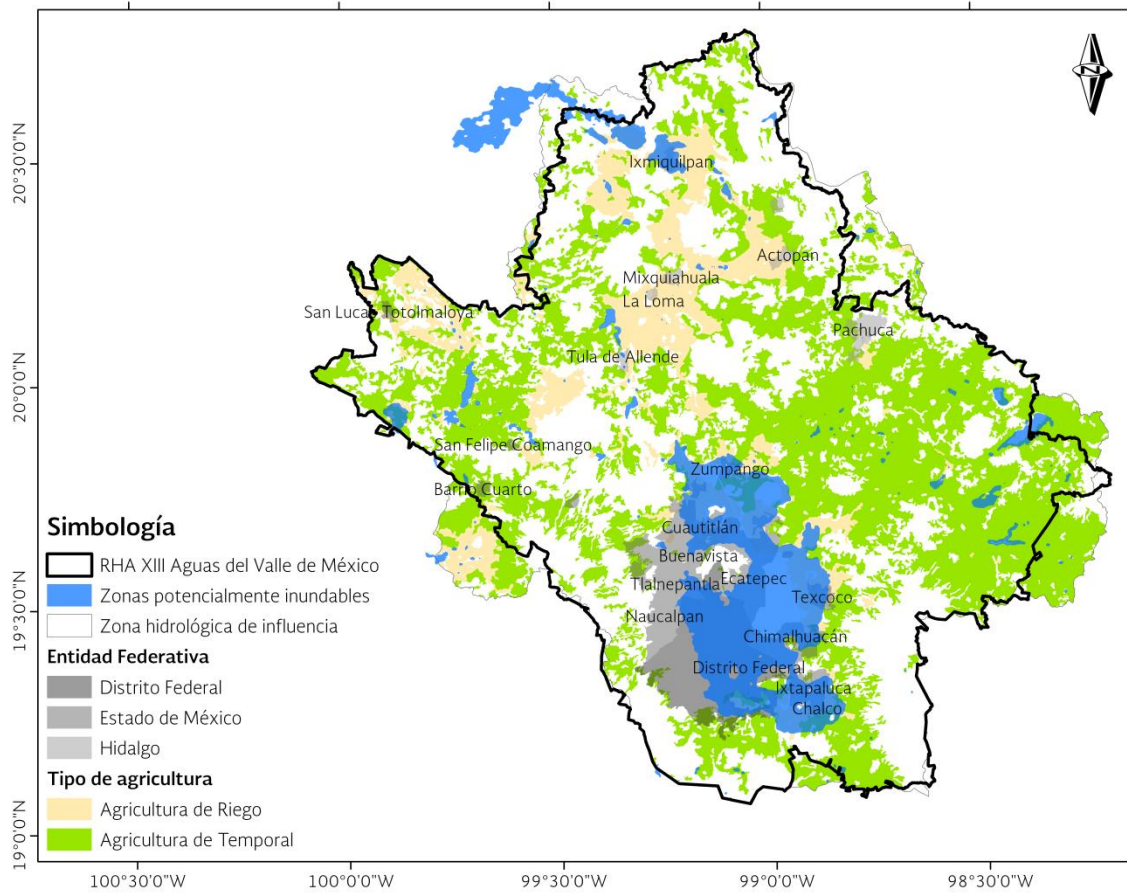


Figura 3.28 Zonas agrícolas potencialmente inundables



Fuente: Elaborado a partir de: Sistema Nacional de Información del Agua 2012, uso de suelo serie IV y Agroasemex S. A.

En cuanto a la producción agrícola en la RHA XIII, en 2012 se sembraron 630 mil hectáreas (Tabla 3.14), de las cuales fueron dedicadas en forma relevante 243 mil hectáreas con maíz grano y cebada grano con 152 mil. Las superficies siniestradas fueron 128 mil afectando en mayor medida a maíz grano con 50 mil hectáreas y a cebada grano con casi 52 mil hectáreas (Dato del 2009).

De 28.8 millones de toneladas cosechadas, 6.98 millones fueron de Flores (Planta) y en

forma notable 5.05 millones de toneladas fueron de Alfalfa Verde.

Los ingresos totales de las cosechas ascendieron a 11,122 millones de pesos. Los cultivos en que se obtuvieron mayores ingresos fueron maíz grano con 3,177 millones de pesos y alfalfa verde con 1,601 millones de pesos.

Tabla 3.14 Superficie sembrada y cosechada, incluye riego, temporal y perennes del 2012

Cultivo	Sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rend (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)	% Sup Sem	% Valor Prod
Aceituna	121	58	220	4	8,000	1,763	0.02%	0.02%
Acelga	63	63	658	43	16,287	2,344	0.01%	0.02%
Agapando (gruesa)	6	6	3,090	515	200	618	0.00%	0.01%
Aguacate	8	8	66	17	17,000	571	0.00%	0.01%
Ajo	9	9	53	12	23,000	614	0.00%	0.01%
Alcachofa	56	33	301	28	22,520	2,403	0.01%	0.02%
Alfalfa verde	50,931	50,930	5,047,035	6,085	33,769	1,600,790	8.08%	14.39%
Alheli (gruesa)	3	3	1,817	1,207	160	145	0.00%	0.00%
Almacigo (planta)	4	4	1,705,350	396,593	2	3,701	0.00%	0.03%
Amaranto	297	252	367	11	97,850	5,087	0.05%	0.05%
Apio	107	107	1,768	28	11,558	7,295	0.02%	0.07%
Arbol de navidad (planta)	291	99	32,540	1,730	1,015	11,157	0.05%	0.10%
Aretillo (planta)	2	2	192,200	101,158	12	2,306	0.00%	0.02%
Arvejon	219	219	216	4	37,700	2,362	0.04%	0.02%
Avena forrajera	56,827	56,062	1,035,485	2,300	40,648	424,847	9.02%	3.82%
Avena grano	10,793	10,733	13,054	45	89,689	47,198	1.71%	0.42%
Begonia (planta)	2	2	308,875	147,083	11	3,398	0.00%	0.03%
Belén (planta)	3	3	331,325	132,530	9	3,081	0.00%	0.03%
Betabel	10	4	57	25	5,700	157	0.00%	0.00%
Blueberry	5	5	9	2	72,000	648	0.00%	0.01%
Brócoli	744	744	6,224	68	21,836	23,199	0.12%	0.21%
Calabacita	1,338	1,127	12,616	502	192,879	56,366	0.21%	0.51%
Calabaza	10	10	168	17	4,000	672	0.00%	0.01%
Calabaza (semilla) o chihua	52	52	16	1	20,000	78	0.01%	0.00%
Calancoe (planta)	4	4	225,750	64,500	10	2,258	0.00%	0.02%
Canola	470	470	396	12	45,285	2,008	0.08%	0.02%
Capulín	20	19	22	8	43,286	136	0.00%	0.00%
Cebada forrajera en verde	5,284	4,723	111,662	542	5,485	22,115	0.84%	0.20%
Cebada grano	151,863	150,523	328,002	93	188,979	1,271,409	24.10%	11.43%
Cebolla	160	160	2,477	37	13,377	12,297	0.03%	0.11%
Chabacano	15	13	25	9	30,550	154	0.00%	0.00%
Chícharo	414	414	2,275	46	71,600	13,002	0.07%	0.12%
Chilacayote	12	12	158	26	7,969	635	0.00%	0.01%
Chile verde	1,225	1,151	7,737	179	116,453	37,257	0.19%	0.34%
Cilantro	73	73	706	73	26,558	2,861	0.01%	0.03%
Cilantro semilla	145	145	256	9	40,993	1,930	0.02%	0.02%
Cineraria (planta)	6	6	485,370	75,839	9	4,225	0.00%	0.04%
Ciruella	60	52	191	44	65,736	1,256	0.01%	0.01%
Col (repollo)	377	377	7,487	184	25,181	20,954	0.06%	0.19%
Coliflor	694	682	13,924	210	41,773	55,091	0.11%	0.50%
Crisantemo (gruesa)	8	8	27,520	3,440	87	2,394	0.00%	0.02%
Crisantemo	2	2	280,560	147,663	11	3,162	0.00%	0.03%

Cultivo	Sembra- da (Ha)	Cose- chada (Ha)	Producción (Ton)	Rend (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Pro- ducción (Miles de Pesos)	% Sup Sem	% Valor Prod
(planta)								
Cyclamen (planta)	6	6	513,080	82,755	18	9,473	0.00%	0.09%
Durazno	307	284	1,699	144	185,293	14,086	0.05%	0.13%
Ebo (janamar- go o veza)	593	593	9,722	149	7,083	7,940	0.09%	0.07%
Ejote	62	62	525	21	8,840	1,380	0.01%	0.01%
Elote	716	716	3,118	19	22,277	18,403	0.11%	0.17%
Espinaca	112	112	894	41	19,095	3,507	0.02%	0.03%
Flores (grue- sa)	6	6	4,382	2,978	335	344	0.00%	0.00%
Flores (planta)	41	41	6,978,100	870,150	31	51,364	0.01%	0.46%
Frambuesa	19	12	72	33	258,700	6,257	0.00%	0.06%
Fresa	1	1	4	4	25,000	104	0.00%	0.00%
Frijol	25,294	23,994	16,240	74	1,555,156	269,340	4.01%	2.42%
Frutales varios	13	13	70	17	20,019	480	0.00%	0.00%
Geranio (plan- ta)	18	18	2,318,425	132,481	8	18,589	0.00%	0.17%
Girasol flor (gruesa)	31	22	11,660	530	350	4,081	0.01%	0.04%
Granada	62	62	729	23	9,200	3,387	0.01%	0.03%
Haba grano	756	721	903	25	261,335	9,395	0.12%	0.08%
Haba verde	918	918	4,792	164	141,916	22,756	0.15%	0.21%
Higo	96	96	605	41	39,200	3,282	0.02%	0.03%
Hongos y setas	1	1	65	318	173,784	2,228	0.00%	0.02%
Hortalizas	49	49	231	14	14,880	865	0.01%	0.01%
Lechuga	646	646	8,298	197	70,600	40,427	0.10%	0.36%
Lilium (grue- sa)	10	10	32,000	3,200	840	26,880	0.00%	0.24%
Lilium (planta)	4	4	449,700	112,425	12	5,472	0.00%	0.05%
Maguey mi- xiotero	23	0	0	0	0	0	0.00%	0.00%
Maguey pul- quero (miles de lts.)	5,810	3,095	357,659	4,206	173,195	1,494,602	0.92%	13.44%
Maíz forrajero	22,068	21,344	879,881	2,404	24,900	385,150	3.50%	3.46%
Maíz grano	243,476	229,910	804,466	362	468,290	3,176,708	38.63%	28.57%
Manzana	248	216	1,835	119	133,334	16,462	0.04%	0.15%
Manzanilla	68	68	102	3	18,032	923	0.01%	0.01%
Margarita (manejo)	22	22	63,428	2,883	75	4,757	0.00%	0.04%
Membrillo	7	7	41	18	16,050	222	0.00%	0.00%
Nabo forraje- ro	592	592	6,870	160	11,439	6,164	0.09%	0.06%
Noche buena (planta)	26	26	2,960,692	537,405	170	103,064	0.00%	0.93%
Nopalitos	4,959	4,959	405,712	1,309	55,368	715,649	0.79%	6.44%
Nube	8	8	40	10	8,125	163	0.00%	0.00%
Nuez	174	174	387	23	198,354	10,309	0.03%	0.09%
Papa	686	686	20,740	239	42,150	116,349	0.11%	1.05%
Pastos	941	941	92,276	1,555	4,542	24,788	0.15%	0.22%
Pensamiento (planta)	4	4	243,250	69,500	5	1,245	0.00%	0.01%
Pepino	13	13	286	39	5,900	1,060	0.00%	0.01%
Pera	111	96	988	105	83,764	4,998	0.02%	0.05%
Perejil	3	3	36	12	3,653	130	0.00%	0.00%

Cultivo	Sembra- da (Ha)	Cose- chada (Ha)	Producción (Ton)	Rend (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Pro- ducción (Miles de Pesos)	% Sup Sem	% Valor Prod
Petunia (plan- ta)	6	6	628,190	106,473	9	5,526	0.00%	0.05%
Pon-pon (gruesa)	4	4	6,200	1,550	144	893	0.00%	0.01%
Poro	3	3	23	17	8,452	97	0.00%	0.00%
Rábano	147	147	812	42	22,006	2,958	0.02%	0.03%
Remolacha forrajera	4	4	48	24	4,600	106	0.00%	0.00%
Romerito	685	685	5,440	15	9,857	20,274	0.11%	0.18%
Rosa (gruesa)	9	9	5,826	3,278	1,211	1,472	0.00%	0.01%
Rosa de inver- nadero (plan- ta)	12	12	1,223,750	101,979	11	13,363	0.00%	0.12%
Rye grass en verde	1,786	1,786	72,696	1,130	11,247	37,211	0.28%	0.34%
Sorgo forraje- ro verde	49	37	957	74	745	380	0.01%	0.00%
Tejocote	14	13	58	27	52,386	496	0.00%	0.00%
Tomate rojo (jitomate)	94	94	11,871	8,916	273,587	84,712	0.02%	0.76%
Tomate verde	777	777	9,089	383	136,555	41,423	0.12%	0.37%
Trigo grano	13,082	13,082	42,106	118	162,442	153,961	2.08%	1.38%
Triticale forra- jero en verde	104	104	1,644	68	2,034	818	0.02%	0.01%
Triticale grano	305	305	833	14	18,950	3,136	0.05%	0.03%
Tulipán Ho- landés (plan- ta)	1	1	75,000	75,000	22	1,650	0.00%	0.02%
Tuna	21,053	20,500	212,273	268	95,785	492,060	3.34%	4.43%
Verdolaga	162	162	1,529	18	8,890	6,545	0.03%	0.06%
Zanahoria	121	121	2,477	192	45,124	12,292	0.02%	0.11%
Zarzamora	20	20	51	12	59,330	920	0.00%	0.01%
Zempoalxo- chitl	66	66	490	14	12,100	2,941	0.01%	0.03%
Zempoalxo- chitl (manejo)	42	42	58,165	3,860	56	1,126	0.01%	0.01%
Total	630,271	607,892	28,741,556	3,212,550	6,426,048	11,121,088	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas agrícolas del SIAP-SAGARPA 2012.

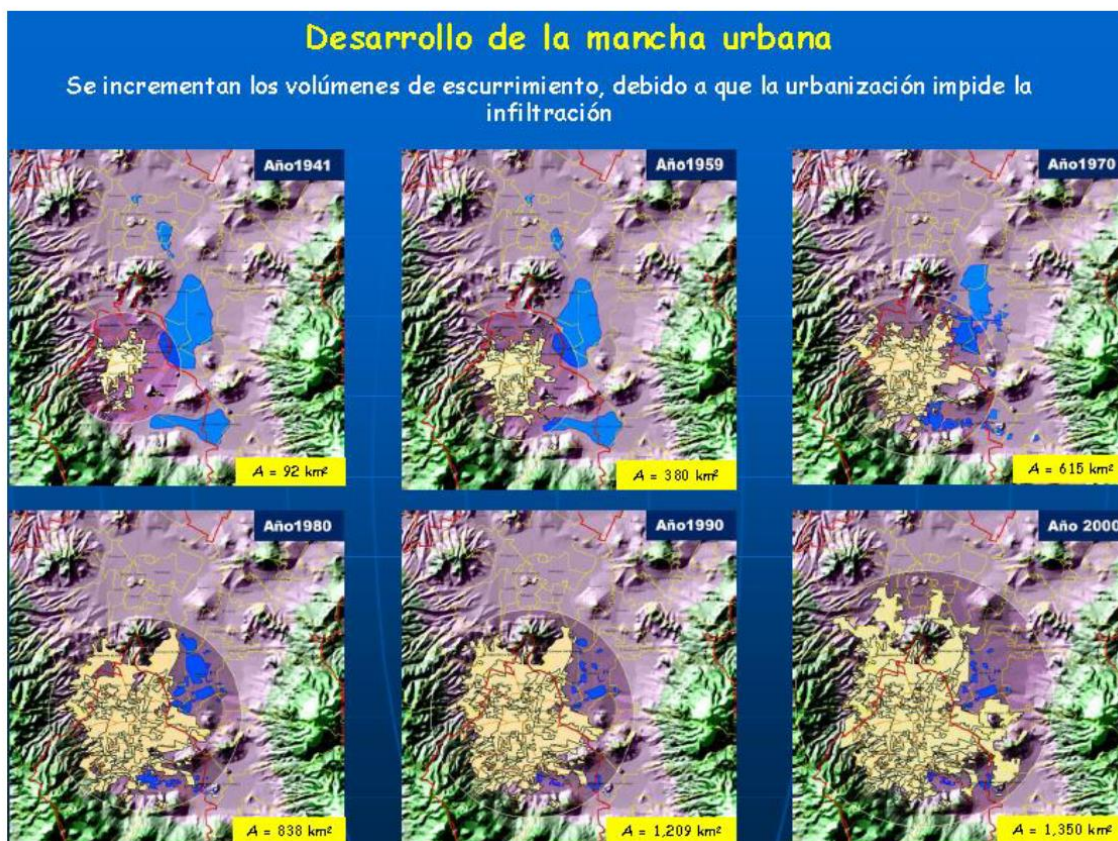
4. Diagnóstico de las zonas inundables

El riesgo de inundación dentro de la Región, es una respuesta directa al asentamiento de localidades en zonas de riesgo. Basta con decir que gran parte de la actual mancha urbana se encuentra donde originalmente

existió el Gran Lago de Texcoco; lo único que impide que los antiguos lagos continúen inundados es la infraestructura de drenaje y su capacidad de desalojar el agua de lluvia (Figura 4.1).

Figura 4.1 Crecimiento de la mancha urbana en el Valle de México

Mientras la metrópoli siga creciendo sin orden, somos más vulnerables.



Fuente: Tomado de Conagua. Inundaciones en el Valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático. 17 de agosto de 2011.

En la subregión Tula, ante un clima más árido y una población mucho menor y más dispersa, resultan de mayor impacto las sequías que las inundaciones. Las inundaciones ocurren en puntos aislados como son cruces de cauces naturales con localidades.

Es necesario enfatizar, sin embargo, dos componentes adicionales que afectan el funcionamiento de la cuenca e incrementan el riesgo de inundaciones: i) un deficiente manejo de cuencas que aumenta día con día el coeficiente de escurrimiento y el azolvamiento de las presas para control de inundaciones y ii) una insuficiente capacidad para proteger las zonas federales como son los vasos de almacenamiento y las riberas de los ríos.

La delimitación y demarcación de Zonas Federales ha sido una tarea que en los últimos años ha sido permanentemente abordada por el OCAVM; no obstante, se reconoce que el crecimiento de las zonas urbanas ha ocurrido sin una planeación hídricamente sustentable, lo que contribuye por ejemplo, a incrementar el flujo de aguas residuales por estructuras diseñadas para transitar avenidas, con lo que se reduce la capacidad de tránsito de avenidas de éstas últimas.

Valle de México

La Ciudad de México se ubica en una zona lacustre y el acelerado crecimiento urbano ocupa cada vez más las zonas altas en las montañas del valle. Esta situación ha generado la invasión de los cauces y márgenes de los ríos que anteriormente drenaban los escurrimientos pluviales sin afectar a centros urbanos. Razones por lo que los centros de población de la entidad, están más propensos a inundaciones o afectaciones.

EL Distrito Federal conforma la parte central del Valle de México, sin embargo, por la complejidad de su sistema hidrológico es difícil separarlo del resto de la cuenca que en la mayoría de los casos comparte los retos y las soluciones con una visión metropolitana.

Los principales problemas del Valle de México se deben a:

- La deforestación y la eliminación de zonas de infiltración.
- El arrastre de sedimentos y el azolvamiento de cauces y embalses
- Hundimientos diferenciales de 10 a 40 cm al año debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, ocasionando la pérdida de capacidad de desalojo y fracturas de los sistemas de drenaje de agua residual y de lluvia.
- Grietas y accidentes geológicos cada vez más frecuentes dañan la infraestructura

El sistema de drenaje del Distrito Federal se diseñó para desalojar los escurrimientos de la tormenta más intensa probable en 50 años, mientras que los sistemas locales de drenaje se diseñan para la lluvia más intensa probable en 10 años, es decir, que todos los años existe una probabilidad del 10% que la capacidad del drenaje local sea excedida, causando encharcamientos con una mayor frecuencia.

La vulnerabilidad del Sistema Hidrológico de la Ciudad, frente a los fenómenos hidrometeorológicos, radica en la falta de capacidad de los sistemas de desalojo actuales (ríos y drenes), la cual ha venido disminuyendo por invasión a las zonas federales, azolvamiento de los vasos de regulación y la falta de mantenimiento a la infraestructura.

Lo que se agrava con el acelerado crecimiento poblacional, la presencia de basura, azolve y obstrucción de los cauces por infraestructura.

Tula⁹

Los factores con que está relacionado la problemática, es el crecimiento acelerado y desordenado que los centros urbanos, situación que provoca una expansión sin control de construcciones inmobiliarias y expansión masiva de predios en donde no se permite el uso habitacional, proliferando con ello los

⁹Conagua, Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales, 2012.

asentamientos irregulares en zonas federales.

El incremento de asentamientos humanos en zonas de alto riesgo (zonas federales), es un gran problema de seguridad para la población que las habita, así como un gran problema para el Gobierno por la inversión que se lleva a cabo después de tener severos daños por el desbordamiento de corrientes.

Los afectados en la inundación, insisten en quedarse en la misma zona, sin acondicionar o modificar sus viviendas, esto se puede considerar una cierta manera de vivir y/o sobrevivir de la gente que vive en zonas inundables, ya que el hecho de que año con año estas zonas se vean afectadas implica un gasto importante para el Gobierno Federal en la reconstrucción o bien en la sustitución de los bienes materiales. Por consiguiente los afectados reciben una vez al año “trato preferencial” y algunas empresas constructoras pueden resultar beneficiadas económicamente por el negocio de reconstrucción.

Aunado a la problemática anterior otras causas que provocan las inundaciones son la reducción de la sección hidráulica en algunos ríos, estrechamientos por puentes, cauces azolvados

4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

4.1.1 Climatología

La red mínima de estaciones permite evitar deficiencias graves en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos, la organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las siguientes consideraciones (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados de densidad de estaciones (superficie, en km² por estación)

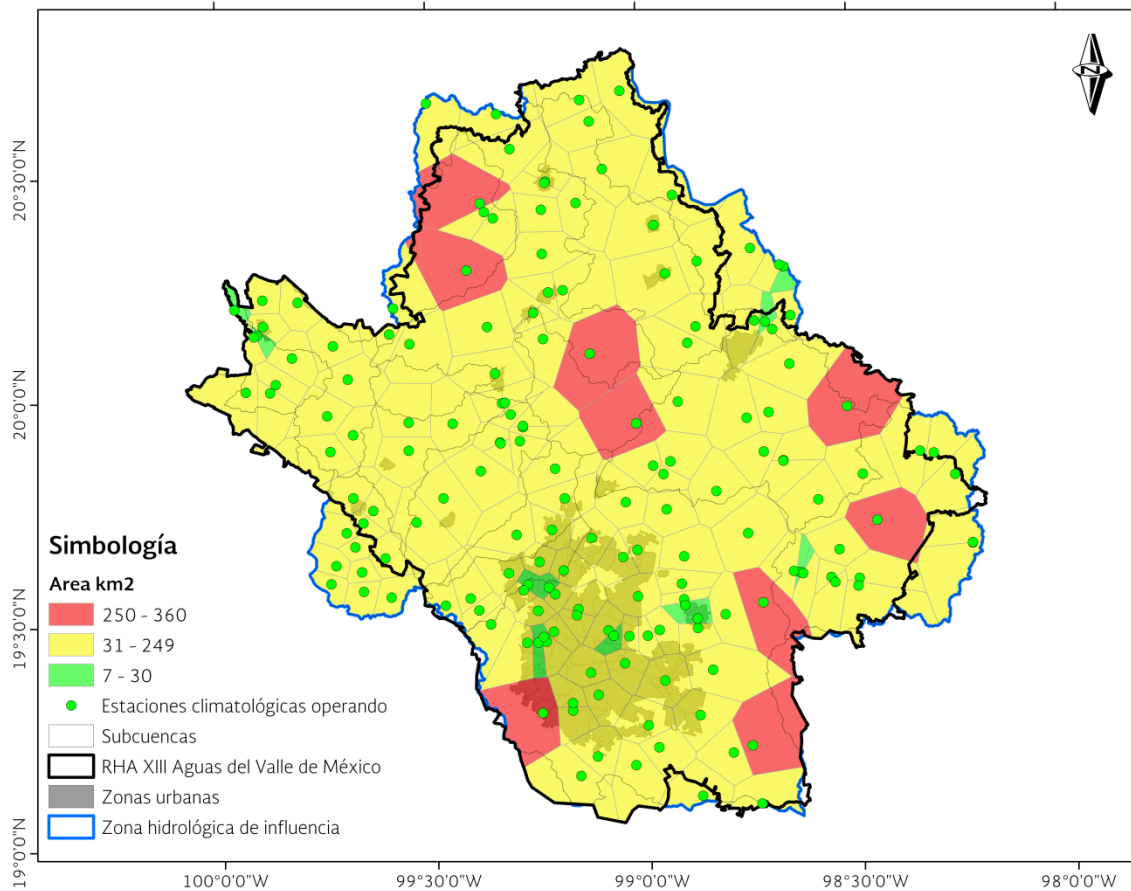
Unidad fisiográfica	Precipitación	
	No registradoras (Pluviómetro)	Registradoras (Pluviógrafo)
Costa	900	9,000
Montaña	250	2,500
Planicie interior	575	5,750
Montes/ondulaciones	575	5,750
Áreas urbanas	-	10 a 20

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

Considerando las recomendaciones de la OMM, se evaluó la superficie de cobertura de cada estación climatológica mediante el criterio de Polígonos de Thiessen (Figura 4.2). En la zona montañosa de la RHA, al sureste y suroeste, la mayor cobertura (300 km²) se realiza en las cercanías del Iztacihuatl y Popocatepetl, además otra estación (260 km²) en la zona del Ajusco. Sólo estas dos estaciones se encuentran por arriba de lo recomendado (250 km²). Para la zona de Montes, Ondulaciones y Planicies el máximo recomendado es de 575 km², superficie que es debidamente cubierta por el total de las estaciones ubicadas en estas zonas.

En lo que respecta a la zona metropolitana del Distrito Federal, la recomendación de la OMM marca de 10 a 20 km² de área de cobertura por estación, sin embargo sólo cinco estaciones cumplen con dicha recomendación, el resto de estaciones ubicadas en esta zona oscilan entre 30 km² y 155 km² con una media de 73 km² de área de cobertura.

Figura 4.2 Polígonos de Thiessen



Fuente: Elaborado a partir de: GASIR

Además de la densidad de estaciones climatológicas se tienen los siguientes comentarios.

En la Ciudad de México se dispone de una red Pluviográfica a cargo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, el cual debe ser revisado para verificar su correcto funcionamiento.

Las estaciones reportadas para el Estado de México comprendidas dentro del Valle de México se encuentran en buenas condiciones.

Para el estado de Hidalgo no se tiene información del funcionamiento.

En los foros temáticos en materia de recursos hídricos, llevados a cabo en el municipio de Moneral del Chico, Hidalgo, del 23 de

septiembre al 8 de octubre de 2010, se concluyó lo siguiente:

- Estaciones climatológicas insuficientes y obsoletas.
- Vandalismo y robo de tecnología.
- Falta de investigación científica para desarrollar nuevas alternativas.
- Falta de equipo con tecnología de punta y personal capacitado.

4.1.2 Hidrometría

Falta información sobre ubicación, cantidad adecuada y funcionamiento.

4.1.3 Comentarios generales sobre hidrometría y climatología

- Tecnología de transmisión de las estaciones automáticas requieren repuestos de 1980.
- La climatología es confiable.
- No hay posibilidades de contratar personal necesario para lectura de registros climatológicos e hidrométricos.
- Se tiene una hora de desfase en estaciones automáticas, problemas del satélite.
- 80% no es a tiempo real, por lo tanto no es posible tomar las mejores decisiones.
- Se ha reducido red hidrométrica
- En hidrométricas en las casetas de aforo hay problemas de vandalismo e inseguridad.
- Radar del Cerro cathedral se debe calibrar con estación de superficie.
- En Hidalgo tienen problemas para mantenimiento de estaciones por falta de recursos.

4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

El Sistema de aguas de la Ciudad de México, debe ajustarse a los lineamientos establecidos en el Protocolo de Operación Conjunta de la infraestructura para el desalojo de aguas para la Temporada de Lluvias, bajo este protocolo se prevé la medición de la cantidad de agua pluvial y se dará a cada autoridad la oportunidad de reacción para retenerla, bombearla y conducirla; además, durante la primera fase de la alerta se informará a la ciudadanía.

Se observa la necesidad de contar con una visión metropolitana integral para el desalojo de agua del Valle de México, por lo que la corresponsabilidad es indispensable en el tema.

En Hidalgo no se cuenta con un sistema automatizado de alertamiento. Se tiene implementado un procedimiento de alerta-

miento y monitoreo, que se basa en la recopilación y difusión diaria de información. Vía telefónica se monitorea diariamente la ocurrencia de incidencias, a través de protección civil de los municipios que pueden ser afectados por lluvias intensas. A cargo de la Brigada de PIAE y del área de climatología e hidrología.

Sumado a lo anterior también se enlista lo siguiente:

- En términos generales el tipo de pronóstico de avenidas se realiza con base en el criterio del personal encargado.
- No hay un Sistema de Alerta Temprana (SAT).
- El Río de la Compañía sí tiene un SAT pero ya es obsoleto.
- No hay modelo de pronóstico.
- El único Sistema de Alerta Hidrometeorológica (SAH) lo realizó CENAPRED con la UNAM el cuál se encuentra obsoleto.
- Los estudios de modelación se encuentran fragmentados.

4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales

4.1.1 Acciones estructurales

Valle de México

En la región el fenómeno meteorológico que más afecta son las inundaciones, porque no se cuenta con la infraestructura suficiente en la red municipal y de bombeo, personal, y recursos, para hacer frente al desalojo de agua precipitado muchas veces, sólo en unas horas, la cual puede provocar estragos en varias construcciones afectando viviendas, negocios, escuelas, avenidas, autos, etc.

Los problemas relacionados al desalojo de agua es muy importante, el Sistema General de Drenaje puede dar lugar a inundaciones catastróficas.

Actualmente se están presentado evidencias de que la capacidad de descarga del sistema general es insuficiente ya que muchos tramos del Sistema de Drenaje Profundo han

trabajado con carga varias veces al año y ya se ha presentado el caso de que el agua negra suba por las lumbreras y se derrame en las calles (el caso más reciente fue el derrame por la lumbrera 3 del Interceptor Oriente-Oriente, que inundó la zona de Ejército de Oriente). Lo mismo ha ocurrido con el Interceptor Poniente, donde ha sido necesario tapar la parte superior de las lumbreras más bajas y en el río Churubusco, que ha derramado por sus chimeneas.

Las razones por las que el Sistema General está en una situación tan crítica, son diversas. A continuación se describirán las más importantes:

El balance entre la capacidad de descarga y el área incorporada al servicio, ha sido cada vez más desfavorable para la primera. Por una parte de las tres salidas del valle (tajo de Nochistongo, Emisor Profundo y Gran Canal), el Gran Canal ha venido reduciendo paulatinamente su capacidad de descarga de 90 m³/s hace 30 años a 20 m³/s por bombeo actualmente, y por la otra, el Sistema de Drenaje Profundo, además de suplir la falta de capacidad del Gran Canal, ha recibido la conexión de áreas cada vez mayores para drenar las zonas Sur y Sureste de la ciudad.

Como consecuencia de los fenómenos de hundimiento del suelo, los ríos y conductos de desagüe se ha invertido su pendiente, por lo que ha sido necesario que el 50% de los escurrimientos se desalojen mediante más de 130 plantas de bombeo y más de 70 obras de regulación.

Sin embargo, para asegurar la capacidad de desagüe del Valle hace falta intensificar la rehabilitación y mantenimiento del sistema actual de regulación y conducción. Asimismo, para mitigar los riesgos derivados de la falta de infraestructura y su obsolescencia, es necesario redoblar esfuerzos en la generación y mejora de protocolos para la operación de los sistemas de drenaje locales así como controlar la disposición de residuos sólidos en los cauces.

En últimas fechas se ha planteado que el Drenaje Profundo puede estar severamente deteriorado y a punto de fallar.

Por ejemplo, los vasos reguladores han perdido capacidad de almacenamiento y sus bordos reportan deterioro; las presas de control, además de estar azolvadas, han sido invadidas por asentamientos humanos ubicados dentro de la zona de influencia del embalse, poniendo además, en riesgo la integridad física de la gente. Así mismo, los canales se han visto mermados en su capacidad de conducción por los hundimientos diferenciales del subsuelo y sus bordos requieren rehabilitación al igual que las plantas de bombeo que además también requieren de mantenimiento en general porque ya cubrieron su vida útil.

En un estudio prospectivo del Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (Cenapred), en donde se plantearon varios escenarios con base en una simulación tomando datos reales de lluvia del año 2002 y con el supuesto de una falla del Emisor Central, se llegó a la conclusión de que podría sobrevenirse una inundación que afectaría a las delegaciones Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Iztacalco y Venustiano Carranza, en el Distrito Federal y los municipios de Atenco, Ecatepec y Nezahualcoyótl en el estado de México, es decir que el área que podría quedar bajo el agua sería de 164 kilómetros cuadrados (Figura 4.3).

Solo por citar algunos de los daños cualitativos en caso de que se presentase una inundación como la simulada por el Cenapred, se vería bajo el agua:

- a) El primer cuadro de la Ciudad;
- b) Parte del Bosque de Chapultepec;
- c) El aeropuerto internacional "Benito Juárez";
- d) La terminal de autobuses de Oriente (Tapo);
- e) Ciudad Nezahualcóyotl;
- f) Bosque de Aragón;

- g) La Torre Mayor;
- h) El Palacio de Bellas Artes; y
- i) Las nueve líneas de metro;
- j) entre otros

Figura 4.3 Área a inundarse de fallar el Emisor Central



Fuente: Tomado de Conagua. Compendio del Agua de la Región Hidrológico Administrativa XIII, Edición 2010.

En la actualidad, la falta de capacidad de desalojo de aguas persiste, razón por la que la ciudad tiene una gran vulnerabilidad a inundaciones, y en temporada de lluvias constantemente se presentan eventos que afectan a la población y las actividades productivas.

El Túnel Emisor Oriente ampliará la capacidad del drenaje, disminuyendo el riesgo, pero se requieren otras obras de infraestructura que permitan brindar mayor certidumbre a la población ante lluvias torrenciales.

Además de lo anterior la problemática de inundaciones no se resolverá si no se complementan con el desazolve de los vasos de regulación y las presas del poniente y la rectificación de sus cauces.

- Vaso de Cristo

- Vaso Carretas
- Vaso Fresnos
- Lago Churubusco
- Laguna de Regulación Horaria
- Laguna el Fusible
- Reposición de la Laguna de Regulación Casa Colorada
- La Gasera
- 17 presas del poniente.
- Adecuación de la estructura de descarga de la PB Casa Colorada Profunda.

Tula

En la parte correspondiente del estado de Hidalgo dentro de la RHA XIII las obras de protección se encuentran en condiciones físicas regulares, y solo requieren trabajos de mantenimiento para evitar un mayor deterioro, limpieza y desazolve. Sin embargo se tiene dificultad de acceso a las obras de protección (bordos de protección, gaviones), para mantenimiento preventivo y correctivos de las mismas.

4.1.2 Acciones no estructurales

Como parte de los trabajos para identificar la problemática y determinación de posibles soluciones en materia del recurso hídrico incluyendo el tema de inundaciones, en la Región Hidrológico-Administrativa XIII, el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, en coordinación con las Direcciones Locales de Hidalgo, México y Tlaxcala, del 23 de septiembre al 8 de octubre de 2010, se llevaron a cabo en el municipio de Mineral del Chico, Hidalgo, Foros Temáticos. A continuación se presentan las conclusiones en cuanto a la problemática identificada en las acciones no estructurales:

- a) Eficaz ordenamiento territorial.
 - Asentamientos Irregulares.
 - Aplicación, actualización y continuidad de los programas de ordenamiento ecológico y territorial.

- Desinterés y falta de aplicación de los programas a todos los municipios.
 - Desvinculación de las políticas de planeación.
 - Poca apertura de los usos de suelo anticipado en sus diferentes etapas de crecimiento urbano.
 - Falta de asignación y etiquetar los recursos financieros y humanos para el desarrollo de políticas.
- b) Zonas inundables libres de asentamientos humanos.
- No se respeta la vocación natural del uso del suelo (cauces naturales).
 - Falta asignación de recursos para delimitar las zonas inundables de los cauces.
- Falta de planeación para evitar el desarrollo urbano en zonas de restricción.
 - Falta de delimitación mediante señalamiento de zonas federales.
 - Falta identificar zonas de alto riesgo.
 - Falta de educación ambiental en asentamientos humanos en libros de la SEP.
- c) Falta de alertamiento oportuno y seguro a emergencias.

En el Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales actualizado al 2012, se tiene una integración de la población en riesgo de inundación dentro de la RHA XIII, en total 202 sitios identificados, 158 asentados sobre cauces y 44 en presas (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Asentamientos humanos en zonas de riesgo

Estado	Sitios Identificadas		Sitios localizados con asentamientos	
	Cauces	Presas	Cauces	Presas
Distrito Federal	169	8	47	3
Hidalgo	57	19	46	10
Estado de México	93	48	61	31
Tlaxcala	8	4	4	0
Total			158	44

4.2 Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas

Los actores sociales que intervienen, antes, durante y después de un evento de inundación pueden ser organizaciones civiles, asociaciones de productores, asociaciones vecinales, personas que habitan en zonas de riesgo de inundación, etc. Para esta Región se cuenta con asociaciones vecinales que han realizado simulacros con apoyo de la iglesia del Río Cuautitlán e incluso han solicitado trabajos y estudios.

Además, las comisiones de cuenca están sumamente involucradas en la gestión de crecientes, tal es el caso de:

- Comisiones de cuenca de los ríos Amecameca y Compañía elaboraron un libro

con asesoría de la UAM. “Repensar la cuenca, la gestión de ciclos del agua en el Valle de México”, Elena Burns 2009.

- Comisiones de barrancas, limpieza de cauces Distrito Federal
- Comisión Laguna de Tecocomulco, manejo de laguna
- Comisión de Presa Guadalupe, Texcoco y Madín
- Asociaciones de vecinos que solicitan trabajos

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

Como parte de la problemática que incrementa los daños por inundaciones causada

por la coordinación entre instituciones se tiene:

- La organización institucional está fragmentada y no tiene un área específica que atienda técnicamente el problema integral de los fenómenos extremos, en particular, las inundaciones y las sequías.
- No hay una política que busque el balance entre las medidas estructurales y no estructurales para atenuar el impacto de los fenómenos extremos.
- No hay una unidad administrativa que vigile la aplicación de Ley de Aguas y las consecuencias coercitivas de su incumplimiento en cuanto a invasión de cauces y asentamientos en zonas de riesgo.
- No se tiene un sistema institucional para elaborar un catálogo de proyectos y programas que atiendan los problemas de los fenómenos extremos de manera integral. El presupuesto para la atención de los problemas generados por la ocurrencia crónica de los fenómenos extremos en el país es limitado e insuficiente y una buena parte del presupuesto asignado se dedica a la reconstrucción de infraestructura dañada y atención de emergencias.
- No hay un dimensionamiento del personal profesional y especializado que se requiere para atender los fenómenos extremos ni programas en curso que atiendan las carencias de personal calificado.
- Falta de coordinación en planes y programas en las dependencias gubernamentales.
- Trabajos de mantenimiento evitan descargas de drenaje superficial.
- Falta de coordinación entre los actores que otorgan licencias de construcción en zonas de riesgo.
- Son carentes los recursos económicos para la elaboración de estudios.
- Es insuficiente la coordinación entre el Sistema de Aguas del Valle de México y

la Comisión de Aguas del Estado de México.

- En cuanto a la invasión de zonas federales no es posible la aplicación de la ley por la inexistencia de denuncias.
- La propiedad federal no se puede comprobar a causa de documentos extraviados.
- Después de 10 años de permanencia en una zona invadida se da la prescripción positiva a favor del propietario.

Las deficiencias normativas en cuanto a las competencias y atribuciones de cada uno de las Instituciones en materia de protección civil a nivel Federal, Estatal y Municipal (representativo) y, más que deficiencias son incongruencias entre sus disposiciones legales unas de otras se tienen:

- Los Estados de Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Distrito Federal, no establecen la figura de la Cultura y autoprotección en materia de protección civil.
- La certificación de competencias laborales en materia de protección civil, no señalan nada los Estados de Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Distrito Federal.
- El Sistema Civil de Carrera, no señalan nada los estados antes señalados.

El artículo 7 de los transitorios de la Ley General de Protección Civil (Federal) señala la homologación de los Estados y Municipios en materia de protección civil con dicha Ley, al día de hoy no están homologadas.

- En la Ley General de Asentamientos Humanos:
 - No se prevé la figura de la “autorización para crear nuevos centros de población en zonas federales”.
 - No prevé una reglamentación en la ocupación en llanuras de inundaciones.
 - No prevé nada respecto: “A la figura de la reubicación de los centros de población asentados en zonas federales de alto riesgo de inundaciones”.

- No prevé la figura de la “autorización para crear nuevos centros de población en zonas federales”.
- No prevé la figura de “las políticas públicas en materia de inundaciones, antes, durante y después del evento”.
- No prevé la “figura de la reubicación de los asentamientos humanos, asentados en zonas de inundaciones”.
- No establece la figura de desarrollar “proyectos de investigación científica antes de crear nuevos centros de población en zonas federales”.
- No señala a quien “le competen las facultades y atribuciones para dar seguimiento, vigilancia y atención a los nuevos centros de población, en materia de crecidas”.
- No reconoce el derecho a que tiene la población a protegerlos de las inundaciones como un “Derecho Humano”

4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

El Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño¹⁰ (CIIFEN) define el riesgo como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad.

Amenaza es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. La amenaza se determina en función de la intensidad y la frecuencia.

¹⁰ Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.
http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=111&lang=es

Vulnerabilidad son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Con los factores mencionados se compone la siguiente fórmula de riesgo.

$$\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$$

Los factores que componen la vulnerabilidad son la exposición, susceptibilidad y resiliencia, expresando su relación en la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{exposición} \times \text{susceptibilidad} / \text{resiliencia}$$

Exposición es la condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo.

Susceptibilidad es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso.

Resiliencia es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

Martin Coy de la Universidad de Innsbruck Australia, en su artículo “Los estudios del riesgo y de la vulnerabilidad desde la geografía humana. Su relevancia para América latina”, manifiesta que la vulnerabilidad es considerada como una “estructura doble”, con dos partes que se corresponden entre sí, siendo la exposición o amenaza el lado “externo” y la forma de dominio o asimilación el lado “interno”. Depende, por un lado, de la medida de la amenaza y, por el otro, de las estrategias y capacidades de superación de los afectados, con todos los factores que influyen sobre ellas.

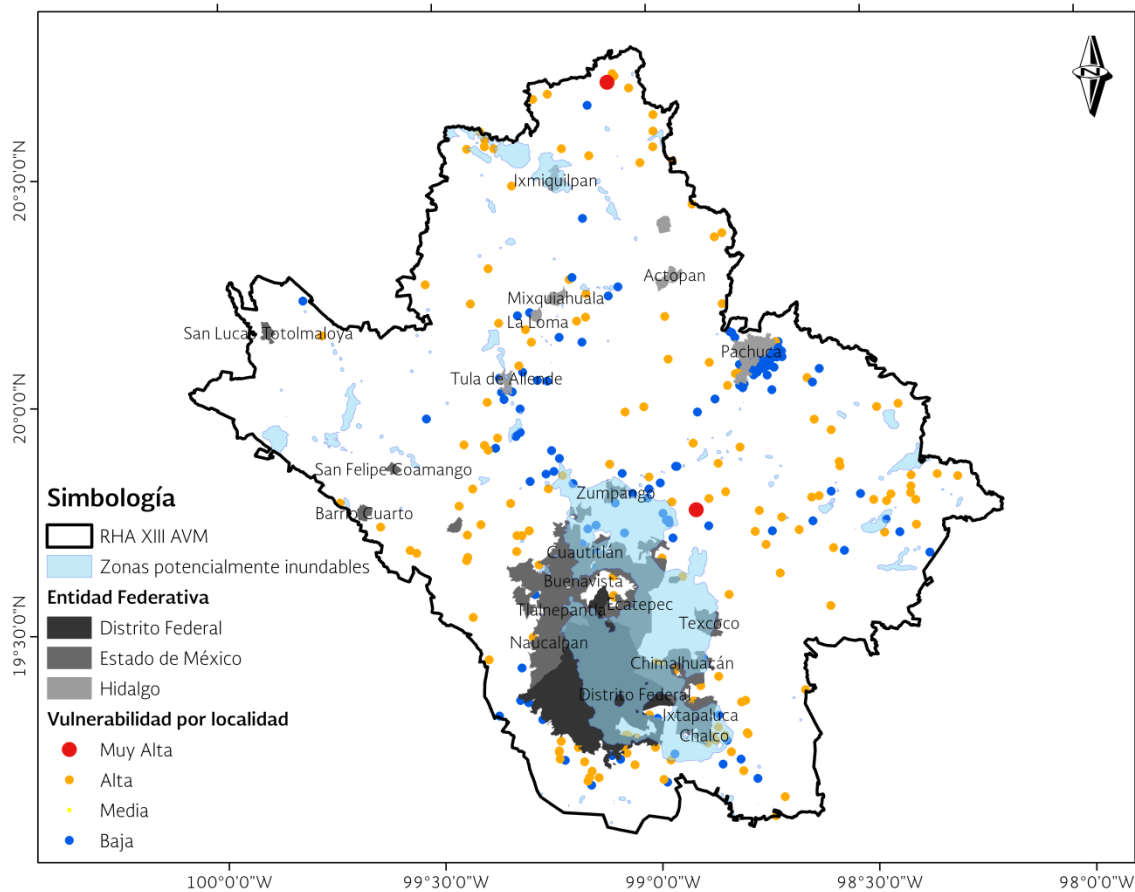
Bajo el concepto de vulnerabilidad interna del individuo de Martin Coy y la susceptibilidad y resiliencia del CIIFEN, se unificaron criterios y se elaboró un análisis de variables de INEGI

en su *Conteo de Población y Vivienda de 2010, Principales resultados por localidad (ITER)*, para obtener una índice de vulnerabilidad socioeconómico (Bravo-Astudillo, 2013) definido como la capacidad de la población para hacer frente a diversos fenómenos naturales (Figura 4.4 y Anexo 4). Se tomaron en cuenta variables como número de habitantes, grado de escolaridad, acceso a servicios de comunicación, servicios de agua, luz y energía eléctrica, materiales de las viviendas, número de habitantes con capacidades diferentes, derechohabencia de servicios médicos, cantidad de menores a 5

años y mayores a 60 años de edad y población económicamente activa.

Localidades asentadas en zonas potenciales de inundación con alta vulnerabilidad se encuentran principalmente en la periferia de la zona metropolitana del Valle de México en localidades menores a 2,500 habitantes como Polígonos en la delegación Nezahualcóyotl, Los Hornos en Chalco y La Angostura en Xochimilco. En términos generales, en la Región se espera que ante una inundación y por las características analizadas en la determinación de la vulnerabilidad, la población responda de manera eficiente en actividades de organización y resistencia.

Figura 4.4 Vulnerabilidad social



Fuente: Elaborado a partir de: INEGI 2010

Además del análisis de la vulnerabilidad socioeconómica también se elaboró un análisis de la economía en riesgo basada en el Producto Interno Bruto (PIB) municipal al 2009

(Tabla 4.4), este asciende a 2,780,002 millones de pesos en la RHA. Los resultados reflejan que la mayor economía en riesgo, determinada está dada principalmente en la

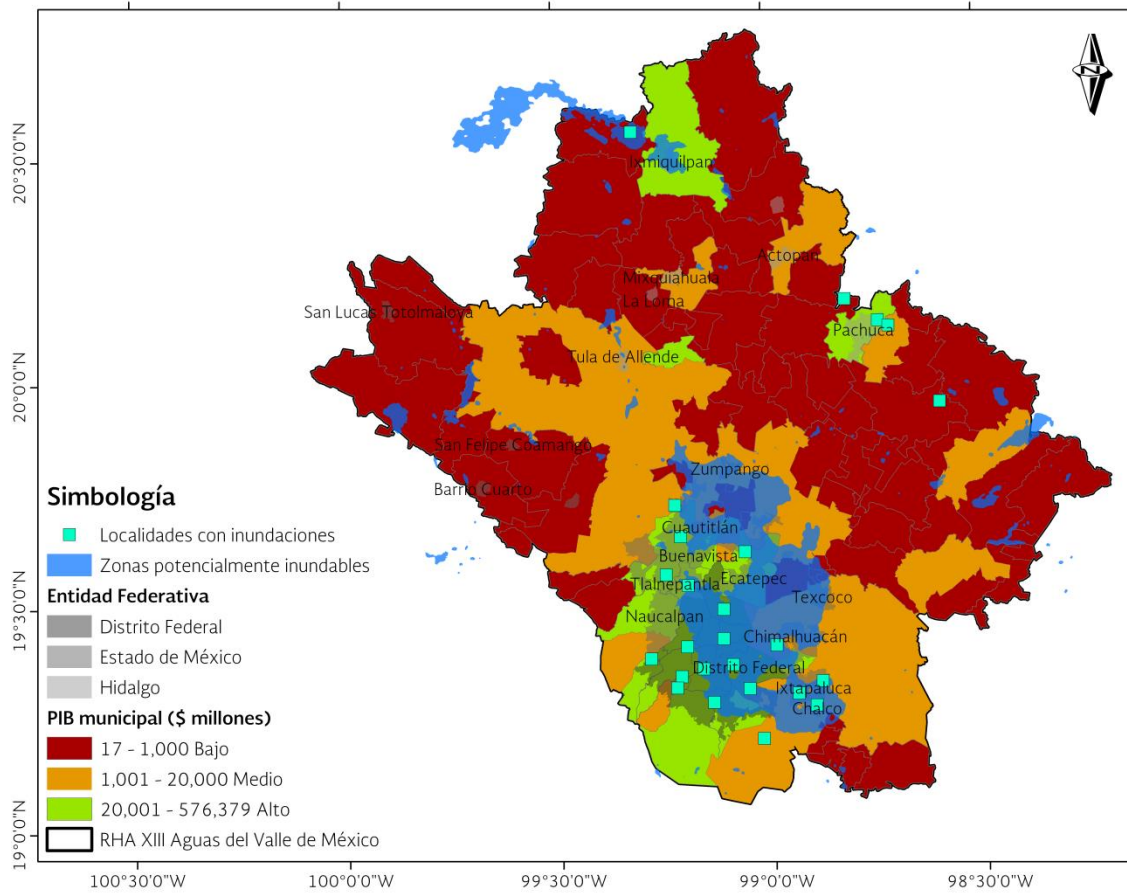
ciudad de México y su zona conurbada: delegación Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Azca-

potzalco, Benito Juárez y Álvaro Obregón (Figura 4.5).

Tabla 4.3 Producto Interno Bruto de la RHA por municipio

Estado	Municipio	PIB_Mun (\$millones)	% regional
Distrito Federal	Miguel Hidalgo	508,402	18%
Distrito Federal	Cuauhtémoc	335,400	12%
Distrito Federal	Azcapotzalco	241,202	9%
Distrito Federal	Benito Juárez	162,872	6%
Distrito Federal	Álvaro Obregón	140,646	5%
México	Tlalnepantla de Baz	114,124	4%
México	Naucalpan de Juárez	106,660	4%
Distrito Federal	Iztapalapa	103,726	4%
México	Ecatepec de Morelos	101,266	4%
Distrito Federal	Cuajimalpa de Morelos	100,423	4%
Distrito Federal	Tlalpan	99,350	4%
Distrito Federal	Coyoacán	91,673	3%
México	Cuautitlán Izcalli	67,874	2%
Distrito Federal	Gustavo A. Madero	67,167	2%
Distrito Federal	Iztacalco	53,591	2%
Distrito Federal	Xochimilco	47,228	2%
México	Tultitlán	38,240	1%
Hidalgo	Ixmiquilpan	30,165	1%
Distrito Federal	Venustiano Carranza	29,734	1%
Hidalgo	Atitalaquia	28,906	1%
Hidalgo	Pachuca de Soto	22,305	1%
México	La Paz	21,140	1%
México	Atizapán de Zaragoza	20,420	1%
México	Nezahualcóyotl	18,929	1%
México	Cuautitlán	16,295	1%
Hidalgo	Tepeji del Río de Ocampo	14,798	1%
México	Tepotztlán	14,033	1%

Figura 4.5 Producto Interno Bruto municipal 2009



Fuente: Conagua, Subdirección General de Programación, 2012



5. Evaluación de riesgos de inundación

Se concibe al riesgo integrado por la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza definida como la probabilidad de que ocurra un evento en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad para producir daños; y la vulnerabilidad como la probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente, por lo tanto el riesgo incluye la probabilidad combinada entre los dos factores anteriores, (Magaña y García, 2002). Asimismo sus unidades son las usadas para medir las consecuencias divididas por unidad de tiempo (por ejemplo, una unidad monetaria o número de víctimas por año, dado que la probabilidad de la amenaza presenta unidades de tiempo, (Escuder et al., 2010)).

El riesgo asumido en este Programa está representado de la siguiente manera, (Escuder et al., 2010):

- Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

En donde el peligro o amenaza está en función del tirante o altura de la inundación asociado a una probabilidad de ocurrencia (inverso del periodo de retorno) y la vulnerabilidad está dada por el tipo de vivienda (bienes expuestos) y el índice de marginación de la zona inundada.

El Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) cuenta con el Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo (SAVER) publicado vía web, y uno de sus módulos es el Atlas Nacional de Riesgo por Inundación en México (ANRI).

El ANRI trasladado a una plataforma para Computadora Personal (ANRI-PC) se utiliza para estimar los daños en zonas habitacionales por evento de inundación en la zona de interés. El ANRI-PC evalúa daños en una mancha de inundación bajo el supuesto de que por cada celda (pixel) de una malla (archivo raster) se tiene un mismo tirante de inundación.

Metodología

El proceso a seguir durante el cálculo de los daños económicos por inundación puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Delimitación de la zona de inundación.
2. Definición de la probabilidad de ocurrencia del evento (inverso del periodo de retorno), para los cuales será evaluado el daño.
3. Cálculo de los tirantes de inundación, así como velocidad y severidad, con base en algún modelo hidrológico-hidráulico, para cada uno de los periodos de retorno seleccionados.
4. Selección de curvas de daño (urbanas, agrícolas, etc.) mismas que relacionan tirante o duración de la inundación con los daños económicos.
5. Con base en las curvas de daño, las características socioeconómicas en la zona de estudio y el tirante alcanzado en la inundación para cada evento, se calculan los daños económicos.
6. Determinación del Daño Anual Esperado (DAE).

La estimación del riesgo en términos de daños por año resulta importante en la toma de decisiones cuando se presenta la cantidad total del daño esperada considerando más de un evento de inundación, lo que permite construir curvas de daño-probabilidad para una zona o región. De tal manera que el área total bajo la curva representa el Daño promedio Anual Esperado (DAE) por año para todos los eventos considerados (Messner et al., 2007). El DAE se calcula con la fórmula (Meyer et al, 2012):

$$\overline{DAE} = \sum_i^k D_i \cdot \Delta P_i$$
$$D_i = \frac{D(P_i - 1) + D(P_i)}{2}$$
$$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$$

Donde D_i es el daño promedio de dos eventos de probabilidad de excedencia i , ΔP_i es el

intervalo de probabilidad entre las probabilidades de excedencia de ambos eventos.

En el Anexo 3 se describe la metodología de manera más amplia.

5.1 Aplicación de la metodología a nivel nacional

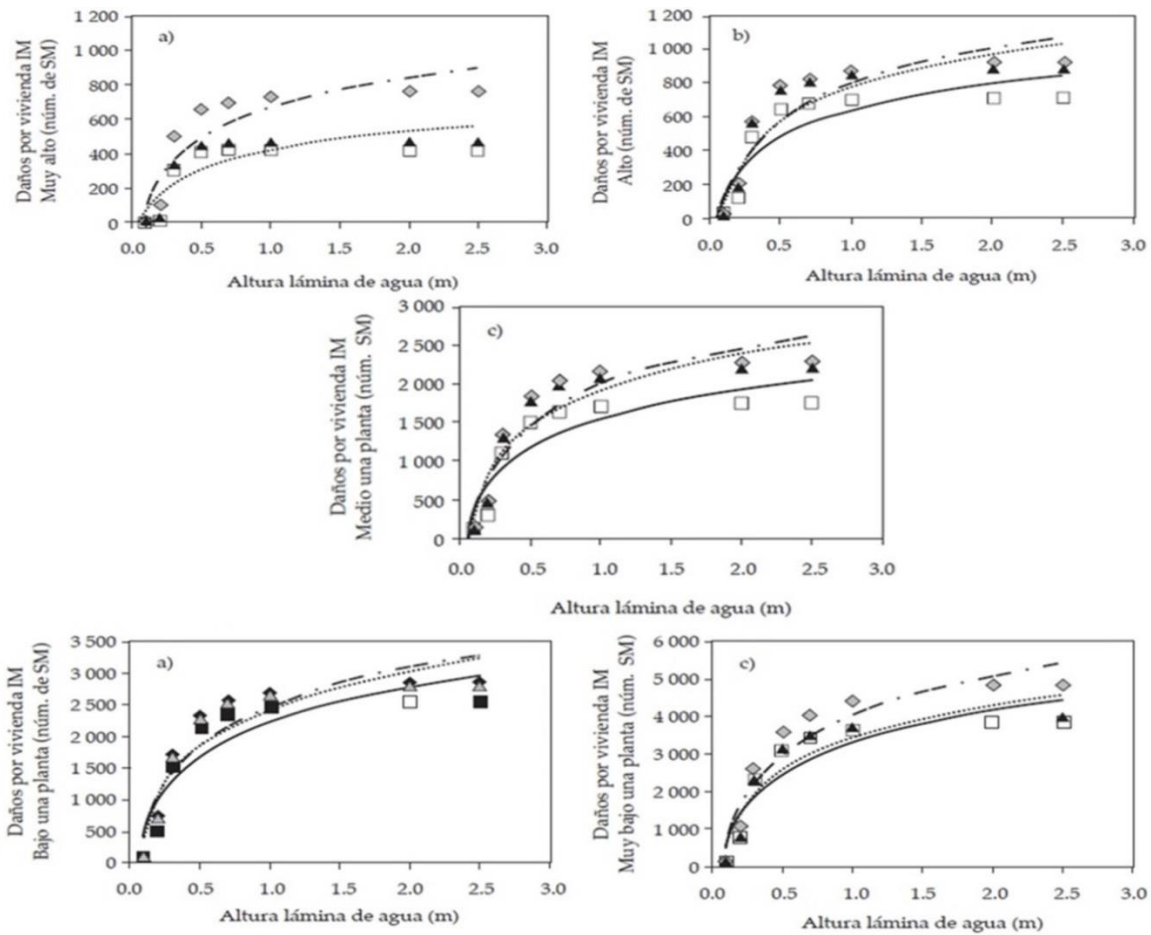
Para aplicar la metodología, son necesarios los siguientes insumos:

- a. *Polígono que delimita la zona de inundación*. Es el área donde se estimarán los daños.
- b. *Modelo digital de elevaciones* usado por el ANRI-PC. Es el continuo de elevaciones escala 1:50,000 del INEGI con una resolución de 50 x 50 m y es utilizado para la zona piloto. El ANRI-PC tiene integrado el modelo SRTM (Shuttle Radar Topography) de cobertura mundial, publicado por el Instituto de Tecnología de California cuya resolución más aproximada es de 90 x 90 m y es usado para estimaciones de daños en viviendas para el modo de procesamiento por lotes.
- c. *Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB)*. Constituyen la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional. De las AGEB urbanas se obtiene el conjunto de índices de marginación existentes en la zona de inundación.

- d. *Tirante y velocidad*, estimados con base en modelos hidrológicos-hidráulicos en formato raster para diferentes probabilidades.
- e. *Curvas de daños*. Curvas que relacionan características de la inundación (por ejemplo tirante y duración) y los daños en pesos y pueden ser de tipo urbano y agrícola. En este Programa las curvas utilizadas corresponden a daños en viviendas, publicadas por Baró et al. (2007 y 2011), quien calculó el valor del daño con base en el costo de cada bien, obteniendo así el valor en pesos de los daños económicos para cada altura de lámina de agua alcanzada y para cada una de las AGEB presentes en la zona de inundación.

Estos daños totales se convirtieron en número de salarios mínimos, lo que permite que las curvas generadas no pierdan validez con el tiempo, ya que al actualizar el salario mínimo, también se actualizan las curvas. Baró et al. (2007 y 2011), además generó ocho tipos de curvas en función del índice de marginación, donde el eje horizontal corresponde a valores de altura de lámina de agua (tirante) en metros y el eje vertical a los daños económicos en unidades de número de salarios mínimos. El ANRI-PC maneja cinco de las ocho curvas tipo arriba citadas y corresponden a: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo nivel de marginación (Figura 5.1)

Figura 5.1 Curvas tipo de daños en zonas habitacionales



Fuente: Baró et al. (2007).

5.2 Cálculo del DAE en la RHA XIII

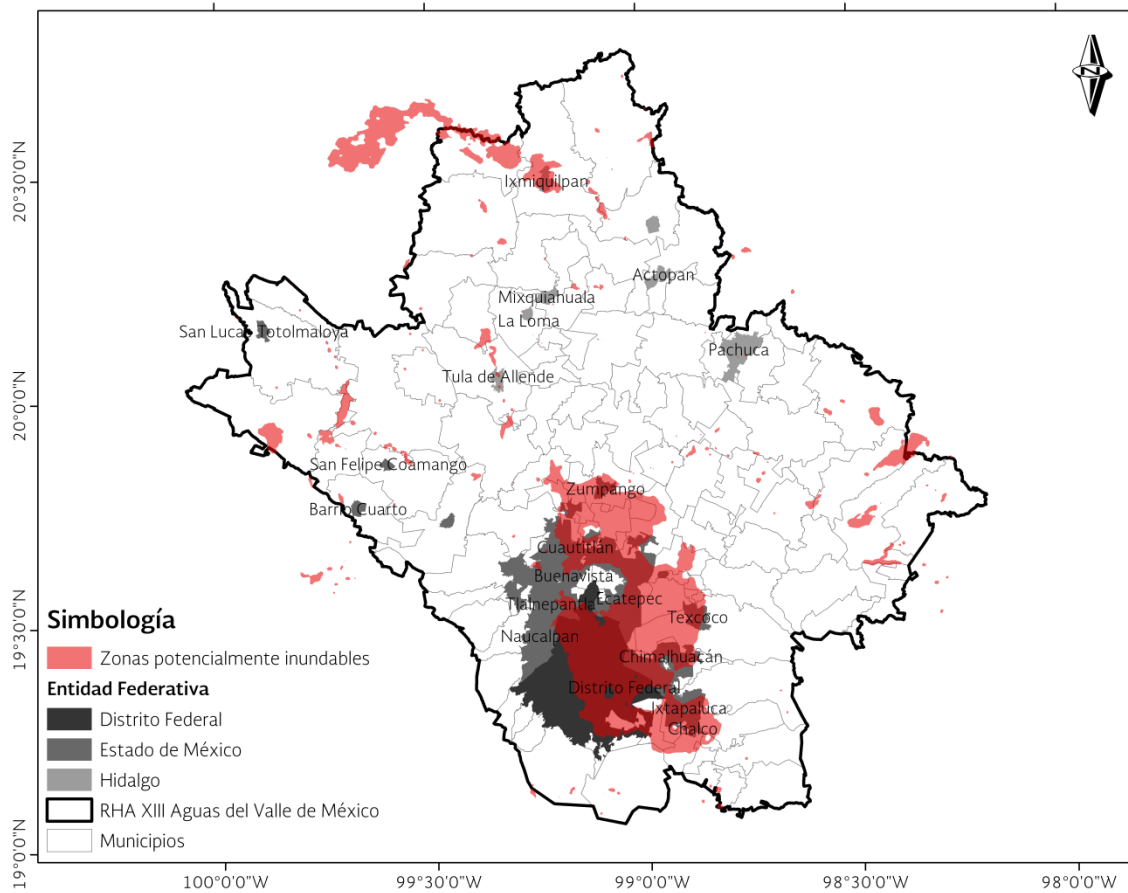
Para la RHA XIII se cuenta con los polígonos de inundación determinados por Agroasemex con un periodo de retorno de 40 años, este único TR sólo permite determinar el daño para este evento de lluvia. A continuación se muestran los resultados para estos polígonos (Tabla 5.1 y Figura 5.2). En la sección siguiente se tiene la caracterización, diagnóstico, y el DAE de la cuenca piloto de la Presa Madín, perteneciente a la RHA XIII, en la cual se calcularon puntos de inundación para la Precipitación Máxima Probable (PMP).

Las zonas potenciales de inundación¹¹ determinadas por Agroasemex, dentro de la RHA XIII ocupan una superficie de 2,264 km² (12.5% del total de la RHA). Son 152 localidades urbanas de 460 en total que intersectan con alguna zona de inundación, aproximadamente estas 152 localidades suman una superficie de 2,000 km² y el área potencial de inundación de estas localidades es de 1,102 km² (55%). En cuanto a la parte agrícola 5,687.7 km² podrían tener problemas

¹¹Uribe-Alcántara, Edgar Misael, et al, Mapa Nacional de Índice de Inundación. Agroasemex, S. A., Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. I, núm. 2, abril-junio de 2010, pp. 73-85.

de inundación de los 36, 834.9 km² de superficie total agrícola.

Figura 5.2 Mapa Nacional de Índice de Inundación, RHA XIII



Fuente: Elaborado a partir de: Agroasemex S. A.

Con la aplicación ANRI-PC, previamente descrita, se determinó el daño para el periodo de retorno de 40 años. El daño provocado por una tormenta con Tr de 40 años sucedido en el mismo instante en toda la Región, puede provocar pérdidas económicas en menaje

hasta por 140,193 millones de pesos (78% a nivel nacional), sin embargo es casi nula la probabilidad de que se presente un evento al mismo tiempo en toda la RHA, por lo tanto se presentan los daños por municipio.

Tabla 5.1 Daños por municipio de la RHA XIII

Estado/municipio	AGEBS (km ²)	Viviendas afectadas	Población afectada	Daño probable (millones de pesos)
Distrito Federal				
Álvaro Obregón	0.46	103	362	5.09
Azcapotzalco	1,006.94	60,846	225,965	6,276.20
Benito Juárez	387.69	61,851	181,400	8,227.26
Coyoacán	735.91	67,511	245,746	8,323.85
Cuauhtémoc	524.35	92,921	302,822	10,257.23
Gustavo A. Madero	1,225.30	135,682	520,298	12,741.85
Iztacalco	302.37	54,515	211,553	4,479.34
Iztapalapa	1,665.57	204,847	829,242	17,204.81
Miguel Hidalgo	334.76	37,017	121,361	3,628.70

Estado/municipio	AGEBS (km ²)	Viviendas afectadas	Población afectada	Daño probable (millones de pesos)
Milpa Alta	142.53	1,992	8,476	194.01
Tláhuac	1,218.93	46,029	188,741	3,900.83
Tlalpan	199.05	19,142	66,274	1,940.94
Venustiano Carranza	320.41	67,519	251,647	5,250.34
Xochimilco	1,272.28	37,009	152,102	4,089.70
Total Distrito Federal	9,336.55	886,984	3,305,991	86,520.14
Hidalgo				
Apan	0.03	14	61	0.00
Francisco I. Madero	2.47	155	653	9.14
Ixmiquilpan	1,490.47	4,017	16,219	358.14
Pachuca de Soto	4.80	58	217	4.25
Tasquillo	255.23	438	1,674	42.09
Tepeapulco	3.04	134	496	2.48
Tepeji del Rio de Ocampo	16.09	211	851	13.02
Tezontepec de Aldama	0.55	23	94	0.00
Tizayuca	0.48	78	316	2.30
Tlahuelilpan	0.13	23	99	0.00
Tlaxcoapan	0.01	2	8	0.00
Tula de Allende	32.26	1,105	4,063	93.75
Villa de Tezontepec	1.55	35	146	0.47
Zempoala	0.01	2	8	0.00
Total Hidalgo	1,807.12	6,297	24,904	525.64
México				
Acambay	100.05	147	802	2.67
Acolman	2,314.27	7,942	33,940	688.30
Atenco	285.62	3,727	17,953	215.41
Atizapán de Zaragoza	0.71	14	60	1.29
Chalco	991.51	23,301	108,463	921.61
Chiautla	574.16	1,883	9,003	133.37
Chicoloapan	517.17	15,152	63,925	1,086.57
Chiconcuac	248.34	1,871	9,743	103.28
Chimalhuacan	874.15	55,853	253,604	1,853.97
Coacalco de Berriozabal	527.66	33,442	128,378	4,296.49
Cocotitlan	78.61	813	4,078	45.99
Coyotepec	202.29	688	3,224	33.50
Cuautitlán	588.75	12,792	51,349	1,686.57
Cuautitlán Izcalli	1,212.21	6,914	28,791	465.95
Ecatepec de Morelos	2,586.52	167,731	716,454	12,665.34
Huehuetoca	233.82	2,934	12,742	260.39
Ixtapaluca	1,166.01	31,871	135,336	3,276.22
Jaltenco	260.52	3,228	13,982	239.56
La Paz	753.90	22,637	94,008	1,594.05
Melchor Ocampo	467.45	3,107	14,383	291.24
Naucalpan de Juárez	67.27	1,865	6,772	92.29
Nextlalpan	527.07	2,081	9,438	63.99
Nezahualcóyotl	953.23	145,397	601,510	8,297.51
Papalotla	1.11	26	124	1.20
Tecámac	1,690.16	24,017	93,675	2,652.75
Teoloyucan	1,887.89	6,712	30,821	486.99
Teotihuacán	8.91	352	1,595	7.27
Tepotzotlán	122.29	1,928	7,881	169.62
Texcoco	2,264.88	17,218	73,783	1,546.09
Tezoyuca	169.92	1,710	7,466	112.82
Tlalnepantla de Baz	808.42	43,050	170,575	3,704.28
Tonanitla	186.46	576	2,678	34.29
Tultepec	681.63	10,406	45,777	787.80
Tultitlan	1,185.74	36,526	147,043	3,223.67

Estado/municipio	AGEBS (km ²)	Viviendas afectadas	Población afectada	Daño probable (millones de pesos)
Valle de Chalco Solidaridad	702.08	42,258	185,542	1,308.85
Zumpango	3,041.74	9,245	43,489	796.18
Total México	28,282.51	739,414	3,128,387	53,147.39
Total general	39,426.17	1,632,695	6,459,282	140,193.17

5.3 Diagnóstico de la cuenca piloto, Presa Madín

La Presa Madín está ubicada sobre el río Tlalnepantla, aguas abajo del pueblo de Madín, en los municipios de Naucalpan de Juárez, Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla, estado de México, al norponiente de la ciudad de México. Se localiza en la longitud oeste 99° 15' 39" y latitud norte 19° 31' 49". La presa tiene un almacenamiento total de 24.7 hm³ y se destina principalmente para control de avenidas y dar un gasto de 0.6 m³/s para el abastecimiento de agua potable a la zona (Figura 5.3). El área de estudio aguas abajo de la presa es aproximadamente de 75 km² (Figura 5.4), la parte más alta es alrededor de los 2,350 msnm y la parte baja de 2,250 msnm.

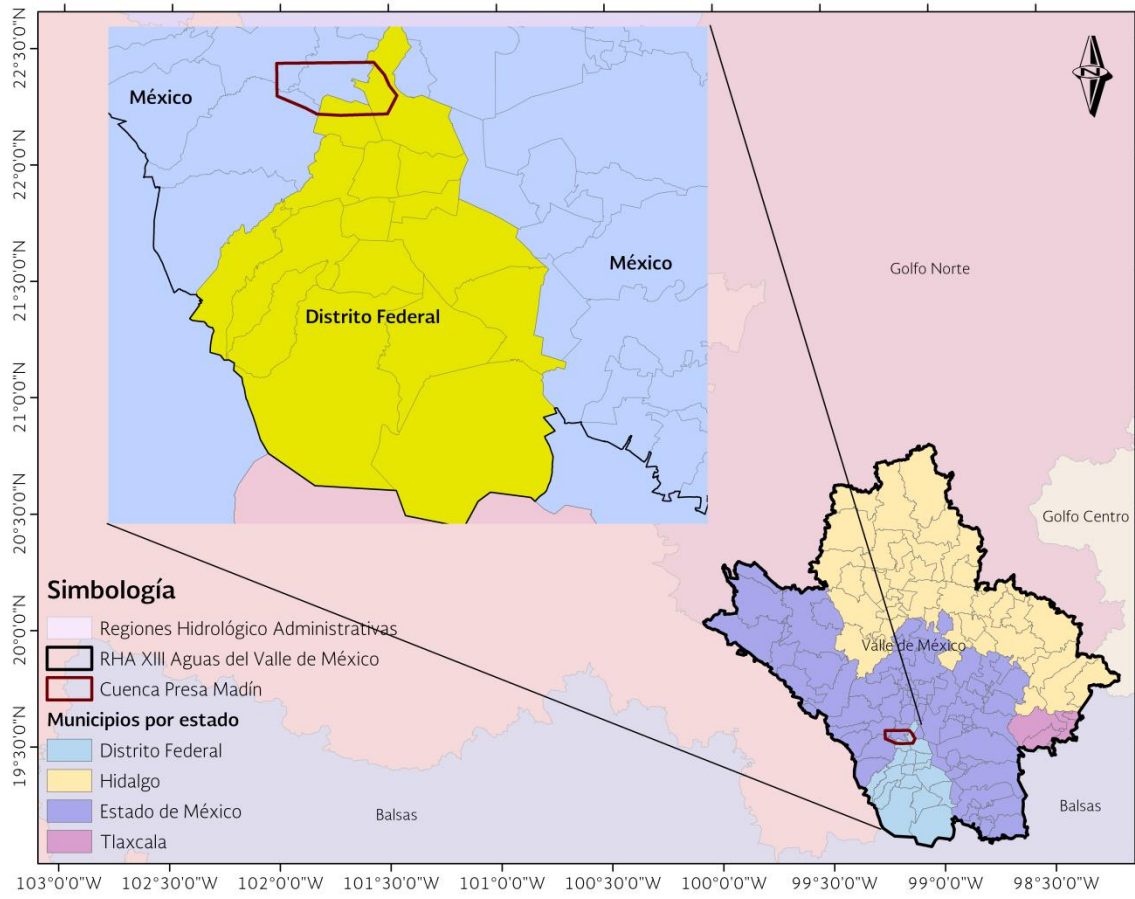
Tiene su origen en los escurrimientos que descienden de la vertiente oriental de la Sierra de Monte Alto. La corriente colectora tiene una dirección inicial Sur-Norte, y aguas abajo cambia al Noreste, cerca del poblado de San Luis Ayuca. En su recorrido recibe por ambos márgenes una serie de corrientes, entre las que se destacan los arroyos Alameda, Madín, Córdoba, Chiluca y el río Tepatlaxco, aguas abajo de la confluencia del arroyo Madín, se construyó la presa Madín para control de avenidas. Después de la presa, el río Tlalnepantla escurre por dos cauces: uno rectificado que conduce los excedentes de esta, y otro que sirve de colector de aguas negras a los fraccionamientos Lomas Verdes Bellavista y Fuentes de Satélite. Actualmente, el cauce rectificado descarga al Emisor del Poniente; pero el cauce viejo

continúa hasta Amealco, donde se une al río de los Remedios.¹²

En la zona de estudio se ubica la localidad de Azcapotzalco (sur) en la delegación del mismo nombre en el Distrito Federal y la localidad de Tlalnepantla (norte), delegación Tlalnepantla de Baz dentro del Estado de México. Azcapotzalco tiene una población de 414,711 habitantes con una vulnerabilidad baja y Tlalnepantla 653,410 habitantes mostrando una vulnerabilidad media.

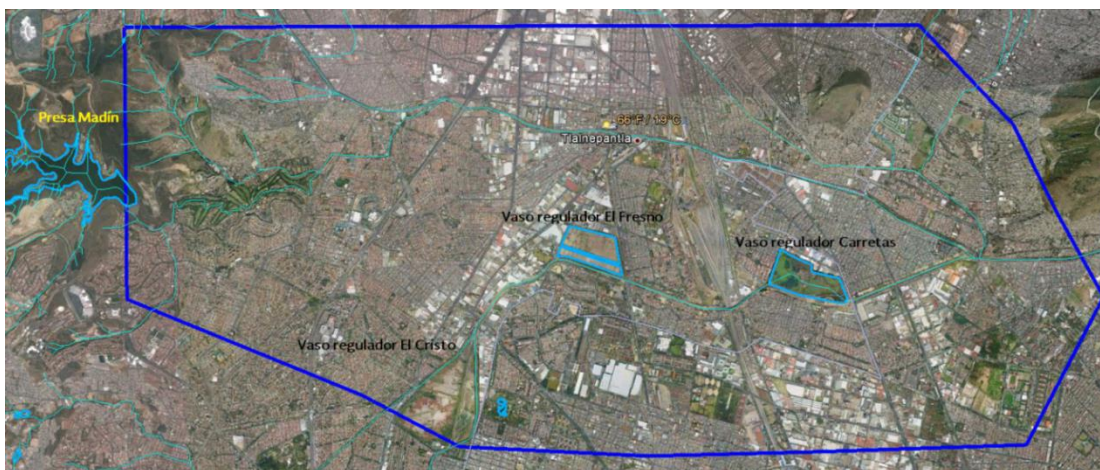
¹² Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, BANDAS, 2002.

Figura 5.3 Ubicación cuenca aguas abajo de la Presa Madín



Fuente: SINA 2012 y zona de estudio Presa Madín del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Figura 5.4 Área de estudio Presa Madín



Fuente: SINA 2012, Google earth y zona de estudio Presa Madín del Instituto de Ingeniería de la UNAM

De acuerdo al Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales en Azcapotzalco no se encontraron asentamientos en riesgo dentro de la zona federal. En el caso contrario en Tlalnepantla en la zona del vaso regulador el Cristo, Carretas y El Fresno se tiene riesgo por inundación por desbordamiento o fractura. Además existe riesgo en la calle Ignacio Comonfort en la colonia Leandro Valle por desborda-

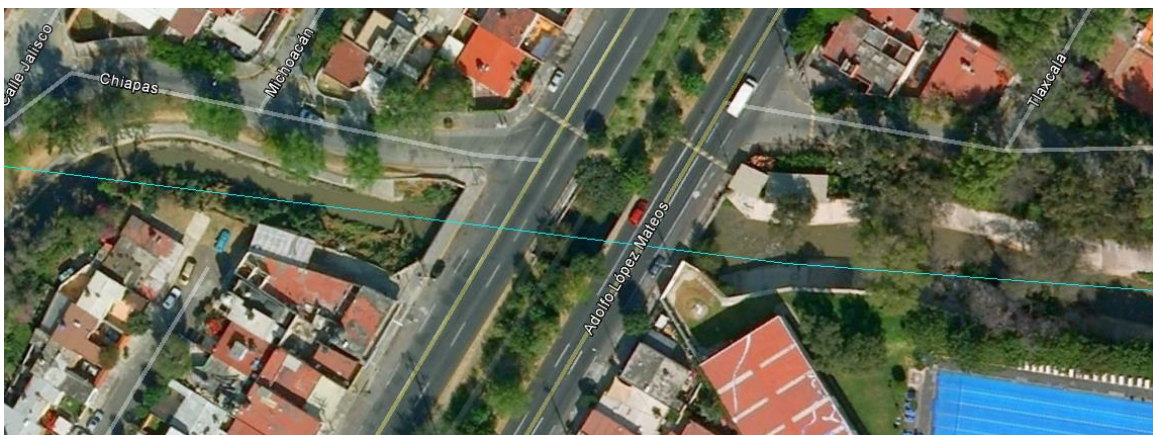
miento de la derivadora San Andrés Atenco (Figura 5.5), en el Fraccionamiento Jacarandas sobre la avenida Adolfo López Mateos el riesgo es por taponamiento del cauce a causa de la vegetación (Figura 5.6) y sobre el Río Tlalnepantla cerca de la avenida central debido a que esta es la parte más baja del cauce y este vierte sobre la margen derecha (Figura 5.7).

Figura 5.5 Zona de riesgo Ignacio Comonfort



Fuente: Google earth y Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales, 2012

Figura 5.6 Zona de riesgo avenida Adolfo López Mateos



Fuente: Google earth y Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales, 2012

Figura 5.7 Zona de riesgo avenida Central



Fuente: Google earth y Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales, 2012

El área de estudio está totalmente urbanizada, va de pendientes suavemente inclinadas

a pendientes planas (Figura 5.8). La precipitación media anual es de 740 mm.

Figura 5.8 Pendientes y uso de suelo

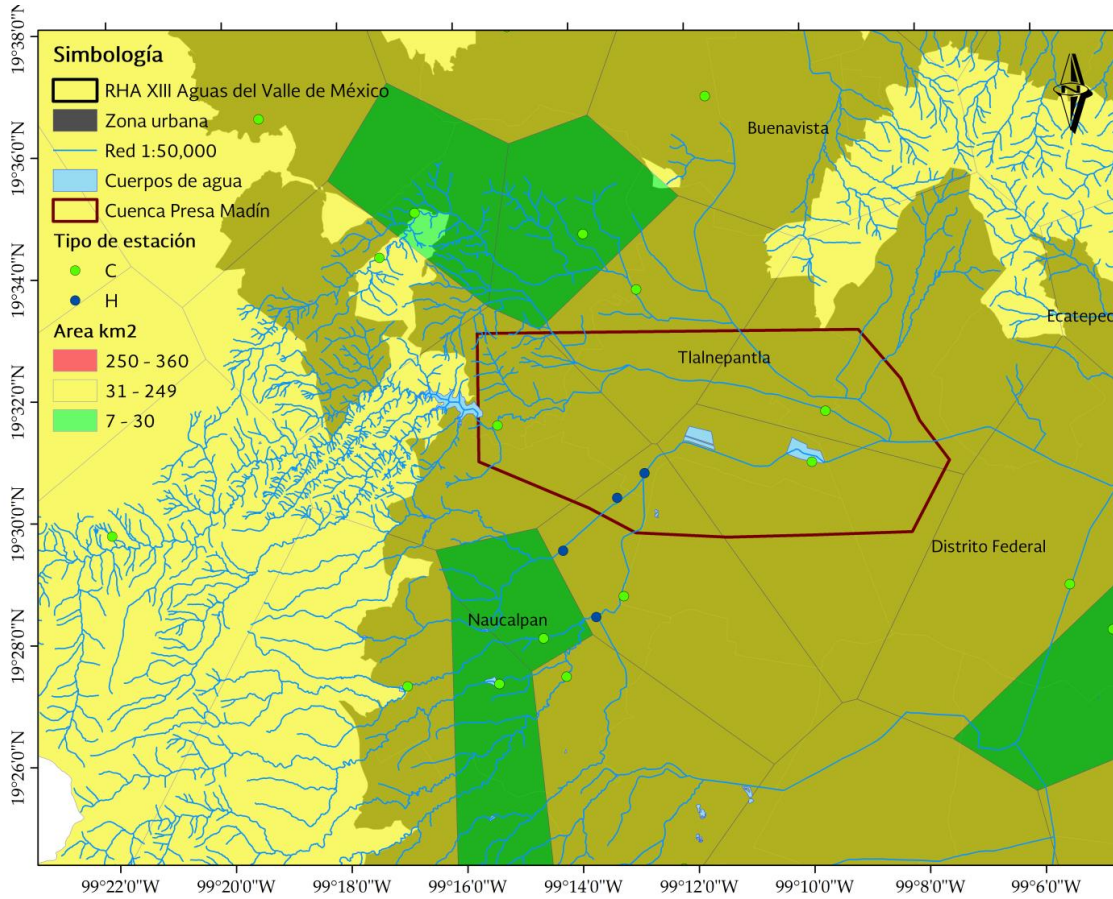


Fuente: SINA 2012, Google earth y zona de estudio Presa Madín del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Se localizan sobre el área de aportación de flujo a la zona de estudio, todas en operación, 13 estaciones climatológicas y una estación hidrométrica ubicada a la salida del Vaso del Cristo (Figura 5.9). De acuerdo a las recomendaciones de la OMM la cobertura de las estaciones climatológicas no son suficientes, sólo una estación (San Bartolo

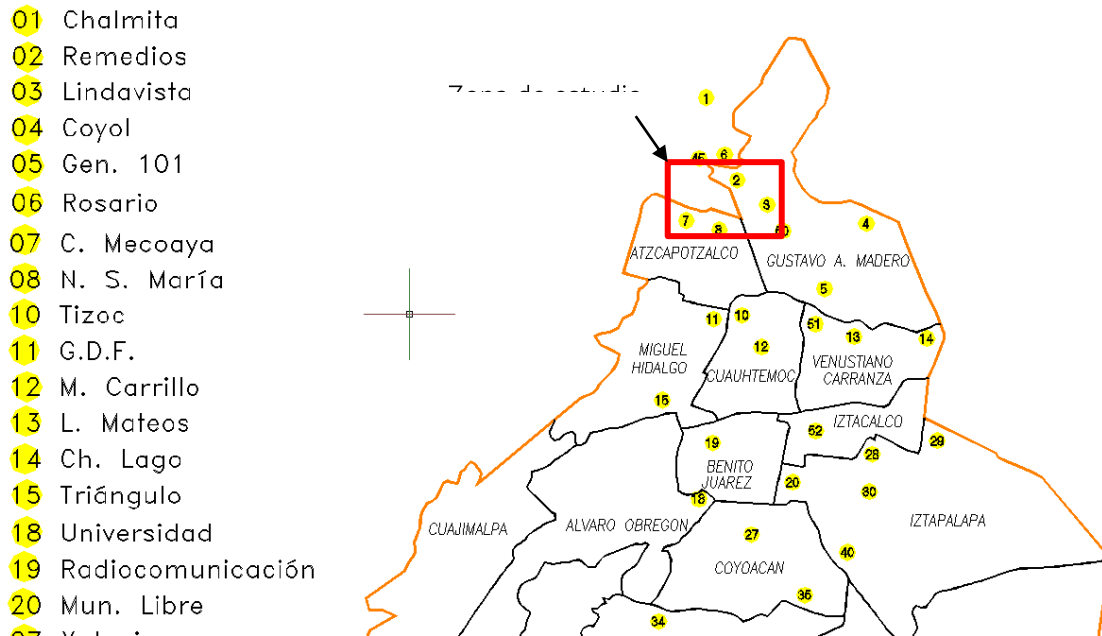
Naucalpan) ubicada sobre el río Totolicas, aguas arriba del Vaso el Cristo cubre un área de 11.46 km². Además, se tienen 5 estaciones pluviográficas en la parte baja de la zona de estudio que influyen en las decisiones tomadas en el protocolo de operación (Figura 5.10).

Figura 5.9 Estaciones hidrométricas y climatológicas



Fuente: Estaciones climatológicas e hidrométricas CONAGUA, GASIR

Figura 5.10 Estaciones pluviográficas



Fuente: Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México

Las afectaciones son una respuesta directa al asentamiento de localidades en zonas de riesgo invadiendo los cauces y llanuras de inundación, cambio en usos del suelo, obstrucciones por infraestructura de servicios y depósito de residuos sólidos.

Se han detectado otras causas que de implementarse o mejorarse pudieran reducir las afectaciones. Tales causas son:

- No se cuenta con buena cobertura de medición climatológica e hidrométrica.
- No se tienen modelos de pronósticos de avenidas y sistema de alerta temprana para la cuenca.
- Falta delimitación y señalamiento de la zona federal.
- Falta de educación en materia de riesgos por inundación.
- Falta de coordinación y unificación interinstitucional.
- No se prevé la cultura de autoprotección en materia de protección civil.

- En las leyes no se prevé la reubicación viviendas sentados en zonas de alto riesgo de inundación.
- Falta de balance entre medidas estructurales y no estructurales.
- Falta vigilancia de aplicación de la Ley de Aguas.
- Falta un área específica que atienda técnicamente el problema integral de los fenómenos extremos
- Insuficiencia de recursos económicos, una buena parte es asignada a la reconstrucción y atención de emergencias.
- Falta incrementar el personal profesional y especializado.

5.4 Evaluación del riesgo de inundación con información disponible de la cuenca piloto

Para la evaluación del riesgo se utilizó la aplicación ANRY que usa las funciones de vulnerabilidad publicadas por Baró-Suarez, relativas a la estimación de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales de México, en dicho artículo se

calcula el valor del daño con base en el costo de cada bien, obteniendo así el valor en pesos de los daños económicos para cada altura de lámina de agua alcanzada provocada por inundaciones.

El resultado de la aplicación ANRY muestra que el daño esperado para la cuenca piloto asciende a 270 millones de pesos (Tabla 5.2 y Figura 5.12), siendo la zona de severidad tipo D la de mayores daños probables (Figura 5.11). La población afectada va desde 34,832 personas para la Precipitación Máxima Probable, viéndose afectadas principalmente las localidades de Ciudad López Mateos y Tlalnepantla.

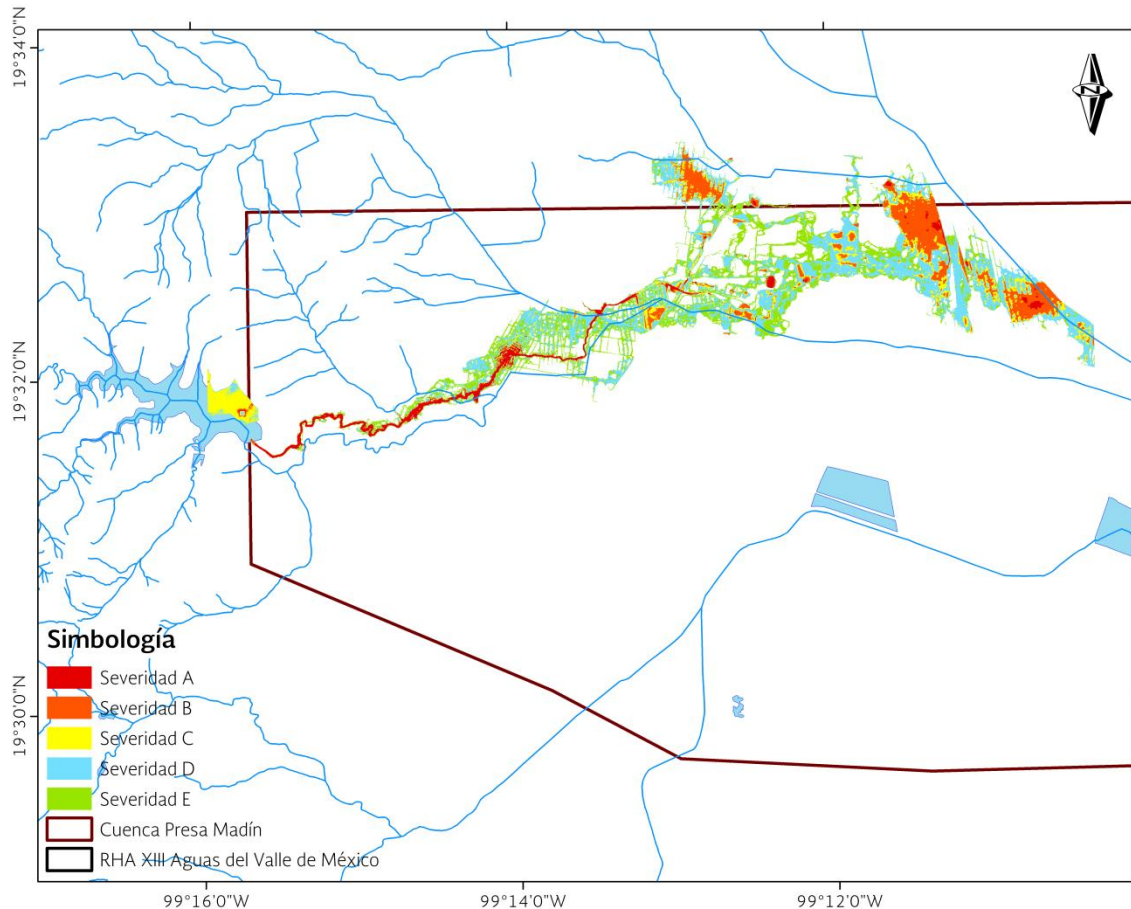
Tabla 5.2 Daño probable por zona de severidad

Zona de severidad	Daño probable (millones de pesos)
Zona completa	\$270.44
A	\$27.68
B	\$55.58
C	\$31.32
D	\$103.55
E	\$38.81

Figura 5.11 Clasificación de la severidad

Severidad	Velocidad (m/s)	Tirante (m)
A	$V > 2$	$Y > 2$
B	$V \leq 2$	$1 < Y \leq 2$
C	$V \leq 2$	$0.8 \leq Y \leq 1$
D	$V \leq 2$	$0.3 \leq Y \leq 0.8$
E	$V \leq 2$	$Y \leq 0.3$

Figura 5.12 Zonas de inundación por tipo de severidad para la PMP



6. Medidas para afrontar las inundaciones

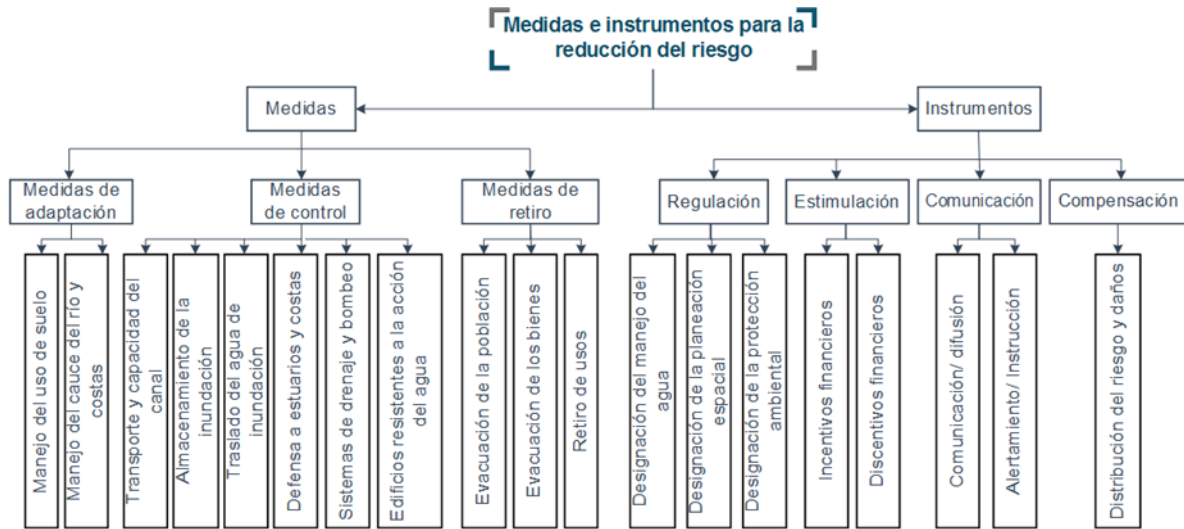
Las medidas para mitigar el riesgo incluyen medidas estructurales y no estructurales. En Schanze J. et al (2008) se define a las medidas estructurales (MS) como intervenciones basadas en obras de ingeniería hidráulica y a las medidas no-estructurales (MNS) al resto de intervenciones.

Es importante señalar, que el nuevo paradigma del manejo de gestión de riesgo de inundación (FRM por sus siglas en inglés) intenta mitigar riesgos no solamente con MS si no también considerando MNS, Meyer et al (2012).

A pesar de que el nuevo concepto es ampliamente promovido en Europa y existen políticas de inundaciones nacionales y regionales, en la práctica aún hay una inclinación fuerte sobre las MS. Un factor importante que genera la subutilización de las MNS es la escasez de técnicas usadas para evaluar, comparar y priorizar las diferentes clases de medidas, Meyer et al (2012).

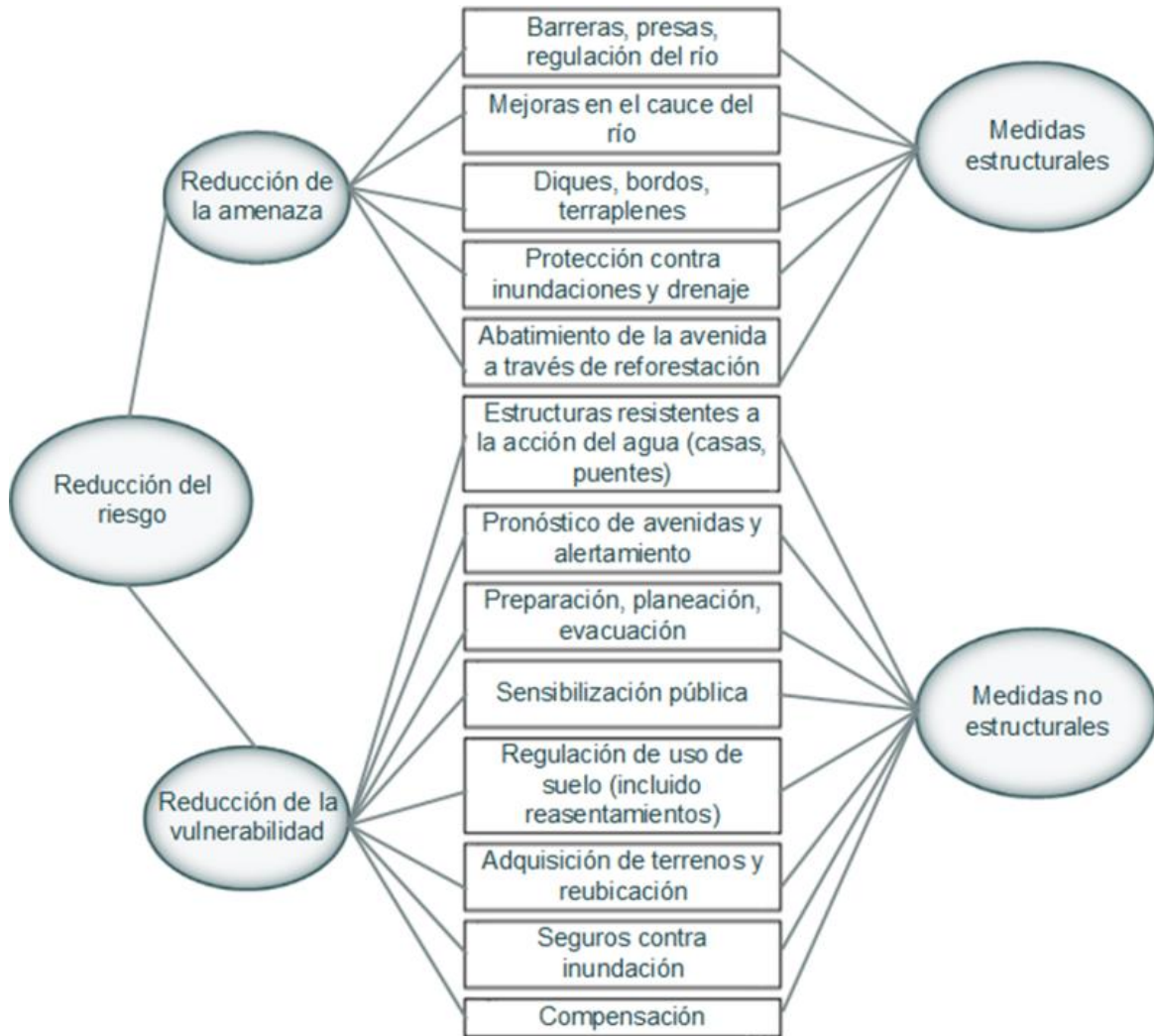
A continuación se presentan dos diagramas de clasificación de medidas (Figura 6.1 y 6.2), en donde se observa, por un lado la diferencia de nombrar a las MNS como instrumentos.

Figura 6.1 Clasificación de medidas e instrumentos de Olfert y Schanze (2007)



Fuente: Tomado de la referencia Schanze J. et al (2008))

Figura 6.2 Clasificación de medidas no estructurales de Parker (2007)



Fuente: Tomado de la referencia Schanze J. et al (2008)

Con base en el resultado de la evaluación del daño para la precipitación máxima probable en la cuenca aguas debajo de la Presa Madín y el diagnóstico determinado en el capítulo 5.3, se proponen medidas no estructurales y no estructurales que permitirán reducir los daños ocasionados por inundaciones.

6.1 Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales engloban todas aquellas acciones que tienen relación con políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, mecanismos de participación pública e información a la población con el fin de reducir el

riesgo existente y los impactos derivados de la inundación así como la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, todo esto al menor costo.

Las MNS cubren todas las intervenciones que no pertenecen a obras estructurales, como se mencionó anteriormente.

En nuestro país se empieza a adoptar y poner en práctica el nuevo enfoque de la gestión del riesgo y que se traduce, entre otras cosas, en proponer MNS y visualizar su efecto en la reducción de daños. Debido a la

poca experiencia que existe en México y el nivel de este Programa (gran visión) como propuesta preliminar se propone la utilización de factores de reducción de daños (FRD) basados en estudios de caso principalmente en Europa (Italia, Alemania, España, Inglaterra, Escocia, Austria) y así poder percibir los beneficios esperados al implementar las medidas.

Las MNS que se van a analizar y a las que se les va a asociar un FRD, son las siguientes:

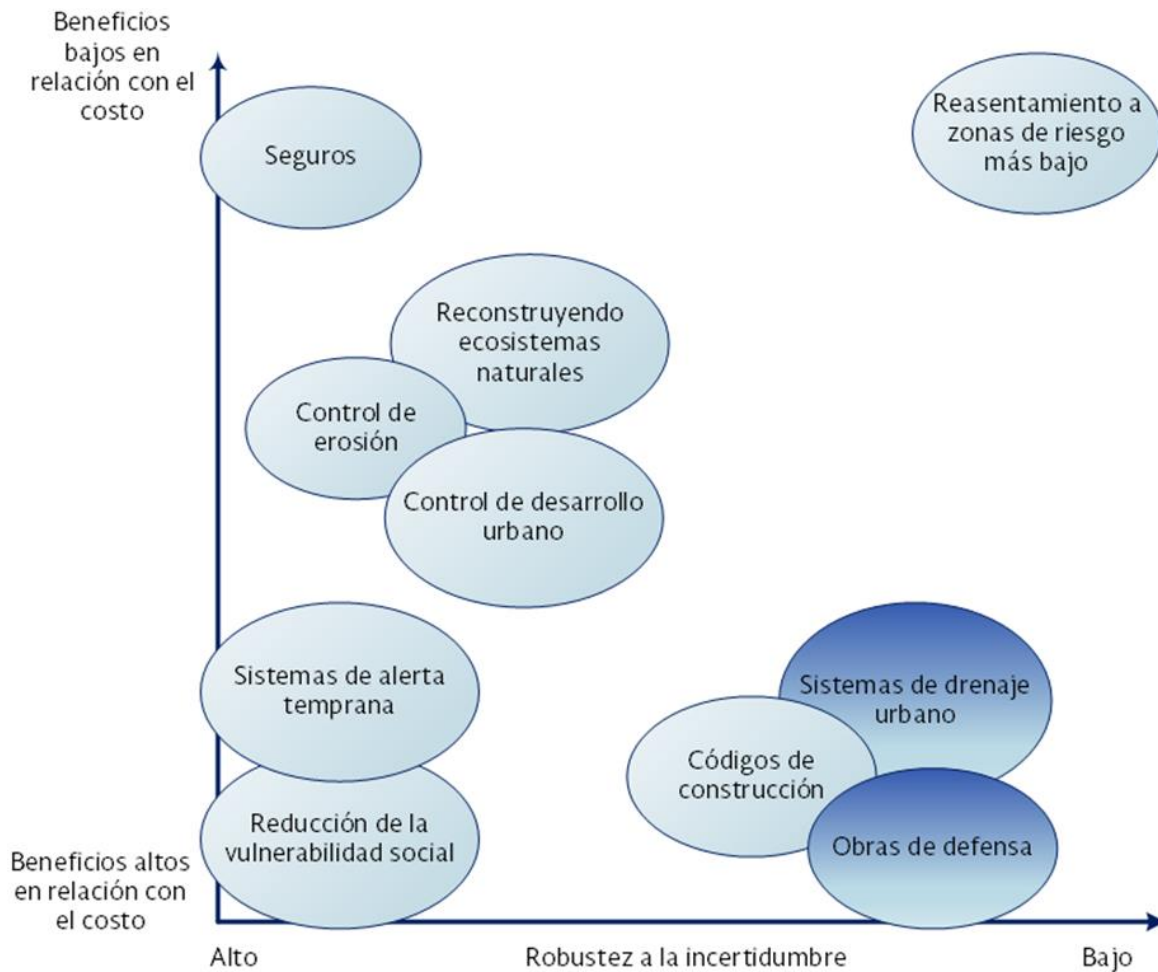
- Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas
- Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana
- Medidas de protección civil (programas o acciones gubernamentales)
- Medidas de ordenación territorial y urbanismo (control del desarrollo urbano)
- Medidas para propiciar la participación social en la formación de una cultura de prevención contra inundaciones
- Promover el aseguramiento frente a inundaciones sobre personas y bienes
- Medidas para mejorar la gestión de crecidas

Debido a que es difícil estimar los beneficios en términos económicos que se obtendrían de una MNS, la decisión de su selección no es fácil. Ante esta situación se muestra una figura que resulta de gran utilidad para orientar la toma de decisiones, misma que fue

tomada en cuenta para proponer el factor de reducción de daños (FRD) mostrados en la tabla siguiente.

La figura muestra la relación costo-beneficio en el eje vertical y se observa que las medidas ubicadas en la parte baja de la figura tienen los beneficios más altos en relación al costo y aquellas en la parte alta tienen los beneficios más bajos (Figura 6.3). La relación costo-beneficio es solamente un factor importante en la toma de decisiones, pero otro factor importante es la robustez de las medidas de adaptación a las incertidumbres acerca del clima futuro, y esto es mostrado en el eje horizontal de la figura. La robustez mide el grado para el cual los beneficios varían considerando un cambio futuro y su unidad de medida es conocida como “remordimiento”, ya que la incertidumbre puede llevar a la indecisión, ésta cuantifica la diferencia en desempeño de una estrategia comparada con el mejor desempeño de la estrategia a lo largo de un rango de posibles escenarios de clima futuro. Por ejemplo, en el lado izquierdo de la figura se encuentran las opciones “sin-remordimiento” (robustez alta) tales como sistemas de alerta, mejoramiento de la educación y atención a la salud las cuales tienen beneficios fuertes para cualquier variación de clima. En el lado derecho están las opciones de “alto-remordimiento” (robustez baja) tales como mantenimiento y modernización de sistemas de drenaje y obras de control, Ranger y Garbet-Sheils (2011).

Figura 6.3 Relación costo-beneficio de opciones de gestión de inundaciones



Fuente: Jha et al (2011)

6.1.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

La cobertura de estaciones climatológicas, de acuerdo a las recomendaciones de la OMM no se cumple con las áreas mínimas. Se propone elaborar un estudio para el diseño de la red de monitoreo climatológico aguas arriba de la presa Madín, así como colocar una estación hidrométrica 5 km aguas abajo.

Además, se propone lo siguiente:

Estaciones convencionales

- Actualizar el inventario de estaciones, incluyendo información de las diversas dependencias.
- La semiautomatización de las mismas, esto con la finalidad que la transmisión de datos se realice vía GPRS (radiofrecuencia a través de celulares, dispositivos móviles, antenas satelitales).
- Realizar un programa de mantenimiento en donde se definan los periodos de revisión de las estaciones, implementando el uso de hojas de control que especifiquen si existe algún problema, la solicitud de la corrección del mismo y el reporte de resultados, esto con el fin de dar seguimiento a las acciones realizadas en todas las estaciones y generar un historial.

- Realizar un programa de asignación del recurso enfocado al monitoreo que tenga relación directa con el programa de mantenimiento.
- Establecer programas de renovación de personal y capacitación continua del mismo para asegurar una continua recolección de información.
- Estaciones hidrométricas
- Implementar un programa de mantenimiento en donde se realicen revisiones periódicas para conocer las deficiencias del mismo, así como la utilización de hojas de control que permitan llevar a cabo un seguimiento en cuanto a la realización de acciones de mejora en cada estación.
- Realizar un programa para la asignación de recursos para la actualización del equipo
- Implementar un programa de capacitación al personal así como la renovación del mismo para asegurar la obtención continua de datos.

6.1.2 Medidas de pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

En la cuenca no se tiene un modelo de pronóstico de avenidas ni sistema de alerta temprana. Es importante que la cuenca cuente con el sistema de alerta para prevenir, en horas e inclusive días, los daños económicos y pérdida de vidas humanas al suscitarse algún evento catastrófico.

Se propone implementar un sistema de alerta temprana como el esquema base (Figura 6.4 y 6.5) de la UNEP (2012).

Figura 6.4 Esquema base para la implementación de un SAT



Fuente: UNEP (2012)