

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Judith Guadalupe Ramos Hernández

Coordinación de Hidráulica

En este capítulo se muestran aspectos generales de Tabasco y Villahermosa, así como la presentación de los eventos que dieron lugar a las inundaciones de octubre de 2007. Algunos de los aspectos que se revisaron son la conformación hidrográfica de Tabasco, sus cuencas hidrológicas y las características de éstas. En particular, se revisó la trayectoria de los ríos en la cuenca Grijalva-Usumacinta y como se asocian a las inundaciones de Villahermosa. A este respecto cabe señalar que aún cuando las pérdidas humanas o económicas están fuertemente vinculadas a la falla de la infraestructura de protección, se muestra que el crecimiento urbano desproporcionado de la ciudad de Villahermosa llevo a tener asentamientos urbanos en zonas de divagación de los ríos, lo cual rebasa a cualquier medida de defensa.

Asimismo, se señala la participación del Instituto de Ingeniería en los estudios previos que realizó para evaluar y proteger contra las inundaciones la planicie de la cuenca Grijalva-Usumacinta. Resultado de esto, es la implementación de algunas de sus conclusiones en el Plan de Acción Urgente (PAU), etapa del proyecto del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) en desarrollo. Se presenta como se integró el equipo para realizar los estudios que permitan a los tres niveles de gobierno establecer el PHIT y realizar las acciones urgentes para estar prevenidos ante la siguiente época de lluvias.

1. TABASCO

El estado de Tabasco se forma por 17 municipios entre los que destacan Villahermosa, Cárdenas Comalcalco, Huimanguillo y Macuspana como los más poblados. Su territorio comprende desde la llanura costera del Golfo de México hasta las sierras del norte de Chiapas, ubicándose geográficamente en las latitudes 18°39' al norte y 17°15' al sur y en la longitud -91°00' al este y -94°07' al oeste. Básicamente, Tabasco se encuentra dividido por las Regiones Grijalva y Usumacinta, las cuales se subdividen en 5 regiones que son Centro, Chontalpa, Sierra, Ríos y Pantanos (Figura 1.1) (GET, 2008).

La Subregión Centro cuenta con una extensión de 2,572.8 km² (10.15% de la superficie estatal) y comprende los municipios: Centro cuya cabecera municipal es Villahermosa, Jalpa de Méndez y Nacajuca. La vegetación predominante es de

pastizales con escasa presencia de selva subperennifolia cerca de las zonas con suelos inundables antes destinados a agricultura de temporal pero que debido al crecimiento poblacional de Villahermosa han sido destinados para asentamientos humanos. Asimismo, Villahermosa cuenta con la zona industrial más importante, procesándose en ella productos agropecuarios (cacao, coco, arroz, cítricos, ganado bovino y porcino), los cuales han llevado a un uso intensivo del suelo.



Figura 1.1. Regiones y subregiones del estado de Tabasco.
Fuente: GET, 2008.

La subregión Chontalpa incluye a los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán, Comalcalco y Paraíso con una extensión de 7,606 km² (31 % de la superficie del estado) formada por llanuras susceptibles de inundación. La actividad principal es la ganadería bovina y ovina (Cárdenas y Huimanguillo), además de la agricultura de riego y de temporal siendo los cultivos de mayor producción el cacao, plátano, caña de azúcar, maíz y frijol. La mayoría de las tierras de temporal se deben a la conversión de áreas destinadas a selva alta perennifolia y selva secundaria, sin contar con pastizales, manglares y popales. La actividad petrolera es la más importante incrementando el PIB en La Venta, Cárdenas y Cunduacán, así como para la subregión y el Estado (GET,2008; Maza, 1997).

La subregión de los Pantanos cuenta con una superficie ligeramente menor (1,017.6 Km²) que la de Chontalpa, y comprende los municipios de Macuspana, Jonuta y Centla con cabecera municipal en Frontera. La subregión de los Pantanos, se denomina así por la formación de numerosas lagunas y pantanos como resultado de las lluvias ocurridas en las zonas de colinas y montañas. En Macuspana se tienen yacimientos petrolíferos y minerales de tipo alimínicos (arcillas latéricas, caliuíticas y

bauxíticas), así como bancos de gran importancia de dolomita, grava y arena (GET, 2008; Maza, 1997).

La subregión más extensa es la de los Ríos con una superficie de 10,426.6 km² donde se incluyen los municipios de Balancán, Centla, Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique, mientras que la subregión más pequeña es la Sierra con 1,799.4 km² formada por Teapa, Jalapa y Tacotalpa y debe su nombre a que se encuentra donde comienza la Sierra Madre o Mesa Central de Chiapas. Los ríos Usumacinta, San Pedro y Chacamax son los más importantes en la subregión de Ríos, la cual concentra la reserva selvática más importante del país. La pesca en esta subregión es la actividad predominante debido a los cuerpos de agua existentes (GET, 2008; Maza, 1997).

En la región de la Sierra, la vegetación natural consiste en selva alta perennifolia y selva media subperennifolia (límites con Chiapas) y pastizales y selva secundaria media subperennifolia, con algunos popales. Debido a las características de su suelo se dio lugar a una intensiva actividad agrícola cuyos principales cultivos son el cacao, plátano, café, maíz y frijol. También, se tiene actividad pecuaria dando lugar a agostaderos cambiando drásticamente el uso de suelo con la pérdida de una gran variedad de pastizales. Teapa cuenta con yacimientos de minerales de tipo aluminicos y banco de dolomita, grava y arena al igual que Macuspana (GET, 2008; Maza, 1997).

Fisiografía

Fisiográficamente, Tabasco se divide en las provincias Llanura Costera del Golfo Sur extendiéndose a casi todo el estado, y Sierras de Chiapas y Guatemala que cubre la parte sur (aprox. 6%) del estado. La provincia de Llanuras Costeras es de tipo sedimentaria con un relleno gradual de material detrítico y se caracteriza por zonas erosionadas de poca elevación (alturas promedio de 60 m) predominando lomeríos de areniscas y calizas. Esta zona es fuente de grandes y diferentes depósitos fluviales como el lacustre, palustre y litoral vinculados a extensas planicies de inundación, cauces abandonados y lagunas costeras. La zona queda dividida por la influencia de los ríos Grijalva y el Usumacinta y en menor grado por los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos (INEGI, 2000).

La porción de la provincia de Sierras de Chiapas y Guatemala que corresponde al estado de Tabasco se localiza principalmente en la subprovincia Sierras del Norte de Chiapas (Macuspana, Tacotalpa y Teapa) y se caracteriza por la presencia de valles (laderas tendidas, intermontano y abierto), lomeríos, cañones y sierras plegadas con altitudes menores a los 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se presentan rocas sedimentarias marinas (ej. calizas), lutita-arenisca, conglomerados y material aluvial, así como rocas volcánicas (andesitas) asociados a depósitos provenientes del volcán Chichonal. La hidrología superficial es de tipo dendrítica, torrencial con drenes cortos que desaparecen debido a la presencia de zonas cársicas. Las

principales corrientes son las que corresponden a los ríos Tacotalpa y Teapa (INEGI, 2000).

Clima

El clima en el estado es de tipo cálido con influencia marítima donde la temperatura media anual mayor es de 22°C y la temperatura media del mes más frío es superior a 18°C y las lluvias se presentan casi todo el año (temporada de secas de marzo a abril) lo que genera una gran cobertura nubosa con humedad relativa de 80% y 86%. Dada las extensas zonas de planicie es común se tengan masas de aire entrantes del mar lo que genera el mayor aporte de la precipitación alcanzando valores máximos en la zona intercontinental con lluvia promedio de 4,000 mm. Estas lluvias tienen lugar en el verano y principios de otoño con variaciones promedio de 40 mm en la costa y de 100 mm en las laderas de las sierras. De octubre a marzo tienen lugar frentes fríos originados por nortes los cuales aportan lluvia por lo general de baja intensidad (INEGI, 2000). Carrera (GET, 2008) señala que el Delta de Tabasco, ubicado en Frontera y rodeado de terrenos bajos y pantanosos, origina que el agua de las mareas entre a la zona durante la temporada de lluvias generando problemas por inundación.

Hidrología

Tabasco se ha considerado como un acuífero de tipo libre con zona de recarga en la sierra de Huimanguillo, Teapa y Tenosique debido a sus características geohidrológicas. Este acuífero fue poco explotado hasta que la actividad petrolera se intensificó por los años 80s donde se dieron grandes asentamientos humanos demandando grandes cantidades de agua para satisfacer las necesidades de la población. Pese a no presentar sobreexplotación, si está sujeto a problemas de contaminación provenientes de aportes municipales e intrusión salada. El nivel freático en casi toda la región es somero, lo que da lugar a la presencia de lagos y lagunas con profundidades variadas; las más profundas contienen lentes o capas de arcilla que le confieren condiciones de semiconfinamiento al acuífero (INEGI, 2000). No obstante, la importancia del acuífero, principal fuente de agua en el estado es la de origen superficial presentando una red hidrográfica muy compleja con abundancia de escurrimientos relacionados con fenómenos de carácter geológico, climático y biológico que están en constante interacción. Así, Tabasco se divide en dos regiones hidrológicas (RH), la 29 o Coatzacoalcos y la 30 o Grijalva-Usumacinta definidas por los principales ríos que las forman.

La RH29 se divide a su vez en siete subcuencas de las cuales la cuenca del río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona es la que influye en Tabasco con aproximadamente 24.8% de extensión territorial. La corriente principal es el río Tonalá, el cual tiene su origen en la sierra chiapaneca a 1,000 msnm donde recibe el nombre de Tancochapa y desemboca en el Golfo de México. Este río es la frontera con el estado de Veracruz y tiene una longitud de 150 km de los cuales 120 están por abajo de los 200 msnm. Sus principales afluentes son los ríos Zanapa, Blasillo y

Chicozapote antiguas derivaciones del Mezcalapa hoy desagües pluviales y de zonas pantanosas. En su origen, la cuenca presenta un drenaje dendrítico debido a la presencia de material litológico homogéneo. Sin embargo, en la región norte se tiene una red de drenaje radial centrípeto con material detrítico tipo palustre y aluvial (INEGI, 2000) favorecido por la entrada de la marea a tierra, dando lugar a la formación de dunas, barras y esteros en la costa. Estos últimos son alimentadas por los escurrimientos de los ríos Santana, Naranjeño y su afluente el San Felipe. La calidad del agua es mala debido a las descargas municipales y al aporte de la actividad petrolera (GTE, 2008; Maza, 1997).

La RH30 comprende el 75.2% de la superficie del estado (Fig. 1.2) y se subdivide en tres cuencas: Río Usumacinta (29.2%), Laguna de Términos (4.5%) y Río Grijalva-Villahermosa (41.5%). La cuenca Laguna de Términos es la que menor área del estado ocupa con tan solo 4.5% de la superficie total y se divide en las subcuencas Lagunas del Pom y Atasta, Río Chumpán, y Varias (zonas de inundación y escaso escurrimiento al inicio de las corrientes San Joaquín y El Pimiental).

El río Usumacinta se considera un río maduro debido al equilibrio que presenta entre la pendiente y la deposición de material, otros ríos principales incluyen el Santa Ana, Palizada, San Pedro, El Lagartero, Pimiental, Tepetitlán y Tacotalpa. Se debe considerar que debido a la baja altitud de las planicies, las corrientes divagantes menores pasan a ser tributarias del sistema Grijalva-Usumacinta al no estar interconectadas directamente (INEGI, 2000). El río San Pedro presentaba para el siglo pasado un caudal promedio de 2,304.45 Mm³/año, mientras que el río Usumacinta de 56 113.74 Mm³/año (estación hidrométrica Boca del Cerro). El volumen de escurrimiento se consideró de 7,021.83 Mm³ al año como resultado de escurrimientos variados debido a la densidad de la vegetación y a la permeabilidad de la zona; 10 a 20% de escurrimiento en el oriente y sur de Tenosique de Pino Suárez debido a una media cobertura vegetal y media permeabilidad, de 20 a 30% en el centro y noroeste de la cuenca y alrededor de Tenosique de Pino Suárez; y mayor de 30% con una baja cobertura vegetal y baja permeabilidad al noroeste-sureste al centro de la cuenca misma (INEGI, 2000).



Figura 1.2. Cuenca Grijalva Usumacinta y sus subcuencas.
Fuente: Maza, 1997.

La cuenca Río Grijalva-Villahermosa que es la de mayor extensión territorial (41%) y donde todos sus ríos drenan hacia el Golfo de México con altos porcentajes de escurrimiento (20% o mayor debido a permeabilidad media con escasa vegetación o permeabilidad baja con densa vegetación), se divide en las subcuencas formadas por los ríos: Grijalva, Viejo Mezcalapa, Mezcalapa, Paredón, Pichucalco, De la Sierra, Tacotalpa, Almendro, Puxcatán, Macuspana, Tulijá, Chilapa, Chilapilla, Tabasquillo, Carrizal, Samaria, Cunduacán y Caxcuchapa (Figura 1.3).

El río Grijalva con origen en Chiapas cambia su nombre a Mezcalapa después de la presa Malpaso (Nezahualcóyotl), al norte de Chiapas, hasta la ciudad de Villahermosa para posteriormente retomar otra vez el nombre de río Grijalva. El Mezcalapa tuvo sus primeras salidas al mar por las Barras de Tonalá (ríos Coatajapan-Zanapa, Blasillo y Chicozpoté), Santa Ana (ríos San Felipe y Santa Ana), y Tupilco (ríos Tortuguero, Tular y Cocohital y Dos Bocas) (GTE, 2008).

El Mezcalapa aguas arriba de la presa Peñitas recibe aportaciones del río Tzimbac y del río Sayula, mientras que aguas abajo el río Platanar es el de mayor aporte junto con el río Camoapa que tiene su origen cerca de Pichucalco. El río Grijalva entra a Tabasco como corriente de llanura aluvial por lo que tiende a divagar y a dividirse. Una de estas ramificaciones es el río Seco que desembocaba en la laguna de Mecoacán. En 1881, tuvo lugar un rompido del río Mezcalapa que formó el río Carrizal, el cual desemboca en la Barra de Chiltepec con el nombre de río González. En 1932, el río Mezcalapa sufre otra bifurcación originando a su margen izquierda el río Samaria, el cual descarga en el río Cañas y este al río González para desembocar en la Barra de Chiltepec. Durante la bifurcación del Samaria, este derramó sus aguas por la margen izquierda e inundó lo que se conoce como la Olla de La Chontalpa; zona de gran importancia agrícola. La ramificación en la margen derecha se dividió en dos corrientes: la del norte que recibió el nombre de Nuevo o Carrizal y la del sur río Viejo o Mezcalapa, las cuales bordean la ciudad de Villahermosa y se unen aguas debajo de ésta. Posteriormente, sobre la margen izquierda se tienen los efluentes Cunduacán y Cedro que dan lugar a lagunas y pantanos, y sobre la margen derecha tiene al río Pichucalco como principal afluente. Otro afluente es el río La Sierra, el cual recibe varios nombres desde su origen en Chiapas, siendo uno de ellos el de Tacotalpa. A 23 km aguas arriba de la desembocadura del río Grijalva este recibe el aporte del río Teapa, el cual por su margen derecha tiene la afluencia del río Puyacatengo. Antes de la confluencia con el río Usumacinta, 20 km aguas arriba, el Grijalva recibe el afluente del río Chilapa el cual presenta un recorrido complejo desde su origen. Posterior a la unión con el río Usumacinta, el Grijalva da lugar a la formación de desembocaduras de carácter deltaico con la bifurcación de sus escurrimientos en varios canales antes de llegar al mar; cabe destacar que esta generación de canales es el sustento de marismas y zonas palustres (Figura 1.4) (INEGI, 2000; Maza, 1997).

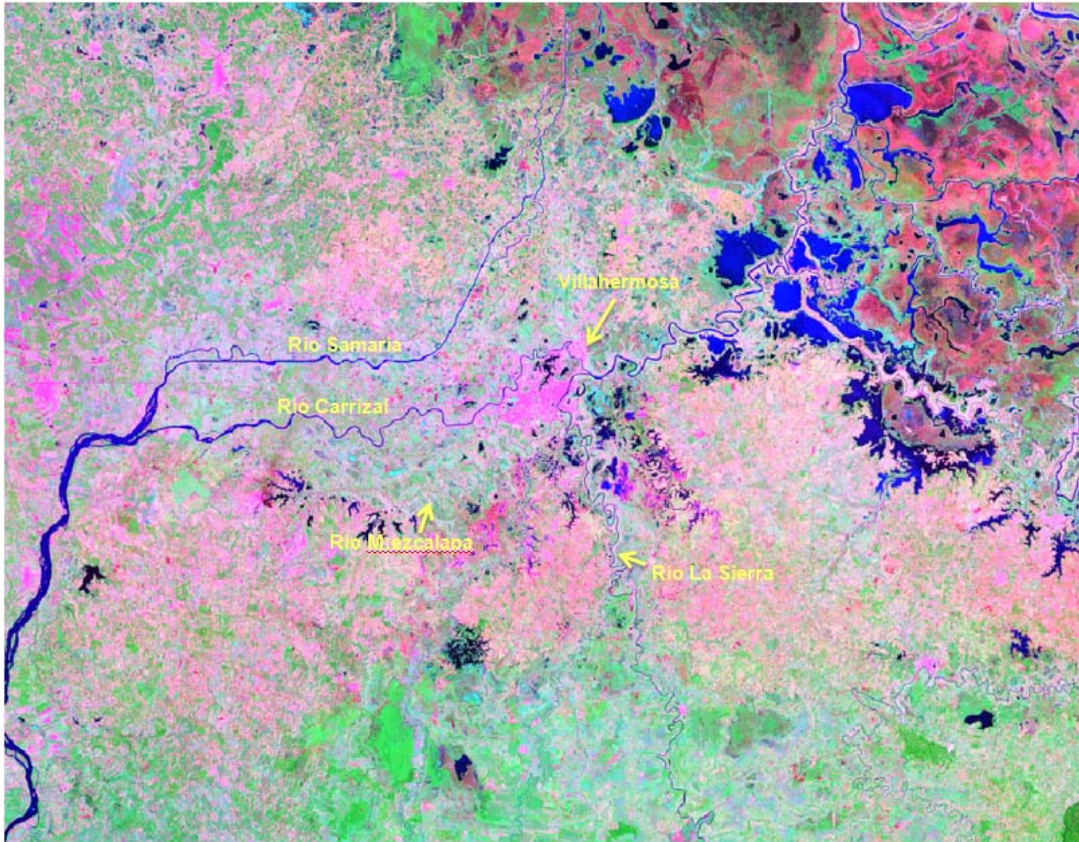


Figura 1.4. Vista de Villahermosa y el río Mezcalapa y sus corrientes.
Imagen Landsat TM 28/03/2001

En 1956 posterior a las precipitaciones extraordinarias de 1955, se construyeron bordos de defensa a lo largo del Samaria, los cuales junto con las presas Malpaso y Angostura sirvieron para regular las avenidas y disminuir el riesgo de inundación de Huimanguillo, Cárdenas y Villahermosa para la cual ya también se tenían algunos bordos de protección (Maza, 1997). Otras obras como la construcción de obras viales y drenes artificiales, principalmente en la región de La Chontalpa donde se realizó una red de drenes de canalización de aguas superficiales con fines agrícolas y desfogue de terrenos anegados. El desarrollo de vías de comunicación en el estado, y en especial en Villahermosa, generó la construcción de bordos, acciones para evitar el cegamiento del malecón, cambio de curso de los ríos y dragados, los cuales cambiaron en forma drástica la dinámica natural del río (GTE, 2008) e intensificaron los problemas de inundación como es el caso de eventos recientes (1999 y 2007).

Como se mostró, el río Grijalva ha tenido diversas modificaciones dadas sus divagaciones y obras de protección, algunas de las cuales se resumen en la Figura 1.5.

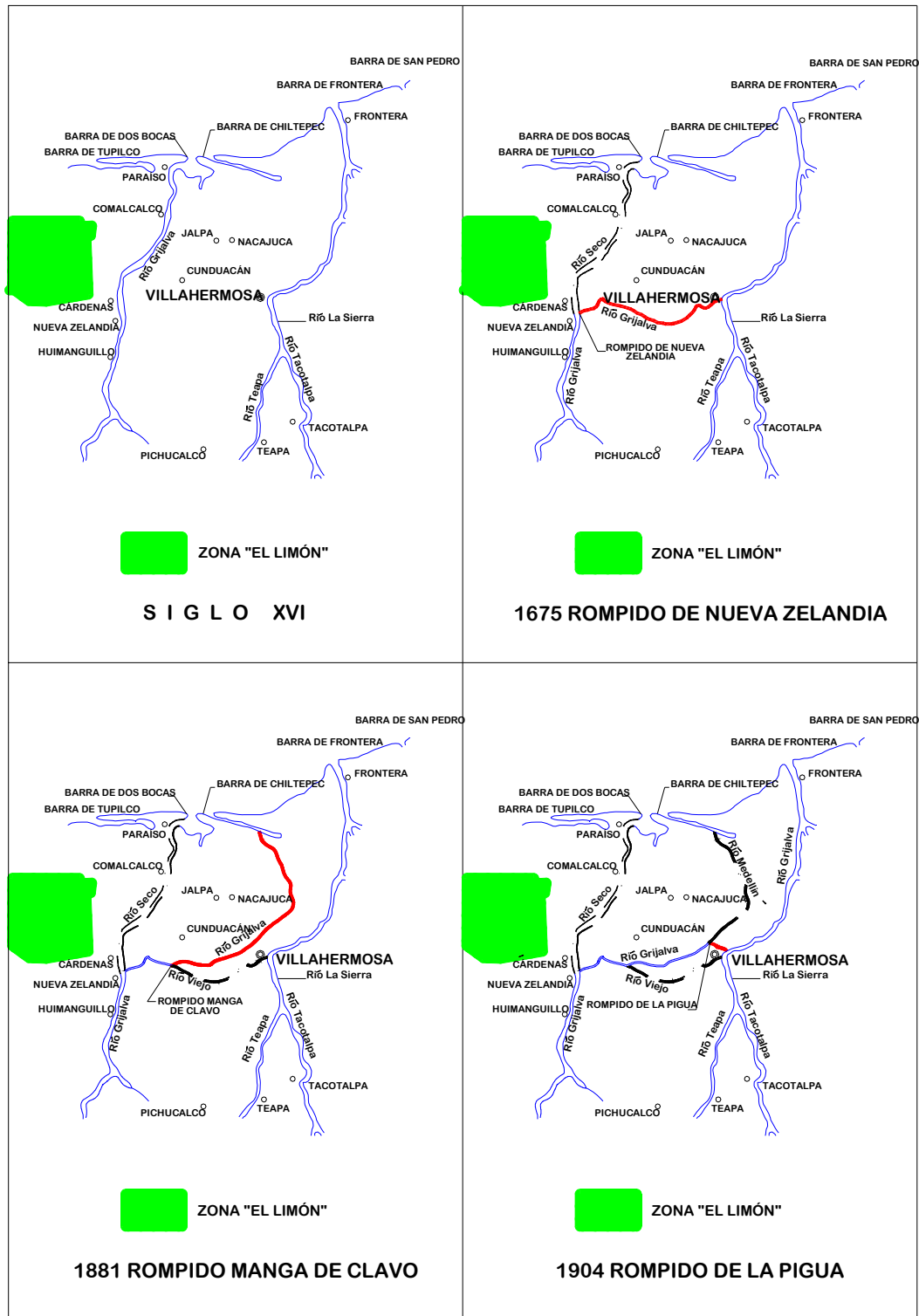


Figura 1.5. Modificaciones por divagación u obras de protección en el río Mezcalapa.
Fuente: Maza, 1997

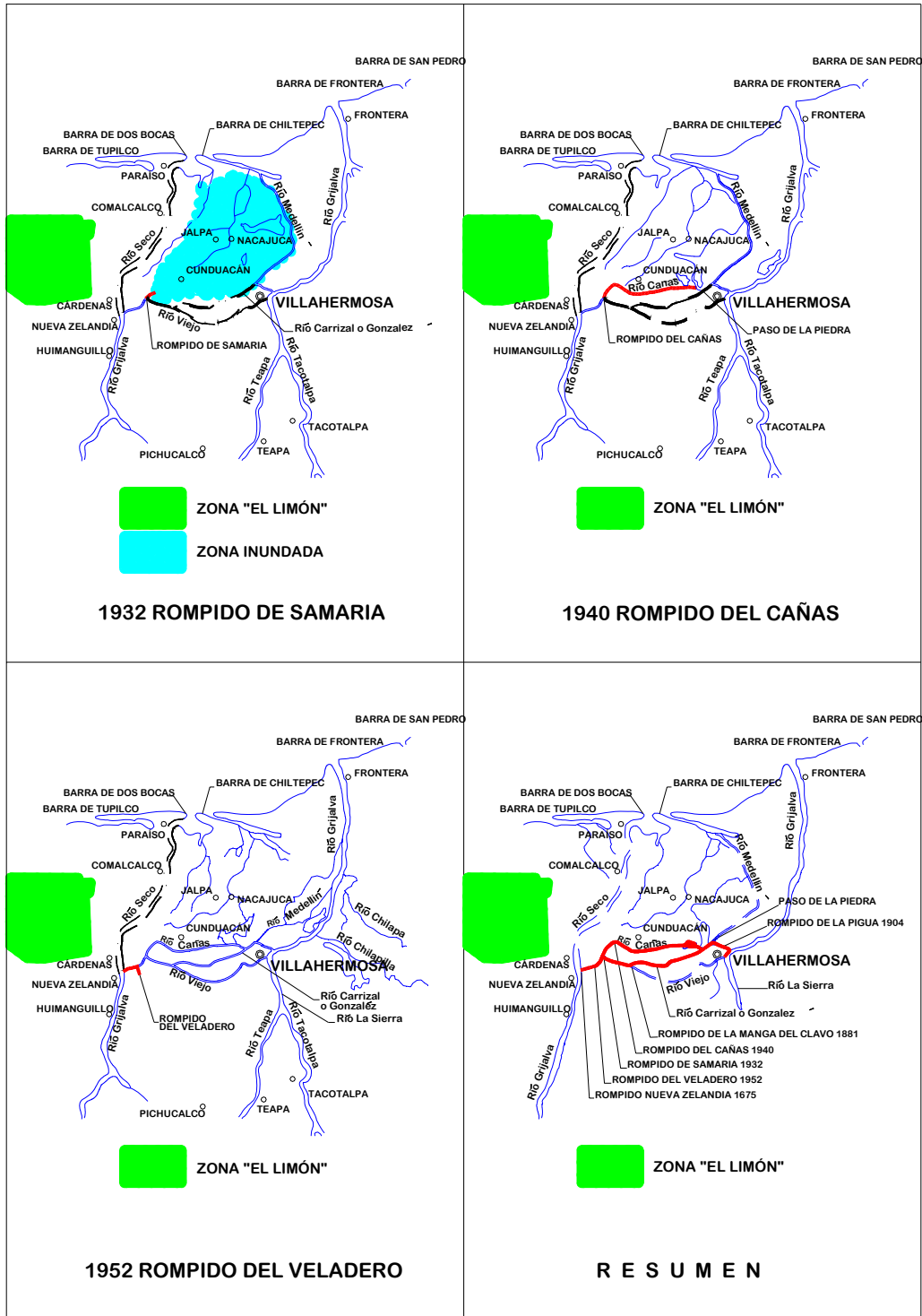


Figura 1.5. Modificaciones por divagación u obras de protección en el río Mezcalapa (Continuación)
Fuente: Maza, 1997

2. UNA CIUDAD EN DOS RÍOS: VILLAHERMOSA

Villahermosa se localiza al sureste de la subregión Centro, Tabasco, en las coordenadas 17°59' al norte y 92°56' al oeste a una altura promedio de 10 msnm. La ciudad se encuentra enclavada entre los ríos Grijalva y Carrizal, ocupando 61 Km² de superficie con una población de 614,629 habitantes de acuerdo al II Censo de Población (INEGI, 2005). Originalmente, la ciudad de Villahermosa estaba compuesta de selva y cuerpos de agua con asentamientos en barrios, los cuales se expandieron y agruparon modificando la fisiografía de la zona al desecar los cuerpos de agua o modificar el curso de los ríos y eliminar la cobertura vegetativa para así tener hoy día 1 ciudad, 7 villas, 1 poblado, 132 rancherías, 117 colonias y fraccionamientos (Oropeza, 2004).

Debido a la cercanía con el Golfo de México, Villahermosa se consideró una ciudad de importancia gracias a la comunicación fluvial establecida por los ríos Grijalva y Carrizal, este último fuente para la actividad pesquera. La calle principal corrió paralela al río Gijalva dando pie al establecimiento de comercios y al centro de actividad de la ciudad. Un problema recurrente en época de lluvias era la inundación de la ciudad para lo cual desde principios del siglo XIX se instalaron bordos en la rivera de los ríos para evitar inundaciones. Como resultado de un crecimiento poblacional desmedido en el siglo XX, la ciudad creció desordenadamente en todas direcciones en los años 70's, lo que trajo como consecuencia una invasión de terreno y, por tanto, la desecación de lagunas, desbastación de lomeríos, deforestación de selvas e incluso se permitió el relleno de grandes extensiones de pantanos. Adicionalmente, se desvió el cauce de los ríos como medida de protección para la ciudad (Figura 1.6). La zona de mayor crecimiento fue la norte sobre el río Carrizal, lo que ha traído un deterioro importante en la calidad de su agua relacionada principalmente a la contaminación de origen municipal.



Figura 1.6. Vista de Villahermosa, Tabasco, en una imagen del 15/03/2003.
Fuente: Google, 2008

El sector agropecuario y la industria petrolera son los factores principales de la economía en Tabasco. La Figura 1.7 muestra la distribución de los sectores que influyen en el PIB; la industria petrolera se cuenta de manera independiente. En 1980, el petróleo aportó el 67% del PIB nacional (Beltrán, 1985; SCT, 1984). De hecho se considera que el desarrollo económico de la ciudad de Villahermosa comenzó a mediados del siglo XX principalmente con la explotación petrolera, lo que trajo flujos migratorios intermunicipales y estatales hacia la ciudad.

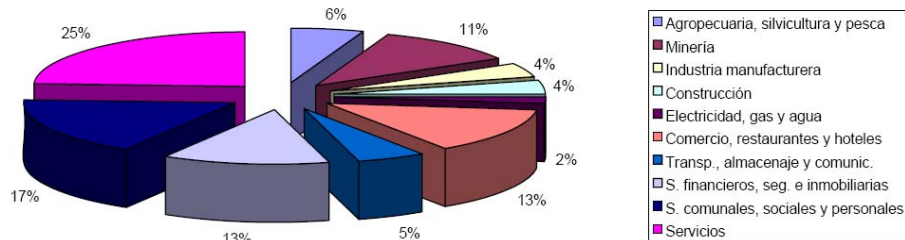


Figura 1.7. Distribución del PIB en Tabasco durante 2003.
Fuente: Alderte et al., 2003

Tabasco es el segundo productor de petróleo en México, por lo que requiere de infraestructura, entre otras, para cubrir sus requerimientos de energía (construcción de presas) y comunicación (redes carreteras). Debido al “boom petrolero” y a la fuerte presión social sobre el uso del suelo, no se dio importancia al estudio de problemas reales por lo que no se establecieron prioridades para el desarrollo de la

ciudad lo que provocó la invasión de terrenos asociados con la divagación de los ríos Carrizal y Grijalva.

La importancia cultural de la ciudad de Villahermosa y las zonas aledañas es variada, destacando el desarrollo de la cultura Olmeca la cual no sólo se basa en las zonas arqueológicas sino también en sus tierras productivas centro de una gran diversidad de especies de fauna y flora (Figura 1.8).



Figura 1.8. Vista de la Laguna de Ilusiones, Villahermosa.
Fuente: esmexico. Com, 2008

El clima en Villahermosa es de tipo cálido y húmedo presentando una temperatura promedio anual de 26° centígrados y una precipitación media anual de 1,500 mm. La Tabla 1.1 muestra los valores promedio de temperatura máxima y mínima y precipitaciones para la ciudad de Villahermosa de acuerdo con INEGI (2005).

Cabe mencionar que Villahermosa presenta el menor índice de precipitaciones pluviales a diferencia de otras ciudades o pueblos aledaños; aunque estas lluvias son abundantes y persistentes durante el verano.

Tabla 1.1. Temperaturas y precipitación típicas en la localidad de Villahermosa.

| Parámetros climáticos promedio de Villahermosa | | | | | | | | | | | | | [ocultar] |
|---|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------------|
| Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| Temperatura diaria máxima °C (° F) | 28 (82) | 30 (86) | 34 (93) | 38 (100) | 37 (99) | 34 (93) | 32 (90) | 31 (88) | 30 (86) | 30 (86) | 30 (86) | 29 (84) | 32 (90) |
| Temperatura diaria mínima °C (° F) | 16 (61) | 18 (64) | 19 (66) | 21 (70) | 23 (73) | 23 (73) | 22 (72) | 21 (70) | 21 (70) | 20 (68) | 19 (66) | 17 (63) | 20 (68) |
| Precipitación total mm (pulg) | 122 (4.8) | 84 (3.3) | 43 (1.7) | 61 (2.4) | 80 (3.1) | 184 (7.2) | 196 (7.7) | 267 (10.5) | 368 (14.5) | 401 (15.8) | 202 (8) | 153 (6) | 2,161 (85.1) |

Fuente: INEGI, 2005

3. EVENTO: TORMENTA TROPICAL Y FRENTE FRÍO

Las tormentas tropicales son comunes en esta zona durante el verano-otoño dejando a su paso lluvias de gran intensidad. Los eventos que dieron lugar a las inundaciones en Tabasco y Chiapas se presentan cronológicamente a continuación.

En junio del 2007, se previó que la tormenta Tropical Bárbara de impactarse en la costa de Chiapas traería un incremento en la intensidad de las lluvias en las regiones de La Sierra y los Ríos pero dado que estos estaban a su mínimo nivel no habría riesgos (GTE, 2008b). El 12 de agosto Protección Civil (SEPC) informó la presencia de lluvias intensas como resultado de la onda tropical No. 24 esperando en algunos sitios 100 mm de precipitación, lo cual traería incrementos en los cuerpos de agua; en particular, de las regiones de La Sierra y los Ríos (GTE, 2008c). El Huracán Dean de categoría cuatro puso en alerta a la población para el 22 de agosto siendo los municipios afectados Centla, Comacalco y Paraíso (GTE, 2008d). Aunque, se incremento el nivel de los ríos de acuerdo con SEPC estos se mantuvieron a su capacidad media de regulación (Grijalva a 2.83 m de su escala crítica, Samaria a 1.53m, Carrizal a 3.08 m, y Usumacinta a 4.12 m) incluso durante la onda tropical No.26 a finales de agosto. El 5 de septiembre, el Huracán Félix entró a Tabasco como tormenta tropical afectando la región de los Ríos con lluvias de 200 mm (GTE, 2008e) e incrementando el nivel del río Usumacinta. El 27 de septiembre tuvo lugar la depresión tropical No.12, la cual trajo lluvias intensas en la cuenca del río

Usumacinta y se esperaba que la No. 13 azotara las regiones de La Sierra y los Ríos con lluvias de 50 a 70 mm (GTE, 2008f).

SEPC (GTE, 2008g) informó que para el 20 de octubre se esperaban lluvias intensas en la región de La Sierra como resultado de una depresión en el Golfo de México y la onda tropical No. 37, lo que ubicaba al río de la Sierra a 13 cm por arriba de su escala crítica aunque sus afluentes estaban en una capacidad media. Para ese momento, el Grijalva estaba a 18 cm por debajo de su nivel máximo ordinario y los ríos Samaria y Carrizal bajaron su nivel a 1.09 m y 1.91 m de su capacidad, respectivamente. La entrada del frente frío No. 3 seguido del No. 4 para el 24 de octubre registró lluvias por arriba de los 200 mm en Jalapa (227 mm), Sayula (208.7 mm) y Macuspana (205.5 mm) ver Tabla 1.2 (SMN, 2007). Para el 26 de octubre el río Grijalva empezó a infiltrarse en el Malecón y el puente Carrizal IV presentó problemas de erosión, asimismo se anunció la llegada de un nuevo frente frío para el 27 de octubre con fuertes lluvias, vientos de 80 a 100 Km·h⁻¹ y oleajes de 3 a 5 m de altura (Figura 1.9). El río Grijalva presentaba un incremento de 10 cm en la estación Gaviotas, declarándose “Estado de Emergencia” en Villahermosa e instalando albergues y otras medidas de prevención (GTE, 2008h).



Figura 1.9. Frente frío entrando en el Golfo de México, zona de afectación y primeras inundaciones en Villahermosa.

Fuente: GTE, 2008h

Tabla 1.2. Precipitaciones registradas en estaciones de Chiapas, Tabasco y Veracruz en los últimos días del mes de octubre de 2007

| NOMBRE | ESTADO | ANO | MES | D24 | D25 | D26 | D27 | D28 | D29 | D30 | D31 | lluvia acumu |
|------------------------|--------|------|-----|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| OCOTEPEC | CHIS | 2007 | OCT | 128.20 | 87.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 403.40 | 308.90 | 250.50 | 1959.50 |
| SAYULA | CHIS | 2007 | OCT | 208.70 | 51.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 294.40 | 177.80 | 131.90 | 1664.41 |
| PLAN DE AYALA | CHIS | 2007 | OCT | 81.00 | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 240.00 | 120.40 | 34.00 | 1102.20 |
| OXOLOTAN | TAB | 2007 | OCT | 147.40 | 25.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 317.00 | 97.50 | 84.30 | 1090.36 |
| JALAPA | TAB | 2007 | OCT | 227.00 | 21.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 250.00 | 249.60 | | 1080.50 |
| SAN JOAQUIN | TAB | 2007 | OCT | 189.20 | 18.80 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 150.80 | 150.80 | 85.80 | 1070.20 |
| PRESA PENITAS | CHIS | 2007 | OCT | 87.90 | 23.50 | 0.20 | 0.00 | | 217.60 | 149.50 | 32.50 | 1053.81 |
| TEAPA | TAB | 2007 | OCT | 125.20 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 223.50 | 92.40 | 145.00 | 1044.90 |
| PUYACATENGO | TAB | 2007 | OCT | 131.80 | 12.20 | 0.00 | 0.00 | 175.20 | | 147.20 | 152.00 | 1023.00 |
| PLATANAR * | CHIS | 2007 | OCT | 88.40 | 33.60 | 0.30 | 0.00 | 1.40 | 192.20 | 107.10 | 26.70 | 987.10 |
| TAPIJULAPA | TAB | 2007 | OCT | 71.30 | 14.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 290.00 | 84.00 | 72.50 | 981.63 |
| MACUSPANA | TAB | 2007 | OCT | 205.50 | 7.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 124.70 | 94.00 | 76.00 | 965.00 |
| ROMULO CALZADA | CHIS | 2007 | OCT | 77.10 | 6.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 160.40 | 107.20 | 41.40 | 958.70 |
| CARDENAS | TAB | 2007 | OCT | 97.00 | 26.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 176.00 | 120.00 | 20.00 | 885.02 |
| TAPACHULA (MALPASO II) | CHIS | 2007 | OCT | | 0.00 | 10.50 | 29.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 868.52 |
| SAMARIA | TAB | 2007 | OCT | 60.80 | 12.40 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 263.90 | 86.00 | 29.40 | 811.51 |
| GONZALEZ | TAB | 2007 | OCT | 43.60 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 105.90 | 197.40 | 57.60 | 793.20 |
| TALISMAN | CHIS | 2007 | OCT | 8.20 | 0.00 | 7.80 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 766.60 |
| PUEBLO NUEVO | TAB | 2007 | OCT | 96.60 | 11.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 164.60 | 128.00 | 65.10 | 746.10 |
| TIERRA MORADA | VER | 2007 | OCT | 69.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 103.30 | 55.10 | 60.80 | 742.70 |
| VILLAHERMOSA | TAB | 2007 | OCT | 56.90 | 4.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 123.10 | 90.70 | 132.30 | 741.30 |
| HUEHUETAN | CHIS | 2007 | OCT | 28.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 730.11 |
| LA GANGREJERA | VER | 2007 | OCT | 7.70 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 30.00 | 6.00 | 12.00 | 705.40 |
| EL PORVENIR | TAB | 2007 | OCT | 67.00 | 5.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 102.00 | 93.00 | 67.50 | 669.40 |
| MAPASTEPEC | CHIS | 2007 | OCT | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 646.02 |
| GUETZALAN | PUE | 2007 | OCT | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.30 | 15.70 | 0.01 | | 624.50 |
| HUIXTLA | CHIS | 2007 | OCT | 52.20 | | 32.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 616.52 |
| CHICOMUSELO | CHIS | 2007 | OCT | 46.10 | 29.10 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 1.20 | 3.10 | 1.20 | 600.60 |
| PASO DEL CAYUCO | CHIS | 2007 | OCT | 70.30 | 12.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 47.10 | 36.50 | 3.10 | 583.51 |
| GAVIOTAS | TAB | 2007 | OCT | 64.00 | 9.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 108.80 | 73.00 | 110.10 | 573.60 |
| P. LA SOLEDAD | PUE | 2007 | OCT | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 15.30 | 18.50 | 1.30 | 0.01 | 560.25 |
| COATZACOALCOS | VER | 2007 | OCT | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 1.90 | 0.20 | 0.40 | 555.11 |
| SAN JOSE DEL CARMEN | VER | 2007 | OCT | 30.90 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 64.50 | 21.00 | 23.00 | 552.90 |
| ESCUINTLA | CHIS | 2007 | OCT | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 535.11 |
| YAMANHO | CHIS | 2007 | OCT | 97.90 | 25.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 118.70 | 522.81 |
| Precipitación max | | | | 227.00 | 87.00 | 32.00 | 29.50 | 175.20 | 403.40 | 308.90 | 250.50 | |

Fuente: SMN, 2007,

Las inundaciones en diferentes poblaciones de Tabasco y Chiapas se intensificaron por las lluvias a partir del 29 de octubre con la llegada del frente frío No. 5, así los ríos comenzaron a sobre elevar sus niveles de manera que CONAGUA reportó para el 29 de octubre que el río Grijalva estaba por arriba de su escala crítica 80 cm, el de La Sierra 59 cm y el San Pedro 18 cm, mientras que los ríos Teapa, Tacotalpa, Pichucalco, Tulijá, Puxcatán, Chilapa, Chilapilla y Usumacinta se encontraban cercanos a su escala crítica y, los ríos Samaria y Carrizal habían descendido 26 y 23 cm, respectivamente, situándose a 90 y 154 cm de sus máximos niveles de regulación (GTE, 2008i). Otro factor de importancia como consecuencia de las lluvias fue el incremento de los caudales hacia las presas Malpaso y Peñitas, lo que obligó a desfogar la presa Peñitas para el 29 de octubre (GTE, 2008i).

La situación de emergencia se mantuvo hasta el 27 de noviembre y, en forma preliminar, los resultados señalan que las inundaciones afectaron casi el 70 % del territorio tabasqueño y, en particular, la ciudad de Villahermosa en la cual se alcanzaron niveles de hasta 4 m sobre el nivel de las calles cubriendo el agua el 80% de la ciudad (Figura 1.10). Aunque Villahermosa cuenta con sistema de diques y barreras construidas para contener los máximos históricos, estos quedaron muy por abajo de los caudales registrados lo que hizo a la ciudad una zona altamente vulnerable. Para el 2 de noviembre se estimó cerca de 1 millón de damnificados y millones de pérdidas económicas (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Principales siniestros ocurridos en México de 1985 a 2007 en función de sus pérdidas económicas

| Siniestro | Afectaciones en US\$ |
|--|-----------------------------|
| Huracán Wilma 2005 | 1,782,000,000.00 |
| Inundaciones de Tabasco y Chiapas 2007 | 700,000,000.00 |
| Huracán Gilberto 1988 | 567,000,000.00 |
| Terremoto de México de 1985 | 473,000,000.00 |
| Huracán Isidoro 2002 | 308,000,000.00 |
| Huracán Emily 2005 | 302,000,000.00 |
| Huracán Stan 2005 | 228,000,000.00 |
| Huracán Kenna 2002 | 176,000,000.00 |
| Huracán Juliette 2001 | 90,000,000.00 |
| Huracán Paulina 1997 | 62,000,000.00 |

Fuente: Wikipedia, 2008



Figura 1.10. Diversas tomas que muestran las inundaciones de Villahermosa y zonas aledañas obtenidas de diferentes sitios de internet

4. PLAN DE ACCIÓN URGENTE (PAU)

Dentro de los trabajos para establecer el “Plan Hídrico Integral de Tabasco” acordados por el Instituto de Ingeniería con la CONAGUA (2008), se inscribió la ejecución de un Plan de Acción Urgente (PAU) y un Plan de Acción Inmediata (PAI). En el caso del PAU, la CONAGUA ante la nueva temporada de lluvias inició acciones para solucionar algunos de los desastres ocurridos en la infraestructura existente durante las inundaciones de 2007, entre las que destacan la construcción de una estructura de control en el río Carrizal y la reparación y rehabilitación de bordos existentes; 49 bordos caídos, de los cuales 15 son prioritarios. Las actividades requeridas por la CONAGUA contemplan la asesoría, consulta, apoyo técnico y emisión de recomendaciones, lineamientos y criterios de las acciones que se llevan a cabo y de otras sugeridas como resultado de la investigación del Instituto de Ingeniería.

El Instituto de Ingeniería (II), UNAM, ha realizado a través de varios años, diferentes estudios en la zona, entre estos estudios se tiene el de Maza (1997) quién tras identificar las condiciones de la cuenca Grijalva-Usumacinta y la estructura existente propuso la selección de alternativas contra inundaciones a nivel de gran visión. Las

bases para esta propuesta se fundamentaron en el desarrollo socioeconómico de la región estableciendo obras para proteger la planicie contra inundaciones, las cuales tenían una repercusión económica considerable. Las acciones propuestas contaban con una base científica al considerar la modelación del comportamiento hidráulico de las inundaciones conjuntamente con el reconocimiento de la importancia de restituir cauces, emplear las zonas de lagunas y pantanos, emplear la infraestructura existente y/o mejorarla, así como establecer zonas de regulación, entre otros. De manera que las obras propuestas fuesen parte de un sistema y no acciones individuales. La propuesta incluía acciones para tres sistemas: a) ríos de la región de La Sierra, b) Mezcalapa-Samaria, y c) Carrizal-Medellín, las acciones comprendían:

- i) Regulación del río La Sierra y canalización hacia la zona de Los Zapotes.
- ii) Estructura de control sobre el río Carrizal para distribuir los gastos entre los ríos Samaria y Carrizal
- iii) Proyecto de mejoramiento y control sobre el río Tacotalpa considerando obras complementarias como diques o presas rompepicos para controlar este afluente.
- iv) Mejoramiento de los cauces Samaria, Carrizal, Mezcalapa, La Sierra y Grijalva mediante acciones de desazolve de los cauces y rehabilitación de bordos.
- v) Rehabilitación del cauce Medellín-Jolochero previendo obras de derivación de los gastos de conservación de los ríos Carrizal y de los ríos de la sierra.
- vi) Desazolve del río Grijalva para navegación, así como la ampliación de otras corrientes.
- vii) Propuestas adicionales, por ejemplo: el vertido de la presa Malpaso por el dique III, las derivaciones sobre la margen izquierda del río Mezcalapa hacia la laguna El Rosario y la habilitación del río Seco, aguas abajo de la población de Huimanguillo, etc.

Estas acciones se consideraron de nueva cuenta en 2000 en una propuesta para elaborar un “Proyecto Integral para la Protección contra Inundaciones de la Planicie de los ríos Grijalva y Usumacinta” y se retomaron en una propuesta para el “Análisis conjunto de los ríos de La Sierra: Plan Integral para el Aprovechamiento del río Grijalva” en 2007. La razón para considerar en diferentes ocasiones las medidas propuestas desde 1997 y adicionales fue que no se llegó a construir y analizar el problema de las inundaciones de manera integral por las autoridades gubernamentales. Adicionalmente, el II ha desarrollado modelos matemáticos para determinar políticas óptimas de operación del sistema de presas y para simular el comportamiento de cuerpos de agua ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos con diferentes períodos de retorno.

Esto coloca al II en una posición adecuada para realizar el PHIT y sus planes de acción (PAU y PAI).

5. INTEGRACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

Dada la envergadura de los estudios y obras requeridas, la propuesta para el PHIT consideró no sólo analizar el problema desde el punto de vista hidráulico sino incluir estudios de materiales y geotécnicos. De esta manera, se podrá llevar un control de los avances en cada etapa del proyecto, principalmente de aquellos vinculados a los sistemas de protección contra inundaciones en la ciudad de Villahermosa y zonas aledañas en tiempo real o casi real.

El grupo de trabajo coordinado por el Dr. Fernando González Villarreal quedó integrado de la forma siguiente:

- **Geotecnia** representado por el Dr. Gabriel Auvinet, quien analizará los trabajos de restauración de las márgenes de los ríos dañadas y de diseño de los bordos de defensa en las áreas urbanas expuestas. Asimismo, se realizarán estudios para la cortina de la obra de control en el río Carrizal y los canales laterales de ésta para desviar caudal hacia el río Samaria.
- **Estructuras** representado por el Dr. Roberto Meli, que revisará el proyecto ejecutivo para la construcción de la estructura de control para la desviación del flujo del río Carrizal hacia el río Samaria.
- **Hidráulica** se formaron los grupos de trabajo siguientes:
 - *Hidrología* representado por el Dr. Ramón Domínguez Mora, quien con base en un análisis de los registros históricos de precipitación y escurrimiento, determinarán los hidrogramas de diseño asociados a distintos periodos de retorno.
 - *Hidráulica e hidrodinámica* representado por el Dr. Oscar A. Fuentes Mariles, quien mediante modelos matemáticos simulará el comportamiento de los flujos de agua tanto en cauces como en llanuras, para establecer los niveles de agua en los ríos en distintos escenarios.
 - *Hidráulica fluvial* representado por el Dr. Jesús Gracia Sánchez, quien desarrollará modelos físicos para estudiar el comportamiento del agua y sedimento en la bifurcación Mezcalapa-Samaria-Carrizal y el funcionamiento de las estructuras de control en los ríos de la Sierra y Pichucalco.

Las primeras acciones consistirán en hacer visitas a Villahermosa y zonas aledañas con la finalidad de examinar las áreas dañadas y tener acceso a la información para ir generando los datos relacionados con la catástrofe y sus causas. Para ello, es importante mantener contacto con personal de la CONAGUA de manera que se tenga la información de primera mano y evitar comentarios indirectos.

6. REFERENCIAS

- Alderete y Socios Consultoría Industrial, S.C. (2003). La Economía de Tabasco y su Zona de Influencia. Oportunidades para la Generación de Nuevas Exposiciones. Reporte 1 preparado para SEDET / Subsecretaría de Turismo, México.
- Beltrán, José E. (1985). Petróleo y Desarrollo. Centro de Estudios e Investigación del sureste, 1ª. Ed., México
- Carrera Sosa (2008) citado en GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008a) Tabasco. en <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- CONAGUA (2000), Proyecto Integral para la Protección contra Inundaciones de la Planicie de los Ríos Grijalva y Usumacinta. Resumen, pag.5, Noviembre.
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008a) Tabasco. En <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008c) Sala de prensa 12 de agosto de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008d) Sala de prensa 22 de agosto de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008e) Sala de prensa 5 de septiembre de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008f) Sala de prensa 27 de septiembre de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008g) Sala de prensa 20 de octubre de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008h) Sala de prensa 27 de octubre de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, (2008i) Sala de prensa 29 de octubre de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- GTE, Gobierno del Estado de Tabasco, Sala de prensa 2 de junio de 2007. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/index.php> [Consultada en abril de 2008]
- INEGI (2005). Principales resultados por localidad 2005 (ITER) parte del programa de divulgación de resultados del II Censo de Población y Vivienda 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). <http://www.inegi.gob.mx> [Consultada en abril de 2008]
- Maza A. (1997) Cuenca Grijalva-Usumacinta Estudio de Gran Visión para las Obras de Protección de la Planicie, elaborado para la Subdirección General de Construcción, Gerencia Regional Sur, CONAGUA, y Subdirección Técnica, Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, CFE. Incluye Planos.
- Maza, J. A. y Franco, V., 1997, *Obras de protección para control de inundaciones*, Cap. 15 del Manual de Ingeniería de Ríos, Series I. de I. UNAM.
- Mendoza, M., 1998, *Geotecnia*, Cap. 23 del Manual de Ingeniería de Ríos, Serie Azul del II, UNAM.

Oropeza V.M. (2004). Parque Reserva, Península del Carrizal, Capítulo 8, Tesis de licenciatura defendida el 10 de marzo de 2004, Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México

Wikipedia (2008) Inundación de Tabasco y Chiapas de 2007. http://es.wikipedia.org/wiki/Inundaci%C3%B3n_de_Tabasco_de_2007#cite_note-8 [Consultada en abril, 2008]