

Introducción

Las inundaciones representan la amenaza natural más ampliamente distribuida a nivel mundial, con inundaciones por desbordamiento de ríos, estuarios y la crecida del nivel del mar durante tormentas. Tal y como ha quedado de manifiesto en las recientes inundaciones que se han registrado por el desbordamiento del río Misisipi en Estados Unidos (ver Figura I.1 paneles izquierdos) o la gran inundación del año 2007 registrada en el Estado de Tabasco, México (ver paneles derechos Figura I.1).

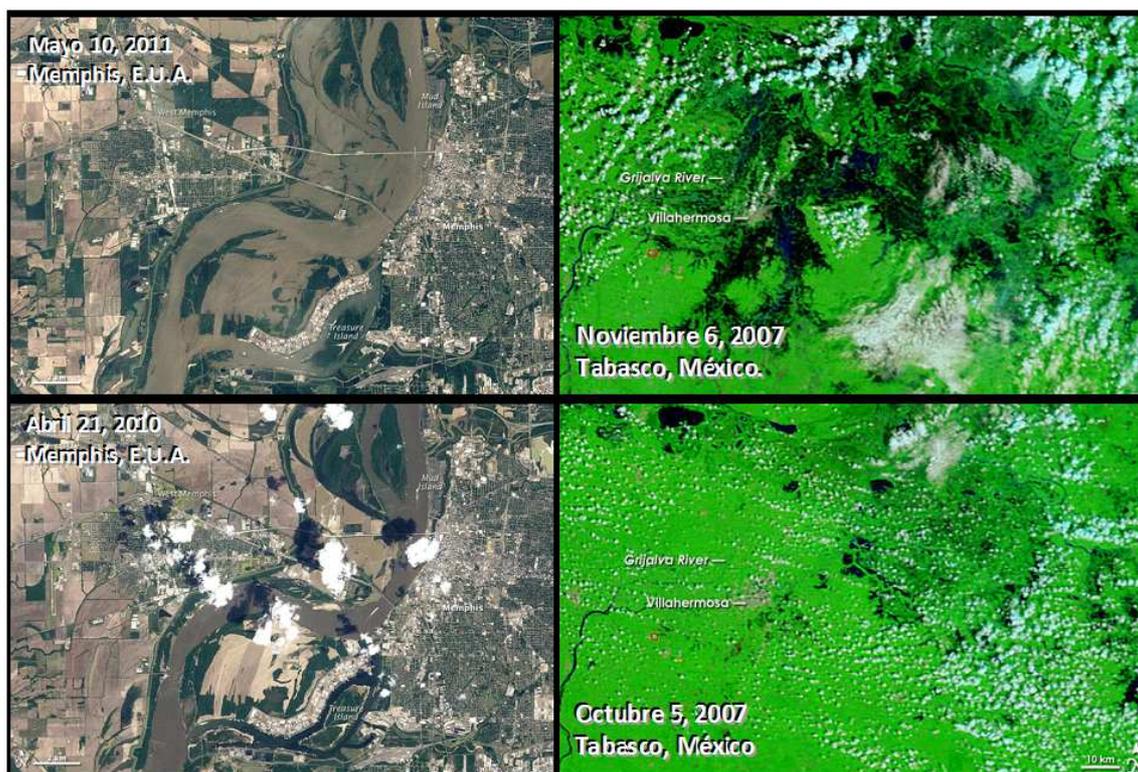


Figura I. 1 Inundación del río Misisipi en Estados Unidos (ver Figura I.1 paneles izquierdos) o la gran inundación del año 2007 registrada en el Estado de Tabasco, México (ver paneles derechos Figura I.1).

El manejo de los riesgos asociados a eventos de inundación representa un proceso compuesto por la prevención (antes del evento), las medidas de mitigación del riesgo de inundación y la capacidad de la población para reaccionar ante estos fenómenos con acciones de manejo durante y después de la incidencia del evento.

Los estudios más recientes sobre el tema, elaborados dentro del marco del proyecto europeo conocido como: Consorcio para la Investigación y el Manejo de Riesgos de Inundación (Flood Risk Management Research Consortium), señalan tres actividades principales sobre las que se tienen que abocar los esfuerzos de investigación a fin de mejorar nuestros esfuerzos de mitigación ante las inundaciones, estas son:

- Evaluación preliminar de los riesgos por inundación;
- Elaboración de mapas de inundación adecuados;
- Preparación e implementación de planes de manejo de riesgo por inundación.

En situaciones de riesgo por inundación, las autoridades locales necesitan tomar decisiones concernientes al manejo y las estrategias de evacuación que se aplicarán. Sin embargo, con el propósito de preparar planes de evacuación, o de evaluar el daño potencial de una forma adecuada, se requiere información sobre los patrones de inundación, incluyendo elevaciones del agua, velocidades de flujo y el tiempo en el que ésta se genera. Dado el avance en el desarrollo de tecnológico de las computadoras, una fuente de información que cobra mayor relevancia es la del uso de modelos numéricos de inundación.

El resultado de este tipo de herramientas es necesario para la planeación en el largo plazo, ya que ésta actividad forma parte del desarrollo de una política sustentable para el manejo de riesgos de inundación y las medidas de mitigación. En particular, permite a los tomadores de decisiones la exploración de estrategias, la selección de objetivos y la determinación de ideas innovadoras para la solución de estos problemas. Estos modelos numéricos representan un elemento esencial en el desarrollo de un marco de trabajo adecuado para la planeación en el largo plazo del manejo de riesgos de inundación.

En nuestro país el uso de este tipo de herramientas es de recién aplicación, tal y como se ha visto en el desarrollo de los trabajos del proyecto “Plan Hídrico Integral de Tabasco”, donde resultados de modelos bidimensionales permitieron la evaluación de posibles consecuencias de la derivación del exceso de agua hacia la zona lagunar del estado (Pedrozo-Acuña et al. 2009; 2010a; 2010b).

Tal y como se verá en el presente trabajo, existen una gran variedad de modelos para la determinación de la inundación en una llanura o zona baja. La selección del modelo depende de la escala del problema, los recursos computacionales a la mano y las necesidades de cada usuario. Sin embargo, cabe hacer notar que incluso los modelos más sofisticados sólo serán tan buenos como las fuentes de información disponible para su parametrización, calibración y validación.

En todos los casos los modelos requieren de un proceso de calibración, esto permite su aplicación para un caso en particular respecto al cauce y el evento que se desea modelar. La calibración se realiza de tal suerte que se identifiquen valores apropiados (“reales”) para los parámetros del modelo (ej. rugosidad) de tal suerte que este sea capaz de reproducir un conjunto de datos observados. El proceso de estimación de los valores para estos parámetros está asociado a una fuente de errores inherentes al proceso de modelado de inundaciones, lo que proyecta una sombra de duda sobre la certidumbre de los parámetros calibrados (Aronica et al., 1998; Horrit, 2000; Bates et al., 2000; 2003).

Estos errores se deben principalmente a lo inadecuado de los datos utilizados para representar cauces totalmente heterogéneos (ej. la integridad geométrica de la topografía de la llanura de inundación y los flujos en las fronteras), extendiéndose a las observaciones contra las que el modelo se compara durante la calibración y a la aproximación numérica utilizada para la solución discreta de las ecuaciones de flujo.

Para que una simulación numérica represente un sistema natural de una forma más apegada a la realidad, es necesario reducir estas incertidumbres. Así, durante la generación de resultados numéricos, surgen preguntas naturales posteriores al uso de estos modelos como: ¿Es cierto nuestro resultado?, ¿Cómo saber si el número limitado de variables utilizadas es suficiente para hacer más certeros los resultados obtenidos?

Una forma de compensar estas incertidumbres en las herramientas numéricas ha sido señalada por diversos autores en la forma de un análisis de sensibilidad de los parámetros utilizados (Romanowicz y Beven, 2003; Reeve et al. 2010).

El caso de estudio seleccionado es el del río Tonalá, que representa la frontera natural entre los estados de Tabasco y Veracruz. La selección de este sistema se hizo dado que en el que en el 2009, este río registró una inundación de consideración.

El objetivo general de este trabajo consiste en aplicar modelos matemáticos y otras herramientas de análisis que permitan la valoración de las incertidumbres asociadas a la generación de mapas de inundación necesarios en el planteamiento de estrategias de mitigación.

El estudio prevé la evaluación de diferentes mallas de modelación y rugosidades en la llanura de inundación del río, a fin de determinar el efecto de estos parámetros en los resultados concernientes a las zonas afectadas.

Objetivos

A partir de lo anterior se plantean los objetivos específicos siguientes:

- Utilizar los resultados de modelos de flujo en llanuras de inundación para la evaluar la incertidumbre en la determinación de la extensión de un área inundada asociada a una avenida dada.
- Evaluar escenarios de operación con diferentes mallas de simulación y rugosidades en la llanura de inundación.
- Mejorar el estado del conocimiento de los procesos involucrados en la inundación costera del Estado.

Lo anterior, permitirá obtener una solución integral al problema de inundaciones en Tabasco, evitando así la transferencia de problemas de la parte alta de la cuenca a la parte baja, donde se encuentran estos sistemas.

Para cumplir con estos objetivos se utiliza la metodología empleada por el equipo de Procesos Costeros del PHIT que comprende la utilización de datos provenientes de una campaña de campo intensa (realizada en Septiembre de 2010) junto con la puesta a punto y validación de un modelo hidrodinámico bidimensional (Pedrozo-Acuña et al. 2009; 2010). De tal forma, que una vez validada la herramienta numérica, se puedan generar escenarios extremos de operación que permitirán predecir las zonas inundables dentro del área de estudio.

El trabajo está integrado por cinco capítulos los cuales han sido estructurados de la siguiente forma:

Capítulo 1. Manejo del riesgo por inundaciones

Presenta los aspectos generales para la comprensión del problema de manejo de riesgo por inundación. Así mismo, se incluye una revisión histórica de cómo el ser humano han sobrellevado y manejado los distintos riesgos naturales, también se introducen los conceptos básicos necesarios para la mitigación y control ante estos fenómenos y por último, se hace una descripción del concepto de incertidumbre y su importancia en la generación de resultados de inundaciones fluviales.

Capítulo 2. Modelado numérico de inundaciones fluviales

Se describen los diferentes tipos de modelos existentes, la importancia de la estimación del área de inundación así como las consideraciones para su correcto desempeño.

Capítulo 3. Campaña de Campo

Se describen las actividades realizadas durante la campaña de campo (Septiembre de 2010) y los datos relevantes para el estudio hidrodinámico de la desembocadura del río Tonalá. Entre las mediciones principales se encuentran la batimetría del sistema y el aforo de caudales en los cuerpos principales del Tonalá.

Capítulo 4. Modelo Hidrodinámico en dos dimensiones

Se introduce el marco teórico sobre el que se fundamenta el modelo hidrodinámico en dos dimensiones y se presenta su puesta a punto y validación con los datos recabados en la campaña de campo.

Capítulo 5. Análisis de Resultados

Se detallan los resultados de la simulación numérica bajo diferentes escenarios tomando en cuenta diferentes resoluciones de malla así como diferentes coeficientes de rugosidad dentro y fuera del cauce. Se cuantifica el área inundada obtenida para cada uno y se discuten las diferencias observadas en los resultados.