

Mapas de riesgo y protección de cauces para evitar inundaciones en el río Coatán en Tapachula, Chiapas

MARTÍN D. MUNDO MOLINA

Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Boulevard Belisario Domínguez km 1081, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

ic_ingenieros@yahoo.com.mx

(figuras 3 y 4).

RESUMEN

En este artículo se presenta la simulación hidráulica del río Coatán, ubicado en el municipio de Tapachula, Chiapas, en el sureste de México, los mapas de las zonas de riesgo para diferentes caudales y una propuesta para proteger las márgenes del río mediante la siembra de bambú (*Guadua Angustifolia*), a doble fila, para resguardar no sólo las márgenes y conservar la trayectoria del cauce, sino también a los cientos de personas que viven en el margen a lo largo de casi 12.5 kilómetros de río.

INTRODUCCION

Los procesos de deforestación natural y antropogénicos están provocando la pérdida de grandes superficies boscosas en la zona alta de la cuenca del río Coatán, no sólo en la parte mexicana, sino también en la guatemalteca, ya que esta cuenca es compartida por ambos países. Este proceso, aunado a la morfología de la cuenca y a las altas precipitaciones que suelen ocurrir con la presencia de tormentas tropicales o huracanes, provocan deslaves, procesos de erosión, transporte de material rocoso y sedimentos de considerable importancia, que junto a los escurrimientos, se transforman en avalanchas que provocan inundaciones en la parte baja de la cuenca, afectando principalmente a la ciudad de Tapachula, Chiapas. Estas inundaciones causan pérdidas económicas importantes, especialmente riesgosas para la población que vive en un tramo aproximado de 12.5 al margen del río. Así, cuando se produce el desbordamiento del río Coatán éste puede ampliarse transversalmente cientos de metros, rellendo las partes bajas con rocas, material granular o azolves finos. Las pérdidas económicas que las inundaciones producen en este tramo de río son cuantiosas, pero lo más severo es la pérdida de vidas humanas, en una ciudad que tiene la mayor densidad de población de las ciudades costeras del estado de Chiapas, con una población actual estimada en más de 200,000 habitantes (INEGI, 2000).

ANTECEDENTES

La zona costera del estado de Chiapas (figuras 1 y 2) ha sufrido dos de los eventos hidrometeorológicos extremos más importantes en su reciente historia, uno en septiembre de 1998, provocado por diversos meteoros que causaron graves daños a la infraestructura agrícola y de comunicaciones y otro en octubre de 2005 (Lawrence *et al.*, 2005), provocado por el huracán Stan que afectó a cientos de casas ubicadas en los márgenes del río Coatán, causando severos daños a la vías de comunicación, a la infraestructura agrícola y pérdida de vidas humanas



Fig. 1 Ubicación de Chiapas en México



Fig. 2 Zona costera y Sierra afectada por Stan



Fig.3 Tramo del río Coatán antes de Stan

En la tabla 1 se presentan algunos datos de personas damnificadas, personas muertas, puentes dañados y viviendas destruidas en toda la Sierra y costa chiapanecas.



Fig.4 Tramo del río Coatán después de Stan

Tabla 1. Daños provocados por dos eventos hidrometeorológicos extremos en la costa de Chiapas.

CONCEPTO	HURACAN MITCH, 1998	HURACAN STAN, 2005
Damnificados	29,000	92,000
Persona muertas	229	82
Puentes dañados	40	253
Viviendas	16,000	45,166

Como se puede apreciar en la tabla 1 los impactos más severos fueron ocasionados por el último meteoro con categoría de huracán ocurrido en Chiapas el “Stan”. Este huracán afecto a toda la Sierra y costa chiapaneca (ver figura 2) en donde se produjeron deslaves, arraste de árboles, rocas y sedimentos de la parte alta (Sierra) hacia las partes bajas de las cuencas que, mezclados con un caudal extraordinario causó severos daños en casi toda la planicie costera, afectando de forma severa a la ciudad de Tapachula, Chiapas.

PROBLEMÁTICA

La deforestación, la morfología de la cuenca y las precipitaciones intensas de las tormentas tropicales y huracanes son las principales causas de las inundaciones en la ciudad de Tapachula. Así, desde el punto de vista hidrológico las precipitaciones en exceso se concentran de forma rápida en la parte baja de la cuenca por dos razones: (1) Topográficas: Grandes pendientes de la zona montañosa. La zona montañosa se encuentra muy cerca de la franja costera, 30 km en su parte más ancha y 10 km en su parte más angosta. Esta topografía peculiar provoca altas velocidades del flujo, concentrando los caudales en la parte baja en un tiempo menor, (2) Hidrológicas: Los factores hidrológicos que influyen en la respuesta rápida de la cuenca del río Coatán son el número elevado de su densidad de corriente y su densidad de drenaje.

Las situaciones descritas en el párrafo anterior favorecen las inundaciones en Tapachula, Chiapas, por

tal razón en este proyecto de investigación se planteó la necesidad de determinar las zonas de máximo riesgo en las márgenes del río Coatán mediante la simulación hidráulica de dicho río y proponer alternativas estructurales y no estructurales para minimizar el impactos de las inundaciones.

MATERIALES Y METODOS

Se simuló hidráulicamente el río Coatán, con el objeto de generar manchas hidráulicas de inundación (mapas de riesgo) para diferentes períodos de retorno, asociado a diversos caudales, con el fin de analizar el alcance máximo de las mismas. Con los mapas de riesgo obtenidos se propusieron varias alternativas para minimizar el impacto de las inundaciones.

Para cumplir con el objetivo de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales: Planos topográficos de la cuenca a escala 1:250 000; Plano topográfico de la cuenca a escala 1:10 000; Trazo de poligonales y curvas de nivel (topografía); Arc View, para la construcción del TIN (triangulación); Infoworks RS, para la simulación hidráulica del río Coatán. Por otro lado, para proponer las alternativas de solución a la problemática planteada, se ejecutó la siguiente metodología: (a) Los datos topográficos a escala 1:10 000 en AutoCad [valores (x,y,z)], se transportaron al programa Arc View; (b) Se realizó la triangulación para la obtención de las secciones transversales y longitudinales del río Coatán, en Arc View; (c) Con dicha triangulación se construyó el modelo digital de elevaciones (MDE) del cauce del río; (d) Una vez construido el MDE, se crearon las secciones en el Infoworks RS; (e) Se calibró el Infoworks RS, utilizando una “n” de Manning de 0.030 y la mancha de inundación del río Huixtla del evento hidrometeorológico extremo de septiembre de 1998, (f) Con los datos obtenidos de la escorrentía histórica de la cuenca del río Coatán y del estudio hidrológico de la misma, se ejecutó el modelo de simulación hidráulica en flujo permanente; (g) Como producto de la simulación se obtuvieron los mapas de riesgo como el que se muestra en la figura. 5.

Con los mapas de riesgo obtenidos se propuso la siembra de bambú en los márgenes del río, apoyándose en las manchas hidráulicas obtenidas con el Infoworks RS (fig. 6).

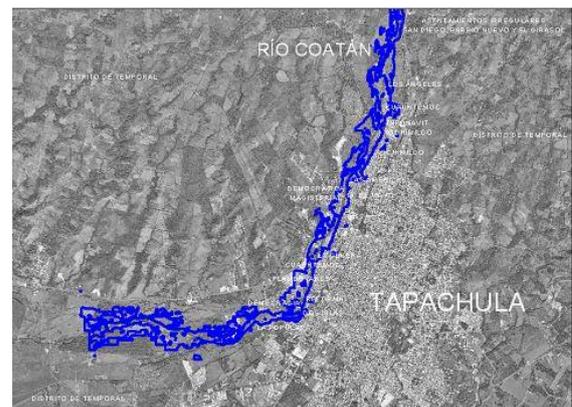


Fig. 5 Mapa de riesgo para el Tr de 100 años.

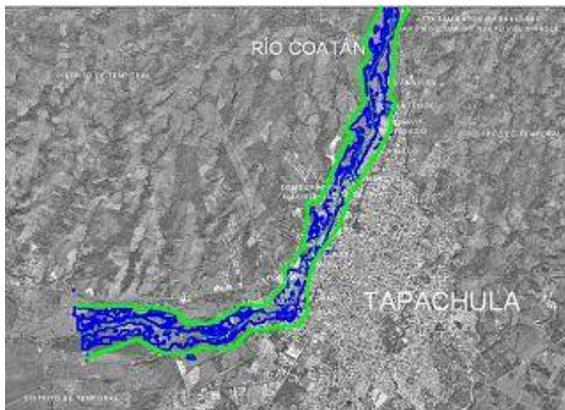


Fig. 6 Mapa de riesgo y protección con bambú a doble fila, para el Tr de 100 años.

RESULTADOS

Se obtuvieron seis mapas de riesgo para los siguientes Tr: 5, 10, 20 50, 100 y 500 años. Con los mapas de riesgo se propusieron las siguientes alternativas para minimizar el impacto de las inundaciones: (a) Sembrar bambú (*Bambusa Vulgaris*) en doble fila, desde el Puente Malpaso (10 km aproximadamente, aguas arriba del acceso de la ciudad) hasta el Puente de la Planta Trituradora (en las afueras de Tapachula), (b) Reubicar a la población asentada en las zonas vulnerables. Se considera zona vulnerable aquella que tiene un mapa de riesgo (mancha hidráulica) asociada a un Tr de cinco años. La población asentada dentro de los mapas de riesgo están expuestas a las inundaciones a partir de caudales que van desde 563 m³/s hasta 1693 m³/s (Mundo et al, 2005^a), es decir, para Tr de 5 años hasta Tr de 500 años. Por tal razón, deberán reubicarse todas las casas localizadas en dicha zona y deberá, además, evitarse la construcción de viviendas en la mancha hidráulica para un Tr de 5 años (zona federal), c) Instaurar un sistema de alertamiento temprano (SAT). El SAT deberá utilizar los mapas de riesgo generados en esta investigación (Mundo et al 2005^b), un hidrograma que permita estimar los caudales de arribo a la sección de medición, así como un sistema para medir caudales en la salida de la cuenca (estación hidrométrica automatizada o convencional).

CONCLUSIONES

1. Las simulaciones hidráulicas realizadas con Infoworks RS resultan confiables siempre que se utilice una escala topográfica del terreno de 1: 10 000 a 1: 20 000.
2. Se determinaron los mapas de riesgo.
3. Las casas habitación que se encuentran en las zonas de riesgo deberán ser reubicadas.
4. No se recomienda construir ningún tipo de bordos tanto desde el punto de vista técnico como económico en las márgenes del río Coatlán, especialmente en la zona urbana.
5. Es necesario reforestar la parte alta de la cuenca del río Coatlán, aproximadamente 9000 ha, así como impulsar un convenio con el gobierno de Guatemala que permita realizar un proyecto conjunto que mejore la situación ambiental de dicha cuenca internacional, en su parte alta.

6. Se recomienda sembrar bambú (*Guadua Angustifolia*) en doble fila, desde el Puente Malpaso (10 km aproximadamente, aguas arriba del acceso de la ciudad) hasta el Puente de la Planta Trituradora (en las afueras de la ciudad de Tapachula), (ver figura 6).

Agradecimientos Se agradece a la Universidad Autónoma de Chiapas, quien aportó los recursos económicos para financiar este proyecto.

REFERENCIAS

- INEGI.(2000).*Integración territorial del XII censo general de población y vivienda 2000*. Resultados para el estado de Chiapas. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática, México, D.F.
- Lawrence, M. B., Avila, L. A., Beven, J.L., Franklin, J.L., Pasch, R. J. & Stewart, S. R. (2005) Atlantic Hurricane Season of 2003. *Monthly Weather Review* **133**(6), 1744–1773.
- Mundo, M. Martín., Nájera, B.F., Ballinas, A.R., Altuzar, D.J., Ballinas, L.J., Cano, A.F., Serrano, Z.J., Sandoval, T.O. (2005a). *Cuenca Coatlán. Identificación y delimitación de áreas de riesgo por inundación. Propuesta y simulación de alternativas. Análisis de costo beneficio de las alternativas propuestas*. Vol. 1. Informe del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNACH para la Comisión Nacional del Agua. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Mundo, M. M., Nájera, B. F., Ballinas, A. R., Altuzar, D. J., Ballinas, L. J., Cano, A. F., Serrano, Z. J. & Sandoval, T. O. (2005b) *Sistema de alerta temprana. Cuenca Coatlán* vol. 6. Informe del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNACH para la Comisión Nacional del Agua. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.