



# MÉXICO

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

## CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E  
INGENIERIA DE RÍOS**

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

**PROGRAMA CONTRA CONTINGENCIAS  
HIDRÁULICAS PARA LA ZONA URBANA DE  
CÓRDOBA, VERACRUZ.  
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA X,  
GOLFO CENTRO**



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para  
la Zona Urbana de Córdoba, Veracruz

Región Hidrológico-Administrativa X, Golfo  
Centro



## Contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Gestión integrada de crecientes .....	2
2.1	La perspectiva a largo plazo.....	3
2.2	Políticas y estrategias de gestión integrada de crecidas.....	4
2.3	Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos .....	7
2.4	Matriz de análisis de la ley estatal de protección civil.....	9
2.5	Instituciones involucradas en la gestión de crecidas .....	11
2.5.1	Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos. ....	13
3.	Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables.....	18
3.1	Identificación de zonas potencialmente inundables .....	18
3.2	Socioeconómica .....	19
3.3	Fisiográfica, meteorológica e hidrológica .....	20
3.3.1	Subcuencas de aportación.....	21
3.3.2	Relieve.....	22
3.3.3	Uso de suelo .....	22
3.3.4	Edafología.....	23
3.3.5	Precipitación .....	24
3.3.6	Escurrimientos.....	28
3.4	Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación.....	29
3.5	Descripción de inundaciones históricas relevantes .....	34
3.6	Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación.....	36
4.	Diagnóstico de las zonas inundables .....	37
4.1	Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas .....	37
4.2	Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana .....	38
4.3	Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes.....	39

4.4	Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas.....	40
4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones.....	41
4.6	Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....	44
5.	Evaluación de riesgos de inundación.....	46
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema.....	46
5.1.1	Cálculo de precipitación media de diseño.....	46
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas.....	50
5.1.3	Modelo lluvia-escurrimiento.....	52
5.1.4	Resultados.....	53
5.2	Modelo hidráulico.....	56
5.2.1	Condiciones de frontera.....	56
5.2.2	Procesamiento del modelo digital de elevaciones.....	57
5.2.3	Infraestructura.....	58
5.3	Simulación en las condiciones actuales.....	58
5.4	Resultados.....	63
5.5	Análisis de los resultados.....	69
5.6	Elaboración del mapa de severidad.....	71
	GLOSARIO.....	74
	REFERENCIAS.....	81

## Lista de figuras

Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas.....	3
Figura 3.1 Ubicación.....	18
Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables.....	19
Figura 3.3 Zona urbana de Córdoba .....	20
Figura 3.4 Subcuencas de aportación .....	21
Figura 3.5 Relieve .....	22
Figura 3.6 Uso de suelo.....	23
Figura 3.7 Edafología .....	24
Figura 3.8 Estaciones climatológicas.....	25
Figura 3.9 EMAs.....	28
Figura 3.10 Estaciones hidrométricas.....	29
Figura 3.11 Ríos principales.....	30
Figura 3.12 Número de escurrimiento.....	33
Figura 4.1 Estaciones climatológicas y meteorológicas .....	38
Figura 4.2 Grados de marginación en la zona urbana de Córdoba, Veracruz.....	43
Figura 5.1 Interfaz del programa V.E.L.L. elaborado por el CENAPRED.....	49
Figura 5.2 Hietograma adimensional EMA Córdoba .....	51
Figura 5.3 Hietograma adimensional EMA Cóscomatepec .....	51
Figura 5.4 Hietograma adimensional EMA San Ignacio.....	52
Figura 5.5 Pantalla que muestra el modelo de cuenca construido hasta la ciudad de Córdoba.....	53
Figura 5.6 Hidrogramas a la salida para el Tr de 2 años.....	54
Figura 5.7 Hidrogramas a la salida para el Tr de 5 años.....	54
Figura 5.8 Hidrogramas a la salida para el Tr de 10 años.....	55
Figura 5.9 Hidrogramas a la salida para el Tr de 50 años.....	55
Figura 5.10 Hidrogramas a la salida para el Tr de 100 años .....	56
Figura 5.11 Vectores que delimitan el ancho de los ríos .....	58

Figura 5.12 Malla definida para el análisis hidráulico con IBER .....	60
Figura 5.13 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning.....	61
Figura 5.14 Esquema del modelo hidráulico.....	63
Figura 5.15 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 2 años.....	64
Figura 5.16 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 5 años.....	64
Figura 5.17 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 10 años.....	65
Figura 5.18 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 50 años.....	65
Figura 5.19 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 100 años.....	66
Figura 5.20 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 2 años.....	66
Figura 5.21 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 5 años.....	67
Figura 5.22 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 10 años.....	67
Figura 5.23 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 50 años.....	68
Figura 5.24 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 100 años.....	68
Figura 5.25 hidrograma de entrada/salida para un Tr de 2 años.....	69
Figura 5.26 hidrograma de entrada/salida para un Tr de 100 años.....	69
Figura 5.27 Hidrograma de entrada/salida para un Tr de 100 años.....	70
Figura 5.28 Diagrama de Dórrigo.....	71
Figura 5.29 Código de colores para elaborar mapas de severidades.....	71
Figura 5.30 Envolvente de tirantes máximos.....	72
Figura 5.31 Envolvente de velocidades máximas.....	72
Figura 5.32 Mapa de severidad para un periodo de retorno.....	73



## Lista de tablas

Tabla 2.1	Ámbito de competencia de las instituciones involucradas .....	13
Tabla 3.1	Subcuencas .....	21
Tabla 3.2	Uso de suelo .....	23
Tabla 3.3	Edafología .....	24
Tabla 3.4	Estaciones climatológicas .....	25
Tabla 3.5	Lluvias máximas anuales .....	25
Tabla 3.6	Descripción de los cuatro grupos de suelo .....	31
Tabla 3.7	Valores del número de escurrimiento.....	31
Tabla 3.8	Valores del número de escurrimiento $N$ por subcuenca .....	33
Tabla 3.9	Valores Registro de fenómenos hidrometeorológicos en Veracruz.....	34
Tabla 4.1	Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (superficie, en $\text{km}^2$ por estación).....	37
Tabla 4.2	Superficie de cobertura por estación.....	38
Tabla 4.3	Dimensiones e indicadores del índice de marginación urbana por AGEB, 2010 .....	42
Tabla 4.4	Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Córdoba, Veracruz .....	44
Tabla 5.1	Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la república mexicana.....	47
Tabla 5.2	Precipitación máxima (mm) en 24 horas en cada una de las subcuencas y Zona Urbana .....	49
Tabla 5.3	Lluvias, en mm, para una duración igual al $t_c$ de cada subcuenca .....	50
Tabla 5.4	Precipitación en la zona de modelación hidráulica para una duración de 24 horas .....	59
Tabla 5.5	Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “ $n$ ” de acuerdo con el uso del suelo .....	62
Tabla 5.6	Elevación sobre el nivel del mar en la sección representada en la figura 5.27 .	70

## 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, ocurren 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 Córdoba, Estado de Veracruz*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa X, Golfo Centro. Contiene la caracterización de la zona urbana, considerando los aspectos económicos, sociales y ambientales, el diagnóstico de la problemática existente, y un análisis de riesgo en el que se encuentra la población y zonas productivas. Finalmente se presenta una propuesta de acciones que ayuden a prevenir y reducir los daños causados por inundaciones.

## 2. Gestión integrada de crecientes

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

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

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

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

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

---

<sup>1</sup> Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2002.

<sup>2</sup> Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, 2005.

<sup>3</sup> 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

Estrategia	Opciones
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 (prevaliendo acciones no estructurales por encima de las estructurales), se incluyen a todos los actores involucrados en la gestión de las crecidas, definiendo fronteras geográficas y límites funcionales para evitar traslape de tareas antes, durante y después de que ocurra la inundación.

No obstante, para la aplicación efectiva del concepto de GIC en el ámbito urbano, es necesario disponer de un entorno propicio en términos de política, legislación e información; una clara definición de los papeles y las funciones institucionales; e

instrumentos de gestión que permitan proceder de forma eficaz a la formulación de normas, seguimiento y cumplimiento de las leyes<sup>4</sup>.

### 2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos

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

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

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

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

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

---

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



transparencia. La Secretaría de Gobernación (SEGOB) es la instancia responsable del procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN y de la emisión de las declaratorias de desastre natural. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la instancia responsable de los recursos del FONDEN.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo que incluye	Lo que omite
Clasificación de riesgos	Desastres tecnológicos
Declaratoria de emergencia	Transfiere la primera responsabilidad al municipio
Establece PC nivel estatal	Declaración estado de alerta
Establece PC nivel municipal	Declaratoria de desastre
Promotor de estudios e investigaciones	Declaratoria de desastre natural
Promueve cultura de PC	Publicación de declaratoria de emergencia
Integración Atlas de Riesgo nivel municipal	Publicación de declaratoria de desastre
Actualizar el Atlas de Riesgos	Declaratoria de fin de emergencia

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

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.
- Secretaria 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)
- Secretaria 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 2.1 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, 38F VII	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 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.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	18 FI	Fracción I. Realizar la planeación necesaria para configurar estrategias, programas, proyectos y acciones para el desarrollo social.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	31FXI, XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 32 BIS fracción XI.- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten las Secretarías públicas sociales y privadas, resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica. Fracción XXI.- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales. - Artículo 9 inciso a). - Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. - Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.
Secretaría de Economía (SE)	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes.- Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.
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.

Instituciones	Artículos	Atribuciones
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.
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.



Instituciones	Artículos	Atribuciones
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, adicionados y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	4FII,23FVI	Ley del ISSSTE. -DOF. -28-05-2012.- Artículo 4 fracción II, inciso d).- Préstamos personales extraordinarios para damnificados por desastres naturales. - Estatuto Orgánico artículo 23 fracción VI. - El de resolver bajo su inmediata directa responsabilidad los asuntos urgentes del instituto, a reserva de informar a la Junta sobre las acciones y los resultados obtenidos.
Distribuidora de Conasupo (DICONSA)	2.1	Reglas de Operación, el de contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales. 2.2. Abastecer localidades rurales de alta y muy alta marginación con productos, en forma eficaz y oportuna.
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	109FI	El de investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables.
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	4FII	Estatuto Orgánico de Petróleos Mexicanos, el de emitir a propuesta del Comité correspondiente las políticas y lineamientos en materia de, inciso f).- Programar y proyectos, contratación de terceros experto independiente, prelación entre los proyectos de gran magnitud alta prioridad y otros proyectos relevantes, así como los criterios para definir los casos y la etapa de la fase de los proyectos y programas de inversión de los organismos subsidiarios que deberán ser aprobados por el Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.
Desarrollo Integral de la Familia (DIF)	4FXXV	Estatuto Orgánico: Promover la atención y coordinación de las acciones de los distintos sectores sociales que actúen en beneficio de aquellos, en el ámbito de su competencia, en casos de desastres como inundaciones, terremotos, derrumbes, explosiones, incendios, y otros de naturaleza similar por los que se causen daños a la población, el organismo, sin perjuicio de las atribuciones que en auxilio de los damnificados lleve a cabo otras dependencias y entidades.
Universidad Autónoma de México (UNAM)	1	La Universidad Nacional Autónoma es una corporación pública-organismo descentralizado del estado - dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.

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

La zona urbana de Córdoba se encuentra localizada al centro del estado de Veracruz, en el municipio del mismo nombre y pertenece a la Región Hidrológico Administrativa X Golfo Centro. Cerca de Córdoba se encuentran las ciudades de Orizaba, Veracruz y Xalapa. Aproximadamente, se ubica a 73 km al sur de la ciudad de Xalapa, a 90 km al oeste de la ciudad de Veracruz y a 18 km al este de Orizaba (Figura 3.1).

Además, se ubica dentro de la Región Hidrológica 28 Papaloapan y se divide por el parteaguas de las cuencas, de acuerdo al Diario Oficial de la Federación (DOF), Río Jamapa-Cotaxtla y Río Blanco.

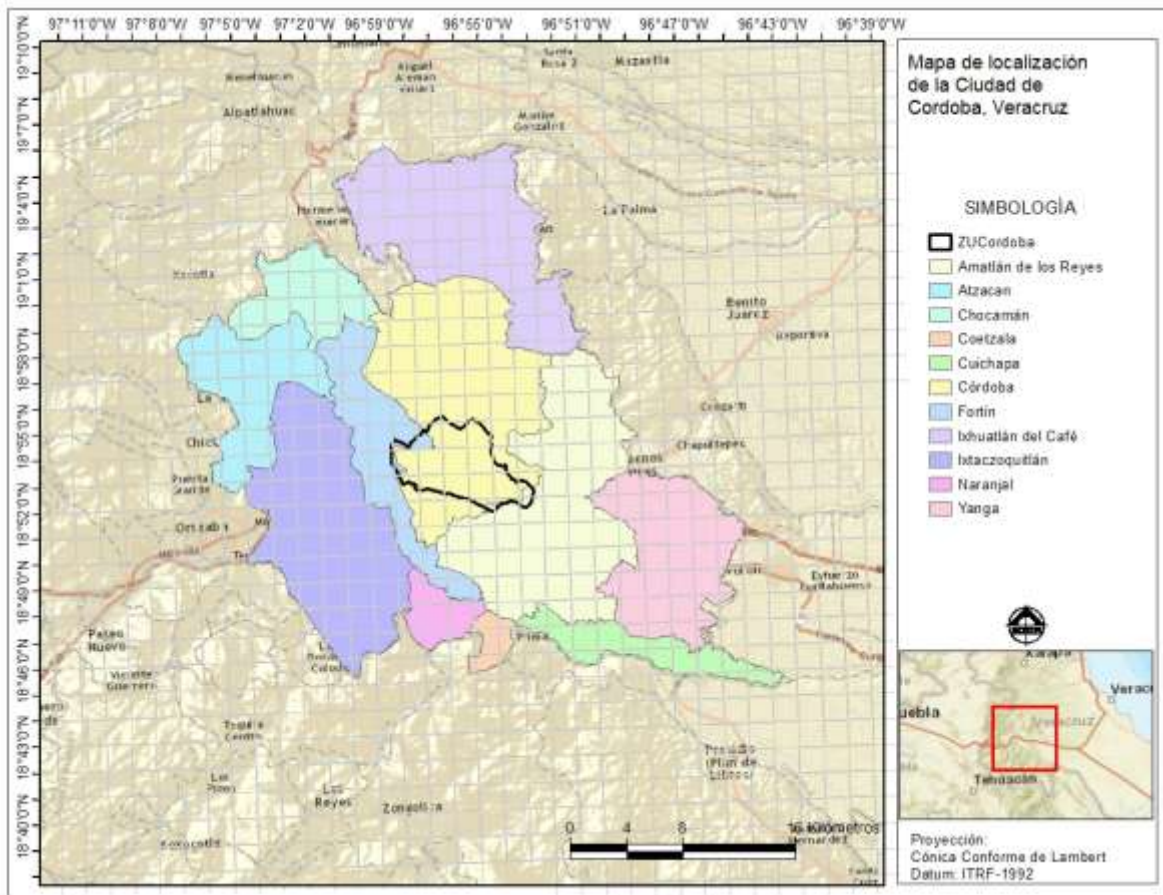


Figura 3.1 Ubicación

#### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

De acuerdo al Mapa Nacional de Índice de Inundación<sup>5</sup> en la zona urbana de Córdoba, la cual incluye las localidades de Peñuela, Amatlán de los Reyes, La Luz y Trinidad Palotal, El

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

Pueblito, Colorines y La Luz Francisco I. Madero, no se presentan zonas potencialmente inundables (Figura 3.2).

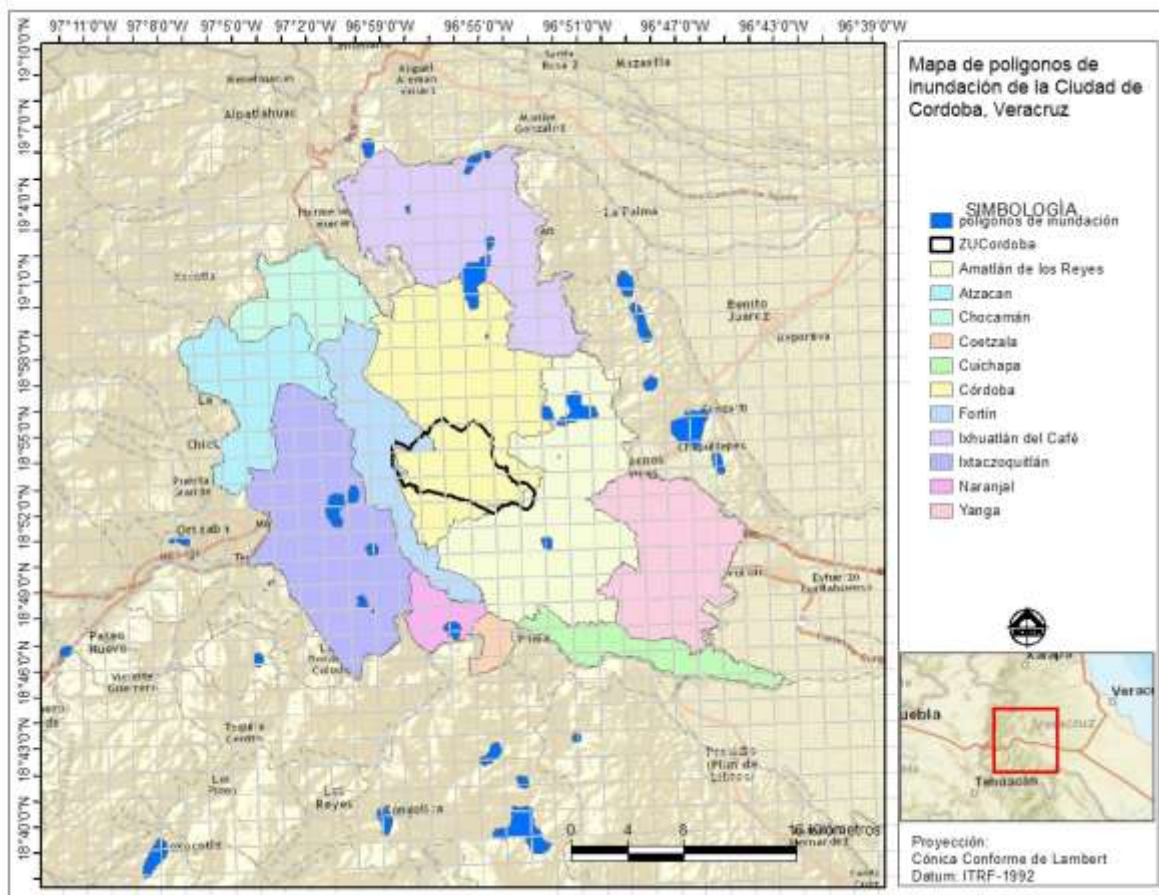


Figura 3.2 Zonas potencialmente inundables

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

### 3.2 Socioeconómica

Córdoba es una ciudad mexicana enclavada a la orilla de la cordillera montañosa de la Sierra Madre Oriental y en la parte sur de la región montañosa del estado de Veracruz, es cabecera del municipio de Córdoba. De acuerdo a los datos del Censo de Población y

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



Vivienda 2010, la ciudad cuenta con una población de 140,896 habitantes, de los cuales 13,517 son menores de 5 años y 15,897 mayores de 60. Se contabilizan 4,876 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 9.38 años. La población económicamente activa asciende a 62,456 habitantes, y en materia de salud 54,714 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas –45,337– 1,081 tienen piso de tierra y 35,553 cuentan con servicios.

### 3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

El área de estudio corresponde a la zona conurbada de Córdoba que está compuesta por las localidades de Córdoba, Peñuela, Amatlán de los Reyes, La Luz y Trinidad Palotal, El Pueblito, Colorines y La Luz Francisco I. Madero (Figura 3.3). Tiene una extensión de 37.95 km<sup>2</sup> y su longitud máxima es de 11.2 km. Aproximadamente su elevación en la zona más alta de la zona conurbada es de 944 m.s.n.m y en su parte más baja de 747 m.s.n.m.

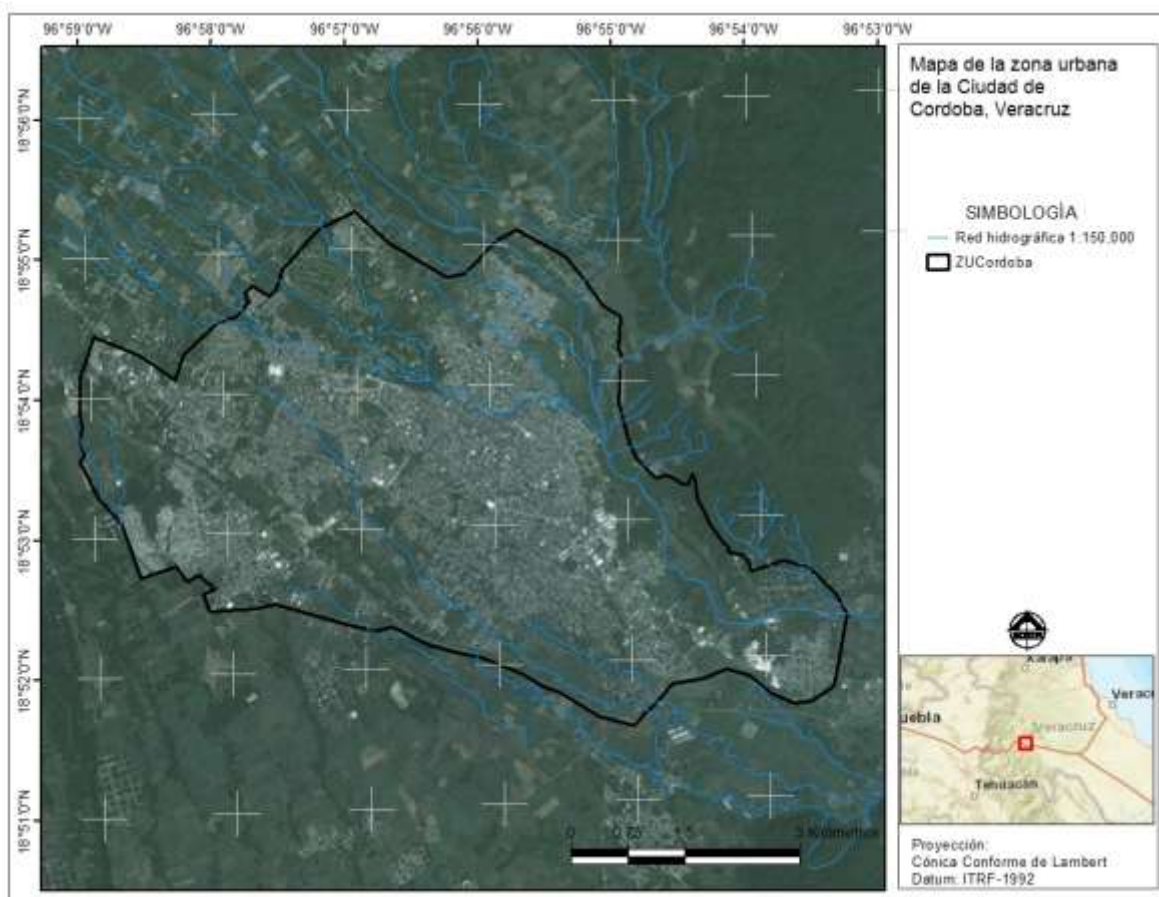


Figura 3.3 Zona urbana de Córdoba

### 3.3.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona urbana de Córdoba se delimitaron 14 áreas de drenaje natural que ingresan a la zona urbana (Figura 3.4). El área total de drenaje es de 326.32 km<sup>2</sup>, siendo la subcuenca 7 la de mayor área de aportación con 259.04 km<sup>2</sup> (Tabla 3.1).

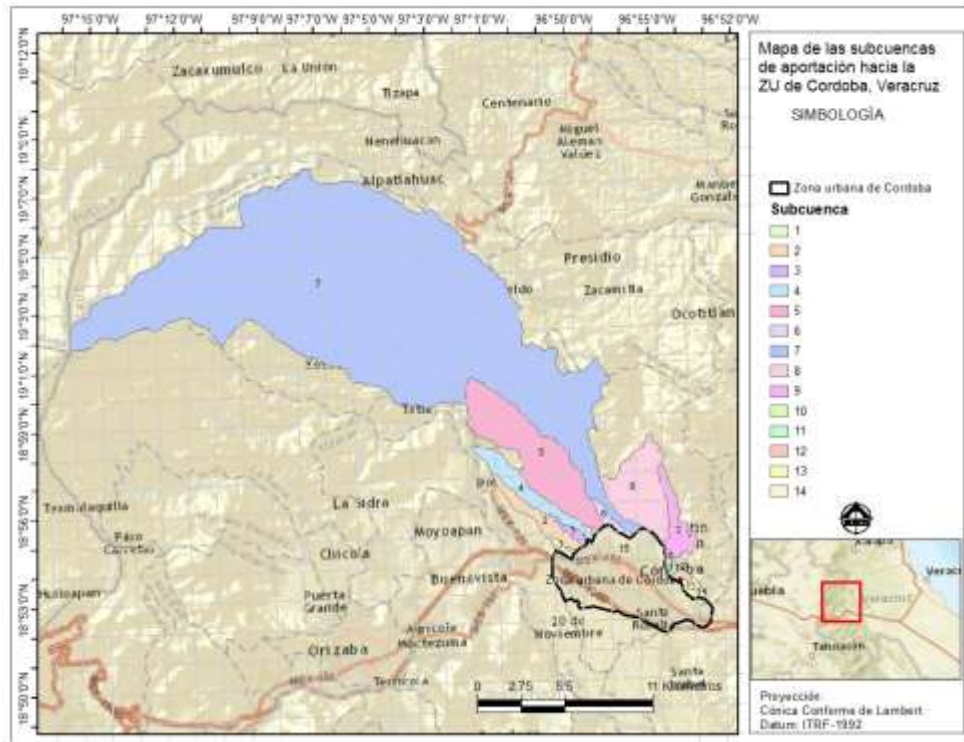


Figura 3.4 Subcuencas de aportación

Tabla 3.1 Subcuencas

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )
1	0.55
2	4.65
3	1.16
4	7.52
5	27.47
6	1.57
7	259.04
8	16.08
9	5.65
10	0.27
11	0.29
12	0.76
13	0.99
14	0.32

### 3.3.2 Relieve

La zona urbana de Córdoba se encuentra en las estribaciones del Pico de Orizaba o el Citlaltépetl y se encuentra rodeada por montañas que componen la Sierra Madre Oriental. La elevación más alta de las subcuencas de aportación corresponde al Pico de Orizaba con 5,610 m.s.n.m. La elevación más baja en 660 m.s.n.m. teniéndose en el cauce del Río Seco al sureste de la zona urbana de Córdoba (Figura 3.5).

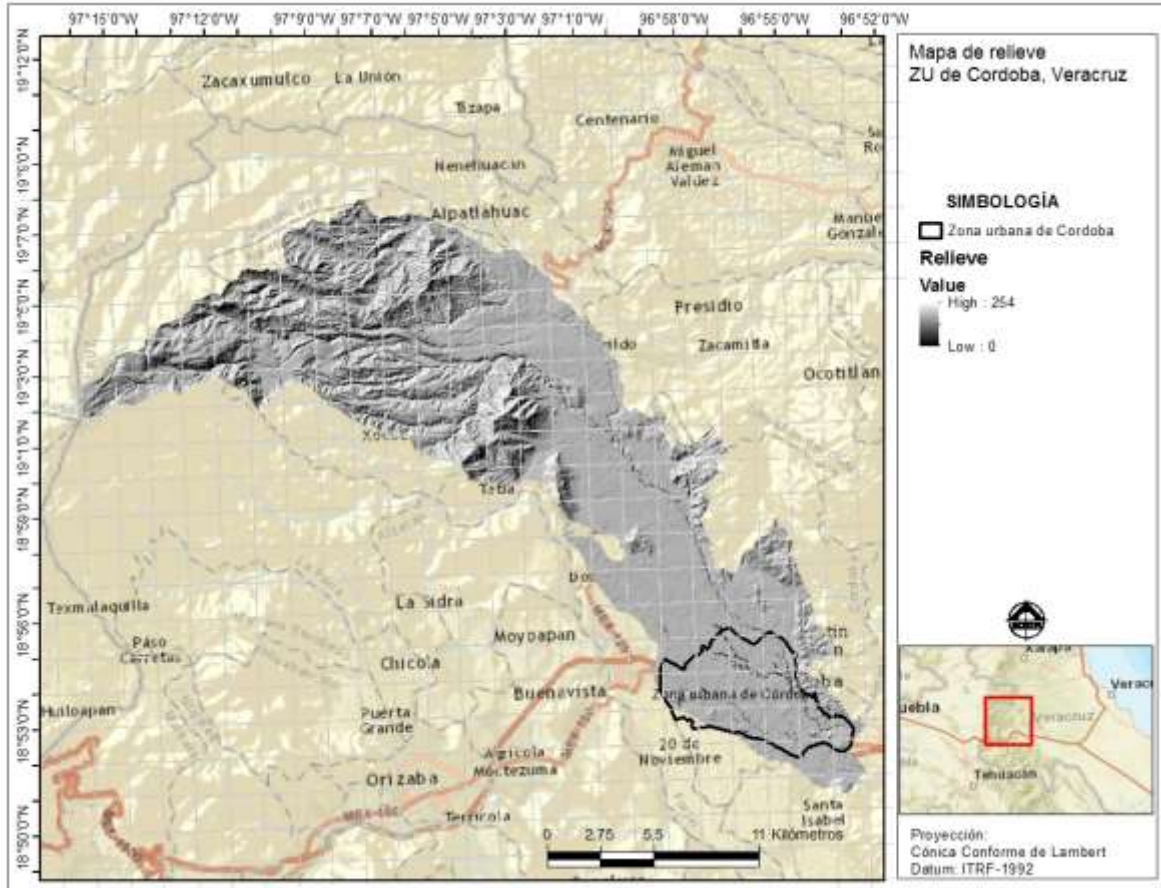


Figura 3.5 Relieve

### 3.3.3 Uso de suelo

Dentro de las subcuencas de aportación se ha incrementado el área agrícola y actualmente ocupa el 59% del total del área de drenaje. Los suelos boscosos se han reducido al 33% del área total ubicándose al norte de la subcuenca 4 y 5 y en la parte baja del centro de la subcuenca 7. Los suelos agrícolas se encuentran en prácticamente en toda la subcuenca 7 (Río Seco), así como en la periferia de la zona urbana, lo cual provoca una gran cantidad de arrastre de sedimentos al cauce (Figura 3.6 y tabla 3.2).



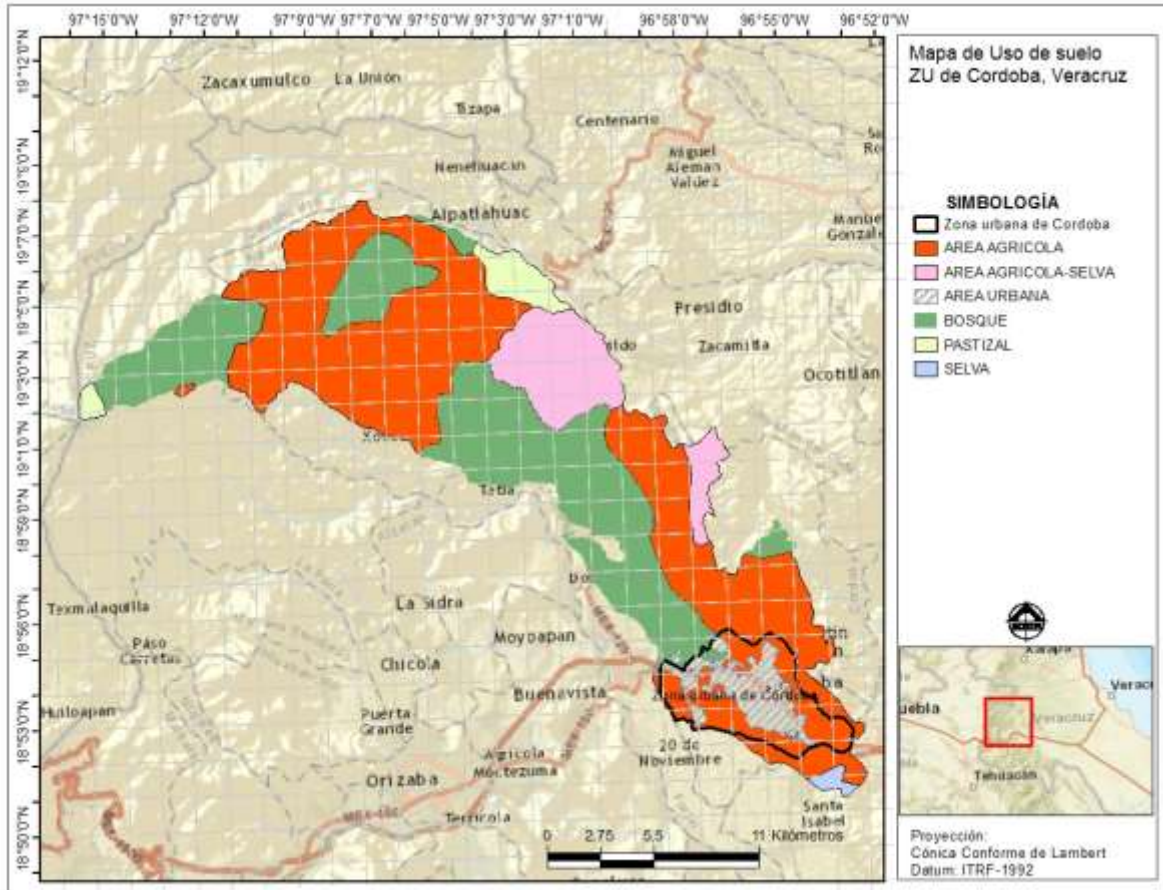


Figura 3.6 Uso de suelo

Tabla 3.2 Uso de suelo

Uso de suelo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del área total (%)
Agrícola	221.82	59.15
Área urbana	16.79	4.48
Bosque	123.75	33.00
Pastizal	10.72	2.86
Selva	1.94	0.52
Total	375.03	100

Fuente: Elaborado a partir de INEGI. Carta de Uso Actual del Suelo y vegetación Serie IV. México, 2010.

### 3.3.4 Edafología

De acuerdo con las áreas de suelo primario la cuenca de aportación presenta en mayor proporción (72.8%) suelos acrisoles en casi toda la subcuenca 7 (Río Seco), este tipo de suelos contiene principalmente arenas finas y limos. Los suelos vertisoles (11.39%) con arcillas en grandes cantidades se encuentran en los alrededores de la zona urbana, estos suelos son poco profundos con subhorizontes de roca sana y son suelos muy impermeables. Finalmente, dentro de los suelos con mayor predominio en la zona de



estudio se tienen los luvisoles (11.68%), predominando grandes cantidades de arcilla, lo cual lo hace un suelo muy impermeable (Figura 3.7 y tabla 3.3).

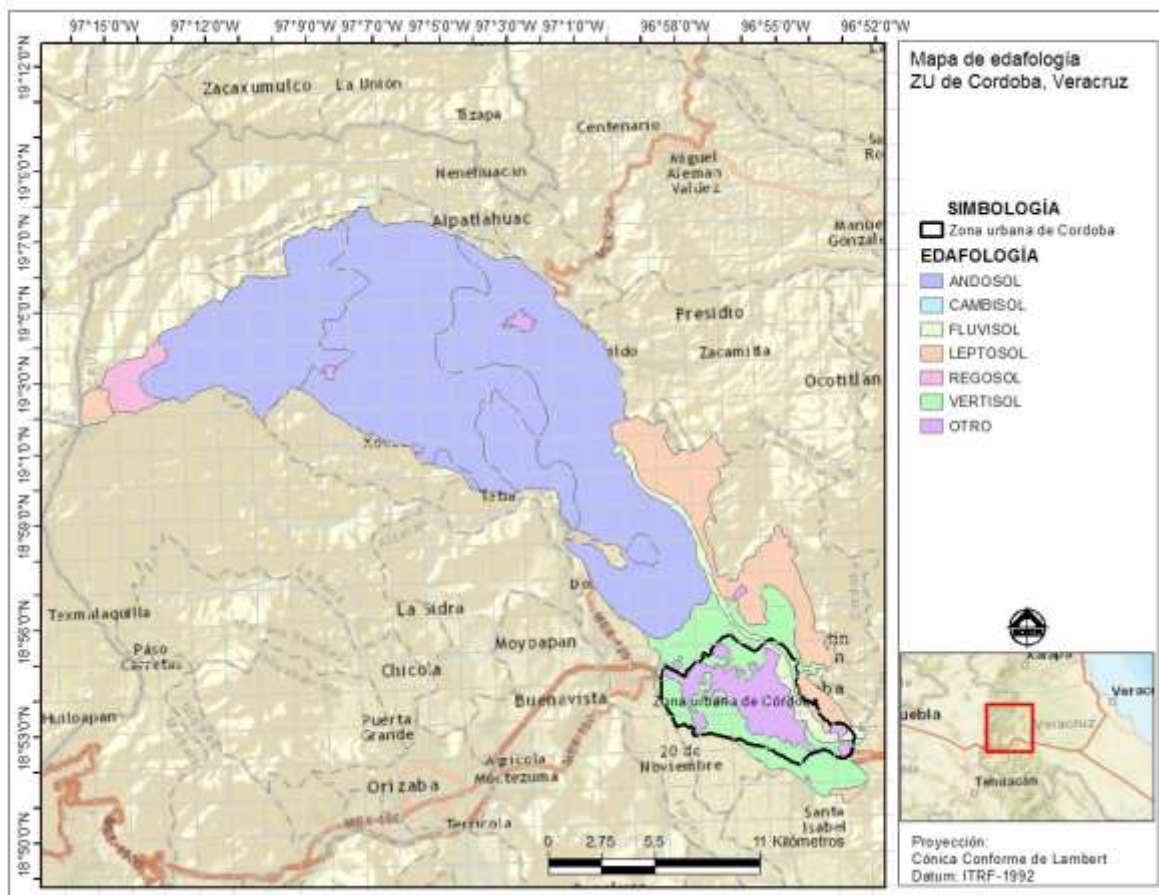


Figura 3.7 Edafología

Tabla 3.3 Edafología

Suelo primario	Clase textural	Área (km <sup>2</sup> )	Promedio del área total
Acrisol	2	257.41	72.80%
Ferralsoles	1	8.01	2.27%
Luvisol	1	2.66	0.75%
	2	0.69	0.20%
	3	37.94	10.73%
Regosol	1	6.58	1.86%
Vertisol	3	40.29	11.39%
Total		353.58	100%

Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie II, 2002 -2007, Edafología.

### 3.3.5 Precipitación

Se localizaron 9 estaciones climatológicas dentro de la zona de estudio (Figura 3.8), seis localizadas en la zona norte de la subcuenca del Río Seco y tres cercanas a la zona urbana de Córdoba, cabe destacar que sólo una estación se encuentra dentro de la zona urbana.

La estación que cuenta con el mayor número de años de registro es la estación con el nombre de Coscomatepec Bravo (SMN) con 48 años, mientras las estaciones con el menor número de registros es la estación Heroica Córdoba con 7 años de mediciones de lluvia diaria cada una (Tabla 3.4).

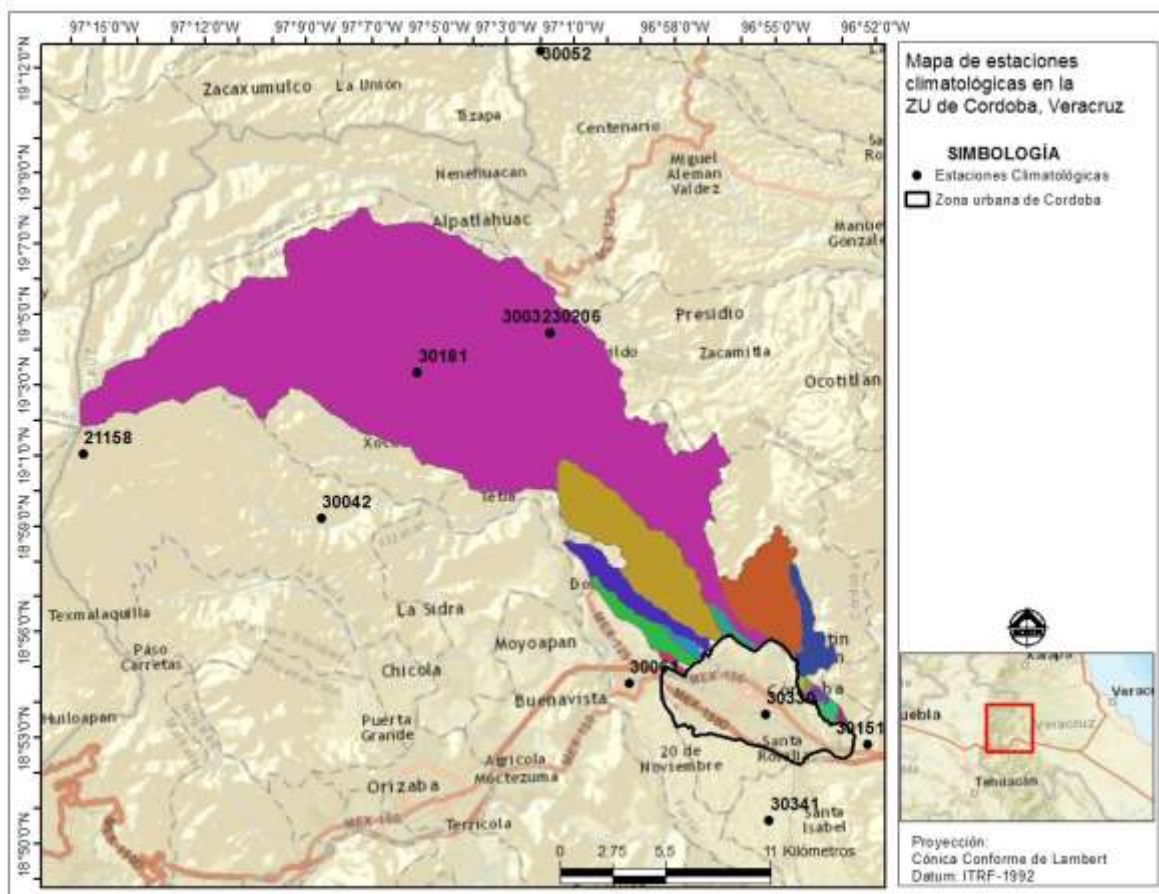


Figura 3.8 Estaciones climatológicas

Tabla 3.4 Estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Situación (CLICOM)	Periodo inicio	Periodo Fin	Años con información	Años completos
30032	Coscomatepec Bravo (SMN)	Operando	1960-1	2008-3	48	46
30061	Fortín de las Flores	Suspendida	1961-1	1989-12	28	25
30151	San Miguelito, Córdoba	Suspendida	1960-1	1987-12	28	19
30181	Tetelzingo, Coscomatepec	Suspendida	1965-5	1986-12	22	15
30206	Coscomatepec Bravo (DGE)	Suspendida	1961-5	1985-12	25	18
30330	Heroica Córdoba, Córdoba	Suspendida	1978-9	1984-8	7	4

Tabla 3.5 Lluvias máximas anuales

30032		30061		30151		30181		30206		30330	
Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm
04/08/47	92	30/07/61	97	15/03/52	207.2	13/09/65	70.5	30/07/61	150	08/12/78	42
10/06/48	61	16/04/62	52	20/09/53	100	22/06/66	60	02/07/62	62	09/07/79	110.5

30032		30061		30151		30181		30206		30330	
Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm
27/03/49	109.5	08/07/63	67	16/09/54	113	25/09/67	90	17/06/63	67	24/06/80	225
11/10/50	96	28/09/64	93	05/07/55	120	29/04/68	70	19/05/64	54	07/06/81	140
24/07/51	71.5	20/06/65	76.4	01/06/56	96	03/07/69	94	17/06/65	100	19/06/82	113.5
08/09/52	112	22/06/66	59.6	24/09/57	100	14/07/70	33	26/06/66	60	17/07/83	160
14/09/53	50.5	23/09/67	78.7	30/09/58	98	09/07/71	31	23/09/67	90	09/06/84	89.5
29/08/54	47	02/07/68	53.2	12/06/59	134	18/01/72	62	23/06/68	60		
06/09/55	92	03/07/69	116.4	18/07/60	137	06/07/73	44	03/07/69	170		
09/07/56	72	30/06/70	100	03/07/61	114	18/09/74	38	06/07/70	100		
18/09/57	179	10/07/71	74	19/07/62	110	13/04/75	26	26/07/71	52		
14/10/58	98.5	06/07/72	110.8	01/09/63	102	01/04/76	62	27/07/72	83		
20/07/59	69	23/06/73	88.7	06/09/64	105	12/06/77	52	20/06/73	65		
19/07/60	94	25/06/74	93.8	06/09/65	110	04/06/78	66	20/09/74	140		
30/07/61	159	06/09/75	66.3	26/01/66	21	03/08/79	83	09/06/75	127.3		
02/07/62	60	26/06/76	98.2	22/06/67	82	25/08/80	44	26/06/76	143		
17/06/63	68.5	23/10/77	72	16/06/68	68	02/06/81	62	18/06/77	50.4		
19/05/64	64.5	23/06/78	86	31/08/69	90.5	16/08/82	55	21/03/78	36		
26/03/65	88	09/07/79	95	04/08/70	120.5	18/04/83	35	11/04/79	33		
14/09/66	68	02/09/80	90.5	14/10/71	106	06/08/84	77	11/05/80	34		
23/09/67	81	28/09/81	87.3	07/07/72	100	14/07/85	42	18/05/81	34		
17/04/68	74	20/06/82	91.1	26/06/73	66	27/04/86	42	19/06/82	46.6		
01/09/69	73	17/07/83	160.2	20/09/74	159.7			13/07/83	66		
26/09/70	88	17/06/84	116.3	04/11/75	99			12/07/84	100		
28/09/71	64	13/07/85	108.8	26/06/76	135			27/06/85	90		
27/07/72	94	05/02/86	36	18/06/77	84.3						
21/06/73	73	02/09/88	186	07/09/78	118						
20/09/74	130	25/07/89	112.6	09/07/79	101.6						
31/05/75	50.5			16/06/80	90.1						
27/06/76	121			18/06/81	146						
13/04/77	200			19/06/82	178.1						
20/08/78	74			17/07/83	122.4						
05/08/79	72.5			22/09/84	92.3						
25/09/80	91			28/05/85	94.8						
15/06/81	126			29/05/86	67.5						
19/06/82	73.5			21/10/87	80						

30032		30061		30151		30181		30206		30330	
Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm	Fecha	hp mm
17/07/83	124.5										
06/09/84	96										
13/07/85	80										
30/09/86	65										
06/07/87	75.5										
02/09/88	93										
05/07/89	68										
17/09/90	62										
22/09/91	85										
04/11/92	80										
20/06/93	111										
12/09/94	77.5										
19/08/95	56										
09/06/96	47										
10/10/97	61										
23/09/98	67										
12/07/99	57										
29/05/00	53										
11/08/01	51										
28/06/02	46										
14/11/04	49										
05/10/05	63										
02/08/06	48										
06/09/07	46										
17/03/08	31										

Por otro lado, en las subcuencas de drenaje y zona urbana de Córdoba se encuentran cuatro estaciones meteorológicas automáticas, una sobre la localidad de Coscomatepec en la parte media de la subcuenca Río Seco (7), una más dentro de la misma subcuenca a 4 km aguas arriba de la zona urbana y dos más dentro de la zona urbana (Figura 3.9).

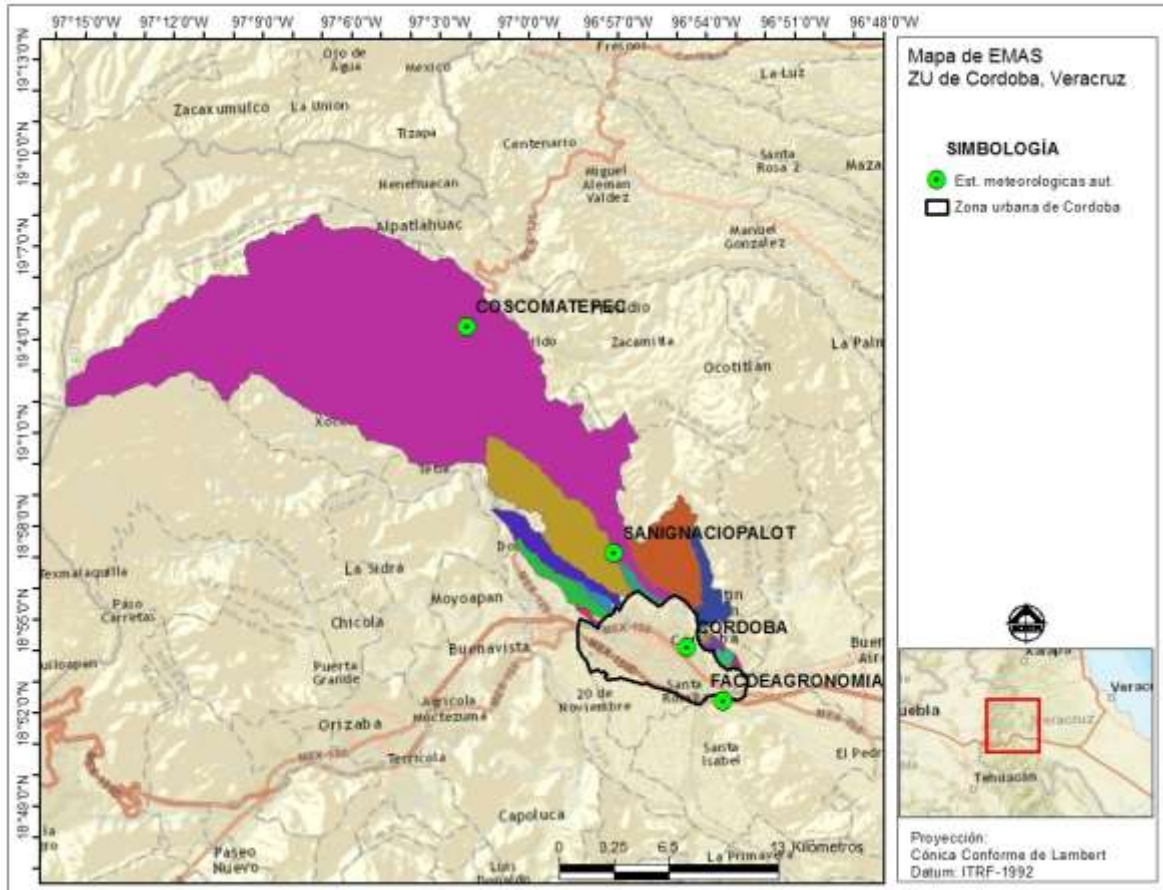


Figura 3.9 EMAS

### 3.3.6 Ecurrimientos

Dentro de la zona urbana y subcuencas de aportación no se localizaron estaciones hidrométricas. Las más cercanas a la zona y localizadas en otra cuenca (Figura 3.10), son las estaciones Santa Anita (28127 y 28119), ambas con el mismo nombre y que corresponden a mediciones del Río Atoyac (28119) y al canal principal (28127).



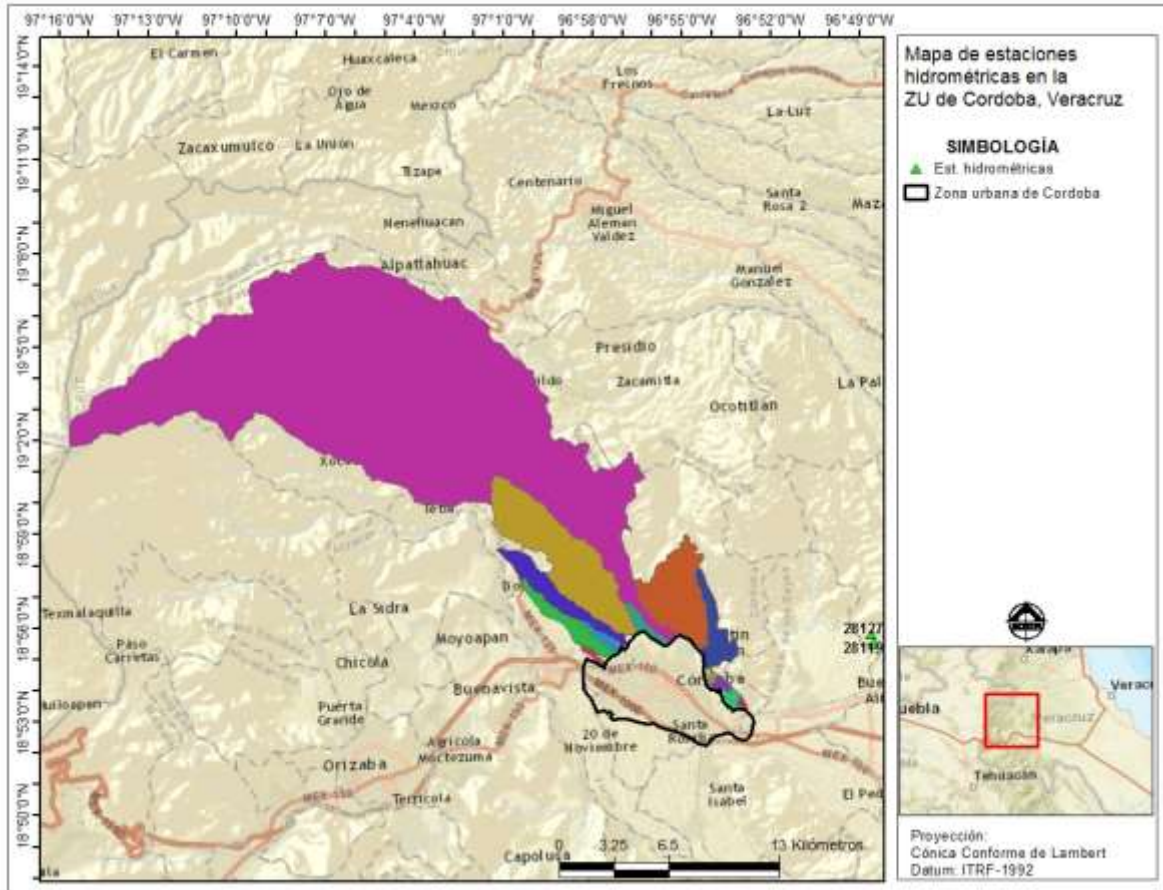


Figura 3.10 Estaciones hidrométricas

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

La corriente principal que cruza la zona urbana es el Río Seco, este nace en el Pico de Orizaba ubicado al noroeste de Córdoba. Inicia su recorrido de oeste a este con el nombre de Río Tliapa, posteriormente toma rumbo hacia el sureste en dirección a la ciudad. Aproximadamente a 15 km aguas arriba de Córdoba se uno con el Río Tlacoapa para formar el Río Seco (Figura 3.11).

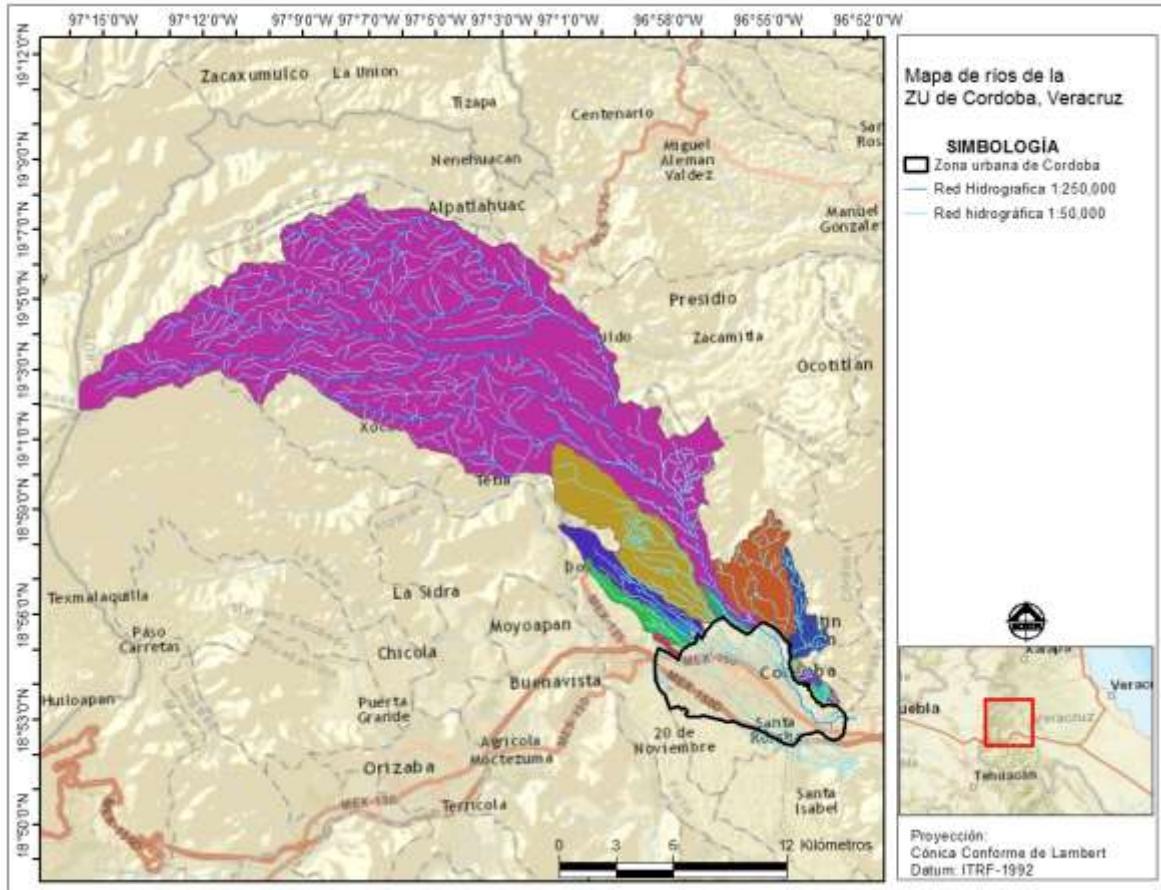


Figura 3.11 Ríos principales

### Determinación del número de curva de escurrimiento

Para calcular las avenidas de diseño en cada una de las subcuencas, es necesario calcular la precipitación efectiva, existen varios métodos para realizar esto, entre los cuales está el de 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 y 100, siendo los valores correspondientes para suelos muy permeables y suelos impermeables respectivamente.

Para el cálculo del *N* primeramente se clasifica la edafología o tipo de suelo que conforma la cuenca en 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.

De acuerdo con los mapas de edafología, se clasificó el suelo en los cuatro grupos (Tabla 3.6), para lo cual se apoyó en la tabla presentada en el manual de la CNA (1987).

Tabla 3.6 Descripción de los cuatro grupos de suelo

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

De acuerdo con la cobertura vegetal y uso de suelo se definieron los valores del número de escurrimiento  $N$  para cada grupo de suelo (Tabla 3.7), esto de acuerdo con las referencias bibliográficas y la experiencia.

Tabla 3.7 Valores del número de escurrimiento

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Agrícola-Pecuaria	49	69	79	84
Agrícola-pecuaria-forestal	49	69	79	84
Agricultura de riego	62	71	78	81
Agricultura de temporal	67	78	85	89
Agua	90	90	90	90
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 Tásate	37	60	71	78
Bosque Latifoliado	26	52	62	69
Bosque mesofilo 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 desertico microfilo	50	69	79	84
Matorral desértico rosetófilo	50	69	79	84
Matorral xerofilo	48	67	77	83
Otros tipos de vegetacion	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



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

Con la información de la tabla anterior, la información de los grupos de suelo, de cobertura vegetal y uso del suelo se calculó la variación espacial del número de escurrimiento en las subcuencas de aportación y zonas urbanas (Figura 3.12).

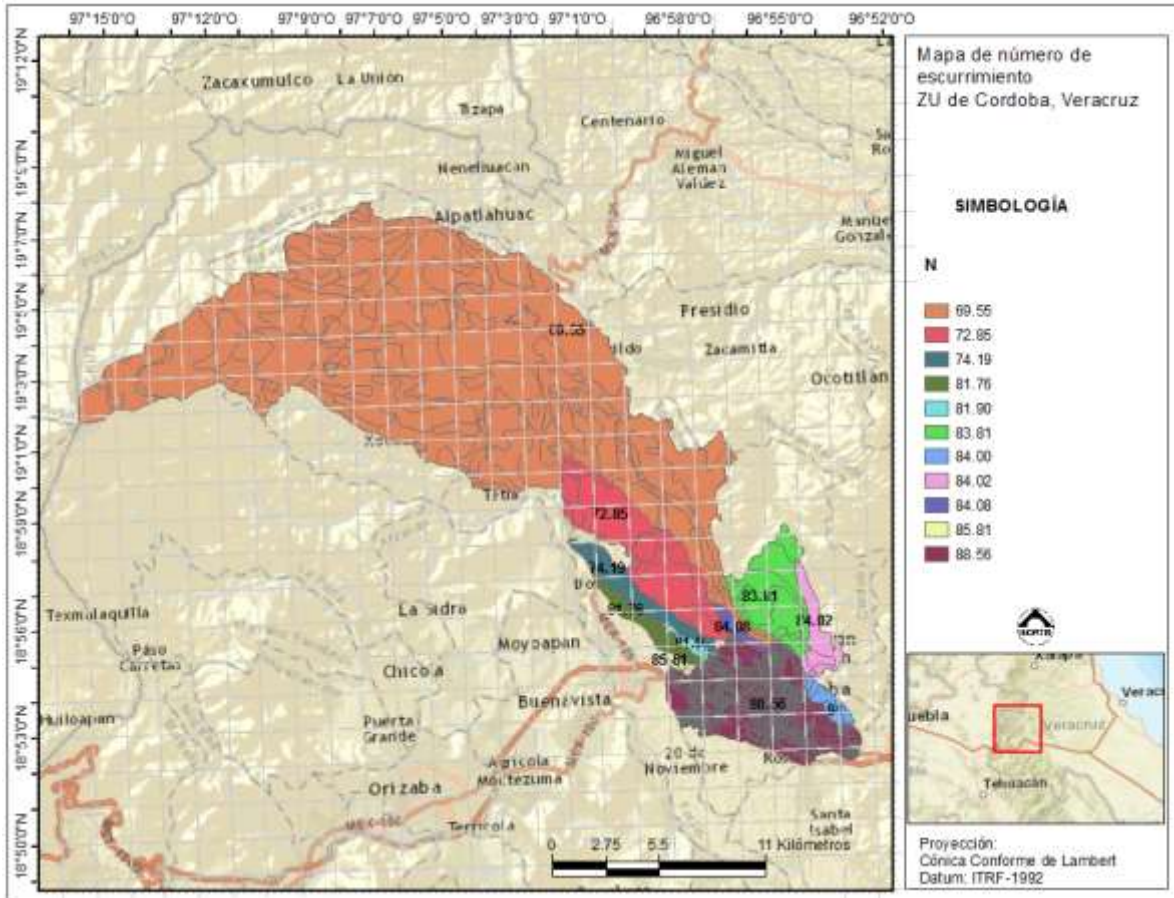


Figura 3.12 Número de escurrimiento

Con la información de la tabla anterior y la información de los grupos de suelo y de cobertura vegetal y uso del suelo se calculó la variación espacial del número de escurrimiento en todas las subcuencas

En la tabla siguiente se muestran los cálculos obtenidos para cada uno de las subcuencas y el polígono de modelación.

Tabla 3.8 Valores del número de escurrimiento *N* por subcuenca

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Long cauce (m)	Long cauce (km)	Si	N	T RET (min)
1	0.55	1,463.63	1.46	0.59%	85.81	24.15
2	4.65	7,813.64	7.81	0.48%	81.76	86.34
3	1.16	2,163.11	2.16	1.80%	81.90	22.78
4	7.52	8,286.47	8.29	2.27%	74.19	56.34
5	27.47	14,409.78	14.41	1.45%	72.85	93.10
6	1.57	3,147.58	3.15	1.79%	84.08	30.09
7	259.04	44,297.46	44.33	3.33%	69.55	159.11
8	16.08	8,341.85	8.34	1.19%	83.81	65.21
9	5.65	7,250.25	7.25	2.51%	84.02	46.77
10	0.27	545.34	0.55	18.16%	84.00	3.74
11	0.29	948.82	0.95	3.74%	84.00	9.69

Subcuenca	Área (km2)	Long cauce (m)	Long cauce (km)	Si	N	T RET (min)
12	0.76	1,222.68	1.22	2.60%	84.00	13.11
13	0.99	1,366.99	1.37	3.67%	84.00	12.37
14	0.32	733.36	0.73	10.03%	84.00	5.77
Zona urbana de Córdoba	14.65	12,450.00	12.45	1.69%	88.56	82.18
Salida	341.00	56,747.46		2.82%	71.65	201.62

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

La ubicación geográfica y variabilidad topográfica le permite a la región a la que pertenece la zona urbana de Córdoba, ser la segunda más importante en todo el país en drenaje natural beneficiando diversos sectores productivos como lo son la agricultura y ganadería. Sin embargo, también la hacen vulnerable al impacto de diversos eventos hidrometeorológicos como frentes fríos, depresiones tropicales, tormentas y por supuesto huracanes, los cuales llegan a propiciar inundaciones y en consecuencia daños a la población. Esta región es una de las que registran el mayor índice de impacto, un tema que requiere especial atención; en ella se presentan en promedio 15 eventos ciclónicos al año algunos propiciando severos daños (Semarnat, 2011).

Tabla 3.9 Valores Registro de fenómenos hidrometeorológicos en Veracruz

NOMBRE	CATEGORIA	FECHA DE IMPACTO
1. BRET	TORMENTA	29 DE JUNIO DE 2005
2. GERT	TORMENTA	25 DE JULIO DE 2005
3. JOSE	TORMENTA	23 DE AGOSTO DE 2005
4. STAN	HURACAN 1	4 DE OCTUBRE DE 2005
5. DEAN	HURACAN 1	22 DE AGOSTO DE 2007
6. LORENZO	HURACAN 1	28 DE SEPTIEMBRE DE 2007
7. MARCO	TORMENTA	7 DE OCTUBRE DE 2008
8. KARL	HURACAN 3	17 DE SEPTIEMBRE DE 2010
9. ARLENE	TORMENTA	30 DE JUNIO DE 2011
10. HARVEY	TORMENTA	22 DE AGOSTO DE 2011
11. NATE	TORMENTA	11 DE SEPTIEMBRE DE 2011
12. ERNESTO	TORMENTA	9 DE AGOSTO DE 2012
13. HELEN	TORMENTA	18 DE AGOSTO DE 2012
14 BARRY	TORMENTA	20 DE JUNIO DE 2013

Fuente: Organismo de Cuenca Golfo Centro

De acuerdo a diversas fuentes hemerográficas consultadas, la zona urbana de Córdoba ha registrado repetidas inundaciones, siendo las más recientes las de los años 2009, 2014 y 2015. Ésta última afectó a las colonias López Arias y México.

En 2014, tras la intensa lluvia que se registrara en la región Córdoba-Orizaba, se inundó la colonia Aguillón Guzmán en la ciudad de Córdoba, dejando un par de casas afectadas tras el paso de agua y lodo. Se presume que la causa de los hechos, estuvo relacionada con los trabajos de pavimentación que se llevaban a cabo por parte de la administración municipal,

en la calle 28 y avenida 31 de la colonia antes mencionada, y en donde la constructora no tomó las medidas necesarias para encausar el agua lejos de las viviendas.

De las inundaciones registradas en 2009 y 2015 no se obtuvo mayor información.

#### Acciones no estructurales

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

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

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

El Sistema Meteorológico Nacional (SMN) tiene diversas estaciones meteorológicas que cubren la zona urbana de Córdoba, Veracruz. Asimismo, se tienen registrados 7 pluviómetros localizados en el Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos.

En 2011 el DIF Municipal de Córdoba se sumó a la celebración del Día Internacional para la Reducción de los Desastres, a petición del DIF Estatal de no dejar pasar desapercibida esta fecha. Durante la celebración del Día Mundial de la Alimentación en Colorines, a través del Consejo Municipal de Protección a Niños, Niñas y Adolescentes (CEDAS), se llevó a cabo una actividad de dibujos y carteles con pequeños a fin de darles a conocer qué medidas tomar ante un desastre. La celebración del Día Internacional para la Reducción de los Desastres, pretende fomentar la colaboración solidaria de todos los estados del planeta, dado que ninguno está exento de ser posible víctima. La estrategia se basa en las asociaciones de colaboración donde participan todos los individuos y las comunidades con el fin de que las consecuencias se reduzcan al máximo. Pero sobretodo, tratar de hacer conciencia en la población y en autoridades, de cómo prevenir estas situaciones, desde evitar asentamientos humanos en las riberas de los ríos y fortalecer las comunidades más propensas a sufrir inundaciones.

En 2015 el Ayuntamiento e Hidro Sistema de Córdoba implementó acciones de limpieza en ríos y arroyos para evitar posibles inundaciones en lugares considerados de riesgo; entre ellos la colonia La Sidra. Con la ayuda de Hidrosistema, Obras Públicas, Parques y Jardines,

Protección Civil y Limpia Pública se desazolvó el río que atraviesa la colonia La Sidra, retirando maleza y escombros.

Además de los trabajos de limpieza, Hidrosistema impartió pláticas de concientización a los habitantes de la colonia, entre padres de familia y niños en las escuelas de La Sidra, con la finalidad de prevenir contingencias mediante un llamado de conciencia y cultura del cuidado de los ríos. De igual forma se realizó un trabajo en conjunto con la participación ciudadana, Hidro Sistema, Protección Civil, Limpia Pública, Obras Públicas, Parques y Jardines, las coordinaciones de Salud y Comunicación Social, de lo que surgirá una campaña de prevención y cultura del cuidado de los ríos y arroyos. La Coordinación de Comunicación Social iniciará una campaña de prevención e información en escuela y colonias acerca del cuidado de los ríos y arroyos.

### 3.6 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación

Córdoba está edificado estratégicamente entre el puerto de Veracruz y la capital del país, y su área de influencia abarca desde Huatusco, hasta Tuxtepec y Tierra Blanca donde confluyen alrededor de 1 millón de habitantes, lo que ha convertido a la ciudad en el núcleo regional comercial. La actividad agroindustrial incluye la avicultura y los cultivos de la caña de azúcar, café, anturio, heliconia, plátano, mango, frijol, maíz y la palma camedor. La industria cafetalera es una de las más importantes del país. Cuenta con industrias aceiteras y productoras de chocolate.

Cuenta con empresas de sede nacional e internacional como Sears, Fábricas de Francia, Chedraui, Walmart, Bodega Aurrera, Soriana, Suburbia, Sam's Club, Vip's, Tok's, Office Depot, The Home Depot, Cinopolis, Coppel, Cinemex. Cabe destacar que también se encuentran industrias del plástico, embotelladoras y metalúrgicas. En Potrero Nuevo existen madereras e ingenios.

Entre las actividades económicas más importantes de la ciudad y sus alrededores, es la cosecha y producción de café.

El análisis de la PEA empleada en el sector terciario, arroja valores mayores a la proporción promedio en el estado, lo que implica que Córdoba cuenta con una planta comercial y de servicios muy amplia. A lo largo del período de 10 años referido, el incremento en la región ha sido del orden del 26%.

## 4. Diagnóstico de las zonas inundables

### 4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

La red mínima de estaciones permite evitar deficiencias graves en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos, la organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>7</sup> recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las siguientes consideraciones (Tabla 4.1).

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

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

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

De acuerdo a la superficie de cobertura de las estaciones climatológicas y meteorológicas (Figura 4.1 y tabla 4.2) ubicadas dentro y en las proximidades de la zona en estudio sólo las estaciones localizadas dentro de la zona urbana cumplen con las recomendaciones de la OMM, siendo su superficie de cobertura menor a los 575 km<sup>2</sup>, cuya característica fisiográfica es de montes y ondulaciones.

---

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

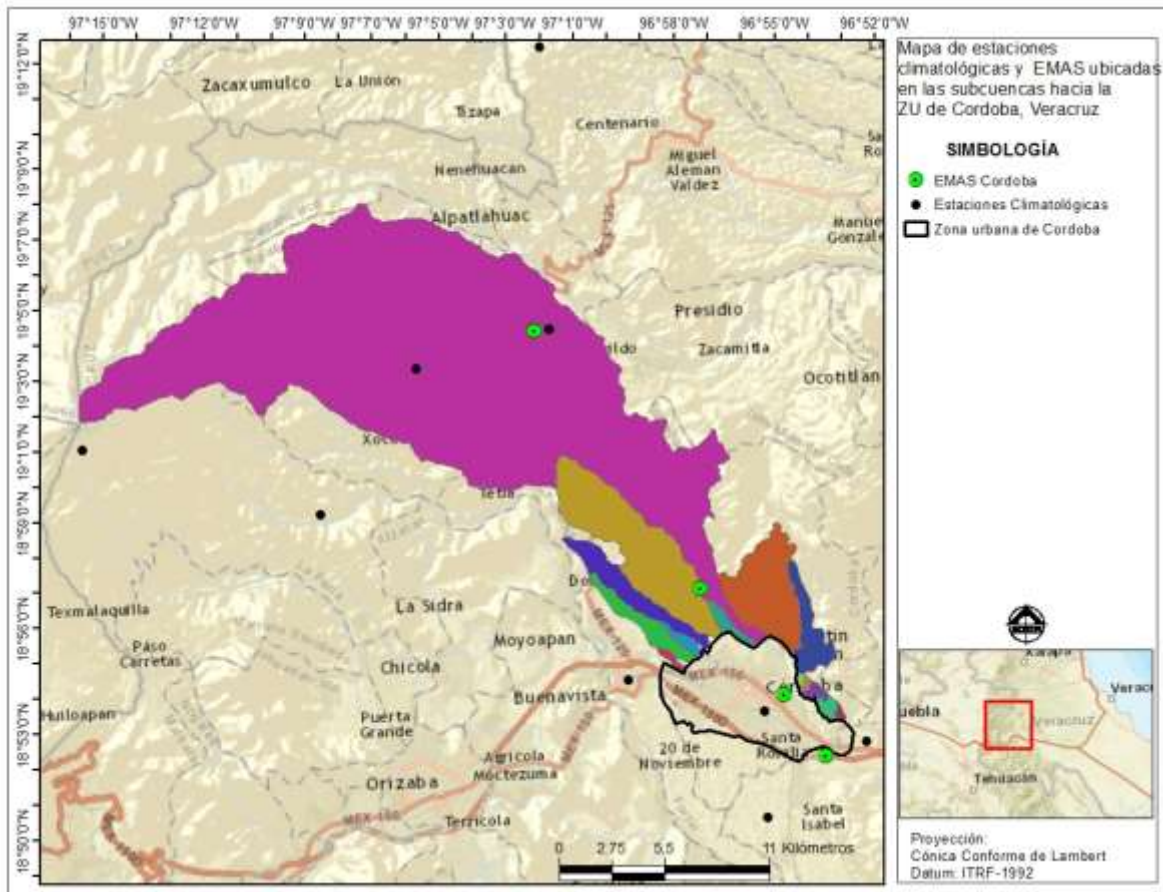


Figura 4.1 Estaciones climatológicas y meteorológicas

Tabla 4.2 Superficie de cobertura por estación

Clave	Nombre	Estado	Área (km <sup>2</sup> )	Unidad fisiográfica	Cumple
30042	Chilapa, La Perla	Ver.	345.08	Montaña	No
30151	San Miguelito, Córdoba	Ver.	119.98	Montes/Ondulaciones	Si
30052	Elotepec, Huatusco	Ver.	434.59	Montaña	No
21158	Paso Carretas (DGE)	Pue.	414.50	Montaña	No
30206	Coscomatepec Bravo (DGE)	Ver.	349.67	Montaña	No
30181	Tetelzingo, Coscomatepec	Ver.	208.50	Montaña	Si
30061	Fortín de las Flores	Ver.	281.64	Montes/Ondulaciones	Si
30341	SAN JOSE DE GRACIA	Ver.	83.18	Montes/Ondulaciones	Si
30330	Heroica Córdoba, Córdoba	Ver.	126.58	Montes/Ondulaciones	Si

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

Los sistemas de alerta temprana que cubren la zona urbana de Córdoba están basados en pronósticos meteorológicos, realizados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Servicio Hidrometeorológico Regional (SHMR) y el Observatorio Meteorológico de Protección Civil del estado de Veracruz. Sin embargo, para el Estado de Veracruz, la alerta gris para prevención de contingencias causadas por fenómenos meteorológicos solo se tiene implementado en esta entidad federativa, para su activación se consideran eventos

como los frentes fríos y nortes (eventos que no considera la SIAT-CT<sup>8</sup> a nivel nacional), los cuales causan severos daños en la población.

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

##### Acciones estructurales

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

##### Acciones no estructurales

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones en la zona urbana de Córdoba 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

---

<sup>8</sup>Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales.



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 Córdoba, no se encontró información acerca de asociaciones vecinales que hayan organizado o realizado acciones en el marco de episodios por inundaciones.

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

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

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

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

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

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

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

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

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 Córdoba presenta un mosaico heterogéneo de grados de marginación, como se observa en la figura. La baja y muy baja marginación se concentra en la zona norte de la ciudad, particularmente en el lado poniente; mientras que la media, alta y muy alta marginación se distribuyen hacia la periferia de la ciudad, en donde existen condiciones medias en indicadores de distribución de la población, educación, ingresos por trabajo y vivienda, y prevalecen situaciones como insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda y, por ende, apuntaría a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

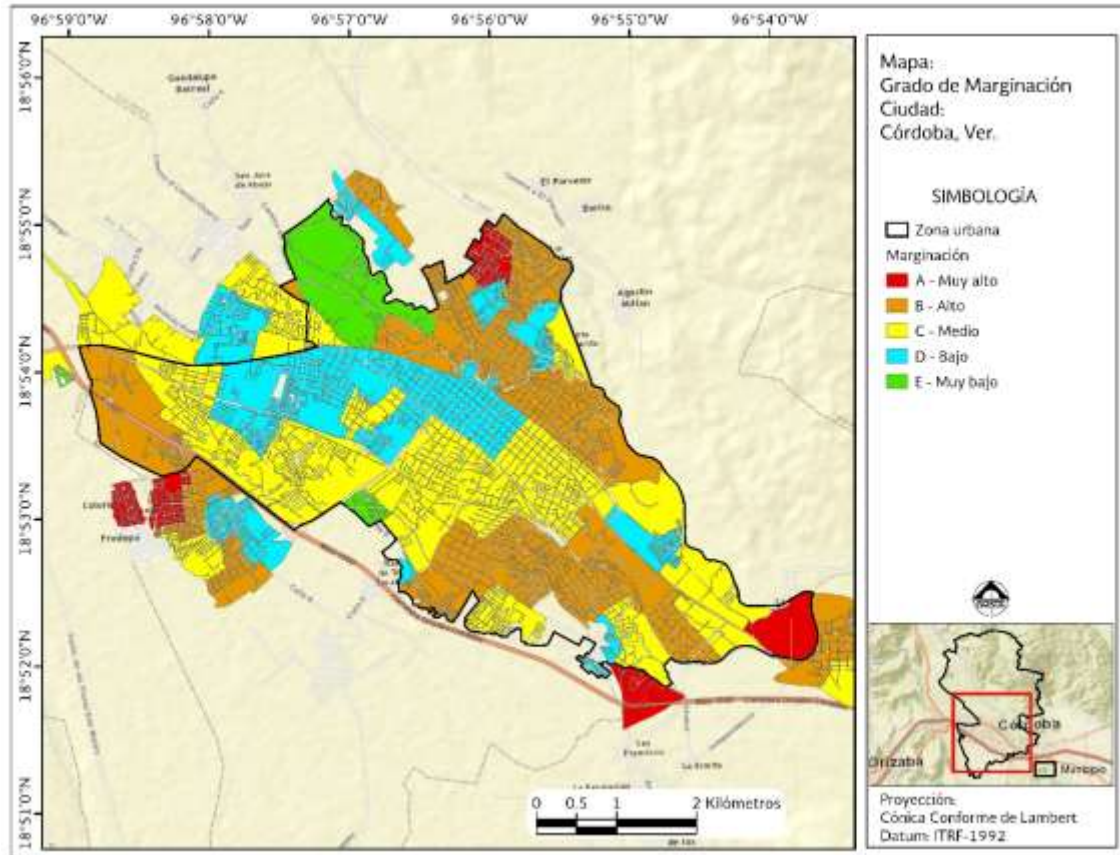


Figura 4.2 Grados de marginación en la zona urbana de Córdoba, Veracruz

Lo que muestran los datos estadísticos complementarios es la existencia de un 19.8% de población en condiciones propensas a la vulnerabilidad, particularmente ante la ocurrencia de eventos súbitos como las inundaciones, es decir, población infantil menor a 5 años (9.5%), adultos mayores de 65 años (7.5%) y población con problemas en la movilidad<sup>9</sup> (2.8%). En otras palabras, en cada manzana urbana hay en promedio 14.9 adultos mayores y 7.6 con limitaciones físicas, principalmente<sup>10</sup>. En cuanto a la desocupación laboral, el promedio es de 3.6 personas por manzana en esta situación, lo que representa el 1.2% de la población total. Es importante que este dato sea considerado como un indicador que influye en el nivel de vida material de las personas, lo que puede favorecer o inhibir su vulnerabilidad.

<sup>9</sup> INEGI considera dentro de este rubro dificultades para caminar, moverse, subir o bajar; incapacidad para vestirse, bañarse o comer; incapacidad para poner atención o aprender cosas sencillas.

<sup>10</sup> Los datos corresponden solamente a aquellas manzanas que tienen información.

Tabla 4.4 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Córdoba, Veracruz

	Población total	Población menor a 5 años	Población mayor a 65 años	Población con limitación en la actividad	Población desocupada
Totales	140,896	13,410	10,640	4,066	1,773
Promedio	151.5	s/d	14.9	7.6	3.6
Porcentaje	100	9.5	7.5	2.8	1.2

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 Córdoba, 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 precipitación media de diseño

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

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

Este trabajo abarca la totalidad del territorio nacional y presenta la información pluviométrica mediante mapas de isoyetas para cada uno de los Organismos de Cuenca en los que la CONAGUA divide al país y, aunque fue elaborado para simular escenarios de inundación, a través de los que se definen, tanto mapas de peligro como de riesgo, es posible usarlo en proyectos de obras de infraestructura hidráulica (puentes, obras de protección, etc.).

Los periodos de retorno que se presentan son: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 y 2000 años, mientras que las duraciones corresponden a 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 días. El valor de la altura de precipitación máxima asociada con cada isoyeta está expresada 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 estaciones pluviométricas y también señala la cobertura media en km<sup>2</sup> / estación.

Tabla 5.1 Distribución de estaciones pluviométricas, con más de 20 años completos, en la república mexicana

No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km <sup>2</sup> )	Existentes	Usadas	(km <sup>2</sup> /estac)
1	Aguascalientes	5,589	68	46	121.5
2	Baja California	70,113	130	36	1,947.60
3	Baja California Sur	73,667	160	72	1,023.20
4	Campeche	51,833	71	35	1,480.90
5	Coahuila	151,571	108	28	5,413.30
6	Colima	5,455	51	17	320.9
7	Chiapas	73,887	280	84	879.6
8	Chihuahua	247,087	328	58	4,260.10
9	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



No.	Estado	Área	Estaciones pluviométricas		Cobertura Media
		(km <sup>2</sup> )	Existentes	Usadas	(km <sup>2</sup> /estac)
19	Nuevo León	64,555	167	55	1,173.70
20	Oaxaca	95,364	359	130	733.6
21	Puebla	33,919	206	97	349.7
22	Querétaro	11,769	58	33	356.6
23	Quintana Roo	50,350	43	20	2,517.50
24	San Luis Potosí	62,848	190	102	616.2
25	Sinaloa	58,092	180	51	1,139.10
26	Sonora	184,934	275	79	2,340.90
27	Tabasco	24,661	84	42	587.2
28	Tamaulipas	76,829	198	109	704.9
29	Tlaxcala	3,914	50	20	195.7
30	Veracruz	72,815	352	185	393.6
31	Yucatán	39,340	89	30	1,311.30
32	Zacatecas	75,040	137	51	1,471.40
	<b>TOTAL</b>	<b>1,964,173</b>	<b>5,338</b>	<b>2,243</b>	<b>1,092.90</b>

En la zona de estudio, se obtuvieron las alturas de precipitación para los periodos de retorno 2, 5, 10, 50 y 100 años (Figura 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,



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

El cálculo de la precipitación para los diferentes periodos de retorno de la cuenca y subcuencas con el VELL se realizó considerando los centroides de cada una de ellas como el punto representativo de la precipitación media. En las siguientes tablas se presentan los valores de la precipitación.

Tabla 5.2 Precipitación máxima (mm) en 24 horas en cada una de las subcuencas y Zona Urbana

Subcuencas	Coordenadas	Tr 2 año	Tr 5 año	Tr 10 año	Tr 50 año	Tr 100 año
1	-96.979, 18.910	100.30	136.70	161.30	218.40	245.30
2	-96.992, 18.926	100.40	133.60	157.60	213.50	239.70
3	-96.973, 18.918	102.40	139.00	164.10	222.20	249.60
4	-96.999, 18.943	100.50	133.90	158.10	214.10	240.40
5	-96.995, 18.963	100.30	133.80	157.90	213.80	240.10
6	-96.95, 18.924	106.30	145.00	171.10	231.70	260.20
7	-97.092, 19.050	89.70	119.40	141.00	190.90	214.40
8	-96.930, 18.940	106.70	142.60	168.30	227.90	256.00
9	-96.910, 18.920	111.70	149.70	176.70	239.20	268.70
10	-96.915, 18.897	114.10	152.70	180.30	244.10	274.20
11	-96.912, 18.895	115.20	153.80	181.50	245.80	276.00
12	-96.908, 18.891	115.10	153.80	181.50	245.80	276.00
13	-96.902, 18.884	116.00	153.80	181.50	245.80	276.00
14	-96.896, 18.881	115.90	153.70	181.40	245.60	275.80
ZU	-96.939, 18.891	113.70	153.90	181.70	246.00	276.30

Subcuencas	Coordenadas	Tr 2 año	Tr 5 año	Tr 10 año	Tr 50 año	Tr 100 año
	Media	107.22	143.69	169.60	229.65	257.91
	Máxima	116.00	153.90	181.70	246.00	276.30
	Mínima	89.70	119.40	141.00	190.90	214.40

### 5.1.2 Construcción de tormentas hipotéticas

A partir de los eventos de lluvia de la Figura 5.1 se obtiene para cada subcuenca de aportación a la zona de simulación, su respectivo hietograma de lluvia considerando el tiempo de concentración de cada una de ellas y la fórmula de Chen (Chen, 1983).

En la tabla 5.3 se presentan las lluvias de diseño consideradas en cada subcuenca y en la zona de simulación que incluye la zona urbana.

Tabla 5.3 Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca

Subcuencas	Tc	Tr 2 año	Tr 5 año	Tr 10 año	Tr 50 año	Tr 100 año
1	0.64	100.3	136.7	161.3	218.4	245.3
2	2.53	100.4	133.6	157.6	213.5	239.7
3	0.56	102.4	139	164.1	222.2	249.6
4	1.45	100.5	133.9	158.1	214.1	240.4
5	2.64	100.3	133.8	157.9	213.8	240.1
6	0.75	106.3	145	171.1	231.7	260.2
7	4.55	89.7	119.4	141	190.9	214.4
8	1.87	106.7	142.6	168.3	227.9	256
9	1.26	111.7	149.7	176.7	239.2	268.7
10	0.08	114.1	152.7	180.3	244.1	274.2
11	0.23	115.2	153.8	181.5	245.8	276
12	0.32	115.1	153.8	181.5	245.8	276
13	0.30	116	153.8	181.5	245.8	276
14	0.13	115.9	153.7	181.4	245.6	275.8
ZU	2.16	113.7	153.9	181.7	246.0	276.3
	Media	107.22	143.69	169.60	229.65	257.91
	Máxima	116.00	153.90	181.70	246.00	276.30
	Mínima	89.70	119.40	141.00	190.90	214.40

La magnitud de la lluvia mostrada en la Tabla 5.3 se distribuyó en intervalos de tiempo de 10 min, utilizando la ocurrencia de una tormenta histórica severa registrada en la EMA Cordoba, Coscomatepec y San Ignacio. En la vertical de cada gráfica se tiene el porcentaje de precipitación y en la horizontal el tiempo en horas.

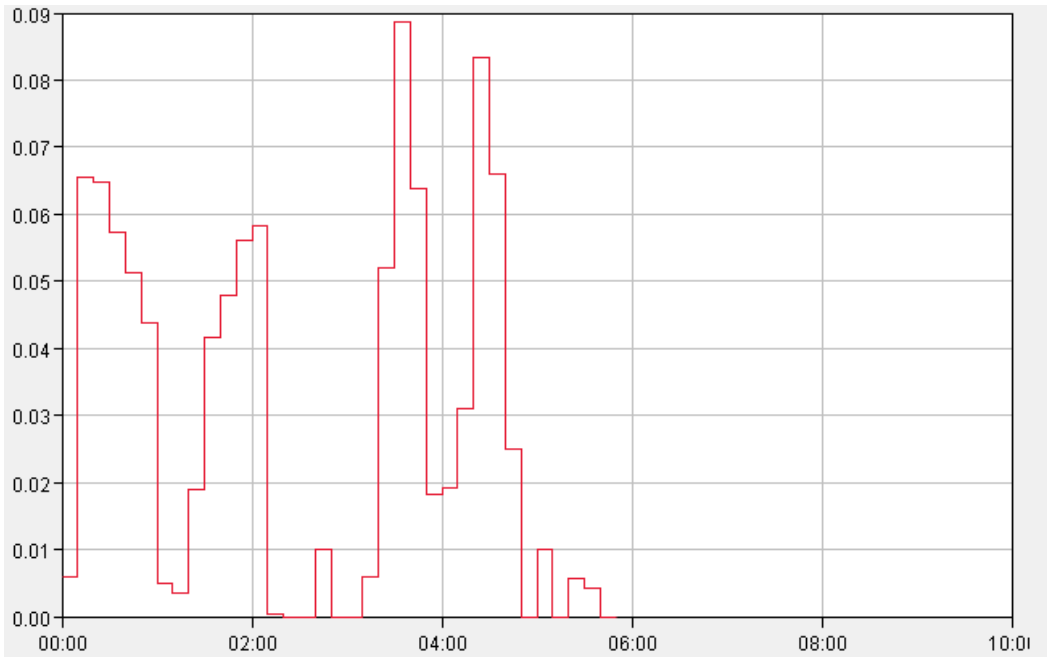


Figura 5.2 Hietograma adimensional EMA Córdoba

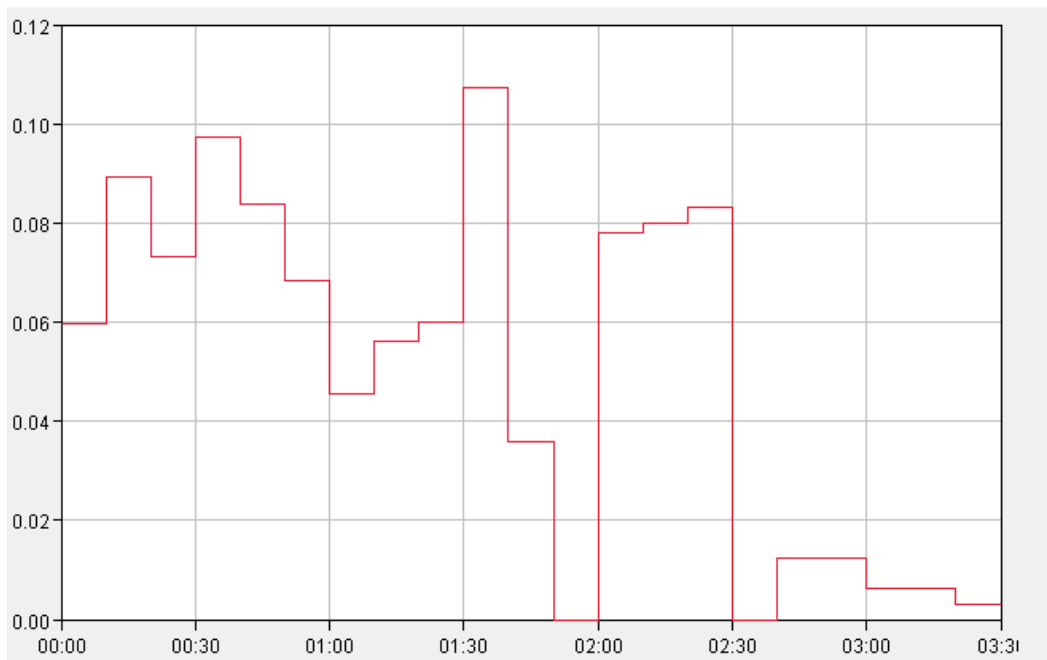


Figura 5.3 Hietograma adimensional EMA Cóscomatepec

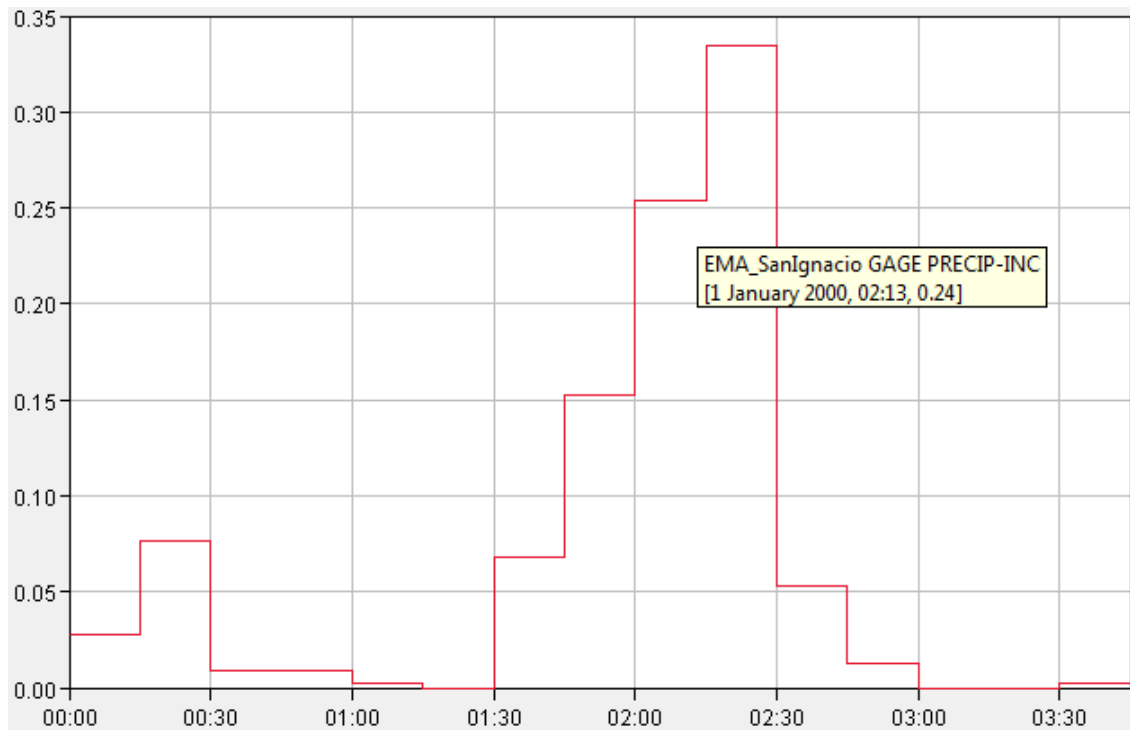


Figura 5.4 Hietograma adimensional EMA San Ignacio

### 5.1.3 Modelo lluvia-escorrimento

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

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

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

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

En la Figura 5.5 se muestra finalmente el modelo hidrológico construido.

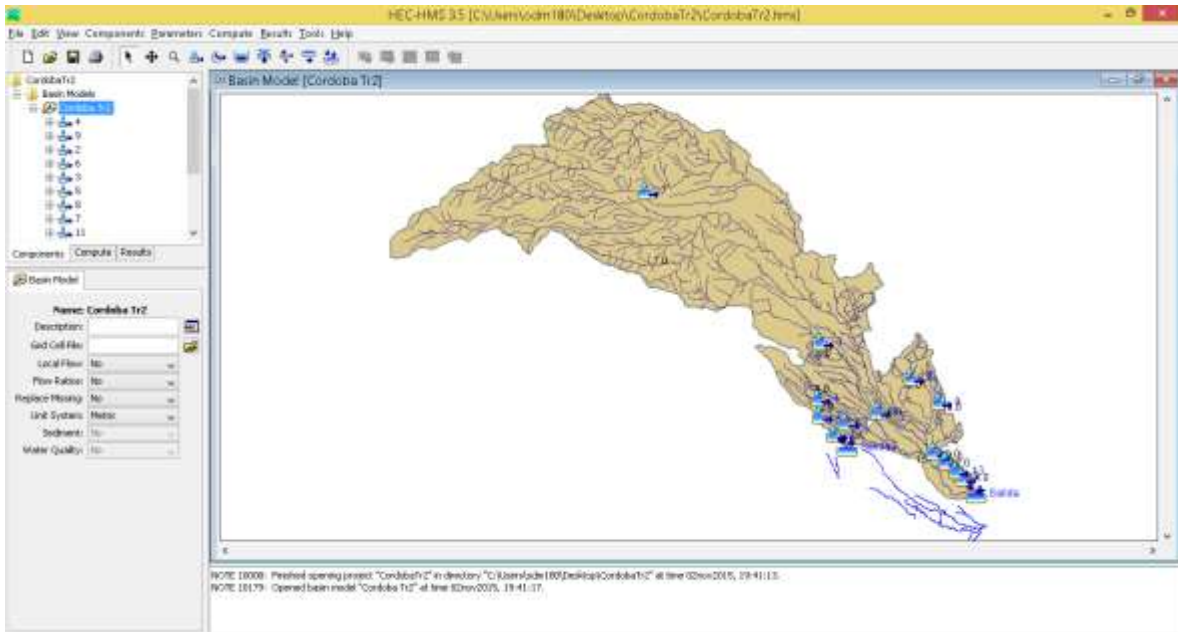


Figura 5.5 Pantalla que muestra el modelo de cuenca construido hasta la ciudad de Córdoba

#### 5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las figuras que resumen los resultados obtenidos de la modelación hidrológica. Dichas salidas corresponden a los hidrogramas de ingreso de gastos a la zona urbana: subcuenca 1 a 14.

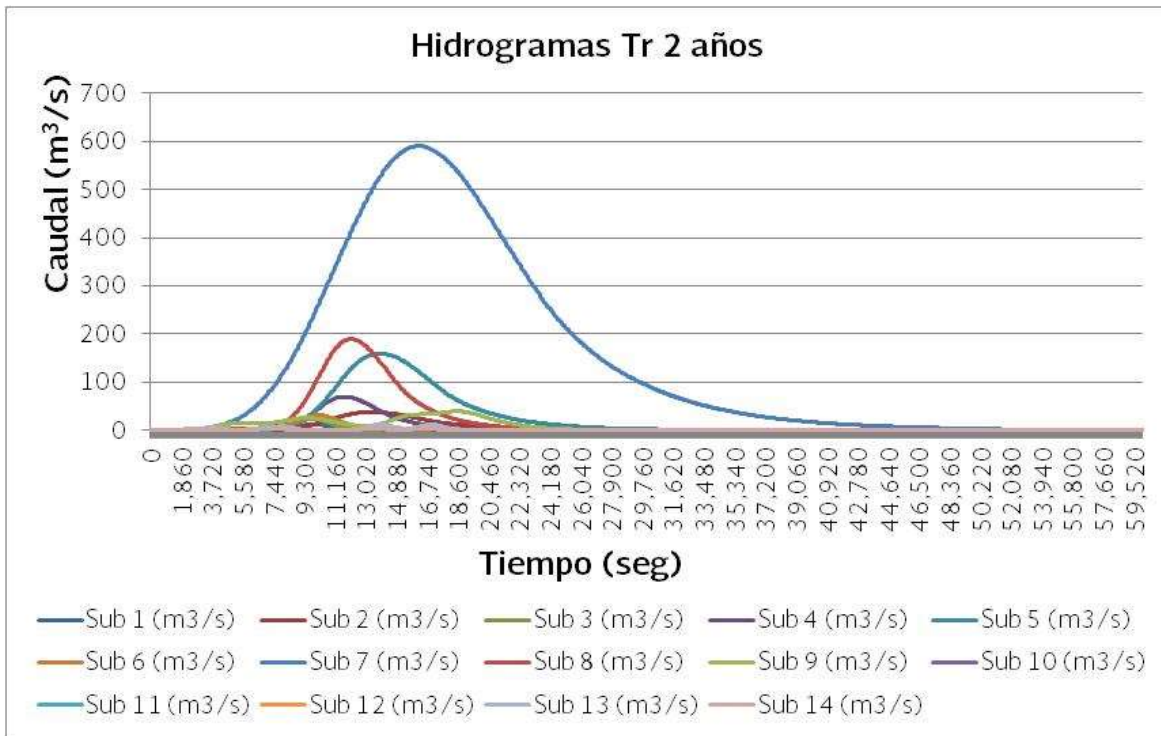


Figura 5.6 Hidrogramas a la salida para el Tr de 2 años

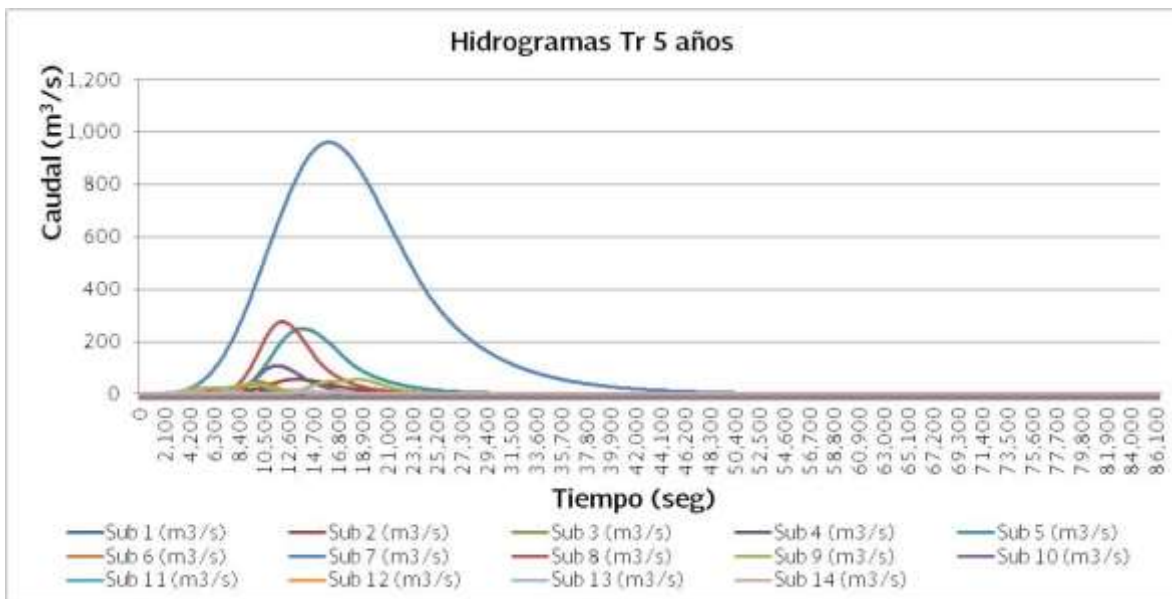


Figura 5.7 Hidrogramas a la salida para el Tr de 5 años

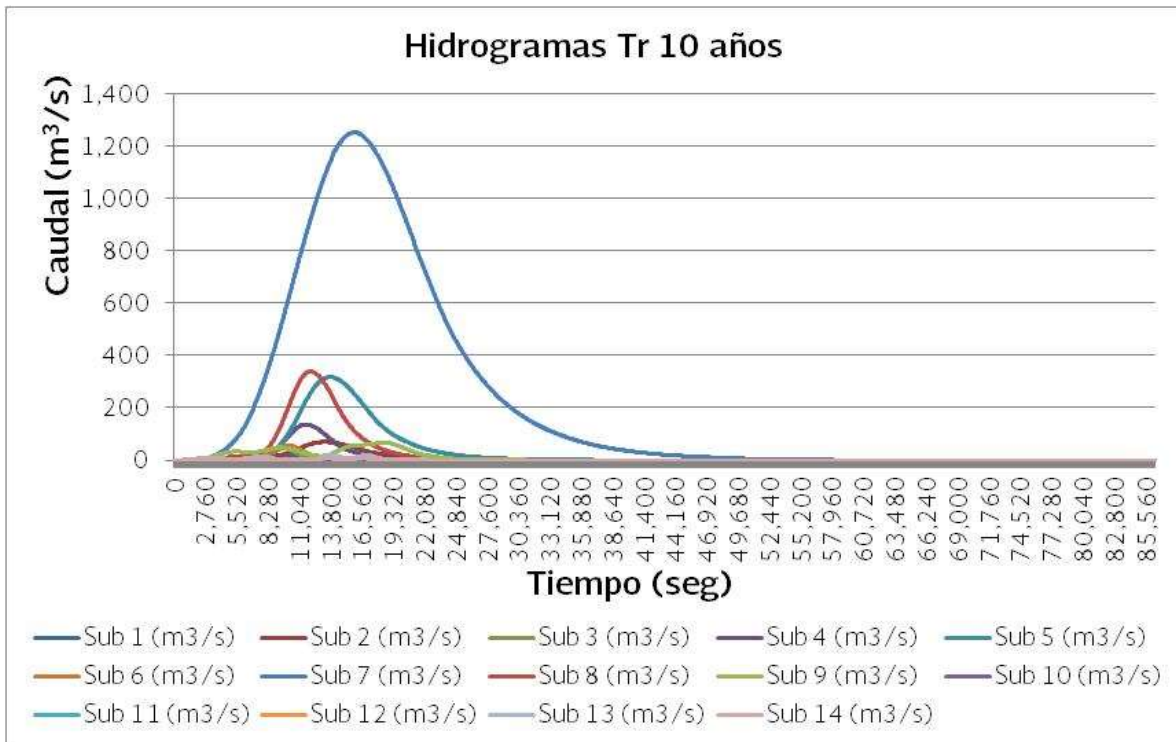


Figura 5.8 Hidrogramas a la salida para el Tr de 10 años

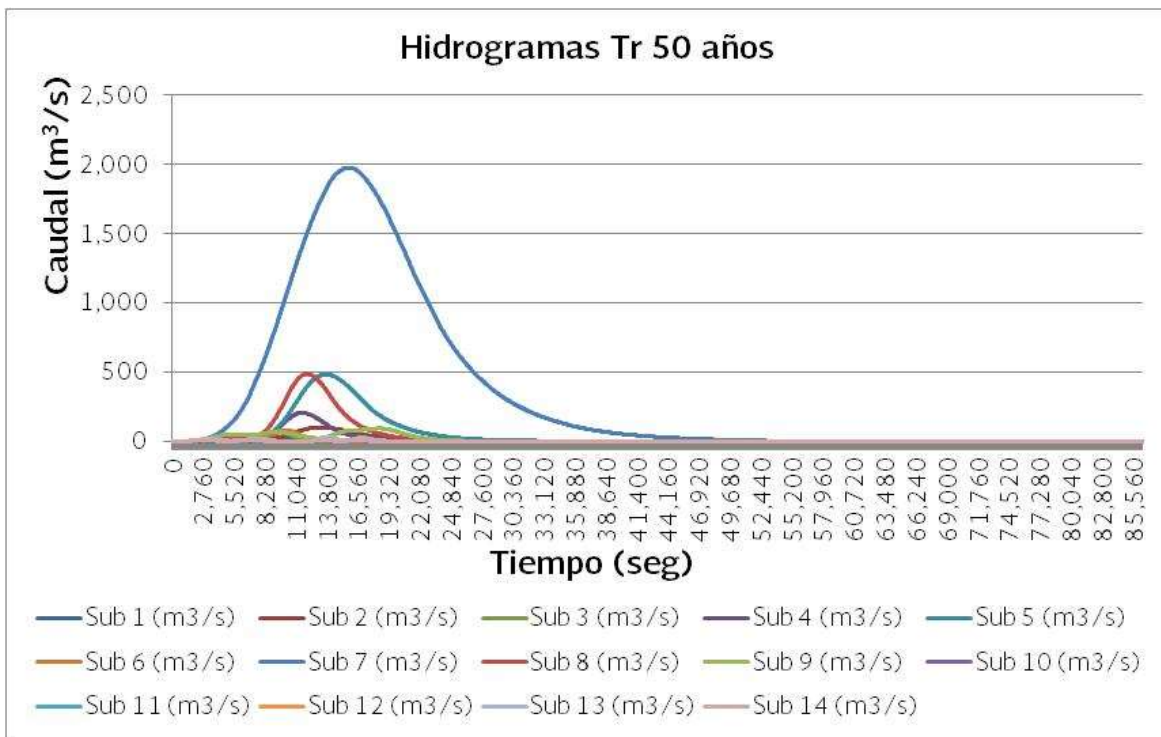


Figura 5.9 Hidrogramas a la salida para el Tr de 50 años



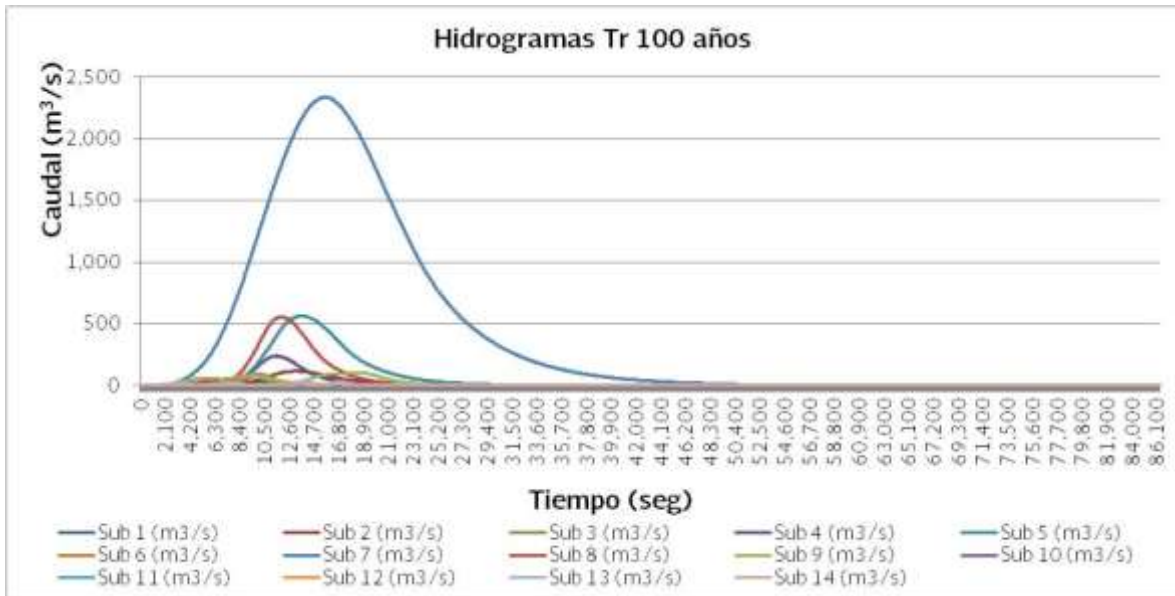


Figura 5.10 Hidrogramas a la salida para el Tr de 100 años

## 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 2.3.2<sup>11</sup>.

### 5.2.1 Condiciones de frontera

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

Existen tres variantes para el perfil tipo M:

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

<sup>11</sup> Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

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

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

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

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

No obstante lo anterior, y dada la poca información con la que se cuenta para realizar el análisis, 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.

## 5.2.2 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.

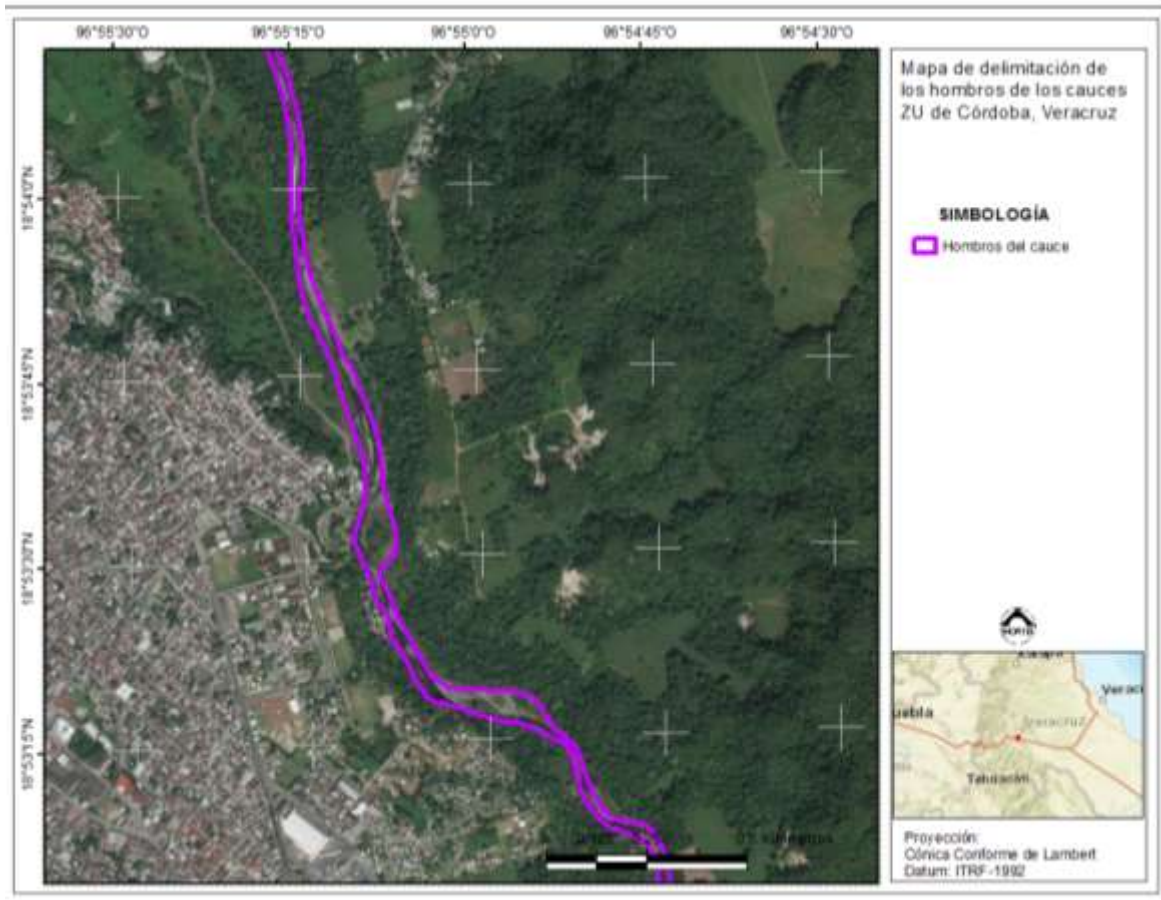


Figura 5.11 Vectores que delimitan el ancho de los ríos

### 5.2.3 Infraestructura

En la zona a simular se consideraron 5 alcantarillas sobre la calle 10 en el tramo comprendido desde la carretera federal Orizaba-Córdoba hasta la avenida 1. Tres fueron tipo cajón (dos cuadradas de 1.8x1.8 m y una de 2.5x2.5 de concreto), y dos circulares (una de 1 metro de diámetro y otra de 1.6 m de diámetro de concreto)

### 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.

Se ingresó la lluvia efectiva en la malla de cálculo del modelo hidráulico, para disminuir los procesos de cálculo. Se utilizó el hietograma adimensional de la EMA Córdoba.

Tabla 5.4 Precipitación en la zona de modelación hidráulica para una duración de 24 horas

Precipitación	Periodo de retorno (años)				
	2	5	10	50	100
Total (mm)	113.7	153.9	181.7	246.0	276.3
Efectiva	105.3	144.4	172.3	236.6	267.0

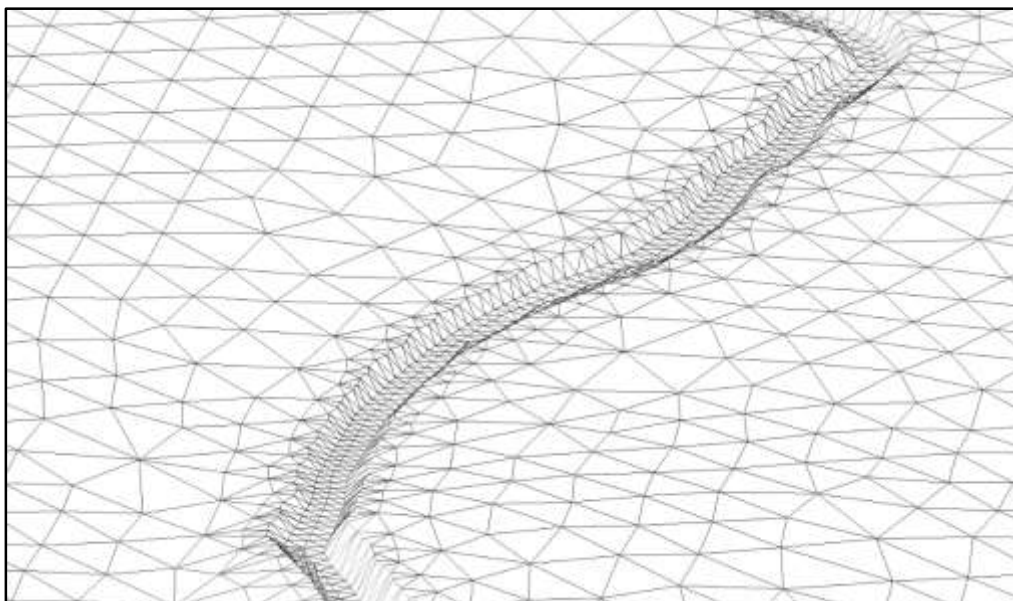


Figura 5.12 Malla definida para el análisis hidráulico con IBER

#### Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning

Para definir los distintos valores de coeficientes de Manning en toda el área a modelar, se utilizó la información vectorial de la capa vectorial de manzanas de INEGI (Figura 5.13). A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo.

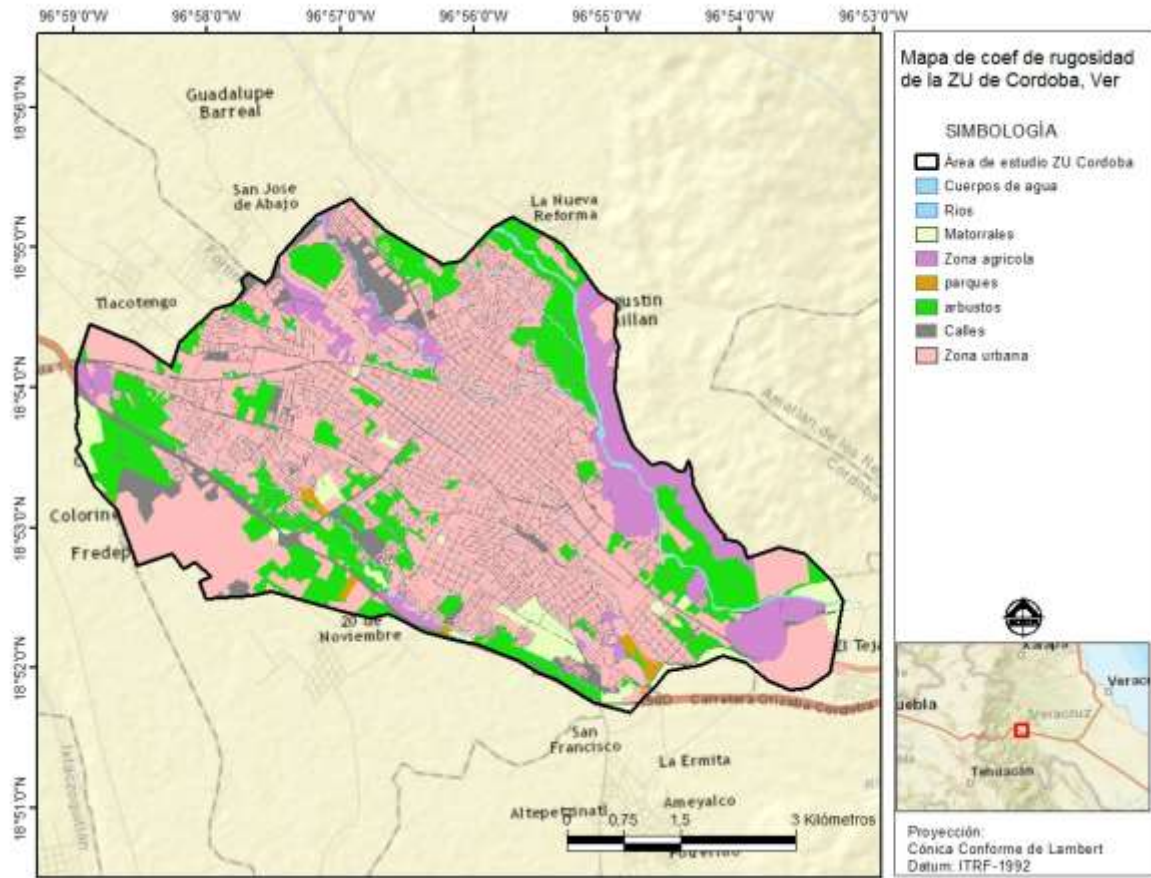


Figura 5.13 Variación del coeficiente de rugosidad de Manning

Luego de procesar la capa arriba mencionada, para asignarle valores se emplearon los sugeridos por Ven Te Chow<sup>12</sup>, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER (Tabla 5.5).

<sup>12</sup> Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos, pag. 108, Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning “n”. Mc Graw Hill. 2004.

Tabla 5.5 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, con la información de la figura anterior, 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.

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



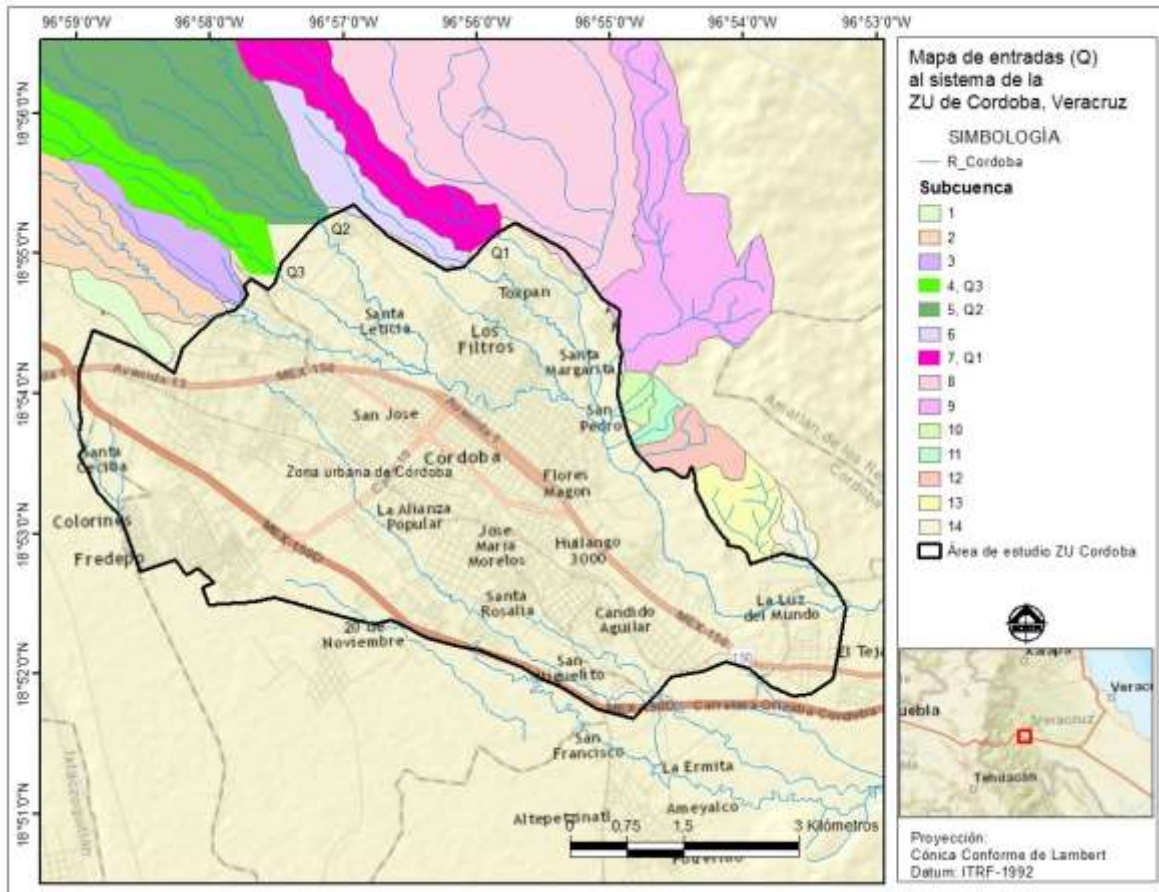


Figura 5.14 Esquema del modelo hidráulico

## 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 siguientes figuras se presentan los resultados para el periodo de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años de los valores máximos del tirante (calado) y la velocidad.



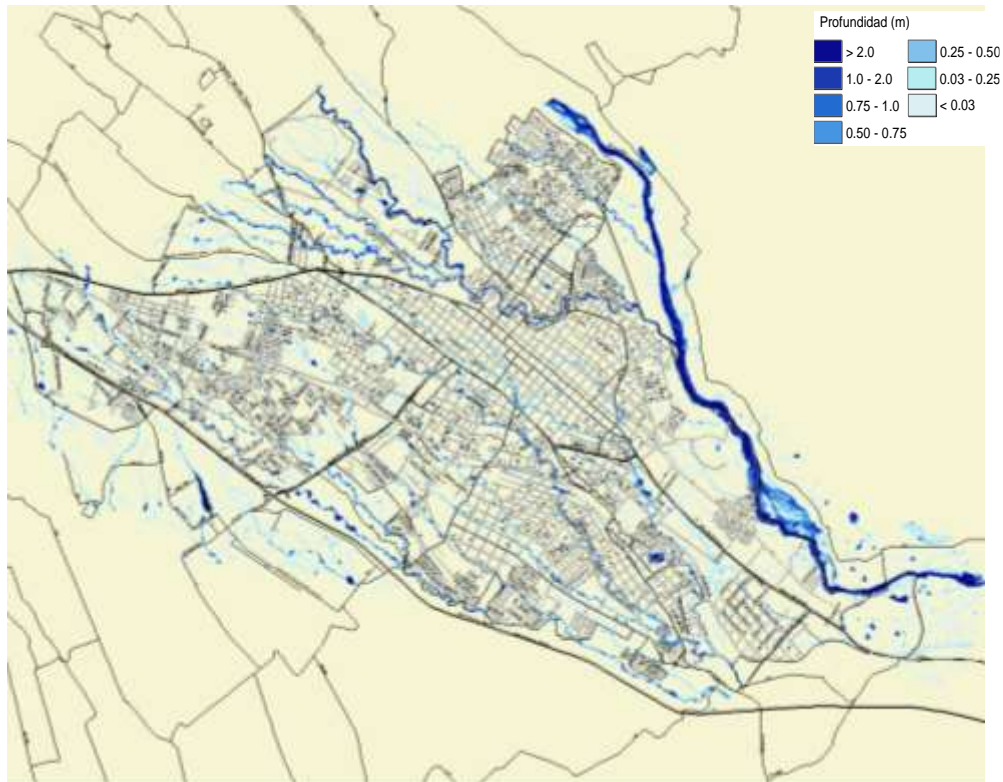


Figura 5.15 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 2 años

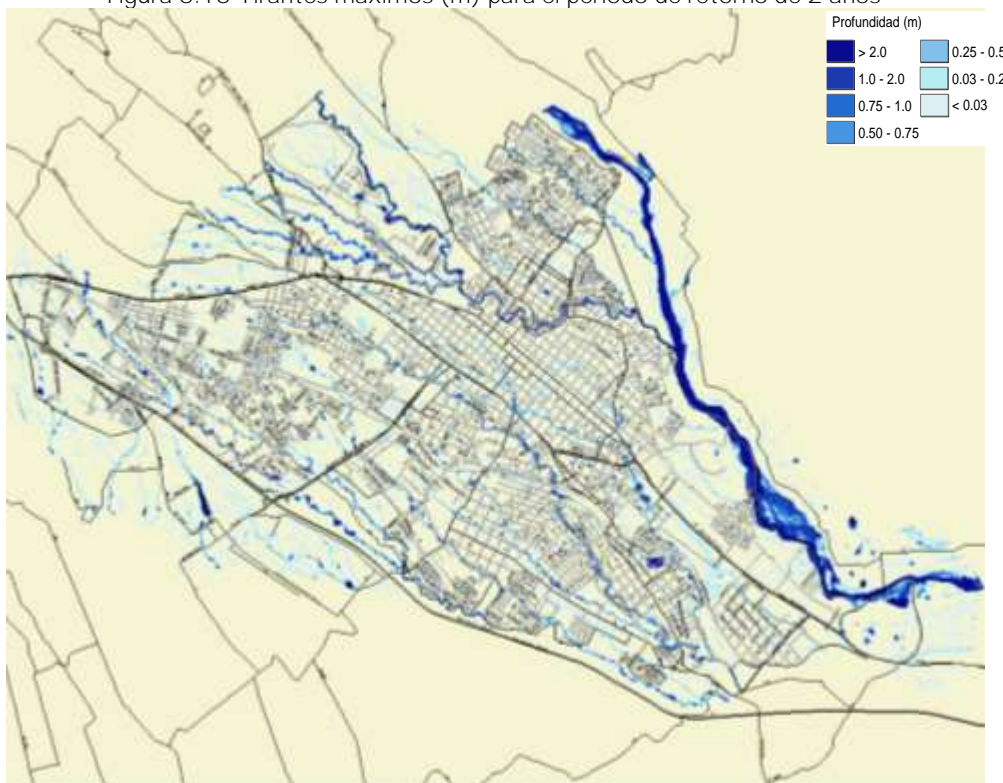


Figura 5.16 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 5 años

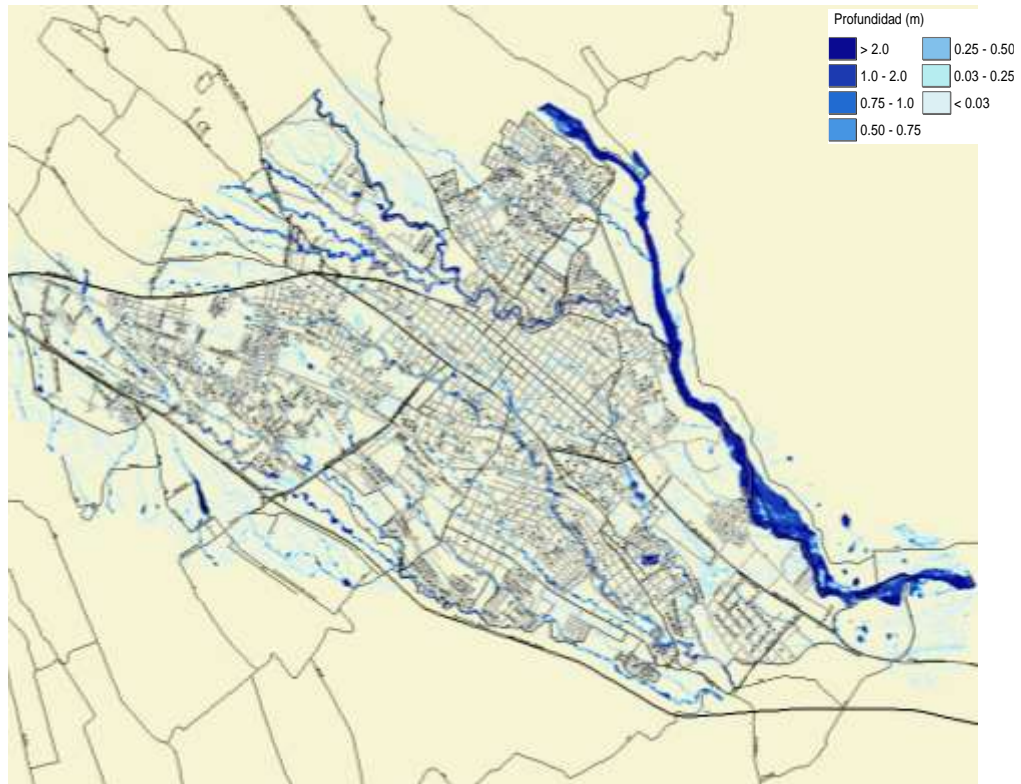


Figura 5.17 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 10 años

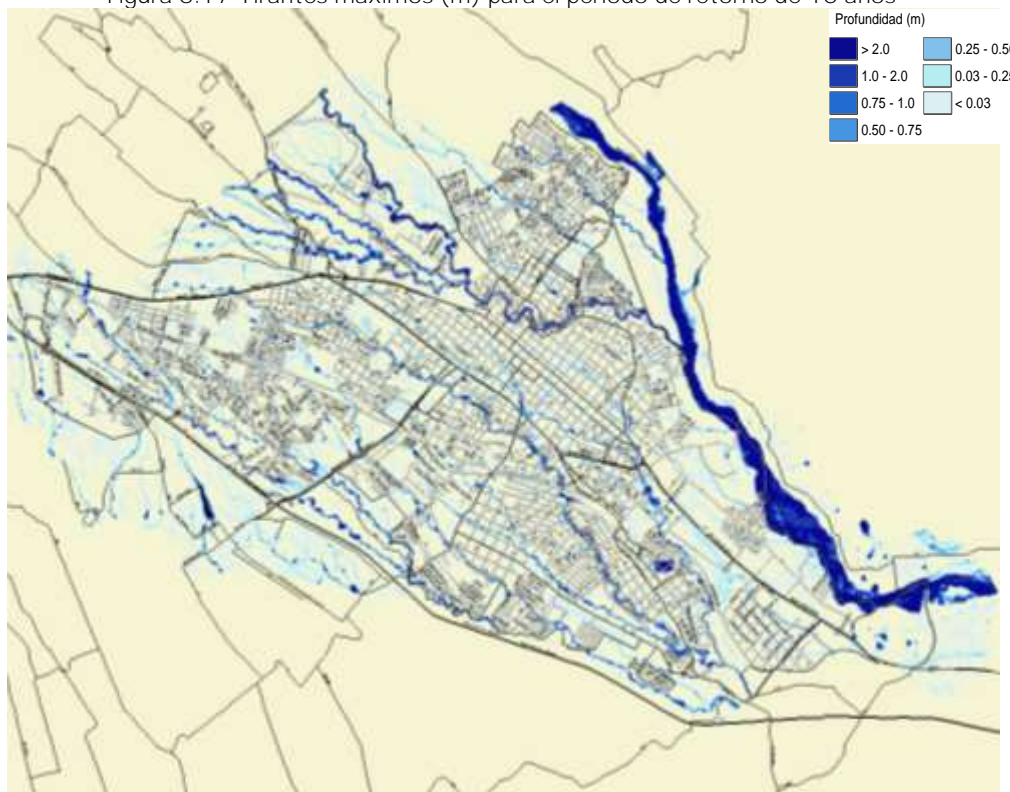


Figura 5.18 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 50 años



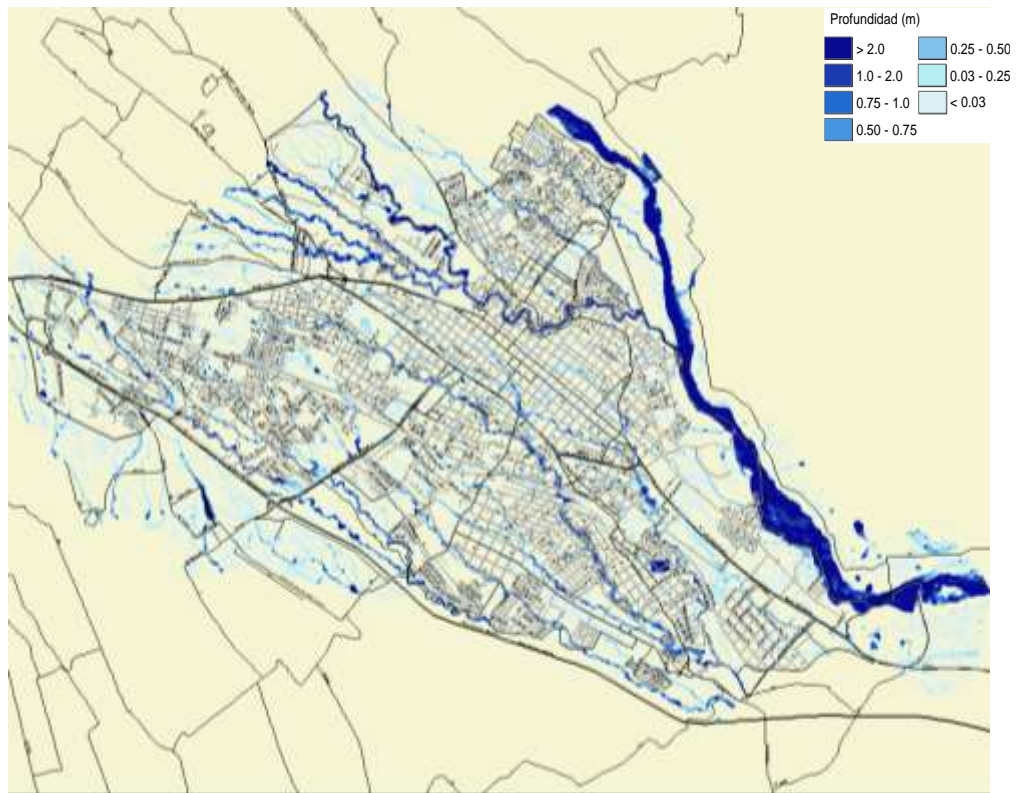


Figura 5.19 Tirantes máximos (m) para el periodo de retorno de 100 años

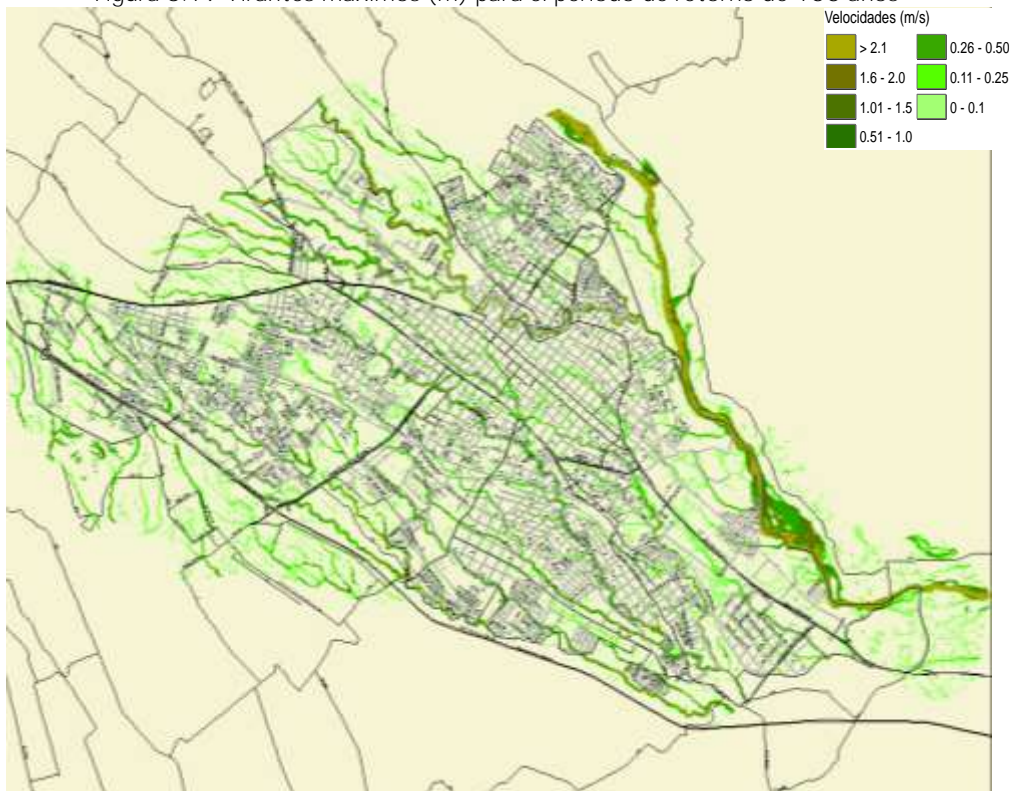


Figura 5.20 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 2 años

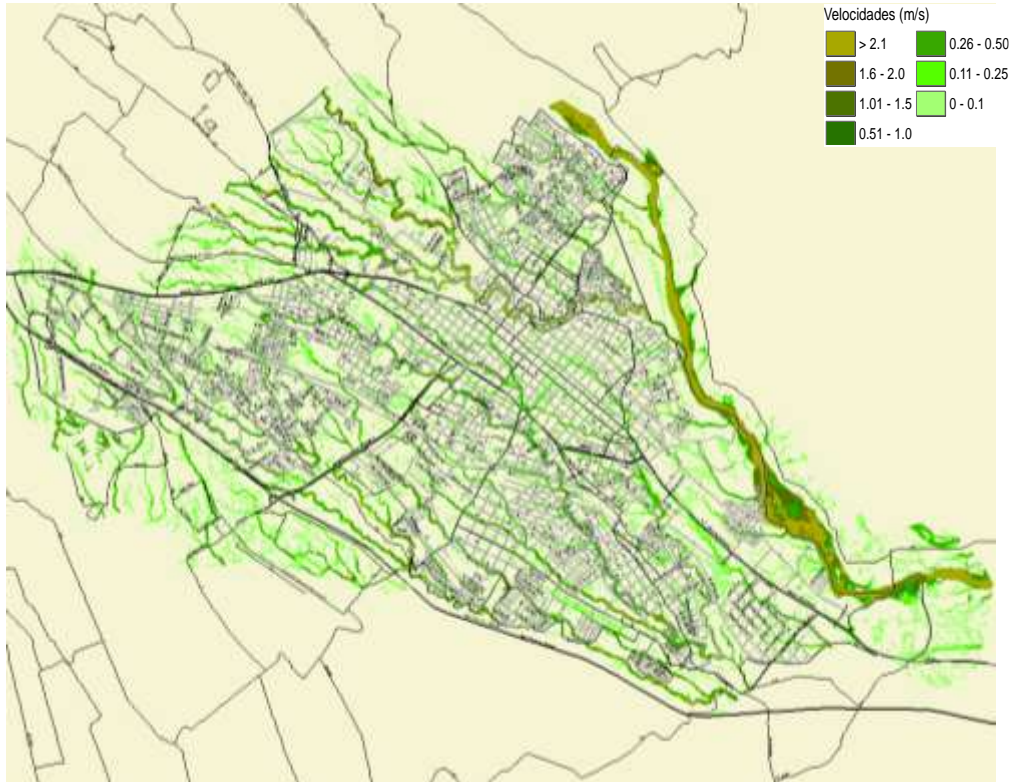


Figura 5.21 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 5 años

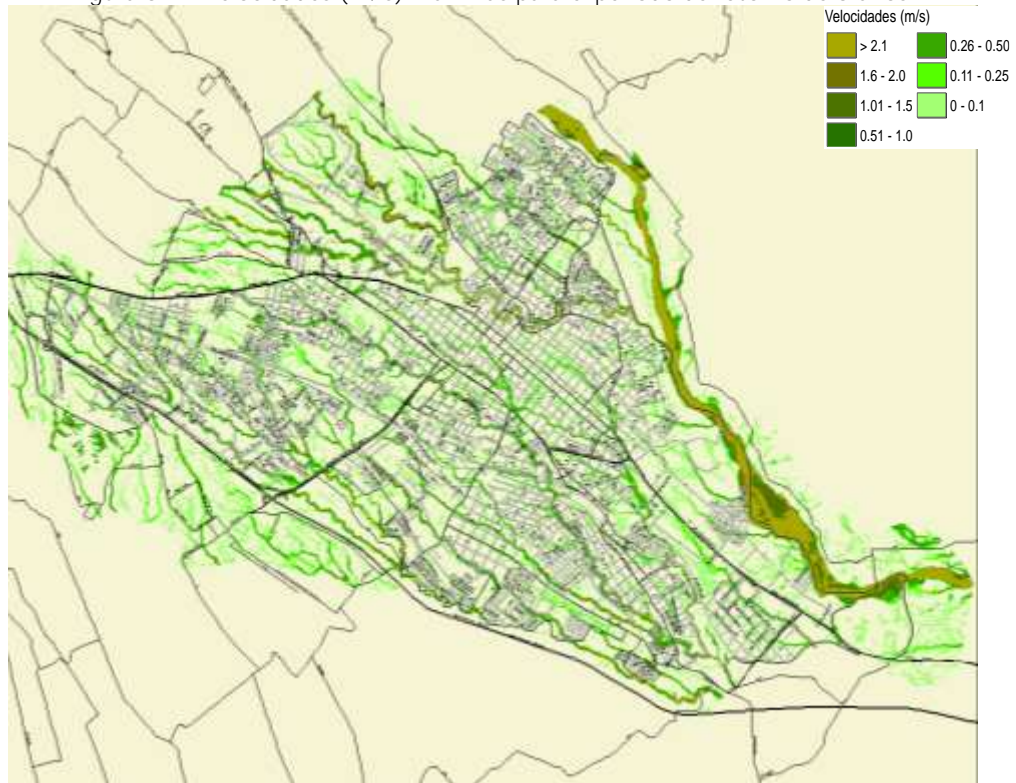


Figura 5.22 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 10 años



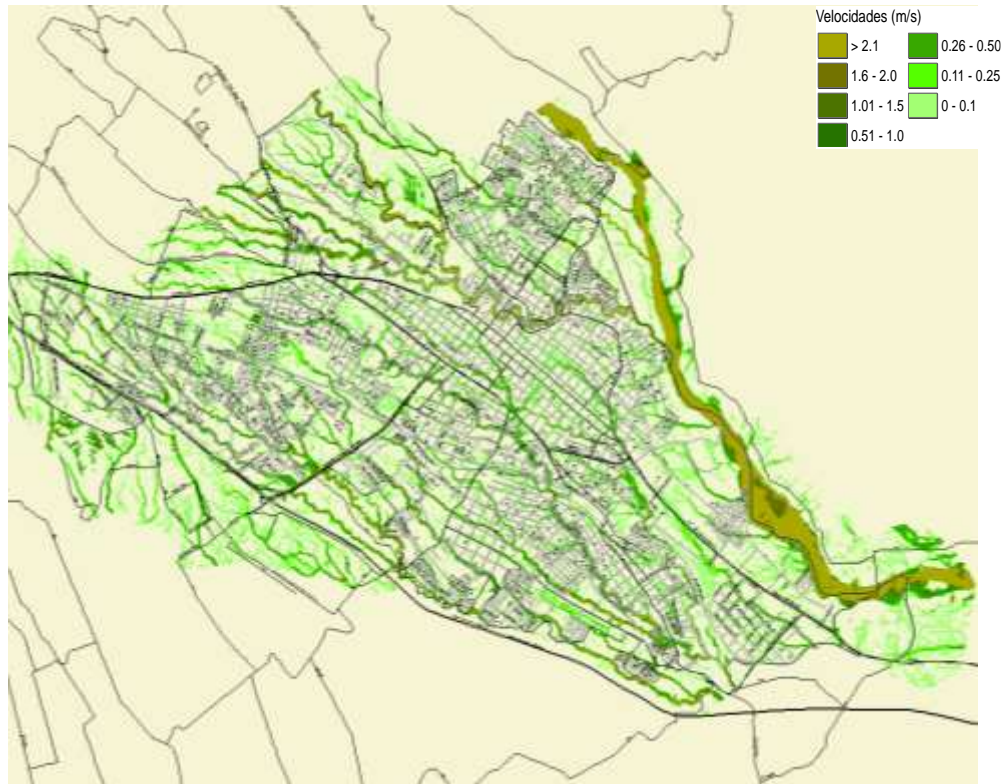


Figura 5.23 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 50 años

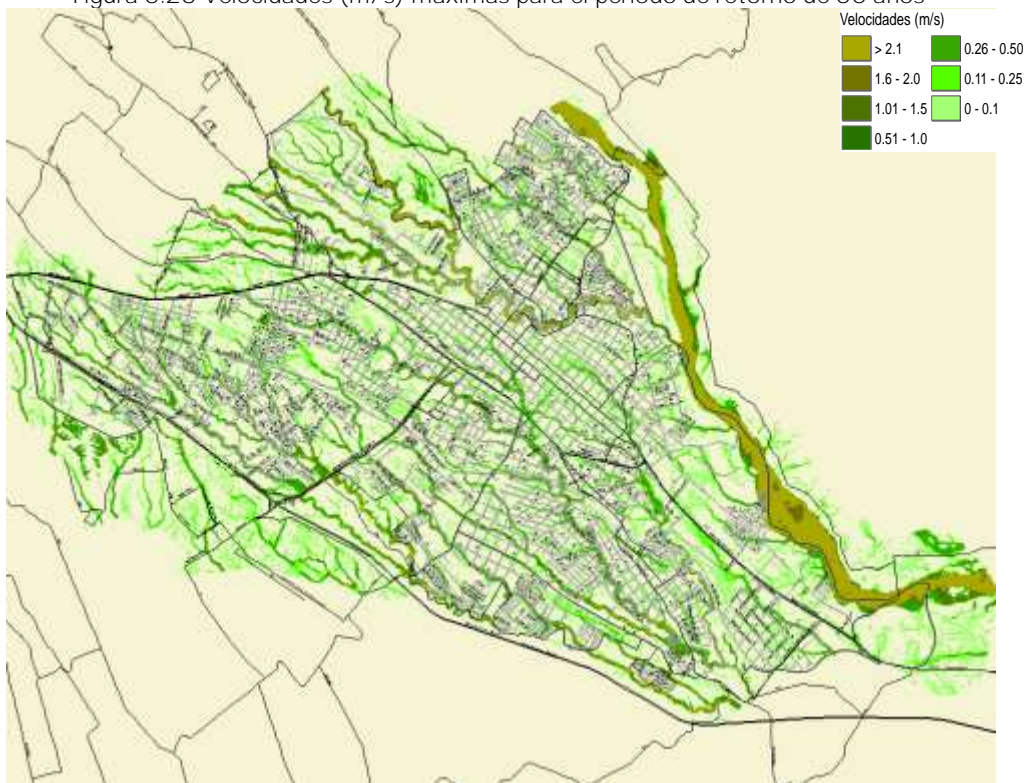


Figura 5.24 Velocidades (m/s) máximas para el periodo de retorno de 100 años

### 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 Seco con el objeto de conocer directamente la evolución del caudal y volumen. Los hidrogramas para las avenidas de diseño de un tr de 2 y 100 años presentan la característica que el gasto máximo se incrementa a la salida, debido a que existe una aportación de gasto de la subcuenca 7 (río seco) que entran al área de estudio; aunado a esto, está el del caudal generado por el proceso de lluvia, lo cual se integra al sistema a través de un hietograma en el área de estudio.

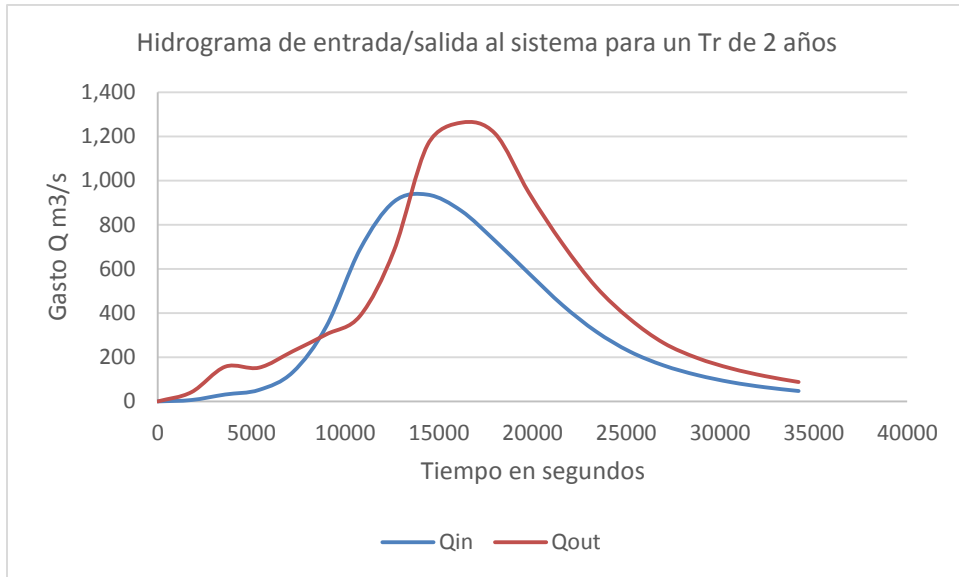


Figura 5.25 hidrograma de entrada/salida para un Tr de 2 años

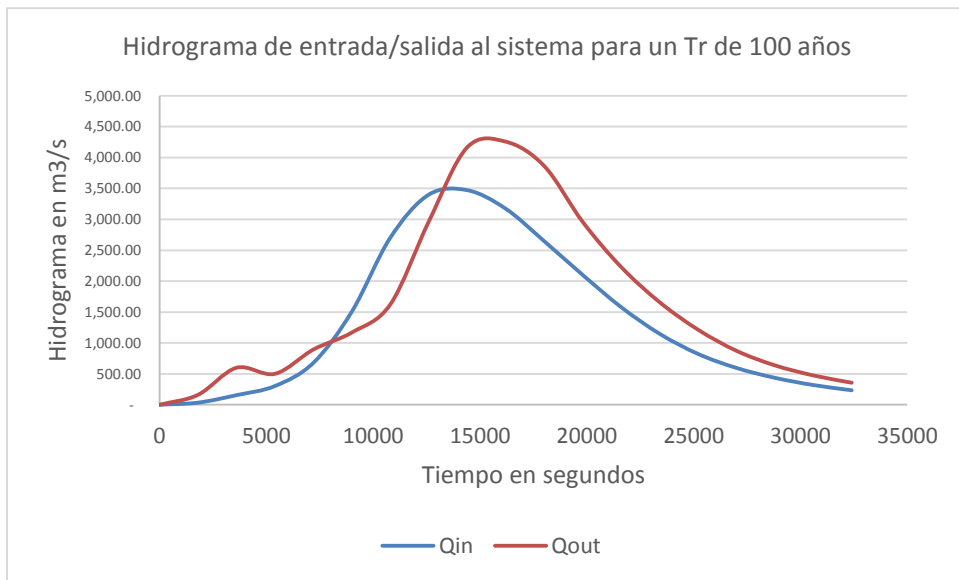


Figura 5.26 hidrograma de entrada/salida para un Tr de 100 años

La sección transversal de la figura en donde se analizaron los niveles máximos alcanzados para los cinco periodos de retorno es sobre el río San Antonio en la confluencia con el arroyo los lirios a 700 metros aguas arriba de la confluencia con el río Seco.

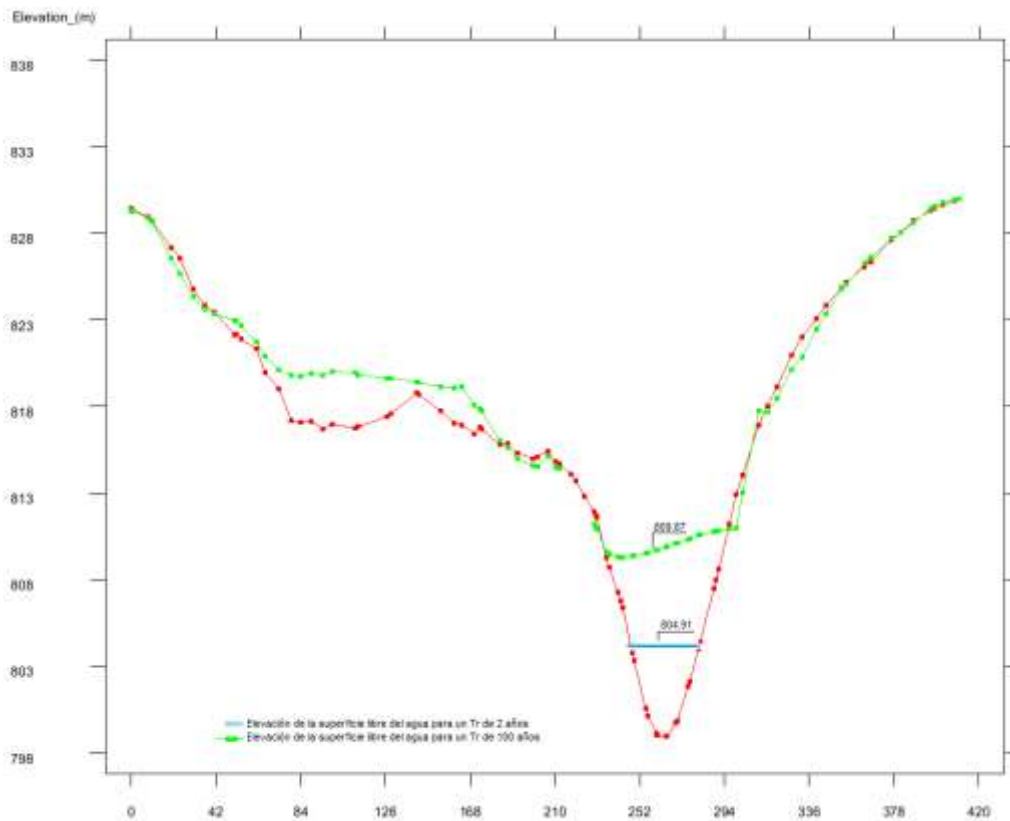


Figura 5.27 Hidrograma de entrada/salida para un Tr de 100 años

Tabla 5.6 Elevación sobre el nivel del mar en la sección representada en la figura 5.27

Periodo de retorno (Tr años)	Tirante máximo (msnm)
2	804.91
5	806.19
10	807.48
50	808.84
100	809.87

La gestión de las tierras inundables sigue siendo responsabilidad de los gobiernos locales. El gobierno del estado debe proporcionar asesoramiento técnico y especialista en asistencia para los estudios financieros y de capital, ayudar a las comisiones en el desempeño de sus responsabilidades de gestión en las llanuras de inundación.

## 5.6 Elaboración del mapa de severidad

Para dar mayor detalle de la estimación del daño por inundación, en los últimos años en México se ha venido usando con mayor frecuencia el “diagrama de resistencia al vuelco”, mejor conocido como Diagrama de Dórrigo (Figura 5.28. Peterson, 2007). El cual, en función de la velocidad del flujo y del tirante alcanzado por la inundación, permite identificar posibles efectos en cualquier punto de la zona inundada.

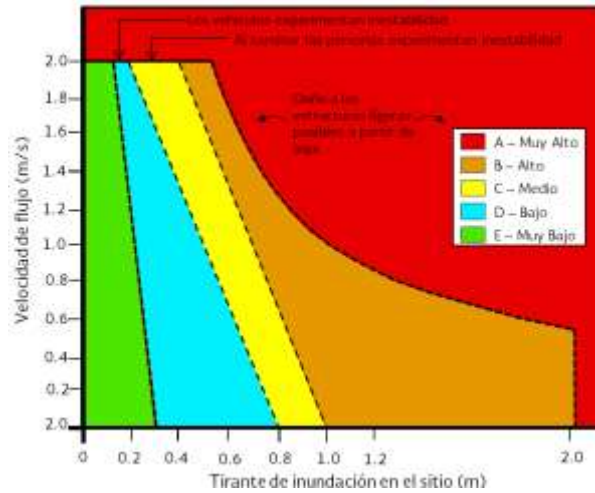


Figura 5.28 Diagrama de Dórrigo

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

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

En la Figura 5.29 se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.

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

Figura 5.29 Código de colores para elaborar mapas de severidades

El mapa de severidad permite que toda la zona afectada por la inundación sea clasificada en función de los efectos generados por la combinación del tirante y la velocidad



estimados a través de la modelación hidráulica. Puede ser útil para restringir aquellas zonas que no deben ser utilizadas, o bien, reglamentar los usos del suelo que comprometan menos a la población o a la misma infraestructura, en función de esa severidad.

La elaboración de un mapa de severidad por inundación requiere los resultados de un modelo bidimensional (tirantes y velocidades calculadas en cada celda de la zona modelada). Estas variables se almacenan en archivos ráster (matrices de valores de velocidad por un lado y matrices de valores de tirantes por el otro), que se conforman a partir de la extracción del valor de ambas variables en cada celda y para cada tiempo de cálculo de la modelación, es decir:

- a) en la primera iteración se genera un archivo con el valor que resulte de cada variable en la matriz de tirantes y en la matriz de velocidades,
- b) en el paso siguiente se compara el resultado obtenido para las variables tirante y velocidad en toda la zona de análisis, con el valor existente (del primer paso de tiempo) en la matriz de tirantes y en la de velocidades y, en caso de que el nuevo valor sea mayor al existente, se sustituye y se guardan las nuevas matrices de tirantes y velocidades,
- c) para el resto de los paso de cálculo, y hasta el final de la simulación, se realiza la misma comparación entre el valor obtenido en cada paso de tiempo y los de las matrices de tirantes y velocidades existentes y cada vez que algún nuevo valor sea mayor a su antecesor, se sustituye,
- d) al final del proceso, la matriz velocidad y la matriz de tirantes contendrán el valor máximo alcanzado por cada variable en la zona de estudio, es decir, representarán la envolvente de tirantes máximos (Figura 5.30) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.31).



Figura 5.30 Envolvente de tirantes máximos

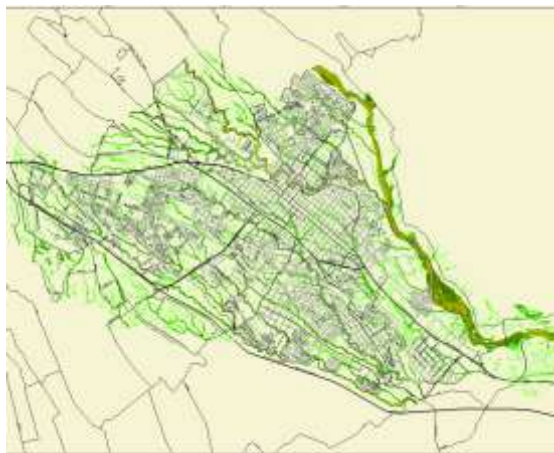


Figura 5.31 Envolvente de velocidades máximas

- e) Por último, el mapa de severidades resulta de identificar la pareja de valores  $(y,v)$  para cada elemento de la matriz y verificar en qué zona del Diagrama de Dórrigo se ubica, procediendo a clasificar cada elemento (Figura 5.32).



Figura 5.32 Mapa de severidad para un periodo de retorno

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

## 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).

Avenida Súbita. Es el incremento en el nivel del agua en el río, debido a que por él fluye un caudal mayor a lo normal, con un corto tiempo entre el momento en que se generan y el momento en que se detecta. A estos fenómenos se debe el mayor número de pérdida de vidas humanas y daños materiales (4).

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).

Percepción del riesgo. Percepción de un riesgo por parte de una persona o grupo de personas; refleja los valores culturales y personales, así como la experiencia por eventos pasados de desastre (3).

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 de el 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).

Resiliencia: Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos (5,7).

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).

Seguro contra desastres. Pólizas de seguros patrocinadas por entidades privadas o del gobierno para la protección contra pérdidas económicas que resulten de un desastre (2).

Simulacro. Ejercicio para toma de decisiones y adiestramiento en desastres dentro de una comunidad amenazada, con el fin de representar situaciones de desastre para promover una coordinación más efectiva de respuesta, por parte de autoridades pertinentes y de la población (2).

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 despliegado 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).

Zonificación. Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc. en sectores homogéneos con respecto a ciertos criterios, como, por ejemplo, la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, requisitos en materia de protección contra una amenaza dada (2).

(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/reclnat/usuarios/doc/dd\\_usyv\\_v1\\_250k.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usuarios/doc/dd_usyv_v1_250k.pdf)

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

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

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

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