

Se tienen registrados un total de 7 pluviómetros en toda la región hidrológico-administrativa, el total de ellos se encuentran dentro del Estado de Veracruz y son operados por la CONAGUA, todos operando actualmente con un reporte diario pero sin

cumplir con la calidad de información que se requiere para cumplir con la norma de la OMM, además falta dotarles de equipo para tener una estación climática completa (Tabla 4-8).

Tabla 4-8 Pluviómetros localizados en la RHA X GC localizados en 7 Provincias

No	Nombre	Municipio	Cuenca
1	Agua Dulce	Agua Dulce	Tonalá
2	Hidalgotitlan	Hidalgotitlan	Coatzacoalcos
3	Madisa	Agua Dulce	Tonalá
4	Nanchital	Nanchital	Coatzacoalcos
5	PB1	Las Choapas	Coatzacoalcos
6	PB2	Moloacán	Coatzacoalcos
7	PB3	Coatzacoalcos	Coatzacoalcos

Fuente: OCGC, 2013

## 4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

En la RHA X GC el pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana implementadas en la cuenca del río Apulco afluente del río Tecolutla, se basa en observar la precipitación de tres estaciones climatológicas (Zapacoxtla, Cuetzalan y Ayotoxco) y los niveles de la presa La Soledad y en cualquier condición de nivel de emergencia, la CFE emite el comunicado al Organismo de Cuenca a fin de coordinar el aviso a la población civil a través de protección civil de los estados de Puebla y Veracruz. El tiempo de concentración a la primera localidad en riesgo es entre cinco y seis horas. Sin embargo hace falta reforzar este sistema con modelos matemáticos (MM5, WRF, GFS, NAM), que nos ayuden a generar datos sinópticos, imágenes de Radar Ecos y precipitaciones. Con estos datos se pueda realizar un análisis (diagnóstico) de la atmósfera en ese instante y formular un pronóstico Meteorológico (GASIR, CONAGUA, SMN). Asimismo, realizar modelos de cuenca haciendo uso de plataformas (Mike 21, flood 2D, IBER, etc.) de

simulación que nos permitan los realizar pronósticos de avenidas en la cuenca.

Los sistemas de alerta temprana que se tienen en la RHA X GC están basados en pronósticos meteorológicos, realizados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Servicio Hidrometeorológico Regional (SHMR) y el Observatorio Meteorológico de Protección Civil del estado de Veracruz. Sin embargo para el Estado de Veracruz, la alerta gris para prevención de contingencias causadas por fenómenos meteorológicos es muy tan exitoso es un sistema que solo se tiene implementado en esta entidad federativa, para su activación se consideran eventos como los frentes fríos y nortes (eventos que no considera la SIAT-CT a nivel nacional), los cuales causan severos daños en la población.

## 4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales

### Acciones estructurales

Por su alta vulnerabilidad, la Región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro requiere

de una gran infraestructura de protección a centros de población y áreas productivas, así como el mantenimiento de las mismas.

Aunque hace falta un diagnóstico de todas las obras de infraestructura, para determinar las inversiones de rehabilitación y mantenimiento que se requieran. Se cuenta con información de la situación de operación actual de todas las presas que se localizan dentro de la región, se conoce que la presa Presidente Miguel Alemán y la presa Miguel de la Madrid se encuentran en buenas condiciones de operación y funcionamiento (Diagnostico de Vulnerabilidad del Estado de Veracruz, OCGC). Sin embargo, revisando la información contenida en el Inventario Nacional de Obras de Protección Contra Inundaciones (INOPCI), se pudo conocer el estado actual de los 32 bordos de protección y de los 6 encauzamientos que se presentan en la región.

De los 32 bordos de protección presentes en la zona, 12 se localizan en el río Papaloapan, 10 en el Río Nautla, 2 en los Río Cazonas, Tecolutla y Misantla y uno en los Ríos Pan-tepec, Vinazco, Bobos y Tesechoacán. Del total, solo 19 se encuentran en buen estado, 6 en situación regular y 2 en mal estado

presentando erosión y tramos colapsados, de los 32 bordos, 5 de ellos se desconoce su situación actual. Las malas condiciones de los bordos y su funcionamiento regular se deben principalmente a la falta de mantenimiento, lo que ha llevado al deterioro de las obras y al azolve de las mismas. El total de la población beneficiada por estos bordos es de 158,245 habitantes (existen 4 bordos de los que se desconoce la población beneficiada). Para mayores detalles acerca de la situación específica de operación de los bordos se coloca en el Anexo IV una tabla con información correspondiente.

Dentro del Inventario Nacional también se identificaron 6 encauzamientos dentro de la región. Dos de ellos se encuentran en el río Nautla, uno en el Río Cazonas y tres en los arroyos Aguadulcita, Golapa, El Control y Mascachile. En cuanto a su estado de operación actual, tres de ellos se encuentran en buen estado aunque con algunos detalles de mantenimiento por obstrucciones, los otros tres encauzamientos su funcionamiento es regular, esto se debe principalmente a la falta de mantenimiento lo que está generando acumulación de azolve y basura. La población total beneficiada por estas obras es de 133,697 habitantes (Tabla 4-9).

Tabla 4-9 Encauzamientos dentro de la RHA X GC– Estado actual

No	Nombre Obra	Rio	Población Beneficiada	Estado Actual	Problemas	Observaciones
1	Rectificación Arroyo Aguadulcita	Arroyo Aguadulcita	816	REGULAR		Rectificación y desazolve de 1300 m. del arroyo Aguadulcita, en el tramo del puente El Abulón al puente Sembrador.
2	Rectificación Arroyo Gopalapa	Arroyo Gopalapa	1050	REGULAR	Generación de azolves	Rectificación y desazolve de 3000 m. del arroyo Gopalapa.
3	Rectificación y desazolve de los arroyos Salsipuedes, Hueleque, Mollejón y del Maíz y batería de 6 espigones	Río Cazonas	80000	BUENO	Acumulación de azolve y basura	Rectificación y desazolve de los arroyos de los arroyos Salsipuedes (1320 m.) Hueleque (2100 m.) Mollejón (920 m.) y del Maíz (172 m.) batería de 6 espigones

No	Nombre Obra	Rio	Población Beneficiada	Estado Actual	Problemas	Observaciones
	sobre la margen derecha del río Cazones					sobre la margen derecha del río Cazones.
4	Corte del Meandro	Río Nautla	28291	BUENO	Retención de palizada en el vado	Se encuentra en condiciones muy óptimas y funcionales. Algunos detalles de mantenimiento por obstrucciones.
5	Rectificación y desazolve de los arroyos el Control y Mascachile	Arroyos El Control y Mascachile	21240	REGULAR		Rectificación y desazolve de 5110 m. en los arroyos El Control (3250m.) y Mascachile (1860 m.)
6	Desazolve Estero San Rafael	Estero, Río Nautla	2300	BUENO	Evitar inundaciones a la población y a las vías de comunicación	Rectificación del estero San Rafael y corte del meandro en río Nautla para formación de una canal de 340 m. de longitud por 60 m. de ancho.

Fuente: IMTA, con base en INOPCI

La infraestructura de prevención y control de inundaciones con que cuenta la región es mínima. Hace falta protección en centros de población con mayor grado de vulnerabilidad como; muros de concreto, espigones, bordos de protección y bordos de protección marginales las cuales se requieren en las diferentes cuencas ubicadas en la región (Diagnostico de Vulnerabilidad de los Edos. De Veracruz, Puebla y Oaxaca CONAGUA, 2013). El organismo de cuenca tiene identificada la siguiente problemática en cuanto a la capacidad de respuesta ante contingencias con respecto a las acciones estructurales:

1. Se debe continuar con los estudios integrales de la cuenca del río Papaloapan que den como resultado acciones estructurales para mitigación de daños por inundación.
2. Falta revisar las obras de captación de los sistemas de agua potable asentadas en las riberas de los ríos para protegerlos de avenidas extraordinarias.
3. Falta realizar la limpieza y desazolve de drenes y ríos en los tramos que cruzan centros de población.

4. Falta construir sistemas de drenaje pluvial, principalmente en las cabeceras municipales.
5. Falta que el gobierno y los municipios antes de cada temporada de lluvias realicen la limpieza y desazolve de los drenes pluviales y canales de las ciudades y localidades antes que comience la temporada de lluvias.

### Acciones no estructurales

Existe en la RHA X los sistemas de alerta temprana están basados en pronósticos meteorológicos, (SMN, SHMR y OMPC) y la alerta gris, mismos que son utilizados en la prevención de contingencias causadas por fenómenos meteorológicos.

Actualmente las estaciones climatológicas e hidrométricas son convencionales; los registros se hacen de manera manual y se transmite mediante radio o teléfono, que ante eventos meteorológicos severos suelen verse afectados y consecuentemente se pierde la transmisión de los datos, provocando con ello una limitada acción de alertamiento. En

las partes altas de las cuencas se carece de información no se tiene infraestructura de medición, lo que ocasiona que no se tengan elementos que apoyen en la toma de decisiones ante estos fenómenos.

Es necesario contar con una red de medición climatológica automática con transmisión satelital, para obtener información básica y se pueda realizar los diagnósticos y emisión de la alertas de manera confiable y oportuna ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos severos, evitando la pérdida de vidas humanas y daños a la población.

Asimismo, se requiere instalar equipos de medición de nivel de los ríos en los municipios más vulnerables con la finalidad de que puedan alertar de manera directa a sus habitantes, en especial para cada río de respuesta rápida en el que se establezca un protocolo de alertamiento para el seguimiento y vigilancia de la avenida; en tal protocolo deberán estar incluidos todos los municipios que se ubiquen en la corriente, las actividades serían asignadas de municipios aguas arriba hacia municipios aguas abajo.

Por otra parte, de acuerdo a una regionalización realizada por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuario, en Veracruz se contabilizan en alrededor de 5 000 ríos pequeños o arroyos por los cuales prácticamente transita un tercio del total de agua superficial que escurre a nivel nacional. Dentro de estos ríos se encuentran los ríos Pantepec, Vinazco, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Actopan, Jamapa Cotaxtla y Valle Nacional, que se ubican en zonas donde la pendiente es pronunciada y que de manera inmediata el agua de lluvia es transportada a su parte baja, en algunos casos esto ocurre en menos de 7 horas, lo que hace necesario un sistema completo de alerta temprana, en donde se tenga una red de estaciones meteorológicas automáticas, un pronóstico meteorológico, un pronóstico de avenidas y un sistema de transferencia de datos y de comunicación tanto interinstitucional como a las localidades en zonas de riesgo.

La participación social es un elemento esencial en el sistema de alertamiento, para lo cual se deben establecer los canales de comunicación en los tres niveles de gobierno y a su vez a los habitantes de las localidades ubicadas en zonas de riesgo. Se debe integrar un protocolo de alertamiento para al menos los municipios con mayor riesgo.

Dentro de los diagnósticos de vulnerabilidad de los tres estados antes mencionados, se ha identificado de manera general la problemática que sufre la región en cuanto acciones no estructurales, esta se enlista a continuación:

1. Hace falta un programa en los tres niveles de Gobierno donde se participe activamente en el mantenimiento de las obras existentes con objeto de rehabilitarlas y mantenerlas en óptimas condiciones.
2. Falta que los municipios más vulnerables instalen sus propios sitios de medición de nivel de los ríos, en especial los de respuesta rápida en el que se establezca un protocolo de alertamiento para el seguimiento y vigilancia de la avenida.
3. No existe comunicación entre los municipios que se encuentran aguas arriba con los que se encuentran aguas abajo, los equipos de radio que se tenían para estos fines han desaparecido tras los cambios de administración política.
4. Falta delimitar las zonas inundables adyacentes a las localidades que se ubican a las orillas de ríos o arroyos con el fin de evitar asentamientos en zona federal.
5. Falta implementar programas para la reubicación de los asentamientos humanos que se ubican en zonas de alto riesgo por inundación.
6. Implementar programas para reforestar y evitar la deforestación
7. Falta un programa de limpieza y desazolve de los drenajes pluviales de las ciudades, incluyendo los canales que cruzan las localidades que ante lluvias importantes producen desbordamientos
8. Falta un programa que instruya que en todos los municipios que tienen problemas por inundación se establezcan guar-

días las 24 horas durante toda la temporada de lluvias con el fin de que haya alguien que reciba los avisos de alertamiento y este a su vez pueda hacerlo llegar a la población del municipio correspondiente

9. Falta elevar la capacidad técnica de respuesta a las emergencias
10. Faltan estaciones climatológicas e hidrométricas dentro de la región así como personal para operar las estaciones nuevas y las existentes.
11. Falta la revisión y actualización de los protocolos estatales de alertamiento ante contingencias hidrometeorológicas, en coordinación con todas las dependencias e instancias involucradas, garantizando su difusión y aplicación en caso de ser necesario.

En el estado de Veracruz se cuenta con un Atlas Municipal de Riesgos que ha sido calificado por CENAPRED en un nivel básico, ya que cumple con los términos de presentación espacial de los fenómenos. Sin embargo, hace *“falta profundizar en el nivel de representación de los peligros y sobre vulnerabilidad y riesgo tuj”* Dir. Gral. CENAPRED. Este Atlas ha sido distribuido a todos los municipios como una plataforma común que ayude a la población a conocer los peligros y las medidas que debe tomar en caso de una emergencia y como una herramienta clave para la toma de decisiones en cuanto a la planeación urbana y ordenamiento territorial (<http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/>).

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

La Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz ha identificado las dependencias y organismos participantes en caso de emergencia por la presencia de lluvias y ciclones en el estado, aunque el tipo de injerencia y la participación de la dependencia misma dependerá del grado y tipo de afectación, se tiene una lista base de todas las

instituciones involucradas, se mencionan a continuación (PC, 2013).

#### **Dependencias Federales**

- Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca
- Secretaría de la Defensa Nacional
- VI Región Militar
- 19ª. Zona Militar
- 26ª. Zona Militar
- VIII Región Militar
- 29ª. Zona Militar
- Secretaría de Marina-Armada de México
- Tercera Zona Naval
- Sector Naval Tuxpan
- Sector Naval Coatzacoalcos
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Secretaría de Desarrollo Social
- Sistema de Distribuidoras Conasupo, S.A. de C.V. (DICONSA)
- Leche Industrializada Conasupo, S.A. de C.V. (LICONSA)
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- Comisión Nacional del Agua
- Universidad Veracruzana.

#### **Dependencias Estatales**

- Secretaría de Protección Civil
- Secretaría de Seguridad Pública
- Subsecretaría de Protección Civil
- Subsecretaría de Seguridad Pública
- Dirección General de Tránsito y Transporte
- Dirección General de Aeronáutica del Estado
- Instituto de Policía Auxiliar (IPAX)
- Secretaría de Finanzas y Planeación
- Secretaría de Comunicaciones del Estado
- Dirección General de Caminos Rurales
- Dirección General de Carreteras Estatales
- Dirección General de Telecomunicaciones
- Junta Estatal de Caminos
- Maquinaria de Veracruz
- Contraloría General del Estado

- Secretaría de Educación de Veracruz
- Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz (COBAEV)
- Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE)
- Secretaria de Desarrollo Social y Medio Ambiente
- Dirección General de la Comisión del Agua del Estado de Veracruz
- Dirección General del Inventario de Depresión Rasgo-Estado (IDERE)
- Dirección General de Obras Públicas
- Dirección General de Patrimonio del Estado
- Consejo Estatal del Medio Ambiente
- Procuraduría General de Justicia
- Secretaría de Desarrollo Económico
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
- Instituto Mexicano del Seguro Social
- Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO)
- Secretaría de Economía
- Comisión Federal de Electricidad
- Servicios de Salud de Veracruz
- Petróleos Mexicanos
- Caminos y Puentes Federales (CAPUFE)
- Comisión Reguladora de la Tenencia de la Tierra
- Policía Federal Preventiva
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CONADEPI)
- Capitanías de Puerto
- Sistema Estatal del Desarrollo Integral de la Familia
- Dirección General de Comunicación Social

## Municipios

- 212 Ayuntamientos
- Direcciones Municipales de Protección Civil
- Dependencias y Organismos integrantes de los Sistemas Municipales de Protección Civil.

## Sector Privado

- Federación de Cámaras Nacionales de Comercio
- Cámara Nacional de la Industria Restaurantera y Alimentos Condimentados, A.C.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
- Cámara de la Industria de la Radio y Televisión
- Asociación de Gasolineros del Estado de Veracruz
- Asociación de Industriales del Estado de Veracruz, A.C.
- Asociación de Gaseros del Estado de Veracruz
- Radiotelevisión de Veracruz
- Asociación de Hoteles y Moteles, A.C.
- Asociación de Periodistas, A.C. en el Estado
- Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales (ADRA)
- Colegios de Ingenieros y Arquitectos

## Voluntarios

- H. Cuerpos de Bomberos
- Delegación Estatal de la Cruz Roja Mexicana
- Delegación Estatal de la Cruz Ámbar, A.C.
- Comisión Nacional de Emergencia
- Club de Radioaficionados del Estado de Veracruz. Las principales atribuciones y acciones de las instituciones involucradas en el plan de emergencia en la fase de auxilio son las siguientes (PC, 2013):

**Alertamiento.** La Comisión Nacional del Agua es la encargada de realizar el monitoreo hidrometeorológico, de emitir el pronósticos del tiempo meteorológico, de realizar los alertamientos por tormentas severas y de la vigilancia de la trayectoria de los huracanes.

Una vez emitido el reporte de la Comisión, se valora el nivel de la emergencia y se alerta de manera oportuna a las dependencias participantes del Plan a través de la Subsecretaría de Protección Civil; la cual alertará a los órganos municipales de Protección Civil, mediante comunicado vía la red estatal de radiocomunicación y por escrito vía fax.

**Evaluación de Daños.** Se realiza la evaluación de los daños humanos, materiales, infraestructura, productivos y al medio ambiente, así como de las necesidades prioritarias de la población afectada; con la finalidad de proporcionar la información obtenida a las dependencias responsables para canalizar los apoyos de manera inmediata.

**Coordinación de la Emergencia.** De acuerdo a la evaluación inicial de la emergencia se determinará si se instala el Centro Estatal de Operaciones o se continúa operando con el nivel Municipal.

Si la emergencia es mayor se instalara el Centro Estatal de Operaciones el cual es presidido por el Gobernador del Estado y conformado por los titulares de las dependencias participantes del Plan. El Centro Estatal de Operaciones verificará y coordinará el desarrollo operativo del Plan.

**Seguridad.** La Secretaria de la Defensa Nacional, Secretaria de Marina, Secretaria de Seguridad Pública y la Policía Municipal en sus diferentes ámbitos de competencia brindaran la seguridad física de la población afectada, sus bienes, así como a la infraestructura y servicios estratégicos.

**Búsqueda, Salvamento y Asistencia.** Con el apoyo de grupos voluntarios de la zona, así como con grupos especializados de emergencias se realizarán las actividades iniciales de búsqueda, rescate y evacuación de la población afectada; concentrándolos o reubicándolos en albergues o en casas de familiares que no resultaron afectados.

**Servicios Estratégicos, Equipamiento y Bienes.** En base a la evaluación de daños y análisis de necesidades inicial se realizarán las labores de rehabilitación prioritarias a los servicios estratégicos (sistema de agua potable, luz, teléfono, carreteras, puentes, etc.), con la participación de las dependencias que tengan esta responsabilidad en los niveles Municipal, Estatal y Federal. Con la finalidad de que la población afectada pueda recibir los suministros de apoyo lo más pron-

to posible y que sus actividades diarias se puedan restablecer en un periodo corto.

**Salud.** La Secretaria de Salud en coordinación con las Dependencias Federales (IMSS, ISSSTE) implementara sus actividades de saneamiento básico (cloración de pozos, fumigación, instalación de plantas potabilizadoras de agua para consumo humano, etc.), así como la atención médica y la vigilancia de enfermedades epidemiológicas causadas como consecuencia del desastre.

**Aprovisionamiento.** En base a la evaluación de daños y análisis de necesidades inicial se solicitaran a los organismos o dependencias (DIF, DICONSA, LICONSA, SALUD, SEDENA, PROTECCIÓN CIVIL) los apoyos y suministros básicos de subsistencia para que de manera prioritaria se puedan distribuir entre la población afectada.

**Comunicación Social de Emergencia.** El Centro Estatal de Operaciones será el responsable de emitir los reportes a través de la Dirección General de Comunicación Social del Gobierno del Estado, con la finalidad de que se difundan en los medios masivos de comunicación para que orienten a la población afectada y a la ciudadanía en general, sobre la situación y evolución de la emergencia, así como del estado y la localización de personas que resultaron afectadas.

**Reconstrucción inicial y vuelta a la normalidad.** Se establecen las estrategias o programas sociales para la reconstrucción de la infraestructura dañada (carreteras, caminos de terracería, puentes, red de agua potable, luz, teléfono), edificios públicos (escuelas, mercados, oficinas públicas, etc.) así como la vivienda de la población afectada.

El subprograma de Auxilio a la población también se aplica en temporada invernal. El la figura 4-20, se ilustra la matriz de distribución de funciones del programa incluyendo las diez etapas que lo conforman y el sector responsable o corresponsable de cada función y en la figura 4-21, se observa el flujo-grama de funciones del programa.

Figura 4-20 Matriz de Distribución de Funciones en el Subprograma de Auxilio

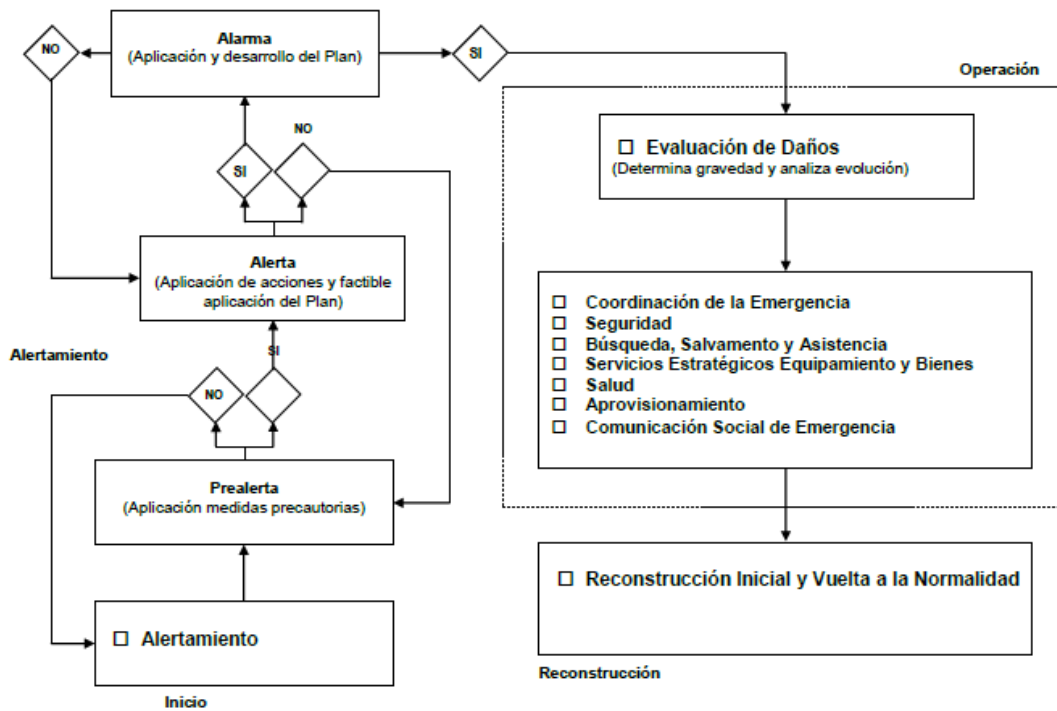
Responsable Funciones		Sector																																	
		Público Estatal													M	Sector Público Federal										Social									
Núm.	Funciones	COU	SPC	CS	SEFIPLAN	SEV	SEDECOP	SECOM	SEDESOL	SEDARPA	SSA	PGJ	CG	DIF	SSP	H. Ayto.	SEDENA	SM-AM	SAGARPA	SEMARNAP	CFE	PEMEX	CONAGUA	SEDESOL	SSA	SCT	SRE	SG	CDI	CRUZ ROJA	CRUZ AMBAR	BOMBEROS	Radio	Voluntarios	
I.	Alertamiento		R	C			C									C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C					C		
II.	Evaluación de Daños	R	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C		
III.	Coordinación de la Emergencia	R	R	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	□	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			C						
IV.	Seguridad											C			C	C	C									C	C								
V.	Búsqueda Salvamento y Asistencia		R		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C		
VI.	Servs. Estratégicos Equip. y Bienes						R	C								C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				C	C	C	C			
VII.	Salud									R			C			C	C	C							C				C	C	C				
VIII.	Aprovisionamiento		R								C	C	C			C	C	C						C	C				C	C	C				
IX.	Comunicación Social de Emergencia	R		C			C	C								C										C	C	C					C		
X.	Reconstrucción Inicial y Vuelta a la Normalidad				R	C	C	R	R	C	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C				

R = Responsable C = Corresponsable

Fuente: Plan Estatal de Protección Civil Temporada Invernal 2012 – 2013, Protección Civil Veracruz

Figura 4-21 Flujoograma de Funciones en el Subprograma de Auxilio





Fuente: Plan Estatal de Protección Civil Temporada Invernal 2012 – 2013, Protección Civil Veracruz

La primera autoridad en darle atención a la población ante una inundación es el Presidente Municipal, sin embargo es altamente común que ellos no tengan ninguna clase de capacitación para reaccionar a este tipo de eventos, no obstante la Secretaria de Protección Civil del Edo. de Veracruz con la aprobación de la nueva Ley de Protección Civil y Reducción de Riesgos de Desastre aprobada en Junio de este año, menciona la importancia de la capacitación de este personaje al igual que todos los involucrados en este tipo de emergencias. Pero falta la aplicación de la misma y su extensión a los demás estados.

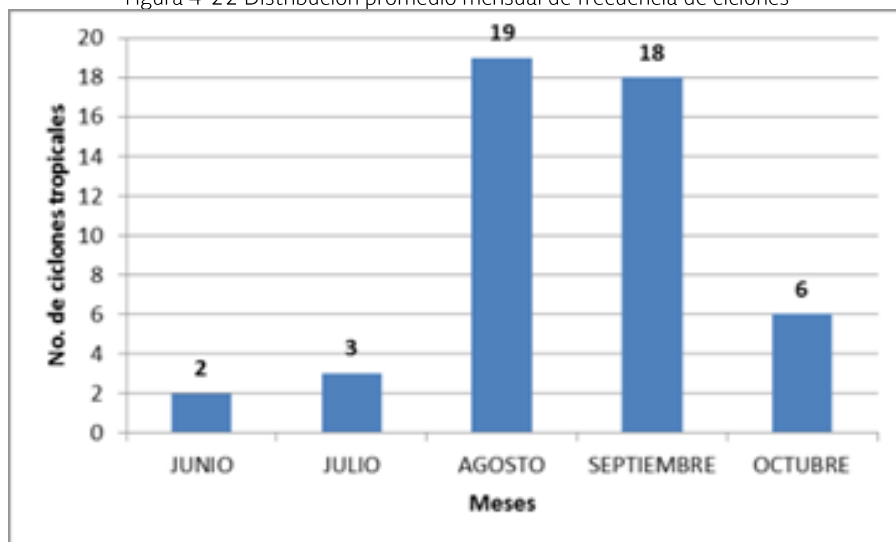
Los recursos son escasos y en algunas ocasiones se ha tenido que elegir apoyar a los municipios más afectados sobre los menos para que todo el apoyo logre tener un impacto benéfico en la población en lugar de dividirlo y no tener ningún avance.

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

El Estado de Veracruz, está expuesto cada año a diferentes fenómenos atmosféricos, cada año el paso sucesivo de ondas tropicales y la interacción de éstas con los frentes fríos provocan en mayor o menor grado afectaciones por inundaciones. También en el estado se presentan sistemas de tormentas locales que suelen acompañarse por fuertes chubascos, granizo, actividad eléctrica y rachas de viento.

De acuerdo con la clasificación del Servicio Meteorológico Nacional el Estado tiene un periodo de recurrencia de impactos por ciclón tropical de 1.74 años en promedio, con este periodo de recurrencia se puede colocar como zona de alto riesgo de impacto de este tipo de meteoros. La mayor frecuencia de impacto se tiene en los meses de agosto y septiembre (Figura 4-22).

Figura 4-22 Distribución promedio mensual de frecuencia de ciclones



Fuente: OCGC, 2013

Por otra parte, desde un punto de vista hidrológico el estado de Veracruz prácticamente produce un tercio del total de agua superficial que escurre a nivel nacional. El escurrimiento a través de ríos o arroyos, de respuesta rápida y lenta, pone en condiciones de riego casi el total de la planicie Veracruzana. Asimismo, se tiene que, por diversas razones, los pueblos se asientan a las márgenes de los ríos y arroyos y se identifica un poco más de un millón doscientos mil habitantes en zonas susceptibles de inundación de acuerdo con el Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz, de la Secretaría de Protección Civil publicado en el 2003.

Otro problema recurrente es debido al crecimiento urbano que ocasiona la invasión de zonas naturalmente inundables modificando los ecosistemas, sin dejar de lado el problema de la deforestación, la alteración de la

red de drenaje, etc.; además, esto es aunado al cambio climático que de acuerdo con las previsiones tenderá a originar una mayor frecuencia e intensidad de los huracanes.

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) presente en el Atlas Nacional de Riesgos.

El cálculo del índice de vulnerabilidad se basa en la conceptualización de Cotler y Saavedra, 2010 (Tabla 4-10), que presenta las variables que se deben considerar para asignar niveles de la vulnerabilidad de la población que reside en las localidades susceptibles de inundaciones y en las áreas con inestabilidad de laderas en las cuencas hidrológicas.

Tabla 4-10 Variables consideradas para construir el índice de vulnerabilidad

Dimensión	Indicador	Parámetro (variable)	Escala	Enfoque
Económica	Ingresos	<b>Ingreso per cápita:</b> población que recibe hasta un salario mínimo; y población que recibe de 1 a 3 salarios mínimos mensuales.	Localidad	Fragilidad
Social	Composición sociodemográfica	<b>Cantidad de población expuesta.</b>	Localidad	Exposición
		Dependencia <b>infancia y vejez</b> (población menor de 6 años y mayor a	Localidad	Exposición Resiliencia

Dimensión	Indicador	Parámetro (variable)	Escala	Enfoque
		70 años).		
	Nivel de escolaridad	<b>Nivel de escolaridad:</b> población sin primaria y población analfabeta	Localidad	Fragilidad Resiliencia
	Acceso a salud	<b>Población derechohabiente.</b>	Localidad	Resiliencia
Conectividad	Comunicaciones	<b>Medios existentes en la vivienda:</b> Televisión, radio, teléfono.	Localidad	Resiliencia
Físicas	Condiciones materiales de la vivienda	<b>Materiales predominantes en la vivienda:</b> piso, muros.	Localidad	Exposición
		<b>Conexión a servicios públicos:</b> agua, drenaje.	Localidad	Exposición

Fuente: Cotler y Saavedra, 2010. Las Cuencas Hidrográficas de México, Diagnóstico y Priorización. INE.

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.

Tabla 4-11 Variables utilizadas en la estimación del Índice de vulnerabilidad en la Región.

Variable		Estimación
Clave	Nombre	
I_POBTOT	Población total	$I_{POBTOT}_i = \frac{POBTOT_i - POBTOT_{min}}{POBTOT_{max} - POBTOT_{min}}$ <p>POBTOT: Población total (Este dato en la fuente original representa a la población expuesta a las inundaciones).</p>
I_PEI	Población económicamente inactiva	$I_{PEI}_i = 1 - \frac{PEA_i}{POBTOT_i}$ <p>PEA: Población Económicamente Activa</p>
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.	$I_{VPH\_S\_SERV}_i = 1 - \frac{VPH\_C\_SERV_i}{VPH_i}$ <p>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.</p> <p>VPH: Viviendas particulares habitadas.</p>
I_VPH_PISOTI	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra.	$I_{VPH\_PISOTI}_i = \frac{VPH\_PISOTI_i}{VPH_i}$

Variable		Estimación
Clave	Nombre	
I_P_0A4_60YMAS	Población menor a 5 años y mayor a 60 años.	$I_{P\_0A4\_60YMAS}_i = \frac{P_{0A4\_60YMAS}_i}{POBTOT_i}$
I_GRAPRONOES	Grado promedio de no escolaridad en un rango de 0 a 1.	$I_{GRAPRONOES} = 1 - \frac{GRAPROES_i - GRAPROES_{min}}{GRAPROES_{max} - GRAPROES_{min}}$ <p>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.</p>
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.	$I_{PCON\_LIM}_i = \frac{PCON\_LIM_i}{POBTOT_i}$

La metodología utilizada se describe en el Anexo V.

El CENAPRED define como peligro la frecuencia y magnitud de un evento meteorológico, así mismo se tienen registros históricos de las áreas afectadas por las inundaciones, hay que adicionar que no se cuenta con eventos registrados en todos los municipios, por lo que existen "vacíos" en la base de datos. Para definir el peligro de un municipio se tomó en cuenta la ocurrencia de decesos y el monto de los daños generados por el evento, de tal suerte que surge la clasificación siguiente (CENAPRED, 2012):

Peligro y Efectos

Alta:

- Decesos

- Daños extraordinarios
- Asentamientos irregulares en cauces, planicies de inundación o aguas abajo de presas o bordos

Media:

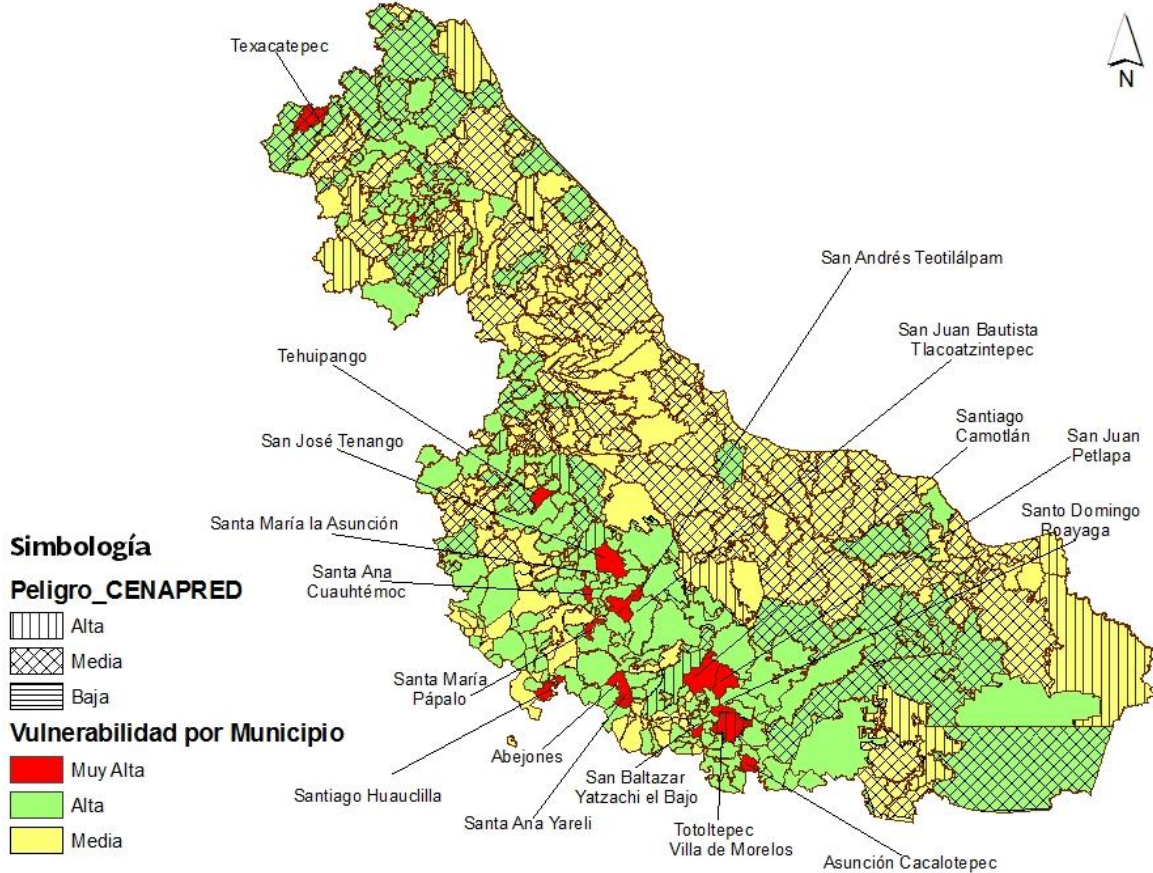
- Sin decesos
- Daños moderados

Baja:

- No hay asentamientos irregulares
- Sistema de drenaje eficiente
- Daños mínimos

Por otro lado, la vulnerabilidad está definida en función de variables socioeconómicas representadas por el índice de marginación. Al comparar estos dos análisis se concluye que se tienen municipios con una primera aproximación del riesgo (Figura 4-23).

Figura 4-23 Índice Peligro-Vulnerabilidad



Fuente: IMTA con información del CENAPRED e INEGI

La planicie de inundación está definida como una vulnerabilidad socioeconómica media (color amarillo), así mismo, se tienen índices de peligro medio (achurado cuadrícula), se define esta zona como de riesgo medio. En la zona serrana se encontró una vulnerabilidad socioeconómica alta (color verde) y aunque en algunos municipios no se tienen eventos registrados (sin achurado), también se pueden encontrar tanto en el norte como en el sur de la región municipios con un peligro medio (achurado cuadrícula, Figura 4.21).

Sin embargo dentro de los 445 municipios que conforman la región, solo 17 de ellos presentaron una vulnerabilidad socioeconómica muy alta (color rojo) y solo dos de ellos coinciden con un peligro medio (achurado cuadrícula) y alto (achurado líneas verticales), Texacatepec y Totontepec Villa de Morelos respectivamente, siendo en este último

donde se han registrado decesos a causa de estos eventos. Cabe mencionar que dentro de los municipios con registros históricos de áreas afectadas por las inundaciones, no se encontró un solo municipio con un peligro bajo (achurado líneas horizontales), es decir municipios donde no se tengan asentamientos irregulares, donde tengan un sistema de drenaje eficiente y donde se tengan daños mínimos a causa de las inundaciones aún no se tienen registrados dentro de la región.

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

La adopción de un enfoque que enfatiza la prevención, la disminución y mitigación del riesgo, exige la participación de una amplitud de actores en el proceso de la comunicación.

Es deseable que la comunicación cubra todas las etapas de la gestión integral del riesgo desde la prevención hasta la reconstrucción y que fluya de manera horizontal (entre sectores e instituciones) y vertical (de los niveles federales de gobierno hasta la población). Debe, además, ser multidireccional y tener un camino de ida y vuelta.

Para lograr una comunicación ordenada y eficaz es preciso identificar con claridad el papel y la responsabilidad de cada actor (o grupo de actores) y los canales de coordinación y colaboración entre ellos. En principio pueden identificarse seis grandes grupos como sigue:

- Organismos gubernamentales
- Instituciones científicas y académicas
- Sector privado
- Medios de comunicación
- Organizaciones civiles
- Población

A la vez, al interior de cada grupo pueden ubicarse diferentes áreas de actuación y responsabilidad y diversos niveles o ámbitos de influencia, (Tabla 4-12).

Tabla 4-12 Grupos de actores de acuerdo a su papel en la GIRH

Grandes Grupos	Responsabilidades /rol actuales y factibles
Organismos gubernamentales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organismos Federales</li> <li>• Organismos Estatales</li> <li>• Organismos Municipales</li> <li>• Autoridades locales (agente municipal)</li> </ul>	Intervienen directamente en la administración de los recursos hídricos y la protección civil relacionados con la GIRH.  Intervienen o pueden intervenir en las actividades de previsión, prevención, respuesta y reconstrucción de la GIRH.
Instituciones científicas y académicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidades nacionales, estatales y regionales</li> <li>• Centros de investigación, asociaciones y redes</li> <li>• Escuelas técnicas y de nivel medio</li> <li>• Escuelas de educación básica</li> </ul>	Contribuyen a la generación, divulgación de conocimiento para la GIRH (estudios, mapas de riesgo, proyectos).  Participan en la formación y capacitación relacionadas con la GIRH dentro y fuera de las instituciones académicas y escolares.
Sector privado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas</li> <li>• Fundaciones</li> <li>• Asociaciones gremiales y cámaras</li> </ul>	Realizan contribuciones económicas y en especie para atención de desastre.  Llevan a cabo acciones para la restauración de las actividades económicas que les competen.  Son potenciales aliados en todas las etapas de la GIRH tanto en la comunicación como en las tareas de emergencia (transporte, aprovisionamiento, rescate).
Medios de comunicación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medios masivos (radio y televisión)</li> </ul>	Divulgan información proporcionada por las instituciones competentes sobre situaciones de riesgo y de desastre.

Grandes Grupos	Responsabilidades /rol actuales y factibles
nacional y estatal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medios locales y comunitarios (radios, perifoneo, voceo)</li> <li>• Comunicación grupal e interpersonal</li> </ul>	Documentan la situación de la población afectada y recogen opiniones de diversos actores y personas Contribuyen (o pueden hacerlo) a difundir información a personas aisladas o con recursos comunicativos limitados, podrían establecer flujos de información sobre las necesidades y visiones de la población afectada hacia las instituciones.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizaciones civiles</li> <li>• OSC</li> <li>• Fundaciones</li> <li>• Grupos sociales (deportivos, iglesia, culturales)</li> </ul>	Contribuyen a la generación del conocimiento regional y local. Son potenciales intermediarios en la comunicación de “abajo hacia arriba” sobre las necesidades y propuestas de las poblaciones en riesgo y/o afectadas. Desarrollan metodologías y proyectos para la acción comunitaria y la incidencia en instituciones y programas públicos en diversos niveles.
Población: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asambleas comunitarias</li> <li>• Organizaciones y comités vecinales y comunitarias</li> <li>• Grupos asociados a actividades y servicios comunitarios (clínicas, escuelas)</li> <li>• Población no organizada</li> </ul>	Son las personas afectadas (o potenciales) a quienes se dirigen las medidas de todo el proceso de la GIRH. Son actores principales de las medidas de autoprotección y participantes con las instituciones públicas responsables de todas las actividades de la GIRH. Son potenciales emisores de información esencial para orientar a las instituciones responsables sobre las necesidades y la eficiencia de las acciones de la GIRH.

En el caso de los riesgos hídricos resulta indispensable conocer las responsabilidades de las instituciones encargadas de la administración de los recursos hídricos y de protección civil, especialmente lo relativo a la generación y difusión de información esencial para el manejo de riesgos hídricos. Para el establecimiento de programas y acciones de comunicación, en cualquier ámbito y nivel, es crucial familiarizarse con los protocolos establecidos para las emergencias y desastres pues en ellos se establecen las rutas que debe seguir la información para poner en marcha los sistemas de alerta, de protección

y auxilio de la población. Adicionalmente, instituciones como el Centro Nacional de Prevención de Desastres cuentan como un acervo de material educativo y de difusión muy útil y disponible para alimentar los programas y acciones de comunicación en los tiempos de “normalidad”, o dicho de otro modo, durante las etapas de prevención y preparación (Anexo 6).

En la tabla 2-2 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 4-13 Instituciones involucradas y su funcionalidad

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 bienes	Salud pública	Suministro de provisiones	Vigilancia obras hidráulicas	Evaluación de daños
<b>SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN</b>	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE
Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)		Cr	R	R			Cr					
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	Cr											R
Secretaría Nacional de Seguridad			Cr	Cr		R				Cr		Cr
Policía federal				Cr	Cr	Cr						
<b>SEMARNAT</b>	Cr		Cr	Cr				CT			Cr	
Comisión Nacional del Agua	R		Cr	Cr							R	Cr
Coordinación General de Comunicación Social		R	Cr	Cr								
<b>SEDENA</b>	Cr		Cr	Cr	R	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr		Cr
<b>SAGARPA</b>			Cr	Cr	Cr			Cr				Cr
<b>SCT</b>	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr			Cr		Cr		Cr
Teléfonos de México								Cr				Cr
Aeropuertos y servicios auxiliares				Cr				Cr				Cr
<b>SEP</b>				Cr			Cr					Cr
<b>SE</b>			Cr	Cr				Cr		Cr		Cr
Comisión Federal de Electricidad				Cr	Cr			Cr				Cr
<b>SECTUR</b>				Cr	Cr		Cr					Cr
Subsecretaría de Turismo				Cr								Cr
<b>PGJE</b>				Cr	Cr	Cr	Cr					Cr
<b>SSA</b>			Cr	Cr			Cr	Cr	CT	Cr		Cr
Secretaría de Salud			Cr	Cr				Cr	R			Cr
IMSS				Cr			Cr		Cr	Cr		Cr
ISSSTE				Cr			Cr		Cr	Cr		Cr
<b>SEDESOL</b>			Cr	Cr	Cr		Cr	CT		Cr		Cr
Secretaría de Desarrollo Rural			Cr	Cr	Cr			Cr				Cr
Distribuidora e Impulsora Comercial Conasupo, S.A.				Cr				Cr		Cr		
Secretaría de Desarrollo Social Estatal			Cr	Cr	Cr		Cr	R		Cr		Cr
Desarrollo Integral de la Familia			Cr	Cr			R		Cr	Cr		
<b>SECRETARÍA DE FINANZAS</b>			Cr	Cr						Cr		Cr
Secretaría de Administración			Cr	Cr						R		Cr
<b>ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS Y A.C.</b>												



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 bienes	Salud pública	Suministro de provisiones	Vigilancia obras hidráulicas	Evaluación de daños
Universidades				Cr			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

En el presente capítulo se hace una evaluación de riesgo de inundación para lo cual se presentan algunos términos que tienen significado e importancia en el ámbito de diagnóstico de riesgos, en el contexto del Sistema Nacional de Protección Civil en México.

Los conceptos amenaza, riesgo y vulnerabilidad han ido evolucionando en los últimos años de visiones centradas principalmente en el estudio de los fenómenos naturales y físicos hacia su articulación con los sistemas sociales (Aragón-Durand, 2008). Son términos que se han ido precisando, debatiendo e incluso ampliando, sobre todo a partir de los debates y propuestas en torno al cambio climático. De este modo, los fenómenos peligrosos o las amenazas no se conciben solo como de origen natural sino también asociados a las actividades humanas y se define de la siguiente manera:

**Peligro o Amenaza (P):** Se definen como la probabilidad de que ocurra un fenómeno de cierta intensidad (natural o humano), en un lugar específico y durante un periodo de tiempo determinado. Se han clasificado en tres tipos (CISP-CRIC-TN, 2005).

- **Amenazas o peligros naturales.** Efectos propios de la dinámica de la naturaleza y en su ocurrencia no hay responsabilidad de los seres humanos y, por tanto, la sociedad no está en capacidad práctica de evitar que se produzcan. En el caso de las amenazas hidrometeorológicas están los huracanes, las tormentas tropicales, los tornados, granizadas, sequías, inundaciones, etc.
- **Amenazas o peligros socio-naturales:** Se trata de amenazas aparentemente naturales tales como inundaciones, sequías o deslizamientos pero que en algunos casos son provocadas por la deforestación, el manejo inapropiado de los suelos, la desecación de zonas inundables y pantanosas o la construcción de obras de infraestructura sin precauciones ambientales.

- **Amenazas o peligros antrópicos:** Atribuibles a la acción humana sobre el medio ambiente y sobre el entorno físico y social de una comunidad. Ponen en grave peligro la integridad física y la calidad de vida de las personas, por ejemplo la contaminación, el manejo inadecuado de sustancias tóxicas, etc.

El riesgo no existe *per se* sino que se encuentra directamente asociado con el grado de exposición (de una comunidad, un grupo social, una persona) a un peligro o amenaza, ya sea de origen natural, socio-natural o antrópico y se define como:

**Exposición (E).** Se define grado de exposición a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio considerado y que es factible sea dañado por el evento.

**Vulnerabilidad (V).** Es la capacidad de resistencia de diferentes actores o grupos sociales frente a un fenómeno. Esta capacidad (o la falta de ella) determina la vulnerabilidad de un elemento o grupo de elementos expuestos a la amenaza. La vulnerabilidad se expresa como una probabilidad del daño.

**Riesgo (R):** Se refiere a la probabilidad de sufrir consecuencias negativas (daños, pérdidas) de tipo económico, social y ambiental frente a la ocurrencia de un fenómeno peligroso.

P y V son probabilidades, si E puede expresarse en términos monetarios, R resulta igual a la fracción del costo total de los sistemas expuestos que se espera sea afectada por el evento en cuestión.

Debido a la escasez de información es frecuente representar el peligro en términos solamente cuantitativos, como bajo, mediano o alto. Por ello, es conveniente recurrir a una formulación probabilística, como sigue:



La forma más común de representar el carácter probabilístico del fenómeno es en términos de un período de retorno (o de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad. Los estudios para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos se basan principalmente en las estadísticas que se tiene sobre la incidencia de los mismos.

El concepto período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber

transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente y en otro caso 200 años.

En este capítulo se evalúan daños por inundación en zonas habitacionales, donde el peligro o amenaza está en función de la inundación es decir del tirante o profundidad de la inundación, cuya probabilidad de ocurrencia está dado por el periodo de retorno y la vulnerabilidad está dada por el tipo de vivienda (bienes expuestos) y el índice de marginación de la zona inundada.

### 5.1 Evaluación del riesgo preliminar de inundación con información disponible

El riesgo asumido en este Programa está representado de la siguiente manera, Escurder et all (2010):



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 habitacio-

nales 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:

- Delimitación de la zona de inundación.
- Definición de la probabilidad de ocurrencia del evento (inverso del periodo de retorno), para los cuales será evaluado el daño.

- 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.
- Selección de curvas de daño (urbanas, agrícolas, etc.) mismas que relacionan tirante o duración de la inundación con los daños económicos.
- 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.
- Determinación del Daño Anual Esperado (DAE).

$$\overline{DAE} = \sum_i^k D_i \cdot \Delta P_i$$

$$D_i = \frac{D(P_i - 1) + D(P_i)}{2}$$

$$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$$

Donde  $D_i$  es el daño promedio de dos eventos de probabilidad de excedencia  $i$ ,  $\Delta P_i$  es el intervalo de probabilidad entre las probabilidades de excedencia de ambos eventos.

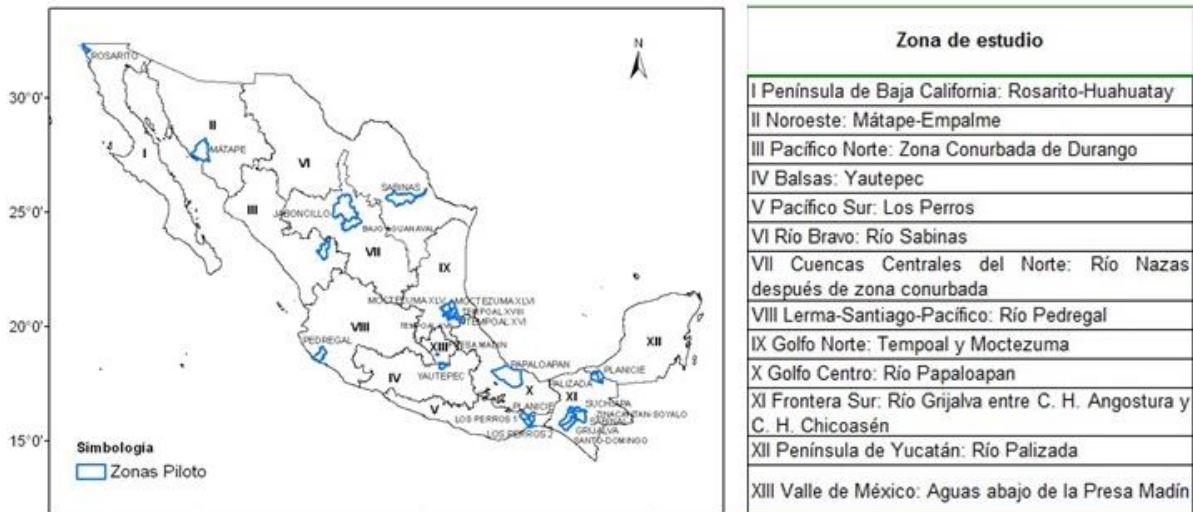
La estimación del riesgo en términos de daños por año resulta importante en la toma de decisiones cuando se presenta la cantidad total del daño esperado considerando más de un evento de inundación, lo que permite construir curvas de daño-probabilidad para una zona o región. De tal manera que el área 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):

## 5.2 Aplicación de la metodología a nivel nacional

Para aplicar la metodología con el procedimiento antes descrito, son necesarios los siguientes insumos:

**Polígono que delimita la zona de inundación.** Es el área donde se estimarán los daños, que corresponde a las zonas piloto por Región Hidrológico Administrativa (figura 5-1).

Figura 5-1 Ubicación espacial de las zonas piloto.



**Modelo digital de elevaciones usado por el ANRI-PC.** Es el continuo de elevaciones escala 1:50,000 del INEGI con una resolu-

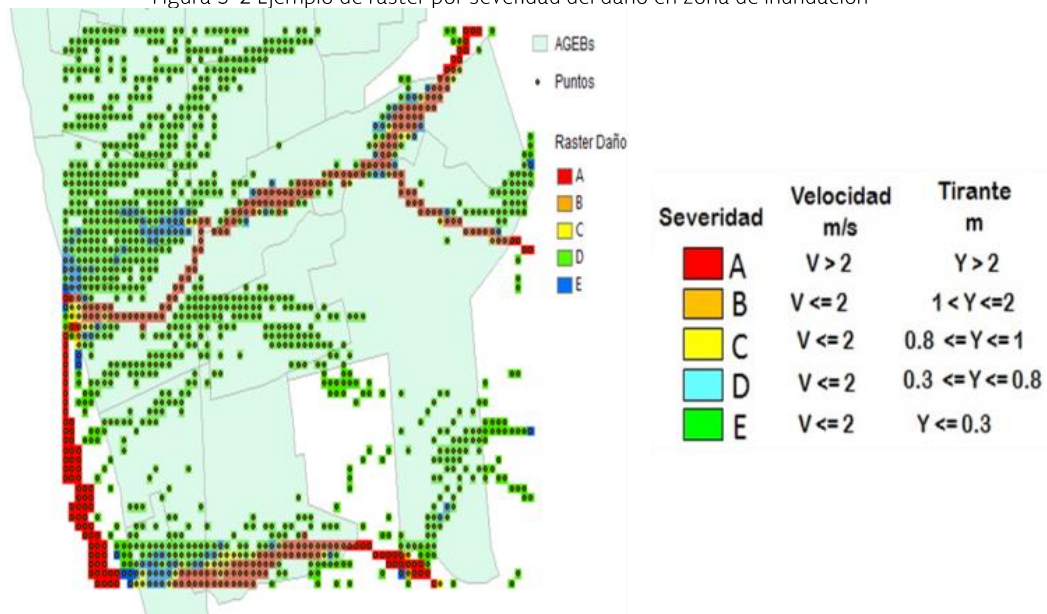
ción de 50 x 50 m y es utilizado para las zonas piloto. El ANRI-PC tiene integrado el modelo SRTM (Shuttle Radar Topography)

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.

**Áreas Geostatísticas Básicas (AGEB).** Constituyen la unidad básica del Marco Geostatístico Nacional, de donde se obtiene el conjunto de índices de marginación existentes en la zona de inundación.

**Tirante, velocidad y severidad de la zona de inundación.** Proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) estimados con base en modelos hidrológicos-hidráulicos en formato raster. La severidad sigue los criterios establecidos en la denominada curva de Dorrigo, con base en la cual se tiene la siguiente clasificación de severidad del daño, asociada a letras y colores (figura 5-2):

Figura 5-2 Ejemplo de raster por severidad del daño en zona de inundación



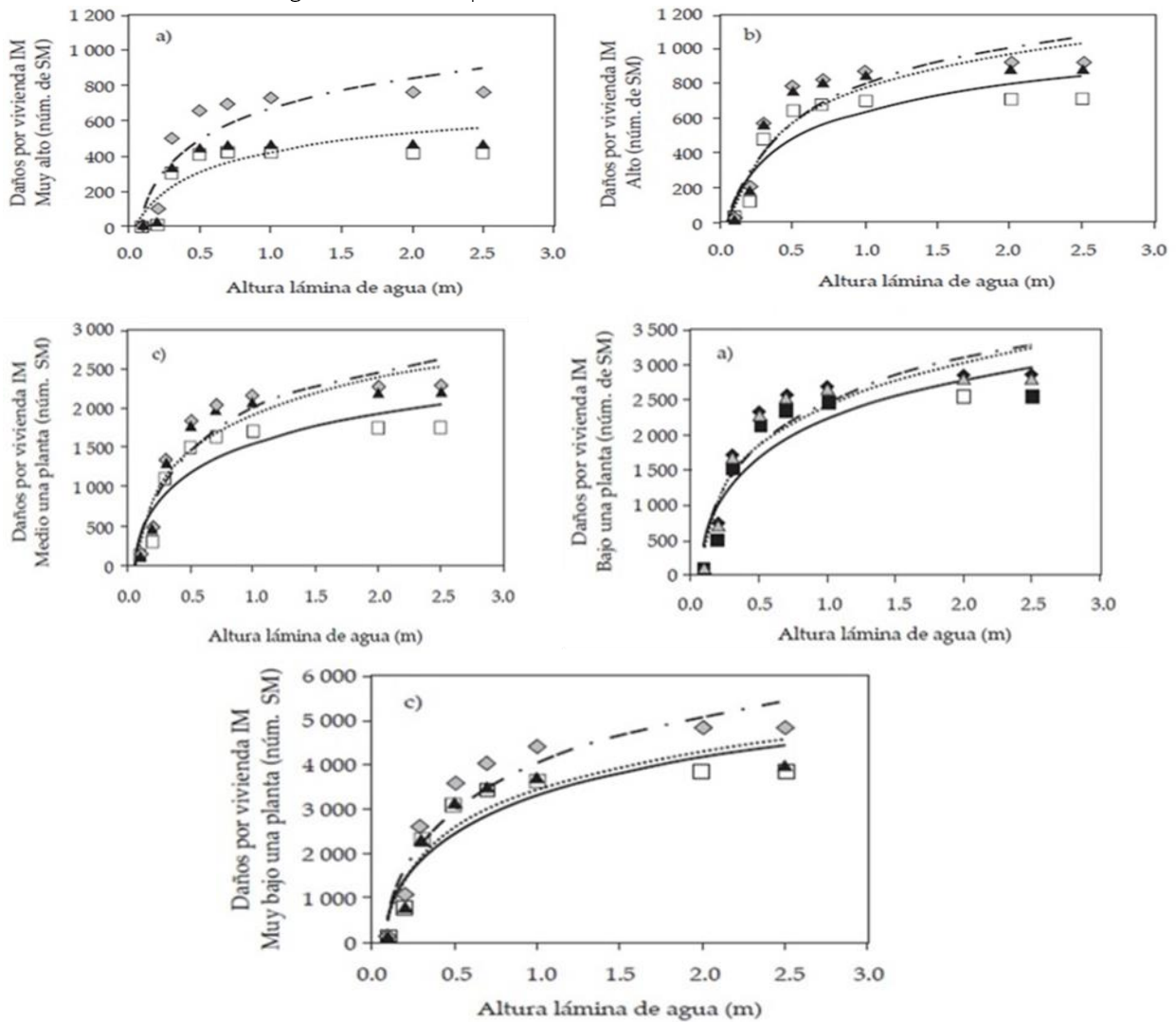
Fuente. Elaborada con información del II-UNAM.

**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 AGEBs 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 5-3).

Figura 5-3 Curvas tipo de daños en zonas habitacionales.



### Cálculo de los daños económicos

Con base en la previa definición del cálculo 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:

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

Dónde:

- 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 piloto, es el número de salarios mínimos multiplicado por el valor actual del salario mínimo. Se obtiene un monto económico de los daños de la zona piloto, 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. El segundo grupo, consiste en separar cada una de las severidades (A, B, C, D, E) de la zona de estudio y estimar el daño para cada severidad. Para este segundo grupo de datos, se calcula también el monto económico del daño estimado por índice de marginación presente en la zona de inundación.

Finalmente, pueden presentarse las condiciones de que la zona de inundación no tenga cruce con AGEB, por lo que se llevará a cabo la estimación considerando información por localidad.

### Estimación del Daño Anual Esperado (DAE)

El Daño Anual Esperado (DAE) se obtiene mediante la fórmula (Meyer et al 2012):

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^k D[i] \times \Delta P_i \quad \bar{d} = \text{Daño Anual Esperado}$$

Con:

$$D[i] = \frac{D(P_i - 1) + D(P_i)}{2}$$

$$D[i] = \text{Daño medio de dos eventos de daño } D[P_1 - i] \text{ and } D[P_i]$$

$$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$$

$\Delta P_i =$  probabilidad del intervalo entre las probabilidades excedentes de dos eventos

En el Anexo VI se describe completamente la metodología seguida para estimar el daño en zonas habitacionales por período de retorno de una zona de inundación, ilustradas con un ejemplo de aplicación, así como su Daño Anual Esperado (DAE).

Para el cálculo de daños 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, para la Región X Golfo Centro con un área inundada estimada en 3.195 km<sup>2</sup> el daño total es de 2,269 millones de pesos.

Tabla 5-1. Daño anual esperado Agroasemex con Tr 40

RHA X	Daños (\$)
Área AGEB en Zona Inundación	3,195,405,861.39
Viviendas	51,577.55
Población	192,763.07
Mínimo	\$1,993,328,083.31
Máximo	\$2,480,597,730.23
Probable	\$2,269,204,290.91

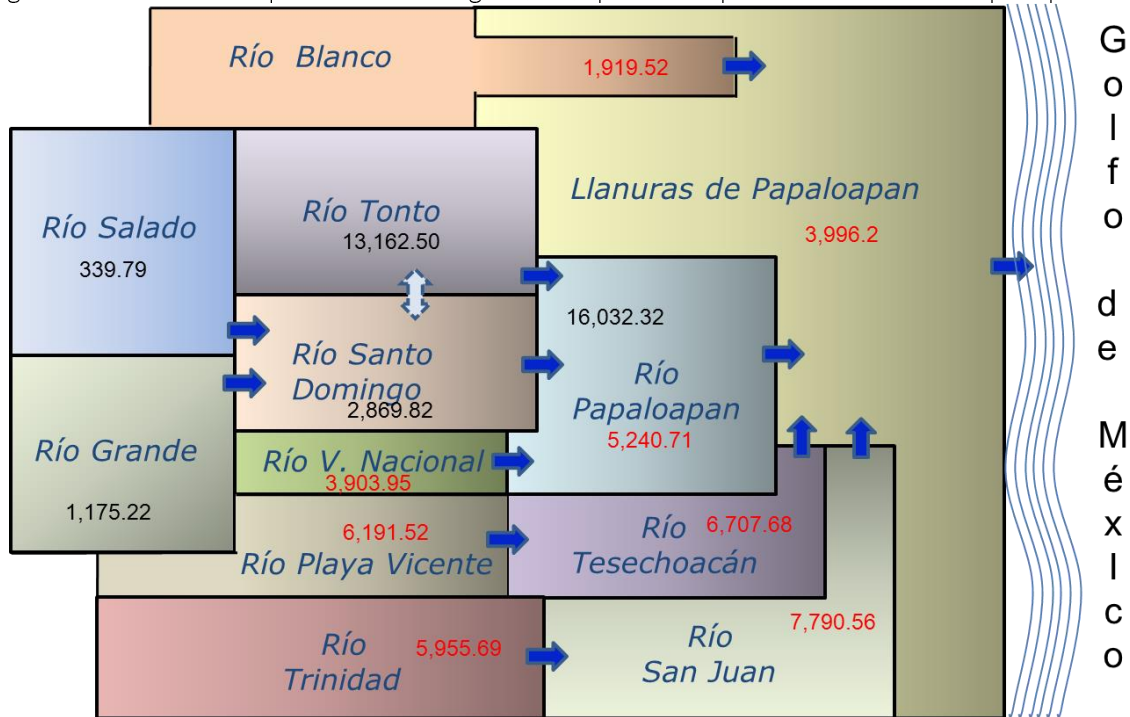
### 5.3 Aplicación de la metodología en la cuenca piloto

Dentro del Programa Nacional Contra Contingencias Hidráulicas, el organismo de cuenca Golfo Centro ha seleccionado una cuenca en específico con el fin de que el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM), implemente modelos matemáticos con el objetivo de conocer los mapas de peligro para un periodo de retorno de 1, 2, 10, 50 y 100 años por inundaciones pluviales y fluviales.

Esta cuenca llamada en adelante “cuenca piloto” se encuentra dentro del consejo de cuenca del Río Papaloapan, sin embargo dentro del estudio no se considera toda la cuenca del río Papaloapan (46 517 km<sup>2</sup>), sino la parte más baja, la zona de las llanuras

de inundación (15 000 km<sup>2</sup>). Con el fin de conocer la problemática de la cuenca piloto, se consultó el estudio de disponibilidad de aguas superficiales de cuencas hidrológicas que forman parte del Papaloapan (OCGC, 2008), y se pudo identificar que dentro de la cuenca se tiene un escurrimiento total no controlado de 25,654.67 hm<sup>3</sup> (61%), proveniente de los ríos Blanco, Valle Nacional, Papaloapan, Playa Vicente, Tesechoacán, Trinidad, San Juan y el propio escurrimiento de las llanuras del Papaloapan, el escurrimiento generado por cada río se muestra en la siguiente figura, el escurrimiento controlado se encuentra en números de color negro mientras que los escurrimientos no controlados se presentan en color rojo. Los ríos Salgado, Tonto, Grande y Santo Domingo, se encuentran controlados por las presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán (flecha bidireccional color blanco, figura 5-4).

Figura 5-4. Escurrimiento por cuenca hidrológica (hm<sup>3</sup>) que forman parte de la cuenca del Papaloapan



Fuente: OCGC, 2008

Una vez identificado el tamaño en la problemática de escurrimiento dentro de la cuenca, se identificaron las obras de protec-

ción y estaciones hidrométricas presentes en la cuenca piloto así como su situación actual, mediante el INOPCI y la información propor-



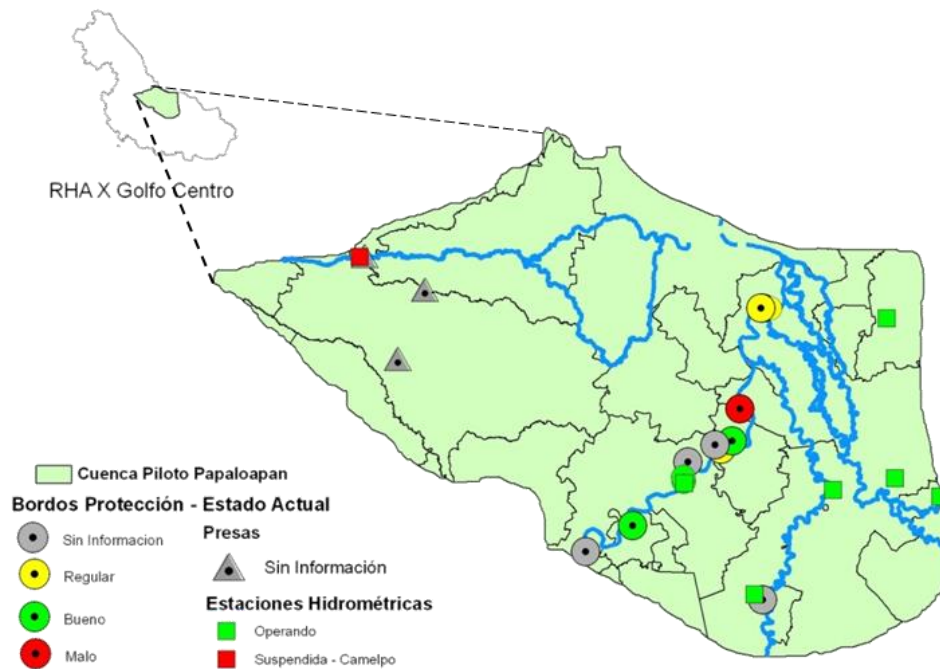
cionada por organismo de cuenca. Se lograron reconocer las siguientes tres presas, La Cebadilla II (Almacenamiento), Otapa (Derivadora) y Camelpo (Derivadora), esta última localizada en el río Blanco, como se mencionó antes no se tiene información acerca de su funcionamiento.

En cuanto a las estaciones hidrométricas, se identificaron solo siete dentro de la cuenca; Azueta (Río Tesechoacán), Lauchapan, (Río San Juan), Garro (Río Tesechoacán), Chacaltianguis (Río Papaloapan), La Ceibilla (Río San Juan), Ángel R. Cabada (Río Tecolapa) y

Camelpo (Río Blanco), de las cuales se encuentran operando las seis primeras mientras que la última, localizada en el río Blanco se encuentra suspendida por retiro de personal.

Los trece bordos de protección localizados en la cuenca piloto, cuatro de ellos se encuentran en estado regular, cuatro en buen estado, cuatro no se tiene información y solo uno localizado en la localidad de Amatitlán, se encuentra en mal estado, presentando erosión causada por el río y algunos tramos colapsados (Figura 5-5).

Figura 5-5. Cuenca Piloto Obras de protección – Estado Actual

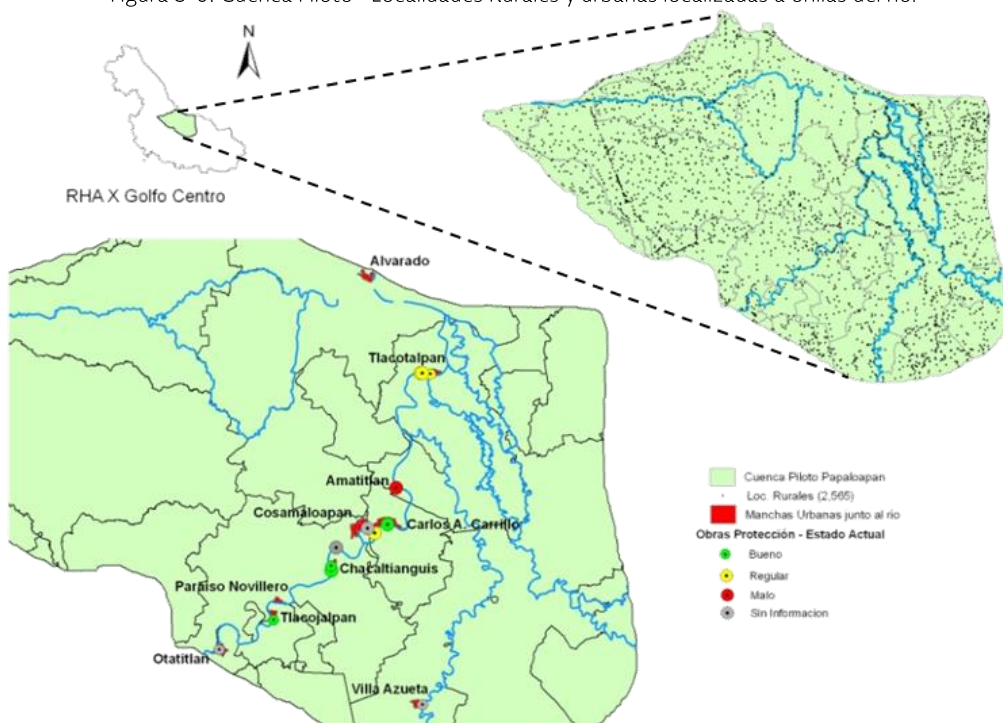


Fuente: IMTA, con información del INOPCI y OCGC.

En cuanto a la población localizada en esta cuenca se identificaron un total de 540 857 habitantes y un total de 2 594 localidades urbanas y rurales. El total de localidades rurales (< 2500 habitantes) dentro de la cuenca piloto es de 2 565 y tan solo 29 localidades urbanas (> 2500 habitantes). De las localidades urbanas presentes en la cuenca, se identificaron nueve localizadas a orillas del río Papaloapan (Alvarado, Tlacotalpan, Amatitlán, Cosamaloapan, Car-

los A. Carrillo, Chacaltianguis, Paraíso Novillero, Tlacojalpan y Otatitlan), y una a orillas del río Tesechoacán (Villa Azueta). El total de la población localizada a orillas del río Papaloapan es de 95 881 habitantes mientras que la población localizada a orillas del río Tesechoacán es de 6 754 habitantes, dando como resultado 102 635 habitantes con riesgo de inundación dentro de la cuenca piloto (Figura 5-6).

Figura 5-6. Cuenca Piloto - Localidades Rurales y urbanas localizadas a orillas del rio.

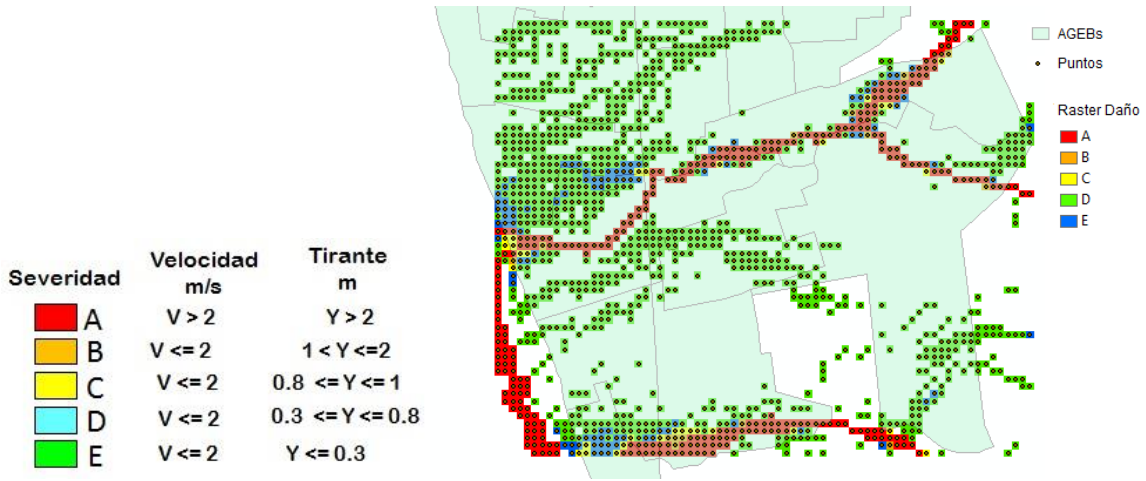


Fuente: IMTA, con información de INEGI, 2010

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

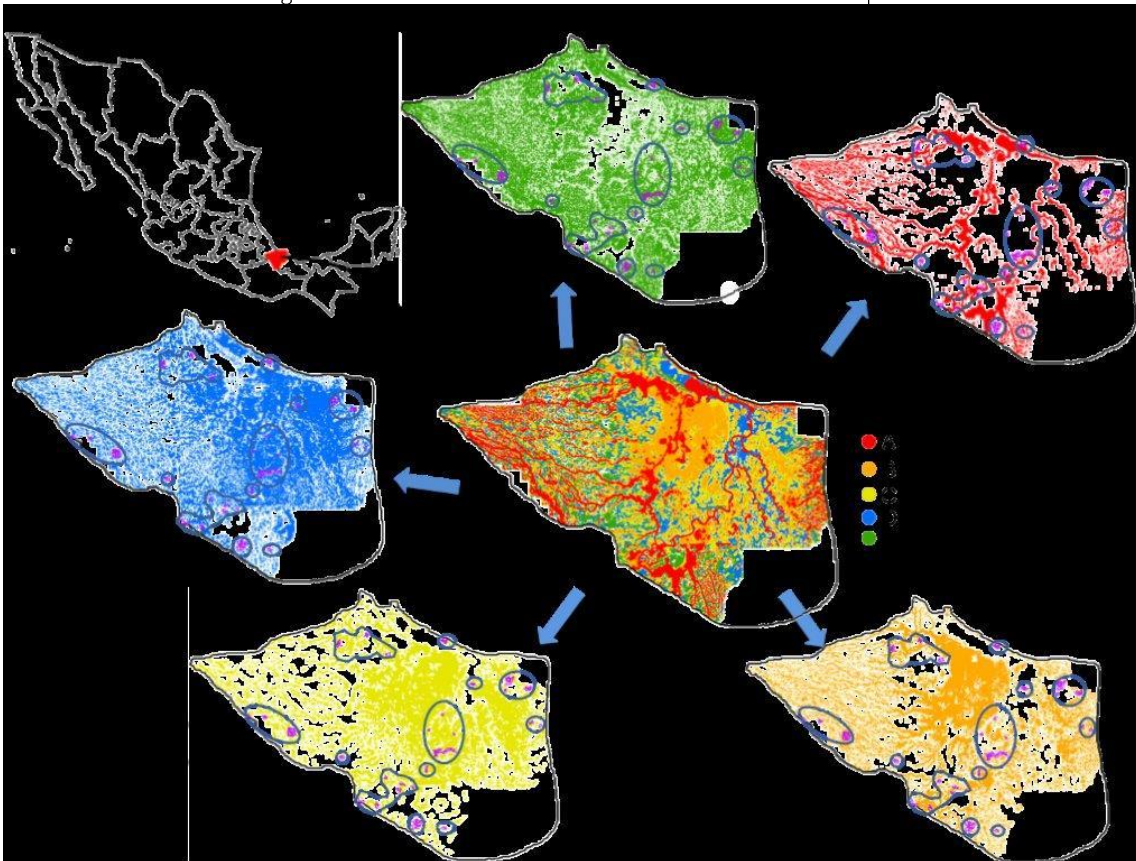
- El polígono que delimita la zona de inundación corresponde a la zona piloto.
- Es importante señalar que en caso de encontrar zonas de inundación que no crucen con AGEB, se llevará a cabo la estimación considerando información a nivel localidad.
- El tirante, velocidad y severidad de la zona de inundación son proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) estimados con base en modelos hidrológicos-hidráulicos en formato raster. La severidad 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 5-7. Ejemplo de raster por severidad del daño en zona de inundación



Fuente. Elaborada con información del II-UNAM.

Figura 5-8Cruce de AGEB's con raster de severidad de la zona piloto



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 severi-

dades (A, B, C, D, E) para estimar el daño por severidad. Para este segundo grupo, se calcula también el monto económico del daño estimado por índice de marginación presente en la zona de inundación.

### Estimación del Daño Anual Esperado (DAE).

El DAE para la cuenca piloto resulta del orden de \$500 millones y su distribución por severidad se muestra en la tabla 5-2. Además, se han estimado 470,097 habitantes en riesgo. Las probabilidades consideradas en el DAE son 1/2, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100.

Tabla 5-2. Daños y habitantes en riesgo, por severidades

Concepto	Severidad f (velocidad y altura de agua)					Total
	A: Rojo	B: Naranja	C: Amarillo	D: Azul	E: Verde	
Habitantes en riesgo	16,581.00	38,842.00	17,316.00	213,719.00	146,363.00	470,097.00
Daños (\$)	41,313,283.0	76,270,630.0	24,143,009.2	246,482,840.2	111,075,365.7	499,285,128.1

## 6 Propuesta de medidas para disminuir los daños

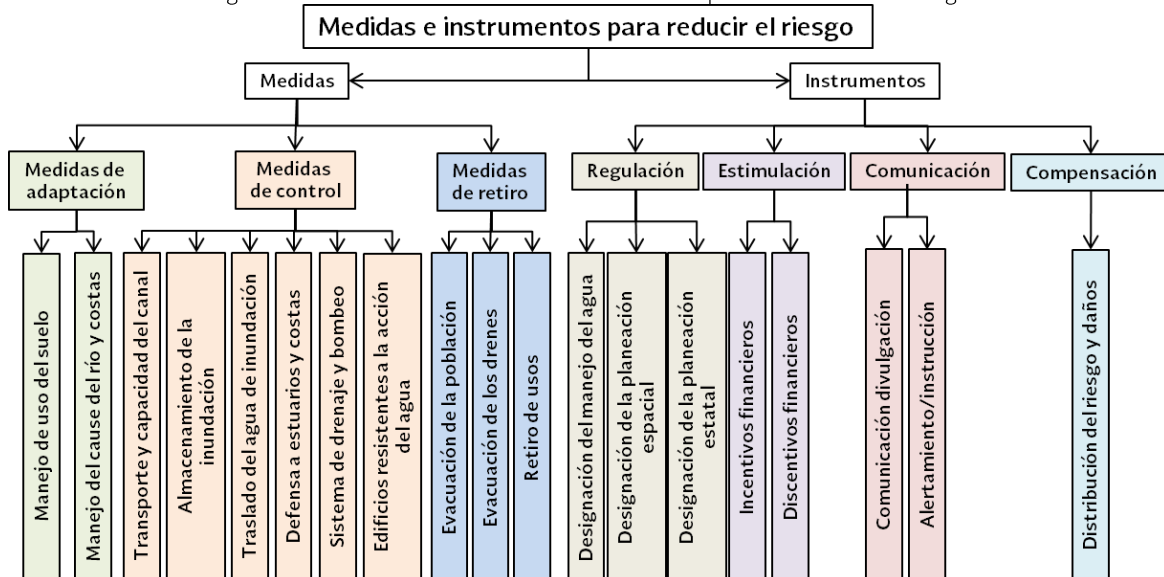
La problemática que prevalece en la en la RHA X GC fue identificada en el diagnóstico (Capítulo IV). Las medidas para mitigar el riesgo incluyen medidas estructurales y no estructurales. En Schanze J. et al (2008) se define a las medidas estructurales (MS) como intervenciones basadas en obras de ingeniería 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).

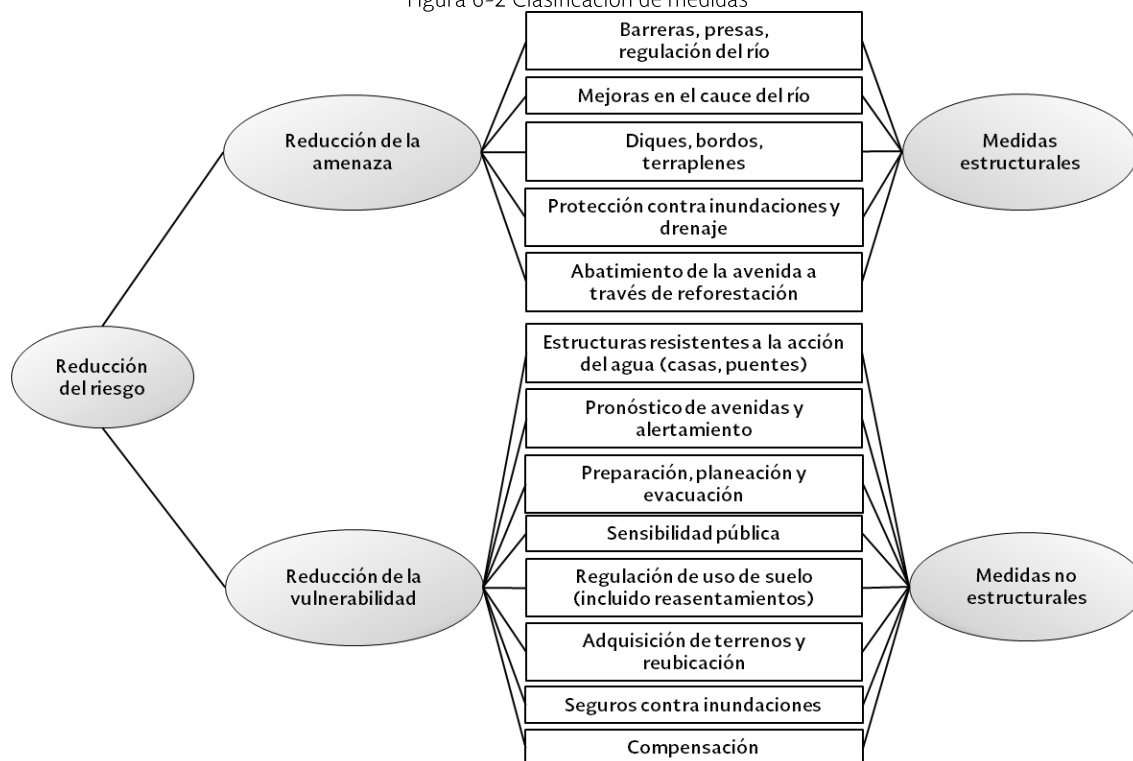
A continuación se presentan dos diagramas de clasificación de medidas, en donde se observa, por un lado la diferencia de nombrar a las MNS como instrumentos.

Figura 6-1 Clasificación de medidas e instrumentos para la reducción del riesgo



Fuente: Schanze J. et al (2008))

Figura 6-2 Clasificación de medidas



Fuente: Schanze J. et al (2008)

## 6.1 Medidas estructurales

Las medidas estructurales se refieren a la intervención física mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería. Los eventos de remoción en masa tienen la ventaja de que pueden ser intervenidos directamente; por lo cual es factible la reducción de la amenaza y la reducción de la vulnerabilidad. Intervención directa de la amenaza o vulnerabilidad para impedir la ocurrencia del fenómeno o controlar los efectos del mismo. En la zona piloto la cuenca del río Papaloapan, se ha construido infraestructura de control de avenidas y drenaje pluvial como bordos de protección, sobreelevación de los mismos, muros de protección y estabilización de taludes.

### 6.1.1 Obras de control de avenidas y drenaje pluvial

Las obras realizadas fueron para atender las inundaciones ocasionadas por los fenómenos meteorológicos de los últimos años, en particular las ocasionadas por la tormenta tropical Matthew en 2010. En este año en 2011 se realizaron inversiones del orden de los \$66 millones en proyectos ejecutivos, solo en esta cuenca (Tabla 6-1). En ese mismo año los proyectos construidos fueron por un monto de \$ 634 millones, (Tabla 6-2).

Tabla 6-1. Inversión de proyectos ejecutivos.

Proyecto	Municipio	Monto contratado (mdp)	Avance físico (%)
Proyecto ejecutivo del bordo de protección margen izquierda del río Tesechoacán y la autopista Cosamaloapan-Acayucan	José Azueta	\$ 1.15	100
Proyecto ejecutivo de la construcción del muro de contención y estabilización de la margen izquierda del río Tesechoacán localidad de Tesechoacán	José Azueta	\$ 1.08	100
Proyecto ejecutivo de la sobreelevación del bordo en la margen izquierda del río Papaloapan, en la localidad de San Gerónimo	Tlacotalpan	\$ 0.78	100
Proyecto ejecutivo de la reconstrucción y sobreelevación del bordo en la margen izquierda del río Papaloapan en las localidades de Acula y La Guadalupe	Tlacotalpan	\$ 1.69	100
Proyecto ejecutivo de la limpieza y desazolve del dren colector del DTT 003 Tesechoacán y ampliación de las obras de protección sobre la margen izquierda del río Las Margaritas	Carlos A. Carrillo, José Azueta, Chacaltianguis y Catemaco	\$ 3.62	87
Proyecto ejecutivo de la limpieza y desazolve en el río San Agustín y río Papaloapan	Tlacotalpan	\$ 2.73	100
Proyectos ejecutivos de obras de protección en el río Papaloapan en la localidad de Paso Nacional, Paraíso Novillero, Paso Chacaltianguis y San Francisco Oyosontle.	Alvarado y Cosamaloapan	\$ 3.35	100
Estudio de nivelación y bancos en los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos		\$ 15.97	36
Estudio topográfico en los ríos Papaloapan, Obispo, San Juan Evangelista y Tesechoacán.		\$ 11.64	31
Proyecto ejecutivo de las obras de estabilización y ampliación de la protección en la margen derecha del río Papaloapan en la localidad de Chacaltianguis	Chacaltianguis	\$ 1.55	100
Proyecto ejecutivo de las obras de estabilización de la protección en el río Papaloapan en la localidad de Playa Vaca, Venustiano Carranza y Carlos A. Carrillo	Cosamaloapan y Carlos A. Carrillo	\$ 2.66	100
Proyecto ejecutivo de las obras de estabilización de la margen izquierda del río Papaloapan en la localidad de Amatitlán, en la margen derecha en la localidad de Ambrosio Alcalde y en el río Tesechoacán en la margen izquierda en las localidades de Curazao, Las Cadenas y Villa Azueta	José Azueta	\$ 3.42	99
Proyecto ejecutivo de las obras de estabilización en la margen derecha del río Papaloapan en la localidad de Tomo Largo y en la margen izquierda de El Saladero.	Chacaltianguis y Cosamaloapan	\$ 1.51	100
Proyecto ejecutivo de las obras de reconstrucción y estabilización en la margen izquierda del río Papaloapan en la localidad de Conejo Blanco.	Tlacotalpan	\$ 0.72	100
Proyecto ejecutivo de las obras de reconstrucción y estabilización en la margen derecha del río Papaloapan en la localidad de Linda Vista y en la margen	Alvarado	\$ 2.76	100