

## La gran inundación del 2007 en Villahermosa, Tabasco, México: antecedentes y avances en materia de control

Rodimiro Ramos Reyes<sup>1</sup>; Miguel Ángel Palomeque de la Cruz<sup>2</sup>

Recibido: 5 de abril del 2018 / Enviado a evaluar: 19 de octubre del 2018 / Aceptado: 17 de octubre del 2019

**Resumen.** Durante el siglo XX y principios del XXI, se realizó una gran transformación en el sistema hídrico en la cuenca del río Grijalva, México, debido al inadecuado crecimiento urbano en Villahermosa, Tabasco, que invadió tierras bajas e inundables, provocando vulnerabilidad en la población. Estos antecedentes se relacionaron con las grandes inundaciones del 2007, que afectaron aproximadamente 1,500 localidades y dañaron hasta el 75% de la población, causando enormes pérdidas millonarias en la infraestructura urbana; cultivos agrícolas, comercio y vivienda, principalmente en Villahermosa. Luego de las grandes inundaciones de 2007, el Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), fue diseñado para reducir al máximo la condición de riesgo y vulnerabilidad, donde se dio el reforzamiento y la protección de bordos, sin embargo, aún es primordial la ejecución del programa de ordenamiento ecológico, los programas de desarrollo urbano y el atlas de riesgo, donde se promuevan las regulaciones del crecimiento urbano y los asentamientos irregulares. Queda mucho trabajo por hacer concienzudamente, donde los actores políticos y los centros de investigación no solo hacen lo que deben hacer, sino que la sociedad en general debe reconocer los beneficios de respetar la naturaleza y las regulaciones sociales. A más de una década de la inundación más grande y drástica no ha habido otra catástrofe o bien las obras realizadas han mitigado los estragos. Se han logrado ciertos objetivos, pero no hay que bajar la guardia y seguir generando información base que sirva para convivir con la naturaleza y el medio ambiente.

**Palabras clave:** Cuenca del río Grijalva; crecimiento urbano; inundaciones; infraestructura hidráulica; vulnerabilidad social; ordenamiento ecológico.

[en] The great flood of 2007 in Villahermosa, Tabasco, Mexico: background, progress in control

**Abstract.** During the twentieth and the beginning of the twenty- first century it was done a huge transformation in the hydraulic surface system in the Grijalva's river basin, Mexico; due to the inadequate of the urban growth in Villahermosa, Tabasco that invaded low and floodable lands,

<sup>1</sup> Laboratorio de Analisis de Informacion Geografica y Estadística. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa. México.

E-mail: rreyes73@hotmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

E-mail: migueldacbiol@hotmail.com

provoking vulnerability in the population. These backgrounds were related to the great flooding of the 2007 that affected about 1,500 localities and damaged till 75% of the population causing huge millionaires losses in the urban infrastructure, agricultural crops, commerce and housing mainly in Villahermosa. After the great flooding in 2007 the integral hydric plan of tabasco (IHPT), was designed of minimizing the condition of risk and vulnerability where the reinforcement and protection of fringes where done, it's important the execution of environmental, ecological and urban development programs and the atlas of risk, where the regulations of urban growth and irregular settlements is promoted, is still essential. There is a lot of work left to do conscientiously, where not only politicians actors and research centers do what they need to do but also the society in general must recognises the benefits to respect nature and the social regulations. More than a decade ago of the biggest and drastic flooding there has not been another catastrophe or maybe the work done has avoided the ravages. It has achieved certain goals but it is important don't lower our guards and continue making research and base informations that help us to coexist with nature and environment.

**Keywords:** Grijalva river basin; urban growth; floods; hydraulic infrastructure; social vulnerability; environmental planning.

## [fr] le grand débit de 2007 à Villahermosa, Tabasco, Mexique: contexte et progrès en contrôle

**Résumé.** Pendant le vingtième et le début du vingt et unième siècle. le système hydraulique superficiel du bassin du fleuve Grijalva, au Mexique, a été profondément transformé; en raison de l'inadéquation de la croissance urbaine à Villahermosa, Tabasco qui a envahi des terres basses et inondables, inutilisables; provoquant la vulnérabilité de la population. Ces origines sont liées à la grande inondation de 2007 qui a touché environ 1 500 localités et endommagé jusqu'à 75% de la population, causant d'énormes pertes millionnaires dans l'infrastructure urbaine; les cultures agricoles, le commerce et le logement principalement à Villahermosa. Après la grande inondation de 2007, le plan hydrique intégral de Tabasco (PHIT). A été conçu dans le but de réduire au maximum les conditions de risque et de vulnérabilité, là où il est important de renforcer et de protéger les franges, ce qui est essentiel à l'exécution du programme environnemental et écologique; Les programmes de développement urbain et l'atlas des risques, dans lesquels la réglementation de la croissance urbaine et des établissements irréguliers sont promus, sont toujours essentiels. Cependant, il reste beaucoup de travail à faire consciencieusement, où non seulement les acteurs politiques et les centres de recherche font ce qu'ils doivent faire, mais aussi la société en général doit reconnaître les avantages de respecter la nature et les réglementations sociales. Il y a plus d'une décennie des inondations les plus importantes et les plus dramatiques, il n'y a pas eu d'autre catastrophe ou peut-être que les travaux effectués ont évité les ravages. il a atteint certains objectifs, mais il est important de ne pas baisser la garde et de continuer à faire des recherches et des informations de base qui nous aident à coexister avec la nature et l'environnement.

**Mots Clès:** Bassin du Grijalva; croissance urbaine; inondations; infrastructure hydraulique; vulnérabilité sociale; gestion écologique

**Cómo citar.** Ramos Reyes, R. y Palomeque de la Cruz, M.A. (2019): La gran inundación del 2007 en Villahermosa, Tabasco, México: antecedentes y avances en materia de control. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(2), 387-413.

**Sumario.** 1. Introducción. 2. Descripción del área de estudio. 3. Metodología. 3.1. La evolución urbana y modificación de la cuenca baja del río Grijalva. 3.2. Las inundaciones en el Siglo XX. 3.3. Acciones Tomadas sobre el control de las inundaciones y escenarios. 3.4. Elaboración de la cartografía. 4. Resultados. 4.1. Evolución urbana y modificación de la red hidrológica. 4.2. Inundaciones en el Siglo XX. 4.3. La devastadora inundación del 2007. 4.4. Zonas afectadas por la inundación del 2007. 4.5. Acciones para el control de las inundaciones de 2007. 4.6. Escenarios de impacto ambiental y futuras inundaciones. 5. Consideraciones finales. 6. Referencias bibliográficas.

## 1. Introducción

El agua es un recurso finito indispensable para la salud pública, los ecosistemas, la biodiversidad, la producción de alimentos, la industria, la energía y el desarrollo económico de México. Por ello se le considera un factor estratégico de seguridad nacional, así como de estabilidad social y política (Diario Oficial de la Federación, 2014). La cuenca del río Grijalva, México, cubre el mayor porcentaje de recursos hídricos en los que se incluyen, ríos, arroyos, lagunas y pantanos en una extensa llanura inundable, que condiciona la vida de miles de habitantes. En el estado de Tabasco, la gran cantidad de escurrimientos superficiales y la presencia de complejos sistemas de ríos, grandes precipitaciones fluviales, la altitud a nivel del mar, genera un gran número de humedales marinos, pantanos y lagunas, convirtiendo a Tabasco en el lugar más húmedo de México (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2001; López-Jiménez, 2019).

En Tabasco pasan los dos ríos más importantes de México, el Grijalva y el Usumacinta, y están distribuidos en dos regiones hidrológicas, la de Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017; López-Jiménez, 2019). En la cuenca del Grijalva se ubica la ciudad de Villahermosa capital del estado de Tabasco, en ella existen trece sistemas de humedales fluviales y de contacto relacionados con los ríos Mezcalapa-Viejo, Carrizal y Sierra-Grijalva (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017a). Sin embargo, desde los años 50s la ciudad ha tenido un acelerado crecimiento de la población y una expansión urbana incontrolable, situación que se agudiza por los asentamientos irregulares, sin planeación y en forma caótica (Comisión Nacional del Agua, 2012).

A lo largo del tiempo, Tabasco ha visto afectado su patrimonio natural, por sus condiciones geográficas, con impactos significativos para la estructura urbana de su capital. En efecto, el papel que Villahermosa ejerce sobre la entidad y el Sureste de México, explica la concentración manifiesta de los beneficios del desarrollo, pero también de las irregularidades inherentes al mismo. Esta dualidad estructural se observa nítidamente en la conurbación Villahermosa-Nacajuca; por una parte, un potencial para el desarrollo metropolitano, pero igual un problema para su ordenamiento urbano (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008). En Tabasco, el área de selvas disminuyó notablemente (Kolb y Galicia 2012) y convirtió al estado en una de las entidades federativas más deforestadas de México, debido a que entre 1950 y 1990 perdió más del 90% de las coberturas arbóreas por la expansión de las actividades agropecuarias (Sánchez-Munguía, 2005).

En la década de los 70's, el auge petrolero mejoró el impulso económico del sureste de México y consecuente crecimiento urbano de sus ciudades, entre ellas, Villahermosa (Allub y Michel, 1979; Capdepon-Ballina y Marín-Olán, 2014; Garza, 2010). El flujo natural del río Grijalva ha sido interrumpido para espacios con fines agropecuarios y por el desarrollo de carreteras que cambiaron la dinámica del agua y los ciclos de inundación del territorio (Sánchez *et al.*, 2015). La pérdida de la cobertura vegetal y humedales de Villahermosa, también se ha relacionado con el crecimiento de su área urbana, deforestación con fines de uso ganadero y explotación

petrolera (Perevochtchikova y Lezama, 2010; Kolb *et al.*, 2013; Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017b). Aunque también el deterioro de los humedales ha sido por causa del incremento de pastizales, infraestructura urbana y carreteras (Estrada-Loreto *et al.*, 2013).

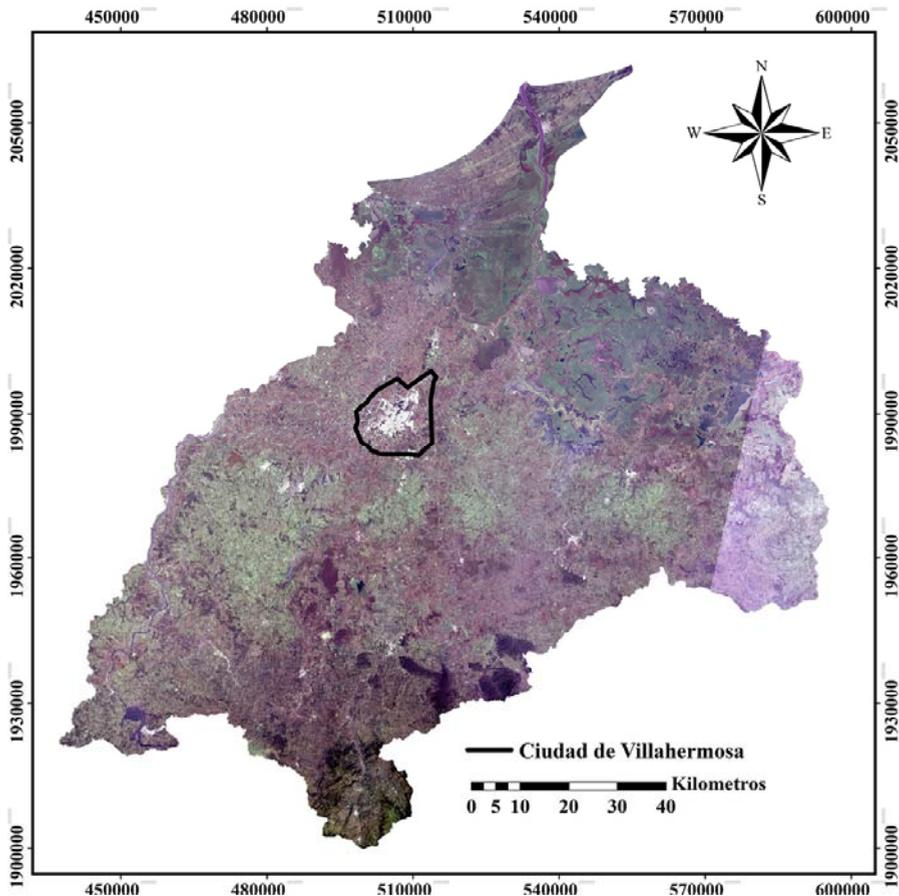
El crecimiento urbano de Villahermosa con carencia de políticas públicas para su desarrollo sostenible, la limitación de terrenos aptos y legalmente disponibles para la construcción de viviendas, fomentó la ocupación de sitios con alto riesgo de inundaciones. Estas condiciones han contribuido a la formación de espacios urbanos segregados, un fenómeno común en ciudades Latinoamericanas (Azócar *et al.*, 2003; Bazant, 2010; Benítez *et al.*, 2012; Galindo-Alcántara *et al.*, 2009). Las políticas urbanas en países subdesarrollados no han logrado regular los asentamientos irregulares, evidenciando la falta de interés para mitigar los impactos de la vulnerabilidad social y económica entre los pobres (Smolka y Larangeira, 2008). La política de reemplazar coberturas de vegetación y humedales durante la década de los 80 hasta el 2019, ocasionó la vulnerabilidad de la población principalmente asentada en zonas inundables ante fenómenos climatológicos como huracanes e inundaciones. Villahermosa ha tenido grandes inundaciones como las del 2007, con importantes costos sociales, particularmente en la población de escasos recursos, por su ubicación en zonas de alto riesgo y vulnerabilidad (Galindo-Alcántara *et al.*, 2009).

El objetivo de este documento fue estudiar los antecedentes y el avance reciente en materia de control de inundaciones en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Se describió el proceso histórico del crecimiento urbano de la capital tabasqueña y las causas que influyeron en la modificación de la cuenca baja del río Grijalva. Posteriormente se abordó el tema de la gran inundación del 2007, que causó grandes pérdidas millonarias en materia de infraestructura urbana, cultivos agrícolas, comercios y vivienda. A partir de esta catástrofe se mencionan las estrategias de control de inundaciones para prevenir futuros escenarios.

## 2. Descripción del área de estudio

La ciudad de Villahermosa, Tabasco (Figura 1) colinda al norte con el municipio de Centla; al este con el municipio de Macuspana; al oeste con los municipios de Cunduacán y Jalpa de Méndez; y al sur con los municipios de Jalapa y Teapa, así como con el vecino estado de Chiapas (Cerna *et al.*, 2011). La ciudad se localiza en 92° 55' O y 17° 59' N, presenta una superficie de 20,655 ha (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017a) y se ubica en la planicie costera de la cuenca del río Grijalva (Comisión Nacional del Agua, 2012). De acuerdo al documento llamado Delimitación de Zonas Metropolitanas de México 2010, de las 59 zonas metropolitanas identificadas con información del Censo de Población y Vivienda de 2010, once ciudades tienen más de un millón de habitantes y en ellas se encuentra Villahermosa (Secretaría de Desarrollo Social, 2012).

Figura 1. Ubicación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en la Cuenca del Grijalva, México.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen LANDSAT 7 (Color Natural).

La localización de Villahermosa es un atributo de accesibilidad económica y social al ser favorecido por su cercanía relativa con el resto de los municipios de Tabasco, siendo además el paso primordial para el tránsito del norte al sur de México. Esto hace resaltar su función territorial ya que por dichas características concentra la estructura vial más importante del estado. Puesto que hacia ella confluyen tres de las carreteras federales que vinculan a Tabasco con toda la región Sur-Sureste de México, además es desde el punto de vista hidrológico, un territorio complejo, porque está bordeada hacia el oeste y norte por el río Carrizal, al este por el río Grijalva y al sur por el río Mezcalapa, contando además en su interior con cuerpos de agua de diferente importancia, una relación conflictiva agua-ciudad de carácter económico y ambiental (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008).

### 3. Metodología

El estudio de los antecedentes y avances en materia de control de inundaciones en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, fue realizado mediante la descripción de los hechos más relevantes del proceso histórico del crecimiento urbano de la capital tabasqueña y las causas sociales, económicas y ambientales que influyeron en la modificación de la cuenca baja del río Grijalva. Ante estos antecedentes se logró comprender el tema de la mayor inundación del siglo XXI en México, ocurrida en gran parte del estado de Tabasco, con mayor afectación en Villahermosa. Apartir de esta catástrofe se investigó todo lo relacionado con el control de inundaciones y los escenarios esperados.

#### 3.1. La evolución urbana y modificación de la cuenca baja del río Grijalva

La descripción del proceso histórico del establecimiento de asentamientos humanos que influyó en la actual configuración espacial de la ciudad de Villahermosa, proviene de una revisión bibliográfica que permitió clarificar las implicaciones locales, la expansión de la ciudad y su relación con las transformaciones en la cuenca baja del río Grijalva. La revisión bibliográfica y documental también social y económica fueron: (Allub y Michel, 1979; Gurría-Lacroix *et al.*, 1982; Garza, 2010; World Meteorological Organization, 2012; Comisión Económica para América Latina, 2008; Oropeza-Orozco, 2004; Peters, 2005; López-de Gómara, 2007; Chávez-Jiménez 2007; Tudela, 1992; Salazar-Ledesma, 2002; Ruiz-Abreu, 2002; Torruco, 2014; Cerna *et al.*, 2011; Hernández, 2011; Toledo, 2011; Comisión Nacional del Agua, 2012; Díaz-Perera, 2014; Díaz-Perera, 2016; Sánchez *et al.*, 2015; Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017a; Areu-Rangel *et al.*, 2019).

#### 3.2. Las inundaciones en el Siglo XX

Se describieron las principales causas y afectaciones durante las inundaciones en el 2007 en Tabasco y en particular, en Villahermosa mediante estudios de: (Gobierno del estado de Tabasco, 2000; Alatríste-Domínguez, 2019; Sánchez-Linares, 2002; Garnica-Peña y Alcántara-Ayala, 2004; Aguirre y Macías, 2006; Ramos-Hernandez, 2008; Galindo-Alcántara *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2015; Comisión Económica para América Latina, 2008; Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008; Perevochtchikova y Lezama, 2010; García-García y Kauffer-Michel, 2011; Álvarez y Tuñón, 2016).

#### 3.3. Acciones Tomadas sobre el control de las inundaciones y escenarios

Se realizó una compilación de todas las acciones que incluyeron planes, programas y estudios técnicos realizados posteriormente a los eventos de inundaciones del 2007: (Arreguín-Cortés *et al.*, 2014; Comisión Nacional del Agua, 2012; Sánchez *et al.*, 2015; Palomeque-De la Cruz, *et al.*, 2017a; Capdemon-Ballina y Marín-Olán, 2014;

Cerna *et al.*, 2012; Hernández, 2011; Salcedo *et al.*, 2012; Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008; Bazant, 2010; Orellana *et al.*, 2016).

### **3.4. Elaboración de la cartografía**

La delimitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en la cuenca del río Grijalva, México, se realizó a partir de la descarga y recorte de una imagen del satélite LandSat 7 con una combinación bandas 3-2-1 para un color natural con el programa Arc Gis® 10.2.2. La escala empleada fue 1:30,000, con un Datum WGS84-Proyección UTM, zona 15N.

El mapa de la provincia de Tabasco 1579 y La Villa San Juan Bautista 1884, se obtuvieron del atlas histórico de Tabasco (Gurria-Lacroix *et al.*, 1982), mientras que la cartografía histórica de Villahermosa y las inundaciones en 1999 se obtuvo de la Crónica Grafica del Crecimiento de la Villahermosa, Periodo (1884-1999) (Instituto de Vivienda de Tabasco, 1999). Los planos sobre rompidos en la cuenca del Río Grijalva, México fueron recopilados de los estudios de Peters (2005). También se compilaron imágenes sobre las afectaciones en la zona urbana por el desborde de los ríos en el 2007, y las acciones de control inmediato publicados diarios estatales, el atlas de riesgo del municipio de Centro, Tabasco (Galindo-Alcántara *et al.*, 2009). También se emplearon fotografías de diversas fuentes de internet.

La elaboración del mapa de la inundación del 2007 en gran parte del territorio de Tabasco, se realizó con una digitalización en pantalla con el programa Arc Gis® 10.2.2, sobre un plano elaborado por RELIEFWEB (2007), donde se delimitaron las áreas inundadas, las zonas afectadas, las zonas no afectas, los ríos y el límite urbano de la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

El mapa de las obras hidráulicas del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), fue elaborado con datos vectoriales (polilíneas) descargados en la página web del Centro Nacional de Prevención de Inundaciones (CENAPRED, 2019). Estos datos vectoriales fueron sobrepuestos contra una imagen LandSat 7 en combinación de bandas 4-3-2 para un falso color.

## **4. Discusión**

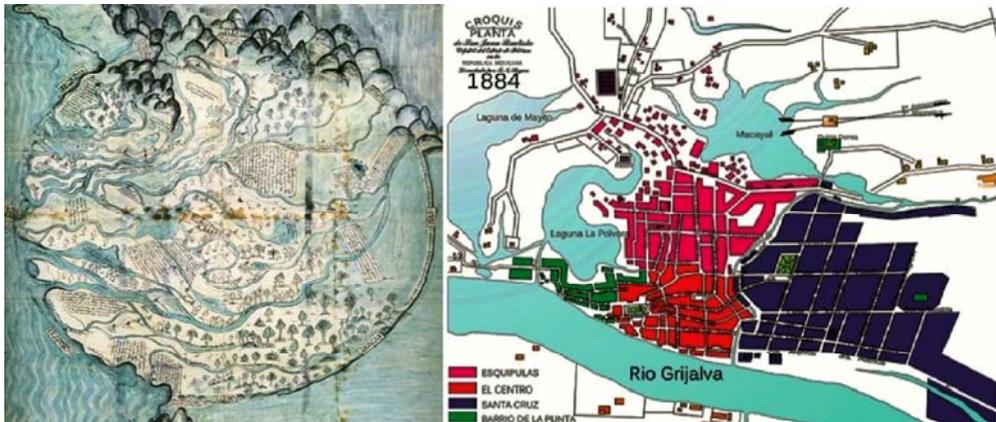
### **4.1. Evolución urbana y modificación de la red hidrológica**

Desde el surgimiento de los primeros asentamientos humanos en la antigua Mesoamérica, ya se tenía una estrecha relación del hombre con las inundaciones (World Meteorological Organization, 2012). Esta relación se tiene documentada desde las civilizaciones Olmecas, que habitaron la región hacia el año 1000 A.C y posteriormente los Mayas, que ocuparon parte del territorio de Tabasco en el año 200 D.C. (World Meteorological Organization, 2012; Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 1986). Durante el posclásico la corona española arribó en la desembocadura del río Grijalva-Usumacinta en una zona llama

Potonchán (Putunchan) perteneciente a los putunes o grupo maya-chontal y gobernada por el «halach uinik» Taabscoob, que servía como puerto marino maya, que fue invadido por Hernán Cortés con la crucial Batalla de Centla en 1519 (López-de Gómara, 2007; Chávez-Jiménez 2007). Tras la derrota de los Maya-Chontales, en Potonchán se fundó la Villa de Santa María de la Victoria (Figura 2) para ser la primera capital de Tabasco y la primera población española en la Nueva España y una de las primeras en America, ahí se llevaron a cabo las principales actividades de comercio principalmente marítimo (Ruiz-Abreu, 2002; Torruco, 2014).

Debido a los fuertes ataques piratas en 1570, se tomó la decisión de mover la población de la Villa de Santa María de la Victoria, quienes ya estaban inmigrando a una zona conocida como la Villa Carmona, nombrada posteriormente “La Villa San Juan Bautista” (Chávez-Jiménez, 2007) (Figura 2). A pesar de todos los cambios en 1597 los piratas continuaron invadiendo San Juan Bautista, entonces no solo se trató de la población, sino que los poderes se trasladaron a la zona montañosa en Tacotalpa (Chávez-Jiménez, 2007; Ruiz-Abreu, 2002; Ruz, 2002; Salazar-Ledesma, 2000). Sin embargo, debido a la complicada situación para las comunicaciones de la zona, en 1795 la administración virreinal decidió regresar a San Juan Bautista, concentrando nuevamente las actividades comerciales, políticas, sociales y culturales (Ruiz-Abreu, 2002; Torruco, 2014).

Figura 2. Mapa de la provincia de Tabasco 1579 y La Villa San Juan Bautista 1884.



Fuente: Gurriá-Lacroix *et al.*, (1982).

Con todo lo que se vivía en La Villa San Juan Bautista desde su fundación, como su inestabilidad política, sus frecuentes inundaciones y enfermedades en la población, no se logró generar un crecimiento en ningún sentido, se mantenía un estancamiento de la economía y su población no tenía mayor relevancia durante ese siglo (Chávez-Jiménez, 2007; Salazar-Ledesma, 2000). La villa tenía una extensión urbana de 120 hectáreas, la población originaria era de chontales, zoques, nahuas, mayas y pocos

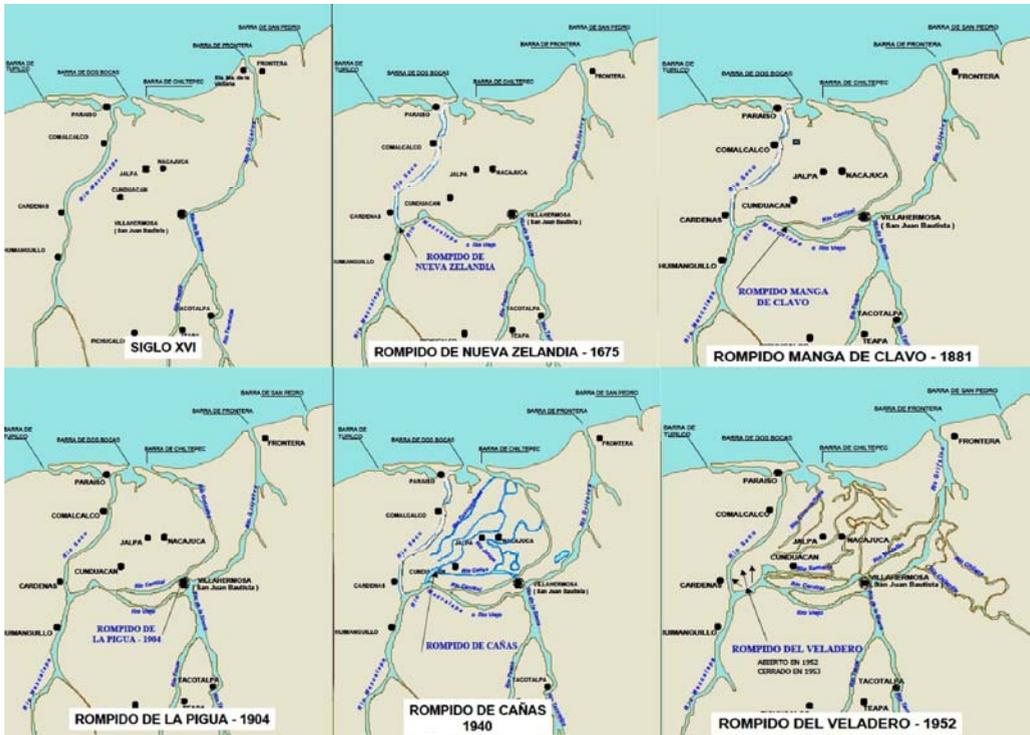
colonizadores de España, las epidemias e inundaciones estaban condicionados por el clima y tipos de suelos (Hernández, 2011).

En 1675, se propició un fuerte rompido en la zona que actualmente se conoce como Nueva Zelandia, cerca de la margen derecha del río Mezcalapa, desviando el agua del río hacia unos bajos localizados al oriente, modificando su curso (Figura 3). El objetivo era poner fin al ataque de los piratas por el río Seco, debido a que esa zona era la más vulnerable para la entrada de los barcos. Por la escasa pendiente, se formó un río que primero se interceptó con el río Viejo, después se unió al río de la Sierra, a 2 km al sur de San Juan Bautista y entre los dos formaron el río Grijalva. La formación de este nuevo caudal, propició una amenaza constante de inundaciones (Salazar-Ledesma, 2002; Chávez-Jiménez, 2007).

En 1881 se indujo a un nuevo rompido en “Manga de Clavo” (Figura 3) a 16 Km del oriente de Nueva Zelandia, con el que se formó el río Carrizal que pasaba a 3 km al norte de la Villa San Juan Bautista, continuando por el río Medellín o Gonzáles, hacia la barra de Chiltepec, ocasionando que el río Viejo se secase, disminuyendo así las inundaciones en San Juan Bautista (Salazar-Ledesma, 2002; Peters, 2005; Chávez-Jiménez, 2007). Manteniendo su geografía y clima a finales del siglo XIX, la Villa San Juan Bautista aún era dominada por enormes lagunas, pantanos, arroyos y zonas bajas, que generaban crecientes en los meses con más lluvia (Díaz-Perera *et al.*, 2016).

La ciudad de Villahermosa, en la ribera del río Grijalva, fue nombrada oficialmente como tal en 1916 (Torruco, 2014). Para los principios del siglo XX, comienza a haber un crecimiento poblacional que había sido medido, las principales áreas de crecimiento eran las rurales, pues la mayor población se concentraba ahí y la principal actividad económica era la agricultura (Arrieta, 1994), con una zona más estable, sin amenazas latentes de piratas y el control de las aguas, ese crecimiento poblacional se debió a un aumento natural ya que los movimientos migratorios fueron poco significativos (Tudela, 1992). Sin embargo, en 1904 al noroeste de Villahermosa, sucedió otro rompido en la zona conocida como La “Pigua” (Figura 3), donde volvieron a correr las aguas del río Carrizal hacia el Grijalva, agravando nuevamente los problemas de inundaciones (Salazar-Ledesma, 2002; Peters, 2005; Chávez-Jiménez, 2007). Fueron años muy difíciles hasta que en 1932, se formó el rompido de “Samaria” (Figura 3), 10 km al noroeste de Nueva Zelandia, desviándose las aguas del río Mezcalapa hacia la laguna de Campo Grande y los pueblos de Cunduacán, Jalpa de Méndez y Nacajuca, lo que logró la disminución de agua del río Carrizal y con ello la magnitud de las inundaciones de Villahermosa, sin embargo, este rompido ocasionó inundaciones en las localidades de la Olla de la Chontalpa y se cegó el río Carrizal (Salazar-Ledesma, 2002; Peters, 2005; Chávez-Jiménez, 2007). Continuaron los rompidos en 1940, con la apertura de “Cañas” (Figura 3) a 8 km al norte de Samaria, formándose el río Cañas que separa nuevamente las aguas que salen por el rompido de “Samaria” al río Medellín (Salazar-Ledesma, 2002; Peters, 2005; Chávez-Jiménez, 2007), seguido por el rompido El Veladero en 1952 (Peters, 2005; Cerna *et al.*, 2011).

Figura 3. Rompidos en la Cuenca del Río Grijalva, México.



Fuente: Peters (2005).

En el sexenio del presidente Miguel Alemán Valdez (1946-1952) con las nuevas transformaciones de la cuenca del Grijalva, apartir de la segunda mitad del siglo XX, surge la Comisión del río Papaloapan, para incentivar el desarrollo agrícola y energético del sureste mexicano con base en su potencial hidráulico, y se firmó el decreto que conformó “La Comisión de Grijalva”, propiciando afectaciones considerables a las grandes extensiones de selvas de la cuenca con elevados procesos de deforestación (Tudela, 1992). Lo que ese plan buscaba era controlar las inundaciones producidas por los rompidos de inicio del siglo XX, suministrar agua para el riego, desecar los humedales, facilitar la navegación, generar energía eléctrica, intensificar las actividades agropecuarias y construir carreteras (Toledo, 2011). Se pusieron en marcha obras hidráulicas en la cuenca del Grijalva, que impactarían directamente a la compleja red hidrológica de Villahermosa: La construcción de las presas “Angostura” en 1969, la “Chicoasen” entre 1974-1980 y finalmente la presa “Peñitas” entre 1979 y 1987 (Allub y Michel, 1979; Díaz-Perera, 2014). “Primero se intervino en la cuenca baja y luego se concretaron las obras en la cuenca alta, que básicamente consistieron en grandes y costosos vasos de almacenamiento” (Tudela, 1992).

El impacto de estas acciones, alcanzaron superficies de vegetación arbórea y humedales para proyectos de control de inundaciones dentro del territorio de Villahermosa, en donde se realizó un cegamiento del río Viejo Mezcalapa. Se dio un proceso de urbanización poniendo fin al transporte fluvial y dando inicio al carretero, conectando al estado de Tabasco con el resto del país, la red de caminos se amplió conforme a la infraestructura hidráulica y las características geográficas del terreno, un hecho importante fue la construcción de bordos de protección a orillas de los ríos (Toledo, 2011). A pesar de las condiciones selváticas que aun prevalecían en la cuenca, se construyeron las carreteras Villahermosa-Teapa y Puerto Ceiba con la estación Chontalpa (Km 133), la carretera Villahermosa-Macuspana y la autopista Villahermosa-Coatzacoalcos, siendo esta última la principal conexión del norte y centro con el sureste mexicano, facilitando cada vez más a la aparición de infraestructura urbana y nuevos centros de población, la construcción de estos caminos impactó el drenaje natural de la cuenca del Grijalva (Cerna *et al.*, 2011).

Estos proyectos de urbanización y modernización, así como el control de inundaciones propiciaron una expansión urbana desordenada en el periodo de 1940 a 1970, presentándose un aumento en los asentamientos de los bordes previamente establecidos. Entre 1952 y 1955, el nivelado de márgenes lacustres para el crecimiento urbano fue absorbiendo a los sistemas lagunares: La Pólvara, Mayito, El Negro, El Jícara y otras zonas de humedales, desaparecieron mediante el saneamiento, siendo rellenado para la elevación del terreno y posteriormente urbanizados (Cerna *et al.*, 2011; Díaz-Perera, 2014), lo que facilitó el espacio para la aparición de nuevas, calles y colonias. También se construyeron bordos de contención (se cuadrícularon las tierras bajas, con bordos, cauces de alivio y defensas para regular las avenidas) configurando territorialmente a la ciudad (Díaz-Perera, 2014).

En las siguientes décadas la expansión urbana de Villahermosa provocó la modificación de la fisiografía, pues se fueron invadiendo zonas que en otra época eran impensables para ser habitadas, lo que propició que se secaran lagunas y además se rellenaron pantanos, se modificó el curso de los ríos, devastaron lomeríos con su vegetación y se deforestaron selvas (Oropeza-Orozco, 2004; Kolb *et al.*, 2013; Sánchez-Munguía, 2005; Sánchez *et al.*, 2015). Villahermosa pasó de 99,565 habitantes en 1970 a 261,231 en 1990, lo cual impactó en el desarrollo rural y urbano y por ende en la relación de los habitantes con su entorno natural (Capdepont-Ballina y Marín-Olan, 2014).

Los proyectos de desarrollo urbano en Villahermosa, durante los años ochenta y los primeros ocho años del siglo XXI, continuaron con el aislamiento de los humedales y el relleno de zonas inundables, provocando la pérdida de 289 ha de coberturas humedales que han contribuido con la escorrentía superficial en la parte baja de la cuenca del río Grijalva, haciendo más vulnerable a las inundaciones (Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017a).

Figura 4. Cabeza colosal Olmeca en el Parque Museo la Venta, durante las inundaciones del 2007



Fuente: El universal (2018).

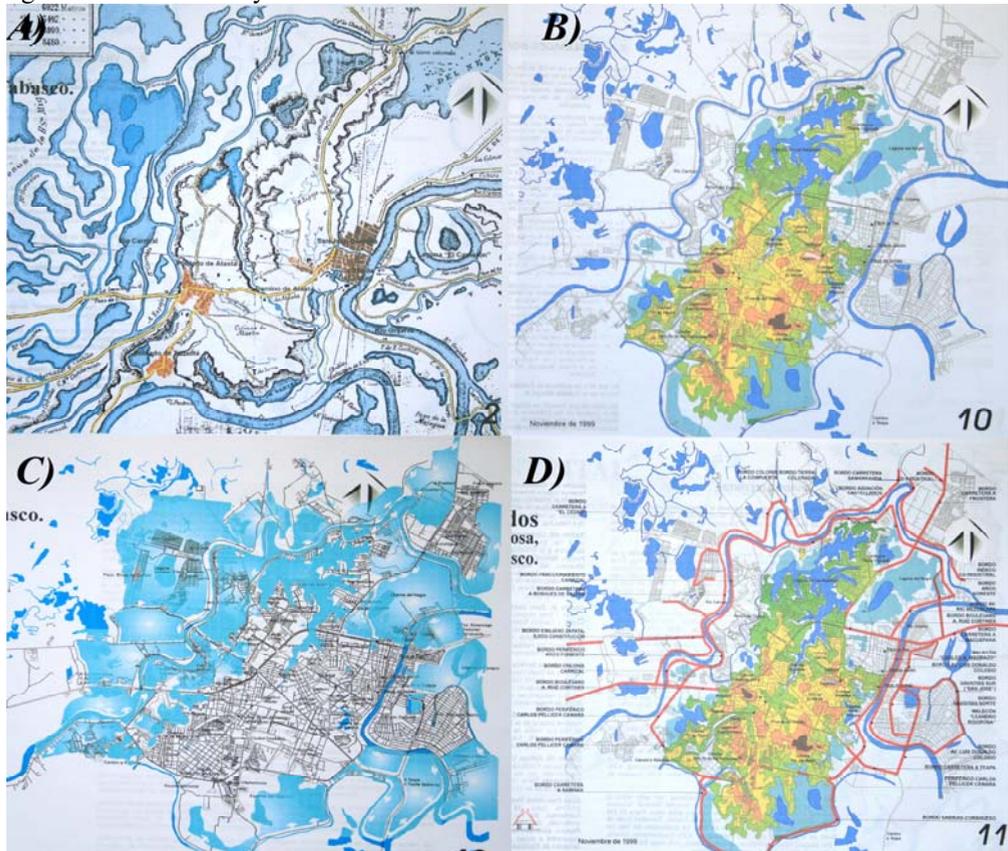
En los últimos 40 años, la construcción de complejos de viviendas y bordos de contención dentro de Villahermosa no solo ha modificado el paisaje, sino que también causó un fenómeno de irregularidad de asentamientos en los márgenes de los mismos terraplenes (Areu-Rangel *et al.*, 2019). Esto permitió que en los últimos años se vivieran problemas severos de inundación, pero fue hasta el gran evento del año 2007 que dañó alarmantemente a la población, infraestructura urbana comercial-industrial, incluso al patrimonio histórico (Comisión Económica para América Latina, 2008) (Figura 4).

#### 4.2. Inundaciones en el Siglo XX

Las inundaciones de 1952 fueron el detonante de la construcción de los primeros bordos de contención y drenes en el delta del Grijalva, para proteger a las comunidades de la época. Pero no se desarrollaron obras hidráulicas que evitaran a largo plazo los efectos desastrosos de las siguientes inundaciones. Los bordos sirvieron como vías de comunicación dentro de Villahermosa y se estima que propiciaron el establecimiento de asentamientos irregulares sobre áreas de inundación aparentemente protegidas (Gobierno del Estado de Tabasco, 2000).

Las obras más recientes que modificaron la hidrodinámica del delta del río Mezcalapa fueron la Presa Nezahualcóyotl en 1964 y el sistema de drenes y canales de conducción del Plan Chontalpa, se creía que con esta infraestructura se podría controlar futuros eventos climatológicos (Gobierno del Estado de Tabasco, 2000). No obstante, para 1995 los huracanes Opal y Roxana contribuyeron a nuevos desastres en Villahermosa y norte de Tabasco. De esta forma el gobierno federal autorizó el desarrollo de un sistema integral para el control de inundaciones para el diseño y construcción de nueva infraestructura de protección (Alatríste-Domínguez, 2019).

Figura 5. Villahermosa y las inundaciones de 1999<sup>3</sup>.



Fuente: (A) Gurriá-Lacroix *et al.*, (1982), (B, C y D) Instituto de Vivienda de Tabasco (1999)

<sup>3</sup> Nota: A) Villahermosa (San Juan Bautista en 1884); B) Villahermosa en 1999 antes de las inundaciones; C) Villahermosa durante las inundaciones de 1999; D) Bordos de protección.

Sin embargo, durante octubre-noviembre de 1999, el bordo derecho e izquierdo del río Carrizal canalizaron las aguas hasta desfogar en las zonas bajas de Villahermosa, que se habían convertido en una llanura de inundación. No se previó, durante la construcción de los bordos, el impacto ambiental de estar trasladando la zona de inundación de la Olla de la Chontalpa a Villahermosa (Gobierno del Estado de Tabasco, 2000). Las inundaciones de 1999 (Figura 5) fueron ocasionados por altas precipitaciones, debido a la depresión tropical n.11, originándose un desbordamiento de los ríos que desembocan en el golfo de México, afectando a Tabasco y a Veracruz (Garnica-Peña y Alcántara-Ayala, 2004; Alatríste-Domínguez, 2019). El desastre generó más de 268,000 damnificados con pérdidas económicas que llegaron a 2,787 millones de pesos (Aguirre y Macías, 2006; Alatríste-Domínguez, 2019).

Históricamente había sido la Olla de la Chontalpa la zona que funcionaba como llanura de inundación al recibir las aguas excedentes. La inundación del 40% de Villahermosa debe interpretarse como una consecuencia de haber alterado la hidrodinámica natural del delta a través de la construcción de bordos de protección de los ríos Carrizal y Mezcalapa (Gobierno del Estado de Tabasco, 2000). El comportamiento de la subcuenca del río Teapa, La Sierra, Pichucalco y Puyacatengo, también repercuten en las inundaciones, al verter directamente sus aguas al río Grijalva, ya que no cuenta con infraestructura de regulación en su cuenca alta. Es en este contexto que se observa claramente la importancia de la función reguladora de inundaciones que posee la amplia llanura de inundación ubicada al oriente de la ciudad, desde la Laguna del Camarón hasta el Aeropuerto. La conservación del área, que coincide con el cauce del río de los Zapotes es estratégica para mantener una parte de Villahermosa a salvo de sufrir inundaciones (Gobierno del Estado de Tabasco, 2000).

El Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) 2003-2006 de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Tabasco se enfocaron en Tabasco (Sánchez *et al.*, 2015), específicamente en los municipios de Balancán, Paraíso, Cardenas, Jalapa, Centla, Jonuta, Centro, Nacajuca y Comalcalco (Sánchez-Linares, 2002), donde el objetivo fue principalmente en el control de la red de los ríos Mezcalapa-Samaria y Carrizal-Medellín con el diseño y construcción de infraestructura para evitar el desbordamiento de estos ríos, ya que en 1999 la inundación en Tabasco afectó a 313,000 habitantes (Sánchez *et al.*, 2015). El PICI (Figura 5) se fundamentó en la construcción de 24 obras y 61 obras de emergencia en el área de la ciudad de Villahermosa (Sánchez-Linares, 2002).

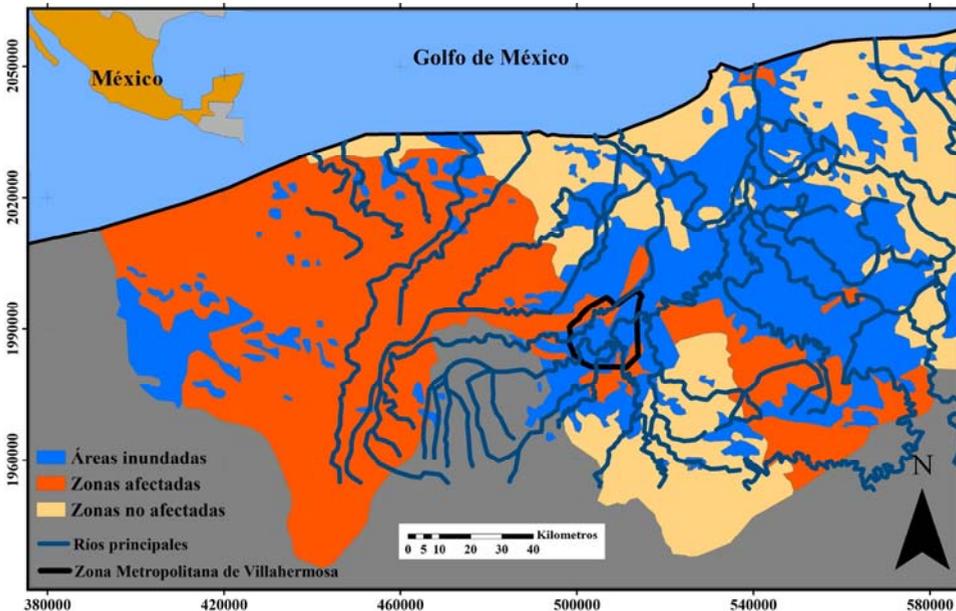
### **4.3. La devastadora inundación del 2007**

Las inundaciones en Tabasco son fenómenos multifactoriales, debido a que las probabilidades de que se presenten, dependen de la precipitación en el área del municipio, en la cuenca alta y de las condiciones iniciales donde se desarrolla el evento. Otro factor importante es la ocurrencia de la inundación sobre el área de influencia de los fenómenos, como lo ocurrido en la inundación de octubre y

principios de noviembre de 2007 por la relación con el frente frío N.4 (Galindo-Alcántara *et al.*, 2009).

La inundación ocurrida a finales de octubre y principios de noviembre de 2007 cubrieron el 62% de Tabasco (Figura 6), afectaron cerca de 1,500 localidades, damnificaron al 75% de la población, dañaron 570 mil hectáreas agrícolas, perjudicaron cerca de 123 mil viviendas a nivel estatal, de las cuales 50,561 se ubicaron en Villahermosa (Perevochtchikova y Lezama, 2010; Comisión Económica para América Latina, 2008). El evento que sorprendió al estado logró conjuntar acciones públicas y privadas durante las horas de su evolución, por lo que se realizaron acciones de salvamento terrestre, acuático y aéreo, así como improvisación de bordos de protección (Figura 7). La inundación de 2007 en el estado tuvo impactos socioeconómicos, relacionados con daños en la infraestructura urbana (Figura 8), pérdidas en las actividades agropecuarias, industria y comercio, también afectó a la vivienda, salud, educación y sobre todo al medio ambiente (Perevochtchikova y Lezama, 2007). Las pérdidas totales al sumar las inundaciones del 2007 y 2008 fueron equivalentes al 33.3% del PIB estatal (Comisión Económica para América Latina, 2008). Los escurrimientos masivos, en la Cuenca baja del Grijalva, como producto de extraordinarias precipitaciones, destruyeron los 49 bordos construidos con el PICI durante 2003-2006, los cuales 15 protegían distintas poblaciones de la planicie Tabasqueña (Ramos-Hernandez, 2008).

Figura 6. Mapa de las inundaciones en Tabasco durante 2007



Fuente. Elaboración propia apartir de RELIEFWEB (2007).

Figura 7. Acciones de control inmediato en las inundaciones del 2007.



Fuente: Diversas páginas de Internet.

Después de las inundaciones de 2007 el análisis de los sucesos fue relacionado con: (a) la capacidad y mal manejo de las presas que sobrepasaron el nivel máximo ordinario en las temporadas de lluvias extremas, (b) los tipos de suelos que presenta la zona donde está enclavada la ciudad de Villahermosa, que dificultan la rápida infiltración del agua, (c) la deforestación de selva tropical en la cuenca media y alta del Grijalva que ocasionó erosión hídrica y azolve de los ríos, (e) obras de ingeniería civil sin ninguna prevención para la conservación de la vegetación, (f) permisividad y desinterés de los gobiernos en regular los asentamientos irregulares dentro de los cauces de los ríos en Villahermosa, (g) malas decisiones políticas sin el respaldo de especialistas con el fin de atraer votos a favor y sin responsabilidad social y (h) eventos recurrentes de precipitaciones extremas (Álvarez y Tuñón, 2016; Perevochtchikova y Lezama, 2007; García-García y Kauffer Michel, 2011).

Figura 8. Afectaciones en la zona urbana de Villahermosa por desborde de los ríos en el 2007.



Fuente: Galindo-Alcántara *et al.*, (2009) y diversas páginas de internet.

Las lluvias extraordinarias fueron el resultado de las amenazas del cambio climático y de una vulnerabilidad creada durante décadas, y de los efectos de cuencas alteradas tanto en Tabasco como en otras zonas más amplias del sureste mexicano. La inundación de Villahermosa y otras comunidades cercanas apunta a un problema sistémico, incrementado por afluentes de estas cuencas no controladas y la acumulación de grandes depósitos de sedimentos acarreados por el agua que saturan los ríos como consecuencia de las precipitaciones extraordinarias (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008). La inundación se agravó por factores antropogénicos desarrollados a través de décadas, entre estas intervenciones destacan cortes, bloqueos y modificaciones de las trazas originales de los ríos, la interrupción o cruce de dichos cauces por obras de infraestructura como carreteras, caminos, ductos, obras de drenaje y bordos parciales, pretendiendo encauzar el flujo del caudal o desviar la inundación excedentaria hacia áreas no protegidas en donde se encuentran hoy asentamientos humanos y tierras de cultivo (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008).

#### 4.4. Zonas afectadas por la inundación del 2007.

En Villahermosa fueron afectados aproximadamente 50,182 predios en la zona de influencia urbana. Con relación a los predios rústicos se estima una afectación del 74% que corresponden aproximadamente a 31 mil 934 predios de un total de 44 mil

669 (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008). La misma fuente lo clasifica en seis zonas:

Zona I. Esta zona se encuentra en el polígono que forman las Avenidas Ruiz Cortines, Paseo Usumacinta, Malecón Carlos A. Madrazo, terminando en la intersección del Periférico Carlos Pellicer Cámara con Av. Paseo Usumacinta. Esta zona está conformada por 12 colonias, 17 fraccionamientos y 8 conjuntos habitacionales. Fueron afectados aproximadamente 7 mil 140 predios comprendidos en 4 colonias, 5 fraccionamientos y 2 conjuntos habitacionales.

Zona II. Se encuentran las Avenidas Paseo Usumacinta, Ruiz Cortines, y el Periférico Carlos Pellicer Cámara hasta la intersección con la Avenida Paseo Usumacinta. Está conformada por 16 colonias, 36 fraccionamientos, 25 conjuntos habitacionales, 2 lotificaciones y un centro comercial. Fueron afectados aproximadamente 2 mil 674 predios comprendidos en 2 colonias y 2 fraccionamientos.

Zona IV. Se encuentra en el polígono que forma la Avenida Ruiz Cortines, Avenida Universidad y el Periférico Carlos Pellicer Cámara. Está conformada por una colonia, 3 fraccionamientos y un conjunto habitacional. Fueron afectados aproximadamente 2 mil 710 predios comprendidos en 2 colonias, 3 fraccionamientos y un conjunto habitacional. En esta zona se inundó el 100% de la colonia Casa Blanca.

Zona V. Se encuentra en el polígono que forma la Avenida Universidad, Periférico Carlos Pellicer Cámara y la margen derecha del río Carrizal. Está conformada por 2 colonias, 4 fraccionamientos, 3 conjuntos habitacionales y 2 lotificaciones. Fueron afectados aproximadamente 3 mil 561 predios comprendidos en 2 colonias y un fraccionamiento.

Zona VI. Esta forma la margen izquierda del río Carrizal y termina a hasta la Villa Macultepec. Esta zona está conformada por 2 colonias, 25 fraccionamientos, 7 conjuntos habitacionales, un parque industrial y 2 villas. Fueron afectados aproximadamente 8 mil 212 predios comprendidos en 2 colonias, 20 fraccionamientos y 7 conjuntos habitacionales. Se menciona que en esta zona se anegó la parte habitacional y no así la parte industrial (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008).

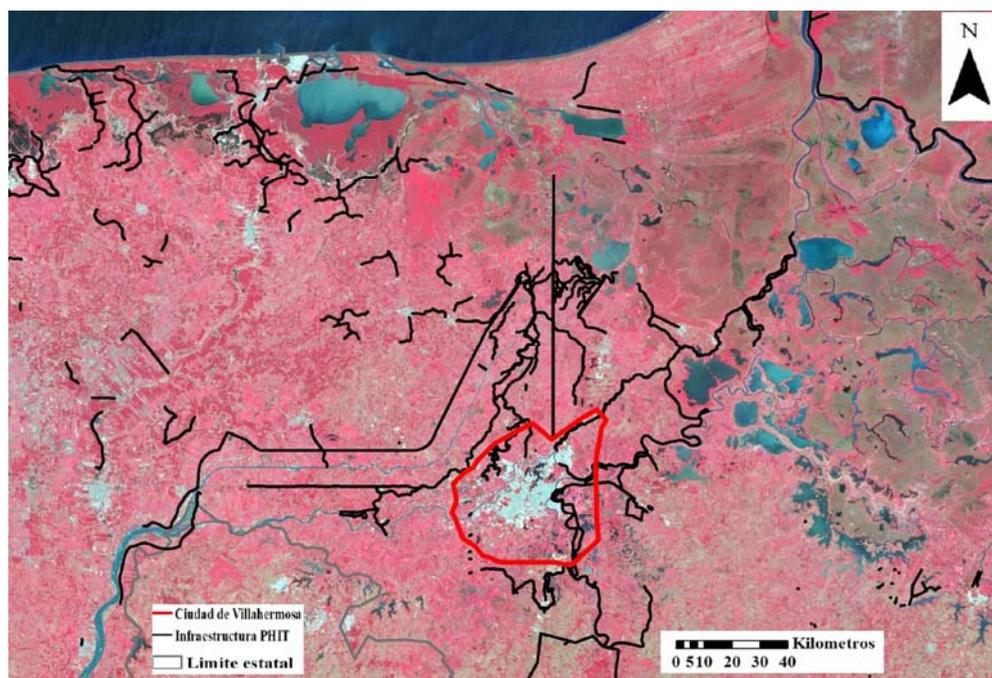
Las obras del Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) no estaban terminadas durante la catástrofe del 2007, lo que influyó en cierta medida a la magnitud de las inundaciones. Se sabía que el PICI no tenía acciones integrales, solo medidas de construcción, obras estructurales y dragados de cauces, desatendiendo cuestiones de gestión de cuenca, planeación ambiental, fortalecimiento institucional y participación ciudadana (Perevochtchikova y Lezama, 2010).

#### **4.5. Acciones para el control de las inundaciones de 2007.**

Después de la Inundación del 2007, cuando el PICI aún estaba en operaciones, se diseñó el Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) (Figura 9) con el propósito de disminuir al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a la que se enfrenta la población, las actividades productivas y los ecosistemas ante la continua ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos y posibles efectos del cambio climático,

para contribuir al desarrollo sostenible de Tabasco (Comisión Nacional del Agua, 2012; Sánchez *et al.*, 2015). El gobierno federal, realizó mediciones, modelos y análisis para formular al PHIT, para sustituir al Programa Integral Contra Inundaciones 2003-2006 (PICI) (Alatríste-Domínguez, 2019). El PHIT continuó con el diseño y construcción de bordos y muros de contención en zonas urbanas, la presa de El Macayo en el río Carrizal, las escotaduras para la dispersión de flujos de los ríos hacia las zonas lagunares y el desazolve piloto en el río Samaria (Comisión Nacional del Agua, 2012; Sánchez *et al.*, 2015).

Figura 9. Obras hidráulicas del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT).



Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres (2019).

Las obras más importantes del 2007-2012 para el control de las inundaciones de acuerdo a estudios de Arreguín-Cortés *et al.*, (2014) fueron:

1. Reforzamiento y protección del bordo derecho de río Grijalva; elevación de los bordos de protección margen derecho del río Carrizal y el margen izquierdo del río Samaria, y elevación del bordo izquierdo del río Carrizal y la terminación del muro de contención en la colonia INDECO.

2. Restitución de bordos y caminos con sus protecciones marginales en la margen derecha del río Grijalva; reforzamiento del bordo Samaria Nueva Zelândia. También se amplió la sección hidráulica del dren Medellín y los bordos fueron sobre elevados.

3. Construcción de espigones para el margen izquierdo del río Mezcalapa, y para protección del cauce de alivio el Tintillo; construcción de la segunda etapa de protección del cauce de alivio Sabanilla y un puente vehicular sobre el cauce de alivio Sabanilla; construcción del bordo de protección Acachapan; construcción de la protección marginal en la margen derecha del río de La Sierra, y conclusión de la construcción de la estructura de control sobre la margen izquierda del río Carrizal y protecciones marginales

4. Rehabilitación del bordo y muro de protección de la margen derecha del río Usumacinta; construcción del bordo de protección de Casa Blanca, margen izquierda del río Grijalva; construcción y rehabilitación del bordo de protección del tramo Carretera Federal Villahermosa-Escárcega; desazolve del cauce piloto del río Samaria, y construcción del canal vertedor, bordos de protección y el puente vehicular del cauce de alivio Sabanilla en la margen derecha del río de La sierra.

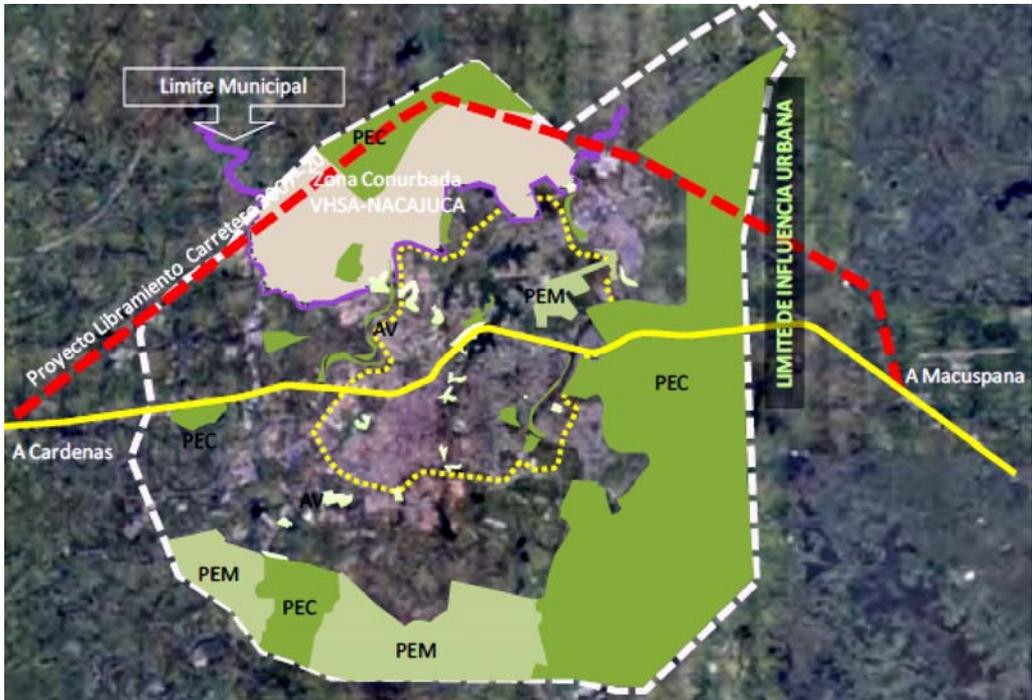
5. Construcción y elevación del bordo de protección en la margen derecha y sus estructuras de control al puente Samaria y desazolve del cauce piloto del río; construcción del bordo derecho, estructura de control y desazolve del Canal Aeropuerto y del cauce de alivio laguna Los Zapotes-laguna Don Julián, y construcción de protección marginal en la Ranchería Cuyo de Guadalupe y margen izquierda del río Usumacinta.

6. Construcción del canal margen derecha y cortina de la estructura de control sobre el río Carrizal, y obras complementarias en la cuenca del río Grijalva; Construcción de tramos perimetrales y muros de concreto en Oxiacaque, municipio de Nacajuca y construcción de protección marginal sobre la margen derecha del río Belén en Oxiacaque (Arreguín-Cortés *et al.*, 2014).

#### **4.6. Escenarios de impacto ambiental y futuras inundaciones**

La tendencia de crecimiento urbano de Villahermosa más notable durante el siglo XX, ha sido la invasión de terrenos bajos e inundables, con escenarios probabilísticos de crecimiento urbano adverso para el 2030, donde la vegetación arbórea y los humedales cubrirán 2,719 ha del área total, mientras que el pastizal y el uso urbano en conjunto ocuparán 17,059 ha. Sin embargo, el periodo 2030-2040 el escenario catastrófico seguirá en aumento, porque la vegetación arbórea y los humedales cubrirán solamente 2,332 ha de la superficie total, aunque el pastizal y el uso urbano, ocuparán la mayor superficie de la ciudad con 17,529 ha (Palomeque-De la Cruz, *et al.*, 2017c).

Otras tendencias de impacto a las coberturas de humedales y vegetación arbórea son (a) la construcción de infraestructura hidráulica (sistema de bordos de contención y puentes) para la protección que están alterando la configuración del paisaje, afectan el acceso a los recursos y las relaciones intralocales (Capdemon-Ballina y Marin-Olan, 2014). Una segunda tendencia es la proliferación de exploraciones de petróleo al occidente del río Tepate (Pichualco), que se une con el río de la Sierra a la altura de la población la Majahua, para desembocar juntos al río Grijalva (Capdemon-Ballina y Marín-Olán, 2014).

Figura 10. Zonificación de propuestas de áreas de conservación<sup>4</sup>.

Fuente: Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano (2008).

Como tercer tendencia se encuentran los planes de desarrollo de viviendas que están orientándose hacia corredores metropolitanos Villahermosa-Ocuitzapotlan (Carretera a Frontera), Villahermosa-Dos Montes (Carretera a Macuspana), que están modificando los niveles topográficos y de escurrimiento de complejos sistemas lagunares, importantes para la regulación de volúmenes de agua procedentes del río de la Sierra y del río Grijalva, por medio de la interrupción de la interconexión de los ríos con los humedales fluviales (Capdemon-Ballina y Marin-Olan, 2014; Cerna *et al.*, 2012; Hernández, 2011; Salcedo *et al.*, 2012).

Los desafíos para combatir futuros eventos de inundación en el sentido de la prevención y magnitud del riesgo, se basan en combinar la implementación de medidas integrales sobresalientes como (1) la planeación territorial a mediano plazo, para controlar la proliferación de asentamientos irregulares en zonas inundables, (2) el monitoreo hidrometeorológico eficiente y continuo, (3) la implementación de

<sup>4</sup> Nota: Áreas propuestas para la Preservación Ecológica para el Mejoramiento y Compatibilidad Restringida (PEM), Preservación, Conservación total y Regulación Hidrológica (PEC) y de Valor Ambiental (AV).

sistemas de alerta temprana y (4) la realización de un diagnóstico integral de los riesgos de las inundaciones, con énfasis en la vulnerabilidad estructural, social, económica, política y ambiental (Perevochtchikova y Lezama, 2010).

Es necesario realizar acciones conducentes a la gestión de riesgo para el control de las inundaciones, como el mitigar la vulnerabilidad de Villahermosa por sus condiciones naturales y por sus actividades antropogénicas que persisten, promoviendo la base de la cultura de prevención, en términos económicos y de resiliencia. Por ejemplo, la elaboración de estudios de factibilidad para delimitar zonas mediante proyectos hidráulicos en el Distrito Urbano XIII (Loma de Caballo), pero no sólo la elaboración sino el tomar en cuenta ese tipo de estudios y llevar a cabo acciones sobre ello, para apoyar a los escurrimientos como zonas de amortiguamiento que generen seguridad para la población (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008). También es importante instrumentar la gestión de áreas de protección de cuerpos de aguas superficiales, elaborar con las instancias correspondientes los mecanismos para evitar el desarrollo de asentamientos humanos en zonas de alto riesgo y reubicar los asentamientos informales (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008).

El Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Centro, Tabasco 2008-2030, generó una zonificación de 5,715 ha para la Preservación, Conservación total y Regulación Hidrológica, 1,310 ha reservadas a la Preservación Ecológica para Mejoramiento y Compatibilidad Restringida y 174 ha de Valor Ambiental (Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, 2008) (Figura 10). Sin embargo, debido a las inconsistencias legales y administrativas en los programas de desarrollo urbano y ambiental vinculadas con la carencia de gobernanza no se le ha podido dar certeza jurídica, además que existe una falta de inversión que provoca no se den los resultados esperados para diseñar y aplicar programas de planeación urbana enfocados a mitigar o revertir dichas tendencias (Bazant, 2010; Orellana *et al.*, 2016; Palomeque-De la Cruz *et al.*, 2017a).

## 5. Conclusiones finales

A doce años de los sucesos vividos en 2007, donde la población quedó marcada por la incertidumbre, los sistemas de inestabilidad climatológicas siguen siendo impredecibles y cada vez más fuertes, diez años después en el mes de octubre de 2017 se sobrevino un fenómeno hídrico meteorológico que provocó severas lluvias provocando según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), un acumulado en ese mes de 414 mm, siendo la mitad de las precipitaciones de 2007, las cuales según la misma fuente fueron de 802.5 mm, en esta ocasión no hubo un factor de riesgo en la ciudad de Villahermosa, pero sí provocaron estragos en zonas aledañas y municipios. Considerando los números que se tienen, podríamos preguntarnos ¿Funcionaron las obras? ¿Vamos por buen camino?

El hombre es el mayor depredador del medio ambiente, entre decisiones positivas y negativas, ha creado su propio escenario para la vida, en el estado de Tabasco desde los primeros asentamientos se han hecho modificaciones para luchar en contra de nuestro mejor recurso: el agua. Los costos han sido altos, desde la parte económica como natural y hasta pérdidas de vidas humanas.

A través de los años se han ocasionado cambios en los cauces naturales, rellenos en zonas lagunares o vasos reguladores, construcción de bordes naturales y artificiales, así como obras hidráulicas para contener la fuerza de las corrientes, pero lo cierto es que estamos situados en una zona baja y rodeada de afluentes caudalosos, ubicados en el trópico húmedo del sureste mexicano, donde la mayor parte del año es lluvioso y en temporadas de huracanes y tormentas se registran altos índices de precipitación. Las decisiones no han sido las adecuadas, aun cuando se trata de resguardar las principales zonas económicas, para lograrlo sigue habiendo afectaciones.

Los recientes estudios a partir de 2007 demuestran que las decisiones deben ser muy bien analizadas, tomadas por expertos para que sean consideradas todas las posibilidades y se alcancen objetivos reales, falta más por hacer de manera concienzuda, donde no solo los actores políticos y centros de investigación hagan su parte, sino que la sociedad en general conozca los beneficios de respetar a la naturaleza y las normas sociales.

Se ha trabajado, pero no es suficiente, porque Tabasco es una planicie y la naturaleza muchas veces se presenta a pesar de los pronósticos. A más de una década de la más trágica inundación vivida por los tabasqueños en el 2007, no se ha repetido otra catástrofe de similar magnitud o bien las obras han logrado mitigar los estragos. Se han logrado ciertos objetivos, pero no hay que bajar la guardia y seguir generando información base, que sirva para convivir con la naturaleza y el medio ambiente. Tampoco podemos descartar que en un futuro se pueda tener alguna inundación similar al 2007 o más fuerte

## 6. Referencias bibliográficas

- Aguirre, B. E., y Macías, M. (2006): Las inundaciones de 1999 en Veracruz y el paradigma de la vulnerabilidad. *Revista mexicana de sociología*, 68(2), 209-230.
- Alatríste-Domínguez, (2019): Caso de Estudio: Control de Inundaciones en Tabasco (Tesis Doctoral). Universidad de las Americas Puebla. Puebla, México. UDLAP
- Allub, L. y Michel, M. A. (1979): La formación socioeconómica de Tabasco y el petróleo. *Investigación Económica*, 38 (148/149), 327-355.
- Álvarez, G. D. C., y Tuñón, E. (2016): Vulnerabilidad social de la población desplazada ambiental por las inundaciones de 2007 en Tabasco (México). *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 123-138.
- Areu-Rangel, O. S., Cea, L., Bonasia, R., y Espinosa-Echavarría, V. J. (2019): Impact of urban growth and changes in land use on river flood hazard in Villahermosa, Tabasco (Mexico). *Water*, 11(2), 304.

- Arreguín-Cortés, F. I., Rubio-Gutiérrez, H., Domínguez-Mora, R., y Luna-Cruz, F. D. (2014): Análisis de las inundaciones en la planicie tabasqueña en el periodo 1995-2010. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(3), 05-32.
- Arrieta, F. P. (1994): La integración social de la Chontalpa: un análisis regional en el trópico mexicano (Vol. 2). Ciudad de México: Universidad Iberoamericana, Gernika.
- Azócar, G., Sanhueza, R., y Henríquez, C. (2003): Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile Central. *EURE (Santiago)*, 29(87), 79-82.
- Bazant, J. (2010): Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana. *Espacio abierto*. 19(3).
- Benítez, G., Pérez, A., Nava, M., Equihua, M. y Álvarez, J. L. (2012): Urban expansion and the environmental effects of informal settlements on the outskirts of Xalapa City, Veracruz, Mexico. *Environment and Urbanization*, 24(1), 149-166.
- Capdepon-Ballina, J. L. y Marín-Olán, P. (2014): La economía de Tabasco y su impacto en el crecimiento urbano de la ciudad de Villahermosa (1960-2010). *LiminaR*, 12(1), 144-160.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2019): Atlas Nacional de Riegos. Ciudad de Mexico, Gobierno Federal.
- Chávez-Jiménez, U. (2007): Potonchán y Santa María de la Victoria. Una propuesta geomorfológico/arqueológica a un problema histórico.
- Comisión Económica para América Latina (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 Frio Número 4.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012). Libro Blanco CONAGUA-01 Plan Hídrico Integral de Tabasco (PIHT). Ciudad de Mexico, Gobierno Federal
- Cerna, G. S. G., de la Peña, M. R., Antonio, G. G., Y Reyna y Díaz, C. A. J. (2011): Tabasco y sus Asentamientos Humanos, Dos Siglos Después. Villahermosa, México, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2014). Programa Nacional Hidráulico 2014-2018. Ciudad de México.
- Díaz-Perera, M. Á. (2014): La construcción histórica de las condiciones de posibilidad de un desastre: el caso de dos colonias de Villahermosa, Tabasco. En M. González-Espinosa, y Brunel-Manse. M. C. (Eds.): Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la cuenca Grijalva (pp. 1-25). Ciudad de México, Editorial Juan Pablos.
- Díaz-Perera, M. A., Solís, P. A. N., y Ballina, J. L. C. (2016): Comentarios en torno a una fotografía histórica. La metamorfosis de una ciudad: Villahermosa, Tabasco. *Sociedad y Ambiente*, (12), 145-165.
- El universal (2018): Naturaleza, mayor causa de daños a museos de México. El universal. En <https://www.eluniversal.com.mx/cultura/patrimonio/naturaleza-mayor-causa-de-danos-museos-de-mexico>
- Estrada-Loreto, F., Barba-Macías, E., y Ramos-Reyes, R. (2013): Cobertura temporal de los humedales en la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. *Universidad y ciencia*, 29(2), 141-151.

- Galindo-Alcántara, A. A., Ruiz, A. S. D., Morales, A., Gómez, C., Salcedo, M. A., Aguilar, M., Valencia, J., y Rodríguez, C. M. (2009): Atlas de riesgos del municipio de centro, Tabasco. Villahermosa, México., Secretaría de Desarrollo Social
- García-García, A., y Kauffer Michel, E. F. (2011): Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general. *Frontera norte*, 23(45), 131-161.
- Garnica-Peña, R. J., y Alcántara-Ayala, I. (2004): Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. *Investigaciones geográficas*, (55), 23-45.
- Garza, G. (2010): La transformación urbana de México, 1970-2020. En G. Garza y Schteingart, M (Eds.): Los grandes problemas de México. Desarrollo urbano y regional. (pp. 31-86). Ciudad de México, El Colegio de México AC.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2000). Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Centro, Tabasco. Villahermosa, Mexico, Gobierno del estado, 2000.
- Gurría-Lacroix, J., Castel, M. y Guzmán, R. (1982): Atlas histórico de Tabasco. 1570-1981. Villahermosa, Consejo Editorial del Estado de Tabasco.
- Hernández, H. M. M. (2011): Inundación, reubicación y cotidianidad. El caso de Villahermosa, Tabasco, 2007 (Tesis de Maestría). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Unidad Golfo, Xalapa.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001): Síntesis de información geográfica del estado de tabasco. Aguascalientes, México, INEGI
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017): Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. México, INEGI
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (1986): Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. México, INAFED
- Instituto de Vivienda de Tabasco (1999): Crónica Grafica del Crecimiento de la Villahermosa, Periodo (1884-1999). Villahermosa, Mexico, INVITAB
- Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano (2008). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030. Villahermosa, México; H. Ayuntamiento Constitucional de Centro
- Kolb, M., y Galicia, L. (2012): Challenging the linear forestation narrative in the Neo-tropic: regional patterns and processes of deforestation and regeneration in southern Mexico. *The Geographical Journal*, 178 (2), 147-161.
- Kolb, M., Mas, J. F., y Galicia, L. (2013): Evaluating drivers of land-use change and transition potential models in a complex landscape in Southern Mexico. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(9), 1804-1827.
- López-Jiménez, L. N. (2019): Tabasco es el edén de los humedales. *Kuxulkab*, 25(52).
- López-de Gómara, F. (2007): Historia de la conquista de México. Madrid, Fundación Biblioteca Ayacucho
- Maltby, E., y Acreman, M. C. (2011): Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal*, 56, 1341-1359.
- Orellana, A., Arenas, F., Marshall, C., y Rivera, A. (2016): Resistance to metropolitan institutionality and planning in Chile. *Planning Practice and Research*, (31), 435-451.

- Oropeza O. O. (2004): Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación. Martínez, J., A. Fernández Bremauntz y Osnaya. P. (Eds.): Cambio climático: una visión desde México (pp.303-314). Ciudad de México, SEMARNAT-INE
- Palomeque-De la Cruz, M. A., Galindo-Alcántara, A., Sánchez, A. J., y Escalona-Maurice, M. J. (2017a): Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas*, (68), 151-172.
- Palomeque-De la Cruz, M. A., Galindo-Alcántara, A., Escalona-Maurice, M. J., Ruiz-Acosta, S. C., Sánchez-Martínez, A. J., y Pérez-Sánchez, E. (2017b): Analysis of land use change in an urban ecosystem in the drainage area of the Grijalva river, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(1), 105-120.
- Palomeque-De la Cruz, M. A., Galindo-Alcántara, A., Pérez-Sánchez, E., Sánchez, A. D. J., Maurice, E., y Jorge, M. (2017c): Modelos geomáticos con base en transición para el análisis espacial en Villahermosa, Tabasco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 253-267.
- Perevochtchikova, M., y Lezama, T. J. L. (2010): Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco, México. *Journal of Latin American Geography*, 9(2), 73-98.
- Peters, J.J (2005): Hacia un manejo integral del cauce bajo del Grijalva: VUP-UNLP. En <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/91/254291.pdf>.
- Ramos-Hernández, J. C. (2008): Capítulo 1: En IIUNAM (Ed.): Programa Hídrico Integral de Tabasco (pp. 1-24). Ciudad de México, UNAM
- RELIEFWEB (2007). México: Inundaciones de Tabasco y Chiapas. Recuperado de: <http://reliefweb.int/map/mexico/mexico-inundaciones-de-tabasco-y-chiapas-al-9-de-nov-2007>
- Ruiz-Abreu, C. E. (2002): Rutas, impuestos y productos comerciales de Tabasco en el siglo XVIII. *Boletín Oficial del INAH Antropología*, (66), 41-52.
- Ruz, M. H. (2002): De piratas e historias en el Tabasco colonial. *Boletín Oficial del INAH Antropología*, (66), 2-19
- Salcedo, M. A., Sánchez, A. J., de la Lanza, G., Kamplicher, C. y Florido, R. (2012): Condición ecológica del humedal tropical Pantanos de Centla. En Sánchez A. J., Chiappa-Carrara. X y Brito. R. (Eds.): Recursos acuáticos costeros del Sureste (vol. II, pp. 112–136). Mérida, CONCYTEY.
- Salazar-Ledesma, F. (2000): Factores de destrucción del patrimonio histórico urbano. Ciudad de Villahermosa. NayA. Recuperado de [http://www.equiponaya.com.ar/congreso2000/ponencias/Flora\\_Salazar.htm](http://www.equiponaya.com.ar/congreso2000/ponencias/Flora_Salazar.htm).
- Salazar-Ledesma, F. (2002): Ubicación cartográfica de Villahermosa en 1579. *Boletín Oficial del INAH Antropología*, (66), 32-40.
- Sánchez-Linares, J.C. (2002): Manifiesto de Impacto Ambiental en la modalidad regional del PICI en la planicie de la cuenca de los ríos Grijalva-Usumacinta. Ciudad de México, Comisión Federal de Electricidad
- Sánchez-Munguía, A. (2005): Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000. Villahermosa, México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Sánchez, A. J., Salcedo, M. A., Florido, R., Mendoza, J. D., Ruiz-Carrera, V. y Álvarez-Pliego, N. (2015): Ciclos de inundación y conservación de servicios ambientales en la cuenca baja de los ríos Grijalva- Usumacinta. *ContactoS*, 97, 5-14.

- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) (2012): *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010*. Ciudad de México, SEDESOL/CONAPO/INEGI
- Smolka, M. O., y Larangeira. A. A. (2008): Informality and poverty in Latin American urban policies. In *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*, ed. G. Martine, G. McGranahan, M. Montgomery, y R. Fernández-Castilla, 115–29. New York, Earthscan.
- Torruco, G. (2014): Tabasco Recuento histórico. En M. de la Cruz, T. de la Cruz, V. Gatti (Eds.), *Tabasco. El edén de México*. (pp. 39-69). Índice Editores Fons S.A. de C.V.
- Toledo, S. H. (2011): *Fragilidad, vulnerabilidad y riesgo en la Cuenca baja del sistema Grijalva-Usumacinta (Tesis Doctoral)*. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Tudela, F. (1992): *La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco*. Proyecto integrado del Golfo. México: El Colégio de México, IFIAS/UNRISD/CINVESTAV.
- World Meteorological Organization. (2006): *Statemen on Tropical Cyclones and Climate Change*. San José, Costa Rica, WMO