



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 SAN
ANDRÉS TUXTLA, VERACRUZ.
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA X,
GOLFO CENTRO

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para
la Zona Urbana de San Andrés Tuxtla, Veracruz

Región Hidrológico-Administrativa X, Golfo
Centro

Contenido

1. Introducción	4
2. Gestión integrada de crecidas	5
2.1 La perspectiva a largo plazo	6
2.2 Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas	6
2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....	9
2.4 Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil.....	11
2.5 Instituciones involucradas en la gestión de crecidas	13
2.5.1 Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos	15
3. Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables	20
3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables.....	20
3.2 Socioeconómica.....	21
3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....	22
3.3.1 Cuencas de aportación.....	22
3.3.2 Relieve.....	23
3.3.3 Uso de suelo	24
3.3.4 Edafología	25
3.3.5 Precipitación	27
3.3.6 Escurrimientos	31
3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación	31
3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes	36
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.....	41
4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas.....	41
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 involucrados en la gestión de crecidas.....	45
4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	46
5.	Evaluación de riesgos de inundación	49
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema	49
5.1.1	Cálculo de la precipitación media de diseño.....	50
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas	53
5.1.3	Modelo lluvia-escorrimento	54
5.1.4	Resultados.....	55
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.....	62
5.3	Simulación en las condiciones actuales	62
5.4	Resultados.....	65
5.5	Análisis de los resultados.....	71
5.6	Elaboración del mapa de severidad.....	75
	ANEXOS.....	87
	REFERENCIAS.....	90

Lista de Figuras

Figura 2-1. Gestión Integrada de Crecidas	6
Figura 3-1. Ubicación.....	20
Figura 3-2. Zonas potencialmente inundables	21
Figura 3-3. Zona urbana de San Andrés Tuxtla	22
Figura 3-4. Cuencas de aportación	23
Figura 3-5. Relieve.....	24
Figura 3-6. Uso de suelo.....	25
Figura 3-7. Edafología.....	26
Figura 3-8. Estaciones climatológicas.....	27
Figura 3-9. Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 30170 "Tapalapa"	28
Figura 3-10. Precipitación media mensual en la estación climatológica 30170 "Tapalapa"	29
Figura 3-11. Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 30146 "San Andrés Tuxtla"	29
Figura 3-12. Precipitación media mensual en la estación climatológica 30146 "San Andrés Tuxtla"	30
Figura 3-13. EMA's.....	30
Figura 3-14. Escurrimientos.....	31
Figura 3-15. Río principal	32
Figura 3-16. Variación del número de escurrimiento por cuenca	36
Figura 3-17. Ciclones tropicales que impactaron la región (1857-2009)	36
Figura 3-18. Incidencia de ciclones tropicales	37
Figura 3-19. Huracán Karl y remanentes Matthew	37
Figura 4-1. Densidad de estaciones climatológicas convencionales.....	42
Figura 4-2. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas.....	42
Figura 4-3. Grado de marginación en la zona urbana de San Andrés Tuxtla	48
Figura 5-1. Estación dentro de la zona urbana de San Andrés Tuxtla	50
Figura 5-2. Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED	52
Figura 5-3. Hietograma adimensional para distribución de la precipitación de diseño	54
Figura 5-4. Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC:HMS	55
Figura 5-5. Hidrograma de salida "S-1", cuenca A.....	56
Figura 5-6. Hidrograma de salida "S-2", cuenca B.....	56
Figura 5-7. Hidrograma de salida de la cuenca C	57
Figura 5-8. Hidrograma de salida "S-4", cuenca D	57
Figura 5-9. Hidrograma de salida "S-5", cuenca E.....	58
Figura 5-10. Hidrograma de salida "S-7", cuenca G.....	59
Figura 5-11. Hidrograma de salida "S-8", cuenca H.....	59
Figura 5-12. Vectores que delimitan el ancho del río Tajalate	61
Figura 5-13. Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del río Tajalate.....	62
Figura 5-14. Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de San Andrés Tuxtla	63
Figura 5-15. Esquema del modelo hidráulico	65
Figura 5-16. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años	66
Figura 5-17. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años.....	66
Figura 5-18. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años	67
Figura 5-19. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años.....	67
Figura 5-20. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años.....	68
Figura 5-21. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años.....	68
Figura 5-22. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años.....	69
Figura 5-23. Mapa de velocidades máximas alcanzadas en un periodo de retorno de 50 años.....	69
Figura 5-24. Mapa de tirantes máximos alcanzados en un periodo de retorno de 100 años.....	70
Figura 5-25. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años	70

Figura 5-26. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 2 años)	71
Figura 5-27. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 5 años)	71
Figura 5-28. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 10 años)	72
Figura 5-29. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 50años)	72
Figura 5-30. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 100 años)	73
Figura 5-31. Evolución de los tirantes a la salida del río Tajalate	73
Figura 5-32. Alcantarilla de sección de herradura en Carretera Veracruz-Coatzacoalcos.....	75
Figura 5-33. Envolvente de tirantes máximos.....	77
Figura 5-34. Envolvente de velocidades máximas.....	77
Figura 5-35. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.....	77
Figura 5-36. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.....	78
Figura 5-37. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.....	79
Figura 5-38. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.....	79
Figura 5-39. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.....	80
Figura 5-40. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.....	80

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas.....	8
Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Veracruz.....	12
Tabla 2.3 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas.....	15
Tabla 3.1. Cuencas.....	23
Tabla 3.2. Edafología.....	26
Tabla 3.3. Estaciones climatológicas.....	27
Tabla 3.4. Grupo edafológico y tipo de suelo.....	33
Tabla 3.5. Valores del número de escurrimiento.....	33
Tabla 3.6. Simbología y uso de suelo.....	34
Tabla 3.7. Valores del número de escurrimiento por cuenca.....	34
Tabla 3.8. Eventos que han afectado al estado de Veracruz.....	38
Tabla 4.1. Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (superficie, en km ² por estación).....	41
Tabla 4.2. Densidad e estaciones climatológicas en el área de estudio.....	41
Tabla 4.3. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas en el área de estudio.....	41
Tabla 4.4. Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB, 2010.....	47
Tabla 4.5. Complemento del IMU.....	47
Tabla 4.6. Grado de marginación.....	48
Tabla 5.1. Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la República Mexicana.....	51
Tabla 5.2. Precipitación máxima 24 hrs "Cuencas de aportación".....	52
Tabla 5.3. Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning "n" de acuerdo con el uso del suelo.....	64
Tabla 5.4. Profundidades máximas alcanzadas en las cercanías de la calle Aquiles Serdán,.....	73

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 San Andrés Tuxtla, Estado de Veracruz*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa X, Golfo Centro. 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. Finalmente se presenta una propuesta de acciones que ayuden a prevenir y mitigar los daños causados por inundaciones.

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 Sudáfrica¹– 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, Japón² (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, Japón³ (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
	Mejoras a los canales
Reducir la vulnerabilidad a los daños	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 leyes⁴.

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

⁴ Gestión Integrada de Crecidas: Documento Conceptual, Organización Meteorológica Mundial, 2009

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.

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 Veracruz entró en vigencia en enero de 2008. Tiene por objeto establecer las normas, criterios y principios básicos, a que se sujetarán los programas, políticas y acciones de protección civil; las bases para la prevención, auxilio, recuperación y mitigación, ante la presencia de un fenómeno perturbador de origen natural o humano; los mecanismos para implementar las acciones de prevención, auxilio y recuperación, para la salvaguarda de las personas, sus bienes, el entorno y el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, en los casos de emergencia y desastre; las bases de integración y funcionamiento del Sistema Estatal de Protección Civil; y las normas y principios para fomentar la cultura de la protección civil y de la autoprotección en sus habitantes.

Su aplicación corresponde al Titular del Ejecutivo Estatal, por conducto de la Secretaría de Protección Civil, así como también a las dependencias y organismos que forman parte del Sistema Estatal, y a los Ayuntamientos.

Son autoridades en materia de protección civil, en sus ámbitos de competencia el Consejo Estatal, el Gobernador del Estado, el Comando Unificado, el Secretario de Protección Civil, los Consejos Municipales, los Presidentes Municipales y los Órganos Municipales (Tabla 2.2).

El Sistema Estatal de Protección Civil tiene por objeto proteger a la población ante la eventualidad de un desastre provocado por agentes perturbadores, mediante acciones que eviten o reduzcan la pérdida de vidas humanas, la afectación de servicios estratégicos y planta productiva, la destrucción de bienes materiales y el daño a la naturaleza, en todo el territorio estatal. Es propósito del Sistema Estatal de Protección Civil promover la educación de la autoprotección que convoque y sume el interés de la población en general, así como su participación individual y colectiva. El Sistema está integrado por el Consejo Estatal de Protección Civil, el Gobernador del Estado y los Consejos Municipales de Protección Civil.

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

Lo que incluye	Lo que omite
Clasificación de riesgos	Desastres tecnológicos
Transfiere la primera responsabilidad al municipio	Declaratoria de emergencia
Declaración estado de alerta	Declaratoria de desastre
Declaratoria de fin de emergencia	Declaratoria de desastre natural
Establece PC nivel estatal	Publicación de declaratoria de emergencia
Establece PC nivel municipal	Publicación de declaratoria de desastre
Promotor de estudios e investigaciones	Coordina apoyos externos nacionales e internacionales
Promueve cultura de PC	Coordinación con otras entidades
Reconoce grupos voluntarios	Promueve capacitación en PC
Registro de grupos voluntarios	Solicitud declaratoria de desastre ante Gobernación
Promueve realización de simulacros	Establece existencia de albergues
Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal	Integración Atlas de Riesgo nivel municipal
Actualizar el Atlas de Riesgos	Requisa
Promueve difusión de programas de PC	Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E
Financiamiento institucional	Puede recibir donaciones
Catálogo de recursos humanos	Evaluación expost
Coordinar sistemas de comunicación	Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Apoyos para reubicación
Promueve cultura de prevención	Programas especiales de PC
Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC	Elaboración de peritajes de causalidad
	Declaración de área de protección
	Fondo estatal o municipal para la atención de desastres
	CONAGUA forma parte del consejo estatal
	Otras leyes que toquen temas de PC
	Posibilidad creación órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia
	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

Lo que incluye	Lo que omite
	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
	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 ARTÍCULO 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

Instituciones	Artículos	Atribuciones
		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.
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.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
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.
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.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
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.
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

Instituciones	Artículos	Atribuciones
		principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
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 rija 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 San Andrés Tuxtla se localiza al sur del estado de Veracruz, entre los paralelos 18° 13' y 18° 43' de altitud norte; los meridianos 95° 03' y 95 27' de longitud oeste.

Colinda al norte con los municipios de Santiago Tuxtla, Ángel R. Cabada y el Golfo de México; al este con el Golfo de México y el municipio de Catemaco; al sur con los municipios de Catemaco, Hueyapan de Ocampo e Isla y al oeste con los municipios de Isla y Santiago Tuxtla.

La zona urbana de la ciudad de San Andrés Tuxtla se encuentra localizada en el municipio del mismo nombre y pertenece a la región hidrológico administrativa X Golfo Centro.

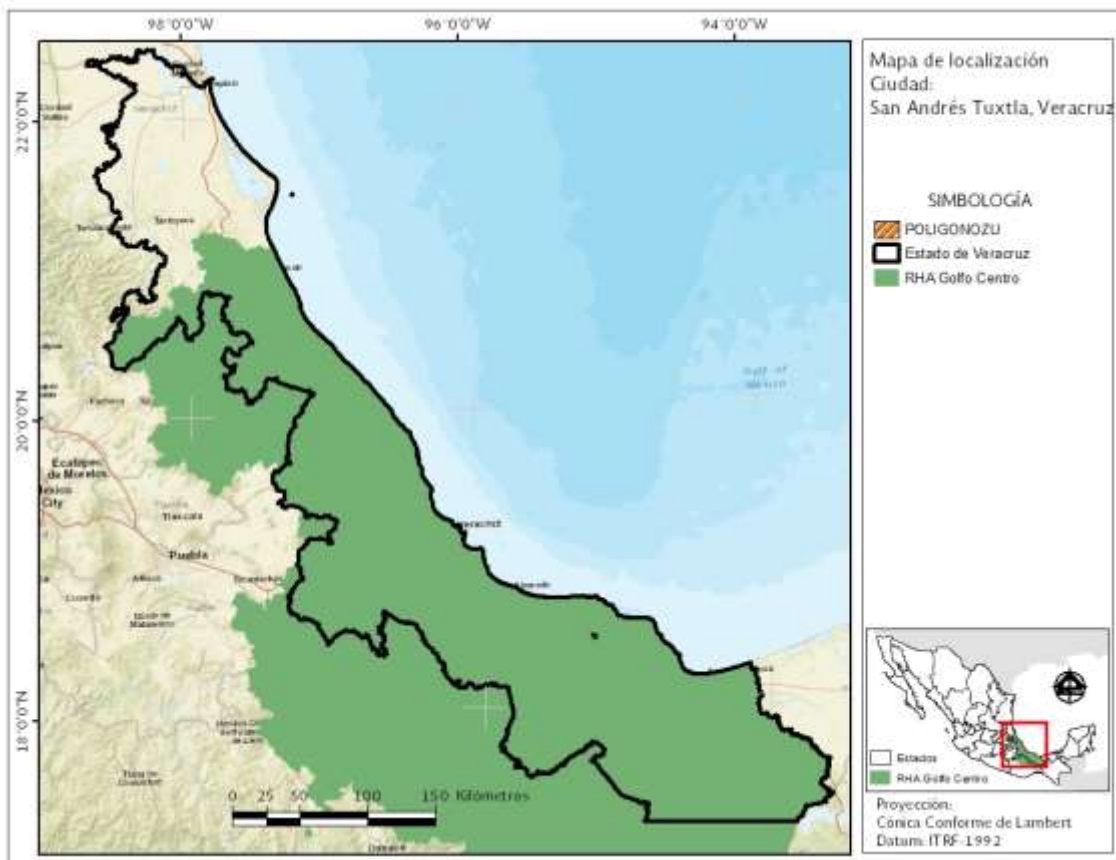


Figura 3-1. Ubicación

3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

De acuerdo al Mapa Nacional de Índice de Inundación⁵ en la zona urbana de San Andrés Tuxtla Veracruz, no se presentan zonas potencialmente inundables.

⁵Uribe-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.

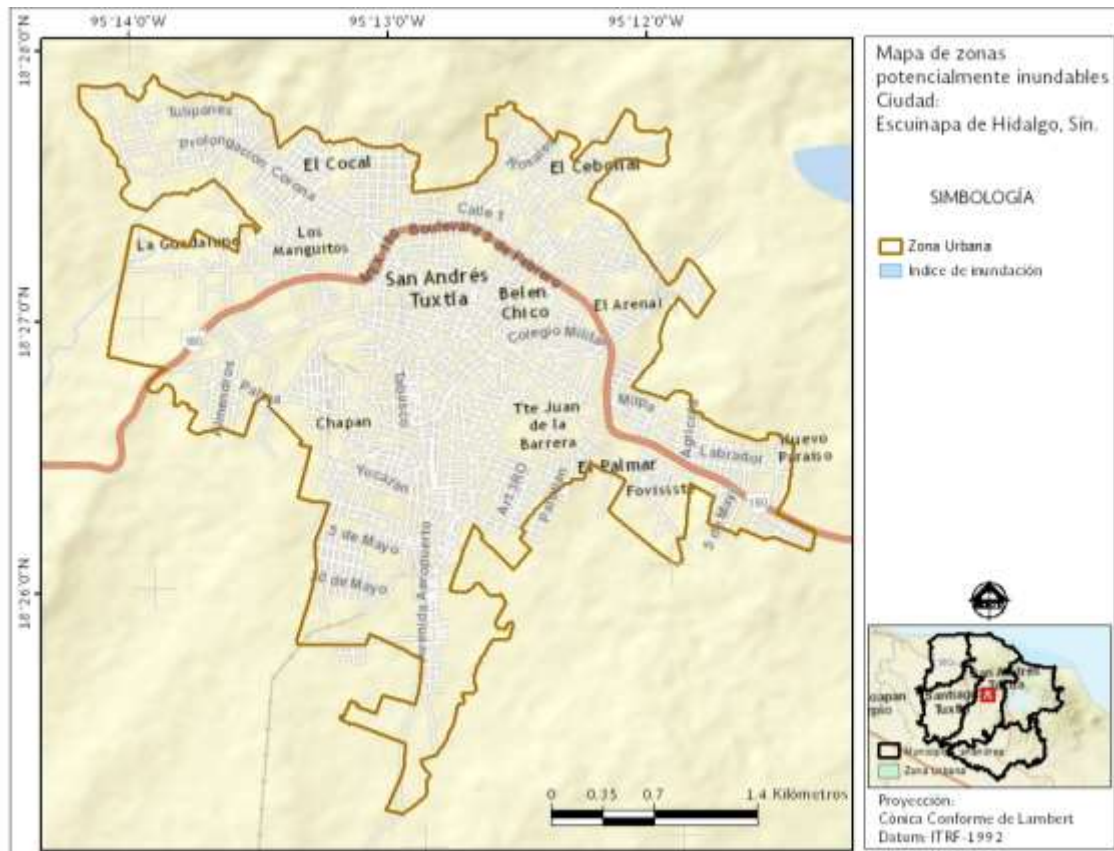


Figura 3-2. Zonas potencialmente inundables

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 pendiente⁶. 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.

3.2 Socioeconómica

De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 157,364 habitantes, de los cuales 48.08% son hombre y 51.95% mujeres. En el sector educativo se tiene educación, especial, preescolar, primaria, secundaria, bachillerato, educación para adultos y formación para el trabajo. Con ausencia de profesional técnico, técnico superior, normal, licenciatura (universidad y técnico) y posgrado. La deserción existente es, para preescolar 2.6%, primaria 2.7%, secundaria 5% y bachillerato 9.5%. La reprobación existente es, para primaria 1.2%, secundaria 7.6% y bachillerato 22.6%. La tasa de analfabetismo es de 19.8%. El indicador para atención médica es de un médico por cada 1,000 habitantes.

⁶Beven, 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.

3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

El área de estudio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, tiene una extensión de 10.47 km², abarcando una longitud de 5.86 km aproximadamente, las altitudes máxima y mínima son de 413 y 213 m.s.n.m. respectivamente.

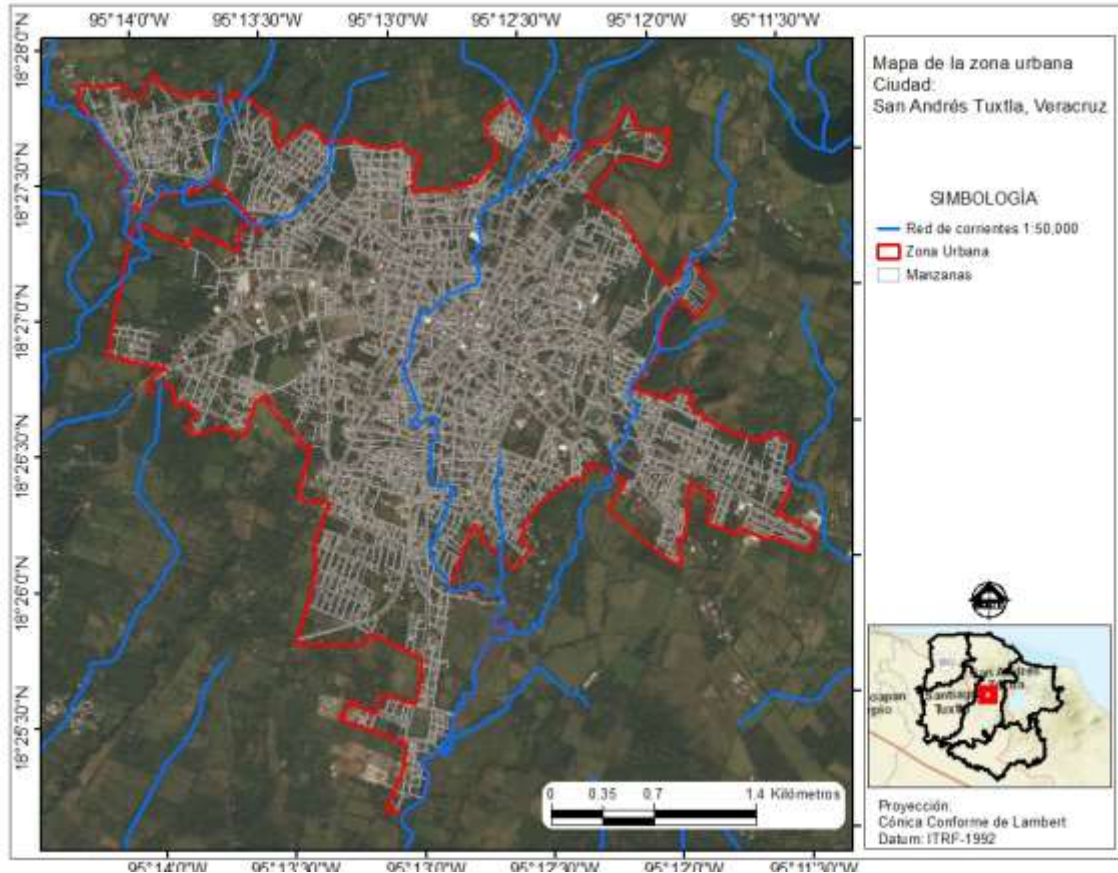


Figura 3-3. Zona urbana de San Andrés Tuxtla

3.3.1 Cuencas de aportación

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona urbana de San Andrés Tuxtla se delimitaron 8 áreas de drenaje natural (cuencas A, B, C, D, E, F, G, H) que ingresan a la zona urbana (Figura 3.4). El área total de drenaje es de 24.60 km², siendo la cuenca E, la de mayor área de aportación con 16.00 km² (Tabla 3.1).

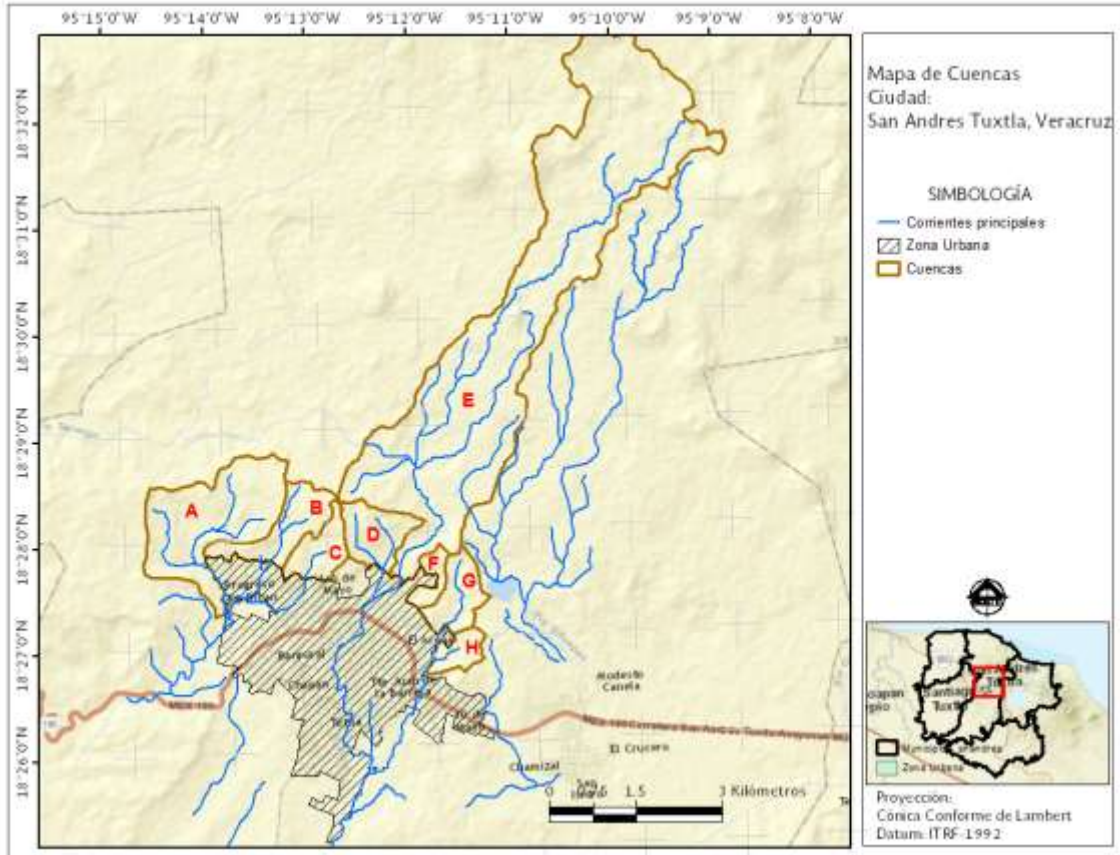


Figura 3-4. Cuencas de aportación

Tabla 3.1. Cuencas

Cuenca	Área (km ²)
A	3.61
B	1.29
C	0.82
D	1.07
E	16.00
F	0.99
G	0.49
H	0.33

3.3.2 Relieve

La zona urbana de San Andrés Tuxtla se encuentra rodeada por la sierra denominada San Martín, el litoral Costera entrando por el lado Norte de Ángel R. Cabada o por la zona Sur de Catemaco. Las elevaciones máximas y mínimas están comprendidas de los 1,230 a los 245 msnm respectivamente, esta última comprendida en el cauce del río Tajalate al norte de la zona urbana (Figura 3.5).

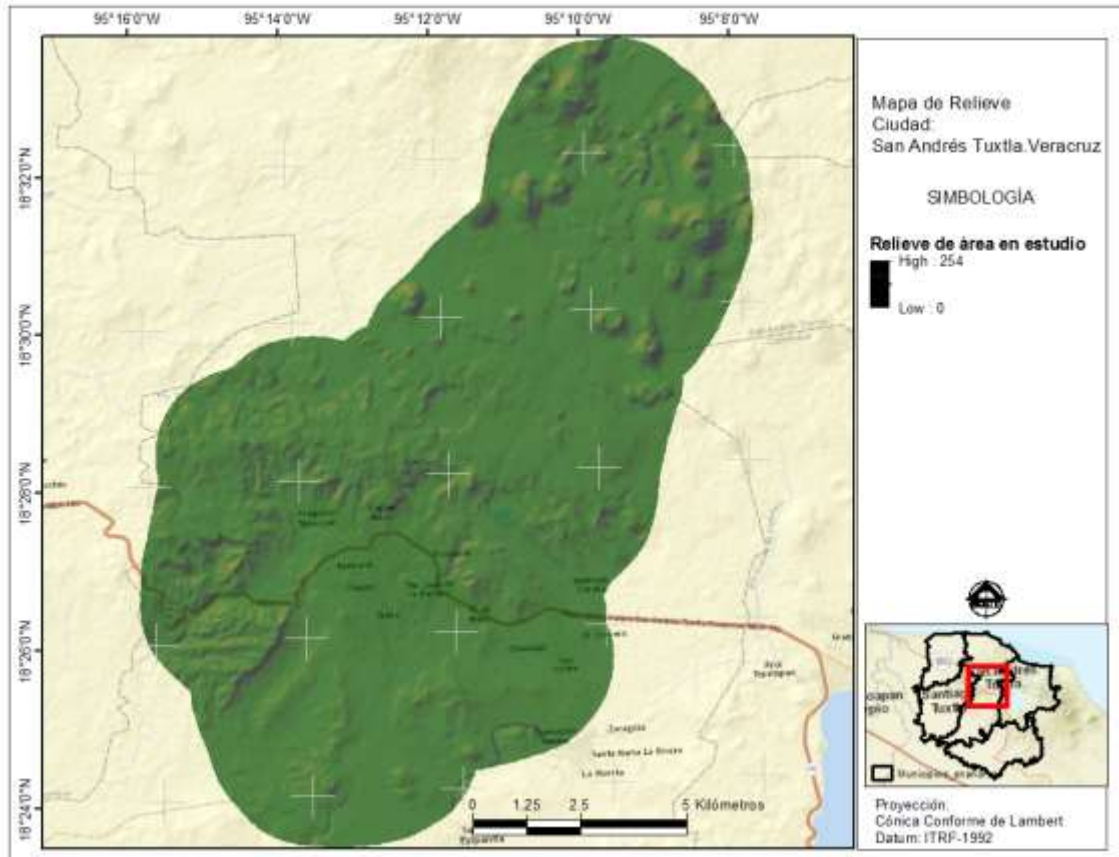


Figura 3-5. Relieve

3.3.3 Uso de suelo

Como se puede observar dentro de la cuenca de estudio se ha incrementado el área agrícola con el paso de los años, actualmente el área agrícola ocupa una extensión de 64.5 km², la cual, ha sustituido en gran medida a la vegetación original de la zona en la que predomina la selva, bosques y pastizales, debido a la presencia de las zonas agrícolas se produce una gran cantidad de arrastre de sedimentos a los cauces.

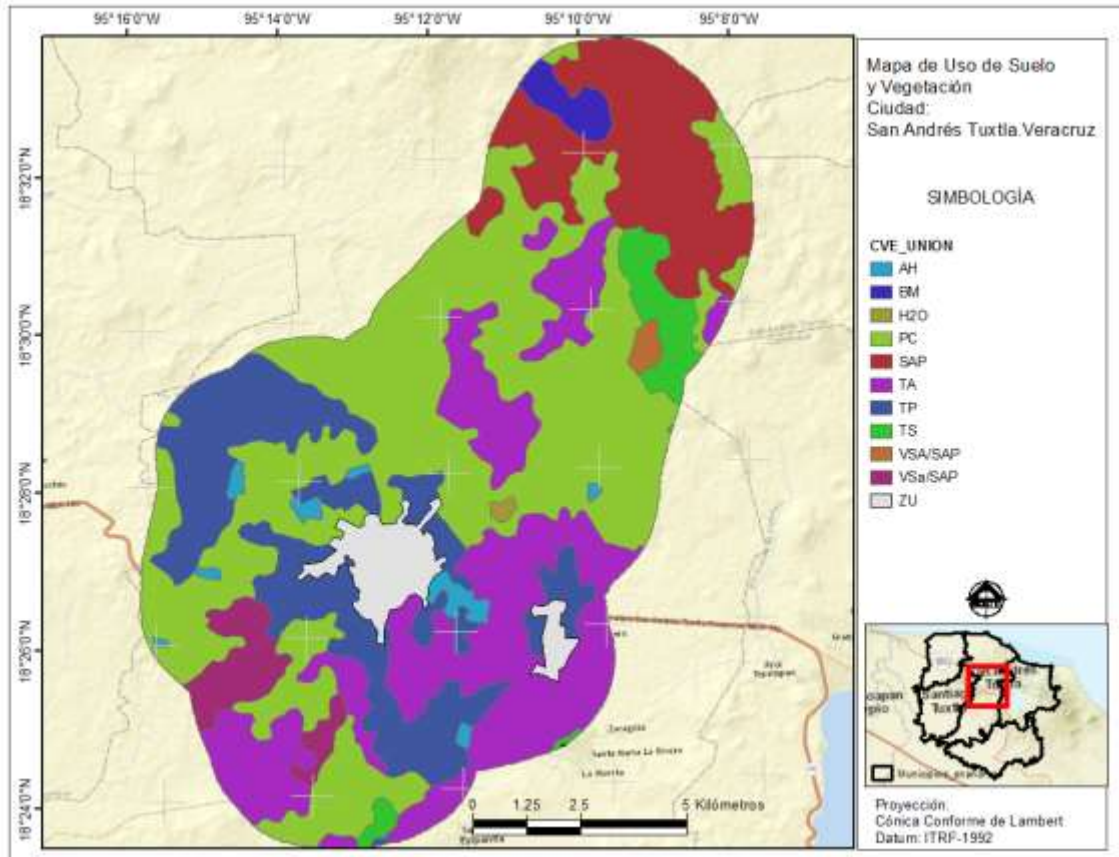


Figura 3-6. Uso de suelo

3.3.4 Edafología

De acuerdo con las áreas que abarcan la cuenca de San Andrés Tuxtla, se presentan en ellas suelo de tipo:

1. Luvisol-Vertisol con una extensión de 5.36 km²
2. Cambizol-Phaeozem-N con una extensión de 0.36 km²
3. Phaeozem-Cambisol-Andosol con una extensión de 30.16 km²
4. Phaeozem-Andosol-N con una extensión de 41.59 km²
5. Andosol- Phaeozem-N con una extensión de 29.27 km²
6. Andosol-Umbrisol-N con una extensión de 17.12 km²
7. Andosol-Regosol-N con una extensión de 4.22 km²
8. Andosol-Regosol con una extensión de 3.13 km²
9. Andosol-Regosol-N con una extensión de 24.51 km²

Particularmente el tipo de suelo que predomina en la zona de estudio es Phaeozem-Andosol-N.

Tabla 3.2. Edafología

Suelo Primario	Clase Textural	Área (m ²)	Área (km ²)	Promedio de área total
LVglwvr-Vrmzpe-Vrglnlen	2	5360901	5.36	3.32 %
Cmeu-PHhulv	3	355283	0.36	0.22 %
Phhulv-Cmeu-Anmoans	2	30158789	30.16	18.67 %
Phhulv-Anmoans	2	41593009	41.59	25.74 %
ANmoansPHhulv	2	29269357	29.27	18.12 %
Anphum-Umhu	2	17116360	17.12	10.59 %
Anhuuvi-RGdy	1	4217051	4.22	2.61 %
Anhuuvi-Anumvi-RGdy	1	3129054	3.13	1.94 %
Anhu-RGdy	2	24495872	24.50	15.16 %
Suelo urbano		5866508	5.87	3.63 %

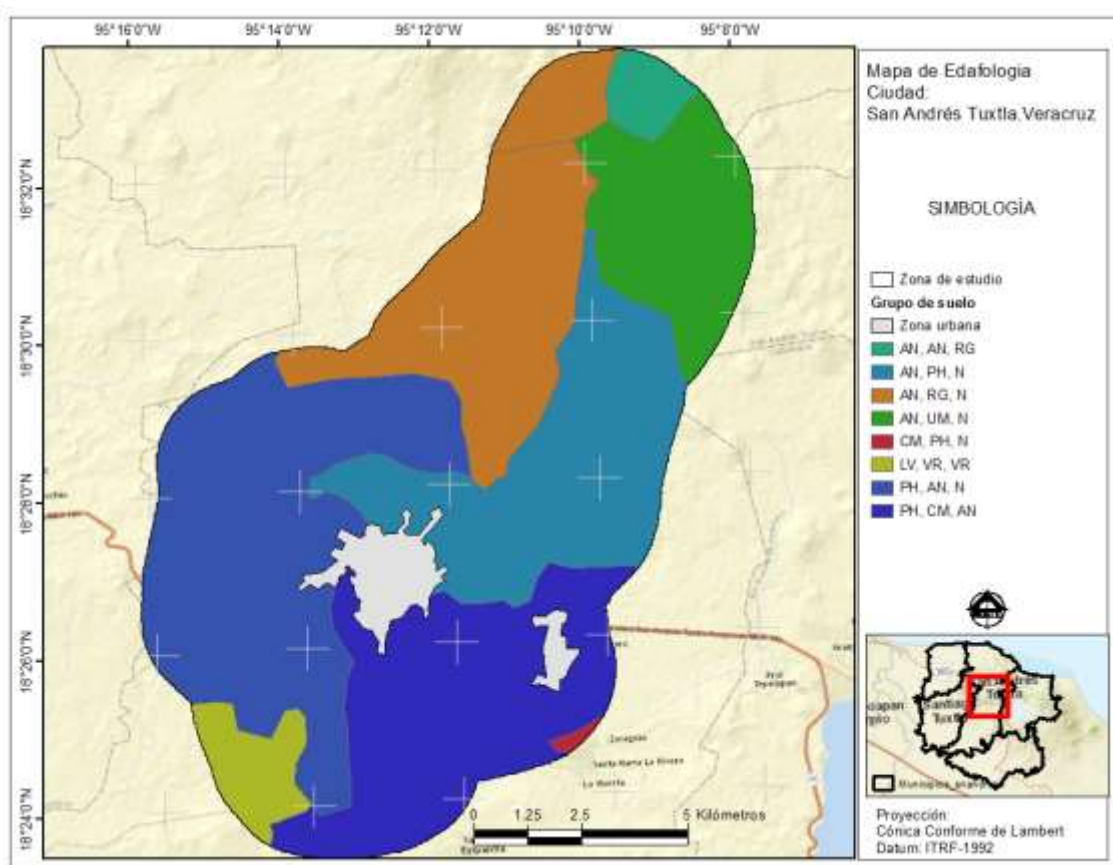


Figura 3-7. Edafología

3.3.5 Precipitación

Dentro de la zona en estudio se ubicaron dos estaciones climatológicas San Andrés Tuxtla y Sihuapan, las cuales en la actualidad se encuentran suspendidas, mientras que cercanas a la zona de estudio se ubican las estaciones climatológicas:

- Catemaco (SMN)
- Catemaco (CFE)
- San Andrés Tuxtla
- Sihuapan Tierra Blanca

Las estaciones anteriores presentan las siguientes características en cuanto a periodo de inicio de operación, final de operación y años de registro (Figura 3-8)

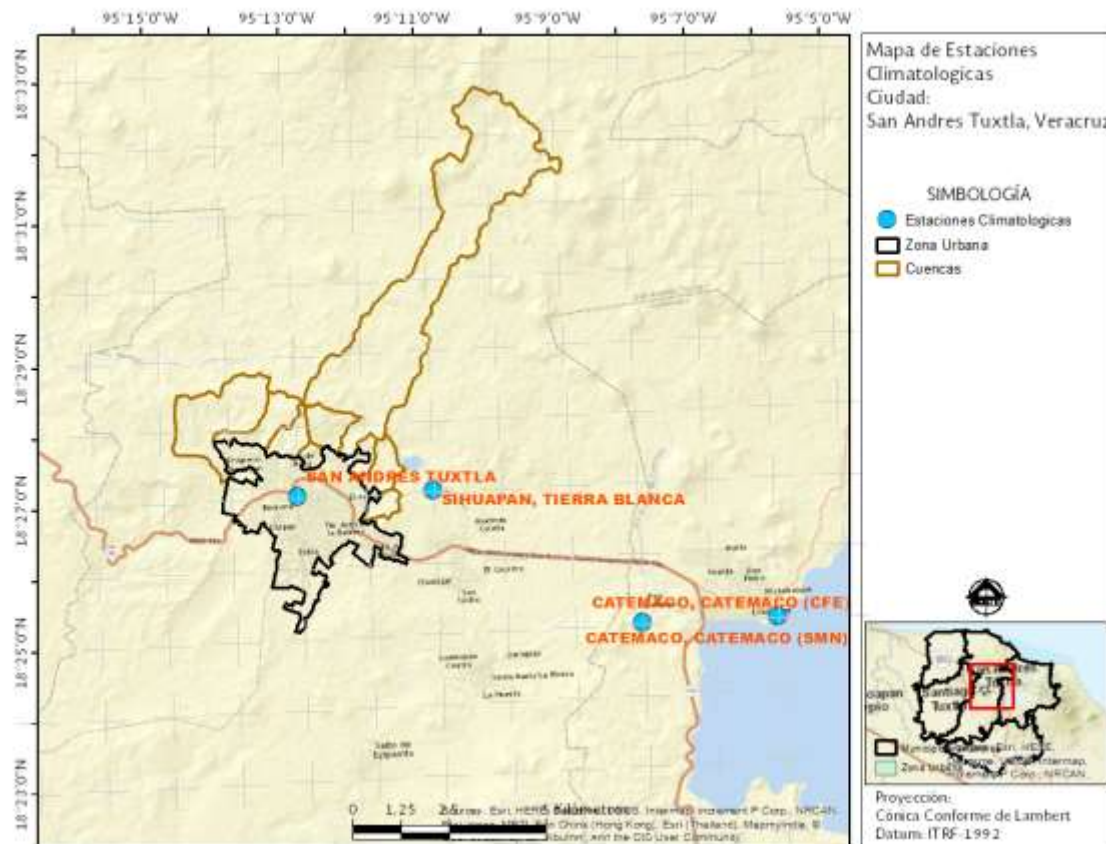


Figura 3-8. Estaciones climatológicas

Tabla 3.3. Estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Periodo	Periodo	Años	Longitud	Latitud	Situación
-------	--------	---------	---------	------	----------	---------	-----------

		inicio	final	información			Actual
30022	Catemaco (SMN)	1976	1986	10	-95.100	18.417	Suspendida
30146	Sn. Andrés Tuxtla	1966	1986	20	-95.217	18.450	Suspendida
30161	Santiago Tuxtla	1966	1986	20	-95.300	18.450	Suspendida
30170	Tapalapa	1966	1998	32	-95317	18.550	Suspendida
30204	Catemaco (CFE)	1976	1986	10	-95.133	18.417	Suspendida
30302	Sihuapan	1976	1986	10	-95.183	18.450	Suspendida

Enseguida se observan los registros de precipitación de las dos estaciones convencionales con amplio registro, para conocer el régimen histórico y la distribución media anual de la zona.

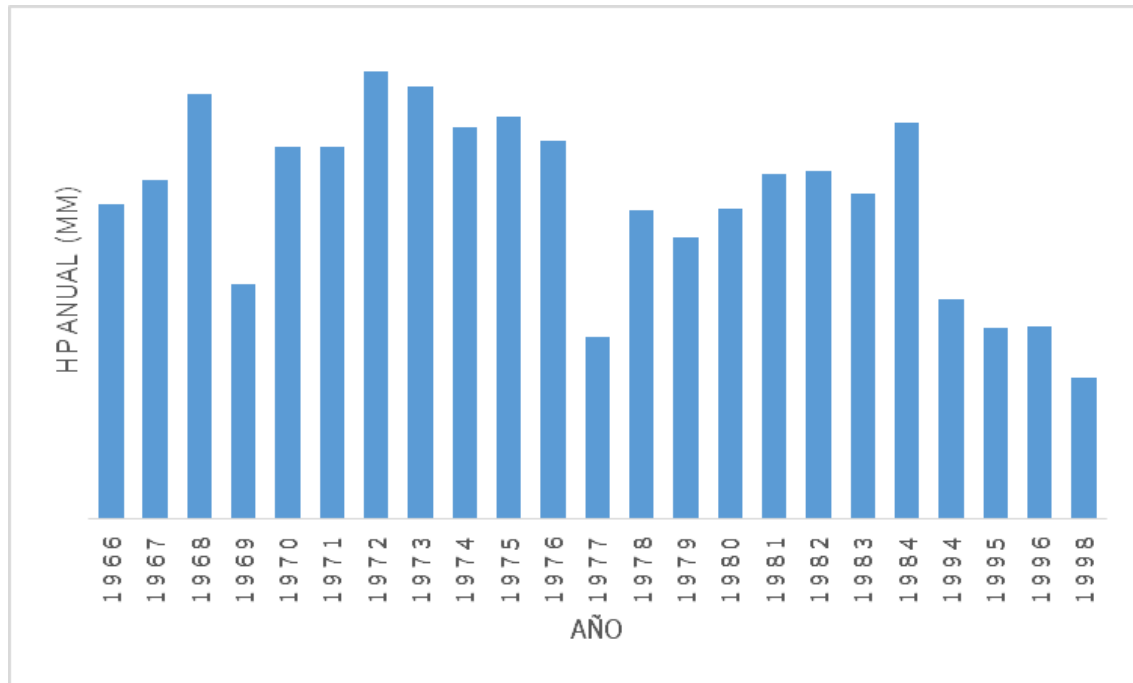


Figura 3-9. Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 30170 "Tapalapa"

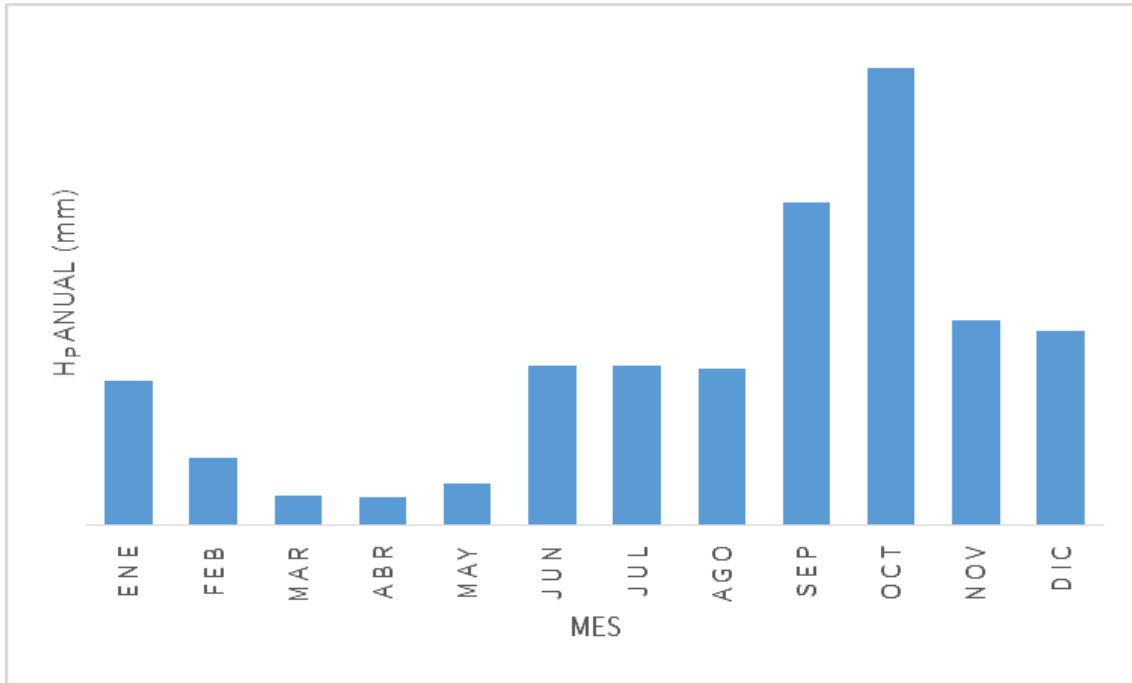


Figura 3-10. Precipitación media mensual en la estación climatológica 30170 "Tapalapa"

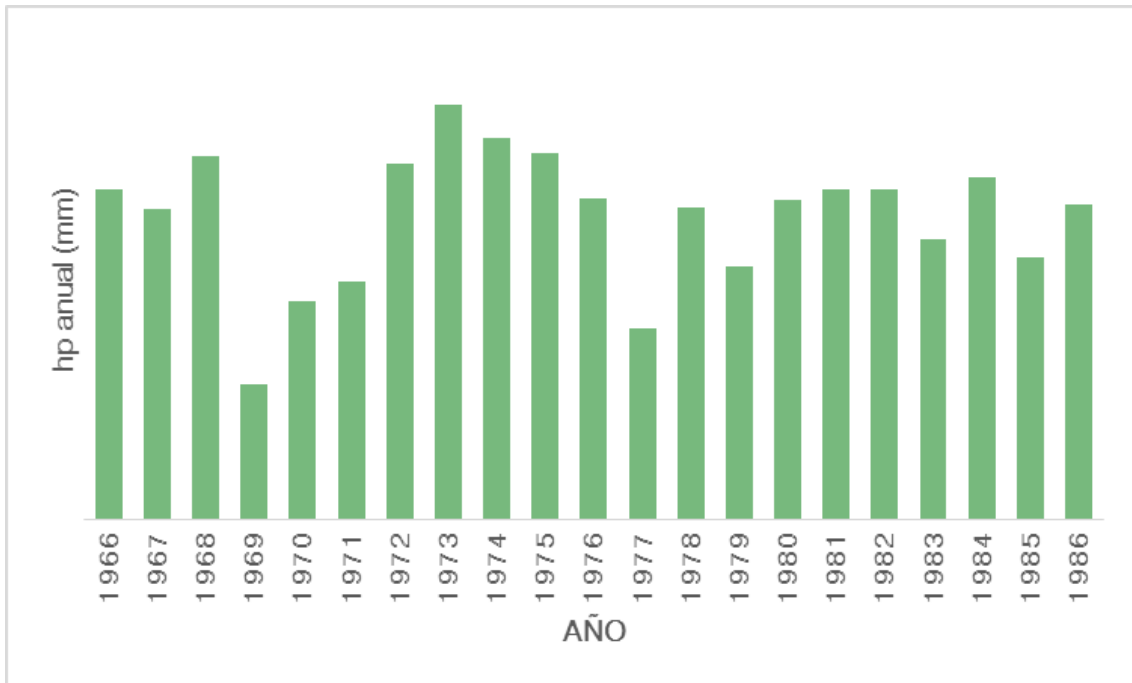


Figura 3-11. Precipitación anual acumulada en la estación climatológica 30146 "San Andrés Tuxtla"

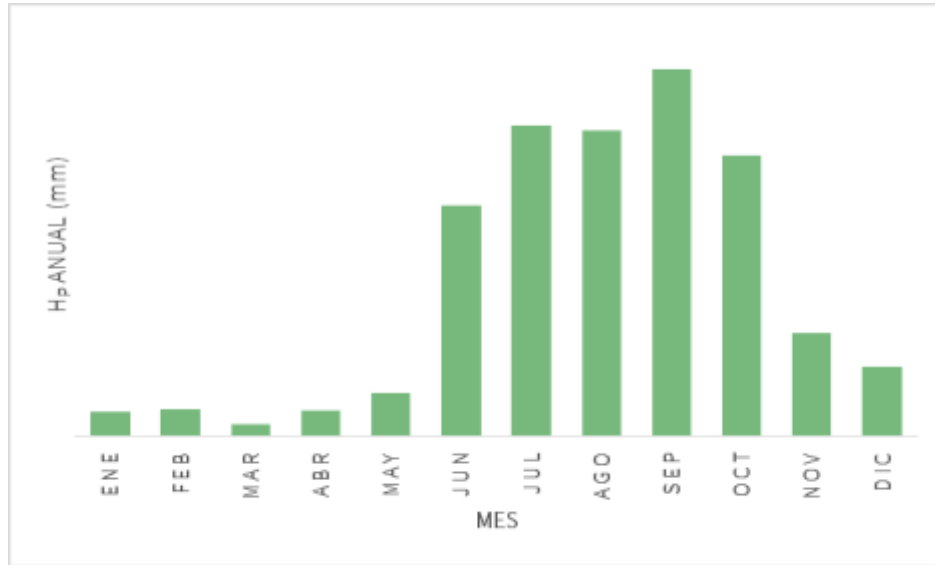


Figura 3-12. Precipitación media mensual en la estación climatológica 30146 "San Andrés Tuxtla"

La precipitación media anual en la estación Tapalapa es de 3553.4 mm., mientras que en la estación San Andrés Tuxtla es de 2006 mm.

Las estaciones meteorológicas automáticas más cercanas a la zona de estudio son la Estación ITSSAT y TABACALERA, ambas del INIFAP; las cuales están a 5 y 9 kilómetros respectivamente. (Figura 3.13).

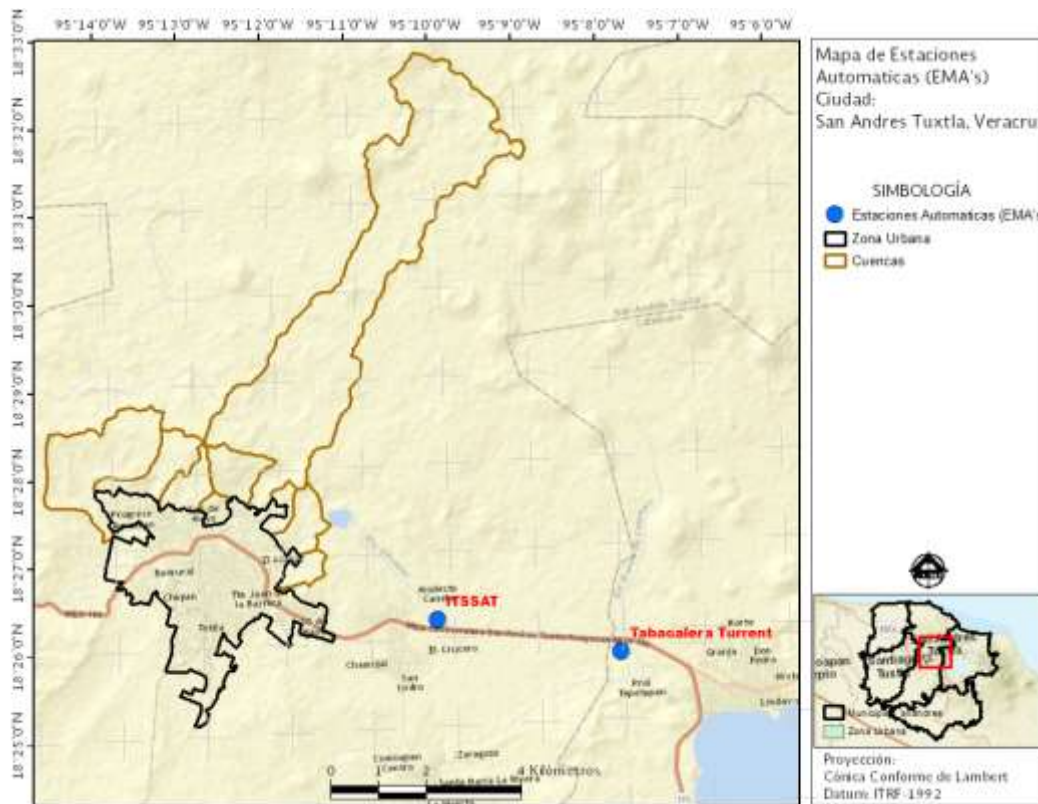


Figura 3-13. EMA's

3.3.6 Escurrimientos

Los escurrimientos que cruzan la zona urbana de San Andrés Tuxtla están formados por corrientes que nacen en las estribaciones del volcán de san Martín Tuxtla (Tiltépetl) con una elevación máxima de 1,680 msnm al noroeste de la Sierra de los Tuxtlas, el cauce principal que cruza la zona urbana es el Río Tajalate (Figura 3.14).

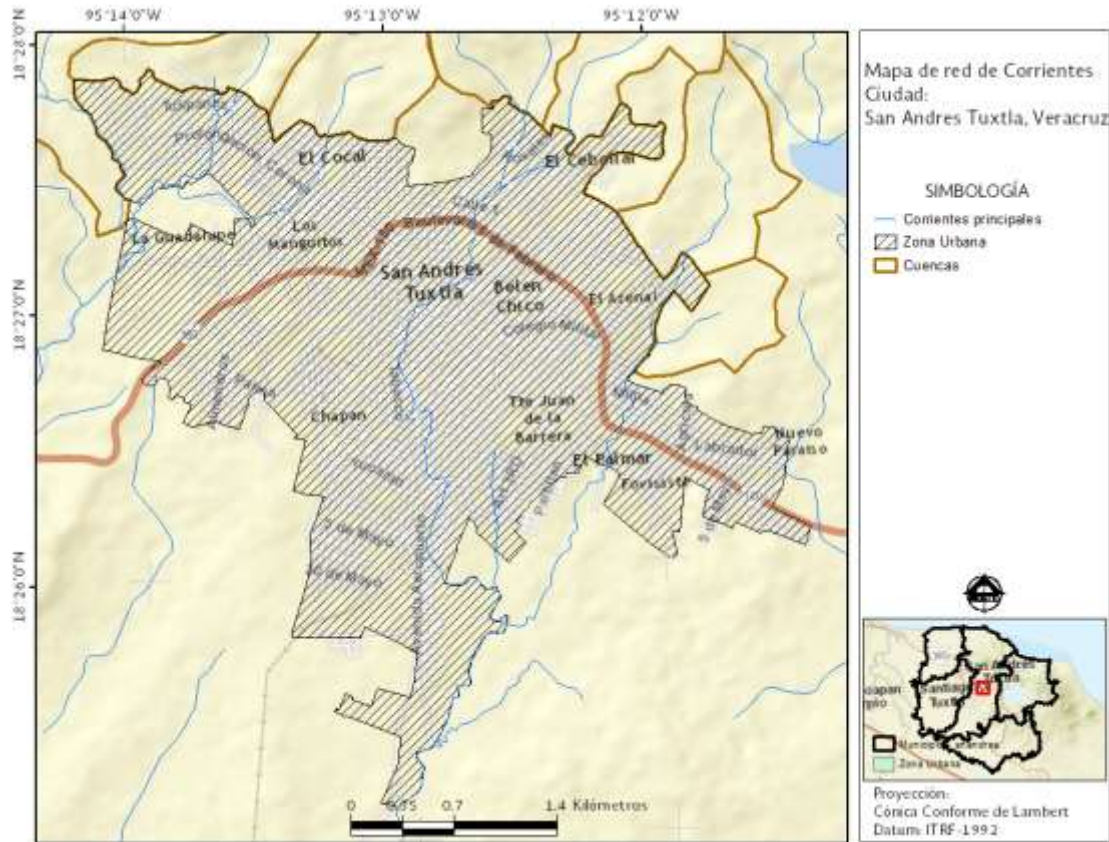


Figura 3-14. Escurrimientos

3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

En la mayor parte del territorio municipal se presentan suelos de tipo Andosol, se caracteriza por ser suelos que se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como de otros materiales piroclásticos.

Por la zona urbana de San Andrés Tuxtla se presenta la corriente del río Tajalate y Pipisoles que por muchos años permanecieron contaminados pero se han llevado a cabo obras de rescate de los afluentes mediante colectores marginales, el río Tajalate aporta sus aguas al río Comoapan.

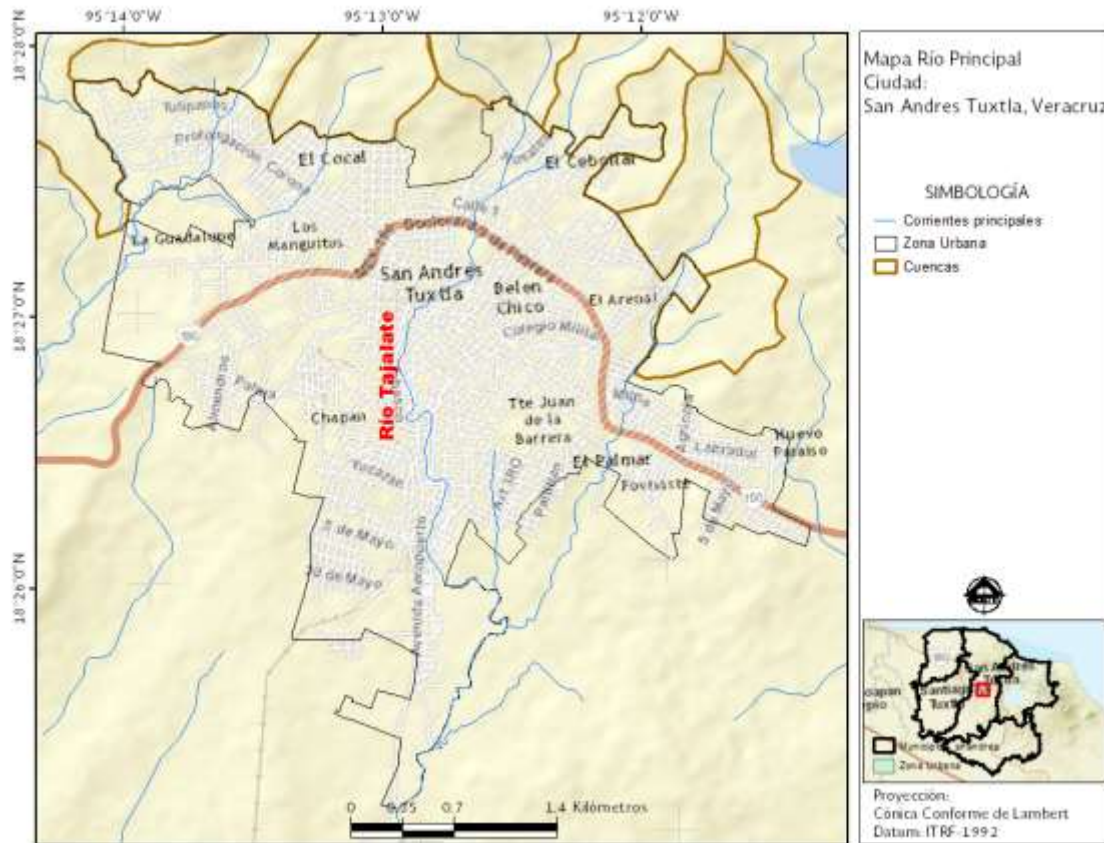


Figura 3-15. Río principal

Coeficiente de escurrimiento; Número de Curva “N”

Para definir las avenidas de diseño en cada una de las subcuencas, es necesario estimar la precipitación efectiva generada por la tormenta que se analiza. Existen varios métodos para realizar esto, entre los que se encuentra el conocido como *los números de escurrimiento N*, el cual se aplica a cuencas no aforadas ya que depende exclusivamente del uso del suelo, de la cobertura vegetal, del tipo de suelo y de la humedad antecedente. El valor del número de escurrimiento es un valor que oscila entre 6, para suelos muy permeables, y 100, para suelos impermeables.

Para estimar el coeficiente N, el primer paso es clasificar la edafología, o tipos del suelo, que conforman la cuenca, de acuerdo con los grupos siguientes (CNA, 1987):

- Tipo A.- Suelos de gravas y de arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas. Estos generan el menor escurrimiento.
- Tipo B.- Suelos de arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena y limo. Generan escurrimiento inferior al medio.
- Tipo C.- Suelos de arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezcla de arena, limo y arcilla. Generan escurrimiento superior al medio.
- Tipo D.- Suelos arcillosos de alta plasticidad, con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie. Generan el mayor escurrimiento.

Cada grupo edafológico se le asigna un tipo de acuerdo a su calificador y textura, como ejemplo se tiene la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Grupo edafológico y tipo de suelo

Suelo	Calificador	Textura	Tipo
ACRISOL	Húmico	Fina	C
ACRISOL	N	Media	C
ACRISOL	Ródico	Media	C
ANDOSOL	Dístrico	Gruesa	A
ANDOSOL	Dístrico	Media	B

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. En la figura 3.16 se esquematizan los tipos de suelo para las cuencas que aportan hacia la zona urbana de Delicias. En segundo lugar, se deben identificar los posibles usos del suelo. Para ello se definieron los que aparecen en la columna izquierda de la siguiente tabla y, finalmente, con base en ambas variables (cobertura vegetal y uso del suelo), se definieron los valores para el número de escurrimiento N para cada grupo de suelo (Tabla 3.5, CNA 1987).

Tabla 3.5. Valores del número de escurrimiento

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Agrícola-Pecuaria	49	69	79	84
Agrícola-pecuaria-forestal	49	69	79	84
Agricultura de riego	62	71	78	81
Agricultura de temporal	67	78	85	89
Agua	90	90	90	90
Area sin vegetación	77	86	90	92
Asentamientos humanos	79	86	90	92
Bosque de Ayarín	40	62	76	81
Bosque de coníferas	36	55	70	77
Bosque de encino	36	60	73	79
Bosque de encino pino	36	60	73	79
Bosque de oyamel	36	55	70	77
Bosque de pino	40	62	76	81
Bosque de pino-encino	36	60	74	80
Bosque de Tásate	37	60	71	78
Bosque Latifoliado	26	52	62	69
Bosque mesófilo de montaña	36	60	70	77
Chaparral	50	69	79	84
Complementaria	30	58	71	78
Cuerpo de agua	95	95	95	95
Desprovisto de vegetación	77	86	90	92
Humedal con Bosque	36	60	70	77
Manglar	36	60	70	77
Matorral desértico microfilo	50	69	79	84
Matorral desértico rosetófilo	50	69	79	84
Matorral xerófilo	48	67	77	83
Otros tipos de vegetación	50	69	79	84
Palmar inducido	76	85	88	90
Pastizal	48	67	77	83
Pastizal Cultivado	25	59	75	83
Pastizal Hallofillo	48	67	77	83
Pastizal inducido	25	59	75	83

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Pastos Naturales	49	69	79	84
Popal	87	89	92	94
Sabana	39	61	74	80
Selva alta perennifolia	36	60	70	77
Selva alta Superennifolia	36	60	70	77
Selva baja caducifolia	39	63	74	80
Selva baja perennifolia	46	68	78	84
Selva baja subcaducifolia	39	63	74	80
Selva baja subperennifolia	36	60	70	77
Selva caducifolia	39	61	74	80
Selva mediana subcaducifolia	39	63	74	80
Selva mediana subperennifolia	39	63	74	80
Semi -Urbanizado	79	86	90	92
Sin vegetación aparente	68	79	86	89
Tular	90	90	90	90
Vegetacion inducida	50	69	79	84
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	40	62	76	81
Zona Urbana	79	86	91	94

La siguiente figura presenta un plano en el que los usos del suelo se clasifican con base en la tabla anterior y un ejemplo del significado de la simbología en la tabla siguiente.

Tabla 3.6. Simbología y uso de suelo

Descripción	Clave
Selva baja caducifolia	SBC
Selva mediana subcaducifolia	SMS
Agricultura de temporal permanente	TP
Zona urbana	ZU
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	VSa/SBC
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	VSA/SMS
Agricultura de temporal anual	TA
Pastizal cultivado	PC
Cuerpo de agua	H2O
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	VSa/SMS
Agricultura de temporal anual y permanente	TAP
Bosque de encino	BQ

Con la información de la tabla anterior, se estima la variación espacial del número de escurrimiento en las subcuencas de aportación y zonas urbanas y con base en esa tipificación se asignan los valores de la tabla anterior.

Un resumen de los valores por cuenca se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Valores del número de escurrimiento por cuenca

CUENCA	TIPO DE SUELO	USO DE SUELO	AREA TOTAL (m ²)	%	AREA PARCIAL (m ²)	CN	CNp
A	Andosol Lúvico Med B	ASENTAMIENTOS HUMANOS	3612480	2.21	79857.1	86	76.5

	Andosol Mólico Med A	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE		97.79	3532622.9	67	
B	Andosol Mólico Med A	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	1296959	36.58	474395.6	67	77.3
	Phaeozem Húmico Med C	ASENTAMIENTOS HUMANOS		-2.82	-36566.55	90	
	Phaeozem Lúvico Med C	PASTIZAL CULTIVADO		66.24	859129.95	75	
C	Phaeozem Húmico Med C	AGRICULTURA DE TEMPORAL SEMIPERMANENTE	825582	51.90	428492.1	85	80.0
	Phaeozem Lúvico Med C	PASTIZAL CULTIVADO		48.10	397089.9	75	
D	Andosol Mólico Med A	AGRICULTURA DE TEMPORAL SEMIPERMANENTE	1066104	41.72	444780.7	67	71.0
	Phaeozem Húmico Med C	PASTIZAL CULTIVADO		58.28	621323.3	75	
E	Andosol Lúvico Med B	PASTIZAL CULTIVADO	16007159	56.11	8982014	59	56.3
	Andosol Mólico Med A	PASTIZAL CULTIVADO		21.82	3493186.5	25	
	Phaeozem Húmico Med C	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL		22.06	3531958.5	85	
F	Andosol Mólico Med A	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	993965	1.47	14572.9	67	71.0
	Phaeozem Húmico Med C	PASTIZAL CULTIVADO		98.53	979392.1	75	
G	Andosol Mólico Med A	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	486888	9.39	45740.6	67	76.0
	Phaeozem Húmico Med C	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL		90.61	441147.4	85	
H	Phaeozem Húmico Med C	AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	329331	100	329331	67	67

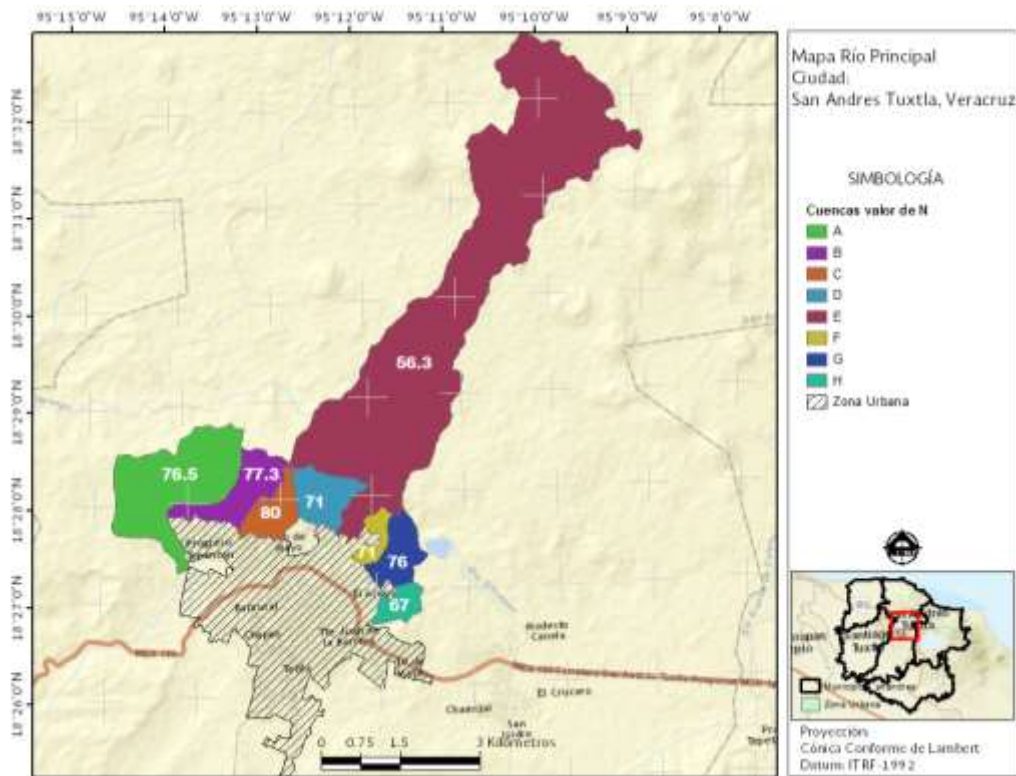


Figura 3-16. Variación del número de escurrimiento por cuenca

3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

En la figura 3.17 y 3.18, se muestran las trayectorias de los ciclones y la incidencia con la que han impactado la región a la que pertenece la zona urbana de San Andrés Tuxtla, Veracruz, del periodo de 1857 a 2010. El consejo de cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa ha tenido el mayor número de impactos.

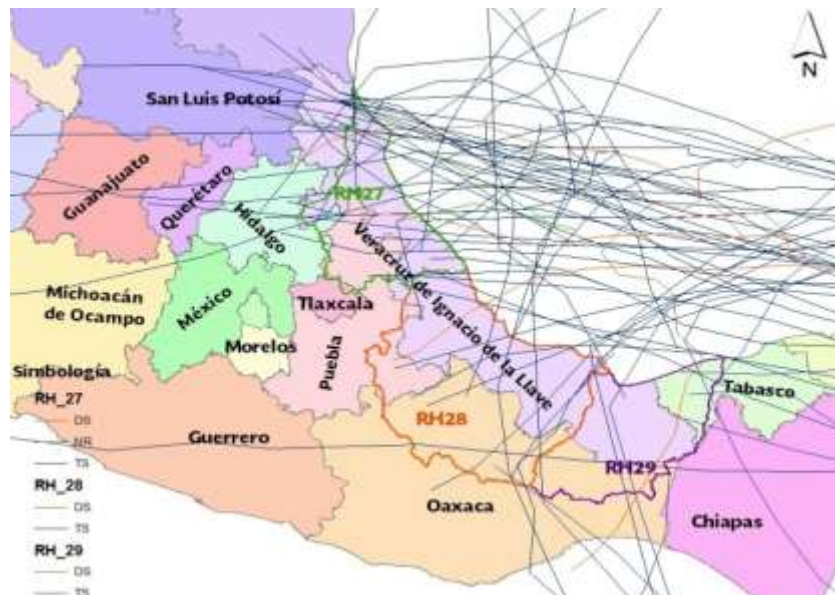


Figura 3-17. Ciclones tropicales que impactaron la región (1857-2009)

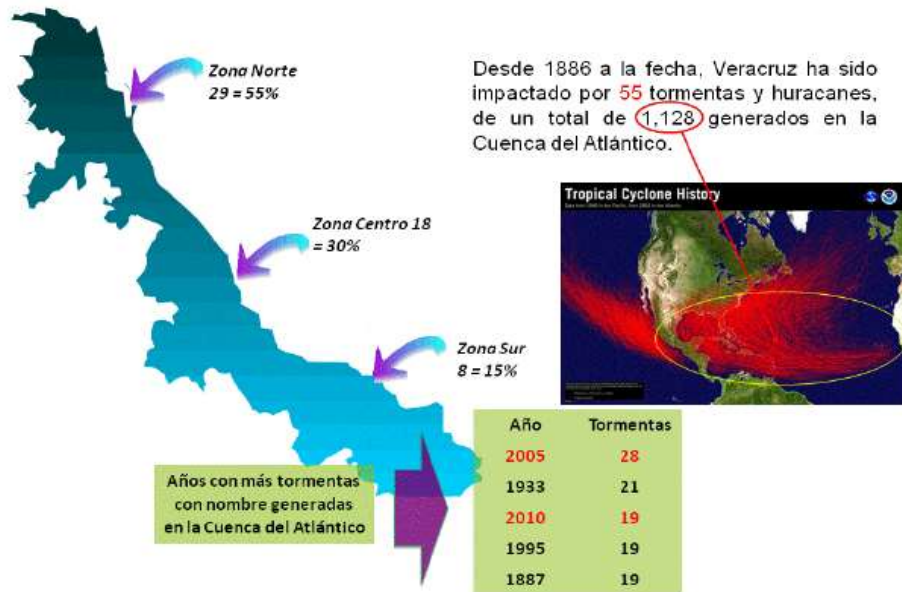


Figura 3-18. Incidencia de ciclones tropicales

En el año 2010 Veracruz tubo grandes consecuencias por la presencia de 7 fenómenos hidrometeorológicos entre el 22 de julio y el 28 de septiembre, el más intenso el huracán Karl y los remanentes de la tormenta tropical Matthew (Figura 3-19). El promedio anual en las pasadas décadas ha sido de 11 tormentas dos de ellas huracanes de gran intensidad de niveles 3, 4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson.

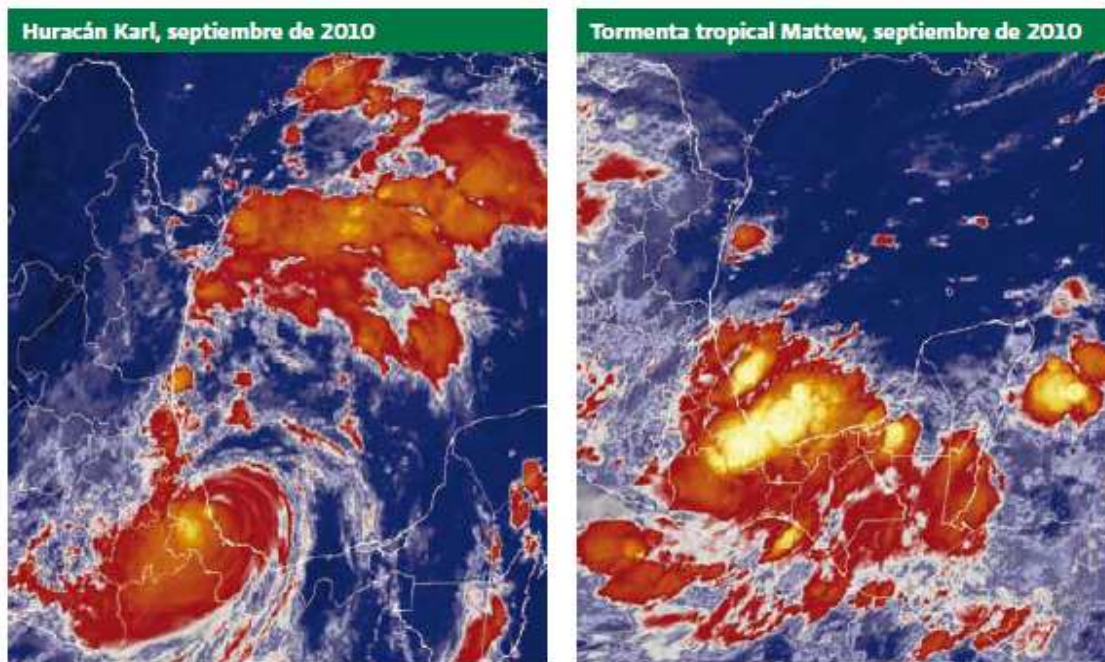


Figura 3-19. Huracán Karl y remanentes Matthew

Hablando en particular de la zona urbana de San Andrés Tuxtla, su ubicación geográfica y variabilidad topográfica la hacen vulnerable al impacto de diversos eventos hidrometeorológicos como frentes fríos, depresiones tropicales, tormentas y por supuesto huracanes, los cuales llegan a propiciar inundaciones y en consecuencia daños a la población. Esta región es una de las que registran el mayor índice de impacto, un tema que requiere especial atención; en ella se presentan en promedio 15 eventos ciclónicos al año algunos propiciando severos daños (Semarnat, 2011). Dentro de los Diagnósticos de Vulnerabilidad del Estados de Veracruz, así como el Programa Veracruzano de Protección Civil recopiló la información de los eventos que han afectado la entidad en los últimos años, mismos que se enlistan en la siguiente tabla las zonas y municipios afectados (Tabla 3.8). El número dentro del paréntesis indica el número de municipios declarados zona de desastre.

Tabla 3.8. Eventos que han afectado al estado de Veracruz

Huracán	Categoría	Fecha	Zonas y Municipios Afectados
Bret	Tormenta Tropical	Junio 29, 2005	Tecolutla
Gert	Tormenta Tropical	Julio 25, 2005	Norte de Tamiahua
José	Tormenta Tropical	Agosto 23, 2005	Nautla
Stan	1	Octubre 4, 2005	Los Tuxtlas
Dean	1	Agosto 22, 2007	Tecolutla (66)
Lorenzo	1	Sep. 28, 2007	Tecolutla (12)
Marco	Tormenta Tropical	Octubre 7, 2008	Nautla
Karl	3	Sep. 17, 2010	La Antigua (92)
Mathew, remanentes	Tormenta Tropical	Sep. 24 al 27, 2010	Cuencas del Papaloapan y Coatzacoalcos (48)
Arlene	Tormenta Tropical	Junio 30, 2011	Tamiahua (62)
Harvey	Tormenta Tropical	Agosto 22, 2011	Alvarado
Nate	Tormenta Tropical	Sep. 11, 2011	Tecolutla-Nautla
Ernesto	Tormenta Tropical	Agosto 9, 2012	Coatzacoalcos (143)
Helen	Tormenta Tropical	Agosto 18, 2012	Pueblo Viejo-Tampico Alto
Barry	Tormenta Tropical	Junio 20, 2013	Actopan (76)

Eventos importantes en el año 2010:

- Lluvias severas los días 22, 23 y 25 de Julio de 2010, en 18 Municipios.
- Lluvias severas los días 25 y 26 de Julio de 2010, en 6 Municipios así como inundación el día 24 de 2010, en el municipio de El Higo.
- Inundación el día 6 de Agosto de 2010, en 9 municipios.
- Lluvias severas el día 30 de Agosto de 2010, en 6 municipios, así como inundación del 21 al 31 de Agosto de 2010 en 26 municipios.
- Lluvias severas los días 22, 26 y 30 de Agosto de 2010, así como el día 3 de Septiembre, en 14 municipios e inundación en 1 municipio.
- Huracán Karl los días 17 y 18 de Septiembre de 2010, en 92 municipios
- Huracán Mathew los días 26, 27 y 28 de Septiembre de 2010, en 48.municipios
- El municipio de San Andrés Presento Afectaciones de inundación en la zona del ramal y entrando en la declaratoria de emergencia y desastre.

3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes

Acciones no estructurales

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.

De acciones no estructurales emprendidas en la zona urbana de San Andrés Tuxtla a partir del año 2011 se instruyó a la Comisión de limpia publica realizar las actividades de limpia exhaustiva en los ríos Tajalate y Pipisoles, de igual forma se realizó una campaña de concientización a la población para mantener libre de basura ya que la acumulación de estas provoca la falta de capacidad hidráulica de los ríos y por ende el problema de inundaciones.

Para mitigar las afectaciones por eventos hidrometeorológicos el sistema Municipal de Protección Civil de San Andrés Tuxtla realizo las siguientes actividades de prevención:

- Campañas de difusión sobre protección civil
- Mejorar la capacidad de atención del Sistema Municipal de Protección Civil
- Implementación de un sistema de accertamiento a la población
- Concientización de un programa de plan familiar
- Formación de brigadas de protección civil
- Gestionar refugios temporales

3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación

A nivel municipal, San Andrés Tuxtla registra un predominio en actividades primarias. En el sector primario agricultura, ganadería, caza y pesca, en el sector secundario la minería, extracción de petróleo, gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción, en el sector terciario se encuentra el comercio, transporte, comunicaciones, servicios financieros, administración pública, defensa, profesionales, restaurantes, hoteles.

En el sector primario destaca la agricultura gracias a los apoyos gubernamentales para la producción de granos básicos principalmente maíz, pero lo cual ha repercutido en la desaparición de superficies boscosas o acaudaladas. Por otra parte la ganadería tiene una superficie de 39,939 ha, en donde se ubican 6.953 unidades de producción rural con actividad de cría, cuenta con 71,152 cabezas de ganado bovino, de doble propósito, además de la cría de ganado porcino, ovino, caprino y equino.

Por otra parte la pesca se realiza en los cuerpos de agua como son lagunas, lagos, embalses y un gran número de ríos y arroyos

En las actividades industriales y de comercio el municipio promueve el fortalecimiento de la inversión industrial, agroindustrial y de servicios como los principales sectores de la economía, para el turismo se aprovecha la infraestructura institucional y empresarial existente para promocionar la imagen del municipio como un sitio de mayor atracción turística.

Población Económicamente Activa

- Sector Primario: pesca, agricultura, ganadería, caza. – 29.2 %
- Sector Secundario: minería, extracción de petróleo, gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción. – 19.5 %
- Sector Terciario: comercio, turismo y servicios. – 50.3 %.

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)⁷ 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 km² 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

Fuente: Tomado de OMM. Guía de prácticas hidrológicas, 2011.

Al evaluar la densidad de estaciones a lo largo de la zona de estudio encontramos lo siguiente:

Tabla 4.2. Densidad e estaciones climatológicas en el área de estudio

No	Clave	Nombre	Estado	Área (km ²)	Unidad fisiográfica	Cumple
1	30146	San Andrés Tuxtla	Veracruz	105.2	Áreas urbanas	-
2	30302	Sihuapan	Veracruz	114.55	Planicie interior	Si
3	30022	Catemaco (SMN)	Veracruz	148.94	Planicie interior	Si
4	30204	Catemaco (CFE)	Veracruz	79.2	Planicie interior	Si

Se ha hecho un análisis análogo para las estaciones meteorológicas automáticas y los resultados se observan enseguida. (Figura 4-2 y Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas en el área de estudio

No	Nombre	Estado	Área (km ²)	Unidad fisiográfica	Cumple
1	ITSSAT	Veracruz	266.75	Planicie interior	Si
2	TABACALERA	Veracruz	237.27	Planicie interior	Si

⁷Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

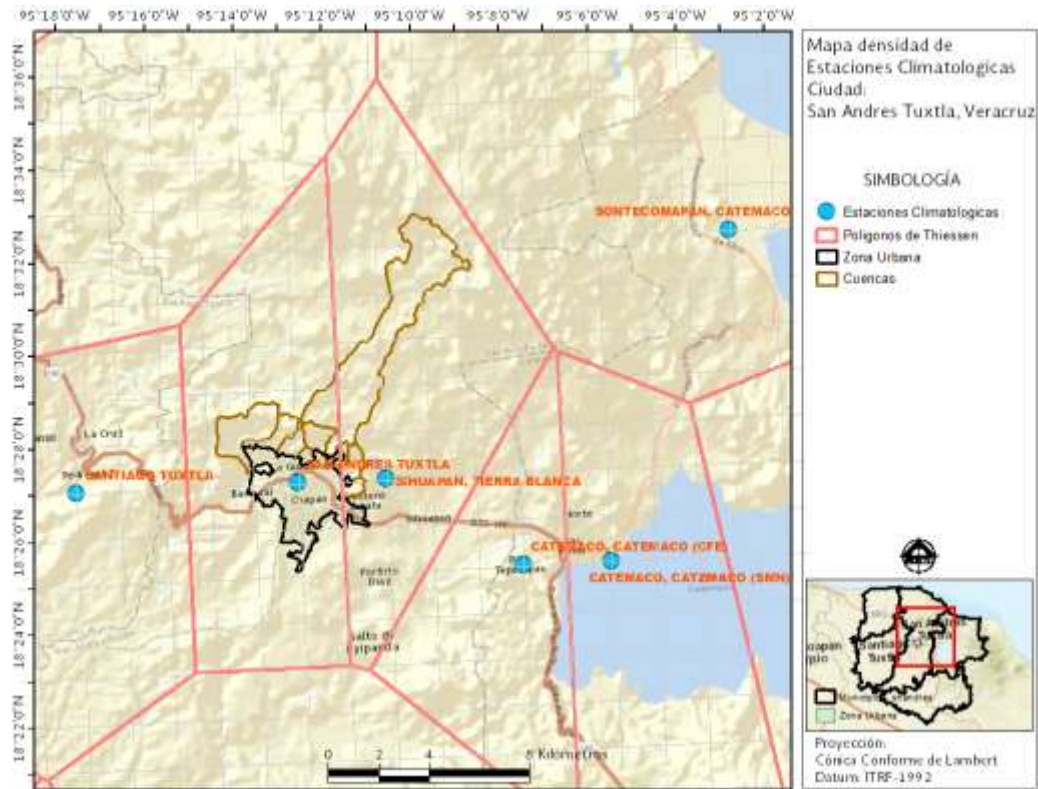


Figura 4-1. Densidad de estaciones climatológicas convencionales

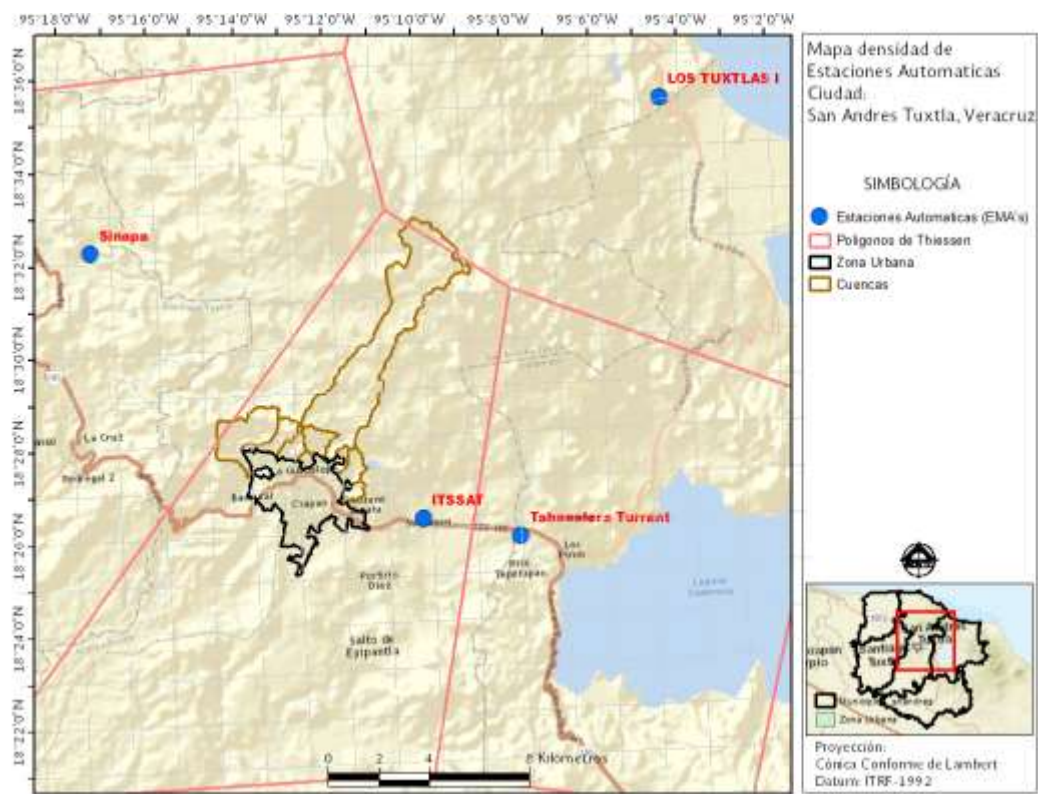


Figura 4-2. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas

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.

Al día de hoy, el presidente municipal de San Andrés Tuxtla es el principal responsable de conjuntar el Consejo Municipal de Protección Civil, para que este a su vez lleve a cabo las siguientes actividades:

- Delimitar la zona de ejecución del plan, con base en la identificación de riesgos
- Instalar un centro de comunicaciones con servicios de 24 horas, donde se recibirá la información para recibir y canalizar las solicitudes de auxilio.
- Realizar campañas de difusión sobre protección civil en el hogar, en el trabajo, escuela y vía pública.
- Mejorar la capacidad de atención con personal capacitado y con la dotación de equipo especializado.
- Formación de brigadas comunitarias de protección civil
- Gestionar refugios temporales especiales para el tipo de zona.

Las herramientas meteorológicas de pronóstico con que se cuenta para los pronósticos son los siguientes:

- Pronóstico Meteorológico Extendido,
- Portal interactivo hidrometeorológico para todo el país para formación de ciclones tropicales,
- Imágenes de satélite,
- Meteorogramas con registro de varios elementos para la ciudad de
- Imagen interpretada del país,
- Pronóstico meteorológico general para el país,
- Pronóstico extendido a 96 horas,
- Aviso de tiempo significativo en México,
- Mapa de áreas con Potencial de Tormentas para el país,

- Aviso de Tiempo Severo. Pronóstico a muy corto plazo,
- Estimación de Lluvias con Satélite a Tiempo Real para todo el país (acumulados en 24 horas o cada 3 horas).

4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes

Acciones estructurales

En el Inventario Nacional de Obras de Protección (IMTA, 2008) no se detectaron obras o infraestructura para el control de inundaciones dentro de la cuenca de aportación ni en la zona urbana de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

Acciones no estructurales

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones en la zona urbana de San Andrés Tuxtla 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 consiente 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 –ya ambiental, ya social, ya 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 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 San Andrés Tuxtla, no se encontró información acerca de asociaciones vecinales que hayan organizado o realizado acciones en el marco de episodios por inundaciones, los trabajos previos y posteriores a eventos hidrometeorológicos que provoquen inundaciones son llevados a cabo por parte del ayuntamiento.

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 4.4. 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 derechohabiencia 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

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 4.5. 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 San Andrés Tuxtla presenta un grado de marginación a nivel municipal de nivel medio, lo anterior significa que existen condiciones desfavorables generalizadas en indicadores de distribución de la población, educación, ingresos por trabajo y vivienda, lo que indica una combinación de situaciones inestables de vida como insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda y, por ende, apuntaría a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

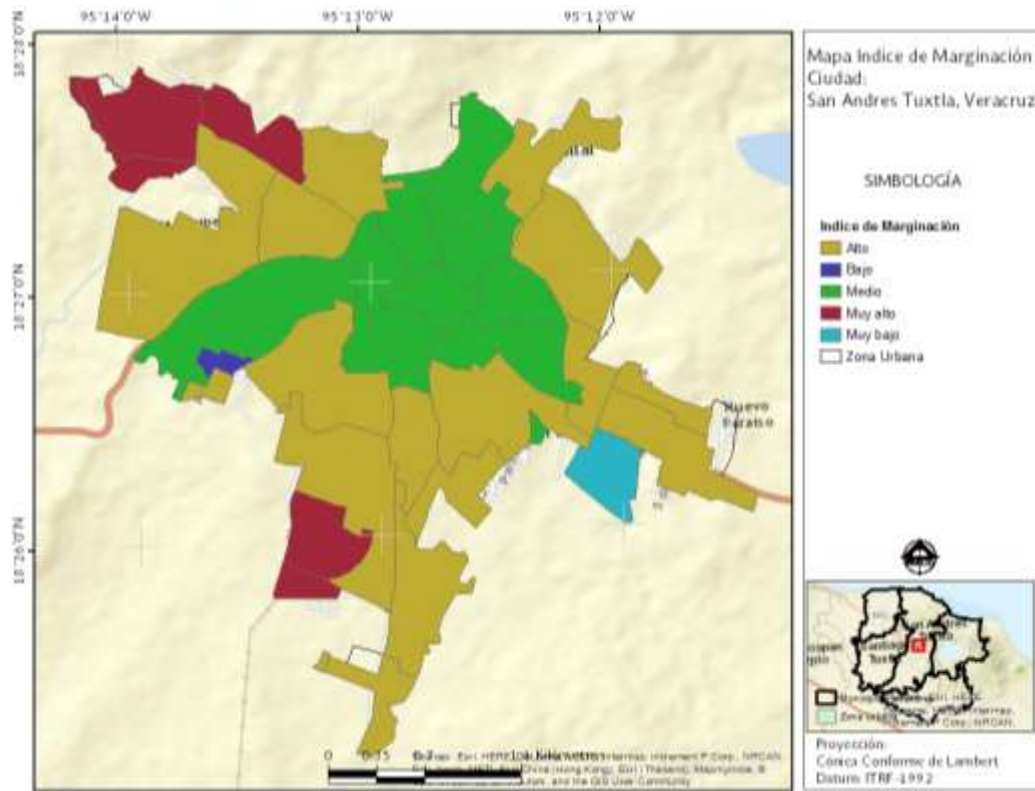


Figura 4-3. Grado de marginación en la zona urbana de San Andrés Tuxtla

Tabla 4.6. Grado de marginación

Grado de marginación	Medio
Índice de marginación escala 0-100	29.9
Lugar que ocupa en el contexto estatal	116
Lugar que ocupa en el contexto nacional	1,009
Población analfabeta de 15 años o más	19.8%
Población sin primaria completa de 15 años o más	41.2%
Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo	2.9%
Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	3.3%
Ocupantes en viviendas sin agua entubada	4.4%
Viviendas con algún nivel de hacinamiento	41.1
Ocupantes en viviendas con piso de tierra	27.9%
Población en localidades con menos de 5,000 habitantes	57.6%
Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	64.2

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.

En este capítulo se presenta la metodología y cálculos hidrológicos e hidráulicos, para poder evaluar el daño anual esperado para diferentes eventos de diseño.

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.

Los cálculos de los diferentes parámetros a utilizar en la modelación hidrológica se llevaron a cabo con la ayuda del programa ARCGIS la definición del cauce principal en cada subcuencas que aporta al sistema se definió como la corriente de mayor longitud dentro de la subcuenca a analizar. De igual manera la pendiente del cauce principal es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta. Es decir, si se tienen dos cuencas con la misma forma y área, pero con diferente pendiente del cauce principal, se producirá una respuesta más rápida y un gasto mayor en aquella cuenca con mayor pendiente ante una tormenta presentada.

Con la información de los ríos escala 1:50,000 se definió el cauce principal de cada una de las subcuencas, su longitud y pendiente.

La determinación de los caudales de aportación a la zona urbana de San Andrés Tuxtla, Veracruz, se realizó a partir de los escurrimientos naturales que se generan en cada una de las cuencas de aportación A, B, C, D, E, F, G, H, y por los escurrimientos generados por las lluvias en la zona urbana. Con la información existente de estaciones climatológicas e hidrometeorológicas en las cercanías de San Andrés Tuxtla, se identificó que la estación más cercana es la estación climatológica San Andrés Tuxtla (Figura 5-1) con la cual no se puede llevar a cabo el análisis de la información para la determinación de caudales y tormentas para las condiciones que se modelaran más adelante.



Figura 5-1. Estación dentro de la zona urbana de San Andrés Tuxtla

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 5.1, muestra el número de las mismas y también señala la cobertura media en km² / estación.

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

No.	Estado	Área (km ²)	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media (km ² /estac)
			Existentes	Usadas	
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	D.F.	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
	TOTAL	1,964,173	5,338	2,243	1,092.90

Para determinar las lluvias de diseño se utilizó en este trabajo el programa de computo llamado V.E.L.L. (Figura 5-2), desarrollado en el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED⁸), 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 V.E.L.L. para determinar las láminas de precipitación.



Figura 5-2. Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED
Tabla 5.2. Precipitación máxima 24 hrs "Cuencas de aportación"

Tr (años)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)	Hp max (mm)
2	180	179.4	179.4	179.2	191.7	178	177.2	179
5	254.7	253.6	252.6	252.6	269.3	251.7	247.4	252.5
10	304.8	303	301.3	301.3	323.2	300.5	295.1	301.2
20	355.9	352.9	350.1	350.2	379.3	349.7	342.9	350
50	421.4	416.9	412.6	412.8	451.3	412.7	404.2	412.4
100	472.1	466.6	461.3	461.7	506.4	461.7	451.9	461.1

⁸CENAPRED, Mapas de Precipitación para Diferentes Duraciones y Periodos de Retorno. Octubre 2013.

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, mostrados en la Tabla 5.2; 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 “San Andrés Tuxtla”, la cual se encuentra en la zona de estudio, no cuenta con información 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.

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 R 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, 20, 50 y 100 años).

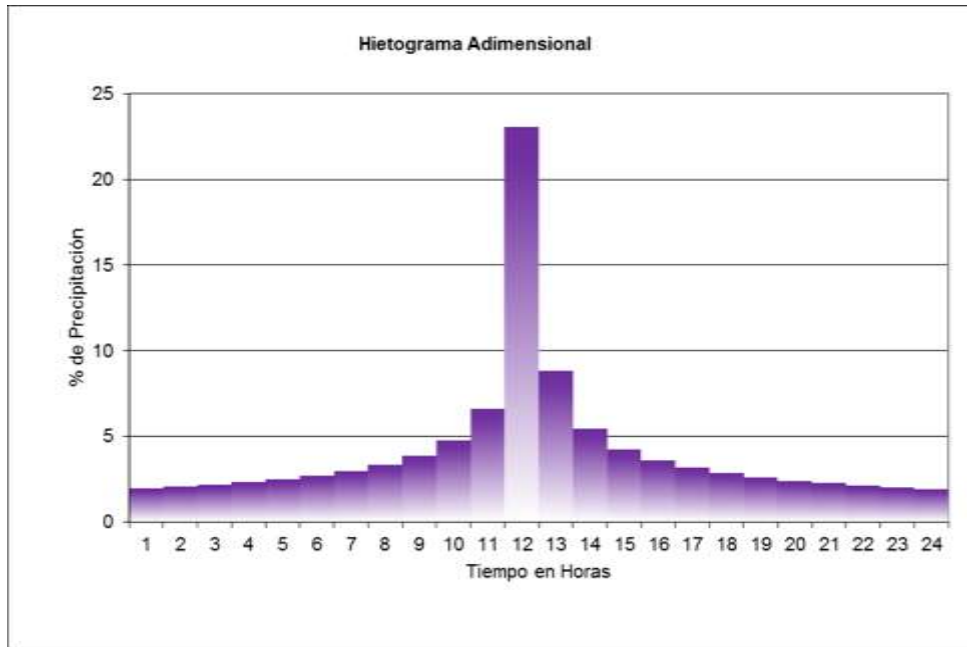


Figura 5-3. Hietograma adimensional para distribución de la precipitación de diseño

5.1.3 Modelo lluvia-escurrencimiento

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 subcuenas, aplicando para ello algunos métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión de escurrencimiento 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-escurrencimiento: Hidrograma unitario del SCS,
- Método para flujo base: ninguno.

Además, se determinó la lluvia de diseño en la zona urbana con la metodología empleada en cada una de las cuencas de aportación. Y se utilizó el mismo patrón de lluvia que de las cuencas, en el modelo hidráulico de IBER. Teniendo un modelo con entradas de caudales y de lluvia.

En la figura 5.4 se muestra finalmente el modelo hidrológico construido.



Figura 5-4. Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC:HMS

5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las tablas que resumen los resultados obtenidos de la modelación hidrológica, divididos en ocho salidas. Dichas salidas corresponden a los hidrogramas de ingreso de gastos a las zonas urbanas: cuenca A, cuenca B, cuenca C, cuenca D, cuenca E, cuenca F, cuenca G y cuenca H.

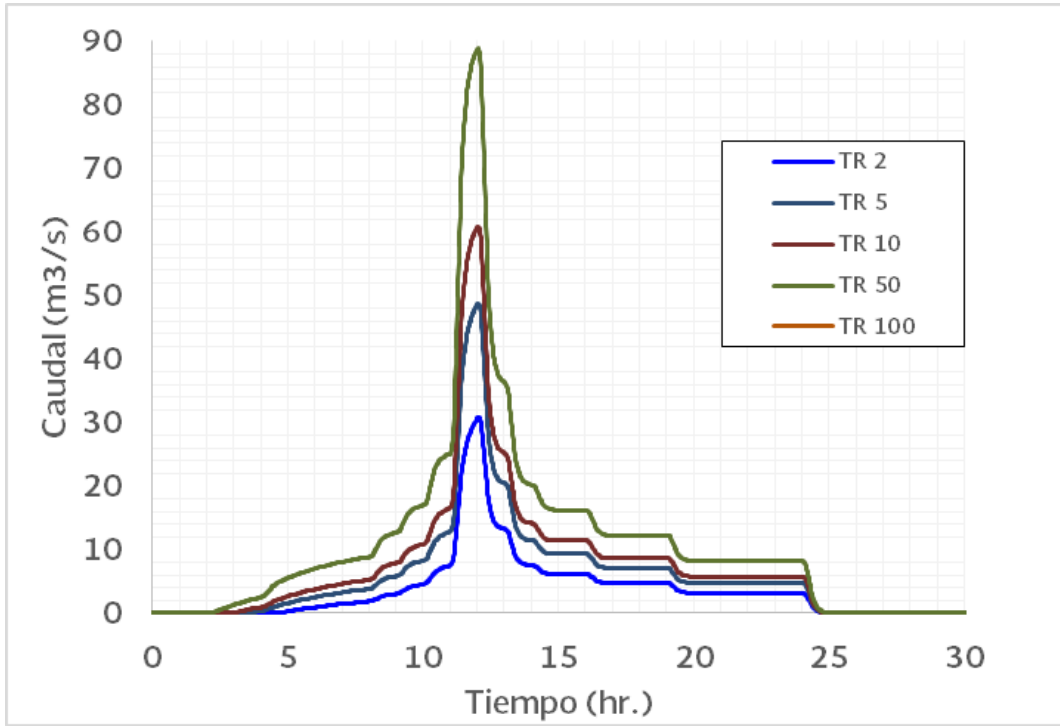


Figura 5-5. Hidrograma de salida "S-1", cuenca A

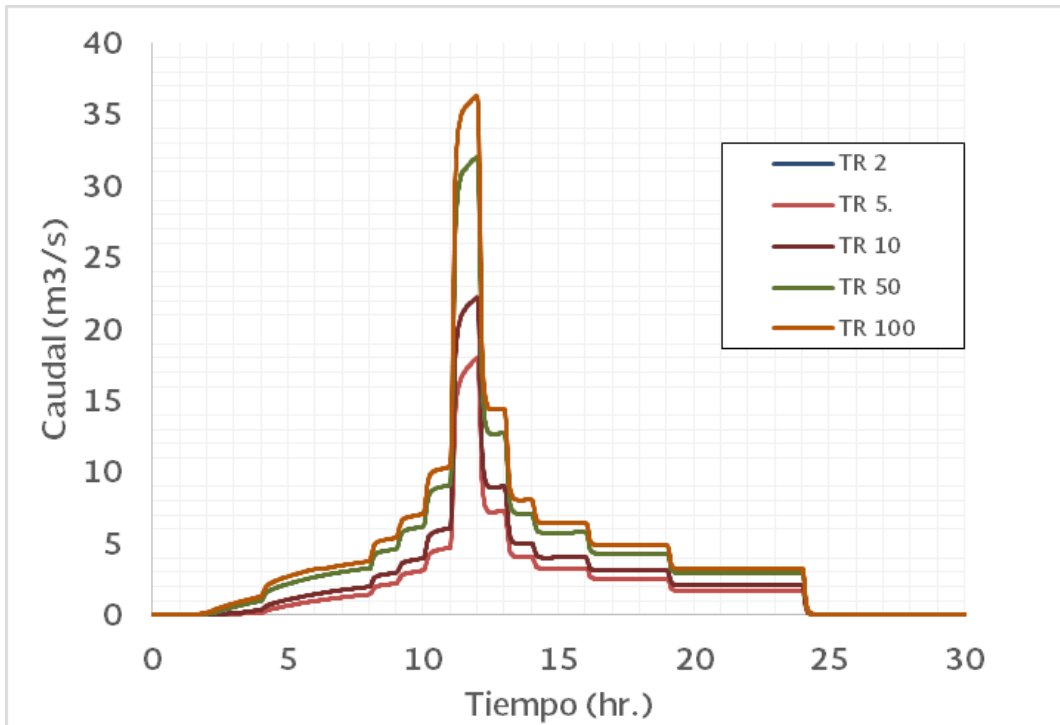


Figura 5-6. Hidrograma de salida "S-2", cuenca B

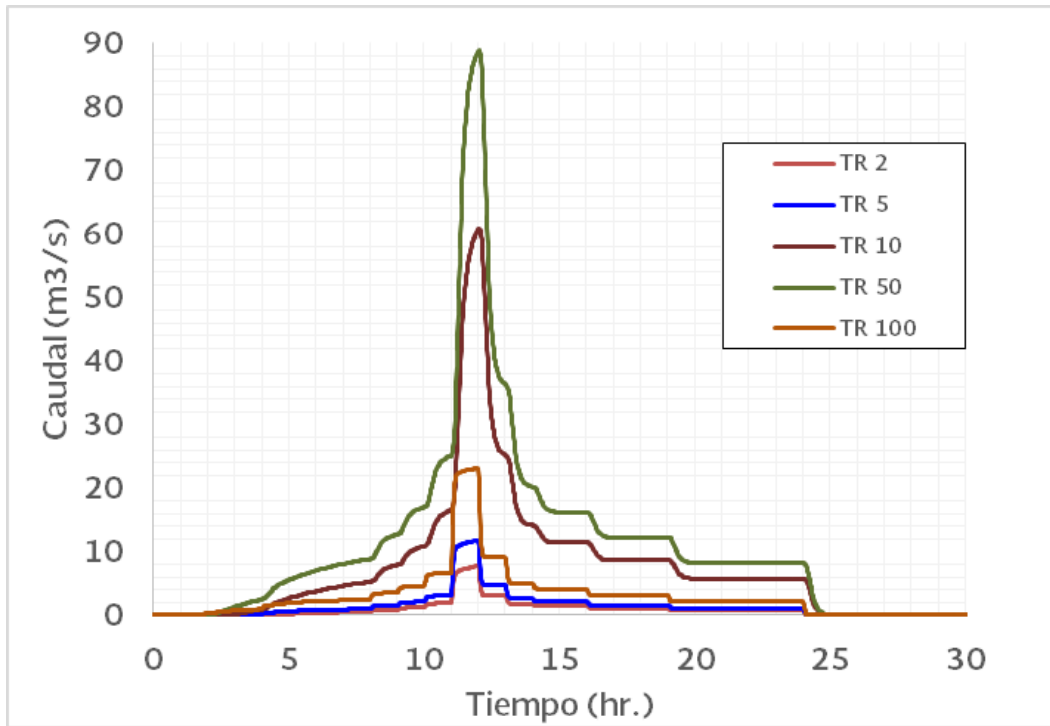


Figura 5-7. Hidrograma de salida de la cuenca C

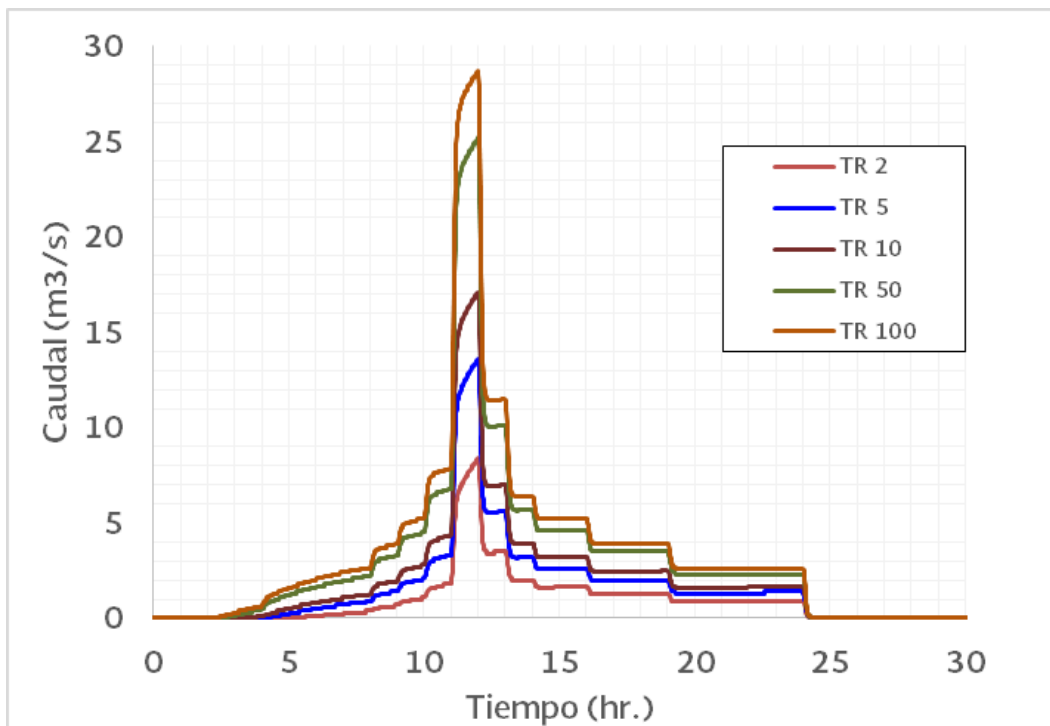


Figura 5-8. Hidrograma de salida "S-4", cuenca D

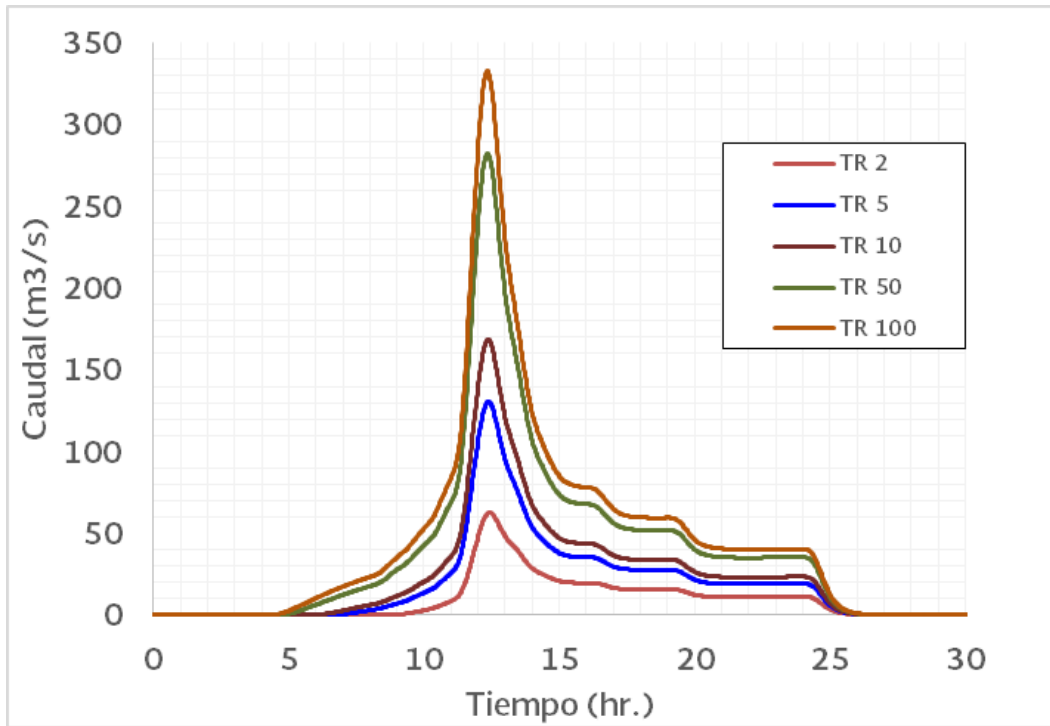


Figura 5-9. Hidrograma de salida "S-5", cuenca E

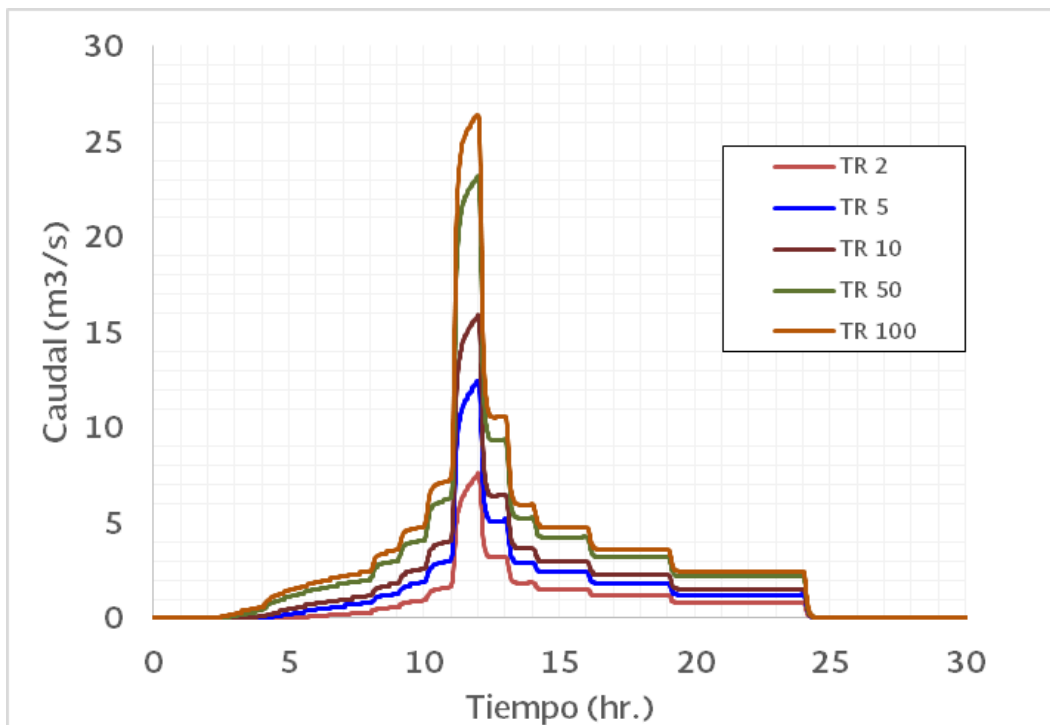


Figura 5.1 Hidrograma de salida "S-6", cuenca F

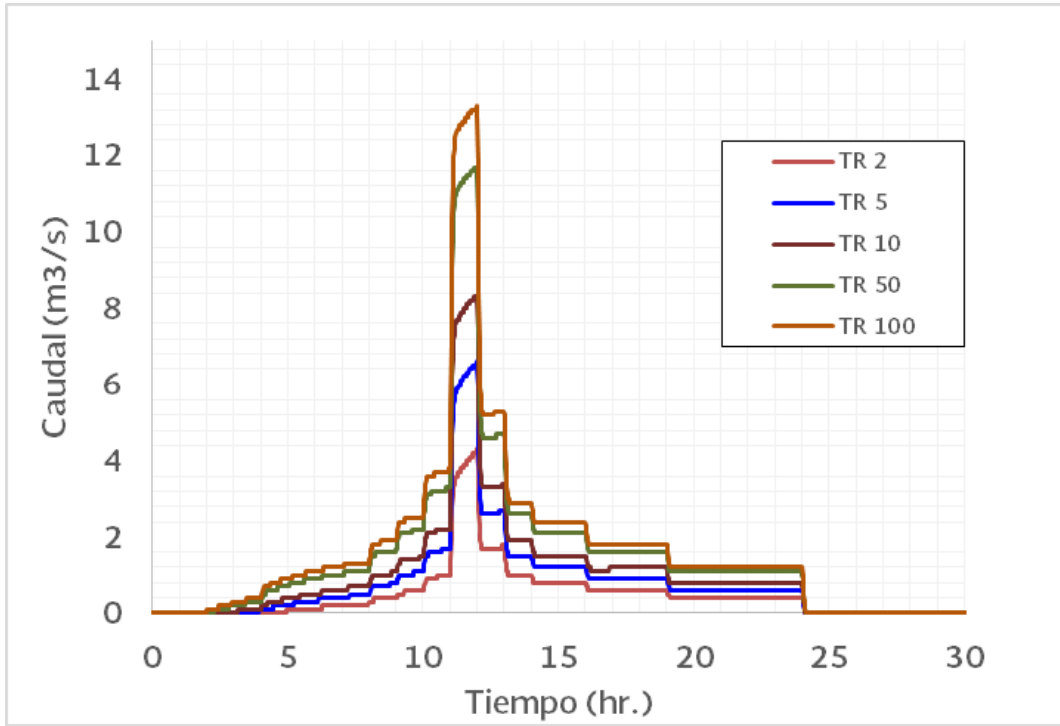


Figura 5-10. Hidrograma de salida "S-7", cuenca G

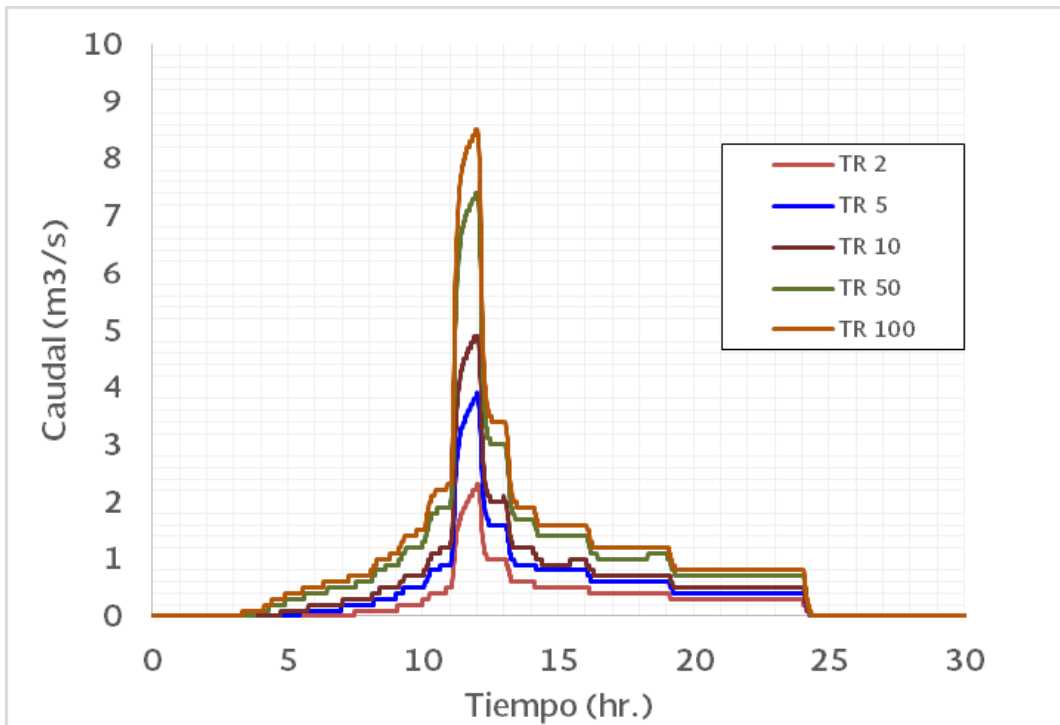


Figura 5-11. Hidrograma de salida "S-8", cuenca H

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 2.3.2⁹.

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 a considerar 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 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 es 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.

⁹ 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 San Andrés Tuxtla, Veracruz, 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 alguno(os) puntos de cada uno de los tributarios de la zona a modelar,
- Usando álgebra de mapas, 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.

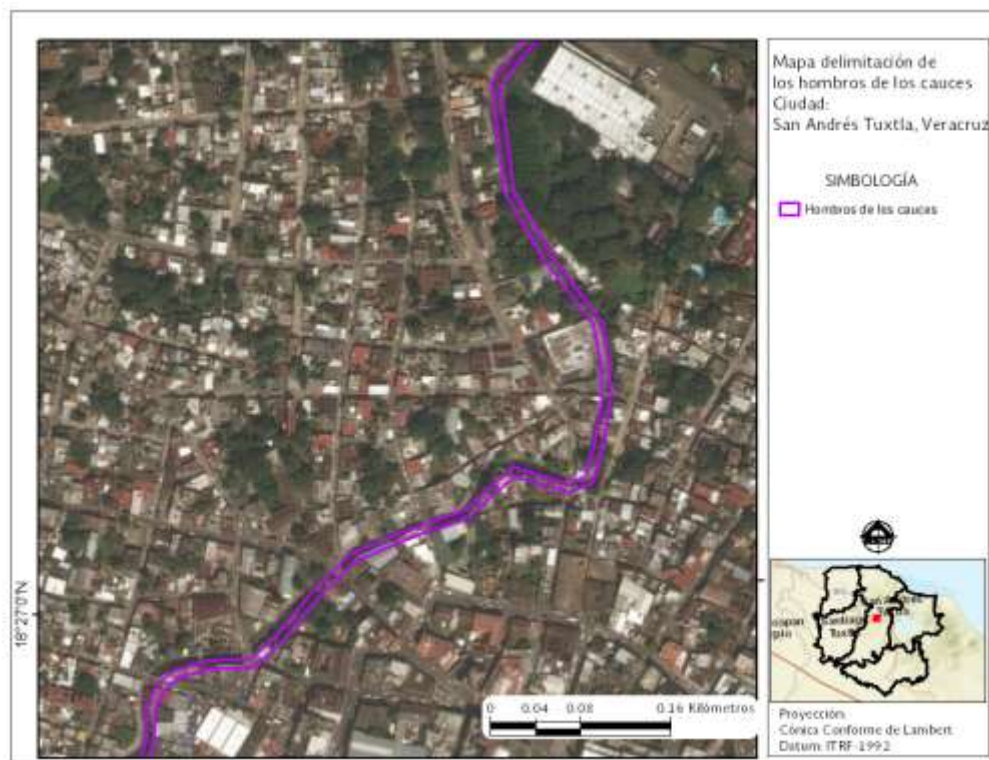


Figura 5-12. Vectores que delimitan el ancho del río Tajalate

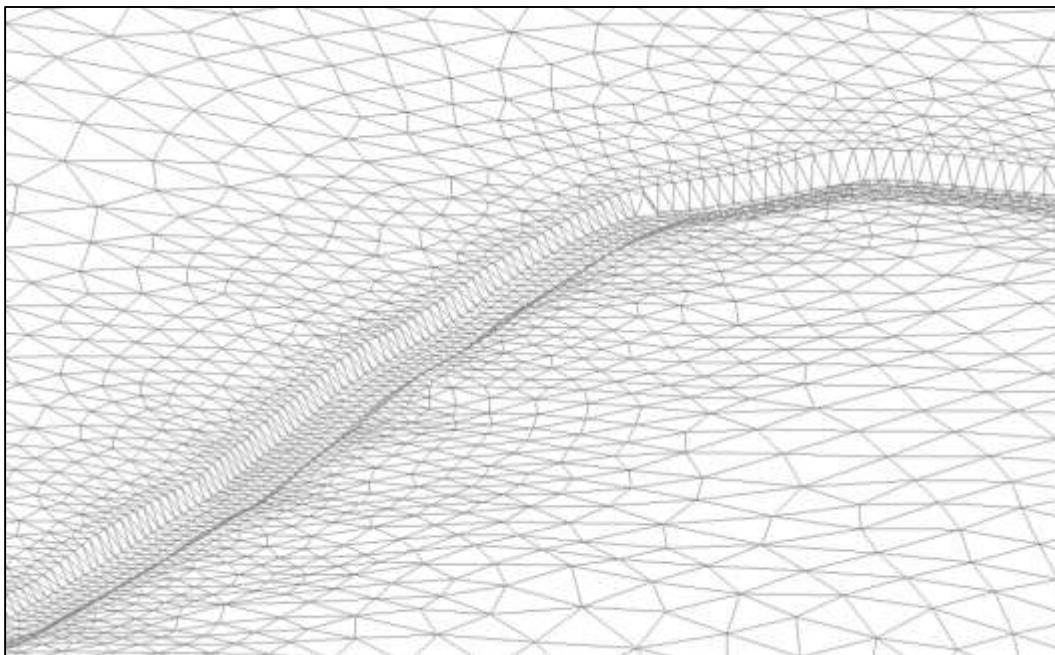


Figura 5-13. Malla final obtenida en el modelo IBER, para una zona del río Tajalate

5.2.3 Infraestructura

En el modelo hidráulico de la zona de San Andrés Tuxtla, Veracruz, 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 3.0 m en los cauces, y de 15 metros en la superficie restante del modelo, que es la planicie de inundación o zonas residenciales y demás entidades.

Los datos del problema son los siguientes:

- Tiempo máximo de simulación: 86,400 segundos,
- Intervalo de resultados: 900 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 e 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. A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo.

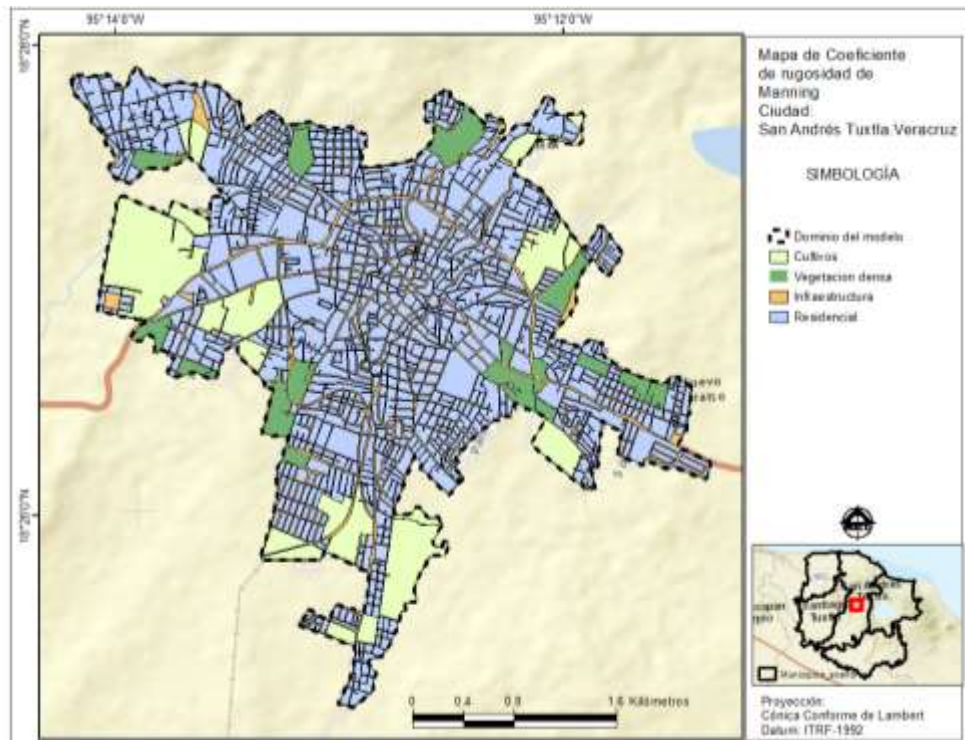


Figura 5-14. Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de San Andrés Tuxtla

Luego de procesar la capa arriba mencionada, para asignarle valores se emplearon los sugeridos por Ven Te Chow¹⁰, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER (Tabla 5.3).

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.

¹⁰ Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos, pag. 108, Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n”. Mc Graw Hill. 2004.

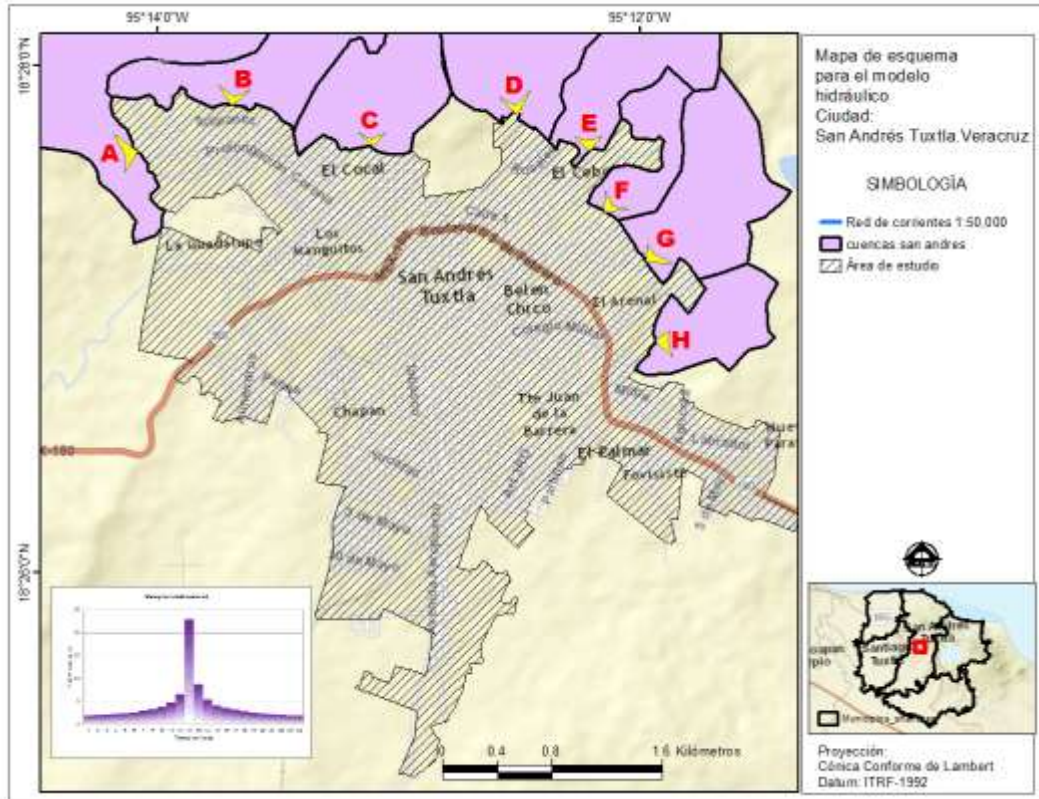


Figura 5-15. Esquema del modelo hidráulico

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.

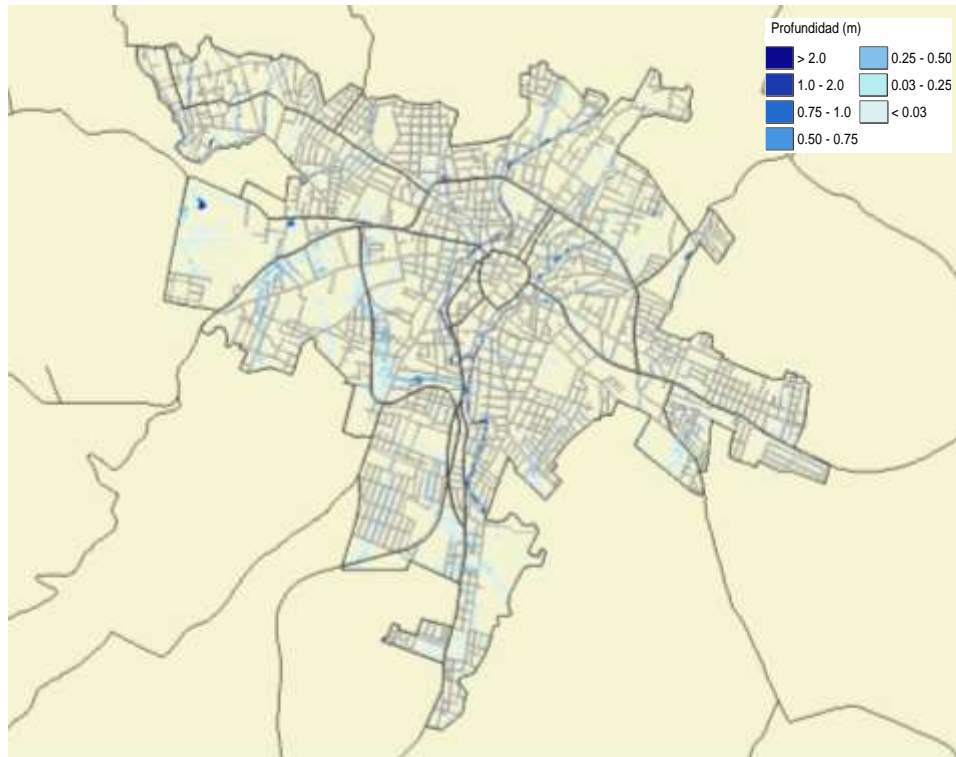


Figura 5-16. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años

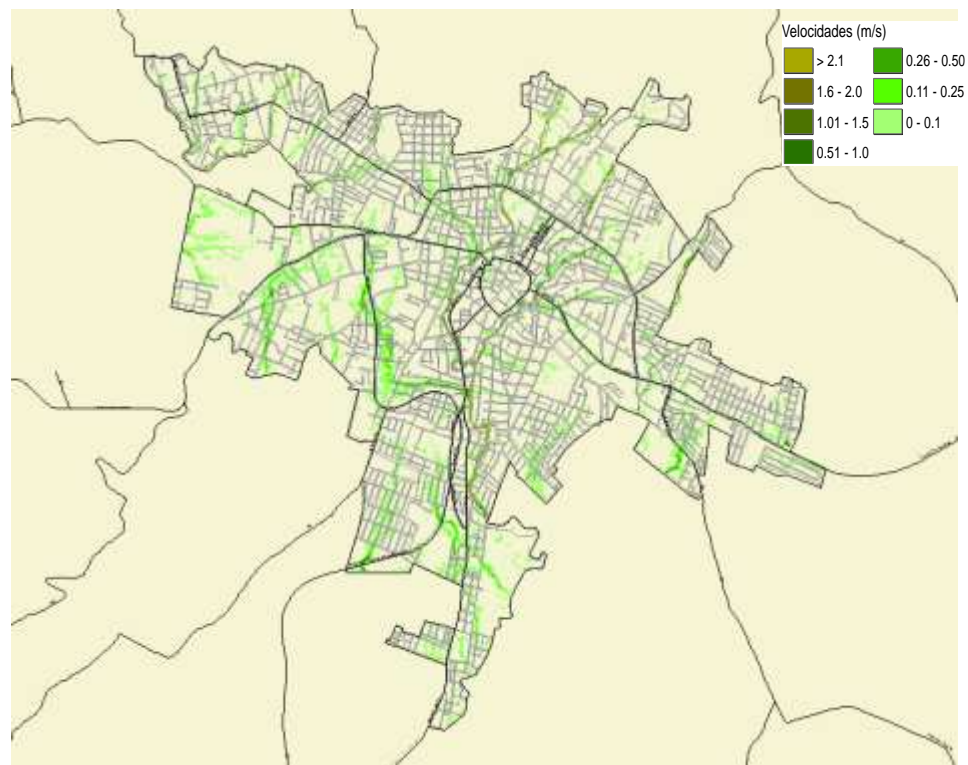


Figura 5-17. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años

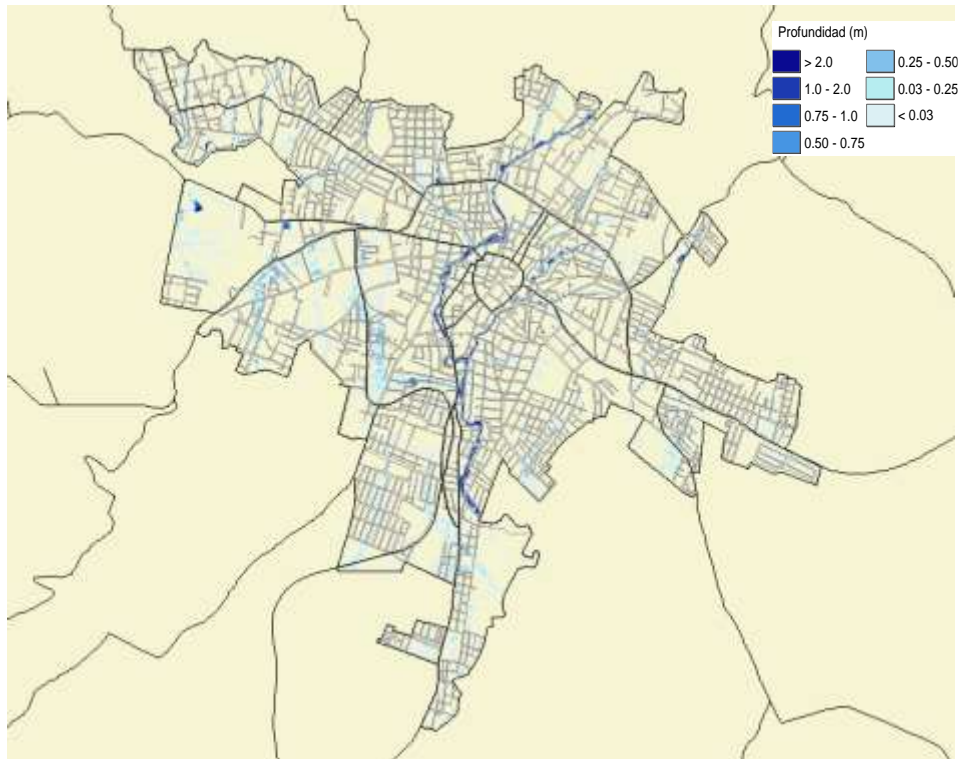


Figura 5-18. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años

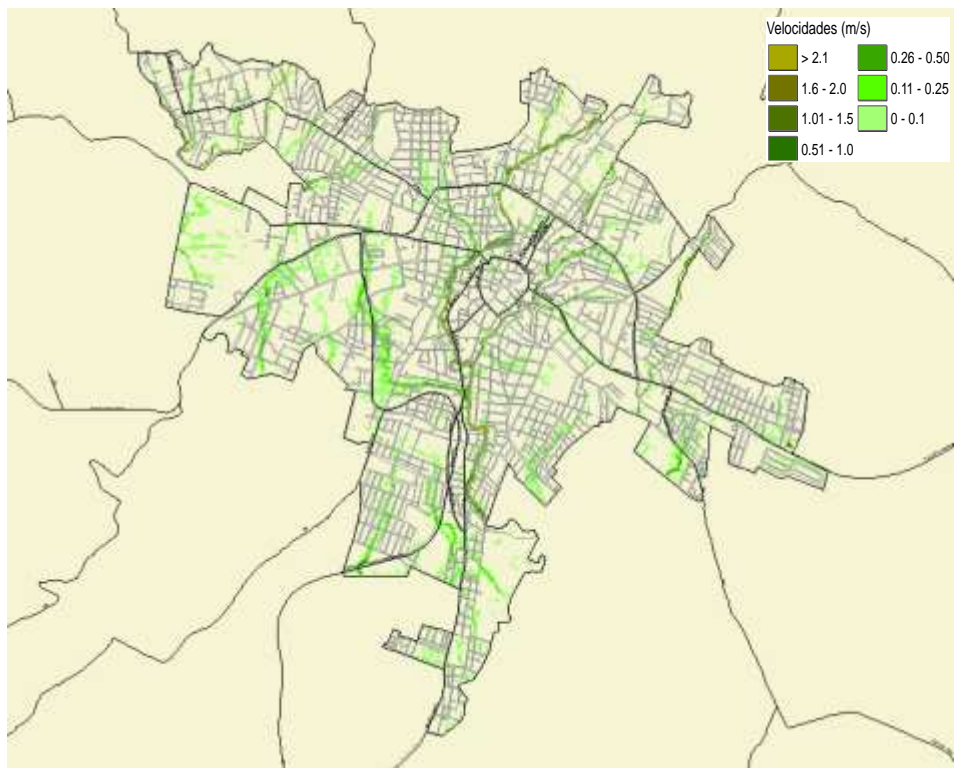


Figura 5-19. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años

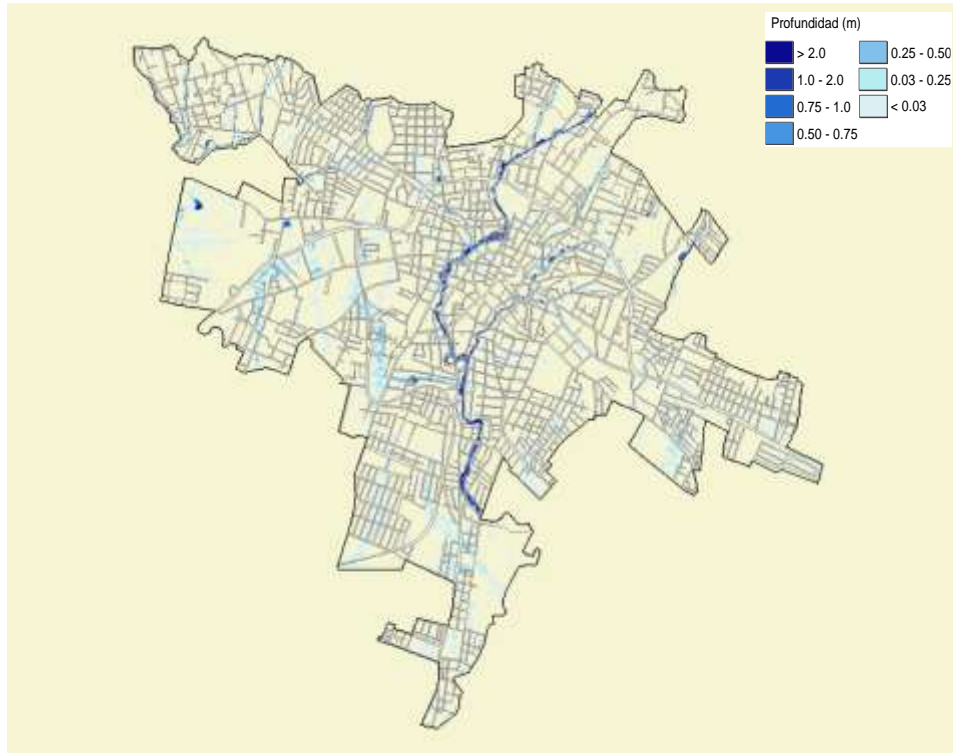


Figura 5-20. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años

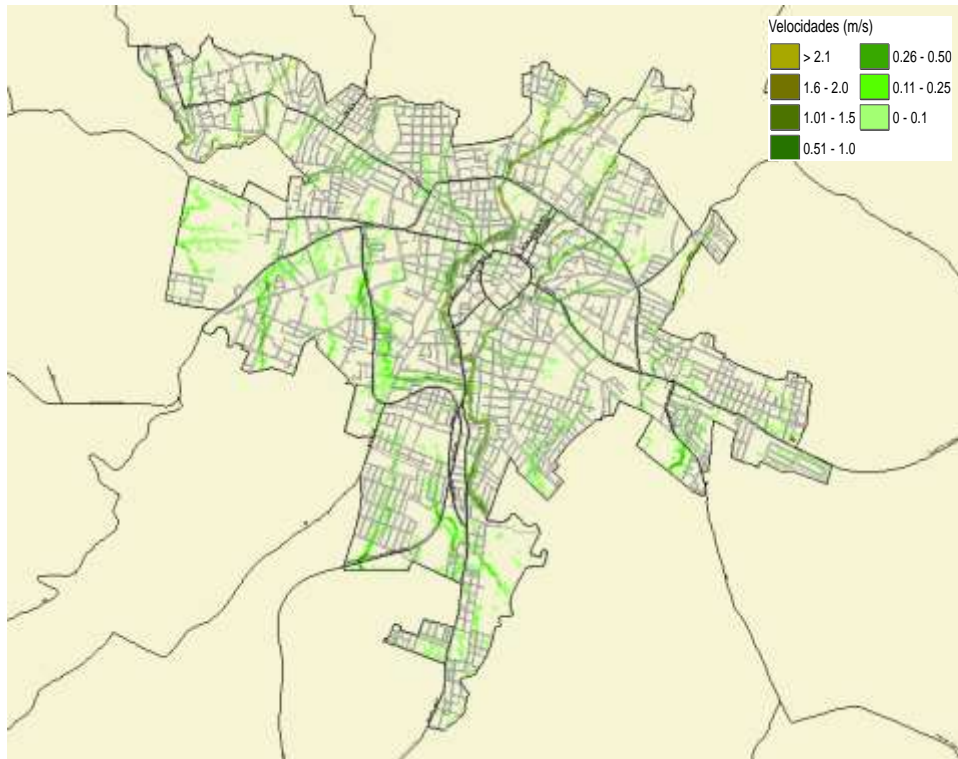


Figura 5-21. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años

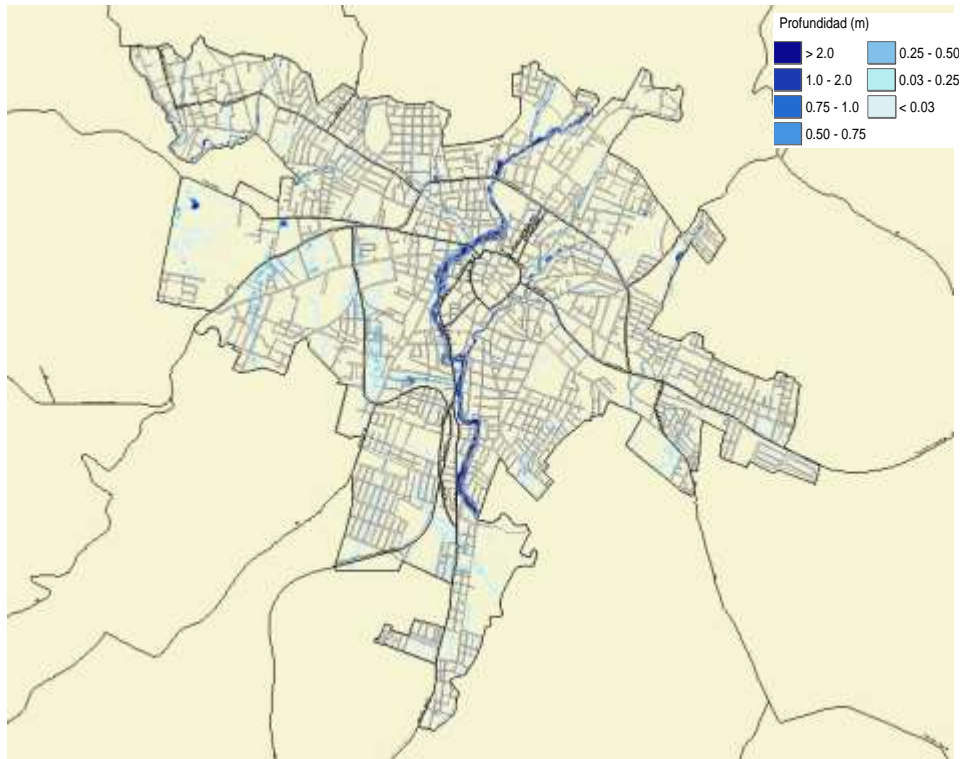


Figura 5-22. Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años

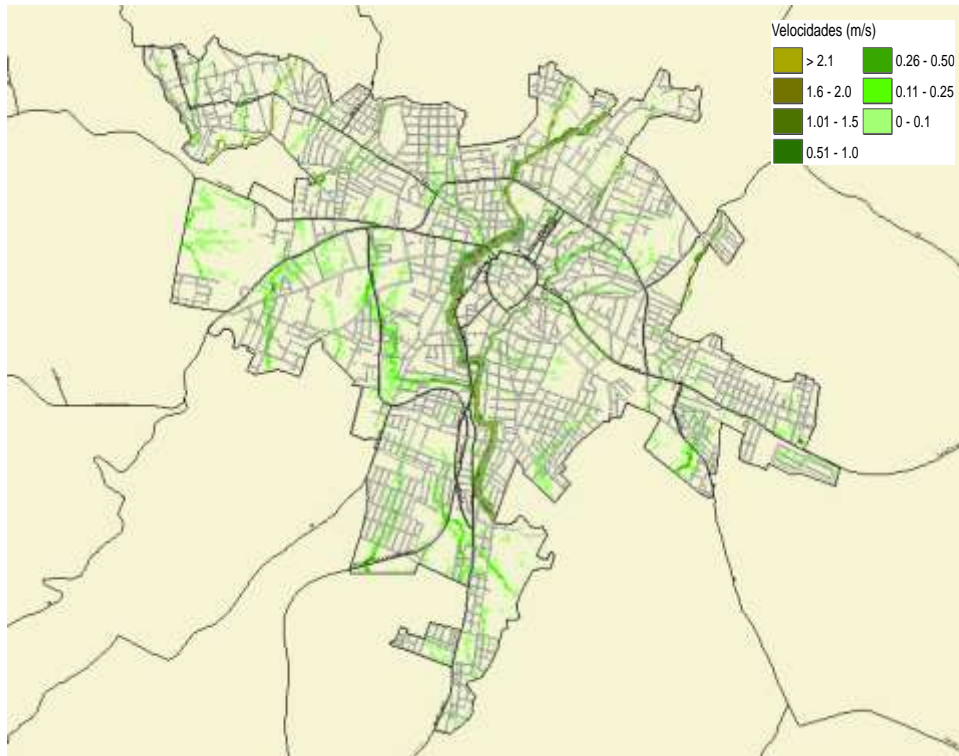


Figura 5-23. Mapa de velocidades máximas alcanzadas en un periodo de retorno de 50 años

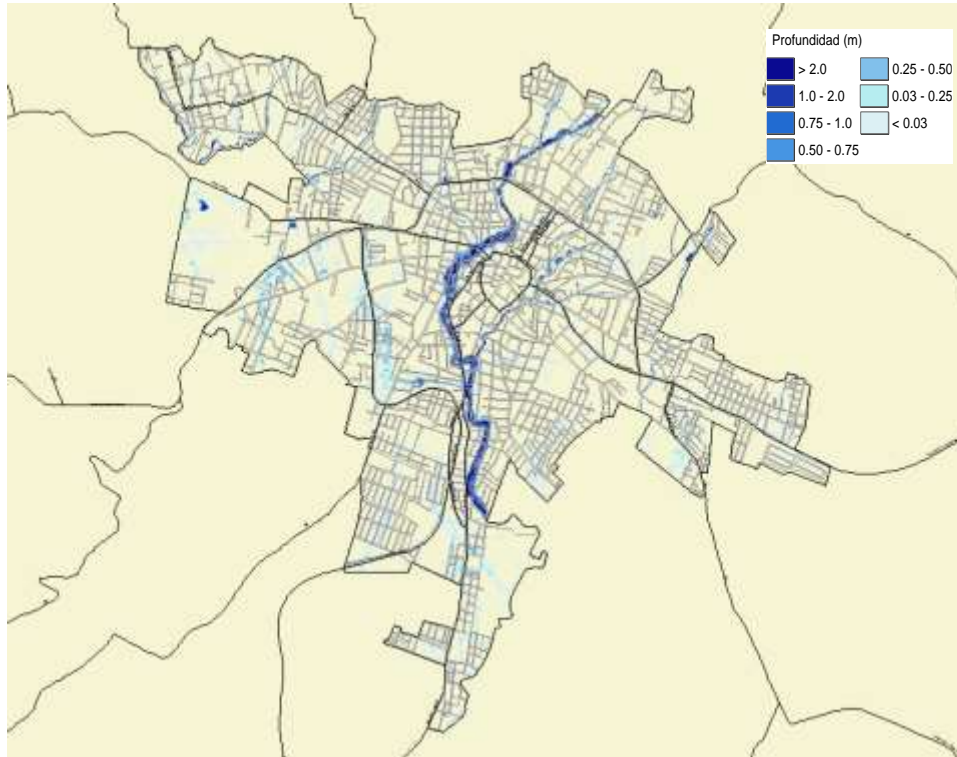


Figura 5-24. Mapa de tirantes máximos alcanzados en un periodo de retorno de 100 años

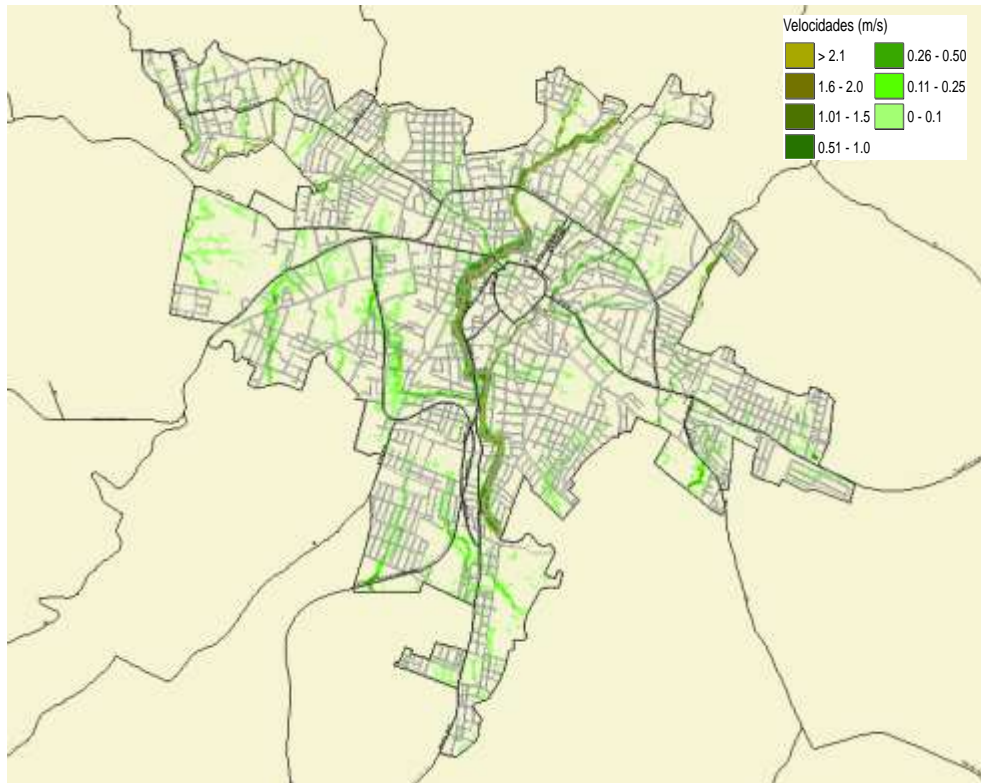


Figura 5-25. Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años

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 del río Tajalate, con el objeto de conocer directamente la evolución del caudal y volumen.

Para la avenida de diseño 2, 5 Y 10 años se observa una mayor aportación esto debido que el río Tajalate presenta aportaciones de las cuenca D y F, para las avenidas de diseño 50 y 100 años el caudal de entrada es mayor al caudal de salida debido a la presencia de desbordamientos del río en su trayecto por la zona urbana de San Andrés Tuxtla.

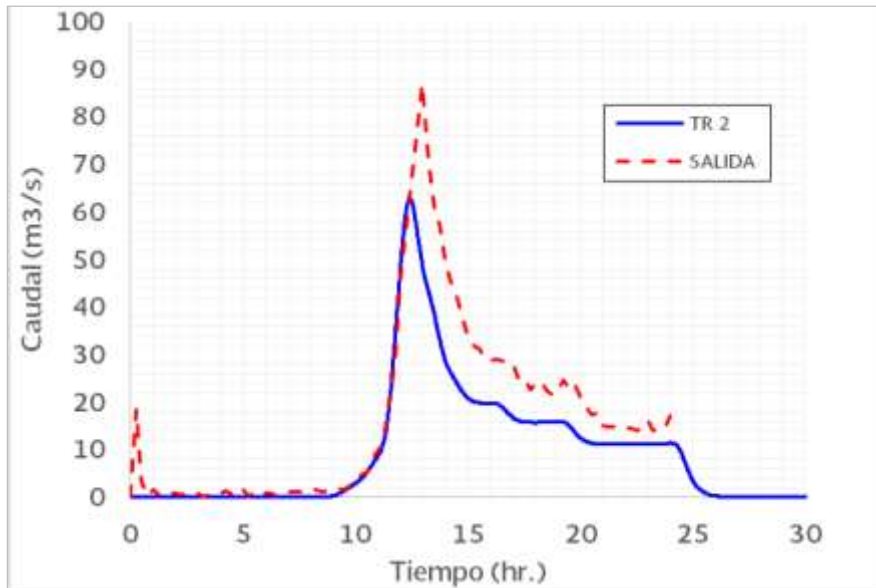


Figura 5-26. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 2 años)

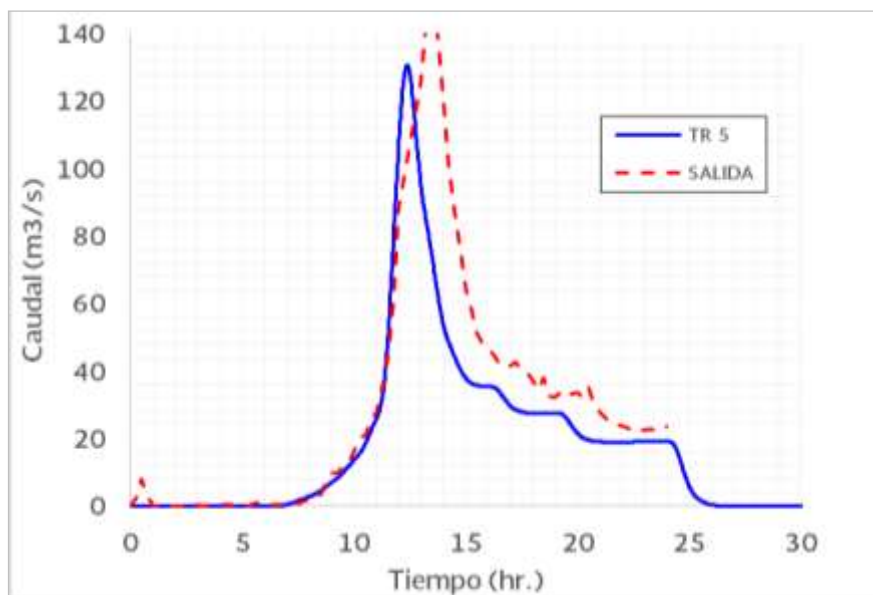


Figura 5-27. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 5 años)

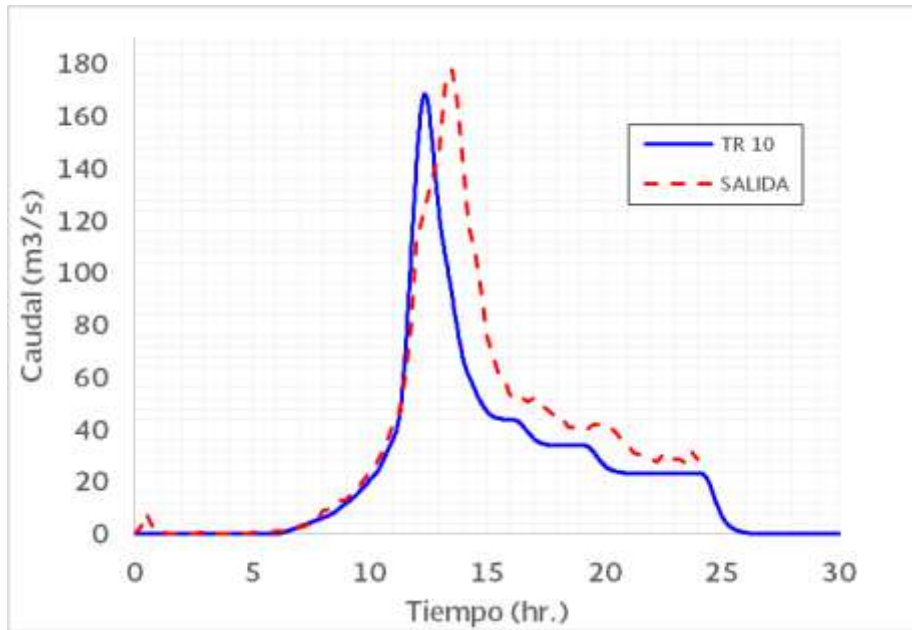


Figura 5-28. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 10 años)

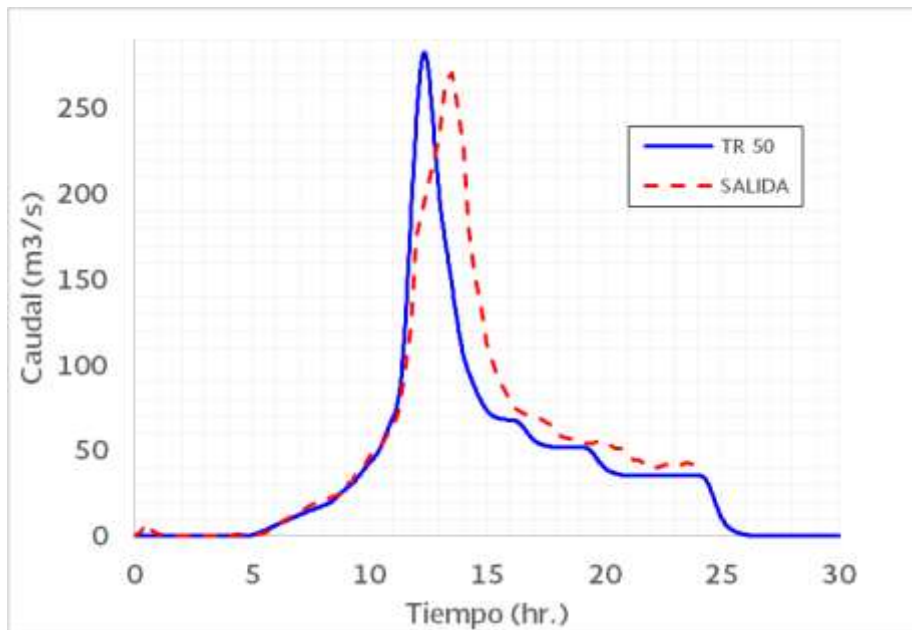


Figura 5-29. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 50 años)

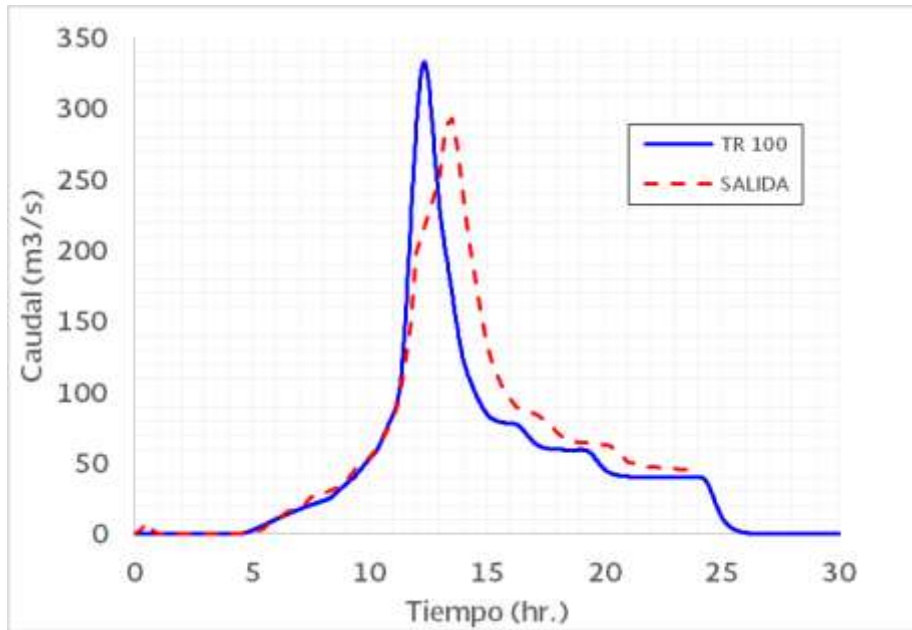


Figura 5-30. Hidrograma de entrada y salida sobre el río Tajalate (Tr= 100 años)

La evolución de los tirantes a la salida del modelo sobre el río Tajalate se presentó de la siguiente forma: el tirante máximo fue de 6.19 m. para el periodo de retorno de 100 años, mientras que el tirante fue de 4.24 m para un periodo de retorno de 2 años. Por lo que no hubo desborde del caudal en dicho lugar.

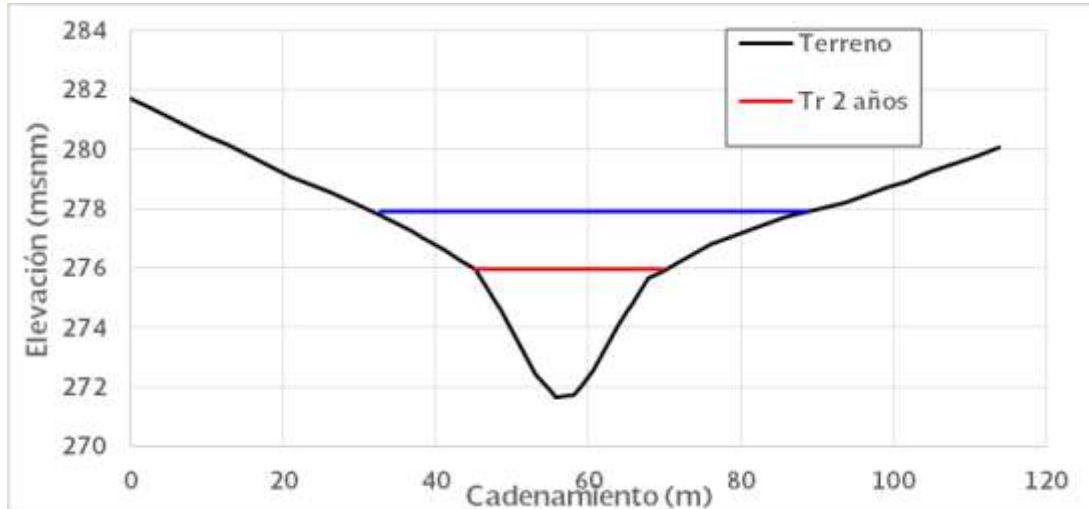


Figura 5-31. Evolución de los tirantes a la salida del río Tajalate

Tabla 5.4. Profundidades máximas alcanzadas en las cercanías de la calle Aquiles Serdán,

Periodo de retorno (años)	Tirante (m)
2	4.24
5	4.98
10	5.36
50	5.89
100	6.19

El desborde sobre el río Tajalate, se presenta generalmente dentro de la zona urbana ya que en su trayecto se presentan varios puentes que reducen notablemente su capacidad hidráulica provocando remansos hacia aguas arriba comprometiendo la capacidad hidráulica del cauce.

Las zonas que presentan problemas de desbordamiento en el trayecto del río Tajalate son los siguientes:

1. Carretera Veracruz-Coatzacoalcos casi esquina Miguel Alemán se presenta una reducción de área por una alcantarilla existente de sección de herradura, provocando desbordamientos del orden de 0.10 m hasta 1.40 m (ver Figura 5.33)
2. Calle Constitución y Francisco Zarco se presentan zonas de inundación que van de 0.10 m a los 1.0 m y penetra en la zona urbana hasta una longitud de 7.0 m.
3. Entre las calles Gutiérrez Zamora-Francisco Zarco se presentan zonas de inundación de 0.1 m a 0.90 m, penetrando a la zona urbana en una longitud de 11.39 m.
4. Calle Manuel Gorostiza esquina Paseo Ibérico se presentan zonas de inundación en el rango de 0.10 m a 0.70 m con una penetración a la zona urbana de 12.5 m.
5. En las calle Bernardo Peña casi esquina Aquiles Serdán se presentan inundaciones del orden de 0.10 m a 0.30 m con una penetración a la zona urbana de 24.6 m.
6. En Av. 5 de Mayo casi esquina N.C. Salas se presentan inundaciones de 0.10 m y 0.50 m penetrando a la zona urbana en una longitud de 15.0 m.
7. En Av. 5 de Mayo casi esquina Guadalupe Victoria se presentan inundaciones de 0.30 m a 1.0 m con una penetración a la zona urbana de 19.0 m.

Por otra parte también se presentan inundaciones en puntos bajos dentro de la zona urbana las cuales se enlistan a continuación:

1. Inundaciones en la colonia Benito Juárez ubicada al poniente de San Andrés Tuxtla con niveles entre los 0.10 m y 2.0 m.
2. Zonas de inundación en la colonia La Guadalupe ubicada al poniente de San Andrés Tuxtla con niveles entre los 0.10 m y 0.50 m.
3. Otras colonias que presentan manchas de inundación de entre los 0.10 y 0.50 m son Las Margaritas, Los maestros, Jorge Tamayo, San Pedro y La Ceiba.
4. En la colonia El Mirador, se presentan manchas de inundación de 0.20 a 1.70 m.



Figura 5-32. Alcantarilla de sección de herradura en Carretera Veracruz-Coatzacoalcos

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 5.34 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.

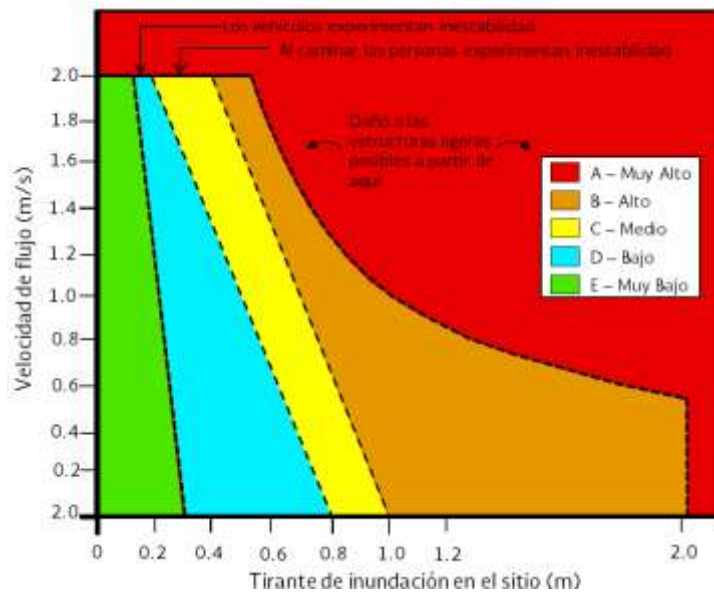


Figura 5.2 Criterios adoptados para clasificar el daño por severidad (cinco categorías). Fuente de Paterson (2007).

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.

El Diagrama de Dórrigo (Figura 5.34) 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 5.35 se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.



Figura 5.3 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 5.36) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.37).
- 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 5.38).

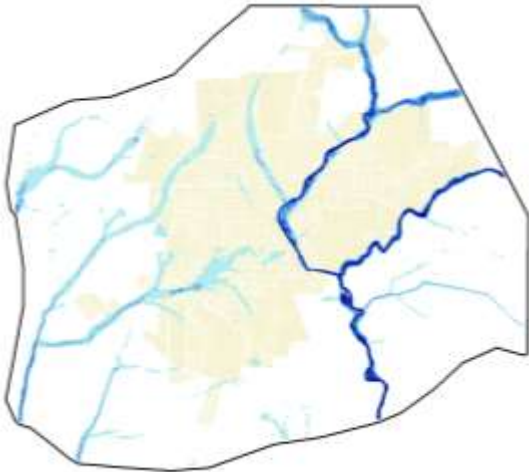


Figura 5-33. Envolverte de tirantes máximos

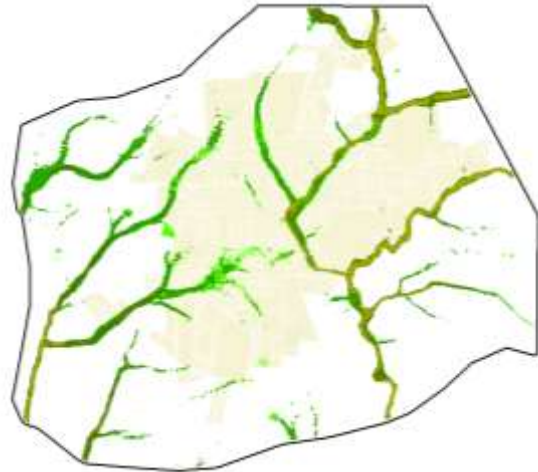


Figura 5-34. Envolverte de velocidades máximas

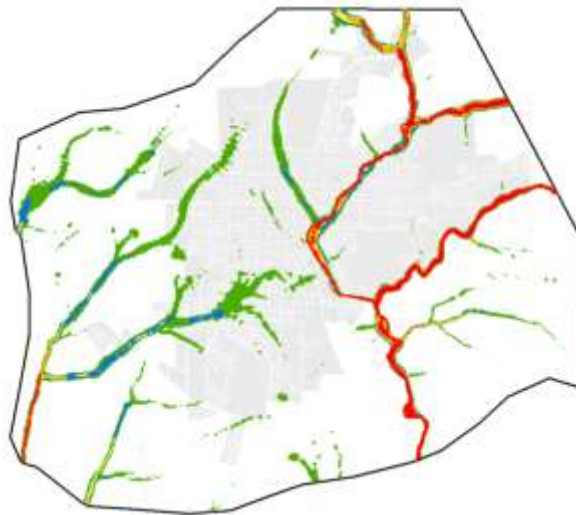


Figura 5-35. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años

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.

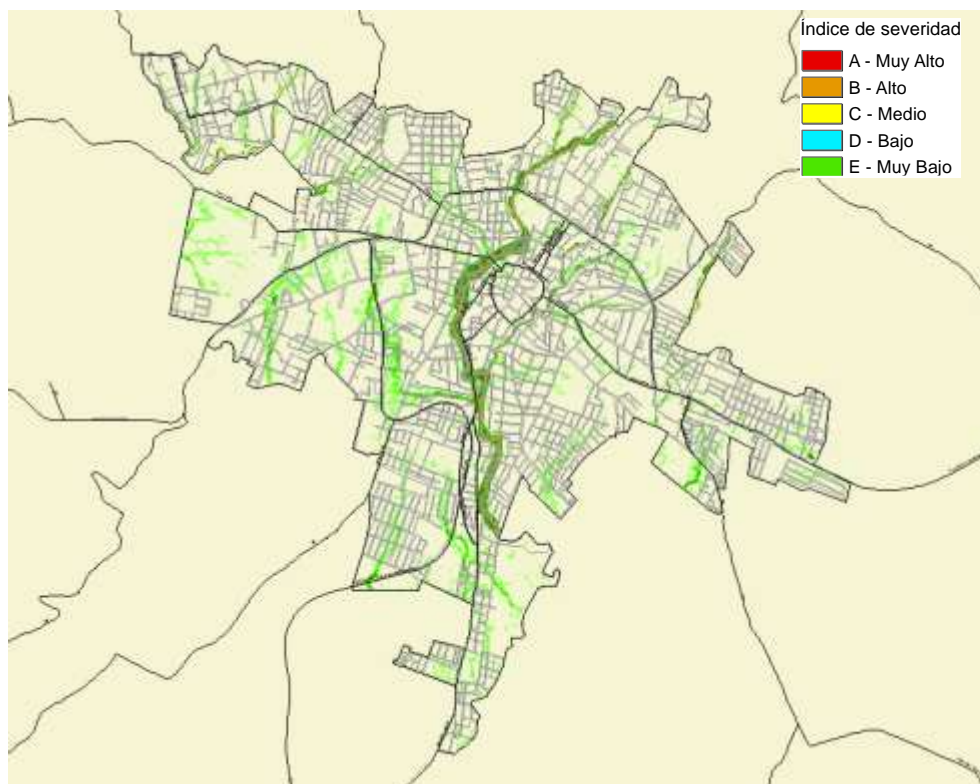


Figura 5-36. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años

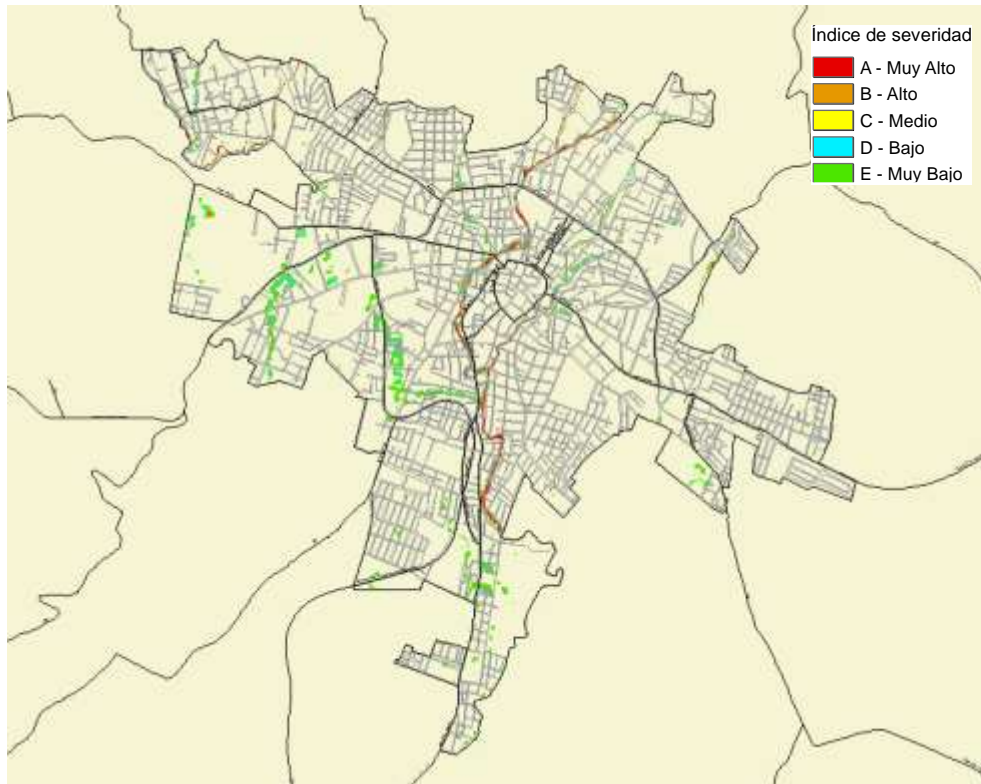


Figura 5-37. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años

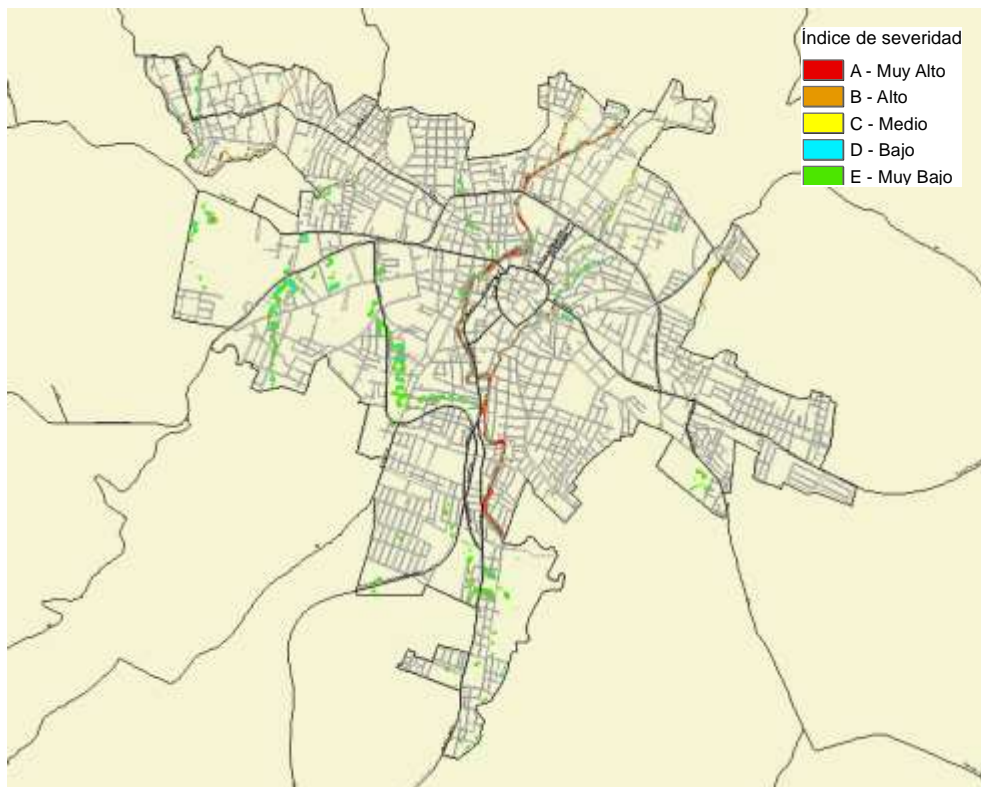


Figura 5-38. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años

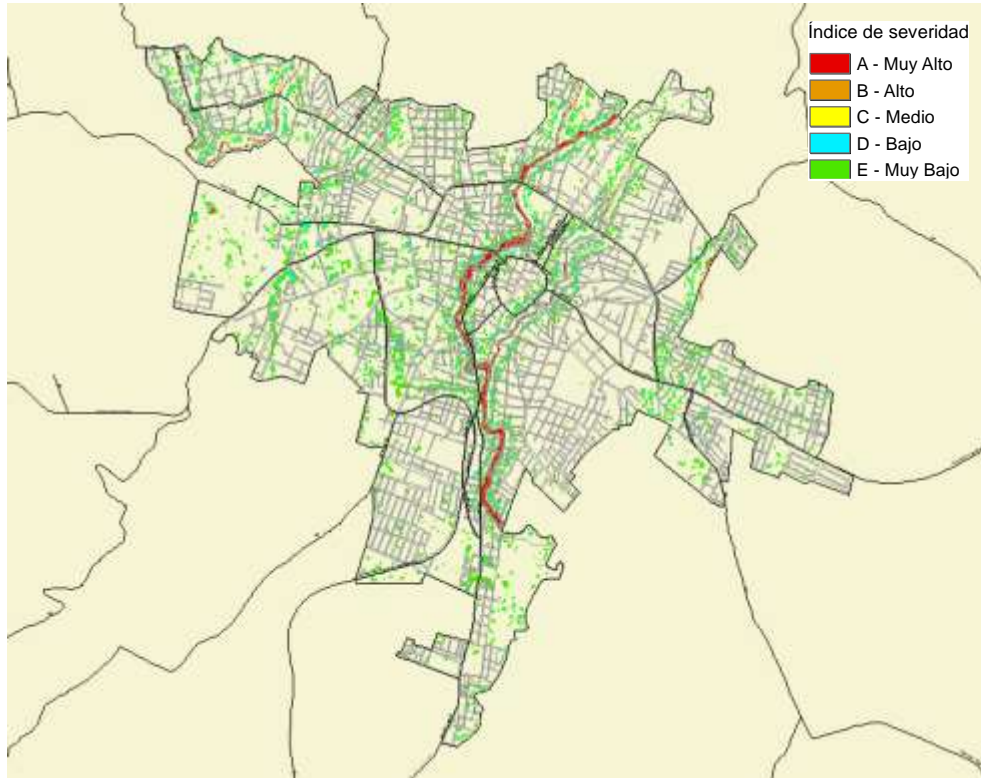


Figura 5-39. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años

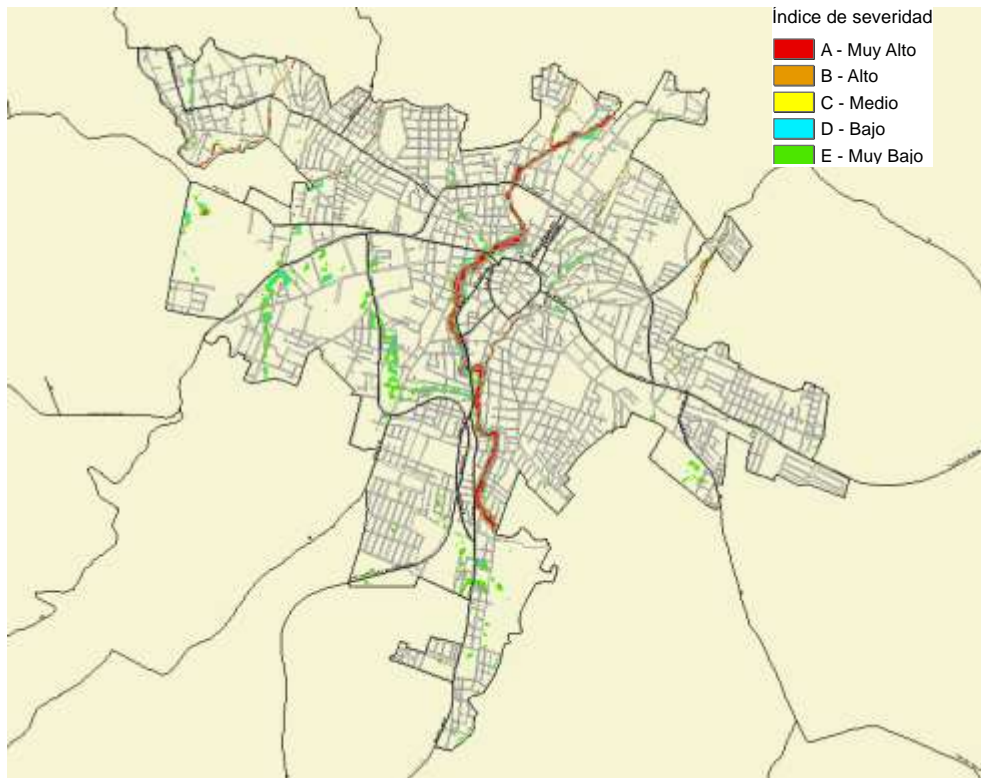


Figura 5-40. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años

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.

ANEXOS

Los anexos se presentan de manera digital en disco adjunto al presente documento. El disco contiene la siguiente estructura:

a) Carpeta: Capítulo 3

Carpeta: Mpks _figuras

Esta carpeta contiene los proyectos de ArcGis en formato Mpk de la información correspondiente al capítulo 3 “Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables”. Los proyectos que contiene la carpeta son

1. Ubicación
2. Zonas potencialmente inundables
3. Zona urbana
4. Subcuencas de aportación
5. Relieve
6. Uso de suelo
7. Edafología
8. Estaciones climatológicas
9. EMA's
10. Ríos principales
11. Número de curva

Carpeta: Estaciones

Esta carpeta contiene los registros de la información de la precipitación de las estaciones climatológicas convencionales. La información está agrupada como sigue:

12. Registros de estaciones climatológicas

b) Carpeta: Capítulo 4

Carpeta: Mpks de figuras

Esta carpeta contiene los proyectos de ArcGis en formato Mpk de la información correspondiente al capítulo 4 “Diagnóstico de las zonas inundables”. Los proyectos que contiene la carpeta son

13. Densidad de estaciones climatológicas convencionales
14. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas
15. Grados de marginación de la zona urbana

c) Carpeta: Capítulo 5

Carpeta: Mpk de figuras

Esta carpeta contiene los proyectos de ArcGis en formato Mpk de la información correspondiente al capítulo 5 "Evaluación de riesgos de inundación". Los proyectos que contiene la carpeta son

16. Delimitación de los hombros del cauce
17. Coeficiente de rugosidad de la zona urbana (uso de suelo)
18. Esquema del modelo hidráulico

Carpeta: Hidrologia

Esta carpeta contiene los modelos lluvia-escorrentamiento construidos con el software HEC-HMS, y la información de entrada al modelo hidráulico el cual se construyó con el software IBER. LA información es:

19. Modelo Hec- Hms actual
20. Hidrogramas actuales de entrada al modelo IBER en excel
21. Hietograma actual de entrada a la ZU en excel

Carpeta: MDE

Esta carpeta contiene la información de los modelos digitales de elevación utilizados en la modelación hidráulica.

22. MDE del cauce dragado o MDE de toda la ZU con el dragado incorporado
23. TXT del uso de suelo detallado en la ZU

Carpeta: Modelos IBER

Esta carpeta contiene el modelo hidráulico en condiciones actuales construido en el software IBER

24. Modelos simulados en condiciones actuales para cada TR

Carpeta: Resultados IBER

Esta carpeta contiene los resultados con las condiciones actuales de la modelación hidráulica con IBER y los Daños Anuales Esperados

25. MPK's de resultados: profundidades, velocidades, severidad y riesgo en condiciones actuales para cada TR y riesgo con medida
26. Pérdidas económicas actuales por TR en excel

d) Carpeta: Capítulo 6

Carpeta: Mpk de figuras

Esta carpeta contiene los proyectos de ArcGis en formato Mpk de la información correspondiente al capítulo 6 “Propuesta de medidas para disminuir los daños

Los proyectos que contiene la carpeta son

27. Número de Curva con medida

Carpeta: Hidrología

Esta carpeta contiene los modelos lluvia-escorrentamiento construidos con el software HEC-HMS, y la información de entrada al modelo hidráulico el cual se construyó con el software IBER. LA información es:

28. Modelo Hec- Hms con medida

Carpeta: Modelos IBER

Esta carpeta contiene el modelo hidráulico con medida construido en el software IBER.

29. Modelos simulados con medida para cada TR

Carpeta: Resultados IBER

Esta carpeta contiene los resultados considerando las medidas de la modelación hidráulica con IBER y los Daños Anuales Esperados.

30. MPK's de resultados: profundidades, velocidades, severidad y riesgo con medida

31. Pérdidas económicas con medida por TR en excel

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/reclnat/usosuelo/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

Meyer V. et al. (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

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.