

PROGRAMA NACIONAL CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS
REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA IX GOLFO NORTE

Instituciones	Artículos	Atribuciones
		extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
Cruz Roja Mexicana (Internacional y Federal)	2. 8	Decreto presidencial del 21 de febrero de 1910, en su estatuto, artículo 2 inciso 8) el de proponer a mejorar la salud, prevenir las enfermedades y aliviar los sufrimientos espirituales y corporales, desarrollando al efecto toda acción humanitaria tendiente a estos fines, de acuerdo con sus posibilidades, las leyes y demás disposiciones legales vigentes en el país. La Cruz Roja debe considerar como auxiliar de los poderes públicos, la conformidad con el Convenio de Ginebra del 6 de julio de 1908, con el decreto firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el 21 de febrero de 1910.
Bomberos	3FVI	Señala que por auxilio se entenderá a las acciones destinadas primordialmente a salvaguardar la vida de las personas, sus bienes y la planta productiva y a preservar los servicios públicos y el medio ambiente, ante la presencia de un agente destructivo, en donde los agentes destructivos son los fenómenos de carácter hidrometeorológico que puede producir riego, emergencias o desastres. Para efectos de la presente Ley que nos ocupa, los cuerpos de seguridad pública en los Estados de la República Mexicana, por lo general son: Policía Preventiva Estatal, Protección civil y Bomberos, ya que estos están adheridos al Sistema Nacional de Protección Civil, independientemente de su normatividad estatal.



3 Caracterización de la region hidrologica administrativa

La **Región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte** (RHA IX GN) se localiza en zona noreste del país, en la vertiente del Golfo de México, comprende parte de los estados de Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Se caracteriza por un relieve que va de las zonas planas y de lomeríos suaves en la planicie costera, hasta las serranías de gran altitud y pendiente abrupta de la Sierra Madre Oriental. Es una de las regiones más heterogéneas en cuanto a disponibilidad de agua, ya que cuenta con cuatro subregiones hidrológicas que van desde muy húmeda como es la cuenca del río Pánuco hasta relativamente seca como es el Salado

La RHA IX GN colinda al norte con la RHA VI Rio Bravo, al oeste con la RHA VII Cuencas Centrales del Norte, al suroeste con la RHA VIII Lerma Santiago Pacifico y al sur con las RHAs XIII y X (Valle de México y Golfo Centro, respectivamente). La RHA IX GN, está ubicada entre las coordenadas geográficas 19°50' y 25°28' de latitud norte y 97°16' y 101°36' de longitud oeste. Administrativamente está integrado por 148 municipios: 2 en el estado de Guanajuato, 40 en Hidalgo, 14 en Querétaro, 36 en San Luis Potosí, 33 en Tamaulipas y 23 en Veracruz. Cuenta con una extensión territorial total de

125,793.76 km², que representa 6.4% del territorio de la República Mexicana. Territorialmente el estado de Tamaulipas es el más importante en la RHA IX, representa el 49% de la superficie total, le siguen en importancia el estado de San Luis Potosí con el 21.5% y Veracruz de Ignacio de la Llave con el 10.4%. Los Estados de Querétaro e Hidalgo siguen en menor proporción y Guanajuato sólo con una pequeña parte de su extensión.

Para efectos de planeación, la Región ha sido dividida en cuatro Subregiones hidrológicas: San Fernando, Soto La Marina, Pánuco y El Salado. Existen un total de 122 cuencas hidrológicas publicadas en el Diario Oficial de la Federación (Conagua-GASIR).

El Organismo de Cuenca Golfo Norte (OCGN) instaló dos consejos de cuenca el 26 de agosto de 1999 en la RHA, en los que se apoya para lograr un mejor manejo del agua:

- Consejo de Cuenca del río Pánuco, que atiende una superficie de 79,287 km².
- Consejo de Cuenca de los ríos San Fernando-Soto La Marina, responsable de una superficie de 41,164.54 km².

El resto de la extensión de la RHA IX GN incluye una parte de la subregión El Salado, con una superficie de 5,341.64 km², perteneciente al Consejo de Cuenca del Altiplano.

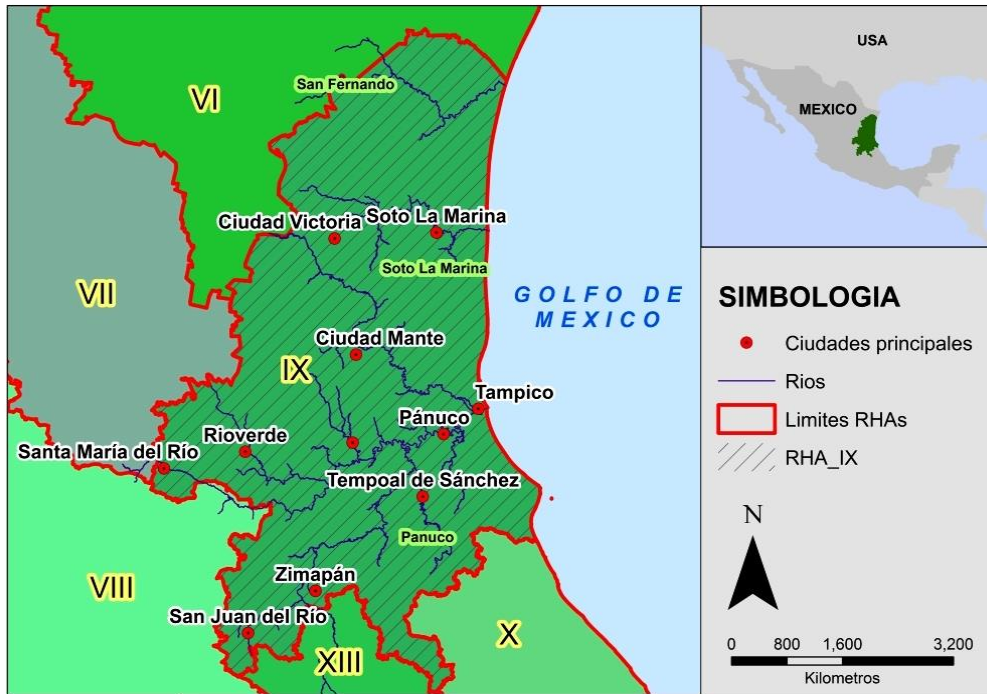


Figura 4. Ubicación de la RHA IX



Figura 5. Cuencas hidrológicas publicadas en el DOF (Conagua-GASIR)

3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

Por su situación geográfica, la RHA IX Golfo Norte es frecuentemente afectada por fenómenos meteorológicos de tipo ciclónicos que producen precipitaciones de gran intensidad, las cuales originan escurrimientos extraordinarios que por lo general rebasan la capacidad de los cauces en la parte baja de la cuenca, los que al desbordarse provocan inundaciones de las llanuras adyacentes, afectando grandes extensiones de zonas destinadas a la producción agrícola, pecuaria, industrial, a vías de comunicación, así como a las áreas urbanas

Las inundaciones que se presentan con mayor frecuencia son las de tipo fluvial, debido a la existencia de varios ríos de importancia que, al no tener la suficiente capacidad de conducción ante las avenidas extraordinarias, terminan desbordándose, causando graves problemas en las zonas cercanas a su cauce. Este problema se hace mayor, al tomar en cuenta la gran cantidad de localidades que se encuentran localizadas en las cercanías de estos ríos.

Además de las inundaciones de tipo fluvial, las de tipo pluvial también suelen presentarse con cierta frecuencia en la región, sobre todo en localidades urbanas donde el drenaje es insuficiente. Las causas generadoras de inundaciones en el Organismo de Cuenca son: las lluvias intensas y ciclones tropicales que se llegan a presentar durante los meses de mayo a septiembre. En las últimas décadas, con el aumento de las áreas urbanizadas, se han vuelto más evidentes los daños potenciales que pueden provocar los huracanes, en grandes áreas de concentración poblacional, principalmente a los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad, medios de comunicación y vías de transporte.

La CONAGUA implementó El Programa Nacional para el Control de Avenidas y la Prevención de Daños por Inundaciones, el cual establece el mejoramiento de las condiciones de seguridad para un número importante de habitantes y de hectáreas, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica, el desalojo de las zonas federales urbanas invadidas y con riesgos de inundación, así como la modernización de los sistemas de observación y registro de fenómenos meteorológicos e hidrológico.

A continuación se presentan los resultados que se derivan de la metodología propuesta por Agroasemex, la cual es una herramienta sencilla y económica, con aplicación en todo el país, que permite estimar en forma preliminar los sitios susceptibles de ser inundados, ya que la información necesaria para generar los escenarios, está al alcance y disponibilidad de las instituciones. Actualmente la metodología del Índice de Inundación se ha aplicado a todo el territorio nacional, pero cabe aclarar que es necesario calibrar aún algunas regiones hidrológicas, además de que se sugiere que las instituciones (municipales, estatales y federales) lo tomen en cuenta para una primera toma de decisiones en lo que respecta al ordenamiento territorial para evitar autorizar la construcción y desarrollo de zonas habitacionales y de infraestructura en lugares susceptibles de sufrir inundaciones.

Uno de los problemas principales en la RHA IX GN está relacionado con la vulnerabilidad ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estos problemas han propiciado la conformación de programas de desarrollo en la cuenca del río Pánuco, conocida también como las Huastecas. Dicho programa incluye, entre otros objetivos el control de avenidas en el río Pánuco y sus afluentes y la disminución de daños por inundaciones. De acuerdo con Agroasemex, el área potencial inundable es de 11,674 km², dicha área se muestra en la siguiente Figura.

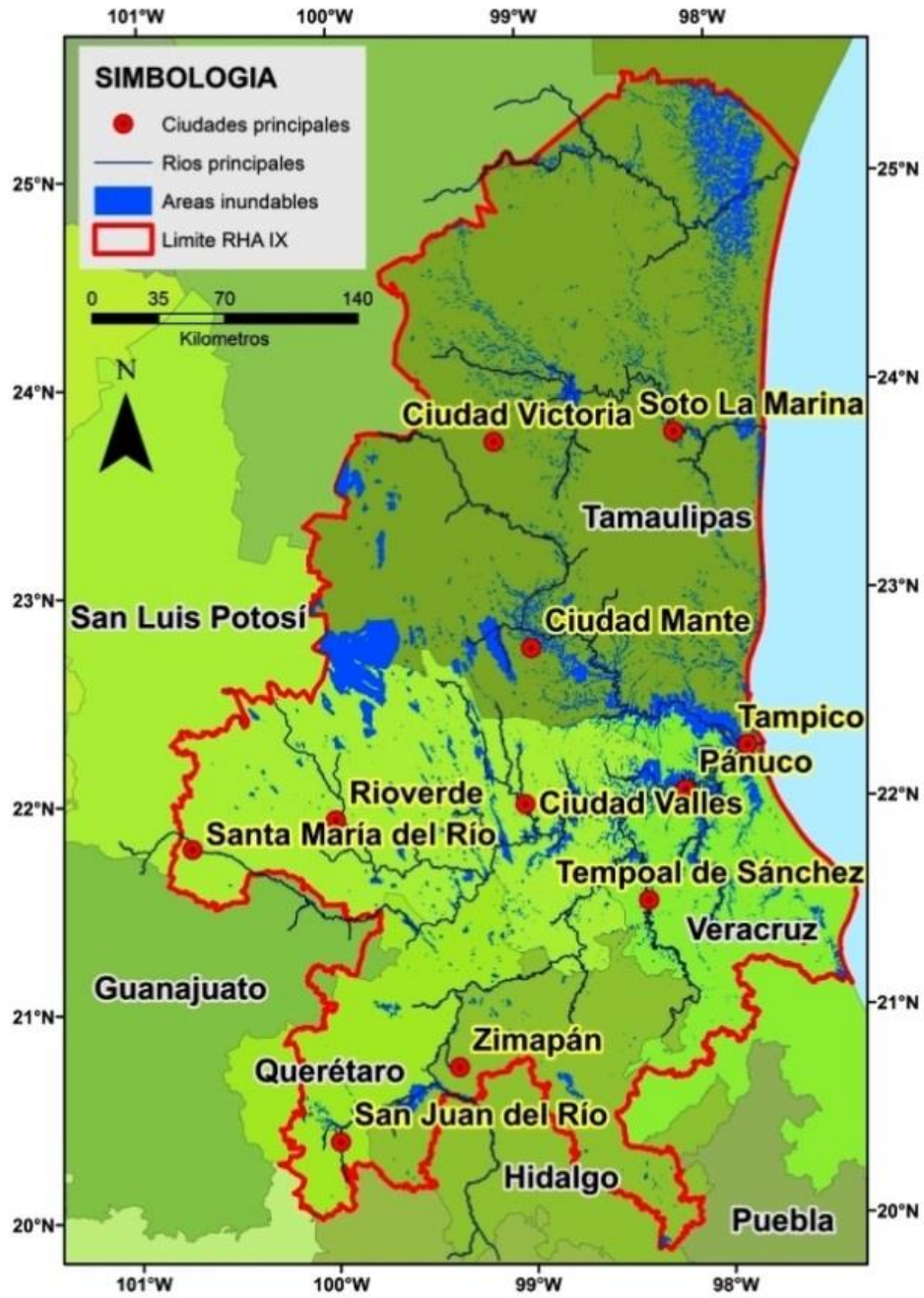


Figura 6. Zonas potencialmente inundables (Agroasemex)

3.2 Aspectos sociales y económicos

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la población total de la RHA IX GN es de 4,982,167 habitantes, que representan 4.44% del total del país. La población rural de la región representa 48% de la población total, el restante 52% se ubica en zonas urbanas. Las principales localidades urbanas son Ciudad Victoria (305,155 habi-

tantes), Tampico (297,284 habitantes), Ciudad Madero (197,216 habitantes) y Ciudad Valles (124,644 habitantes). Sin embargo, los habitantes conurbados de Tampico, Madero, Miramar y Altamira, conforman el centro urbano más grande de la región, con aproximadamente 700,000 habitantes. De la población total en la región, 48.89% son hombres y 51.11%, mujeres.

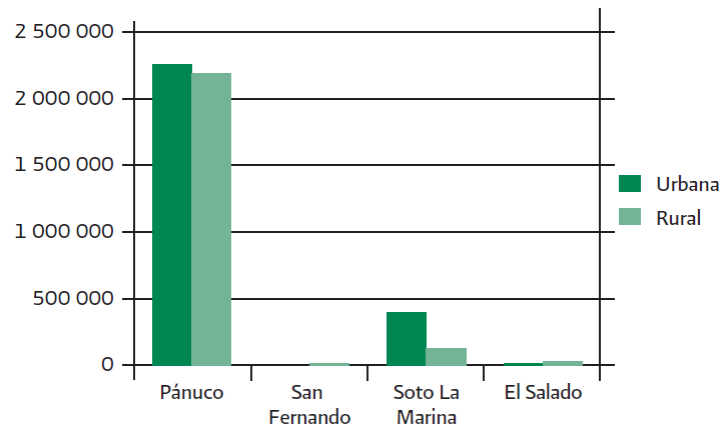


Figura 7. Población rural y urbana en la RHA IX Golfo Norte

La población indígena suma 864,362 habitantes. Hay 12 de 49 municipios con más de 20,000 habitantes indígenas que representan 55% en la RHA IX GN, todos ellos en la cuenca del Pánuco; de esos 12 municipios, 6 están en San Luis Potosí (Tamazunchale, Aquisimón, Xilitla, Axtla de Terrazas, Matlapa y Ciudad Valles), cuatro en Hidalgo (Huejutla de Reyes, San Felipe Orizatlán, Tlanchinol y Huautla) y dos en Veracruz (Tantoyuca y Chicontepec).

En cuanto al índice de marginación —que mide las privaciones y carencias de la población relacionadas con las necesidades básicas establecidas como derechos constitucionales—, desarrollado por el Conapo, muestra que la región del Pánuco en San Luis Potosí tiene el mayor número de localidades con muy alta marginación (837).

Los altos porcentajes de carencias en cuanto a educación, baja cobertura de servicios bá-

sicos y poco acceso a seguridad social son los factores que delimitan el desarrollo. El acceso a los servicios básicos en las viviendas indígenas es como sigue: 73.06% tiene piso de tierra, lo que equivale a 110,850 viviendas; 35.92% dispone de agua entubada (60,583 viviendas); 82.95% cuenta con servicio sanitario (139,894 viviendas); 71.88% tiene energía eléctrica (121,222 viviendas) y 86.13%, (145,253 viviendas) cocinan con leña o carbón. Por otra parte, San Luis Potosí cuenta con el menor porcentaje de viviendas que disponen de agua entubada (34.27%) y el mayor porcentaje que tiene piso de tierra pertenece a Veracruz (79.06%)

En la Región se presentan fuertes rezagos en los servicios de agua potable y alcantarillado en las localidades rurales (62.0% y 42.9%, respectivamente), mientras que las coberturas en centros urbanos son de 94.4% en agua entubada y 88.8% de alcantarillado.

3.3 Hidrografía y climas

En la RHA IX GN la precipitación media anual es del orden de los 850 mm, aunque llega a sobrepasar los 2,000 mm en la zona conocida como La Huasteca, y a ser inferior a 400 mm en las cuencas de los ríos Verde, Moctezuma, San Fernando y Salado. El 70% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre y la evaporación potencial es de 1,570 mm/año. Los recursos hidráulicos superficiales de la región están conformados por diversas corrientes que descargan al Golfo de México. La oferta potencial anual global de agua es del orden de 22,000 hm³/año, incluyendo las corrientes de corto desarrollo que descargan directo al mar

15,400 hm³ y la recarga de agua subterránea.

Hidrografía

La conformación territorial de las subcuencas de la RHA IX Golfo Norte se divide particularmente en la RH 25 Río San Fernando – Soto La marina (25 A San Fernando; 25 B Soto La Marina), RH 26 Pánuco (26 A Bajo Pánuco y 26 B Alto Pánuco), RH 37 Salado y RH 27 Norte de Veracruz. Las cuencas de los Ríos San Fernando y Soto La Marina, presentan escurrimiento medio anual del orden de los 1,545 y 2,085 millones de metros cúbicos respectivamente.

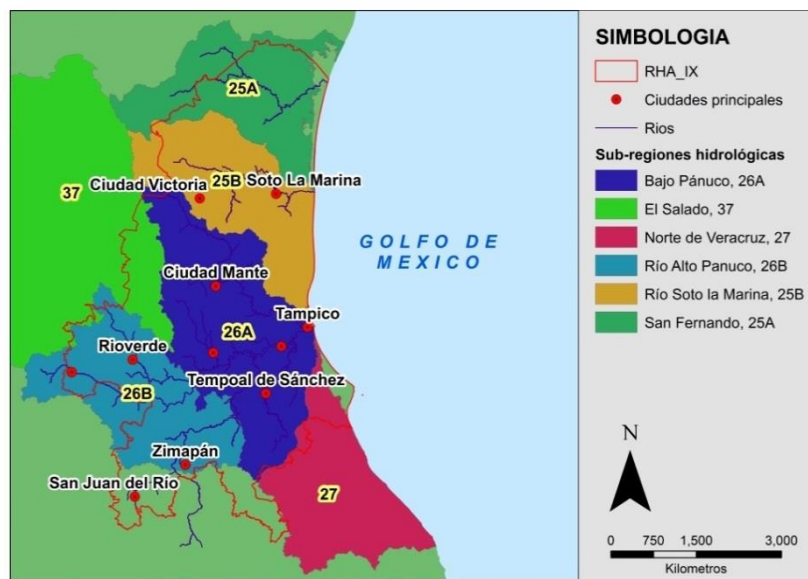


Figura 8. Sub-regiones hidrológicas

Los ríos de nombres Chicayán, Tempoal, Moctezuma, Tampaón y Guayalejo-Tamesí, son los colectores principales y de mayor importancia, afluentes del principal de nombre Pánuco, cuyas avenidas provocan inundaciones sobre algunas de las principales poblaciones del norte de Veracruz (Platón Sánchez, Tantoyuca, Tempoal, El Higo, Pá-

nucu, Tampico Alto, Ver.); y del oriente de San Luis Potosí (Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Xilitla, Cd. Valles, Tamuín, Ébano, Tanquián y San Vicente Tancuayalab, S.L.P.) así como del sur de Tamaulipas (El Mante, González, Altamira, Cd. Madero y Tampico, Tam.).



Figura 9. Ríos principales

Climas

En la RHA se presentan variedad de climas (clasificación de climas de Köppen), que va desde clima semicálido con invierno benigno en la cuenca del río San Fernando, hasta semicálido-subhúmedo con lluvias en verano, en la cuenca del río Soto La Marina. En la cuenca del río Pánuco varía desde semiseco hasta templado subhúmedo con lluvias en verano. En la Figura se puede observar que los climas más predominantes son el Templado Subhúmedo y Cálido Subhúmedo, presentándose con mayor relevancia en la costa.

3.1 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

En las últimas décadas la importancia de la geomorfología como base para comprender y valorar espacios naturales ha ido en aumento (Thorndycraft et al., 2008). Desde unas concepciones de *naturalidad* referidas casi exclusivamente a las condiciones de la biota, la inmersión de la geomorfología ha

supuesto un sustancial cambio en términos de procesos y relaciones entre componentes naturales abióticos y bióticos (Newson, 2002). Esta mayor concienciación en el valor geomorfológico y la necesidad de efectuar estudios que profundicen en la relación entre los distintos componentes del medio natural y humano, han llevado a que la gestión de sistemas hídricos comience a estar necesitada de clasificaciones hidro-geomorfológicas que ayuden en la comprensión del funcionamiento de un río, hecho que se percibe con el notorio aumento de normativas, estudios y pautas que orienten en la tarea (Newson y Large, 2006).

Los ríos tradicionalmente han sido clasificados y gestionados en función de caracteres hidrológicos y biológicos, quedando relegados a un segundo plano los cauces, tanto su génesis, dinámica o repercusiones como sostén, precisamente, de la componente biológica. Es por ello que consideramos que el conocimiento de la dinámica natural de los sistemas fluviales debe situarse a la cabeza en la ordenación y tratamiento de la problemática ambiental. En este sentido, desde Europa se está implementando la Directiva

Marco del Agua (2000/60/CE), siendo la valoración hidro-geomorfológica uno de sus puntos clave para la determinación del estado de los sistemas fluviales y para la búsqueda de soluciones. Algunas obras de referencia, como las de Thorne et al. (1997), *Commision of the European Communities* (2002), Sear et al. (2003), Kondolf y Piégay (2003), Downs y Gregory (2004), Brierley y Friyrs (2005) o Malavoi y Bravard (2010) han surgido en esta línea, constituyendo la base conceptual y argumental sobre la que se asienta este trabajo. El notable incremento durante los últimos años de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) como técnica de análisis, ha servido para concebir un nuevo enfoque y un nuevo marco metodológico en la praxis de las ciencias ambientales.

Aunado a lo importante de los volúmenes que escurren y a las pendientes altas del suelo, las lluvias pueden generar avenidas fluviales que bajan con gran velocidad de las partes altas a las partes bajas en las cuencas, en donde se encuentran con corrientes azolvadas u obstruidas por basura, o por las construcciones que los habitantes desarrollan en zonas aledañas a barrancas, ríos y

arroyos. En efecto, la deficiente planeación del desarrollo urbano y muchos otros factores han generado un crecimiento desordenado de las manchas urbanas, con invasiones a zonas federales y corrientes, que aumentan el riesgo de afectación por inundaciones a la población de la región.

Hipsobatimetria

La RHA IX cuenta con ocho rangos del relieve hipsobatimétrico que van desde el rango cero (0 a 200 msnm), hasta el rango siete (zonas que alcanzan la cota 3,500 msnm). En la región predominan las pendientes suavemente inclinada y pendientes planas, las clases de roca que conforman la zona, es dominada por rocas sedimentarias, luego en similar proporción las rocas metamórficas e ígnea extrusiva y en menor proporción las rocas ígneas intrusivas, la edafología de la región está conformada principalmente por Luvisol, Vertisol y Podzoles, los cuales cubren el 72% de la región, los suelos con menor presencia en la región son: Acrisol, Durisoles, Ferralsoles, Planosol y Ranker, que alcanzan menos del 1 %.

3.2 Inundaciones históricas relevantes

Geográficamente, el **Organismo de Cuenca Golfo Norte**, se ubica en la zona de influencia de la trayectoria de ciclones, principalmente los municipios ubicados en la costa del Golfo de México. Por tal motivo, existen grandes riesgos para zonas susceptibles de ser afectadas por la acción de vientos fuertes y lluvias extraordinarias. La zona de Tamaulipas que comprende la Región Hidrológica Número 25 (río San Fernando y río Soto la Marina) tiene un periodo de recurrencia de impactos de huracán de **1.48 años** en promedio, dentro de la clasificación del Servicio Meteorológico Nacional con este periodo de recurrencia se puede colocar como zona de alto riesgo de impacto de Ciclones.

Debido a su ubicación geográfica históricamente el Estado de Tamaulipas y el Norte de Veracruz se han visto afectados por el impacto fenómenos hidrometeorológicos que han provocado la pérdida de vidas humanas y afectaciones importantes a la infraestructura carretera, agrícola, eléctrica y de agua potable, etc., especialmente por el arribo e impacto de ciclones tropicales. La zona se encuentra catalogada como de alto riesgo por la afectación de estos fenómenos con un periodo de recurrencia menor a dos años.

Las inundaciones que se presentan con mayor frecuencia son las de tipo fluvial, debido a la existencia de varios ríos de importancia que, al no tener la suficiente capacidad de conducción ante las avenidas extraordinarias, terminan desbordándose, causando

graves problemas en las zonas cercanas a su cauce. Este problema se hace mayor, al tomar en cuenta la gran cantidad de localidades que se encuentran localizadas en las cercanías de estos ríos. Además de las inundaciones de tipo fluvial, las de tipo pluvial también suelen presentarse con cierta frecuencia en la región, sobretodo en localidades urbanas donde el drenaje es insuficiente.

Las causas generadoras de inundaciones en el Organismo de Cuenca son: las lluvias intensas y ciclones tropicales que se llegan a presentar durante los meses de mayo a septiembre. Gran parte de las inundaciones han sido mitigadas debido a la continua construcción de presas de almacenamiento y control de avenidas en diferentes ríos de la región. En las últimas décadas, con el aumento de las áreas urbanizadas, se han vuelto más evidentes los daños potenciales que pueden provocar los huracanes, en grandes áreas de concentración poblacional, principalmente a los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad, medios de comunicación y vías de transporte.

A lo largo de la historia las entidades federativas (Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz) dentro de la jurisdicción del Organismo de cuenca Golfo Norte se han visto afectadas por diferentes fenómenos hidrometeorológicos, los cuales han afectado y provocado daños al paso del fenómeno y de sus remanentes trayendo consigo, comunidades incomunicadas, destrucción de vías y medio de comunicación, destrucción y pérdida de patrimonio familiar, y en algunos eventos hasta la pérdida de vidas humanas.

Descripción de eventos

Ciclón Gladys (1955)

Se generó en el Golfo de México, aproximadamente a 100 km al norte de Coatzacoalcos, Ver., siguió una trayectoria hacia el noroeste, para dirigirse el día 5 de septiembre al poniente y penetrar a tierra el día 6, en la zona de Tamiahua, Ver. la zona más afectada por las precipitaciones fueron la Cuenca alta y media del río Tempoal.

Ciclón Hilda (1955)

La madrugada del 19 de septiembre tocó tierra ligeramente el sur de Tampico, una parte del eje o centro del ciclón pasó directamente sobre el puerto de Tampico, este ciclón produjo incalculables daños en Tampico, Pánuco, Ebanio y El Higo.

Sin embargo, otro evento de gran magnitud fue la inundación de 1955 en la zona Sur de Tamaulipas y le Norte de Veracruz, cuya elevación máxima del agua alcanzo la cota 5.50 msnm.

Ciclón Janet (1955)

Este ciclón fue la cuarta perturbación que afectó la cuenca baja del río Pánuco en un mes, por lo que causó destrozos, inundando, destruyendo y dejando aisladas a gran número de poblaciones. En la ciudad de Pánuco, Ver. la inundación fue de enormes proporciones llegando el nivel del agua hasta una escala de 9.12 m e inundando gran parte de la población en el Higo, Ver., las zonas más afectadas fueron las partes alta y media de la cuenca del río Tempoal.

Ciclón Beulah (1967)

Históricamente el estado de Tamaulipas ha sido afectado por inundaciones debido a intensas lluvias por la presencia de meteoros, por ejemplo, en el año 1967 el ciclón tropical "BEULAH", huracán de categoría 5, afectó a los Municipios de Valle Hermoso, Río Bravo, Camargo y San Fernando, mientras que el año 2010 el huracán "Alex, afectó de manera significativa los Municipios de Abasolo, Aldama, Burgos, Casas, Cruillas, Güémez, Hidalgo, Mainero, Mante, Méndez, Padilla,

San Fernando, Soto La Marina, Victoria y Villagrán. El 17 de septiembre, cruzó la parte norte de la Península de Yucatán, el 18 del mismo mes, penetró el Golfo de México conservando su trayectoria hasta el 19 en que cambio la dirección, ya dentro de la parte continental, disolviéndose en el sur de Tamaulipas el 23 de septiembre. Debe hacerse especial mención de la creciente generada por el río Chicayán, que destruyo el bordo sur del Corral de Pánuco inundó la zona comprendida dentro de los bordos norte y descargando luego al río Pánuco.

Deddy (1988)

En este año durante el mes de septiembre los remanentes de la Tormenta Tropical "Debby", cruzaron el país desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico pasando por el estado de Hidalgo.

Diana (1990)

En este año durante el mes de agosto se presentaron los remanentes del Huracán "Diana", siendo un evento de los que más severamente han afectado a Hidalgo, provocando inundaciones, deslaves y derrumbes.

Ciclón Gert (1993)

El día 20 de septiembre penetró a tierra a la altura de la población de Tamiahua, Ver., cruzó entre Los Naranjos y Cerro Azul y continuó por Platón Sánchez. Ver. pasó por Tamazunchale, S.L.P. y a la altura del poblado La Vuelta, Qro. Perdió intensidad.

Dolly (1996)

En este año el estado fue poco afectado por los remanentes del Huracán "Dolly" durante el mes de agosto.

Alex (2010)

Recientemente, el fenómeno que provoco severos daños al Estado de Tamaulipas fue el Huracán categoría 2 Alex durante junio-julio 2010. Alex ingreso a tierra a 55 km al norte de La Pesca, Tamps., y a 25 km al sur de Punta de Piedra, Tamps., con vientos máximos sostenidos de 165 km/hr y rachas máximas de 205 km/hr, produciendo lluvias

PROGRAMA NACIONAL CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS
REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA IX GOLFO NORTE

que representaron el 70% de la lluvia media anual para la zona centro del estado, pero ocurridas en 10 días. Los escurrimientos de algunos de los principales ríos de las cuencas San Fernando y Soto La Marina, provocaron severas inundaciones y daños en varios municipios de la zona centro del estado de Tamaulipas.

Ingrid (2013)

Ingrid, fue el segundo huracán de la temporada. Al mediodía del 16 de septiembre, Ingrid tocó tierra cerca de la localidad de La Pesca, como consecuencia este se debilitó a tormenta tropical

La Tabla siguiente resume los estados afectados de los fenómenos meteorológicos

Tabla 4. Ciclones que han impactado al Organismo de Cuenca Golfo Norte

Nº	Fenomeno Hidrometeorológico	Año	Estados Afectados
1	Gladys	1955	Tamaulipas, Veracruz
2	Hilda		
3	Janet		
4	Beulah	1967	
5	Anita	1977	San Luis Potosí
6	Debby	1988	Hidalgo
7	Diana	1990	
8	Gerth	1993	Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz
9	Dolly	1996	Hidalgo y San Luis Potosí
10	Tormenta Tropical 11	1999	Hidalgo
11	Keith	2000	Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz
12	Kenna	2002	Hidalgo y San Luis Potosí
13	Erika	2003	Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y Veracruz
14	Emily	2005	Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz
15	Dean	2007	Hidalgo, Querétaro y Veracruz
16	Alex	2010	Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz
17	Ingrid	2013	San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz

3.3 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes

La CONAGUA implementó El Programa Nacional para el Control de Avenidas y la Prevención de Daños por Inundaciones, el cual establece el mejoramiento de las condiciones de seguridad para un número importante de habitantes y de hectáreas, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica, el desalojo de las zonas federales urbanas invadidas y con riesgos de inundación, así como la modernización de los sistemas de observación y registro de fenómenos meteorológicos e hidrológico.

Dentro de la jurisdicción del Organismo de Cuenca Golfo Norte, la infraestructura hidráulica dedicada a captar y almacenar agua tiene una capacidad de almacenamiento de 8,570.75 hm³ dentro de la jurisdicción del organismo en cada una de las entidades se tiene que en el Estado de Hidalgo cuenta con 77 presas, en el estado de Querétaro se cuenta con 17 presas, en el estado de San Luis Potosí 104 presas, en el Estado de Tamaulipas entre presas y derivadoras destacan entre las más importantes 9 y solo se tiene una presa en el estado de Veracruz

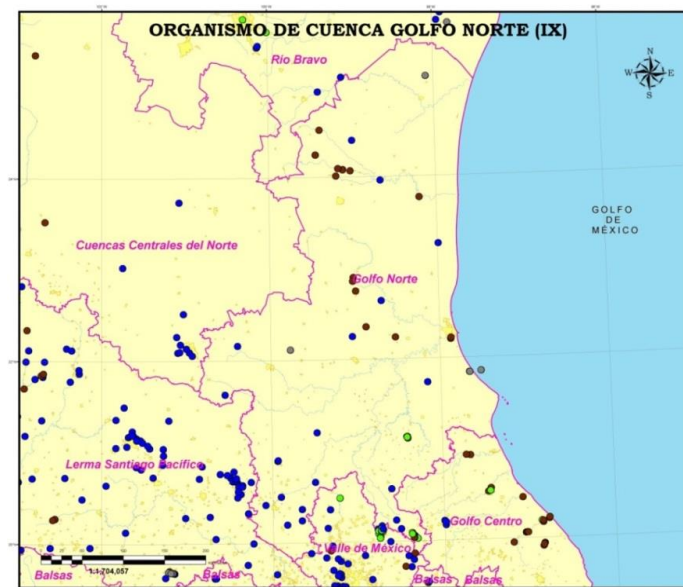


Figura 10. Obras de control contra inundaciones

Los dos cuerpos de agua con mayor capacidad son: la presa Vicente Guerrero (3,910 hm³), ubicada en el Municipio de Padilla y la Laguna de Metztitlán (680 hm³), ubicada en el Municipio de Metztitlán Hidalgo. La RHA IX GN sólo cuenta con un acueducto, llamado Presa Vicente Guerrero-Ciudad Victoria, transporta agua de la presa Vicente Guerrero a Ciudad Victoria, Tamaulipas; tiene una longitud de 54 km, un caudal de 1,000 lps y es operado por la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA).

3.7 Identificación de actividades productivas actuales en las planicies de inundación

Los daños materiales que han provocado las avenidas, normalmente son incalculables y lamentablemente también se han registrado pérdidas de vidas humanas. Conforme transcurre el tiempo, se incrementa la población lo que es propiciado por el desarrollo económico, urbano e industrial, lo anterior es evidente en la planicie costera del río Pánuco, principalmente en la zona conurbada de la desembocadura del mismo, en la que se tuvo

una población de aproximadamente 659,000 habitantes en el año de 2005, y se estima que se alcance un total de 1'084,081 habitantes para el año 2015 (fuente INEGI). Esto también ha dado lugar a un crecimiento urbano anárquico hacia terrenos de poco valor económico, que gene-

ralmente se encuentran en zonas bajas que son de alto riesgo por ser altamente susceptibles de inundación. Es importante mencionar las dos más grandes avenidas e inundaciones presentadas en la zona: la del año 1976 y la del año 1955, siendo esta última la más grande y catastrófica.

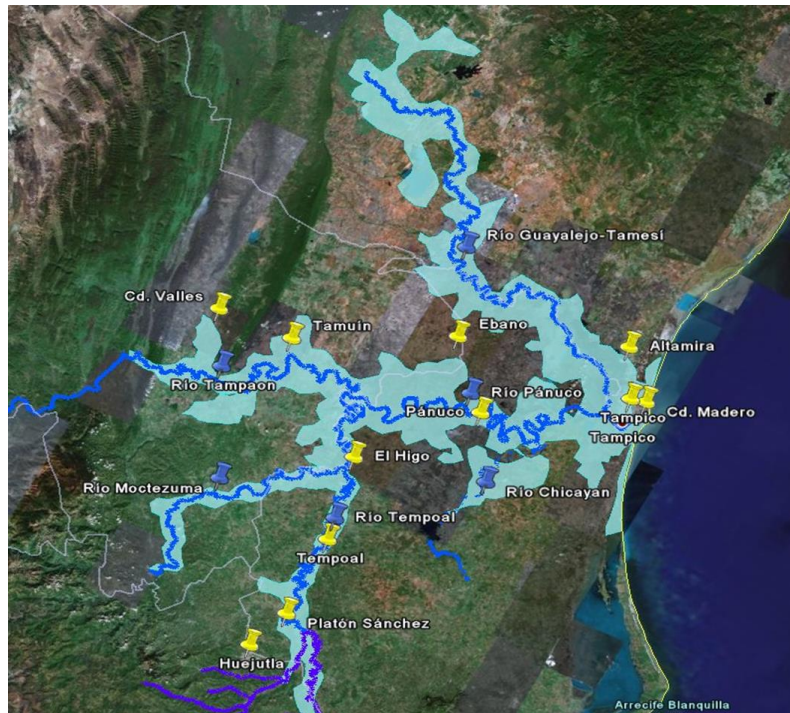


Figura 11. Poblaciones principales

El Producto Interno Bruto (PIB) de los municipios que integran la RHA IX GN ascendió en el año 2010 a 375 mil 757 millones de pesos. Su contribución al PIB total nacional para ese mismo año es de 4.5%. La composición del PIB dentro de la región muestra la

misma tendencia que en el ámbito nacional: la terciarización de la economía, ya que este sector representó 57.6% del PIB total regional. Mientras que los sectores secundario (industria) y primario representaron 38.4% y 4% del PIB total de esa región

Tabla 5. PIB en la RHA IX Golfo Norte

Sector de la producción	PIB (\$ millones)	Participación del sector en el PIB (%)
Primario	15 034.13	4.0
Secundario	144 171.42	38.4
Terciario	216 551.54	57.6
Total regional	375 757.09	100%

Por su importancia en la generación de valor, destaca el Sector Terciario, en donde por cada m³ de agua utilizada se obtienen \$598.57; lo sigue en importancia el Sector

Secundario con \$591.23 por m³, luego el Sector Primario con \$4.13 por m³ y finalmente el Subsector Generación de Energía Eléctrica con \$3.89 por cada m³ utilizado. En

cuanto a los volúmenes utilizados, el orden se invierte, ya que el sector que utiliza un mayor volumen de agua es el Sector Primario, seguido por el subsector de la Generación de Electricidad y el Sector Terciario, y finalmente el Sector Secundario es el que menos volumen de agua utiliza en la RHA IX GN.

Las superficies sembradas en 2010 sumaron 1.6 millones de hectáreas de riego y temporal, de las cuales el cultivo principal es el sorgo grano, con 556.2 mil hectáreas. El cultivo más siniestrado correspondió a maíz grano, con 125.5 mil hectáreas. La cosecha alcanzó

un total de 17.0 millones de toneladas, los cultivos con mayor volumen de producción física fueron caña de azúcar con 2.9 millones de toneladas y sorgo grano con 1.6 millones de toneladas. El ingreso bruto total por la venta de los productos agrícolas en 2010 fue de 14,569 millones de pesos. Los cultivos con mayor valor de venta fueron caña de azúcar, con 2,955 millones de pesos, y sorgo grano, con 2,406 millones de pesos. La estimación del valor relativo del uso del agua en la agricultura de la RHA IX GN, que incluye exclusivamente los volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego fue de \$2.56/m³.

4 Diagnóstico de las zonas inundables

En las últimas décadas, el proceso de urbanización acelerado ha vuelto más evidente los daños potenciales que pueden provocar los ciclones en áreas densamente pobladas de las cuales las que han presentado los problemas más críticos en las zonas urbanas. A continuación se resumen las zonas que presentan problemas de inundación y sus causas, las cuales han sido identificadas en el Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Cauces Federales del Organismo de Cuenca Golfo Norte – Conagua.

ESTADO DE HIDALGO

El Estado de Hidalgo por su ubicación geográfica, muy cercana al Océano Atlántico y vertiente del Golfo de México es susceptible de ser afectado por la influencia de fenómenos hidrometeorológicos como es el caso de depresiones tropicales, tormentas o ciclones los cuales acarrearán gran cantidad de agua a las diferentes regiones del estado, así mismo por sus características fisiográficas con una topografía muy accidentada, presenta gran cantidad de cauces y arroyos que desalojan los escurrimientos generados por las lluvias.

La problemática más crítica se registra con el desarrollo progresivo de asentamientos humanos sin control en zonas y cauces federales, así como en zonas vulnerables por inundación en áreas urbanas, trayendo consigo un sin número de problemas como los que pudieran ser:

- Anegamiento de las llanuras de inundación, daños en viviendas y pérdida del patrimonio familiar, vías de comunicación, y producción agropecuaria, con pérdida de vidas humanas en algunos casos.
- Drenaje lento de las áreas inundadas las cuales se convierten en depósito de aguas prácticamente estancadas. Esta situación genera problemas sanitarios sobre la población.

- Ataques del flujo sobre las márgenes del cauce principal lo cual produce cambios de curso permanentes y pérdida de áreas productivas.
- Pérdida importante del cauce de los ríos.
- Dificultad de acceso a las obras de protección (bordos de protección, gaviones), para mantenimiento preventivo y correctivos de las mismas.

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

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

Los factores que se asocian y que influyen de manera fundamental en el asentamiento de la población en terrenos federales trae consigo efectos tales como La ocupación ilegal de la Zona Federal es constante. Por lo que en épocas de temporadas de huracanes las zonas inundables, se vuelven altamente vulnerables a los estragos por la presencia de un fenómeno hidrometeorológico y por ende la inundación de colonias construidas en terrenos bajos.

Los afectados en la Inundación, insisten en quedarse en la misma zona, sin acondicionar o modificar sus viviendas, esto se puede considerar de cierta manera de vivir y/o sobrevivir de la gente que viven en las márgenes de los ríos, en las zonas vulnerables a inundación o bien que habitan en zonas federales.

rales, ya que el hecho de que año con años estas zonas se vean afectadas implica un gasto importante para el Gobierno Federal en la reconstrucción o bien en la sustitución de los bienes materiales.

No hay reubicación de las familias inundadas o el reacondicionamiento de sus casas (como las viviendas lacustres); sin embargo aumentan las poblaciones ribereñas clandestinas.

- Pobladores ocupan terrenos federales o particulares.
- Se instalan en lugares bajos.
- Reciben una vez al año “trato preferencial”.
- Grandes beneficios económicos para algunas empresas constructoras: “negocio de la construcción y de las consultoras”.
- Invasión por parte de la gente a las áreas de inundación de los ríos.
- Construcciones en zonas bajas.

Un programa de rectificación de ríos debe cumplir el objetivo de mejorar la capacidad de conducción hidráulica en las corrientes y definir la mejor trayectoria del cauce, con el propósito de reducir los riesgos por inundaciones, evitar daños a propiedades y pérdida de vidas humanas; y con ello, garantizar el normal desarrollo de la vida diaria en las ciudades, poblados, zonas industriales o de producción. Además, un programa para rectificar los cauces, deberá basarse en los siguientes aspectos:

- Planificar e identificar zonas de riesgo.
- Cuantificar los servicios públicos prioritarios en contingencia.
- Identificar las vías de comunicación en riesgo potencial.
- Seleccionar los sitios prioritarios a proteger.
- Listar en orden de importancia las corrientes a rectificar.

Plantear y analizar alternativas de solución para rectificar las corrientes.

Municipios de alto riesgo: Acatlán, Atlapexco, Atotonilco el Grande, Calnali, Chapulhuacán, Cuautepéc, Huasca de Ocampo, Huejutla de Reyes, Huichapan, Jaltocan, Mezquitlan, Mineral del Chico, Nopala, Pisa Flores, San Agustín Metzquitlan, San Felipe Ortizatlan, Santiago Tulantepec, Tulancingo, Yahualica, Zimapan,

ESTADO DE QUERÉTARO

El principal factor de inundación en las zonas serranas y cabeceras municipales de importancia en el estado de Querétaro, se ha debido principalmente a la presencia de lluvias estacionarias por influencia de centros de baja presión en las costas del pacífico y del atlántico. La humedad en las zonas altas generando precipitaciones de importancia. Históricamente, se han tenido inundaciones de importancia en las cabeceras municipales de San Juan del Río, Corregidora, El Márques y de manera extraordinarias, en los municipios serranos de Jalpan, Arroyo Seco y Landa de Matamoros.

Municipios de alto riesgo: Tequisquiapan, San Juan del Río, Cadereyta, Pinal de Amoles, Jalpan, Landa de Matamoros.

ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

La cuenca del río Pánuco, dentro de la región Golfo Norte, es susceptible de presencia de tormentas tropicales y huracanes provenientes de cuatro zonas principales, que son el Golfo de Tehuantepec, el Golfo de México, el Caribe oriental y el Océano Atlántico. De 1950 a 2007 se han presentado 228 fenómenos extremos que han afectado al estado de San Luis Potosí en diversos grados, de los cuales 55 se han clasificado como peligrosos (huracanes grado 3, 4 y 5), tanto por la velocidad de los vientos como por la cantidad de lluvia que han generado.

A pesar de que en el estado se cuenta con más de 40 obras de almacenamiento y control que regulan del orden de 150 millones de m³, en la Región del Salado; y de más de 116 obras que regulan del orden de los 95

millones de m³ en la Región del Pánuco, si se rebasa la capacidad de éstos dispositivos de control o se presentan rompimientos de bordos de defensa, aumenta el riesgo de inundaciones. Las áreas agrícolas que son más susceptibles a inundación son: las llanuras de Tamuín, Cd. Valles, San Vicente Tancuayalab y Tanquián de Escobedo.

Municipios de alto riesgo: Tampacan, Matlapa, Axtla de Terrazas, Coxcatlan, Tanlajas, Tamazunchale, Ciudad Valles, El Naranjo, Ebano, Tamuin, San Vicente Tancuayalab, Tanquian de Escobedo, Tampamolón Corona,

ESTADO DE TAMAULIPAS

En la zona de la jurisdicción del Organismo se comprenden dos Regiones Hidrológicas N° 25 y N° 26 “Río San Fernando – Soto La Marina y San Rafael” y “Cuenca del Río Pánuco” respectivamente, estas a su vez divididas en subcuencas, para la Región 25 las Subcuencas de San Fernando, Pilón, Purificación, Corona, Arroyo Grande, Soto La Marina y San Rafael y las subcuencas de la Región N° 26 Tempoal, Moctezuma, Tampaon, Guayalejo y Pánuco. Dada sus más de 400 km de playas es susceptible a ser uno de los estados con mayor incidencia de afectación por la presencia de fenómenos meteorológicos de origen hídrico.

Municipios de alto riesgo: Güemez, Padilla, Hidalgo, Victoria, Mante, Aldama, Ocampo, Mainero.

ESTADO DE VERACRUZ

Dentro de la Región Hidrológica N° 26 “Cuenca del Río Pánuco” se ubican las subcuencas de Tempoal, Moctezuma, Tampaon, Guayalejo y Pánuco. El estado de Veracruz cuenta con una importante franja costera, razón por la cual es susceptible a una gran incidencia de afectación por la presencia de fenómenos meteorológicos de origen hídrico.

Municipios de alto riesgo: Naranjos de Amatlan, Tampico Alto, Pueblo Viejo, Tamiahua, Panuco.

Conclusiones

- Se requiere de una uniformización de las Leyes Estatales de Desarrollo Urbano y/o de Asentamientos Humanos que incida principalmente en indicar o reforzar dentro de los Programas de Desarrollo Urbano y Asentamientos Humanos (PDUAH), los sistemas de información, alertamiento y de protección civil; de solicitud y distribución de recursos económicos, y de coordinación entre las diferentes instancias de nivel federal, estatal, municipal y del sector social.
- Con respecto a la coordinación institucional se requiere que se indiquen dentro de los PDUAH cuáles son los mecanismos de coordinación en caso de zona federal y en otros casos donde se requiera de la participación de las diferentes instancias.
- Se deberá indicar claramente en los PDUAH el control y la prevención de asentamientos humanos en zonas vulnerables o de riesgo, recurriendo a realizar inventarios de zonas vulnerables o de riesgo, el desarrollo de los sistemas de información geográfica, la proyección de las manchas urbanas y la investigación de las zonas de reserva y conservación, incluir apartados especiales en los PDUH sobre riesgos, considerar los aspectos de protección civil en obras y concientización pública, promover la creación de sistemas de alertamiento y promover programas especiales en sitios donde se requiere del control, prevención o reacomodamiento de asentamientos humanos.
- En cuanto a los recursos económicos se deberán dejar claros los mecanismos y reglas de operación que aplicaran en casos especiales cuando por causa de desastres naturales se tenga que reacomodar a la población. Así mismo se debe evitar tener una recurrencia al pago por

desastres naturales, en un mismo sitio, por invertir en acciones de prevención. Se deberá fomentar una cultura de preven-

ción y atención de emergencias en la población.

4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

El registro sistemático de información meteorológica e hidrológica del país se inició en 1877. En aquel año se creó el Observatorio Meteorológico Central y se inició la instalación de la red meteorológica, a partir de 1989, la CONAGUA tomó a su cargo el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el cual funge como el organismo encargado de proporcionar el servicio público de información meteorológica y climatológica a escala nacional y local en nuestro país.

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos hidrometeorológicos que puedan afectar las distintas actividades económicas y, sobre todo, originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también recopila la información climatológica nacional. Las funciones principales del SMN son:

1. Mantener informado al Sistema Nacional de Protección Civil, de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y sus actividades económicas.
2. Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre.
3. Proporcionar al público información meteorológica y climatológica.
4. Realizar estudios climatológicos o meteorológicos.
5. Concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de

Datos Climatológicos, para consulta del público.

4.2 Pronostico de avenidas y SAT

El Sistema de Alertamiento a Tiempo Real en la Cuenca Baja del Río Pánuco, que consta de:

- 31 estaciones de radio en estaciones convencionales.
- 34 plataformas colectoras de datos (PCD's), que miden nivel del cauce, precipitación puntual, temperatura, velocidad y dirección de la ráfaga y del viento así como la humedad relativa.
- 3 estaciones de trabajo (workstations) que dan seguimiento puntual a los datos que generan en campo las pcd's, analizan, almacenan y procesan los datos.
- 1 servidor de datos que almacena la totalidad de la base de datos para su consulta y gestión.
- Infraestructura informática que permite el acceso rápido a los datos, su visualización y su publicación.

El sistema se encuentra operando en un 100% de su capacidad de transmisión desde el punto de medición hasta la consulta de datos en oficina, esto permite tener:

- Limnogramas de cada 10 minutos de los datos de las estaciones.
- Hidrogramas en base a escalas y sus gastos asociados.
- Precipitación puntual y acumulada.
- Gastos en base a sensores virtuales.
- Alarmas en base a umbrales previamente definidos.
- Temperaturas, vientos y humedad relativa.

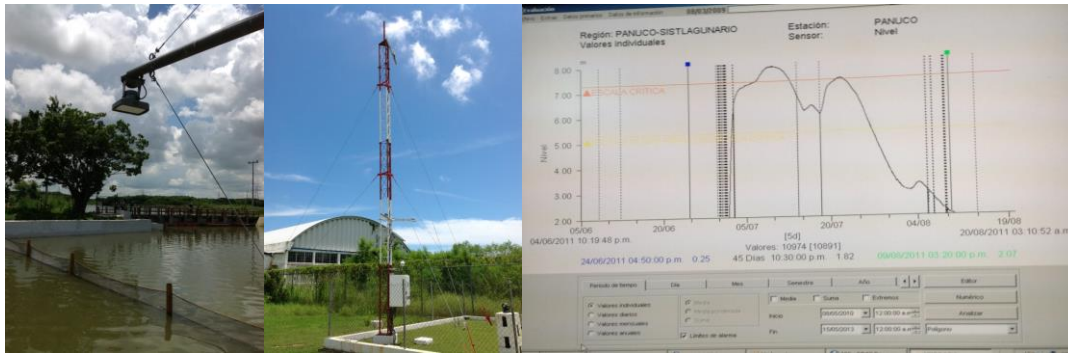


Figura 12. Elementos principales de una PCD (nivel, estación y datos)

El Sistema de Alertamiento permite contar con información cada 10 minutos en un lapso de 40 minutos, monitoreando los índices de lluvia que se acumulan en cierta zona, la elevación de los niveles y los tiempos en los que se rebasan escalas críticas que afecten a la población, permite en base al monitoreo en tiempo real en el menor tiempo posible informar a los 3 órdenes de gobierno y se realice la toma de decisiones correcta.

En las cuencas de los Ríos San Fernando – Soto La Marina se cuenta con 16 estaciones convencionales con transmisión y acopio diario a través de radios transmisores. Actualmente se realiza la ampliación del Sistema de Alertamiento a Tiempo Real, en 14 estaciones en la cuenca del Río Soto La Marina, para su interconexión con el SATR actual de la Cuenca Baja de Río Pánuco, aprovechando el software para el manejo e interpretación de datos.

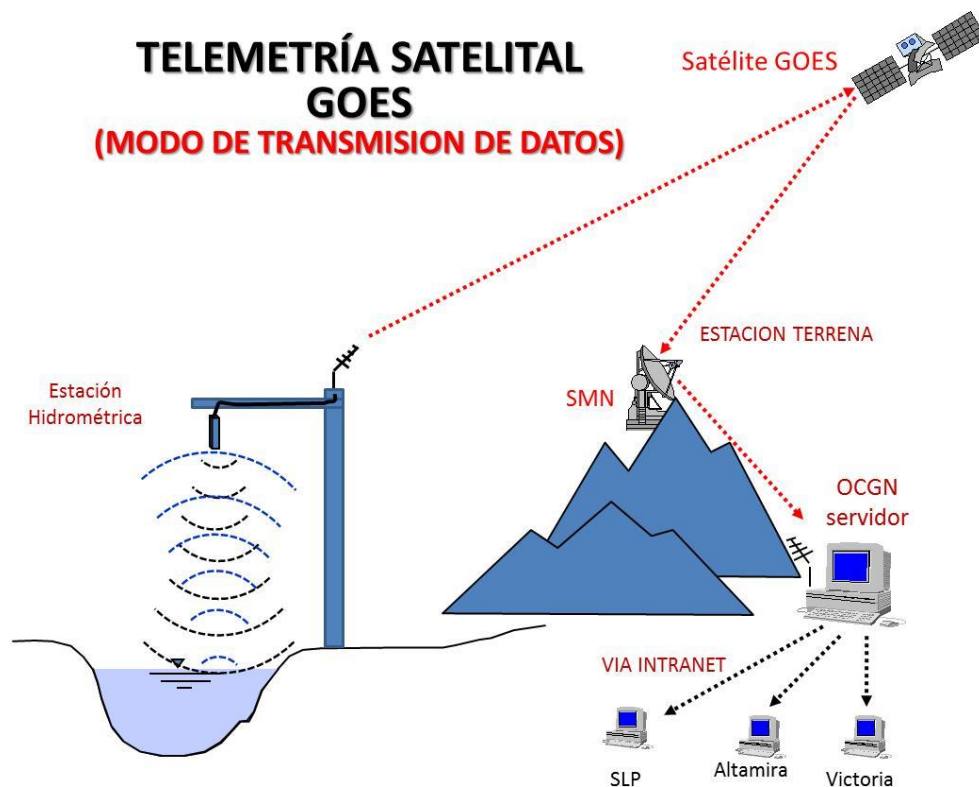


Figura 13. Esquema del sistema de telemetría satelital

Red hidrométrica y climatológica

Se han llevado a cabo acciones para sistematizar el manejo y difusión de la información. Un primer paso en la sistematización fue la digitalización de los datos de las estaciones climatológicas del periodo de 1971 a 1990. El manejo de esta información se realiza a través del sistema de cómputo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) denominado CLICOM. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha desarrollado el ERIC (Extractor Rápido de Información Climatológica), el cual permite el acceso a las bases de datos del CLICOM que opera en el SNM. Existe también el sistema de BANDAS (Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales) de la CONAGUA. Con lo que se ha podido continuar con la actualización de información.

El equipo de medición de las estaciones convencionales consiste principalmente en un pluviómetro y un termómetro; en algunos casos, pluviógrafo, evaporamiento veleta y radio. Para la integración de las bases de

datos requeridas para la elaboración de la cartografía digital, en lo relativo a la red climatológica convencional, se empleó la información proporcionada por el Organismo de Cuenca; mientras que la base de las estaciones meteorológicas automáticas se integró con información obtenida en el Servicio Meteorológico Nacional.

En las estaciones climatológicas del Organismo de Cuenca, los parámetros medidos diariamente son: temperatura, precipitación y, en algunas, evaporación, dirección y velocidad estimada del viento. En las hidroclimatológicas se realizan aforos. El equipo de medición de las estaciones convencionales consiste principalmente en un pluviómetro y un termómetro; en algunos casos, pluviógrafo, evaporamiento veleta y radio. En Altamira, Tamaulipas se ubica el primer radar meteorológico de México (1976), el cual tiene un alcance de 300 km y utiliza un Sistema Doppler para estimar la lluvia potencial en la atmósfera. El radar es de gran utilidad durante tormentas tropicales y huracanes.



Figura 14. Distribución de estaciones hidrométricas y climatológicas

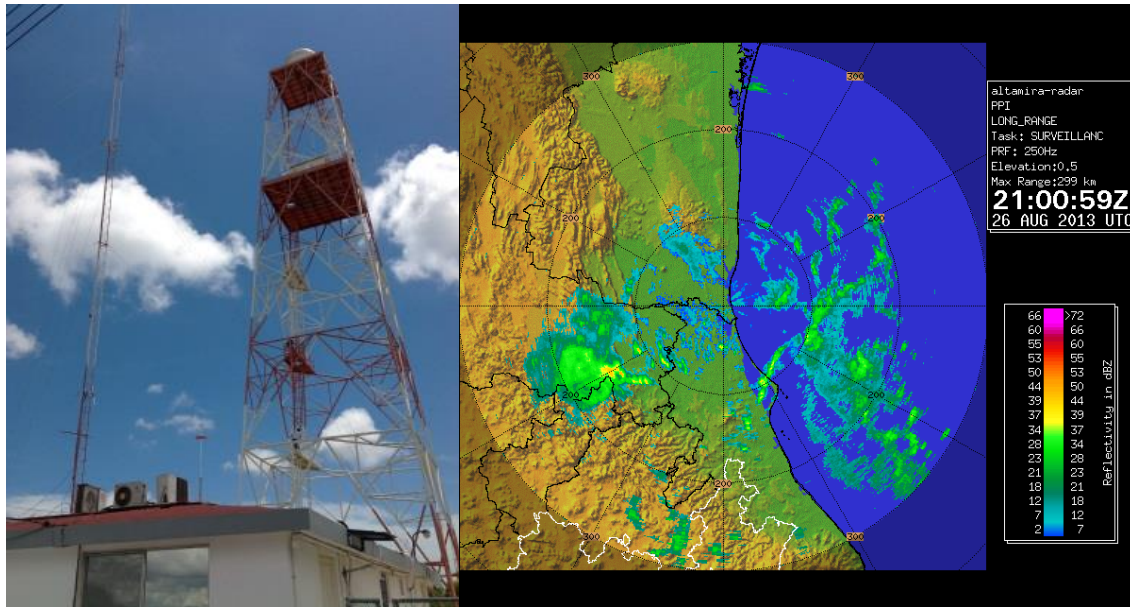


Figura 15. Radar meteorológico de Altamira, Tamaulipas

4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes

Existen fondos para llevar a cabo obras y acciones para protección de inundaciones que no fueron ejercidos por la falta de aportación de los gobiernos estatales y municipales, particularmente en la zona conurbada de Tampico-Altamira en el periodo de 2001 a 2006, a pesar de existir e identificar requerimientos de este tipo de obras, faltó la labor administrativa de gestión por parte del gobierno de Tamaulipas para acceder a los recursos federales disponibles para su realización.

La CONAGUA implementó El Programa Nacional para el Control de Avenidas y la Prevención de Daños por Inundaciones, el cual establece el mejoramiento de las condiciones de seguridad para un número importante de habitantes y de hectáreas, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica, el desalojo de las zonas federales urbanas invadidas y con riesgos de inundación, así como la modernización de los sistemas de observación y registro de fenómenos meteorológicos e hidrológico.

Es necesaria la utilización eficiente y productiva de los recursos potenciales, con la construcción de obras multipropósito que atendería también el uso de infraestructura hidroagrícola y diversas actividades de apoyo a la producción, y propiciaría un desarrollo equilibrado y sostenido.

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos se complican con el problema de comunicación ineficiente; se ha visto que existe también dificultad no sólo en el acceso a la información, sino también en la creación de datos. En la región no hay información acerca del riesgo de eventos hidrometeorológicos extremos, como son las inundaciones y las sequías. No hay un sistema oficial actualizado, con datos, confiables y validados, que esté al alcance de cualquier persona interesada en el tema del agua, desde los niveles locales hasta el regional. Es necesario crear un banco de información regional que sea permanentemente accesible y actualizable. La existencia de un banco con estas características apoyaría los contenidos que pudieran manejarse a través de los canales adecuados de comunicación.

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

Existen en la **RHA IX Golfo Norte** dos Consejos de Cuenca: •Consejo de Cuenca del río Pánuco, que atiende una superficie de 79,287 km² y el Consejo de Cuenca de los ríos San Fernando-Soto La Marina, responsable de una superficie de 41,164.54 km². De conformidad con lo dispuesto por el artículo XI fracción VII de la Ley de Aguas Nacionales, los consejos de cuenca se constituyen como instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua, las Dependencias y Entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

La operación de los consejos de cuenca es garantizada a través de diversos grupos auxiliares al nivel de subcuenca, microcuenca y acuíferos, denominados respectivamente, comisiones de cuenca, comités de cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS).

4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

Desde el punto de vista hídrico, la RHA III tiene una vulnerabilidad alta debido a que se encuentra expuesta al embate periódico de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Para calcular la vulnerabilidad de la población ante el fenómeno de inundación se tomaron en cuenta factores económicos, sociales, el grado de conectividad de la zona y las condiciones materiales del lugar que se habita (Bravo-Jácome y Astudillo-Enríquez, 2013).

El riesgo es la probabilidad de que ocurra un daño de cierta magnitud bajo la presencia de un peligro (o amenaza), dada una cierta vul-

nerabilidad y exposición de personas, infraestructura, bienes materiales o hasta actividades humanas. La vulnerabilidad es una medida del grado de daño que puede ocurrir a una persona, edificación, obra, bien mueble o inmueble o actividad humana, para diversas magnitudes del peligro. La exposición es una medida del grado en el que una cierta persona, edificación, obra, bien o actividad está sujeta a la acción del peligro en términos de su ubicación en el tiempo y el espacio. Así pues, una zona es más o menos riesgosa, no solamente en términos de la frecuencia e intensidad con la que se presenten el peligro, sino también por el grado de vulnerabilidad y exposición que los habitantes, edificaciones, obras, bienes y actividades tengan en dicha zona. En forma genérica se dice que el riesgo es función del peligro, de la vulnerabilidad y de la exposición:

Riesgo = f (Peligro, Vulnerabilidad, Exposición)

Los conceptos de vulnerabilidad anteriormente descritos, dieron pie a la generación de un mapa nacional de vulnerabilidad por localidad, siguiendo un criterio similar y con base en información disponible del Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010, Principales resultados por localidad (ITER), de donde se extrajeron variables como número de habitantes, grado de escolaridad, acceso a servicios de comunicación, servicios de agua, luz y energía eléctrica, materiales de las viviendas, número de habitantes con capacidades diferentes, derechohabiencia de servicios médicos, cantidad de menores a 5 años y mayores a 60 años de edad y población económicamente activa (Bravo-Jácome y Astudillo-Enríquez, 2013).

A continuación se describe la importancia de las variables utilizadas de INEGI, 2010: El grado de escolaridad y la población económicamente activa, proporcionan una visión del grado de organización y recuperación de la población ante una catástrofe. Además es de vital importancia contar con bienes muebles como radio, televisión o teléfono que ayuden en la propagación de información,

antes, durante y después de la ocurrencia de un fenómeno hidrometeorológico.

La población menor a 5 años y mayor a 60 años, así como la cantidad de habitantes con alguna discapacidad, puede ayudar a identificar aquellas poblaciones que requieren de mayor ayuda por ser dependientes de aquellos que cuentan con condiciones físicas más aptas para afrontar la catástrofe en el momento de su ocurrencia. El conocimiento de la cantidad de viviendas que cuentan con

servicios de agua, drenaje y luz, además del tipo de piso, otorga un panorama de la posible resistencia de los bienes materiales. Finalmente, la población sin servicios de salud también es un importante indicador para determinar la vulnerabilidad, principalmente para la atención médica que pudiera presentarse durante el evento catastrófico o por enfermedades posteriores relacionadas con el evento (Bravo-Jácome y Astudillo-Enríquez, 2013). El mapa siguiente presenta los resultados.

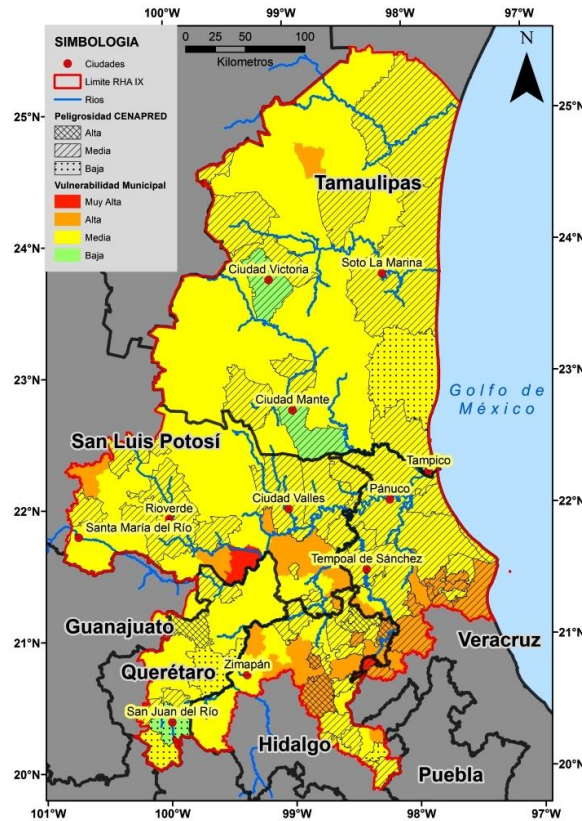


Figura 16. Vulnerabilidad municipal ante las inundaciones

Regiones de alta vulnerabilidad

Sobresale el énfasis que tiene la problemática relacionada con los fenómenos meteorológicos extremos en diferentes zonas productivas y habitadas de la región, que de

manera constante están expuestas a riesgos de inundaciones. De acuerdo con este análisis, las principales zonas de afectación son:

- 1) Cuenca alta del Río Pánuco
- 2) Cuenca baja del Río Pánuco
- 3) Cuenca río San Fernando

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

No obstante que el Gobierno del Estado y los Gobiernos Municipales cuentan con personal para la atención de contingencias de todo tipo, carecen del equipo necesario para atender las emergencias hidrometeorológicas mayores en los centros de población de alta vulnerabilidad. La fuerza especial de tarea con que cuenta la CONAGUA enmarcadas en el protocolo para la atención de emergencia, en el que se asume un papel importante a desempeñar por cada una de las áreas del **Organismo de Cuenca Golfo Norte**.

Se tiene un Centro de Operaciones al mando del Director General, el cual estará conformado por un grupo especializado para el seguimiento, evaluación y evolución de corrientes y embalses de la Dirección Técnica, (Servicio Meteorológico e hidrológico), está a cargo del Director Técnico y en suplencia o complemento con centros operativos foráneos el Jefe de Proyecto de Hidrometeorología asumirá tal rol. Cuya misión es vigilar la evolución de fenómenos meteorológicos e hidrológicos que pudieran incidir en los sitios ya vulnerables; asegurarse de que las redes de medición climatológica, hidrométrica y meteorológica continúen generando información útil para la toma de decisiones, realizar el pronóstico de precipitaciones y crecientes para anticipar las acciones en la atención a la emergencia.

Un grupo especializado, de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: evaluar el estado de la infraestructura de agua potable en cuanto a la emergencia lo permita y como máximo en los primeros 5 días posteriores a la solicitud de la declaratoria de desastre, coadyuvar en las acciones para dotar de agua potable por lo menos con 7 litros/hab/día a los habitantes afectados, sanear fuentes de abaste-

cimiento y estabilizar lodos de las plantas potabilizadoras y de tratamiento.

Un grupo especializado de la Dirección de infraestructura Hidroagrícola, para la evaluación de Infraestructura Hidroagrícola en cuanto a la emergencia lo permita, en los 5 primeros días posteriores a la solicitud de la declaratoria de desastre. La administración está a cargo del Director de Administración, quien asumirá la misma función en los centros operativos, cuya misión es el de suministrar oportunamente los insumos, recursos financieros y servicios para que se atienda la emergencia de manera eficiente, conforme a la normatividad; ejercer un control estricto de los recursos humanos, materiales y financieros que se ejecutan durante la emergencia y dotar de un balance de los recursos aplicados al final de la emergencia, así como encargarse del cierre financiero de la misma.

El Coordinador de Protección a la Infraestructura y Atención a Emergencias de este mismo Organismo de Cuenca Golfo Norte, es el área responsable de mantener comunicación estrecha con el Sistema Estatal de Protección Civil y coordinar las actividades de apoyo a la población, como dotar de agua potable a través de plantas potabilizadoras, drenar zonas inundadas con equipo de bombeo, para el desarrollo de esa función, cuenta con personal técnico y operativo y equipo especializado.

CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO

Geográficamente, el **Organismo de Cuenca Golfo Norte**, se ubica en la zona de influencia de la trayectoria de ciclones, principalmente los municipios ubicados en la costa del Golfo de México. Por tal motivo, existen grandes riesgos para zonas susceptibles de ser afectadas por la acción de vientos fuertes y lluvias extraordinarias.

Dentro de la región, el estado de Tamaulipas y norte de Veracruz son los más expuestos a este tipo de fenómenos. Aunado

a ello, en años anteriores el fenómeno de El Niño ha tenido efectos en la República Mexicana, ocasionando lluvias de gran magnitud fuera de temporada.

Las inundaciones que se presentan con mayor frecuencia son las de tipo fluvial, debido a la existencia de varios ríos de importancia que, al no tener la suficiente capacidad de conducción ante las avenidas extraordinarias, terminan desbordándose, causando graves problemas en las zonas cercanas a su cauce. Este problema se hace mayor, al tomar en cuenta la gran cantidad de localidades que se encuentran localizadas en las cercanías de estos ríos. Además de las inundaciones de tipo fluvial, las de tipo pluvial también suelen presentarse con cierta frecuencia en la región, sobretodo en localidades urbanas donde el drenaje es insuficiente.

En las últimas décadas, con el aumento de las áreas urbanizadas, se han vuelto más

evidentes los daños potenciales que pueden provocar los huracanes, en grandes áreas de concentración poblacional, principalmente a los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad, medios de comunicación y vías de transporte.

Existe una gran deficiencia en materia de delimitación de cauces federales, lo que hace difícil establecer una política clara de atención a asentamientos humanos en zonas de riesgo sin entrar en conflicto con las autoridades estatales y/o municipales. El primer objetivo deberá ser realizar las acciones pertinentes para determinar las zonas federales en claro marco jurídico que permita a las autoridades, tanto de protección civil como de la misma Conagua emprender acciones que permitan cuidar de manera efectiva la vida y posesiones de las personas. Es necesario inculcar en la población una mayor conciencia de autoprotección y cumplimiento de las disposiciones legales.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN ANTE LAS INUNDACIONES

Se han planteado estrategias enfocadas a realizar estudios en las ciudades de Tampico-Madero-Altamira, Pánuco, Ciudad Valles y Tulancingo. Se propone colaborar con otras instancias de gobierno en la protección de los habitantes en zonas de alto riesgo de inundación; al mismo tiempo se implementarán acciones de prevención, en conjunto con autoridades estatales y locales, ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, para proteger a la población y sus bienes materiales.

Consolidar la participación de la CONAGUA, a través del Organismo de Cuenca Golfo Norte, en la atención de emergencias ocasionadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos. Para esto se cuenta con el programa de atención de emergencias ocasionadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos. Este programa se implementa cada año, en los meses de julio a octubre. Se vigila de manera permanente la formación de tormentas y huracanes en el Golfo de México, que pudieran impactar alguna zona ubicada dentro de la Región Golfo Norte.

Todo lo anterior no sería posible sin consolidar los sistemas de información y alerta de fenómenos hidrometeorológicos. Otra medida que es mantener, conservar y ampliar la infraestructura hidráulica federal de control de avenidas. Es un hecho la necesidad de alcanzar 100% de habitantes en condiciones seguras en cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos extremos, por lo que será necesario aplicar una serie de acciones que se describen a continuación:

Fortalecer el ordenamiento de asentamientos humanos adquiere importancia fundamental para la protección de la población frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos, a menudo los desastres naturales arruinan súbitamente los esfuerzos de desarrollo de muchos años, especialmente en zonas rurales.

Por otro lado, es poco factible reubicar poblaciones que se encuentren en zonas inundables, por lo que se hace necesario fortalecer los sistemas de alertamiento, con el propósito de proteger a la población, pero con esto no se evitarán los daños.

Por lo anterior se hace necesario considerar la delimitación y demarcación de zonas federales y la construcción de infraestructura de protección en zonas comúnmente afectadas, para lo cual se requiere fortalecer los siguientes puntos:

- Eficaz ordenamiento territorial.
- Zonas inundables libres de asentamientos humanos.
- Sistemas de alertamiento y prevención con tecnología de punta.

Analizando la situación existente dentro del territorio del OCGN, para la reducción de riesgos por inundaciones en la RHA IX GN causadas principalmente por ciclones, la CONAGUA realiza cuatro tipos de acciones:

- Construcción y rehabilitación de infraestructura hidráulica, como de presas y bordos para control de avenidas.
- Construcción de infraestructura urbana para protección de poblaciones.
- Realización de estudios técnicos y socioeconómicos.
- Acciones de desazolve y rectificación de cauces.

Ejemplos de esto son: la construcción de obras de protección contra inundaciones, tales como la sobreelevación de la cortina "Paso de Piedras" y la construcción de las presas Pujal Coy, Tansabaca, Los Hules, Calabozo, Temamatla, Camaitlán, Tanquián, Ramiro Caballero y Emilio Portes Gil; y los diques del sistema lagunero Tamesí; los bordos Colonias Sauce y Pescadores, El Higo, Tempoal, Anáhuac, Río Tampaón y Tamos.

Se encuentran en proceso de ejecución o concluidos los bordos El Moralillo y Corralito de Pánuco. El control de avenidas con bordos y desazolve o encauzamiento de ríos representan las principales inversiones dentro del OCGN.

Objetivos y estrategias

El objetivo relacionado con la reducción de los riesgos y mitigar los efectos provocados por los fenómenos naturales extremos, en particular las inundaciones catastróficas, además de prever los efectos que se puedan presentar con el cambio climático, se encuentra ligado con el cumplimiento de cinco estrategias. Dichas estrategias se encuentran relacionadas con un eficaz ordenamien-

to territorial, zonas inundables libres de asentamientos humanos, y sistemas de alertamiento y prevención con tecnologías de punta. En seguida se muestran las estrategias que contribuirán al logro dicho objetivo.

- Controlar los asentamientos humanos en zonas de riesgo ambiental.
- Prevenir y mitigar fenómenos naturales extremos.
- Pronosticar y alertar ante situaciones de emergencia hidrometeorológica.
- Conservar, rehabilitar y construir obras para el control de inundaciones.
- Desarrollar una cultura de prevención y mitigación de impactos de los fenómenos naturales extremos.

PROGRAMA NACIONAL CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS
REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA IX GOLFO NORTE



5 Evaluación de riesgos de inundación

5.1 Evaluación del riesgo preliminar de inundación con información disponible

Las inundaciones causan diversas clases de daño a la sociedad, cuando son progresivas sobre todo, se producen daños materiales ya que la velocidad del agua es baja y las personas afectadas tienen tiempo de trasladarse a lugares seguros, en cambio cuando son súbitas, a parte de los daños a las propiedades pueden ocurrir pérdidas de vidas humanas.

En los mapas de áreas inundables se señala la superficie potencialmente afectada por las inundaciones. Pueden obtenerse marcando en la cartografía de la zona de interés aquellas superficies con las inundaciones pasadas, al analizarse las formas del terreno provocadas por el paso del agua o bien con modelos hidrológicos-hidráulicos que es el objeto de este estudio.

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

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

El objetivo general de la presente evaluación es el de obtener los mapas de peligro para un periodo de retorno de 2, 10, 50 y

100 años por inundaciones fluviales y pluviales de tipo lento (zonas con pendiente pequeña) aplicando técnicas de modelación matemática hidráulica de los flujos de agua en una y dos dimensiones horizontales. El modelo numérico resuelve la ecuación de cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_x - S_{fx})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} = g(S_y - S_{fy})$$

Donde:

u,v: tirante, velocidad

S_x,S_y: pendientes topográficas

S_{fx}, S_{fy}: pendientes de fricción

$$S_{fx} = \frac{n^2 |u| u}{h^{4/3}}$$

$$S_{fy} = \frac{n^2 |v| v}{h^{4/3}}$$

Niveles de severidad

La gestión de las tierras inundables sigue siendo responsabilidad de los gobiernos locales. El gobierno del estado debe proporcionar asesoramiento técnico y especialista en asistencia para los estudios financieros y de capital, ayudar a los comisionados en el desempeño de sus responsabilidades de gestión en las llanuras de inundación.

En diciembre de 2007 el gobierno de New South Wales (Australia) solicitó realizar un estudio del río Bielsdown, el cual atraviesa una localidad llamada Dorrigo (resistencia al vuelco) con el fin de determinar una adecuada gestión de riesgos en la llanura de inundación. Este estudio se realizó para definir los niveles de inundación, las velocidades de inundación y el riesgo, entre las conclusiones tenemos la figura siguiente que muestra datos valiosos de la relación velocidad del flujo/profundidad hidráulica de inundación.

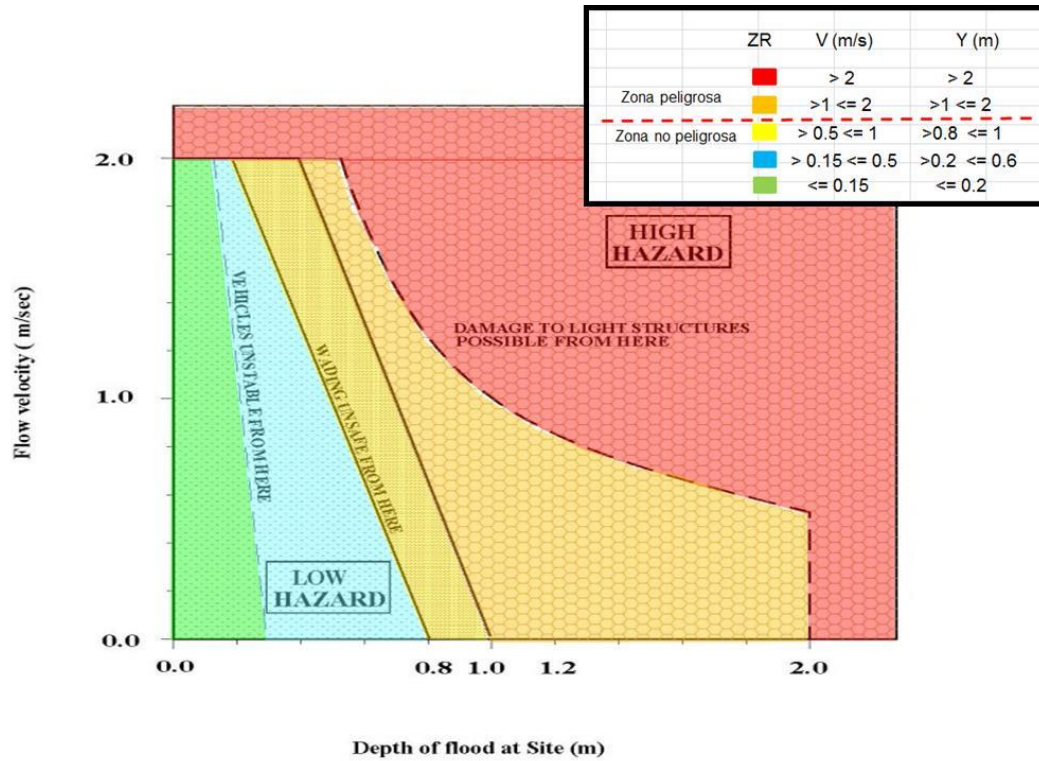


Figura 17. Flood hazard ~ velocity and depth (Bellingen Shire Council, Dorrigo Flood Study)

Descripción de la zona piloto

La zona de estudio que conforman la confluencia de los ríos Tempoal y Moctezuma se ubica en la Región Hidrológica 26 den-

tro del Organismo de Cuenca IX Golfo Norte. Dentro de la zona de interés también se ubica el Distrito de Riego 060. El área de drenaje estimada en la zona de estudio es del orden de 5,100 km².



Figura 18. Zona de estudio de la cuenca Temporal-Moctezuma

Teoría de la vulnerabilidad

En las últimas décadas la vulnerabilidad de México frente a los desastres ha propiciado impactos humanos, económicos, sociales y ambientales de enorme trascendencia para los gobiernos y las poblaciones. El cambio climático, entre otros factores, ha actuado como acelerador y amplificador de vulnerabilidades, y ha influido en la intensidad e impacto de los fenómenos extremos. Es por ello que la GASIR elabora estudios a fin de reducir sus consecuencias sobre la población, y definir acciones de mitigación y respuesta, para la preparación, planificación a mediano y largo plazo en el manejo de emergencias, así como proponer políticas públicas al respecto.

A continuación 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.

Desastre: Es un evento destructivo que afecta significativamente a la población, en su vida o en sus fuentes de sustento y funcionamiento. La ocurrencia de un desastre implica la conjunción de dos factores: un fenómeno, natural o antrópico, externo que alcanza proporciones extraordinarias y ciertos asentamientos humanos y sistemas físicos expuestos a la acción de dicho fenómeno.

Agentes perturbadores o amenaza: se le denomina a los diferentes fenómenos que pueden causar un desastre (Ejemplo huracanes).

Sistemas afectables: son los conjuntos sociales y físicos que están expuestos al agente perturbador y que pueden quedar dañados por éste, en un grado tal que constituye un desastre.

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:

Se llama Peligro P, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daño en un sitio dado. Se define grado de exposición E, a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio considerado y que es factible sea dañado por el evento. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión de estos sistemas a ser afectados por el evento. La vulnerabilidad se expresa como como una probabilidad del daño. El riesgo es el resultado de los tres factores.

Riesgo = Peligro x Exposición x Vulnerabilidad
 $R = P \times E \times V$

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.

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.

Para la evaluación de riesgo de inundación del presente 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. Entonces el riesgo queda representado de la siguiente manera:

Riesgo = Peligro (Amenaza) x Vulnerabilidad

A continuación se describe la metodología seguida para estimar el daño en zonas habitacionales por período de retorno de una zona de inundación, así como su Daño Anual Esperado (DAE).

Metodología para la estimación del Daño para viviendas en zona de inundación

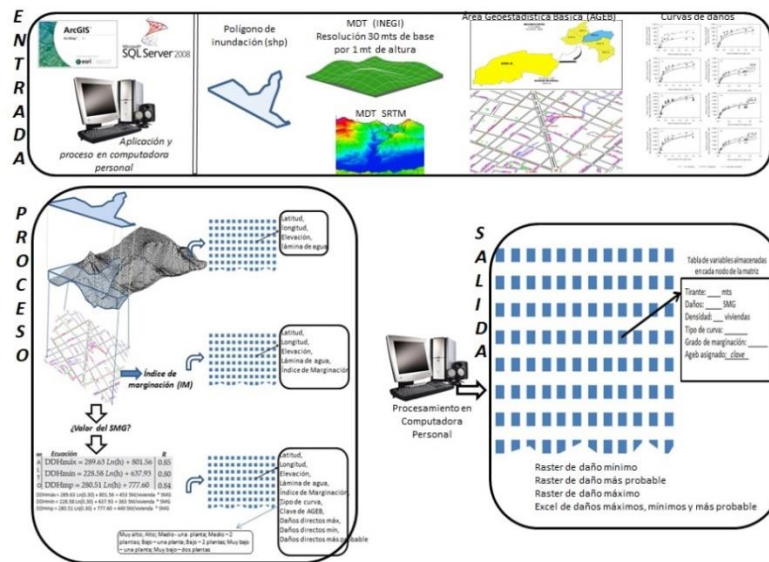


Figura 19. Modelo conceptual del ANRI-PC.

El Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) tiene el Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo (SAVER) publicado vía web, del cual, uno de sus módulos es el Atlas Nacional de Riesgo por Inundación en México (ANRI). El IMTA desarrolló el Atlas Nacional de Riesgo por Inundación en México para Computadora Personal (ANRI-PC) para con éste elaborar la estimación de daños en zonas habitacionales por evento inundación de cada una de las zonas piloto definidas para cada Región Hidrológica Administrativa.

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 tirante de inundación, es por eso que los insumos a este nivel son: Polígono que delimita la zona de inundación (la zona piloto en este caso), el modelo digital de elevaciones (MDE INEGI para las zonas piloto, y el modelo SRTM para el procesamiento en lotes), las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) con su respectivo índice de marginación, las curvas de daños (publicadas por el Dr. Baró) y los tirantes de la zona de inundación. El **polígono que delimita la zona de inundación** y que es el área donde se estimarán daños, corresponde a una por cada Región Hidrológica Administrativa.

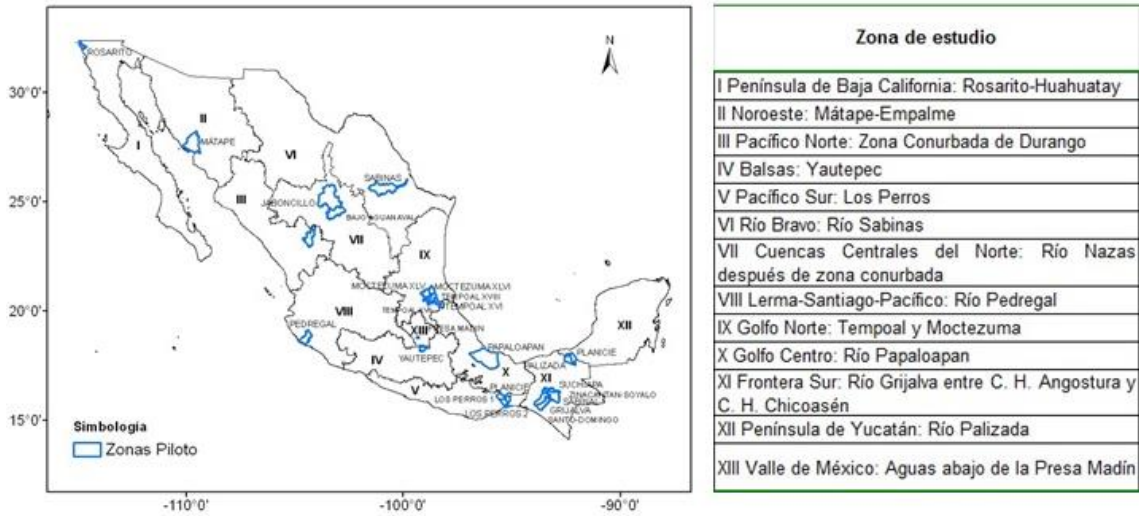


Figura 20. Ubicación espacial de las zonas piloto

El **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. Sin embargo, el ANRI-PC tiene integrado también el modelo SRTM (Shuttle Radar Topography) que tiene cobertura mundial, cuya resolución más aproximada es de 90 x 90 m; lo publica el Instituto de Tecnología de California y es usado para estimaciones de daños en viviendas para el modo de procesamiento por lotes.

Las **Áreas Geoestadísticas Básicas** (AGEB) son el área geográfica que corresponde a la subdivisión de las Áreas Geoestadísticas Municipales (AGEM) y constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional. Dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: AGEB urbana o AGEB rural. Su clave está conformada por tres números y un dígito verificador. El ANRI-PC usa las AGEB urbanas de donde se obtiene básicamente el conjunto de índices de marginación existentes en la zona de inundación.

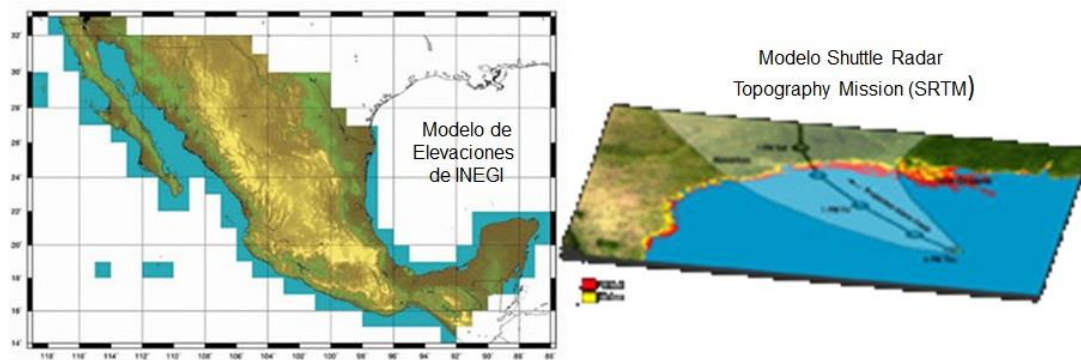


Figura 21. Modelos Digitales de Elevaciones integrados en ANRI-PC

(INEGI y <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>)

Las **curvas de daños** para estimación de daños en viviendas fueron publicadas por Baró et al, 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. El monto obtenido lo dividió por el

número de viviendas habitadas en cada una de las AGEB, y así obtuvo el valor de los daños para una vivienda.

Con estos datos generó una serie de gráficas donde el eje horizontal corresponde a valores de altura de lámina de agua en metros y el eje vertical a los daños económicos en unidades de número de salarios mínimos. Con base en esta información construyó un modelo matemático de tipo regresivo. El modelo elegido fue aquel que presentó el valor más alto del coeficiente de determinación (R^2), que en este caso correspondió a un ajuste logarítmico, con un coeficiente de determinación de 0.82 para el caso del costo máximo, de 0.72 para el costo mínimo y de 0.74 para el costo más probable

La ecuación del modelo logarítmico le permitió calcular los daños potenciales directos, en número de salarios mínimos, para una altura de lámina dada. De acuerdo al autor, esta

gráfica tiene la particularidad de utilizar como unidades de medida el número de salarios mínimos. Esto permite que no pierda validez con el tiempo y pueda ser aplicada para cualquier año. Es decir, al actualizar cada año el valor del salario mínimo por parte del Consejo Nacional de Salarios Mínimos, también se actualizan de forma automática las curvas encontradas.

En la siguiente Figura se observa la curva de daños (máximo, mínimo, más probable) por inundación para una vivienda. AGEB con un índice de marginación: a) muy alto; b) alto; c) medio para una vivienda de una planta; d) medio para una vivienda de dos plantas; e) bajo para una vivienda de una planta; f) bajo para una vivienda de dos plantas; g) muy bajo para una vivienda de una planta, y h) muy bajo para una vivienda de dos plantas (considerando salarios mínimos del año 2009).

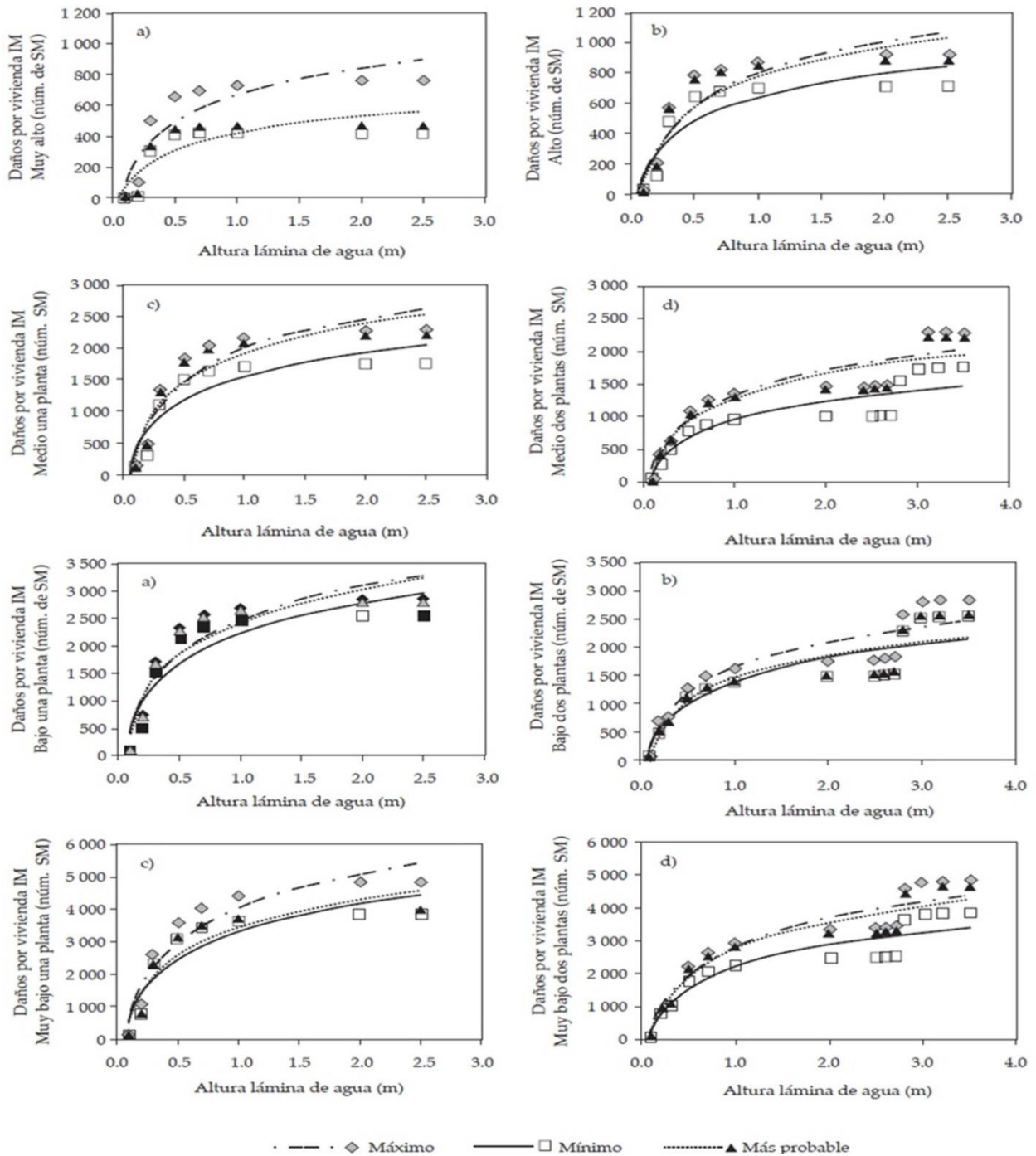


Figura 22. Curvas tipo de daños en zonas habitacionales

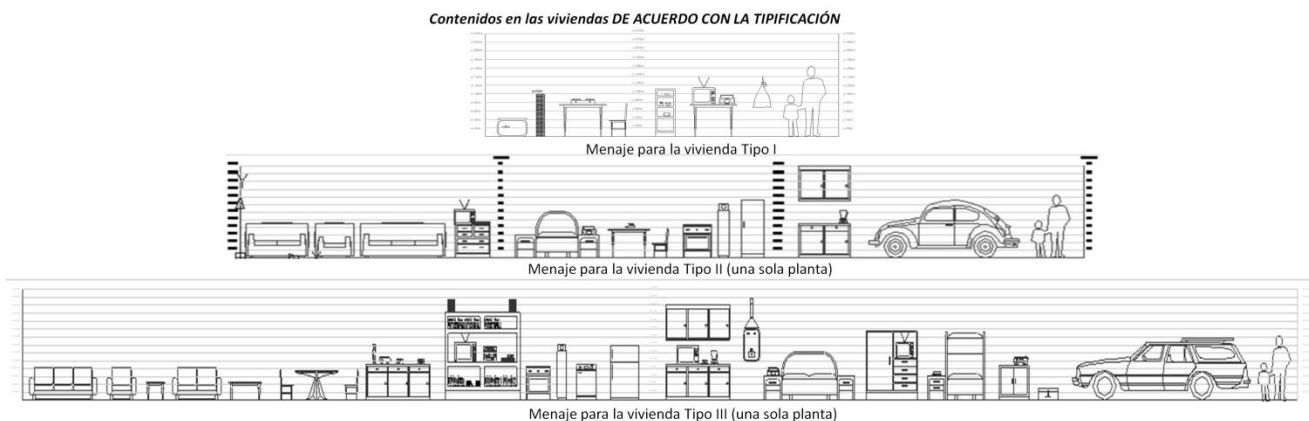


Figura 23. Contenido de las viviendas de acuerdo con su tipificación
 (Agosto, 2013, UNAM)

Los **tirantes de la zona de inundación** son calculados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM a través de modelos matemáticos en algunos casos diseñados por ellos mismos.

Retomando la ecuación del riesgo (Riesgo = Peligro o amenaza x vulnerabilidad) donde el peligro está representado por el tirante para un Tr dado y la vulnerabilidad por el tipo de vivienda (bienes expuestos) para un índice de marginación dado, entonces el riesgo así considerado se lleva a cabo a través del AN-RI-PC obteniendo un monto económico de los daños en la zona piloto.

Con los insumos ya citados (polígono de inundación, MDE, AGEB y curvas tipo de daño) se calcula para dos grupos de datos. El primero es 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 en segmentos (A, B, C, D, E) de la zona de estudio (ver figura 9 y 10) y estimar el daño para cada segmento de 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.

En resumen el ANRI-PC maneja cinco de las ocho curvas tipo ya citadas y corresponden a: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo; y la ecuación en él implementada genera un

número de salarios mínimos generales y es de la forma:

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

Dónde:

No. SMG Es el número de salarios mínimos generales

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

a y b Dependen del Índice de Marginación (para costo mínimo, máximo o más probable).

El valor monetario o daño para viviendas entonces, es el número de salarios mínimos multiplicado por el valor de SMG del año que se desea calcular. Finalmente, pueden presentarse las condiciones de que la zona de inundación no tenga cruce con AGEB, caso para el cual se estima el daño económico, considerando el método de localidades pequeñas.

Metodología para la estimación del Daño Anual Esperado (DAE)

Esta evaluación del riesgo sigue principalmente una perspectiva de evaluación económica. Usando esta idea del riesgo para estimar el Daño Anual Esperado (DAE) por inundación, tenemos dos maneras de obtener el DAE. La primera manera es con la integración del área bajo la curva, éste se obtiene mediante la fórmula (Meyer et al 2012):

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

Donde:

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

$D[i]$ = Daño medio de dos eventos de daño $D[P_i - 1]$ y $D[P_i]$

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

ΔP_i = probabilidad del intervalo entre las probabilidades excedentes de dos eventos

La segunda manera de calcular el DAE se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{DAE} = \sum [p_i \cdot (\text{No. SMG} \cdot \text{SMG})]$$

Dónde:

- pi** Es la probabilidad del periodo de retorno i
- No. SMG** Es el número de salarios mínimos generales
- SMG** Es el valor del salario mínimo general del año del estudio.

DAE en zona completa

Este bloque de datos incluye tanto el resumen de daños económicos que generan el DAE por área bajo la curva evaluando la zona de inundación sin separar por severidad (primer tabla cuyo título como pie de tabla es --Cálculos hechos evaluando los tipos de daños "A", "B", "C", "D" y "E"--), como el concentrado de información de evaluación de daños separando para cada una de las severidades (A, B, C, D y E).

DAE fraccionando la zona por severidad e IMU

Este bloque de datos incluye tanto el resumen de daños económicos que generan el DAE por área bajo la curva evaluando la zona de inundación sin separar por severidad, como el desglose del daño por índice de marginación que genera el DAE por tipo de índice y para cada uno de los cinco índices de marginación, manejados por CONAPO. La suma de los DAE por índice de marginación, produce el índice de marginación del color o tipo de severidad. El Cuadro siguiente muestra un resumen de los resultados. El DAE total asciende a **\$ 75,520,217.72**.

Período de retorno (Tr)	Daño Estimado	Área	Población	Probabilidad de Ocurrencia	$D[i] = (D(P_i - 1) + D(P_i)) / 2$ $\Delta P_i = P_i - P_{i-1} $	
100	202,596,303.80	9,735,800.62	22,454.00	0.01		
50	193,343,194.05	9,667,405.74	22,282.00	0.02	\$1,979,697.49	
10	170,969,053.48	9,457,182.25	21,741.00	0.10	\$14,572,489.90	
5	153,639,374.14	9,272,135.10	21,360.00	0.20	\$16,230,421.38	
2	131,278,018.84	9,059,481.35	20,954.00	0.50	\$42,737,608.95	
				DAE (Sin fraccionar por tipo de daño)	\$75,520,217.72	DAE = $\sum D[i] \times \Delta P_i$
Cálculos hechos evaluando todos los tipos de daño "A"; "B"; "C"; "D" y "E" .						