



**MÉXICO**  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E  
INGENIERÍA DE RÍOS

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

PROGRAMA CONTRA CONTINGENCIAS  
HIDRÁULICAS PARA LA ZONA URBANA DE  
YURIRIA, GUANAJUATO.  
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA VIII  
LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para  
la Zona Urbana de Yuriria, Guanajuato

Región Hidrológico-Administrativa VIII,  
Lerma-Santiago-Pacífico

## Contenido

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Introducción .....  | 1  |
| 2.    | Gestión integrada de crecidas .....   | 2  |
| 2.1   | La perspectiva a largo plazo .....  | 4  |
| 2.2   | Políticas y estrategias de gestión integrada de crecientes .....                                    | 5  |
| 2.3   | Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....                             | 8  |
| 2.4   | Matriz de análisis de las leyes estatales de protección civil .....                                 | 10 |
| 2.5   | Instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....   | 12 |
| 2.5.1 | Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos..... | 15 |
| 3.    | Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables .....  | 21 |
| 3.1   | Identificación de zonas potencialmente inundables.....  | 23 |
| 3.2   | Socioeconómica.....   | 23 |
| 3.3   | Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....  | 24 |
| 3.3.1 | Subcuencas de aportación.....   | 24 |
| 3.3.2 | Relieve.....  | 25 |
| 3.3.3 | Uso de Suelo.....   | 26 |
| 3.3.4 | Edafología.....   | 27 |
| 3.3.5 | Precipitación.....  | 28 |
| 3.3.6 | Escurrimiento.....  | 33 |
| 3.4   | Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación .....                       | 34 |
| 3.5   | Descripción de inundaciones históricas relevantes .....   | 36 |
| 3.6   | Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes<br>36                |    |
| 3.7   | 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.....                        | 40 |
| 5.    | Evaluación de riesgos de inundación .....  | 44 |
| 5.1   | Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema .....                     | 44 |
| 5.1.1 | Cálculo de las lluvias de diseño .....   | 44 |
| 5.1.2 | Construcción de tormentas hipotéticas .....  | 45 |
| 5.1.3 | Modelo lluvia-escurrimiento .....  | 47 |
| 5.1.4 | Resultados.....  | 48 |
| 5.2   | Modelo hidráulico.....   | 49 |
| 5.2.1 | Procesamiento del modelo digital de elevaciones .....                              | 51 |
| 5.2.2 | Infraestructura.....   | 52 |
| 5.3   | Simulación en las condiciones actuales .....                                       | 52 |
| 5.4   | Resultados.....  | 56 |
| 5.5   | Estimación de la severidad .....   | 61 |
| 5.6   | Análisis de los resultados.....  | 66 |
|       | ANEXOS.....  | 77 |
|       | REFERENCIAS.....   | 81 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas.....  | 3  |
| Figura 3.1 Ubicación del área de estudio en la RHA Lerma-Santiago-Pacífico.....                              | 21 |
| Figura 3.2 Municipios que cubren la zona de estudio.....   | 22 |
| Figura 3.3 Zonas potencialmente inundables para un $T_r = 40$ años.....                                      | 23 |
| Figura 3.4 Zona urbana de Yuriria, Guanajuato. ....  | 24 |
| Figura 3.5 Subcuencas.....   | 25 |
| Figura 3.6 Relieve.....  | 26 |
| Figura 3.7 Uso de suelo en la cuenca/ciudad Yuriria, Gto.....  | 27 |
| Figura 3.8 Edafología.....   | 28 |
| Figura 3.9 Estaciones climatológicas convencionales.....   | 29 |
| Figura 3.10 Estaciones Meteorológicas Automáticas.....   | 30 |
| Figura 3.11 Hietograma medio en la Ciudad/Cuenca Yuriria, Gto. ....  | 31 |
| Figura 3.12 Número de escurrimiento por subcuenca. ....  | 33 |
| Figura 3.13 Red de drenaje en la Ciudad/Cuenca Yuriria y zonas de riesgo de inundación (círculos rojos)..... | 34 |
| Figura 3.14 Ríos principales en la cuenca de la zona urbana de Yuriria, Gto.....                             | 35 |
| Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas convencionales.....   | 38 |
| Figura 4.2 Marginación en la zona urbana de Yuriria, Gto.....  | 43 |
| Figura 5.1 Eventos de lluvia (24 horas) en la cuenca de la zona urbana de Yuriria, Gto..                     | 45 |
| Figura 5.2 Distribución de la lluvia (100 años) a partir de una tormenta histórica en la Zona Urbana. ....   | 46 |
| Figura 5.3 Hietograma de lluvia efectiva (100 años) para el área de modelación incluida la Zona Urbana.....  | 47 |
| Figura 5.4 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.....                                      | 48 |
| Figura 5.5 Hidrogramas para 100 años de periodo de retorno. Subcuencas 1, 2 y 3.....                         | 49 |
| Figura 5.6 Esquema del modelo hidráulico.....  | 50 |
| Figura 5.7 Entradas consideradas a la zona de modelación incluida la zona urbana de Yuriria, Gto.....        | 50 |
| Figura 5.8 Perfil longitudinal sin errores considerables.....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 5.9 Perfil longitudinal con errores considerables. ....  | 51 |
| Figura 5.10 Discretización del mallado en la zona de modelación. ....                                     | 53 |
| Figura 5.11 Variación del coeficiente de rugosidad en la zona de Yuriria. Gto. ....                       | 55 |
| Figura 5.12 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 2 años. ....   | 56 |
| Figura 5.13 Mapa de velocidades para un Tr de 2 años. ....  | 57 |
| Figura 5.14 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 5 años. ....   | 57 |
| Figura 5.15 Mapa de velocidades para un Tr de 5 años. ....  | 58 |
| Figura 5.16 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 10 años.....   | 58 |
| Figura 5.17 Mapa de velocidades para un Tr de 10 años.....  | 59 |
| Figura 5.18 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 50 años.....   | 59 |
| Figura 5.19 Mapa de velocidades para un Tr de 50 años.....  | 60 |
| Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 100 años.....  | 60 |
| Figura 5.21 Mapa de velocidades para un Tr de 100 años.....   | 61 |
| Figura 5.22 Diagrama de Dorrigo. ....   | 61 |
| Figura 5.23 Código de colores para elaborar mapas de severidades.....                                     | 62 |
| Figura 5.24 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.....                                   | 63 |
| Figura 5.25 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.....                                   | 64 |
| Figura 5.26 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años. ....                                 | 65 |
| Figura 5.27 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años. ....                                 | 65 |
| Figura 5.28 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años. ....                                | 66 |
| Figura 5.29 Hidrodinámica de la Laguna de Yuriria para un Tr de 100 años.....                             | 67 |
| Figura 5.30 Localidades vulnerables y zona urbana de Yuriria para un periodo de retorno de 100 años. .... | 68 |
| Figura 5.31 Mapa de tirantes máximos para un período de retorno de 100 años.....                          | 68 |
| Figura 5.32 Comunidades vulnerables a inundaciones, periodo de retorno de 100 años.                       | 69 |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecientes.....                               | 6  |
| Tabla 2.2 Matriz de análisis de las leyes de protección civil de Guanajuato. ....                 | 10 |
| Tabla 2.3 Instituciones involucradas en la GIC. ....  | 15 |
| Tabla 3.1 Municipios en la cuenca de estudio.....   | 22 |
| Tabla 3.2 Características generales de las subcuencas. ....                                       | 24 |
| Tabla 3.3 Uso de suelo.....   | 26 |
| Tabla 3.4 Edafología.....   | 27 |
| Tabla 3.5 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio .....                            | 29 |
| Tabla 3.6 Lluvia máxima en 24 horas por estación climatológica. ....                              | 31 |
| Tabla 3.7 Descripción de los cuatro grupos de suelo. ....   | 33 |
| Tabla 3.8 Características generales de los arroyos principales.....                               | 35 |
| Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados .....  | 37 |
| Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio .....                       | 37 |
| Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del Índice de Marginación Urbana por AGEB, 2010.<br>.....     | 41 |
| Tabla 4.4 Información complementaria por indicador y tipo de población. ....                      | 42 |
| Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Yuriria, Gto..... | 43 |
| Tabla 5.1 Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca .....                   | 45 |
| Tabla 5.2 Características generales de las avenidas de entrada. ....                              | 49 |
| Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de acuerdo con el uso de suelo. ....           | 54 |

## 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 daños a la población, a la infraestructura, a los servicios y a los sistemas de producción.

Entre 1980 y 2007, las lluvias intensas afectaron a más de ocho millones de personas y ocasionaron daños económicos superiores a los 130 mil millones de pesos. En este periodo, los ciclones Stan e Isidore fueron los que afectaron al mayor número de personas, mientras Emily, Stan y Gilbert, ocasionaron los mayores daños económicos.

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. No obstante, las inundaciones no se presentan sólo en las áreas con precipitaciones abundantes: también ocurren en zonas bajas, áreas urbanas e incluso en zonas áridas.

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

Dadas las condiciones actuales y con el fin de atender anticipadamente los impactos de la ocurrencia de estos eventos, y con ello minimizar los daños provocados por las inundaciones, el Lic. Enrique Peña Nieto – Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos– en enero del 2013, instruyó la puesta en marcha del Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH) para proteger a la población, a sus bienes y 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, y como parte de una segunda etapa, 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 Yuriria, Guanajuato*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma-Santiago-Pacífico. Contiene la caracterización de la zona urbana, considerando los aspectos económicos, sociales y ambientales, el diagnóstico de la problemática existente, un análisis de riesgo en el que se encuentra la población y zonas productivas. Finalmente se presenta una propuesta de acciones que ayuden a prevenir y mitigar los daños causados por inundaciones.



## 2. Gestión integrada de crecidas

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos como lluvias torrenciales y ausencia de precipitaciones constituyen componentes de la variabilidad climática que se manifiestan como inundaciones y sequías, y que pueden llegar a causar estragos socioeconómicos y ambientales en diversos grados. Pérdidas de vidas y bienes; migraciones humanas y animales masivas; degradación del medio ambiente; y escasez de alimentos, energía, agua y afectaciones en otras necesidades básicas son ejemplos de ello.

La necesidad de mitigar los efectos de la sequía y 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.

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 elementos centrales, al igual que la creación y el fortalecimiento de instituciones, de mecanismos y de capacidad a todos los niveles.

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.

De acuerdo al documento conceptual “Gestión integrada de crecientes”, No. 1047 en su edición 2009 y al Programa Asociado de Gestión de crecidas (WMO – GWP), plantear los problemas 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,

La Gestión Integrada de Crecientes (GIC) abarca el desarrollo de recursos hídricos y de la tierra en una cuenca fluvial con miras a optimizar los beneficios de las llanuras inundables, reduciendo con ello al mínimo la pérdida de vidas humanas y de bienes. Aplicar la GIRH para conseguir un desarrollo sostenible tiene como objetivo mejorar, de forma duradera, las condiciones de vida de todos los habitantes en un entorno que goce de equilibrio, seguridad y libertad de elección. Este tipo de gestión requiere integrar los sistemas naturales y humanos así como los de la gestión de tierras y la explotación de recursos hídricos.

---

<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.

Por otro lado, al igual que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la GIC 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. Este 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.



Figura 2.1 Gestión integrada de crecidas

La instrumentación en México de la GIRH y la GIC se establece en función de compatibilizar el uso del recurso agua para la generación de energía eléctrica y el control de inundaciones para evitar daños en centros de población y áreas productivas. El manejo de las crecientes actualmente se basa en la operación anticipada de las presas para control de avenidas antes del arribo de un evento hidrometeorológico severo. En este manejo la comunicación entre el meteorólogo y el hidrólogo es crítica con el fin de evaluar escenarios y determinar el más probable, con el objeto de manejar las crecientes con la anticipación que otorga el pronóstico de la precipitación.

#### Reparto de competencias institucionales

En materia de riesgos y desastres, la responsabilidad de su atención local recae en el municipio. No obstante, entre el municipio, el estado y la federación, existe un lógico reparto de competencias institucionales. En el orden federal se cuenta con la Ley General de Protección Civil que en su artículo 4 fracción I señala que las políticas públicas en materia de protección civil, se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, identificar, analizar los riesgos como sustento para la implementación de las medidas de prevención y mitigación, entre otras. El Artículo 7 fracción I de la misma Ley de referencia, señala que le corresponde al Ejecutivo Federal en la materia, asegurar el correcto funcionamiento del Sistema Nacional y dictar los lineamientos generales para coordinar las labores de protección civil en beneficio de la población, sus bienes, fracción II de la incorporación de la Gestión Integral de Riesgos, fracción III del Proyecto de Presupuestos de Egresos de la Federación de cada Ejercicio Fiscal, fracción IV emitir la declaratoria de emergencia o desastre de origen natural.

Artículo 9 señala que se deberá realizar la organización, políticas públicas de protección civil en forma coordinada entre los tres órdenes de Gobierno (Federal, Estatal y Municipal).

Po otro lado, está la Ley General de Asentamientos Humanos que en su Artículo 1 fracción I señala que se deber establecer la concurrencia de la Federación, Entidades Federativas y Municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional. El Artículo 6 señala que le corresponde a la Federación en materia de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y de desarrollo urbano de los centros de población que tiene el Estado, serán ejercidos en forma concurrente entre los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) dentro del ámbito de competencia que se señala en nuestra Carta Magna.

El Manual para el control de inundaciones en el Artículo 1.5 hace alusión a Planes de desarrollo de emergencias de control de inundaciones de protección civil a atención a la Salud, señala que se desarrolla las actividades por CONAGUA en sus jurisdicciones hidrológicas administrativos en los planes de protección civil, apegados al Sistema Nacional de Protección Civil.

A nivel estatal se cuenta con las Leyes de Protección Civil de los Estados. A nivel municipal la Ley General de Asentamientos Humanos. Artículo 9 fracción I, señala que corresponde a los Municipios, formular, aprobar y administrar los planes o programas municipales de desarrollo urbano de los centros de población, evaluar su cumplimiento, fracción V señala el de proponer la fundación de centros de población.

## 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 o anterior 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 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. Sequías, inseguridad alimenticia, temperaturas extremas, inundaciones, incendios forestales, infestaciones de insectos, movimientos de tierra – entre otros– asociados a situaciones de origen hidrológico, granizadas y huracanes, representan una porción significativa de los daños estimados ocasionados por desastres, lo que significó en 2009 daños por 35,409 millones de dólares, el 85% del total ocasionados por todo tipo de desastres.

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. Para tomar decisiones sobre la priorización

apropiada de los esfuerzos de gestión de las inundaciones se 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. 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 crecientes

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 crecientes (pequeñas, medianas e importantes)
- Identificar aspectos positivos de las crecientes. Es decir usar las llanuras de inundación en la agricultura, acuicultura, recarga de acuíferos, etc.
- Gestionar todo tipo de crecientes 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 crecientes 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 crecientes 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 crecientes

| Estrategia               | Opciones                                |
|--------------------------|---|
| Reducir las inundaciones | Presas y embalses                       |
|                          | Diques, malecones y obras de contención |
|                          | Desviación de avenidas                  |
|                          | Ordenación de cuencas                   |
|                          | Mejoras a los canales                   |

| Estrategia   | Opciones   |
|--|--|
| Reducir la vulnerabilidad a los daños                          | Regulación de las planicies de inundación                          |
|  | Políticas de desarrollo y reaprovechamiento                        |
|  | Diseño y ubicación de las instalaciones                            |
|  | Normas para viviendas y construcciones                             |
|  | Protección de elementos situados en zona inundable                 |
| Atenuar los efectos de las inundaciones                        | Predicción y alerta de crecientes                                  |
|  | Información y educación  |
|  | Preparación en caso de desastres                                   |
|  | Medidas de recuperación después de la inundación                   |
| Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación | Seguro contra inundaciones   |
|  | Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundación |

Fuente: Documento OMM-N°1047

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

- La población debe participar en todos los niveles de la toma de decisiones.
- Se debe alentar la participación de usuarios y responsables de la planificación y las instancias normativas de todos los niveles, bajo el siguiente enfoque:
  - Abierto, transparente, integrador y comunicativo.
  - Descentralización del proceso de la toma de decisiones y debe incluir la realización de amplias consultas con la población.
  - Colaboración de representantes de todos los ámbitos afectados, de las diferentes áreas geográficas de la cuenca fluvial (aguas arriba y aguas abajo).
- Definir objetivos y responsabilidades de todos los actores involucrados en la gestión de crecientes.
- 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 crecientes.
- Promover la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales y administrativas.

Bajo este contexto se formula el Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la Zona Urbana de Yuriria, Guanajuato 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 evaluará el riesgo para identificar zonas potencialmente inundables, se propondrá el uso adecuado de llanuras de inundación, se evaluará y se seleccionarán las mejores medidas para disminuir los daños (prevaleciendo acciones no estructurales por encima de las estructurales), se incluirá 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.

Sin embargo, para la aplicación efectiva del concepto de GIC 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 ante a los desastres. 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

---

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

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

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

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

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

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

El procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN es el siguiente (Anexo 1):

- 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 las leyes estatales de protección civil

La ley vigente de Protección Civil del Estado de Guanajuato con sus más recientes reformas fue publicada en el Diario Oficial del año 1997. El objeto de la ley es establecer las normas, criterios y principios, a que se sujetarán los programas, políticas y acciones de protección civil; las bases para la prevención, mitigación, auxilio y recuperación ante la presencia de un fenómeno perturbador de origen natural o humano; los mecanismos para implementar las acciones de prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, sus bienes y el entorno, el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, en los casos de emergencia y desastre; las bases de integración y funcionamiento de los Sistemas Estatal y Municipales de Protección Civil; y, las normas y principios para fomentar la cultura de la protección civil y de la autoprotección de los habitantes del Estado.

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

La Tabla 2.2 resume los componentes incluidos en la ley estatal de protección Civil y que son de utilidad en la Gestión de Crecidas.

Tabla 2.2 Matriz de análisis de las leyes de protección civil de Guanajuato.

| No. | Descripción  | GUANAJUATO |
|-----|--|------------|
| 1   | Año de emisión                                     | 1997       |
| 2   | Números de artículos                               | 104        |
| 3   | Artículos transitorios                             | 5          |
| 4   | Clasificación de riesgos                           | X          |
| 5   | Desastres tecnológicos                             |            |
| 6   | Transfiere la primera responsabilidad al municipio |            |
| 7   | Declaratoria de emergencia                         | X          |
| 8   | Declaración estado de alerta                       |            |
| 9   | Declaración de desastre                            |            |
| 10  | Declaración de desastre natural                    |            |
| 11  | Publicación de declaratoria de emergencia          | X          |
| 12  | Publicación de declaratoria de desastre            |            |
| 13  | Declaratoria de fin de emergencia                  | X          |
| 14  | Establece PC nivel estatal                         | X          |
| 15  | Establece PC nivel municipal                       | X          |
| 16  | Promotor de estudios e investigadores              | X          |
| 17  | Promueve cultura de PC                             | X          |

| No. | Descripción   | GUANAJUATO |
|-----|---|------------|
| 18  | Coordina apoyos externos nacionales e internacionales           |            |
| 19  | Coordinación con otras entidades                                |            |
| 20  | Reconoce grupos voluntarios                                     | X          |
| 21  | Registro de grupos voluntarios                                  | X          |
| 22  | Promueve capacitación en PC                                     | X          |
| 23  | Promueve realización de simulacros                              | X          |
| 24  | Solicitud declaratoria de desastre ante gobernación             |            |
| 28  | Establece existencia de albergues                               |            |
| 29  | Integración Atlas de Riesgo a nivel estatal                     | X          |
| 30  | Integración Atlas de Riesgo a nivel municipal                   |            |
| 31  | Actualizar Atlas de Riesgos                                     |            |
| 32  | Requisa   |            |
| 34  | Promueve difusión de programas de PC                            | X          |
| 35  | Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E                           |            |
| 36  | Financiamiento institucional                                    | X          |
| 37  | Puede recibir donaciones  |            |
| 38  | Evaluación expost   |            |
| 39  | Catálogo de recursos humanos                                    | X          |
| 40  | Coordinar sistemas de comunicación                              | X          |
| 41  | Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares        |            |
| 42  | Apoyos de reubicación   |            |
| 43  | Programas especiales de PC                                      |            |
| 44  | Cualquier persona puede denunciar riesgos                       | X          |
| 45  | Promueve cultura de prevención                                  |            |
| 46  | Elaboración de peritajes de causalidad                          | X          |
| 47  | Declaración de área de protección                               |            |
| 48  | Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC |            |
| 49  | Fondo estatal o municipal para la atención de desastres         |            |
| 50  | CONAGUA forma parte del consejo estatal                         |            |

| No. | Descripción  | GUANAJUATO |
|-----|--|------------|
| 51  | Otras leyes que toquen temas de PC   |            |
| 52  | Posibilidad de creación de órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia  |            |
| 53  | Programa de premios y estímulos de PC  |            |
| 54  | Edad mínima para director de PC  |            |
| 55  | Rutas de evacuación para discapacitados  |            |
| 56  | Las universidades son parte de PC  | X          |
| 57  | Centro de operaciones móvil  | X          |
| 58  | Policía ecológica  | X          |
| 59  | Constancia de factibilidad PC para nuevos asentamientos                            | X          |
| 60  | Promueve lugares para construcción de viviendas seguras                            |            |
| 61  | PC coordina al H. cuerpo de bomberos   |            |
| 62  | Establecimientos de centros de acopio  |            |
| 63  | Cuotas de servicios de PC  |            |
| 64  | Estudios para definir albergues en el estado                                       |            |
| 65  | Contratación de seguros contra desastres   |            |
| 66  | Invitación a los mejores medios de comunicación a las sesiones del consejo estatal |            |
| 67  | Carta de corresponsabilidad  |            |
| 68  | Requisitos de medidas de evaluación  |            |
| 69  | Centros regionales permanentes de PC   |            |
| 70  | Vigila destino final de desechos sólidos   |            |
| 71  | Autoridad para deducir ubicación de un refugio temporal                            |            |
| 72  | Declaratoria de zonas de riesgo, para reubicación                                  |            |

Fuente: CONAGUA (2011)<sup>1</sup>.

## 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 pasado mes 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 la Comisión Intersecretarial para la atención de sequías e inundaciones, 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 todos 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 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 (GWP por sus siglas en inglés) 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 sus siglas en inglés como APFM, es una iniciativa conjunta de la OMM y de la GWP. El Programa promueve el concepto de gestión integrada de inundaciones, y 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.

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

Federales:

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

Estatales:

- El Ejecutivo Estatal (Gobernador) o también llamado mandatario estatal.
- Protección civil estatal.
- El Jefe de Gobierno, en el caso del Distrito Federal, así como los Jefes Delegacionales, en el ámbito de competencia de cada uno.
- Las áreas de protección civil del Distrito Federal, así como de sus delegaciones.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

Municipales:

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

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

En la Tabla 2.3 se presentan las atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos en el orden federal.

Tabla 2.3 Instituciones involucradas en la GIC.

| Instituciones  | Nivel   | Artículos        | Atribuciones   |
|--|---------|------------------|--|
| Secretaría de Gobernación (SEGOB)                            | Federal | 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)                   | Federal | 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)                                 | Federal | 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. | Federal | 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)              | Federal | 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  |

| Instituciones  | Nivel   | Artículos      | Atribuciones  |
|--|---------|----------------|---|
|  |         |                | Administración Pública Federal.- Artículo 31 fracción XVI.- Normar, autorizar y evaluar los programas de inversión pública de la Administración Pública Federal.  |
| Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)  | Federal | 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)                           | Federal | 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)   | Federal | 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)  | Federal | 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)  | Federal | 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) | Federal | 35FI           | Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes.- Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.  |

| Instituciones  | Nivel   | Artículos          | Atribuciones  |
|--|---------|--------------------|---|
| Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)                     | Federal | 36FII XXI          | Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 36 fracción II.- Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos; conducir la administración de los servicios federales de comunicación eléctricas y electrónicas y su enlace con los servicios similares públicos concesionados, con los servicios privados de teléfono, telégrafos e inalámbricos y con los estatales y extranjeros, así como del servicio público de procesamiento remoto de datos. Fracción XXI.- Construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y controles de autotransporte federal. |
| Secretaría de Educación Pública (SEP)                                | Federal | 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)   | Federal | 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)      | Federal | 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)                     | Federal | 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.   |
| <b>ORGANOS DESCENTRALIZADOS</b>                                      |         |                    |   |
| Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT) | Federal | 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.  |



| Instituciones  | Nivel   | Artículos    | Atribuciones  |
|--|---------|--------------|---|
| Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)   | Federal | 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)   | Federal | 10FII        | Estatuto Orgánico: El de atender los aspectos técnicos operativos relacionados con la generación, transmisión, transformación, control y distribución de energía eléctrica.   |
| INSTITUCIONES INVOLUCRADAS   |         |              |   |
| Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR-CICESE) | Federal | 5FXXI        | Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.   |
| Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)  | Federal | 2, 251FI     | Ley del IMSS, DOF.- 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adicionales y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley. |
| Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)                          | Federal | 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)  | Federal | 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)  | Federal | 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)  | Federal | 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  |

| Instituciones                           | Nivel                   | Artículos | Atribuciones   |
|---|-------------------------|-----------|--|
|   |                         |           | Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.   |
| Desarrollo Integral de la Familia (DIF) | Federal                 | 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)   | Federal                 | 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.  |
| Cruz Roja Mexicana                      | Internacional , Federal | 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                                | Federal                 | 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. |

### Instituciones internacionales

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde su creación 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 (GWP por sus siglas en inglés) 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 sus siglas en inglés como APFM, es una iniciativa conjunta de la OMM y GWP. El Programa promueve el concepto de gestión integrada de inundaciones, y 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. 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 por sus siglas en inglés), 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.

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

El área de estudio administrativamente se localiza en la Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico, Figura 3.1. Asimismo pertenece a la región hidrológica No.12 Lerma-Santiago y de acuerdo con la delimitación oficial con fines de la estimación de la disponibilidad de agua superficial se ubica en la cuenca denominada Laguna de Yuriria.

La cuenca de estudio queda comprendida en diez municipios, de los cuales tres abarcan menos del uno por ciento de su superficie. Solamente dos municipios, Yuriria y Morelón, tienen superficies representativas en la cuenca, Figura 3.2. En la Tabla 3.1 se muestran las superficies totales de cada municipio y la superficie que forma parte de la cuenca de estudio.

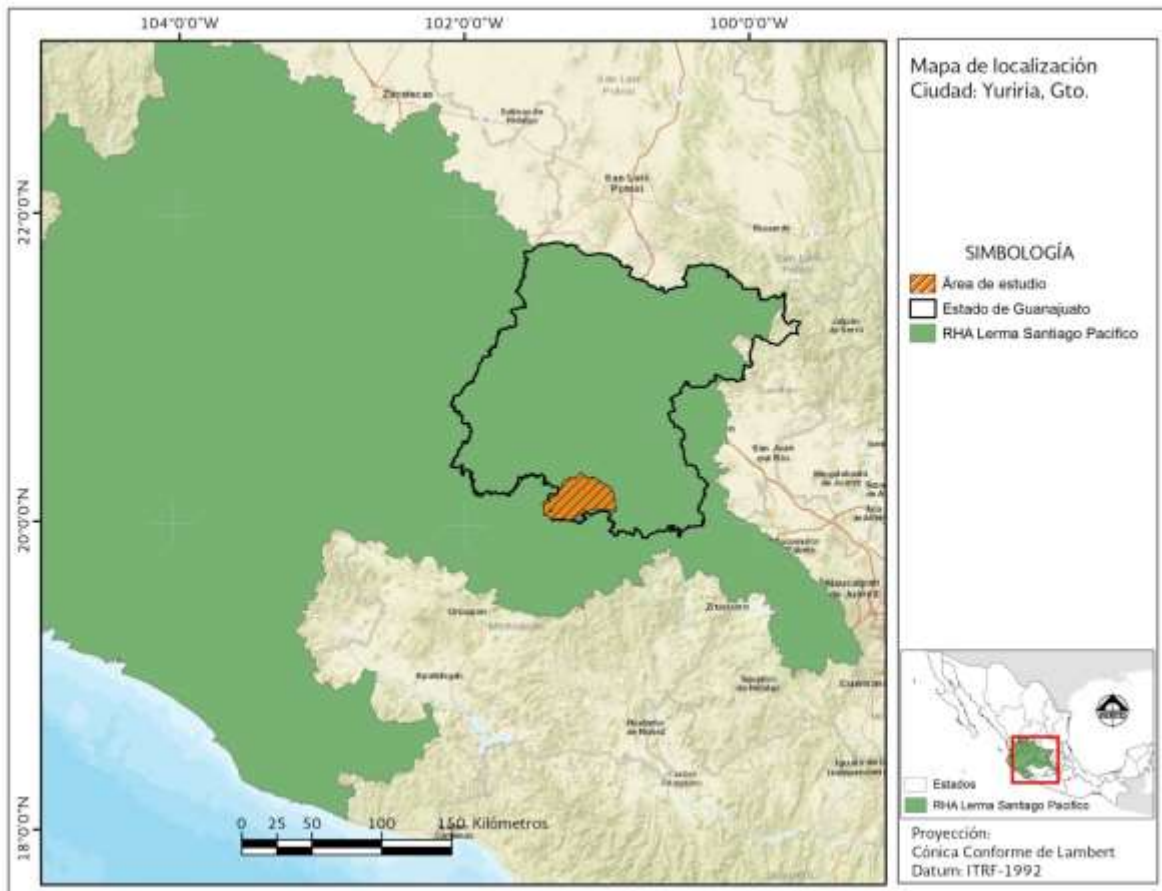


Figura 3.1 Ubicación del área de estudio en la RHA Lerma-Santiago-Pacífico.

Tabla 3.1 Municipios en la cuenca de estudio.

| Municipio          |                               | Superficie en la cuenca |       |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-------|
| Nombre             | Área total (km <sup>2</sup> ) | (km <sup>2</sup> )      | (%)   |
| Yuriria            | 661.332                       | 619.325                 | 56.38 |
| Huandacareo        | 95.529                        | 0.458                   | 0.04  |
| Morelos            | 182.090                       | 0.653                   | 0.06  |
| Puruándiro         | 713.643                       | 66.218                  | 6.03  |
| Uriangato          | 115.477                       | 85.044                  | 7.74  |
| Salvatierra        | 588.396                       | 48.674                  | 4.43  |
| Santiago Maravatío | 82.993                        | 62.170                  | 5.66  |
| Valle de Santiago  | 813.178                       | 89.318                  | 8.13  |
| Moroleón           | 158.584                       | 125.925                 | 11.46 |
| Cuitzeo            | 252.602                       | 0.679                   | 0.06  |
| Total              |                               | 1098.464                | 99.99 |

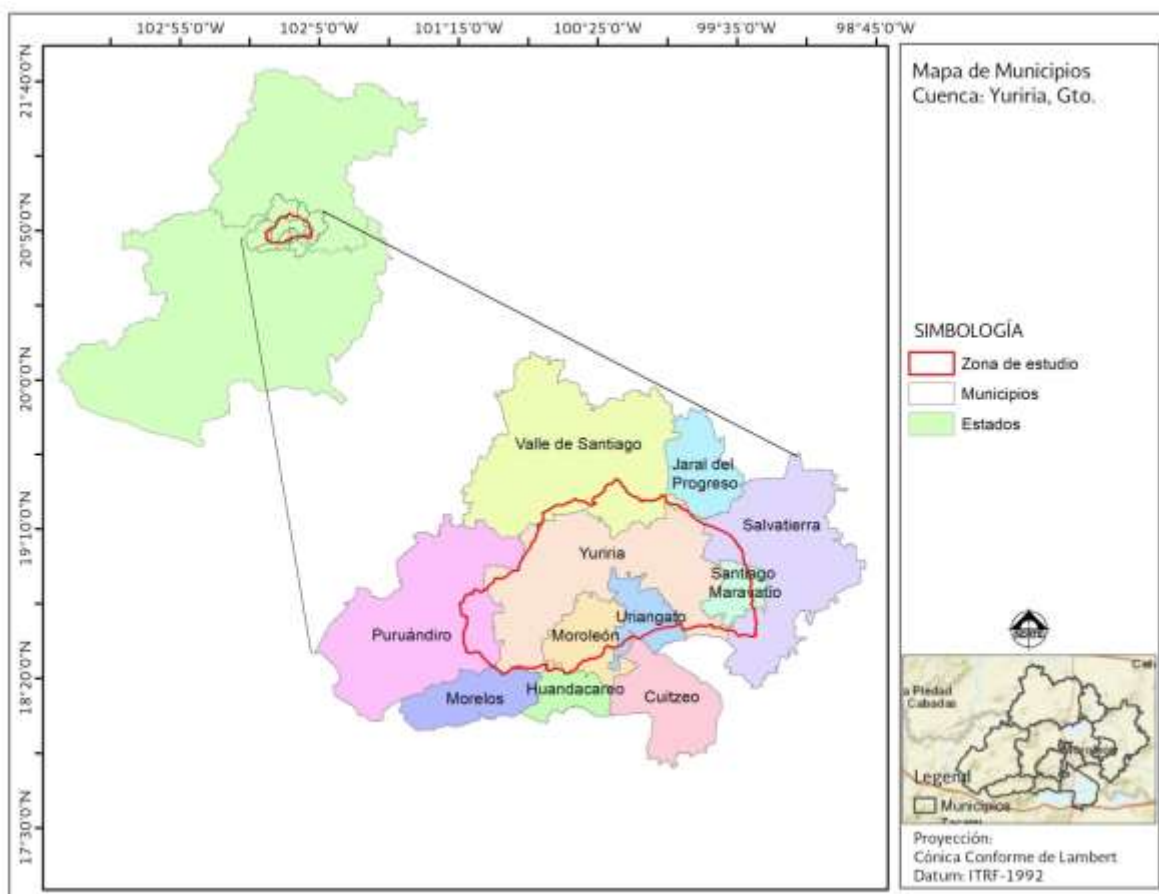


Figura 3.2 Municipios que cubren la zona de estudio.

### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

De acuerdo con la información de las áreas potencialmente inundables provenientes del mapa de Agroasemex con periodo de retorno de 40 años, se observan zonas potencialmente inundables (color azul) en el área de canales y en la zona urbana, Figura 3.3.

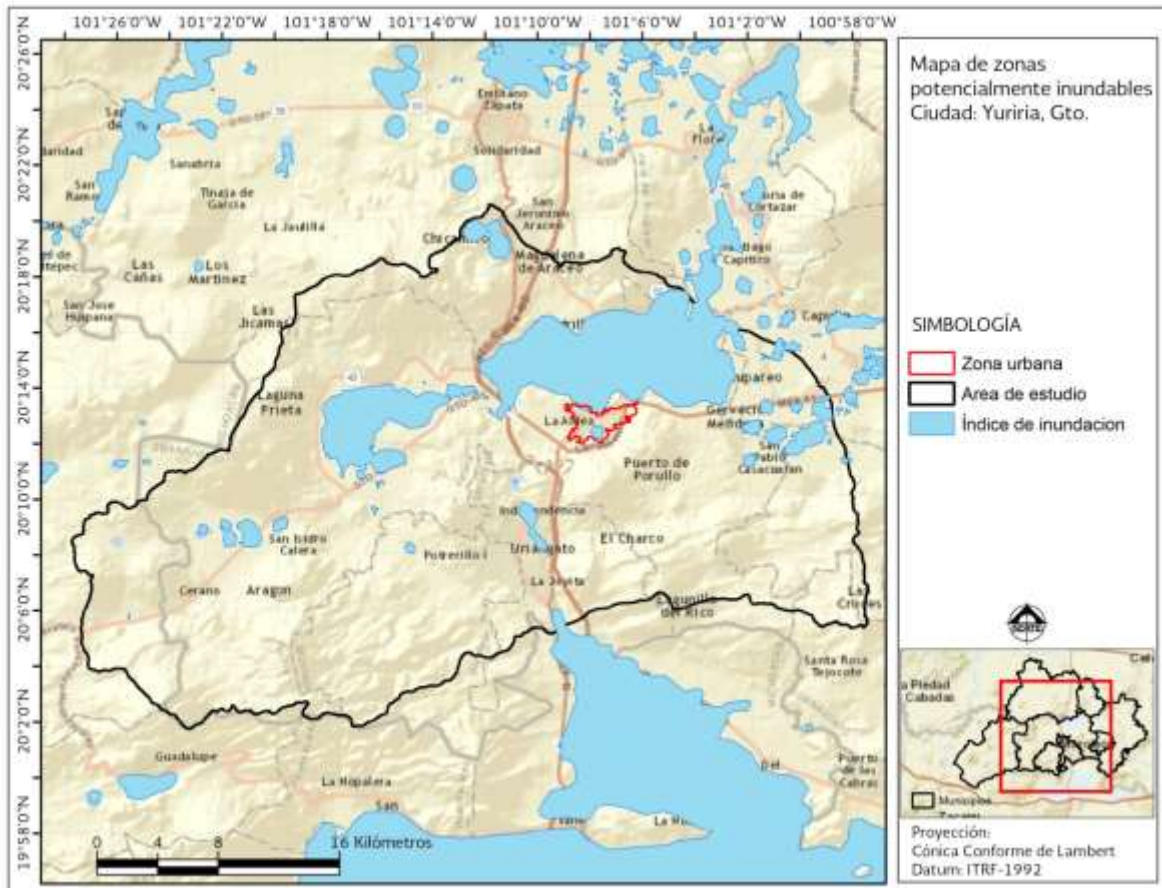


Figura 3.3 Zonas potencialmente inundables para un  $T_r = 40$  años.

### 3.2 Socioeconómica

La ciudad de Yuriria de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, cuenta con una población de 28,452 habitantes, de los cuales 3,742 son menores de 5 años y 2,407 mayores de 60. Se contabilizan 1,600 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 7.72 años. La población económicamente activa asciende a 11,025 habitantes, y en materia de salud 7,689 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas (8,433), 255 tienen piso de tierra y 6,171 cuentan con servicios.

### 3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

El área de estudio tiene una superficie total de 1,098. 46 km<sup>2</sup> y la zona urbana una extensión de 6.71 km<sup>2</sup>, Figura 3.4.

#### 3.3.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de analizar la aportación de escurrimientos a la zona urbana se subdivide la cuenca de estudio en cinco subcuencas principales. Sus características se presentan en la Tabla 3.2 y su delimitación en la Figura 3.5.

Tabla 3.2 Características generales de las subcuencas.

| Num. subcuenca | Nombre de la subcuenca | Área [km <sup>2</sup> ] | tr [h] |
|----------------|------------------------|-------------------------|--------|
| 1              | A. Cerro Prieto        | 254.04                  | 1.26   |
| 2              | A. Tejocotitos         | 213.78                  | 2.51   |
| 3              | A. Costomate           | 311.24                  | 1.26   |
| 4              | A. La Tijera           | 213.14                  | -      |
| 5              | A. Barranquilla        | 58.07                   | -      |
| -              | Laguna                 | 48.18                   | -      |
|                | Total                  | 1098.45                 |        |

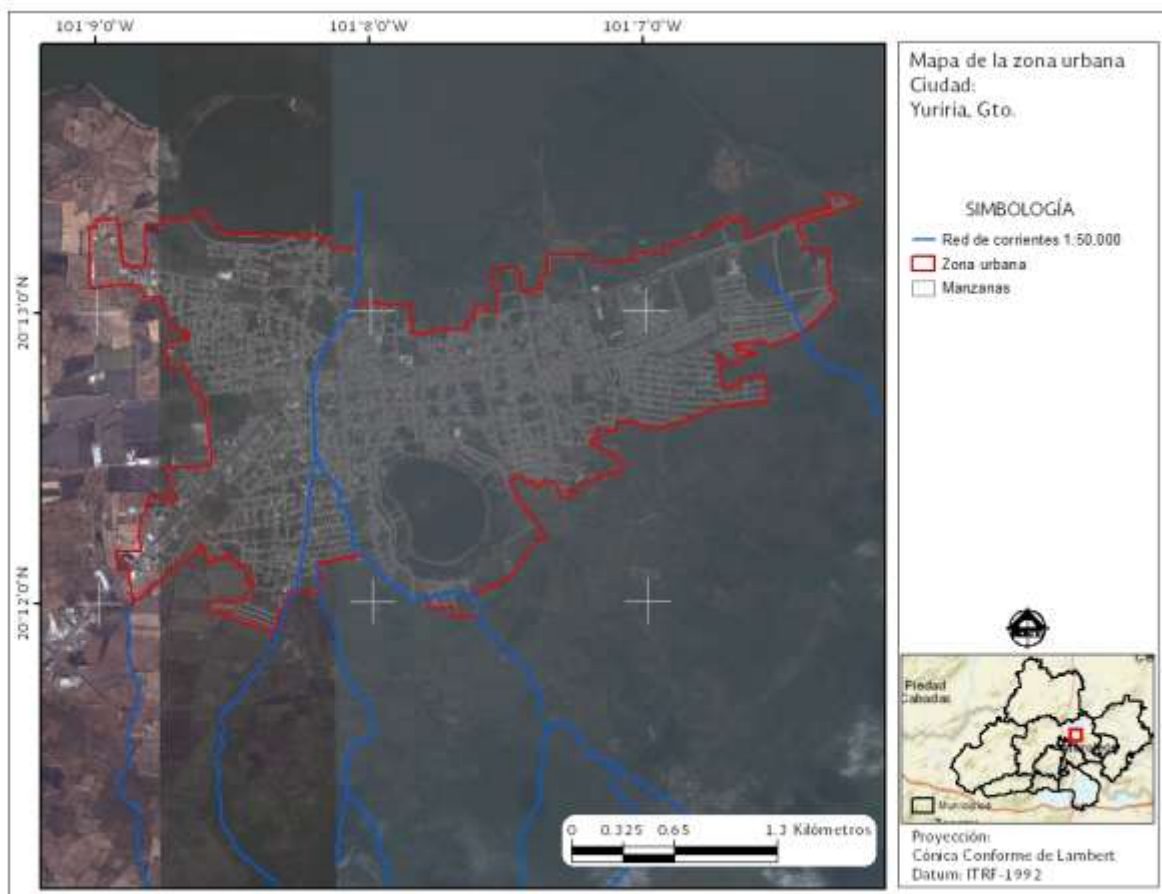


Figura 3.4 Zona urbana de Yuriria, Guanajuato.

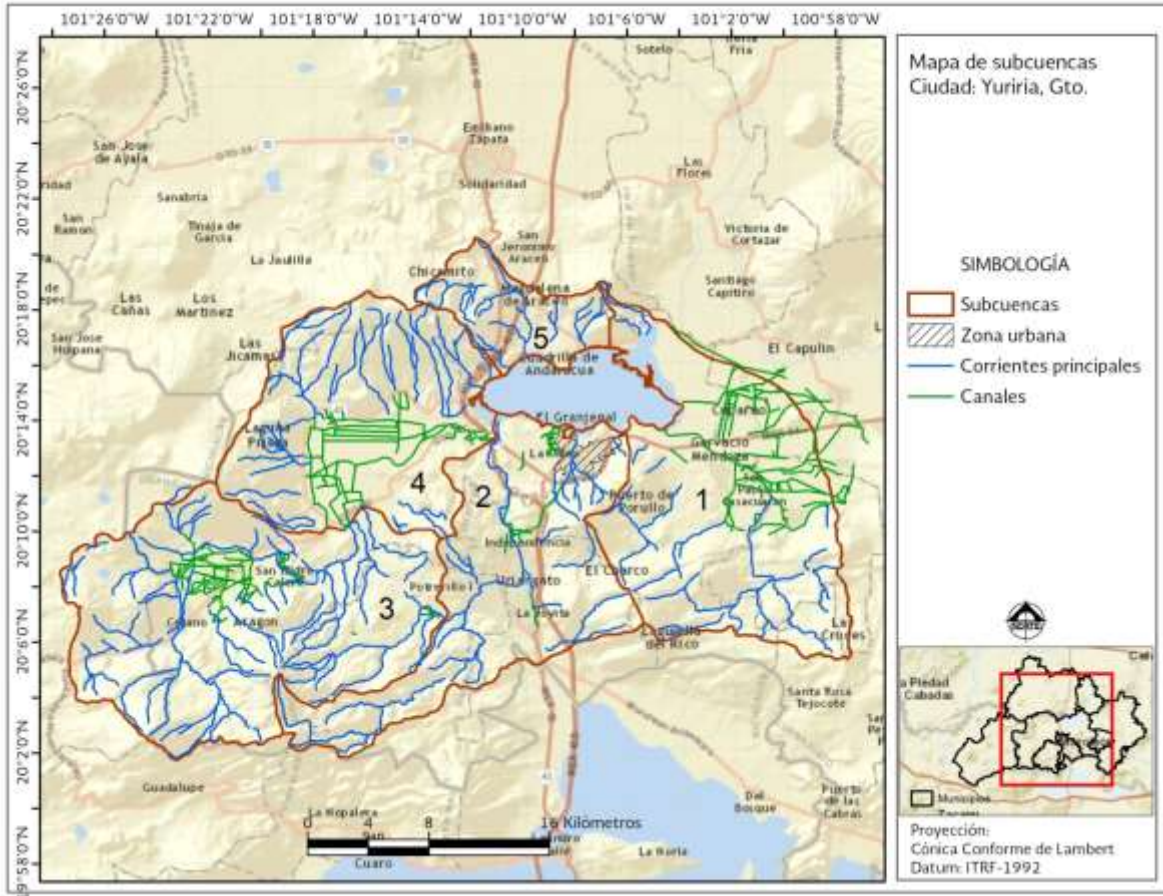


Figura 3.5 Subcuencas.

### 3.3.2 Relieve

La elevación más alta se presenta en la subcuenca 3 con un valor de alrededor de 2748 msnm y en la zona de los canales de la misma cuenca la elevación es de alrededor de 1837 msnm. La laguna presenta una cota de 1685 y la zona urbana de Yuriria en la parte norte tiene una elevación de 1735, la zona sur de 1765, y la parte oeste y este de 1746 y 1749 msnm, respectivamente, Figura 3.6.



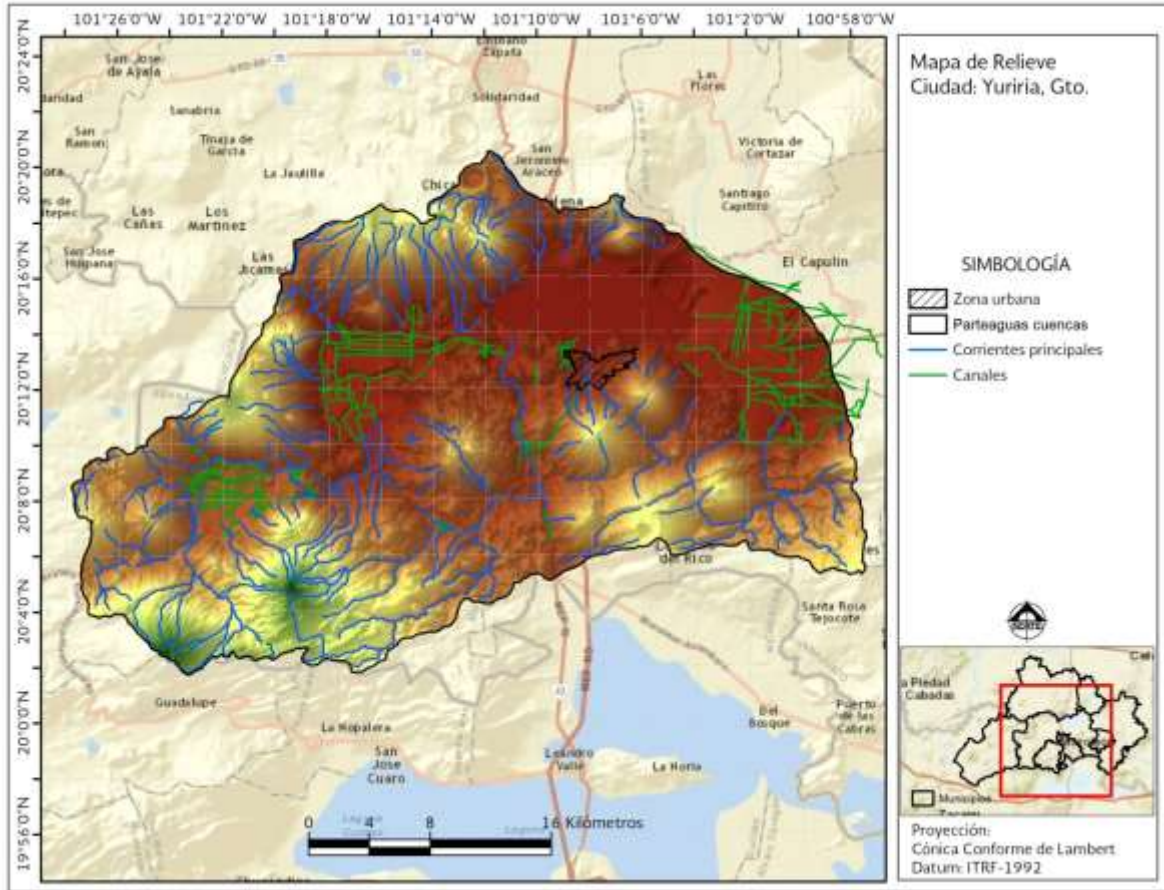


Figura 3.6 Relieve

### 3.3.3 Uso de Suelo

En la cuenca el uso de suelo predominante es la agricultura de riego con 62%, seguido de área de matorral que representa 21%, también se conserva en las partes altas un área de bosque de alrededor de 3%, Tabla 3.3. En la Figura 3.7 se muestra la distribución del uso de suelo en toda la cuenca de Yuriria.

Tabla 3.3 Uso de suelo

| Descripción                       | Clave | Área (km <sup>2</sup> ) | Porcentaje del área total |
|-----------------------------------|-------|-------------------------|---------------------------|
| Área agrícola de riego y temporal | TA    | 678.21                  | 61.7%                     |
| Bosque                            | BQ    | 37.28                   | 3.4%                      |
| Matorral subtropical              | SMS   | 234.46                  | 21.3%                     |
| Pastizal inducido                 | PI    | 40.89                   | 3.7%                      |
| Pastizal halófilo                 | PH    | 18.23                   | 1.7%                      |
| Tule                              | PC    | 8.52                    | 0.8%                      |
| Cuerpos de agua                   | H2O   | 59.10                   | 5.4%                      |
| Área urbana                       | ZU    | 21.79                   | 2.0%                      |
| Total                             |       | 1098.48                 | 100.0%                    |

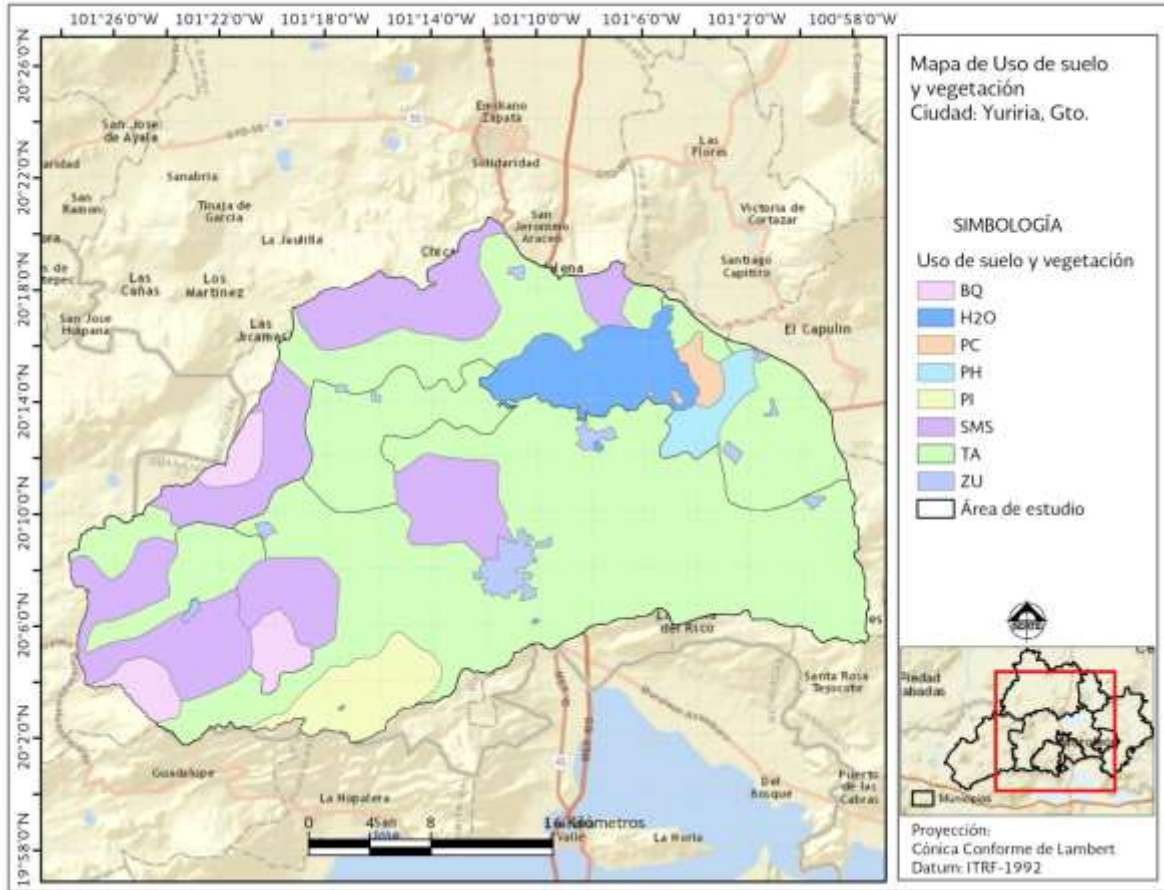


Figura 3.7 Uso de suelo en la cuenca/ciudad Yuriria, Gto..

### 3.3.4 Edafología

Con respecto al tipo de suelo se observa que el suelo primario predominante es el Vertisol que representa el 69% del área total de la cuenca y pertenece al grupo de suelo hidrológico C lo que significa que puede presentarse escurrimiento considerable en la cuenca, Tabla 3.4. Asimismo se observa una superficie con suelos de bajo escurrimiento, Chernozem y Podzol, en algunas partes altas de la cuenca, Figura 3.8.

Tabla 3.4 Edafología

| Suelo primario  | Área (km <sup>2</sup> ) | Porcentaje del área total |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| Vertisol        | 762.70                  | 69.4%                     |
| Luvisol         | 49.99                   | 4.6%                      |
| Podzol          | 84.73                   | 7.7%                      |
| Chernozem       | 83.51                   | 7.6%                      |
| Solonetz        | 32.75                   | 3.0%                      |
| Cuerpos de agua | 61.07                   | 5.6%                      |
| Zona Urbana     | 23.73                   | 2.1%                      |
| Total           | 1098.48                 | 100.0%                    |

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

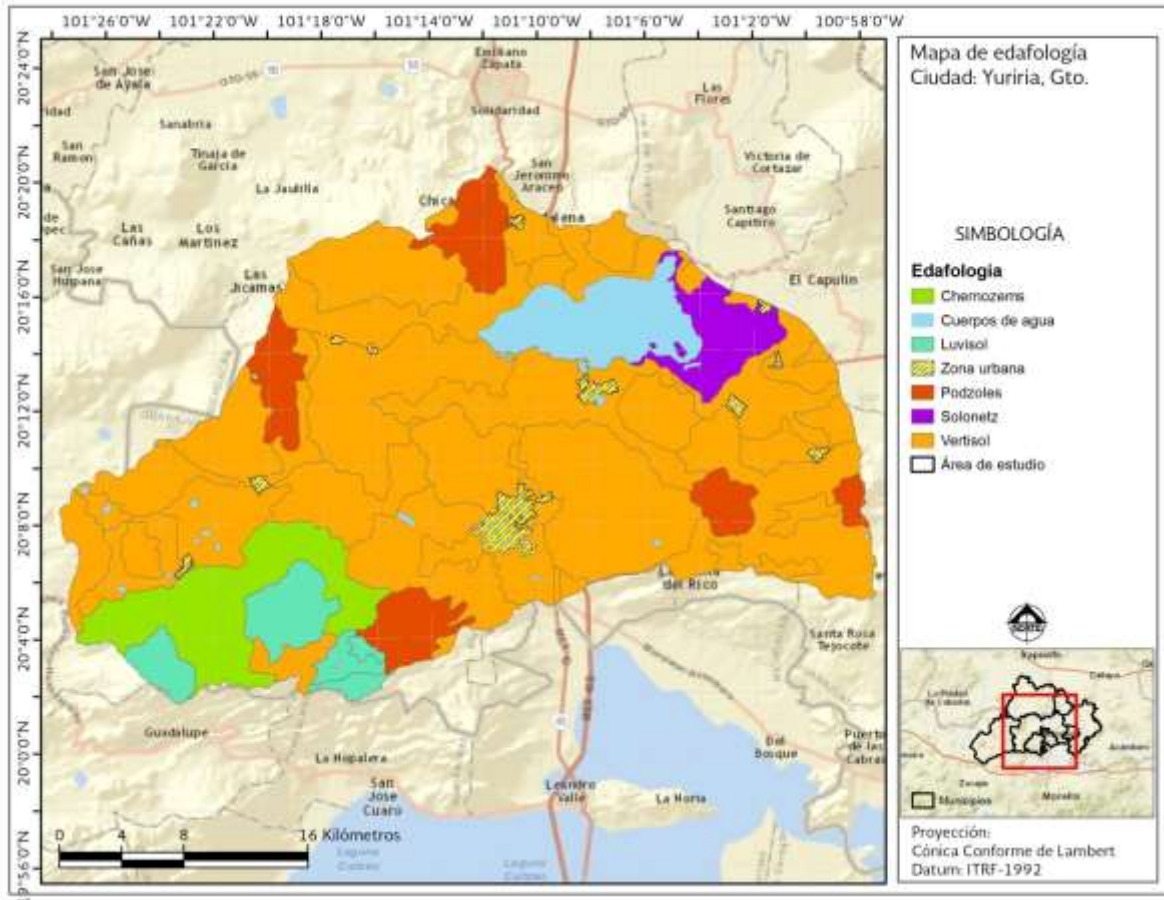


Figura 3.8 Edafología.

### 3.3.5 Precipitación

En la cuenca de estudio la red de monitoreo meteorológica es adecuada, ver Tabla 3.5 y Figura 3.9, además existen dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) localizadas dentro de la cuenca, Figura 3.10, las cuales se tomarán en cuenta para obtener la distribución temporal de la lluvia de diseño.

Tabla 3.5 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio

| Clave | Nombre                   | Situación (CLICOM) | Periodo Inicio | Periodo Fin | Años con información | Años completos |
|-------|--------------------------|--------------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|
| 11010 | Cerano                   | Operando           | 1962-4         | 2013-12     | 51                   | 39             |
| 11021 | El Sabino, Salvatierra   | Operando           | 1962-9         | 2014-06     | 53                   | 48             |
| 11047 | Moroleon                 | Operando           | 1962-4         | 2014-12     | 43                   | 32             |
| 11060 | Salvatierra, Salvatierra | Operando           | 1960-1         | 2015-01     | 56                   | 51             |
| 11071 | Santa María (DGE)        | Operando           | 1961-1         | 2015-01     | 55                   | 54             |
| 11072 | Santa Rita, Jaral del P. | Operando           | 1961-1         | 2014-12     | 54                   | 51             |
| 11097 | Santa María (SMN)        | Suspendida         | 1960-1         | 1965-05     | 6                    | 5              |
| 11114 | El Refugio, Acambaro     | Suspendida         | 1975-9         | 1992-01     | 18                   | 11             |
| 11146 | Las Jicamas, V. Santiago | Operando           | 1979-9         | 2014-12     | 36                   | 27             |
| 11156 | El Dormido               | Operando           | 1980-5         | 2014-05     | 34                   | 28             |
| 11158 | Pinicuario, Moroleon     | Operando           | 1981-1         | 2013-12     | 32                   | 15             |
| 16104 | Puruandiro, Puruandiro   | Operando           | 1960-1         | 2007-08     | 37                   | 22             |

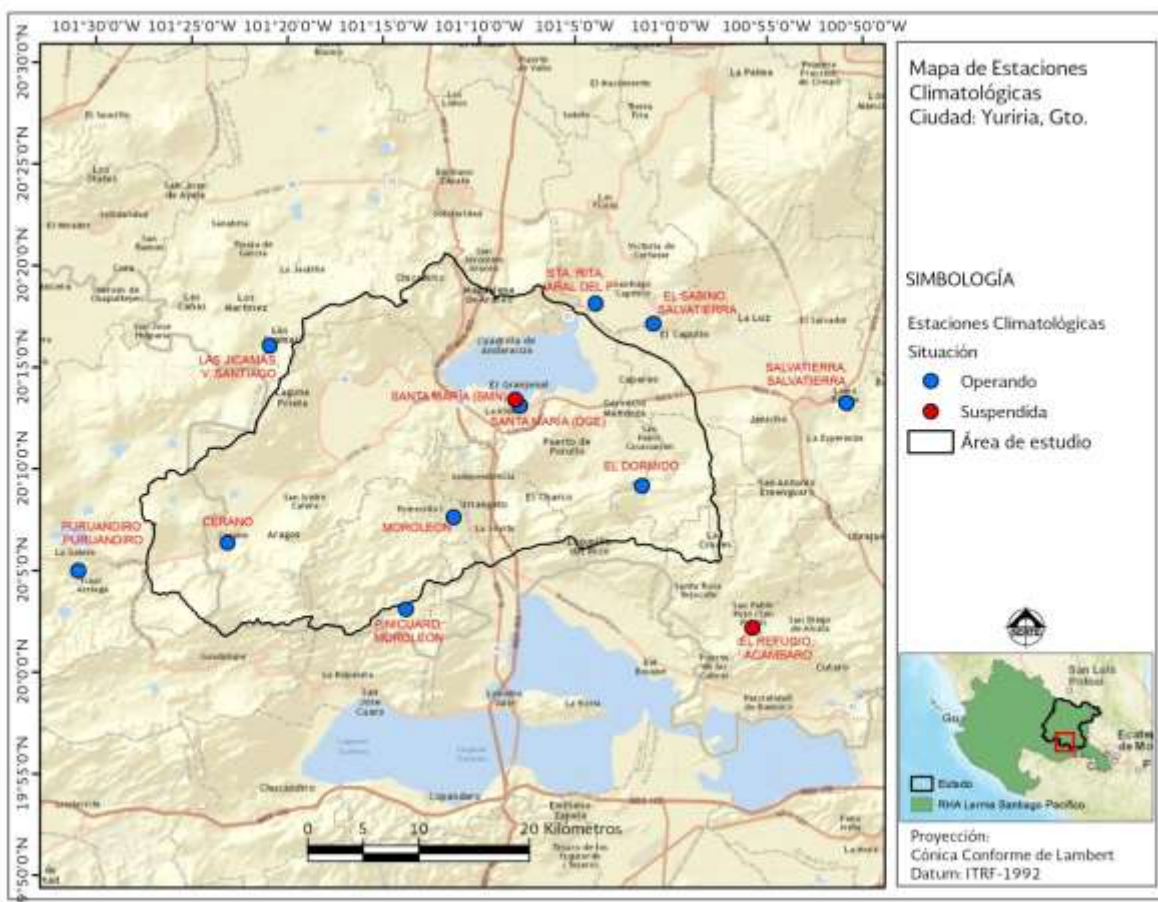


Figura 3.9 Estaciones climatológicas convencionales.

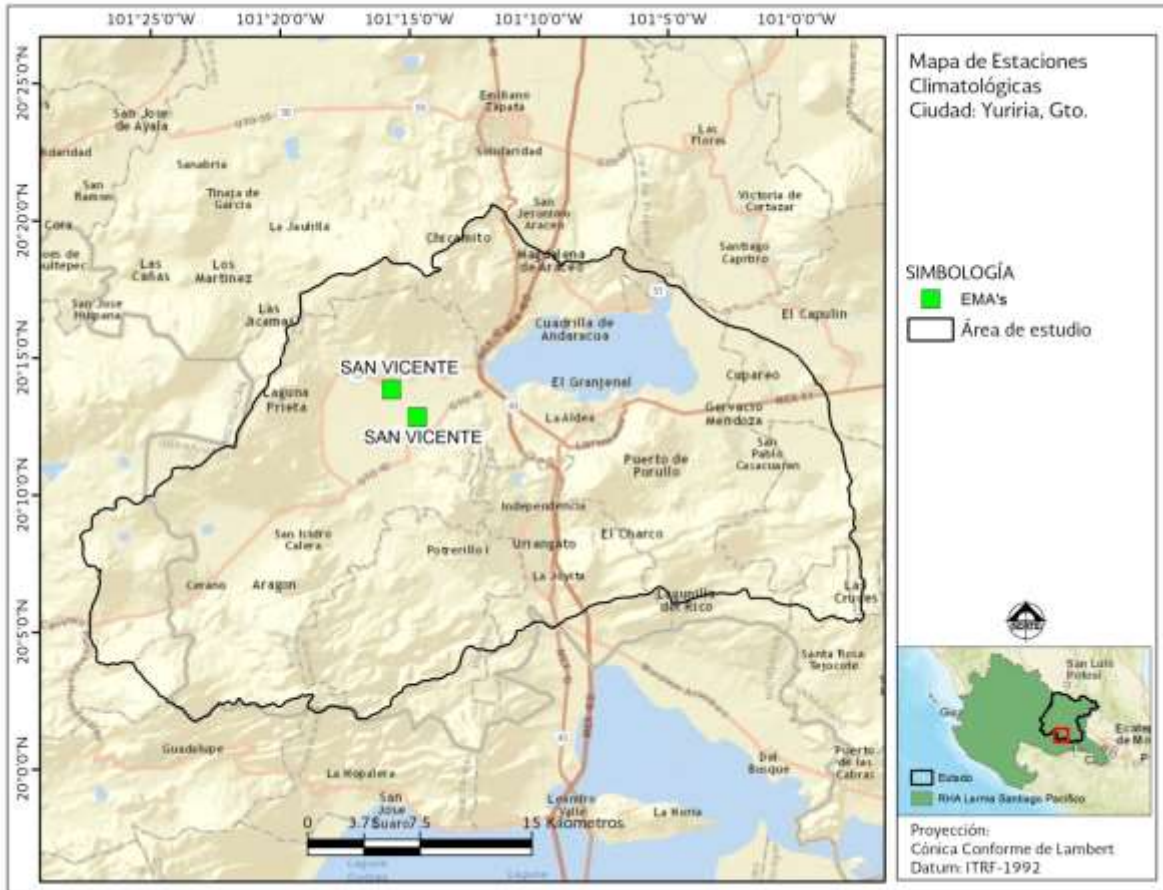


Figura 3.10 Estaciones Meteorológicas Automáticas.

La precipitación media anual en la cuenca es de 688 mm y la distribución media mensual se muestra en la Figura 3.11, así como las lluvias máximas en 24 horas por año en la Tabla 3.6.

Precipitación media mensual 1961-2014

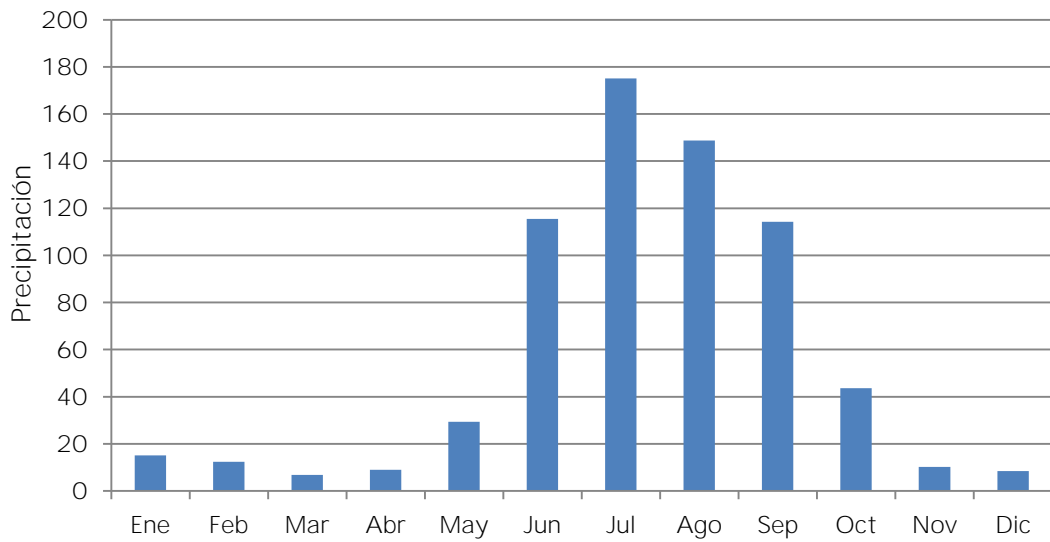


Figura 3.11 Hietograma medio en la Ciudad/Cuenca Yuriria, Gto.

Tabla 3.6 Lluvia máxima en 24 horas por estación climatológica.

| Año  | 11010 | 11047 | 11071 | 11072 | 11146 | 11156 | 11158 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1960 |       |       |       |       |       |       |       |
| 1961 |       |       | 51.4  | 42.0  |       |       |       |
| 1962 | 58.0  | 35.0  | 114.2 | 37.5  |       |       |       |
| 1963 | 45.0  | 26.0  | 52.3  | 29.2  |       |       |       |
| 1964 | 42.0  | 45.0  | 51.1  | 49.0  |       |       |       |
| 1965 | 65.0  | 62.0  | 46.2  | 52.8  |       |       |       |
| 1966 | 44.0  | 66.0  | 48.3  | 37.0  |       |       |       |
| 1967 | 44.0  | 40.0  | 61.9  | 81.8  |       |       |       |
| 1968 | 36.0  |       | 59.9  | 48.5  |       |       |       |
| 1969 | 64.0  | 60.0  | 42.5  | 39.0  |       |       |       |
| 1970 | 74.0  | 34.2  | 45.3  | 45.5  |       |       |       |
| 1971 | 45.0  | 62.7  | 64.9  | 52.0  |       |       |       |
| 1972 | 55.5  | 54.3  | 36.9  | 52.2  |       |       |       |
| 1973 | 72.0  | 75.8  | 84.9  | 53.8  |       |       |       |
| 1974 | 40.0  | 42.0  | 50.6  | 77.0  |       |       |       |
| 1975 | 29.0  | 63.4  | 58.2  | 62.8  |       |       |       |
| 1976 | 60.0  | 69.5  | 84.9  | 125.3 |       |       |       |
| 1977 | 41.0  | 60.9  | 50.6  | 46.5  |       |       |       |
| 1978 | 70.0  | 86.5  | 53.2  | 64.0  |       |       |       |
| 1979 | 60.0  | 40.0  | 46.4  | 51.7  |       |       |       |

| Año  | 11010 | 11047 | 11071 | 11072 | 11146 | 11156 | 11158 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1980 | 45.0  | 66.5  | 41.4  | 54.5  | 50.0  |       |       |
| 1981 | 60.0  | 99.0  | 50.8  | 41.6  | 43.0  | 20.5  | 63.0  |
| 1982 | 38.0  | 38.0  | 102.5 | 47.5  | 50.0  | 57.0  | 54.0  |
| 1983 |       | 78.2  | 53.8  | 61.0  | 43.5  | 35.0  | 75.5  |
| 1984 | 35.0  | 58.0  | 58.8  | 45.5  | 40.8  | 42.0  | 54.0  |
| 1985 | 43.7  | 45.4  | 33.9  | 66.6  | 38.5  | 34.0  | 40.0  |
| 1986 |       |       | 68.3  | 65.3  | 80.0  | 49.5  | 70.1  |
| 1987 | 32.0  | 36.5  | 30.8  | 48.0  | 37.0  | 50.0  | 39.0  |
| 1988 | 52.7  | 70.5  | 56.4  | 41.8  | 42.2  | 60.8  | 39.4  |
| 1989 | 18.4  |       | 43.7  | 41.5  |       | 33.7  | 80.0  |
| 1990 | 65.0  |       | 68.9  | 60.0  |       |       | 28.0  |
| 1991 | 50.0  |       | 58.2  | 51.7  | 42.0  | 41.0  | 90.0  |
| 1992 | 54.0  |       | 47.0  | 66.1  | 43.0  | 41.3  |       |
| 1993 |       |       | 49.2  | 47.9  | 23.0  | 60.5  |       |
| 1994 | 40.0  |       | 71.0  | 43.0  | 39.0  | 40.5  |       |
| 1995 | 19.0  |       | 42.3  | 78.0  | 22.0  | 60.0  | 20.5  |
| 1996 | 40.5  |       | 34.1  | 40.9  | 25.0  | 19.0  |       |
| 1997 | 40.5  |       | 39.1  | 58.4  | 28.0  | 35.5  |       |
| 1998 | 38.0  |       | 64.0  | 74.5  | 57.0  |       |       |
| 1999 |       |       | 37.0  | 39.7  | 22.0  |       |       |
| 2000 | 21.5  |       | 25.5  | 36.5  | 8.0   |       | 80.0  |
| 2001 | 23.5  |       | 43.5  | 56.1  | 5.4   | 33.5  | 20.0  |
| 2002 | 33.3  | 98.0  | 45.0  | 54.3  | 12.0  | 48.0  |       |
| 2003 | 55.0  | 85.0  | 35.5  | 64.3  | 20.0  | 68.5  | 60.0  |
| 2004 | 35.3  | 62.3  | 36.5  | 59.4  | 25.0  | 46.0  | 35.0  |
| 2005 | 39.0  | 42.0  | 55.5  | 35.4  | 31.0  | 43.5  | 40.0  |
| 2006 | 77.4  | 55.0  | 65.0  | 46.8  | 35.0  | 40.0  | 30.0  |
| 2007 | 38.1  | 80.0  | 43.0  | 73.5  | 26.0  | 60.0  | 23.0  |
| 2008 | 40.5  | 72.0  | 48.0  | 78.9  | 46.0  | 52.4  | 30.0  |
| 2009 | 48.2  | 90.0  | 56.0  | 34.4  | 29.0  | 27.0  | 22.0  |
| 2010 | 57.8  | 80.0  | 68.5  | 67.3  | 54.0  | 55.0  | 55.0  |
| 2011 | 69.0  | 70.0  | 66.5  | 63.1  | 40.0  | 41.0  | 68.0  |
| 2012 | 54.3  | 47.5  | 65.0  | 82.4  | 62.0  | 43.7  | 60.0  |
| 2013 | 65.0  | 113.0 | 40.5  | 82.4  | 60.0  | 60.0  | 45.0  |
| 2014 |       | 30.0  | 37.0  | 51.2  | 60.0  |       |       |
| Max  | 77.4  | 113.0 | 114.2 | 125.3 | 80.0  | 68.5  | 90.0  |
| Min  | 18.4  | 26.0  | 25.5  | 29.2  | 5.4   | 19.0  | 20.0  |

### 3.3.6 Esguerrimiento

Con respecto a la red de monitoreo hidrométrica es escasa, solamente se monitorea el Dren La Cinta y las salidas hacia el Río Lerma.

Para la estimación del esguerrimiento en la cuenca, se aplicó el método lluvia-esguerrimiento del Soil Conservation Service (SCS), en donde uno de los parámetros básicos es el Número de esguerrimiento (N), el cual depende exclusivamente del uso del suelo y cobertura vegetal, y del tipo de suelo. Para el cálculo del N fue necesario clasificar el tipo de suelo en los cuatro grupos de suelo hidrológico, los cuales se listan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Descripción de los cuatro grupos de suelo.

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

Con los suelos clasificados por grupos y el tipo de cobertura vegetal y su uso, se obtienen valores del número de esguerrimiento para cada subcuenca, Figura 3.12

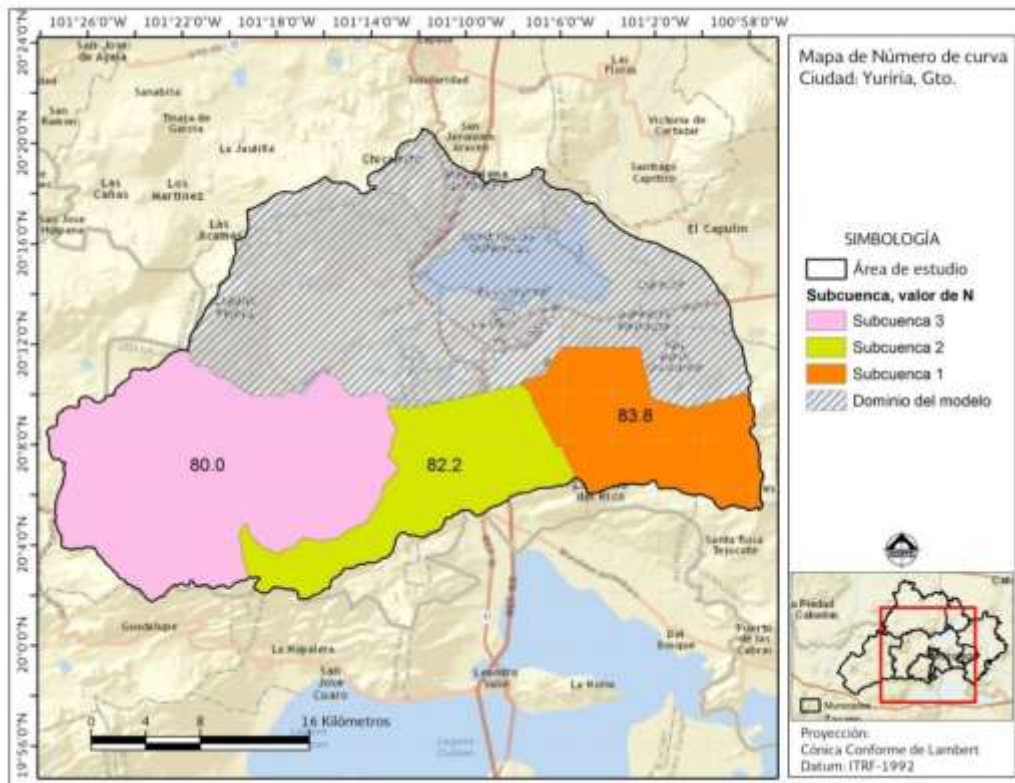


Figura 3.12 Número de esguerrimiento por subcuenca.



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

Con respecto a la hidrografía, se forman arroyos en las partes altas de la cuenca cerrada de la Laguna de Yuriria que van a descargar a la zona de canales de riego, además se identifican salidas de la Laguna hacia el Río Lerma. En la Figura 3.13 se presenta un esquema de la red de drenaje, en donde se observa la complejidad de monitorear el flujo de agua producto de un evento de lluvia sin alguna medición de caudal dentro de la cuenca propia de la Laguna de Yuriria.

En la Tabla 3.8 se muestran algunas características generales de los arroyos principales.

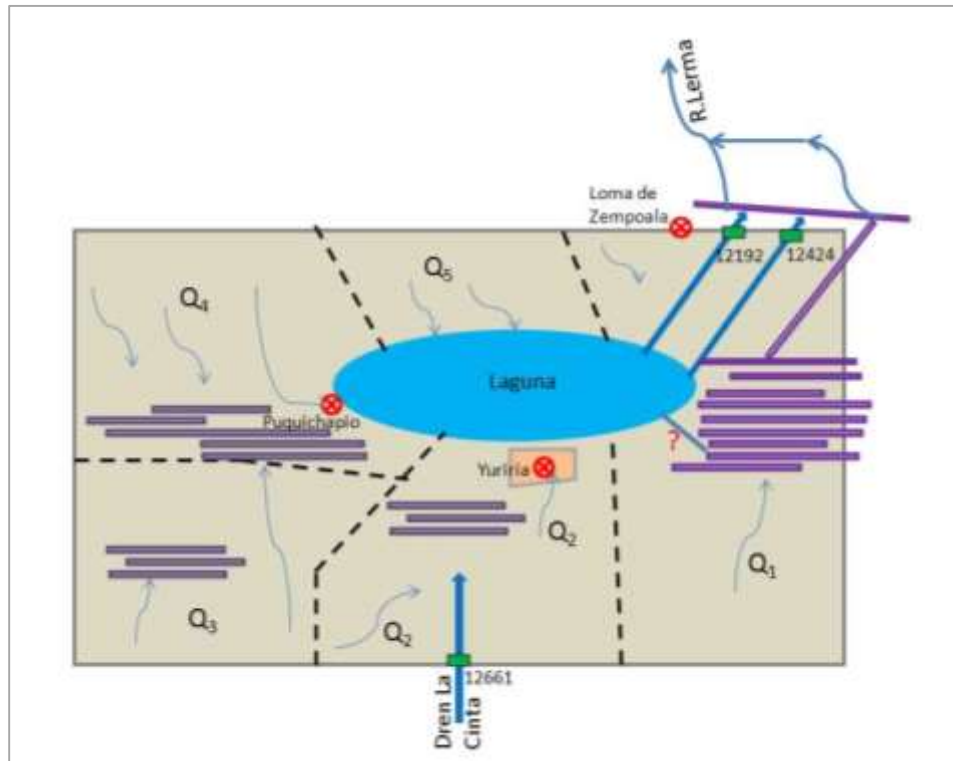


Figura 3.13 Red de drenaje en la Ciudad/Cuenca Yuriria y zonas de riesgo de inundación (círculos rojos).

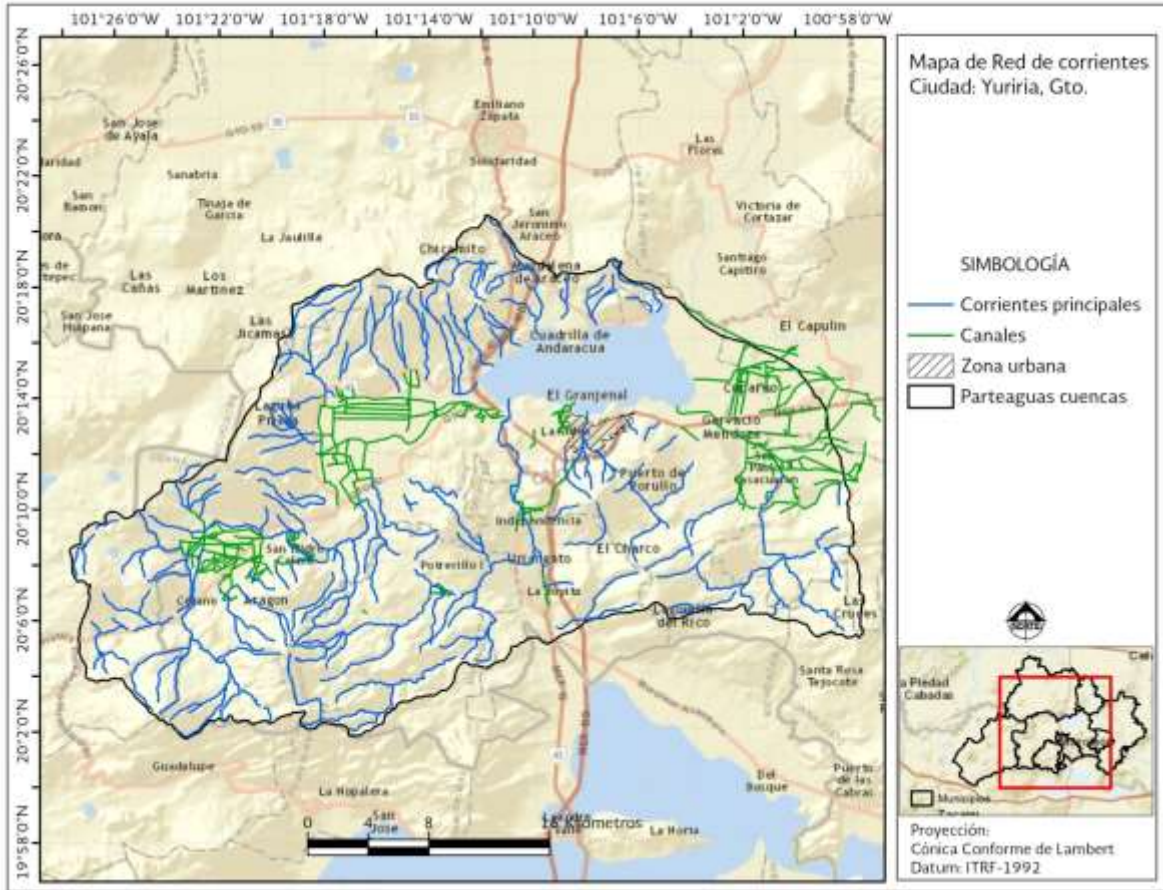


Figura 3.14 Ríos principales en la cuenca de la zona urbana de Yuriria, Gto.

Tabla 3.8 Características generales de los arroyos principales

| Subc. | Nombre del Arroyo | Longitud [km] | Pendiente | tc [h] | Comentarios  |
|-------|-------------------|---------------|-----------|--------|--|
| 1     | Cerro Prieto      | 14.340        | 0.0257    | 2.11   | Longitud medida desde su origen (A. El Tejocote) hasta la entrada a la zona de canales de riego. |
| 2     | Tejocotitos       | 46.958        | 0.0232    | 5.48   | Longitud medida desde su origen hasta la Laguna.   |
|       | Tejocotitos 1     | 34.371        | 0.0297    | 3.92   | Longitud medida desde su origen hasta la presa Huahvemba   |
|       | Tejocotitos 2     | 12.567        | 0.0056    | 3.43   | Longitud medida desde la presa Huahvemba hasta la Laguna.  |
|       | El Capulín        | 5.709         | 0.0629    | 0.74   | Longitud medida desde su origen hasta la Laguna.   |
| 3     | Colorado          | 17.557        | 0.0440    | 2.00   | Longitud medida desde su origen hasta la entrada a la zona de canales de riego.                  |
|       | Blanco            | 16.780        | 0.0389    | 2.00   | Longitud medida desde su origen hasta la entrada a la zona de canales de riego (La Yacata).      |
|       | Costomate         | 13.306        | 0.0619    | 1.42   | Longitud medida desde su origen hasta la entrada a la zona de canales de riego (La Yacata).      |
| 4     | La Pastora        | 11.251        | 0.0472    | 1.40   | Longitud medida desde su origen hasta la entrada a la zona de                                    |

| Subc. | Nombre del Arroyo   | Longitud [km] | Pendiente | tc [h] | Comentarios                                      |
|-------|---------------------|---------------|-----------|--------|--|
|       |                     |               |           |        | canales de riego (Xoconostle).                   |
|       | Puquichapio         | 10.190        | 0.0666    | 1.12   | Longitud medida desde su origen hasta la Laguna. |
| 5     | Manga de Buenavista | 9.553         | 0.0440    | 1.34   | Longitud medida desde su origen hasta la Laguna. |

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

En el Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales del OCLSP, la zona urbana de Yuriria aparece como de alto riesgo, afectando cuando se desborda alrededor de 40 casas y 180 habitantes principalmente en Puquichapio.

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

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 Yuriria.

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

En las zonas identificadas como planicies de inundación que de manera frecuente presentan problemas de inundación, se utilizan como áreas productivas agrícolas.

#### 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>5</sup> recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las consideraciones presentadas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados

| Unidad fisiográfica | Superficie en km <sup>2</sup> /estación |              |
|---------------------|---|--------------|
|                     | Pluviómetros                            | Pluviógrafos |
| 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.

Si el criterio se aplica a toda la cuenca de estudio, se cumple el criterio de densidad mínima de estaciones porque se cuenta con 8 estaciones meteorológicas obteniéndose una densidad de 137 km<sup>2</sup> por estación considerando una unidad fisiográfica tipo plana, Figura 4.1. Al evaluar la densidad de estaciones por subcuenca conforme a los criterios de la OMM encontramos que la red no es suficiente solamente en la subcuenca 5, Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio

| No | Subcuenca       | Área (km <sup>2</sup> ) | Unidad fisiográfica     | Cumple |
|----|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| 1  | A. Cerro Prieto | 254.04                  | Planicie escasa montaña | Si     |
| 2  | A. Tejocotitos  | 213.78                  | Planicie                | Si     |
| 3  | A. Costomate    | 311.24                  | Planicie escasa montaña | Si     |
| 4  | A. La Tijera    | 213.24                  | Planicie escasa montaña | Si     |
| 5  | A. Barranquilla | 58.07                   | Planicie                | No     |

Con respecto a la red de monitoreo hidrométrica es escasa, solamente se monitorea el Dren La Cinta y las salidas hacia el Río Lerma.

<sup>5</sup>Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

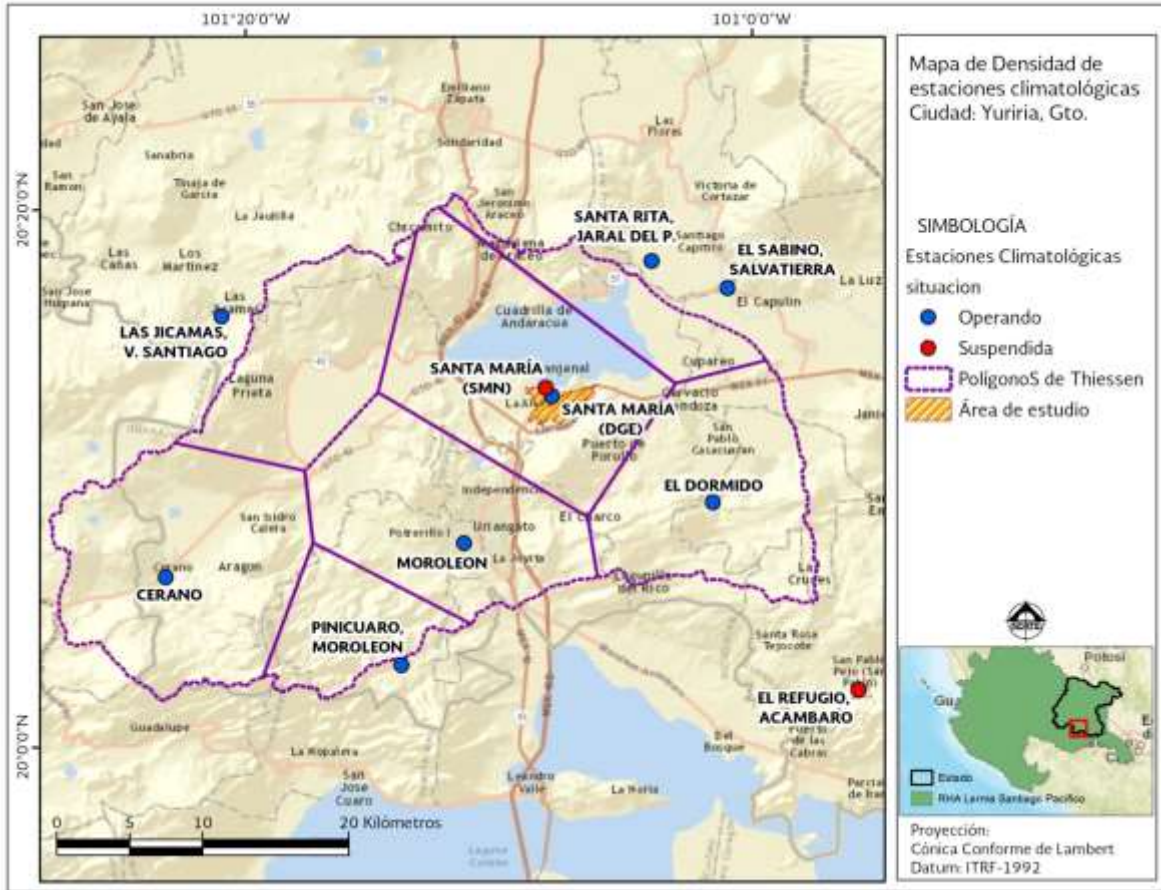


Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas convencionales.

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

No se dispone de modelos de pronóstico de avenidas ni de sistemas de alerta temprana. La Dirección local se apoya en los boletines meteorológicos de pronóstico elaborados por el Servicio Meteorológico Nacional de la Conagua.

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

- Portal interactivo hidrometeorológico para todo el país para formación de ciclones tropicales.
- Imagen de satélite interpretada del país.
- Pronóstico meteorológico general para el país.
- Pronóstico extendido a 96 horas.
- Aviso de tiempo significativo en México.
- Mapa de áreas con potencial de tormentas para el país.
- Aviso de Tiempo Severo. Pronóstico a muy corto plazo.
- Estimación de lluvias con satélite a Tiempo Real para todo el país (acumulados en 24 horas o cada 3 horas).

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

#### Acciones estructurales

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

#### Acciones no estructurales

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones se llevan a cabo actividades relacionadas con limpieza de cauces y revisión de taponamientos en las alcantarillas y puentes de cruce carretero en la zona urbana. No obstante, en la mayoría de los casos se trata de acciones aisladas próximas 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 medios de comunicación locales, o nacionales si es que están inscritas en campañas de alcance nacional, es limitada la participación comunitaria y de alguna manera pasiva. Ello también debido a que las campañas de reforestación, limpieza de calles y cauces no suelen incluir mecanismos de evaluación de su impacto, por ejemplo, en la modificación de hábitos negativos. Falta entonces, evaluar los impactos de las campañas e inscribirlas en planes de educación y cultura ambiental y de prevención de riesgos. Una sociedad más educada será más consciente y tendrá más elementos para coadyuvar a la prevención y reducción de los riesgos a las inundaciones.

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

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

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

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

De acuerdo con el OCGN la población está representada en los Consejos de Cuenca, sin embargo no se identifica un área de contingencias frente a inundaciones en donde se incluya la participación de la población.

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.

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.

#### 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.

Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del Índice de Marginación Urbana por AGEB, 2010.

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

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

Como complemento a las dimensiones consideradas por el IMU, a saber, educación, salud, vivienda y bienes, se consideran tres más: ingresos, composición demográfica y discapacidad, con las variables de población desocupada para la primera dimensión, población menor de 5 años y mayor de 65 para la segunda y población con limitación en la actividad, que comprende limitaciones de movilidad, visual, auditiva, de comunicación y mental, para la última, Tabla 4.4.



Tabla 4.4 Información complementaria por indicador y tipo de población.

| 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, en la localidad de Yuriria predominan los grados de marginación medio y alto, como se aprecia en la Figura 4.2. La alta marginación se encuentra en la parte sur de la localidad, alrededor de la laguna, y en manzanas de la zona este de la ciudad. La marginación media se concentra tanto en la zona este como oeste, en donde destaca un grupo de manzanas urbanas con baja marginación, las únicas de esta zona. Existe entonces una presencia más generalizada de condiciones medias y altas de marginación que da cuenta de la situación socioeconómica de la población en cuanto a insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda, lo que, por ende, derivaría en una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

En cuanto a otras variables relacionadas a la vulnerabilidad por inundaciones, a saber, población menor de 5 años, mayor a 65 y con limitaciones<sup>6</sup>, existe un 22.1% del total; en cada manzana urbana hay 10.3 personas mayores a 65 años y 7.5 con limitaciones en la actividad<sup>7</sup>. La desocupación laboral de estas manzanas en promedio no es alta (2 personas por manzana); no obstante, es necesario tenerla presente como indicador que influye en el nivel de vida material de las personas, Tabla 4.5.

La vulnerabilidad a las inundaciones de la ciudad/cuenca de Arandas, Jalisco, de acuerdo con la metodología presentada en el PRONACCH del OCLSP (1ra. Versión) al considerar variables socioeconómicas está tipificada como Baja, con un índice de peligro Medio.

<sup>6</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>7</sup> Los datos corresponden solamente a aquellas manzanas que tienen información.

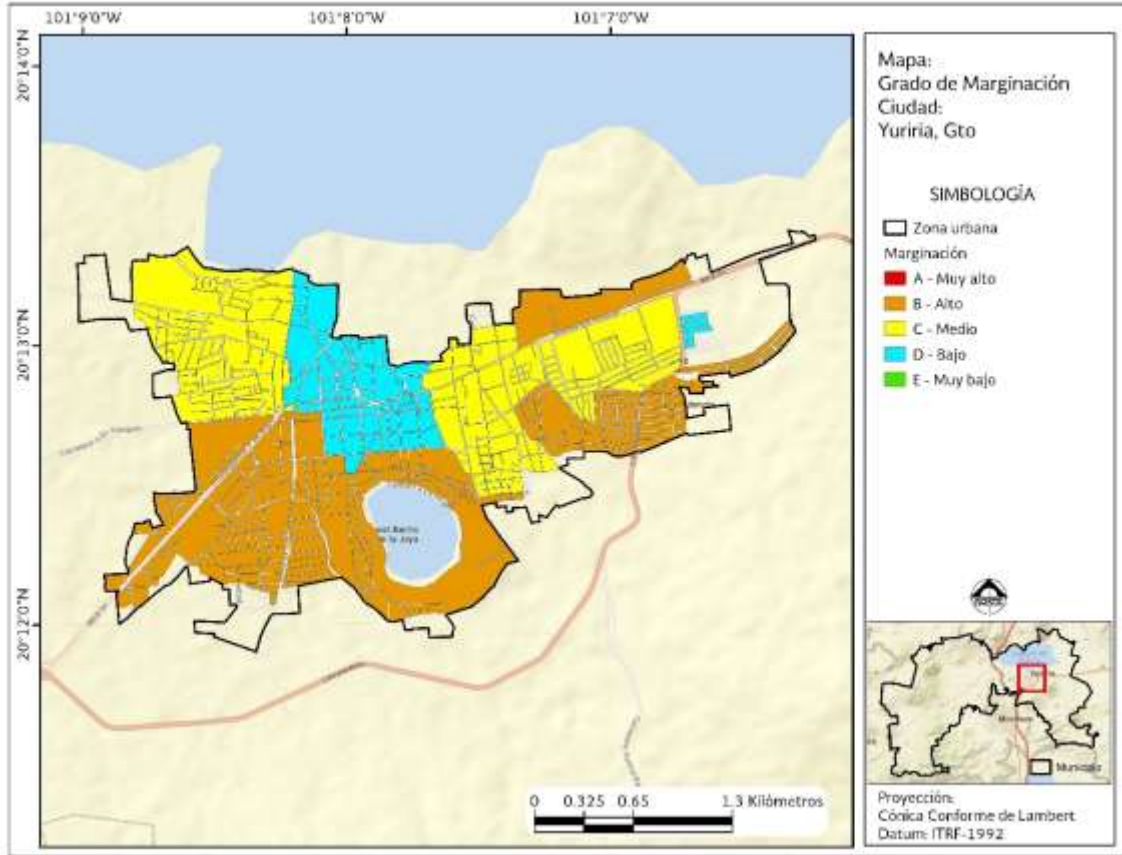


Figura 4.2 Marginación en la zona urbana de Yuriria, Gto.

Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Yuriria, Gto.

|            | Población total | Población menor a 5 años | Población mayor a 65 años | Población con limitación en la actividad | Población desocupada |
|------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| Totales    | 25,216          | 2,862                    | 1,816                     | 1,184                                    | 252                  |
| Promedio   | 100.3           | s/d                      | 10.3                      | 7.5                                      | 2.0                  |
| Porcentaje | 100.0           | 11.3                     | 7.2                       | 4.6                                      | 0.9                  |

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

## 5. Evaluación de riesgos de inundación

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

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

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

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

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

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 que se presenta en la cuenca de estudio.

#### 5.1.1 Cálculo de las lluvias de diseño

La altura de precipitación asociada a los diferentes periodos de retorno con duración igual a 24 horas, producto del Análisis de Frecuencia, se muestra en la Figura 5.1.

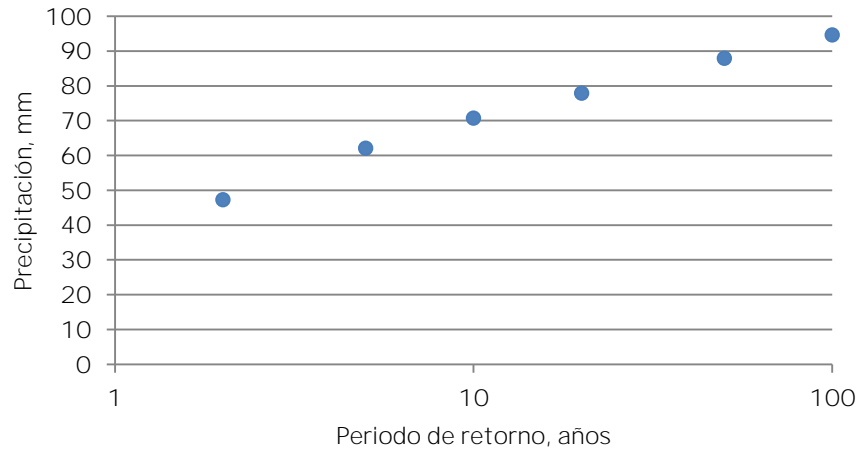


Figura 5.1 Eventos de lluvia (24 horas) en la cuenca de la zona urbana de Yuriria, Gto.

### 5.1.2 Construcción de tormentas hipotéticas

A partir de los eventos de lluvia de la Figura 5.2 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 5.1 se presentan las lluvias de diseño consideradas en cada subcuenca y en la zona de simulación que incluye la zona urbana.

Tabla 5.1 Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca

| Subcuenca                                       | tc<br>min | Período de retorno en años |      |      |      |      |
|---|-----------|----------------------------|------|------|------|------|
|   |           | 2                          | 5    | 10   | 50   | 100  |
| Subcuenca1                                      | 120       | 31.7                       | 35.4 | 37.9 | 43.3 | 45.6 |
| Subcuenca2                                      | 250       | 35.5                       | 46.1 | 53.0 | 68.4 | 74.9 |
| Subcuenca3                                      | 120       | 31.1                       | 36.4 | 39.9 | 47.5 | 50.7 |
| Área de modelación.<br>Incluida la Zona Urbana. | 80        | 28.2                       | 32.9 | 36.0 | 42.8 | 45.7 |

La magnitud de la lluvia mostrada en la Tabla 5.1 se distribuyó en intervalos de tiempo de 10 min, utilizando la ocurrencia de una tormenta histórica severa registrada en la EMA El Tule y el tiempo de concentración de cada subcuenca. En la Figura 5.2 se muestra el hietograma de la lluvia de diseño para un tiempo de concentración de 80 min y periodo de retorno de 100 años; es decir, los 45.7 mm en incrementos de 10 minutos.

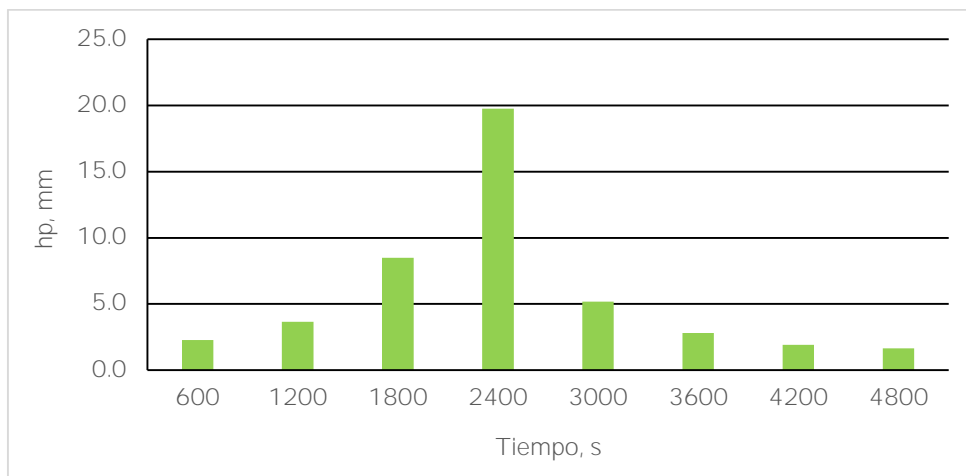


Figura 5.2 Distribución de la lluvia (100 años) a partir de una tormenta histórica en la Zona Urbana.

La lluvia efectiva en unidades de mm/h es la que se incorpora al IBER por lo que se aplica el método del Número de Curva del SCS para su estimación. El Número de Curva N depende del uso del suelo, de la cobertura vegetal, del tipo de suelo y de la humedad antecedente.

Para estimar el N, como se mencionó en el apartado 3.3.6, el primer paso es clasificar la edafología de acuerdo con los tipos de suelos hidrológicos que conforman la cuenca, de acuerdo con los grupos descritos en la Tabla 3.7.

El segundo paso, es identificar los usos del suelo y asignar un valor de N obtenido de valores tabulados considerando el tipo de suelo hidrológico. Para éste estudio se utilizaron los valores presentados en CNA, 1987. Dado que hay más de un tipo y uso de suelo en la zona de estudio, se obtiene un valor ponderado.

Con la información de los tipos de suelos predominantes en la zona de estudio, Figura 3.8, la subunidad (húmico, calcárico, etc.) y textura (Fina, Media o Gruesa), así como los usos de suelo, Figura 3.7, se obtiene el Número de Escurrimiento por subcuenca mostrado en la Figura 3.12.

Con el valor de N (80), la lluvia de diseño asociado al tiempo de concentración y periodo de retorno de 100 años (66.7 mm) y aplicando la ecuación del SCS se obtiene para el área de modelación, incluida la zona urbana, una lluvia efectiva de 11.28 mm que representan 8.5 mm/h. Asimismo, con la misma distribución que se presenta en la Figura 5.2, se obtiene el hietograma de lluvia efectiva mostrado en la Figura 5.3.

El mismo procedimiento se aplica para los periodos de retorno de 2, 5, 10 y 50 años y para cada subcuenca.

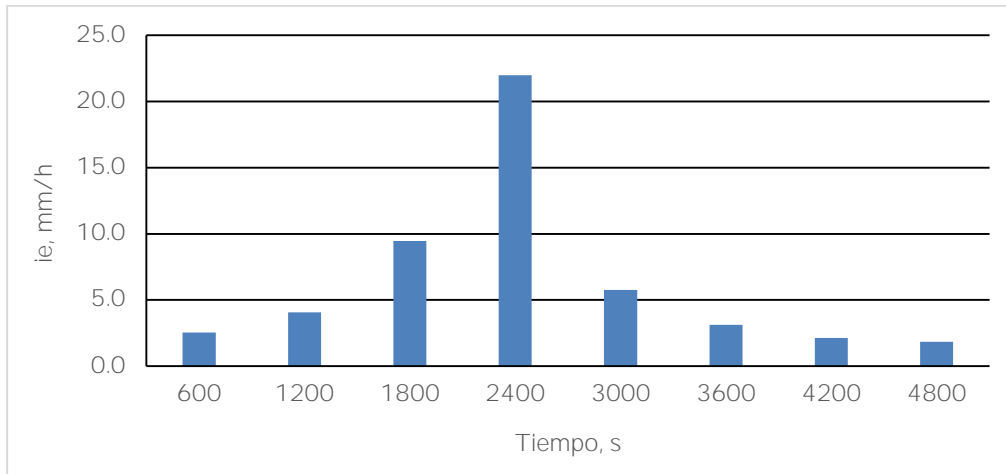


Figura 5.3 Hietograma de lluvia efectiva (100 años) para el área de modelación incluida la Zona Urbana.

### 5.1.3 Modelo lluvia-escorrimento

La transformación de la lluvia en escurrimento 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 hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas, aplicando para ello algunos métodos de cálculo de lluvia efectiva, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión de escurrimento 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.

En la Figura 5.3 se muestra el modelo hidrológico construido de la zona de estudio, en donde los datos básicos incorporados son: el área de la cuenca, Número de Escurrimento, tiempo de retraso, los hietogramas asociados a una duración igual al tiempo de concentración de cada cuenca y a una frecuencia o periodo de retorno, principalmente.

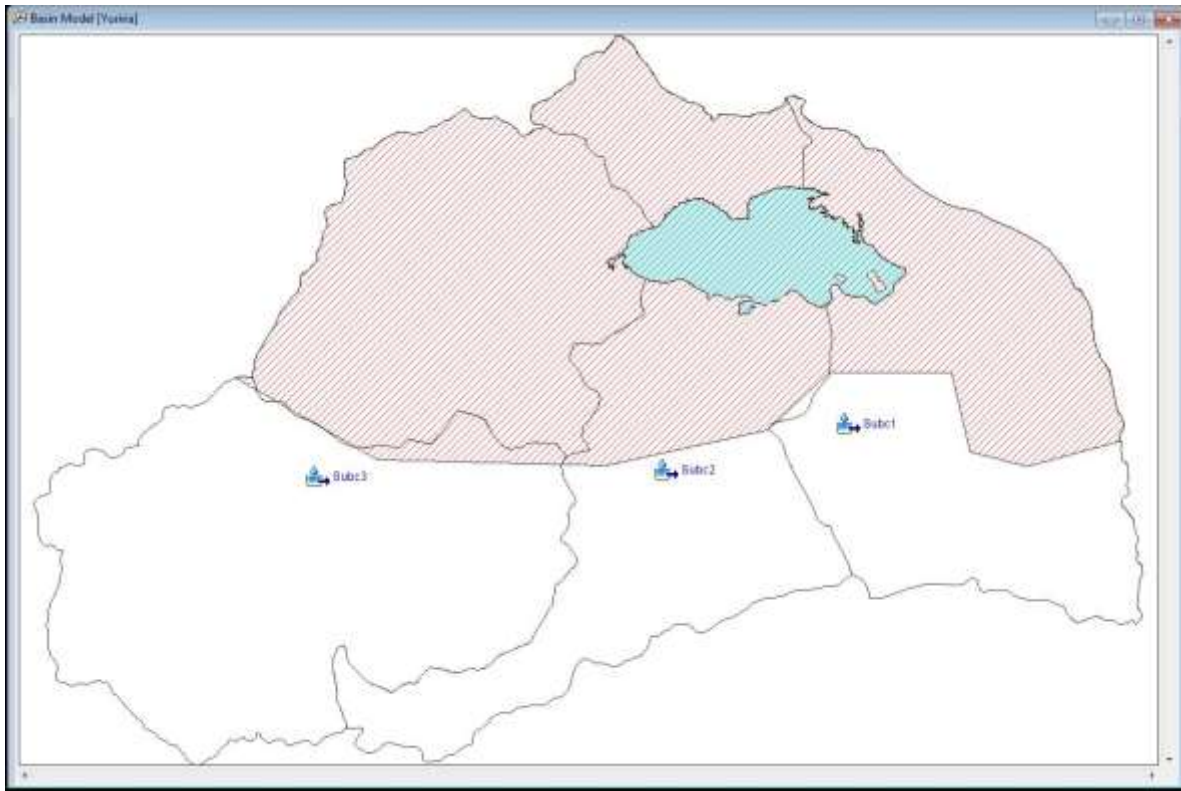


Figura 5.4 Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.

#### 5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las figuras que resumen los resultados obtenidos de la modelación hidrológica, divididos en tres salidas. Dichas salidas corresponden a los hidrogramas de ingreso a la zona de modelación (polígono ashurado en rojo mostrado en la Figura 5.3). En la Figura 5.5 se muestran los hidrogramas para un periodo de retorno de 100 años de las subcuencas 1, 2 y 3. Los valores de estos hidrogramas son incorporados al modelo IBER como entradas.

Finalmente, en la Tabla 5.2 se presentan los valores de caudal pico y el volumen correspondiente a los cinco periodos de retorno analizados y para cada subcuenca.

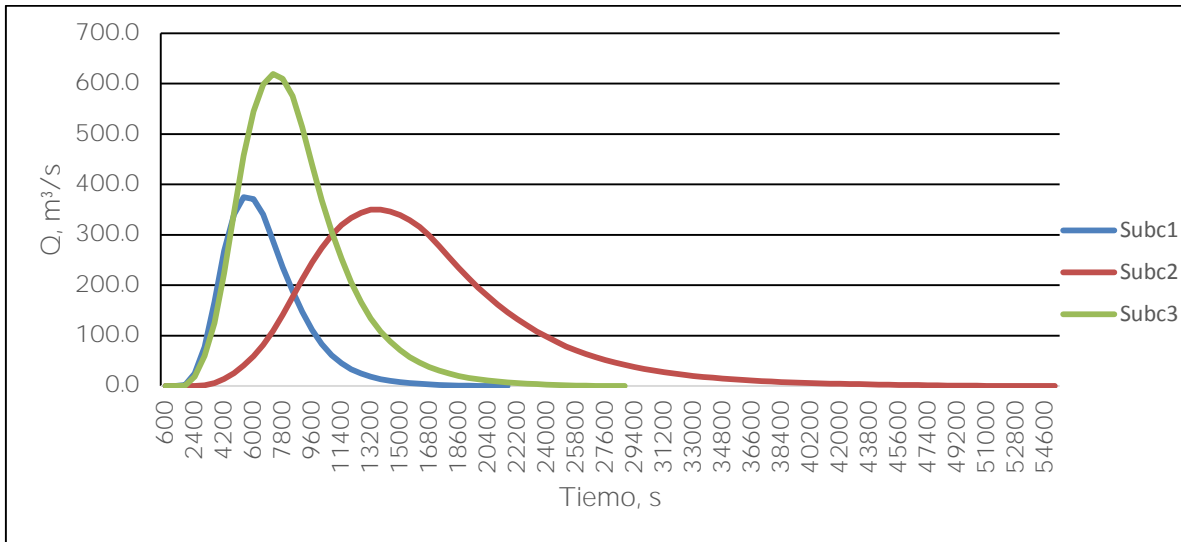


Figura 5.5 Hidrogramas para 100 años de periodo de retorno. Subcuencas 1, 2 y 3.

Tabla 5.2 Características generales de las avenidas de entrada.

| Nombre subcuenca | T= 2 años               |                        | T= 5 años               |                        | T= 10 años              |                        | T= 50 años              |                        | T= 100 años             |                        |
|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                  | Qp<br>m <sup>3</sup> /s | Vol<br>hm <sup>3</sup> | Qp<br>m <sup>3</sup> /s | Vol<br>hm <sup>3</sup> | Qp<br>m <sup>3</sup> /s | Vol<br>hm <sup>3</sup> | Qp<br>m <sup>3</sup> /s | Vol<br>hm <sup>3</sup> | Qp<br>m <sup>3</sup> /s | Vol<br>hm <sup>3</sup> |
| Subcuenca1       | 165.4                   | 0.872                  | 215.5                   | 1.134                  | 251.2                   | 1.321                  | 336.1                   | 1.754                  | 374.6                   | 1.950                  |
| Subcuenca2       | 76.5                    | 1.058                  | 138.7                   | 1.910                  | 185.3                   | 2.545                  | 298.8                   | 4.095                  | 350.2                   | 4.798                  |
| Subcuenca3       | 180.4                   | 1.257                  | 278.2                   | 1.940                  | 352.2                   | 2.450                  | 534.9                   | 3.700                  | 619.3                   | 4.276                  |

## 5.2 Modelo hidráulico

Para obtener los mapas de peligro para periodos 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, se utiliza el modelo bidimensional IBER 2.3.2<sup>8</sup>.

En la Figura 5.6 se muestran los puntos de ingreso (hidrogramas Q) al dominio del modelo, el cual representa el 48% del área total de la cuenca propia de la Laguna de Yuriria. La definición del área a modelar se realizó considerando puntos de salida que delimitaran áreas de drenaje sin tanta alteración del volumen de escurrimiento natural al combinarse con el flujo de agua que transportan los canales de riego.

Adicionalmente, en la Figura 5.7 se muestran algunas características generales de las entradas de aportación como el tiempo de concentración  $t_c$  y el Número de Escurrimiento N por subcuenca de entrada al dominio del modelo.

<sup>8</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



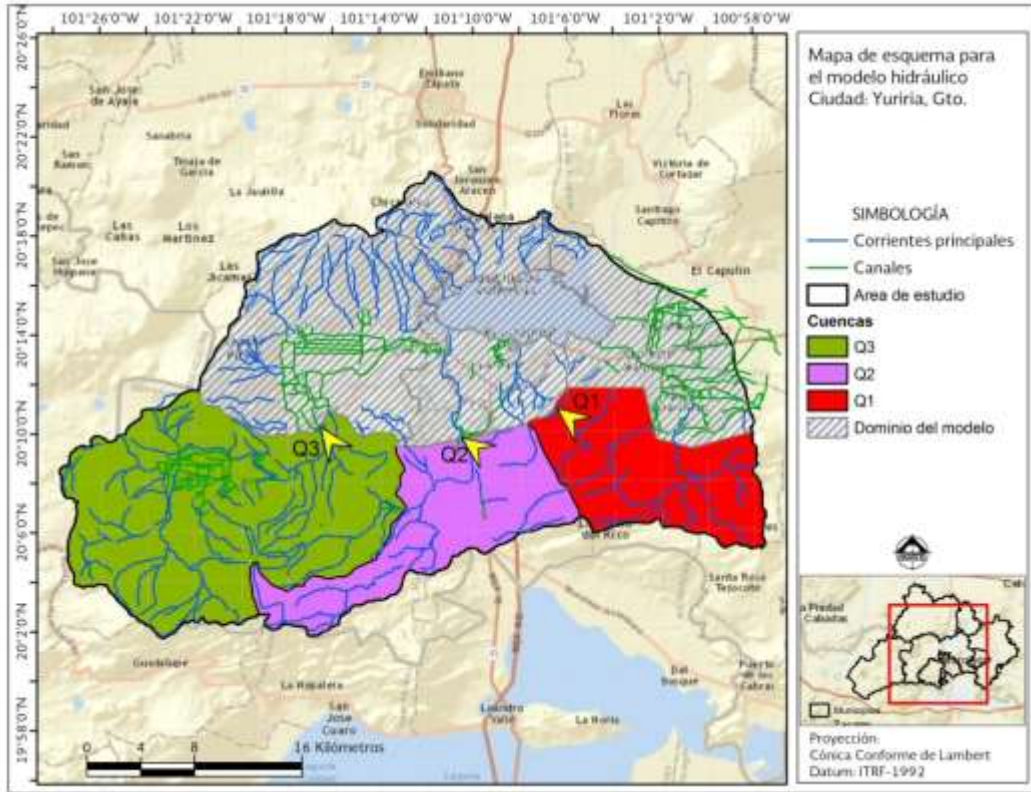


Figura 5.6 Esquema del modelo hidráulico.

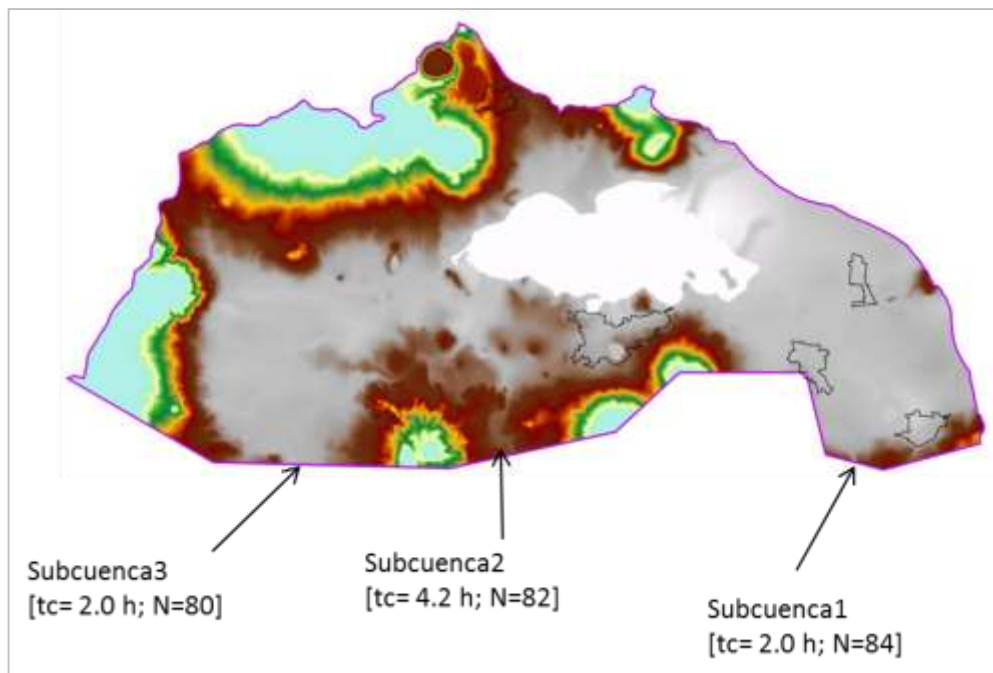


Figura 5.7 Entradas consideradas a la zona de modelación incluida la zona urbana de Yuriria, Gto.

### 5.2.1 Procesamiento del modelo digital de elevaciones

Tomando como base el trazo digital de los ríos principales en la zona de modelación, se obtuvieron perfiles longitudinales (cota del terreno) en el Modelo Digital de Elevación (MDE) con el fin de verificar la dirección adecuada del flujo, como se observa en la Figura 5.8, en donde no se observan errores considerables. Sin embargo en la Figura 5.9 sí se aprecian errores en el MED los cuales en algunos casos se pudieron corregir con información adicional disponible, principalmente el trazo del río, curvas de nivel e imágenes del Google Earth.

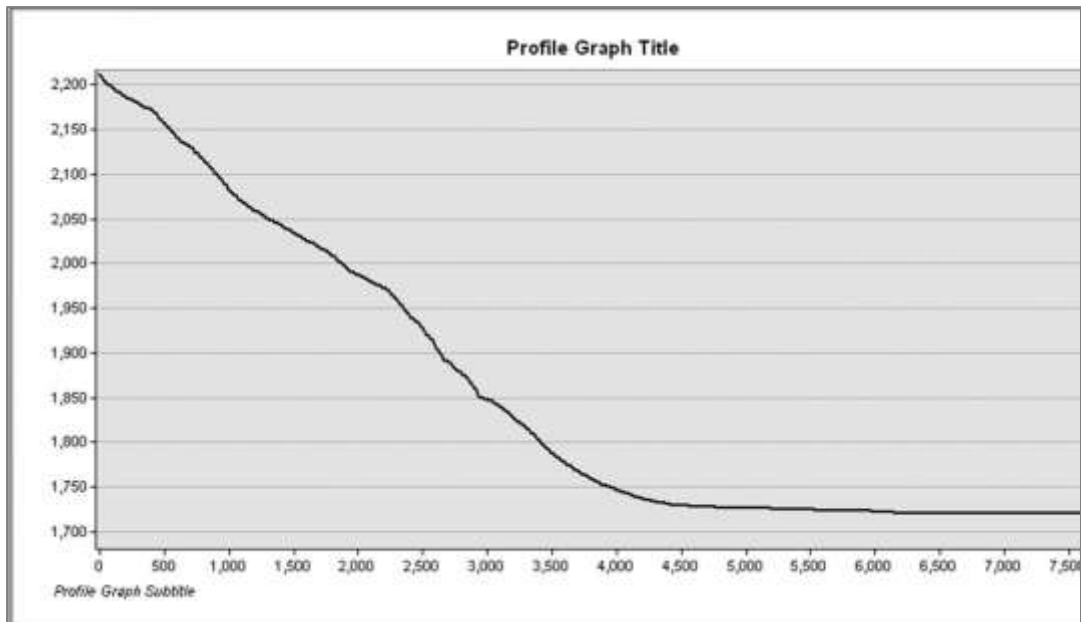


Figura 5.8 Perfil longitudinal sin errores considerables

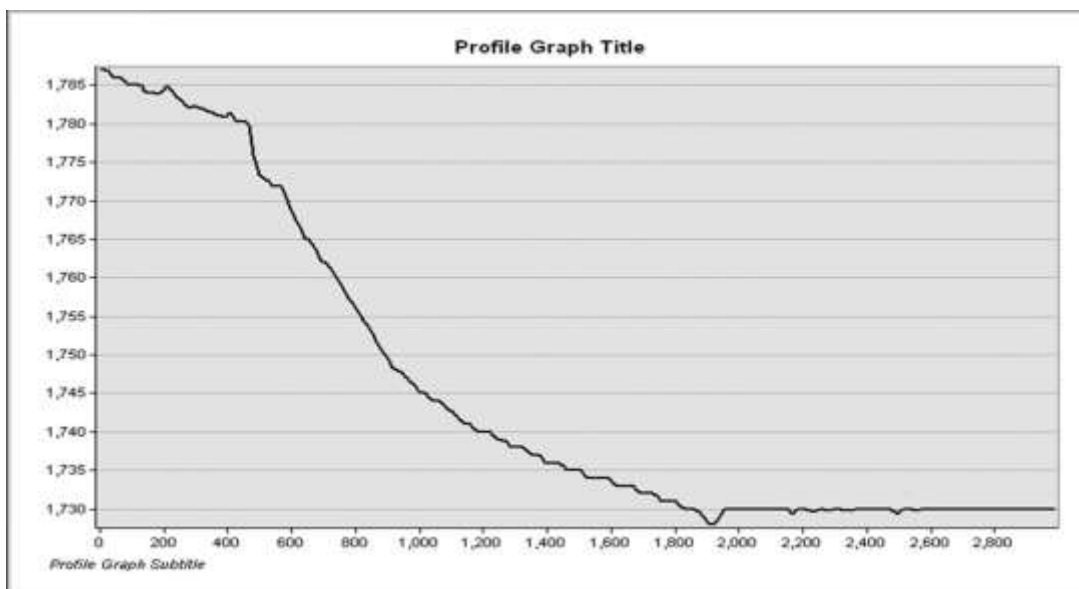


Figura 5.9 Perfil longitudinal con errores considerables.

### 5.2.2 Infraestructura

En el modelo hidráulico de la zona de Yuriria, Gto., no se incluyó información de infraestructuras hidráulicas como son: alcantarillas, puentes, diques, etc., debido a que nos dispone de información a detalle para ser incluidos en el modelo.

### 5.3 Simulación en las condiciones actuales

Se realizaron las simulaciones hidráulicas con el uso del programa IBER mediante el módulo hidrodinámico de IBER, el cual resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de Saint 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 condiciones de frontera (o de borde) de salida o aguas abajo en el IBER, se especifican en función del tipo de régimen del flujo (crítico/subcrítico y supercrítico) 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. Lo que significa que el perfil de flujo gradualmente variado que se formará sobre ellos es del tipo M. Existen tres tipos de perfil tipo M:

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.

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

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

Dadas las características topográficas de la cuenca-ciudad analizada y que no se consideró en la simulación estructuras de cruce como puentes y alcantarillas, el perfil Tipo M3 queda descartado como posible condición de frontera. Los dos posibles perfiles (M1 o M2) 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, M1, 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 termina con un remanso (perfil M1). Dicho perfil sería posible cuando exista, aguas abajo, un cuerpo de agua que force el nivel del río. El M2 inicia en el tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal.

De acuerdo con lo anterior, el perfil seleccionado para ser usado como condición de frontera general en los casos estudiados es el denominado M2, el cual parte del tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal. Se seleccionó este perfil debido a

que es un perfil corto y tiende rápidamente a las condiciones de flujo establecido, a diferencia del M1, el cual puede necesitar varios km para su desarrollo.

Por otro lado, tomando en cuenta la disponibilidad de información topográfica se define el tamaño de las celdas de la malla. Con información del Modelo de Elevación Digital (CEM de 15x15) se considera una malla de 15x 15 en la zona urbana de Yuriria, 100 x 100 en el cuerpo de la laguna y de 40x 40 en el área restante, Figura 5.10.

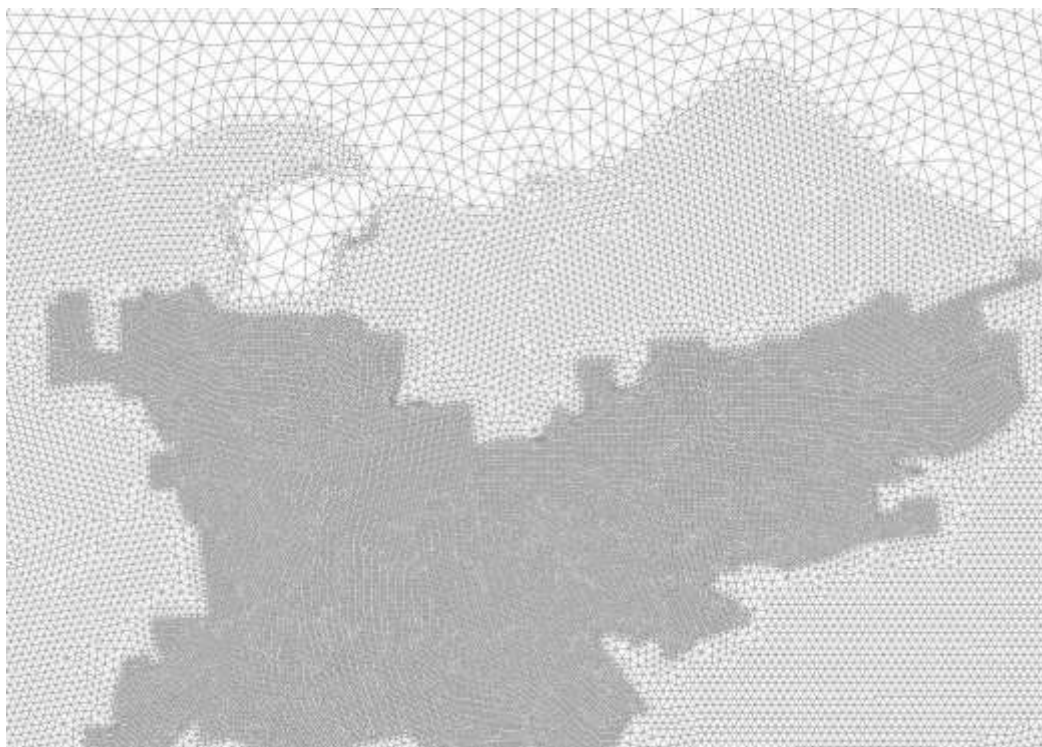


Figura 5.10 Discretización del mallado en la zona de modelación.

En la simulación no se considera topografía a menor detalle (secciones transversales) en tramos de ríos, canales, alcantarillas y/o puentes, ni la operación de estructuras existentes para el control de inundaciones.

A la zona de modelación (529 km<sup>2</sup>) se incorporan los hidrogramas de entrada de las subcuencas 1, 2 y 3 (descritos en el apartado 5.1.4). Además se consideran dos gastos de entrada: uno de 107 m<sup>3</sup>/s correspondiente al valor máximo reportado en los datos de la estación 12424 en el año 1971; y otro supuesto de 40 m<sup>3</sup>/s con el fin de considerar el caudal que transportan los canales de riego que entran por las comunidades de Maravatio del Encinal y Santa Teresa.

Por otro lado, se considera una altura de lluvia para un tiempo de concentración de 80 minutos con un valor de 21 mm para 2 años y 46 mm para 100 años. El tiempo de concentración se determina analizando los tramos de las corrientes naturales, dentro de la zona de modelación de las subcuencas 2, 4 y 5.

Con respecto a las salidas, la estación 12192 cuenta con 14 años de registros desde 1933 hasta el año 2003, en éste periodo se presenta un valor máximo de 68.5 m<sup>3</sup>/s, el cual fue considerado.

Información más reciente, específicamente de reportes periodísticos, señalan que en 2013 la laguna desfogó 30 m<sup>3</sup>/s y en junio 2015 10 m<sup>3</sup>/s. En la simulación solo se indica un punto de salida.

Asimismo, al no disponer de la batimetría de la laguna y de una cota inicial del nivel de la laguna, en la simulación se asume una condición de laguna sin agua (laguna seca).

Los datos del problema son los siguientes:

- Tiempo máximo de simulación: 32,400 segundos
- Intervalo de resultados: 600 segundos
- Esquema numérico: Primer orden
- Número de Courant-Friedrichs-Lewy: 0.45
- Límite Seco-Mojado: 0.001 m.
- Método de secado: Hidrológico

En la geometría del modelo se incluyeron:

1. Condiciones de contorno como: hidrogramas de entrada y la definición de las salidas
2. Condiciones iniciales de flujo seco
3. Asignación de 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.

El coeficiente de Manning (n) se emplea en la zona de modelación para estimar la resistencia al flujo que se simula dentro del área urbana. Para definir los distintos valores de n en toda el área a modelar se utilizó la información vectorial de la capa vectorial de manzanas de INEGI. A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo, a partir de los valores sugeridos en Ven Te Chow<sup>9</sup>, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER, Tabla 5.3.

En la Figura 5.11 se muestra la variación de coeficiente de rugosidad en la zona de modelación.

Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de acuerdo con el uso de suelo.

| Clases  | Manning (n) | Referencia |
|---|-------------|------------|
| Río angosto < a 30m y recto con matorrales y piedras        | 0.035       | Chow       |
| Río angosto < a 30m y serpenteante con matorrales y piedras | 0.060       | Chow       |
| Río angosto < a 30m montañoso                               | 0.040       | Chow       |
| Río ancho > a 30 m con sección irregular y rugoso           | 0.040       | Chow       |
| Suelo desnudo   | 0.023       | IBER       |
| Pastizales  | 0.030       | IBER       |

<sup>9</sup> Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill. 2004. Pág. 108.

| Clases               | Manning (n) | Referencia |
|----------------------|-------------|------------|
| Bosque               | 0.120       | IBER       |
| Playa                | 0.023       | IBER       |
| Matorrales           | 0.060       | Chow       |
| Árboles              | 0.120       | IBER       |
| Vegetación urbana    | 0.023       | IBER       |
| Escasa vegetación    | 0.080       | IBER       |
| Vegetación densa     | 0.180       | IBER       |
| Colectores pluviales | 0.017       | Chow       |
| No clasificado       | 0.032       | IBER       |
| Calles               | 0.020       | IBER       |
| Industrial           | 0.100       | IBER       |
| Viviendas            | 0.150       | IBER       |
| Cultivos             | 0.040       | Chow       |
| Arbustos             | 0.060       | Chow       |
| Cuerpos de agua      | 0.070       | Chow       |
| Parque               | 0.120       | IBER       |
| Canal concreto       | 0.020       | Chow       |

Asimismo, se ingresó la lluvia efectiva en la malla de cálculo del modelo hidráulico, para disminuir los procesos de cálculo. El patrón de lluvia que se usó, es el descrito en el apartado 5.1.2.

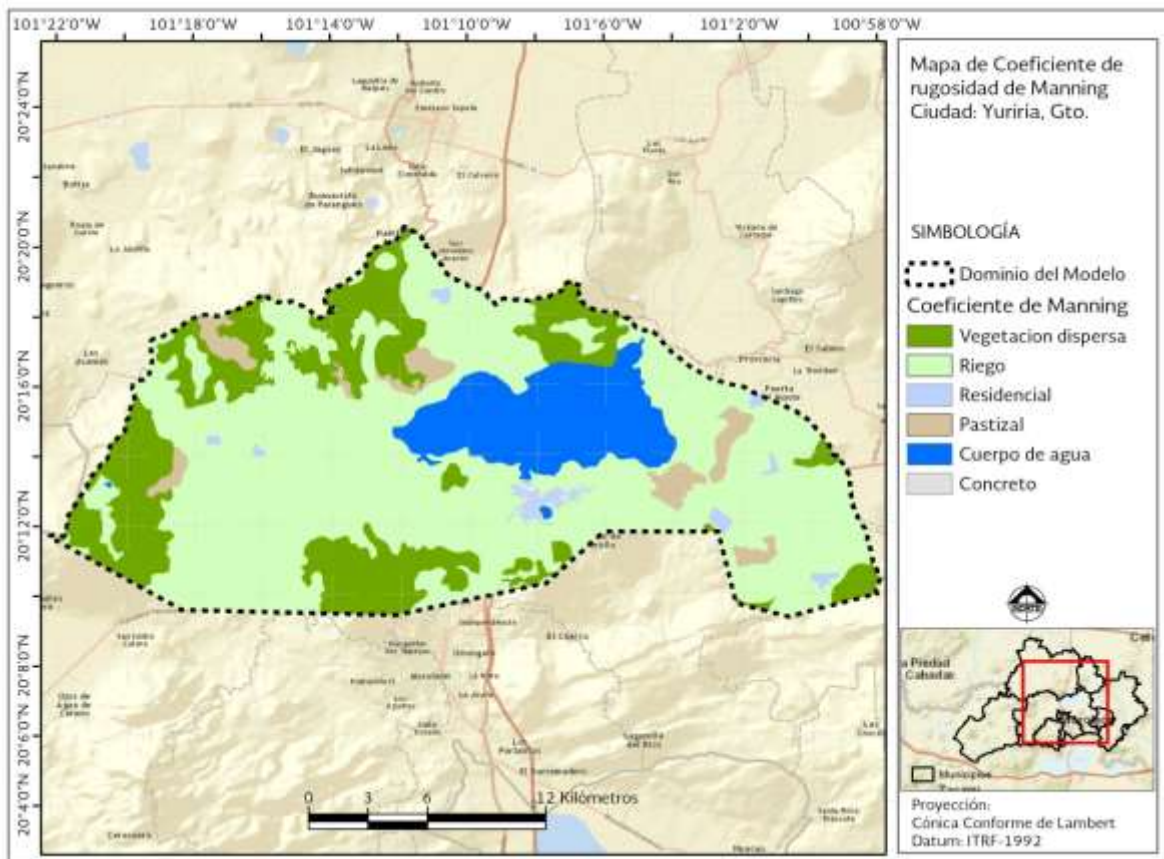


Figura 5.11 Variación del coeficiente de rugosidad en la zona de Yuriria. Gto.

## 5.4 Resultados

Los principales resultados obtenidos con la modelación hidráulica en IBER son alturas de agua, velocidades, así como la extensión de la inundación en la zona urbana. En las Figuras 5.12 a 5.21 se muestran los resultados de tirantes máximos y velocidades máximas por periodo de retorno.

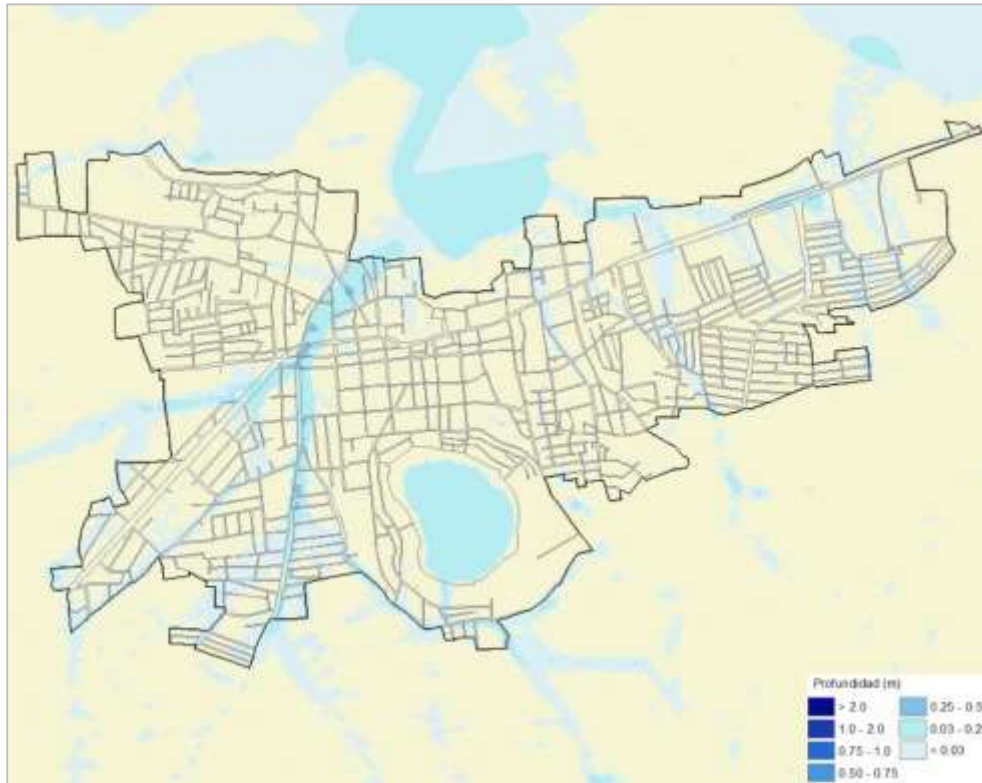


Figura 5.12 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 2 años.

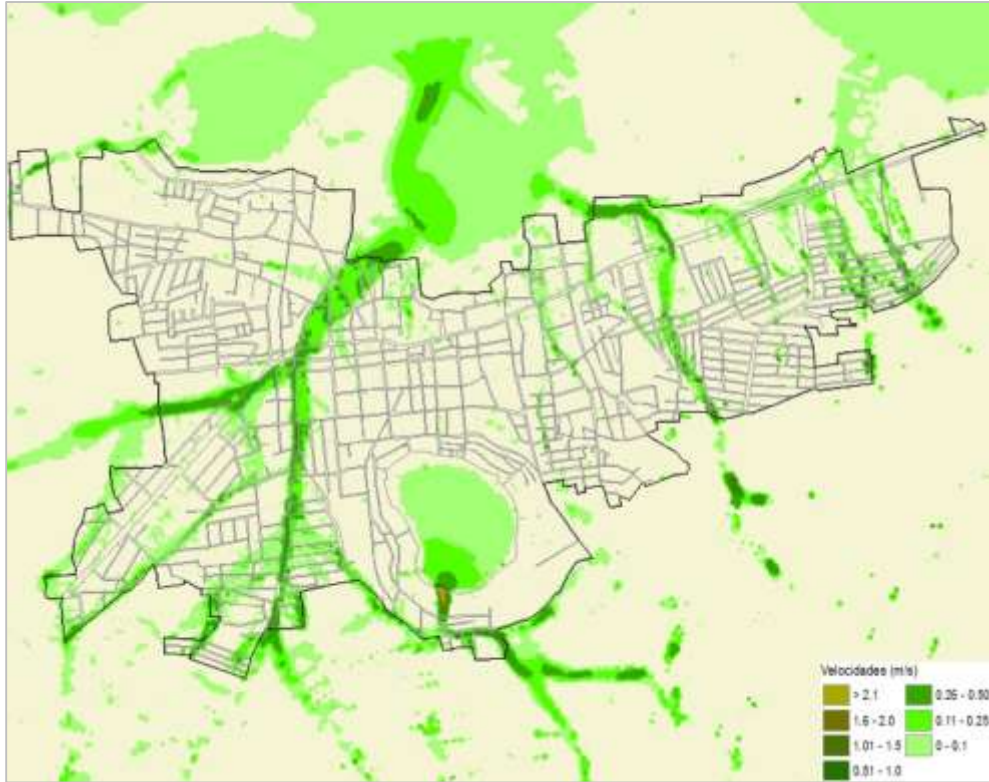


Figura 5.13 Mapa de velocidades para un Tr de 2 años.

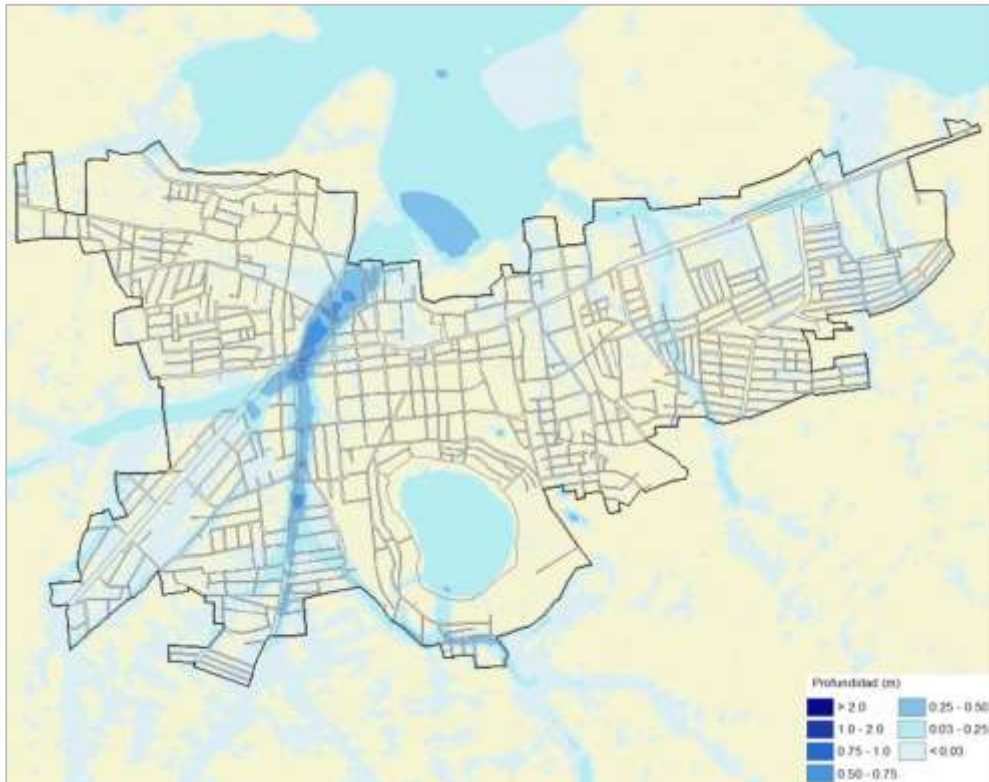


Figura 5.14 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 5 años.



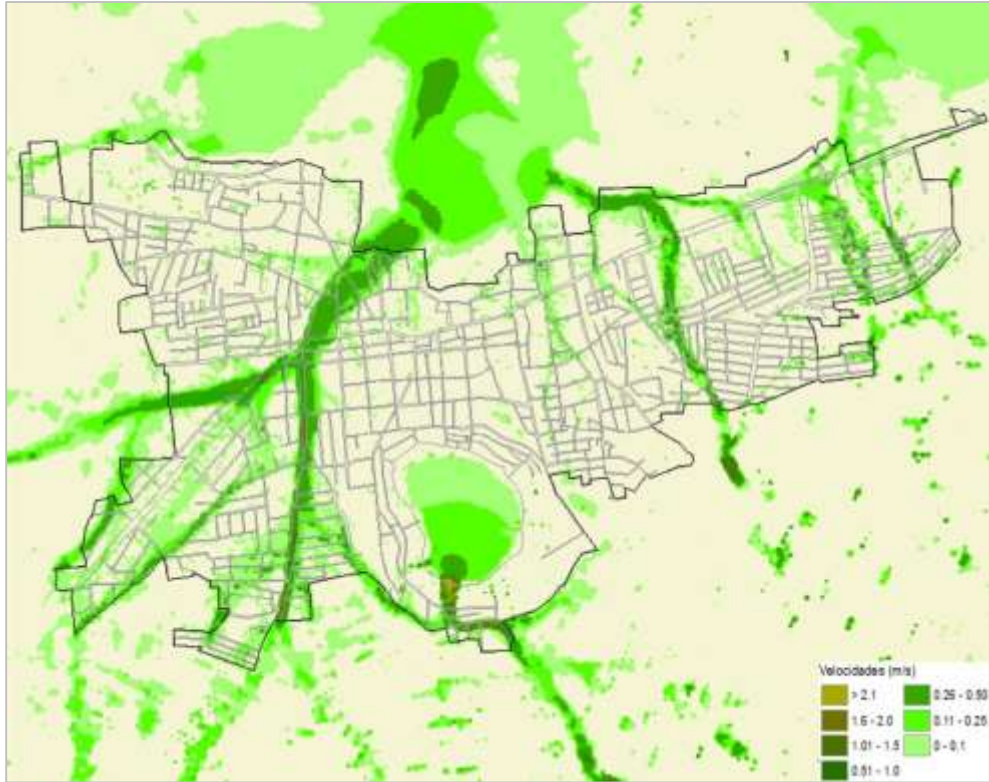


Figura 5.15 Mapa de velocidades para un Tr de 5 años.

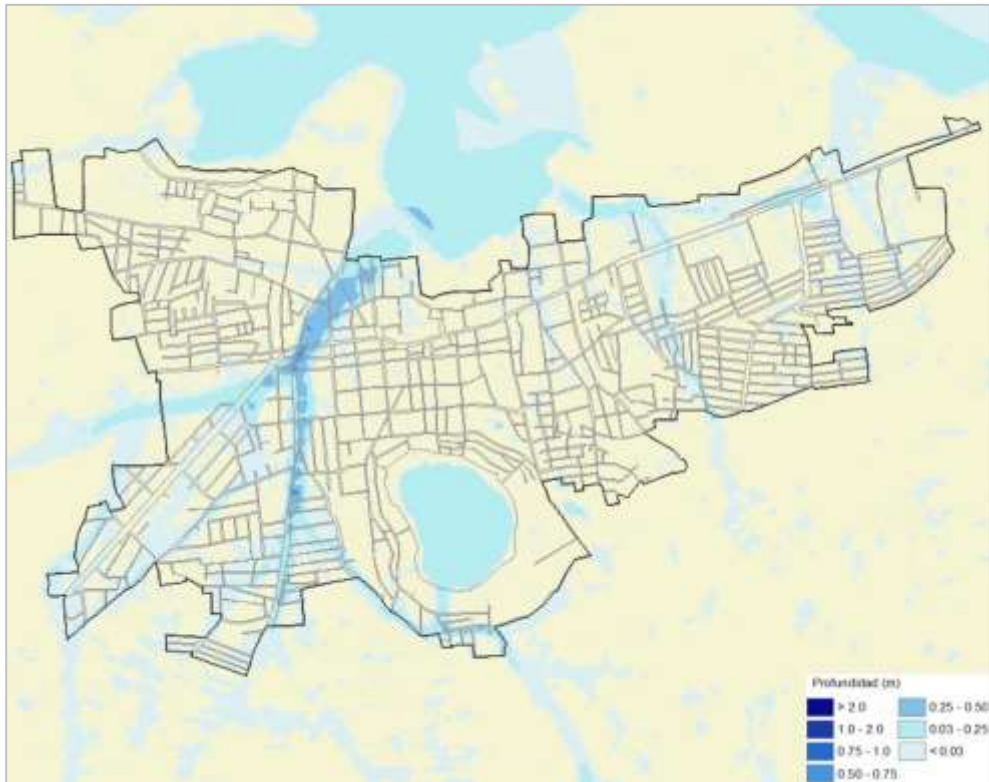


Figura 5.16 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 10 años.

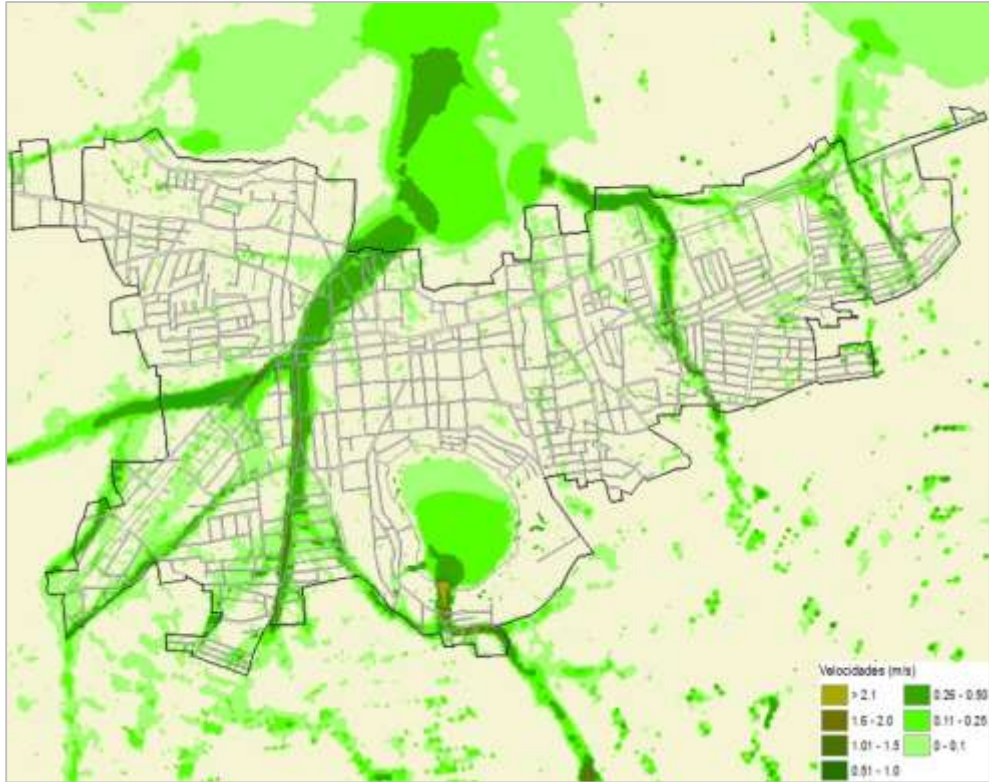


Figura 5.17 Mapa de velocidades para un Tr de 10 años.

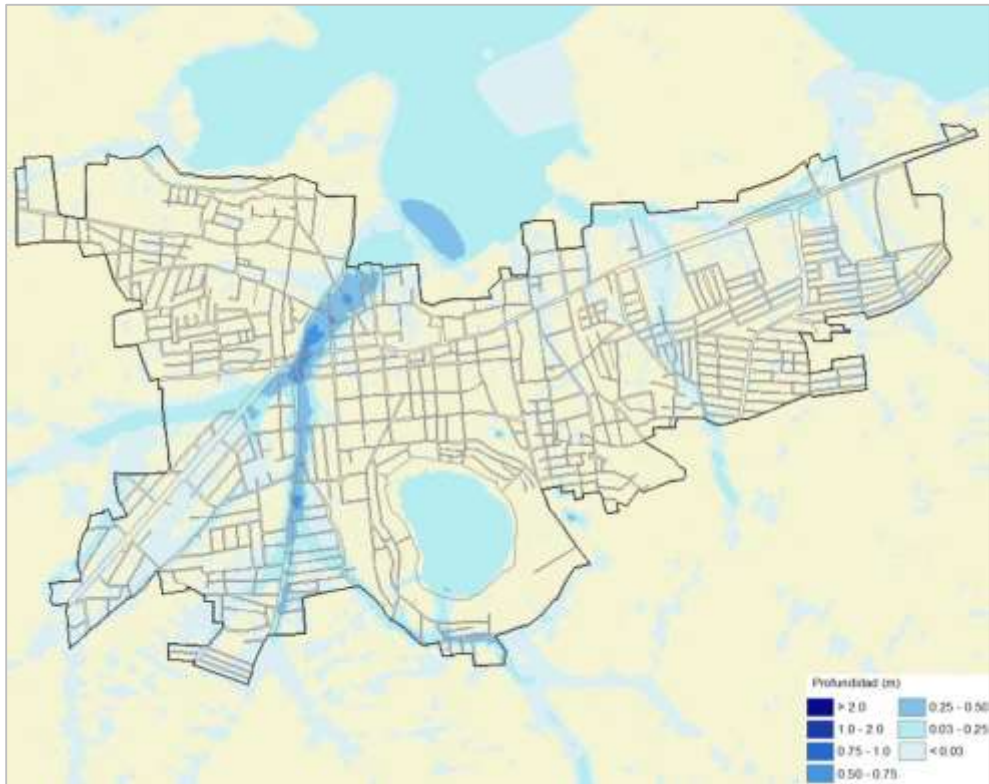


Figura 5.18 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 50 años.

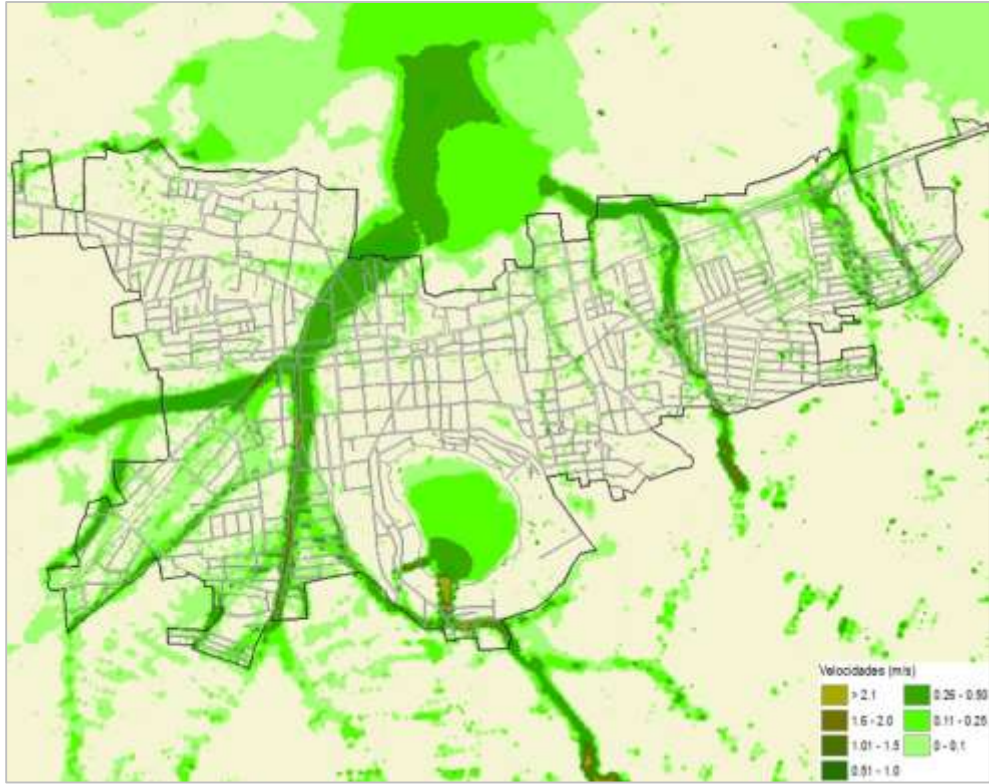


Figura 5.19 Mapa de velocidades para un Tr de 50 años.

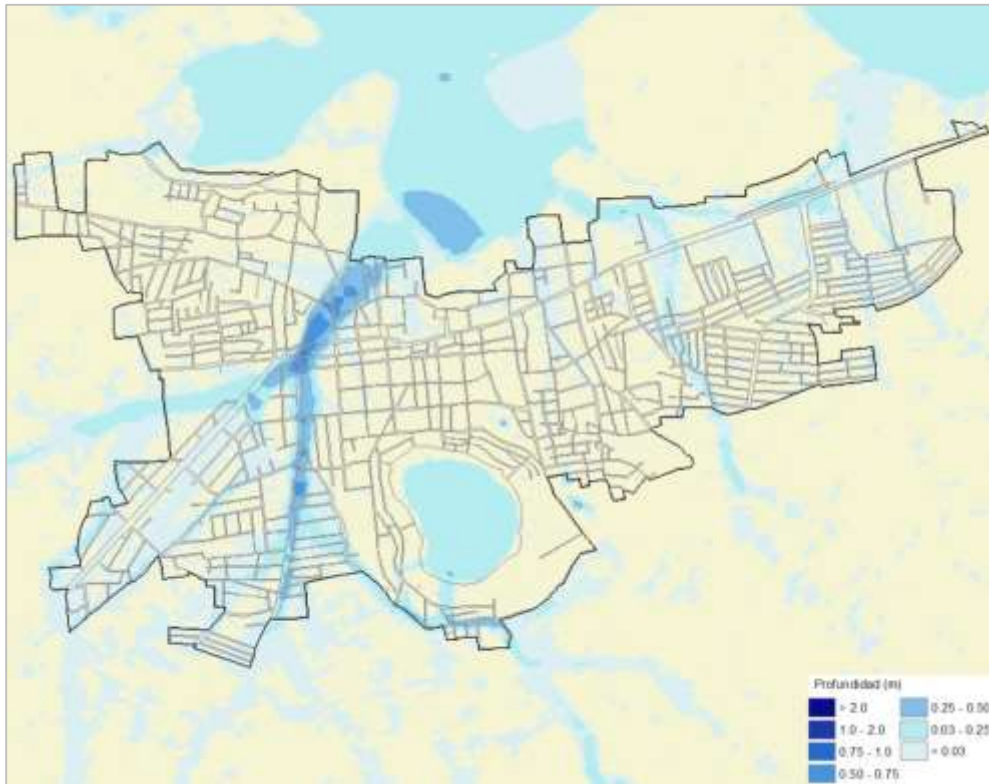


Figura 5.20 Mapa de tirantes máximos para un Tr de 100 años.

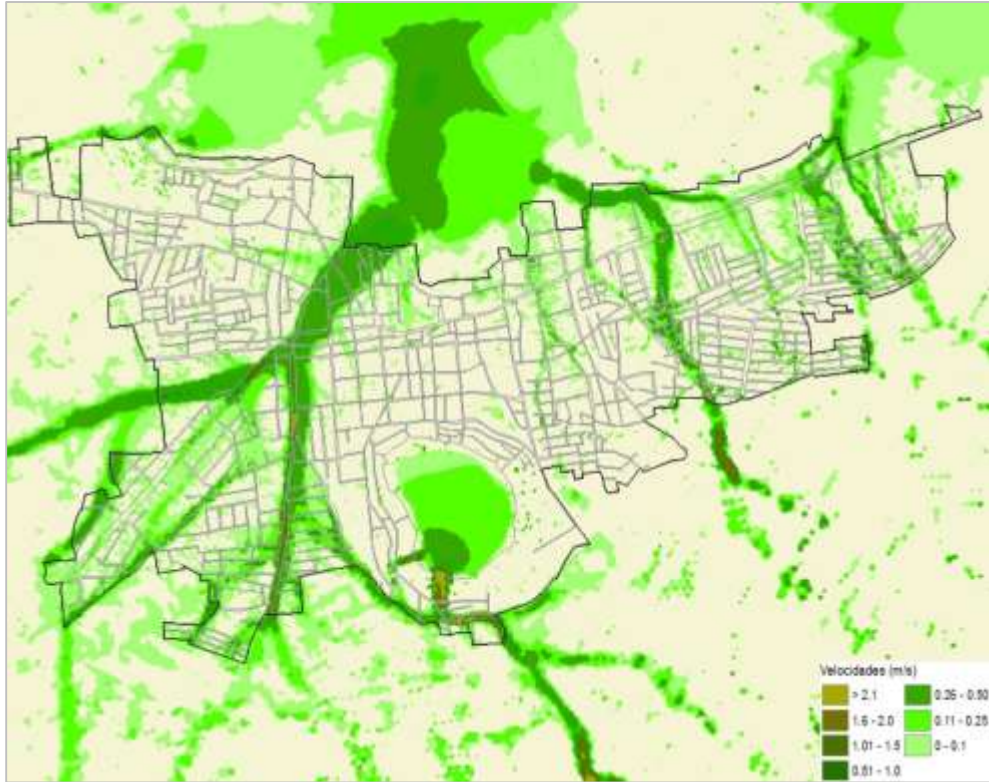


Figura 5.21 Mapa de velocidades para un Tr de 100 años.

### 5.5 Estimación de la severidad

Para definir un grado de severidad en función de la dupla (velocidad, tirante o profundidad) se toma como base el “diagrama de resistencia al vuelco”, mejor conocido como Diagrama de Dorrigo (Paterson, 2007) mostrado en la Figura 5.22. 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.

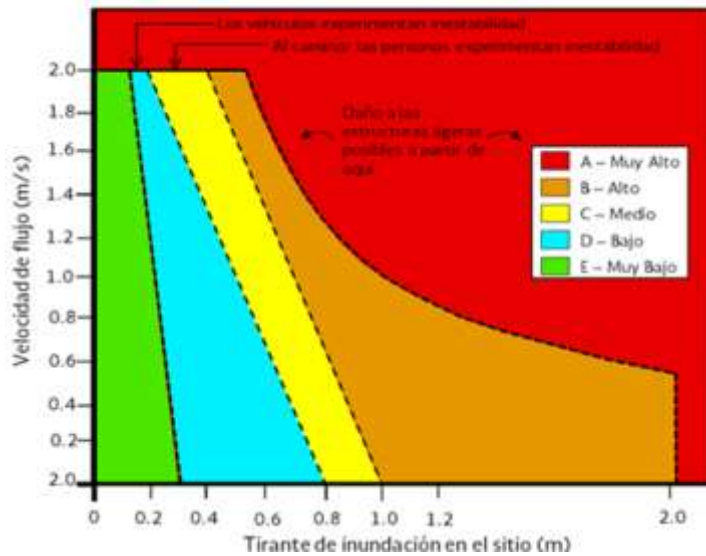


Figura 5.22 Diagrama de Dorrigo.

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

Cada región se identifica a través de una letra, de la A a la E, y la “severidad de la inundación” se clasifica a través de un código de colores: el rojo corresponde a severidad muy alta, mientras que el verde a la severidad muy baja. En la Figura 5.23, se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.



Figura 5.23 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 pasos 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 5.14) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.15) por periodo de retorno.

- 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.

En las Figuras siguientes (5.24 a 5.28) se observan los mapas de severidad para los periodos de retorno analizados. Estos mapas pueden ser útiles 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 con el fin de minimizar los daños que puedan presentarse en ellas.



Figura 5.24 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.



Figura 5.25 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.



Figura 5.26 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.



Figura 5.27 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.





Figura 5.28 Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.

## 5.6 Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos, considerando laguna vacía, tomará su importancia una vez que se integre al modelo IBER la batimetría de la laguna y la elevación de operación del nivel de la misma. Sin embargo, los resultados aún con la deficiencia de la topografía son relevantes y coherentes con las zonas que frecuentemente se inundan por lluvias fuertes originadas en la cuenca propia de la laguna, pero sobre todo por el agua derivada del Río Lerma.

Uno de los resultados relevantes es la hidrodinámica obtenida. En la Figura 5.29 se observan los vectores de velocidad que representan el movimiento del agua originado por los escurrimientos de entrada a la laguna. Por otro lado, las zonas afectadas por el probable desbordamiento de la laguna son aquellas que se encuentran dentro de la cota al NAMO (1729.92 msnm), Figura 5.30.

En la figura 5.30, entre las calles Tomás Moreno y Villa Fuerte, se observan algunas manzanas que presentan alturas de agua en un rango de 0.10 a 0.50 cm.

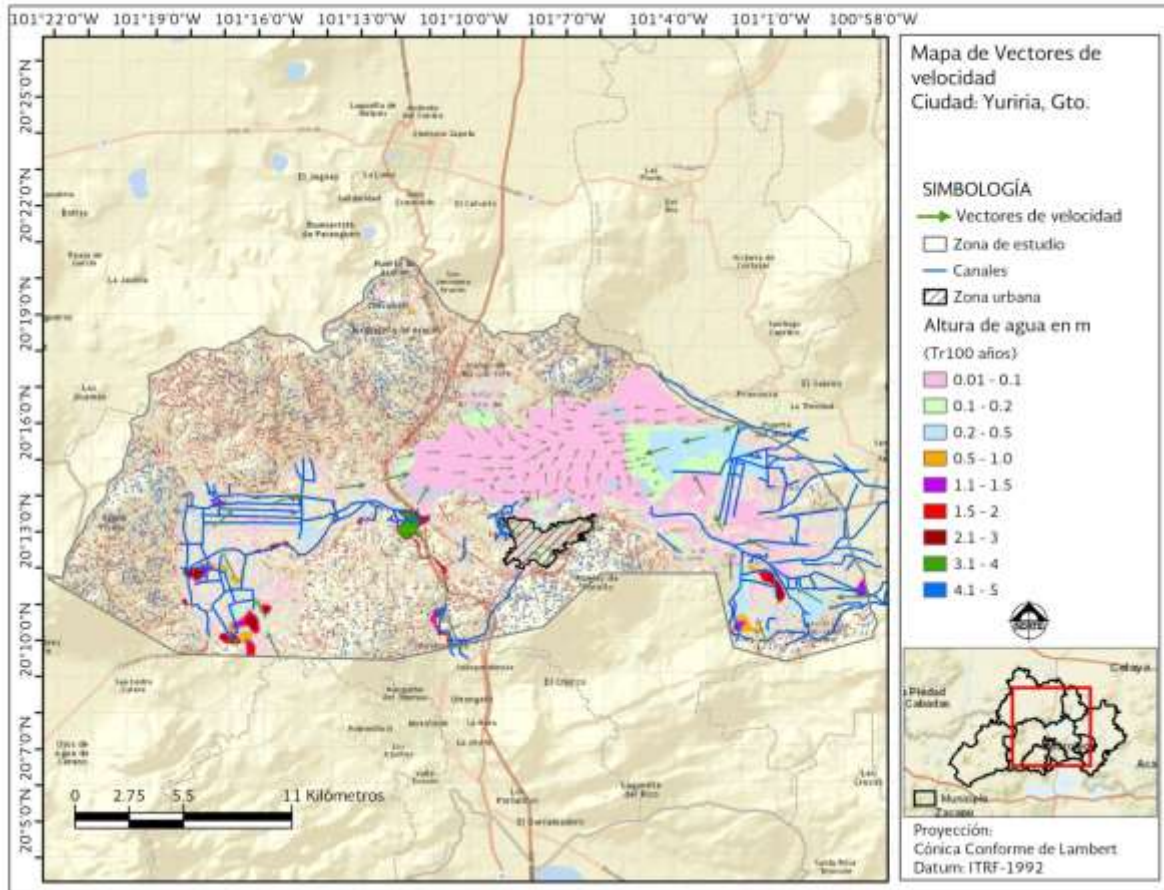


Figura 5.29 Hidrodinámica de la Laguna de Yuriria para un Tr de 100 años.

Por otro lado, la modelación permitió reproducir la hidrodinámica de los arroyos principales y mostrar las zonas vulnerables a las inundaciones dentro de la cabecera municipal, las cuales como se observa en la Figura 5.31 son calle Villafuerte, 5 de Mayo y Boulevard 5 de Mayo, Chinampas, Miguel F. Zavala, Fernando Nuñez, Tomás Moreno, Mina y Marinero. Estas calles también han sido identificadas por la Dirección de Protección Civil del Estado de Guanajuato como áreas vulnerables. Asimismo se observa que las comunidades de El Tigre, San Francisco de la Cruz, Ochomitas, San Vicente Ciénega, Monte de los Juárez, La Faja, San Vicente Ciénega y Puquichapio presentan riesgo de inundación a partir del periodo de retorno mayor a 10 años, excepto la comunidad de Monte de Los Juárez que para 10 años llegan a presentarse alturas de agua de alrededor de 10 cm. En la Figura 5.32 se presentan las comunidades mencionadas anteriormente y las alturas de inundación para un periodo de retorno de 100 años.

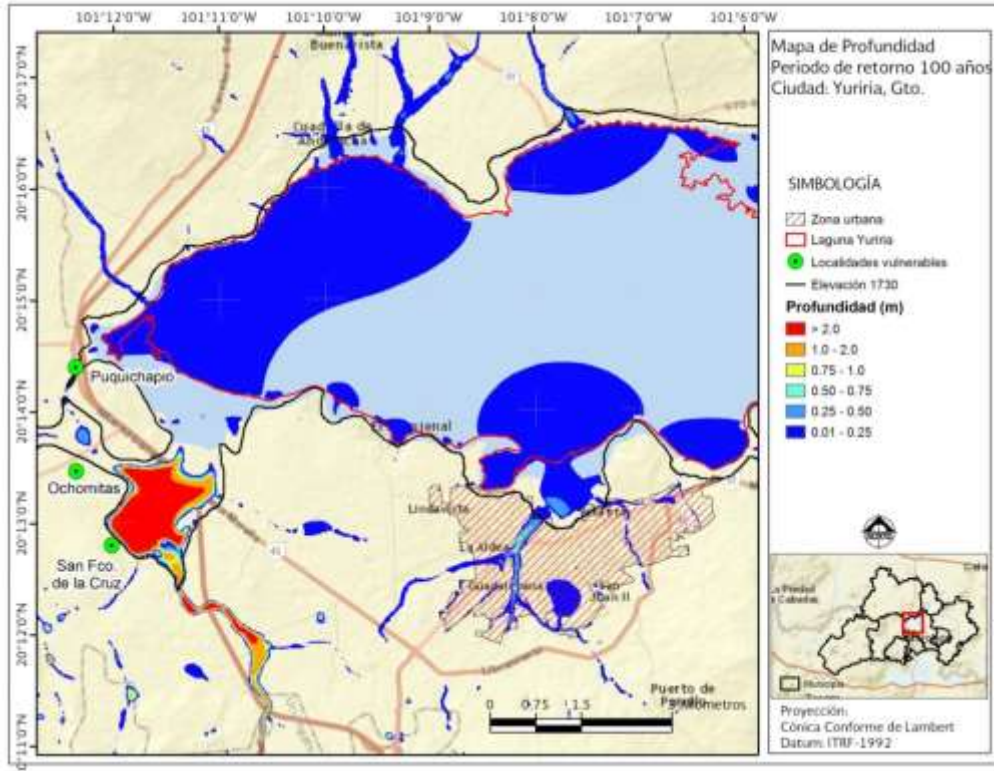


Figura 5.30 Localidades vulnerables y zona urbana de Yuriria para un periodo de retorno de 100 años.

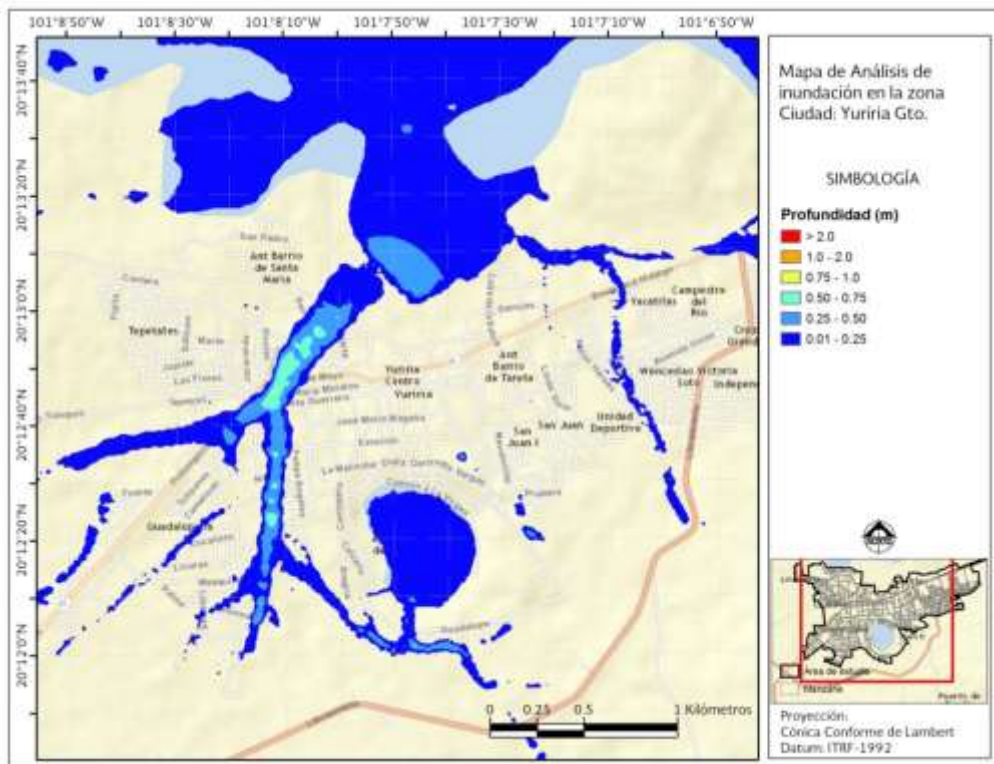


Figura 5.31 Mapa de tirantes máximos para un periodo de retorno de 100 años.

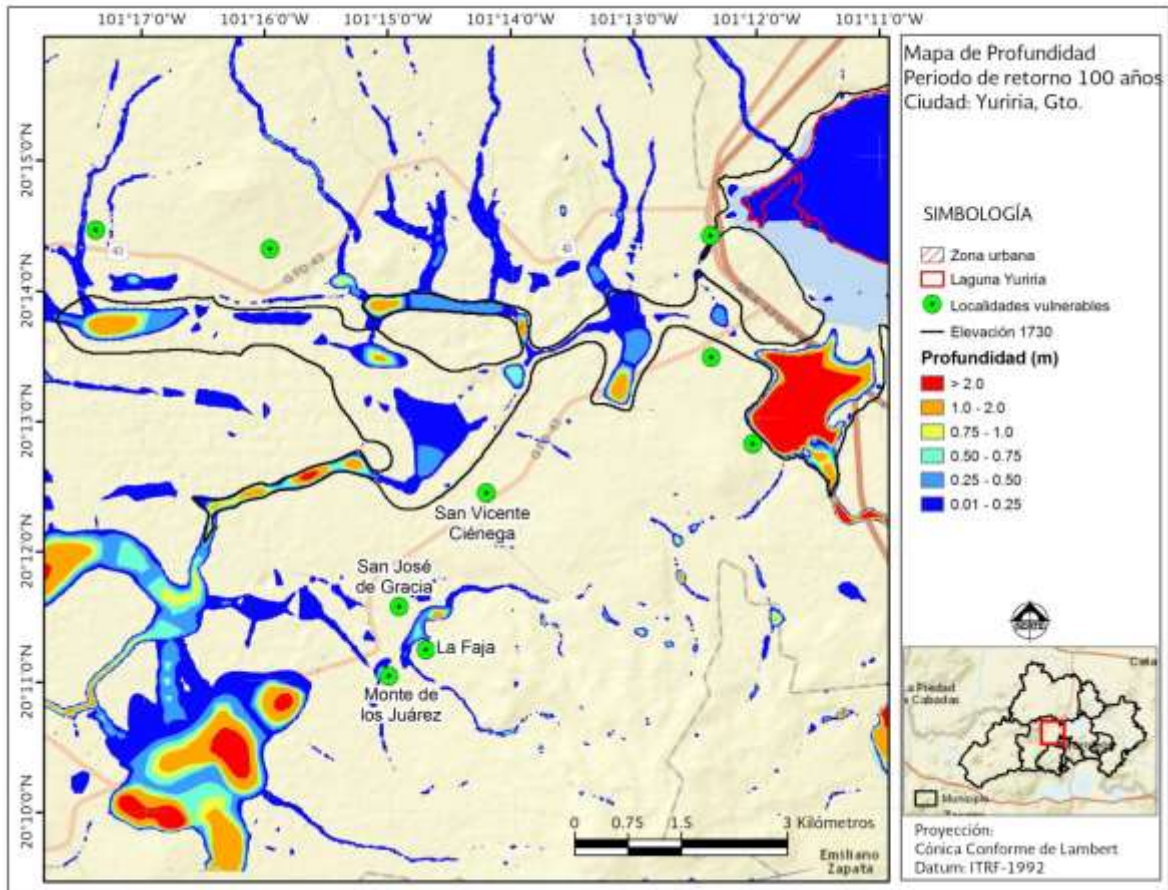


Figura 5.32 Comunidades vulnerables a inundaciones, periodo de retorno de 100 años.

## GLOSARIO

Alarma. Señal que anuncia peligro (1).

Alerta. Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. Ver "advertencia" (1).

Alerta temprana (sin. 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).

Amenaza (sin. peligro). Peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa, puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios. Es un factor de riesgo externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno o evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido (2).

Auxilio. Asistencia y/o intervención durante o después del desastre, para lograr la preservación de la vida y las necesidades básicas de subsistencia. Puede ser de emergencia o de duración prolongada (1).

Avenida (sin. 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 (2).

Caudal. Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (1).

Cambio climático. Cambio observado en el clima, bajo una escala global, regional o subregional causado por procesos naturales y/o actividad humana (1).

Ciclón. Sistema cerrado de circulación a gran escala, dentro de la atmósfera, con presión barométrica baja y fuertes vientos que rotan en dirección contraria a las manecillas del reloj en el hemisferio Norte, y en dirección de las manecillas del reloj en el hemisferio Sur. En el Océano Índico y en el Pacífico del sur se les denomina ciclón; en el Atlántico occidental y Pacífico oriental se les denomina huracán; en el Pacífico occidental se les llama tifón (1).

Control de crecidas (control de inundaciones). Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (1).

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 (2).

Clasificación de daños

Evaluación y registro de daños a estructuras, instalaciones u objetos de acuerdo a tres (o más) categorías:

1. "Daños severos" que imposibilita el uso posterior para el que estaban destinados, la estructura, instalaciones u objeto.

2. "Daños moderados" o el grado de daños a los miembros principales, que imposibilita el uso efectivo para el que estaban destinados, la estructura, instalaciones u objeto, a menos que se efectúen reparaciones mayores sin llegar a reconstrucciones completas.

3. "Daños ligeros" tales como ventanas rotas, pequeños daños a techos, y paredes, tabiques derrumbados, paredes agrietadas, etc. El daño no es lo suficientemente grande como para imposibilitar el uso de la estructura, instalación u objeto (1).

Declaración de desastre. Proclamación oficial de un estado de emergencia después de ocurrida una calamidad a gran escala, con el propósito de activar las medidas tendientes a reducir el impacto del desastre (1).

Deforestación. Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (1).

Desastre. Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada. Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciada, entre otras cosas, por la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y reestablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida (2).

Dique. Obra de tierra para retener el flujo de agua dentro de un área específica, a lo largo de su cauce evitando así las inundaciones debidas a mareas u ondas (1).

Emergencia. Estado directamente relacionado con la ocurrencia de un fenómeno físico peligroso o por la inminencia del mismo. Que requiere de una reacción inmediata y exige la atención de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general. Cuando es inminente el evento, puede presentarse confusión, desorden, incertidumbre y desorientación entre la población. La fase inmediata después del impacto es caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones mínimas necesarias para la supervivencia y funcionamiento de la unidad social afectada. Constituye una fase o componente de una condición de desastre pero no es, per se, una noción sustitutiva de desastre. Puede haber condiciones de emergencia sin un desastre (2).

Erosión. Pérdida o desintegración de suelo y rocas como resultado de la acción del agua, hielo o viento (1).

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 (2).

Exposición. Cuantificación de los receptores que pueden resultar influidos por un fenómeno (inundación), por ejemplo, el número de personas y estructura demográfica, el número y tipo de bienes, etc. (2).

Gestión del riesgo. Proceso social complejo, cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada con el logro de pautas de desarrollo humano económico, ambiental y territorial sostenibles. En principio, admite distintos niveles de intervención que van desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar. Las distintas formas de intervención corresponden, grosso modo, a las fases del también llamado ciclo de los desastres: la prevención, la mitigación, los preparativos, la respuesta humanitaria, la rehabilitación y la reconstrucción. La gestión de riesgos requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e institucionales que representan los distintos niveles de intervención bajo modalidades de coordinación establecidas y con roles diferenciados acordados, aquellas instancias colectivas de representación social de los diferentes actores e intereses que juegan un papel en la construcción del riesgo y en su reducción, previsión y control (2).

Gestión integrada de la cuenca hidrológica (sin. gestión integrada de los recursos hídricos). Un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, los suelos y los recursos conexos, con el fin de maximizar de manera equitativa el bienestar económico y social que de ello se deriva, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (2).

Humedad del suelo. Contenido de agua en la porción de tierra que está por encima del nivel freático, incluyendo el vapor de agua presente en los poros del suelo; en algunos casos se refiere estrictamente a la humedad dentro de la zona de las raíces de las plantas (1).

Inundación. Aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce. Anegamiento de la tierra por una masa de agua. Anegamiento del agua en zonas que habitualmente están libres de ésta, producto de precipitaciones extremas, desbordamientos de ríos y/o canales, la subida de las mareas por encima del nivel habitual o por olas gigantes «tsunamis», ruptura de presas ó por combinación de varios factores (2).

Legislación de desastre. El conjunto de leyes y reglamentos que gobiernan y designan responsabilidades para el manejo de desastres, y que conciernen a las varias fases del desastre (1).

Llanuras de inundación. Terreno adyacente y casi al mismo nivel que el cauce principal y que se inunda sólo cuando el caudal excede la capacidad máxima de dicho cauce (2).

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 (2).

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 (2).

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. (2).

Mitigación (sin. reducción, atenuación). Ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo existente. Las medidas de intervención pueden ser estructurales y no-estructurales. La mitigación asume que en muchas circunstancias no es posible, ni factible controlar totalmente el riesgo existente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias, sino más bien reducirlos a niveles aceptables y factibles. La mitigación puede operar en el contexto de la reducción o eliminación del riesgo existente, o aceptar este riesgo y, a través de preparativos, los sistemas de alerta, etc., buscar disminuir las pérdidas y daños que ocurrirían con la incidencia de un fenómeno peligroso (2).

Monitoreo (sin. vigilancia). Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (1).

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 (1).

Ordenamiento territorial (sin. 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” (2).

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 (2).



Período de retorno (sin. período de recurrencia). Intervalo medio de tiempo a largo plazo, o número de años al cabo de los cuales se igualará o superará un suceso, por ejemplo: la precipitación máxima en 24 horas o el caudal máximo de avenida (2).

Plan de emergencias. Definición de responsabilidades y procedimientos generales de reacción y alerta institucional, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y simulación para la capacitación, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recordar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de que se presente el fenómeno peligroso (2).

Presas. Barrera a través de un río, provista de compuertas u otros mecanismos de control, para controlar el nivel de agua de superficie que se encuentra aguas arriba, para regular el flujo o para derivar reservas de agua dentro de un canal (1).

Precipitación sobre una zona. Precipitación media que ha caído sobre un área específica (1).

Preparación. Actividades diseñadas para minimizar pérdidas de vida y daños, para organizar el traslado temporal de personas y propiedades de un lugar amenazado y facilitarles durante un tiempo rescate, socorro y rehabilitación. Ver también "prevención" (1).

Prevención. Actividades diseñadas para proveer protección permanente de un desastre. Incluye ingeniería y otras medidas de protección física, así como medidas legislativas para el control del uso de la tierra y la ordenación urbana (1).

Probabilidad de excedencia. Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (1).

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 (1).

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 (1).

Pronóstico (sin. predicción). 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 (2).

Reconstrucción. Acciones tomadas para restablecer una comunidad después de un periodo de rehabilitación, subsecuente a un desastre. Las acciones incluirían construcción de viviendas permanentes, restauración total de todos los servicios y reanudar por completo el estado de pre-desastre (1).

Refugio (sin. Albergue). Requerimientos de protección física para las víctimas de un desastre, que no tienen la posibilidad de acceso a facilidades de habitación normales. Se cumplen las necesidades inmediatas de post-desastre, mediante el uso de carpas. Se pueden incluir otras alternativas como el uso de casas de polipropileno, domos geodésicos y otros tipos similares de vivienda temporal (1).

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 (1).

Reubicación. Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (1).

Remanso. Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (1).

Resiliencia. Capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno físico. Para una sociedad o comunidad está determinada por la capacidad de autoorganización para mejorar sus capacidades, de aprender de los desastres pasados a fin de protegerse menos en el futuro y de mejorar las medidas de reducción de riesgos (2).

Respuesta. Provisión de ayuda o intervención durante o inmediatamente después de un desastre, que tiende a preservar la vida y cubrir las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada. Cubre un ámbito temporal inmediato, a corto plazo, o prolongado (2).

Riesgo. Cálculo matemático de pérdidas (de vidas, personas heridas, propiedad dañada y actividad económica detenida) durante un periodo de referencia en una región dada para un peligro en particular. Riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad (1).

Seguro contra desastres. Pólizas de seguros patrocinadas por entidades privadas o del gobierno para la protección contra pérdidas económicas que resulten de un desastre (1).

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 (1).

Vulnerabilidad. Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio-natural o antrópico. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior (2).

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 (1).

Nota: Sin. Significa sinónimo.

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

(2) 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.

## ANEXOS

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

### a) Carpeta: Capítulo 3

#### Carpeta: Mpks \_figuras

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

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

#### Carpeta: Estaciones

Esta carpeta contiene los registros de la información de la precipitación de las estaciones climatológicas convencionales y de las estaciones Meteorológicas automáticas. Además, contiene la información relacionada con los escurrimientos de cada una de las estaciones hidrométricas y de las presas. La información está agrupada como sigue:

12. Registros de estaciones climatológicas
13. Registros de estaciones meteorológicas automáticas
14. Registros de estaciones hidrométricas
15. Registros de las presas de almacenamiento y de control de inundaciones

b) Carpeta: Capítulo 4

Carpeta: Mpks de figuras

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

16. Densidad de estaciones climatológicas convencionales
17. Densidad de estaciones meteorológicas automáticas
18. Grados de marginación de la zona urbana (Avidán)

c) Carpeta: Capítulo 5

Carpeta: Mpks de figuras

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

19. Delimitación de los hombros del cauce
20. Coeficiente de rugosidad de la zona urbana (uso de suelo)
21. Esquema del modelo hidráulico
22. Número de Curva con medida (cuando aplique)

Carpeta: Hidrologia

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

23. Modelo Hec- Hms actual (para los que utilizaron lluvia-escorrentamiento)
24. Análisis de frecuencias de gastos máximos anuales (para los que utilizaron este método)
25. Hidrogramas actuales de entrada al modelo IBER en excel
26. Hietograma actual de entrada a la ZU en excel

Carpeta: MDE

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

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

Carpeta: Modelos IBER

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

29. Modelos simulados en condiciones actuales para cada TR (Javier)

Carpeta: Resultados IBER

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

30. MPK's de resultados: profundidades, velocidades, severidad y riesgo en condiciones actuales para cada TR y riesgo con medida (Avidán)

31. Pérdidas económicas actuales por TR en excel (Javier)

d) Carpeta: Capítulo 6

Carpeta: Mpks de figuras

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

Los proyectos que contiene la carpeta son

32. Número de Curva con medida (cuando aplique)

Carpeta: Hidrologia

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

33. Modelo Hec- Hms con medida (para los que utilizaron lluvia-escorrentamiento)

34. Hidrogramas con medida de entrada al modelo IBER en excel

35. Hietograma con medida de entrada a la ZU en excel

Carpeta: Modelos IBER

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

36. Modelos simulados con medida para cada TR (Javier)

Carpeta: Resultados IBER

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

37. MPK's de resultados: profundidades, velocidades, severidad y riesgo con medida (Avidán)
38. Pérdidas económicas con medida por TR en excel (Javier)

## REFERENCIAS

- Baró S. J.E., Díaz D. C., Esteller A. M.V. (2007). Curvas de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México. Parte I: propuesta metodológica. Ingeniería hidráulica en México, Vol. XXII, núm. 1. pp. 91-102, enero-marzo.
- Baró S. J.E., Díaz D. C., Calderón G., Cadena E. y Esteller A. 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, vol. II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.
- Clima Computarizado (CLICOM) (2011). Red integrada a nivel Nacional. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR), CONAGUA.
- Comisión Europea, PREDECAN, Comunidad Andina (2008). Plan de Gestión Local de Riesgos de Desastres, Calca, Perú, Predes, Fondo Editorial, Lima.
- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). Actualizado al 2006.
- CONAGUA (2011). Manual para el control de inundaciones, Subdirección General Técnica.
- CONAGUA (2014). Programa de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas, Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico 1ra Versión. Subdirección General Técnica.
- CONAGUA (2011). Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales. Compendio de la Región Lerma-Santiago-Pacífico.
- CONAGUA, Sistema de Información Nacional del Agua (SINA) (2012).
- Saavedra F. (2010). Vulnerabilidad de la población frente a inundaciones e inestabilidad de laderas. En: Cotler H., (2010) Las Cuencas Hidrográficas de México, Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Coordinación General de Protección Civil, Tamaulipas (2011). Plan de Contingencias: Temporada de Ciclones Tropicales.
- Department of Humanitarian Affairs (DHA) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2010). Acuerdo por el que se emiten las Reglas Generales del Fondo de Desastres Naturales. 3 de diciembre. Segunda Sección, SHCP.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas (EIRD/ONU) (2004). Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Capítulo 5 Una selección de aplicaciones para la reducción de desastres, apartado 5.5 Los sistemas de alerta temprana. <http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/capitulos/ch5-section5.pdf>



Fondo Nacional Para el Desarrollo Nacional, FONDEN. Base de datos de declaratoria de desastres (2002-2009).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2005). Marco Geoestadístico Municipal.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2010). Censo poblacional 2010.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2008). Inventario Nacional de Obras de Protección contra Inundaciones.

Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), INEGI (2012), Versión 2.2.