



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 COLIMA Y VILLA DE
ÁLVAREZ, COLIMA.
REGIÓN HIDROLÓGICA ADMINISTRATIVA VIII, LERMA-
SANTIAGO-PACÍFICO

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra contingencias hidráulicas para
la zona urbana de Colima y Villa de Álvarez,
Colima

Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma-
Santiago-Pacífico

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Gestión integrada de crecidas.....	3
2.1 La perspectiva a largo plazo	4
2.2 Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas.....	5
2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....	8
2.4 Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil	10
2.5 Instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....	12
2.5.1 Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.	14
3. Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables.....	19
3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables.....	19
3.2 Socioeconómica	20
3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....	21
3.3.1 Subcuencas de aportación.....	22
3.3.2 Relieve.....	25
3.3.3 Uso de suelo	26
3.3.4 Edafología.....	27
3.3.5 Precipitación	29
3.3.6 Escurrimientos.....	33
3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación.....	33
Coeficiente de escurrimiento, Número de curva “N”	34
3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes	38
3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes.....	40
3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación.....	42
4 Diagnóstico de las zonas inundables	43
4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas	44
4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana	44

4.3	Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes.....	45
4.4	Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas.....	46
4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	47
4.6	Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....	50
5	Evaluación de riesgos de inundación	53
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema.....	53
5.1.1	Cálculo de las lluvias de diseño.....	53
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas.....	57
5.1.3	Modelo lluvia-escorrentamiento	60
5.1.4	Resultados de la modelación del proceso lluvia-escorrentamiento	62
5.2	Modelo hidráulico.....	67
5.2.1	Procesamiento del modelo digital de elevaciones	67
5.2.2	Infraestructura	68
5.3	Simulación en las condiciones actuales	69
5.4	Resultados.....	73
5.5	Análisis de los resultados	78
	GLOSARIO	80
	REFERENCIAS.....	86

Lista de figuras

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas.....	4
Figura 3.1 Ubicación.....	19
Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables.....	20
Figura 3.3 Zona urbana de Colima y Villa de Álvarez.....	22
Figura 3.4 Subcuencas de aportación	23
Figura 3.5 Relieve	26
Figura 3.6 Uso de suelo.....	27
Figura 3.7 Edafología	28
Figura 3.8. Localización de la EMA Colima.....	30
Figura 3.9. Curva masa unitaria para precipitaciones máximas para diferentes duraciones en la EMA Colima	31
Figura 3.10 Estaciones climatológicas.....	31
Figura 3.11 Precipitación media mensual	33
Figura 3.12 Variación del número de escurrimiento por subcuenca.....	38
Figura 4.1 Marginación en la zona urbana de Colima, Colima	49
Figura 5.1 Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED.....	56
Figura 5.2 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 2 años	58
Figura 5.3 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 5 años	58
Figura 5.4 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 10años.....	59
Figura 5.5 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 50 años.....	59
Figura 5.6 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 100 años.....	60
Figura 5.7 Hidrograma curvilíneo adimensional del SCS.	61
Figura 5. 8 Pantalla que muestra el modelo de cuenca construido hasta la ciudad de Colima	63
Figura 5.9 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 2 años	63
Figura 5.10 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 5 años	64

Figura 5.11 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 10 años	64
Figura 5.12 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 50 años	65
Figura 5.13 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 100 años	65
Figura 5.14 Resultados obtenidos de la modelación hidrológica del evento “Huracán Patricia”	66
Figura 5.15 Resultados obtenidos de la modelación hidrológica para un Tr de 100 años	66
Figura 5.16 Anchuras ríos dragados	68
Figura 5.17 Vectores que delimitan el ancho del Rio Colima	68
Figura 5.18 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Colima y Villa de Álvarez	72
Figura 5.19 Esquema del modelo hidráulico	72
Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años	73
Figura 5.21 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años	74
Figura 5.22 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años	74
Figura 5.23 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años	75
Figura 5.24 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años	75
Figura 5.25 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años	76
Figura 5.26 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años	76
Figura 5.27 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años	77
Figura 5.28 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años	77

Figura 5.29 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años..... 78

Figura 5.30 Evolución de los tirantes del Rio Colima casi en la unión con el arroyo Santa Gertrudis 79

Lista de tablas

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecidas	7
Tabla 2.2 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas	14
Tabla 3.1 Subcuencas	23
Tabla 3.2. longitud y pendiente media del cauce principal de cada microcuenca.....	24
Tabla 3.3. Determinación del tiempo de concentración y de retraso.....	25
Tabla 3.4 Uso de suelo	27
Tabla 3.5 Edafología	29
Tabla 3.6 Precipitación máxima acumulada anual registrada en la EMA Colima.....	30
Tabla 3.7 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.....	32
Tabla 3.8 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.....	32
Tabla 3.9 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.....	32
Tabla 3.10 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.....	32
Tabla 3.11 Grupo edafológico y tipo de suelo.....	35
Tabla 3.12 Valores del número de escurrimiento.....	35
Tabla 3.13 Simbología y uso de suelo	37
Tabla 3.14 Simbología y uso de suelo	37
Tabla 3.15 Cronología de eventos (Huracanes)	40
Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (Área/No. Estaciones).....	44
Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio	44
Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB, 2010	48
Tabla 4.4 Indicadores y variables del índice de marginación urbana por AGEB, 2010.....	48
Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la república mexicana	54
Tabla 5.2 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	56
Tabla 5.3 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	57

Tabla 5.4 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n” de acuerdo con el uso del suelo 71

Tabla 5.5 Profundidades máximas alcanzadas en la unión del río Colima con el arroyo Santa Gertrudis..... 79

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 Colima y Villa de Álvarez*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa VII, Lerma-Santiago-Pacífico. 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
	Predicción y alerta de crecidas
Atenuar los efectos de las inundaciones	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
	Seguro contra inundaciones
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	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 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

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

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 Colima con sus más recientes reformas fue publicada en el Diario Oficial el 25 de enero de 2013. El objeto de la ley es establecer las normas, criterios y principios, a que se sujetarán los programas, políticas y acciones de protección civil; las bases para la prevención, mitigación, auxilio y recuperación 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 y el entorno, el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, en los casos de emergencia y desastre; las bases de integración y funcionamiento de los Sistemas Estatal y Municipales de Protección Civil; y, las normas y principios para fomentar la cultura de la protección civil y de la autoprotección de los habitantes del Estado.

La entidad cuenta con un Instituto Estatal de Protección Civil que tiene a su cargo la organización, coordinación y operación del Sistema Estatal, con facultades normativas, ejecutivas, de coordinación y sancionatorias en materia de protección civil. Presta servicios de asesoría y capacitación en materia de protección civil, a las dependencias y entidades de la administración pública estatal y municipal y a los sectores privado y social.

Los programas de protección civil a cargo del Ejecutivo Estatal y de los gobiernos municipales tienen el carácter preventivo, informativo, de auxilio a la población civil y de restablecimiento de servicios públicos básicos, en caso de emergencia o desastre.

Tabla 2.3 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Colima

Lo que incluye	Lo que omite
Publicación de declaratoria de emergencia	Clasificación de riesgos
Declaratoria de fin de emergencia	Desastres tecnológicos
Establece PC nivel estatal	Declaración estado de alerta
Establece PC nivel municipal	Declaración de desastre natural
Promotor de estudios e investigadores	Publicación de declaratoria de desastre
Promueve cultura de PC	Coordinación con otras entidades
Coordina apoyos externos nacionales e internacionales	Solicitud declaratoria de desastre ante gobernación
Reconoce grupos voluntarios	Establece existencia de albergues
Registro de grupos voluntarios	Requisa
Promueve capacitación en PC	Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E
Promueve realización de simulacros	Puede recibir donaciones
Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal	Evaluación ex-post
Integración Atlas de Riesgo a nivel municipal	Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares
Actualizar Atlas de Riesgos	Apoyos de reubicación
Promueve difusión de programas de PC	Programas especiales de PC
Financiamiento institucional	Declaración de área de protección
Catálogo de recursos humanos	Otras leyes que toquen temas de PC
Coordinar sistemas de comunicación	Posibilidad de creación de órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Programa de premios y estímulos de PC
Promueve cultura de prevención	Edad mínima para director de PC
Elaboración de peritajes de causalidad	Las universidades son parte de PC
Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC	Centro de operaciones móvil
Fondo estatal o municipal para la atención de desastres	Policía ecológica
CONAGUA forma parte del consejo estatal	Constancia de factibilidad PC para nuevos asentamientos
Rutas de evacuación para discapacitados	Promueve lugares para construcción de viviendas seguras
	PC coordina al H. cuerpo de bomberos
	Establecimientos de centros de acopio
	Cuotas de servicios de PC
	Estudios para definir albergues en el estado
	Contratación de seguros contra desastres
	Invitación a los mejores medios de comunicación a las sesiones del consejo estatal
	Carta de corresponsabilidad
	Requisitos de medidas de evaluación
	Centros regionales permanentes de PC
	Vigila destino final de desechos sólidos
	Autoridad para deducir 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 2.2 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas

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

Instituciones	Artículos	Atribuciones
		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 geo hidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales. - Artículo 9 inciso a). - Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.
Secretaría de Economía (SE)	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes. - Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.

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

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR - CICESE)	5FXXI	Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	2, 251FI	Ley del IMSS. DOF. - 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adiconados 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

Instituciones	Artículos	Atribuciones
		útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
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 estado de Colima se localiza en el centro occidente de la República Mexicana. Colima colinda al norte, noroeste y noreste con el estado de Jalisco, al sureste con el estado de Michoacán, y al oeste y sur con el océano Pacífico. La extensión territorial del estado es de 5752 km². Hidrológicamente el estado de Colima queda comprendido dentro de la de la Región Hidrológico Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico. El estado de Colima se encuentra dentro de las regiones hidrológicas 15 y 16, denominadas Costa de Jalisco y Armería-Coahuayana. Al 2010, el estado de Colima está dividido en 10 municipios. La ciudad de Colima capital del estado y su zona conurbada (Cd. de Villa de Álvarez), se localiza en los municipios de Colima y Villa de Álvarez. La Zona urbana de la Ciudad de Colima y Villa de Álvarez se localiza entre las subregiones hidrológicas del río Coahuayana y la del río Armería.

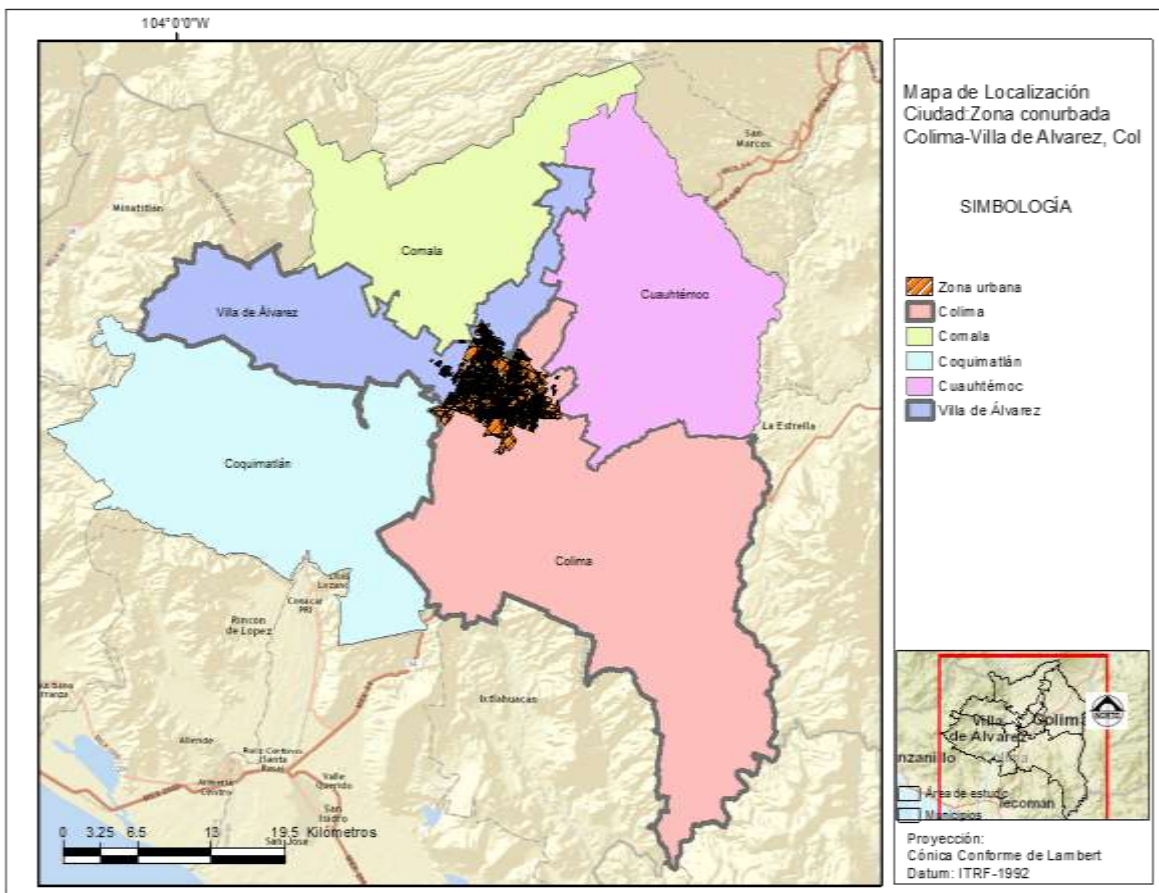


Figura 3.1 Ubicación

3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

Con base en la información de Agroasemex (2010), que muestra un peligro asociado a la acumulación de flujo de agua (índice de inundación) se tienen polígonos de inundación, asociados a un período de retorno de 40 años, (figura siguiente). Sin embargo, por la metodología utilizada hay polígonos en zonas en donde no es posible que se presenten inundaciones, por lo que solo se deben considerar como información indicativa.

En la zona urbana de la Ciudad de Colima y Villa de Álvarez no se presentan polígonos de inundación asociadas a esta metodología. 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 pendiente⁵. Su aplicación principal consiste en la identificación de humedales, definidos como zonas perennes o efimeramente 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.

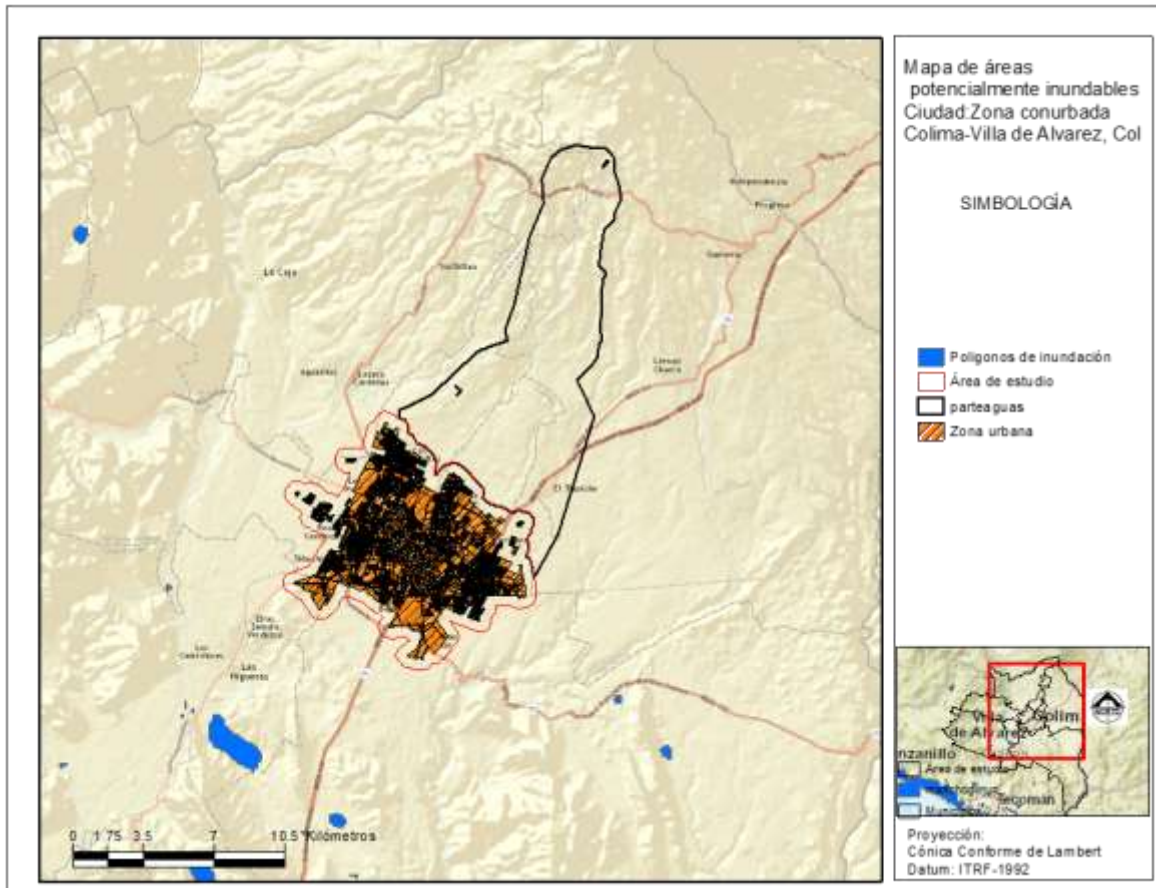


Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables

3.2 Socioeconómica

La ciudad de Colima es la ciudad capital del Estado de Colima. De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 137,383 habitantes, de los cuales 12,799 son menores de 5 años y 15,563 mayores de 60. Se contabilizan 6,551 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 10.14 años. La población económicamente activa asciende a 62,388 habitantes, y en materia de salud 22,377 no tienen derecho a servicios de salud.

⁵Beven, 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.

Del total de viviendas 48,898, 1,081 tienen piso de tierra y 37,569 cuentan con servicios. Por su parte, Villa de Álvarez es una ciudad del estado de Colima que limita al norte con el municipio de Comala, al suroeste con Colima, al noroeste con Minatitlán, al suroeste, con Coquimatlán y al este con Cuauhtémoc. De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 117,600 habitantes, de los cuales 12,338 son menores de 5 años y 7,279 mayores de 60. Se contabilizan 3,808 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 10.75 años. La población económicamente activa asciende a 55,015 habitantes, y en materia de salud 17,935 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas 44,773, 575 tienen piso de tierra y 33,283 cuentan con servicios.

3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

El estado de Colima cuenta con tres colectores principales: el río Armería, el río Coahuayana y el río Minatitlán-Marabasco. Los dos últimos constituyen los límites estatales con Michoacán y Jalisco, respectivamente. La corriente principal de la cuenca del Río Armería es el río Armería, el cual, nace en la sierra de Cacoma (estado de Jalisco) a 1,800 m.s.n.m. y por la unión de tres ríos que son: el río Tuxcacuesco o El Capula, Jalapa o San Juan y El Ayuquila o Sacalapa; recorre un trayecto de 294 km. aproximadamente, desde su nacimiento hasta desembocar en Boca de Pascuales, en el Océano Pacífico. Sus afluentes son: por la margen derecha el río San Palmar, y los arroyos Agua Zarca, chino y Charco Verde. Por la margen izquierda los ríos San Antonio de la lumbre, Cómala y Colima. El régimen de escurrimiento del río Armería tiene variaciones en su curso. Entre las estaciones hidrométricas Peñittas y Jala, es intermitente, a pesar de los aportes del manantial zacualpan. De la estación Jala aguas abajo, es permanente porque retornan los excedentes y descargas de varios tributarios como son: el río Colima que recibe la descarga del manantial los Amiales; el arroyo El Chino con un caudal de 2 m³/seg; el arroyo Charco Verde aporta un caudal medio de 1 m³/seg. Además, aguas abajo de la estación Colimán recibe descargas del acuífero y retornos de riego. A la ciudad de Colima y Villa de Álvarez la atraviesan de Norte a sur tres ríos, el río Colima, el río el Manrique y el río Pereyra, afluentes del río Armería.

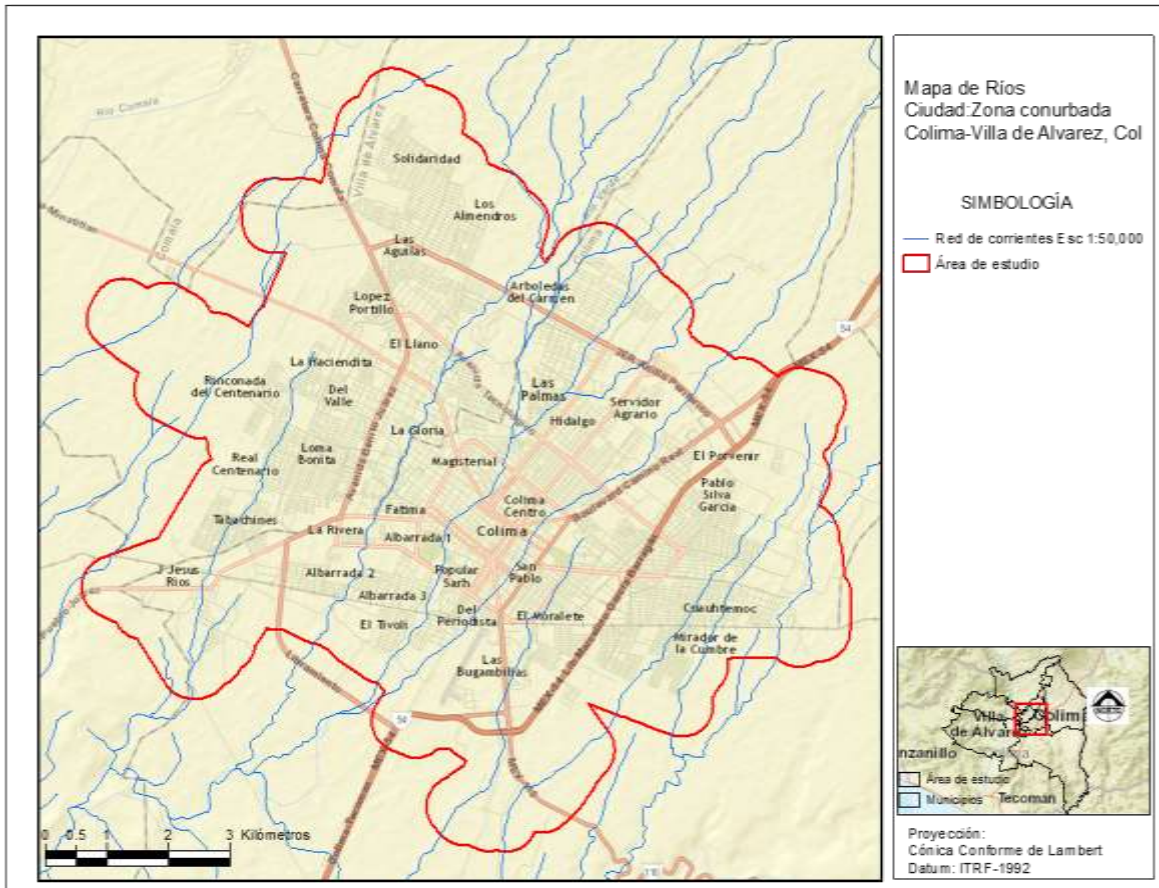


Figura 3.3 Zona urbana de Colima y Villa de Álvarez

3.3.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona urbana de Colima y Villa de Álvarez se delimitaron 7 áreas de drenaje natural (microcuencas) que ingresan a la zona urbana (Figura 3.4). El área total de drenaje es de 102 km², siendo la subcuenca del río Colima (subcuenca 6) la de mayor área de aportación con 37.80 km² (Tabla 3.1).

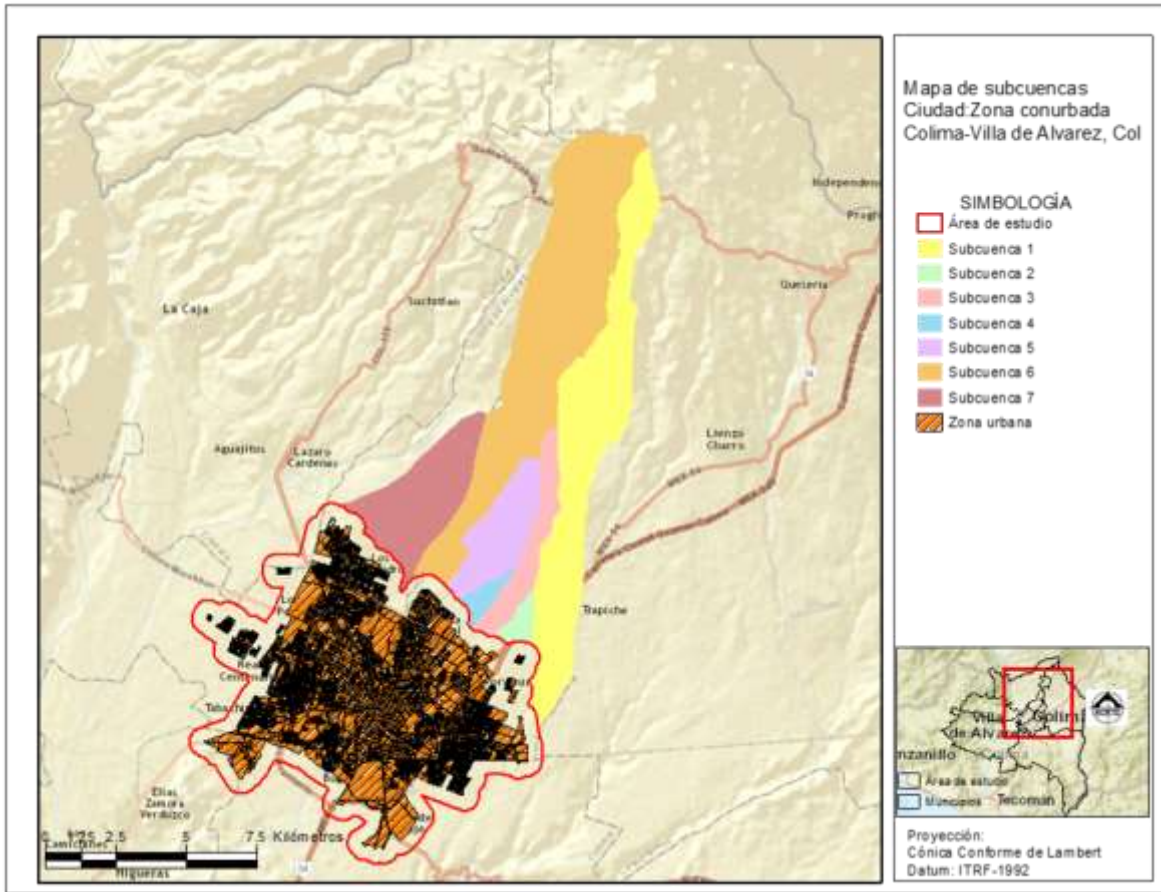


Figura 3.4 Subcuencas de aportación

Tabla 3.1 Subcuencas

Microcuenca	Área k(m ²)
7	13.92
6	37.79
5	8.35
4	2.017
3	6.09
2	5.36
1	28.56

Longitud y pendiente del cauce principal

En lo que respecta a la pendiente del cauce principal, se utilizó el criterio de Taylor-Schwarz en cada una de las subcuencas de análisis. En la tabla siguiente se muestra la longitud, así como su pendiente del cauce principal, considerando el criterio propuesto. La fórmula para el cálculo de la pendiente es:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde:

S Pendiente media de la corriente del cauce principal.

m número de segmentos en que se divide el cauce principal.

L Longitud horizontal del cauce principal, desde su nacimiento como corriente de orden uno hasta la salida de las cuencas.

l_m Longitud horizontal de los tramos en los cuales se subdivide el cauce principal.

S_m Pendiente de cada segmento, en que se divide el cauce principal.

Tabla 3.2. longitud y pendiente media del cauce principal de cada microcuenca.

Cuenca	Longitud del cauce (km)	Pendiente del cauce (S)
7	8.82	0.00611
6	19.78	0.05124
5	6.53	0.04445
4	1.65	0.03257
3	8.46	0.03783
2	1.78	0.03421
1	21.11	0.04299

Tiempo de concentración y de retraso

Tiempo de concentración T_c

El tiempo de concentración es el tiempo que transcurre para que el agua llegue a la salida de la cuenca desde el punto más alejado de ésta. Cuando no se dispone de aforos, su cálculo se puede realizar a partir de las características fisiográficas de las once subcuencas. Para efectos del estudio se adoptó el T_c correspondiente a la fórmula de Kirpich ya que con dicha fórmula se considera efectos que causa sobre éste, el cauce principal (la longitud y la pendiente media). La ecuación mencionada es la siguiente

$$T_c = 0.0003245 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Tiempo de retraso

El tiempo de retraso se define el tiempo que transcurre desde el centro del hietograma de la tormenta hasta el gasto pico. En cuencas no aforadas, éste se calcula en función de la longitud y pendiente del cauce principal, mediante la formulación de Chow como:

$$tr = 0.00505 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Dónde:

tr = tiempo de retraso, en horas.

L = Longitud del cauce principal, en m.

S = Pendiente media del cauce, adimensional.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo del tiempo de retraso

Tabla 3.3. Determinación del tiempo de concentración y de retraso

Microcuenca	Área (km ²)	Tc (horas)	Tr (horas)
7	13.92	2.511	1.506
6	37.79	2.063	1.238
5	8.35	0.928	0.557
4	2.017	0.362	0.217
3	6.09	1.206	0.723
2	5.36	0.377	0.226
1	28.56	2.320	1.392

3.3.2 Relieve

La superficie del estado de Colima forma parte de las provincias: Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur. En el extremo nororiental se localiza el Volcán de Fuego de Colima con una altitud de 3 820 msnm, de aquí hacia el suroeste hay lomeríos que se unen a una llanura, interrumpida por la meseta Coquimatlán. Existen sierras que continúan con otra llanura extensa en donde se encuentra la localidad de Tecomán. En el occidente

predominan las sierras; las del norte y sur están formadas por rocas sedimentarias (se forman en las playas, ríos, océanos y en donde se acumulen la arena o barro) y en la parte centro occidente están formadas por rocas ígneas intrusivas (formadas debajo de la superficie de la Tierra).

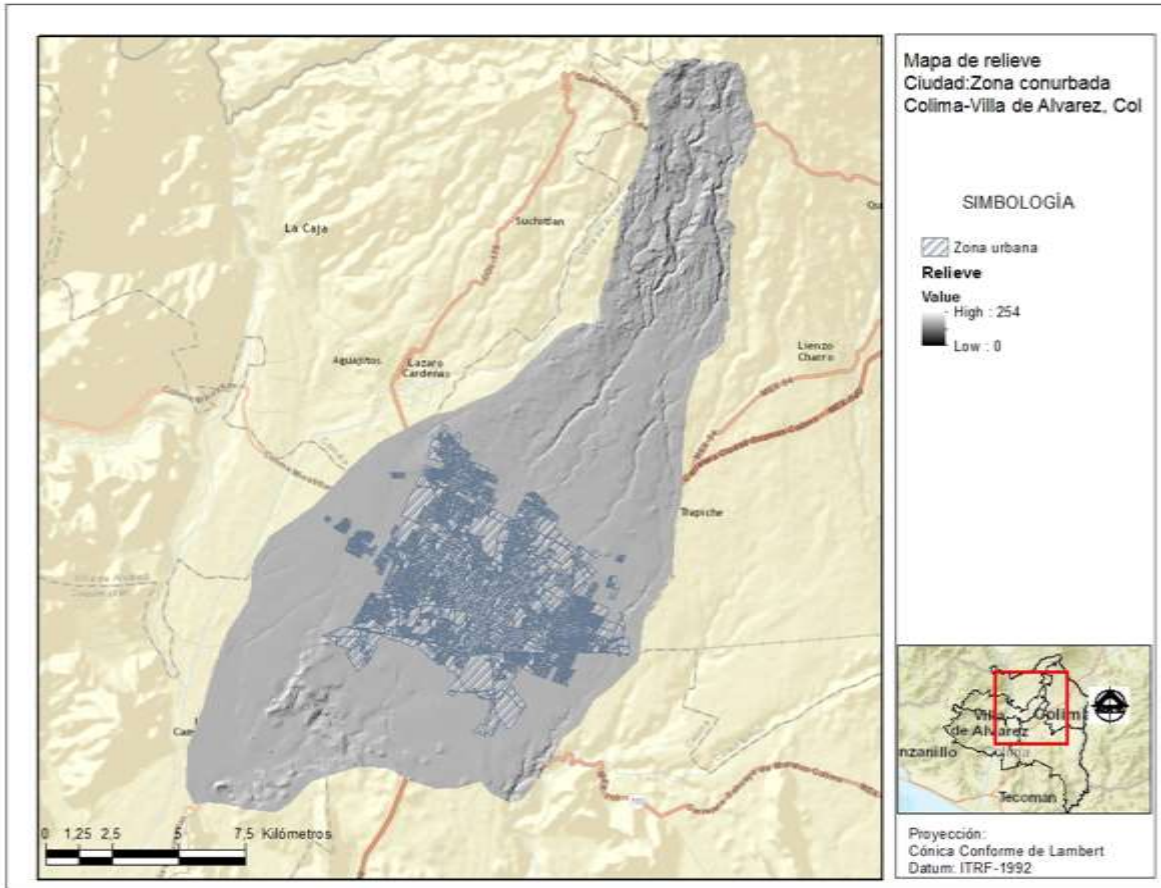


Figura 3.5 Relieve

3.3.3 Uso de suelo

De la superficie total de la entidad, las tierras agrícolas representan el 31 por ciento; las dedicadas a la ganadería el 30 por ciento, el 37 por ciento corresponde a las áreas forestales, y el dos por ciento restante está compuesto por los cuerpos de agua y las zonas urbanas. La actividad agrícola en la entidad tiene un marcado desarrollo hacia el cultivo de los productos perennes o frutales, con preferencia a los cítricos debido a que el suelo de la entidad es apropiado para la siembra de estos productos. De la superficie total dedicada al cultivo, destaca la siembra de maíz, sorgo, caña de azúcar y café (como cultivos temporaleros) arroz, hortalizas, praderas y en menor escala árboles frutales, (como cultivos de riego) Se cultiva limón, palma de coco, plátano, mango y tamarindo; y el 25 por ciento restante es empleado para la siembra temporal de cultivos cíclicos solos y asociados a los frutales antes mencionados. En la cuenca de aportación a la Ciudad de Colima, del área total de 102.09 km² de la superficie el 55.04% se usan para la

agricultura tanto de riego como de temporal, en la parte norte de la cuenca se tienen 3.91 km² de bosque de pino encino correspondiente a la parte de la ladera del Volcán,

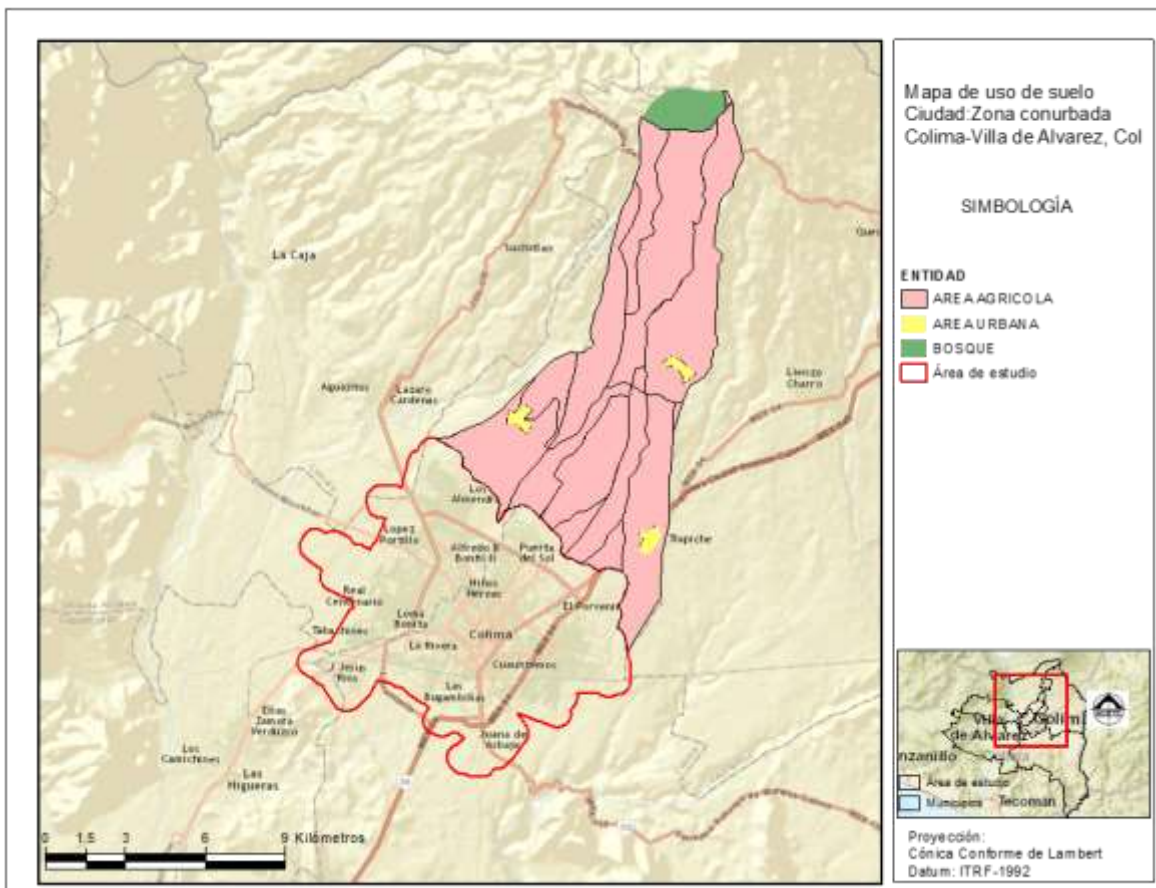


Figura 3.6 Uso de suelo

Tabla 3.4 Uso de suelo

USO DE SUELO	AREA KM ²	% DEL AREA TOTAL
AGRICULTURA DE RIEGO	56.187	55.04
AREA URBANA	41.99	41.13
BOSQUE DE PINO ENCINO	3.91	3.83
TOTAL	102.087	100.00

3.3.4 Edafología

El relieve y litología se conjugan para dar lugar a una variedad de suelos cuya distribución se resume con consideración a las formas del relieve o las unidades geomorfológicas. Los suelos de tipo Potzol ocupan el 49.04% del territorio total de la cuenca, estos se distribuyen en la sección central de la misma, los potzoles son suelos desarrollados en climas húmedos, de carácter fundamentalmente arenoso y ácido, con abundante cantidad de humus en el horizonte "A", lo que confiere un marcado color oscuro o negro. Los materiales coloidales son arrastrados a zonas más profundas del horizonte "B", de color gris claro, y que corresponden a una zona endurecida. En la parte norte del valle de

Colima existe un litosol asociado con regosol éútrico y luvisol crómico de textura media y baja permeabilidad; En cerro Grande, ubicado en la parte norte del área, existe dominancia de andosol órtico asociado con litosol y luvisol crómico; son de textura media y alta permeabilidad, caracterizado principalmente por ser oscuro, suelto y de baja productividad ya que retienen mucho el fosforo impidiendo que sea asimilado por las plantas. Por último, en el volcán de Colima, ubicado en el extremo noreste se encuentra una pequeña superficie de Ranker asociado con regosol éútrico, de textura gruesa y baja permeabilidad; estos suelos se encuentran en las partes más accidentadas y de mayor elevación del volcán.

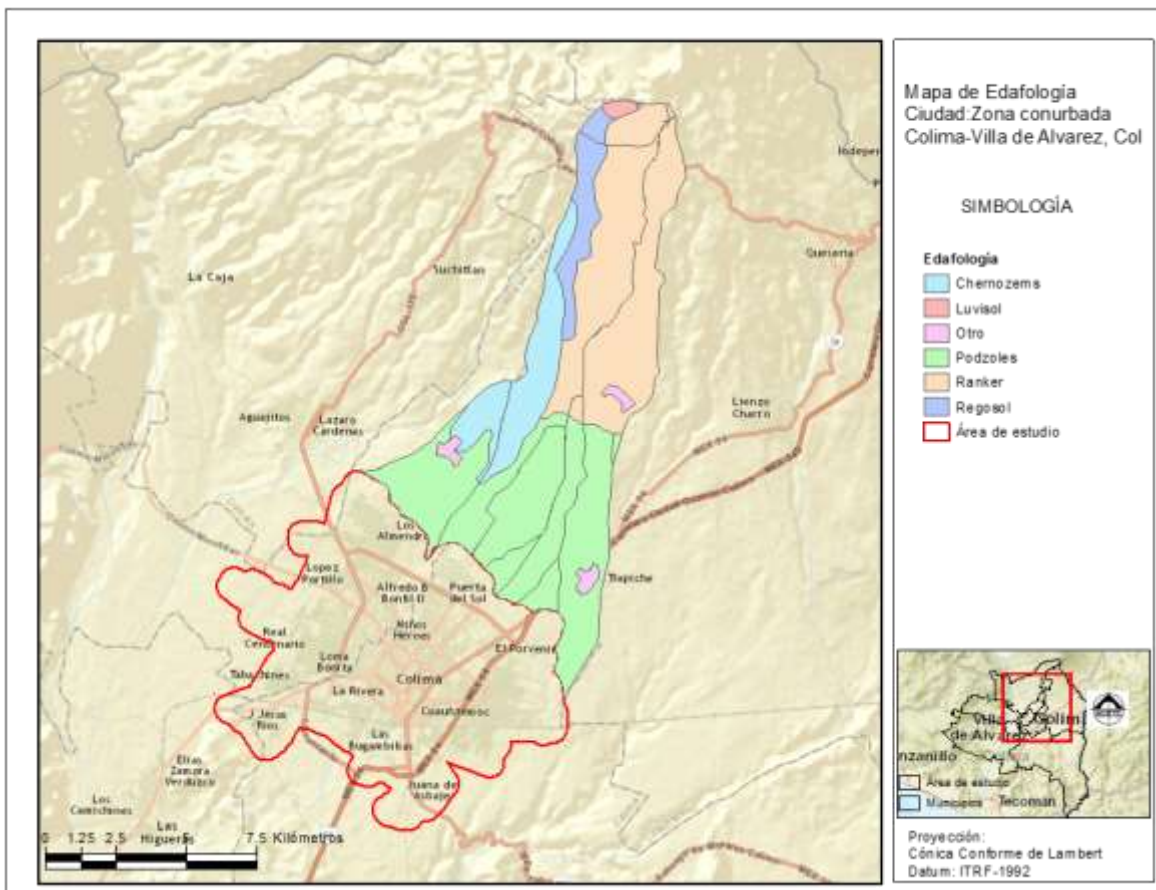


Figura 3.7 Edafología

Tabla 3.5 Edafología

Suelo primario	Área km ²	Porcentaje del Área Total
Chernozems	12.01	11.76
Luvisol	3.1	3.04
Otro	3.8	3.72
Podzoles	40.1	39.28
Ranker	32.08	31.42
Regosol	11	10.77
TOTAL	102.09	100.00

3.3.5 Precipitación

Factor de gran interés en los procesos de escurrimiento, pues de la intensidad, frecuencia y distribución de las precipitaciones dependen tanto la rapidez de saturación del suelo como el subsecuente inicio del escurrimiento. Perteneciente a un régimen de verano, la distribución anual de las precipitaciones en las cuencas exorreicas: Río Chacala-Purificación, Río Armería y Río Coahuayana, permite considerar la incidencia de la concentración estival en cuanto a las avenidas, así como el impacto de los periodos con déficit de agua. La observación y el análisis de la distribución espacial de los promedios de temperatura y precipitación, hace posible reflexionar respecto a la importancia hidrológica de la evapotranspiración real, como registro de la pérdida de agua.

Distribución temporal de la precipitación (EMA)

En la zona urbana de la ciudad de Colima se encuentra ubicada la Estación Meteorológica Automatizada (EMA) "Colima", la cual es operada por el SMN, ESIME se ubica en las coordenadas 103°44'00" y 19°14'00" a una altitud de 494 msnm.

Para realizar el proceso lluvia – escurrimiento para cualquier periodo de retorno, es conveniente determinar patrones de tormentas y usar estos para distribuir la precipitación para cualquier periodo de retorno.

Para el cálculo de la distribución temporal se utilizó la información de la EMA "Colima", siguiendo el siguiente procedimiento:

- a) Cálculo de la precipitación máxima anual para diferentes duraciones.

La estación EMA Colima cuenta con información de lluvia a cada 10 minutos a partir del 26 de julio de 2010 a la fecha. En la tabla siguiente observa la precipitación máxima acumulada en 24 hr para cada uno de los años con los que se cuenta con datos.

Para lo anterior se realizó un barrido en todo el registro de la precipitación de la EMA (los registros están a cada 10 minutos). Por ejemplo, para el año 2014 y una duración de 1 hora se sumó la precipitación registrada desde las 00:00 hr hasta las 01:00 hr, posteriormente se realizó la suma desde las 00:10 hr hasta las 01:10 hr, después se sumó desde las 00:20 hr hasta las 01:20 hr. Este cálculo se realizó desde el 1 de enero al

31 de diciembre; posteriormente se seleccionó la precipitación máxima en 1 hora de todo el año. El proceso se repitió para cada uno de los años y para las duraciones ya mencionadas. En la figura 3.9 se presentan los cálculos de manera gráfica.

b) Cálculo de la curva masa representativa de las tormentas para la EMA.

Cada una de las precipitaciones anuales calculada en el inciso anterior se dividió entre la precipitación correspondiente a 24 horas, obteniendo así curvas masa unitaria, lo cual permite observar el patrón de distribución de las tormentas. En la figura 3.9 se presenta la gráfica correspondiente, además en se muestra la curva media de las curvas masa unitarias, de la gráfica se deduce que en promedio en una hora se produce el 70% de la precipitación de correspondiente a 24 horas.

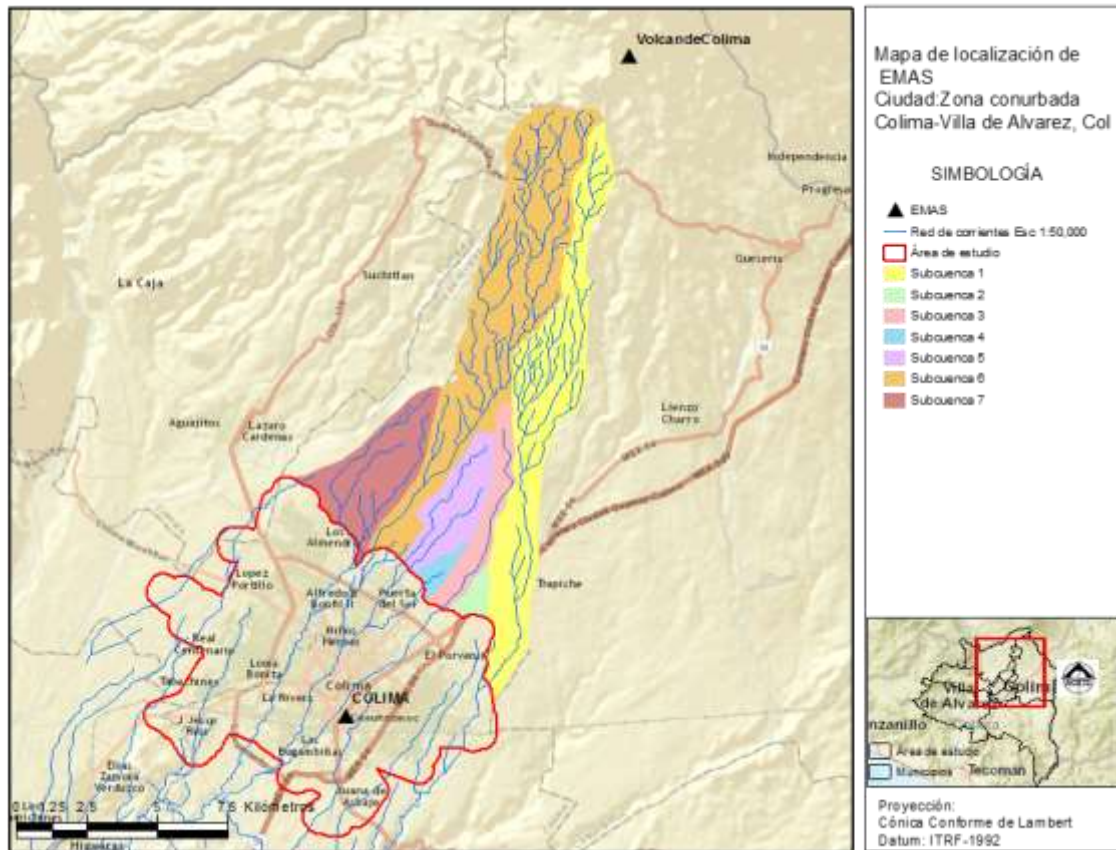


Figura 3.8. Localización de la EMA Colima

Tabla 3.6 Precipitación máxima acumulada anual registrada en la EMA Colima

AÑO	PREC MAX ACUMULADA 24 HRS
2010	303.6
2011	259.2
2012	415
2013	52.8
2014	111.8
2015	74.4

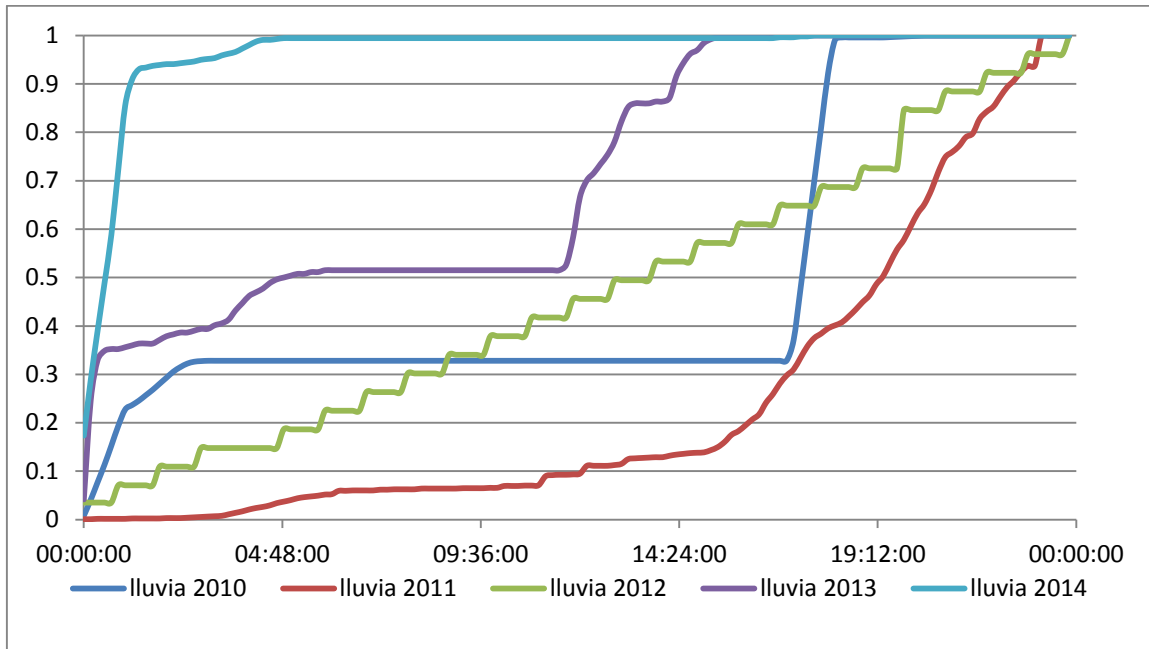


Figura 3.9. Curva masa unitaria para precipitaciones máximas para diferentes duraciones en la EMA Colima

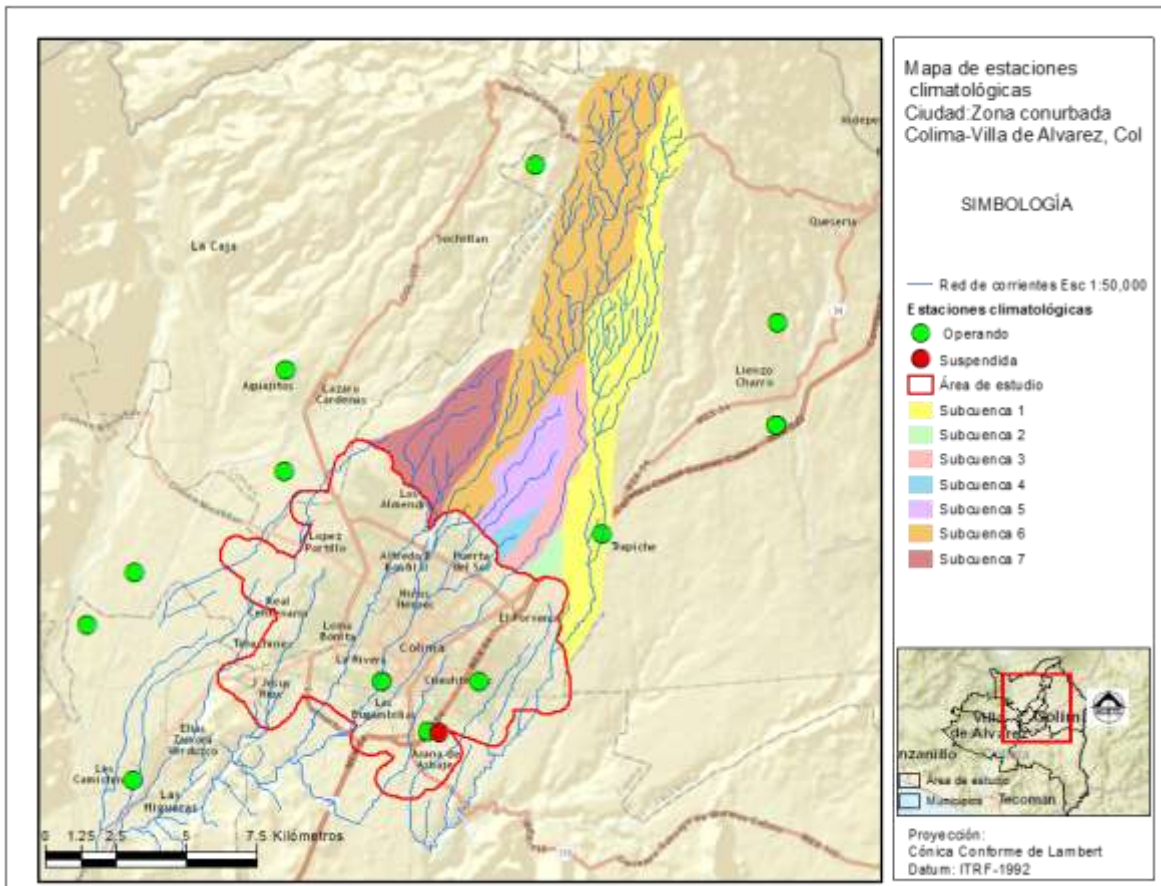


Figura 3.10 Estaciones climatológicas

Tabla 3.7 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

clave	nombre	situación (clicom)	periodo inicio	Periodo Fin	Años con información	Años completos
6007	Cómala, Cómala	Operando	1960-1	2015-4	49	32
6008	Coquimatlán, Coquimatlán	Operando	1960-1	2015-4	56	48
6009	Cuahtémoc (DGE)	Operando	1960-1	2015-4	54	44
6014	Las Peñitas, Cómala	Operando	1960-1	2015-4	56	49
6020	Pueblo Juárez, Coquimatlán	Suspendida	1960-1	1975-12	16	10
6040	El costeño (Colima)	Operando	1960-1	2015-4	56	47
6041	Cuahtémoc (SMN)	Suspendida	1960-9	1973-10	14	5
6048	C.R.D.F. Pdte. V. Carranza	Suspendida	1965-3	1977-8	12	3
6052	E.t.a. 254, Cómala	Operando	1975-1	2015-3	41	35
6062	Cofradía de Suchitán, C.	Operando	1984-3	2015-4	14	6
6073	El trapiche, Cuahtémoc	Operando	1995-1	2015-4	21	20

Tabla 3.8 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

clave	a_inicio	a_final	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
6007	1963	2014	28.57	13.18	2.88	0.69	12.18	112.80	218.20	239.30	224.30	87.11	20.01	13.53	972.75
6008	1960	2014	33.13	10.42	5.35	0.18	9.22	114.40	173.90	191.10	189.30	88.71	18.55	11.22	845.49
6014	1960	2014	19.69	11.52	6.79	0.65	14.40	123.30	214.80	205.40	228.70	96.05	22.81	11.48	955.59
6040	1960	2014	26.79	8.40	5.02	0.54	11.72	128.30	198.60	199.40	193.60	80.64	15.57	11.89	880.47
6052	1975	2014	24.00	7.75	1.81	0.71	12.78	107.40	196.90	235.30	208.00	90.11	27.13	18.18	930.08
6062	1989	2014	13.00	56.17	-	-	10.72	219.80	387.60	318.30	346.90	160.90	31.20	13.55	1,558.14
6073	1995	2014	11.65	12.85	1.04	-	11.38	137.00	200.30	202.80	228.70	101.70	21.02	6.48	934.92

Tabla 3.9 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

Clave	Area_thisse	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
6007	1.8	52.6	24.3	5.3	1.3	22.4	207.6	401.5	440.3	412.7	160.3	36.8	24.9	1,789.9
6008	33.5	1,110.0	349.1	179.4	6.1	308.9	3,833.0	5,826.5	6,402.8	6,342.5	2,972.2	621.5	375.9	28,328.0
6014	13.9	272.7	159.6	94.0	9.0	199.5	1,707.8	2,975.2	2,845.0	3,167.7	1,330.4	315.9	159.0	13,235.9
6040	83.3	2,230.6	699.1	418.1	45.0	975.8	10,682.5	16,535.8	16,602.4	16,119.5	6,714.2	1,296.4	990.0	73,309.5
6052	29.7	713.9	230.6	54.0	21.2	380.2	3,194.7	5,857.0	6,999.2	6,187.2	2,680.4	807.0	540.8	27,666.1
6062	38.7	503.4	2,175.0	-	-	415.1	8,511.1	15,008.6	12,325.2	13,432.7	6,230.4	1,208.1	524.7	60,334.3
6073	58.0	675.8	745.4	60.3	-	660.1	7,946.8	11,618.6	11,763.6	13,266.0	5,899.2	1,219.3	375.9	54,231.0
Suma	258.9	5,559.0	4,383.0	811.1	82.6	2,962.0	36,083.5	58,223.3	57,378.6	58,928.3	25,987.1	5,505.1	2,991.2	258,894.6

Tabla 3.10 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

Hietograma medio mensual													
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
21.4688	16.9271	3.1324	0.3189	11.4393	139.3551	224.8593	221.5972	227.5820	100.3628	21.2607	11.5519	999.8556	

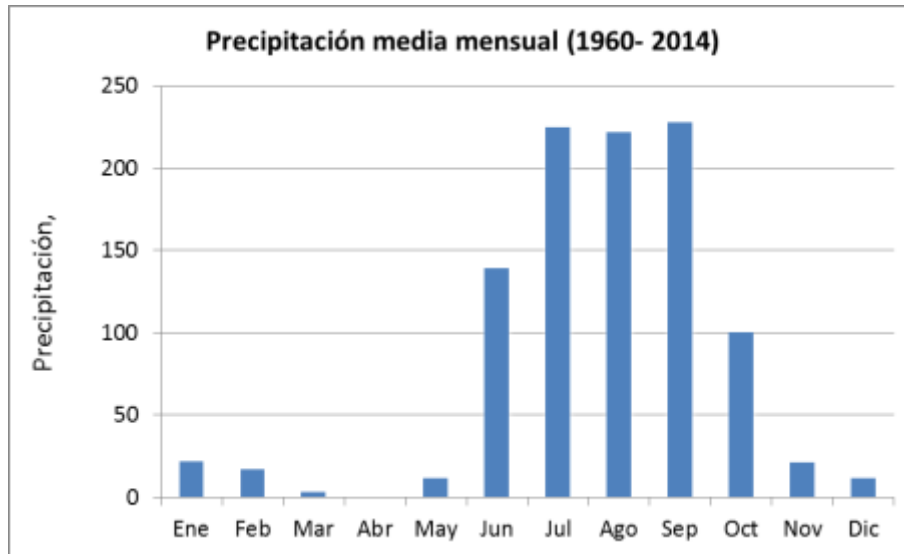


Figura 3.11 Precipitación media mensual

Para la aplicación de los modelos lluvia escurrimiento de la formula racional, el hidrograma triangular y el de Chow, es necesario calcular para cada subcuenca la precipitación correspondiente a la duración que genera el gasto máximo, dicha duración es la correspondiente al tiempo de concentración (T_c) el cual fue calculado para cada subcuenca. Para calcular la precipitación para el tiempo de concentración en cada subcuenca, se calculó primeramente de la curva masa unitaria representativa de las tormentas de la EMA el incremento máximo correspondiente ($I_{máx}$) al T_c , posteriormente dicho incremento se multiplica por la precipitación media en cada subcuenca correspondiente a las 24 horas (obtenida en el análisis de frecuencias punto 4.4) para cada periodo de retorno, obteniendo así la precipitación para el T_c . En las siguientes tablas se presentan los valores de la lluvia en cada subcuenca.

3.3.6 Escurrimientos

En la zona urbana de la Ciudad de Colima y Villa de Álvarez no se existen instaladas estaciones hidrométricas.

3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

El estado de Colima está enclavado en las provincias geológicas de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neo volcánico (López Ramos, 1979). En dichas provincias la conformación del relieve es el resultado de procesos endógenos y exógenos. La porción correspondiente a la Sierra Madre del Sur, se caracteriza principalmente por su topografía montañosa con pendientes escarpadas, cuya altitud promedio varía de 300 a 1700 m.; sierras complejas constituidas por secuencias vulcano sedimentarias y rocas vulcano elásticas (noroeste y sur del estado); sierras plegadas, formadas por rocas sedimentarias calcáreas, elásticas y asociaciones de ambas, expuestas principalmente en el norte, centro y sureste del estado y cuya dirección de los ejes estructurales es en dirección general noroeste-sureste, donde el drenaje está controlado por la estratificación de estas rocas; y cerros de topografía suave debido a la erosión de las rocas plutónicas que pertenecen al batolito Circumpacífico y afloran al oeste del estado. Estas rocas intrusivas en algunos sitios presentan intemperismo esferoidal. Los derrames

y piroclastos que pertenecen a la Sierra Madre del Sur contrastan morfoestructuralmente con las rocas sedimentarias y plutónicas. El drenaje está controlado por las topo formas, el fracturamiento y la pseudoestratificación de las rocas piroclásticas, cuyo relieve presenta cuevas y contracuevas abruptas. La porción del estado correspondiente a la Sierra Madre del Sur se encuentra en una etapa de madurez avanzada. La fracción correspondiente al Eje Neo volcánico se caracteriza por su paisaje denudatorio y acumulativo; pues los sistemas montañosos, formas volcánicas activas e inactivas, valles y planicies son producto de la neo tectónica. Forma parte de una meseta volcánica de orientación general este - oeste, con altitud promedio de 1700 m., donde destaca el volcán de Colima con altitud de 4200 m., predominan las rocas basálticas, numerosos conos volcánicos y cuencas endorreicas rellenas de ceniza. Así, se puede localizar un relieve enterrado al noreste del estado, el que se manifiesta por abundantes efusiones volcánicas que surgieron por fallas, fisuras y chimeneas con orientación noreste - sureste; con sus productos volcánicos cubrieron la mayor parte del relieve anterior, creando un nuevo relieve montañoso, en el cual existen abundantes conos volcánicos mono genéticos, estrato volcanes, derrames lávicos, lahares, derrames de brecha y depósitos cineríticos. Debido a las características de alta permeabilidad de estos depósitos volcánicos, existen pocas corrientes superficiales. El relieve montañoso posee pendientes escarpadas, gargantas (valles en "V") y pocos depósitos aluviales, indicativos de una etapa de juventud. La ciudad de Colima está ubicada en un glacis de acumulación, constituido por depósitos elásticos y lahares, los cuales rellenan el graben de Colima. En la actualidad dicho graben está siendo disectado por erosión regresiva y su flanco oeste, está limitado por una estructura anticlinal calcárea que presenta pequeñas dolinas (cerro Grande) y úvalas a lo largo del eje de la estructura, que pertenecen a las sierras plegadas.

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

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 3.11 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 3.7 se esquematizan los tipos de suelo para las cuencas que aportan hacia la zona urbana de San Felipe.

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 3.12, CNA 1987).

Tabla 3.12 Valores del número de escurrimiento

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Agrícola-Pecuaría	49	69	79	84
Agrícola-pecuaría-forestal	49	69	79	84
Agricultura de riego	62	71	78	81
Agricultura de temporal	67	78	85	89
Agua	90	90	90	90
Área 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 Táscate	37	60	71	78
Bosque Latifoliado	26	52	62	69

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
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 Hallofilio	48	67	77	83
Pastizal inducido	25	59	75	83
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
Vegetación 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 3.13 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 subcuenca se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3.14 Simbología y uso de suelo

Microcuencas	N
1	81.0
2	78.0
3	76.0
4	78.0
5	71.0
6	74.0
7	74.5

Dadas las condiciones del sistema hidrológico es notorio resaltar que el conjunto de subcuencas de la 1 a la 7 drenan de manera natural hacia la zona urbana de la zona conurbada de la ciudad de Colima y Villa de Álvarez. Siendo independientes entre sí.

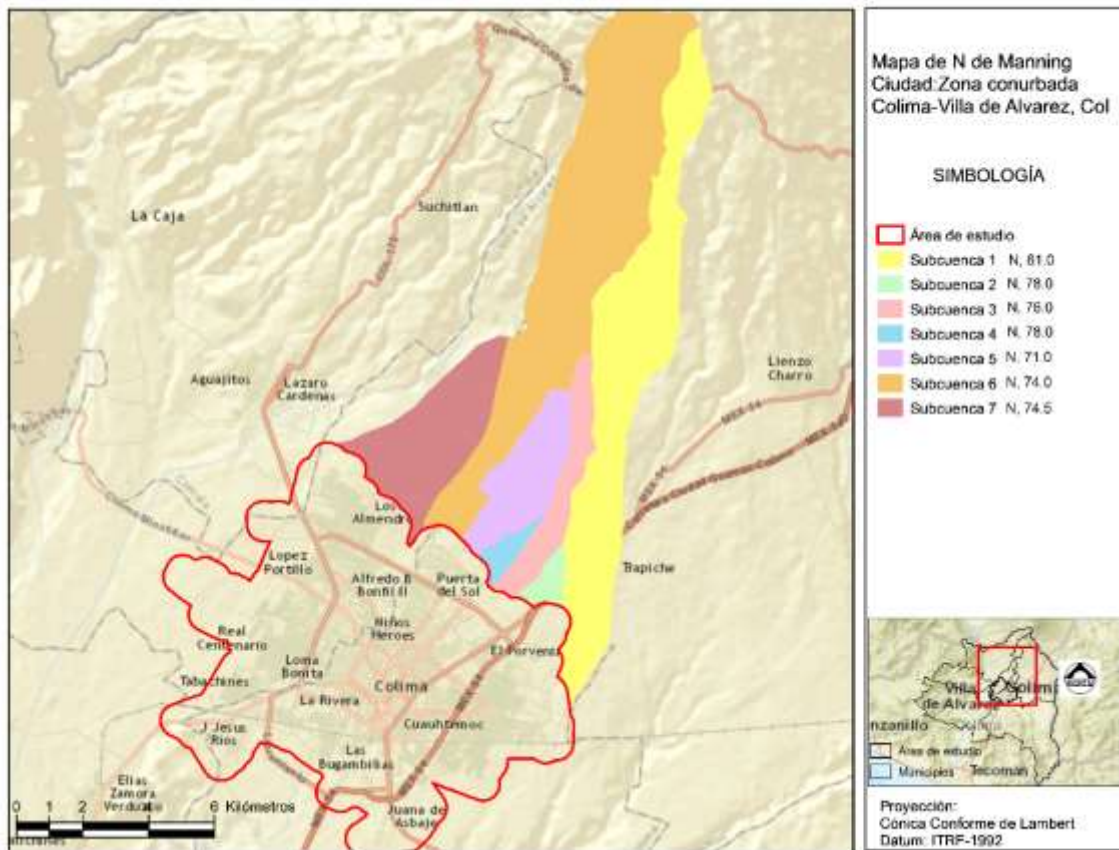


Figura 3.12 Variación del número de escurrimiento por subcuenca

3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

La ciudad de Colima se ubica a 25 km en línea recta del océano pacífico en la RHA VIII, paso obligado de ciclones y huracanes que se forman en el pacífico. La primera inundación histórica que se tiene documentada en el archivo histórico de la ciudad de Colima data del 14 de noviembre de 1576, donde la villa de Colima sufrió las consecuencias de un fortísimo ciclón el cual destruyó la iglesia mayor, muchas casas y numerosas huertas de cacao y frutales, los ríos que atravesaban la Villa también se desbordaron aumentando las calamidades con la pérdida de animales y sembradíos. El 26 de octubre de 1626, un ciclón con duración de 5 horas, derriba las huertas de cacao, arranca el techo a los templos y la mayor parte de las casas de la Villa de Colima. El 28 de junio de 1856 fuerte ciclón arranco el techo del templo principal de Colima. El 29 de septiembre de 1865 se documenta la primera inundación en la Ciudad de Colima, desbordándose los ríos El Manrique, El chiquito y el Rio Colima a consecuencia de las torrenciales lluvias. El 20 de agosto de 1878 se presentó una inundación del centro de la ciudad de Colima al desbordarse el Rio Chiquito a causa de fuertes lluvias. El 2 de octubre de 1890 el desbordamiento del rio El Manrique causa severas inundaciones en la ciudad de Colima, dañando la vía férrea. El 15 de octubre de 1955 causada por una perturbación ciclónica ocasiona una creciente impetuosa sobre el rio Colima el cual causa daños materiales a las construcciones que han invadido su cauce. Al día siguiente se

presenta una concentración de lluvia en la parte alta del Volcán de Fuego, ocasionado un lahar de lodo, maderas y grandes rocas la cual arrasó el poblado de Atenquique, Jalisco, este mismo evento ocasionó el desbordamiento de todos los ríos afluentes del Río Armería y del Río Coahuayana, los puentes ubicados sobre los ríos que pasan por la ciudad de Colima estuvieron a punto de colapsarse. El 5 de agosto de 1984 el río Pereyra se desborda ocasionando a su paso cuantiosos daños a las viviendas que se encontraban dentro del cauce del mismo. El 6 de julio de 1986 una precipitación pluvial extraordinaria de gran intensidad en la parte norte del municipio de Colima provocó el desbordamiento del Río Colima, arrastrando árboles e inundando viviendas por la calle Manuel Álvarez. “Jova” fue un ciclón cuya trayectoria se inició a más de 1,000 km al Sur de la costa de Colima; de allí se desplazó hacia el Noroeste y posteriormente recurvió hacia el Noreste con rumbo a la costa Occidental de México, a donde llegó en las primeras horas del día 12 de octubre, tocando tierra a las 01:00 horas a 8 km al Sur de la población de La Fortuna, Jalisco como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Su duración fue de 168 horas, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 2 mil km a una velocidad promedio de 12 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Colima (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011); 115.0 mm en Melchor Ocampo, Michoacán, y 91.0 mm en Ciudad Guzmán, Jalisco, el día 11 de octubre. El principal daño en la ciudad de Colima fue en las vialidades donde se presentó el colapso de cuatro puentes: Los ríos y arroyos que cruzan la ciudad se desbordaron causando serios daños a la cinta asfáltica y en la Avenida de los maestros, junto a la clínica 1 del IMSS, el río dañó las obras de remodelación que se hacían. La calle Lerdo de Tejada en la colonia viveros sirvió de cauce al río Pereyra causando inundaciones a las casas cercanas y arrastró vehículos, donde también causó enormes hoyos al empedrado y derribó árboles. En la ciudad de Villa de Álvarez, En la colonia M. Diéguez el río desbordó e inundó las casas cercanas donde también derribó el puente que divide a los municipios de Colima y Villa de Álvarez, donde también hubo evacuaciones de personas. Diversas vialidades y calles resultaron dañadas por el agua y el lodo, donde además el puente de la Avenida María Ahumada de Gómez, cerca de del predio donde se ubicaba la tienda Comercial Mexicana también resultó insuficiente para el gran flujo de agua pluvial. Algunas colonias sufrieron cortes de agua debido a las afectaciones que tuvo el manantial de Zacualpan.

La zona metropolitana (Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc y Villa de Álvarez, a pesar de estar ubicada en las faldas del Volcán de Colima y presentar una pendiente considerable de norte a sur, es vulnerable al desbordamiento repentino que presentan los arroyos que cruzan dicha zona urbana, los cuales son afectados por las lluvias de tipo convectivo que generalmente son de corta duración, pero de una intensidad muy grande. Las precipitaciones torrenciales propician el arrastre de materiales sólidos que se concentran en los cauces de los ríos, ocasionando desbordamientos e inundaciones en zonas urbanas y agrícolas.

El cuadro siguiente es un recuento de huracanes que han impactado al municipio de Colima.

Tabla 3.15 Cronología de eventos (Huracanes)

Año	Nombre del evento	Categoría
1959	Sin Nombre	Huracán Cat. 5
1971	Agatha	Huracán Cat. 2
1971	Lily	Huracán Cat. 1
1973	Adolph	Huracán Cat. 2
1987	Eugene	Huracán Cat. 2
1992	Virgil	Huracán Cat. 4
1992	Winifred	Huracán Cat. 2
1993	Calvin	Huracán Cat. 1
1999	Greg	Huracán Cat. 1
2006	Lane	Huracán Cat. 1
2011	Jova	Huracán Cat. 3
2012	Bud	Huracán Cat. 1

De acuerdo a fuentes hemerográficas diversas, la zona urbana de Colima y Villa de Álvarez ha padecido inundaciones en los últimos años, encontrándose registros de éstas en los años 2012, 2013, 2014 y 2015. Cuando se trata de tormentas, se presentan inundaciones y encharcamientos en avenidas, lo que ocasiona estragos viales y en vehículos que se quedan varados. Este tipo de tormentas da pie a inundaciones que al cabo de horas quedan resueltas. La falta de limpieza de calles contribuye a esta problemática.

En septiembre de 2013 fuertes lluvias inundaron la mayoría de las avenidas en Colima y Villa de Álvarez y el desbordamiento de los arroyos Pereira y Manrique que cruzan ambas ciudades.

En octubre de 2015, por el paso del huracán Patricia, el Río Colima, que cruza el centro de la ciudad sufrió ligeros desbordamientos sin propiciar mayores problemas, igual que el arroyo Pereyra que estuvo a punto de desbordarse, pero bajó su caudal.

Actualmente, según autoridades de Protección Civil, las avenidas más afectadas son: Camino Real, V. Carranza desde el Tercer Anillo hasta la avenida Tecnológico y de Constitución hasta lo que es el Río Colima, Las Siete Esquinas, La calle Nigromante, la avenida Niños Héroes, en el tramo de lo que es la avenida Tecomán hasta el libramiento y la zona de la calle 1 de mayo y avenida Niños Héroes.

3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes

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

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

ambientales, a pronosticar y a alertar a la población ante situaciones de emergencia, y a desarrollar una cultura de prevención y mitigación de impactos por estos fenómenos.

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

Con base en lo reportado en el Inventario Nacional de Obras de Protección contra inundaciones en Cauces Naturales, SEMARNAT (2008), la RHA VIII , donde se ubica la zona urbana de Colima y Villa de Álvarez tiene un total de 147 obras de protección contra inundaciones, distribuidas como se muestra en la Tabla 3.25 y Figura 3.25. El inventario tiene registradas obras que se reportaron construidas desde 1802 y hasta 2008.

En mayo de 2012, el director de Protección Civil del municipio de Colima informó que ya tienen detectadas algunas colonias de la capital que se inundan durante las lluvias y en las que se estará trabajando y poniendo atención para evitar inundaciones. Añadió que entre los principales puntos que se inundan se encuentra la avenida Camino Real, que se convierte en un río completamente y en donde generalmente se presentan problemas de vehículos que se quedan varados.

También señaló que toda la avenida V. Carranza desde el Tercer Anillo hasta la avenida Tecnológico y de Constitución hasta lo que es el Río Colima también provoca problemas de estancamiento de agua. En el centro de la ciudad, el lugar conocido como Las Siete Esquinas de igual manera representan un problema, por la cantidad de agua que baja de los diferentes cruces, así como la calle donde se encuentra el templo de la Sangre de Cristo. La calle Nigromante es otro punto que se inunda, ya que acumula agua de diferentes calles del centro. Otra de las zonas que también se complica es la avenida Niños Héroe, en el tramo de lo que es la avenida Tecomán hasta el libramiento y la zona de la calle Primero de Mayo y avenida Niños Héroe.

En cuanto a la limpieza de los ríos y arroyos se informó de trabajos en el río Colima, y en el arroyo Pereyra trabajos de desazolve. En la avenida Tecnológico hacia arriba en el río Colima, a la altura de la Armonía y en la colonia Miguel Hidalgo también se realizan trabajos consistentes en retirar escombros y material.

El director de Protección Civil de Villa de Álvarez informó que tanto la Sedur, Conagua y el Ayuntamiento de Villa de Álvarez trabajan en la limpieza de los ríos y arroyos, haciendo muros de contención y limpieza. Se desazolvieron alcantarillas en la colonia Linda Vista, por la acumulación de tierra y basura.

Campañas de reforestación y de limpieza de cauces se realizan anualmente desde el 2011 en la zona urbana, dentro de las actividades de la Campaña Nacional de Reforestación de la Conafor. En 2015 la reforestación se realizó con el apoyo de la

Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDUR), la Caja Popular Mexicana y la empresa Nature Sweet.

Como parte del proyecto “Colima Verde”, un grupo ambientalista, no partidista, compuesto exclusivamente de voluntarios, planea realizar acciones como el desarrollo de las áreas de ríos en la zona urbana, lo que implica trabajar con los establecimientos ubicados a la orilla de los ríos para embellecer el entorno e impulsar más comercios, restaurantes, sitios de interés a la orilla de agua, tener actividades culturales a la orilla del río, además de mantenerlos limpios y conservados.

3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación

Colima es el municipio de los que más aportación hace al PIB ya que aporta el 32.7% (su población representa el 23.9%) del Producto Interno Bruto Estatal con un ingreso per cápita de 68 mil 689 pesos muy por arriba de la media estatal y de la nacional, ubicándose el municipio de Colima, después de Manzanillo, como el de mayor ingreso per cápita a nivel estatal.

El municipio de Colima aporta el 25.6% de la producción bruta generado en el estado, destacando la construcción con el 59.8%, el comercio con el 44.8 %, los servicios financieros, seguros y alquiler con el 37.6% y los servicios comunales, sociales y personales con el 56.2%.

El sector secundario en el municipio de Colima cuenta con un total de 104 clases distintas de actividad económica, distribuidas en cuatro sectores. El sector más predominante es la manufactura, ya que ésta representa el 54% de la población ocupada en el sector, le sigue la construcción con el 41%, la electricidad 3% y la minería 1%.

El sector terciario en el municipio de Colima cuenta con un total de 327 clases distintas de actividad económica, distribuidas en catorce sectores. El sector más importante es el comercio al por menor, ya que ésta representa el 34% de la población ocupada en el sector, le siguen los servicios de apoyo a los negocios con el 12%, los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas 11%, comercio al por mayor 10%, otros servicios 9%, servicios personales, científicos y técnicos 5%, y con igual porcentajes los servicios educativos junto con transportes, correo y almacenaje, servicios de salud y asistencia social 4%, información en medios masivos 3%, servicios de esparcimiento, deportivos y culturales 1% al igual que servicios inmobiliarios y de alquiler, y con menos del 1% están la dirección de corporativos y negocios y servicios financieros y de seguros.

Por otro lado, el comercio, particularmente al por menor, es la principal actividad económica de Villa de Álvarez, seguido por los servicios (Alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas) representan otro de los pilares de la economía del municipio. La industria manufacturera es otra de las ramas económicas más importantes y la industria de la construcción es una actividad representativa para el Municipio de Villa de Álvarez ya que en ésta se ocupan casi el 25% de los empleos formales.

4 Diagnóstico de las zonas inundables

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones en la zona urbana de Colima y Villa de Álvarez 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.

4.1 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)⁶ recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las siguientes consideraciones (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (Área/No. Estaciones)

Unidad fisiográfica	Precipitación	
	Pluviómetro	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 climatológicas a lo largo de la zona de estudio encontramos lo siguiente:

Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio

Microcuenca	Área km ²	Unidad fisiográfica	Número de Estaciones	Densidad de estaciones	Cumple con la Norma
1	92.91	Montes / ondulaciones	1	92.91	si
2	3.88	Planicie interior	0	-	No
3	53.15	Montes / ondulaciones	0	-	No
4	294.41	Planicie interior	0	-	no

4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

Se cuenta con un Protocolo de alertamiento para condiciones meteorológicas y/o hidrológicas severas, que consiste en los siguientes pasos (las instituciones encargadas del desarrollo de cada actividad se presentan entre paréntesis):

1. Revisar y preparar actividades requeridas para la temporada de lluvias en el año en curso (SMN).
2. Validar y/o actualizar el Protocolo de Tiempo Severo (GASIR, CONAGUA, GPIAE).
3. Coordinar las actividades requeridas para implantar y supervisar el protocolo establecido (Centro Nacional de Previsión del Tiempo).
4. Analizar los modelos matemáticos MM5, WRF, GFS, NAM, generando datos sinópticos (cada 3 h), imágenes de Radar Ecos (cada 10 min) y precipitaciones (06:00, 10:00 y 20:00 h) (SMN, GASIR).
5. Realizar un análisis (diagnóstico) de la atmósfera en ese instante (SMN, GASIR).
6. Formular un pronóstico Meteorológico (GASIR, CONAGUA, SMN).
7. Identificar si el pronóstico está por encima de los umbrales que causa daño al país (SMN, GASIR).

⁶Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

8. Si se cumple lo anterior, se activa la FASE UNO y se elabora un boletín especial o extraordinario (SMN, GASIR). En caso de no ser así, se regresa al paso 4.
9. Se analiza la información emitida dando seguimiento al evento severo en las próximas horas, determinando la operación normal del CNPT (Centro Nacional de Previsión del Tiempo) o en su caso se activa la FASE DOS (CNPT).
10. Se Activa la FASE DOS, de no ser así se regresa al paso 4 (CNPT).
11. Se coordina la emisión del aviso de FASE DOS por el sistema de INTRANET del SMN.
12. El SMN aplica en sus diferentes áreas los planes de contingencia para FASE DOS (CONAGUA).
13. Se elabora el texto para el comunicado oficial en apoyo a los documentos oficiales que debe elaborar la institución, y se envía a la subgerencia de Comunicación y Desarrollo Institucional del SMN (CNPT).
14. Elaboración de los oficios y comunicados oficiales (CONAGUA, OC y DL).
15. Coordinación de la logística de prensa y comunicación oficial durante todo el tiempo que dure el evento (CONAGUA).
16. Se revisa si después de 24 horas continúan las condiciones de tiempo significativo/severo para seguir aplicando los planes de contingencia de FASE DOS. Si se sigue aplicando la FASE DOS se regresa al paso 12, en caso contrario se continúa en este orden (CNPT).
17. En base al análisis se determina si se activa FASE UNO (paso tres) o si se regresa a la Operación Normal (paso 4) (CNPT).
18. Se integran las estadísticas de los eventos severos en México durante el año en curso (CNPT).
19. Se elabora y emite el pronóstico hidrológico (SMN, GASIR, OC y DL).
20. Se activa la vigilancia hidrológica (SMN, GASIR, CONAGUA, OC y DL)
21. Se detecta un registro o tendencia de la evolución de los ríos en la Región que pudiera superar el umbral de elevación de la superficie libre del agua que causa inundaciones y/o daños. O en su defecto que el llenado de una presa alcance el 90% o se encuentre a un metro del nivel en el cual se debe iniciar la operación de la obra de excedencias (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
22. Se supera el UMBRAL de desbordamiento o se inicia la operación de la obra de excedencias conforme a política autorizada o a las decisiones que se resuelvan en el seno del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOOH) (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
23. Se realiza pronóstico hidrológico para el caso, estimando la duración de la inundación y los niveles que se podrán alcanzar en el río, embalse o zona inundable de que se trate, informando a los tomadores de decisiones y al sistema Nacional de Protección Civil (SMN, GASIR, OC y DL).
24. Se informa el comportamiento de la inundación y/o operación de la presa y registro de afectaciones (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).

4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones en la zona urbana de Colima se encontró información a través de fuentes hemerográficas y oficiales. Las acciones que predominan son campañas de limpieza y reforestación encabezadas por instancias gubernamentales y con la participación de empresas u otros

actores privados, en las que se invita a la comunidad participar. No obstante, en la mayoría de los casos se trata de acciones aisladas que aprovechan alguna coyuntura como el día del árbol, del medio ambiente o la proximidad a la temporada de lluvias, pero no se perciben como parte de un plan de mayor alcance en el rubro de la educación y la cultura de la prevención y el cuidado del ambiente, en donde se inscriben situaciones de inundaciones.

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

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

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

En el ámbito urbano, éstos están estrechamente ligados a aspectos de planificación, de desarrollo urbano, de ordenamiento territorial y de herramientas legales e institucionales que las hagan posibles social, política y financieramente. Por ello, difícilmente se pueden desligar aspectos de la gestión urbana –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 sociales involucrados en la gestión de crecidas

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

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

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

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

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

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

4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

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

En este sentido, se puede establecer una conexión entre vulnerabilidad y marginación, si se considera que ésta última se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. De acuerdo a Conapo, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad

social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (Conapo, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todas las mismas oportunidades.

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

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

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

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

Tabla 4.4 Indicadores y variables del índice de marginación urbana por AGEB, 2010

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 Colima presenta un mosaico de marginación en el que predomina el grado bajo y muy bajo, como se puede apreciar en la figura. En la parte suroeste de la localidad hay una presencia significativa de manzanas con marginación media, y en algunos otros puntos en menor medida, y sólo en la zona

sur se registra una manzana con alta marginación. En lo general, el mapa muestra la existencia de condiciones medias en indicadores de distribución de la población, educación, ingresos por trabajo y vivienda. Es en las manzanas identificadas con marginación media en las que la insuficiencia de servicios, la precariedad en el empleo, los bajos niveles adquisitivos y las deficientes condiciones de la vivienda podrán apuntar a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

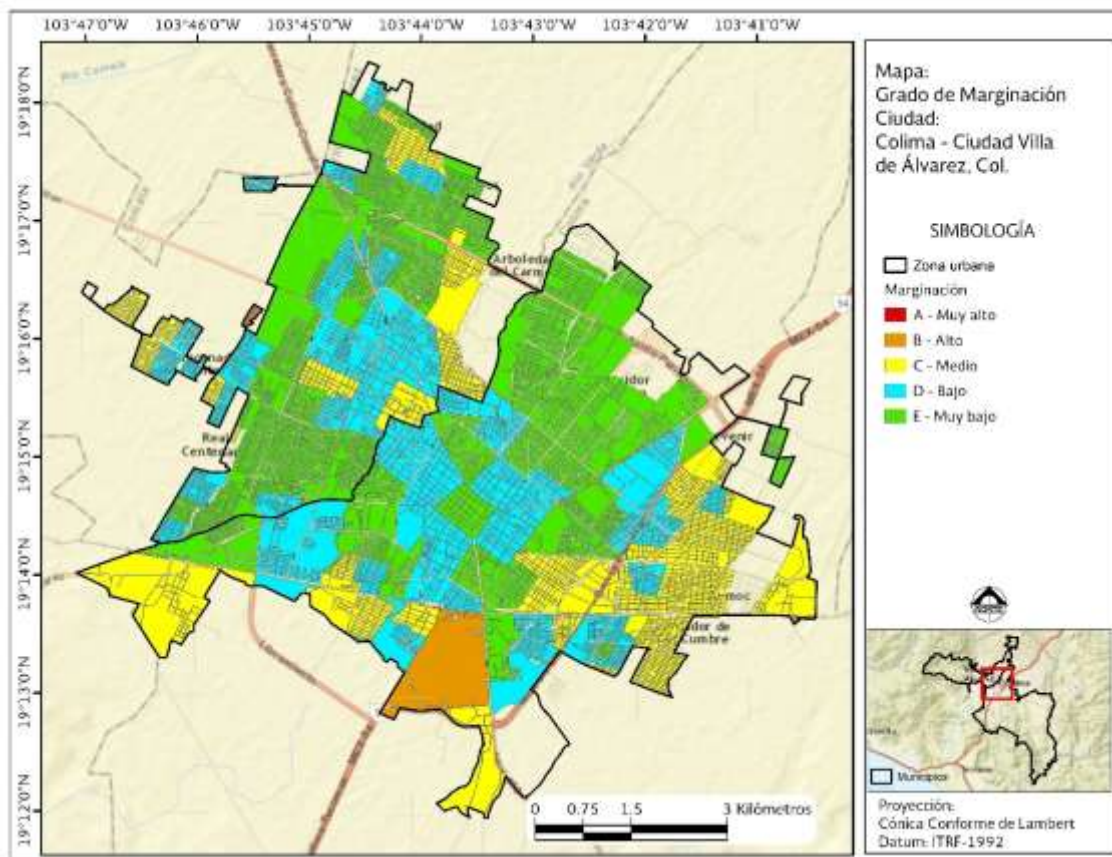


Figura 4.1 Marginación en la zona urbana de Colima, Colima
Fuente: Elaboración propia.

Información estadística complementaria de la localidad indica que, de un total de 137,383 personas, el 21.7 por ciento puede considerarse población vulnerable, en tanto que es dependiente, ya sea por edad (menor de 5 años y mayor de 65) o bien por limitaciones en sus capacidades. Ello significa que, por cada manzana urbana en promedio, hay 8.6 personas mayores a 65 años y 5.4 con algún tipo de incapacidad de movimiento, principalmente⁷. La desocupación laboral de estas manzanas en promedio no es alta (0.8%); no obstante, es necesario tenerla presente como indicador que influye en el nivel de vida material de las personas.

⁷ INEGI considera dentro de este rubro dificultades para caminar, moverse, subir o bajar; incapacidad para vestirse, bañarse o comer; incapacidad para poner atención o aprender cosas sencillas.

Tabla 4.4. Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Colima, Colima

	Población total	Población menor a 5 años	Población mayor a 65 años	Población con limitación en la actividad	Población desocupada
Totales	137,383	122,045	9,440	5,283	1,138
Promedio	88.2	s/d	8.6	5.4	1.6
Porcentaje	100	11.1	6.8	3.8	0.8

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por AGEB y manzana urbana, INEGI.

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

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

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

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

integral. El presupuesto para la atención de los problemas generados por la ocurrencia crónica de los fenómenos extremos en el país es limitado e insuficiente y una buena parte del presupuesto asignado se dedica a la reconstrucción de infraestructura dañada y atención de emergencias.

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

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

5 Evaluación de riesgos de inundación

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

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

5.1 Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema

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

Sin embargo, cuando no se cuenta con información de escurrimientos en estaciones de aforo, en la cuenca de estudio, es necesario la aplicación de un modelo lluvia escurrimiento para conocer los gastos en la salida de la cuenca o en cualquier otro sitio de la misma zona. Dicho caso es el de la cuenca de estudio.

5.1.1 Cálculo de las lluvias 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

No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km ²)	Existentes	Usadas	(km ² /estac)
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 5.1), 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 5.1).

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.

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



Figura 5.1 Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED

Microcuenca	Tr (Años) (hp mm)									
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
2	90	131.7	173	222.5	269	300	329	367.2	396.2	425.2
3	91.9	134.7	176.8	227.1	274.5	306.1	335.7	374.8	404.3	433.9
4	91.1	134.9	177.2	227.8	275.5	307.2	336.9	376.1	405.8	435.4
5	92.5	135.1	177.3	227.9	275.5	307.2	336.9	376.1	405.8	435.5
6	94.5	136.7	179	229.4	277.2	309.2	339.1	378.5	408.4	438.2
7	95.8	139.7	183.5	236.1	285.4	318.3	349.1	389.7	420.4	451.2
1	93.7	136.5	179	229.8	277.8	309.8	339.8	379.3	409.2	439.1
polígono modelación	89.1	129.9	170.8	219.7	265.7	296.3	325	362.8	391.4	420

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

Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema

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 siete subcuencas, su longitud y pendiente.

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.

Es importante mencionar que la estación meteorológica automática llamada “Colima”, la cual se encuentra en la zona de estudio, cuenta con información para caracterizar las tormentas de la zona. Por lo que se dio la forma de las tormentas con la curva masa unitaria obtenida de la misma (ver figura 3.9).

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, la forma de la tormenta de diseño de la EMA.

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

Tabla 5.3 Lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno

Microcuenca	Tr (Años)									
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
2	90	131.7	173	222.5	269	300	329	367.2	396.2	425.2
3	91.9	134.7	176.8	227.1	274.5	306.1	335.7	374.8	404.3	433.9
4	91.1	134.9	177.2	227.8	275.5	307.2	336.9	376.1	405.8	435.4
5	92.5	135.1	177.3	227.9	275.5	307.2	336.9	376.1	405.8	435.5
6	94.5	136.7	179	229.4	277.2	309.2	339.1	378.5	408.4	438.2
7	95.8	139.7	183.5	236.1	285.4	318.3	349.1	389.7	420.4	451.2
1	93.7	136.5	179	229.8	277.8	309.8	339.8	379.3	409.2	439.1
polígono modelación	89.1	129.9	170.8	219.7	265.7	296.3	325	362.8	391.4	420

El cálculo de lluvia efectiva se llevó a cabo usando el método de la S.C.S en el cual se supone un NC de 73 y una abstracción inicial de 18.8 mm. A continuación, se muestran los hietogramas en mm/h (lluvia efectiva) para cada uno de los cinco periodos de retorno analizados que fueron utilizados para la modelación hidráulica.



Figura 5.2 Hietograma asociado al periodo de retorno T_r de 2 años



Figura 5.3 Hietograma asociado al periodo de retorno T_r de 5 años



Figura 5.4 Hietograma asociado al periodo de retorno T_r de 10 años

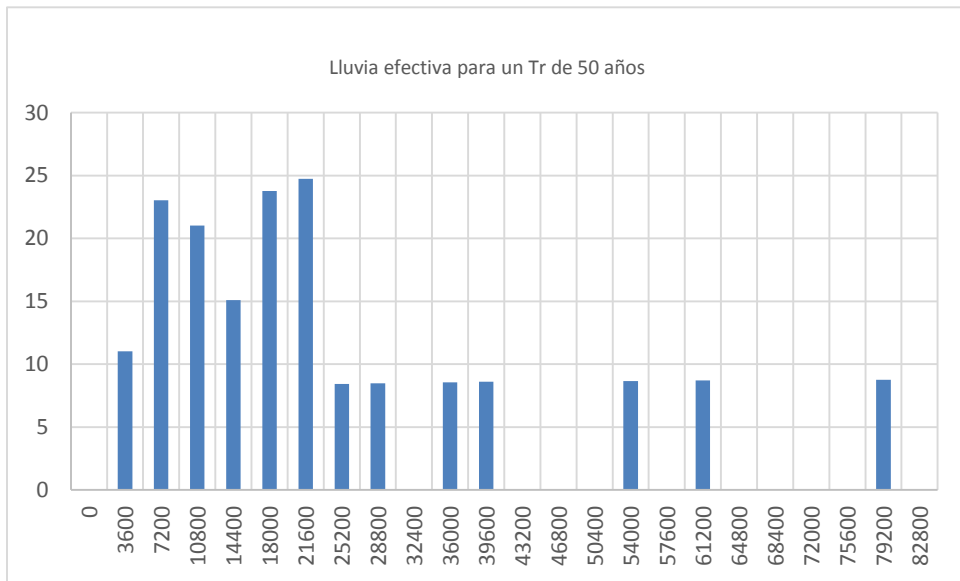


Figura 5.5 Hietograma asociado al periodo de retorno T_r de 50 años



Figura 5.6 Hietograma asociado al periodo de retorno Tr de 100 años

5.1.3 Modelo lluvia-escorrimento

La modelación del proceso lluvia- escurrimiento se realizó mediante la aplicación del software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System), el cual es de distribución gratuita y fue desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de América.

Métodos hidrológicos utilizados en el modelo lluvia - escurrimiento

Primeramente, en el HEC-HMS se configuró el modelo de cuenca, el cual se refiere a configurar la división de las 7 subcuencas pero en el formato del HEC-HMS. Posteriormente fue necesario definir los métodos hidrológicos que se utilizaron en el software, los cuales corresponden a los aplicables a cuencas no aforadas, dichos métodos son:

a) Cálculo de la precipitación efectiva (Loss Precipitation)

Para calcular la precipitación efectiva (para cada tormenta de diseño, es decir para los diferentes periodos de retorno) se utilizó el método propuesto por el Soil Conservation Service (SCS), el cual es aplicable a cuencas no aforadas (números de escurrimiento N), el valor de N depende del tipo de suelo y de la cobertura vegetal que se tenga en cada subcuenca. Los valores de N fueron determinados en el capítulo 5.1.2.

La precipitación efectiva o en exceso, considerando las pérdidas iniciales igual a $I_a=0.2S$ se calcula como (Aparicio, 1997), (CNA, 1987):

$$p_e = \frac{\left[p - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{p + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

donde

P = Precipitación, en cm.

P_e = Precipitación en efectiva o en exceso, en cm

N = Número de escurrimiento

b) Transformación de la precipitación a hidrograma (Transform)

Una vez que se ha calculado la precipitación efectiva es necesario calcular el hidrograma correspondiente, para esto se utilizó el hidrograma unitario del SCS, el cual se presenta en la siguiente figura.

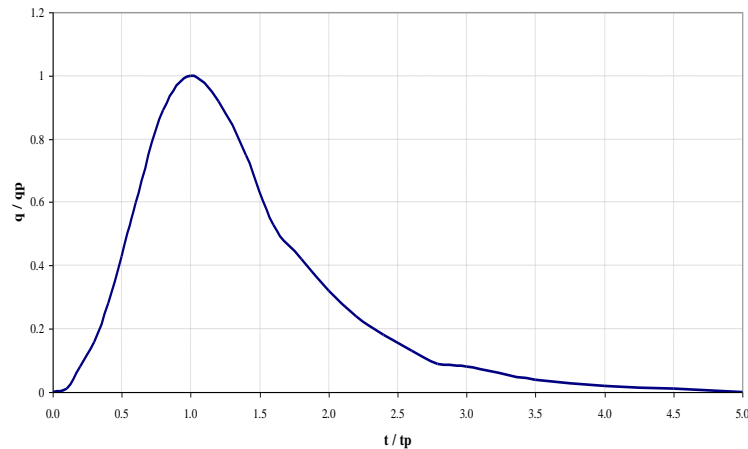


Figura 5.7 Hidrograma curvilíneo adimensional del SCS.

De la figura anterior qp es el gasto pico, q es el gasto para un tiempo t , tp es el tiempo pico de cada subcuenca.

Para aplicar el hidrograma de la figura anterior es necesario primeramente calcular el gasto máximo (qp) correspondiente a la precipitación efectiva (P_e), mediante la ecuación:

$$qp = 2.08 \frac{A_c}{t_p} p_e$$

donde

A_c = área de la cuenca o subcuenca en km^2

tp = tiempo pico de la cuenca

Finalmente es necesario dar la forma completa a la avenida, ya que la ecuación anterior calcula el gasto máximo de la misma. Para poder determinar el hidrograma completo, el cual se muestra en la figura 5.5, es necesario calcular el tiempo pico de la avenida para cada subcuenca.

El tiempo pico para cuencas no aforadas se puede calcular en función del tiempo de concentración el procedimiento se presenta a continuación:

I) Se calcula el tiempo de concentración t_c , y el tiempo de retraso t_r , con las formulas vistas en el Capítulo 3.

II) Calculo de la duración en exceso (d_e)

La duración en exceso se calcula igual al tiempo de concentración debido a que cuando la precipitación tiene una duración mayor o igual al tiempo de concentración se presenta el gasto máximo

$$d_e = t_c$$

c) Tránsito de avenidas en cauces

Para tomar en cuenta el tiempo de traslado de una subcuenca a otra es necesario transitar la avenida obtenida en la subcuenca hasta la subcuenca aguas abajo, para realizar esto se utilizó el método de Muskingum el cual para su aplicación fue necesario calcular dos parámetros: K y x .

El parámetro K (tiempo del viaje del pico a lo largo de un tramo del río) se obtuvo mediante la aplicación de la fórmula del tiempo de concentración desde la salida de una subcuenca hasta la salida de la subcuenca aguas abajo, ya que el tiempo de concentración es el tiempo que tarda en llegar el agua de un punto a otro. El parámetro x se propuso de 0.20 ya que no se cuenta con la información suficiente para calibrar este parámetro (Aparicio, 1997).

5.1.4 Resultados de la modelación del proceso lluvia-escurrimiento

Para realizar una simulación es necesario crear en el software 3 componentes principales, el modelo de cuenca (figura 5.9), el modelo meteorológico y el control de las especificaciones.

La componente del modelo meteorológico significa definir el método que se utilizará para calcular la precipitación media en cada subcuenca, así como la distribución temporal de la precipitación. Debido a que la precipitación media en la cuenca corresponde a la calculada con el software VELL al centroide de cada subcuenca, el método que se utilizó fue el de Gage Weights.

Una vez que se ha configurado el modelo de cuenca y haber especificado el modelo meteorológico se realiza la modelación del escurrimiento, con lo cual se obtienen los gastos para los diferentes periodos de retorno en cada una de las subcuencas y en los puntos de interés (los gastos que ingresan a la zona que se modelará en IBER).

Los resultados se pueden visualizar de manera gráfica y de manera tabular. En las siguientes tablas se presentan los resultados de los gastos máximos en cada una de las subcuencas y a la salida de la cuenca, así como en cada uno de los puntos de entrada al área que se modelará en IBER.

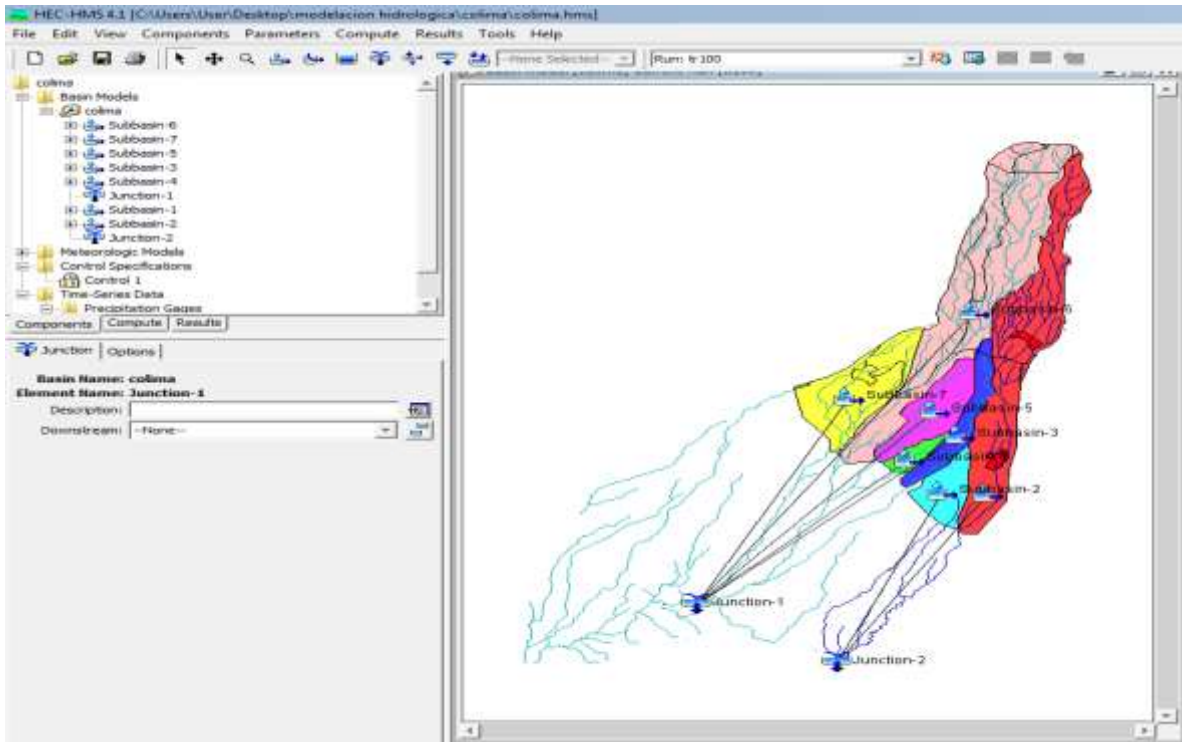


Figura 5. 8 Pantalla que muestra el modelo de cuenca construido hasta la ciudad de Colima

Las figuras siguientes muestran los hidrogramas a la salida de las siete subcuencas que drenan hacia la zona urbana de la Ciudad de Colima y Villa de Álvarez, Col.

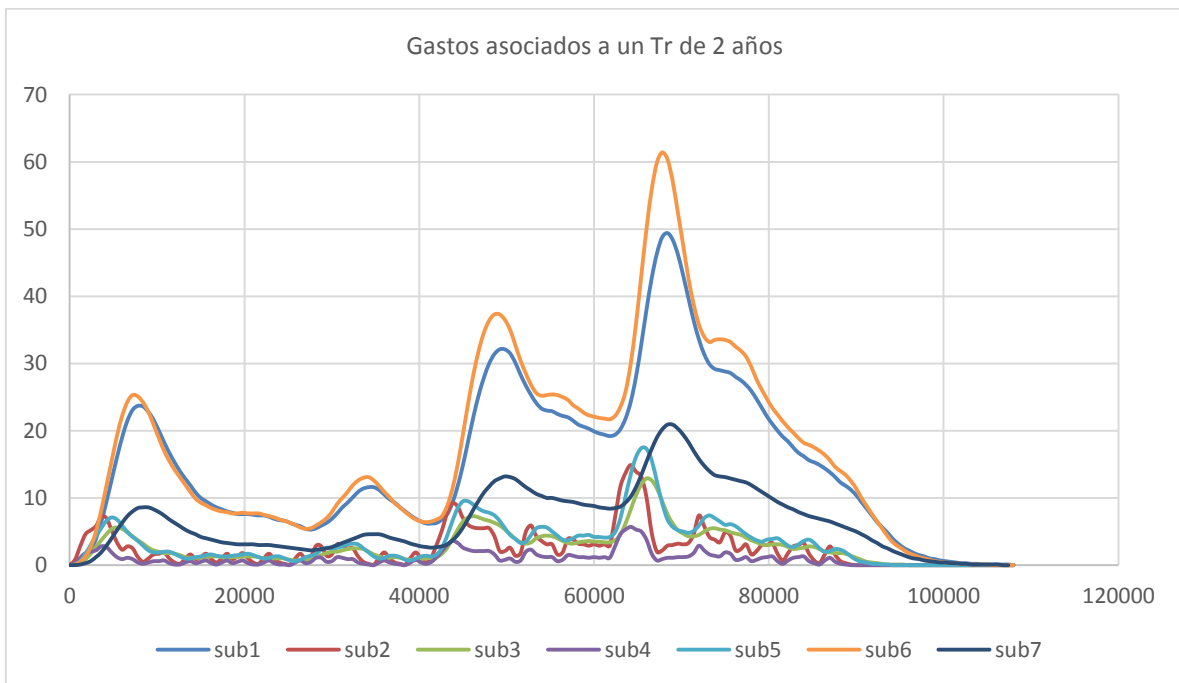


Figura 5.9 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 2 años

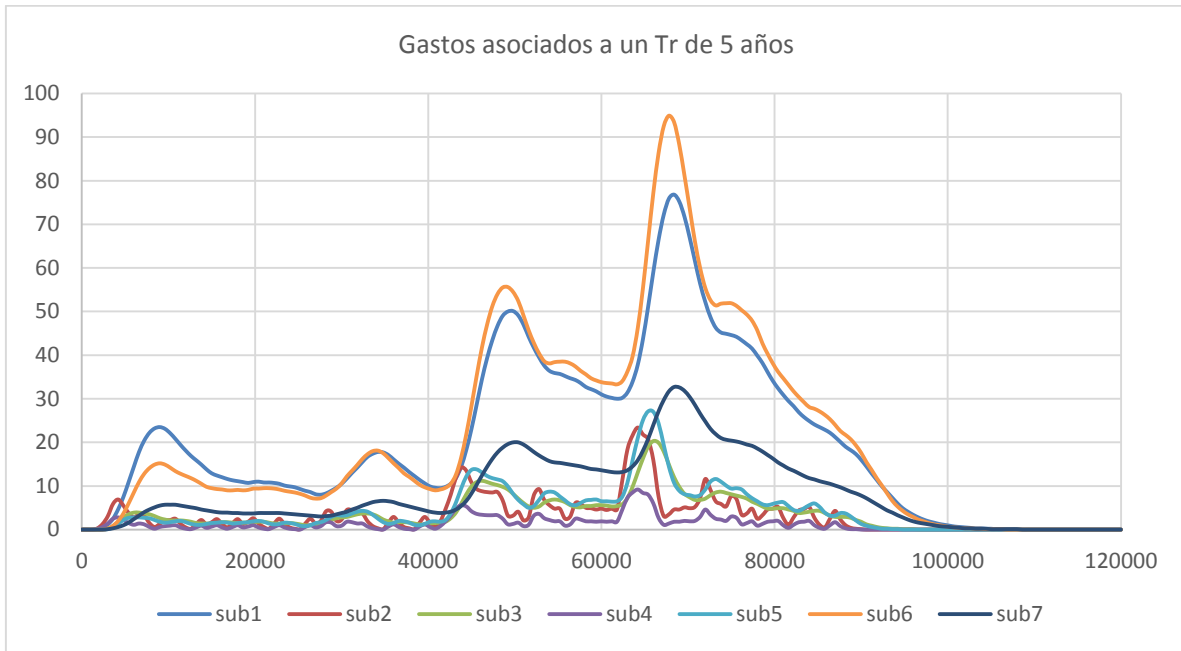


Figura 5.10 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 5 años

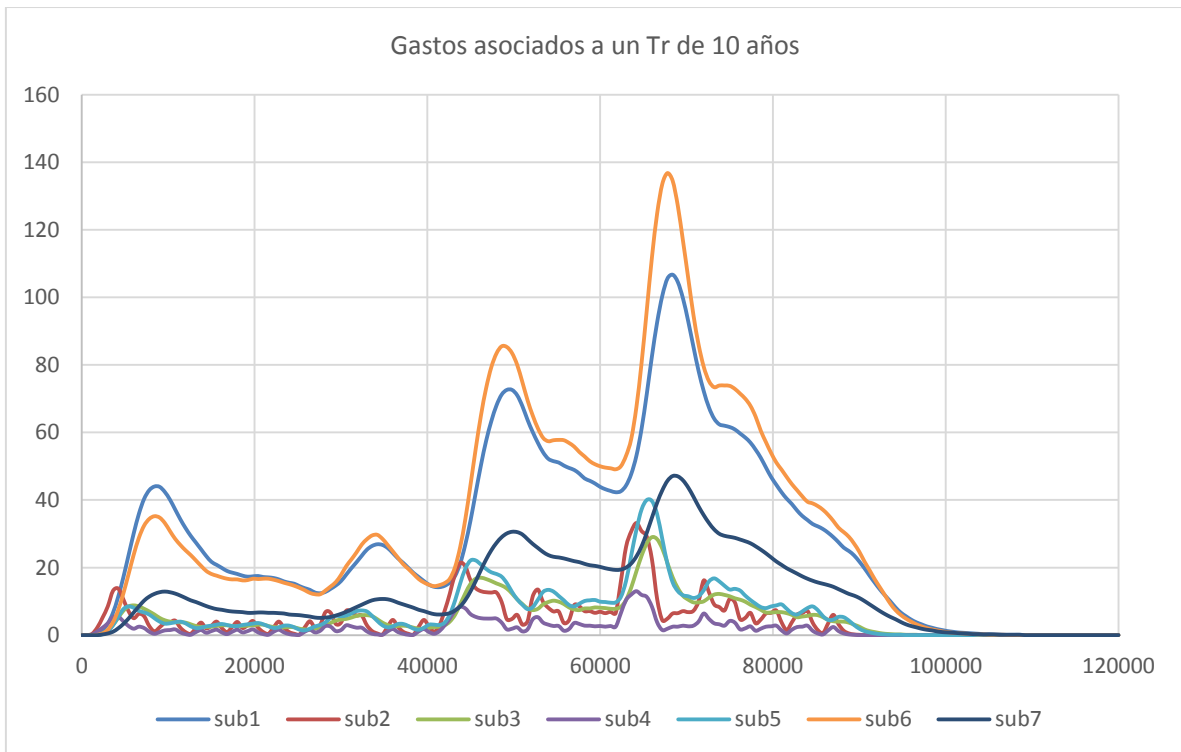


Figura 5.11 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 10 años

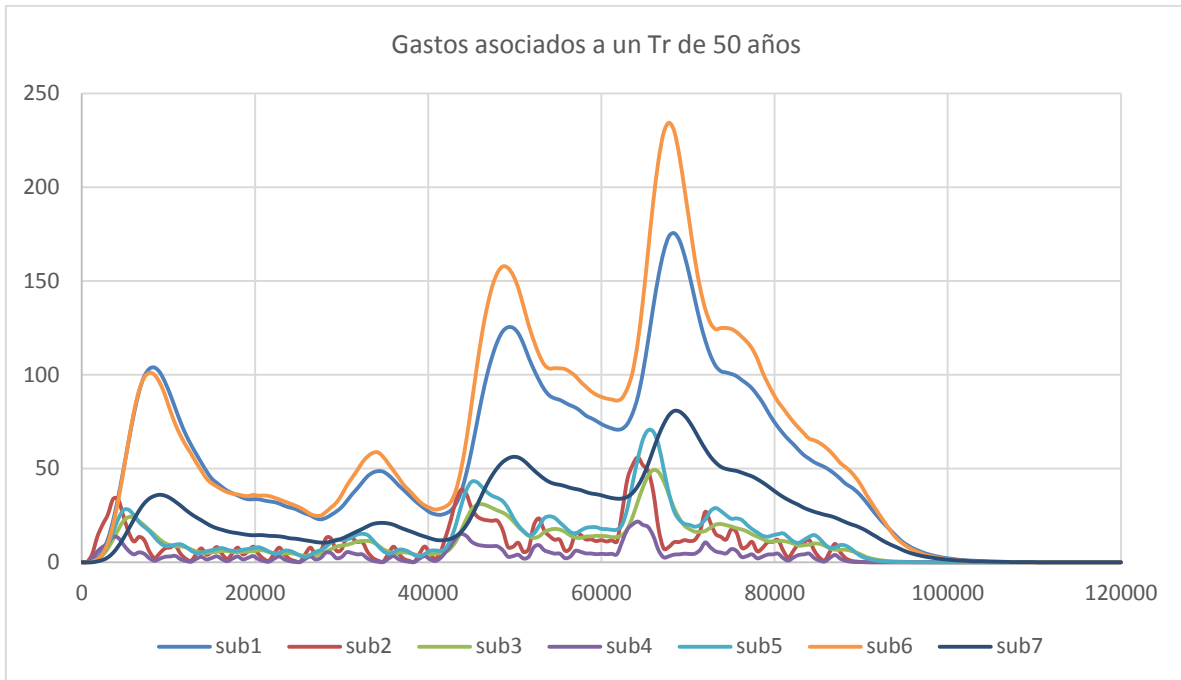


Figura 5.12 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 50 años

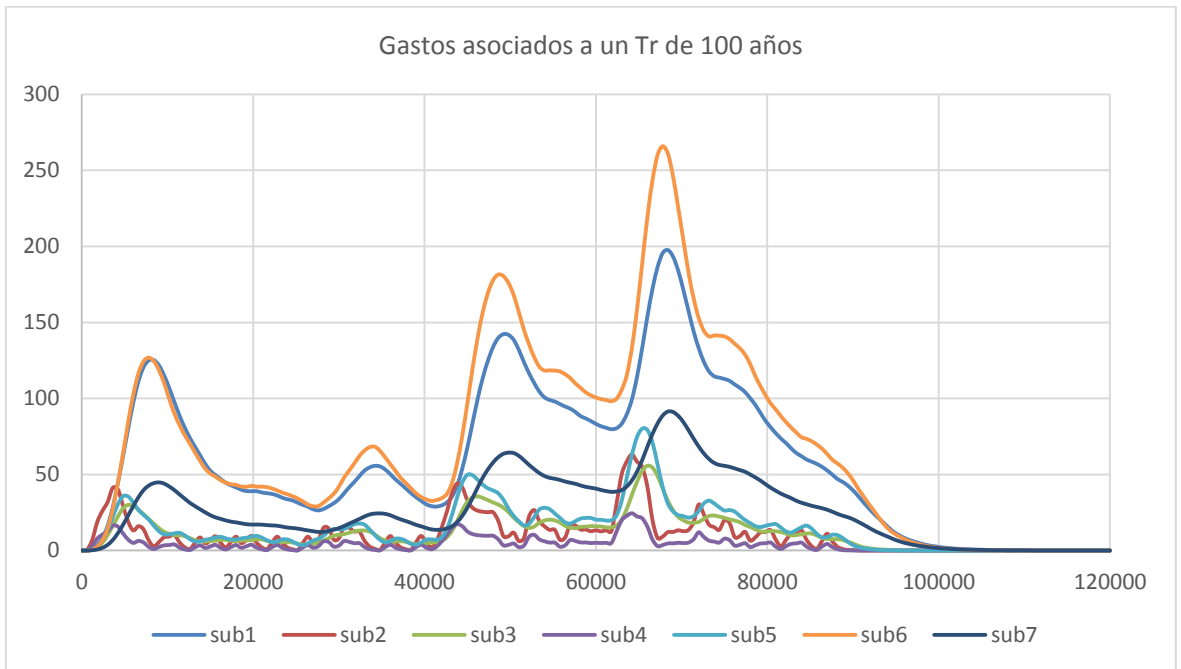


Figura 5.13 Gastos obtenidos de la modelación hidrológica asociados a un Tr de 100 años

Para la calibración de los modelos en HMS se utilizaron las lluvias del día 22 de octubre de 2015 registradas durante el evento del huracán “Patricia” en las Estaciones meteorológicas automáticas (EMA) “Volcán Nevado” y “Colima”. Los resultados de la modelación hidrológica se muestran a continuación:

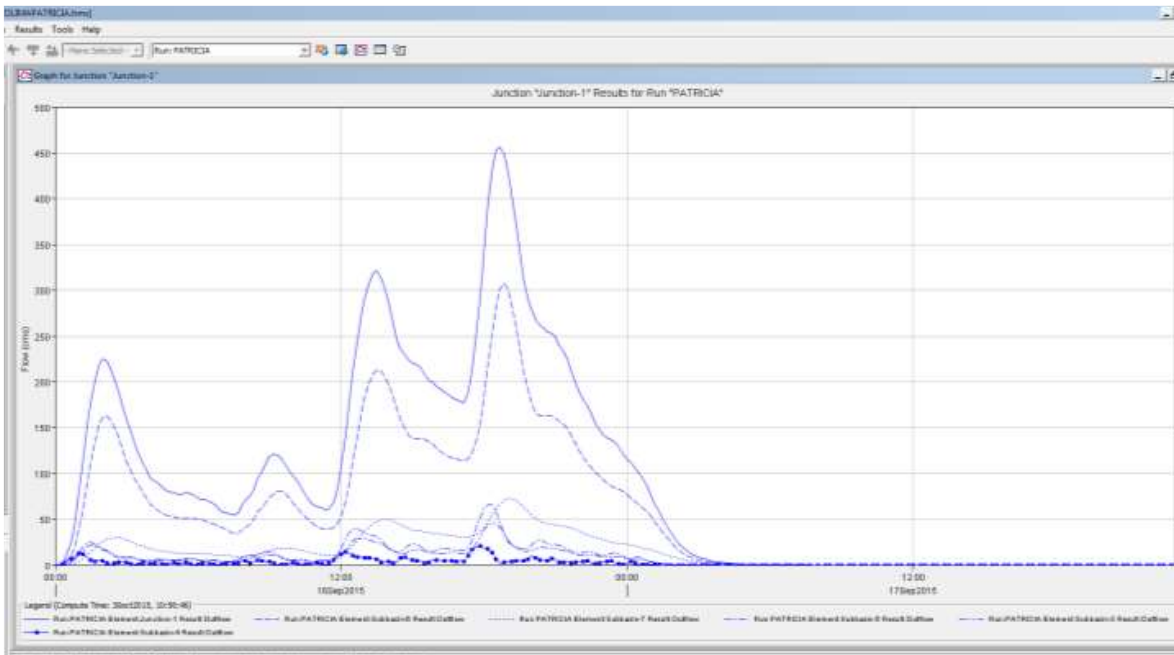


Figura 5.14 Resultados obtenidos de la modelación hidrológica del evento “Huracán Patricia”

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos de la modelación con los datos de lluvia de “Patricia” se puede afirmar que son de igual magnitud a los obtenidos a partir de la modelación hidrológica para las lluvias asociadas a un Tr de 100 años como se muestra en la figura siguiente:

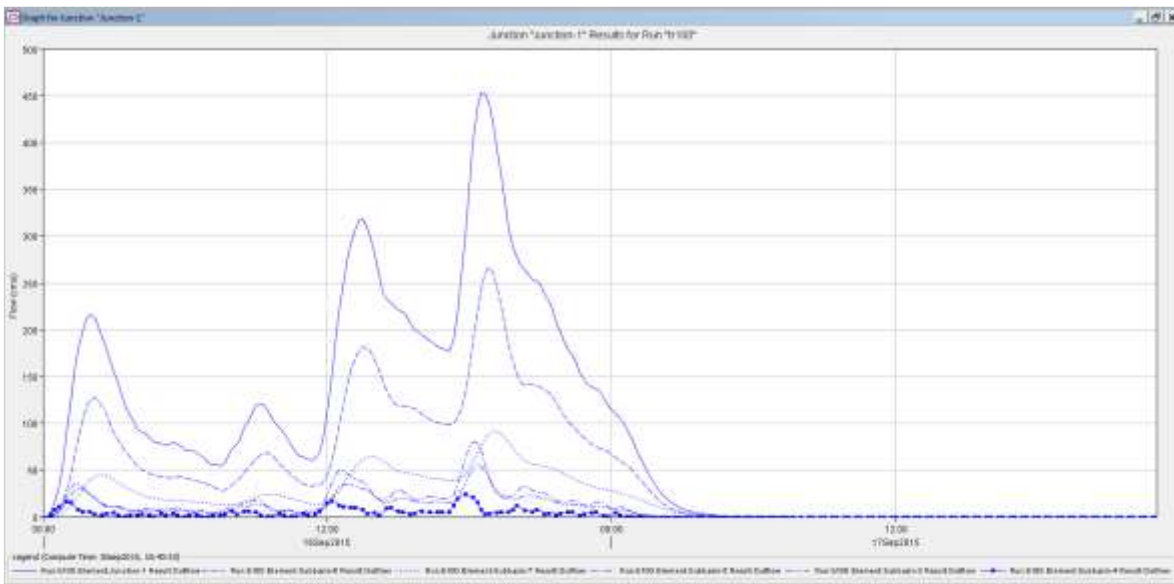


Figura 5.15 Resultados obtenidos de la modelación hidrológica para un Tr de 100 años

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 Procesamiento del modelo digital de elevaciones

El modelo digital de elevaciones utilizado para la modelación hidráulica fue el LIDAR Terreno, este modelo cuenta con un cubrimiento territorial conforme al formato cartográfico a escala 1:10 000. El MDE cuenta con un registro de las elevaciones existentes sobre el nivel del mar derivado de la obtención de puntos mediante tecnología LIDAR. El modelo digital del terreno LIDAR se obtiene de la nube de puntos ajustada al terreno mediante procesos geodésicos, de la que se seleccionan aquellos puntos que corresponden únicamente al terreno, generando una "nube de puntos clasificada" a la que se le aplica una interpolación a los puntos clasificados del último retorno y habiendo eliminado aquellos puntos que no pertenecen al terreno como los reflejados por infraestructura, vegetación y objetos aéreos como nubes o pájaros, de esta manera se puede generar un modelo digital de elevación de tipo terreno con una resolución horizontal de 5 m. A partir de estos modelos se pueden modelar las alturas y obtener entre otros aspectos, tales como pendientes, secciones desniveles, áreas sujetas a inundación, generación de curvas de nivel, volúmenes de tierra, delimitación de cuencas, etc. Estos datos son útiles en aplicaciones de cartografía topográfica, animaciones en 3D, para simuladores de vuelo, estudios hidráulicos e hidrológicos, ingeniería civil, gestión de zonas de costa, estudios generales de vegetación, ubicación torres de líneas eléctricas y de comunicación. Para la construcción del modelo hidráulico, se definió primeramente la zona a simular, la cual para este caso es de 108.93 km², en la cual se localiza de manera íntegra la zona urbana de la ciudad de Colima y Villa de Álvarez.

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

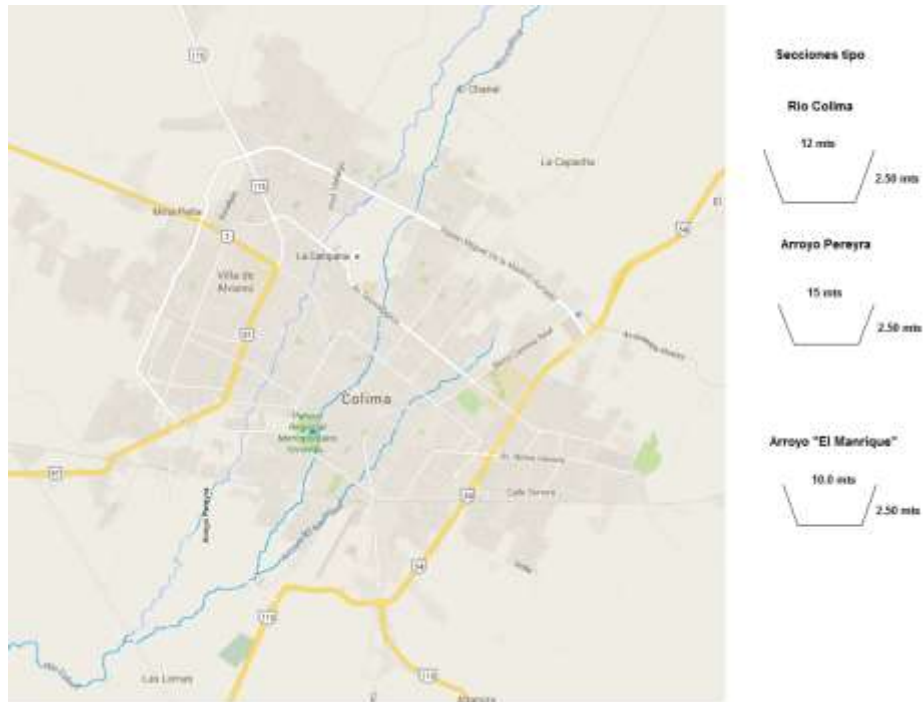


Figura 5.16 Anchuras ríos dragados

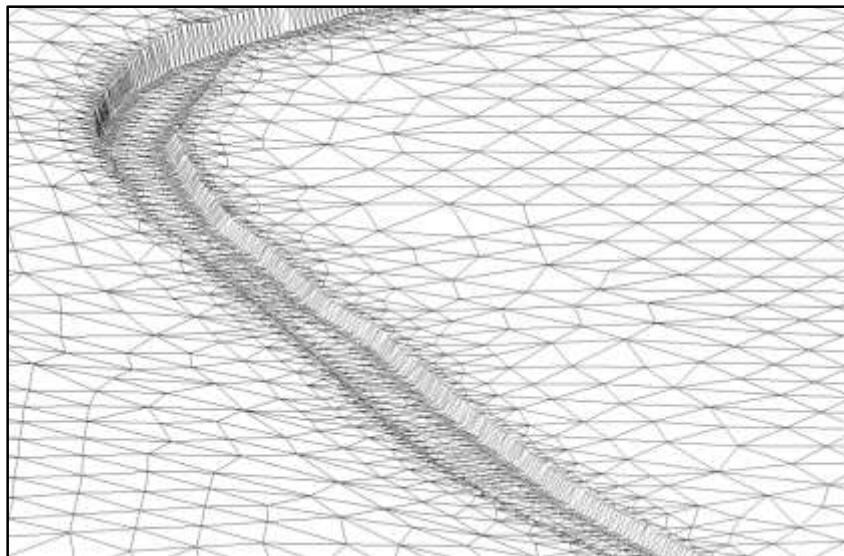


Figura 5.17 Vectores que delimitan el ancho del Rio Colima

5.2.2 Infraestructura

Para la construcción del modelo hidráulico se incorporaron 2 alcantarillas la primera en la intersección del río Colima con el arroyo Santa Gertrudis, 500 mts aguas abajo del Walmart Tecnológico y la segunda sobre el cauce del río Manrique sobre el cruce de la Avenida Rey Coliman. cabe mencionar que el MDE cubre de manera homogénea algunos de los elementos hidráulicos como son puentes, depresiones.

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 1.5 m, 2.5 m y 5 m en los cauces para los diferentes tipos de cauce, y de 30 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: 150,000 segundos,
- Intervalo de resultados: 1800 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.

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.

En lo que respecta a la definición de las condiciones de frontera aguas abajo de un tramo en estudio, el primer parámetro que se considera es la pendiente del cauce. En general, los cauces asociados con planicies de inundaciones son aquellos cuya pendiente del

colector principal es suave, es decir, que el tirante crítico es menor que el tirante normal. En consecuencia, el perfil de flujo gradualmente variado que se formará sobre ellos es del tipo M.

Existen tres variantes para el perfil tipo M:

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

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

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

Dadas las características topográficas de las ciudades analizadas en el Programa Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH), este último tipo de perfil queda descartado como posible condición de frontera. Por lo anterior, la selección de la condición de frontera para el análisis de inundaciones en cada una de las ciudades analizadas, queda acotada a un perfil tipo M1, o bien, M2. Dadas las características topográficas de la ciudad, y que no se consideró en la simulación estructuras de cruce como son puentes y alcantarillas, este último tipo de perfil queda descartado como posible condición de frontera. Por lo anterior, la selección de la condición de frontera para el análisis de inundaciones en cada una de las ciudades analizadas, queda acotada a un perfil tipo M1, o bien, M2. Con respecto a lo anterior, los dos posibles perfiles corresponden a flujo subcrítico, por lo que en ambos casos su cálculo se inicia en la frontera aguas abajo y tienden al valor del tirante normal. El primero inicia con un nivel de agua superior al tirante normal, se presenta cuando aguas abajo, la frontera es un cuerpo de agua o un control que provoca un nivel mayor al tirante normal y que posteriormente con un remanso (perfil M1). Dicho perfil sería posible cuando exista, aguas abajo, un cuerpo de agua que force el nivel del río. No obstante, lo anterior, y dada la poca información con la que se cuenta para realizar el análisis en las 23 ciudades, 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.

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

Coeficiente de rugosidad, n de Manning

Este coeficiente se emplea en la zona urbana, para estimar la resistencia al flujo que se simula dentro del área urbana.

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.

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 5.4).

Tabla 5.4 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

Finalmente se estima la variación espacial del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona que se analiza y con base en la clasificación de la tabla anterior, se asignan los valores como se muestra en la figura siguiente para la zona urbana Colima y Villa de Álvarez:

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

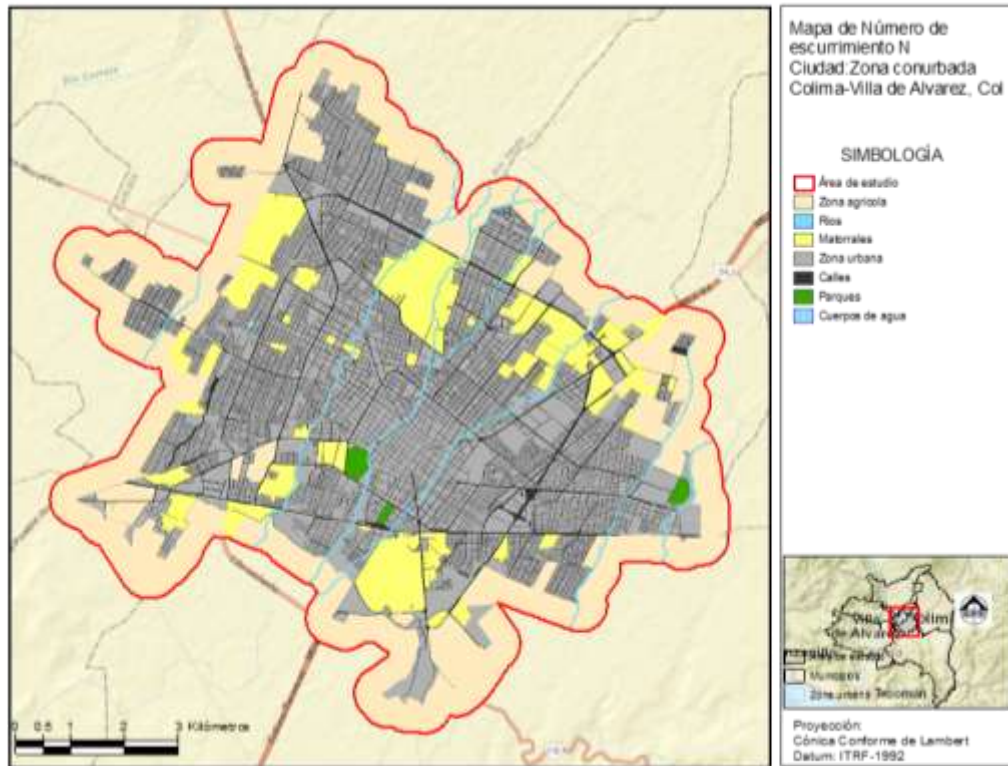


Figura 5.18 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning en la zona de Colima y Villa de Álvarez

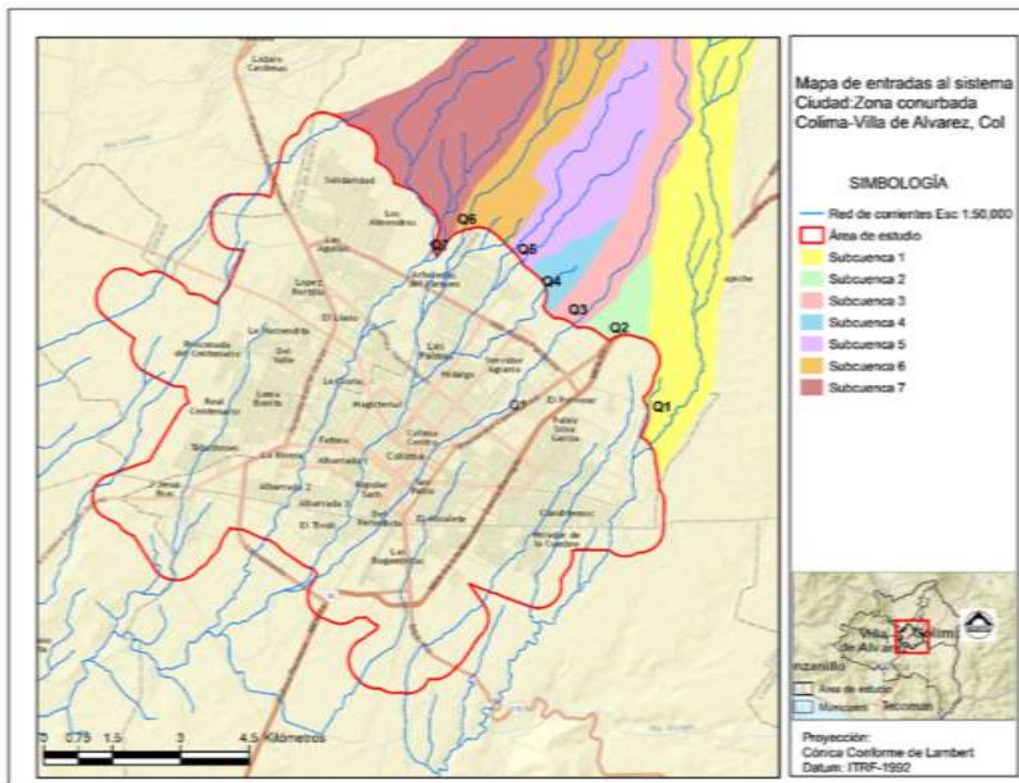


Figura 5.19 Esquema del modelo hidráulico

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. En las cinco figuras de tirantes para cada uno de los periodos de retorno analizados, se observan pequeños puntos sobre la parte noroeste de la zona urbana, la cual se debe a imperfecciones en el modelo digital de elevación.

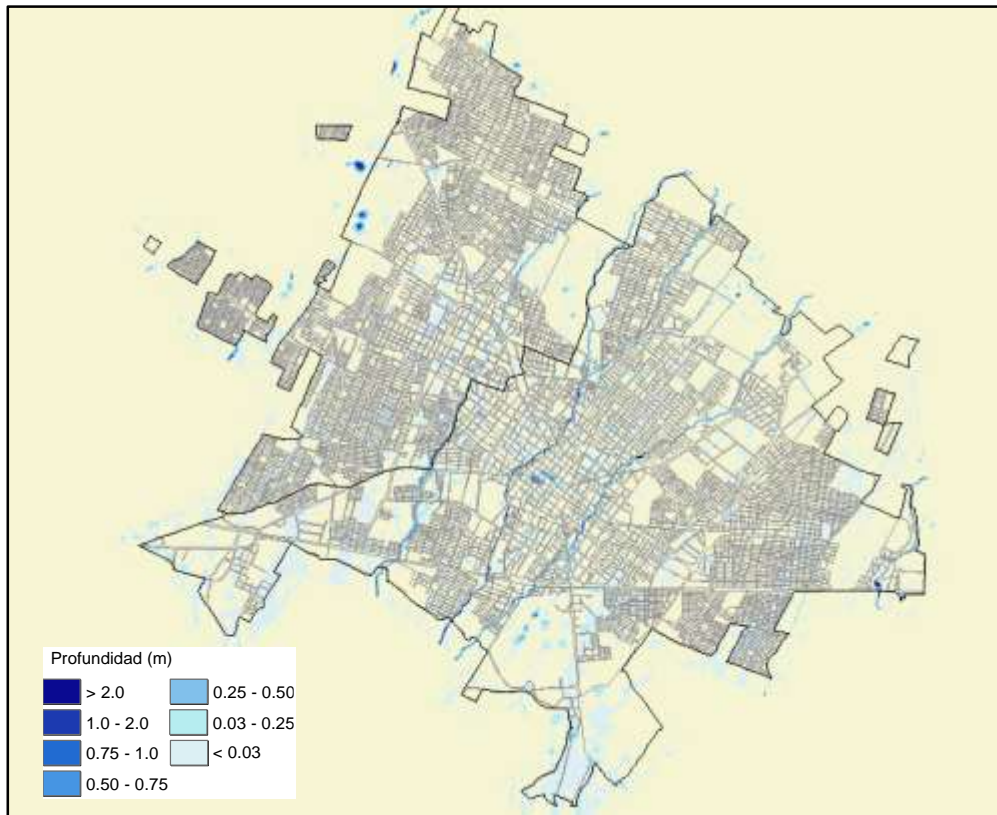


Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 2 años

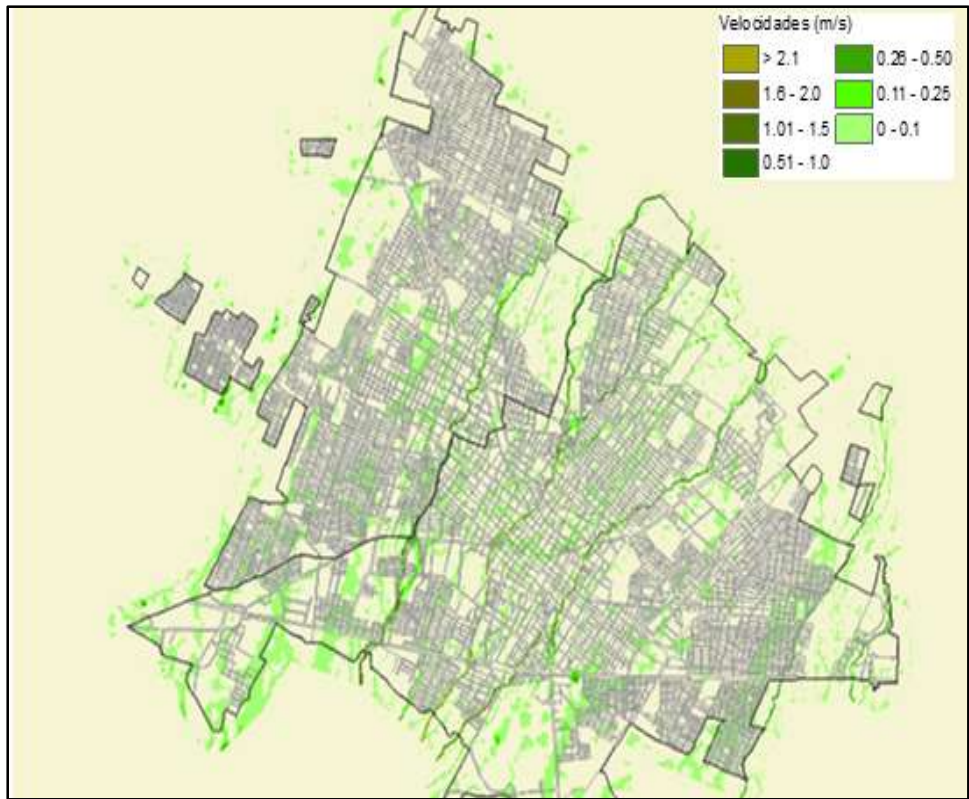


Figura 5.21 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 2 años

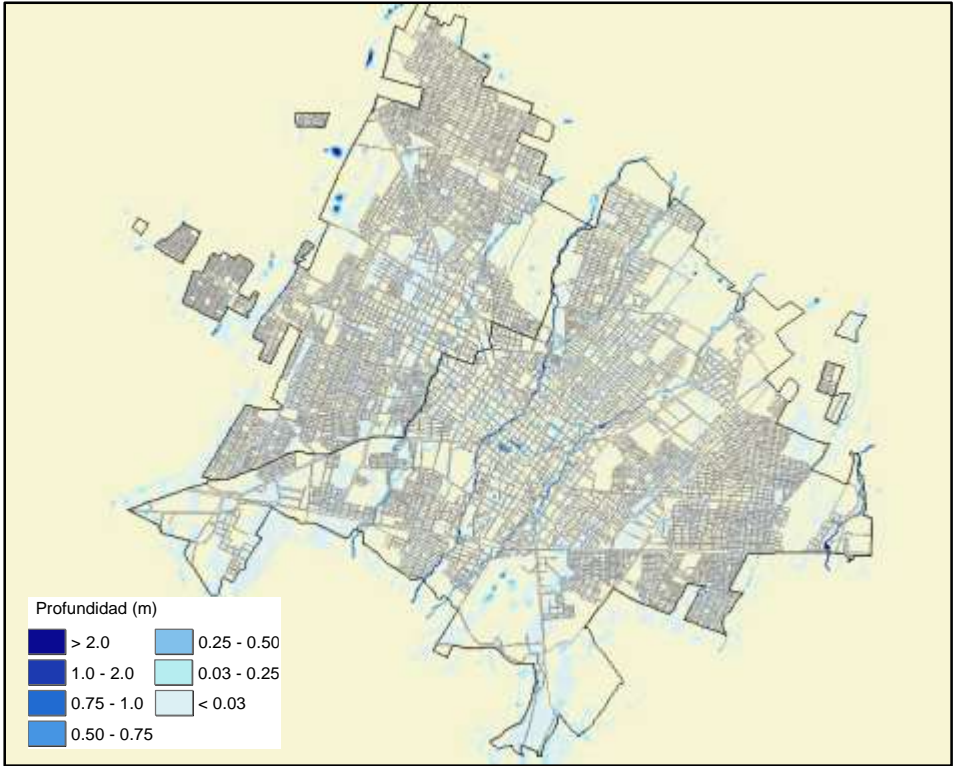


Figura 5.22 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 5 años

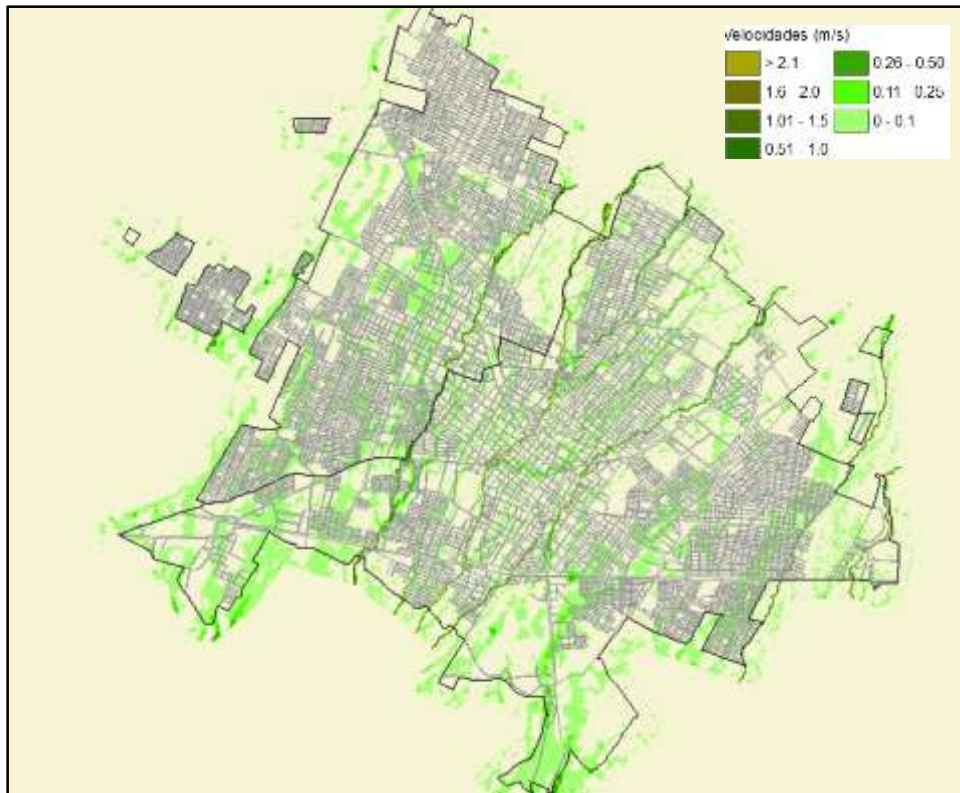


Figura 5.23 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 5 años

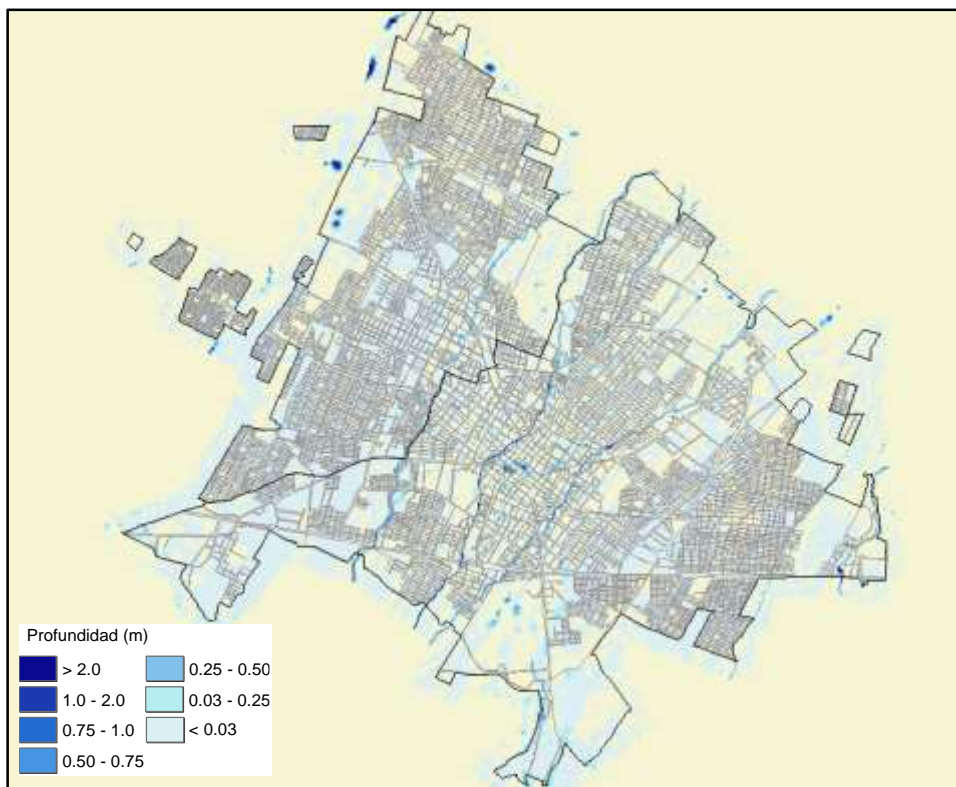


Figura 5.24 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 10 años

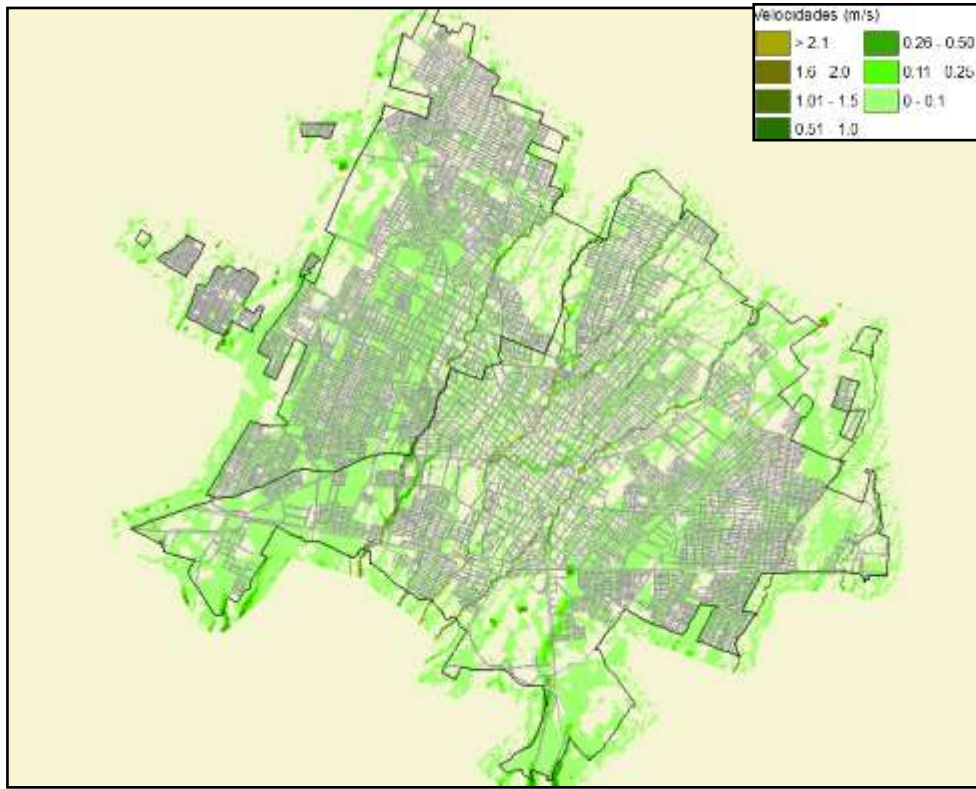


Figura 5.25 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 10 años

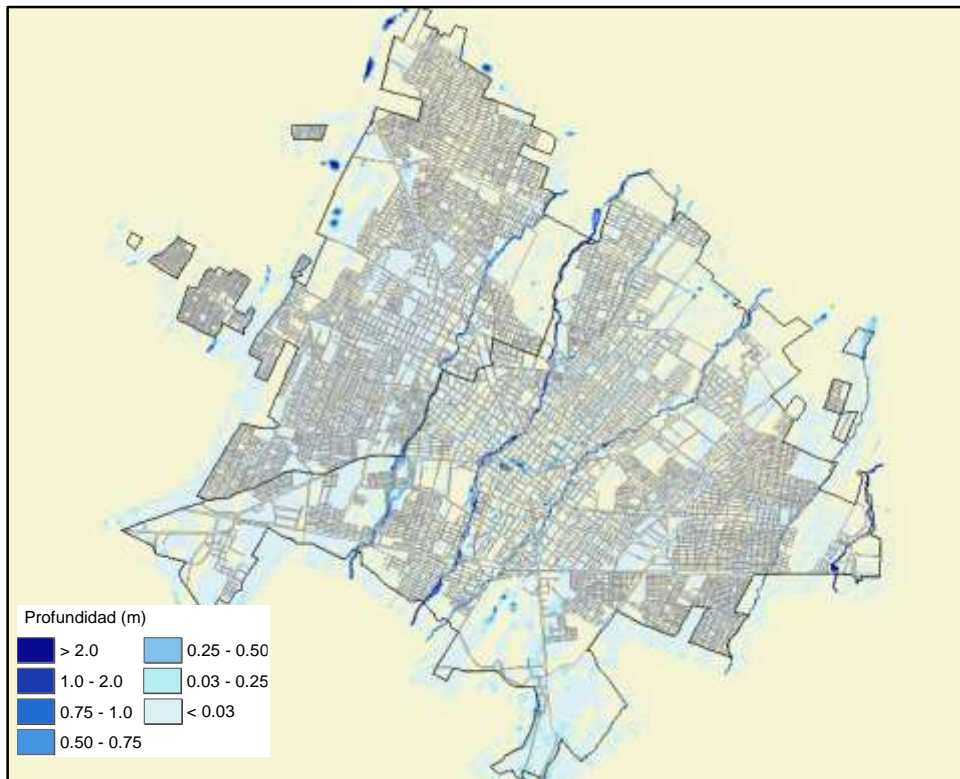


Figura 5.26 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 50 años

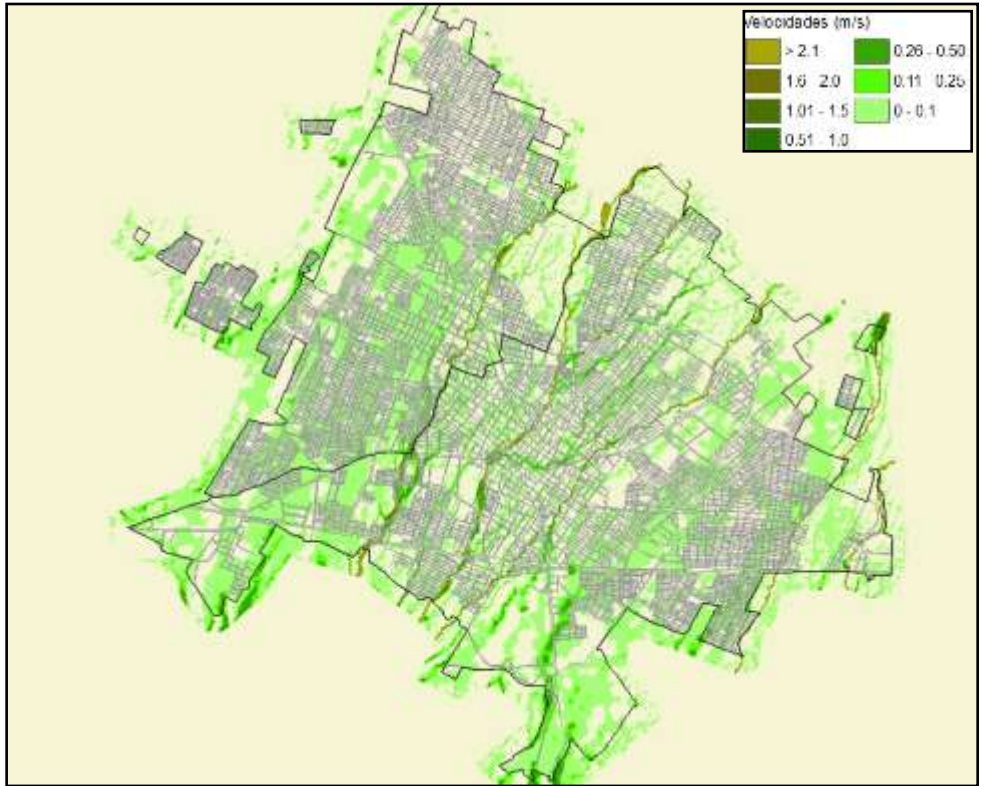


Figura 5.27 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 50 años

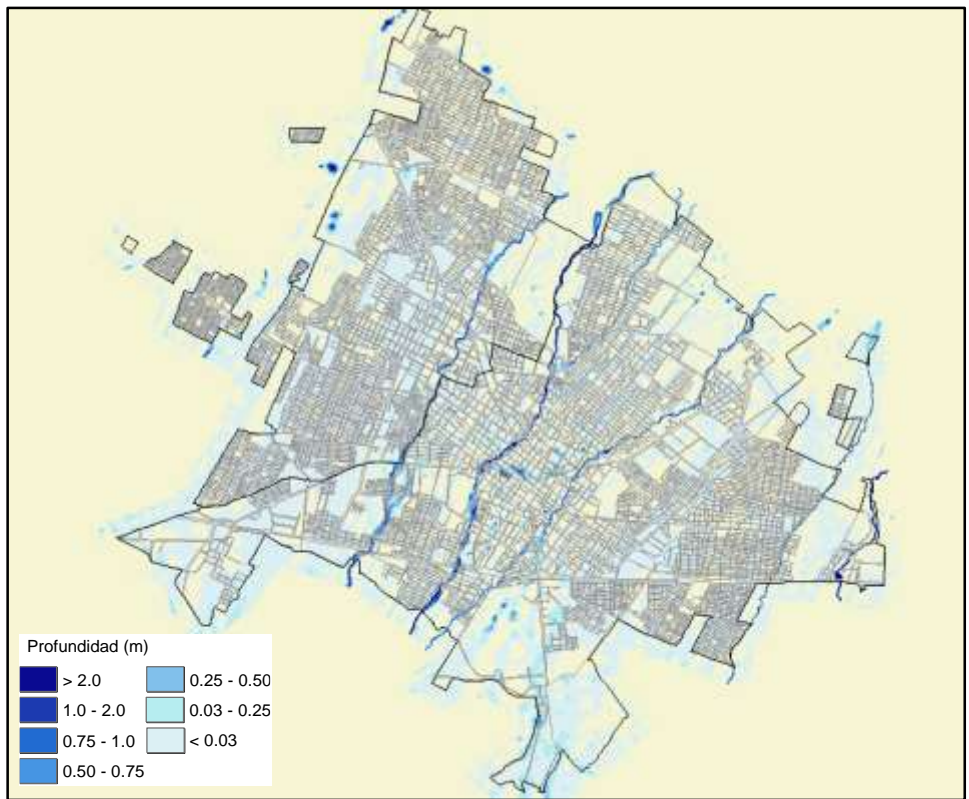


Figura 5.28 Mapa de tirantes máximos alcanzados para un periodo de retorno de 100 años

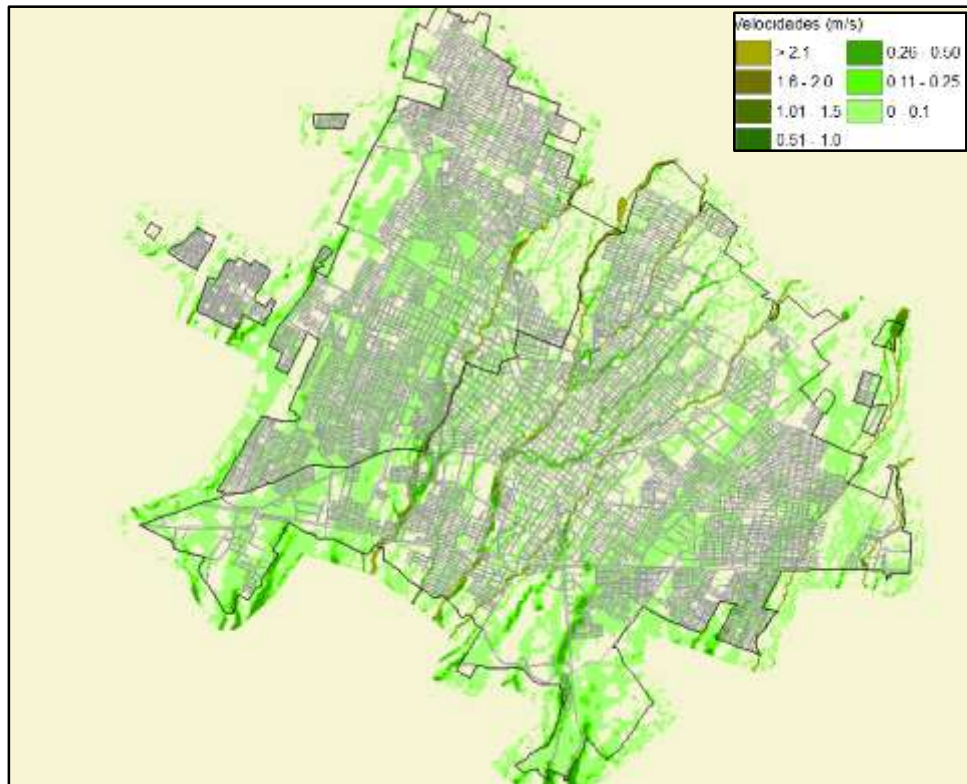


Figura 5.29 Mapa de velocidades máximas alcanzadas para un periodo de retorno de 100 años

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

Los ríos que atraviesan de norte a sur la ciudad de Colima presentan desbordamientos para los Tr de 10, 50 y 100 años, en río que nace en el poblado del trapiche presentas tirantes a todo lo largo del mismo arriba de dos metros, teniendo un valor que supera los cuatro metros en el entronque del mismo con la carretera camino a Cardona, para los cinco periodos de retorno modelados.

El río Manrique el cual nace dos kilómetros aguas arriba del tercer anillo periférico presenta tirantes de arriba de 2 metros para el Tr de 100 metros, presentándose un tirante crítico que rebasa los 3 metros cercano al paso del mismo con la avenida San Fernando, para los cinco periodos de retorno.

El río Colima presenta tirantes arriba de los dos metros para los cinco Tr s partir del cruce con el tercer anillo periférico, presentándose desbordamientos en la unión del arroyo Santa Gertrudis por la calzada de la Armonía, en el cruce con la calle Dr. Miguel Galindo, la calle independencia, Nicolás Bravo, Avenida 20 de noviembre y prolongación Colon.

El río Pereyra presenta desbordamientos y tirantes arriba de dos metros para un Tr de 100 años en el cruce del mismo con la avenida Tecnológico el cruce con la calle Ramón Serrano García, Blv. Rodolfo Chávez Carillo, la unión con el arroyo los trastes y con la avenida prolongación Colón

La Evolución de los tirantes asociados a los periodos de retorno se muestran en la siguiente figura: el tirante máximo fue de 4.28 m. para el periodo de retorno de 100 años, mientras que el tirante fue 1.95 m para un periodo de retorno de 2 años.

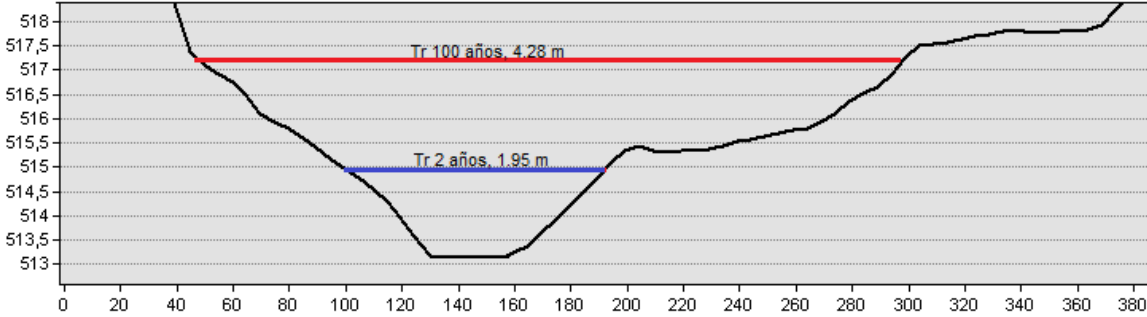


Figura 5.30 Evolución de los tirantes del Río Colima casi en la unión con el arroyo Santa Gertrudis (Tr=2 y 100 años) Sección ubicada en el cruce con la Calzada de la Armonía

Tabla 5.5 Profundidades máximas alcanzadas en la unión del río Colima con el arroyo Santa Gertrudis

Periodo de retorno (años)	Tirante (m)
2	1.95
5	2.0
10	2.77
50	4.11
100	4.28

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

GLOSARIO

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

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

Área de Aportación. Véase cuenca (4).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Noviembre (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/doc/dd_usyv_v1_250k.pdf

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

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

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

Paterson Consultants Pty Limited, 2007. Dorrigo Flood Study. Final Report. Bellingen Shire Council. December 2007. Consultado en http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711

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

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

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

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

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

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