

4. Diagnóstico de las zonas inundables

Las principales causas que originan las inundaciones son: lluvias atípicas en la época de verano, lluvias provocadas por los ciclones, disminución de la capacidad de conducción de los cauces, escaso mantenimiento y/o rehabilitación de la infraestructura para el control de avenidas, deficiente drenaje pluvial, así como operación deficiente de presas durante la época de lluvias.

Los fuertes impactos ocasionados por inundaciones se presentan principalmente en comunidades invadiendo las zonas de inundación, asentadas a los márgenes de los ríos y ubicadas en sitios costeros, así como en áreas productivas, principalmente.

La problemática identificada, la cual se agrupa considerando la responsabilidad tanto del gobierno como de la sociedad que tienen injerencia en el problema, es la siguiente:

Instituciones gubernamentales:

- No existe o no es efectivo el ordenamiento territorial, para preservar las áreas inundables que aún no han sido urbanizadas y para plantear opciones de desalojo en áreas inundables actualmente ocupadas.
- Supervisión y mantenimiento de la infraestructura para el control de avenidas (limpieza y desazolve de cauces, etc.)
- No existe la delimitación física de zonas federales en cauces y cuerpos de agua.
- Zonas de riesgo no delimitadas/demarcadas.
- Falta la publicación en el DOF de las demarcaciones de zonas federales y zonas sujetas a riesgos de inundación.
- No hay vigilancia en las zonas restringidas.
- Falta aplicación estricta de la normatividad vigente relacionada con el ordenamiento territorial, ocupación de zonas federales y áreas de inundación.
- Faltan mecanismos y capacidad para sancionar incumplimiento a las leyes, normas y reglamentos.
- No hay coordinación entre instituciones (federales, estatales y municipales) en

trabajos relacionados con la planeación de desarrollos urbanos y áreas productivas.

- No están claramente definidos los ámbitos de competencia entre instituciones para lograr la gestión integrada de crecidas.
- Falta personal capacitado tanto en áreas de operación como técnicas para la prevención de crecidas.
- Faltan sistemas de alerta temprana en zonas de alto riesgo.
- Falta informar a la población de los riesgos de habitar zonas inundables.
- No hay mecanismos de comunicación entre gobierno y sociedad para alertar a la población de posibles eventos de inundación. Es decir, no existen protocolos de alerta a la población.
- Falta supervisión en la extracción de materiales en los cauces por la sociedad (física o moral).
- Falta proporcionar información de fácil comprensión a los tomadores de decisiones.

Sociedad:

- Falta conocimiento en la sociedad relacionada con el riesgo de habitar zonas inundables.
- Negligencia de la población ante los riesgos que enfrentan por la ocurrencia de avenidas.
- Intervención de cauces (desvío, extracción de materiales, etc.) y cuencas de captación (deforestación) que alteran los patrones de drenaje y consecuentemente los escurrimientos naturales.
- Ignorancia a las leyes y reglamentos.
- Extracción de materiales en forma desordenada provocando alteración en la morfología de los cauces.
- Respuesta deficiente de la población en caso de una contingencia.

Disponer de una red de monitoreo adecuada, obras estructurales operando en buenas condiciones, modelos hidrológicos-hidráulicos, sistemas de alerta temprana, personal capacitado, herramientas o mecanismos para transferir

información a los diferentes actores involucrados en la gestión de crecidas, identificar los ámbitos de injerencia, atribuciones, así como las acciones que llevan a cabo las instituciones frente a las inundaciones, resolvería en gran medida la problemática descrita anteriormente, al proporcionar a los tomadores de decisión información precisa y contundente.

A continuación se presenta y se describe la situación actual que guarda la Región en los términos mencionados anteriormente.

Causas principales que originan inundaciones y los efectos ocasionados

En la Región la presencia de lluvias atípicas se da principalmente en la zona centro, más específicamente en los Estados de Guanajuato, la zona sur de Querétaro, norte de Michoacán, oeste del Estado de México y sur de Zacatecas. Mientras que la zona costera es más propensa a la presencia de ciclones y huracanes que provocan además grandes pérdidas materiales y humanas. Ambos fenómenos, dan lugar a las inundaciones debido a la acumulación excesiva de agua que sobrepasa la capacidad del drenaje, así como la infiltración del terreno. Además, se presentan inundaciones como consecuencia del manejo de presas que se encuentran aguas arriba de las zonas urbanas.

Aunado a lo anterior, la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos que provoca la ocurrencia de inundaciones se agrava considerablemente debido al problema grave y generalizado de la invasión de los cauces de ríos y arroyos, los cuales al ocurrir lluvias torrenciales se convierten en grandes avenidas para el drenaje del agua de las cuencas que desembocan al Océano Pacífico, arrastrando a su paso todo lo que encuentran en su camino, provocando un medio insalubre para la población. Así también se tiene el grave problema de un crecimiento desordenado de las ciudades, las cuales en su mayoría se encuentran asentadas en las descargas de ríos y arroyos, además del taponamiento con basura de los mismos, el azolva-

miento y obstrucción con construcciones, lo que reduce la capacidad hidráulica del cauce.

En la Región las precipitaciones mayores ocurren en los meses de Junio a septiembre, teniendo una media anual de 816 mm, mientras que las zonas con mayor precipitación en la Región corresponden a las regiones del Pacífico con valores superiores a los 1,000 milímetros.

Los principales ríos que incrementan su caudal durante los períodos de lluvia ocasionando inundaciones considerables son el Río Santiago, Río Lerma, Río Laja, Río Juchipila, Río Turbio y Río San Pedro, entre otros.

En la toda la Región LSP se estima una población en riesgo de alrededor de 130,238 habitantes, así como 39,962 casas, Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Población y casas habitaciones en riesgo.

Estado	Población en riesgo	Casas en riesgo
Nayarit	2,297	625
Zacatecas	13,574	10,035
Jalisco	40,909	10,716
Aguascalientes	10,745	2,215
Michoacán	20,600	4,855
Colima	561	2,153
México	10,846	2,258
Querétaro	S/D	S/D
Guanajuato	30,706	7,105
Total	130,238	39,962

Fuente: Elaborada con información del Compendio del OCLSP, CONAGUA (2011).

En la Figura 4.1 se presenta los municipios afectados por recurrentes eventos de inundación, clasificados con base en los Estados ubicados dentro de la Región, y se observa que los estados de Jalisco, Guanajuato y Michoacán presentan mayor ocurrencia de eventos. Por otro lado, en la Figura 4.2, se muestra la ubicación de los municipios con mayor recurrencia de eventos de inundación registrados.

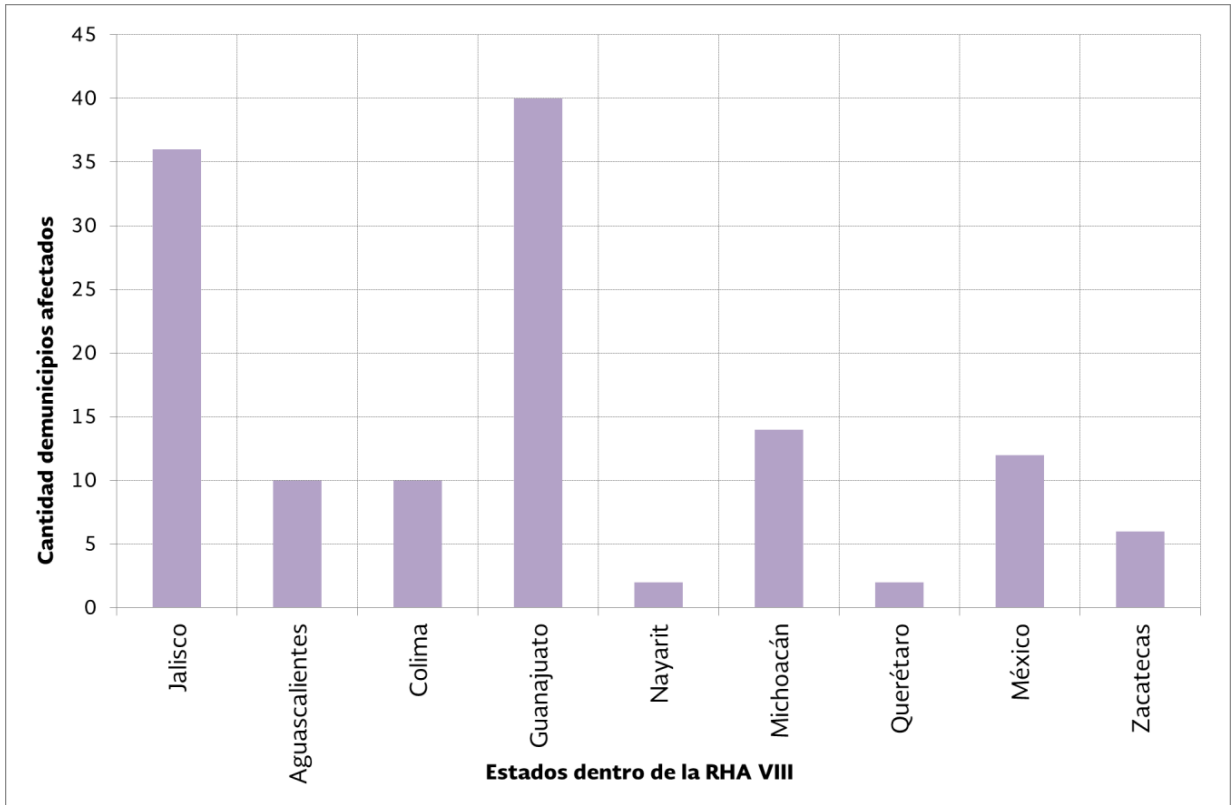


Figura 4.1 Cantidad de municipios con recurrentes eventos de inundaciones en la Región LSP.
Fuente: Elaborada con información del Compendio del OCLSP, CONAGUA (2011).

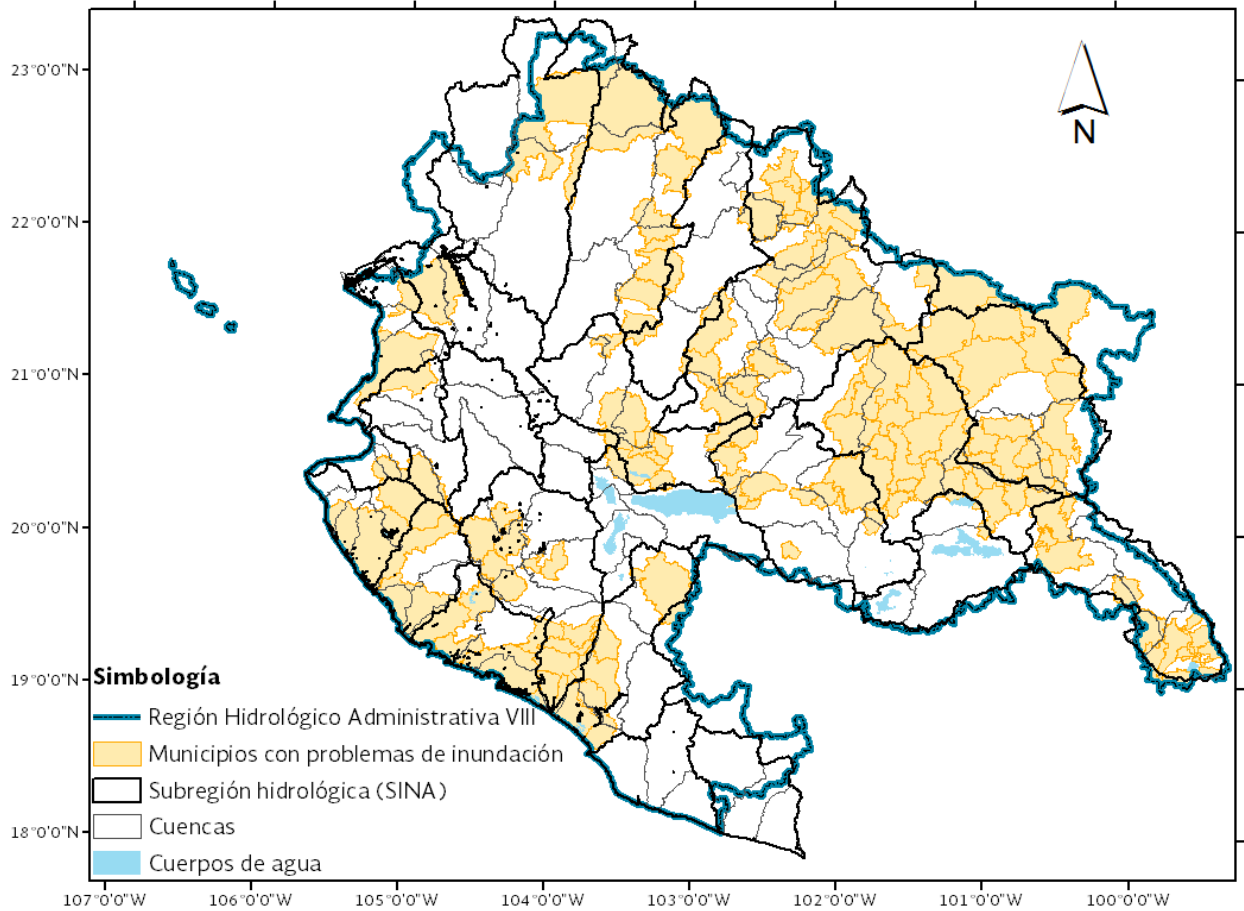


Figura 4.2 Municipios con problemas recurrentes de inundación.

Fuente: Elaborada con información del Compendio del OCLSP, CONAGUA (2011).

Tomando como base la información anterior, en la Figura 4.3 se presentan las cuencas hidrológicas que como consecuencia, presentan problemas de inundación. Sin embargo, por simplicidad en el análisis de las zonas potencialmente inun-

dables, estas cuencas fueron agrupadas en subregiones hidrológicas, identificándose 14 de ellas con problemas recurrentes de inundación, Figura 4.4 y Tabla 4.2.

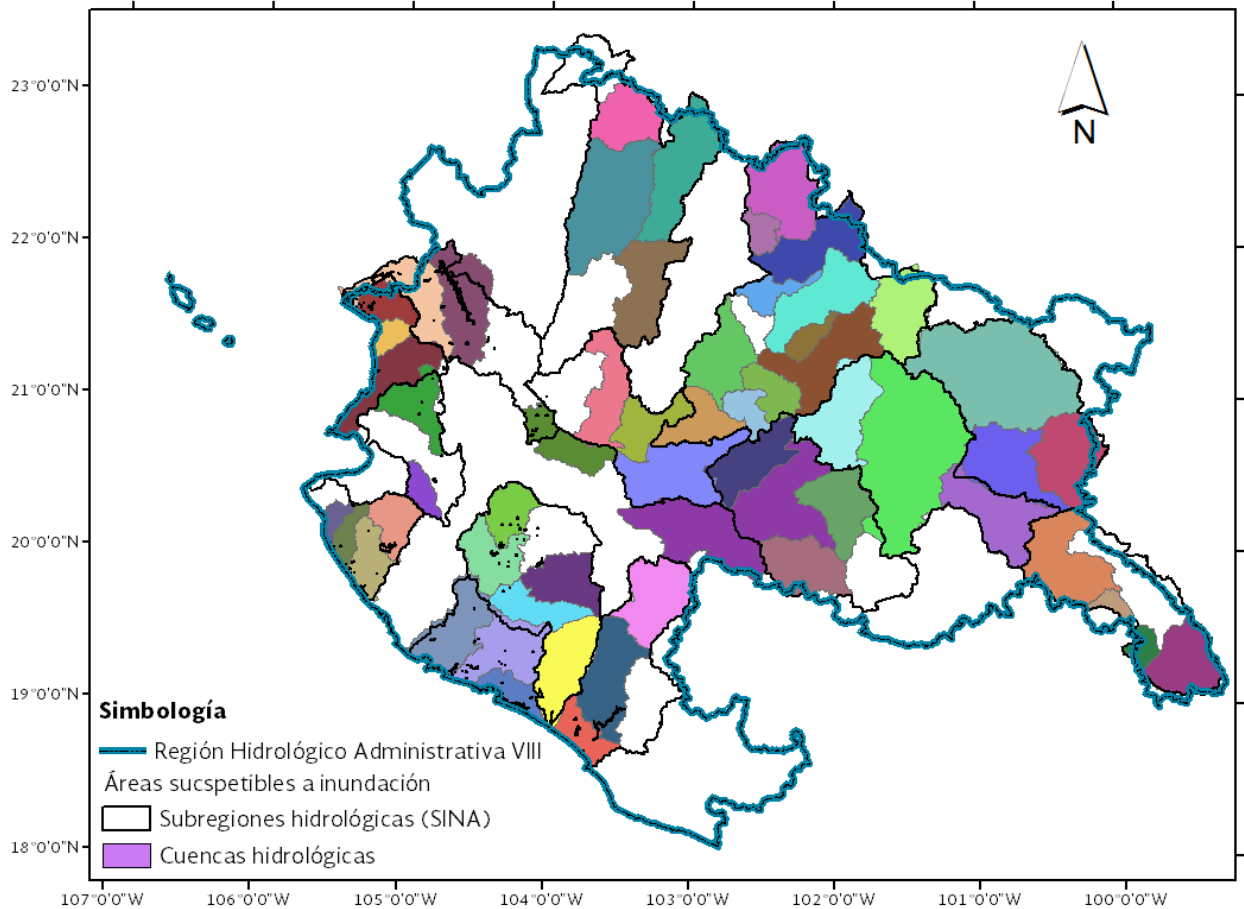


Figura 4.3 Cuencas hidrológicas con problemas recurrentes de inundación.

Fuente: Elaborada con información CONAGUA-GASIR (2013).

Tabla 4.2 Subregiones hidrológicas con problemas recurrentes de inundación.

Subregión hidrológica	Nombre	Cuenca hidrológica
RH12F	R. Santiago-Aguamilpa	Río Santiago 5, Río Santiago 6, Salado
RH13B	R. Huicicila-Santiago	San Blas, Ixtapa, Huicicila
RH12A	R. Lerma -Toluca	Río Lerma 1 y 3, Río La Gavia, Río Jaltepec
RH12B	R. Lerma - Salamanca	Río Turbio, Río Lerma 4 y 5
RH12C	R. Lerma - Chapala	Río Zula, Río Lerma 6 y 7, Río Duero.
RH16A	R. Coahuayana	Quito, Coahuayana 1 y 2
RH12I	R. Verde Grande	Río San Pedro, Presa Calles, Presa El Niágara, Presa Ajoju-car, Río Encarnación, Presa El Cuarenta, Río de Lagos, Río Grande, Río Verde 1 y 2, Río San Miguel, Río del Valle.
RH12K	R. Bolaños	Arroyo Lobatos, Río Bolaños 1, Río tepetongo, Río Tlalte-nango
RH16B	R. Armería	Tacotán, Corcovado, Canoas, el Rosario, Armería
RH15A	R. Chacala - Purificación	Río Purificación, Río Marabasco A y B,
RH12H	R. Laja	Río Laja 1 y 2, Río Querétaro
RH12E	R. Santiago - Guadalajara	Río Santiago 1 y 2, Presa Santa Rosa
RH14C	R. Ameca - Ixtapa	Ameca Ixtapa, Talpa
RH15C	R. Tomatlán - Tecuán	Río Ipala, Río María García, Río Tomatlán A y B

Fuente: Elaborada con información del CONAGUA-SINA (2012) y Compendio del OCLSP, CONAGUA (2011).

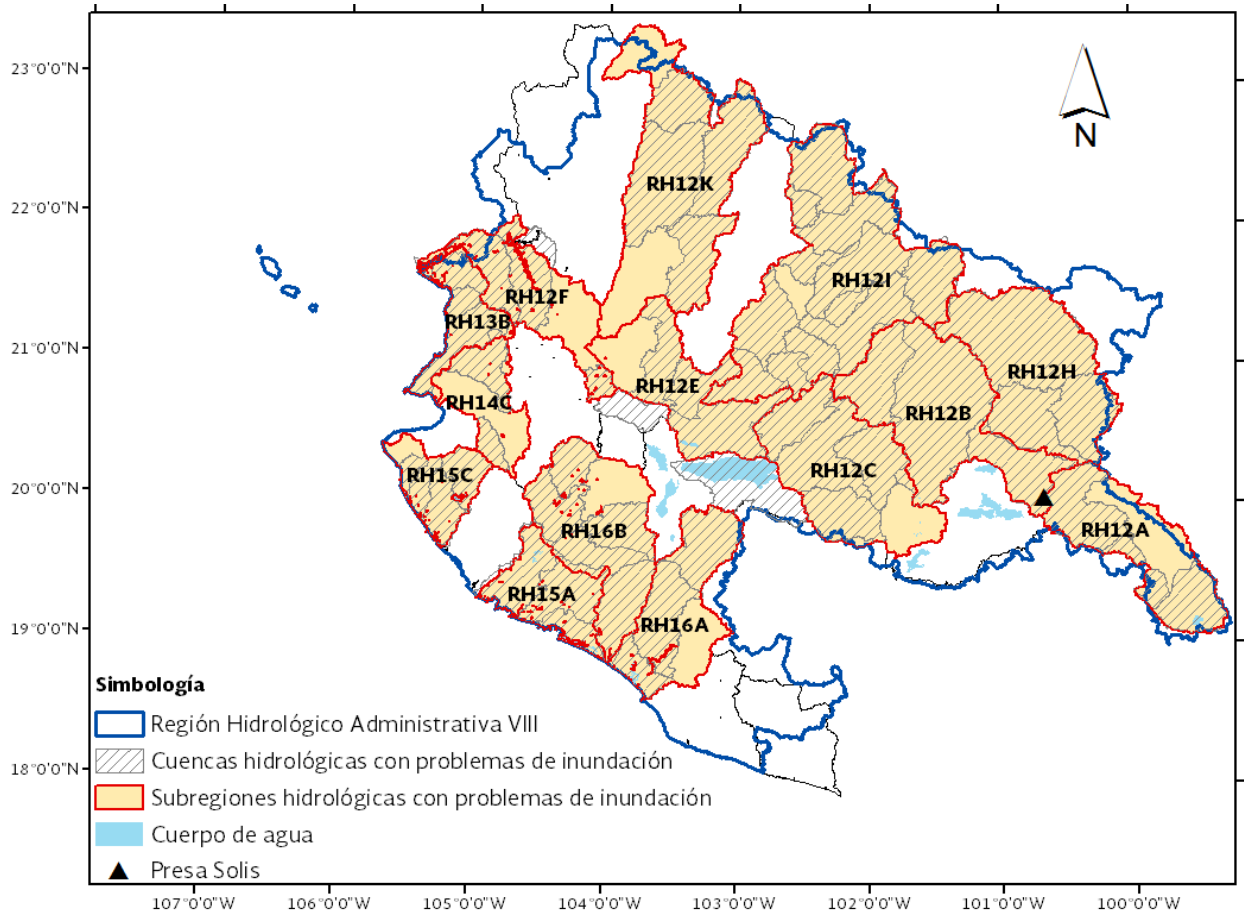
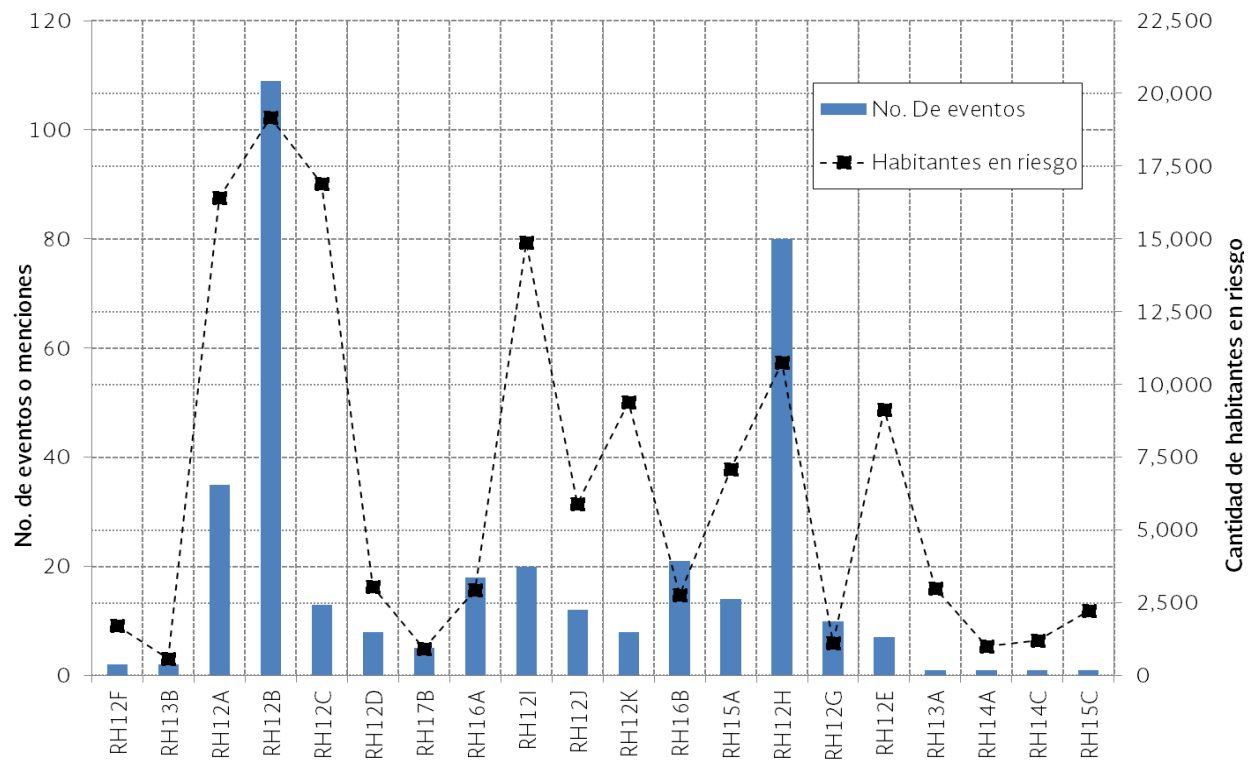


Figura 4.4 Cuencas hidrológicas con problemas recurrentes de inundaciones.

Fuente: Elaborada con información CONAGUA-GASIR (2013) y CONAGUA-SINA (2012).

En la Figura 4.5, se muestra una gráfica de las subregiones hidrológicas que presentan problemas de inundación, junto con la cantidad

de eventos registrados y la cantidad de habitantes en riesgo y en la Tabla 4.3 se muestra un resumen de la información analizada.



Subregiones hidrológicas (SINA) con problemas de inundación

Figura 4.5 Subregiones hidrológicas (SINA) con recurrentes eventos de inundaciones en la Región LSP.
Fuente: Elaborada con información del Compendio del OCLSP, CONAGUA (2011).

Tabla 4.3 Subregiones hidrológicas con recurrentes eventos de inundaciones en la RHA-LSP.

Subregiones	Nayarit		Michoacán		Zacatecas		Colima		Guanajuato		México		Jalisco		Aguascalientes		Querétaro	
	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.	No. Eventos	Daños hab.
RH12F	2	1,720																
RH13B	2	577																
RH12A			2	5,390					18	191	15	10,846						
RH12B			1	555					108	18,633								
RH12C			8	10,255									5	6,642				
RH12D			3	1,585									5	1,483				
RH17B			5	915														
RH16A			4	1,900			13	239					1	800				
RH12I					3	815							6	5,520	11	8,559		
RH12J					8	3,718									4	2,186		
RH12K					7	9,041							1	345				
RH16B							16	215					5	2,568				
RH15A							11	107					3	6,975				
RH12H									74	10,761							6	
RH12G									10	1,121								
RH12E													7	9,152				
RH13A													1	2,997				
RH14A													1	1,000				
RH14C													1	1,200				
RH15C													1	2,227				

Fuente: Elaborada con información del Compendio del OCLSP, CONAGUA, 2011.

4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

Red de monitoreo

En toda la Región opera un total de 1,243 estaciones meteorológicas y 167 hidrométricas. Del total de estaciones meteorológicas 266 pertenecen a otras instituciones y 34 son operadas por el Servicio Meteorológico Nacional, el resto las opera el OCLSP, Tabla 4.4.

Para verificar el límite mínimo de estaciones recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se utilizaron como referencia las superficies de las subregiones hidrológicas obtenidas del SINA de la CONAGUA, Tabla 4.5.

Tabla 4.4 Red de monitoreo en la RHA- LSP.

Meteorológicas								Hidrométricas
CONAGUA OCLSP	INIFAP	SEMARINA	SMN-EMAS	SMN-ESIMES	CEA-GTO	CFE	SACM	
943	216	2	22	12	32	15	1	167

Fuente: CLICOM y Red integrada a nivel nacional de la GASIR (2011).

Tabla 4.5 Red de monitoreo en las subregiones hidrológicas con problemas de inundación.

Subregión hidrológica		Meteorológicas				Hidrométricas
Clave	Nombre	Convencionales ^A	EMAS ^B -SMN	ESIME ^B -SMN	C	
RH12A	R. LermaToluca	84	4	1	12	23
RH12B	R. Lerm -Salamanca	59		1	40	25
RH12C	R. Lerm -Chapala	46	1	1	16	19
RH12E	R. Santiago -Guadalajara	33	2	1	12	9
RH12F	R. Santiago -Aguamilpa	11		1	12	4
RH12H	R. Laja	61	2	1	20	6
RH12I	R. Verde Grande	96	2	1	43	15
RH12K	R. Bolaños	42	1	1	7	10
RH13B	R. Huicicila -Santiago	9		1	12	1
RH14C	R. Ameca-Ixtapa	7			3	5
RH15A	R. Chacala -Purificación	20			5	6
RH15C	R. Tomatlán -Tecuán	4				
RH16A	R. Coahuayana	28	1		17	4
RH16B	R. Armería	33	2	1	13	9
Total		533	15	10	212	136

A Operadas por la CONAGUA regional. B Operadas por la CONAGUA federal. C Otras instituciones (INIFAP, SEMARINA y ESIME-SMN)

La evaluación, se lleva a cabo con el criterio de la OMM que considera el tamaño de la cuenca, el promedio de días con precipitación por año y el volumen escurrido medio anual. Considerando la red operada por la CONAGUA, para la Región Lerma-Santiago-Pacífico indica que de las 14 subregiones hidrológicas con problemas recurrentes de inundación, en tres se requiere incrementar la red y en las 11 restantes se supera la cantidad mínima de estaciones recomendadas.

Por otro lado, analizando de manera espacial la red meteorológica e hidrométrica, en las subregiones R. Santiago–Aguamilpa y R. Bolaños se requiere incrementar la red tanto meteorológica como hidrométrica, mientras que en la subregión R. Tomatlán–Tecuán solo se requiere una estación adicional en la red hidrométrica para cumplir con el requerimiento mínimo, como se muestra en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Evaluación de la red de monitoreo en las cuencas problemáticas¹ de la RHA-LSP.

Cuenca	Subregión hidrológica		Área (km ²)	Adecuada red meteorológica	Adecuada red hidrológica
	Clave	Nombre			
Río Lerma 1	RH12A	R. Lerma-Toluca	8459.58	✓	✓
Río Lerma 3					
Río La Gavia					
Río Jaltepec					
Río Turbio	RH12B	R. Lerma-Salamanca	12708.02	✓	✓
Río Lerma 4					
Río Lerma 5					
Río Zula	RH12C	R. Lerma-Chapala	11517.52	✓	✓
Río Lerma 6					
Río Lerma 7					
Río Duero					
Río Santiago 1	RH12E	R. Santiago -Guadalajara	8180.97	✓	✓
Río Santiago 2					
Río Santa Rosa					
Río Santiago 5	RH12F	R. Santiago -Aguamilpa	6665.86	Faltan quince	Faltan tres
Río Santiago 6					
Río Laja 1	RH12H	R. Laja	12043.25	✓	✓
Río Laja 2					
Río Querétaro					

Cuenca	Subregión hidrológica		Área (km ²)	Adecuada red meteorológica	Adecuada red hidrológica
	Clave	Nombre			
Río San Pedro	RH12I	R. Verde grande	20742.04	✓	✓
Presa Calles					
Presa El Niágara					
Presa Ajojucar					
Río Encarnación					
Presa El Cuarenta					
Río de Lagos					
Río Grande					
Río San Miguel					
Río Verde 1					
Río Verde 2					
Río San Miguel					
Río del Valle					
Arroyo Lobatos	RH12K	R. Bolaños	16422.80	Faltan veintidós	Faltan seis
Río Bolaños 1					
Río Tepetongo					
Río Tlaltenango					
San Blas	RH13B	R. Huicicila - Santiago	3522.12	✓	✓
Ixtapa					
Huicicila					
Ameca Ixtapa A	RH14C	R. Ameca - Ixtapa	4305.41	✓	✓
Talpa					
Río Purificación	RH15A	R. Chacala - Purificación	4830.82	✓	✓
Río Marabasco A					
Río Marabasco B					
Río Ipala	RH15C	R. Tomatlán - Tecuán	3752.47	✓	Falta una
Río María García					
Río Tomatlán A					
Río Tomatlán B					
Quito	RH16A	R. Coahuayana	7848.94	✓	✓
Coahuayana 1					
Coahuayana 2					
Tacotán	RH16B	R. Armería	10006.48	✓	✓
Corcovado					
Canoas					
El Rosario					

1 Recomendación de la OMM en función del área, escurrimiento y número de días de lluvia por año en la cuenca.

Vigilancia de variables hidrometeorológicas

En la Región se monitorea de manera permanente la presencia de eventos hidrometeorológicos con base en la información nacional emitida por el Servicio Meteorológico Nacional. A partir de ella el OCLSP elabora diariamente un boletín climatológico que

presenta la situación actual del evento (ubicación, desplazamiento, viento y presión) así como el pronóstico de las próximas 72 horas y algunas recomendaciones, Tabla 4.7. Dichos boletines son enviados a diferentes instituciones como Protección Civil, municipios, universidades y empresas privadas, entre otras.

Tabla 4.7 Vigilancia de variables hidrometeorológicas.

Organismo de cuenca	Descripción	Acciones locales
Lerma-Santiago-Pacífico	<p>Monitoreo: Cada Estado monitorea la precipitación en estaciones meteorológicas representativas, y algunos cuentan con políticas de operación de algunas presas (Por ej. el Estado de Jalisco, Colima y Guanajuato).</p> <p>Plataforma: Hoja en Excel con registros diarios y procesamiento de información.</p>	<p>Umbrales de precipitación: Cada Estado maneja sus propios valores.</p> <p>Umbrales de niveles en las presas: se considera el nivel y capacidad al NAME.</p> <p>Acciones: Emiten Boletines a Protección Civil Estatal.</p>

4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

La existencia de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y modelos de pronóstico de avenidas se resume en la Tabla 4.8.

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

1. Revisar y preparar actividades requeridas para la temporada de lluvias en el año en curso (SMN).
2. Validar y/o actualizar el Protocolo de Tiempo Severo (GASIR, CONAGUA, GPIAE).
3. Coordinar las actividades requeridas para implantar y supervisar el protocolo establecido (Centro Nacional de Previsión del Tiempo).

Tabla 4.8 Situación actual del uso de modelos de pronóstico y SAT.

Organismo de cuenca	Modelos de pronóstico de avenidas	Sistemas de Alerta Temprana
Lerma-Santiago-Pacífico	No se dispone de modelos.	<p>No se dispone de un SAT que considere de manera integral los tres componentes fundamentales: Monitoreo y predicción, Comunicación de alertas y Respuesta.</p> <p>En la Región solo existe una red de monitoreo de variables, a partir de estaciones convencionales, aún es limitada la red automática.</p> <p>En el Estado de Colima hay un RADAR meteorológico fuera de operación desde hace cuatro años.</p>

4. Analizar los modelos matemáticos MM5, WRF, GFS, NAM, generando datos sinópticos (cada 3 h), imágenes de Radar Ecos (cada 10 min) y precipitaciones (06:00, 10:00 y 20:00 h) (SMN, GASIR).
5. Realizar un análisis (diagnóstico) de la atmósfera en ese instante (SMN, GASIR).
6. Formular un pronóstico Meteorológico (GASIR, CONAGUA, SMN).
7. Identificar si el pronóstico está por encima de los umbrales que causa daño al país (SMN, GASIR).
8. Si se cumple lo anterior, se activa la FASE UNO y se elabora un boletín especial o extraordinario (SMN, GASIR). En caso de no ser así, se regresa al paso 4.
9. Se analiza la información emitida dando seguimiento al evento severo en las próximas horas, determinando la operación normal del CNPT (Centro Nacional de Previsión del Tiempo) o en su caso se activa la FASE DOS (CNPT).
10. Se Activa la FASE DOS, de no ser así se regresa al paso 4 (CNPT).
11. Se coordina la emisión del aviso de FASE DOS por el sistema de INTRANET del SMN.
12. El SMN aplica en sus diferentes áreas los planes de contingencia para FASE DOS (CONAGUA).
13. Se elabora el texto para el comunicado oficial en apoyo a los documentos oficiales que debe elaborar la institución, y se envía a la subgerencia de Comunicación y Desarrollo Institucional del SMN (CNPT).
14. Elaboración de los oficios y comunicados oficiales (CONAGUA, OC y DL).
15. Coordinación de la logística de prensa y comunicación oficial durante todo el tiempo que dure el evento (CONAGUA).
16. Se revisa si después de 24 hrs continúan las condiciones de tiempo significativo/severo para seguir aplicando los planes de contingencia de FASE DOS. Si se sigue aplicando la FASE DOS se regresa al paso 12, en caso contrario se continúa en este orden (CNPT).
17. En base al análisis se determina si se activa FASE UNO (paso tres) o si se regresa a la Operación Normal (paso 4) (CNPT).
18. Se integran las estadísticas de los eventos severos en México durante el año en curso (CNPT).
19. Se elabora y emite el pronóstico hidrológico (SMN, GASIR, OC y DL).
20. Se activa la vigilancia hidrológica (SMN, GASIR, CONAGUA, OC y DL)
21. Se detecta un registro o tendencia de la evolución de los ríos en la Región que pudiera superar el umbral de elevación de la superficie libre del agua que causa inundaciones y/o daños. O en su defecto que el llenado de una presa alcance el 90% o se encuentre a un metro del nivel en el cual se debe iniciar la operación de la obra de excedencias (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
22. Se supera el UMBRAL de desbordamiento o se inicia la operación de la obra de excedencias conforme a política autorizada o a las decisiones que se resuelvan en el seno del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOOH) (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).
23. Se realiza pronóstico hidrológico para el caso, estimando la duración de la inundación y los niveles que se podrán alcanzar en el río, embalse o zona inundable de que se trate, informando a los tomadores de decisiones y al sistema Nacional de Protección Civil (SMN, GASIR, OC y DL).
24. Se informa el comportamiento de la inundación y/o operación de la presa y registro de afectaciones (SMN, GASIR, CONAGUA, GPIAE, Municipios, OC y DL).

4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales

En la Región las principales acciones para controlar las inundaciones son de tipo estructural. En la Figura 4.6 se observa que todas las subregiones hidrológicas con pro-

blemas de inundaciones tienen por lo menos una obra de control, principalmente bordos y encauzamientos que protegen principalmente zonas urbanas. Es importante señalar, que en general, las obras de protección carecen de programas de mantenimiento y rehabilitación lo que limita su buen funcionamiento durante las avenidas.

En el Anexo E se presentan las tablas correspondientes al total de obras de protección contra inundaciones construidas en cada uno de los Estados que conforman la Región.

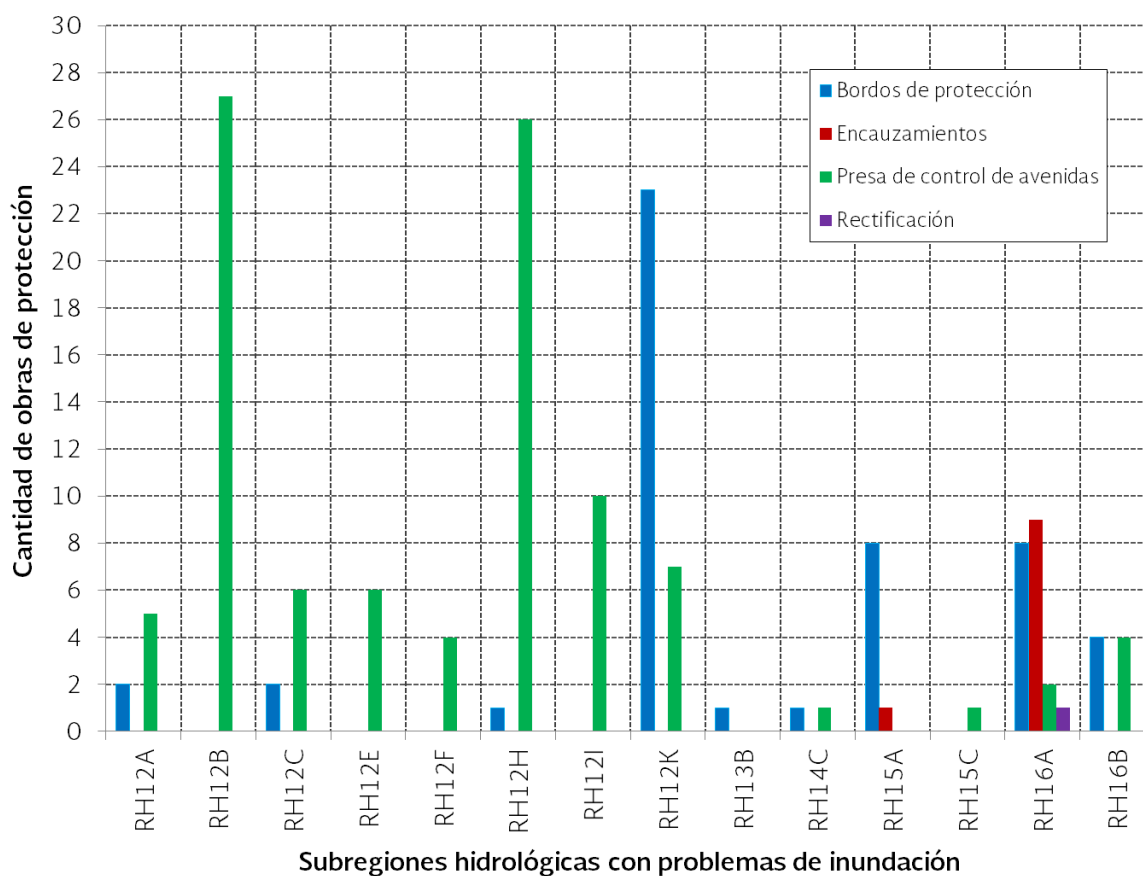


Figura 4.6 Obras para el control de inundaciones en la Región Hidrológico Administrativa Lerma-Santiago-Pacífico.

Fuente: CONAGUA (2008) y CONAGUA (2011).

4.4 Identificación de actores sociales involucrados en la gestión de crecidas

Tabla 4.9 Actores sociales e instituciones involucrados en la gestión de crecidas

Actores sociales/Instituciones	Subregión hidrológica		
	Lerma-Chapala	Santiago	Pacífico
Actores sociales involucrados en la gestión de crecidas	Consejo de Cuenca Lerma-Chapala Comisiones de Cuenca Asociación de usuarios de riego	Consejo de Cuenca Río Santiago Comisiones de Cuenca Asociación de usuarios de riego	Consejo de Cuenca Costa Pacífico-Centro Comisiones de Cuenca Asociación de usuarios de riego
Instituciones involucradas en la gestión de crecidas	SEMARNAT SG SCT CONAGUA-OCLSP Gobierno del Estado de México Gobierno del Estado de Guanajuato Gobierno del Estado de Michoacán Gobierno del Estado de Querétaro Protección Civil (Edo. Mex, Gto, Mich, Qro) CONAGUA Estatal (Edo. Mex, Gto, Mich, Qro) 30 Municipios de Edo. Mex 44 Municipios de Gto. 68 Municipios de Mich. 4 Municipios de Qro.	SEMARNAT SG SCT CONAGUA-OC LSP Gobierno del Estado Aguascalientes Gobierno del Estado de Nayarit Gobierno del Estado de Zacatecas Gobierno del Estado de Jalisco Protección Civil (Ags, Nay, Zac, Jal) CONAGUA Estatal (Ags, Nay, Zac, Jal) 11 Municipios de Ags. 5 Municipios de Nay. 30 Municipios de Zac. 2 Municipios de Gto. 55 Municipios de Jal.	SEMARNAT SG SCT CONAGUA-OCLSP Gobierno del Estado de Colima Gobierno del Estado de Nayarit Protección Civil (Col, Nay) CONAGUA Estatal (Jal, Col, Nay) 47 Municipios de Jalisco 10 Municipios de Colima 8 Municipios de Nayarit

4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

La vulnerabilidad se puede agrupar en física, socioeconómica, territorial e institucional. La socioeconómica considera, las condiciones sociales y económicas caracterizadas por la pobreza, la falta de acceso a la educación, un bajo conocimiento sobre los peligros que les podrían afectar, baja capacidad de reducir los riesgos, y baja o nula capacidad para resistir, protegerse a sí mismos y a sus medios de vida del impacto de los peligros, y para recuperarse luego de los impactos.

Para conocer, la vulnerabilidad de la Región ante las inundaciones se determina, de manera preliminar, un índice de vulnerabilidad socioeconómica por municipio y se sobrepone al índice de peligro municipal que CENAPRED (IP_Cenapred) presenta en el Atlas Nacional de Riesgos.

El cálculo del índice de vulnerabilidad se basa en la conceptualización de Saavedra (2010), que presenta las variables que se deben considerar para asignar niveles de la vulnerabilidad de la población que reside en las áreas susceptibles de inundaciones y en las áreas con inestabilidad de laderas en las cuencas hidrológicas, mostradas en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Variables consideradas para construir el índice de vulnerabilidad.

Dimensión	Indicador	Parámetro (variable)	Escala	Enfoque
Económica	Ingresos	Ingreso per cápita: población que recibe hasta un salario mínimo; y población que recibe de 1 a 3 salarios mínimos mensuales.	Localidad	Fragilidad
Social	Composición socio-demográfica	Cantidad de población expuesta.	Localidad	Exposición
		Dependencia infancia y vejez (población menor de 6 años y mayor a 70 años).	Localidad	Exposición Resiliencia
	Nivel de escolaridad	Nivel de escolaridad: población sin primaria y población analfabeta	Localidad	Fragilidad Resiliencia
	Acceso a salud	Población derechohabiente.	Localidad	Resiliencia
Conectividad	Comunicaciones	Medios existentes en la vivienda: Televisión, radio, teléfono.	Localidad	Resiliencia
Físicas	Condiciones materiales de la vivienda	Materiales predominantes en la vivienda: piso, muros.	Localidad	Exposición
		Conexión a servicios públicos: agua, drenaje.	Localidad	Exposición

Fuente: Saavedra (2010).

Seleccionando la información del ITER (2010) del INEGI que representa variables similares a las presentadas en la tabla anterior, se determina un índice de vulnerabilidad (I_{VUL}) que resulta de sumar el índice de cada una de las variables consideradas, de la siguiente manera:

$$I_{VUL} = \frac{I_{POBTOT}_i}{9} + \frac{I_{PEI}_i}{9} + \frac{I_{VPH_S_SERV}_i}{9} + \frac{I_{VPH_PISOTI}_i}{9} + \frac{I_{P_0A4_60YMA}_i}{9} + \frac{I_{GRAPRONOES}_i}{9} + \frac{I_{PSINDER}_i}{9} + \frac{I_{VPH_SINBIEN}_i}{9} + \frac{I_{PCON_LIM}_i}{9}$$

Nota: El índice de cada variable se divide entre nueve por ser este el número de variables consideradas y para asignarles el mismo peso a cada una. Los índices oscilan en un rango de 0 a 1. En el Anexo F se describe ampliamente la metodología aplicada.

Las variables utilizadas en la estimación del índice de vulnerabilidad en la Región se muestran en la Tabla 4.11.

Los resultados del I_{VUL} se agrupan en tres categorías: Baja (< 0.3), Media (0.3-0.4) y Alta (> 0.4), Figura 4.7.

Analizando ambos resultados (I_{VUL} e $IP_{Cenapred}$) se observa que la cuenca Río Cachan-Coal (R17b) presenta una vulnerabilidad y un índice de peligro alto. En la subregión Lerma se aprecian dos cuencas hidrológicas (Lerma-Toluca y Lerma-Salamanca) con alto índice de peligro pero con una capacidad de resiliencia alta, debido a que la vulnerabilidad social es relativamente baja. En la subregión Santiago, la cuenca Santiago-Guadalajara presenta índice de peligro alto con capacidad de resiliencia alta, las cuencas Santiago-Aguamilpa y Río Huaynamota presentan valores medios tanto de índice de peligro como de vulnerabilidad. En la subregión Pacífico la cuenca Huicicila-Santiago presenta alto peligro con una vulnerabilidad socioeconómica media

La vulnerabilidad mostrada anteriormente coincide con las zonas de alto riesgo que la CONAGUA tiene identificada en las diferentes áreas de la Región.

Tabla 4.11 Variables utilizadas en la estimación del índice de vulnerabilidad en la Región.

Variable		Estimación
Clave	Nombre	
I_POBTOT	Población total	$I_{POBTOT}_i = \frac{POBTOT_i - POBTOT_{\min}}{POBTOT_{\max} - POBTOT_{\min}}$ POBTOT: Población total (Este dato en la fuente original representa a la población expuesta a las inundaciones).
I_PEI	Población económicamente inactiva	$I_{PEI}_i = 1 - \frac{PEA_i}{POBTOT_i}$ PEA: Población Económicamente Activa
I_VPH_S_SERV	Viviendas particulares habitadas que no tienen luz eléctrica, agua entubada dentro o fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, así como drenaje.	$I_{VPH_S_SERV}_i = 1 - \frac{VPH_C_SERV_i}{VPH_i}$ VPH_C_SERV: Viviendas particulares habitadas que tienen luz eléctrica, agua entubada dentro o fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, así como drenaje. VPH: Viviendas particulares habitadas.
I_VPH_PISOTI	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra.	$I_{VPH_PISOTI}_i = \frac{VPH_PISOTI_i}{VPH_i}$
I_P_OA4_60YMAS	Población menor a 5 años y mayor a 60 años.	$I_{P_OA4_60YMAS}_i = \frac{P_OA4_60YMAS_i}{POBTOT_i}$
I_GRAPRONOES	Grado promedio de no escolaridad en un rango de 0 a 1.	$I_{GRAPRONOES}_i = 1 - \frac{GRAPROES_i - GRAPROES_{\min}}{GRAPROES_{\max} - GRAPROES_{\min}}$ GRAPROES: Grado promedio de escolaridad. Resultado de dividir el monto de grados escolares aprobados por las personas de 15 a 130 años de edad entre las personas del mismo grupo de edad.
I_PSINDER	Población sin derecho a servicios de salud.	$I_{PSINDER}_i = \frac{PSINDER_i}{POBTOT_i}$
I_VPH_SINBIEN	Viviendas particulares habitadas que no disponen de radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet.	$I_{VPH_SINBIEN}_i = \frac{VPH_SINBIEN_i}{VPH_i}$
I_VPH_PCON_LIM	Personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana.	$I_{PCON_LIM}_i = \frac{PCON_LIM_i}{POBTOT_i}$

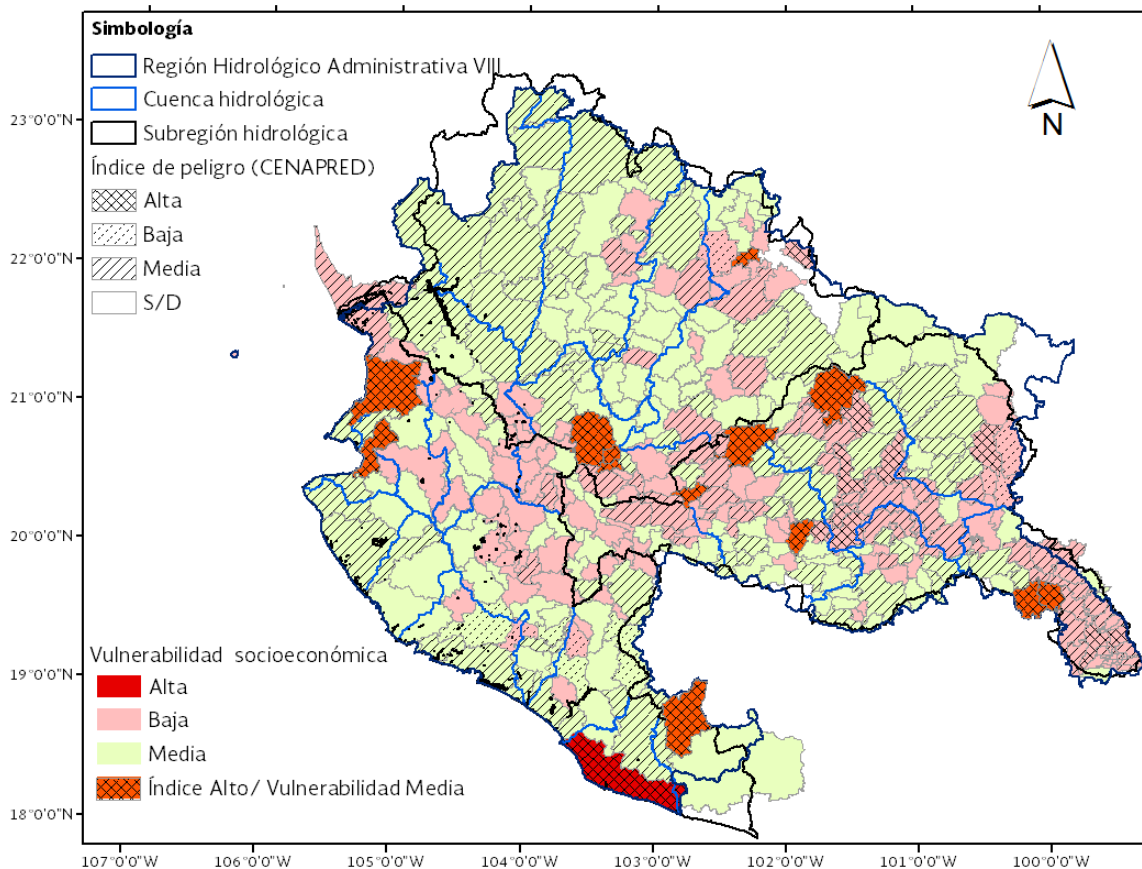


Figura 4.7 Índice de peligro y vulnerabilidad socioeconómica

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

Uno de los componentes de la Gestión Integrada de Crecientes es garantizar la participación de todos los actores involucrados en la gestión, para lo cual se sugiere definir las fronteras geográficas y límites funcionales de todas las instituciones involucradas, así

como promover la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales y administrativas.

En la Tabla 4.12 se presenta una matriz de funciones que se sugiere debe asumir cada institución para garantizar la eficiencia y eficacia de actividades y recursos económicos.

Tabla 4.12 Matriz de coordinación entre instituciones

Funciones / Dependencias	Alertamiento	Comunicación social de la emergencia	Coordinación de la emergencia	Planes de emergencia	Evacuación, búsqueda y rescate	Seguridad Pública	Asistencia social y albergues	Servicios estratégicos, equipamiento y hienes	Salud Pública	Suministro de provisiones	Vigilancia de obras hidráulicas	Evaluación de daños
SECRETARIA DE GOBERNACIÓN	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE
COORD. GRAL. DE COMUNICACIÓN SOCIAL		R	Cr	Cr								
SEMARNAT	Cr		Cr	Cr				CT			Cr	
SEDENA	Cr		Cr	Cr	R	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr		Cr
SEMAR	Cr		Cr	Cr	R	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr		Cr
SAGARPA			Cr	Cr	Cr			Cr				Cr
SCT	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr			Cr		Cr		Cr
CAPITANIAS DE PUERTO	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr							
SEP				Cr			Cr					Cr
SEDESOL			Cr	Cr	Cr		Cr	CT		Cr		Cr
SSA			Cr	Cr			Cr	Cr	CT	Cr		Cr
SE			Cr	Cr				Cr		Cr		Cr
SECTUR				Cr	Cr		Cr					Cr
IMSS				Cr			Cr		Cr	Cr		Cr
ISSSTE				Cr			Cr		Cr	Cr		Cr
CILA	Cr			Cr								
DICONSA				Cr				Cr		Cr		
SEDESOL ESTATAL			Cr	Cr	Cr		Cr	R		Cr		Cr
SECRETARIA DE FINANZAS			Cr	Cr						Cr		Cr
SECRETARIA DE ADMINISTRACIÓN			Cr	Cr						R		Cr
SECRETARIA DE DESARROLLO RURAL			Cr	Cr	Cr			Cr				Cr
SECRETARIA DE SALUD			Cr	Cr				Cr	R			Cr

Funciones Dependencias	Alertamiento	Comunicación social de la emergencia	Coordinación de la emergencia	Planes de emergencia	Evacuación, búsqueda y rescate	Seguridad Pública	Asistencia social y albergues	Servicios estratégicos, equipamiento y hienas	Salud Pública	Suministro de provisiones	Vigilancia de obras hidráulicas	Evaluación de daños
SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA			Cr	Cr		R				Cr		Cr
SUBSECRETARÍA DE TURISMO				Cr								Cr
PGJE				Cr	Cr	Cr	Cr					Cr
PROTECCIÓN CIVIL		Cr	R	R			Cr					
CENAPRED	Cr											R
DIF			Cr	Cr			R		Cr	Cr		
PEMEX				Cr	Cr			Cr				Cr
CONAGUA	R		Cr	Cr							R	Cr
CFE				Cr	Cr			Cr				Cr
TELMEX								Cr				Cr
FERROMEX								Cr				Cr
UNIVERSIDADES				Cr			Cr			Cr		Cr
DGETI				Cr			Cr					Cr
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Cr	Cr		Cr								
CRUZ ROJA				Cr	Cr				Cr	Cr		
BOMBEROS				Cr	Cr							
CLUB SOCIAL				Cr			Cr					
GRUPOS VOLUNTARIOS				Cr			Cr			Cr		

CE: Coordinador Ejecutivo. CT: Coordinador Técnico. R: Responsable. Cr: Corresponsable.

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).

5.1 Estimación del riesgo

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

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

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 G se describe la metodología de manera más amplia.

5.1.1 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 las 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 (AGEBs)*. 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.

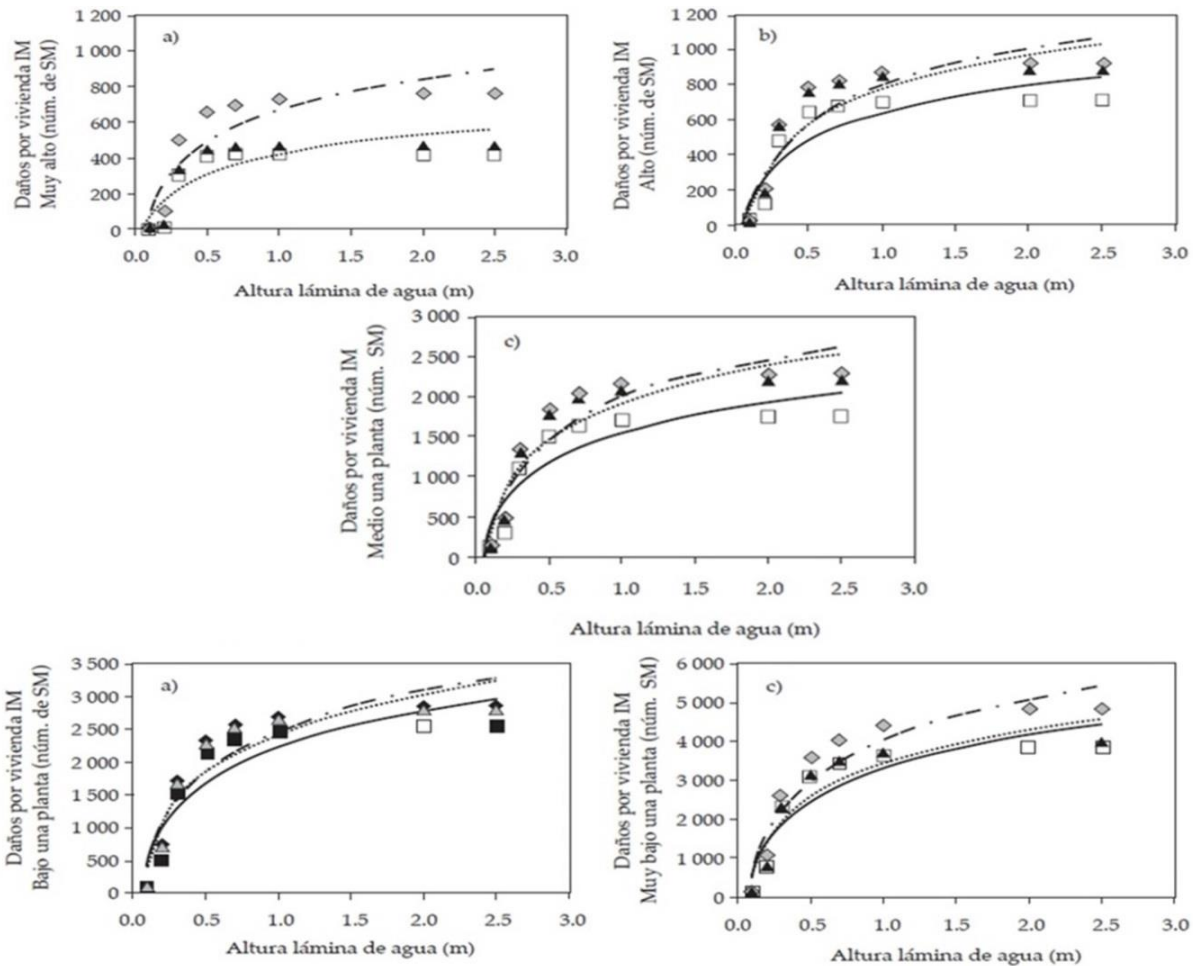


Figura 5.1 Curvas tipo de daños en zonas habitacionales.

Fuente: Baró et al. (2007).

Cálculo de los daños económicos

Con base en la previa definición del riesgo, éste fue calculado a través del ANRI-PC con base en los insumos anteriores.

En el caso de las curvas de daño, estas pueden ser expresadas de manera matemática con la siguiente ecuación:

$$\text{No. SMG} = a * \ln(h) + b$$

Donde:

No. SMG Es el número de salarios mínimos generales

h Es el valor de la lámina de agua (tirante)

a y b Constantes que dependen del índice de marginación

De manera que el valor monetario o daño para cada una de las viviendas en la zona de inundación, es el número de salarios mínimos multiplicado por el valor actual del salario mínimo.

Para el cálculo de daños a nivel nacional se realizaron los siguientes procesos:

- De los polígonos de inundación asociados a un período de retorno de 40 años, procedentes de Agroasemex se llevó a cabo la eliminación de polígonos. Se descartaron aquellos que no cruzaran con AGEBS ni con áreas agrícolas.
- Se estimó para cada polígono una altura de agua (tirante), utilizando el MED del terreno y el método de promedios móviles para asignarle a cada celda del raster un valor de tirante, restando ambas cotas de elevación.

Este proceso fue realizado en procesamiento “batch”.

Del cálculo nacional se obtuvo el daño total para la República Mexicana por un monto de 179,334 millones de pesos, del cual el daño para la Región Lerma-Santiago-Pacífico es de 7,863 millones de pesos, Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Daños económicos en la LSP.

Viviendas en zonas inundables	124,242
Población en zonas inundables	530,982
Costos en millones de pesos:	
Mínimo	6,982
Máximo	8,404
Probable	7,863

5.1.2 Aplicación de la metodología a la cuenca piloto

Caracterización de la cuenca piloto

La cuenca piloto río Pedregal se encuentra localizada al sur del Estado de Jalisco, ocupando parte de los municipios de La Huerta, Villa Purificación, Autlán de Navarro, Casimiro Castillo, Cuautlán de García Barragán y Cihuatlán, Tabla 5.2, con una superficie total de 2,235.76 km². Es importante señalar que el cauce principal en la cuenca piloto corresponde al río Purificación.

El río Pedregal nace aguas abajo de la localidad La Naranjera, cruza la zona urbana de Melaque que cuenta con un total de 7,569 habitantes y desemboca en el Océano Pacífico. En la Tabla 5.2 se muestran las principales características del río Purificación y en la Tabla 5.3 las del río Pedregal.

Tabla 5.2 Características principales del río Purificación.

Propiedad	Valor
Elevación máxima	2,525 msnm
Elevación mínima	11 msnm
Longitud	131.12 km
Pendiente media	1.9172 %
Tiempo de concentración	778.28 min
Superficie de la cuenca propia	1,528.93 km ²

Fuente: Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas, versión 2.2, INEGI.

Tabla 5.3 Características principales del río Pedregal.

Propiedad	Valor
Elevación máxima	645 msnm
Elevación mínima	20 msnm
Longitud	23.782 km
Pendiente media	2.628%
Tiempo de concentración	180.56 min
Superficie de la cuenca propia	117.93 km ²

Fuente: Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas, versión 2.2, INEGI.

Como aspectos socioeconómicos relevantes se tienen los índices presentados en la Tabla 5.4, Tabla 5.5y Tabla 5.6, elaborados para medir el desarrollo, la marginación y la pobreza en la cuenca.

Tabla 5.4 Índice de desarrollo humano.

Municipio	Índice
Casimiro Castillo	0.7867
Cihuatlán	0.8042
Cuautlán de García Barragán	0.6615
La Huerta	0.7895
Villa Purificación	0.7332

Fuente: INEGI, 2010.

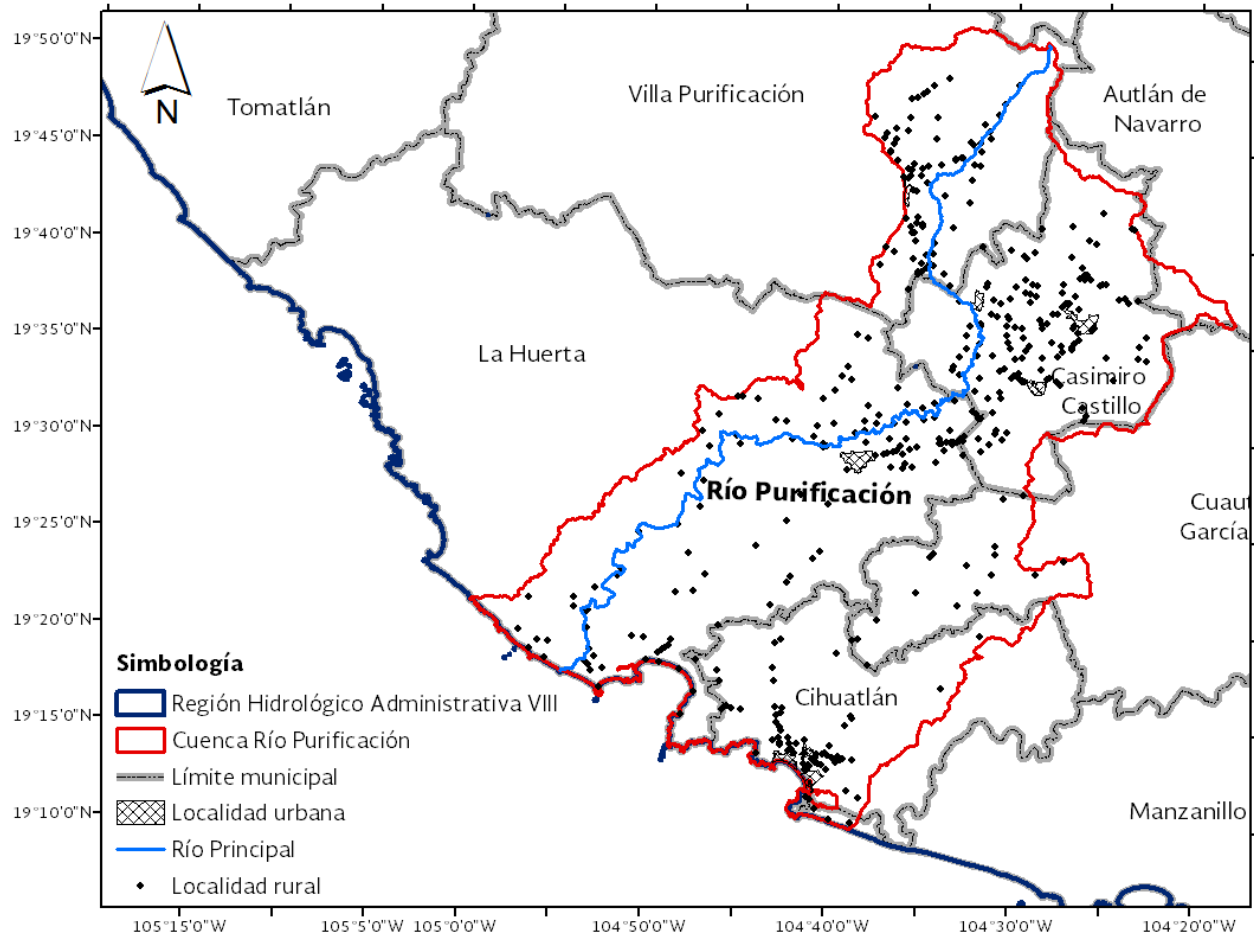


Figura 5.2 Localización de la cuenca piloto río Pedregal.

Fuente: CONAGUA-SINA, 2012.

Tabla 5.5 Índice de marginación.

Municipio	Número total de localidades urbanas (U)	Número total de localidades rurales (R)	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		Sin dato	
			U	R	U	R	U	R	U	R	U	R	U	R
Casimiro Castillo	4	40	---	---	2	4	2	4	---	3	---	1	---	28
Cihuatlán	3	47	---	2	2	4	1	4	---	13	---	---	---	24
Cuautitlán de García Barragán	---	6	---	---	---	---	---	2	---	3	---	---	---	1
La Huerta	1	57	---	2	1	2	---	8	---	19	---	2	---	24
Villa Purificación	1	19	---	---	1	---	---	1	---	3	---	---	---	15
Total	9	169	0	4	6	10	3	19	0	41	0	3	0	92

Fuente: INEGI, 2010.

Tabla 5.6 Índice de rezago social.

Municipio	Número total de localidades urbanas (U)	Número total de localidades rurales (R)	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		Sin dato	
			U	R	U	R	U	R	U	R	U	R	U	R
Casimiro Castillo	4	40	4	10	---	---	---	1	---	1	---	---	---	28
Cihuatlán	3	47	3	11	---	8	---	4	---	---	---	---	---	24
Cuautitlán de García Barragán	---	6	---	3	---	1	---	1	---	---	---	---	---	1
La Huerta	1	57	1	18	---	9	---	4	---	2	---	---	---	24
Villa Purificación	1	19	1	2	---	2	---	---	---	---	---	---	---	15
Total	9	169	9	44	0	20	0	10	0	3	0	0	0	92

Fuente: INEGI, 2010.

En lo que se refiere al relieve, la cuenca tiene elevaciones que van del nivel medio del mar a los 2000 msnm, con pendientes que van de las planas (<1%) a las fuertemente inclinadas (20-30%).

Las estructuras geológicas que se presentan en la cuenca, corresponden en mayor medida a rocas de tipo ígneas intrusivas y extrusivas, con la presencia en mayor parte de rocas volcánicas principalmente riolitas de permeabilidad media a baja, seguida de rocas volcánicas principalmente basálticas de permeabilidad media a alta y terrazas marinas, gravas, arenas y depósitos aluviales, de permeabilidad alta.

Por su parte, la cobertura vegetal está marcada por la presencia de selva caducifolia y bosque de encino, seguida de zonas para uso agrícola,

Tabla 5.7, los cultivos más representativos son maíz grano, sorgo forrajero, sandía y sorgo grano, distribuidos como se muestra en la Figura 5.4.

En lo que se refiere al clima, se tiene una precipitación media anual del orden de los 900 a los 1550 mm, con temperaturas de 26 a 88°C en la zona costera de 24 a 26°C en la zona central y de 22 a 24°C en la zona norte. Para el monitoreo de estas variables se identificaron las estaciones mostradas en la Figura 5.3 y Tabla 5.8.

Es importante mencionar que no se encontraron registradas en el inventario nacional obras de

protección contra inundaciones en la cuenca piloto.

Tabla 5.7 Uso de suelo en la cuenca piloto.

Tipo	Área km ²	%
Agrícola	380.71	17
Bosque de Encino	542.76	24
Selva Caducifolia	774.34	35
Vegetación Inducida	19.56	0.87
Vegetación Hidrófila	8.22	0.37
Especial (Otros Tipos)	1.23	0.06
Zona urbana	14.87	0.67
Pecuario	479.05	22
No Aplicable	15.02	0.67
Total	2,235.76	100

Fuente: CONAGUA-SINA (2012).

Tabla 5.8 Estaciones climatológicas e hidrométricas en la cuenca piloto.

Tipo	Nombre
Hidrométrica	El Chiflón
	El Carmesí
	La Zopilota
	Tecomates
Convencional	Villa Purificación (DGE)
	Casimiro Castillo
	Tecomates
	La Huerta
	EL Chiflón
	Apazulco
Convencional (INIFAP)	Rembalses
	SECJAL

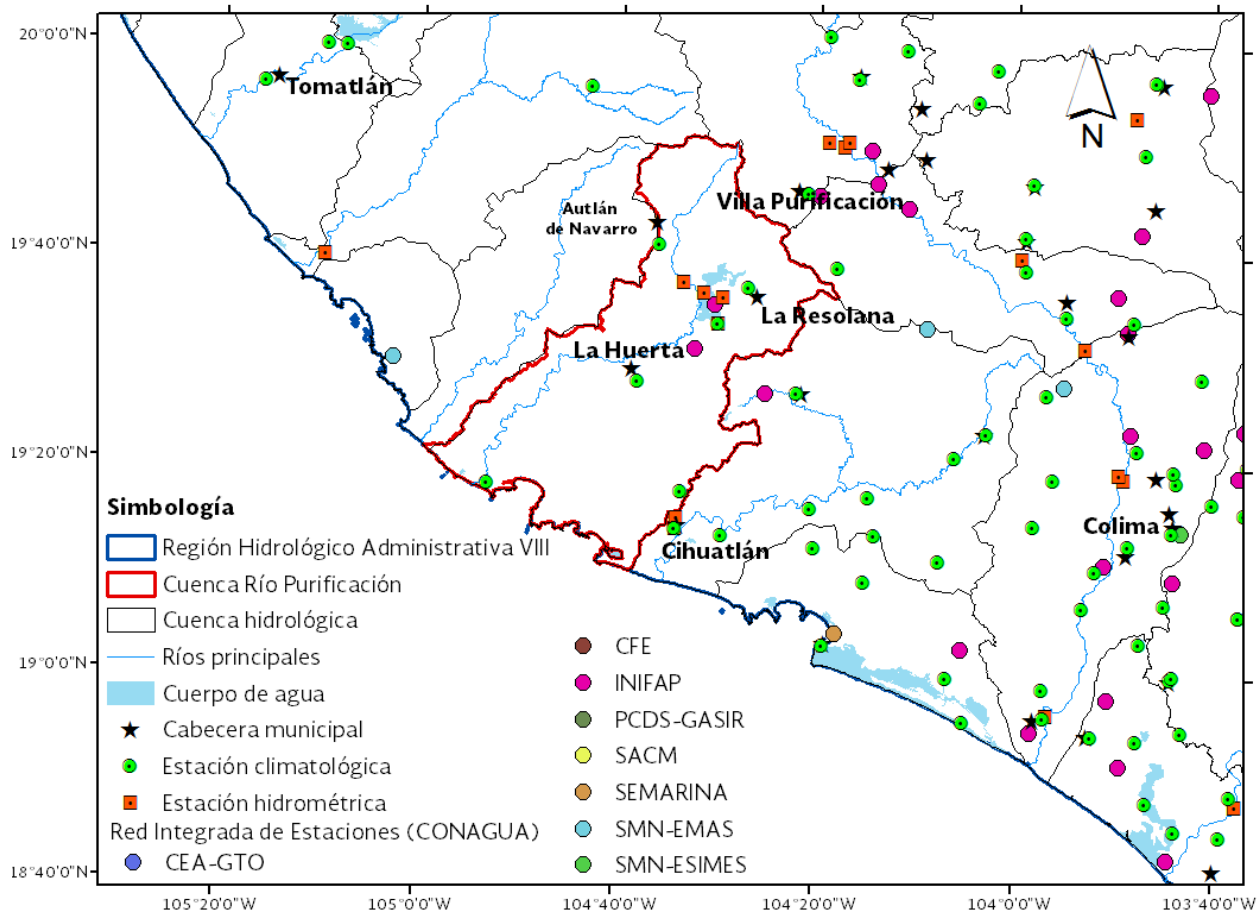


Figura 5.3 Estaciones climatológicas e hidrométricas dentro de la cuenca piloto.

Fuente: CONAGUA, SINA (2012).

Aplicación de la metodología

Para aplicar la metodología, es necesario hacer las siguientes precisiones relacionadas con los insumos y cálculos:

- El polígono que delimita la zona de inundación corresponde a la zona piloto.
- Es importante señalar que en caso de encontrar zonas de inundación que no crucen con AGEBS, se llevará a cabo la estimación considerando información a nivel localidad.
- El tirante, velocidad y severidad de la zona de inundación son proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) estimados con base en modelos hidrológicos-hidráulicos en formato raster. La severi-

dad sigue los criterios establecidos en la denominada curva de Dorrigo, en la cual se tiene la siguiente clasificación de severidad del daño, asociada a letras y colores, Figura 5.5.

- El valor económico de los daños se calcula para dos grupos de datos; el primero sin tomar en cuenta la severidad para cada uno de los cinco periodos de retorno considerados por el estudio (2, 5, 10, 50 y 100 años); y el segundo, separando cada una de las severidades (A, B, C, D, E) para estimar el daño por severidad, Figura 5.6. Para este segundo grupo, se calcula también el monto económico del daño estimado por índice de marginación presente en la zona de inundación.

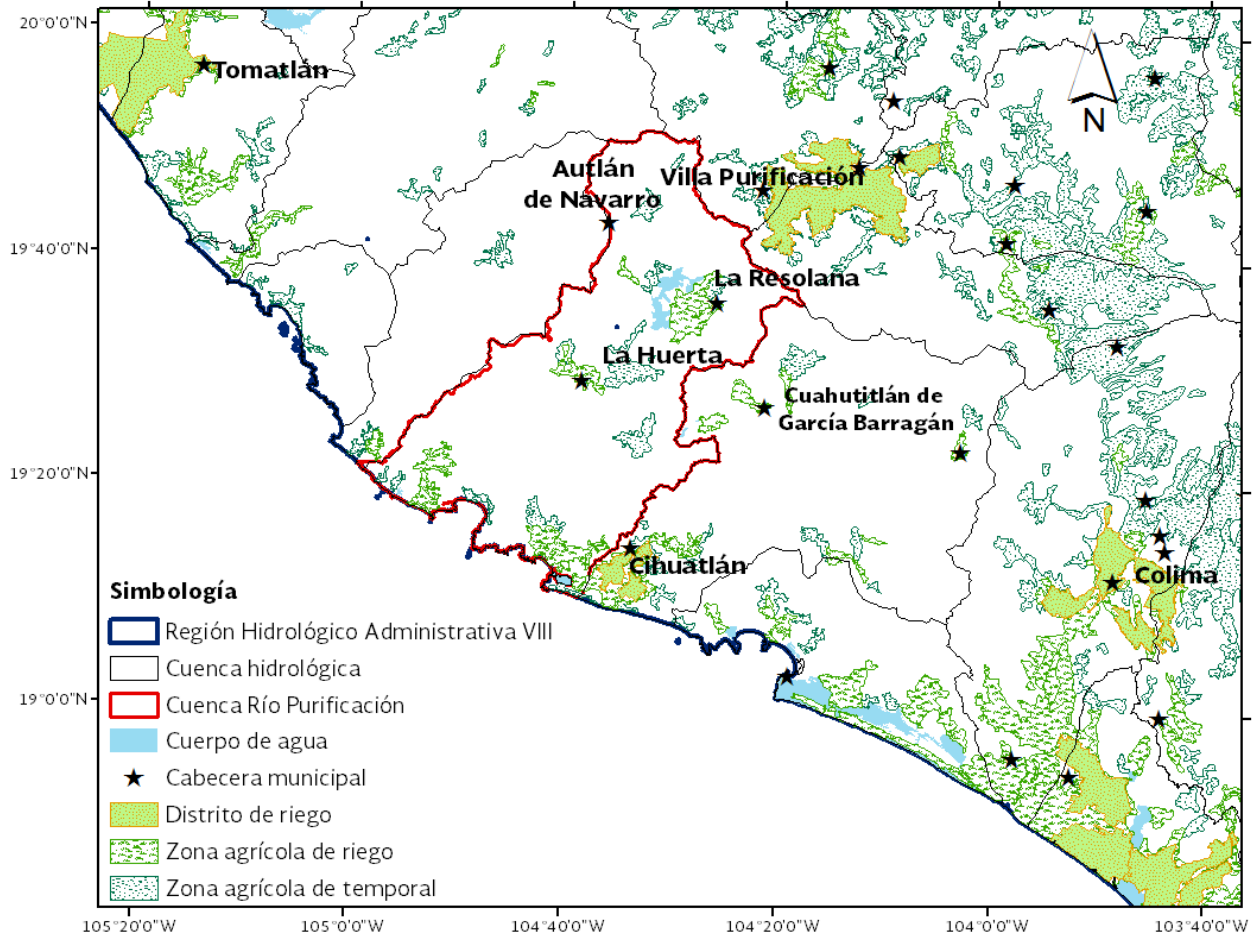


Figura 5.4 Zonas de riego en la cuenca piloto, Río Purificación.

Fuente: CONAGUA-SINA (2012).

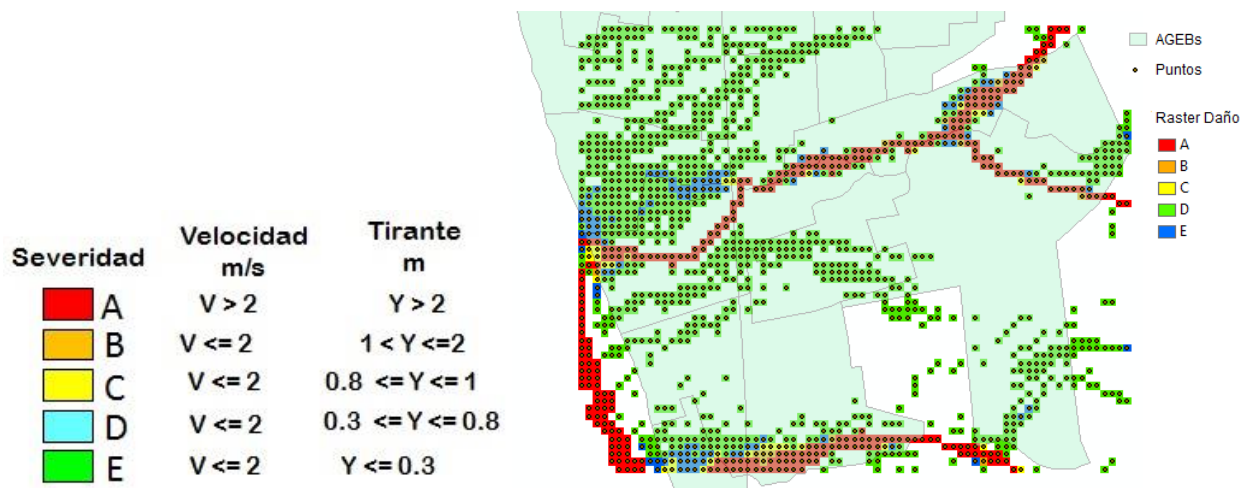


Figura 5.5 Ejemplo de raster por severidad del daño en zona de inundación.

Fuente. Elaborada con información del II-UNAM.

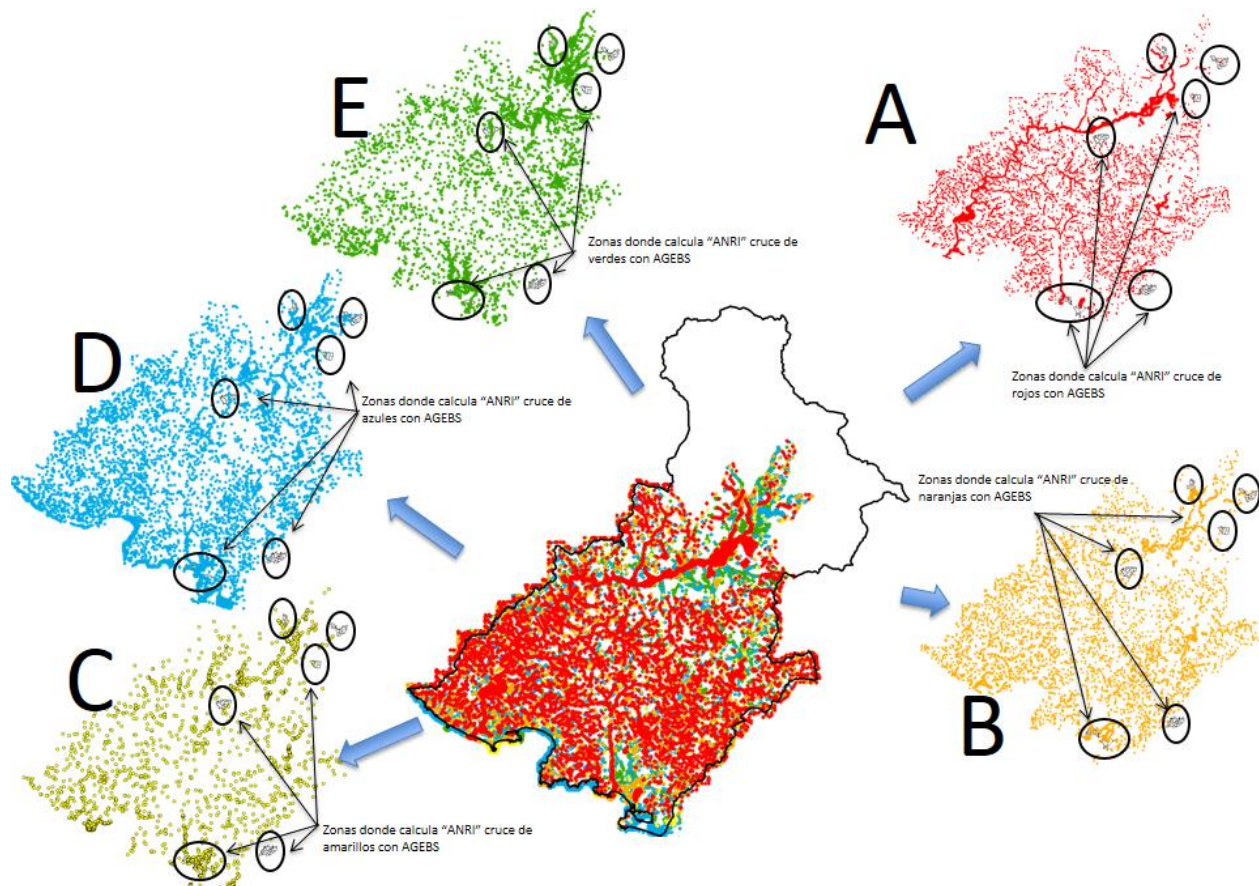


Figura 5.6 Ejemplo de separación de severidades.

Estimación del Daño Anual Esperado (DAE)

El DAE para la cuenca piloto resulta de alrededor de 5 millones de pesos y su distribución por severidad se muestra en la Tabla 5.9. Asimismo se han estimado 1,089 habitantes en riesgo

para un período de retorno de 100 años. Las probabilidades consideradas en el DAE son 1/2, 1/10, 1/20, 1/50 y 1/100 años.

Tabla 5.9 Daños y habitantes en riesgo.

Concepto	Severidad f(velocidad y altura de agua)					Total
	A: Rojo	B: Naranja	C: Amarillo	D: Azul	E: Verde	
Habitantes en riesgo (T=100 años)	261	393	101	205	129	1,089
DAE en pesos	1,449,576.0	1,834,196.0	387,609.1	867,316.1	427,871.0	4,966,568.3



6. Propuesta de medidas para disminuir los daños

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).

En la Figura 6.1 y Figura 6.2 se presentan dos diagramas de clasificación de medidas, en donde se observa la diferencia de nombrar a las MNS como instrumentos.

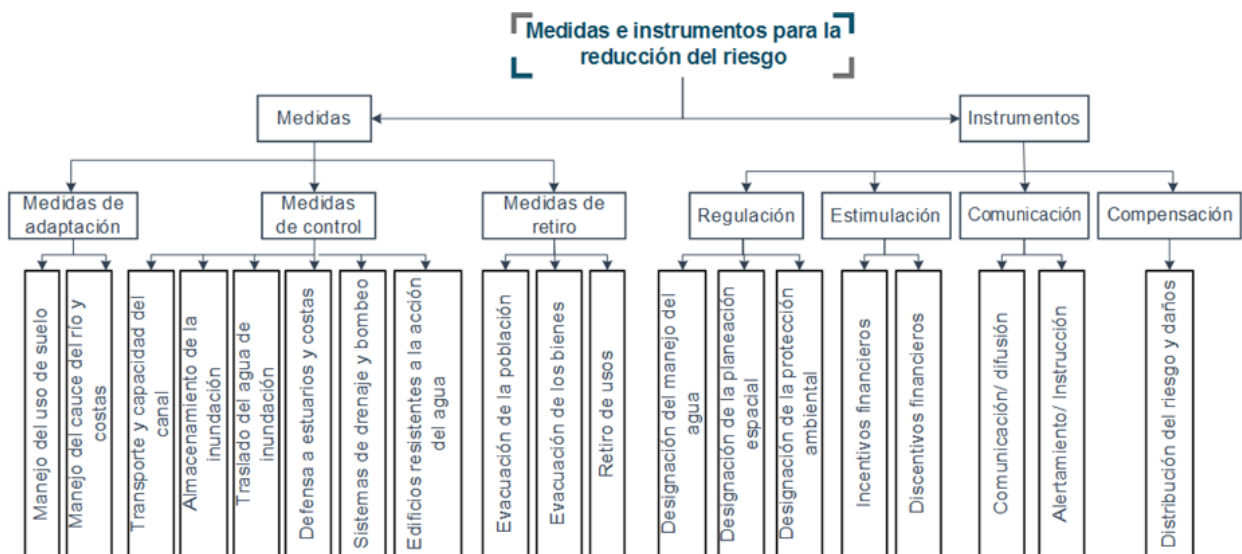


Figura 6.1 Clasificación de medidas e instrumentos de Olfert y Schanze.

Fuente: Schanze J. et al. (2008).

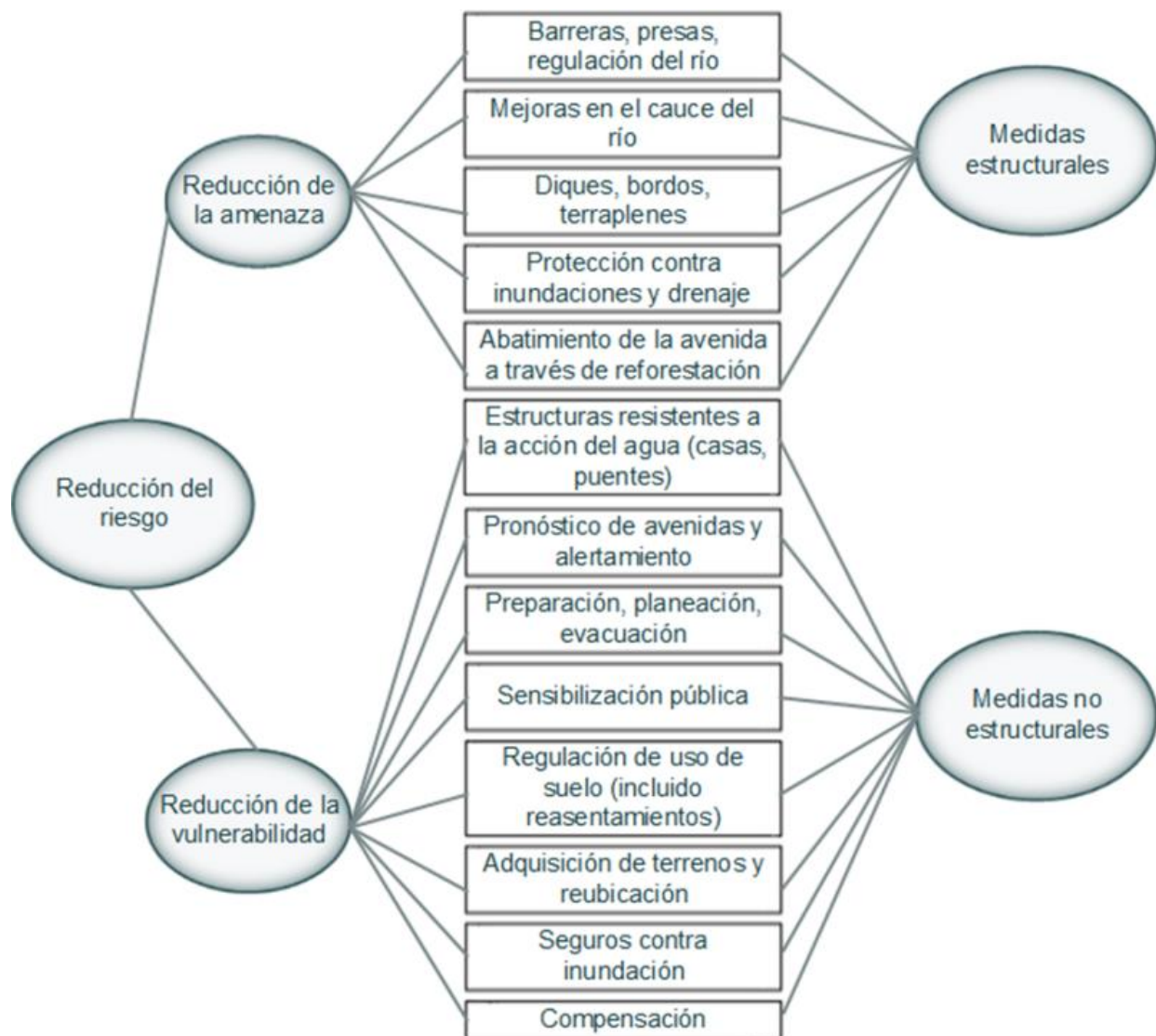


Figura 6.2 Clasificación de medidas no estructurales de Parker.

Fuente: Schanze J. et al. (2008).

6.1 Medidas no estructurales

Las MNS cubren todas las intervenciones que no pertenecen a obras estructurales, como se mencionó anteriormente. Las MNS a considerar en el Programa son:

6.1.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

De acuerdo con el OCLSP, apoyados con información de la red de monitoreo estatal llevan a cabo una vigilancia de variables meteorológicas en toda la Región, generando un boletín hidro-

climatológico diario mismo que es enviado a Protección Civil estatal. Se recomienda especificar las acciones a llevar a cabo durante los distintos niveles de alerta que existan en su plataforma de Excel de vigilancia hidrometeorológica.

6.1.2 Pronóstico de avenidas y Sistemas de Alerta Temprana

Se recomienda implementar un Sistema de Alerta Temprana bajo el enfoque de la UNEP (2012). Es importante señalar que se dispone de un protocolo de alertamiento para condicio-

nes meteorológicas y/o hidrológicas severas, descrito en el apartado 4.2, sin embargo se propone evaluar su funcionamiento.

El SAT de la UNEP (2012), está dividido en tres elementos: Monitoreo y predicción, comunicación de alertas y respuesta, Figura 6. 3. En la Figura 6. 4 se presenta una propuesta de cada elemento para la implementación del SAT en el Organismo de cuenca.

6.1.3 Medidas de protección civil

Se debe evaluar la eficacia de los planes de emergencia con los que cuenta la región con el fin de asegurar que la población tiene el conocimiento adecuado del riesgo, la consecuencia de la inundación y de los procedimientos de evacuación.



Figura 6. 3 Esquema base para la implementación de un SAT.

Fuente: UNEP (2012).

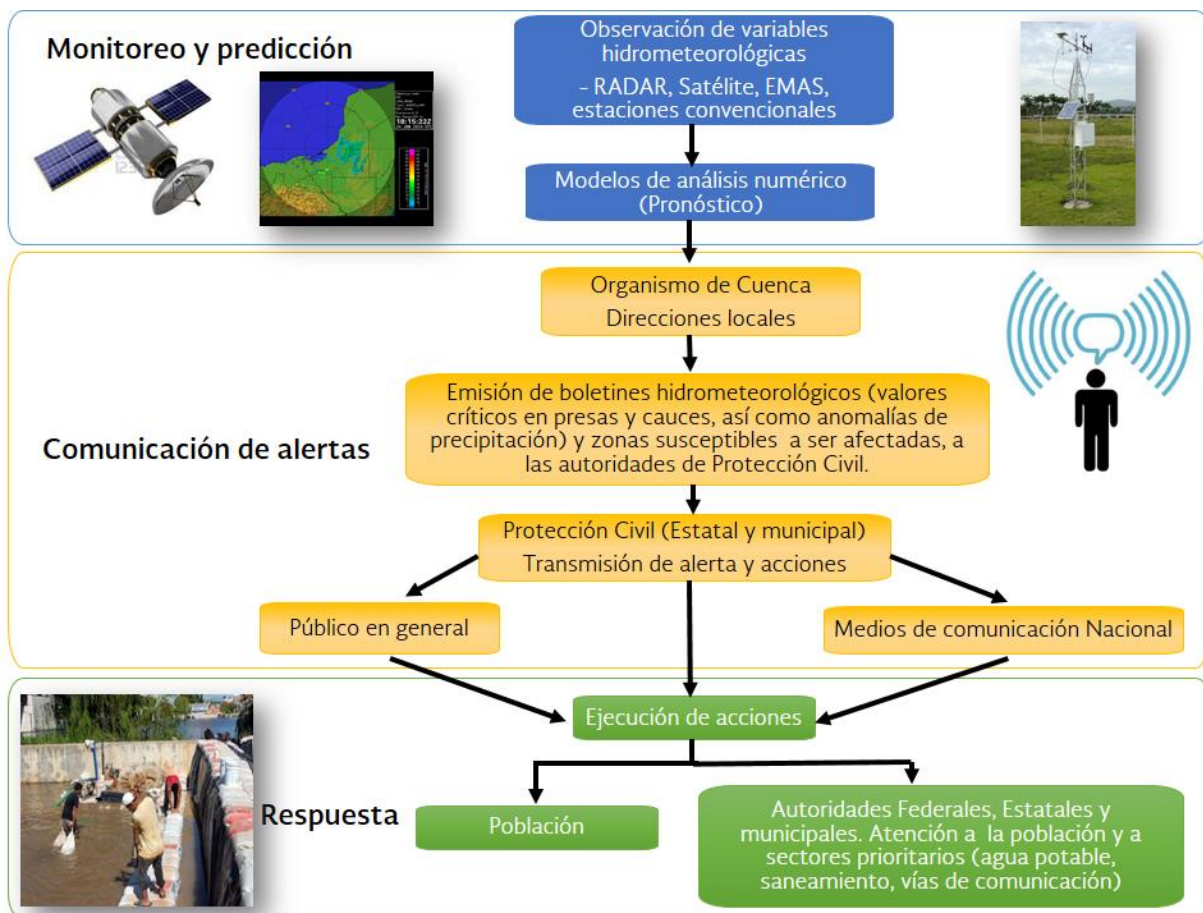


Figura 6. 4 Elementos que debe cubrir cada etapa del SAT.

Fuente: Adaptado de EIRD/ONU (2004).

6.1.4 Ordenación territorial

Esta medida debe evitar la construcción de infraestructura y asentamientos humanos en zonas inundables. Para esto se requiere contar con la normatividad que limite los usos de suelo y el tipo de edificación en zonas de elevado riesgo de inundación. Además, se debe supervisar que no se modifique la red de drenaje natural. Por otro lado, debe quedar establecido que si se presentan nuevos asentamientos en zonas perfectamente señaladas de alto riesgo, los daños derivados por las consecuencias de las inundaciones deberán ser cubiertos por la población.

Se esperaría que el ordenamiento territorial redujera en 100% los daños, sin embargo la vigilancia no será suficiente para garantizar la prohibición de nuevos asentamientos, por lo que se consideran porcentajes de reducción de daños menores a 80%.

6.1.5 Participación social en la prevención contra inundaciones

Si se comunica el riesgo a la población adecuadamente la consecuencia de la inundación puede reducirse notablemente (principalmente en número de víctimas) gracias a la consecución eficaz de los procedimientos de evacuación, Escuder et al. (2010).


Escuder et al. (2010) considera dos grupos de medidas de comunicación: 1) Comunicación general a la población en materia de riesgo de inundación y 2) Comunicación durante el even-

to de inundación. El primer grupo consiste en proporcionarle a la población información necesaria para un mejor entendimiento del riesgo existente; es decir, proporcionarle a través de programas de capacitación, conocimiento claro para aumentar el nivel de concientización con el objetivo de alcanzar un mayor grado de responsabilidad pública. El segundo grupo, se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente, puede efectuarse de forma directa, a través de la percepción de la amenaza (por ejemplo, por un aumento del nivel del agua en el cauce), o bien indirectamente a partir de otras fuentes como medios de comunicación (radio, televisión, internet, etc.), sistemas de alerta (altavoces, sirenas, etc.), u otros sistemas. Asimismo, la población debe conocer los procesos de evacuación.

Para transferir la información mencionada anteriormente, se deben desarrollar programas de capacitación dirigidos a dos grupos de población: uno que incluye a la población con marginación alta y el otro considerando marginación media y baja.

6.1.5.1 Propuesta de un Plan de Comunicación a la población

Para el diseño del plan de comunicación conviene el diseño de una matriz, que presente en forma horizontal los contenidos, Figura 6.5, de acuerdo a las fases de la Gestión Integrada de Crecidas (GIC) para establecer con claridad el tipo y detalle de información que se va a proporcionar.



Previsión	Prevención	Respuesta	Recuperación
Información sobre estudios climatológicos	Condiciones del clima en época de ciclones (mayo a noviembre)	Ocurrencia y evolución de eventos severos	Evaluación de daños
Sistemas de consulta de atlas y mapas de riesgo	Planes, programas y guías de la GIC	Rutas de evacuación, albergues, servicios de emergencia	Declaratoria de desastres y condiciones de acceso al FONDEN

Figura 6.5 Contenidos distribuidos por etapas.

Objetivos

Objetivo 1. Hacer de la comunicación una herramienta de educación, concientización y generación de capacidades de la población para la GIC.

Objetivo 2. Establecer mecanismos para manejar la información, incluyendo a todos los actores involucrados, generando confianza y credibilidad entre la población mediante la transmisión de información veraz, constante y oportuna.

Objetivo 3. Generar canales de comunicación multidireccional.

Objetivo 4. Apoyar la coordinación interinstitucional y de otros actores.

Objetivo 5. Hacer del proceso de comunicación una herramienta de retroalimentación y aprendizaje continuo.

Propuesta de contenidos

En las siguientes tablas 6.1 a 6.5 se presenta una propuesta de contenidos, fuentes de información (emisores-transmisores) y audiencia como un instrumento de planeación para el diseño del plan de comunicación dirigido a los Organismos de Cuenca o a cualquier otro actor interesado en participar en la GIC. Se presenta por fase y cumpliendo con los objetivos planteados. En el Anexo H se presenta una descripción más amplia de la propuesta del Plan de Comunicación.

Tabla 6.1 Propuesta de contenidos durante la Previsión.

PREVISIÓN		
Análisis de contexto		
Evaluación de riesgo		
CONTENIDO SUGERIDO	FUENTES DE INFORMACIÓN	RECEPTORES – PUBLICO OBJETIVO
Información, investigaciones y estudios climatológicos y meteorológicos	Servicio Meteorológico Nacional Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)-SEGOB Instituto Mexicano del Transporte (IMT)-SCT Universidades y centros de investigación Redes de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim) - CONACYT Red Universitaria para la Prevención y Atención de Desastres (UNIRED)	Organismos gubernamentales que conforman el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) Unidades y Coordinaciones Estatales y Municipales de Protección Civil Organismos de Cuenca Organizaciones no gubernamentales (ONG) especializadas Medios masivos de comunicación (fuentes que cubren temas hídricos, de protección civil) Público en general
Sistemas de consulta de atlas y mapas de riesgos y vulnerabilidad.	CONAGUA - IMTA Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Referencia: Programa Habitat-SEDESOL	Unidades y Coordinaciones Estatales y Municipales de Protección Civil Organizaciones no gubernamentales (ONG) especializadas (REDESClim) UNIRED
Métodos para el diagnóstico de riesgos y vulnerabilidades	CENAPRED SINAPROC SEDESOL	Asociaciones ciudadanas en zonas de riesgo
Protocolos para la realización de simulacros	SEDENA CENAPRED	

PREVISIÓN Análisis de contexto Evaluación de riesgo		
CONTENIDO SUGERIDO	FUENTES DE INFORMACIÓN	RECEPTORES – PUBLICO OBJETIVO
Buenas prácticas en el manejo integral de riesgos hídricos Lecciones aprendidas sobre proceso comunicativo en el manejo integral de riesgos hídricos	Referencia: Manuales internacionales REDESclim – CONACYT UNIRED Evaluación de la propia experiencia	Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil Organizaciones no gubernamentales especializadas Organizaciones y comités ciudadanos

Tabla 6.2 Propuesta de contenidos durante la Prevención.

PREVENCIÓN Difusión de programas y planes Educación Desarrollo de capacidades		
CONTENIDO SUGERIDO	FUENTES DE INFORMACIÓN	RECEPTORES – PUBLICO OBJETIVO
Condiciones del clima, especialmente durante la época de ciclones (mayo a noviembre) Ocurrencia y evolución de eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos	Servicio Meteorológico Nacional Subdirección de Meteorología de SEGOB CONAGUA CENAPRED	SINAPROC Medios masivos de comunicación Público en general Población en zonas de riesgo
Alertas tempranas	Sistemas de Alerta Hidrometeorológica (SAH)	Población en zonas de riesgo
Mapas de riesgo por estado, región, municipio y comunidad, en su caso. Planes, programas, protocolos y guías sobre manejo de riesgos y contingencias hídricas Información de medidas, infraestructura, instalaciones para el manejo de riesgos para la fase de respuesta por estado, región, municipio y comunidad y por sector (salud, educación, vivienda, comunicaciones, alimentación)	CONAGUA – IMTA – Organismos de Cuenca CENAPRED Unidades y Coordinaciones Estatales y Municipales de Protección Civil Autoridades locales	Autoridades locales en zonas de riesgo Organizaciones y comités ciudadanos en zonas de riesgo Asociaciones y organizaciones de actividades económicas en zonas de riesgo Población en zonas altas, medias y planicies de las cuencas Población en zonas de riesgo Organizaciones no gubernamentales especializadas Público en general
Cursos y materiales de capacitación para el manejo integral de riesgos hídricos	CENAPRED SINAPROC ONGs especializadas en MIRH Manuales internacionales	Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil Organizaciones y comités ciudadanos
Ventajas y beneficios de las medidas y acciones de prevención y mitigación de riesgos en el futuro	Referencia: Manuales internacionales	Asociaciones y organizaciones de actividades económicas Organizaciones no gubernamentales especializadas Responsables de programación de radio, radios comunitarias, prensa y revistas de medios de comuni-

PREVENCIÓN Difusión de programas y planes Educación Desarrollo de capacidades		
CONTENIDO SUGERIDO	FUENTES DE INFORMACIÓN	RECEPTORES – PÚBLICO OBJETIVO
		cación locales de zonas de riesgo. Periodistas y reporteros de medios de comunicación en zonas de riesgo
Cultura de prevención y autoprotección frente a los riesgos hídricos.	CONAGUA CENAPRED SINAPROC ONGs especializadas en MIRH Ref: Manuales internacionales	Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil Organizaciones y comités ciudadanos en zonas de riesgo Asociaciones y organizaciones de actividades económicas Población en zonas altas, medias y planicies de las cuencas Población abierta en zonas de riesgo Organizaciones no gubernamentales especializadas Público en general
Reglas y códigos de ética asociados a la GIRH Código de comportamiento ético en el manejo y divulgación de información en situación de riesgos hídricos.	Ref:Manuales internacionales	Público en general Medios de comunicación
Guía de recursos para la MIRH y sus medios de acceso	Ref.: Manuales internacionales Este documento	Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil ONGs especializadas en la MIRH
Percepción de la población en zonas de riesgo sobre los programas de prevención y recuperación (Metodología y canales de comunicación)	Población en zonas en riesgo	SINAPROC y otros organismos que desarrollan programas CENAPRED Unidades Estatales y Municipales Autoridades locales

Tabla 6.3 Propuesta de contenidos durante la Respuesta.

RESPUESTA Preparación Respuesta Rehabilitación		
CONTENIDO SUGERIDO	FUENTES DE INFORMACIÓN	RECEPTORES – PUBLICO OBJETIVO
Ocurrencia y evolución de eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos Evolución de las alertas (semáforo)	Servicio Meteorológico Nacional CONAGUA Subdirección de Meteorología (SEGOB) CENAPRED Sistemas de Alerta Hidrometeorológica (SAH)	Organismos del SINAPROC Coordinaciones y Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil Autoridades locales Medios masivos de comunicación Población en zonas de riesgo Público en general
Rutas de evacuación y ubicación de instalaciones y servicios de emergencia. Medidas para salvaguardar: la vida y la salud, el patrimonio familiar, productivo y comunitario. Mecanismos de seguridad establecidos. Zonas siniestradas y de riesgo inminente. Estado de la infraestructura (vías de comunicación) y servicios básicos (agua entubada y potable, alcantarillado, energía eléctrica) afectadas por el evento hidrometeorológico. Condiciones sanitarias y riesgos de epidemias, enfermedades y condiciones de riesgo ambiental.	Unidades Municipales de Protección Civil Autoridades locales SEDENA (Plan DNIII-E) SINAPROC Jurisdicciones sanitarias de la Secretaría de Salud Centros de Salud	Población en zonas siniestradas Organizaciones y comités en zonas afectadas Asociaciones y organizaciones de actividades económicas Medios de comunicación locales y comunitarios Medios masivos de comunicación
Medidas de autoprotección personal, familiar y comunitaria Valores de tranquilidad, solidaridad, acción colectiva y honestidad	CENAPRED Unidades Municipales de Protección Civil	Organizaciones y comités ciudadanos en zonas de riesgo Asociaciones y organizaciones de actividades económicas en zonas de riesgo Población abierta en zonas de riesgo Organizaciones no gubernamentales especializadas Público en general Medios de comunicación locales y comunitarios Medios de comunicación masiva
Mecanismos y fuentes de información confiable.	Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil Autoridades locales SEDENA – PLAN DNIIIE	Organizaciones y comités ciudadanos en zonas de riesgo Asociaciones y organizaciones de actividades económicas en zonas