Crónica de una inundación anunciada: El caso de Villahermosa, Tabasco

Aurora Guadalupe Alcocer González *

Alondra Anai Alvarez Pozos *

Tania Aline Tadeo Ruiz *

Resumen

La inundación del 2007 en Tabasco afectó, aproximadamente, el 70% del territorio. Sin embargo, las zona más afectada fue la capital del estado, que permaneció bajo el agua alrededor de un mes. Dicha zona se encuentra sumamente urbanizada y, por lo mismo, se halla en constante riesgo de desastre. Este trabajo intenta responder cuál es la vulnerabilidad en Villahermosa, Tabasco, frente al riesgo-desastre por inundaciones? El objetivo de esta investigación es, por tanto, identificar la vulnerabilidad a la que se enfrenta la sociedad tabasqueña frente al riesgo-desastre a causa de factores naturales y antrópicos para, de tal manera, proponer estrategias de mitigación que reduzcan la vulnerabilidad de la población y, con ello, los desastres.

1. Introducción

El Estado de Tabasco se ubica en la región sureste de México. En su territorio convergen el río Usumacinta y Grijalva: dos de los ríos más caudalosos del territorio mexicano; éste último atraviesa la capital de Villahermosa con sus dos brazos fluviales. La planicie tabasqueña es un área de estudio importante ya que presenta un riesgo a desastre por las constantes inundaciones, debido a cinco factores identificados: 1) su ubicación geográfica, debido a que se encuentra a diez metros sobre el nivel del mar; 2) las características del clima cálido húmedo que trae consigo lluvias todo el año, principalmente en los meses de septiembre y octubre; 3) asentamientos humanos irregulares en los límites de los ríos; 4) los

efectos del cambio climático debido a las acciones antrópicas; y 5) la mala gestión del sistema de presas que conforma el río Grijalva, este último factor el que propiciara la inundación en el año 2007 (Perevochtchikova M., & Lezama J, 2002).

La inundación del 2007 en Tabasco afectó, aproximadamente, el 70% del territorio (CONAGUA, 2007). Sin embargo, las zona más afectada fue la capital del estado, que permaneció bajo el agua alrededor de un mes. En este contexto, dicha zona es relevante para la presente investigación puesto que se encuentra sumamente urbanizada y, por lo mismo, se halla en constante riesgo a desastre debido a los factores arriba mencionados.

Es a partir del uso de cinco ángulos de la vulnerabilidad global, así como del modelo "Swiss Chesse", que se pretende analizar cómo la interacción de las primeras genera condiciones que exponen a la población a un constante riesgo al desastre. Así, la presente investigación tiene como objetivo principal identificar la vulnerabilidad en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, frente al riesgo-desastre por inundaciones, para así proponer estrategias de mitigación para reducir la vulnerabilidad de la población y, con ello, los desastres.

Con tal fin en mente, este trabajo se organiza de la siguiente manera: el primer capítulo se consagra a describir las condiciones geomorfológicas y climáticas que predominan en el estado de Tabasco, condiciones que lo hacen propenso a padecer precipitaciones constantes; así mismo, se abordan algunas cuestiones sociales que dan cuenta de la modificación del paisaje natural y se describen, también, algunas características tanto de la población como del fenómeno natural que afectó a la población tabasqueña. En el segundo capítulo se abordan las condiciones de vulnerabilidad (física, social, económica, política y técnica) que ha experimentado la ciudad de Villahermosa Tabasco frente a las inundaciones del 2007 y cómo es que la suma de estas vulnerabilidades hacen a la población más propensa a padecer un desastre, esta cuestión se aborda a partir del modelo Swiss Cheese. El tercer capítulo habla de las medidas de mitigación estructurales y no estructurales que se han implementado en el estado de Tabasco, antes y

después de la inundación de 2007, con el propósito de analizar y reducir los efectos de las constantes inundaciones en el estado; además, se describen algunas limitantes a las que se han enfrentado estas medidas. El último apartado lo constituyen las consideraciones finales, en donde se describen los resultados obtenidos del análisis del fenómeno de inundaciones en Villahermosa, Tabasco, a partir de la suma de las cinco vulnerabilidades que tomamos como punto de partida, así como las medidas de mitigación que se han tomado (y se podrían tomar) para reducir el riesgo de desastre.

2. Marco teórico

Como ya señalamos, esta investigación analiza el riesgo a desastres por inundaciones en Villahermosa, Tabasco, a causa de su vulnerabilidad. Para ello, se utilizarán los siguientes conceptos de análisis: riesgo-desastre, vulnerabilidad, resistencia, resiliencia, confianza y mitigación. Antes de definir las particularidades de dichos conceptos, es importante mencionar que hay entre ellos una serie de relaciones intrínsecas.

2.1 El riesgo a desastre y su relación con la vulnerabilidad

El riesgo a desastre sólo puede entenderse en relación directa con la vulnerabilidad y el peligro. Es decir, entre más expuesta o vulnerable se encuentre una población frente a un peligro determinado, será igualmente propensa a padecer un desastre (Wilches-Chaux, 1993). Sólo se puede hablar de desastre cuando éste tiene repercusiones negativas –aunque también pueden ser positivas– en el modo de vida de un conjunto de personas que se encuentran expuestas a un peligro y que no tienen la capacidad de recuperarse sin ayuda externa.

En cuanto al estudio de los riesgos, hay que considerar que éstos pueden ser vistos desde un enfoque tanto natural como social. El natural se refiere a todos aquellos eventos no deseados o dañinos que son causados por fenómenos naturales (huracanes, sequías, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, etcétera); mientras que el enfoque social

del riesgo se relaciona directamente con la vulnerabilidad (en sus distintos ángulos, según Wilches-Chaux, 1993). Entonces, si combinamos ambas perspectivas, tendremos como resultado que el riesgo es un constructo social, pues tiene una relación directa con el modo de vida y las acciones que el hombre realiza sobre la naturaleza[1].

Al igual que el riesgo, el desastre, de acuerdo con Smith y Petley (2009), responde a una doble concepción: por un lado, se encuentra la cuestión de que pueda ser provocado por fenómenos meramente naturales como huracanes, sequías, terremotos, etcétera; por otro, de que puedan ser provocados por el hombre (fallas en la tecnología, derrames industriales, accidentes de transporte, entre otros). Es así que, a lo largo del tiempo, la idea de que los desastres eran una manifestación directa de la naturaleza se ha ido transformando para dar lugar a un paradigma según el cual estos tendrían un origen social. De lo que se trata, entonces, es de reconocer que la actividad del hombre en el planeta ha provocado un grave deterioro ambiental y, por ende, la disminución de la capacidad de los ecosistemas de absorber estos cambios.

Así, al incluir la vulnerabilidad como una determinante del riesgo de desastre, puede argüirse que este binomio parte de un constructo social, pues depende de condiciones sociales, económicas, culturales e históricas, la cuales determinarán si una sociedad es más o menos resiliente a los embates de un fenómeno natural. Por tanto, la vulnerabilidad, de acuerdo a Wilches-Chaux (1993), es entendida como la incapacidad de una comunidad para absorber los efectos de un cambio en su medio ambiente.

Por tanto, como el ámbito de lo social depende de muchas dimensiones, es obvio que no existe un solo tipo de vulnerabilidad, sino muchas. Wilches-Chaux (1993) denominó al total de vulnerabilidades como *vulnerabilidad global*, misma que se compone

[1]Al respeto Burton y Kates (*apud*. Calvo, 1964) establecieron una clasificación de riesgos de acuerdo con sus características y efectos. Ésta se encuentra dividida en dos grupos: por un lado, se encuentran los de origen geofísico, que pueden ser climáticos o meteorológicos (como sequías, inundaciones, huracanes, etcétera) o bien de tipo geológico o geomorfológico (como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etcétera); por otro, se encuentran los riesgos biológicos, que se distinguen en faunísticos. Para fines de la presente investigación, sólo nos enfocaremos en los de origen geofísico-meteorológico, respecto al fenómeno inundable en Tabasco.

de doce ángulos (término empleado por el autor). Sin embargo, para el propósito de la presente investigación sólo nos enfocaremos en cinco de estos ángulos por ser los que se presentan en nuestra zona de estudio.

En primer lugar, se encuentra la vulnerabilidad *física*, que se refiere a "la localización de asentamientos humanos en zonas inseguras y a la incapacidad de sus estructuras físicas para hacerle frente a situaciones de riesgo"; la *económica* que se relaciona con la "insuficiencia de ingresos, el desempleo, inestabilidad laboral, así como con la incapacidad de acceder a servicios educativos -a nivel local-, así como con una fuerte dependencia económica -a nivel nacional-"; la *social*, que se refiere "al nivel de cohesión interna que posee una comunidad, es socialmente vulnerable en la medida en que sus miembros se relacionan entre sí"; la *política*, que se relaciona con "el nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que la afectan"; y, por último, se encuentra la vulnerabilidad *técnica*, que se asocia con "la ausencia de diseños y estructuras aptos para resistir un fenómeno determinado"(Wilches- Chaux, 1993).

Desde los distintos enfoques entre los que se puede abordar la vulnerabilidad, se encuentran aquellos que ven a la misma como parte de procesos históricos, sociales y económicos, mismos que determinan si la sociedad es más o menos resiliente a los embates de un fenómeno natural. Cutter (1996) concibe la vulnerabilidad como una respuesta social pero también situada dentro de un riesgo biofísico y geográfico específico, hallándose por tanto determinada por las condiciones particulares de un "lugar".

Cabe resaltar que sólo la población es vulnerable y es aquí donde es importante distinguir entre vulnerabilidad y fragilidad. El término vulnerabilidad está más ligado a aspectos relacionados con las formas de la vida de las personas y el de fragilidad al de la infraestructura (Wisner, 2004). Esta distinción surge a partir de que muchos gobiernos, instituciones e investigaciones académicas sugieren crear medidas, estrategias o mecanismos en torno de la construcción de ciertas obras ingenieriles o reforzamiento de la infraestructura.

A fin de disminuir dichas vulnerabilidades, debe existir un grado de resistencia del sistema social al impacto de un evento peligroso. Keith Smith y Petley (2009) señalan que la resistencia a los peligros se produce cuando se construyen estructuras para situaciones específicas o se fortalecen edificios para reducir el impacto del desastre, es decir, las habilidades de la ciencia, la arquitectura y de la ingeniería civil son muy importantes, pero tienen que operar a través de códigos de construcción y de otras regulaciones que dependen tanto de la iniciativa política como de la aceptación y cumplimiento de la sociedad.

La resistencia tiene implícita la resiliencia y la confiabilidad, que a su vez son necesarias para que las personas puedan anticiparse en términos de su capacidad para poder resistir y recuperarse de un peligro. La resiliencia es entendida como la capacidad de absorción y recuperación del impacto de un evento peligroso. Es característica de los países del Sur debido a que experimentan en mayor medida las consecuencias del desastre en términos de pérdidas humanas. Por otra parte, la confiabilidad se refiere a la frecuencia con la cual los instrumentos de protección combaten la falta del peligro: es propia de los países del Norte donde la tecnología asegura un alto grado de confiabilidad en los sistemas urbanos. Es así que, por medio de la resistencia basada en la resiliencia y la confiabilidad, las personas pueden desarrollar capacidades de organización en conjunto con el gobierno y las instituciones que les permitan disminuir la vulnerabilidad ante el riesgo-desastre.

En definitiva, el binomio riesgo-desastre es producto de actores y factores sumamente complejos que no pueden verse desde una dimensión particular, sino más bien se debe poner especial énfasis en la suma de todas las variables involucradas. Por tanto, el binomio podría representarse de la siguiente manera: riesgo ± vulnerabilidad= ± desastre. Esto depende, por supuesto, de los factores contextuales de un territorio particular, en donde el resultado positivo estará sumamente correlacionado si la sociedad es muy vulnerable y el negativo si es poco vulnerable.

2.2 Mitigación de la vulnerabilidad como una vía para reducir el desastre

El concepto de mitigación parte de la idea de reducir la vulnerabilidad. Esto es sumamente difícil porque se trabaja con las condiciones económicas, políticas, sociales y geográficas: se trata de que aquellas comunidades que se encuentran expuestas[2] al riesgo tengan la capacidad para enfrentar un desastre y recuperarse. El gran desafío, entonces, es prevenir el riesgo con medidas de mitigación de la vulnerabilidad y administrar los desastres (Wilches y Maskrey, 1993).

Parte de lo que se busca a través de la mitigación es lograr mayores niveles de seguridad y supervivencia para la población expuesta con base en dos tipos de medidas de mitigación: estructurales y no estructurales (Wilches y Maskrey, 1993). En cuanto a las medidas estructurales –en particular en el caso de Tabasco– se refiere a todas aquellas construcciones destinadas a reducir el riesgo de inundaciones, como estructuras de retención (las presas y embalses), así como estructuras que protegen de forma directa el territorio (muros verticales y diques). Sin embargo, son estructuras de protección limitada, puesto que su diseño generalmente no toma en cuenta la posibilidad de un evento superior en el futuro. Por otra parte, las medidas no estructurales se enfocan en los cambios conductuales y la concientización, como la creación de políticas para enfrentar el calentamiento global, normas para regular el uso de suelo, coordinación científica para calcular la probabilidad de riesgo en el territorio, así como mantener a la población informada a través de la participación y acción social.

Una condición fundamental para trabajar la mitigación es el análisis de la situación local. Por tanto, se debe pensar en estrategias de prevención tomando en consideración a la comunidad y sus necesidades. En este contexto, la conciencia colectiva es preponderante y se encuentra vinculada con la organización social. De acuerdo con Maskrey (1993), se trata de una mitigación para el cambio "mitigación popular", un proceso que implica la transformación de las condiciones de vida y las relaciones de producción (económicas, territoriales, ecológicas, sociales y políticas) que determinan tales condiciones. En realidad, lo que se propone es disminuir el riesgo a través de una sociedad organizada, así como la

[2] La exposición se refiere a la cantidad de bienes y personas directamente sujetos a una amenaza (Menoni, 2008: 327)

unión del ámbito científico, tecnológico y el gobierno, pero sin dejar a un lado las particularidades del territorio y los procesos socio-históricos del desastre.

3. Metodología

La metodología que se aplicó para llevar a cabo la presente investigación consistió en determinar las herramientas teóricas que fueron de utilidad para el desarrollo de nuestro caso de estudio. Los conceptos implementados en el marco teórico (riesgo-desastre, vulnerabilidad, resiliencia, resistencia, resistencia y mitigación) constituyen herramientas importantes para esta labor. Cabe mencionar la relevancia del concepto de vulnerabilidad sobre los otros, por lo que es el primero en definirse en el marco teórico. También se incorporó información obtenida de artículos científicos acerca de estudios locales vinculados a cuestiones sociales, económicas, así como mapas, censos de población y planes de mitigación empleados por el estado de Tabasco con el propósito de responder nuestra pregunta de investigación y cumplir el objetivo de estudio. El modelo que se para llevar a cabo este estudio escogió fue el que se conoce en inglés como *Swiss Cheese*, propuesto por Reason (1990), especialmente con el fin de analizar la causalidad de los desastres por medio de la combinación de las distintas vulnerabilidades en el territorio.

4. Ubicación, características y manifestaciones naturales de Tabasco

El estado de Tabasco se localiza en la planicie costera del Golfo de México hasta las montañas de Chiapas. Se encuentra dividido en dos regiones, hacia el occidente se ubica la región del Grijalva y hacia el norte la del Usumacinta (INEGI, 2001). Estas dos regiones a su vez se encuentran subdivididas en dos. Por una parte, la región del Grijalva se conforma

por la subregiones Centro, Chontalapa y Sierra, mientras que la del Usumacinta comprende las subregiones de los Ríos y Pantanos (véase Imagen 1)[3].

Imagen 1. Regiones y subregiones en Tabasco

Fuente: INEGI (2001), *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco*.

De tal manera, los 17 municipios que conforman el estado de Tabasco se encuentran distribuidos de acuerdo con sus subregiones, como se observa en el Mapa 1.En la región centro se encuentran los municipios de Centro, Jalapa de Méndez y Najuca, mientras que la subregión de Chontalpa cuenta con los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán, Comalcalco y Paraíso. En tanto, la subregión de la Sierra, se localiza al inicio de la Sierra Madre de Chiapas, en ella se encuentran los municipios de Teapa, Jalapa y Tacotalpa. En tanto, los municipios que conforman la región del Usumacinta (en la subregión de los Ríos) son Bacalan, Centla, Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique. De tal manera que la subregión de Pantanos se compone por los municipios de Macuspana, Jonuta y Centla.

[3] Sin embargo, para los fines de la presente investigación sólo nos enfocaremos en la región Grijalva-Centro, (que es donde se encuentra Villahermosa) ya que, de acuerdo a una revisión previa de datos históricos, es la más propensa a inundarse.

4.1 Condiciones geomorfológicas y climáticas: ¿un riesgo latente?

El estado de Tabasco se encuentra enclavado en la región de la Llanura Costera del Golfo de México, que se caracteriza por muy poco relieve, pues más del 95% de su superficie territorial se encuentra por debajo de los 100 m de altitud. Esta condición responde a la constante acumulación de depósitos fluviales del cuaternario –el cual se sitúa en la era Cenozoica– que han traído consigo la formación de incontables zonas lacustres, pantanosas, litorales y aluviales. Así mismo, en la zona sur del estado se encuentran sierras, cañadas y pequeños valles (INEGI, 2001: 69).

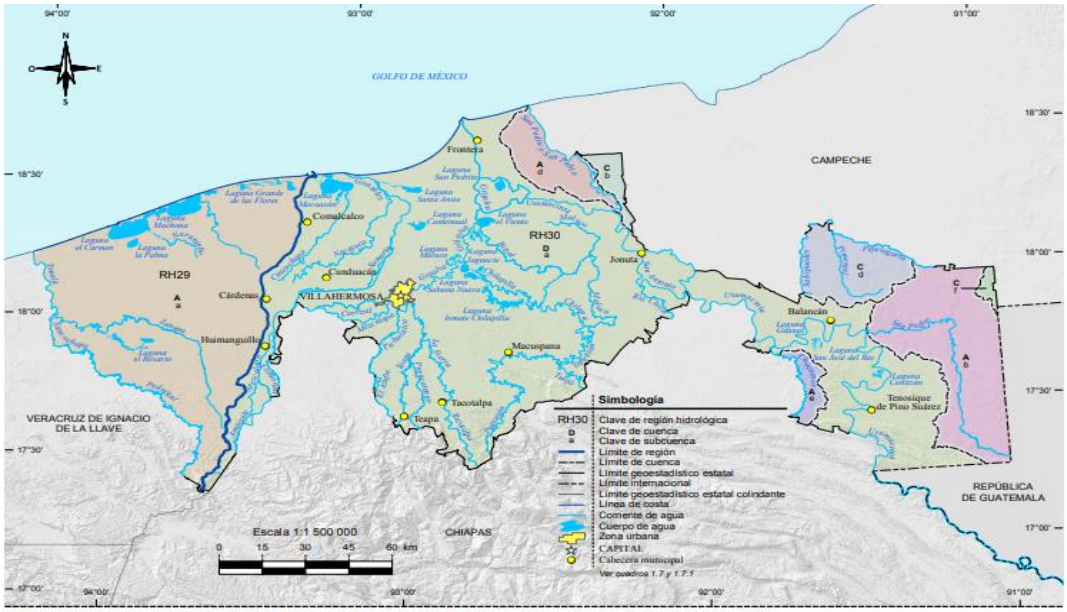
Por otra parte, las condiciones climatológicas del mismo lo hacen propenso a padecer constantes precipitaciones, debido a su alta humedad y temperatura. Generalmente, la humedad se encuentra entre un 80% y 86% debido a que la mayor parte del año la región se encuentra cubierta por bancos nubosos: la temperatura media anual más alta se encuentra en los 26°C, en tanto que la más baja se encuentra en 21°C. El periodo de precipitaciones dura casi la totalidad el año, siendo los meses de junio a octubre los más intensos: "La precipitación promedio anual es de 2,426mm (más alta del país), con mínima en abril y máxima en septiembre" (Perevochtchikova y Lezama, 2010: 78).

Dicho lo anterior, es importante hacer hincapié en que dos de los ríos más caudalosos del territorio mexicano atraviesan la planicie tabasqueña: el Grijalva y el Usumacinta (véase Imagen 2), cuyo caudal representa el 30% del total nacional (Perevochtchikova y Lezama, 2010). Según datos del INEGI (2001), el coeficiente de escurrimiento en la cuenca hidrográfica ronda entre el 20 y 30%, debido al suelo arcilloso; donde el escurrimiento es menor al 10%, se debe a que el suelo es de tipo arenoso (se estima que el volumen de escurrimiento total anual es de 5 915.15 millones de metros cúbicos)[4]:

[4] Aunado a las condiciones anteriores, debe sumarse el hecho de que el acuífero en donde se encuentran las regiones hidrológicas es de tipo semi-confinado y que, debido a la saturación de la capa sub-superficial del

Estas condiciones hidrogeológicas marcan un alto índice de posibilidad de que ocurran inundaciones en época de lluvias en prácticamente todo el territorio del estado. Es cierto que estas condiciones pudieran ser empeoradas o mitigadas por la acción humana, de la cual depende el riesgo de exposición de la misma sociedad. (Perevochtchikova y Lezama, 2010: 82)

Imagen 2. Subregiones hidrológicas en Tabasco.



Fuente: INEGI. *Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Escala 1:250 000, serie I.*
INEGI-CONAGUA. 2007. *Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México Escala 1:250 000.*
INEGI. *Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, serie II.*

Fuente: INEGI (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco*. (En donde RH29 es la región hidrológica Coatzacoalcos y RH30 es la región Grijalva-Usumacinta).

El riesgo a inundaciones en la planicie tabasqueña ha existido siempre y, como ya mencionamos en párrafos anteriores, responde a cuestiones geográficas, geomorfológicas y

suelo, no permite una correcta infiltración del agua al subsuelo y, en consecuencia, la mayor parte del agua precipitada se escurre de manera superficial (INEGI, 2001).

climatológicas. Por tanto, si añadimos a la vulnerabilidad del lugar[5] las actividades de tala ilegal que se han llevado a cabo en los bosques de los altos de la sierra cercanos a Tabasco para fines de agricultura y ganadería, el riesgo a desastre se incrementa:[6]

> [...] la expansión de la actividad ganadera constituyó el proceso socioambiental más importante en Tabasco entre 1960 y 1975, de tal magnitud que el hato ganadero llegó a sumar más de 1 millón de cabezas en 1970, lo que a su vez se consiguió mediante un agresivo desmonte de las selvas del estado, de tal manera que ya en 1980 más de la mitad de la superficie de Tabasco se había convertido en pastizales para ganado. (Tudela, 1990)

Estas actividades han provocado la erosión hídrica del suelo en casi 50% del territorio estatal (Perevochtchikova y Lezama, 2010:8) de manera que han alterado de manera negativa el ciclo hidrológico natural, el cual permite que los cuerpos de agua puedan filtrar y escurrir los sedimentos a través de los cauces libres, provocando así el desbordamiento de varios de los ríos en la cuenca hidrológica tabasqueña. Además, han provocado la pérdida de riqueza biológica de aproximadamente 300 especies vegetales por hectárea, así como la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera (Tudela, 1990).

Se debe agregar también que, aunado a la tala inmoderada, Tabasco se ha caracterizado por su gran producción petrolera. Ésta surge a partir de los años 50 pero tiene su mayor auge en los años 70 del siglo pasado, cuando se descubrieron varios campos de explotación como Fortuna Nacional, Tortuguero y José Colomo, siendo los primero y último campos aquellos que darían la pauta para la creación de PEMEX en 1974; en un momento determinado, la producción de gas natural y de petróleo llegó a representar el 30% a nivel nacional. (Pinkus y Pacheco, 2012: 5). Sin embargo, producto de este auge

[5] De acuerdo a Susan Cutter (1996), la vulnerabilidad se encuentra determinada por la interacción de los dos factores: el social y el biofísico.

[6] Actualmente "[...] la deforestación en Tabasco produjo consecuencias desfavorables: El 95% de las selvas se perdió, mientras el 80% de los 2 millones 474 has [...] se deforestó para agricultura y ganadería, por lo que actualmente a Tabasco sólo le quedan 100 mil hectáreas [...] (*Tabasco Hoy*, 2011)

surgió también un grave problema de deterioro ambiental a causa de derrames así como la polución de tóxicos provenientes de la quema de gases en los pozos[7].

En efecto, las condiciones naturales (geomorfológicas y climáticas) en las que se encuentra Tabasco le suponen un riesgo natural a padecer inundaciones; recordemos, con Calvo (1984), que un riesgo natural es todo aquello considerado como elementos del medio físico y biológico nocivo para el hombre y causado por fuerzas ajenas a él. Sin embargo, la propensión al desastre a causa de ciclones tropicales, huracanes y lluvias intensas presentes en dicho territorio, tiene una relación intrínseca con la acción humana, pues las acciones encaminadas a modificar el paisaje natural han puesto a la sociedad tabasqueña ante un inminente riesgo social[8].

4.2 Características de la población en Tabasco

El informe de pobreza y evaluación en el estado de Tabasco en 2012 presentado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) indica el número de personas pobres y vulnerables ante la carencia de servicios básicos. El estado, respecto de las 32 entidades federativas, ocupó el octavo lugar en porcentaje de población en situación de pobreza y pobreza extrema, ubicándolo dentro de las diez entidades con mayor pobreza a nivel nacional. En 2010, del total de personas que habitaba el estado, el 57. 3% se encontraba en situación de pobreza; este porcentaje representa que, del total de la población, 2, 245, 447 personas, 1, 286, 179 se encontraban en esta situación.

De acuerdo con el censo de población y vivienda de INEGI, 2010, en el municipio de Centro residían 640, 359 habitantes, de los cuales 353, 577 viven en la localidad de

[7] Una nota periodística en la Revista Proceso, con fecha del 4 de noviembre de 2008, señala que se derramaron 31 barriles de petróleo en la terminal Marítima de dos Bocas, derivado de las fuertes lluvias en la región.

[8] Del mismo modo, Calvo (1984) señala que la naturaleza es neutral y que lo que la vuelve insatisfactoria es el estado de las sociedades humanas que, afectadas por un evento determinado hará los sucesos naturales más o menos peligrosos para ellas.

Villahermosa. De acuerdo a datos del CONEVAL (2012), el 40% de la población tiene educación básica incompleta, el 55% no cuenta con acceso a servicios de salud, el 2% de las viviendas cuenta con piso de tierra y no disponen de drenaje, en tanto el 1% no dispone de agua excusado o sanitario (ver tabla 1).

Tabla 1. Rezago social en Tabasco

Indicadores de rezago social	Cifras en Villahermosa
Población de 15 años y más con educación básica incompleta	61,555
Población sin derechohabiencia a servicios de salud	83,844
Viviendas con piso de tierra	2,352
Viviendas que no disponen de excusado o sanitario	931
Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública	2,648
Viviendas que no disponen de drenaje	324
Viviendas que no disponen de energía eléctrica	156
Total	151,810

Fuente: elaboración propia con base en datos de CONEVAL (2012).

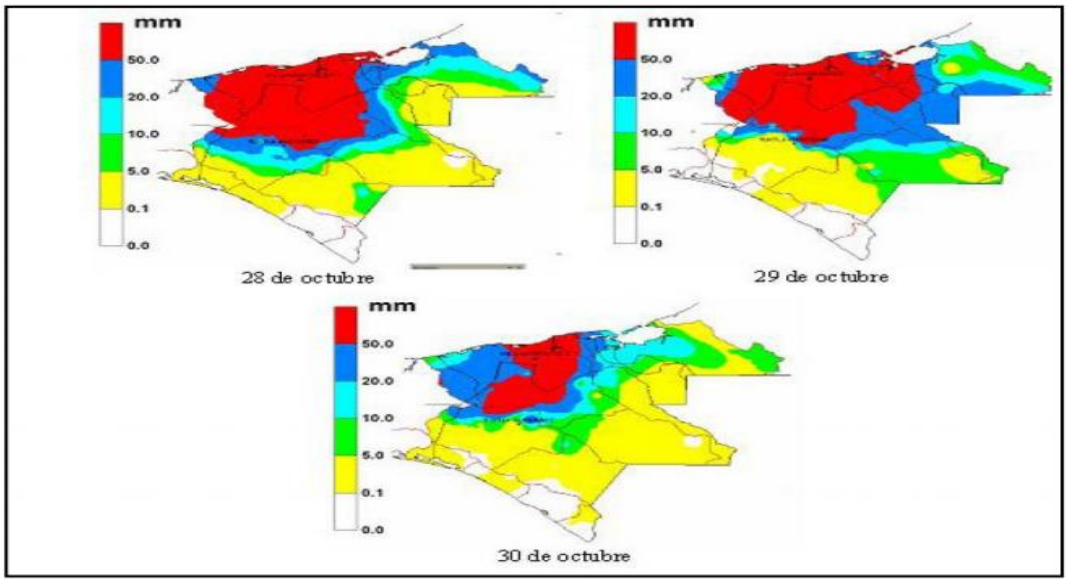
Esto nos dice que el 43% de las de personas que habitan la localidad cuentan con algún tipo de rezago social. Puede decirse entonces que los habitantes de Villahermosa se encuentran sumamente vulnerables en términos sociales y económicos, a lo que debe sumarse el hecho de que habitan en una zona en donde el riesgo de inundación es constante.

4.3 El fenómeno inundable en 2007: causas y consecuencias

Durante la tercera semana de octubre de 2007, las precipitaciones se intensificaron debido a la presencia de varias depresiones tropicales y frentes fríos en sureste del territorio mexicano y el Golfo de México. Los primeros indicios ocurrieron el 11 y 12 de octubre con la entrada del frente frío número 2 y la circulación de un sistema de baja presión proveniente de Guatemala, esta situación se volvió un tanto más crítica con la llegada del frente frío número 3, en los días del 21 al 24 (del mes en cuestión). Finalmente, lo que terminó por agravar la situación, fue la entrada del frente frío número 4, combinado con la tormenta tropical Noel en el mar Caribe, en el periodo del 28 de octubre al 1 de noviembre. (ERN, 2007).

Fue durante este último periodo cuando la situación se tornó más complicada dado que el frente frío número 4 ingresó con aire polar en el Golfo de México, ocasionando lluvias extremas y vientos del norte superiores a los 80 km/h y rachas de 100 km que provocaron un oleaje con altura de entre 3 y 5 metros. Esto provocó humedad en los terrenos y el incremento del caudal en la cuenca del río Grijalva, que generó grandes escurrimientos hacia la presa Peñitas (la cual tiene muy poca capacidad) (véase Imagen 3)

Imagen 3. Precipitaciones diarias en los últimos días de octubre de 2007



Fuente: Sistema Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA, 2007)

De acuerdo con el Gobierno de Tabasco (2007), se estima que 2530 localidades del estado se vieron afectadas por la inundación. Se calcula que 835 sufrieron de manera directa los efectos de la inundación, mientras que 621 lo hicieron de manera indirecta, lo que equivale al 58% del total. De tal manera, se vieron inundadas 75 localidades urbanas y 760 rurales, en tanto que de manera indirecta resultaron afectadas 47 zona rurales y 527 urbanas. Estas pérdidas afectaron varios sectores sociales en Tabasco (véanse Cuadro 1 y Fotografía 1).

Cuadro 1. Daños en los sectores sociales tras la inundación del 2007 en Tabasco (en millones de pesos)

Sectores	Daños	Pérdidas	Total
Vivienda	2,526.26	20	2,546.26
Salud	687.6	1,396.20	2,083.80
Educación	682.6	446	1,128.60
Cultura	153.9	61	214.9

Fuente: Elaboración propia con datos de: "Tabasco: Características e impacto socioeconómico provocado a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4"

Fotografía 1. Inundación en Tabasco 2007

Fuente: imágenes de Google

El estudio *Cuando el río suena* (2009) de la Fundación Idea, indica que los ecosistemas en la entidad fueron afectados por los contaminantes diluidos y transportados por las corrientes de agua que atravesaron zonas rurales, suburbanas y ciudades, y depositados en suelos agrícolas, humedales, cuencas de ríos y lagunas. Estos contaminantes son aguas negras de origen doméstico, de drenajes, agua con residuos químicos y biológicos infecciosos provenientes de los centros comerciales y de servicios, laboratorios clínicos, hospitales, imprentas, estudios fotográficos, entre otros, así como agua con gran cantidad de hidrocarburos producto de gasolineras y talleres mecánicos. Otras fuentes contaminantes de gran impacto fueron los tiraderos a cielo abierto debido a que arrastraron grandes cantidades de residuos sólidos y lixiviados. Los más afectados por la contaminación del agua, residuos y sedimentos, son las lagunas, humedales, pantanos y playas, pero existe una falta de información y datos sobre la magnitud de las pérdidas reales del desastre.

Es así que, tras la inundación de 2007, los daños y pérdidas causados por el desastre ascendieron a 31.8 miles de millones de pesos, superando las pérdidas económicas del sismo de 1985 y los efectos de los huracanes Wilma y Stan en 2005 (CEPAL, 2008), que

había afectado de manera directa a los sectores económicos presentes en el estado, siendo las actividad agricultora las más afectada. El impacto del desastre representó 29.31% del PIB estatal (véase Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de daños en Tabasco tras la inundación de 2007 (en millones pesos)

Sector Económico	Daños	Pérdidas	Total
Agricultura	950.3	7,962.20	8,912.50
Actividad Agrícola	---	7,445.90	7,445.90
Actividad Pecuaria	480.6	287.9	768.5
Pesca y acuacultura	467.4	222	689.4
Actividad silvícola	2.3	6.4	8.7
Comercio	3,387.80	1,908.20	5,296.00
Industria manufacturera y construcción	1,128.70	458.6	1,587.30
Servicios	2,508.10	875.4	3,383.50
Turismo y restaurantes	171.2	108.6	278.8

Fuente: Elaboración propia con datos de *Tabasco: Características e impacto socioeconómico provocado a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4*

La cifra total de los daños y pérdidas no debe tomarse como una evaluación integral de los sectores y actividades afectados, sino más bien debe interpretarse a partir de los daños en la estructura social que este fenómeno trajo consigo: la determinación del desastre en la sociedad tabasqueña tiene relación directa con la vulnerabilidad en sus distintas dimensiones (véase Fotografía 2).

Fotografía 2. Inundación en la Colonia Gaviotas (una colonia vulnerable).

Fuente: Perevochtchikova & Lezama. (2010).

5. Vulnerabilidad y su relación con el fenómeno inundable en Tabasco, 2007

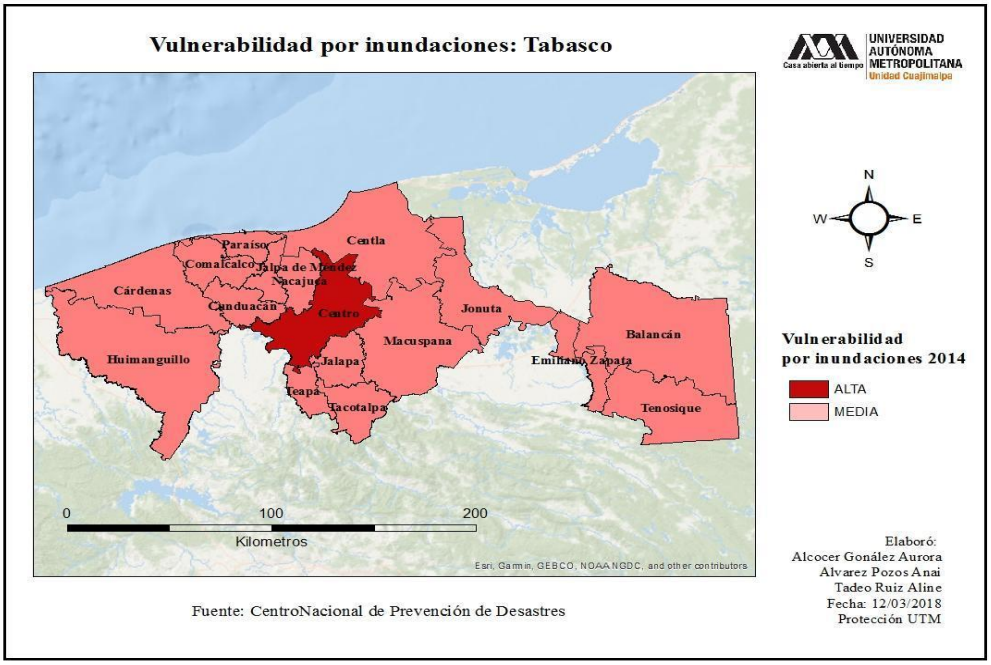
Las inundaciones como riesgos meramente naturales pueden ser perjudiciales para la población, pero no determinan el impacto de los desastres en Villahermosa, Tabasco. Es la vulnerabilidad en sus distintos enfoques (social, político, económico y físico) la que propicia la posibilidad de padecer un desastre: "Algunos desastres tienen una connotación típicamente establecida en la relación hombre-naturaleza, que son provocados por las perturbaciones que el hombre realiza sobre el medio ambiente" (Delgadillo, 1996: 19).

Al respecto, uno de los de los factores que volvió a Tabasco sumamente vulnerable en términos físico-sociales fue el crecimiento acelerado de la población en Villahermosa, que tuvo lugar en la década de 1970 y que repondía la llegada de la industria petrolera

(PEMEX) a la región, propiciando la migración desde distintas áreas rurales del estado hacia los municipios de centro –pero principalmente a Villahermosa– y provocando que la mancha urbana se expandiera de forma desordenada en zonas bajas consideradas como de alto riesgo de inundación. Dicha situación puso en jaque la vulnerabilidad social del lugar (véase Mapa 1)[9]:

> La ciudad [...] había comenzado a extenderse en la margen derecha del río Grijalva— frente a Villahermosa—, aceleró este proceso después de 1960 y se fueron ocupando terrenos bajos que servían de áreas de amortiguamiento en el desborde de ríos y lagunas —vasos reguladores—. Colonias populares como Las Gaviotas, La Manga, Casablanca, los Espejos I y II y Los Carrizales se asentaron en zonas de riesgo que recibieron un fuerte impacto en las inundaciones de 1982 y 1999. (Capdepont & Marín, 2014: 150)

Mapa 1. Vulnerabilidad por inundaciones en Tabasco



[9] De acuerdo a Wilches-Chaux (1993), la vulnerabilidad física se relaciona directamente con la localización de asentamientos en zonas de riesgo y se puede mitigar por medio de la construcción de obras ingenieriles.

El crecimiento de la población en Tabasco no ha cesado desde entonces; por el contrario, está aumentado considerablemente, principalmente en la zona centro del estado que es la más propensa a inundarse. De acuerdo con datos de INEGI (2010), la tasa de crecimiento demográfico fue de casi cinco veces, ya que de un porcentaje de crecimiento en los años 70 del 0.8%, en 2015 la tasa de crecimiento fue del 2.3%.

Aunado a lo anterior, es importante señalar dos aspectos que suponen una alta *vulnerabilidad social* entre los habitantes de Villahermosa. En primera instancia, la población del estado no dispone de la información necesaria para conocer a profundidad el fenómeno inundable y también ignoran las medidas de prevención y protección civil oficiales. Tampoco existe una organización social conjunta, ya que cuando se presenta el periodo de precipitaciones las personas –de manera individual– buscan protegerse por medio de la colocación de costales a las afueras de sus viviendas [10], como puede verse en la Fotografía 3.

Fotografía 3

Fuente: Macias, Gilberto (2007).

[10] Experiencia propia de Aurora Alcocer González quien, durante la inundación de 2007, se encontraba presente en Tabasco y se vio afectada por tal fenómeno.

Como ya mencionamos en párrafos anteriores, la industria petrolera en la década de los 70 tuvo repercusiones sociales en la región, influyendo también en la cuestión económica: la actividad petrolera desplazó al sector agropecuario acentuando la desigualdad social, pues muchas de las personas dedicadas a este tipo de actividades no tuvieron oportunidad de acceder a los beneficios económicos que aportaba la actividad petrolera: "La petrolización de Tabasco puso de manifiesto el fracaso de grandes planes de diversificación agropecuaria e indirectamente influyó en la disminución de tierras dedicadas al desarrollo del sector primario de la economía" (Pinkus y Pacheco, 2012: 6).

Posteriormente, a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, con la implementación del modelo neoliberal en el país, el gobierno del estado incentivó la llegada de empresas transnacionales dedicadas al sector servicios que afectaron de manera significativa la economía local: "Estas grandes firmas crearon la posibilidad de ofrecer mejores precios a los consumidores, pero desplazaron a las compañías abarroteras que desde hacía mucho tiempo distribuían mercancías […]" (Capdepont y Marín, 2014: 151). Es así que tanto la incursión de PEMEX en la región como la estructuración económica a partir del neoliberalismo supusieron una *vulnerabilidad económica* para los tabasqueños.

Ahora bien, para analizar la vulnerabilidad socioeconómica, es necesario hablar del papel de actores políticos como el gobierno federal, estatal y de las instituciones encargadas de la gestión del riesgo frente a las inundaciones. En primera instancia, la Secretaría de Gobernación (SG) es el órgano principal encargado de ejecutar los planes de control y prevención de los riesgos a nivel nacional, esto en coordinación con otras dependencias entre las que encontramos el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARTAT), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC), por mencionar los más relevantes.

A nivel estatal, la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas del Gobierno de Tabasco es la encargada del desarrollo poblacional, así como de la prevención de desastres en el territorio a través de diversos planes y programas entre los que destaca el Programa

Estatal de Desarrollo Urbano (SAOP 2007). Sin embargo, a nivel municipal aún existen carencias respecto a las actividades de prevención, auxilio y mitigación de los desastres. Delgadillo (1996) señala que esto se debe al centralismo en la organización del estado mexicano, por lo que es necesario hablar, dado tal contexto, de una *vulnerabilidad de carácter político*.

De tal manera, la planeación territorial del estado y el manejo de los sistemas hídricos de prevención de inundaciones se encuentran a cargo de Conagua, la SAOP y la Secretaría del Gobierno del estado de Tabasco, siendo estas instituciones responsables de la gestión de obras, planes y programas orientados al control de inundaciones en el territorio. Así mismo, se cuenta con un Comité de Operación de Presas[11] compuesto por el gobierno estatal del estado de Chiapas y Tabasco, en conjunto con la Comisión Federal de Electricidad y Conagua.

Sin embargo, durante la inundación de 2007 la infraestructura frente al control de inundaciones fue insuficiente, debido a que los ríos Sierra y Usumacinta no contaban con infraestructura de regulación y muchas de las obras propuestas en el 2003 como parte del Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) se encontraban inconclusas, proyecto que buscaba brindar protección contra lluvias extremas y crecientes por medio de la confinación de las corrientes. Además, se pretendía enviar los excedentes de agua lejos de zonas urbanas y llevarlos hacia el mar con el propósito de disminuir el riesgo por inundación (IMTA, 2008).

Es así que la falta de bordos y estructuras de control en el río Carrizal y Sierra fue resultado de un nulo mantenimiento en las obras existentes así como de la carencia de un programa de ordenamiento territorial integral; la suma de ambos factores propició la inundación en las zonas bajas de Villahermosa. Puede decirse, entonces, que la falta de

[11] Aquí es importante mencionar que el sistema de presas del alto Grijalva se compone por La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. Las primeras tres tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 14,600 millones de metros cúbicos en contraste con la capacidad de almacenamiento de Peñitas, la cual es 10 veces de menor a las otras tres (*Tabasco Hoy*, 2011).

interés del gobierno de Tabasco por llevar a cabo de manera correcta cuestiones ingenieriles puso a la población ante una *vulnerabilidad técnica*.

En definitiva, la sociedad tabasqueña ha aprendido a vivir con el riesgo; en palabras Smith y Petley (2009), se han vuelto resilientes en la medida que han adquirido la capacidad de absorber el impacto que les suponen los peligros de carácter natural. Sin embargo, la confiabilidad que tiene la misma sociedad ante los instrumentos de prevención contra inundaciones es casi nulo puesto que en muy pocas ocasiones han logrado combatir los efectos peligrosos de las inundaciones. Así mismo, la combinación de las cinco vulnerabilidades (física, social, económica, política y técnica) hacen propensa a la población a padecer un desastre cuando un fenómeno de tipo natural se presenta de manera abrupta, tal y como sucedió en la planicie Tabasqueña en 2007. Recordemos que, de acuerdo con Delgadillo (1996), los desastres no son fenómenos por sí mismos, sino que se asocian con procesos sociales que condensan situaciones económicas, territoriales y las condiciones de vida de la población afectada.

Fuente: Macias, Gilberto (2007).

5.1 El modelo Swiss Cheese y su relación con la vulnerabilidad

Como ya hemos visto, la potencialidad de un desastre es el resultado de la combinación de todas las vulnerabilidades en el lugar y, por tanto, es necesario entender la causalidad del evento para, posteriormente, considerar la mitigación o prevención del desastre. Para esto, emplearemos el modelo de *Swiss Cheese* propuesto por Reason (1990), el cual parte de la idea de que la prevención del desastre debe analizar las circunstancias de los accidentes relacionados por fallas humanas y explica que "La razón fue mirar las defensas que las organizaciones establecen para prevenir accidentes [...] estas defensas son consideradas como rebanadas de queso suizo alineadas una detrás de la otra [véase Imagen 4]. Los agujeros en los pedazos de queso son considerados como las debilidades en cada línea de defensa" (Smith y Petley, 2009).

En este mismo contexto, las causas que potencializaron el desastre en la planicie tabasqueña son producto de la simultaneidad de múltiples vulnerabilidades en el territorio. Cada una de estas vulnerabilidades está representada por un agujero en el queso, entonces la ocurrencia del desastre dependerá de la alineación de estas.

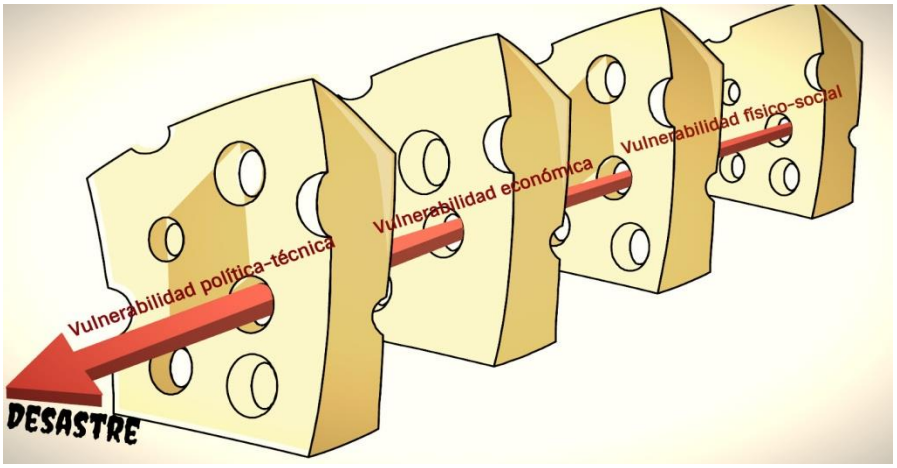
En primer lugar se encuentran las causas físico-sociales como resultado de asentamientos irregulares en zonas de alto riesgo que se encuentran ubicadas en las inmediaciones de los ríos Grijalva y Carrizal. Esto a consecuencia de un acelerado crecimiento poblacional vinculado con la llegada de la industria, que trajo consigo un impacto económico desequilibrado en el lugar.

En segundo lugar, la sociedad tabasqueña no tiene la conciencia necesaria acerca de la magnitud del fenómeno latente, ya que no disponen de la información e ignoran las medidas preventivas. Debido a esto, hay una falta de organización frente al desastre, lo que hace vulnerable a la población; aunado a esto, la sociedad ha respondido de forma individual en lo rleativo a la protección de sus viviendas. Existe, también, una incapacidad por parte de las autoridades en cuanto a la ejecución de obras, planes y programas, sobre

todo porque la prevención de los desastres por inundación en cuanto a su financiamiento se encuentra centralizado por dependencias a nivel federal.

En último lugar, la mala gestión de las presas y estructuras encaminadas al control de precipitaciones extremas se debe a las fallas en la cuestión política e ingenieril, lo que supone una vulnerabilidad en ambos rubros. La suma de todas estas vulnerabilidades en la planicie tabasqueña propiciaron la inundación y uno de los desastres más importantes en la historia contemporánea de la región.

Imagen 4. Modelo Swiss Cheese



Fuente: elaboración propia.

Ya que el riesgo por inundación se encuentra latente en el territorio, la magnitud del desastre puede disminuir en el caso de que uno de los hoyos logren desalinearse. Entonces, el proceso de prevención de los desastres requiere el tratamiento de cada una de las vulnerabilidades con base en medidas de mitigación desde lo político, social e ingenieril.

6. Mitigación: Tratamiento y reducción de la vulnerabilidad en Tabasco

Como hemos visto en los apartados anteriores, la planicie tabasqueña es una zona que se encuentra en constante riesgo y peligro por inundaciones, sobre todo por su alta

vulnerabilidad frente a los eventos climatológicos atribuidos al cambio climático. Por lo tanto, se han tomado diversas acciones de mitigación a partir de las dos últimas inundaciones, las cuales tuvieron un fuerte impacto en el territorio, principalmente en Villahermosa, la capital del estado. Estas acciones incluyen: medidas estructurales y medidas no estructurales, como los planes de mitigación y adaptación al cambio climático.

Las medidas estructurales con las que cuenta el estado de Tabasco se conforman por la construcción de muros de contención y el sistema de presas sobre el alto Grijalva, el cual está conformado por la presa Peñitas, Malpaso, Chicoasén y Angostura. Por otro lado, a partir de la inundación de 1999, el gobierno estatal y Conagua dieron pie a la creación del Proyecto Integral Contra Inundaciones (PICI 2003), el cual estimaba 24 obras para prevenir futuras inundaciones y así controlar los escurrimientos excedentes del río Carrizal y el río Grijalva. Las obras para el PICI debían finalizar para el año 2006; éstas consistían en la construcción de diversas obras hidráulicas, tales como construcción de bordos de empotramiento y protecciones marginales para el río Grijalva y Carrizal, así como construcción de muros de contención, desazolve de cauces naturales y drenaje.

Sin embargo, se presentaron ciertas irregularidades durante los avances en el proyecto, por lo que el PICI tuvo una primera modificación, ya que las labores de construcción en el año 2005 afectaron a diversas poblaciones. Posteriormente, en el año 2006 se presentó un retraso en el trabajo de obras, lo que trajo consigo un impacto económico y social. Estas irregularidades en las construcciones se encuentran vinculadas con dos grandes problemas: el primero se encuentra ligado a la corrupción y desviación de recursos por parte de los gobiernos; el segundo tiene que ver con un mal diseño y planeación de las obras que conforman el proyecto. En tanto, las obras del PICI quedaron inconclusas y nuevamente, en octubre del 2007, el territorio tabasqueño se encontraró en riesgo-desastre por inundación.

En el 2008, tras la devastadora inundación del 2007 en Villahermosa, se dio a conocer el Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) por el Gobierno Estatal y el Gobierno Federal en coordinación con la Conagua. Podríamos decir que el PHIT es un plan que combina elementos estructurales tales como la construcción de una estructura de control en

el río Carrizal y la rehabilitación de la infraestructura existente que en total suman 51 bordos colapsados, al mismo tiempo que entre sus objetivos principales destacan elementos no estructurales como estudios hidrológicos, ordenamiento territorial. Se busca el desarrollo sustentable del estado y la adaptación al cambio climático mediante la preservación de áreas naturales protegidas. Lamentablemente, el PHIT fue otro intento fallido, ya que se encargaba de conducir el agua excedente de los ríos a lagunas fuera de la zona conurbada, lo cual resultó contraproducente al verse inundadas otras zonas a las afueras de la ciudad. Así, los planes hídricos propuestos por el gobierno han sido preparados a partir del último desastre por inundación en la capital del estado y conformados por una serie de obras estructurales que constan principalmente de protecciones marginales contra inundaciones, como los muros de concreto y bordos de retención de agua.

7. Consideraciones finales

La magnitud del desastre a causa de la inundación de 2007 en Tabasco se debió a una serie de factores naturales y sociales. Por un lado, la cuestión geográfica, geomorfológica y climática, que refiere a la cuestión de las lluvias extremas que causantes de un crecimiento del nivel de los ríos –que prácticamente cruzan por toda la planicie tabasqueña– y, por otro, se encuentran los factores antrópicos que se relacionan con la modificación del paisaje así como con la construcción y manejo de obras hidráulicas.

Es importante dejar en claro que, si bien los componentes de origen natural tuvieron un papel preponderante en esta situación, la magnitud del desastre se debió en gran medida a cuestiones sociales relacionadas con la vulnerabilidad. Esta se encuentra determinada por la expansión urbana a zonas de alto riesgo y propensas a inundarse; por el nivel de organización social; por el grado dependencia económica del nivel estatal al federal, así como por la fuerte centralización del estado mexicano que deja en claro que, a nivel municipal, no se cuenta con planes de mitigación y prevención de los desastres; finalmente,

se encuentra el hecho de que muchas de las obras encaminadas a prevenir un desastre por inundación se encuentran inconclusas.

A pesar de que la sociedad tabasqueña se ha vuelto más resiliente frente a estos desastres, el problema se encuentra en que las medidas de prevención se han enfocado, principalmente, en la construcción de infraestructura, tomando en consideración tan sólo los últimos eventos de inundaciones; es por ello que dicha infraestructura se encuentra limitada: no está pensada para adecuarse a futuros eventos resultantes del cambio climático. Por otro lado, para asegurar la estabilidad de la sociedad, se deben tomar en cuenta las necesidades de las poblaciones que han sido afectadas en las históricas inundaciones, es decir, se debe analizar desde una escala micro las características de sus habitantes, lo cual no ha sido tomado en cuenta, habiéndose únicamente buscado la protección de la capital del estado.

En suma, el desastre por inundaciones en Tabasco ha sido el resultado no solamente del impacto social sobre el ambiente físico, sino también de una ausencia de la evaluación y tratamiento de la vulnerabilidad en sus respectivas dimensiones. Por tanto, es indispensable buscar un equilibrio dinámico y, para esto, proponemos que las medidas de mitigación logren el consenso entre las autoridades y la población afectada. A su vez, es necesario modificar los planes de infraestructura encaminados a la lucha contra el agua y, en su lugar, trabajar en la creación de obras pensadas para aprovechamiento de este recurso.

7.1 Solución ecotecnica aplicada a las inundaciones

Considerando que las medidas estructurales en Tabasco, debido a la la suma de todas las vulnerabilidades y la ausencia en los planes de escenarios a futuros, han sido ineficientes y que, en consecuencia, con el tiempo se volverán limitadas en su capacidad de proporcionar protección de eventos futuros, es necesario entonces pensar en un sistema eficaz de drenaje que busque, en la medida de lo posible, reducir el riesgo por inundaciones, garantizar la seguridad de las personas, combatir la erosión de los suelos y, sobre todo, contribuir al equilibrio con el ambiente.

Es por esto que hoy en día se habla de la construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable (SuD Sustentable) con el fin de mitigar las inundaciones, que proponen diversas medidas que, de manera simultánea, tienen como objetivo un trabajo multidisciplinario con diversos sectores científicos y con la sociedad: se trata de lograr la descentralización de los desastres que busca hacer a una población más resiliente a los desastres por inundaciones. Cabe mencionar que estas técnicas han tenido un auge positivo en Estados Unidos y otros países como Reino Unido. Sin embargo, tomando en cuenta las condiciones del territorio tabasqueño y el análisis de la problemática por inundaciones, proponemos la construcción de áreas de bioretención, como parte de una solución ecotécnica, con el objetivo de reducir el riesgo por inundaciones en la planicie tabasqueña.

La construcción de áreas de biorretención consiste en estructuras destinadas al control de agua de lluvia que capturan y tratan el agua por escurrimiento debido a las frecuentes precipitaciones que se presentan en determinado territorio. El tratamiento de esta agua se lleva a cabo mediante la implantación de vegetación en cuencas u otras áreas y tiene por objetivo evitar inundaciones[12].

[12] Como se explica en la página de Sud Sostenible, en el apartado de Abellán, A. (2014).

Fotografías recuperadas de Abellán, A. (2014).

A continuación presentamos una breve descripción del procedimiento de construcción destinado a las áreas de biorretención, que consiste en 9 fases:

1) Preparación: delimitar el área de biorretención y, una vez establecido el lugar, se debe comenzar por protegerlo de cualquier flujo de agua, por lo que es importante desviar estos flujos para contrarrestar la erosión del suelo.
2) Excavación: proceder con el trabajo de excavación basándose en los niveles de profundidad establecidos para el área.
3) Relleno: en esta fase, es importante rellenar los espacios que se han generado para la biorretención.

4) Revestimiento: en primer lugar, se cubre la totalidad de la excavación con una membrana geotextil, lo que debe abarcar el fondo y todos sus lateralesy cuyo objetivo es evitar problemas por infiltración.
5) Dren inferior: se refiere a la colocación en la profundidad de la excavación de un sistema de desagüe inferior con un 0.5% de pendiente mínima. Esta fase consiste en la conexión de todos los drenes con los que cuente el sistema.
6) Lecho de grava: es la primera capa que debe ser colocada en la excavación y tiene que dejar espacios para lograr una libre circulación del agua. En esta fase se ubica el dren de desagüe de forma inmersa.
7) Mezcla de suelo de biorretención: esta fase consiste en la colocación de capas que van de 30 cm aproximadamente. aquí es importante evitar la compactación de las capas. Está prohibido el empleo de maquinaria pesada y, para ayudar al asentamiento del suelo, la colocación de cada capa se debe saturar de agua para que sea drenada por la parte inferior. Una vez que se han colocado las capas planificadas, es necesario dejar un espacio para el mantillo que cubrirá la superficie de las capas.
8) Colocación de mantillo: el mantillo se compone principalmente de virutas de madera y corteza de árbol rallada. La tarea es cubrir el área de biorretención con un volumen de unos 7.5 cm. Es importante evitar sustancias orgánicas para prevenir infiltraciones.
9) Plantación: una vez que se ha realizado de manera adecuada las fases anteriores, se comienza entonces con la plantación de las especies vegetales como última fase. Estas especies serán seleccionadas de acuerdo a las condiciones climáticas del territorio, por lo que en esta fase se requiere el punto de vista de un especialista que nos ayude a seleccionar las especies que sean más viables. Finalmente, ya que el área de biorretención no podrá ponerse en marcha hasta que la vegetación se encuentre asentada, es

necesario que, durante todo el primer año, se riegue constantemente la vegetación.

Con base en lo anterior, la instalación de un sistema de biorretención en Tabasco sería una de las alternativas más viables, en gran medida porque busca un equilibrio en la relación del hombre con la naturaleza. Por otra parte, este sistema es uno de los más flexibles, ya que puede emplearse dentro del territorio urbanístico en forma de jardines recreativos, en una zonas de pendiente y en zonas rurales. En definitiva, esto traería consigo una serie de beneficios para contrarrestar los efectos del cambio climático en el territorio, además de ofrecerle una oportunidad a la sociedad de modificar su relación con la naturaleza y, además, mejora desde un punto de vista estético el paisaje urbano. Sin embargo, como se ha mencionado antes, es importante tomar en cuenta las necesidades particulares de la población para la ejecución de estos planes de prevención.

Finalmente, se considera importante incluir este sistema en los planes del estado orientados al diseño urbano y a la mitigación del cambio climático. Dado que el objetivo principal es reducir las inundaciones en el territorio, es importante cuidar que la construcción de las áreas de biorretención no estén localizados cerca de los flujos de agua y mucho menos cerca del acuífero.

Bibliografía

Abellán, A. (2014). *"Pasos en la construcción de un área de biorretención*" en *Sud Sostenible*: http://sudsostenible.com/construccion-de-las-areas-de-biorretencion/.

Calvo García-Tornel, F. (1984). "La Geografía de los Riesgos" en *Geocrítica*. No. 54. Noviembre. Universidad de Barcelona. España.

Cardona, O. (1993). *"Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo"* en Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, *Los desastres no son naturales*. pp. 45-65).

Capdepont, J. & Marín, P. (2007, enero-junio). "La economía de Tabasco y su impacto en el crecimiento en la ciudad de Villahermosa (1960-2010)" en *Revista Liminar*. *Estudios Sociales y Humanísticos*, Volumén XII, pp. 144-160.

CEPAL, (2008). Tabasco: "Características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4" en *Comisión Económica para América latina y el Caribe. México*. Disponible en <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/33373/L864_parte_1_de_8.pdf>.

Cutter, S. (1996). *Vulnerabilidad a riesgos ambientales.* Departamento de Geografía de la Universidad de Carolina del Sur: Carolina del Sur. Pp.529-539

CONEVAL. (2012). *Informe de pobreza y evaluación en el estado de Tabasco 2012.* Abril 2, 2018, de CONEVAL Sitio web: <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Tabasco/principal/27informe2012.pdf>.

Delgadillo, J. (1996). *Desastres naturales: Aspectos para su prevención y tratamiento en México.* Instituto de investigaciones económicas, UNAM: México.

Evaluación de Riesgos Naturales. (2007). *Inundación en Tabasco por eventos meteorológicos: Reporte preliminar de las inundaciones en Tabasco.* marzo 17, 2018, de ERN Sitio web: <https://www.ern.com.mx/boletines/InformesDanos/071107-I.pdf>.

Fundación Idea, (2009). *Tabasco. Cuando el Rió Suena* en <http://fundacionidea.org.mx/assets/files/FKA001/FundIDEA_2009_Tabasco_Cuando%20el%20Rio%20Suena.pdf.>.

UNAM, (2018). *El problema de inundaciones en Tabasco*. febrero 11, 2018, de UNAM en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/499/4/A4.pdf>.

INEGI. (2001). *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco: Aspectos generales* en <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223939/702825223939_2.pdf>.

INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2015* en <http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/mapas/tab_map.pdf >.

INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010* en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/censos/cpv2010/PT.asp?s=est&c=27770&proy=cpv10_pt>.

INEGI. (2001). *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco: Agricultura e Hidrología* en <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223939/702825223939_6.pdf >.

IMTA. (2008). *Informe de las inundaciones de 2007 en el estado de Tabasco: Diagnóstico preliminar* en <https://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g12-04-2008/informe-tabasco.pdf>.

López, R. (2010, septiembre 9). "Tabasco, en quiebra por inundaciones" en *La Jornada*, <http://www.jornada.unam.mx/2010/09/09/estados/033n2est.>.

Macías, J. (s.f). *Perspectivas de los estudios sobre desastres en México* en <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap5.htm>.

Perevochtchikova, M., & Lezama, J. (2010). "Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco"en *Journal of Latin American Geography*, Volumen II. Pp. 73-98.

Pinkus, J & Pacheco, J. (2012). "Expectativas sociales y deterioro ambiental por el petróleo. Caso de Cárdenas, Tabasco, México" en *Cuadernos de Antropología* pp.1-22.

SEDESOL. (2012). *Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social*. Abril 2, 2018 en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31510/Tabasco_1_.pdf>.

Smith, K. & Petley (2009). *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*. Routledge: UK.

Tudela, F. (1990) "Recursos naturales y sociedad en el trópico húmedo tabasqueño" en Leff, E. (Coord.). *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol. I. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM-Ed. Porrúa: México. Pp.149-227

Wilches-Chaux, G. (1993). "La vulnerabilidad global" en *Los desastres no son naturales* Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Pp. 11-41.