

# Predicción y aviso de crecidas en Bangladesh

por Md. Sazzad Hossain<sup>1</sup>

Bangladesh se encuentra corriente abajo de tres grandes cuencas fluviales: las cuencas de los ríos Ganges, Brahmaputra y Meghna. El área total de captación de estas cuencas es de 1,72 millones de km<sup>2</sup>, con casi el 93% de aquella situada fuera de los territorios de Bangladesh, en Bhután, China, India y Nepal. La topografía, localización y caudal de cada una de estas tres cuencas conforman el ciclo hidrológico anual del país.

En el transcurso de un año, Bangladesh experimenta períodos extremos de disponibilidad de agua: demasiada y muy poca agua. La precipitación del monzón de junio a septiembre es la principal fuente de agua, y fuera de esta temporada, denominada el "período seco", el país tiene menos agua disponible. Las fuertes lluvias durante el período del monzón son la principal causa de las inundaciones; algo que ocurre casi todos los años, con una crecida devastadora cada 5 a 8 años (Flood Forecasting and Warning Centre, 2004). Estas inundaciones causan graves daños a la agricultura y la infraestructura, y la pérdida de vidas humanas.

Bangladesh ha puesto en marcha proyectos para el control de crecidas y el drenaje desde la década de 1960, aunque las medidas estructurales por sí solas no pueden proteger totalmente de las inundaciones ni a las personas ni a la infraestructura. En un país como Bangladesh el control completo de las crecidas no es posible ni factible. Con esta premisa, Bangladesh comenzó a desarrollar sistemas de predicción y aviso de crecidas (medidas no estructurales) para la gestión de las inundaciones (Bhuiyan, 2006). Los fines eran habilitar y persuadir a personas, comunidades, agencias y organizaciones para que estén preparados frente a las crecidas, y tomar medidas para aumentar la seguridad y reducir los daños. El objetivo era alertar a la población en la víspera de un episodio de crecida.

## Desarrollo de servicios de predicción de crecidas

El Consejo para el Desarrollo del Agua de Bangladesh (el Consejo) es responsable de la gestión de las crecidas a través de medidas estructurales y no estructurales. También proporciona servicios hidrológicos en Bangladesh. Como parte de las medidas no estructurales, el Consejo ha estado ofreciendo servicios de predicción y aviso de crecidas a través de su Centro de Predicción y Aviso de Crecidas (el Centro), creado en 1972. Desde entonces, el desarrollo de los servicios de predicción y aviso de crecidas ha progresado escalonadamente, pudiéndose dividir en tres etapas.

**Etapas inicial (1972-1988).** Inicialmente, se utilizaron 11 puntos de medición con fines de vigilancia y predicción de crecidas en tiempo real. En esta primera fase, se usaron métodos de correlación estadística punto a punto y de Muskingum-Cunge para predecir los niveles del agua. En 1981, la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ofrecieron asistencia técnica para la informatización de la base de datos hidrológica. También se desarrollaron programas informáticos para llevar a cabo tareas que previamente se realizaban manualmente. Durante las devastadoras inundaciones de 1987 y 1988, las predicciones de crecidas de los principales sistemas fluviales demostraron ser bastante exactas.

**Segunda etapa (1989-1999).** Después de las inundaciones de 1987 y 1988, se lanzó una iniciativa para desarrollar un sistema de pronóstico de crecidas basado en un modelo numérico. La OMM involucró al Instituto Hidráulico Danés para crear un modelo de pronóstico de crecidas para Bangladesh. Entre 1989 y 1991, el modelo nacional de predicción de crecidas se desarrolló utilizando un sistema de modelización MIKE 11. A partir de 1991, se llevaron a cabo esfuerzos adicionales en la predicción determinista de las crecidas, lo que dio lugar a que los plazos de pronóstico se aumentaran a 48 horas. El número de estaciones de predicción en tiempo real se elevó a 16. De 1995 a 1999, el modelo de predicción de crecidas se actualizó aún más para mejorar la exactitud de su pronóstico, de conformidad con el Plan de acción de crecidas de Bangladesh. Se agregó

<sup>1</sup> Ingeniero ejecutivo, Centro de Predicción y Aviso de Crecidas (Bangladesh)

un módulo de un sistema de información geográfica (SIG) al modelo de predicción de crecidas, y el número de estaciones utilizadas para respaldar el modelo de pronósticos aumentó de 16 a 30.

Una vez más, Bangladesh experimentó graves inundaciones en 1998, para las que los servicios de predicción y aviso de crecidas ofrecieron resultados productivos y satisfactorios. Un análisis interno de las inundaciones de 1998 concluyó que los servicios de predicción y aviso de crecidas deberían extenderse a todas las áreas del país propensas a sufrir inundaciones. Además, se hizo muy evidente la necesidad de difundir la información sobre crecidas a las comunidades vulnerables.

**Tercera etapa (2000 hasta la fecha).** Se aprendieron muchas lecciones de las inundaciones de 1998. En primer lugar, la población de las comunidades vulnerables necesita información sobre las crecidas con más tiempo de antelación. Además, desea saber cuándo se inundarán sus viviendas y por cuánto tiempo, lo que puso de relieve que las personas estaban exigiendo predicciones de crecidas específicas de la zona. Aún más, los gestores sobre el terreno en materia de desastres relacionados con las crecidas y el agua también expresaron su deseo de recibir información oportuna sobre pronósticos de crecidas. En esta tercera etapa, el Centro recibió apoyo para mejorar la exactitud y aumentar el tiempo de anticipación de las predicciones de crecidas, para ampliar la provisión de servicios de pronóstico de crecidas a todas las áreas del país propensas a sufrir inundaciones, para mejorar la difusión de información sobre crecidas a nivel de las comunidades vulnerables y para construir una institución sostenible.

Los esfuerzos del Centro se centraron en mejorar el tiempo de anticipación. Comenzó a utilizar las predicciones por conjuntos de la precipitación del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo para ofrecer pronósticos de crecidas a plazo medio. Desde 2004, el Centro de Predicción y Aviso de Crecidas ha proporcionado predicciones deterministas de crecidas a 3 días y predicciones probabilísticas de plazo medio a 10 días. El Centro también comenzó a desarrollar su modelo de cuenca en 2012.

## Desarrollo del modelo de cuenca

El concepto del modelo de cuenca se introdujo en el marco de la Fase II del Programa Amplio de Gestión de Desastres para aumentar el plazo de antelación de la predicción. Como Bangladesh se encuentra aguas abajo de tres grandes cuencas hidrográficas, se necesitaba un modelo integrado de cuenca para aumentar de manera efectiva el plazo de antelación de la predicción para Bangladesh. Para ello, se usaron fundamentalmente los avances que se han realizado

en la modelización numérica del tiempo y la predicción por conjuntos.

El Centro utiliza el modelo Weather Research Forecast (WRF) para predecir la precipitación. En la figura 1 se muestra una salida típica del WRF sobre la región y las tres cuencas. El modelo de cuenca, que actualmente se usa con fines de predicción de crecidas en Bangladesh, utiliza la precipitación cuantitativa del WRF para establecer un pronóstico determinista de crecidas con un plazo de antelación extendido de 3 a 5 días.

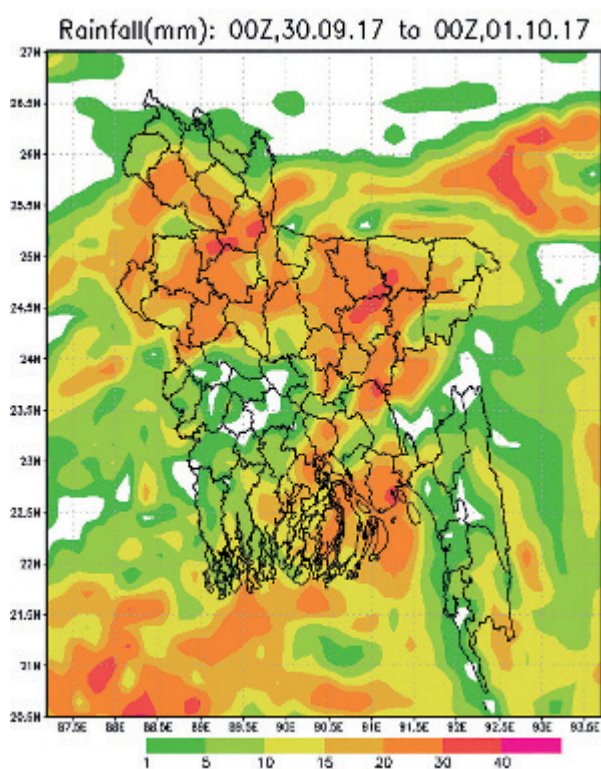


Figura 1. Predicción de la precipitación según el modelo WRF

Fuente: Departamento Meteorológico de Bangladesh (Bangladesh)

## Actividades de predicción y aviso de crecidas

Las actividades de predicción y aviso de crecidas en Bangladesh se llevan a cabo todos los años, de abril a octubre. En este período, la división de mediciones hidrológicas sobre el terreno trabaja estrechamente con el centro de predicción de crecidas para ofrecer datos observados. Durante este período el Centro permanece abierto las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

## Recopilación y transmisión de datos

En la actualidad, la división de hidrología del Consejo cuenta con una extensa red de 60 pluviómetros y 90 estaciones hidrológicas donde se mide el nivel del agua, el caudal, los sedimentos o la calidad del agua. El diseño de la red refleja la necesidad de obtener datos sobre el terreno de acuerdo con los requisitos del modelo de predicción de crecidas que, en la operatividad cotidiana, se refieren a datos en tiempo real del nivel del agua y de la precipitación. Los lectores de nivel del agua de las 90 estaciones envían datos al Centro dos veces al día y estos se recopilan, por lo general, de 6 de la mañana a 6 de la tarde a intervalos de 3 horas todos los días. Los registros de precipitación de los 60 pluviómetros repartidos por todo el país están disponibles para períodos de 24 horas.

Ahora los datos se transmiten desde el campo usando un sistema de mensajería móvil SMS (figura 2). Antes de este desarrollo, los datos hidrológicos se transmitían oralmente utilizando teléfonos fijos. El Consejo hizo una prueba con la recolección automática de datos de nivel del agua utilizando un sensor radar de nivel como parte de otro proyecto<sup>2</sup>.

2 El proyecto HKH-HYCOS, véase <http://www.icimod.org/?q=264>

## Funcionamiento del modelo de predicción de crecidas

El modelo de cuenca para la predicción de crecidas se basa en el sistema de modelización hidrodinámica MIKE 11 del Instituto Hidráulico Danés. El núcleo computacional del sistema de predicción hidrológica es el programa informático MIKE 11, que incluye dos componentes de modelización: i) un modelo hidrodinámico y ii) un modelo hidrológico (el modelo NAM de precipitación y escorrentía). El módulo hidrodinámico contiene un cálculo implícito de diferencias finitas de flujos inestables en los ríos basado en las ecuaciones de Saint-Venant. El modelo de predicción de crecidas se personaliza con la base de datos FloodWatch, que utiliza un SIG. El módulo SIG de MIKE también se integra con el modelo digital de elevaciones (MDE) de Bangladesh para generar un modelo de crecidas.

Los datos procesados de calidad contrastada se utilizan en el modelo para generar pronósticos deterministas a 5 días. El sistema operativo de predicción de crecidas se basa en los datos en tiempo real recibidos de las estaciones disponibles en Bangladesh, en los datos en línea relevantes recibidos de países ribereños (de acuerdo con un protocolo existente de intercambio de datos) y en los pronósticos cuantitativos de precipitación de los modelos de predicción numérica del tiempo proporcionados por el Departamento Meteorológico de Bangladesh y el Departamento Meteorológico de la India. El Centro también utiliza datos de observación de satélites para fines de predicción de crecidas.



Figura 2. Transmisión de datos a través del sistema de mensajería SMS

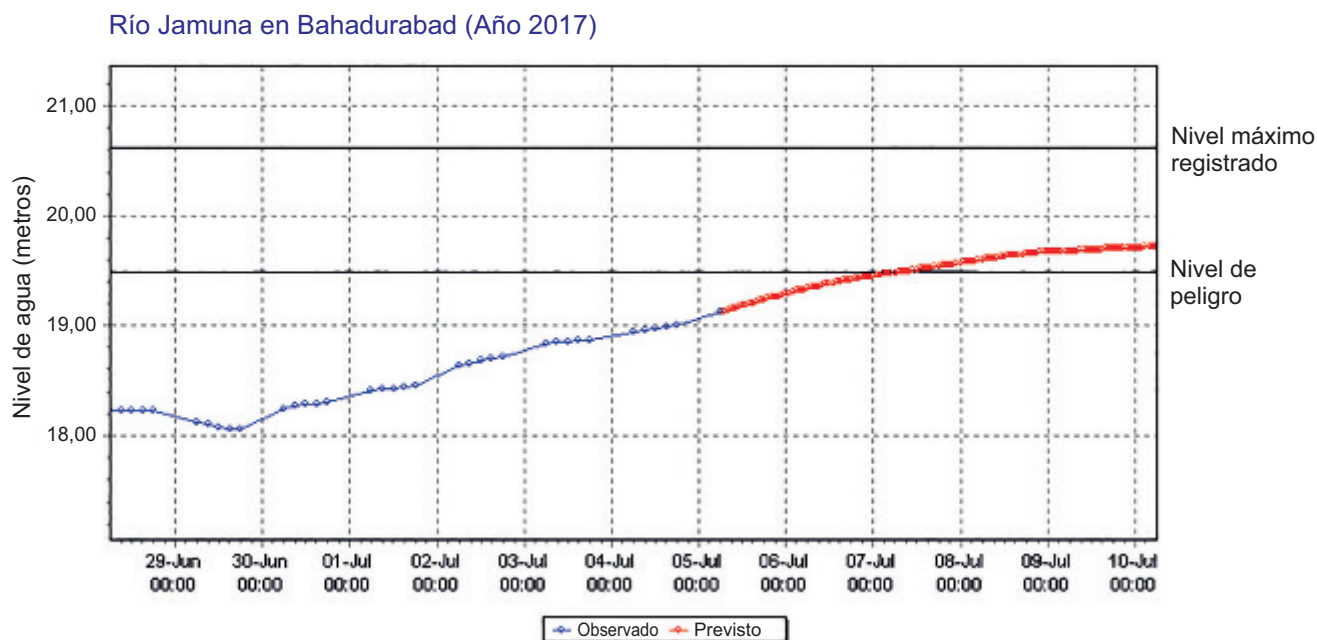


Figura 3. Hidrograma previsto a cinco días con datos observados

## Productos de predicción

- Informes diarios de situación del nivel del agua y de la precipitación
- Resumen de las condiciones de inundación (disponible tanto en bengalí como en inglés)
- Boletines de predicción para 24, 48, 72, 96 y 120 horas
- Mapa de precipitación en superficie
- Mapa de inundación por crecidas
- Respuesta de voz interactiva (mensaje móvil de voz)
- Pronósticos especiales
- Exposición a los medios

muy eficaces para combatir los efectos dañinos de las inundaciones. El Centro difunde la información de aviso de crecidas a través de medios y canales de comunicación vía Internet, fax, teléfono, mensajería móvil SMS, etc., y sube diariamente a su amigable página web la información prevista ([www.ffwc.gov.bd](http://www.ffwc.gov.bd)).

Además, el Centro también ha comenzado a difundir mensajes de aviso de crecidas utilizando un sistema interactivo de respuesta de voz. Cualquier persona en el país puede recibir un mensaje corto sobre la información actual de crecidas de los principales ríos de Bangladesh llamando al 1090. Este novedoso sistema ofrece información oportuna a una variedad de usuarios entre los que se incluyen ministerios gubernamentales, agencias, gestores de desastres, organizaciones no gubernamentales, periódicos, medios de comunicación, organismos de los gobiernos locales y ciudadanía.

## Recomendaciones

El Centro da una serie de recomendaciones basadas en su experiencia con los sistemas de alerta temprana para la predicción de crecidas. Las tres principales se describen a continuación.

**Predicción específica de área.** El Centro proporciona pronósticos de crecidas de acuerdo con unos niveles de peligro predefinidos para los principales ríos. Para mejorar la gestión de las crecidas resulta esencial ofrecer pronósticos

## Difusión de los avisos de crecida

No hay duda de que un sistema eficaz de alerta temprana puede salvar vidas y bienes. Pero los sistemas de alerta temprana también pueden ayudar a los programas de preparación frente a desastres a adoptar medidas anticipadas, tales como las operaciones de asistencia de emergencia y las evacuaciones. Las actividades de predicción y aviso de crecidas han demostrado en los últimos años ser



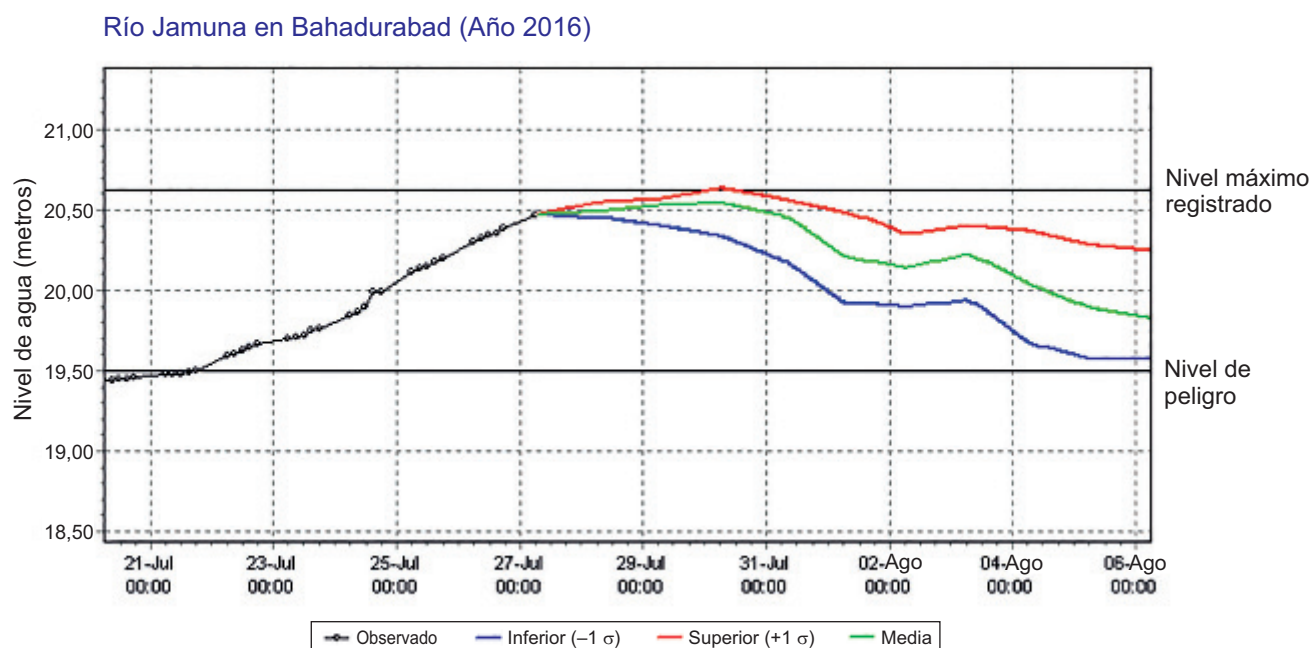


Figura 4. Hidrograma de predicción probabilística a diez días con datos observados

de las mismas basados en inundaciones en áreas específicas.

**Mapa de inundación por crecidas.** El Centro genera actualmente mapas de inundación por crecidas utilizando datos de MDE antiguos. Para aumentar la precisión de estos mapas de inundación, se recomienda utilizar MDE actualizados de alta resolución.

**Perspectivas de crecidas a largo plazo y estacionales.** Las predicciones de crecidas a largo plazo (más de 10 días) son esenciales para la planificación agrícola. Debido a la mejora en los esquemas numéricos de computación, cada vez se dispone de más pronósticos meteorológicos subestacionales a estacionales, aunque aún es necesario emprender esfuerzos para aplicar a la hidrología estos pronósticos a largo plazo. El Centro ha experimentado con predicciones meteorológicas por conjuntos para la predicción de crecidas en Bangladesh en el plazo medio (hasta 10 días). Utilizando las herramientas disponibles y los pronósticos meteorológicos a largo plazo, el Centro puede ahora desarrollar proyecciones subestacionales a estacionales de crecidas.

## Predicción de crecidas en zonas costeras

Un tercio del territorio de Bangladesh es vulnerable a las inundaciones costeras, y se espera que esto vaya a peor debido a los efectos del cambio climático. El área costera

puede experimentar inundaciones durante las mareas altas astronómicas, así como debido a los ciclones tropicales, o a ambos efectos combinados. Además, el agua de crecida de los ríos Ganges, Brahmaputra y Meghna puede verse confrontada con la intrusión de agua salada costera, agravando las inundaciones terrestres de las zonas bajas de Bangladesh.

El Proyecto de demostración de predicción de inundaciones costeras de la OMM tuvo lugar en Bangladesh entre 2011 y 2017. Anteriormente, esta parte de Bangladesh no había recibido servicios operativos de predicción de crecidas debido a la compleja interacción de los procesos de inundaciones costeras y terrestres, que incluyen las mareas de tempestad, que pueden alcanzar varios metros en la costa. Es esencial que se realicen esfuerzos adicionales para mantener y fortalecer este nuevo sistema de pronóstico de inundaciones costeras a fin de mejorar la operatividad de dichos servicios de predicción emitiendo avisos de crecida para la región costera de Bangladesh.

## Referencias

Bhuiyan, S., 2006: Flood forecasting, warning and response system. En: Options for Flood Risk and Damage Reduction in Bangladesh (K. U. Siddiqui and A. N. H. Akhtar Hossain, eds.). Dhaka, The University Press Limited.

Flood Forecasting and Warning Centre, 2004: Annual Flood Report 2004. Dhaka.