado, el 28 de diciembre del 2011. La presente Ley tiene por objeto ordenar las acciones de protección civil y prevención de riesgos en el ámbito del Estado, sin perjuicio de lo que disponga la normativa federal.

A través de la política del Estado en materia de protección civil, se busca identificar, localizar y analizar los distintos riesgos en el Estado, para la evaluación de sus consecuencias y de la vulnerabilidad del territorio y de la población ante cada riesgo contemplado; implementar medidas de prevención frente a cada riesgo que reduzcan o eliminen la posibilidad de que se produzcan daños; promover entre los distintos colectivos la autoprotección de forma tal que la población sea capaz de prever y prevenir cualquier suceso no deseable que pueda causar daños a personas y bienes, y de actuar en caso de que se produzca para neutralizarlo, reducir sus consecuencias y facilitar la evacuación; planificar la respuesta en caso de producirse daños a personas y bienes, estableciendo planes de emergencia que contemplen la estructura jerárquica y funcional que permita la actuación coordinada de los distintos servicios llamados a intervenir en el siniestro; intervenir sobre las causas del siniestro de forma que se limite su extensión y se reduzcan sus efectos; restablecer servicios esenciales y propiciar programas de recuperación para las zonas afectadas por los siniestros; preparar personal de los servicios de intervención; e informar y formar ciudadanos que pueden resultar afectados por las situaciones de emergencia (Tabla 2.2).

Los Planes de Protección Civil constituyen el instrumento organizativo general, mediante el que se ordena la respuesta a situaciones de grave riesgo colectivo, emergencia, catástrofe o calamidad pública y se establecen los mecanismos para la movilización, coordinación y dirección de los recursos humanos y materiales necesarios para la protección de las personas, los bienes y el medio ambiente ante dichas situaciones. La prevención de riesgos tiene como objetivo primordial evitar y reducir desastres así como aminorar el impacto de los mismos, formulación y ejecución de programas, planes y proyectos relacionados con desastres referentes a su prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación.

Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Michoacán

Lo que incluye	Lo que omite
Declaratoria de emergencia	Clasificación de riesgos
Establece PC nivel estatal	Desastres tecnológicos
Establece PC nivel municipal	Transfiere la primera responsabilidad al municipio
Promotor de estudios e investigaciones	Declaración estado de alerta
Promueve cultura de PC	Declaratoria de desastre
Coordina apoyos externos nacionales e internacionales	Declaratoria de desastre natural
Reconoce grupos voluntarios	Publicación de declaratoria de emergencia
Registro de grupos voluntarios	Publicación de declaratoria de desastre
Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal	Declaratoria de fin de emergencia
Promueve difusión de programas de PC	Coordina apoyos externos nacionales e internacionales
Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E	Coordinación con otras entidades
Financiamiento institucional	Promueve capacitación en PC
Catálogo de recursos humanos	Promueve realización de simulacros
Coordinar sistemas de comunicación	Solicitud declaratoria de desastre ante Gobernación
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Establece existencia de albergues
Fondo estatal o municipal para la atención de desastres	Integración Atlas de Riesgo nivel municipal
Declaratoria de emergencia	Actualizar el Atlas de Riesgos
Establece PC nivel estatal	Requisa
Establece PC nivel municipal	Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E
Promotor de estudios e investigaciones	Puede recibir donaciones
Promueve cultura de PC	Evaluación expost
Coordina apoyos externos nacionales e internacionales	Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares
Reconoce grupos voluntarios	Apoyos para reubicación
Registro de grupos voluntarios	Programas especiales de PC
Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal	Promueve cultura de prevención
Promueve difusión de programas de PC	Elaboración de peritajes de causalidad
Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E	Declaración de área de protección
Financiamiento institucional	Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC
Catálogo de recursos humanos	CONAGUA forma parte del consejo estatal
Coordinar sistemas de comunicación	Otras leyes que toquen temas de PC
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Posibilidad creación órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia
Fondo estatal o municipal para la atención de desastres	Programa de premios y estímulos de PC
	Edad mínima para director de PC
	Rutas de evacuación para discapacitados
	Las universidades son parte de PC
	Centro de operaciones móvil
	Policía ecológica
	Constancia de factibilidad PC para nuevos asentamientos
	Promueve lugares para construcción de viviendas seguras
	PC coordina al H. Cuerpo de Bomberos
	Establecimiento de centros de acopio
	Cuotas por servicios de PC
	Estudios para definir albergues en el estado
	Contratación de seguros contra desastres
	Invitación a los medios de comunicación a las sesiones del consejo estatal
	Carta de corresponsabilidad
	Requisitos de medidas de evacuación

Lo que incluye	Lo que omite
	Centros regionales permanentes de PC
	Vigila destino final de desechos sólidos
	Autoridad para decidir ubicación de un refugio temporal
	Declaratoria de zonas de riesgo, para reubicación

Fuente: Manual para el control de inundaciones, Conagua, febrero de 2011

## 2.5 Instituciones involucradas en la gestión de crecidas

En el Gobierno Federal, la Secretaría de Gobernación y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales son las agencias gubernamentales directamente responsables en la administración y atención de crecidas e inundaciones, a través de la Dirección General de Protección Civil y la Comisión Nacional del Agua, respectivamente, ambas agencias tienen su contraparte en los Estados de la República, además para el caso de la Comisión Nacional del Agua existente 13 regiones hidrológico-administrativas.

Otras de las principales dependencias involucradas son: Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Marina, Secretaría de Seguridad Pública, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Turismo, Cruz Roja, entre otros.

Es importante mencionar que el 5 de abril de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones, el cual señala en el ARTICULO PRIMERO, que se crea con carácter permanente, que tiene por objeto la coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en sus tres niveles, relativas al análisis de riesgos y la implementación de medidas de prevención y mitigación de fenómenos meteorológicos extraordinarios y los efectos que éstos generan, tales como sequías e inundaciones.

Como puede verse a través de esta Comisión el Gobierno Federal pretende lograr que todas las Secretarías involucradas, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Nacional del Agua trabajen de forma coordinada entre ellas y con los gobiernos estatales y municipales, en beneficio de la población. A continuación, se muestran los tres niveles de gobierno involucrados, así como las instituciones internacionales:

### Internacionales

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde su creación, la OMM ha participado de forma excepcional e importante en la seguridad y el bienestar de la humanidad. En el marco de los programas de la OMM y bajo su dirección, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales contribuyen sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social de todos los sectores de la sociedad en esferas como la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y el transporte. Además, fomenta la colaboración entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y favorece la aplicación de la meteorología a los servicios meteorológicos para el público, la agricultura, la aviación, la navegación, el medio ambiente, las cuestiones relacionadas con el agua y la atenuación de los efectos de los desastres naturales.

La Asociación Mundial del Agua [Asociación Mundial del Agua (GWP)] es una red internacional abierta a todas las organizaciones que tienen que ver con la gestión de los recursos hídricos. Fue creada en 1996 con el objetivo de promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

El Programa Asociado de Gestión de Inundaciones, que se conoce por su sigla en inglés APFM, es una iniciativa conjunta de la Organización Meteorológica Mundial y la Asociación Mundial del Agua [Global Water Partnership (GWP)]. El Programa promueve el concepto de gestión integrada de inundaciones, nuevo enfoque en materia de gestión de crecidas. Cuenta con respaldo financiero de los gobiernos de Japón y los Países Bajos.

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, reconoció que la gestión adecuada de los peligros relacionados con el agua es un factor esencial para el desarrollo humano y socioeconómico sustentable, y en particular para la atenuación de la pobreza (Gutiérrez López Alfonso, Revista Agua y Saneamiento, ANEAS, año 11, número 43, abril, mayo y junio de 2012, México). La iniciativa internacional, comprende la gestión de riesgos y las emergencias, análisis de riesgos múltiples; bases de datos para evaluar el riesgo; modelación hidrológica, hidráulica y económica; cartografía de riesgos por inundaciones; medidas estructurales y no estructurales; la gobernabilidad y participación, reformas institucionales, pronósticos y alerta anticipada y sistemas de alerta, comunicación efectiva, vigilancia y respuesta a las alertas.

El Centro Internacional para la Gestión de los Desastres y Riesgos relacionados con el Agua (ICHARM), auspiciado por la UNESCO, fue creado en 2006. El ICHARM se encarga de los desastres relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías, que son los mayores desafíos que se necesita superar para garantizar un desarrollo humano sostenible y la reducción de la pobreza.

### **Federales**

- Corresponde al Ejecutivo Federal en materia de protección civil, por conducto de la Secretaría de Gobernación, a través de la Coordinadora Nacional de Protección Civil.
- Comité Científico asesor sobre el Fenómeno Perturbador de carácter Hidrometeorológico, integrado por personal de la UNAM, CFE, CONAGUA, IMTA, U. de Guadalajara, SNEAM, CENAPRED.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público para efectos de transferir a los estados los recursos económicos con el objeto de afrontar los riesgos en materia de gestión integral de inundaciones.
- El Congreso de la Unión (Cámara de diputados y Cámara de Senadores)
- Secretaría de la Función Pública, hasta en tanto no se publique en el Diario Oficial de la Federación la Comisión Anticorrupción.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### **Estatales**

- El Ejecutivo Estatal (Gobernador) o también llamado mandatario estatal.
- Protección civil estatal

- El Jefe de Gobierno, en el caso del Distrito Federal, así como los Jefes Delegacionales, en el ámbito de competencia de cada uno.
- Las áreas de protección civil del Distrito Federal, así como de sus delegaciones.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### Municipales

- El Presidente Municipal
- El Cabildo
- Protección civil municipal
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### 2.5.1 Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.

En la tabla siguiente se presentan las atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos en el orden federal.

Tabla 2.3 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	5FXXIV,XXVII	Fracción XXIV, coordinar a las diversas dependencias y entidades que, por sus funciones, deban participar en las labores de auxilio, en caso de desastres o emergencias. Fracción XXVII, coordinar las acciones de Seguridad Nacional y establecer políticas de Protección Civil. Reglamento Interior D.O.F. 2/04/2013.
Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)	28FXXXVI,38FVII	Reglamento Interior.- DOF.- 17-10-2011.- Artículo 28 fracción XXXVI. Proponer directivas orientadas a la prevención y control de desastres en asuntos de su competencia. - Artículo 38 fracción VII. Planear, dirigir y coordinar el trabajo de ingenieros en beneficio de la Secretaría y de la población civil, en casos de desastres y demás necesidades públicas.
Secretaría de Marina (SEMAR)	16FX,2FX	Reglamento Interior: DOF.-31-12-2012.- Artículo 16 fracción X.- Corresponde a la Dirección General de Investigación y Desarrollo.- Obtener procesar y difundir información meteorológica y de fenómenos oceánicos y atmosféricos, coordinando lo que proceda con el Servicio Meteorológico Nacional. Ley Orgánica de la Armada de México. DOF 31/12/2012.- Artículo 2 fracción X.- El de realizar actividades de investigación científica, oceanográfica, meteorológica, biológica y de los recursos humanos, actuando por sí sólo o en coordinación con otras instituciones nacionales o extranjeras, o en coordinación con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 30 fracción XXI.- Participar y llevar a cabo las acciones que le corresponda dentro del marco del Sistema Nacional de Protección Civil para la prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población en situaciones de desastre.



Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Gobernación.- Comisionado nacional de seguridad.	38FI	Reglamento Interior.- DOF 2-04-2013.- Artículo 38 fracción i.- Proponer al Secretario las Políticas, programas y acciones tendientes a garantizar la seguridad pública de la Nación y de sus habitantes, así como coordinar y supervisar su ejecución e informar sobre sus resultados. Reglamento del Servicio de Protección Federal.-DOF 9/112/2008.- Facultades del Comisionado.- Artículo 10 fracción VIII.- Apoyar la participación de las instituciones públicas federales en la implementación de programas de vigilancia y custodia, protección civil y prevención del delito, en los términos de las disposiciones aplicables.
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	6FIV, 31FI	Reglamento interior. Artículo 6 fracción IV.- Coordinar, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Social en el ámbito de su competencia, el otorgamiento de las autorizaciones de acciones e inversiones convenidas con los gobiernos locales y municipales tratándose de planeación nacional y regional. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 31 fracción XVI.- Normar, autorizar y evaluar los programas de inversión pública de la Administración Pública Federal.
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	18 FI	Fracción I. Realizar la planeación necesaria para configurar estrategias, programas, proyectos y acciones para el desarrollo social.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	31FXI, XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 32 BIS fracción XI.- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten las Secretarías públicas sociales y privadas, resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica . Fracción XXI.- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales.- Artículo 9 inciso a).- Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.
Secretaría de Economía (SE)	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes.- Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	36FII XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 36 fracción II.- Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos; conducir la administración de los servicios federales de comunicación eléctricas y electrónicas y su enlace con los servicios similares públicos concesionados, con los servicios privados de teléfono, telégrafos e inalámbricos y con los estatales y extranjeros, así como del servicio público de procesamiento remoto de datos. Fracción XXI.- Construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y controles de autotransporte federal.
Secretaría de Educación Pública (SEP)	38FXXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 38 fracción XXI.- Conservar, proteger y mantener los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos que conforman el patrimonio cultural de la Nación, atendiendo las disposiciones legales en la materia.- Referencia normativa.- Artículo 2.- Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas: El de utilidad pública, la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.
Secretaría de Salud (SS)	39fi	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 39 fracción I.- Establecer y conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general, con excepción de lo relativo al saneamiento del ambiente; y coordinar los programas de servicios a la salud de la Administración Pública Federal, así como los agrupamientos por funciones y programas a fines, en su caso, se determinen.
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)	41 fi INCISO A Y B	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 41 fracción I.- Impulsar en coordinación con las entidades estatales y municipales, la planeación y el ordenamiento del territorio nacional para su máximo aprovechamiento, con la formulación de políticas que armonicen: inciso a).- El crecimiento o surgimiento de asentamientos humanos y centros de población, inciso b).- la planeación habitacional y del desarrollo de viviendas.
Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal (CJEF)	43FII	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 43 fracción II.- Someter a consideración y, en su caso, firma del Presidente de la República todos los proyectos de iniciativa de leyes y decretos que se presenten al Congreso de la Unión o a una de sus cámaras, así como a la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, y darle opinión sobre dichos proyectos.
Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT)	2FII	Decreto de creación: Promover la adquisición y enajenación de suelo y reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda en coordinación con otras dependencias y entidades federales, con los gobiernos de los estados con la participación de sus municipios, y del Distrito Federal, así como en concertación con los sectores social y privado particularmente con los núcleos agrarios.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	14 BIS 2FVII	Ley de Aguas Nacionales.- Atribuciones.- Artículo 14 BIS 3 fracción VII.- Realizar por sí o a solicitud estudios y brindar consultorías especializadas en materia de hidráulica, hidrología, control de calidad del agua, de gestión integrada de los recursos hídricos.
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	10FII	Estatuto Orgánico: El de atender los aspectos técnicos operativos relacionados con la generación, transmisión, transformación, control y distribución de energía eléctrica.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR - CICESE)	5FXXI	Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	2, 251FI	Ley del IMSS. DOF.- 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adicionales y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	4FII,23FVI	Ley del ISSSTE.-DOF.-28-05-2012.- Artículo 4 fracción II, inciso d).- Préstamos personales extraordinarios para damnificados por desastres naturales.- Estatuto Orgánico artículo 23 fracción VI.- El de resolver bajo su inmediata directa responsabilidad los asuntos urgentes del instituto, a reserva de informar a la Junta sobre las acciones y los resultados obtenidos.
Distribuidora de Conasupo (DICONSA)	2.1	Reglas de Operación, el de contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales. 2.2. Abastecer localidades rurales de alta y muy alta marginación con productos, en forma eficaz y oportuna.
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	109FI	El de investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables.
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	4FII	Estatuto Orgánico de Petróleos Mexicanos, el de emitir a propuesta del Comité correspondiente las políticas y lineamientos en materia de, inciso f).- Programar y proyectos, contratación de terceros experto independiente, prelación entre los proyectos de gran magnitud alta prioridad y otros proyectos relevantes, así como los criterios para definir los casos y la etapa de la fase de los proyectos y programas de inversión de los organismos subsidiarios que deberán ser aprobados por el Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.
Desarrollo Integral de la Familia (DIF)	4FXXV	Estatuto Orgánico: Promover la atención y coordinación de las acciones de los distintos sectores sociales que actúen en beneficio de aquellos, en el ámbito de su competencia, en casos de desastres como inundaciones, terremotos, derrumbes, explosiones, incendios, y otros de naturaleza similar por los que se causen daños a la población, el organismo, sin perjuicio de las atribuciones que en auxilio de los damnificados lleve a cabo otras dependencias y entidades.
Universidad Autónoma de México (UNAM)	1	La Universidad Nacional Autónoma es una corporación pública-organismo descentralizado del estado - dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Cruz Roja Mexicana	2.8	Decreto presidencial del 21 de febrero de 1910, en su estatuto, artículo 2 inciso 8) el de proponer a mejorar la salud, prevenir las enfermedades y aliviar los sufrimientos espirituales y corporales, desarrollando al efecto toda acción humanitaria tendiente a estos fines, de acuerdo con sus posibilidades, las leyes y demás disposiciones legales vigentes en el país. La Cruz Roja debe considerar como auxiliar de los poderes públicos, la conformidad con el Convenio de Ginebra del 6 de julio de 1908, con el decreto firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el 21 de febrero de 1910.
Bomberos	3FVI	Señala que por auxilio se entenderá a las acciones destinadas primordialmente a salvaguardar la vida de las personas, sus bienes y la planta productiva y a preservar los servicios públicos y el medio ambiente, ante la presencia de un agente destructivo, en donde los agentes destructivos son los fenómenos de carácter hidrometeorológico que puede producir riego, emergencias o desastres. Para efectos de la presente Ley que nos ocupa, los cuerpos de seguridad pública en los Estados de la República Mexicana, por lo general son: Policía Preventiva Estatal, Protección civil y Bomberos, ya que estos están adheridos al Sistema Nacional de Protección Civil, independientemente de su normatividad que los rijan en sus estados.

A nivel estatal, la ley de Protección Civil atribuye funciones específicas a los actores gubernamentales, sociales y privados de este orden de gobierno que conforman el Sistema Estatal de Protección Civil. Sin embargo, existen igualmente otras instancias que por su función coadyuvan a las acciones de las autoridades de protección civil. En este sentido, las Comisiones Estatal de Agua en su calidad de organismos públicos descentralizados de la administración pública estatal coadyuvan a las autoridades federales y municipales, durante emergencias que se susciten en los sistemas de agua potable, drenaje, desalojo de aguas residuales y pluviales bajo su administración.

A nivel municipal, la misma ley de Protección civil distribuye funciones específicas y coordinadas en la materia. Los reglamentos de Protección Civil municipal especifican la integración del Sistema Municipal de Protección Civil (el Presidente Municipal, el Consejo Municipal, la Dirección General, las Unidades Internas de los sectores público, social y privado, y los Grupos Voluntarios), y distribuyen funciones a cada uno de ellos.

### 3. Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables

El municipio de Uruapan se localiza al centro nororiente del estado de Michoacán a los 101° 56' 13" y 102° 23' 37" al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos 19° 11' 03" y 19° 37' 37" de latitud norte, a una altura de 1,650 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Colinda al norte con los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen; al este con los municipios de Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan; al sur con los municipios de Gabriel Zamora y Parácuaro; y al oeste con los municipios de Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Tancitaro y Los Reyes. Es el segundo municipio más poblado del estado y su cabecera es la ciudad de Uruapan del Progreso.

Todo el territorio del municipio con excepción de su extremo más occidental, forma parte de la Cuenca del río Tepalcatepec-Infiernillo y el extremo oeste a la Cuenca del río Tepalcatepec, ambas forman parte de la Región hidrológica Balsas.

Su distancia a la capital del Estado de Michoacán, Morelia, es de 100 kilómetros. Su superficie es de 761 km<sup>2</sup> y representa el 1.46 por ciento del total del Estado.

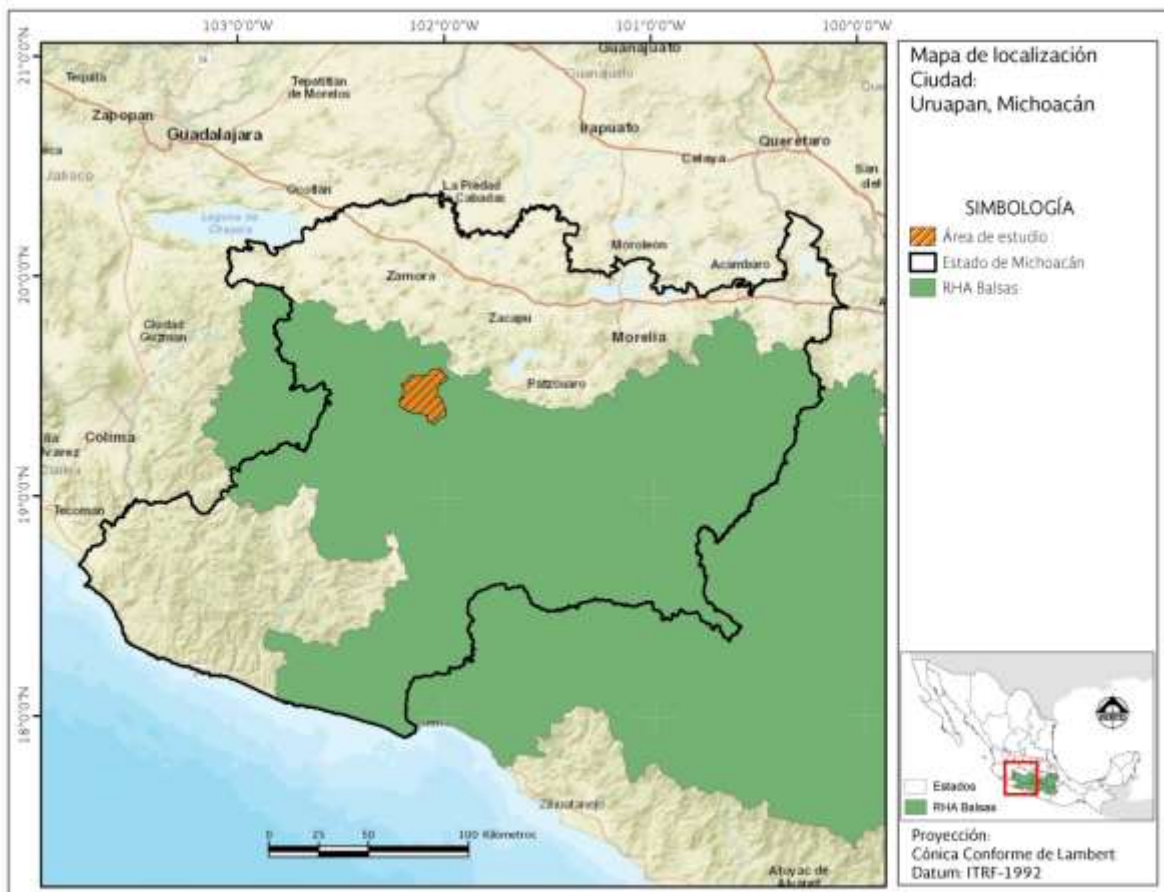


Figura 3.1 Ubicación de la zona de estudio

### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

De acuerdo al Mapa Nacional de Índice de Inundación<sup>5</sup> en la zona urbana de Uruapan, la cual incluye las localidades de Capácuaro, Santa Rosa (Santa Bárbara), Nuevo San Juan Parangaricutiriro, Caltzontzin, Toreo Bajo y San Lorenzo, se presenta una zona potencialmente inundable en la parte sureste de la localidad (Figura 3.2).

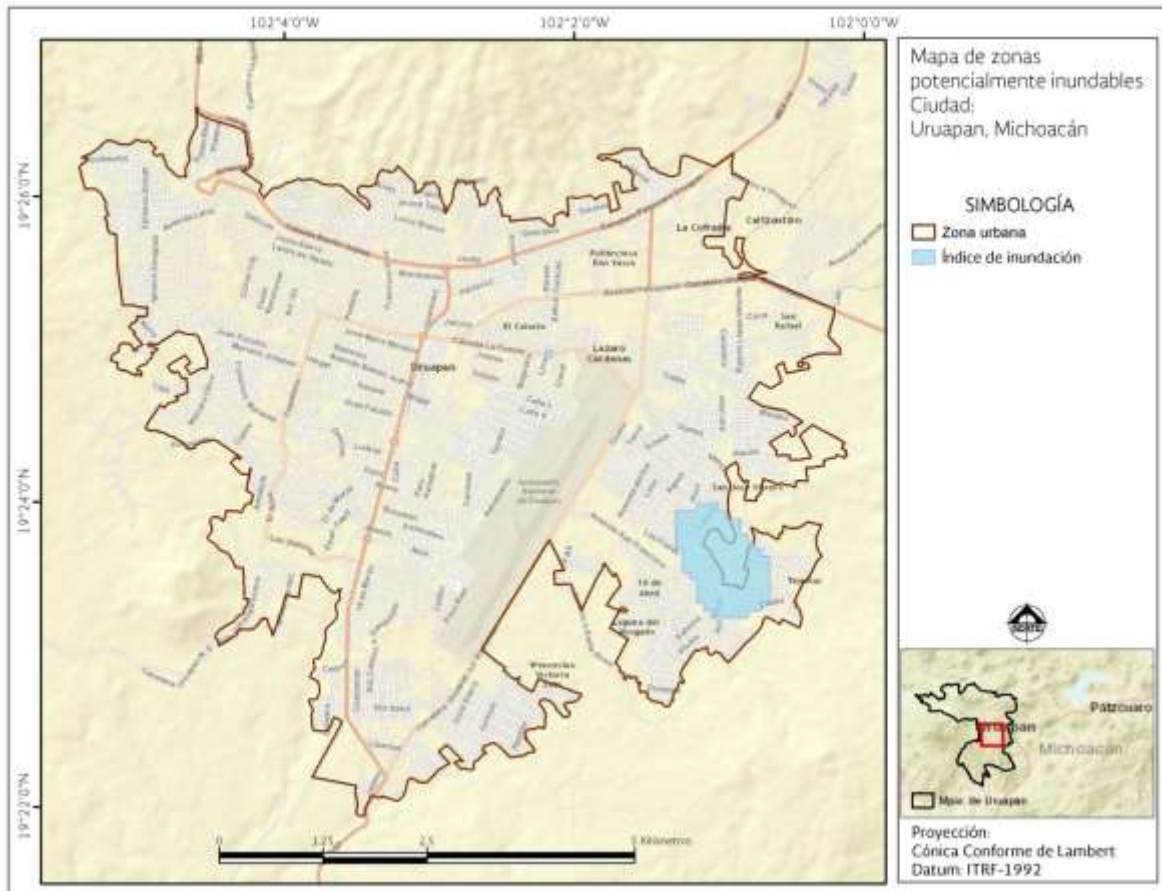


Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables

El mapa es una primera aproximación para caracterizar el potencial de inundación y se construyó a partir del cálculo del Índice Topográfico, definido como el cociente entre la acumulación de flujo (área de drenaje parcial “aguas arriba” para un punto en particular) y la tangente de la pendiente<sup>6</sup>. Su aplicación principal consiste en la identificación de humedales, definidos como zonas perennes o efímeramente saturadas o inundadas. Los valores altos del índice corresponden a regiones propensas a inundación, el índice constituye un elemento poderoso y simple para la determinación de dichas regiones.

<sup>5</sup>Uribe-Alcántara, Edgar Misael, et al, Mapa Nacional de Índice de Inundación. Agroasemex, S. A., Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. I, núm. 2, abril-junio de 2010, pp. 73-85.

<sup>6</sup>Beven, K.J. and Kirkby, M.J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrol. Sci. Bull. Vol. 24, no. 1, 1979, pp. 43-69.

### 3.2 Socioeconómica

Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del estado de Michoacán de Ocampo. Es la cabecera del municipio de Uruapan. De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 264,439 habitantes, de los cuales 28,867 son menores de 5 años y 23,884 mayores de 60. Se contabilizan 9,779 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 8.63 años. La población económicamente activa asciende a 111,092 habitantes, y en materia de salud 97,433 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas (78,201) 3,520 tienen piso de tierra y 60,768 cuentan con servicios.

### 3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

Dentro de las características fisiográficas del municipio de Uruapan se tiene que la cima más alta es El Pico del Águila con una altura de 2,800 m.s.n.m. el cual se encuentra al norte del municipio; el valle más amplio y bajo es donde se asienta la ciudad de Uruapan con una altura de 1,600 m.s.n.m.; el punto más bajo del municipio es en la cañada de la barranca El Picacho con una altura de 1,000 m.s.n.m. al sur del municipio. La zona urbana de Uruapan tiene una extensión de 43.54 km<sup>2</sup>, abarcando una longitud máxima de 10 kilómetros aproximadamente. Su altitud media es de 1,620 m.s.n.m., las altitudes máxima y mínima son de 1,810 y 1,538 m.s.n.m. respectivamente.

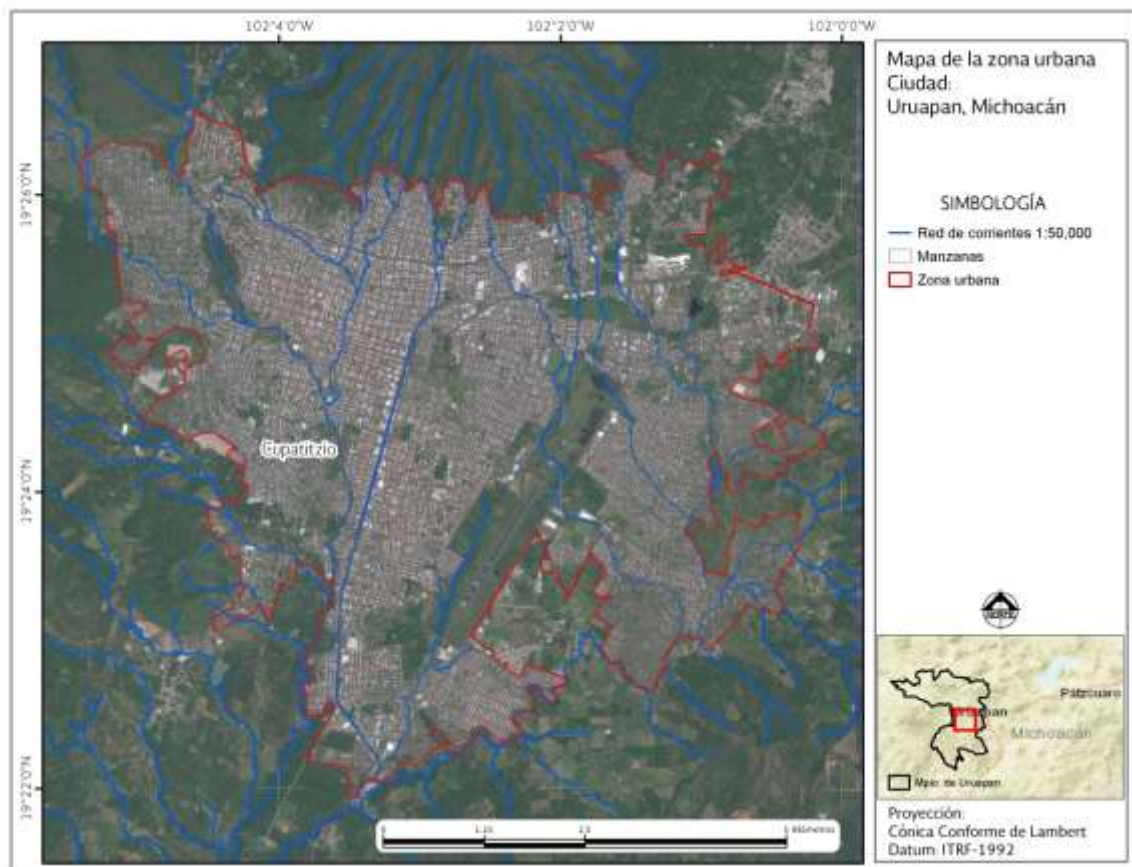


Figura 3.3 Zona urbana de Uruapan

### 3.1.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona urbana de Uruapan, se delimitaron ocho áreas de drenaje natural (subcuencas) hasta la estación hidrométrica 18516 La Tzaráracua, localizada aguas abajo de la zona urbana (Figura 3.4). Las subcuencas 1 a 5 se consideran entradas a la zona urbana, las subcuencas 6 y 7 corresponden al área urbana de Uruapan, y la subcuenca 8 se delimitó para ser considerada en el proceso de calibración del modelo hidrológico. El área total de las subcuencas es de 423.55 km<sup>2</sup>, siendo la subcuenca dos la de mayor área de aportación con 113.37 km<sup>2</sup> (Tabla 3.1).

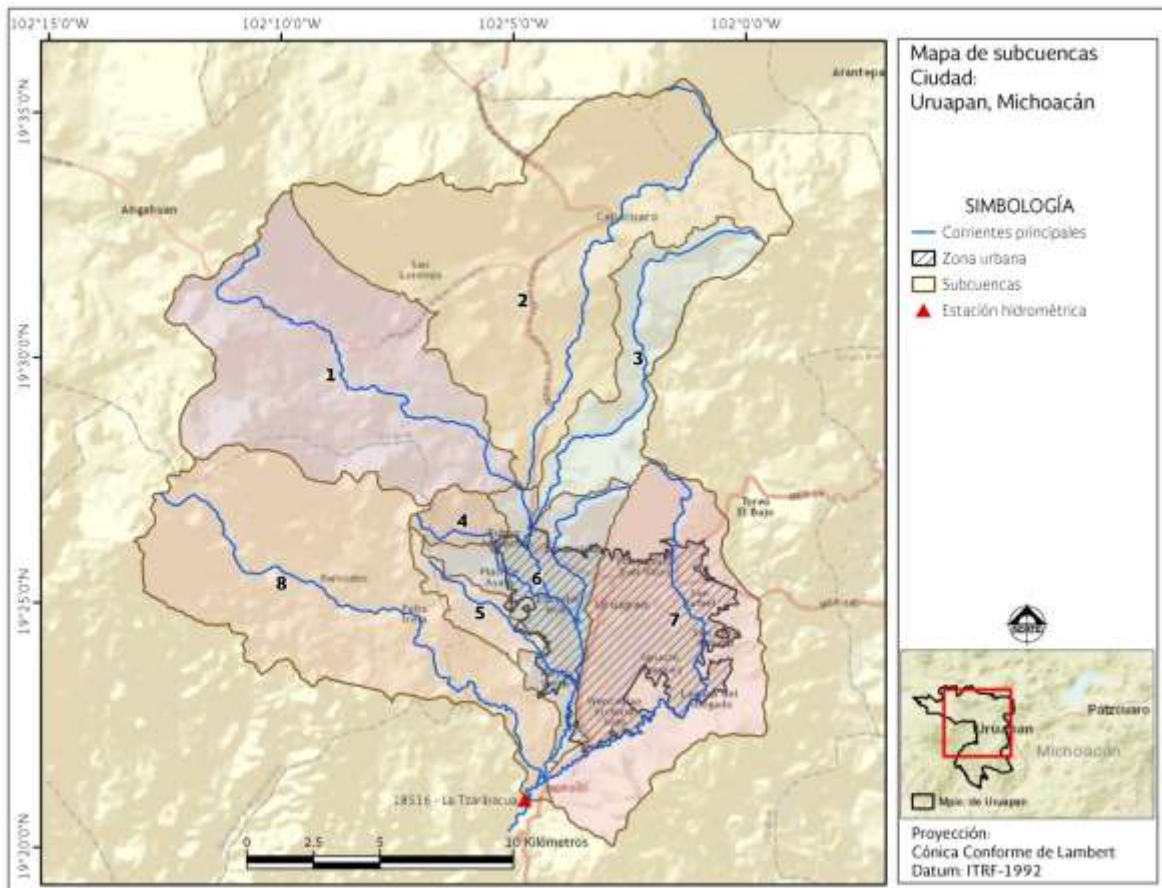


Figura 3.4 Subcuencas de aportación



Tabla 3.1 Subcuencas

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )
1	82.10
2	113.37
3	29.22
4	6.02
5	7.70
6	29.41
7	67.92
8	87.82
<b>TOTAL</b>	<b>423.55</b>

### 3.1.2 Relieve

El municipio de Uruapan se encuentra en el Cinturón Volcánico Transmexicano, el cual colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur; por el oeste llega al Océano Pacífico y por el este al Golfo de México, por lo que su territorio es accidentado y montañoso, destacando los cerros Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena, hacia el oeste, y ya fuera del municipio se encuentra el volcán Pico de Tancitaro, la mayor elevación del estado de Michoacán<sup>7</sup>. La elevación más alta de las subcuencas de aportación es de 3,347 m.s.n.m. mientras que la elevación más baja es de 1,318 m.s.n.m. (Figura 3.5).

---

<sup>7</sup> Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo. Solicitud de autorización del Atlas de Riesgos del Municipio de Uruapan, Michoacán. (113 p.). Recuperado el 26 de octubre de 2015 de: [http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314\\_2.pdf](http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314_2.pdf)

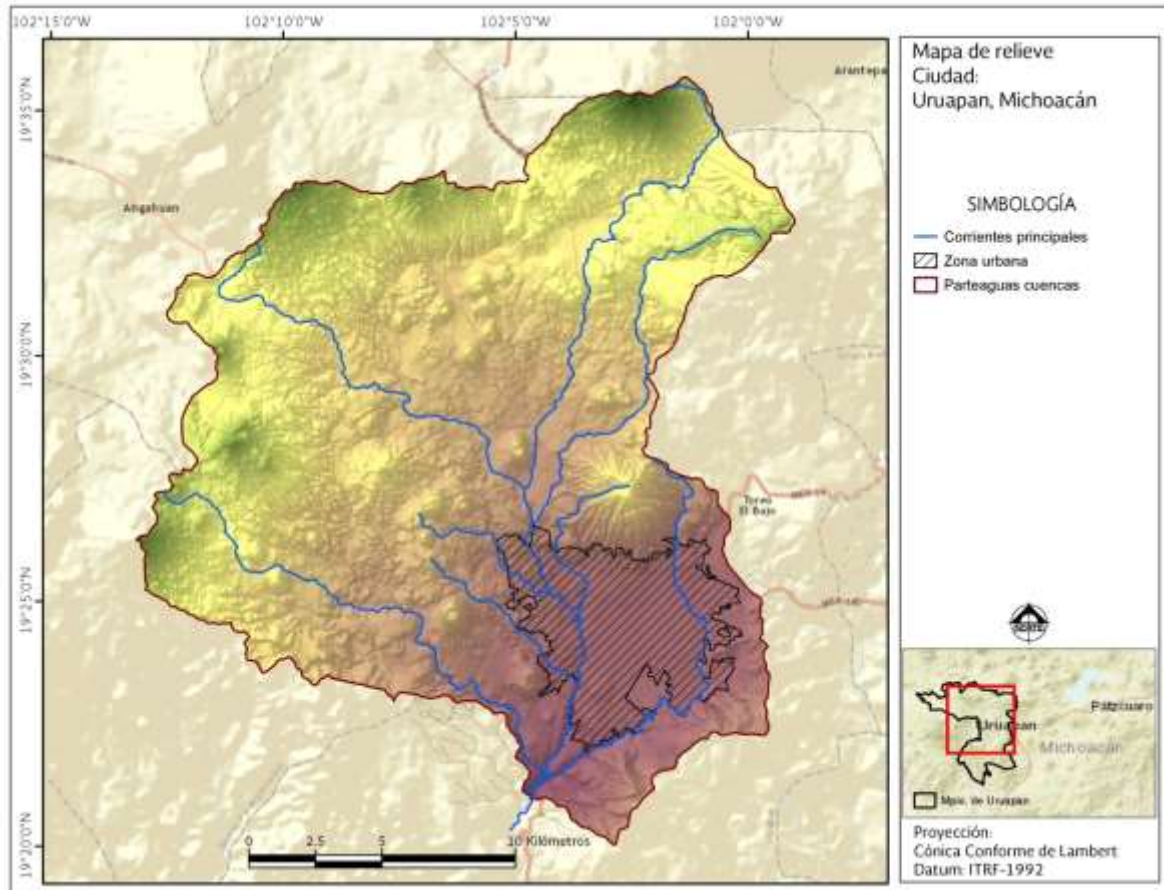


Figura 3.5 Relieve

### 3.1.3 Uso de suelo

A partir de la cartografía del INEGI, se generó el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo, en el cual se observa que en el municipio se presentan seis asociaciones vegetales: bosque de pino, bosque de pino-encino, pastizal inducido, vegetación secundaria arbórea, vegetación secundaria arbustiva y zonas agrícolas.

Dentro de las subcuencas de aportación existen zonas agrícolas en diferentes modalidades que ocupan en conjunto el 40.06% del total del área de drenaje. Enseguida existe el 31.28% de los terrenos ocupados por bosques, en tercer lugar la vegetación secundaria representa el 17.35%, las áreas de asentamientos humanos representan el 9.99% de la superficie total y finalmente en menor proporción el área de pastizal inducido representa el 1.31% aproximadamente. (Figura 3.6 y tabla 3.2).

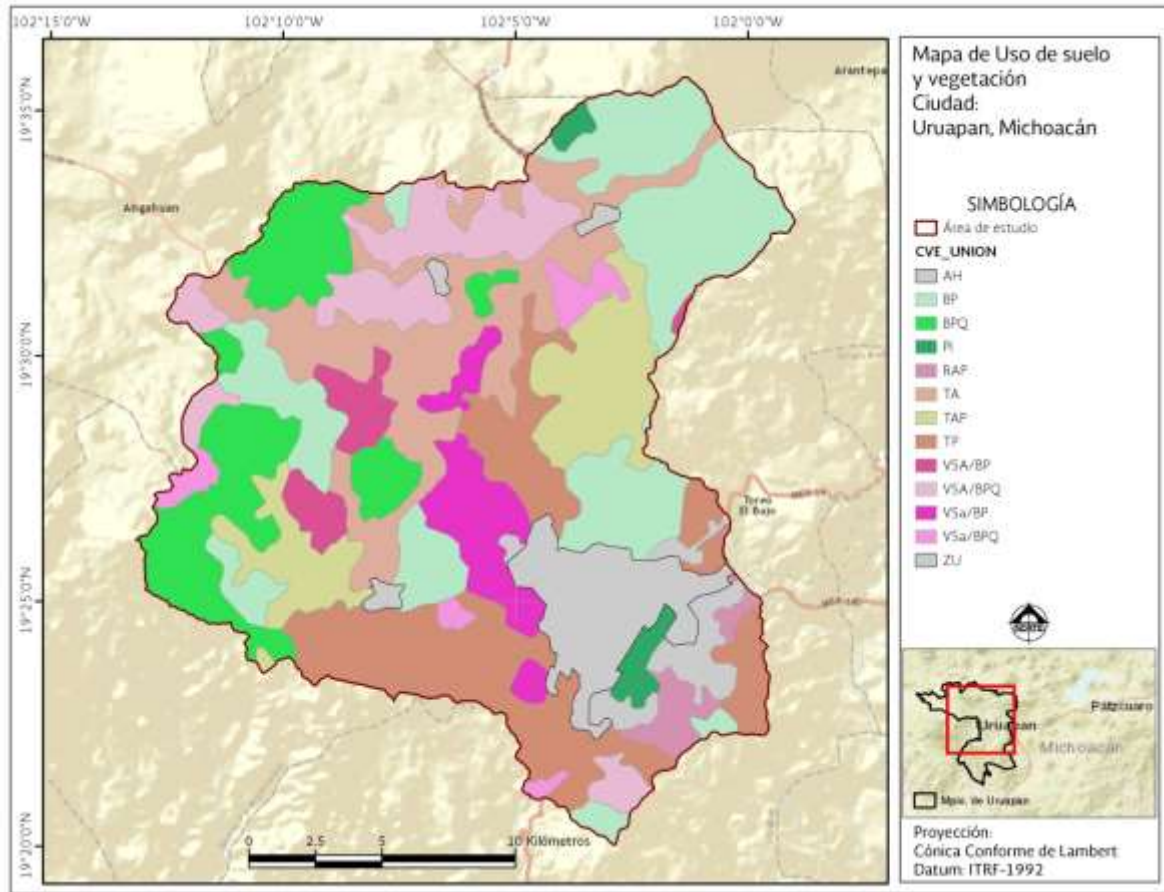


Figura 3.6 Uso de suelo

Tabla 3.2 Uso de suelo

Descripción	Clave	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del área total (%)
Agricultura de riego anual y permanente	RAP	7.22	1.71
Agricultura de temporal anual	TA	59.25	13.99
Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	37.76	8.92
Agricultura de temporal permanente	TP	65.45	15.45
Bosque de pino	BP	82.60	19.50
Bosque de pino-encino	BPQ	49.87	11.77
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	VSA/BP	11.30	2.67
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	VSA/BPQ	32.21	7.61
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	Vsa/BP	21.21	5.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	Vsa/BPQ	8.78	2.07
Zona urbana	ZU	30.68	7.24
Asentamientos humanos	AH	11.64	2.75
Pastizal inducido	PI	5.57	1.31
<b>TOTAL</b>		<b>423.55</b>	<b>100%</b>

### 3.1.4 Edafología

La subprovincia donde se localiza Uruapan se caracteriza por las notables manifestaciones de vulcanismo explosivo pretérito; y de acuerdo a la topografía, los tipos de clima, altitud y la vegetación (agentes formadores de suelo) que en ella se ubican, se registran las siguientes unidades edafológicas: Andosol (AN), Regosol (RG), Cambisol (CM), Leptosol (LP) y Luvisol (LV).

De acuerdo con las áreas de suelo primario la zona de estudio presenta en mayor proporción suelos de tipo Andosol<sup>8</sup> que representan (75.01%). El término Andosol deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. El material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica.

El término Regosol (7.88%) deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas.

El término Cambisol (5.35%) deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros. Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. Aparecen sobre todas las morfologías, climas y tipos de vegetación.

El término Leptosol (4.41%) deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo alusión a su espesor reducido. El material original puede ser cualquiera tanto rocas como materiales no consolidados con menos del 10 % de tierra fina. Aparecen fundamentalmente en zonas altas o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes. Se encuentran en todas las zonas climáticas y, particularmente, en áreas fuertemente erosionadas. Son suelos poco o nada atractivos para cultivos; presentan una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos. Lo mejor es mantenerlos bajo bosque.

Otro suelo primario es el Luvisol (0.11%). Del latín luvi, luo: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros.

El suelo sin clasificación (zonas urbanas) representa el 7.24% del total del suelo de las subcuencas de aportación (Figura 3.7 y tabla 3.3).

---

<sup>8</sup> UNESCO (1975). Soil map of the World. Volume III Mexico and Central America. Italy: 1975

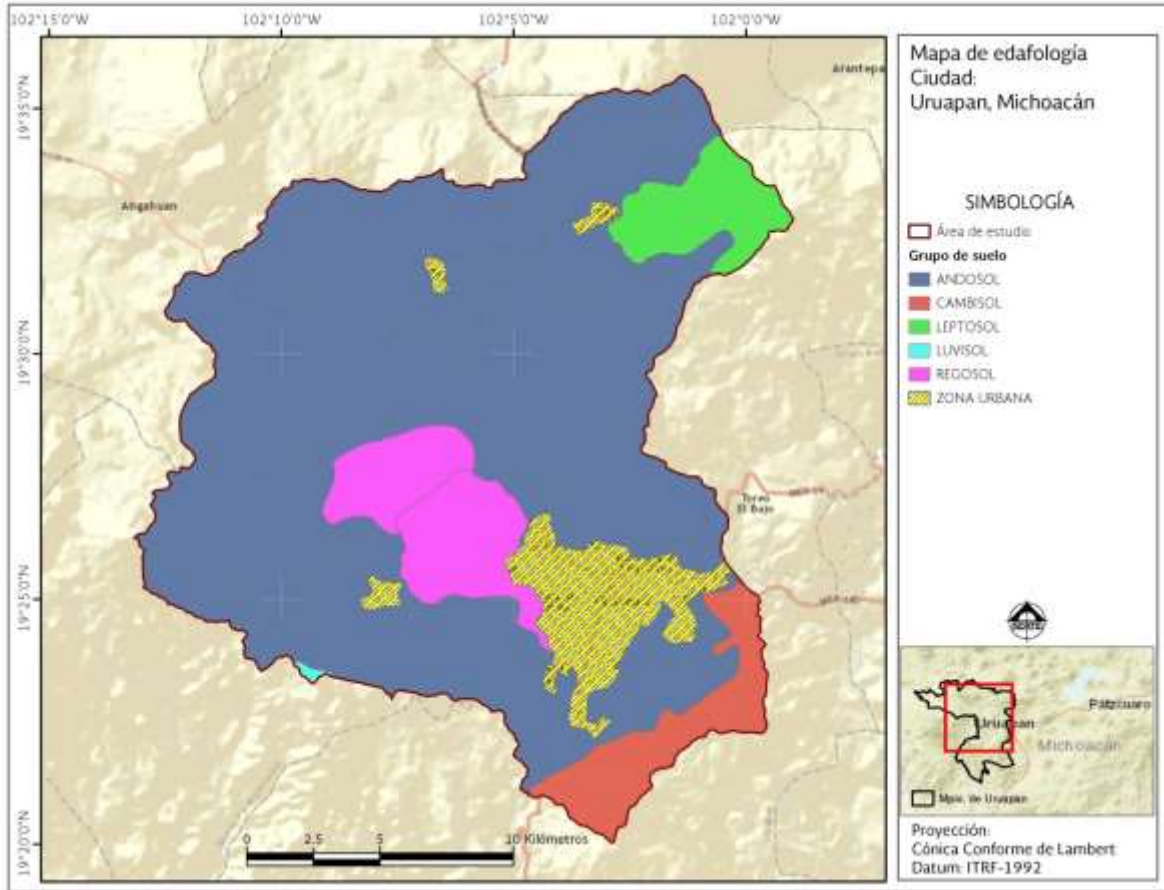


Figura 3.7 Edafología

Tabla 3.3 Edafología

Clave WRB	Suelo primario	Clasificación	Textura	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de área (%)
ANdyvi+RGdy+ANdy/1	Andosol	Dístrico	Gruesa	23.47	5.54
ANdyvi+RGdy/2	Andosol	Dístrico	Media	6.80	1.61
ANlepvi+LPdyli/1	Andosol	Epiléptico	Gruesa	7.56	1.78
ANlepvi+ANumlep+RGdylep/2	Andosol	Epiléptico	Media	30.41	7.18
ANdy+ANumvi+LVdy/2	Andosol	N	Media	80.85	19.09
ANumvi+ANdy+RGdy/1	Andosol	Úmbrico	Gruesa	65.23	15.40
ANumvi/2	Andosol	Úmbrico	Media	103.38	24.41
RGeulep+PHlep/2	Regosol	Éutrico	Media	19.55	4.62
RGdy+LPdyli+ANDylep/1	Regosol	N	Gruesa	13.80	3.26
CMeulen+LVcr+ANeu/2	Cambisol	Éutrico	Media	22.67	5.35
LPdyli+ANumlep/2	Leptosol	Dístrico	Media	18.68	4.41
LVcrhuu+CMcrdy+LPdy/3	Luvisol	Crómico	Fina	0.47	0.11
ZU	Localidad	-	-	30.69	7.24
<b>TOTAL</b>				<b>423.55</b>	<b>100</b>

### 3.1.5 Precipitación

Se localizaron 12 estaciones climatológicas circundando la zona de estudio (Figura 3.8); sin embargo solo una se encuentra operando (16178 E.N.G.F. Uruapan SMN). Esta estación cuenta con información climatológica de 23 años, de los cuales sólo tiene ocho años completos, por lo que aún no se puede considerar que los registros son representativos de la zona de estudio.

La estación que cuenta con el mayor número de años con registros es la estación 16164 con el nombre de "Uruapan SMN" con 65 años, pero solo tiene 29 años completos con registros y actualmente se encuentra suspendida. La estación con el menor número de registros es la estación 16259 "Tzindio" con 4 años de mediciones diarias y solamente dos años completos (Tabla 3.4).

El municipio de Uruapan se caracteriza por contar con clima templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano (INEGI establece el clima en el municipio como A (cb) (m) (w) (i´) (gw´) el cual ocupa más del 50% sobre todo en la parte norte). Sin embargo, debido a lo accidentado de la geografía en el territorio y según datos del INEGI el tipo de clima varía en algunas regiones; por ejemplo el clima semi-cálido subhúmedo ocupa aproximadamente un 25 % y en menor proporción el clima cálido húmedo con lluvias en verano con aproximadamente 13 %.

En general, las temperaturas en toda el área del municipio oscilan entre 8.0 a 37.5 grados centígrados. En la mayor parte del municipio, donde el clima dominante es el templado húmedo, la temperatura promedio es de 18.8°C; mientras que en el clima cálido subhúmedo es de 23.4 ° C y en el semicálido subhúmedo de 23° C.

El centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en Michoacán, ya que al año se superan los 1,500 mm. Hacia el norte y centro de esta zona el promedio oscila entre 1,200 y 1,700 mm, y para el sur se detectan dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

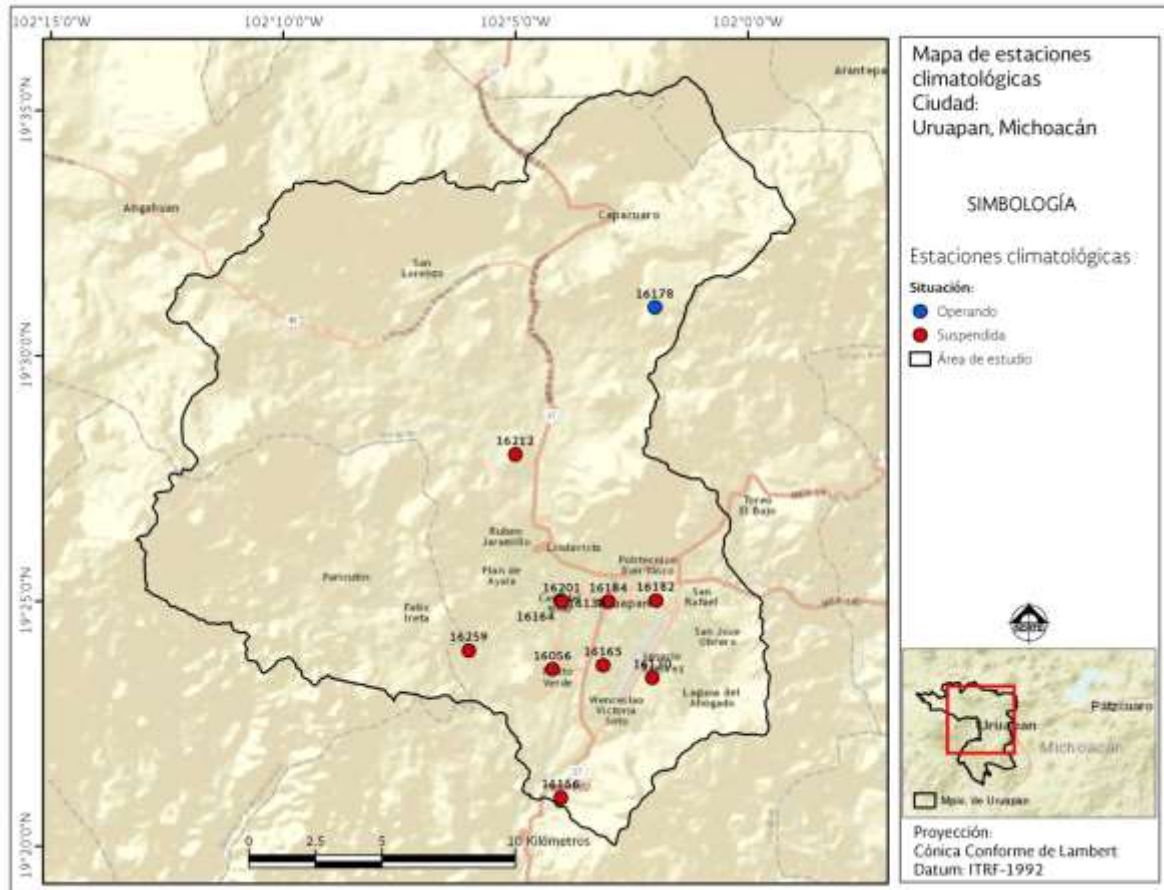


Figura 3.8 Estaciones climatológicas

Tabla 3.4 Estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Periodo inicio	Periodo Fin	Años con Información	Años completos	Longitud	Latitud	
16056	Jicalán (CFE)	1963-5	1998-6	36	26	-102.070	19.390	
16130	E.N.G.F. Uruapan (DGE)	No aparece en el CICLOM					-102.030	19.390
16138	Uruapan, Uruapan (DGE)	1962-12	1985-10	15	9	-102.067	19.417	
16156	Charapendo, G. Zamora	1969-1	1985-9	17	10	-102.067	19.350	
16164	Uruapan (SMN)	1921-1	1988-9	65	29	-102.060	19.420	
16165	Uruapan (CFE)	1962-10	1999-12	37	25	-102.050	19.390	
16178	E.N.G.F. Uruapan (SMN)	1969-1	2012-2	23	8	-102.030	19.510	
16182	Uruapan (Amsa), Uruapan	No aparece en el CICLOM					-102.033	19.417
16184	Uruapan Agro	No aparece en el CICLOM					-102.050	19.410
16201	C.N.I.F.A. López Rayón	No aparece en el CICLOM					-102.070	19.410
16212	Barranca de Cupatitzio	1977-8	1995-9	16	9	-102.080	19.460	
16259	Tzindio	1982-10	1985-6	4	2	-102.100	19.400	

Enseguida se observan los registros de precipitación de la estación climatológica convencional 16164 Uruapan SMN (29 años completos de registros), para conocer el régimen histórico y la distribución media anual de la zona, que por su localización geográfica, es la más representativa de la zona urbana de Uruapan. La precipitación media anual en la estación Uruapan SMN es de 1,652.6 mm.

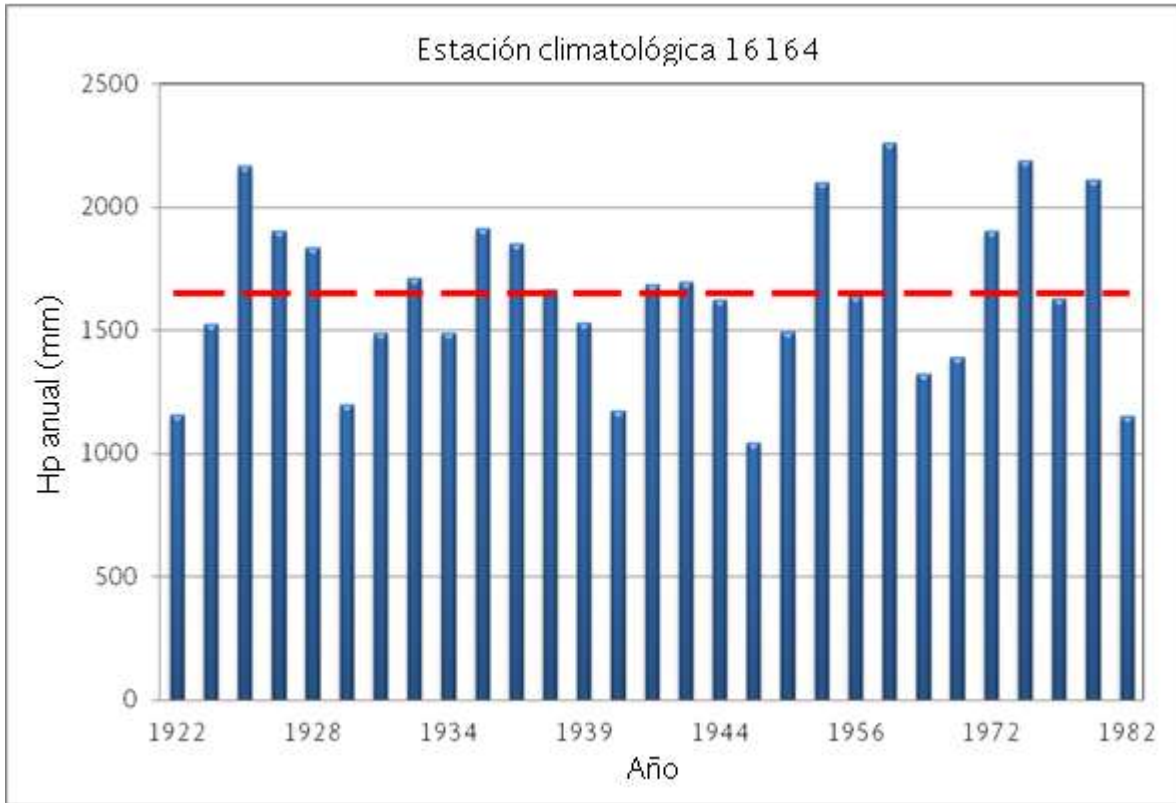


Figura 3.9 Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 16164 "Uruapan SMN"

También se puede observar la distribución de la lluvia en la zona urbana de Uruapan durante el año, donde la mayor precipitación ocurre en los meses de junio a octubre como se muestra en la figura 3.10. La precipitación media mensual promedio para esta estación es de 137.7 mm.

A continuación se muestra una comparación de los registros históricos de las estaciones climatológicas que tienen un periodo de observación mayor a 20 años, con la finalidad de verificar la distribución mensual de la lluvia a lo largo del año dentro de la zona urbana de Uruapan. Las estaciones comparadas son: 16164 Uruapan (SMN) con 29 años completos con registros, 16056 Jicalán (CFE) con 26 años completos y la estación 16065 Uruapan (CFE) con 25 años completos con registros de precipitación diaria (Figura 3.11)



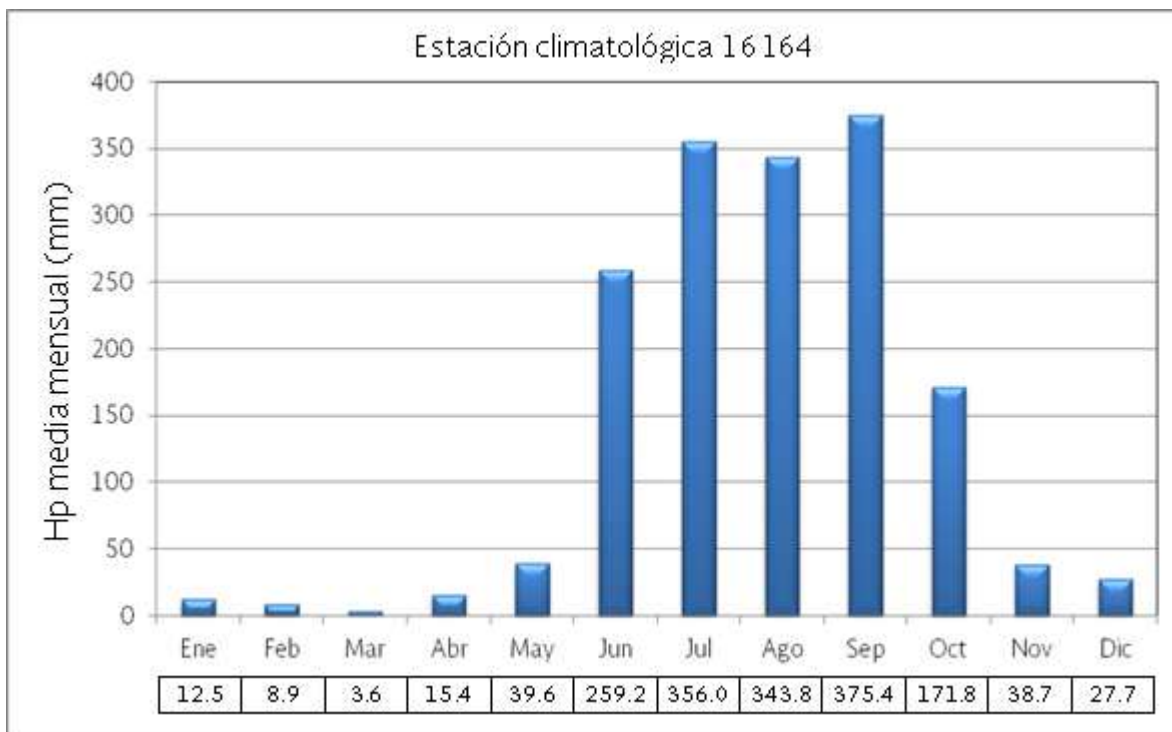


Figura 3.10 Precipitación media mensual en la estación climatológica 16164 “Uruapan SMN”

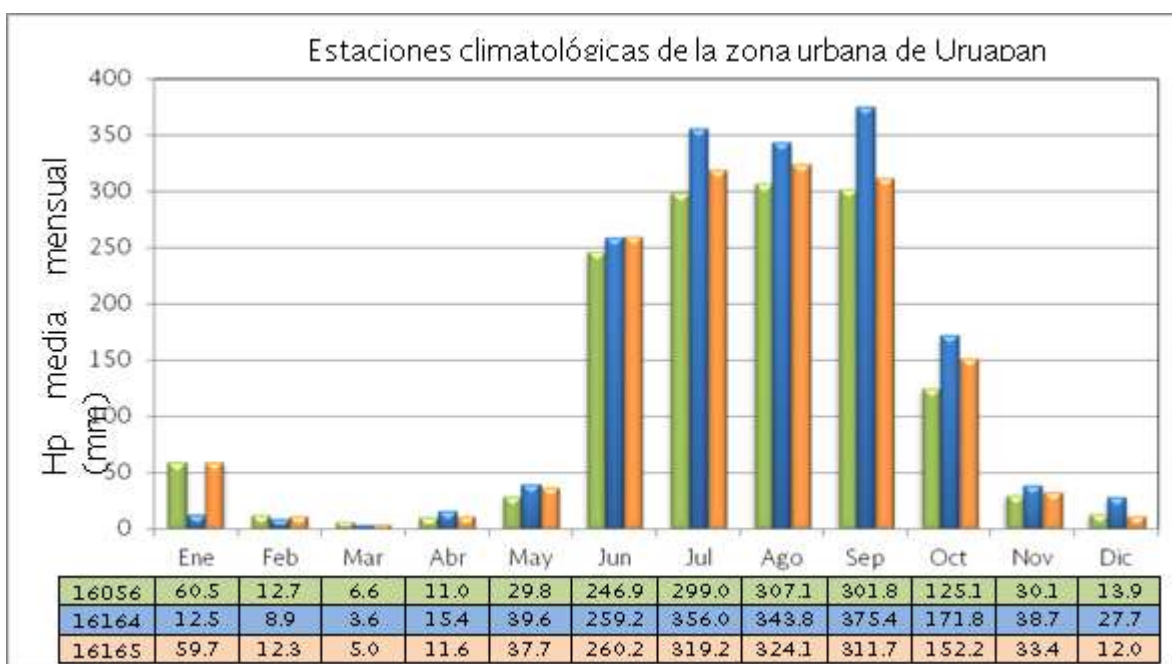


Figura 3.11 Precipitación media mensual de las estaciones climatológicas de la zona urbana de Uruapan

A continuación se muestra la localización de estas tres estaciones climatológicas dentro de la zona urbana de Uruapan.

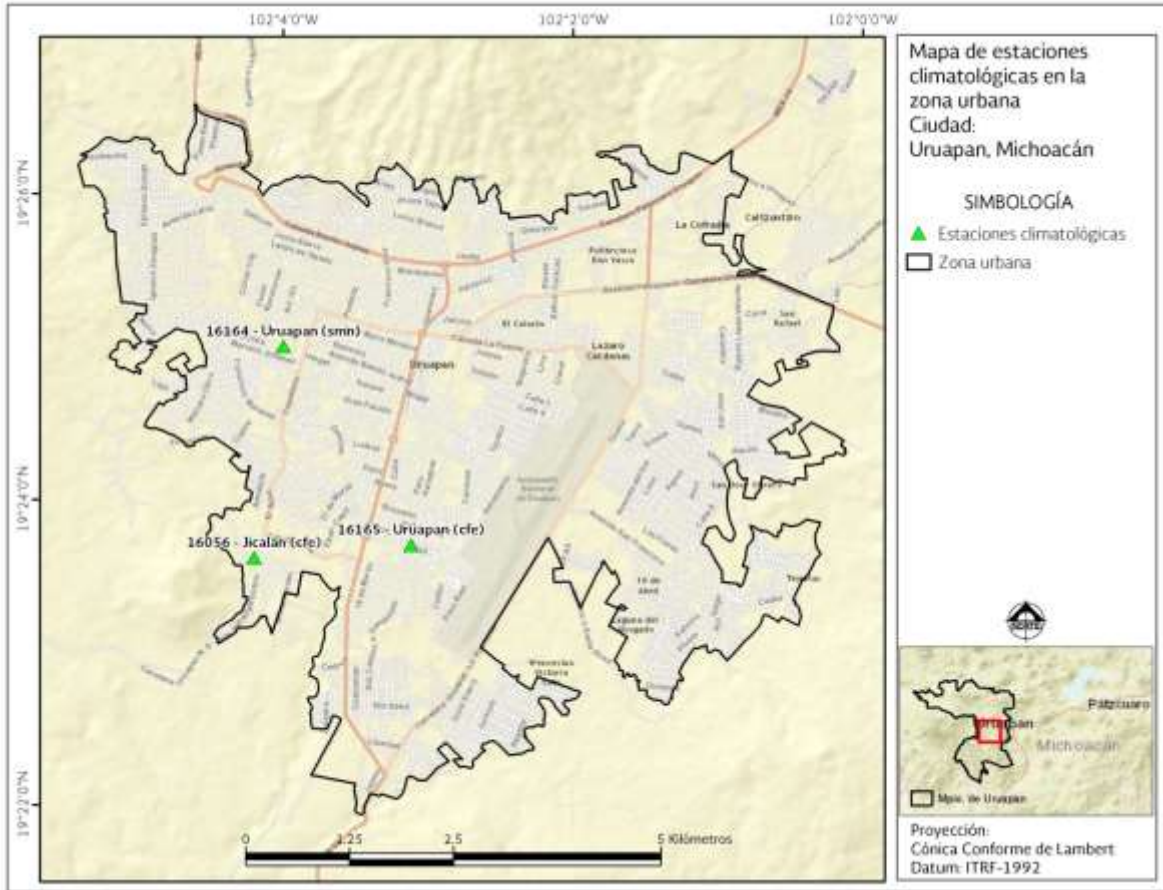


Figura 3.12 Estaciones climatológicas en la zona urbana de Uruapan

Las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) más cercanas a la zona de estudio son Uruapan SMN y Uruapan CFE; las cuales están localizadas dentro de la zona urbana de Uruapan. Sin embargo, ninguna estación meteorológica cuenta con información de precipitación en un periodo mínimo de 20 años (Figura 3.13).

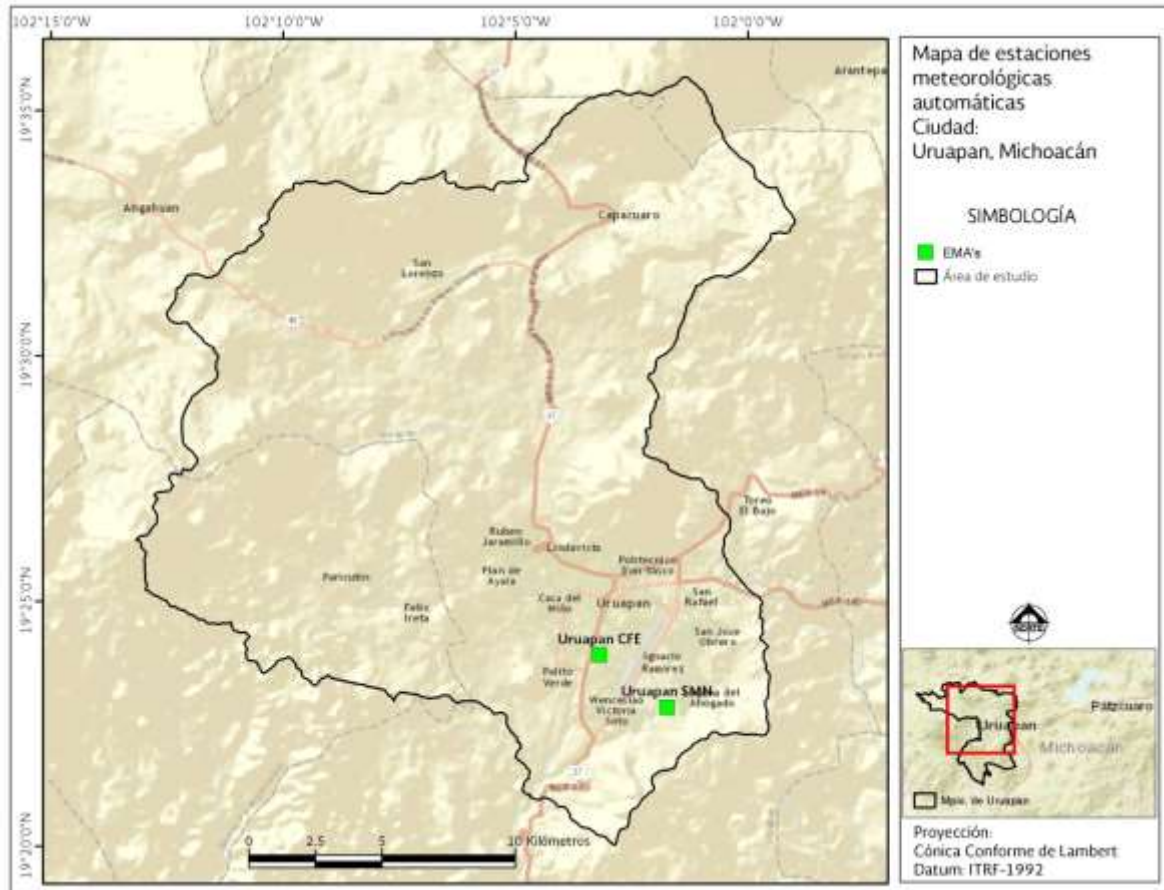


Figura 3.13 EMA's

### 3.1.6 Ecurrimientos

El área de estudio y el municipio de Uruapan pertenece a la Región Hidrológica 18 Río Balsas y en ella se ubica la Cuenca del Río Cupatitzio y la cuenca del Río Tepalcatepec-Infiernillo, esta red hidrográfica está conformada por el Río Cupatitzio y sus tributarios Jicalán y Acúmbaro. El rasgo hidrológico de mayor importancia para la unidad de análisis y el centro de población es el canal hidráulico principal que corresponde al Río Cupatitzio, principal corriente aportadora del río Márquez, que finalmente descarga sus aguas al río Tepalcatepec a unos 45 km antes de la confluencia de este último con el río Balsas; y cómo secundarios destacan los canales de los ríos La Presa-San Antonio y Los Conejos.

Los escurrimientos de segundo orden, por canal de aportación y de aguas arriba a aguas abajo son:

- Río Cupatitzio: San Antonio, San Lorenzo, La Guerra, El Sapien, Infiernillo, Jicalán, El Zapotito y la Tzaráracua.
- Río La Presa-San Antonio: La Cruz, La Cruz I, La Cruz II, La Cofradía, Barranca de enmedio Norte, Aeropuerto (desarticulado), Barranca de enmedio Sur, El Paramo, La Cortina, Cruz de la Muerte y Jarmillo.
- Río Los Conejos: La Perita, Cupícuaro y Tumbiscatillo.

Existen cerca de 30 manantiales, entre estos La Rodilla del Diablo, La Yerbabuena, El Gólgota, El Pescadito, Gandarilla, El Padre, además de otros más pequeños cuya

localización y aforo es difícil de cuantificar por quedar cubiertos con los escurrimientos de la corriente principal a sus embalses, todos ellos son importantes por el potencial que representan para la zona del acuífero subterráneo, se estima que los aprovechamientos son de 848 l/s para abastecimiento de agua potable y riego, los excedentes inciden sobre el cauce del río Cupatitzio.

Dentro de la zona urbana y subcuencas de aportación se localizaron cinco estaciones hidrométricas, de las cuales tres se encuentran sobre canales y dos se encuentran en ríos principales. Éstas últimas son las que se utilizaron para llevar a cabo el análisis hidrológico para determinar los hidrogramas de entrada de cada subcuenca de aportación.

Para fines de calibración del modelo hidrológico se utilizaron los datos registrados en la estación hidrométrica 18516 La Tzaráracua, la cual se encuentra aguas abajo de la zona urbana de Uruapan sobre el río Cupatitzio (Figura 3.14).

Tabla 3.5 Estaciones hidrométricas

No	Clave	Nombre Estación	Tipo	Años de registro		
				Desde	Hasta	No. años
1	18165	Santa Bárbara (C.F.E)	Canal	1949 1955	1952 1981	29
2	18416	Canal Charapendo	Canal			
3	18500	La Rápida	Canal	1949	1986	37
4	18515	Cupatitzio	Río	1940 1946 1979	1944 1971 1987	37
5	18516	La Tzaráracua	Río	1950	1981	31

### 3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

La geomorfología del municipio de Uruapan está dada por cuatro principales zonas las cuales son:

- a) La zona de planicie que se localiza al centro del municipio o valle de Uruapan, este valle se encuentra cerrado por los costados norte, este y oeste con salida hacia el sur de la ciudad de Uruapan una longitud máxima de 8 km y un ancho de 10 Km, la altura sobre el nivel del mar es de 1550 m.
- b) Planicie intramontañosa son pequeñas planicies que se encuentran en las partes bajas de los volcanes son aprovechadas para la agricultura, se encuentra al norte del municipio de manera aislada, cubriendo áreas como máximo de 100 hectáreas.
- c) Zonas de barrancas se localizan en las partes bajas de las montañas entre volcán y volcán y se encuentran en todo el municipio principalmente hacia el sur.
- d) La zona alta o montañosa que se ubica en todo el municipio dominando geomorfológicamente el área de extensión formando montañas, valles y barrancas, esta zona está constituida principalmente por montañas que son volcanes en extinción o apagados y están conformados por rocas de tipo ígneo extrusivo emanado por los volcanes de la zona.

Estos volcanes fueron originados por movimientos tectónicos regionales los cuales por su juventud han enmascarado con los derrames lávicos y cenizas volcánicas las estructuras como fracturas y contactos litológicos de diferente cono volcánico. La subprovincia donde

se localiza Uruapan se caracteriza por las notables manifestaciones de vulcanismo explosivo pretérito<sup>9</sup>; y de acuerdo a la topografía, los tipos de clima, altitud y la vegetación (agentes formadores de suelo) que en ella se ubican, se registran las siguientes unidades edafológicas: Andosol (AN), Regosol (RG), Cambisol (CM), Leptosol (LP) y Luvisol (LV).

La red de corrientes dentro de la cuenca de aportación a la ciudad de Uruapan presenta una trayectoria con dirección de norte a sur. Las pendientes de los ríos principales oscilan entre el 0.6 y 8.9 %. Los tiempos de concentración varían entre 0.6 hrs y 2.8 hrs.

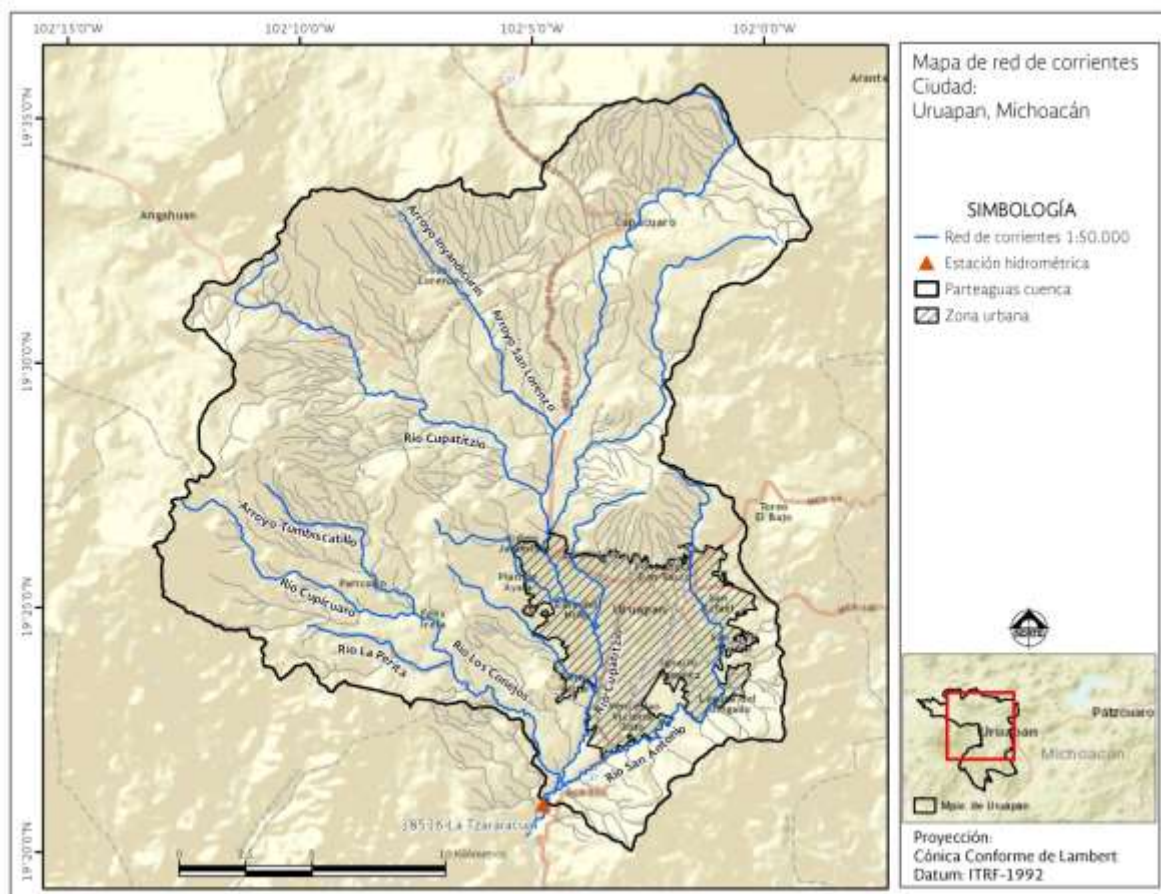


Figura 3.14 Ríos principales y estación hidrométrica

Para la estimación del escurrimiento en la cuenca, se aplicó el método de los números de escurrimiento  $N$ , el cual depende exclusivamente del uso del suelo y cobertura vegetal, y del tipo de suelo. Una vez determinados los números de escurrimiento se procedió a calcular la precipitación efectiva.

Para el cálculo del  $N$  fue necesario clasificar el tipo de suelo en los cuatro grupos, los cuales se listan en la siguiente tabla.

<sup>9</sup> Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo. Solicitud de autorización del Atlas de Riesgos del Municipio de Uruapan, Michoacán. (113 p.). Recuperado el 26 de octubre de 2015 de: [http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314\\_2.pdf](http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314_2.pdf).

Tabla 3.6 Descripción de los cuatro grupos de suelo

Grupo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla.
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Con los suelos clasificados por grupos y el tipo de cobertura vegetal y su uso, se obtienen los valores de número de escurrimiento para toda la zona de aportación al área urbana, además se obtienen los valores medios para cada subcuenca (Ver Figura 3.15). Un resumen de los valores de  $N$  por subcuenca se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Valores del número de escurrimiento  $N$  por subcuenca

Subcuenca	Longitud del cauce principal (m)	Pendiente del cauce principal	Área subcuenca (km <sup>2</sup> )	Tiempo de concentración (hr)	Número de curva $N$ (SCS)
1	20,912.34	0.0063	82.10	2.2	56.8
2	29,079.41	0.0357	113.37	2.3	70.7
3	11,822.48	0.0473	29.22	1.9	67.0
4	6,599.89	0.0865	6.02	0.6	62.3
5	2,999.17	0.0896	7.70	0.7	69.1
6	4,679.02	0.0642	29.41	1.6	78.1
7	12,898.50	0.0068	67.92	2.8	80.9
8	25,293.09	0.0368	87.82	2.5	61.5

Dadas las condiciones del sistema hidrológico es importante resaltar que el conjunto de subcuencas 1 y 2 representa un hidrograma de entrada al modelo hidrológico; las subcuencas 3, 4 y 5 son hidrogramas de entrada independientes; las subcuencas 6 y 7 representan el área urbana de Uruapan; y la subcuenca 8 se delimitó hasta la estación hidrométrica La Tzaráracua para fines de calibración, considerando así todo el conjunto de subcuencas que drenan hacia la estación hidrométrica que cuenta con datos medidos históricamente.

El tiempo de respuesta del primer sistema es de 2.3 horas, las subcuencas 3, 4 y 5 tienen un tiempo de concentración de 1.9, 0.6 y 0.7 horas respectivamente, mientras que el área urbana tiene un tiempo de concentración de 2.8 horas, finalmente la subcuenca 8 tiene un tiempo de concentración de 2.5 horas. Cabe recalcar que los valores mayores de número de escurrimiento  $N$  se presentan en las cuencas 6 y 7 que corresponden al área urbana, donde se supone hay menos infiltración y por lo tanto mayor escurrimiento.

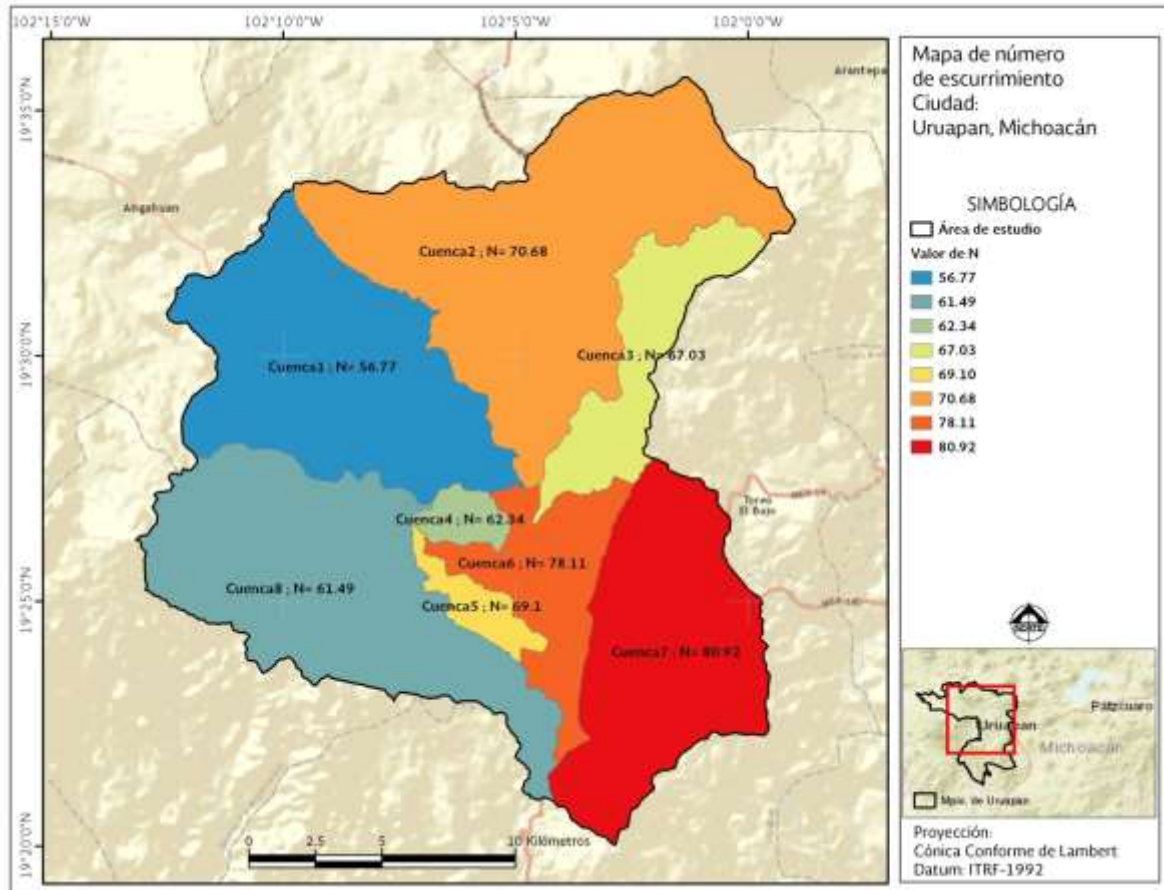


Figura 3.15 Variación del número de escurrimiento por subcuenca

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

De acuerdo a información del CENAPRED, el estado de Michoacán se encuentra dentro de la clasificación de intensidad muy alta a ser vulnerable a fenómenos de tipo hidrometeorológicos. Durante el periodo de 2000-2010 los fenómenos hidrometeorológicos dejaron daños y pérdidas que ascendieron a 96.9 millones de pesos y 44 decesos humanos.

De acuerdo a fuentes hemerográficas diversas, la zona urbana de Uruapan ha sido azotada por fuertes lluvias que han provocado inundaciones en algunos puntos de la ciudad. A continuación algunos episodios recientes:

En 2013 la fuerte lluvia registrada en la zona poniente y sur de la ciudad ocasionó una inundación en la calle Laurel de la colonia Elías Pérez Ávalos, de acuerdo a la información proporcionada por Protección Civil Municipal. Debido a que un tramo de la calle tiene un vado, el agua alcanzó cerca del metro de altura. La dependencia informó que afortunadamente la afectación a las viviendas que se ubican en el lugar no fue mayor, ya que la mayoría de los vecinos han tomado sus precauciones para enfrentar situaciones de inundación.

En 2014 calles y avenidas, principalmente del oriente de la ciudad de Uruapan se inundaron a consecuencia de una tromba. El agua ingresó a diversos domicilios de al menos 17

colonias, donde las pertenencias de los moradores resultaron perjudicadas al subir el nivel del agua hasta un metro de altura. Se trató de una lluvia de una hora aproximada de duración.

Los asentamientos perjudicados fueron San Francisco Uruapan, Colorín Norte, 12 de Diciembre, Lázaro Cárdenas, La Mora, Arroyo del Páramo, Las Haciendas, 18 de Marzo, Villa Uruapan, San José Las Minas, Tierra y Libertad, Luis Martínez Villicaña, Los Fresnos, La Cortina, Laguna del Ahogado e Infonavit Los Constituyentes.

Por parte de los colonos hubo innumerables quejas, la mayoría de ellas encaminadas a decir que cada año se inundan estos mismos asentamientos, sin que ninguna autoridad haga algo al respecto, pues indicaron que a pesar de las gestiones que los vecinos hacen ante el Ayuntamiento, sus peticiones han sido ignoradas por el mismo.

Ese mismo año se desbordó el Río Grande generando inundaciones en Morelia, Zamora, Apatzingán, Tancitaro y Uruapan.

En 2015 la prensa local reportó inundaciones en varias calles debido a una tromba registrada. En octubre, el huracán Patricia dejó inundadas varias zonas, así como el derrumbe de al menos dos viviendas, primeramente a las 21 horas sobre la calle Manuel Ocaranza esquina con Abigaíl Patiño se derrumbó una casona de adobe la cual se encontraba deshabitada. El agua alcanzó más de 70 centímetros en gran parte del paseo Lázaro Cárdenas y en algunas partes superó en metro de altura. Se desbordaron los ríos Santa Bárbara y Santa Rosa, los cuales afectaron varias colonias aledañas, entre ellas La Cortina, Río Volga y Doctores. Elementos de la Secretaría de la Defensa Nacional se desplazaron a los sitios afectados de la parte oriente de la ciudad y activaron el plan DN-III, y encabezaron las labores de auxilio a la población, en coordinación con Protección Civil Estatal y municipal así como Bomberos Voluntarios. Los militares y socorristas rescataron a más de 50 personas.

De acuerdo con la información recabada con los habitantes que se entrevistaron durante la visita de campo a la ciudad de Uruapan, se identificaron las siguientes zonas que históricamente sufren de problemas de inundación ante las fuertes lluvias, destacando la zona del Boulevard Industrial cerca de la Unidad Deportiva, la avenida Lázaro Cárdenas entre las glorietas de Av. Latinoamericana y monumento al Gral. Lázaro Cárdenas, la colonia Manuel Pérez Coronado (MAPECO) al este del aeropuerto, las colonias La Perla y Las Fuentes donde se localizan tiendas departamentales, y la zona oeste del aeropuerto en la colonia Miraflores principalmente (figura 3.16).





Figura 3.16 Zonas inundables de la ciudad de Uruapan identificadas en la visita de campo

### 3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes

En la literatura sobre gestión del riesgo y en la Gestión Integrada de Crecientes, las medidas no estructurales ocupan un lugar significativo en la mitigación del riesgo, de la amenaza y de la vulnerabilidad. Éstas incluyen acciones de corte político, desarrollo del conocimiento, mecanismos de participación, entre otras.

La selección y aplicación adecuada de este tipo de medidas posibilitan no sólo reducir los impactos de las inundaciones, sino la vulnerabilidad de la población. En los programas regionales de prevención contra contingencias hidráulicas 2013, se propusieron cuatro estrategias orientadas a controlar el emplazamiento de asentamientos humanos en zonas de riesgo, a prevenir y mitigar los fenómenos que ocasionan los riesgos ambientales, a pronosticar y a alertar a la población ante situaciones de emergencia, y a desarrollar una cultura de prevención y mitigación de impactos por estos fenómenos.

La estrategia de acciones no estructurales consistía básicamente en el fortalecimiento del ordenamiento de los asentamientos humanos para la protección de la población frente a los fenómenos meteorológicos extremos, los cuales pueden arruinar en muy poco tiempo los esfuerzos realizados durante muchos años, especialmente en zonas rurales y urbanas marginadas. Zonas inundables libres de asentamientos humanos en conjunción con un eficaz sistema de alertamiento y prevención con tecnologías modernas es clave en la prevención de riesgos y en la disminución de la vulnerabilidad de la población.

En 2009 la Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan (CAPASU) inició la campaña de limpieza de canales y barrancas, en la zona oriente de la ciudad en una primera etapa, de acuerdo a información reportada por medios locales. Se desazolvió el canal Santa Bárbara, desde Río Volga a la altura de la planta de tratamiento, pasando por las colonias de las riberas del canal: Popular la Laguna, Villa Victoria y Laguna del Ahogado. En la segunda etapa meses después, se limpiaron en el resto de los canales, barrancas y alcantarillas pluviales de la ciudad. Esta medida estuvo encaminada a evitar que en la temporada de lluvias no se inunden las viviendas aledañas. La limpieza se hará en el Arroyo Colorado, Arroyo del Páramo, Valle Verde, Santa Bárbara y San Francisco, con un

beneficio para un importante número de colonias susceptibles de sufrir inundaciones, como son Arroyo del Páramo, La Mora, la zona conocida como las siete colonias, Infonavit Aeropuerto, San Francisco Uruapan, 18 de Marzo, Valle Dorado, Ciénega, Antorcha Campesina, La Esperanza y otras del centro y oriente de la ciudad.

En mayo de 2010 se dio atención a un total de 8 mil metros lineales de canales y barrancas, durante la campaña de limpieza y desazolve que lleva a cabo la Comisión de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan (CAPASU). Los canales en lo que se trabajó son el de Arroyo del Páramo, que cruza la colonia del mismo nombre, la Mora y algunas aledañas a la zona; asimismo se limpiaran los canales, Santa Bárbara y San Francisco y 18 de Marzo, que cruzan varias colonias del Oriente de la ciudad y que es en donde más problemas de inundaciones se tienen en temporada de lluvias.

De abril a agosto de 2011, la Comisión de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan (Capasu), llevó a cabo la limpieza y desazolve de canales, barrancas y alcantarillas, en un tramo lineal superior a los 8 mil metros, del que se retiraron aproximadamente 10 mil metros cúbicos de material, entre residuos sólidos y azolve. En este tipo de trabajos la comisión invirtió más de 800 mil pesos. Los canales en los que se trabajó son; Arroyo del Páramo; 12 de diciembre, Guadalupe Victoria, San Francisco, Santa Bárbara, Valle Verde, 18 de marzo, el canal que cruza colonias como Clara Córdova, Villa Victoria, Laguna del Ahogado y entre otros. La limpieza y el desazolve de alcantarillas también se efectuaron en Infonavit constituyentes, Aguacates, Patria, Aeropuerto, Balcones y FOVISSSTE, entre otros, en los que por su ubicación, se registran problemas de inundaciones en temporada de lluvias. De igual forma se dio mantenimiento a los colectores y subcolectores Tarecho, Arroyo del Páramo, Centro, Constitución, Lázaro Cárdenas, San Pedro, Valle Verde, Pérez Coronado y 18 de Marzo.

Nuevamente en junio de 2015, el gobierno municipal a través de la dirección de sanidad y limpia efectúa limpieza de barrancas y canales de la ciudad. Las acciones se llevaron a cabo en 17 barrancas de la zona norte de la cabecera municipal. Algunas de ellas son: la barranca del Tepeyac, de la Guerra, de La Bolita así como en las que se encuentran en la Calzada Benito Juárez, Constitución y en las colonias Observatorio y Bellavista. Así mismo, se realizaron campañas de barrendería en las principales calles y avenidas de la ciudad como son la Calzada Benito Juárez, Paseo Lázaro Cárdenas, Cupatitzio, Boulevard Industrial y la zona Centro de la Ciudad. Finalmente, se hizo un atento llamado a la población a evitar tirar basura en canales, barrancas así como en la vía pública, para evitar taponamientos en las alcantarillas y drenajes y con ello inundaciones en el municipio.

### **3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación**

Dentro de las actividades económicas más importantes de dicha ciudad podemos encontrar las siguientes: la agricultura, en la que el aguacate es el producto más importante de la región, el cual se exporta a varios países de América y Europa. La industria, en donde destaca la presencia de son microempresas, pero también tienen grandes industrias como la papelería, la chocolatería y la artífibras.

El sector comercio y servicios se integra por la actividad de hoteles y restaurantes de la ciudad, así como de los centros comerciales, entre los cuales se encuentran grandes cadenas internacionales y nacionales.

De acuerdo con el Compendio de CONAGUA (2011), se identifican zonas de asentamientos irregulares en varias planicies que natural y frecuentemente se inundan y

que ante la presencia de avenidas extraordinarias el nivel de agua aumenta de manera considerable en un tiempo relativamente corto provocando daños severos a los bienes y a las personas. Sin embargo, no se cuenta con información precisa, y ante esta carencia es difícil regular el uso de estas áreas con fines recreativos y/o productivos.

## 4 Diagnóstico de las zonas inundables

### 4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

La red mínima de estaciones permite evitar deficiencias graves en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos, la organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>10</sup> recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las siguientes consideraciones (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (superficie, en km<sup>2</sup> por estación)

Unidad fisiográfica	Precipitación	
	No registradoras (Pluviómetro)	Registradoras (Pluviógrafo)
Costa	900	9,000
Montaña	250	2,500
Planicie interior	575	5,750
Montes/ondulaciones	575	5,750
Áreas urbanas	-	10 a 20

En la zona de estudio se localiza una estación climatológica convencional (ECC) y dos estaciones meteorológicas automáticas (EMA) en operación, por lo que para el análisis de densidad se divide el área total de la cuenca de aportación (423.55 km<sup>2</sup>) entre el número de estaciones en operación. Al evaluar la densidad de estaciones a lo largo de la zona de estudio encontramos lo siguiente:

Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio

No	Tipo	Nombre	Estado	Área (km <sup>2</sup> )	Unidad fisiográfica	Cumple
1	ECC	E.N.G.G. Uruapan (SMN)	Michoacán	141.18	Montes / ondulaciones	Si
2	EMA	Uruapan SMN	Michoacán	141.18	Áreas urbanas	No
3	EMA	Uruapan CFE	Michoacán	141.18	Áreas urbanas	No

El análisis de densidad de estaciones de monitoreo de variables hidrometeorológicas se observan enseguida (Figura 4.1).

<sup>10</sup>Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

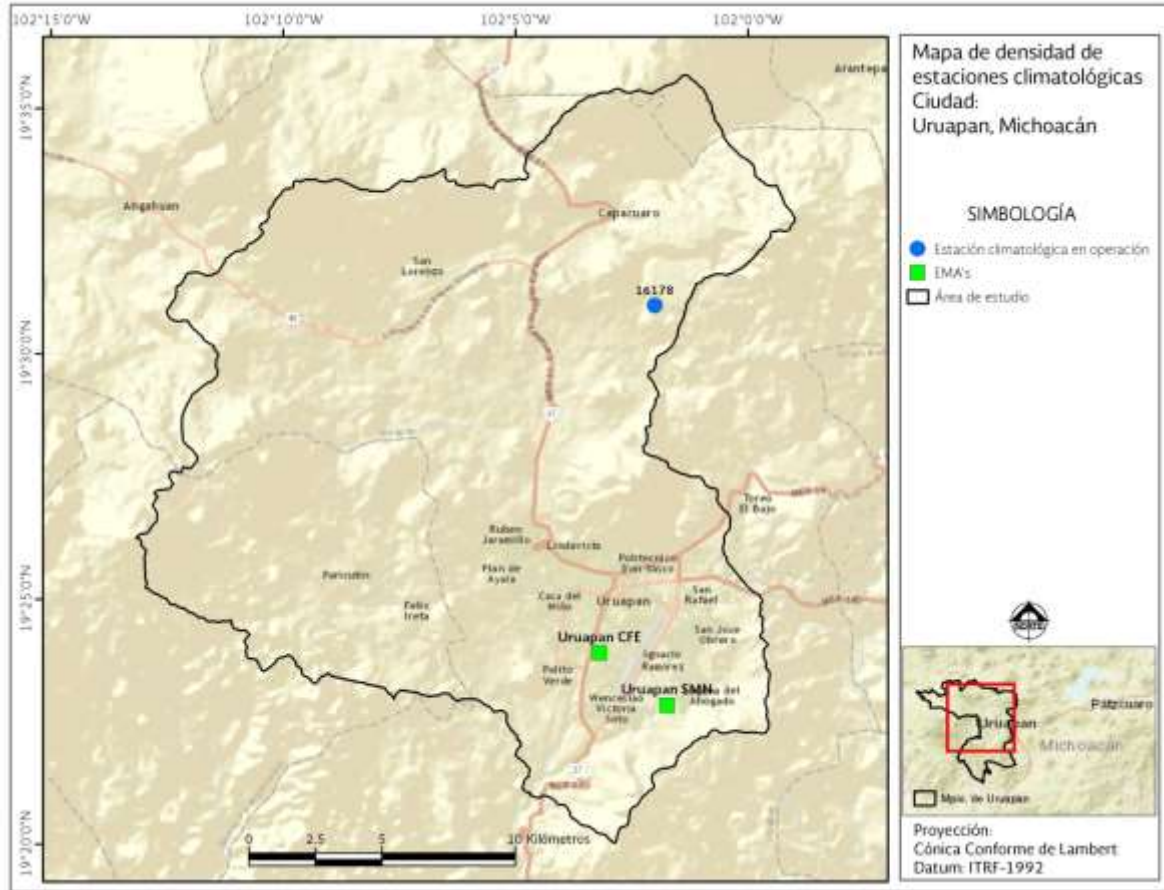


Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas

#### 4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

A pesar que en el año 2000 surgió el SIAT (Sistema de Alerta Temprana) como una herramienta de coordinación en el alertamiento a la población y en la acción institucional, ante la amenaza ciclónica, que se sustenta en la interacción de los principales actores del Sistema Nacional de Protección Civil: la sociedad civil y sus organizaciones; las instituciones de investigación del fenómeno hidrometeorológico e inclusive quienes estudian sus efectos sociales; los medios de comunicación masiva y la estructura gubernamental del Sistema Nacional de Protección Civil. Únicamente se han producido aportaciones a la coordinación interinstitucional de contingencias derivadas por la amenaza o impacto de ciclones tropicales. Dichas aportaciones se han producido de manera centralizada, teniendo una aceptación en términos generales buena, ya que ésta se va dando de manera parcial y paulatina; es decir, los diversos mecanismos de alertamiento con que cuentan todas las instancias que intervienen en la atención de emergencias derivadas al fenómeno que nos ocupa, aún difieren entre sí, convirtiéndolos en esfuerzos aislados.

Por lo anterior, el SIAT debe ser complementado con los planes y procedimientos que todos los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil desarrollen o adecuen para estar en concordancia con el mismo y así lograr una verdaderamente efectiva

coordinación en el alertamiento y en las acciones previas a la llegada de un ciclón tropical a tierra, evitando que un fenómeno natural se convierta en un desastre.

### **4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes**

#### **Acciones estructurales**

En la zona norte del área urbana de Uruapan se han realizado algunas obras para coleccionar los escurrimientos provenientes de la parte alta de los cerros La Charanda y de La Cruz. Sin embargo, el colector de aguas pluviales construido hace unos años resulta insuficiente después de algunos eventos de lluvia, ya que el agua que escurre de los cerros y es captado por el colector contiene demasiados sedimentos, lodo y piedras, lo que ocasiona que se sature y disminuya su función o incluso, que quede completamente inhabilitado.

Esta situación resulta difícil de controlar, ya que los escurrimientos acompañados de lodo se incorporan a este colector y resulta muy costoso llevar a cabo tareas de limpieza. De acuerdo con comentarios de los habitantes de Uruapan, este colector trabaja a mitad de su capacidad cuando inicia la época de lluvias, quedando fuera de servicio a mitad de la época de lluvias, lo que repercute en una gran cantidad de escurrimiento por las calles de la ciudad provocando encharcamientos de consideración en las ya citadas zonas de riesgo.

#### **Acciones no estructurales**

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones en la zona urbana de Uruapan se encontró información a través de fuentes hemerográficas y oficiales. Las acciones que predominan son campañas de limpieza y reforestación encabezadas por instancias gubernamentales y con la participación de empresas u otros actores privados, en las que se invita a la comunidad participar. No obstante, en la mayoría de los casos se trata de acciones aisladas que aprovechan alguna coyuntura como el día del árbol, del medio ambiente o la proximidad a la temporada de lluvias, pero no se perciben como parte de un plan de mayor alcance en el rubro de la educación y la cultura de la prevención y el cuidado del ambiente, en donde se inscriben situaciones de inundaciones.

Es un hecho que a pesar de ser actividades que tienen impacto principalmente en medio de comunicación locales, o nacionales si es que están inscritas en campañas de alcance nacional, es limitada la participación comunitaria y de alguna manera pasiva. Ello también debido a que las campañas de reforestación, limpieza de calles y cauces no suelen incluir mecanismos de evaluación de su impacto, por ejemplo, en la modificación de hábitos negativos. Falta entonces, evaluar los impactos de las campañas e inscribirlas en planes de educación y cultura ambiental y de prevención de riesgos. Una sociedad más educada será más consciente y tendrá más elementos para coadyuvar a la prevención y reducción de los riesgos a las inundaciones.

Dentro de la educación y la cultura ambiental y de la prevención a situaciones como las inundaciones, se encuentran actividades como la capacitación y la impartición de cursos y talleres. Sin embargo, éstos son escasos –o por lo menos no hay mucha información sobre ellos– y en ocasiones suelen dirigirse a la población en general. Haría falta considerar aspectos como grupos de edad, sectores, ubicación, entre otros, para definir sus contenidos.

Por otro lado, es necesario que en el ámbito urbano exista una visión y un compromiso de multi-actores en el que estén representados e involucrados los distintos órdenes de

gobierno, autoridades locales, sociedad civil organizada, empresas, la academia e instituciones de investigación, al igual que voluntarios. Si se acepta el hecho de que el riesgo es una construcción social e histórica, los actores que la conforman, deberán jugar un papel activo y su representación ser real y efectiva. Pero más aún, si se acepta que la vulnerabilidad va de la mano con la pobreza, con deplorables condiciones de vida y con falta de oportunidades para superar esa condición, entonces será necesario actuar sobre los procesos que incrementan la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas.

En el ámbito urbano, éstos están estrechamente ligados a aspectos de planificación, de desarrollo urbano, de ordenamiento territorial y de herramientas legales e institucionales que las hagan posibles social, política y financieramente. Por ello, difícilmente se pueden desligar aspectos de la gestión urbana —y ambiental, social, de vivienda— de la producción social de las condiciones de riesgo y de un eventual desastre. Es entonces dentro de la dinámica de la gestión urbana donde deben analizarse los riesgos a las inundaciones en zonas urbanas.

#### **4.4 Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas**

Los desastres son procesos sociales complejos, en los que la participación ciudadana constituye un elemento clave antes, durante y posterior a su ocurrencia. No obstante, su actuación parece estar al margen del marco de la actuación gubernamental, o desdibujada, limitándose a denunciar y exigir más de la intervención gubernamental.

En este apartado se considera a los actores sociales como la sociedad civil organizada o no, es decir, la comunidad y su intervención antes, durante y después de un evento de inundación, pudiendo ser organizaciones civiles, asociaciones de productores, asociaciones vecinales, personas que habitan en zonas de riesgo de inundación, etcétera.

La participación comunitaria en acciones previas a las inundaciones, en general en la sociedad mexicana, se constriñe a la participación en campañas de limpieza de cauces y arroyos que atraviesan la ciudad antes del inicio de la temporada de lluvias, entre otro tipo de acciones. No obstante, esta participación es muy limitada, ya que por lo general se reduce a grupos comunitarios específicos: alumnado de centros de enseñanza, habitantes de colonias próximas a los ríos, simpatizantes de grupos políticos o funcionarios públicos, por mencionar algunos.

Durante las inundaciones, la participación comunitaria se expresa en forma de denuncia, protesta y exigencia a las autoridades correspondientes, por lo general a las más próximas. En esta etapa, más que de participación organizada activa y propositiva, se observa la reacción de quienes resultaron afectados y que buscan ser visibles ante las autoridades competentes para ser considerados posteriormente como sujetos de apoyo y así lograr obtener algo a cambio de sus pérdidas.

Posterior a las inundaciones, en lo que en la declaratoria de desastres se denomina etapa de reconstrucción, la sociedad civil intensifica su presencia en el mismo sentido que en la etapa anterior, es decir, en la denuncia y la exigencia a los actores gubernamentales, a quienes considera son los responsables de la situación. No obstante, a otro nivel de participación comunitaria, operan otros mecanismos al margen de la acción gubernamental como las organizaciones vecinales, redes familiares, grupos solidarios y similares que posibilitan a nivel familiar y vecinal reestablecer la normalidad tras el impacto de situaciones como las inundaciones.

Para el caso particular de la zona urbana de Uruapan, no se encontró información acerca de asociaciones vecinales que hayan organizado o realizado acciones en el marco de episodios por inundaciones.

#### 4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

Es ampliamente aceptado que las condiciones de la población mexicana no son homogéneas, y que al interior de ella existen desigualdades que los hacen más o menos vulnerables a los impactos que representan peligro o riesgo y que pueden decantar en un desastre. La vulnerabilidad urbana estará en función de la situación que caracterice a cada grupo de población en todas y cada una de las dimensiones en las que ésta se compone; a saber, física, económica, social, cultural, entre otras. Analizar las condiciones de vulnerabilidad de los grupos afectados es clave para comprender el proceso de construcción de situaciones de riesgo.

En este sentido, se puede establecer una conexión entre vulnerabilidad y marginación, si se considera que ésta última se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. De acuerdo a Conapo, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (Conapo, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades.

En la literatura especializada se encuentran diversas propuestas para estimar la vulnerabilidad, las cuales están en función de factores diversos, entre ellos el tipo de impacto al que se es vulnerable. Para el caso que nos ocupa, sería la vulnerabilidad a inundaciones. El análisis que aquí se presenta tiene como base el Índice de Marginación Urbana (IMU) correspondiente al 2010 y se complementa con el uso de variables socioeconómicas resultantes del Censo de Población y Vivienda 2010 por manzana urbana que no están representadas en el IMU. De acuerdo a INEGI, el IMU es una medida-resumen que permite diferenciar AGEB urbanas del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a los servicios de salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes.

Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB, 2010

Dimensión	Indicador
Educación	% Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	% Población de 15 años o más sin educación básica completa
Salud	% Población sin derechohabencia a los servicios de salud
	% Hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años de edad
Vivienda	% Viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica
	% Viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua
	% Viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda
	% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra
Bienes	% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento
	% Viviendas particulares habitadas sin refrigerador

Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.



Como complemento a las dimensiones consideradas por el IMU, a saber, educación, salud, vivienda y bienes, se consideran tres más: ingresos, composición demográfica y discapacidad, con las variables de población desocupada para la primera dimensión, población menor de 5 años y mayor de 65 para la segunda y población con limitación en la actividad, que comprende limitaciones de movilidad, visual, auditiva, de comunicación y mental, para la última.

Tabla 4.4 Complemento del IMU

Indicador	Variable
Ingresos	Población desocupada
Composición sociodemográfica	Población menor de 5 años
	Población mayor de 65 años
Discapacidad	Población con limitación en la actividad

En relación al IMU 2010 por manzana, la localidad de Uruapan presenta un mosaico heterogéneo de grados de marginación, como se puede observar en la figura. En amplias partes centrales de la ciudad, hay una marcada presencia de manzanas en situación de baja marginación, junto a grupos de manzanas de media y alta. No obstante, es en la periferia donde la baja y muy baja marginación se concentran, lo que indica condiciones desfavorables en los indicadores de educación, ingresos por trabajo y vivienda, presentándose una combinación de situaciones como insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda, lo que, por ende, apuntaría a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

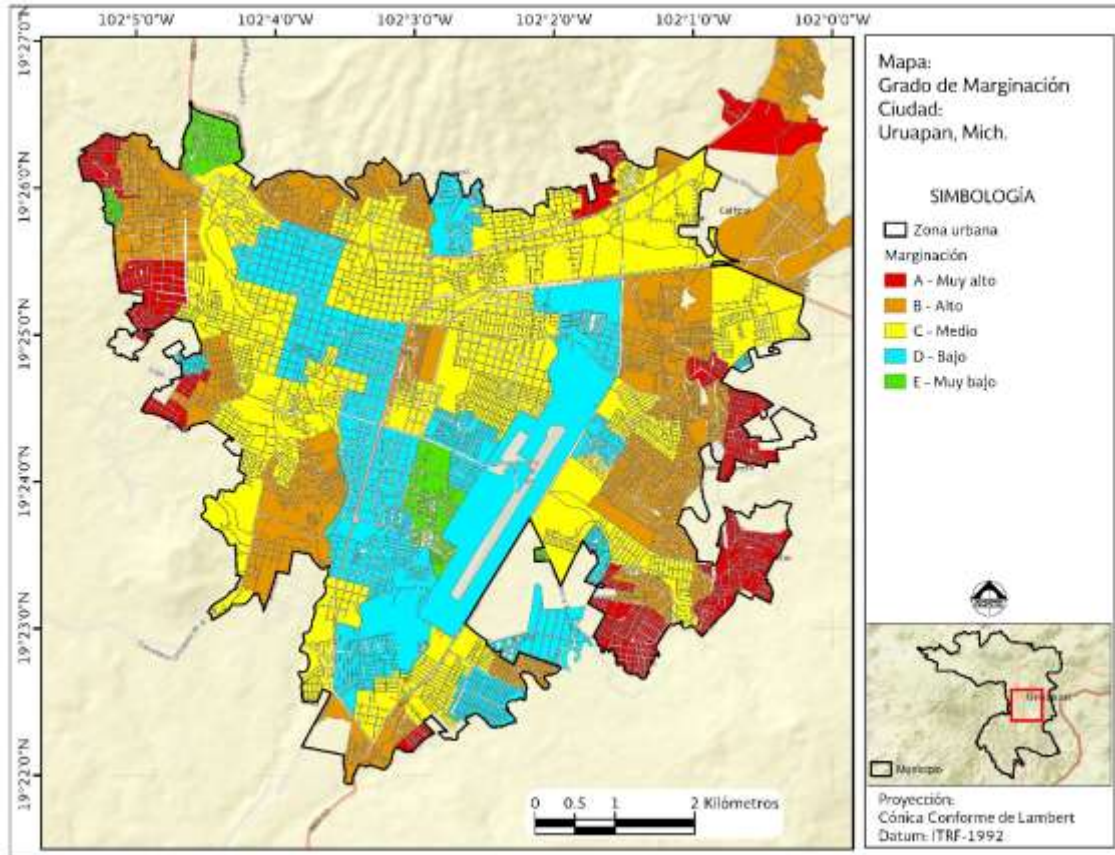


Figura 4.2 Grados de marginación en la zona urbana de Uruapan, Michoacán

Lo que muestran los datos estadísticos complementarios es la existencia de un 20.7% de población en condiciones propensas a la vulnerabilidad, particularmente ante la ocurrencia de eventos súbitos como las inundaciones, es decir, población infantil menor a 5 años (12.1%), adultos mayores de 65 años (5.6%) y población con problemas en la movilidad<sup>11</sup> (3%). En otras palabras, en cada manzana urbana hay en promedio 10.7 adultos mayores y 6.7 con limitaciones físicas, principalmente<sup>12</sup>. En cuanto a la desocupación laboral, el promedio es de 1.6 personas por manzana en esta situación, lo que representa el 0.5% de la población total. Es importante que este dato sea considerado como un indicador que influye en el nivel de vida material de las personas, lo que puede favorecer o inhibir su vulnerabilidad.

<sup>11</sup> INEGI considera dentro de este rubro dificultades para caminar, moverse, subir o bajar; incapacidad para vestirse, bañarse o comer; incapacidad para poner atención o aprender cosas sencillas.

<sup>12</sup> Los datos corresponden solamente a aquellas manzanas que tienen información.

Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Uruapan, Michoacán

	Población total	Población menor a 5 años	Población mayor a 65 años	Población con limitación en la actividad	Población desocupada
Totales	264,439	32,051	14,885	8,043	1,565
Promedio	125	s/d	10.7	6.7	1.6
Porcentaje	100	12.1	5.6	3	0.5

#### 4.6 Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas

La adopción de un enfoque que enfatiza la prevención, la disminución y mitigación del riesgo, exige la participación de una amplitud de actores en el proceso de la comunicación. Es deseable que la comunicación cubra todas las etapas de la gestión integral del riesgo desde la prevención hasta la reconstrucción y que fluya de manera horizontal (entre sectores e instituciones) y vertical (de los niveles federales de gobierno hasta la población). Debe además, ser multidireccional y tener un camino de ida y vuelta.

A partir de la información encontrada para el caso particular de la zona urbana de Uruapan, en cuanto a acciones de corte no estructural, se identifican algunas problemáticas en relación a la actuación de instancias gubernamentales del mismo y de diferente orden de gobierno, dentro y fuera del sistema de protección civil. Así, cooperación y coordinación resultan ser dos pilares sobre los que se cimientan la mayoría de los problemas que incrementan los daños por inundaciones:

- La organización institucional sigue estando fragmentada y existe una instancia que atienda en su justa dimensión la complejidad y las diferentes dimensiones que conforman la ocurrencia de las inundaciones, es decir, no sólo lo técnico, sino la integralidad y transversalidad de estos fenómenos.
- Continúa existiendo una atención mayormente enfocada a las acciones de corte estructural, faltando una política que busque el balance entre las medidas estructurales y no estructurales para prevenir y atenuar el impacto de los fenómenos extremos.
- Se ha identificado pero no se ha hecho nada para solucionar la carencia de una unidad administrativa que vigile la aplicación de Ley de Aguas y las consecuencias coercitivas de su incumplimiento en cuanto a invasión de cauces y asentamientos en zonas de riesgo.
- Existen pendientes legales aún no resueltos como la imposibilidad de la aplicación de la ley en cuanto a la invasión de zonas federales por la inexistencia de denuncias. En otros casos, la propiedad federal no se puede comprobar a causa de documentos extraviados. Después de 10 años de permanencia en una zona invadida se da la prescripción positiva a favor del propietario.
- No se tiene un sistema institucional para elaborar un catálogo de proyectos y programas que atiendan los problemas de los fenómenos extremos de manera integral. El presupuesto para la atención de los problemas generados por la ocurrencia crónica de los fenómenos extremos en el país es limitado e insuficiente y una buena parte del presupuesto asignado se dedica a la reconstrucción de infraestructura dañada y atención de emergencias.
- Falta de coordinación en planes y programas en las dependencias gubernamentales.

- Falta de coordinación entre los actores que otorgan licencias de construcción en zonas de riesgo; duplicación de funciones y atribuciones, lo que se traduce en vacíos en la actuación y el fincamiento de responsabilidades.
- Los recursos económicos son insuficientes para la elaboración de estudios y la falta de comunicación entre instancias inhibe que los estudios puedan ser coordinados y complementarios.
- No hay un dimensionamiento del personal profesional y especializado que se requiere para atender los fenómenos extremos ni programas en curso que atiendan las carencias de personal calificado.

En ámbitos urbanos, todo lo anterior deriva en evidenciar que en los programas de desarrollo urbano y los procesos de planificación urbana y regional no se han formulado aún claras políticas de prevención contra eventos extraordinarios como las inundaciones, lo que trae como resultado la falta de coordinación entre los actores, la superposición de sus funciones, los conflictos en la toma de decisiones, el uso ineficiente de los recursos, la adopción de medidas que pueden no considerar las necesidades reales de la población, en intervenciones con matices de paternalismo o de autoritarismo.

## 5 Evaluación de riesgos de inundación

Cuando se incorpora la probabilidad de inundación a los mapas de áreas inundables, dicha información se transforma en mapas de peligro por inundación. En estos mapas de peligro se describen aquellas peculiaridades del suceso que lo pueden convertir en más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia del agua o la carga de transporte de sólidos.

En los mapas de peligro se pueden identificar los distintos elementos (áreas agrícolas, carreteras, centros industriales, zonas urbanas) que pueden ser afectados por la inundación y a partir ellos, es posible determinar el nivel del potencial de impacto de la inundación sobre ellos.

### 5.1 Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema

La avenida de diseño para una obra hidráulica depende del periodo de retorno para el cual se diseña dicha obra. Para la determinación de la magnitud de la avenida es necesario hacer extrapolaciones a partir de los gastos máximos anuales registrados en el lugar donde se construirá la obra, pues casi siempre el periodo de retorno de diseño es mayor a la longitud del registro en años de gastos máximos anuales. Es evidente que la magnitud y la seguridad hidrológica de la obra dependerán del valor del gasto de diseño.

Sin embargo, cuando no se cuenta con información de escurrimientos en estaciones de aforo en la cuenca de estudio, es necesario la aplicación de un modelo lluvia escurrimiento para conocer los gastos en la salida de la cuenca o en cualquier otro sitio de la misma zona. En este estudio se cuenta con una estación hidrométrica aguas abajo de la zona urbana de Uruapan sobre el río Cupatitzio, la cual se analizó para calibrar los resultados del modelo lluvia escurrimiento.

#### 5.1.1 Cálculo de la precipitación media de diseño

La Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC), a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), interesada en la buena calidad de los estudios hidrológicos para elaborar mapas de peligro y riesgo por inundaciones, consideró pertinente elaborar mapas de isoyetas (altura de precipitación) con diferentes duraciones, asociados con distintos periodos de retorno, que proporcionan información importante para los Atlas de peligro o riesgo estatales y municipales, así como para el estudio de diferentes tipos de obras, que caen en el ámbito de otras dependencias del gobierno federal, organismos descentralizados y privados.

La información climatológica se obtuvo de la base de datos CLICOM, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que cuenta con alrededor de 5,338 estaciones en todo el país; sin embargo, las empleadas en este trabajo, corresponden a 2,243 estaciones pluviométricas instaladas en diferentes puntos del país. El número de estaciones utilizadas fue definido, básicamente, revisando que el registro histórico de cada estación contara con al menos 20 años de información válida, hasta diciembre de 2010.

Este trabajo abarca la totalidad del territorio nacional y presenta la información pluviométrica mediante mapas de isoyetas para cada uno de los Organismos de Cuenca en los que la CONAGUA divide al país y, aunque fue elaborado para simular escenarios de inundación, a través de los que se definen, tanto mapas de peligro como de riesgo, es

posible usarlo en proyectos de obras de infraestructura hidráulica (puentes, obras de protección, etc.).

Los periodos de retorno que se presentan son: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 y 2000 años, mientras que las duraciones corresponden a 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 días. El valor de la altura de precipitación máxima asociada con cada isoyeta está expresado en milímetros.

El análisis estadístico y probabilístico de la información se efectuó utilizando las distribuciones siguientes: Normal, Exponencial, Lognormal de 2 y 3 parámetros, Gama de 2 y 3 parámetros Gumbel y Doble Gumbel, en tanto que para determinar la bondad de cada una de las distribuciones de probabilidad a la serie de datos históricos, se usó el mínimo error estándar.

La Tabla 1, muestra el número de las mismas y también señala la cobertura media en km<sup>2</sup> / estación.

Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas con más de 20 años completos, en la República Mexicana

No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km <sup>2</sup> )	Existentes	Usadas	(km <sup>2</sup> /estac)
1	Aguascalientes	5,589	68	46	121.5
2	Baja California	70,113	130	36	1,947.60
3	Baja California Sur	73,667	160	72	1,023.20
4	Campeche	51,833	71	35	1,480.90
5	Coahuila	151,571	108	28	5,413.30
6	Colima	5,455	51	17	320.9
7	Chiapas	73,887	280	84	879.6
8	Chihuahua	247,087	328	58	4,260.10
9	Distrito Federal	1,499	63	30	50
10	Durango	119,648	148	83	1,441.50
11	Guanajuato	21,461	352	108	198.7
12	Guerrero	30,589	160	129	237.1
13	Hidalgo	63,794	220	66	966.6
14	Jalisco	20,987	139	180	116.6
15	México	80,137	282	105	763.2
16	Michoacán	59,864	242	93	643.7
17	Morelos	4,941	68	44	112.3
18	Nayarit	27,621	80	25	1,104.80
19	Nuevo León	64,555	167	55	1,173.70
20	Oaxaca	95,364	359	130	733.6
21	Puebla	33,919	206	97	349.7
22	Querétaro	11,769	58	33	356.6
23	Quintana Roo	50,350	43	20	2,517.50
24	San Luis Potosí	62,848	190	102	616.2
25	Sinaloa	58,092	180	51	1,139.10
26	Sonora	184,934	275	79	2,340.90
27	Tabasco	24,661	84	42	587.2
28	Tamaulipas	76,829	198	109	704.9
29	Tlaxcala	3,914	50	20	195.7
30	Veracruz	72,815	352	185	393.6
31	Yucatán	39,340	89	30	1,311.30
32	Zacatecas	75,040	137	51	1,471.40
	<b>TOTAL</b>	<b>1,964,173</b>	<b>5,338</b>	<b>2,243</b>	<b>1,092.90</b>

Para determinar las lluvias de diseño se utilizó en este trabajo el programa de cómputo llamado VELL (Visualizador de Escenarios de Lluvia) (Figura 5.1), desarrollado en el Centro

Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED<sup>13</sup>), con el cual se obtuvieron las alturas de precipitación para los periodos de retorno 2, 5, 10, 50 y 100 años (Tabla 5.2).

Estas alturas de precipitación corresponden a las precipitaciones máximas con duración de 24 horas, las cuales fueron obtenidas de la siguiente forma:

- Se delimitaron las cuencas tributarias o subcuencas de aportación al área de interés,
- Se determinaron los centroides de las subcuencas de aportación,
- Con las coordenadas de los centroides se utilizó la aplicación VELL para determinar las láminas de precipitación,



Figura 5.1 Interfaz del programa VELL elaborado por el CENAPRED

<sup>13</sup>CENAPRED, Mapas de Precipitación para Diferentes Duraciones y Periodos de Retorno. Octubre 2013.



Tabla 5.2 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno

Subcuenca	Tr 2 años (mm)	Tr 5 años (mm)	Tr 10 años (mm)	Tr 50 años (mm)	Tr 100 años (mm)
1	87.5	112.9	133.6	187.3	211.7
2	85.0	109.7	129.8	181.9	205.7
3	87.1	112.9	133.6	187.3	211.7
4	91.7	117.8	139.5	195.4	221.0
5	92.3	118.8	140.6	197.0	222.7
6	92.2	118.9	140.7	197.2	223.0
7	92.1	118.9	140.7	197.2	222.9
8	90.4	116.7	138.0	193.5	218.7

### 5.1.2 Construcción de tormentas hipotéticas

La construcción de estas tormentas asociadas para un determinado periodo de retorno es la solución práctica a los problemas de escasez de información pluviográfica, o de periodos reducidos de registro que no permiten desarrollar relaciones confiables lluvia-frecuencia.

Para la construcción de los modelos meteorológicos, se utilizaron los valores de precipitación para cada periodo de diseño, obtenidos del programa “Mapas de precipitación para diferentes duraciones y periodos de retorno” anteriormente mencionados; distribuyendo dicha lluvia a lo largo del día, con base en las ecuaciones de Chen (1983).

Es importante mencionar que la estación meteorológica automática llamada “Uruapan SMN”, la cual se encuentra en la zona de estudio, no cuenta con información suficiente para caracterizar las tormentas de la zona. Debido a lo anterior se ha utilizado la formulación de Chen (1983), únicamente para obtener un hietograma adimensional, ya que se cuenta con la lámina llovida de diseño con duración de 24 horas, obtenida con anterioridad.

Se procedió a distribuir de esta forma la precipitación debido a que en la zona se han presentado tormentas con duraciones de 24 horas debido a fenómenos meteorológicos extremos.

La fórmula, que calcula la lluvia (milímetros), de duración  $t$  (minutos) y periodos de retorno  $Tr$  (años), es la siguiente:

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10} \log(10^{2-F} Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c}$$

donde  $P_1^{10}$  es una lluvia expresada en milímetros que dura una hora, con un periodo de retorno de 10 años;  $a$ ,  $b$  y  $c$  son parámetros de función del cociente  $Ry$  y se determinan por medio de las relaciones siguientes:

$$a = 1.13171955 + 37.2614945R - 58.2203446R^2 + 387.242993R^3 - 357.121482R^4$$

$$b = -7.784969 + 59.5314751R - 120.215265R^2 + 246.112571R^3 - 203.278193R^4$$

$$c = 0.000507846976 + 3.92287365R - 9.60400232R^2 + 14.7036951R^3 - 9.27830257R^4$$

Enseguida se muestra el hietograma adimensional distribuido para una duración de 24 horas, el cual se aplicó a las lluvias de diseño anteriores (2, 5, 10, 50 y 100 años). Posteriormente, con el software HEC-HMS, se introducen las tormentas de diseño y éstas se distribuirán conforme a este hietograma adimensional.

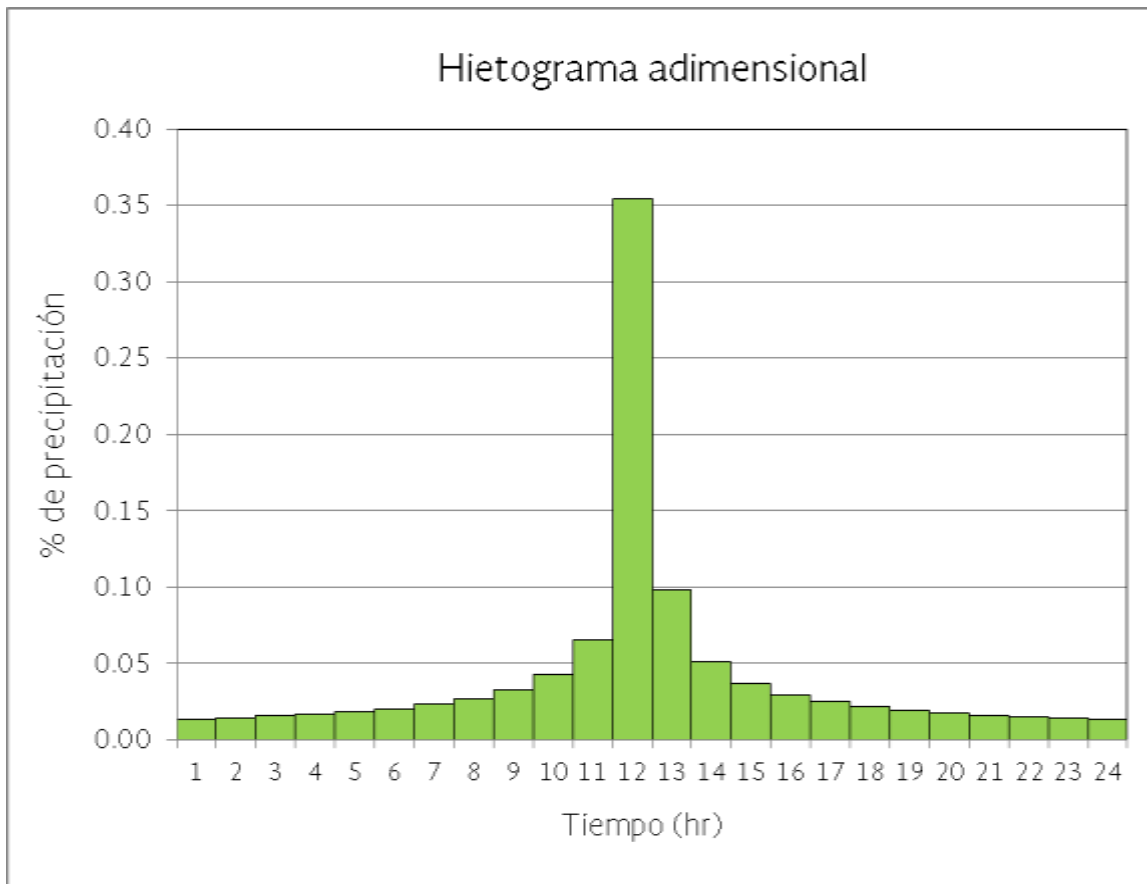


Figura 5.2 Hietograma adimensional para distribución de la precipitación de diseño

### 5.1.3 Modelo lluvia-escorrimento

El modelo hidrológico se realizó con el software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System), el cual sirve para la simulación hidrológica semidistribuida, y fue desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas, aplicando para ello algunos métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión de escurrimiento directo.

Los parámetros que se utilizaron en el modelo son los siguientes:

- Modelo de pérdida: Número de curva del SCS,
- Método de transformación de lluvia-escorrentamiento: Hidrograma unitario del SCS,
- Método para flujo base: ninguno.

Además, se determinó la lluvia de diseño en la zona urbana con el programa VELL y se utilizó el mismo patrón de lluvia que el de las subcuencas en el modelo hidráulico de IBER, teniendo un modelo hidráulico con entradas de caudales y de lluvia.

En la Figura 5.3 se muestra finalmente el modelo hidrológico construido.

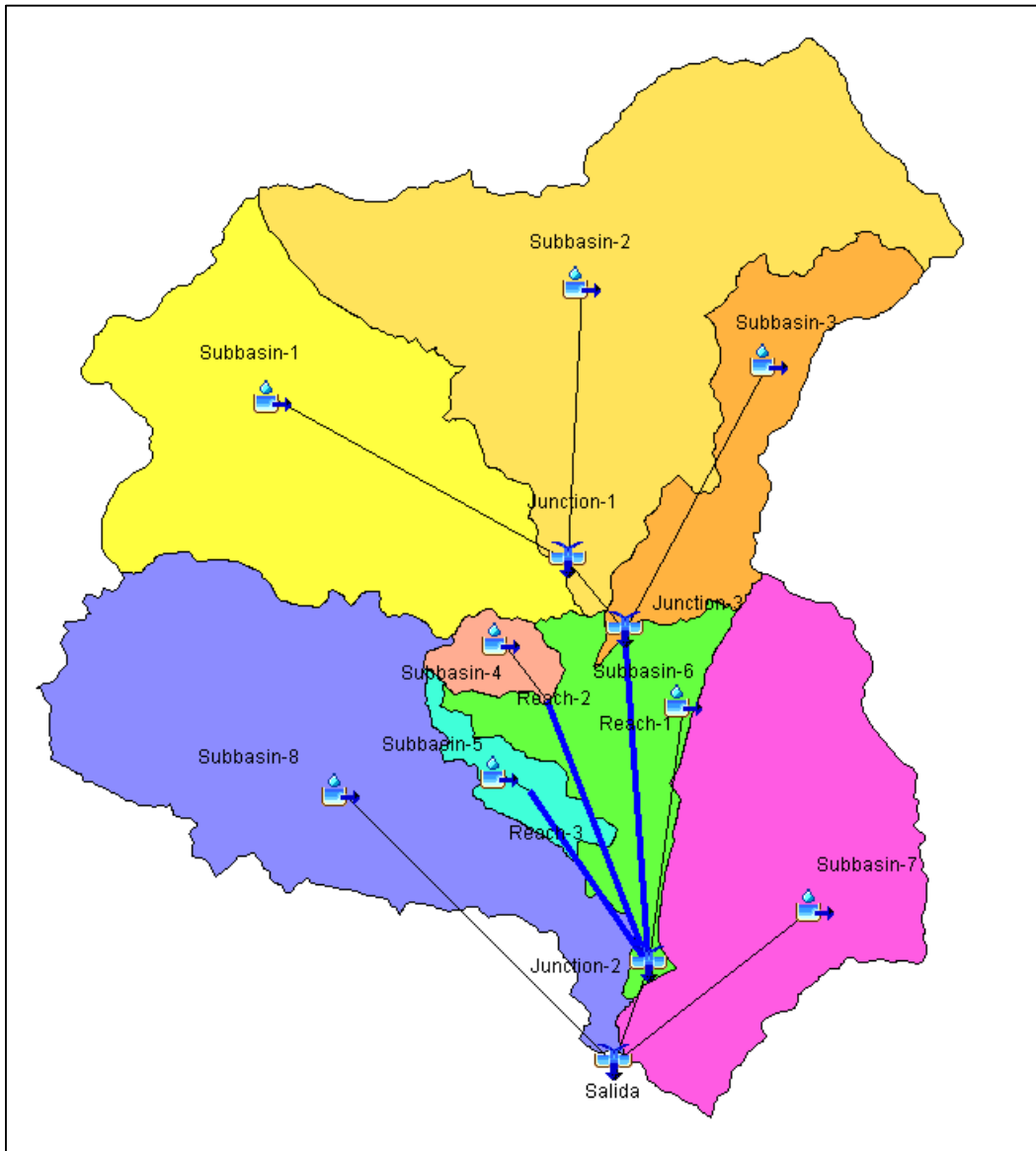


Figura 5.3 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS

### 5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las gráficas que resumen los resultados obtenidos de la modelación hidrológica, divididos en cuatro salidas en cinco cuencas. Dichas salidas corresponden a los hidrogramas de ingreso de gastos a la zona urbana: Entrada 1 (subcuencas 1 y 2), Entrada 2 (subcuenca 3), Entrada 3 (subcuenca 4) y Entrada 4 (subcuenca 5).

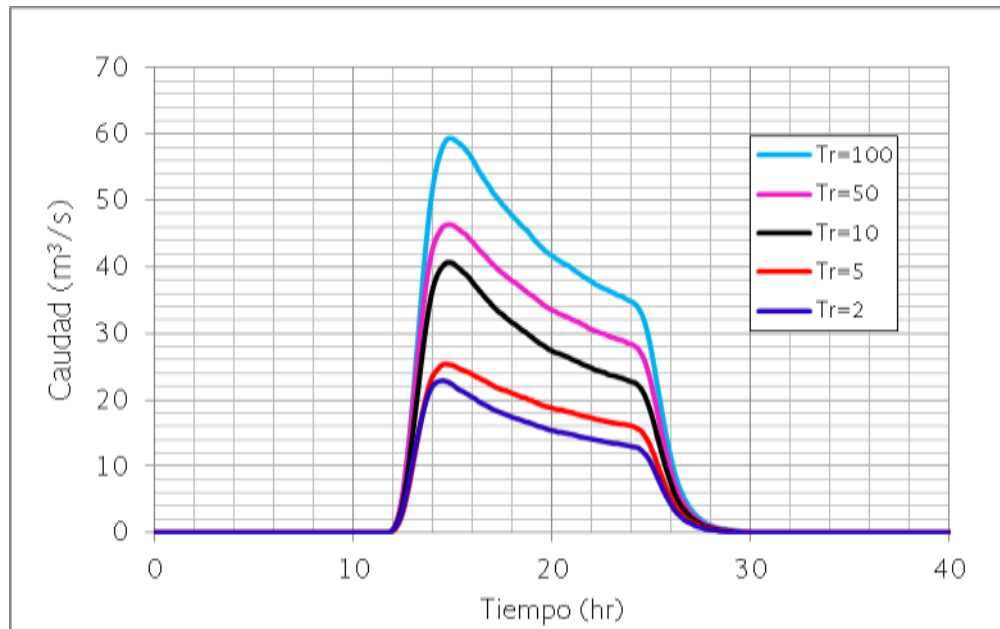


Figura 5.4 Hidrogramas de Entrada 1 (subcuencas 1 y 2)

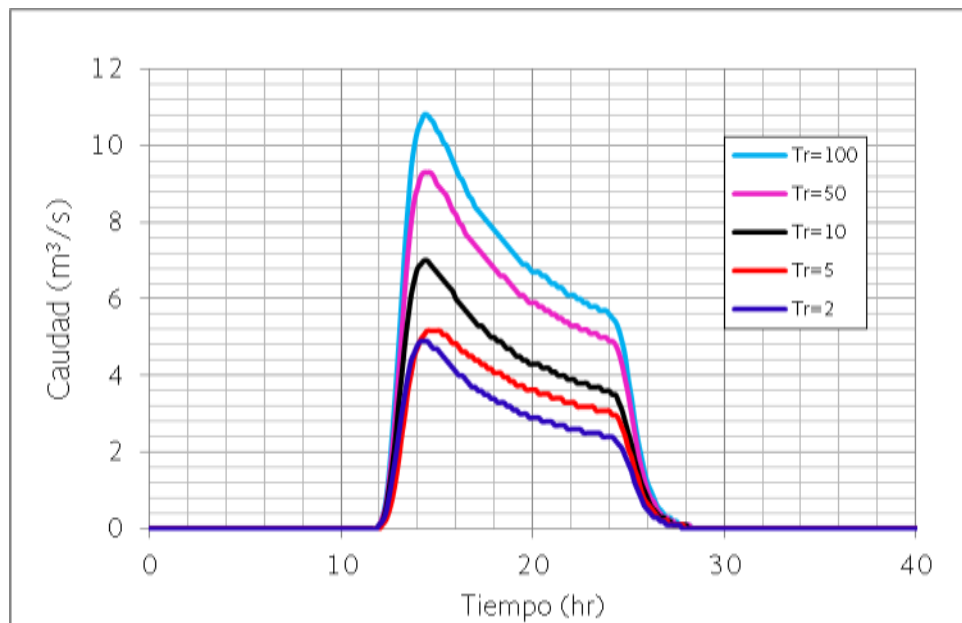


Figura 5.5 Hidrogramas de Entrada 2 (subcuenca 3)

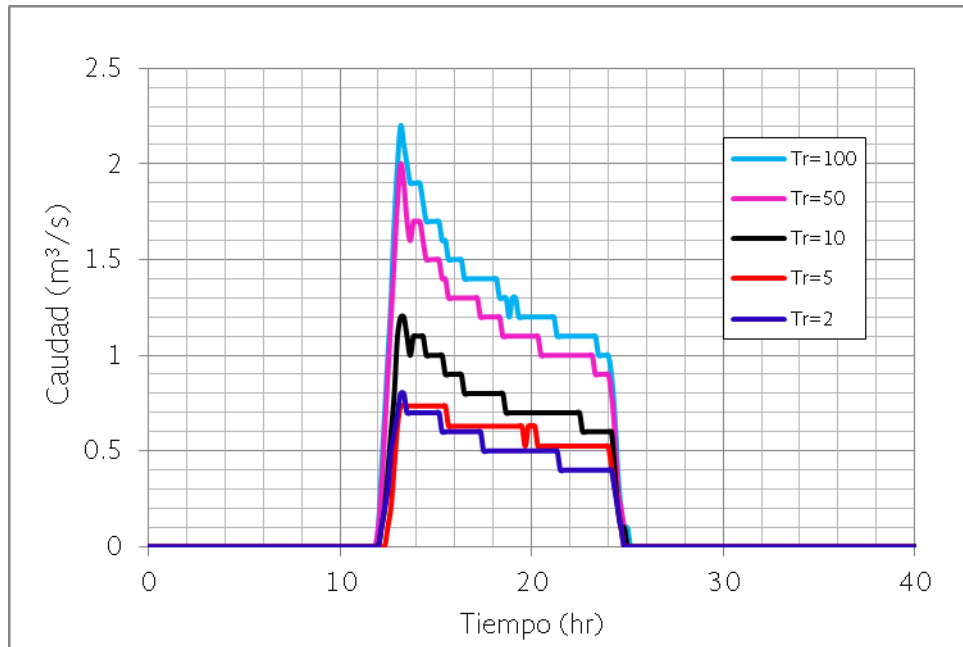


Figura 5.6 Hidrogramas de Entrada 3 (subcuenca 4)

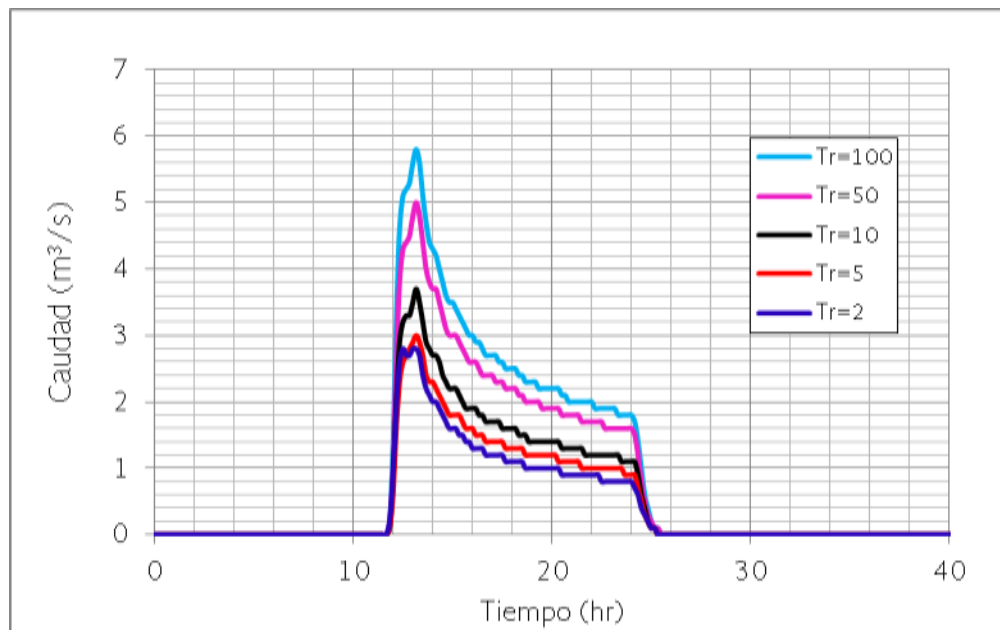


Figura 5.7 Hidrogramas de Entrada 4 (subcuenca 5)

Estas cuatro entradas son las que se introducirán al modelo hidráulico. La Entrada 1 corresponde a la sumatoria de los hidrogramas de las cuencas 1 y 2; la Entrada 2 es la aportación de la subcuenca 3; la Entrada 3 corresponde a la subcuenca 4; y la Entrada 4 corresponde a la aportación de la subcuenca 5.

## 5.2 Modelo hidráulico

El objetivo general de la presente evaluación es el de obtener los mapas de peligro para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años por inundaciones fluviales y pluviales de tipo lento (zonas con pendiente pequeña) aplicando técnicas de modelación matemática hidráulica de los flujos de agua somera en dos dimensiones horizontales, utilizando el software IBER 2.3.214.

### 5.2.1 Condiciones de frontera

En lo que respecta a la definición de las condiciones de frontera aguas abajo de un tramo en estudio, el primer parámetro que se considera es la pendiente del cauce. En general, los cauces asociados con planicies de inundaciones son aquéllos cuya pendiente del colector principal es suave es decir, que el tirante crítico es menor que el tirante normal. En consecuencia el perfil de flujo gradualmente variado que se formará sobre ellos es del tipo M.

Existen tres variantes para el perfil tipo M:

Perfil tipo **M1**. Se dice que se presenta este perfil cuando la variación de la superficie libre del agua (SLA) se registra con valores mayores al tirante normal (y por tanto también al crítico) y el régimen subcrítico.

Perfil tipo **M2**, Este tipo de perfil ocurre cuando la variación de la SLA está entre el tirante normal y el crítico y el régimen del flujo, al igual que en el caso anterior, también es subcrítico.

Perfil tipo **M3**, En este tipo de perfil la SLA tiene variaciones menores al tirante crítico (y por tanto también al normal) y, por lo tanto, el régimen del flujo que se presenta en él es supercrítico.

Dadas las características topográficas de las ciudades analizadas en el Programa Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH), este último tipo de perfil queda descartado como posible condición de frontera. Por lo anterior, la selección de la condición de frontera para el análisis de inundaciones en cada una de las ciudades analizadas, queda acotada a un perfil tipo M1, o bien, M2.

Con respecto a lo anterior, los dos posibles perfiles corresponden a flujo subcrítico, por lo que en ambos casos su cálculo se inicia en la frontera aguas abajo y tienden al valor del tirante normal. El primero inicia con un nivel de agua superior al tirante normal, se presenta cuando aguas abajo, la frontera es un cuerpo de agua o un control que provoca un nivel mayor al tirante normal y que posteriormente con un remanso (perfil M1). Dicho perfil sería posible cuando exista, aguas abajo, un cuerpo de agua que force el nivel del río.

De acuerdo con lo anterior, el perfil seleccionado para ser usado como condición de frontera general en los casos estudiados es el denominado M2, el cual parte del tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal. Se seleccionó este perfil debido a que es un perfil corto y tiende rápidamente a las condiciones de flujo establecido, a diferencia del M1, el cual puede necesitar varios km para su desarrollo.

---

<sup>14</sup>Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

## 5.2.2 Procesamiento del modelo digital de elevaciones

El modelo hidráulico de la zona de Uruapan fue elaborado sobre la base de datos del CEM v. 3.0 por lo que fue necesario llevar a cabo una modificación a la información en la zona de sus cauces.

Esta modificación se debió a que la resolución de la información del CEM es de 15 x 15 metros, lo cual la hace demasiado grande para mostrar la configuración de un cauce con anchos menores a estos valores; además que la información del continuo de elevaciones no contiene información de batimetría.

Para lograr el objetivo se siguió la siguiente metodología:

- Digitalizar los hombros del cauce de manera aproximada utilizando la fotografía satelital de algún servidor de mapas disponible (Google, ESRI, Bing, Yahoo, etc.),
- Medir el fondo del cauce en algunos puntos de cada uno de los tributarios de la zona a modelar,
- Usando álgebra de mapas en ArcGIS, aplicar las profundidades obtenidas como una diferencia sobre la elevación original del CEM para obtener un archivo de imagen tipo raster, de batimetría del cauce.



Figura 5.8 Vectores que delimitan el ancho de los ríos

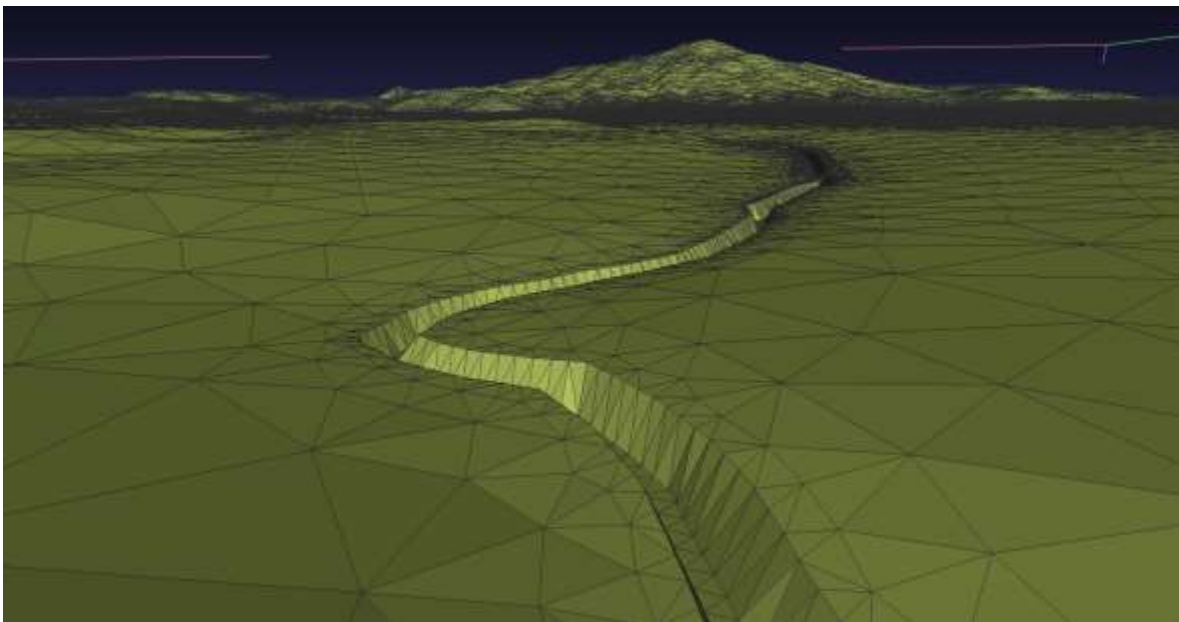


Figura 5.9 Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del río Cupatitzio



### 5.2.3 Infraestructura

En el modelo hidráulico de la zona de Uruapan, no se incluyó información de infraestructuras hidráulicas como son: alcantarillas, puentes, diques, etc. Ya que dichas estructuras no existen en el modelo, con excepción de los puentes. Sobre éstos últimos no existen planos con el detalle requerido para ser incluidos en el modelo.

### 5.3 Simulación en las condiciones actuales

Se realizaron las simulaciones hidráulicas con el uso del programa IBER mediante el módulo hidrodinámico de IBER, el cual resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de St.Venant 2D. Dichas ecuaciones asumen las hipótesis de distribución de presión hidrostática y distribución uniforme de velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios y zonas costeras. La hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple de forma habitual en ríos y estuarios, siempre y cuando no existan procesos relevantes de estratificación debido a diferencias de salinidad, de temperatura o al viento.

Las variables, parámetros y características para la simulación hidráulica de cada una de las avenidas de diseño son las siguientes:

- Utilización de modelos con mallas no estructuradas de triángulos, con longitudes de arista de 3 m y 4 m en los cauces para los diferentes tipos de cauce, de 20 metros en la zona urbana, que es la planicie de inundación o zonas residenciales y de 50 y 100 m para las zonas más retiradas de la zona urbana que corresponden a montañas principalmente. Lo anterior para disminuir el tiempo de simulación para cada periodo de retorno.

Los datos del problema son los siguientes:

- Tiempo máximo de simulación: 154,800 segundos,
- Intervalo de resultados: 3,600 segundos,
- Esquema numérico: Primer orden,
- Número de Courant-Friedrichs-Lewy: 0.45,
- Límite Seco-Mojado: 0.001 m.,
- Método de secado: Hidrológico

En la geometría del modelo se incluyeron:

1. Condiciones de borde como: hidrogramas de entrada y la definición de las salidas,
2. condiciones iniciales de flujo seco,
3. hietograma de tormenta de diseño: ingreso de lluvia efectiva al modelo,
4. en cuanto a la rugosidad, se ha empleado el coeficiente de Manning variable en función de la cobertura de suelo, infraestructura y vivienda existentes.

Se ingresó la lluvia efectiva en la malla de cálculo del modelo hidráulico, para disminuir los procesos de cálculo. El patrón de lluvia que se usó, es el mismo hietograma de lluvia adimensional obtenido con las fórmulas de Chen (1983).

Para estimar la resistencia al flujo que presentan los elementos dentro de la zona urbana a modelar se utiliza el coeficiente de Manning.

Para definir los distintos valores de coeficientes de Manning en toda el área a modelar, se utilizó la información vectorial de la capa vectorial de manzanas de INEGI (Figura 5.10). A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo.

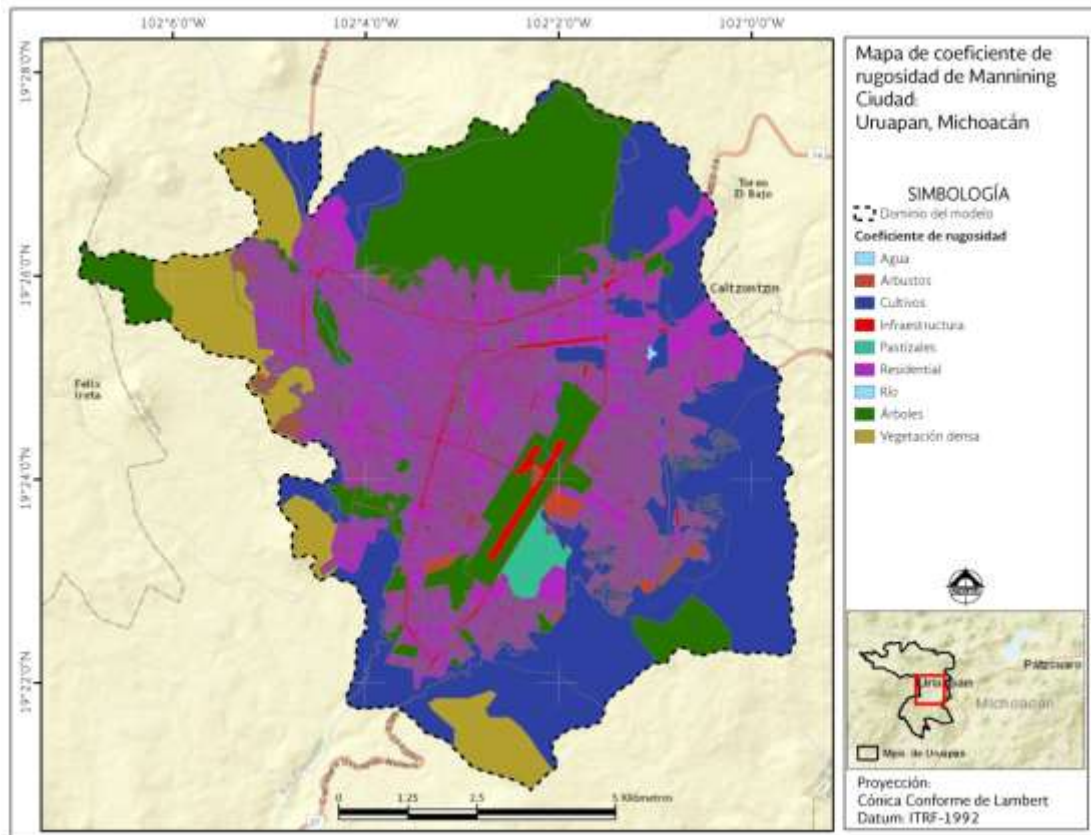


Figura 5.10 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Uruapan

Luego de procesar la capa arriba mencionada, para asignarle valores se emplearon los sugeridos por Ven Te Chow<sup>15</sup>, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER (Tabla 5.3).

<sup>15</sup> Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos, pag. 108, Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n”. Mc Graw Hill. 2004.

Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n” de acuerdo con el uso del suelo

Clases	n Manning	Fuente
Río angosto < a 30m y recto con matorrales y piedras	0.035	Chow
Río angosto < a 30m y serpenteante con matorrales y piedras	0.06	Chow
Río angosto < a 30m montañoso	0.04	Chow
Río ancho > a 30 m con sección irregular y rugoso	0.04	Chow
Suelo desnudo	0.023	IBER
Pastizales	0.03	IBER
Bosque	0.12	IBER
Playa	0.023	IBER
Matorrales	0.06	Chow
Árboles	0.12	IBER
Vegetación urbana	0.023	IBER
Escasa vegetación	0.08	IBER
Vegetación densa	0.18	IBER
Colectores pluviales	0.017	Chow
No clasificado	0.032	IBER
Calles	0.02	IBER
Industrial	0.1	IBER
Viviendas	0.15	IBER
Cultivos	0.04	Chow
Arbustos	0.06	Chow
Cuerpos de agua	0.07	Chow
Parque	0.12	IBER
Canal concreto	0.02	Chow

Enseguida se muestra un esquema con los datos ingresados al modelo.

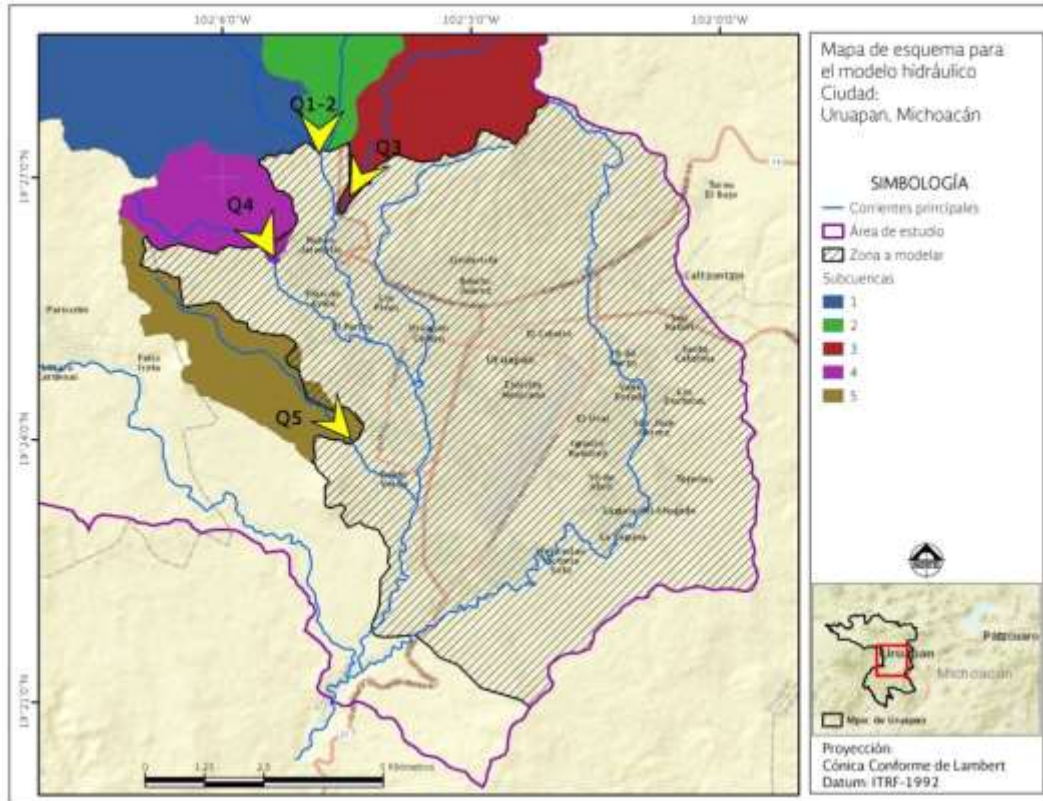


Figura 5.11 Esquema del modelo hidráulico

## 5.4 Resultados

Este estudio, además de realizarlo para definir los niveles de inundación y las velocidades de inundación, también se hizo con el objeto de evaluar el riesgo de inundación con base en el estudio que el gobierno de New South Wales (Australia) solicitó hacerle al río Bielsdown, el cual atraviesa una localidad llamada Dorrigo, con el fin de determinar una adecuada gestión de riesgos en llanuras de inundación. Por lo que enseguida se presentan los resultados de los niveles de inundación, las velocidades de inundación y la severidad para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años; así como el riesgo actual.

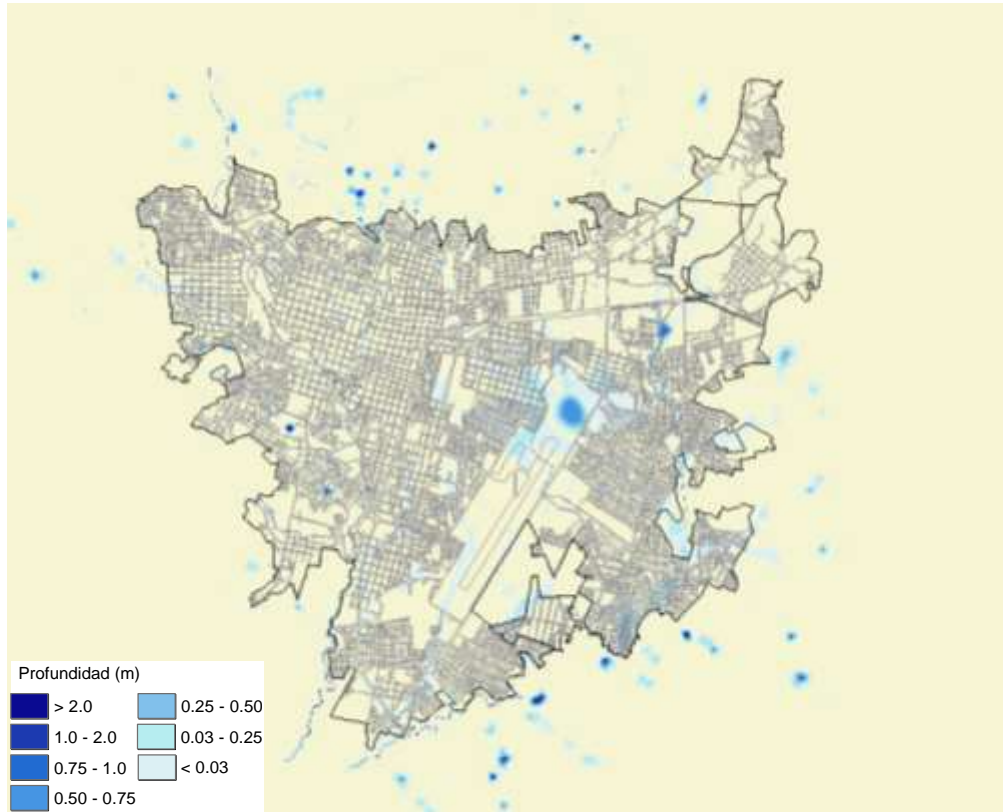


Figura 5.12 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años

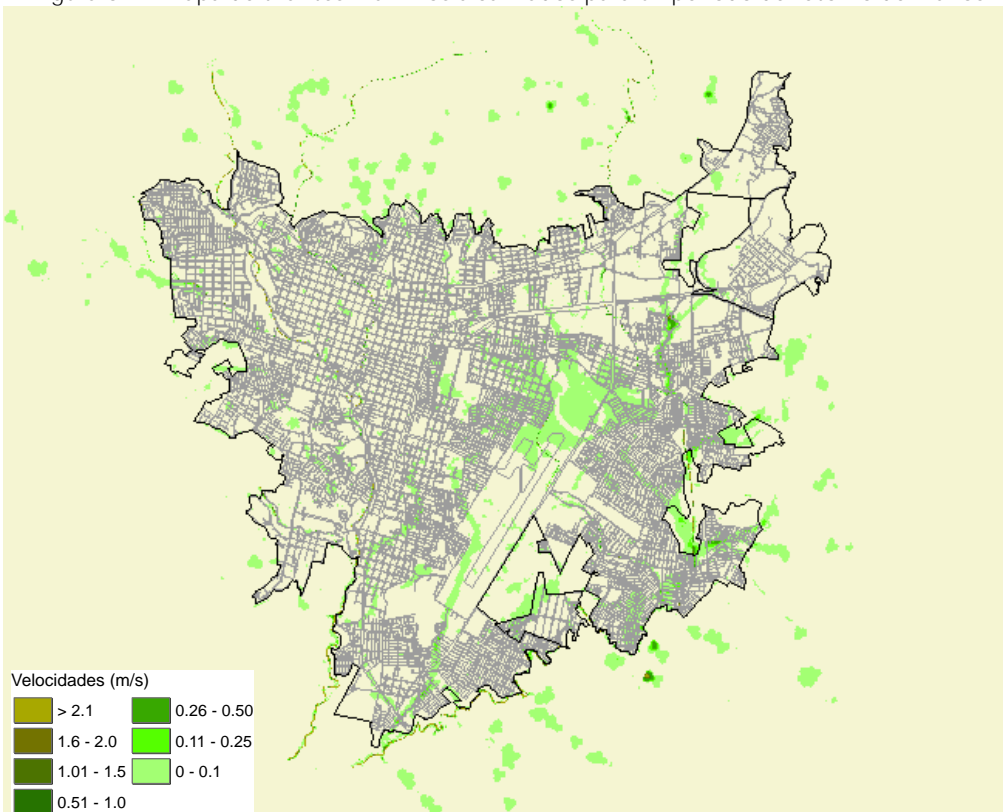


Figura 5.13 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años

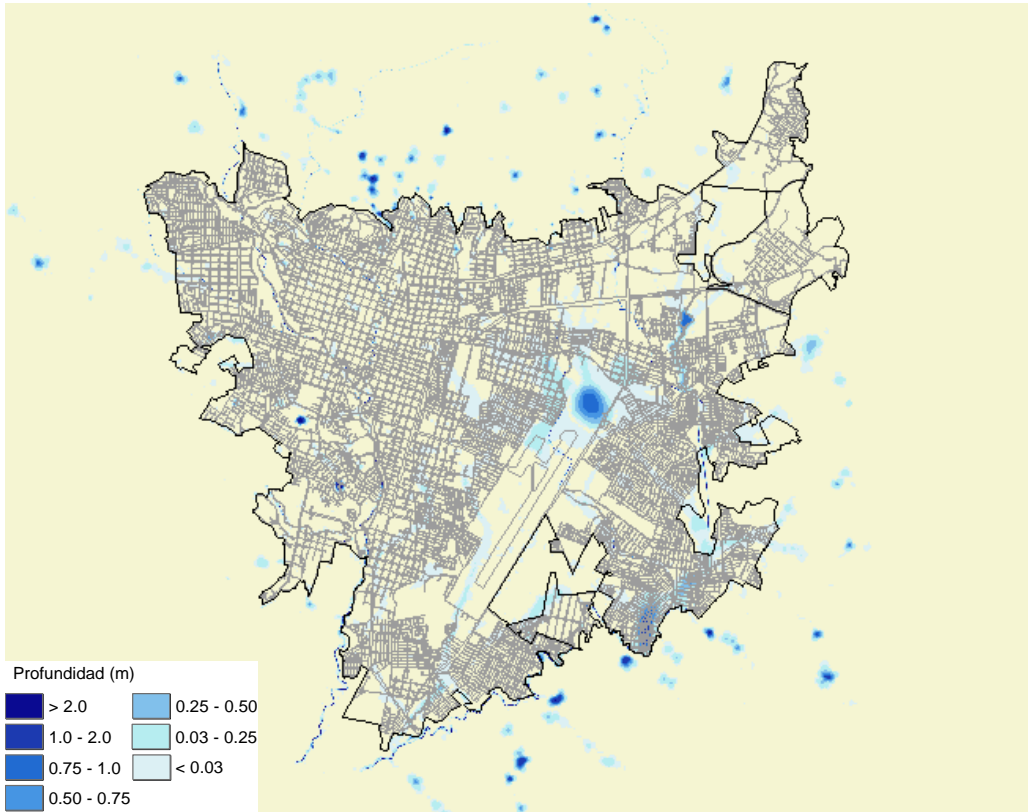


Figura 5.14 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años

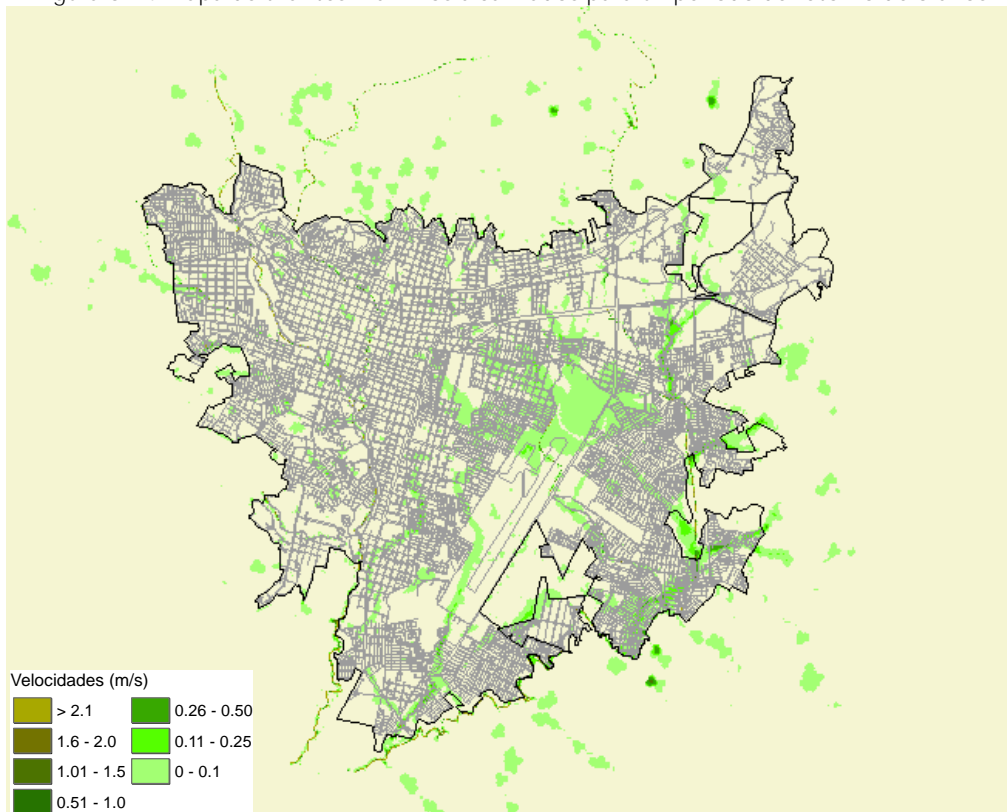


Figura 5.15 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años

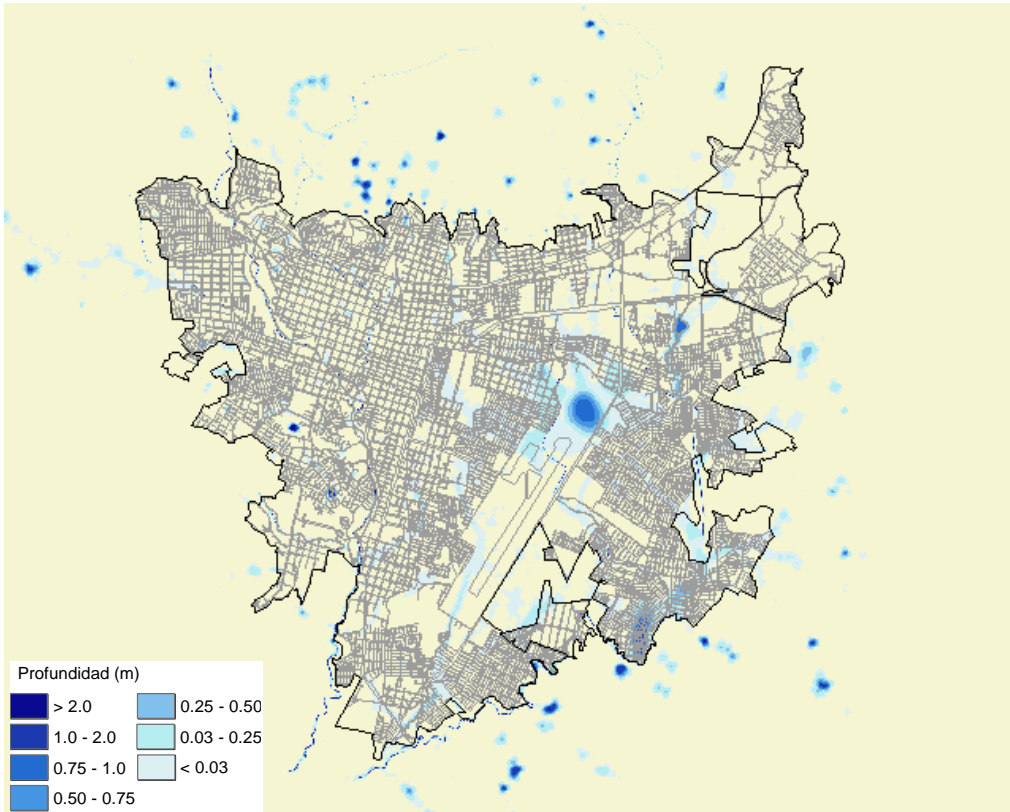


Figura 5.16 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años

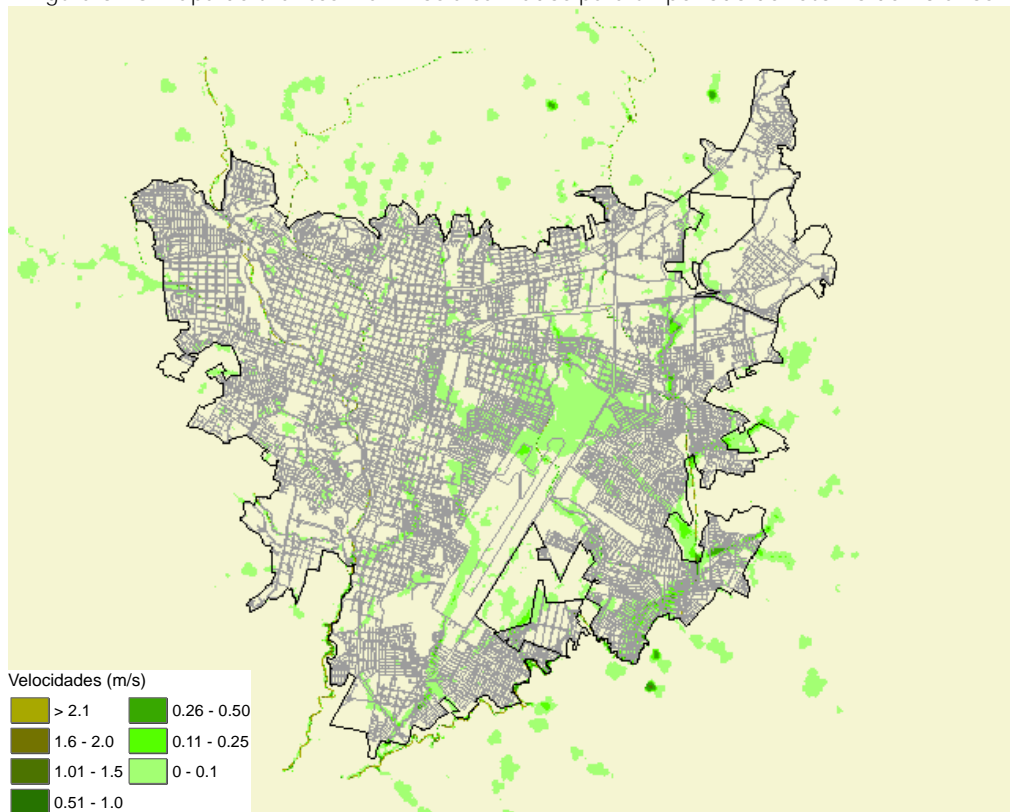


Figura 5.17 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años

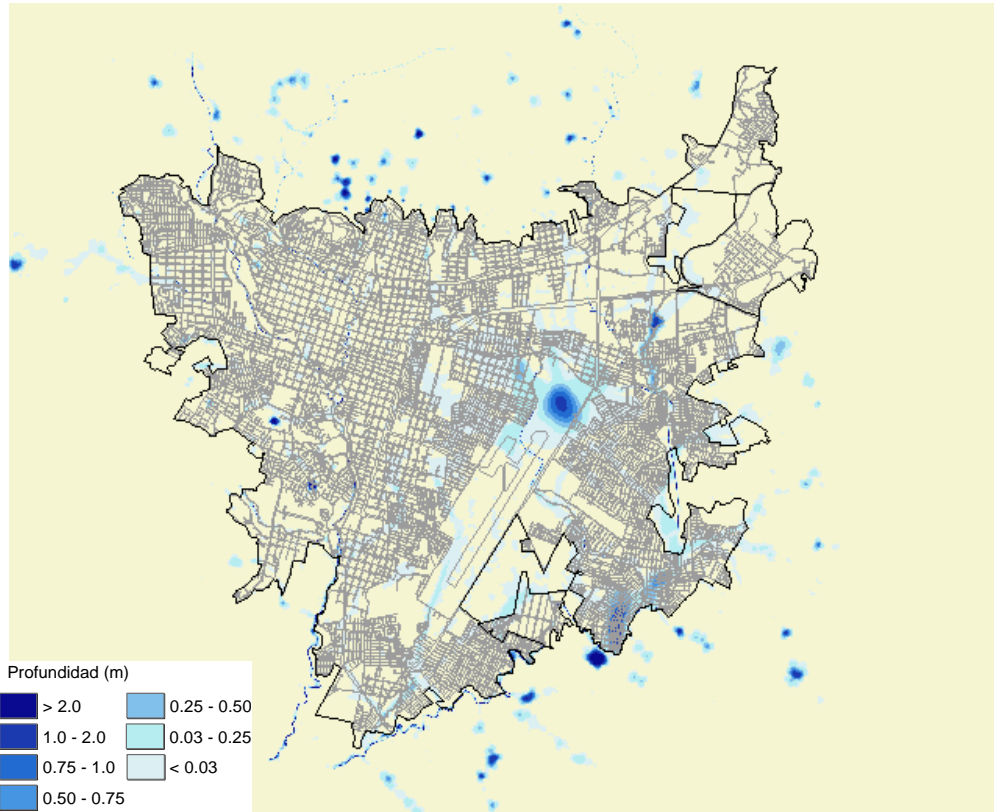


Figura 5.18 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años

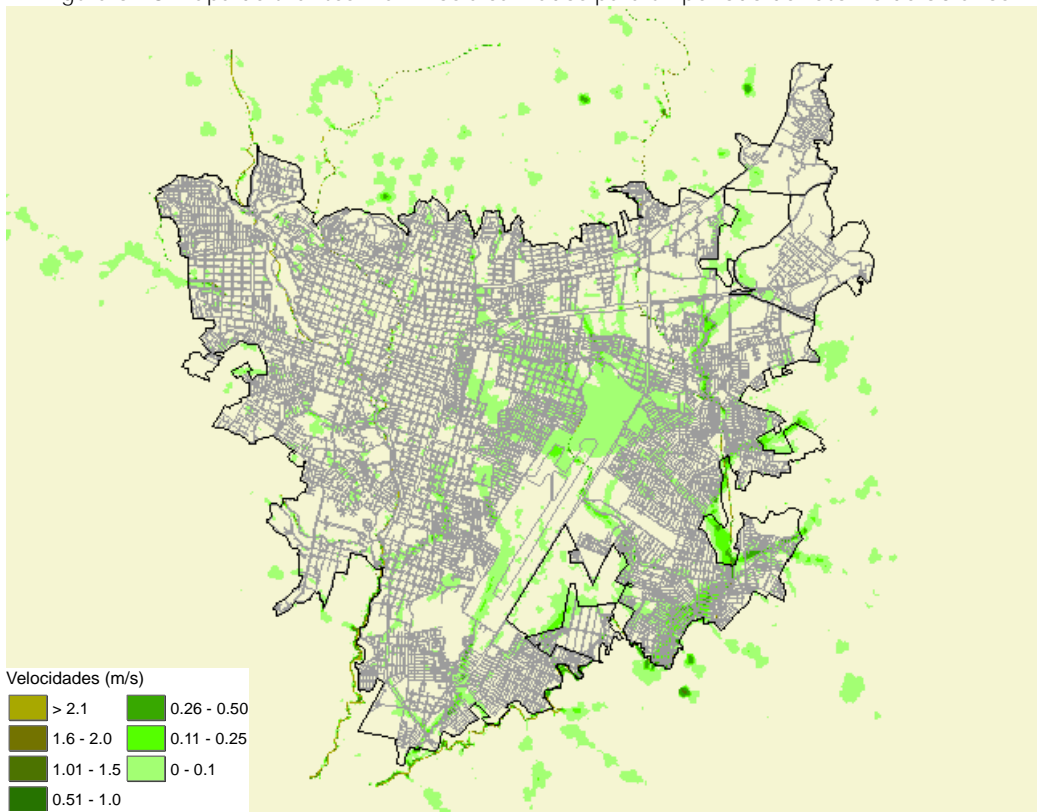


Figura 5.19 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años



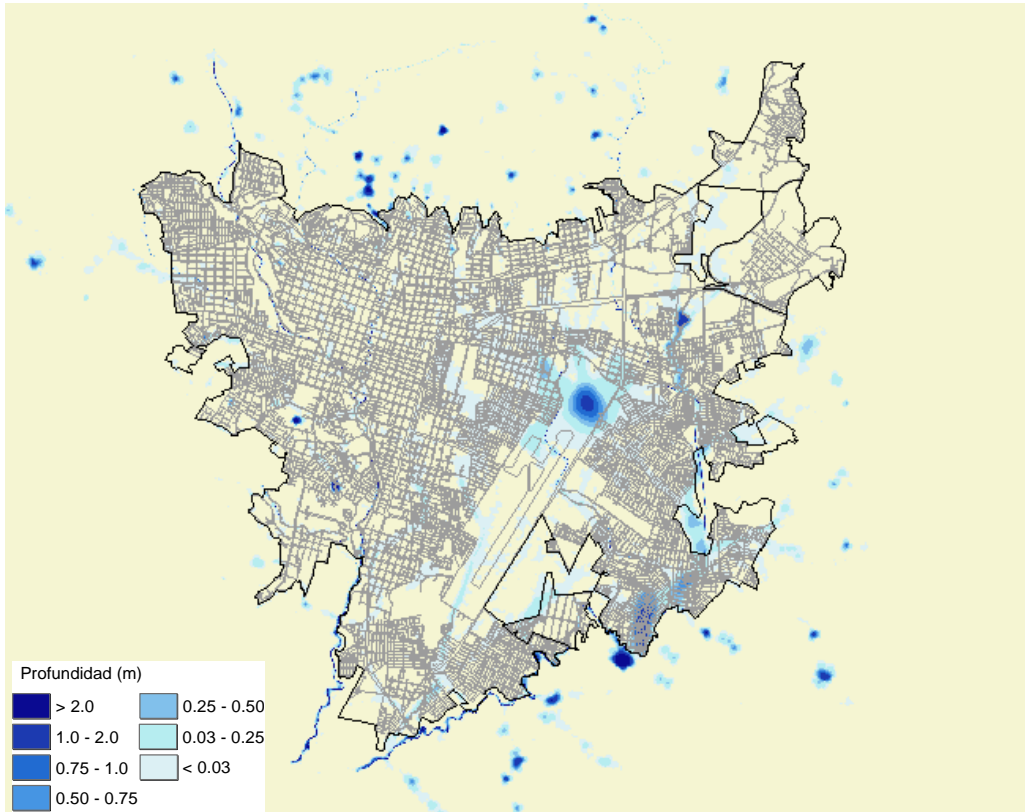


Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años

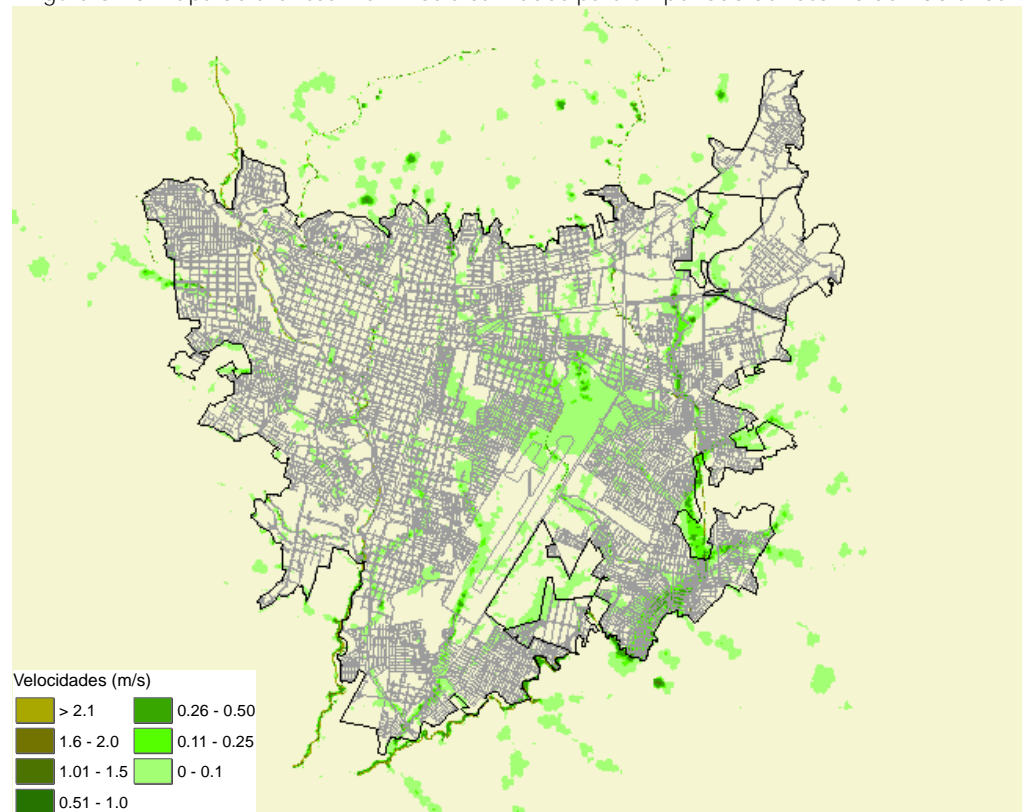


Figura 5.21 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años

## 5.5 Análisis de los resultados

Se hizo una revisión de la evolución de los caudales para las cinco avenidas de diseño en la entrada y salida de los ríos Cupatitzio, de La Plata y Santa Bárbara-San Antonio, con el objeto de conocer directamente la evolución del caudal y volumen, por ser las tres corrientes más importantes de la ciudad de Uruapan.

Cabe señalar que el río Cupatitzio no presenta problemas de desbordamientos considerables dentro de la zona urbana considerando la avenida para un periodo de retorno de 100 años, solo se muestran unas pequeñas manchas que en realidad son pequeños embalses formados por derivaciones en su trayecto dentro de la zona urbana, lo cual se presenta en las colonias El Vergel, Cupatitzio y Centro (Figuras 5.22 y 5.23).

Existe una zona de inundación en la parte sur del río Cupatitzio, a la altura del fraccionamiento Mediterránea y colonia Emiliano Zapata, afectando parte de la Avenida Revolución que es continuación de la Avenida Lázaro Cárdenas (Figuras 5.24 y 5.25). El tirante presentado es del orden de 15 centímetros en la colonia Emiliano Zapata mientras que en el fraccionamiento es de 70 centímetros en la zona más cercana a la margen del río. Sobre la avenida Revolución se obtuvieron tirantes de hasta 9 centímetros.

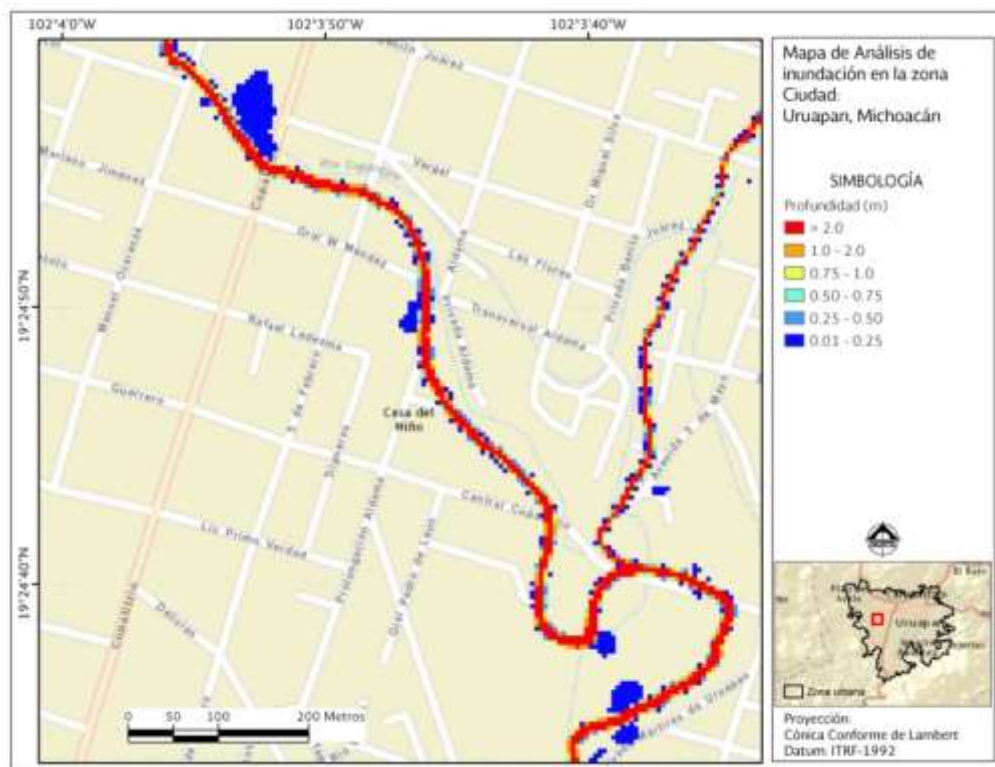


Figura 5.22 Zonas de inundación en la zona centro de Uruapan (TR= 100 años)



Figura 5.23 Fotografía de pequeños embalses en el trayecto del río Cupatitzio

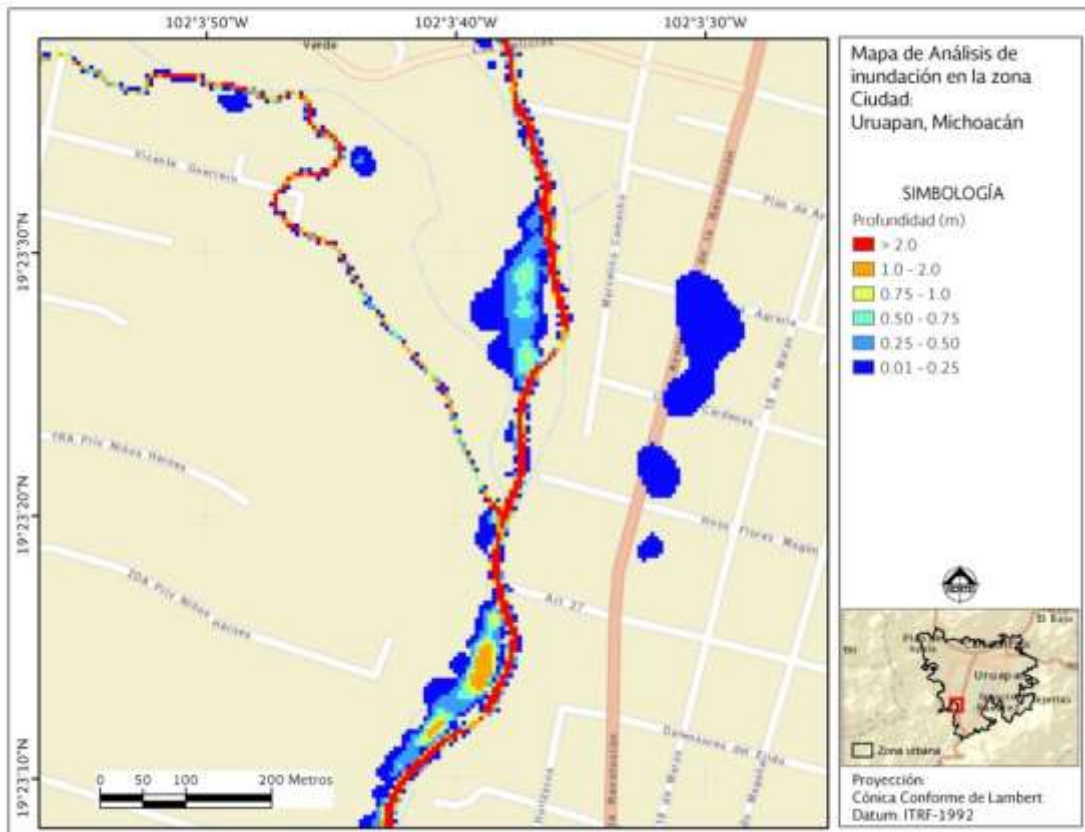


Figura 5.24 Zonas de inundación en la zona sur sobre el río Cupatitzio, calles (TR= 100 años)

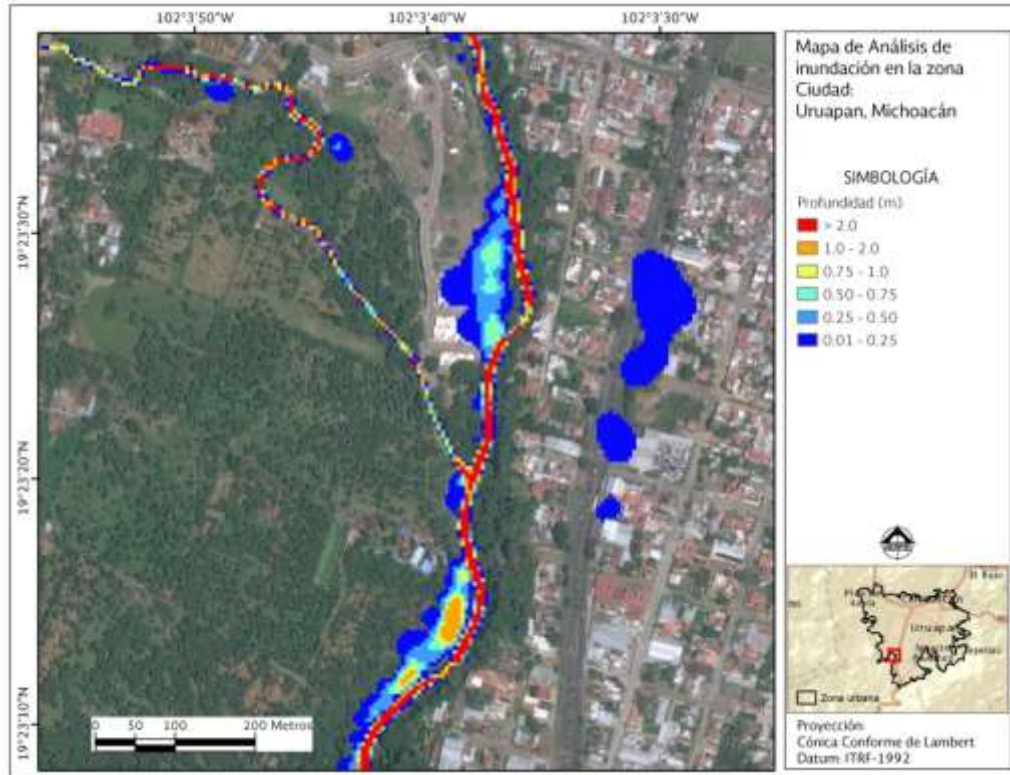


Figura 5.25 Zonas de inundación en la zona sur sobre el río Cupatitzio, satélite (TR= 100 años)

La zona del río de La Plata que cruza por la parte norte del Aeropuerto Internacional de Uruapan, desborda desde antes de ingresar al terreno del aeropuerto, afectando gran parte de las colonias La Perla, Las Fuentes, Tabachines, Francisco Villa, 7 de Marzo, entre otras colonias cercanas. Al ingresar al aeropuerto la avenida de TR= 100 años inunda la parte norte del aeropuerto, donde se estanca debido a la poca pendiente del terreno. El agua que logra desalojar el río de La Plata dentro del aeropuerto es conducida por las colonias Mapeco, Insurgentes, San Francisco y Planetario, hasta incorporarse al río Santa Bárbara-San Antonio, dejando zonas inundadas a su paso.

Es importante señalar que los habitantes de esa zona comentan que los terrenos del aeropuerto siempre se mantienen inundados, debido a la poca pendiente que tiene y además de que el nivel freático es muy superficial, lo que mantiene esos terrenos en estado pantanoso la mayor parte del año.

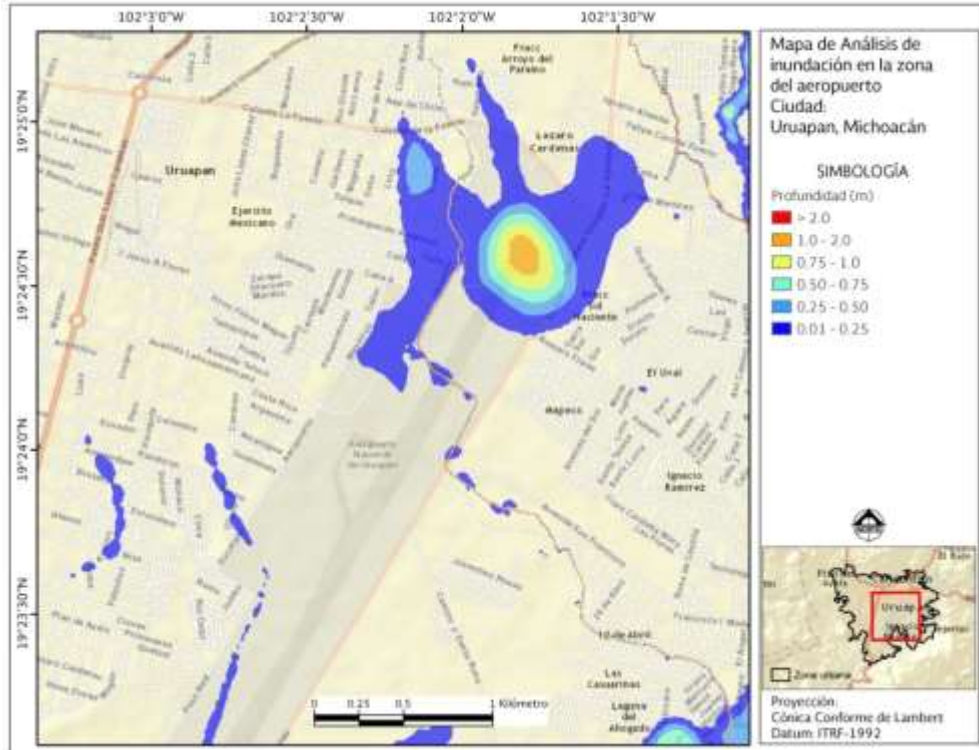


Figura 5.26 Zonas de inundación en la zona del aeropuerto, calles (TR= 100 años)

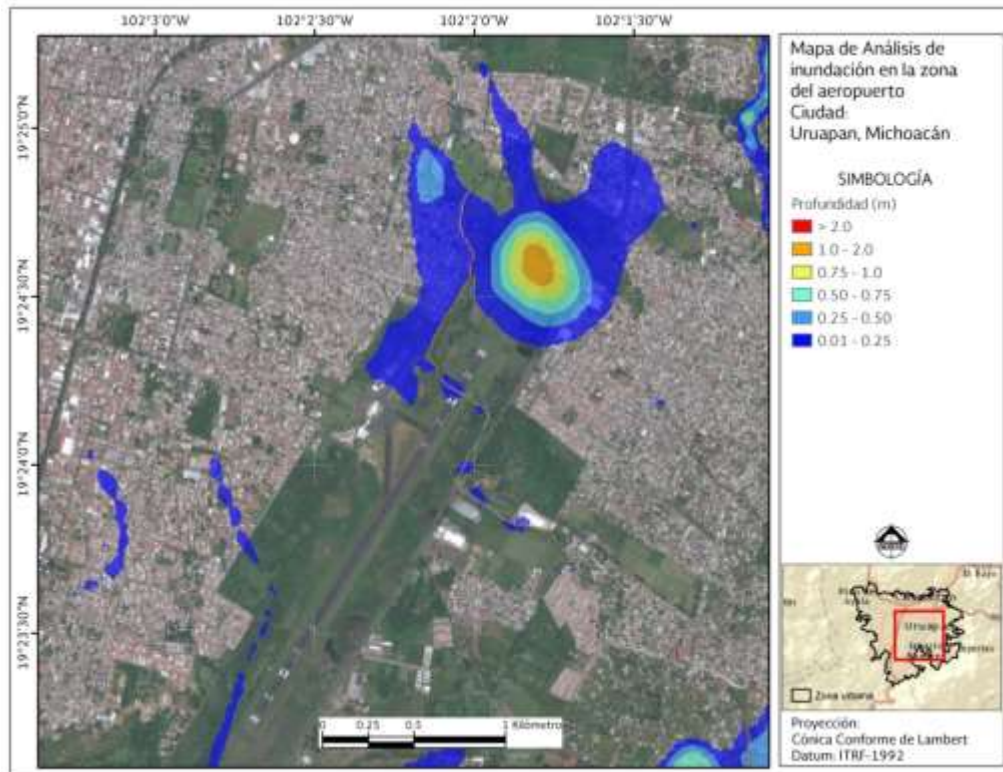


Figura 5.27 Zonas de inundación en la zona del aeropuerto, satélite (TR= 100 años)



Figura 5.28 Zonas pantanosas en el aeropuerto de Uruapan

El río Santa Bárbara cruza de norte a sur la ciudad de Uruapan por el costado este de la zona urbana. Recibe este nombre por ser la corriente de salida de la presa Santa Bárbara o Caltzontzin, la cual tiene fines de recreación actualmente, y al carecer de datos técnicos y por su poca capacidad de almacenamiento no se incluyó en el modelo hidráulico.

El río Santa Bárbara recibe un importante afluente por su margen derecha, el cual tiene su origen en la parte alta del cerro de La Cruz y recorre 7 kilómetros aproximadamente por la zona urbana de Uruapan, y se une al río Santa Bárbara un kilómetro aguas abajo de la salida de la presa Santa Bárbara. A partir de aquí sigue una dirección sur hasta unirse con el río de La Plata, el cual proviene de la parte centro de Uruapan y recorre los terrenos del aeropuerto como ya se comentó anteriormente.

A partir de esta confluencia se le conoce como río San Antonio, y es justo en esta zona de la confluencia por la margen derecha donde se presentan los mayores problemas de inundación en la ciudad de Uruapan, afectando muchas colonias populares y ocasionando grandes áreas de pantanos (Figura 5.29). Estas colonias son La Laguna, Laguna del Ahogado, Victoria, Predio Calderón, San Luis y Bosques de Oriente. En la misma zona pero por la margen izquierda del río San Antonio se encuentra localizada la planta de tratamiento de la ciudad de Uruapan. A continuación se muestra el resultado de tirantes máximos para el periodo de retorno de 100 años y la afectación producida en esta zona:

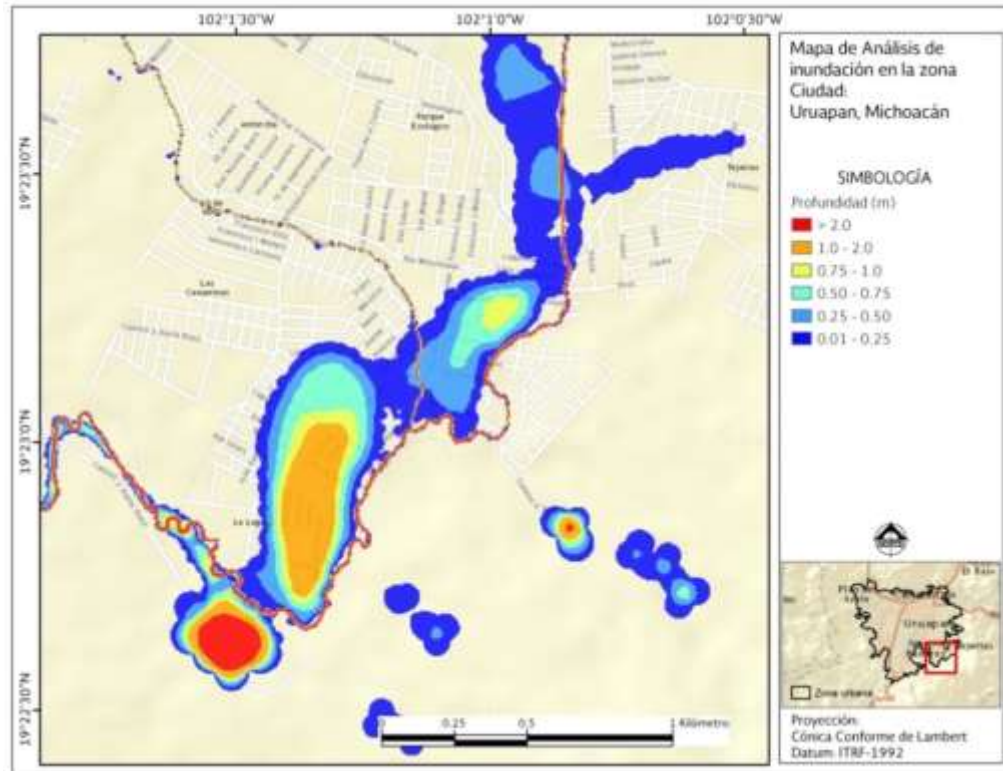


Figura 5.29 Zonas de mayor inundación en Uruapan (TR= 100 años)

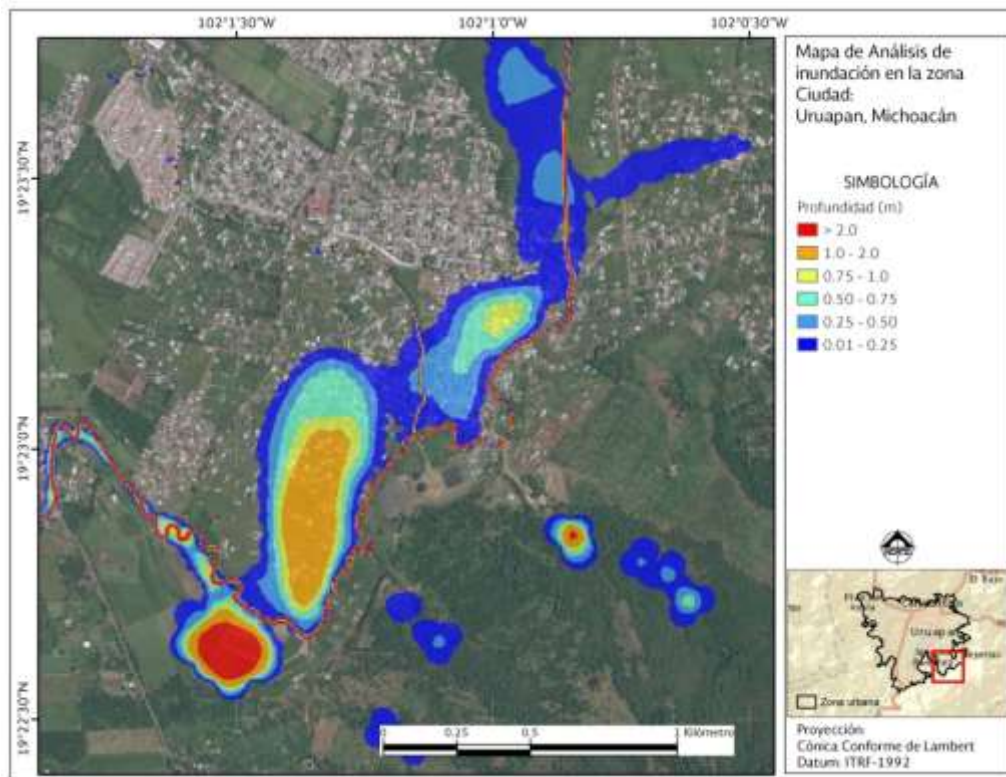


Figura 5.30 Zonas de mayor inundación en Uruapan (TR= 100 años)

El desbordamiento sobre el río San Antonio es debido a la falta de capacidad del cauce para la avenida de diseño de 100 años, y se presenta sobre la calle Fresno de la colonia Popular La Laguna sobre la margen derecha. La zona inundada penetra en el área urbana hasta 350 metros y las profundidades máximas son de 1.53 metros (Figura 5.32).

En la colonia Los Lagos el río Santa Bárbara desborda a la altura de la avenida Lago de Sayula, inundando una extensión de 270 m dentro de la colonia con profundidades de hasta 90 centímetros sobre la margen derecha del río (Figura 5.33).

En esta zona se presentan tirantes máximos del orden de los 4.9 metros, donde el río cambia de dirección sur a suroeste, inundando una zona agrícola por la margen izquierda, justo frente a la colonia Victoria (Figura 5.34).

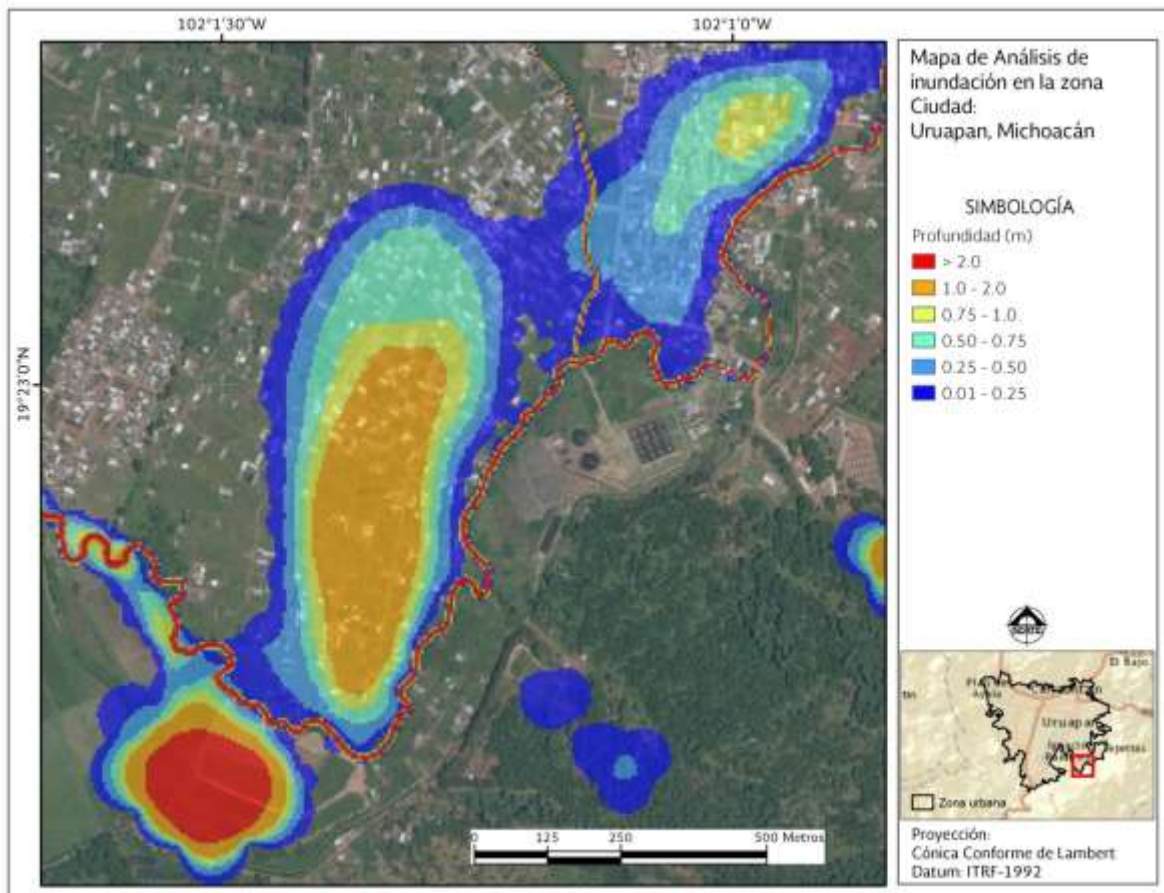


Figura 5.31 Zonas de mayor inundación en Uruapan y planta de tratamiento (TR= 100 años)



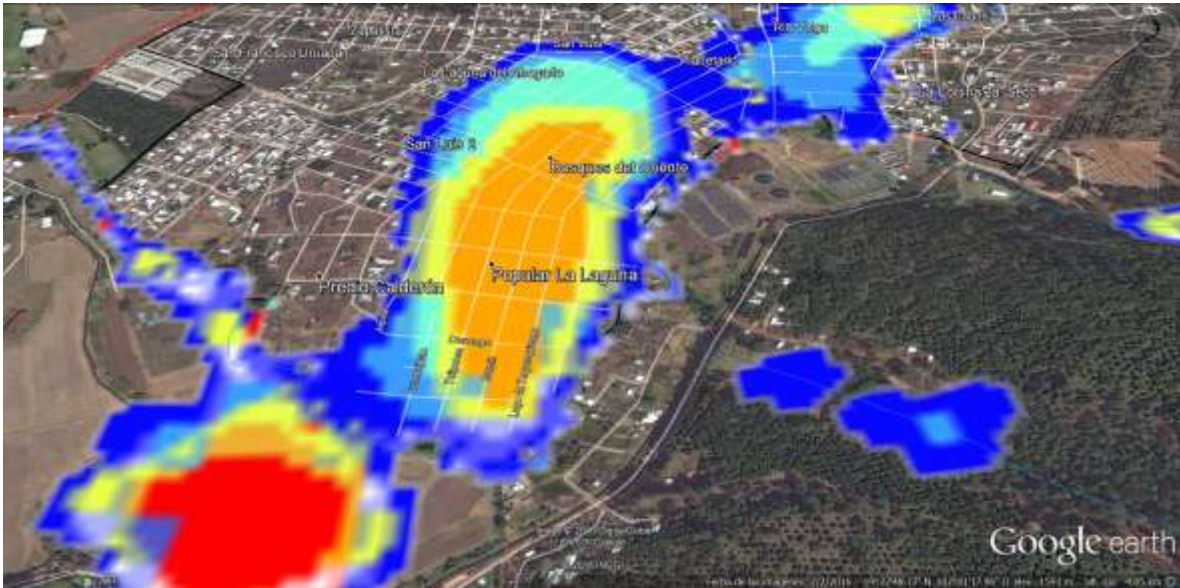


Figura 5.32 Inundación en colonia La Laguna, calle Fresno (TR= 100 años)

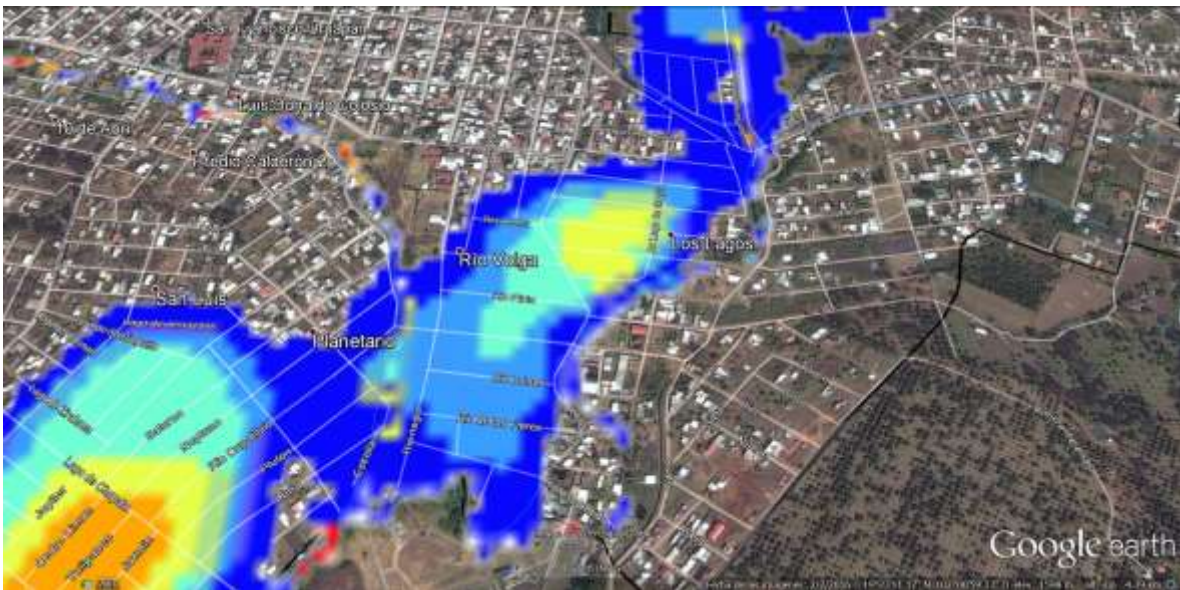


Figura 5.33 Inundación en la colonia Los Lagos, calle Lago de Sayula (TR= 100 años)

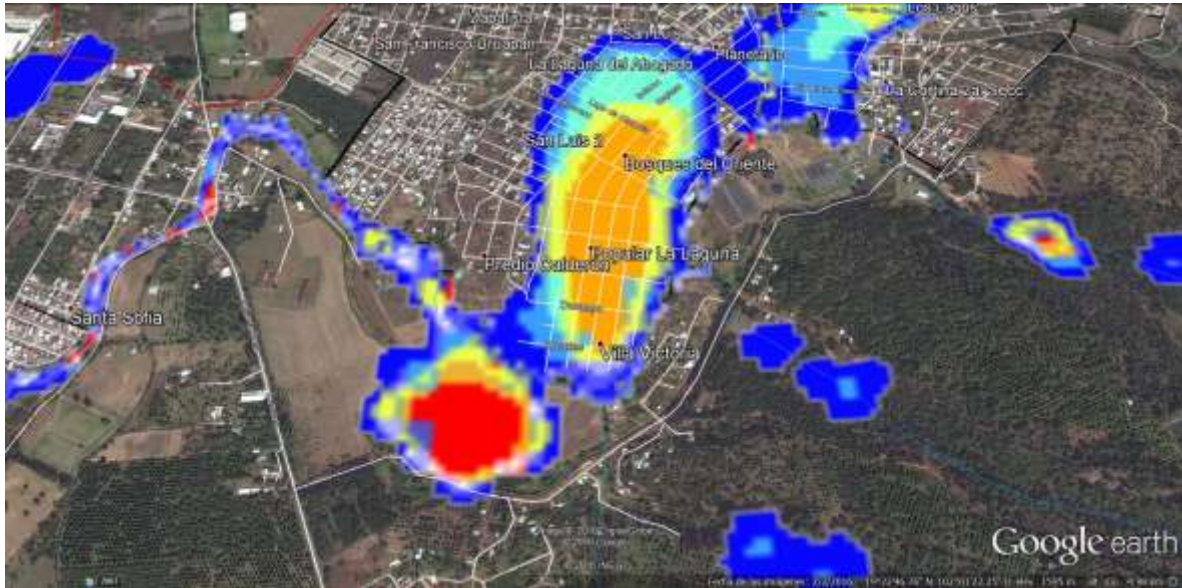


Figura 5.34 Inundación frente a la colonia Villa Victoria (TR= 100 años)



Figura 5.35 Sección del río San Antonio con máximas profundidades (Tr=100 años)

La profundidad máxima alcanzada sobre el Río San Antonio evolucionó de la siguiente forma: profundidad máxima de 4.35 metros para un periodo de retorno de 100 años, mientras que para un periodo de retorno de dos años se alcanzó una profundidad máxima de 3.16 m.

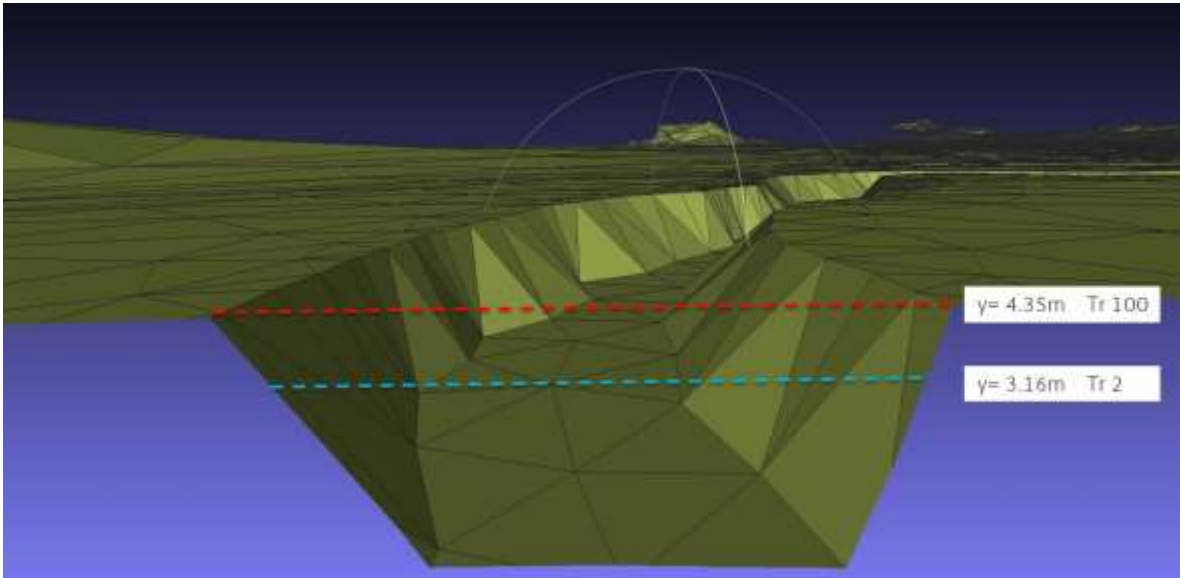


Figura 5.36 Evolución de los tirantes en una sección del río San Antonio (Tr=2 y 100 años)

Tabla 5.4 Profundidades máximas alcanzadas en la zona de mayor inundación sobre el río San Antonio

Periodo de retorno (años)	Tirante (m)
2	3.16
5	3.63
10	3.77
50	3.93
100	4.35

Finalmente es importante destacar que la inundación máxima y los desbordes analizados se presentan en dichas zonas a partir de la avenida de diseño de 10 años, siendo evidentemente más acentuado para la avenida mayor.

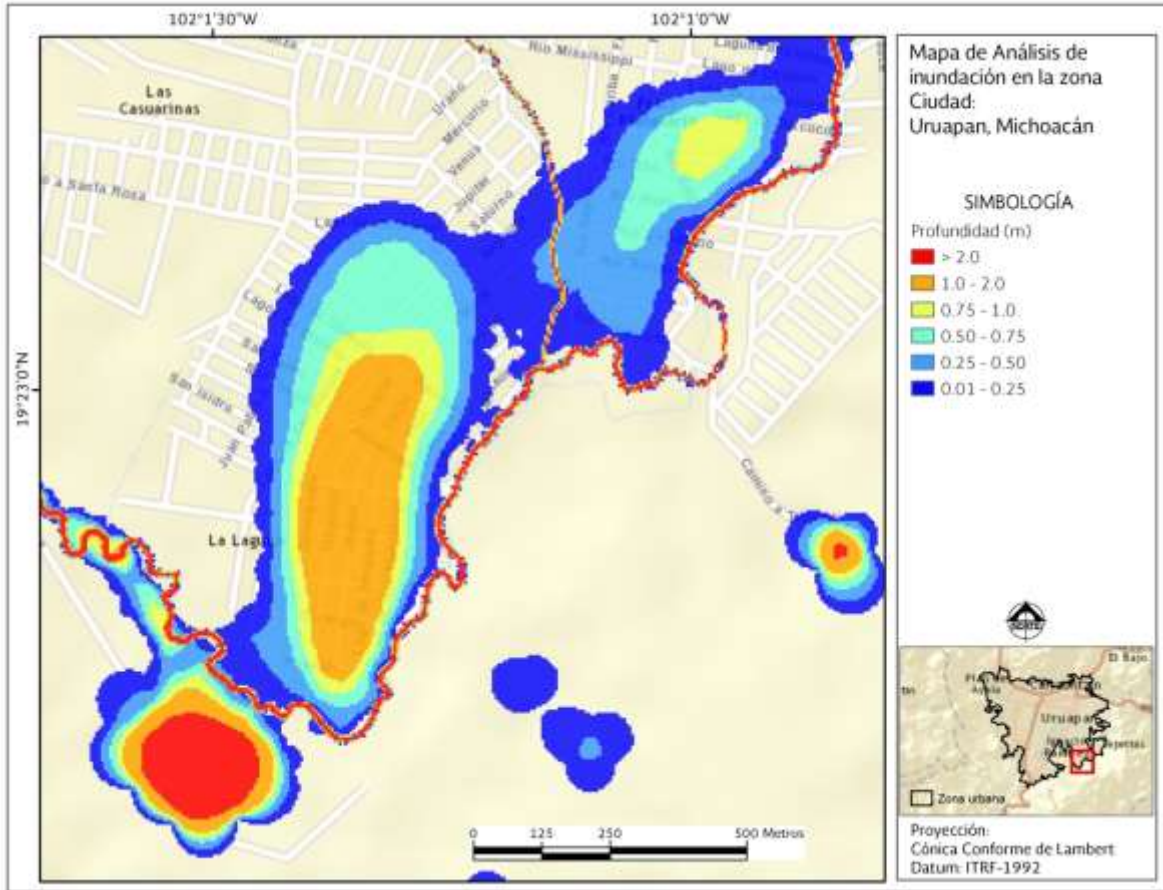


Figura 5.37 Mapa de Tirantes máximos ( $T_r = 100$  años)

## 5.6 Elaboración del mapa de severidad

Para dar mayor detalle de la estimación del daño por inundación, en los últimos años en México se ha venido usando con mayor frecuencia el “diagrama de resistencia al vuelco”, mejor conocido como Diagrama de Dórrigo (Figura 5.38. Peterson, 2007). El cual, en función de la velocidad del flujo y del tirante alcanzado por la inundación, permite identificar posibles efectos en cualquier punto de la zona inundada.

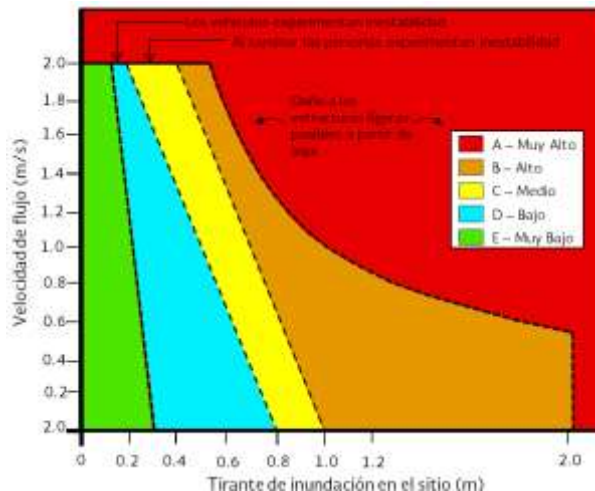


Figura 5.38 Diagrama de Dórrigo

El Diagrama de Dórrigo (Figura 5.38) presenta un cuadrante coordinado compuesto por la velocidad del flujo ( $v$ ), en el eje de las ordenadas, y el tirante que alcanza la inundación ( $y$ ), en eje de las abscisas, dividido en cinco diferentes regiones, en función de los efectos que pueden llegar a presentarse ante la combinación de las dos variables antes mencionadas, a través de las cuales es posible identificar algunos de los efectos generados por una inundación y, de esa manera, clasificar toda el área inundada en función de la combinación ( $y, v$ ).

Cada región se identifica a través de una letra, de la A a la E y la “severidad de la inundación” se clasifica a través de un código de colores: el rojo corresponde a severidad muy alta, mientras que el verde a la severidad muy baja.

En la Figura 5.39 se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.

Índices de severidad		<b>Letra</b>	<b>Índice</b>	<b>Color</b>
	Muy alto	A	Muy Alto	Rojo
	Alto	B	Alto	Naranja
	Medio	C	Medio	Amarillo
	Bajo	D	Bajo	Azul
	Muy bajo	E	Muy Bajo	Verde

Figura 5.39 Código de colores para elaborar mapas de severidades

El mapa de severidad permite que toda la zona afectada por la inundación sea clasificada en función de los efectos generados por la combinación del tirante y la velocidad estimados a través de la modelación hidráulica. Puede ser útil para restringir aquellas zonas que no deben ser utilizadas, o bien, reglamentar los usos del suelo que comprometan menos a la población o a la misma infraestructura, en función de esa severidad.

La elaboración de un mapa de severidad por inundación requiere los resultados de un modelo bidimensional (tirantes y velocidades calculadas en cada celda de la zona modelada). Estas variables se almacenan en archivos ráster (matrices de valores de

velocidad por un lado y matrices de valores de tirantes por el otro), que se conforman a partir de la extracción del valor de ambas variables en cada celda y para cada tiempo de cálculo de la modelación, es decir:

- a) en la primera iteración se genera un archivo con el valor que resulte de cada variable en la matriz de tirantes y en la matriz de velocidades,
- b) en el paso siguiente se compara el resultado obtenido para las variables tirante y velocidad en toda la zona de análisis, con el valor existente (del primer paso de tiempo) en la matriz de tirantes y en la de velocidades y, en caso de que el nuevo valor sea mayor al existente, se sustituye y se guardan las nuevas matrices de tirantes y velocidades,
- c) para el resto de los paso de cálculo, y hasta el final de la simulación, se realiza la misma comparación entre el valor obtenido en cada paso de tiempo y los de las matrices de tirantes y velocidades existentes y cada vez que algún nuevo valor sea mayor a su antecesor, se sustituye,
- d) al final del proceso, la matriz velocidad y la matriz de tirantes contendrán el valor máximo alcanzado por cada variable en la zona de estudio, es decir, representarán la envolvente de tirantes máximos (Figura 5.40) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.41).



Figura 5.40 Envolverte de tirantes máximos



Figura 5.41 Envolverte de velocidades máximas

- e) Por último, el mapa de severidades resulta de identificar la pareja de valores  $(y,v)$  para cada elemento de la matriz y verificar en qué zona del Diagrama de Dórrigo se ubica, procediendo a clasificar cada elemento (Figura 5.42).

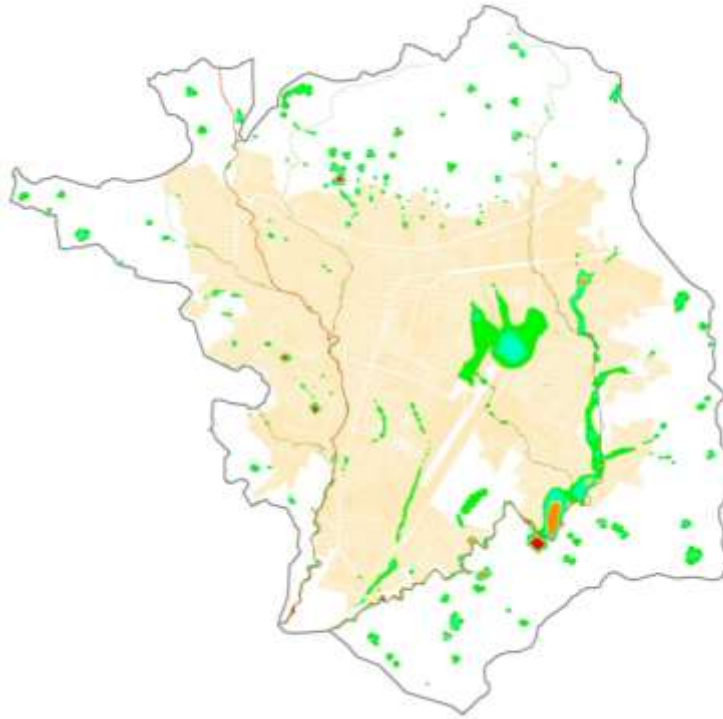


Figura 5.42 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años

Este último mapa, de severidades, puede ser útil para que con base en el grado de severidad identificado en las diferentes zonas que conforman el área de estudio, se definan posibles usos de suelo cuyo objetivo sea minimizar los daños que puedan presentarse en ellas.

También se muestra en este estudio, tal y como se mencionó en el subcapítulo precedente, los niveles de severidad, por lo que se presenta la figura siguiente que muestra datos valiosos, de la relación velocidad del flujo/profundidad hidráulica de inundación, la cual es fundamental.

La severidad aquí presentada se toma de acuerdo a la clasificación sugerida por Dorrigo en Paterson (2007), que corresponde a la dupla (velocidad, profundidad), donde los daños más severos o críticos están en la zona profundidad y velocidad mayor a 2 metros.

Para nuestro caso dicha zona se maneja en color rojo, hasta un total de cinco colores terminado con color verde en la zona de daños menos severos; y cada color es asociado a una letra.

En las figuras siguientes se observan los mapas de severidad para los periodos de retorno analizados.

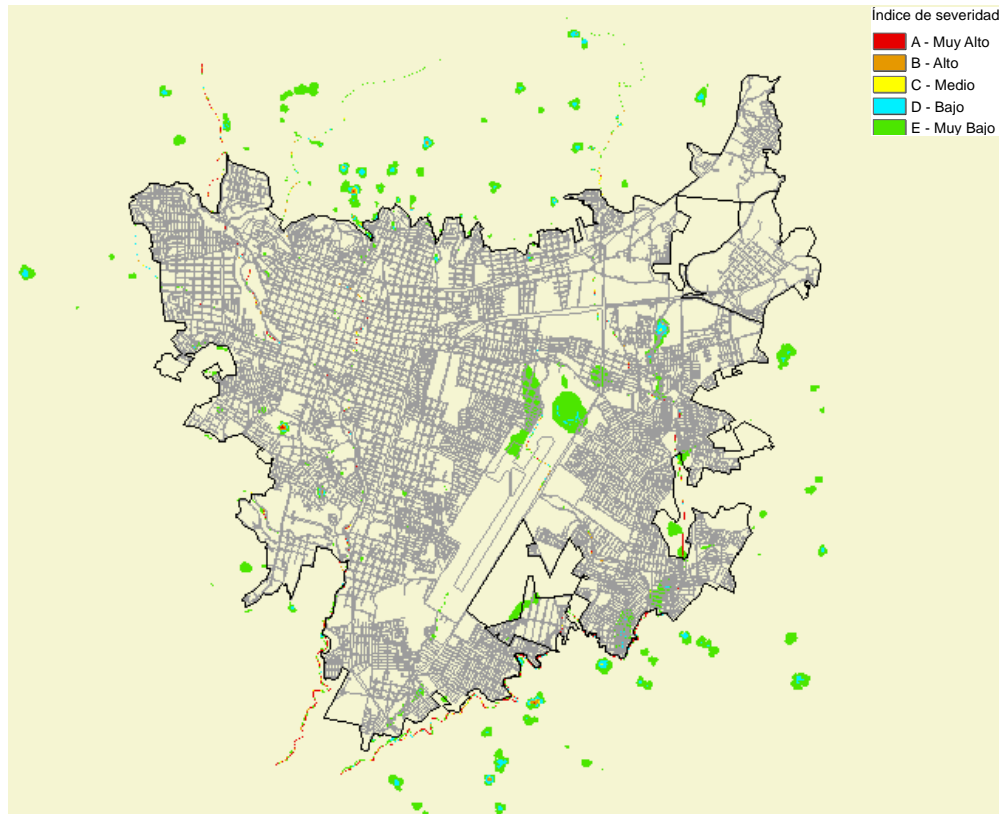


Figura 5.43 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años

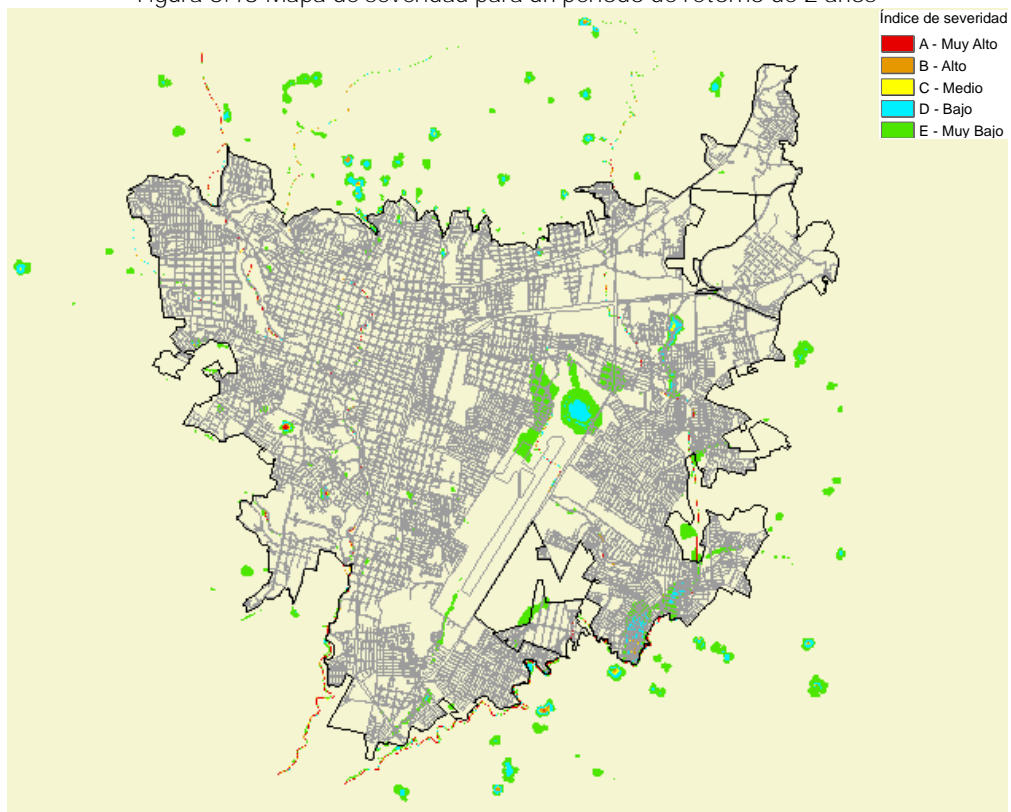


Figura 5.44 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años



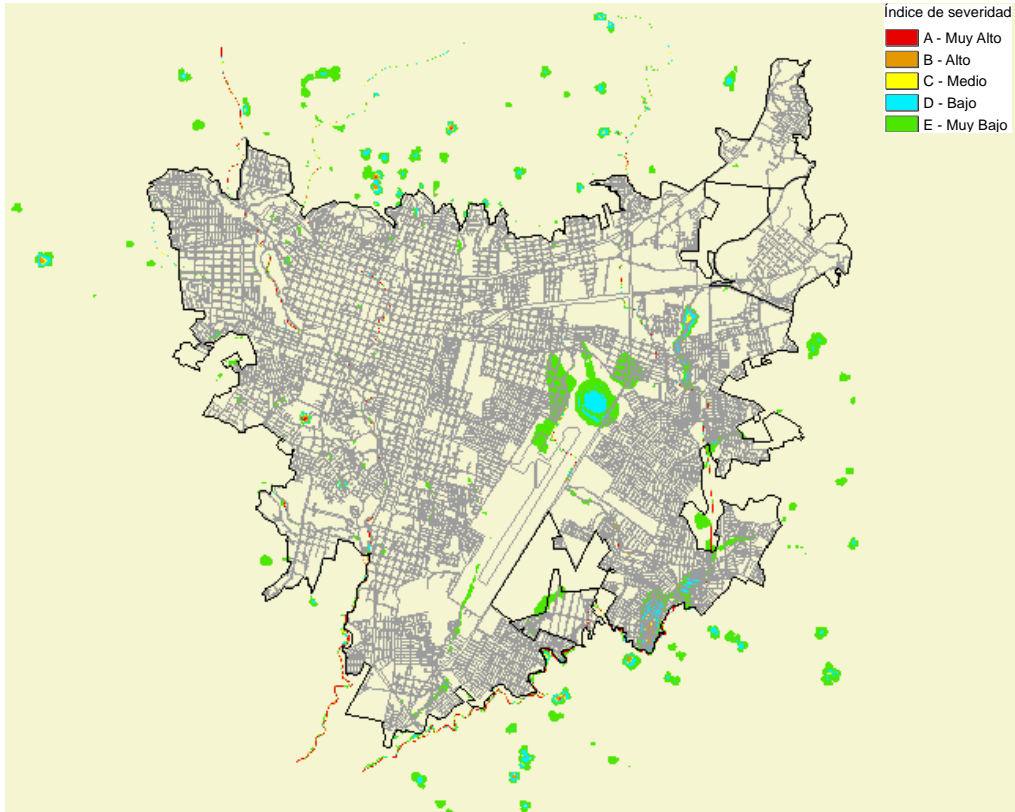


Figura 5.45 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años

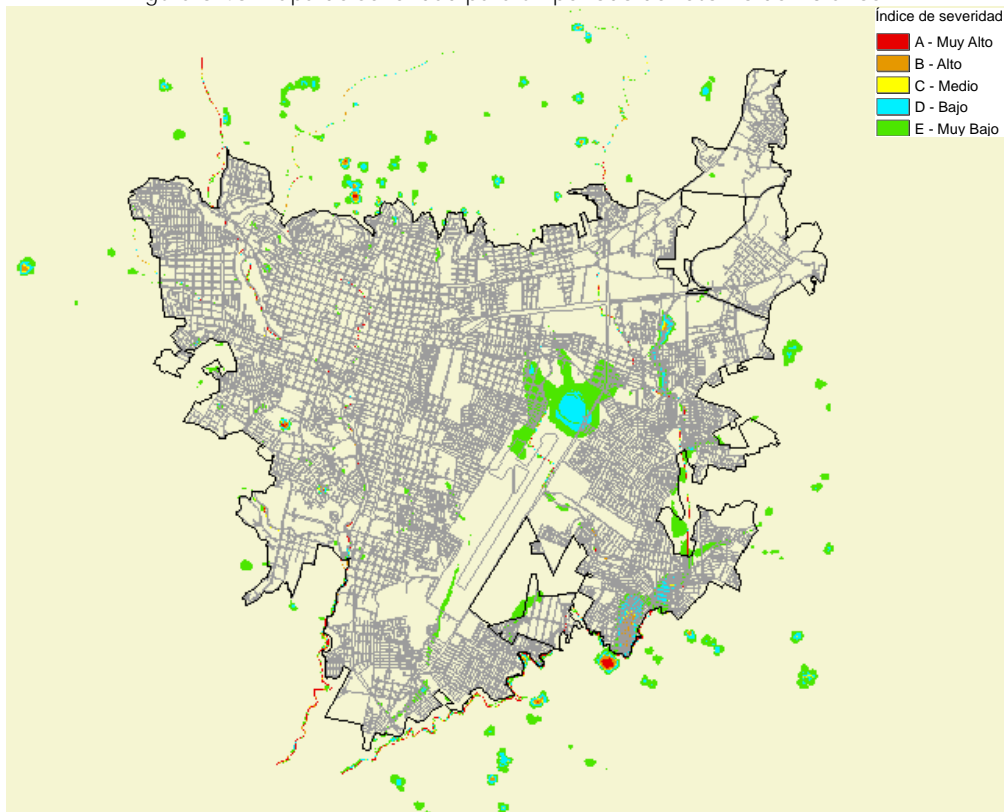


Figura 5.46 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años

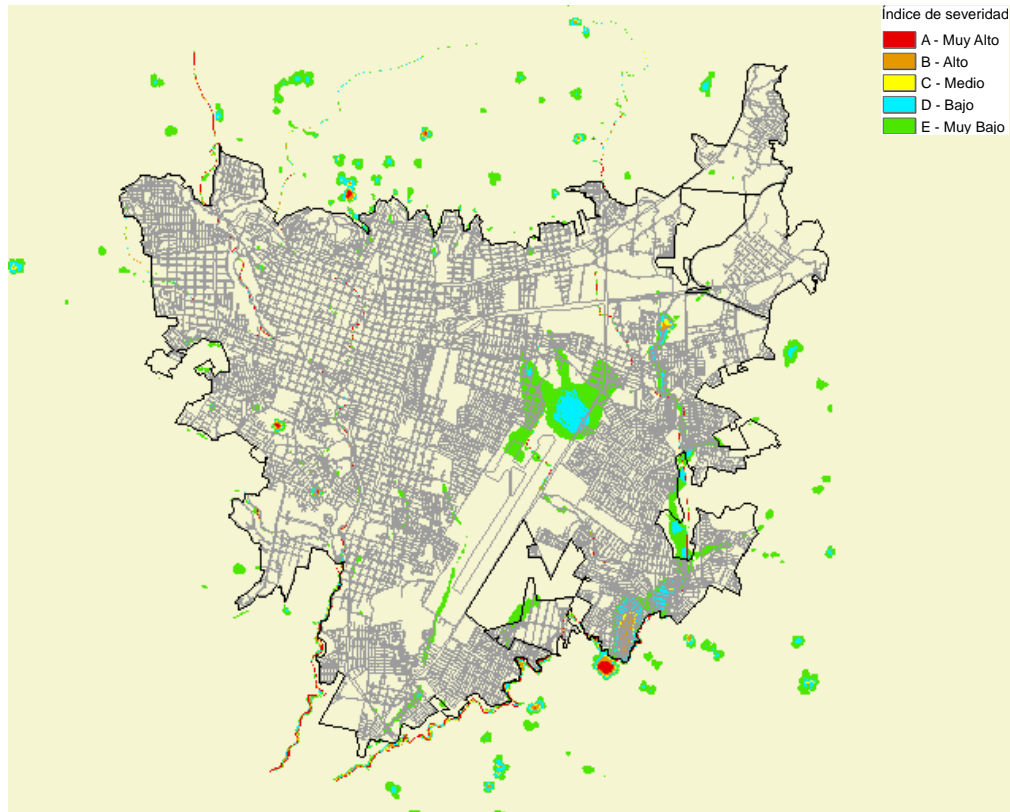


Figura 5.47 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años

Para el periodo de retorno de 2 años, se presentan los niveles de severidad muy baja en la zona norte de Uruapan en diversos lugares producto de la lluvia principalmente, así como en la parte este, oeste y sur. La severidad baja se presenta sobre el río Santa Bárbara en la zona urbana debida a inundaciones pluviales por una depresión natural presente en el terreno, a la altura de las colonias Los Lagos y La Laguna, antes y después de la Planta de Tratamiento.

Para el periodo de retorno de 5 años comienzan a aparecer zonas de severidad baja en la parte norte del terreno donde se localiza el Aeropuerto Internacional de Uruapan, además de incrementarse las zonas anteriormente mencionadas.

Las avenidas de diseño de 10 años de retorno producen apenas unas pequeñas zonas de severidad media, muy localizadas. Éstas se encuentran en las colonias Valle de la Delicias, La Tamacua y La Laguna.

La avenida de diseño con periodo de retorno de 50 años produce una severidad Alta en las colonias Valle de la Delicias, La Tamacua y sobre todo en la colonia La Laguna. Se desbordan los ríos Santa Bárbara y río de La Plata. Con esta avenida ya es evidente que las colonias que se detectaron con problemas de inundación en la visita de campo, ya presentan afectaciones en amplias zonas, las cuales son Miraflores, Mapeco, La Perla y una parte de la Avenida Lázaro Cárdenas.

Para el periodo de retorno de 100 años se incrementa el área de afectación en las colonias y zonas especificadas para el periodo de retorno de 50 años antes mencionadas. La zona de río Santa Bárbara, a la altura de la colonia La Laguna, presenta un grado de severidad muy alto.

## 6 Esquema de seguimiento de la ejecución del programa

Basado en el Programa de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas para el Organismo de Cuenca Balsas (1ra. Versión) a continuación se presenta un esquema general en donde las intervenciones reductoras del riesgo de inundación (Medidas no estructurales y estructurales) quedan ubicadas dentro de todo el proceso participativo tanto institucional como de la sociedad, para evitar que sean acciones aisladas dentro de la gestión del riesgo, Figura 6.1.

Por otro lado, debido a la poca experiencia que se tiene sobre la implementación de medidas no estructurales, se propone un esquema de seguimiento para que su ejecución se encamine al cumplimiento de objetivos programados, Figura 6.2. Asimismo, se incluye un diagrama que ilustra el seguimiento a una medida estructural (Figura 6.3); pero para fines prácticos en este tipo de medidas, se puede hacer uso de alguna herramienta existente.

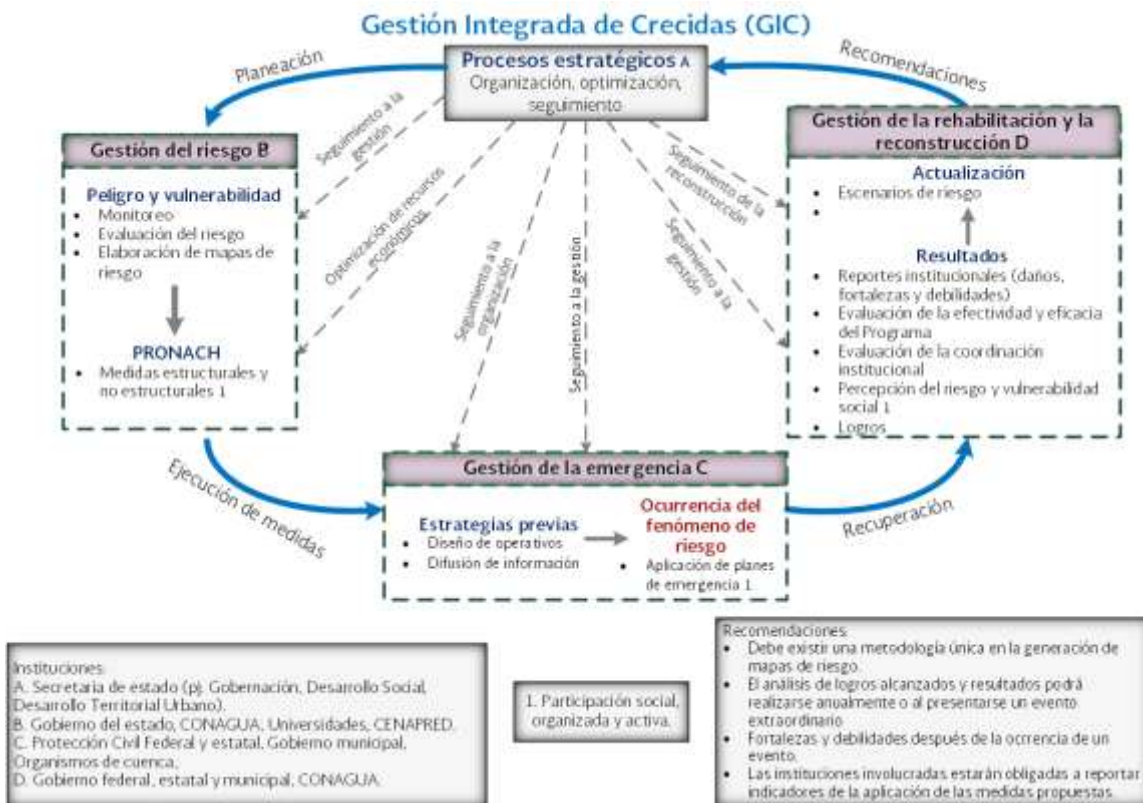


Figura 6.1 Esquema de seguimiento de medidas

## 6.1 Programas de ejecución de medidas no estructurales

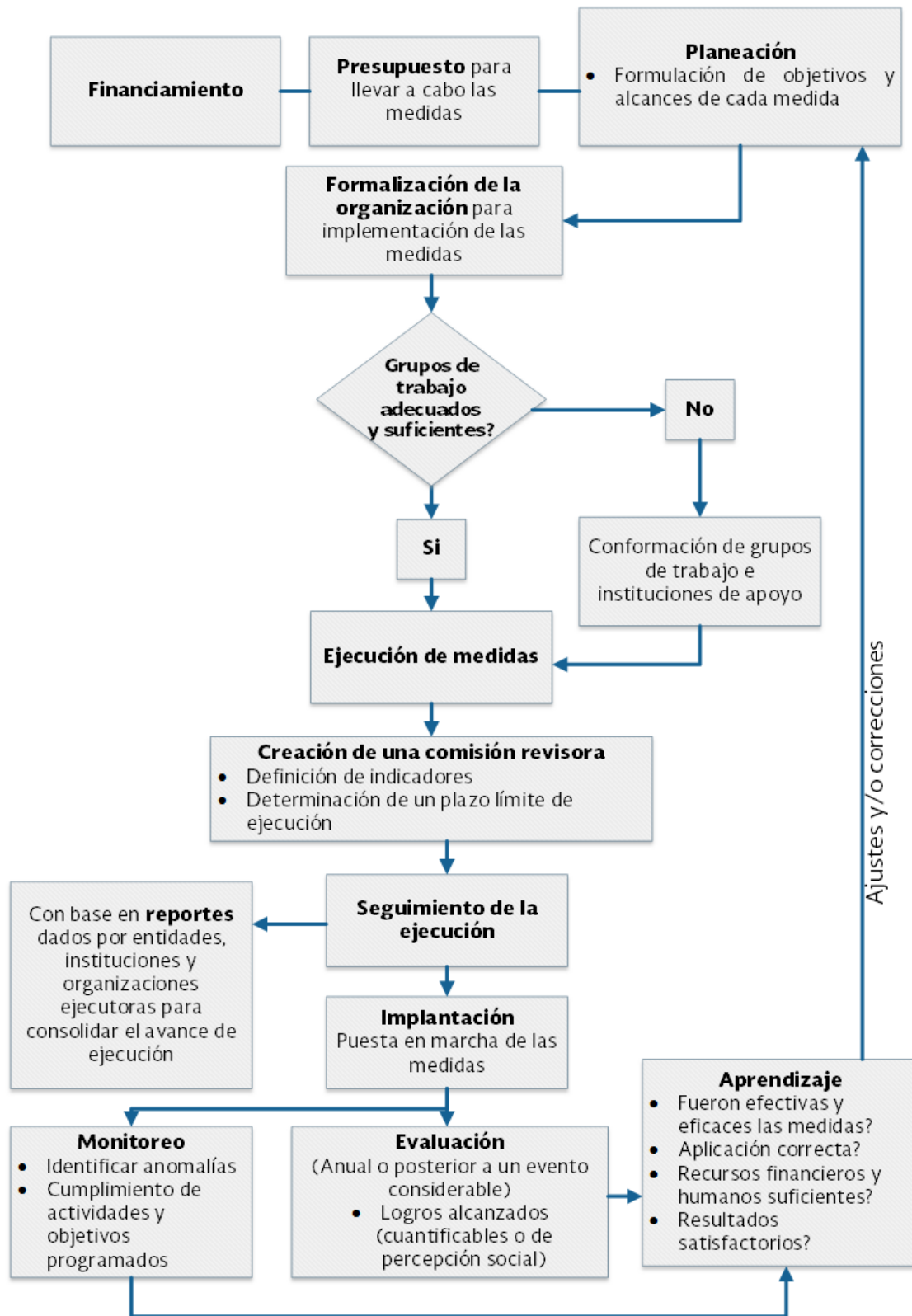


Figura 6.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales

## 6.2 Programas de ejecución de medidas estructurales

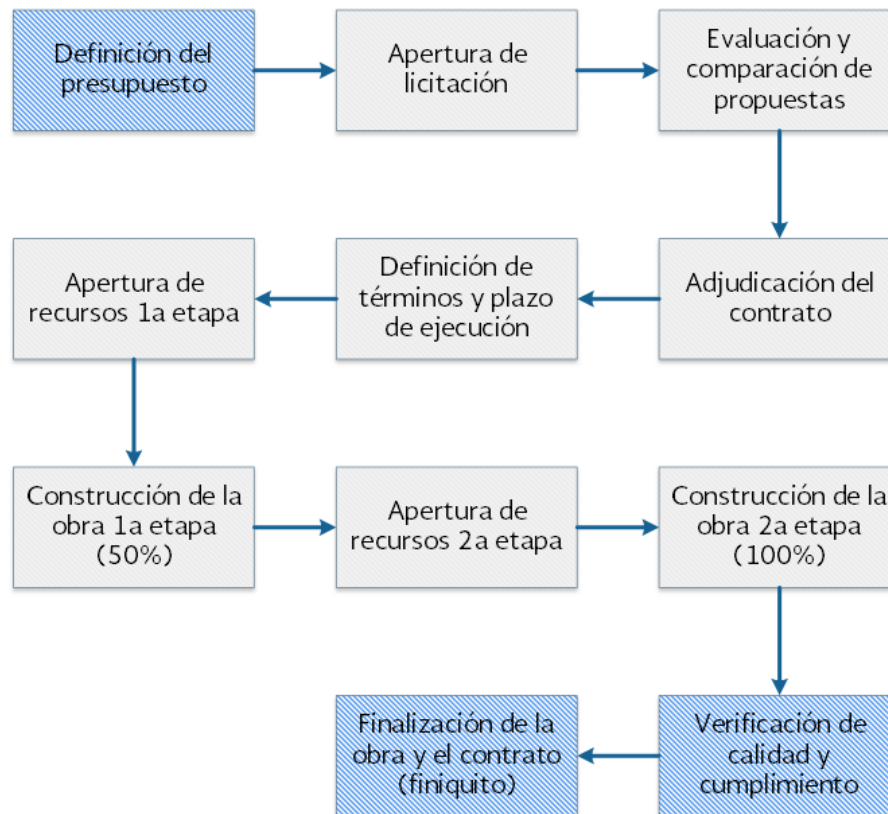


Figura6.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural

## GLOSARIO

**Alerta.** Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia (2,7).

**Alerta temprana (Aviso temprano).** Provisión de información oportuna y eficaz de instituciones y actores claves, que permita a individuos expuestos a una amenaza la toma de decisiones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (2,7).

**Área de Aportación.** Véase cuenca (4).

**Avenida (Crecida).** Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso fluvial, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor (3).

**Azolve.** Material de acarreo que obstruye una corriente de agua (4).

**Bienes Expuestos.** Son todos aquellos bienes y servicios usados por la población para satisfacer sus necesidades y que pueden ser afectados durante una inundación (4).

**Bordo de protección.** Estructura que sirve para contener el agua de una corriente, ya sea no dejando que ésta salga e inunde las zonas vecinas, o bien, una vez que el escurrimiento del río ha sobrepasado la capacidad de conducción de la corriente y se ha desbordado, éste no alcance una determinada zona (4).

**Caudal.** Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (2).

**Capacidad de conducción.** Potencial máximo con el que cuenta una corriente para desalojar un determinado volumen de agua durante cierto tiempo (4).

**Cauce.** Se refiere a la zona más baja del terreno por donde normalmente escurre el agua que se precipita en las zonas aledañas (4).

**Control de crecidas (control de inundaciones).** Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (2).

**Cuenca.** Área que aporta el agua precipitada hasta un determinado punto sobre una corriente, a través de un sistema de corrientes. Está delimitada por el parteaguas.

**Cuerpo de agua.** Formación hídrica que en conjunto forman la hidrosfera como charcos temporales, estanques, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, manantiales, reservas subterráneas, acuíferos, casquetes polares y masas nubosas. (Sarmiento, 2001) (4).

**Cubierta vegetal.** Conjunto de plantas localizadas en un área geográfica definida que forman una capa protectora para el suelo; puede ser total, parcial, rala, dispersa, etc. (Sarmiento, 2001) (4).

**Daño.** Efecto adverso o grado de destrucción causado por un evento peligroso de inundación sobre las personas, los bienes, los sistemas de producción y servicios, y en sistemas naturales o sociales (4).

**Deforestación.** Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (2).

**Desbordamiento.** Volumen de agua que sale por los lados de un río, cuando la capacidad de conducción de éste ha sido superada.

**Emergencia.** Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (5).

**Estaciones Hidrométricas.** Sitio junto a un río donde periódicamente se lleva a cabo la medición del escurrimiento, para conocer su régimen hidráulico a lo largo del año (4).

**Evaluación del riesgo.** Abarca el análisis, evaluación e interpretación de las distintas percepciones de un riesgo y de la tolerancia de la sociedad ante el riesgo como información para tomar decisiones y acciones en el proceso de riesgo de inundaciones. Es el postulado de que el riesgo resulta de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con frecuencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas, y viceversa (3).

**Gasto.** Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río (4).

**Gestión Integral de Riesgos:** El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, reducción, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (5).

**Hidrograma.** Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. En cada instante se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición (4).

**Hietograma.** Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora (4).

**Intensidad de precipitación.** Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. (4).

**Inundación.** Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, genera invasión o penetración de agua en sitios donde “usualmente” no la hay (4).

**Mapa de riesgos de inundaciones.** Mapa confeccionado según criterios científicos, que indica los elementos de riesgo e informa sobre el grado y la extensión espacial de la inundación (3).

**Medidas estructurales.** Cualquier construcción física concebida para reducir o evitar el posible impacto de eventos peligrosos, ellas, incluyen obras de ingeniería y construcción de estructuras hidráulicas e infraestructuras resistentes a las inundaciones (3).

**Medidas no estructurales.** Acciones concebidas para reducir o evitar el posible impacto de fenómenos peligrosos, se encaminan a través del ordenamiento físico de los asentamientos humanos, la planificación de proyectos de inversión de carácter industrial, agrícola o de infraestructura, la educación y el trabajo con comunidades expuestas. Estas medidas son de especial importancia para que, en combinación con las medidas estructurales, se pueda reducir el riesgo de una manera efectiva y equilibrada. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas. Las medidas no estructurales activas son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa con las personas y destacan: la organización para la atención de emergencias, el desarrollo y fortalecimiento institucional, la educación formal y capacitación, la información pública y campañas de difusión así como la participación comunitaria y la gestión a nivel local. Las medidas no estructurales pasivas son aquellas más directamente relacionadas con la legislación y la planificación. (3).

**Monitoreo (Vigilancia).** Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (2).

**Nivel de alarma de crecida (Alarma de nivel de inundación).** Nivel de agua que se considera peligroso y en el cual deberían iniciarse las advertencias (2).

**Ordenamiento territorial (Planificación del uso de la tierra).** Rama de la planificación física y socioeconómica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad, cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones. Es la asignación planificada y regulada de determinado uso del suelo, ya sea urbano, rural, área natural, etc. El ordenamiento territorial tiene en cuenta el uso actual y futuro del suelo, así como, el interés colectivo para asignar los diferentes “usos del suelo” (3).

**Parteaguas.** Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico que separa una cuenca de sus vecinas (4).

**Peligro.** Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (5).

**Periodo de retorno.** Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación (tirante). Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro del periodo especificado (4).



**Preparación:** Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (5).

**Precipitación.** Proceso por el cual el vapor de agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan, en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en milímetros (Ahrens, 2000).

**Prevención:** Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (5).

**Previsión:** Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, reducción, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (5).

**Probabilidad de excedencia.** Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (2).

**Protección civil.** Sistema de medidas, usualmente ejecutadas por una agencia del gobierno, para proteger a la población civil en tiempo de guerra, responder a desastres y prevenir y mitigar las consecuencias de un desastre mayor en tiempos de paz. El término Defensa civil se usa cada vez más en estos días (2).

**Población en riesgo.** Una población bien definida cuyas vidas, propiedades y fuentes de trabajo se encuentran amenazadas por peligros dados. Se utiliza como un denominador (2).

**Pronóstico.** Determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: en el estudio de su mecanismo generador, la observación del sistema perturbador y/o registros de eventos en el tiempo. En el caso de las inundaciones corresponde a la previsión del nivel, caudal tiempo de ocurrencia y duración de la avenida, especialmente de su caudal máximo en un punto determinado, producida por precipitación sobre la cuenca (3).

**Reducción de Riesgos:** Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones del impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (5).

**Régimen Hidráulico.** Variación temporal de una corriente. Normalmente hay dos regímenes: el estiaje y la temporada de lluvias (4).

**Regulación.** Capacidad de un río, en un cierto tramo y para un instante dado, de sacar más agua de la que entra, es decir, almacenar instantáneamente un cierto volumen (4).

**Rehabilitación.** Operaciones y decisiones tomadas después de un desastre con el objeto de restaurar una comunidad golpeada, y devolverle sus condiciones de vida, fomentando y facilitando los ajustes necesarios para el cambio causado por el desastre (2,7).

**Reubicación.** Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (2).

**Remanso.** Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (2).

**Riesgo.** Es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos, C, la vulnerabilidad, V, y la probabilidad, P, de que ocurra un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (4).

**Riesgo Inminente.** Aquel riesgo que según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (5).

**Seguro.** Instrumento de Administración y Transferencia de Riesgos (5).

**Sistema de información geográfica.** Es una herramienta de software que permite capturar, almacenar, organizar, presentar y realizar análisis sobre información geográficamente referenciada, es decir, que posee coordenadas terrestres. La tecnología GIS integra operaciones de bases de datos comunes tales como búsquedas o análisis estadísticos apoyados por la ayuda y beneficios ofrecidos por el desplegado gráfico de dicha información (1).

**Tirante.** Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno (4).

**Vulnerabilidad.** Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (5).

**Zona de Riesgo.** Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (5).

(1) Ciclones tropicales. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, diciembre 2003.

(2) Department of Humanitarian Affairs (DHA) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations.

(3) González T. M. E. (2008), Tesis doctoral. Un modelo integral para la valoración del riesgo de inundación en centros urbanos y/o suburbanos. Enfoque metodológico utilizando indicadores Caso: Pueblo Viejo, Veracruz, México. Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geografía.

(4) Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, octubre 2004. ISBN 978-870-821-002-7.

(5) Ley General de Protección Civil. Decreto por el que se expide la Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación. Junio de 2012.

(6) Proyecto de norma mexicana. PROY-NMX-AA-175-SCFI-2015. Operación segura de presas. Parte 1.- Análisis de riesgo y clasificación de presas.

(7) Este término no se maneja en el presente documento, sin embargo, sirvió de base para la gestión integrada de la zona de estudio.

## REFERENCIAS

Baró-Suárez, J. E., Díaz-Delgado, C., Calderón-Aragón, G., Cadena-Vargas, E. y Esteller-Alberich, M.V., 2011. Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería Hidráulica en México, volumen II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.

Beven, K.J. and Kirkby, M.J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrol. Sci. Bull. Vol. 24, no. 1, 1979, pp. 43-69.

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2014. Programa Nacional de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas. 13 Organismos de Cuenca. Primera Versión.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2011. Manual para el control de inundaciones.

De la Cruz L. F. Presentación de avance de proyecto del Instituto de Ingeniería ante CONAGUA. Septiembre de 2013. Participantes Faustino De la cruz Luna, Laura Vélez Morales, Griselda.

Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Noviembre (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recreat/usuarios/doc/dd\\_usyv\\_v1\\_250k.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recreat/usuarios/doc/dd_usyv_v1_250k.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2016). «Censo de población y vivienda 2010». Consultado el 11 de noviembre de 2015 de: [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770)

Meyer V. et all.(2012) Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the Mulde River. Nat Hazards (2012) 62:301-324. DOI 10.1007/s11069-011-9997-z. Received: 21 April 2011 / Accepted: 25 September 2011 / Published online: 14 October 2011\_ Springer Science+Business Media B.V. 2011.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I Hidrología. OMM Sexta edición, 2011.

Paterson Consultants Pty Limited, 2007. Dorrigo Flood Study. Final Report. Bellingen Shire Council. December 2007. Consultado en:

[http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711](http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711)

Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo. Solicitud de autorización del Atlas de Riesgos del Municipio de Uruapan, Michoacán. (113 p.). Recuperado el 26 de octubre de 2015 de:

[http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314\\_2.pdf](http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/seg-9314_2.pdf)

Salas S. M. A. Conferencia: Indicadores ambientales y el riesgo climático. Atlas de riesgo climático. 3er Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. UNAM. Consultado en <http://www.pincc.unam.mx/congresonacional2013/presentaciones.html> Fecha de consulta: Septiembre, 2013.

UNESCO (1975). Soil map of the World. Volume III Mexico and Central America. Italy: 1975.

Uribe-Alcántara, Edgar Misael, et al, Mapa Nacional de Índice de Inundación. Agroasemex, S. A., Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. I, núm. 2, abril-junio de 2010, pp. 73-85.

USACE, 1991. Expected Annual Flood Damage Computation. User's Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. March 1989, pp 45-49