

PREDICCIÓN HIDROLÓGICA EN CHINA—LAS INUNDACIONES DE 1991

Por LU JIU-YUAN*

Algunas zonas de China tuvieron condiciones climáticas anormales en 1991. Algunas provincias y regiones como Fujian, Guangdong, Guangxi, Jiangxi y Hainan sufrieron sequías, en tanto que los temporales y las crecidas asolaron las cuencas de los ríos Yangzi (Yangtze), Huai y Songhua, así como la del lago Tai, causando graves desastres naturales.

Rasgos característicos de las condiciones del clima entre mayo y agosto de 1991

Temporales que se formaron sobre la cuenca del río Huai y sobre los cursos medio y bajo del río Yangzi y del lago Tai

El anticiclón subtropical del Pacífico occidental estaba situado en el sur, y no sólo era más fuerte sino que se desplazó hacia el norte antes de lo habitual, a mediados de mayo. En comparación con las condiciones promedio de otros años, el cinturón de altas presiones llegó más de 20 días antes a unos 300 km más al norte. Desde la última decena de mayo hasta la segunda de julio la alta subtropical osciló entre los 10°N y los 25°N, dando fuertes lluvias en las cuencas de los ríos Huai y Chu (afluente del tramo inferior del Yangzi) y en la del lago Tai. A causa de una circulación meridional de los "oestes" de las latitudes medias y altas, hubo a menudo entradas de aire frío que se mezclaron con el aire cálido sobre las cuencas de los ríos Yangzi y Huai. Las *lluvias de las ciruelas* (lluvias de finales de primavera) fueron intensas y de larga duración. Para el 13 de julio el alta subtropical del Pacífico oeste se había alejado más hacia el norte, y las *lluvias de las ciruelas* finalizaron cuando el tifón Nº 9106 entró en tierra.

Temporales en la cuenca del río Songhua

Entre junio y agosto de 1991 hubo numerosas invasiones de aire frío en la zona de los

"oestes" de latitudes medias, lo cual bloqueó el desplazamiento de las bajas sobre el norte de China y condujo a precipitaciones frecuentes. Un vórtice frío en las partes central y norte de la China septentrional y el tifón en la parte sur causaron temporales de lluvias sobre una extensa zona (ver el mapa medio de 500 hPa para cinco días, en el que la línea a trazos indica la trayectoria del tifón hacia el norte, y las flechas indican el movimiento de los flujos frío y cálido respectivamente).

Descripción de los temporales y las inundaciones

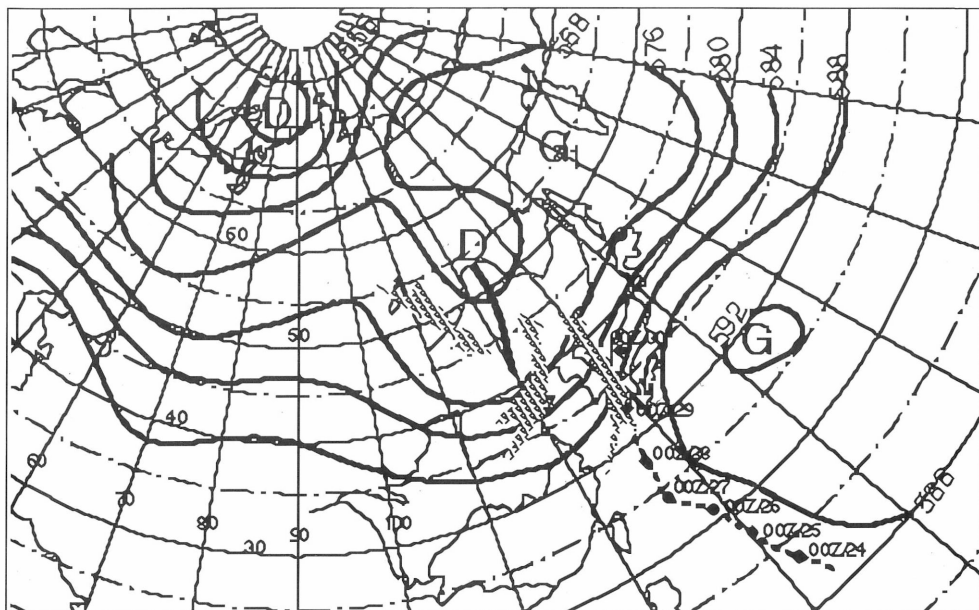
La cuenca del río Huai

La precipitación totalizó más de 800 mm en 60 días, de mediados de mayo a mediados de julio, en la cuenca de este río, e incluso superó 1 000 mm en la parte sur de la cuenca y en la zona montañosa del sur de la provincia de Anhui: esto supone de una a tres veces el promedio de precipitación en años anteriores para el mismo período. La precipitación totalizó 1 606 mm en la comarca de Jinzhai, 1 644 mm en la zona montañosa de Huangshan y 1 220 mm en la comarca de Quanshu, provincia de Anhui.

El primer período lluvioso duró del 19 al 26 de mayo, e intensas lluvias cubrieron la cuenca entera del 23 al 25 de mayo, alcanzando 213 mm en el centro del temporal. El segundo período duró del 2 al 20 de junio, con precipitación más intensa entre el 12 y el 14 de junio, y un total de 420 mm en el centro. El tercer período duró del 29 de junio al 11 de julio, con 1 118 mm registrados en una zona extensa del centro del temporal.

Del 10 de junio al 11 de julio, una zona de 84 500 km² registró más de 500 mm de lluvia; una zona de 31 600 km² registró más de 700 mm de lluvia, y una zona de 20 000 km² registró más de 800 mm.

* Director, Servicio de Hidrología, Centro de Predicción Hidrológica y Control del Agua, Ministerio de Recursos Hídricos. Beijing, China.



Mapa medio de 500 hPa de una péntada (26-31 de julio 1991) en que se aprecia el vórtice frío en las partes centro y norte del Norte de China, y sobre la parte Sur el tifón que dió lugar a extensas lluvias. La línea de trazos indica la trayectoria del tifón hacia el norte, y las flechas indican la dirección del aire frío y cálido, respectivamente.

Las primeras lluvias casi saturaron el suelo e inundaron las hondonadas del río Huai. Tras las dos últimas lluvias copiosas el río Huai se desbordó dos veces.

La primera vez, el 14 de junio, el agua llegó a 28,72 m en la estación hidrológica de Wangjiaba. Se había predicho que el agua alcanzaría un nivel máximo de 30 m, y que el pico del caudal sería de $6\,500\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, excediendo así el nivel de seguridad del cauce. El Centro Nacional de Control de Inundaciones decidió emplear los embalses de regulación, y el nivel del agua alcanzó en los tramos inferiores —según registro de la estación hidrológica de Zhengyangguan— los 29,56 m, que estaba aún por encima del nivel de seguridad del cauce.

La segunda crecida tuvo lugar en el tramo principal y en algunos afluentes del río Huai en la primera decena de julio. El agua alcanzó el 4 de julio un nivel de 28,31 m en la estación hidrológica de Wangjiaba, el nivel de desviación de crecidas. Se predijo que el nivel máximo del agua llegaría a los 29,6 m en la estación hidrológica de Wangjiaba y a 27,3 en la de Zhengyangguan, con un caudal de $10\,600\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Es evidente que era el panorama más peligroso. A fin de garantizar la seguridad de ciudades, pueblos, granjas y aldeas así como

los ferrocarriles de la cuenca, se usaron los siete embalses de regulación restantes. Aunque tras la toma de las medidas de protección el pico del caudal disminuyó el agua alcanzó un nivel de 26,51 m en la estación hidrológica de Zhengyangguan. Fue el segundo desbordamiento mayor desde que hay datos.

La cuenca del lago Tai

En la cuenca del lago Tai empezó a llover en la última decena de mayo. El promedio de lluvia fue de 550 mm durante los 40 días del 11 de junio al 20 de julio; la lluvia máxima en 60 días fue de 669 mm, y en 30 días de 502 mm. Se localizó el centro del temporal en la comarca de Jintan, provincia de Jiangsu. Tanto la intensidad como la duración fueron los más altos desde que se inició el registro. El período de retorno es de unos 80 años.

A consecuencia del temporal de lluvias, hacia el 12 de junio empezó a crecer el nivel del agua en el lago. Según la predicción, el nivel máximo del agua superaría los 5,0 m en la segunda decena de julio, causando en las ciudades y campos ribereños enormes pérdidas económicas. Para reducir los daños, las provincias y ciudades afectadas tomaron medidas para ensanchar los canales que evacuan el agua hacia el mar o los ríos, y el

nivel de las agua bajó. El aporte fue tan grande que el máximo nivel del agua fue aún de 4,79 m, el 16 de julio, que está 1,29 m por encima del nivel de alerta y 0,14 m más que el mayor registro previo.

El río Chu, afluente del tramo inferior del río Yangzi

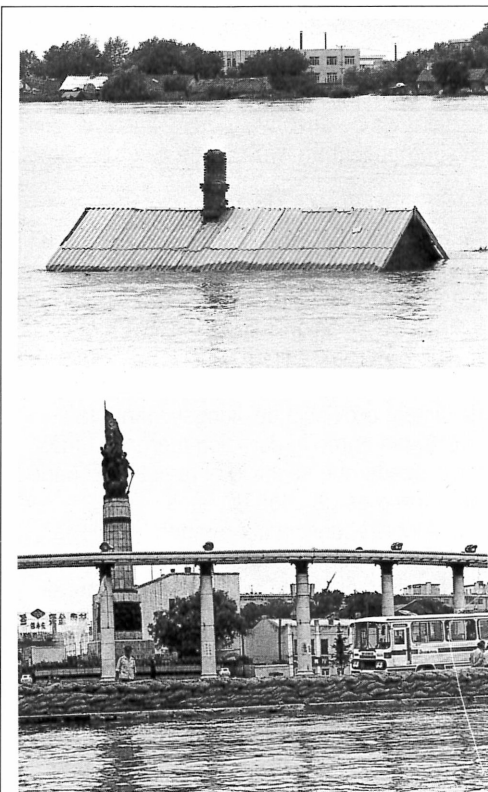
El río Chu fluye por las provincias de Anhui y Jiangsu, con una cuenca de 7740 km². En junio y julio de 1991 llovió sin parar: del 8 al 13 de junio el promedio de lluvia alcanzó los 332 mm, con 689 mm en Chizhen, centro del temporal; del 5 al 11 de julio, el promedio de lluvia alcanzó 348 mm, con 414 mm en Xianghekou, centro del temporal. El primer pico de crecida apareció el 14 de junio, en que el nivel máximo del agua fue de 12,33 m en la estación hidrológica de Xiaoqiao. Esto es 0,16 m más alto que el registro máximo anterior. Con el fin de reducir los daños en el tramo inferior y garantizar la seguridad del sistema ferroviario se tomaron algunas medidas de desviación de la crecida, incluido el uso de algunos embalses de regulación en el tramo

superior para almacenar el excedente de agua. Así se desviaron 2,3 km³, y el daño relacionado con los desbordamientos se redujo de modo efectivo.

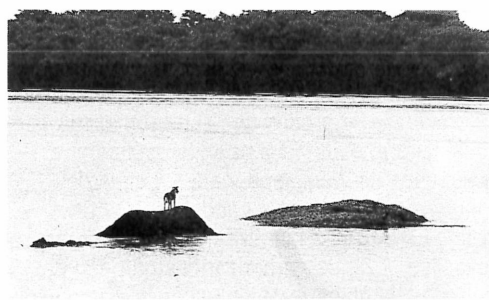
El río Wu, en el tramo superior del río Yangzi, y los tramos medios de los ríos Lishui, Bashui y Daoshui

La peor inundación de este siglo tuvo lugar en los ríos Sancha, Maotiao y Zhe, del sistema del río Wu. El caudal máximo fue de 11 000 m³s⁻¹ en la estación hidrológica de Wujiangdu. Quedaron cortadas las calles y carreteras que bordean los ríos en las ciudades de Zunyi y Guiyang y sufrieron daños tres embalses con una capacidad de menos de un millón de metros cúbicos. No obstante, gracias a la predicción hidrológica que se había realizado no se produjeron pérdidas de vidas humanas.

En cuanto a la cuenca del río Lishui, en el tramo medio del río Yangzi, en la provincia de Hunan, el promedio de lluvia del 30 de junio al 10 de julio fue de 485,2 mm, con un registro de 707 mm en el centro del temporal, en la estación hidrológica de Liangshuikou. La punta



China, mayo-agosto 1991 — Escenas de caos y destrucción causadas por algunas de las peores inundaciones que ha padecido el país



del caudal fue de $13\,100\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ en la estación hidrológica de Jinshi, el 7 de julio. El nivel del agua fue de 40,82 m en la estación hidrológica de Guishan, en el lago Dongting del Oeste, que es 0,39 m más alto que el record previo.

En la provincia de Hubei llovió intensamente en las cuencas de los ríos Bashui y Daoshui (afluentes del Yangzi), del 29 de junio al 11 de julio. Una extensión de $130\,000\text{ km}^2$ registró más de 200 mm de lluvia: se registraron 1036 mm en la comarca de Macheng; 885 mm en la de Xinzhou; 810 mm en la de Huangpuo; y 711 mm en la ciudad de Hankou. Todas estas cifras exceden los records de los últimos 200 años.

La cuenca del río Songhua

Entre junio y julio se sucedieron los temporales de modo continuo sobre la cuenca del río Nen, lo que ocasionó inundaciones del curso principal y de los afluentes. El 3 de agosto la punta del caudal en la estación hidrológica de Jiangqiao medida sobre el curso principal fue de $7\,110\text{ m}^3\text{s}^{-1}$; el 7 de agosto en la estación hidrológica de Dasu fue de $6\,380\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Del 28 al 31 de julio el temporal estuvo sobre la cuenca del río Mudan. El 31 de julio la punta del caudal fue de $9\,580\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. El primer pico de la inundación se produjo después de que el caudal entró en el río Songhua. El 2 de agosto la punta del caudal en la estación hidrológica de Jiamusi fue de $15\,500\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, lo que la convierte en la segunda mayor crecida desde 1949.

Información sobre inundaciones y predicción hidrológica para controlar las inundaciones

Recopilación de información hidrológica

Se instalaron estaciones de precipitación e hidrológicas en zonas en que hubo temporales e inundaciones en 1991. Estas estaciones suministran información sobre precipitaciones y crecidas mediante observaciones normales. En general, la mayor parte de las puntas del caudal son datos observados. Para vigilar los temporales se usaron datos de los satélites meteorológicos y datos de precipitación de los radares.

Transmisión de la información hidrológica

Hoy día, la información hidrológica se transmite por teléfono o por cable a través de

la red común de comunicaciones del departamento de correos y telecomunicaciones. Para mejorar su fiabilidad y eficacia, el Ministerio de Recursos Hídricos y los servicios provinciales correspondientes han creado una red de comunicación vía radio y un sistema de telemedida para controlar las inundaciones en cursos fluviales y zonas clave. Además, empleando una línea de comunicación por microondas, las estaciones hidrológicas pueden intercambiar información directamente con los servicios hidrológicos centrales, provinciales y comarcales: esto fue un factor determinante en la transmisión de información hidrológica sobre el curso principal del río Huai durante el período de emergencia.

Proceso de la información hidrológica

El proceso de la información hidrológica en tiempo real se hace en ordenadores VAX y PDP o en microordenadores. Para las zonas de importancia clave para el control de crecidas se han preparado varios programas de predicción, usando el modo de predicción en línea.

Predicción de crecidas y control de riadas

En la actualidad los dos métodos de predicción de crecidas más en uso en China son éstos siguientes:

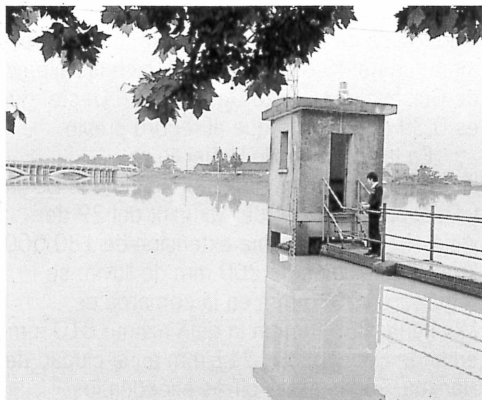
- Se establece una relación exponencial entre varios factores y se hace un esquema de predicción operativa para varias condiciones, basado en los datos de observación de tormentas y crecidas;
- Se establece un modelo matemático de predicción de crecidas en función de las características de su formación.

Por otra parte, a veces se usan métodos de síntesis en la predicción operativa, es decir que se comparan y analizan los resultados de varios procedimientos de prognosis, y se seleccionan los valores razonables. En China la experiencia ha demostrado que la precisión de la predicción es mayor del 90 por ciento.

La predicción hidrológica correcta y puntual es un requisito esencial para la gestión de crecidas. Tomando la riada del Huai en 1991 como ejemplo, el nivel del agua empezó a subir a principios de junio, y el departamento de hidrología prestó mucha atención al

desarrollo del régimen de aguas. El 13 de junio, según los datos de precipitación y de nivel de aguas, se predijo que el nivel pico del agua llegaría a 30 m en la estación hidrológica de Wangjiaba y 26,3 m en la de Zhengyangguan el 16 de junio, lo cual estaría 2,5 m por encima del nivel de seguridad del cauce. A las 08h00 del 15 de junio el centro Nacional de Inundaciones decidió verter el agua de la crecida en el embalse de Mengwa (el caudal desviado fue de $1\,680\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, y el agua almacenada $0,4\text{ km}^3$), y usar los lagos Qinjia y Jiangjia como embalses retardadores de las crecidas, lo cual disminuyó la punta de crecida en el curso principal. Durante los primeros diez días de julio tuvo lugar la segunda crecida del río Huai. De acuerdo con la predicción de la punta del nivel del agua alcanzaría para el 11 de julio 27,3 m con un caudal máximo de $10\,600\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ en la estación hidrológica de Zhengyangguan, lo cual estaría 3,5 m por encima del nivel de seguridad del cauce. Es evidente que ésta era una situación más grave que la de la primera crecida. El 7 de julio, por tanto, se desvió la crecida de nuevo hacia los embalses retardadores tales como el Mengwa y los lagos Qiuji, Jiangjia, Tangwu, Jishan y Chengxi (el caudal máximo fue de $2\,810\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y la capacidad almacenada fue de $0,5\text{ km}^3$). Las desviaciones de la crecida redujeron la punta del caudal y protegieron las orillas del río Huai, las ciudades de Bengfu y Huainan y la principal línea férrea. Los beneficios sociales y económicos fueron innumerables.

La predicción hidrológica y la información de crecida desempeñaron también un papel importante en el control de crecidas para los afluentes del río Yangzi, del lago Tai y del río Songhua. En este caso, tomando como ejemplo la crecida del río Baini, un afluente del río Wu en el tramo alto de Yangzi, el nivel de las aguas creció el 1 de julio rápidamente en la estación hidrológica de Xiangyang. A las 14h00 del 2 de julio se predijo para algunas horas una crecida catastrófica, mayor que la de 1913, que inundaría una gran central térmica y una mina de carbón en las cercanías del tramo inferior, a cinco kilómetros de distancia. La situación era extremadamente crítica y, por añadidura, se habían cortado las comunicaciones como consecuencia del temporal. Así las cosas, el personal de las estaciones hidrológicas desafió la lluvia para viajar a los dos sitios en coche. En la central



La estación hidrológica de Xiaoqiao, en la provincia de Jiangsu, China, el 10 de julio de 1991 — La inundación en su momento de máxima altura 12,36 m. 0,46 m más alta que el anterior récord

térmica el agua tuvo 4,5 m de profundidad (llegó a 6 m de profundidad en algunas zonas residenciales), y la mina de carbón se inundó a las 19h00 del 2 de julio. Afortunadamente no hubo muertos ni heridos entre los 500 mineros o las 200 familias de la población local, y se evitaron pérdidas económicas de millones de yuans gracias a la predicción correcta y oportuna.

Los temporales y riadas que asolaron a China en 1991 se caracterizaron por lluvias intensas, con distribución extensa y larga duración. Las crecidas tuvieron lugar prácticamente al mismo tiempo en las cuencas de varios ríos. A pesar de las predicciones hidrológicas y de la información sobre crecidas, que jugaron un papel vital en el control de las inundaciones los perjuicios siguieron siendo graves dadas las dimensiones y extensión de los temporales y avenidas y la falta de obras de prevención de inundaciones. China es un país en desarrollo, cuyo vasto territorio se ve a menudo asolado por inundaciones y sequías. El Estado tiene recursos financieros limitados y no es perfecto el sistema de recopilación, transmisión y proceso de datos hidrológicos. En comparación con los países desarrollados, China está atrasada en la aplicación de tecnología avanzada. Tenemos la intención de intercambiar experiencias y cooperación técnica con otros países, y contribuir a las actividades y objetivos del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN).