

CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA

PROGRAMA DE PREVENCIÓN
CONTRA CONTINGENCIAS
HIDRÁULICAS

CIUDAD/CUENCA MORELIA, MICHOACÁN

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2014

Contenido

1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA/CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN	1
1.1 Localización	1
1.2. Red de monitoreo	2
1.3. Uso de suelo y vegetación.....	4
1.4. Población.....	5
1.5. Causas de las inundaciones	6
1.6. Subdivisión de la cuenca/ciudad	6
1.7. Descripción general del sistema de drenaje	8
2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO	10
2.1. Estimación de caudales o gastos de entrada al sistema	10
2.2. Magnitud de la inundación.....	13
BIBLIOGRAFÍA.....	20
GLOSARIO.....	21

1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA/CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN

1.1 Localización

El área de estudio administrativamente se localiza en la Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico. De acuerdo con la delimitación oficial con fines de la estimación de la disponibilidad de agua superficial se ubica en la cuenca cerrada denominada Lago de Cuitzeo, Figura 1.

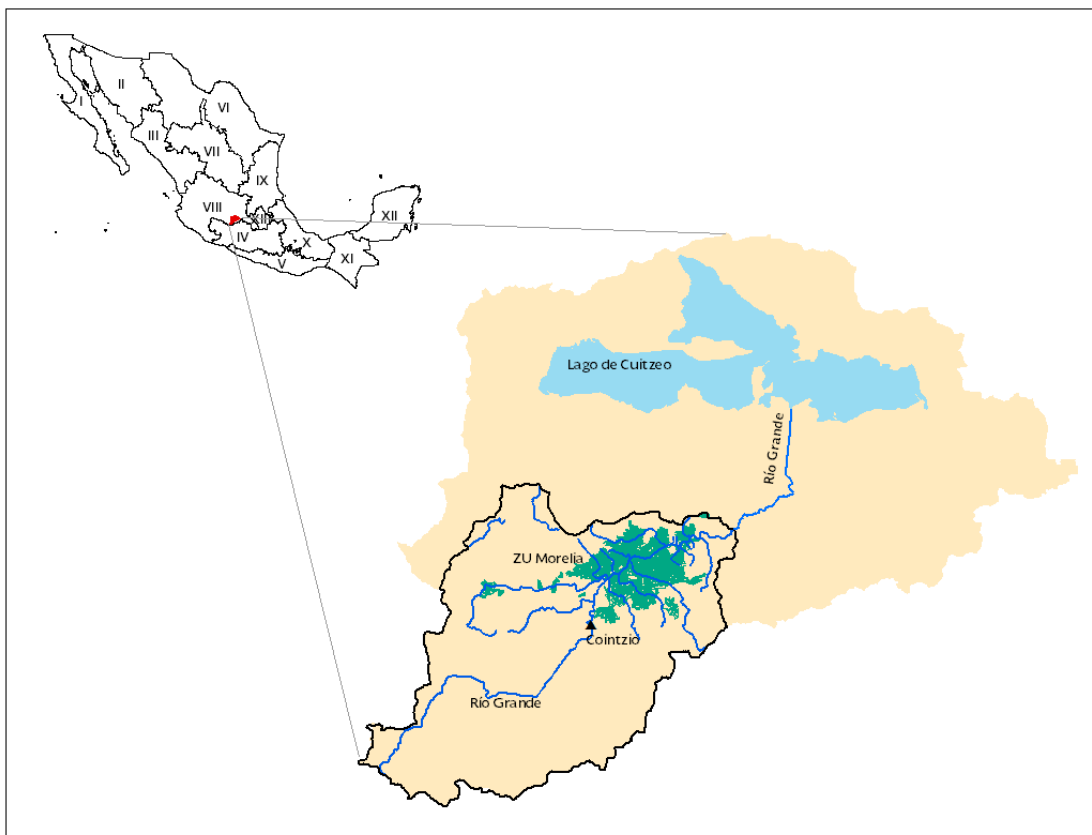


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

El cauce principal del área de estudio es el Río Grande que drena una superficie de alrededor de 1,263 km² con una longitud de 31.88 km, a partir de la presa Cointzio hasta el punto de salida con coordenadas 19°44'55.44" LN y 101°4'40.13" LW. Su longitud en el tramo urbano es de 10.27 km. Dentro de los afluentes principales se encuentra el Río Chiquito y el Dren Itzúcaro, además confluyen varios afluentes en la zona urbana, destacando los drenes Ciénega Grande, Mora Tovar, Carlos Salazar y el Arroyo Las Tierras, Figura 2. La precipitación media anual es de alrededor de 910 mm.

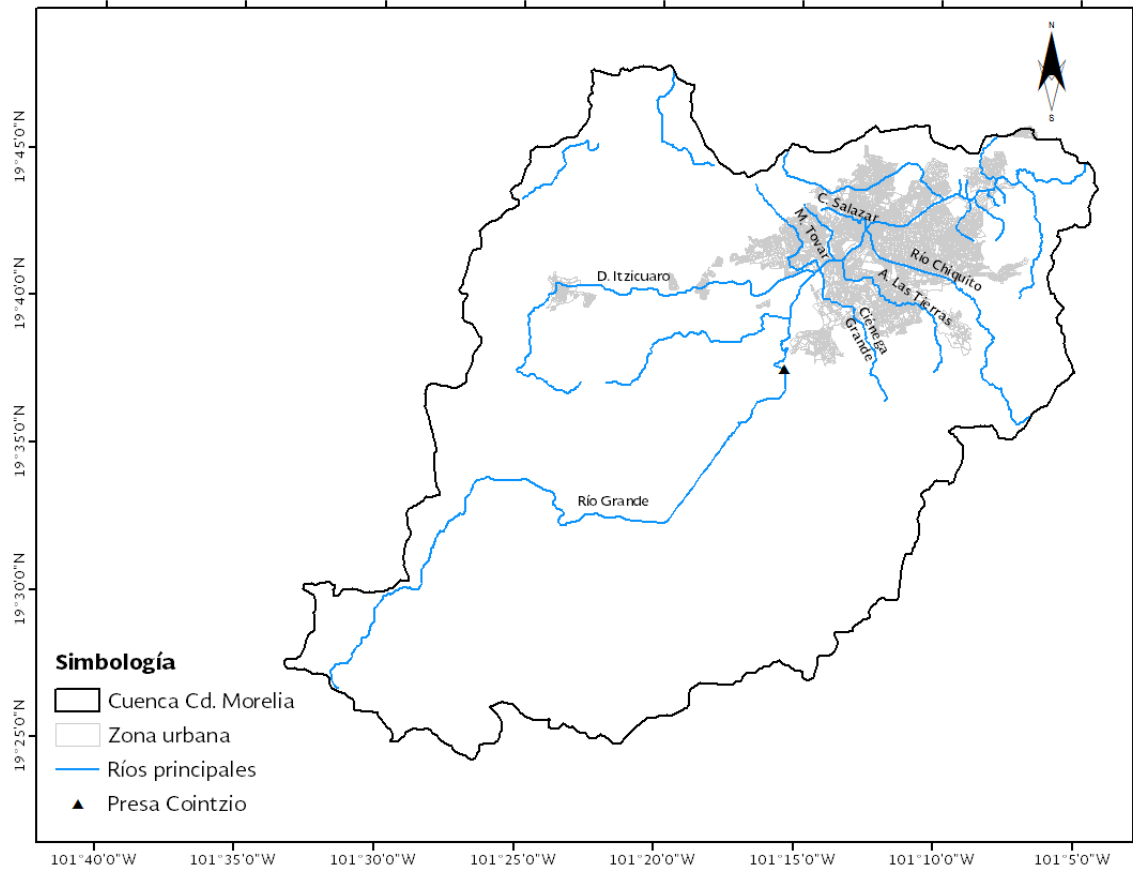


Figura 2. Ríos principales.

1.2. Red de monitoreo

En la figura 3 se muestran las estaciones climatológicas e hidrométricas localizadas en la zona de estudio, enlistadas en las tablas 1 y 2, respectivamente.

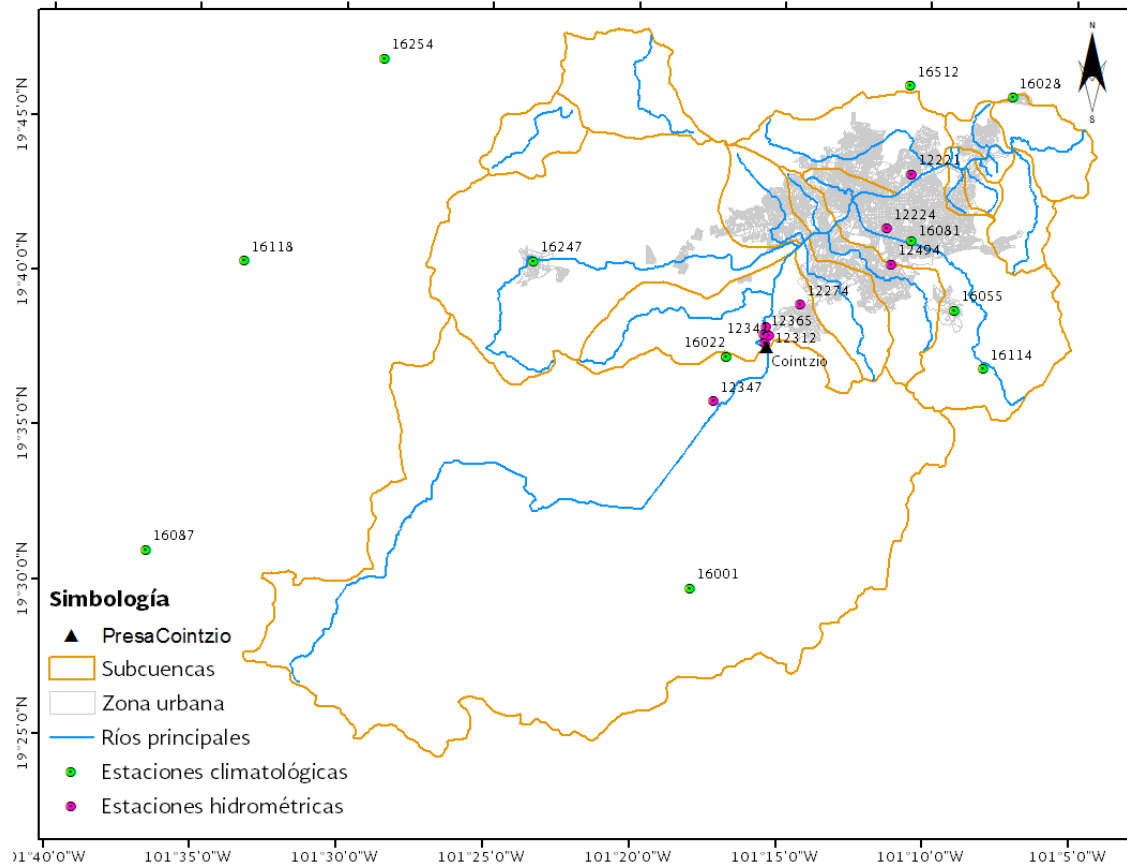


Figura 3. Estaciones climatológicas e hidrométricas.

Tabla 1. Estaciones climatológicas.

Clave	Nombre	Lat Gra	Lat Min	Lat Seg	Long Grad	Long Min	Long Seg	Año inicio	Año final
16022	Cointzio	19	37	30	101	16	52	1940	2006
16247	Capula	19	40	30	101	23	30	1981	2007
16114	San Miguel del Monte	19	37	13	101	8	3	1963	2007
16055	Jesús del Monte	19	39	6	101	9	5	1935	2011
16081	Morelia	19	41	19	101	10	34	1947	2012
16028	Cuitzillo Grande	19	46	0	101	7	10	1969	2007
16045	El Temazcal	19	39	2	100	57	18	1965	2011
16254	Teremendo	19	47	0	101	28	40	1982	2011
16118	Santa Fé	19	40	23	101	33	22	1963	2011
16087	Patzcuaro	19	30	59	101	36	35	1969	2012
16001	Acuitzio del Canje	19	30	0	101	17	60	1961	2007

Clave	Nombre	Lat Gra	Lat Min	Lat Seg	Long Grad	Long Min	Long Seg	Año inicio	Año final
16512	El Colegio	19	46	21	101	10	41	1986	2012

Tabla 2. Estaciones hidrométricas.

Clave	Nombre	Lat Gra	Lat Min	Lat Seg	Long Grad	Long Min	Long Seg	Año inicio	Año final
12219	Cointzio	19	38	30	-101	15	30	1927	2002
12221	Atapaneo	19	43	30	-101	10	35	1927	2001
12224	Chiquito	19	41	45	-101	11	25	1927	1989
12274	Monterrubio	19	39	15	-101	14	20	1931	1982
12347	Santiago Undameo	19	36	5	-101	17	17	1939	1985
12312	Cointzio	19	38	15	-101	15	25	1940	2006
12341	Salida Tunel	19	38	0	-101	15	33	1940	2006
12365	El Salto	19	38	15	-101	15	35	1941	2006
12494	Planta Potabilizadora	19	40	35	-101	11	15	1954	2006

1.3. Uso de suelo y vegetación

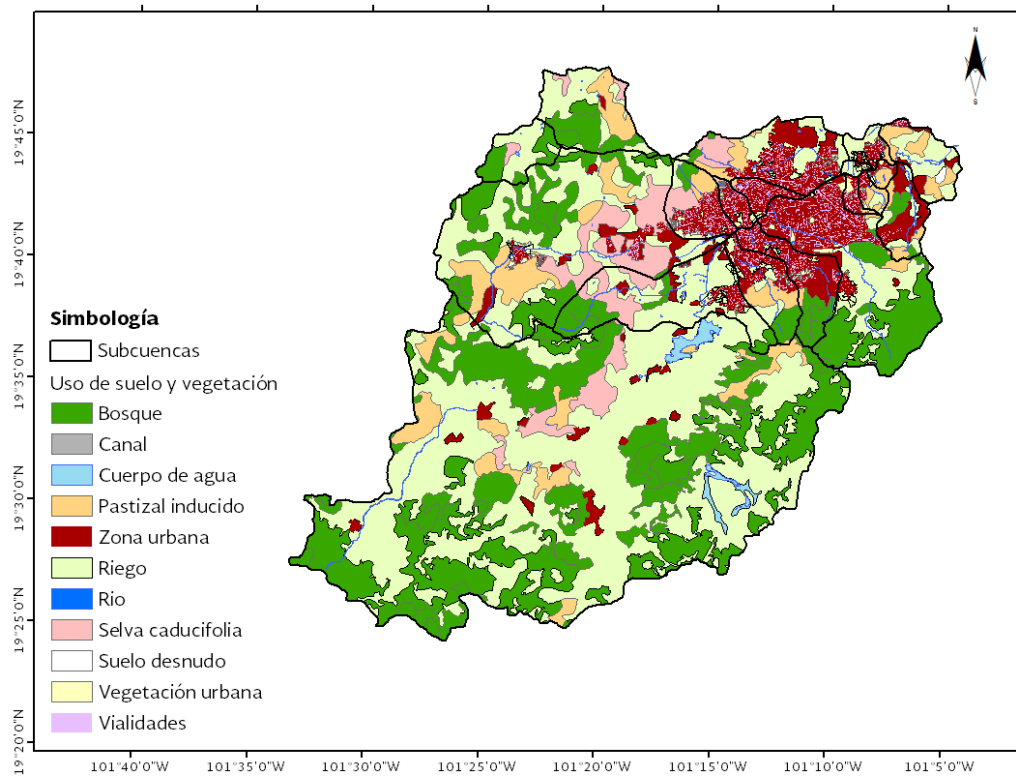


Figura 4. Uso de suelo y vegetación.
Elaborada con información del INEGI, 2014.

De acuerdo con el uso de suelo del INEGI, Figura 4, se observan grandes extensiones de áreas de riego en la parte alta y media de la cuenca de estudio que conjuntamente con la zona urbana representan el 52.5% de superficie. También se observan pequeñas áreas de bosque distribuidas en las partes altas de las cuencas Río Chiquito, Arroyo Las Tierras, Ciénega Grande, Dren Itzícuaru y cuenca propia de la presa Cointzio que en total representan el 31% de la superficie.

1.4. Población

En toda la cuenca de estudio habitan alrededor 753,697 habitantes de acuerdo con el último censo del INEGI, de los cuales 664,484 viven en la zona urbana de Morelia. Los municipios considerados para el análisis en la cuenca se muestran en la Figura 5 y en la Tabla 3 la población rural y urbana en cada uno de ellos.

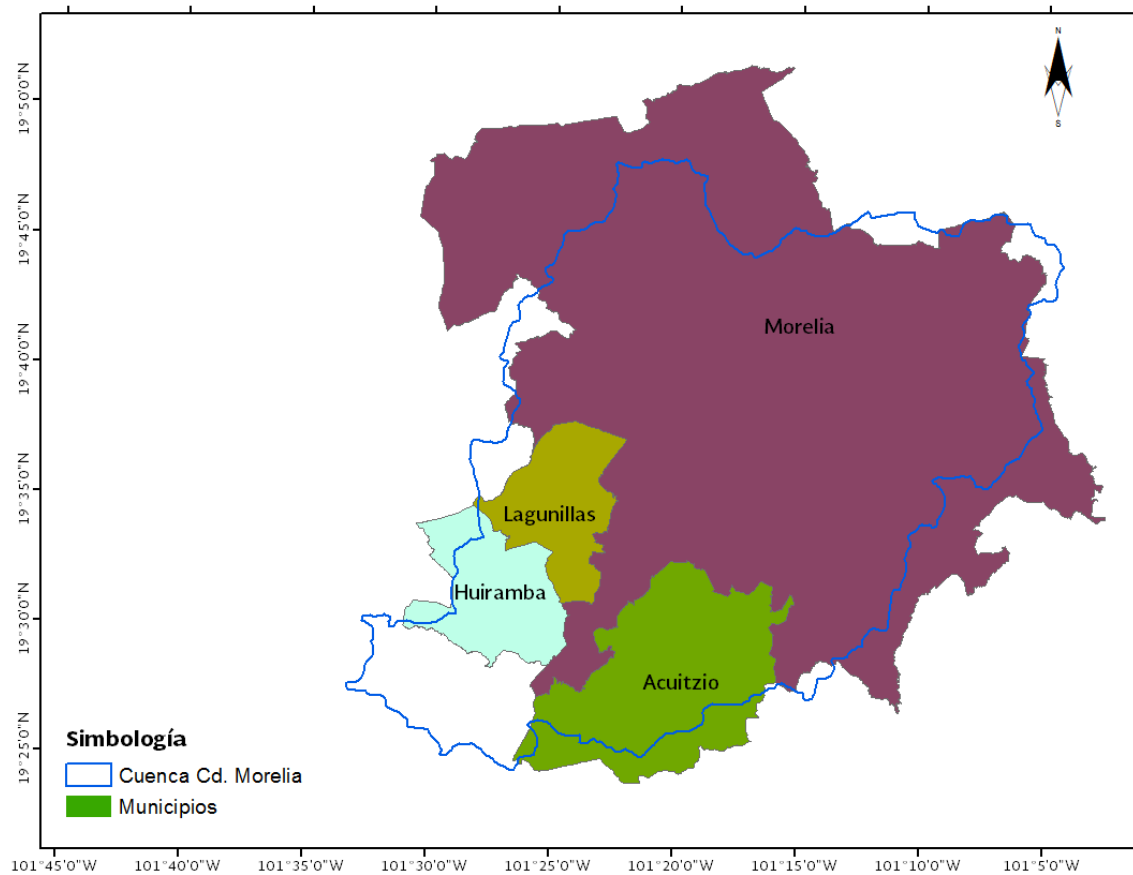


Figura 5. Municipios considerados en la Ciudad/Cuenca Morelia, Mich.

Tabla 3. Población por municipio.

Municipio	Población		
	Rural	Urbana	Total
Morelia	64,795	664,484	729,279
Lagunillas	5,506		5,506
Huiramba	4,918	3,007	7,925
Acuitzio	4,254	6,733	10,987
Total	79,473	674,224	753,697

1.5. Causas de las inundaciones

Los problemas principales que provocan las inundaciones recurrentes en la ciudad de Morelia son:

- Cuencas semi-urbanas y urbanas con tiempos de concentración menores a 2 y una hora.
- Disminución de la capacidad de cauces o drenes en la confluencia con el Río Grande.
- Estrangulamiento de las secciones en donde existen pasos vehiculares y ferroviarios.
- Políticas de operación de las obras existentes (cárcamos y compuertas principalmente).
- Vegetación y azolvamiento en los drenes.

1.6. Subdivisión de la cuenca/ciudad

Con el fin de estimar el riesgo de inundaciones en la ciudad de Morelia se delimitaron 19 áreas de drenaje natural que confluyen al río principal. En la figura 6 se presentan la subdivisión de la cuenca principal, en donde destaca la subcuenca 1 que corresponde a la cuenca propia de la presa Cointzio, seguida de la subcuenca 4 identificada como Dren Itzícuaró y finalmente la subcuenca 7 perteneciente al área de aportación del Río Chiquito.

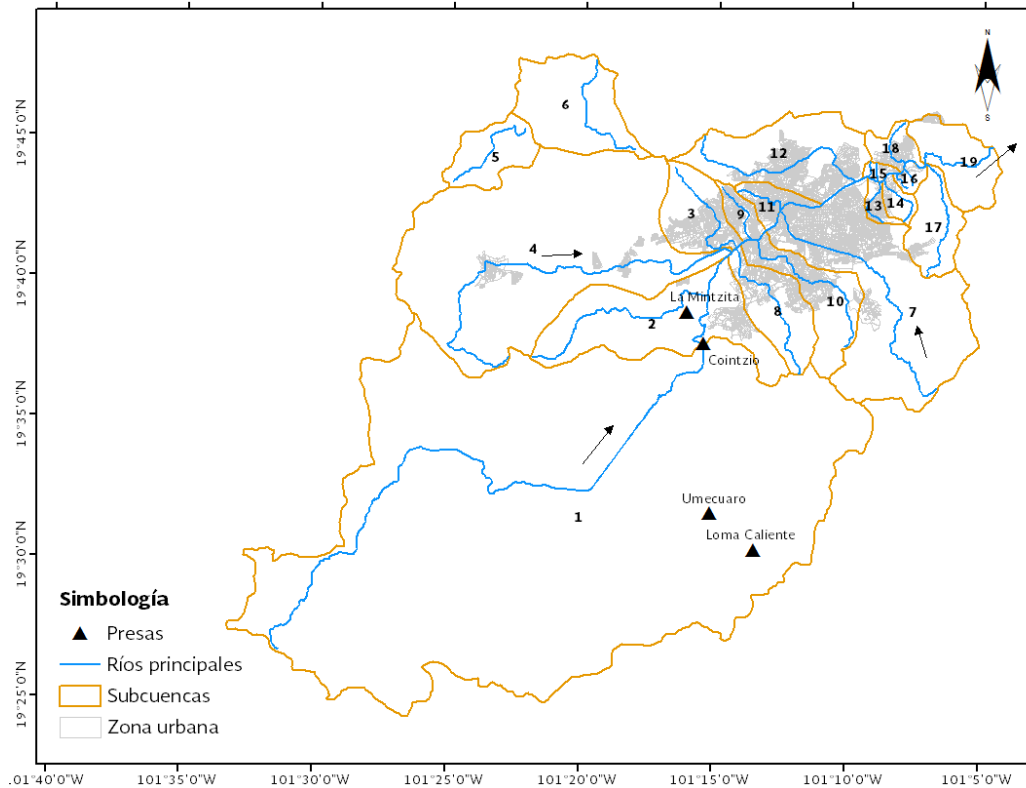


Figura 6. Área de drenaje natural a la ciudad de Morelia y división en subcuencas.

En la Tabla 4 se muestran las características fisiográficas generales de cada subcuenca y se observan tiempos de concentración pequeños menores a una hora en las subcuencas 9, 11, 13, 14 y 15, y menores a dos horas en las subcuencas 2, 8, 10 y 12, lo que indica una respuesta rápida a la lluvia y por lo tanto la generación de un volumen de escurrimiento inmediato, sobre todo en las cuencas que tienen un porcentaje considerable de área impermeable como las del Dren Carlos Salazar y Mora Tovar.

Tabla 4. Características generales de las subcuencas.

No	Nombre	Área (km ²)	Longitud del río principal (m)	Elevación máxima (msnm)	Elevación mínima (msnm)	Pendiente (S)	tc (h)	N
1	Presa Cointzio	665.583	46,896.67	2980	2000	0.021	5.69	82
2	Alberca/Calabozo	63.714	16,108.45	3020	1900	0.070	1.57	85
3	Cuenca semi-urbana	21.930	9,567.47	2520	1900	0.065	1.08	87
4	Dren Itzácuaro	183.077	30,836.19	2770	1900	0.028	3.67	82
5		18.966	7,850.45	2300	2200	0.013	1.74	80
6		39.235	9,514.70	2440	2300	0.015	1.91	82
7	Río Chiquito	98.143	21,122.39	2320	1900	0.020	3.14	85
8	Dren Ciénaga Grande	24.126	11,456.98	2340	1900	0.038	1.52	88
9	Dren Mora Tovar	6.385	4,615.57	2140	1900	0.052	0.67	94
10	Arroyo Las Tierras	26.748	12,894.13	2440	1900	0.042	1.61	88

No	Nombre	Área (km ²)	Longitud del río principal (m)	Elevación máxima (msnm)	Elevación mínima (msnm)	Pendiente (S)	tc (h)	N
11	Dren Carlos Salazar	7.410	4,206.31	2040	1900	0.033	0.74	95
12	Cuenca urbana	46.442	14,308.56	2660	1900	0.053	1.59	90
13	Cuenca urbana	3.4931	3,723.67	2000	1900	0.027	0.74	94
14		4.670	4,035.28	2220	1900	0.079	0.52	90
15		1.979	1,250.65	1980	1900	0.064	0.23	93
16		3.000	1,442.50	1940	1900	0.028	0.35	91
17		18.602	9,694.40	2240	1880	0.037	1.36	89
18		7.395	4,014.88	1960	1880	0.020	0.87	93
19		22.388	7,292.14	1880	1870	0.001	3.88	90

1.7. Descripción general del sistema de drenaje

Alrededor de catorce obras especiales principales permiten controlar los escurrimientos que llegan al sistema. La obra más importante es la presa Coíntzio, ésta se localiza sobre el Río Grande a aproximadamente 12 km aguas arriba de la confluencia con el Río Chiquito, y regula los escurrimientos drenados en aproximadamente 666 km². Además, a lo largo del Río Grande existen 4 cárcamos de bombeo, dos sistemas de regulación por compuertas y dos presas de derivación. En el Río Chiquito existen dos presas rompe picos. Finalmente, la red urbana de cauces es atravesada por cerca de 37 pasos vehiculares (IMTA, 2004). En la Figura 7 se muestran las principales avenidas y los puentes que atraviesan la red de drenaje. Asimismo, de manera esquemática en la Figura 8 se representa el sistema de drenaje a utilizar en la definición de zonas inundables.

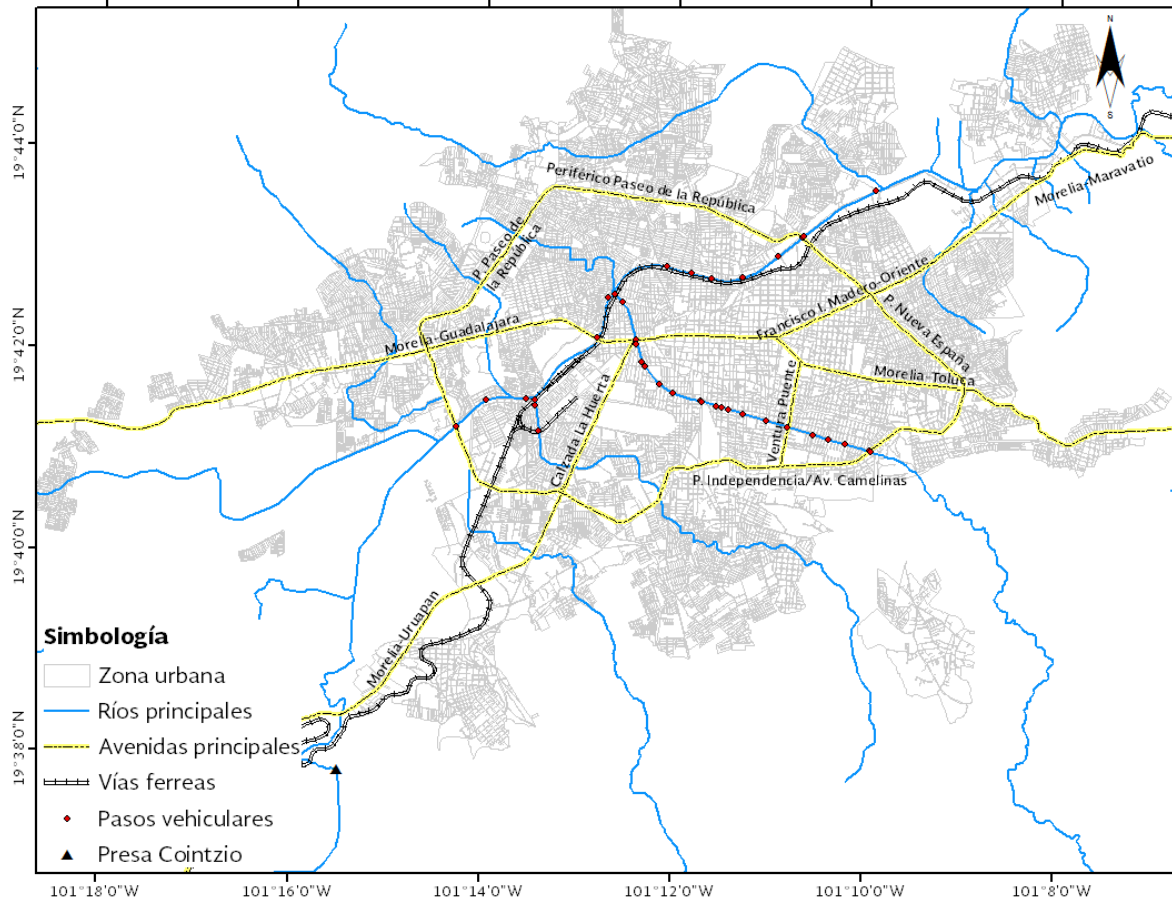


Figura 7. Principales avenidas y pasos vehiculares en la zona urbana.

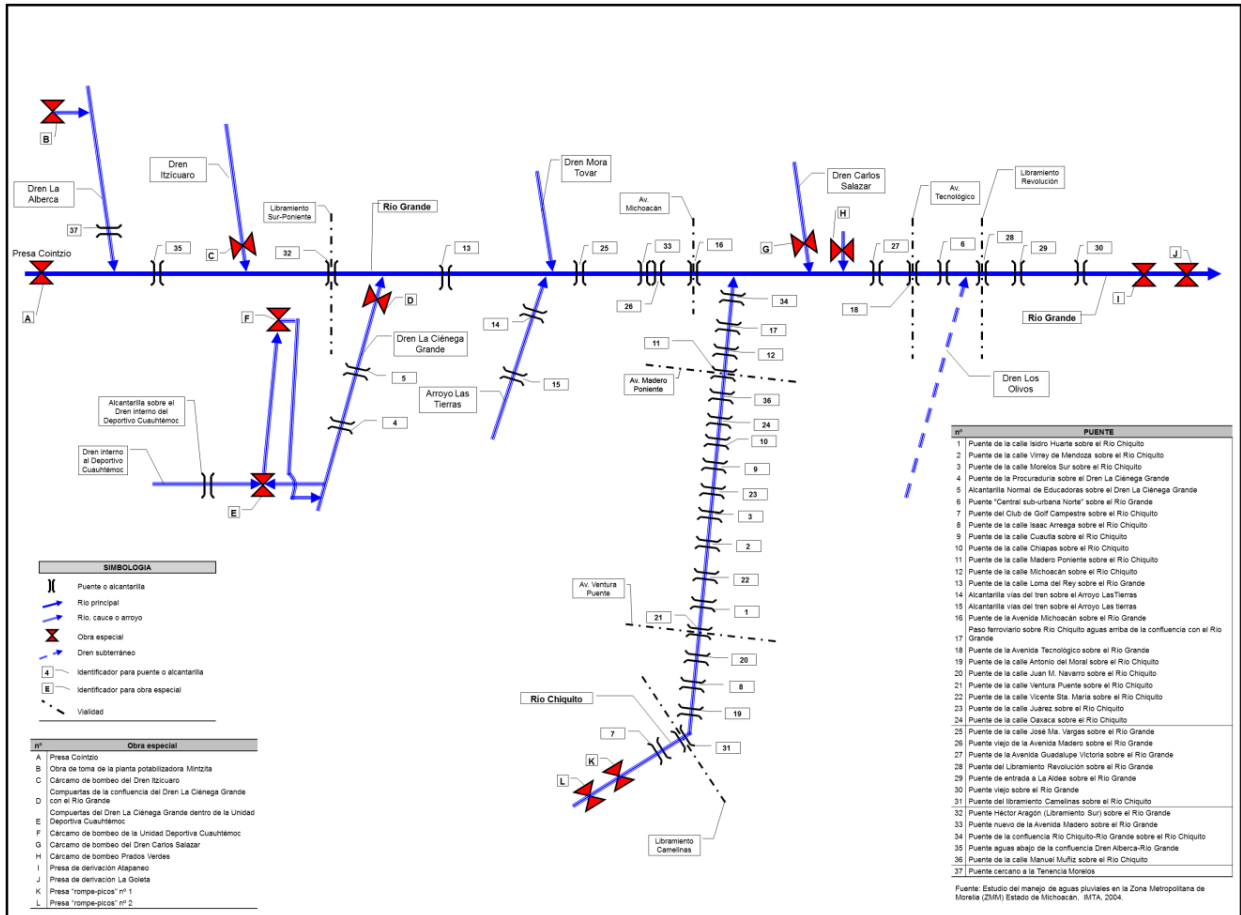


Figura 8. Sistema de drenaje.
Fuente: IMTA, 2004.

2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO

2.1. Estimación de caudales o gastos de entrada al sistema

La determinación del caudal de entrada se basa en las aportaciones naturales de escurrimiento que se generan en cada una de las subcuencas. Dado que la información hidrométrica no es la adecuada, ni por ubicación ni por la disponibilidad de registros de caudal, la estimación de los gastos de entrada se lleva a cabo de manera indirecta a través del proceso lluvia-escurrimiento.

Se utilizan los resultados del análisis de frecuencias de los registros climatológicos y con algunas variables fisiográficas de cada una de las subcuencas de aportación como la longitud y pendiente del río principal, tipo y uso de suelo, entre otros se obtiene la avenida de entrada asociada a diferentes períodos de retorno utilizando el método del HU del Soil Conservation Service.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Se considera como información base los resultados del análisis de frecuencia, es decir las alturas de lluvia para diferentes periodos de retorno, Tabla 5.

Tabla 5. Lluvias para diferentes periodos de retorno por subcuenca (d=24 h).

No.	Nombre	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
1	Presa Cointzio	44.10	66.78	140.09	192.39	252.91	296.43
2	Alberca/Calabozo	40.36	53.01	63.20	75.78	93.43	106.64
3	Cuenca urbana	42.00	53.33	62.76	73.36	87.73	98.38
4	Dren Itzíquaro	39.22	62.34	68.38	73.55	80.33	85.53
5		38.75	64.06	69.41	73.20	77.93	81.64
6		38.33	62.47	68.80	73.78	80.12	85.02
7	Río Chiquito	39.64	53.52	64.85	76.77	93.36	106.51
8	Dren Ciénaga Grande	36.96	48.17	58.58	70.21	86.94	100.41
9	Dren Mora Tovar	42.47	54.01	62.57	70.81	81.47	89.43
10	Arroyo Las Tierras	34.96	46.31	57.36	69.85	88.19	103.29
11	Dren Carlos Salazar	42.47	54.01	62.57	70.81	81.47	89.43
12	Cuenca semi-urbana	45.90	57.36	63.99	69.66	76.14	80.45
13	Cuenca urbana	42.47	54.00	62.56	70.80	81.45	89.41
14		41.28	52.57	60.49	67.98	77.52	84.57
15		41.05	52.03	58.46	64.10	70.75	75.36
16		38.29	48.99	55.31	60.92	67.66	72.43
17		34.23	45.07	54.74	65.42	80.93	93.59
18		39.55	50.37	56.68	62.22	68.81	73.40
19		38.29	48.99	55.31	60.92	67.66	72.43

2. Se considera el tiempo de concentración y el número de escurrimiento N basado en el tipo y uso de suelo, valores de la Tabla 4.

3. Se construyen curvas intensidad-duración-periodo de retorno (curvas idT) para obtener la lluvia para una duración igual al tiempo de respuesta de la cuenca (tiempo de concentración). En la Figura 9 se muestran las curvas idT para la cuenca del Río Chiquito (subcuenca 7) y en la Tabla 6 las lluvias asociadas al tiempo de concentración de cada subcuenca.

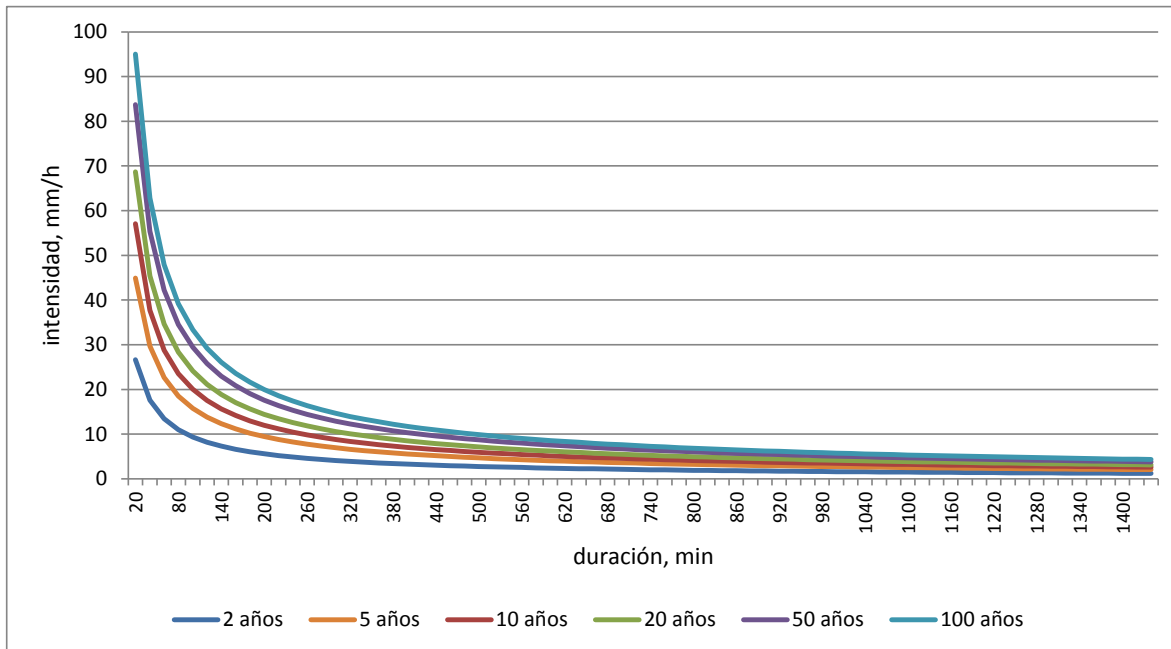


Figura 9. Curvas idT en la subcuenca del Río Chiquito.

Tabla 6. Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca (d=tc)

No.	Nombre	tc, min	Periodo de retorno					
			2	5	10	20	50	100
1	Presa Cointzio	341.65	23.23	35.34	65.98	91.52	121.10	142.38
2	Alberca/Calabozo	94.46	21.54	28.29	33.73	40.44	49.86	56.91
3	Cuenca urbana	64.98	19.90	25.27	29.74	34.76	41.57	46.62
4	Dren Itzícuaró	220.39	25.31	40.22	44.12	47.46	51.83	55.18
7	Río Chiquito	188.44	25.05	33.82	40.98	48.51	58.99	67.31
8	Dren Ciénaga Grande	91.31	21.05	27.43	33.36	39.99	49.51	57.18
9	Dren Mora Tovar	40.35	17.64	22.43	25.99	29.41	33.84	37.15
10	Arroyo Las Tierras	96.73	20.20	26.76	33.15	40.36	50.96	59.69
11	Dren Carlos Salazar	44.60	18.26	23.22	26.90	30.44	35.02	38.44
12	Cuenca semi-urbana	95.64	26.44	33.04	36.86	40.13	43.86	46.34
13	Cuenca urbana	44.11	18.26	23.17	26.90	30.44	35.02	38.44

4. Se obtiene la lluvia efectiva (fórmula del Soil Conservation Service) para cada subcuenca y periodo de retorno.
5. Se obtiene las características generales del HU del Soil Conservation Service (tiempo y gasto pico)
6. Se calcula el caudal pico y volumen de la avenida utilizando los datos de lluvia efectiva y las características del HU. En la Tabla 7 se muestran los caudales por subcuenca.

Tabla 7. Caudal pico por subcuenca.

No.	Nombre	Caudal pico en m ³ /s para diferentes Tr					
		2	5	10	20	50	100
1	Presa Cointzio	49.15	165.06	607.58	1,057.39	1,622.82	2,046.90
2	Alberca/Calabozo	20.03	42.92	65.38	96.81	146.16	186.06
3	Cuenca urbana	11.42	21.34	31.03	43.14	61.14	75.41
4	Dren Itzícuaró	27.83	95.56	117.33	136.96	163.97	185.50
7	Río Chiquito	24.37	51.28	77.43	107.87	153.95	192.75
8	Dren Ciénaga Grande	11.55	21.85	33.05	46.90	68.59	87.17
9	Dren Mora Tovar	12.96	19.66	24.94	30.21	37.21	42.55
10	Arroyo Las Tierras	11.79	23.03	35.92	52.10	78.03	100.71
11	Dren Carlos Salazar	14.94	22.41	28.26	34.08	41.79	47.66
12	Cuenca semi-urbana	48.22	73.88	89.81	103.92	120.51	131.78
13	Cuenca urbana	6.38	9.74	12.47	15.16	18.74	21.48

En la tabla 7 se observan caudales pico altos para la cuenca propia de la Presa Cointzio si se comparan con el gasto de diseño del vertedor de 600 m³/s obtenido con registros hidrométricos del periodo 1940-1966 (Conagua, 2009); esta gran diferencia se debe principalmente al método utilizado en este documento para obtener la lluvia efectiva, que considera un valor de número de escurrimiento N de 82 y toda la superficie de la cuenca sin existir la presa, es decir, la avenida de cada periodo de retorno no fue transitada por el embalse. Sin embargo, en la modelación hidráulica se plantea que la presa de regulación Cointzio descarga por la obra de toma y las compuertas un gasto de 20 m³/s (IMTA, 2004).

2.2. Magnitud de la inundación

La magnitud de la inundación se representa a través de la altura de agua y la velocidad, ambas se obtienen utilizando el modelo español IBER.

Requerimientos

Los principales requerimientos para la modelación hidráulica son:

Información básica: Recopilación de información topográfica (Modelo de Elevación Digital, curvas de nivel, levantamientos de puentes, secciones transversales de cauces y puentes, etc.) climatológica, hidrométrica, uso de suelo, así como cartografía urbana de la zona de estudio.

Análisis del Modelo de Elevación Digital. Se revisa, identifican y corrigen posibles errores.

Construcción de la geometría y mallado. Se traza el área (polígono regular o irregular) en donde se llevará a cabo la simulación incorporando la red de ríos. En este paso se define el tamaño de las celdas de la malla.

Para nuestra zona de estudio y en función de la disponibilidad de información topográfica, se define el tamaño de las celdas.

Asignación de la rugosidad. Tomando en cuenta el uso de suelo se asigna un valor de rugosidad, basado en la literatura y en los valores propios de IBER.

Condiciones de frontera (entrada y salida). Los valores de entrada corresponden al caudal pico obtenido anteriormente para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años. Los valores de entrada se ajustaron proporcionalmente al área de aportación considerada en el límite del área a simular, respetando la ubicación de entrada del río. Para las condiciones de salida se consideró régimen crítico, aguas abajo del Río Grande.

Condiciones iniciales. En esta simulación no se consideran.

Tiempo de simulación. El tiempo considerado es de 24 horas con un intervalo de tiempo de una hora.

Elementos aplicados en la modelación

- Área de estudio de 214 km².
- Modelo de lluvia de IBER (proceso lluvia-escorrentamiento)
- Caudal de entrada (en la intersección del río con la malla) en las cuencas identificadas con el número 1, 2, 4 y 7.
- Modelo de elevación digital incluye CEM (30x30) y Lidar (5x5)
- Tamaño de malla dividida en parte alta y media de la cuenca, así como en ríos: 30x30 para la alta, 20x20 para la media y 15x15 en los ríos principales.

Elementos no incluidos en la modelación

- Topografía en tramos de ríos y/o puentes.
- Operación de estructuras actuales para el control de inundaciones (cárcamos de bombeo)

Resultados

Los tirantes y velocidades por periodo de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) se generan en formato ASCII y se pueden visualizar directamente en IBER.

La altura de agua y la velocidad por período de retorno se muestran en las Figuras 10 a 19.

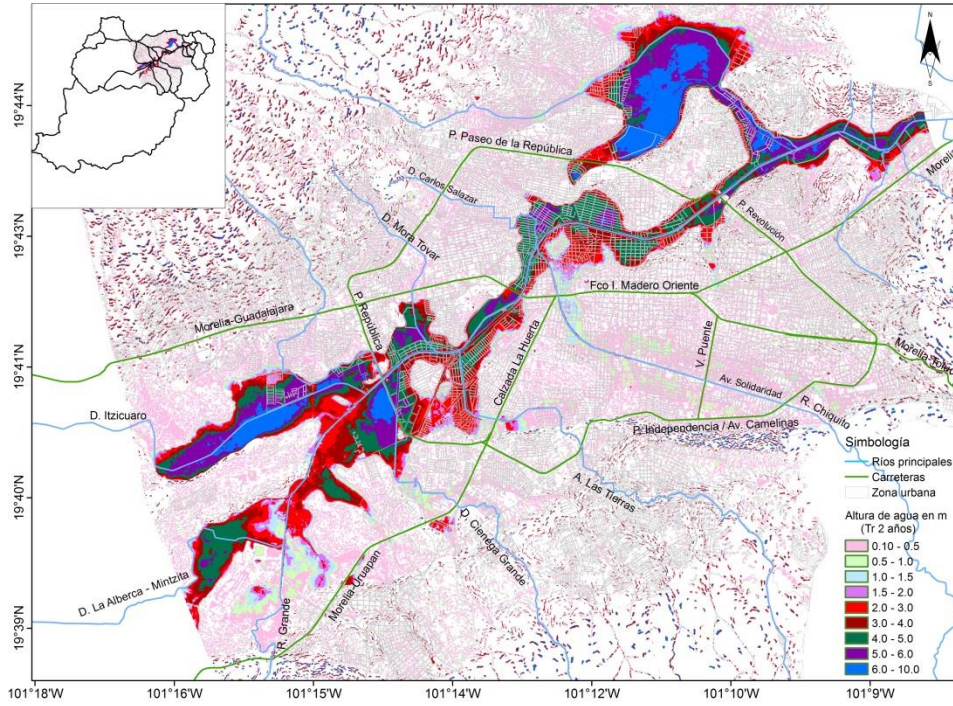


Figura 10. Alturas de agua para un Tr de 2 años.

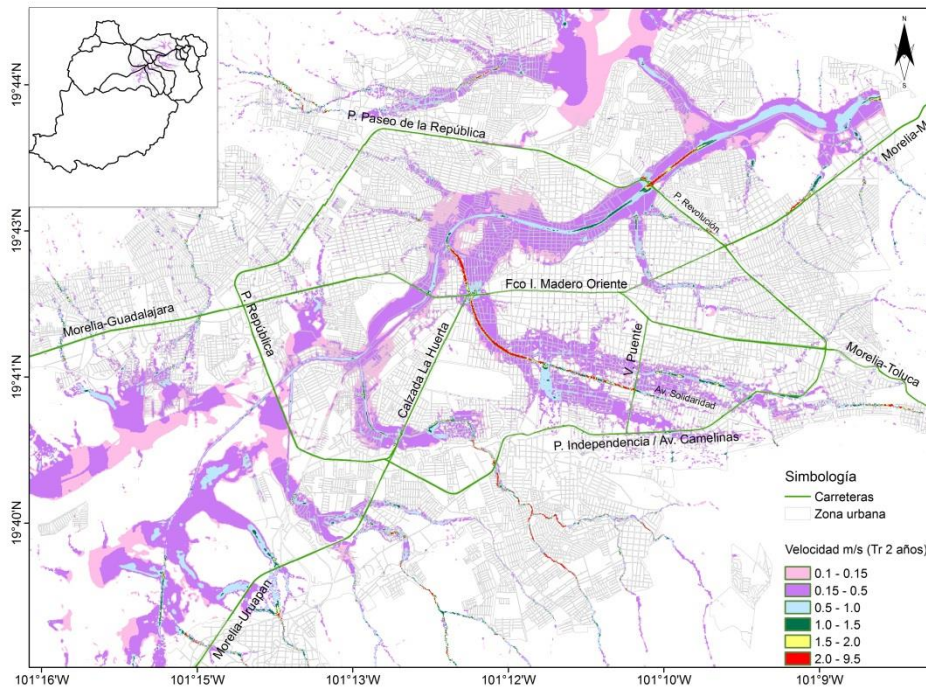


Figura 11. Velocidad de agua para un Tr de 2 años.

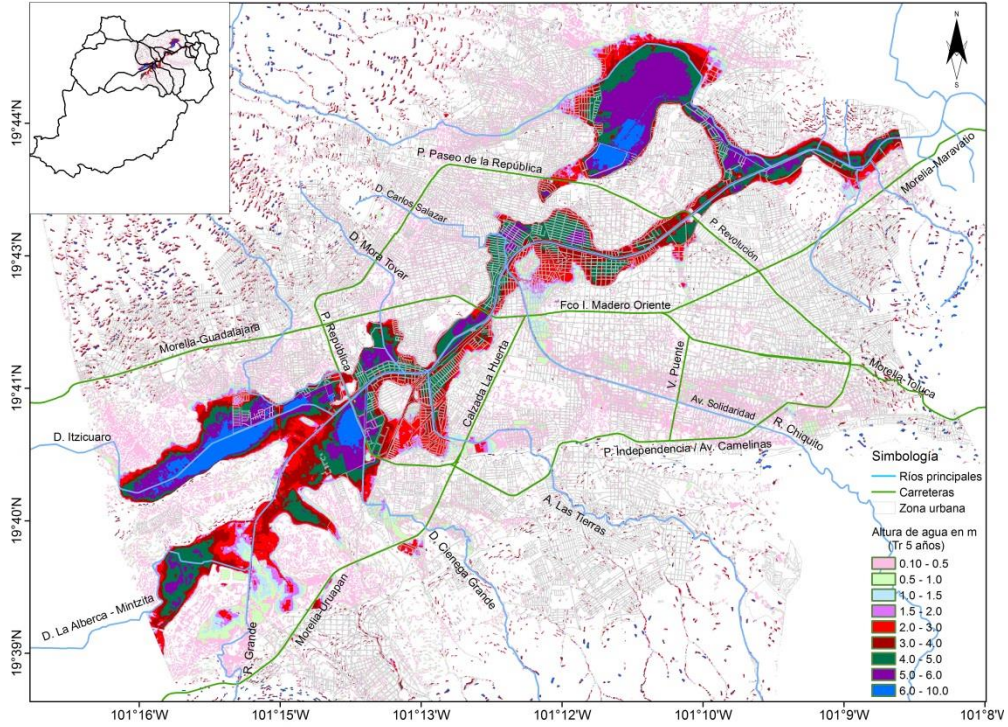


Figura 12. Alturas de agua para un Tr de 5 años.

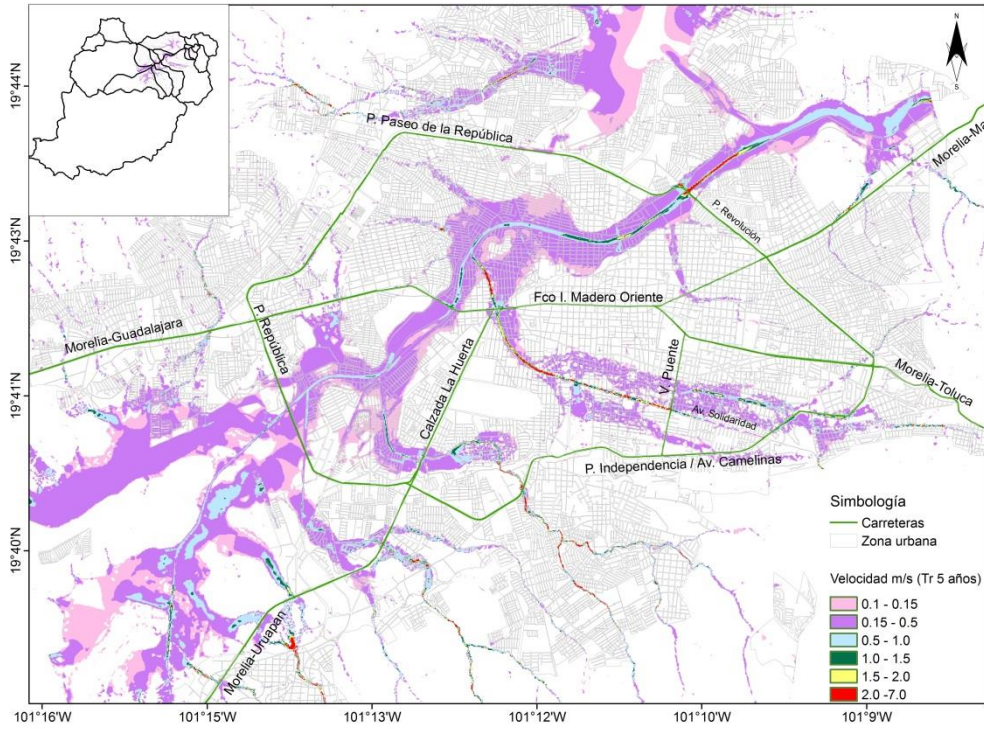


Figura 13. Velocidad de agua para un Tr de 5 años.

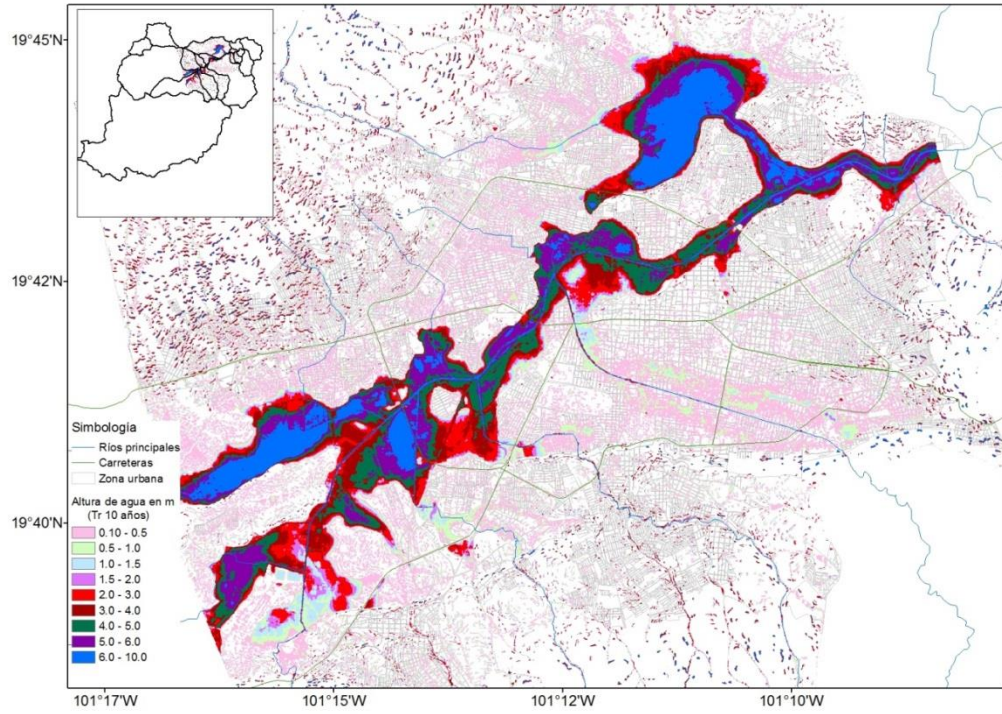


Figura 14. Alturas de agua para un Tr de 10 años.

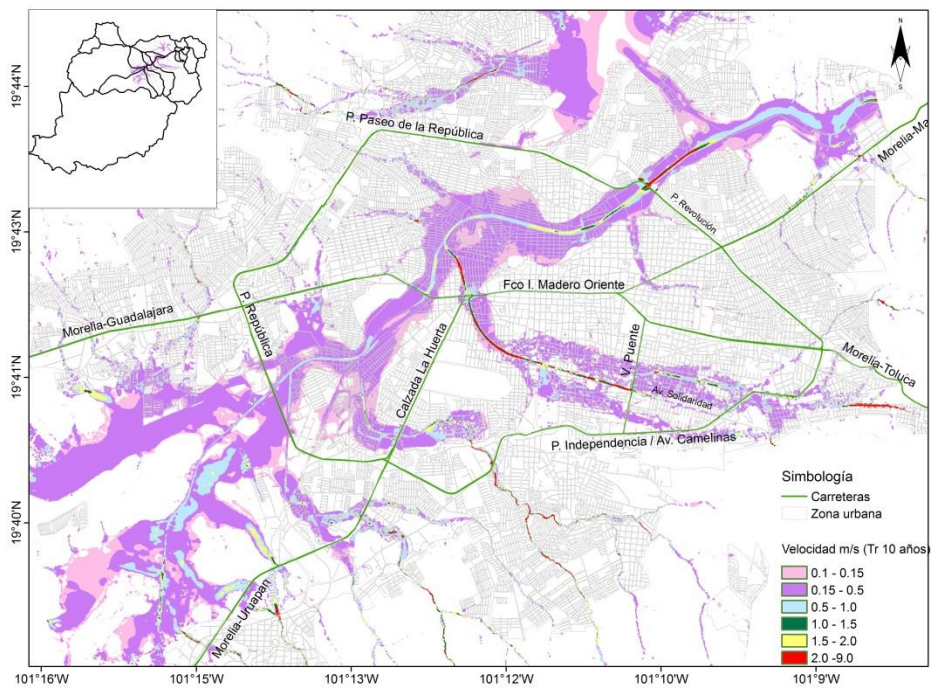


Figura 15. Velocidad de agua para un Tr de 10 años

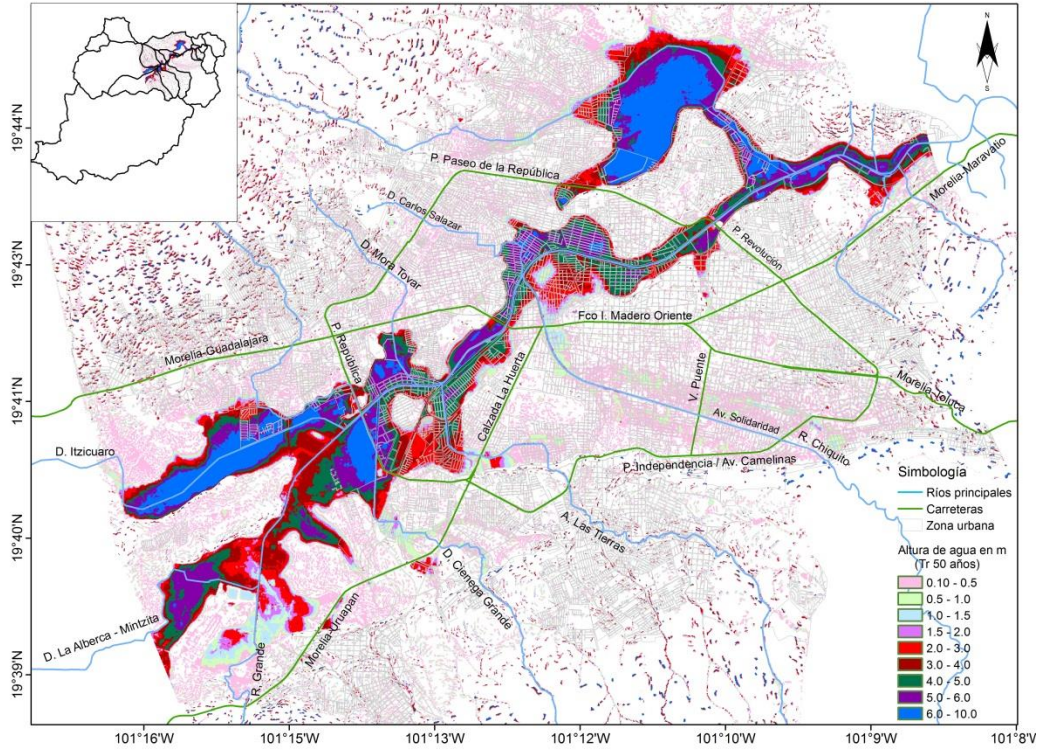


Figura 16. Alturas de agua para un Tr de 50 años

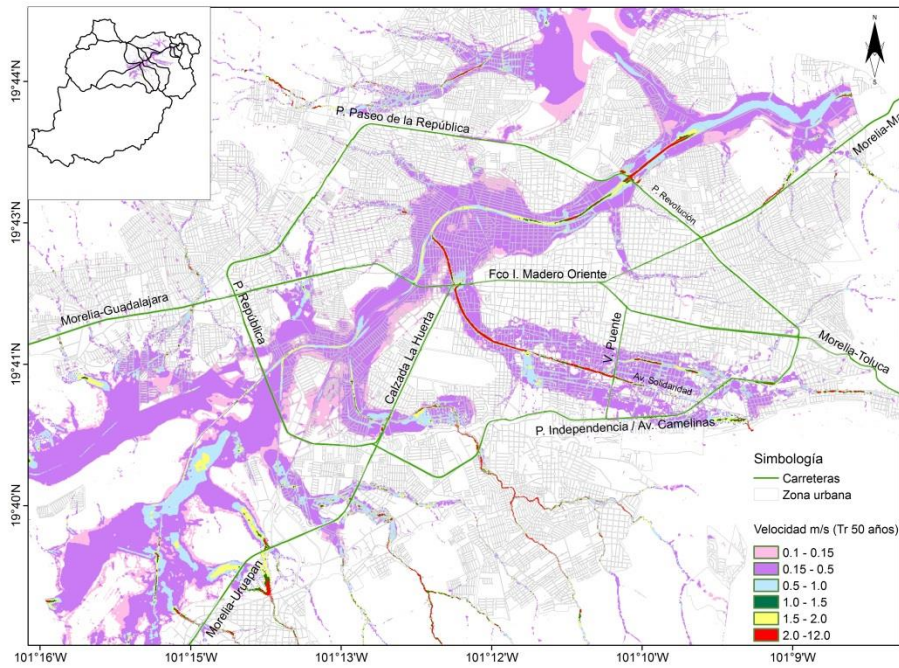


Figura 17. Velocidad de agua para un Tr de 50 años

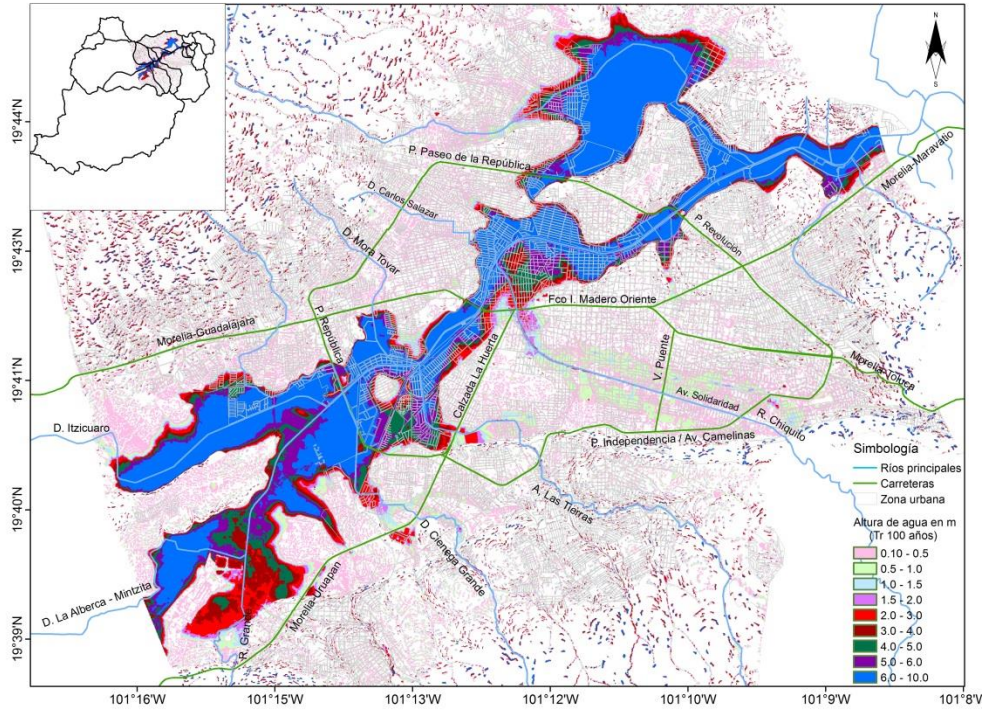


Figura 18. Alturas de agua para un Tr de 100 años

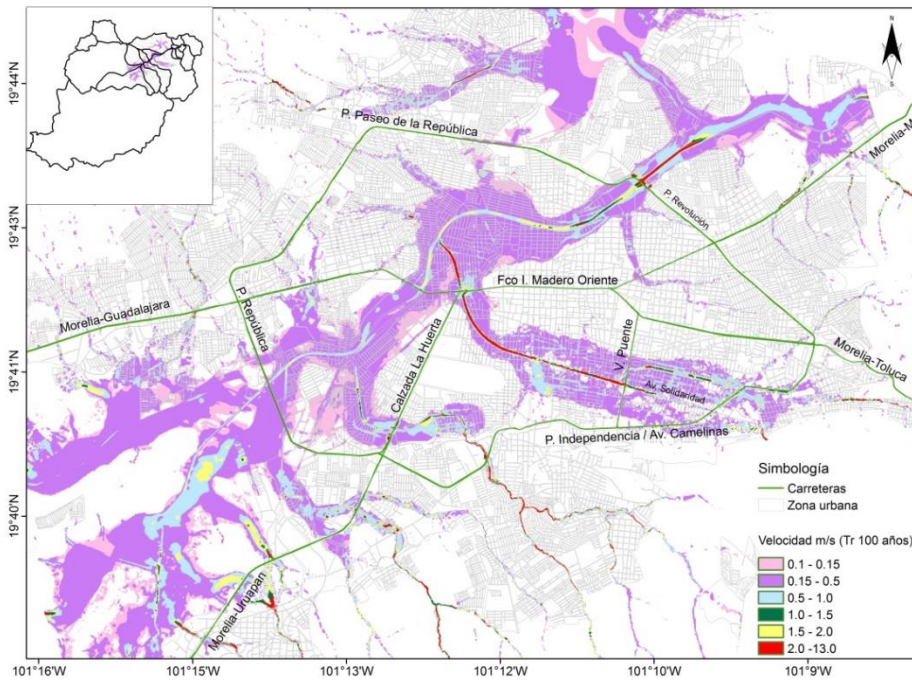


Figura 19. Velocidad de agua para un Tr de 100 años.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009. Presas de México. Volumen V.

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

Corona M.N., 2009. Vulnerabilidad de la Ciudad de Morelia a Inundaciones. Capítulo 2. Antecedentes de las inundaciones en la Ciudad de Morelia. Tesis de Maestría. CIGA, UNAM.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (2004). Estudios, Anteproyectos y proyectos ejecutivos encaminados al manejo de aguas pluviales en la zona me-tropolitana de Morelia (ZMM), Estado de Michoacán.

GLOSARIO

Alarma. Señal que anuncia peligro (1,6).

Alerta. Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. (1,6).

Alerta temprana (Aviso temprano). Provisión de información oportuna y eficaz de instituciones y actores claves, que permita a individuos expuestos a una amenaza la toma de decisiones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (1,6).

Amenaza. 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 (2,6).

Área de Aportación. Véase cuenca.

Atlas Nacional de Riesgos: Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables (4,6).

Auxilio: Respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre, por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables (4,6).

Avenida (Crecida). Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso fluvial, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor (2).

Avenida Súbita. Es el incremento en el nivel del agua en el río, debido a que por él fluye un caudal mayor a lo normal, con un corto tiempo entre el momento en que se generan y el momento en que se detecta. A estos fenómenos se debe el mayor número de pérdida de vidas humanas y daños materiales (3,6).

Bienes Expuestos. Son todos aquellos bienes y servicios usados por la población para satisfacer sus necesidades y que pueden ser afectados durante una inundación (3,6).

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

Capacidad de conducción. Potencial máximo con el que cuenta una corriente para desalojar un determinado volumen de agua durante cierto tiempo (3,6).

Cauce. Se refiere a la zona más baja del terreno por donde normalmente escurre el agua que se precipita en las zonas aledañas (3).

Coeficiente de escurrimiento. Porcentaje de la lluvia convertida en escurrimiento. Su dimensión varía entre 0 y 1. Es inversamente correlacionado con la capacidad de filtración (por ejemplo, superficies impermeables tienen el más alto coeficiente de escurrimiento y viceversa) (3).

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

Corona. Parte más alta de la cortina que, en ciertos casos, se usa para construir una vía de comunicación (carretera, vía de ferrocarril) (3,6).

Cortina. Elemento de una presa que consiste en una barrera que se construye, generalmente, en el cauce de un escurrimiento natural tal como un río o arroyo. Los materiales que la forman pueden ser tierra, enrocamiento, concreto, mampostería, otros o combinación de éstos (5).

Cuenca. Área que aporta el agua precipitada hasta un determinado punto sobre una corriente, a través de un sistema de corrientes. Está delimitada por el parteaguas (3).

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 (3).

Desastre: Al resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural o de la actividad humana, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada (4,6).

Descarga. Volumen de agua vertida por las obras de la presa (5).

Emergencia. Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (4,6).

Estaciones Hidrométricas. Sitio junto a un río donde periódicamente se lleva a cabo la medición del escurrimiento, para conocer su régimen hidráulico a lo largo del año (3).

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 (2,6).

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. (2,6).

Fenómeno Antropogénico. Agente perturbador producido por la actividad humana (4,6).

Fenómeno Natural Perturbador. Agente perturbador producido por la naturaleza (4,6).

Fenómeno Hidrometeorológico. Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados (4,6).

Gasto. Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río (3).

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 representen 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 (2,6).

Gestión integrada de la cuenca hidrológica (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 (2,6).

Gestión Integral de Riesgos: El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (4,6).

Hidrograma. Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. En cada instante se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición (3,6).

Hietograma. Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora (3,6).

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 (1,6).

Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos. Son aquellos programas y mecanismos de financiamiento y cofinanciamiento con el que cuenta el gobierno federal para apoyar a las instancias públicas federales y entidades federativas, en la ejecución de proyectos y acciones

derivadas de la gestión integral de riesgos, para la prevención y atención de situaciones de emergencia y/o desastre de origen natural (4,6).

Instrumentos de administración y transferencia de riesgos. Son aquellos programas o mecanismos financieros que permiten a las entidades públicas de los diversos órdenes de gobierno, compartir o cubrir sus riesgos catastróficos, transfiriendo el costo total o parcial a instituciones financieras nacionales o internacionales (4,6).

Intensidad de precipitación. Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. (3).

Inundación. Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, genera invasión o penetración de agua en sitios donde “usualmente” no la hay (3).

Infiltración. Proceso que varía en el tiempo a través del cual, el agua de lluvia es absorbida por el suelo, haciendo que los huecos de éste se llenen (3,6).

Llanuras de inundación. Zonas ubicadas a cada lado del lecho del río por donde usualmente no escurre agua; sin embargo, cuando se presentan crecidas, son invadidas por el agua excedente que se desborda del cauce principal (3,6).

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 (2,6).

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: Es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable (4,6).

Monitoreo (Vigilancia). Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (1,6).

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 (1,6).

Ordenamiento territorial (Planificación del uso de la tierra). Rama de la planificación física y socioeconómica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad, cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones. Es la asignación planificada y regulada de determinado uso del suelo, ya sea urbano, rural, área natural, etc. El ordenamiento territorial tiene en cuenta el uso actual y futuro del suelo, así como, el interés colectivo para asignar los diferentes “usos del suelo” (2).

Peligro. Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (4,6).

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 (2,6).

Periodo de retorno. Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación (tirante). Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro del periodo especificado (3).

Preparación: Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (4,6).

Presa. Obra hidráulica formada por la cortina sobre el cauce de un arroyo o río y el embalse, en su caso, incluye obras de excedencias, de toma y diques; la cual almacena, regula o deriva agua de escurrimientos naturales de un río o arroyo y que modifica el régimen hidráulico e hidrológico de los escurrimientos (5).

Prevención: Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (4).

Previsión: Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (4,6).

Probabilidad de excedencia. Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (1,6).

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 (1,6).

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 (1,6).

Pronóstico. Determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: en el estudio de su mecanismo generador, la observación del sistema perturbador y/o registros de eventos en el tiempo. En el caso de las inundaciones corresponde a la previsión del nivel, caudal tiempo de ocurrencia y duración de la avenida, especialmente de su caudal máximo en un punto determinado, producida por precipitación sobre la cuenca (2,6).

Reducción de Riesgos: Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de preparación y mitigación, el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (4,6).

Regulación. Capacidad de un río, en un cierto tramo y para un instante dado, de sacar más agua de la que entra, es decir, almacenar instantáneamente un cierto volumen (3).

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 (1,6).

Resiliencia: Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos (4,6).

Reubicación. Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (1,6).

Riesgo. Es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos, C, la vulnerabilidad, V, y la probabilidad, P, de que ocurra un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (3).

Riesgo inminente. Aquel riesgo que según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (1,6).

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 (1,6).

Tirante. Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno (3).

Vertedor. Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento (3).

Vulnerabilidad. Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (4).

Zona de Riesgo. Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (4,6).

(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.

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

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

(5) Proyecto de Norma Mexicana. PROY-NMX-AA-175-SCFI-2015. Operación segura de presas. Parte 1.- Análisis de riesgo y clasificación de presas.

(6) Este término no se menciona explícitamente en el presente documento, pero es incluido al ser un elemento medular en el concepto de la gestión integrada de crecidas, estar incluido en la Ley de Protección Civil del País o por considerarse relevante en el presente estudio.