Las previsiones sobre las aguas de cabecera, conjuntamente con las tablas previamente facilitadas, permiten dentro de los Estados Unidos de América a una oficina de distrito o a un distribuidor local de los avisos de alarma de crecidas preparar pronósticos o advertencias de crecida respecto de puntos específicos identificados por la experiencia pasada como puntos amenazados por crecidas fulminantes. La tabla, derivada del procedimiento de pronósticos para la cuenca y del que constituye un ejemplo la impresión de teletipos reproducida en la Figura 3.10, relaciona la altura máxima del pronóstico con el índice de la previsión sobre las aguas de cabecera y la altura media de una precipitación de 3 horas sobre la cuenca. El índice de las previsiones sobre las aguas de cabecera, transmitido dos veces por semana, se define como la cantidad de lluvia en 3 horas necesaria para llenar el cauce. Una vez que se ha comunicado la existencia de lluvias copiosas puede prepararse un pronóstico sobre la altura de la superficie líquida utilizando la tabla de previsiones sobre las aguas de cabecera y publicado como tal, o redactado cualitativamente, como crecida "menor", "moderada" o "grave", lo que depende de la posición del valor de salida de la tabla.

Muchas corrientes de agua en las que pueden producirse crecidas fulminantes no están equipadas con una escala hidrométrica que permitiría un procedimiento en debida forma para los pronósticos. En tal situación podría proporcionarse algún servicio de alerta para toda la zona, mediante el empleo de una guía de crecidas fulminantes. En la mitad oriental de los Estados Unidos de América el material de guía consiste en un mapa transmitido dos veces por semana, que indica las cantidades de precipitación de 3 horas que produciría el desbordamiento de las pequeñas corrientes de agua en cualquier parte de la zona. Este mapa, que se reproduce en facsímil en la Figura 3.11, se basa en el hecho de que existe una considerable homogeneidad regional en los índices de previsiones sobre las aguas de cabecera, lo que justifica su uso generalizado. El mapa, que se transmite con regularidad por el teletipo nacional, permite a todas las oficinas meteorológicas tener acceso a los informes de pluviosidad y de radar para emitir avisos en la zona en que prestan servicios sobre el peligro local de inundaciones. Estos avisos se emiten para advertir a los que se hayan acampados y a los automovilistas de la amenaza, especialmente durante la noche, de crecidas fulminantes de pequeños cursos de agua y de la inundacion de carreteras secundarias.

Amontonamiento de témpanos

3.2.4.3 La predición de las crecidas fluviales ocasionadas por el amontonamiento de témpanos (o por oleajes tempestuosos en los estuarios de marea) no es precisamente un problema hidrológico. Ambos hechos son causados por fenómenos meteorológicos que posteriormente pueden provocar una sobrecarga en los niveles fluviales.

Los amontonamientos de témpanos se producen en general cuando los témpanos flotantes procedentes de aguas arriba entran en contacto con otros témpanos o una capa de hielo en un tramo del río. Se forman así masas mayores de hielo acumulado y causan un aflujo en los niveles de la corriente aguas arriba. La ruptura final repentina de un amontonamiento de hielo puede causar ondas de crecida aguas abajo.

La aparición, incremento y desintegración posterior del hielo es predecible a corto plazo con el empleo de un sistema de pronósticos meteorológicos sinópticos. Pero hasta ahora la probable aparición de un amontonamiento de témpanos

FLOOD ADVISORY TABLE

BLUE RIVER - BANNISTER ROAD KANSAS CITY, MO.

FLOOD STAGE IS 21.0 FEET

LAG FROM MIDDLE OF TIME PERIOD OF THE HEAVIEST RAIN TO CREST IS ABOUT 9 HOURS

STAGE FEET	DISCH. CFS	3 HOUR RAINFALL AMOUNTS (INCHES)										
14.0	3322	.6	1.0	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0
15.0	3561	.8	1.0	1.4	1.9	2.3	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1
16.0	3888	.7	1.1	1.5	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.3	4.7	5.2
17.0	4360	.7	1.2	1.6	2.1	2.5	3.0	3.5	3.9	4.4	4.8	5.4
18.0	4920	.8	1.3	1.7	2.2	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.5
19.0	5480	.9	1.3	1.8	2.3	2.8	3.2	3.8	4.2	4.7	5.2	5.7
20.0	6040	1.0	1.4	1.9	2.4	2.9	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8
FS 21.0	6600	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
22.0	7480	1.1	1.6	2.1	2.7	3.1	3.6	4.2	4.6	5.2	5.6	6.2
23.0	7960	1.2	1.7	2.2	2.8	3.2	3.7	4.3	4.7	5.3	5.8	6.3
24.0	8640	1.3	1.8	2.3	2.9	3.4	3.8	4.4	4.9	5.5	5.9	6.5
25.0	9320	1.4	1.9	2.4	3.0	3.5	4.0	4.6	5.0	5.6	6.1	6.6
26.0	10000	1.5	2.0	2.5	3.1	3.6	4.1	4.7	5.1	5.7	6.2	6.8
27.0	11180	1.6	2.1	2.6	3.3	3.8	4.3	4.9	5.3	6.0	6.4	7.0
28.0	12360	1.7	2.3	2.8	3.4	3.9	4.5	5.1	5.5	6.2	6.6	7.2
29.0	13540	1.9	2.4	3.0	3.6	4.1	4.6	5.3	5.8	6.4	6.9	7.4
30.0	14720	2.0	2.6	3.1	3.8	4.3	4.8	5.5	5.9	6.6	7.1	7.7
31.0	15900	2.2	2.7	3.4	3.9	4.5	5.0	5.7	6.1	6.8	7.3	7.9
32.0	16975	2.3	2.9	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.3	6.9	7.4	8.0
33.0	18050	2.4	3.0	3.8	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.1	7.6	8.2
34.0	19125	2.6	3.1	3.9	4.4	4.9	5.5	6.1	6.6	7.3	7.8	8.4
35.0	20200	2.7	3.3	4.0	4.5	5.1	5.6	6.3	6.8	7.4	7.9	8.5
36.0	21300	2.8	3.4	4.2	4.7	5.2	5.8	6.4	6.9	7.6	8.1	8.7
37.0	22700	3.0	3.6	4.3	4.9	5.4	6.0	6.6	7.1	7.8	8.3	8.9
38.0	24233	3.2	3.8	4.4	5.1	5.6	6.2	6.8	7.3	8.0	8.5	9.1
39.0	25975	3.4	4.0	4.6	5.3	5.8	6.4	7.1	7.6	8.2	8.8	9.4
40.0	27925	3.7	4.2	4.8	5.5	6.1	6.8	7.3	7.8	8.5	9.0	9.7
41.0	30100	3.9	4.5	5.1	5.8	6.4	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3	10.0
42.0	32500	4.2	4.8	5.4	6.1	6.7	7.2	7.9	8.5	9.1	9.7	10.3
43.0	35300	4.6	5.2	5.7	6.5	7.0	7.6	8.3	8.8	9.5	10.0	10.7
44.0	38467	4.9	5.5	6.1	6.9	7.4	8.0	8.7	9.2	9.9	10.5	11.1
45.0	42000	5.2	5.8	6.6	7.3	7.9	8.5	9.1	9.7	10.4	10.9	11.6

PEAK UNITGRAPH ORDINATE = 8300 CFS FLOOD STAGE R.O. = .80 IN.

INSTRUCTIONS

USE ALL AVAILABLE RAINFALL REPORTS ABOVE BANNISTER ROAD AND AVERAGE.

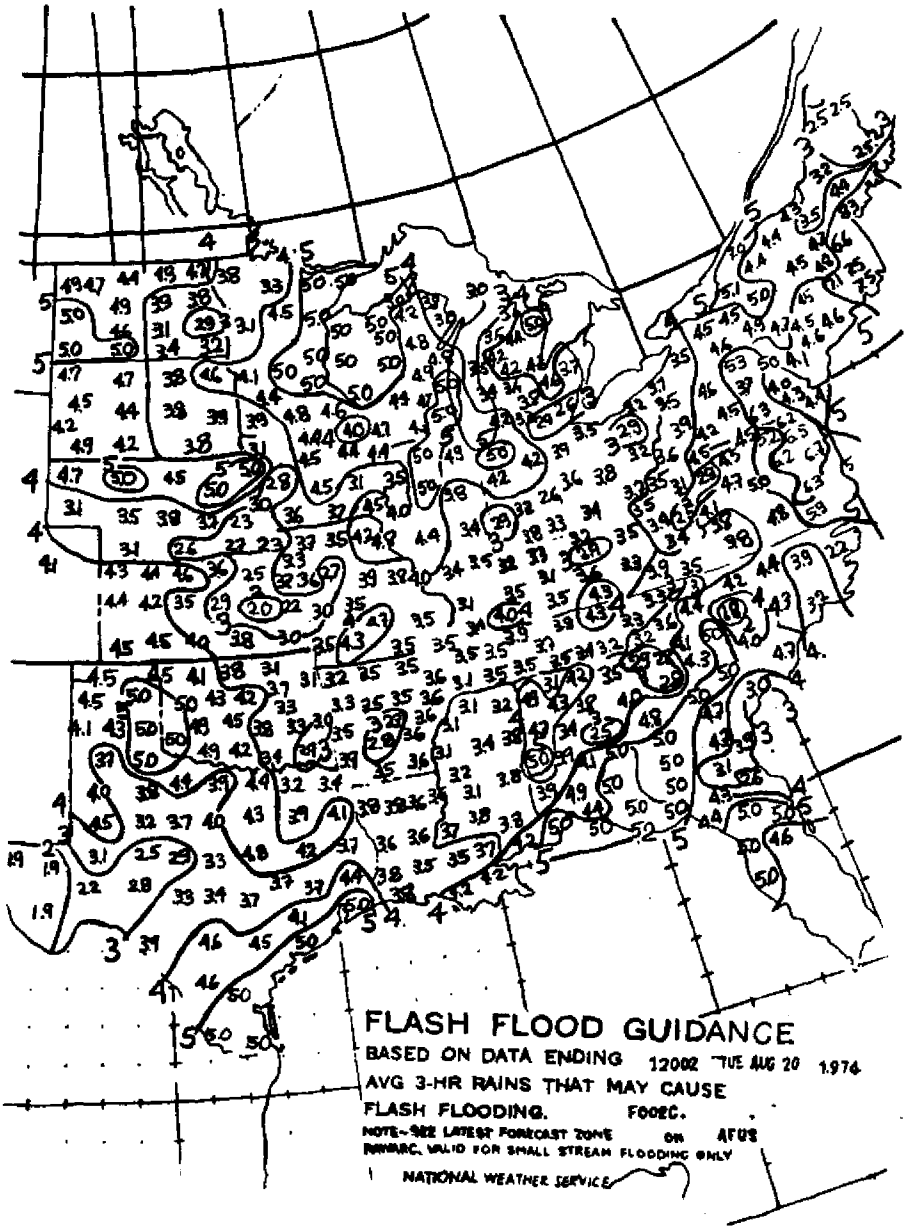
EXAMPLE...THE RFC ISSUES AN ADVISORY THAT 3.5 INCHES IS THE AMOUNT OF RAINFALL THAT WILL PRODUCE A FLOOD STAGE AT BANNISTER ROAD. THAT NIGHT AN AVERAGE OF 5.8 INCHES FALLS OVER THE BASIN ABOVE BANNISTER ROAD. ENTER THE TABLE ABOVE WITH A VALUE OF 3.5 AT FLOOD STAGE, 21.0 FEET. FOLLOW DOWN TO 5.8 AND READ OFF 31 FEET. THE LAG TIME SHOWN AT THE HEAD OF THE TABLE IS 9 HOURS, SO THE PREDICTION IS FOR A 31 FOOT FLOOD CREST 9 HOURS FROM THE MIDDLE OF THE TIME PERIOD OF THE HEAVIEST RAIN.

TO DETERMINE CREST BELOW FLOOD STAGE, REVERSE PROCEDURE.

MAXIMUM STAGE OF RECORD 44.5 8/13/61

MKC RFC OCT. 1973 MKC RDO BIG BLUE RIVER BANNISTER ROAD, KANSAS CITY, MO

Figura 3.10 - Tabla de previsión de crecidas



GUIA DE CRECIDAS FULMINANTES
basada en datos hasta el 20 de agosto de 1974
Precipitaciones medias de tres horas que podrían ocasionar crecidas fulminantes.
Valedero solamente para las crecidas de las pequeñas corrientes

Servicio Meteorológico Nacional

Figura 3.11

sólo se puede predecir en términos estadísticos. Por ejemplo, se puede predecir la formación de amontonamientos de témpanos en algunos ríos del Canadá y de las regiones septentrionales de la URSS, porque es un hecho que se producen anualmente y no porque esté determinado el proceso físico de acumulación de hielo.

La formación de una barrera de témpanos está sometida a varios factores aleatorios, lo que explica el motivo de porqué sólo pueda preverse el propio acumulamiento. Es difícil predecir su influencia cuantitativa en los niveles fluviales antes de que se produzca. Pero una vez que se ha formado, la sobrecarga hidráulica es determinada y podrían formularse pronósticos sobre los niveles de crecida. Las capas de hielo en tierra es otra posible causa del amontonamiento de témpanos.

Oleajes tempestuosos

3.2.4.4 El oleaje tempestuoso tiene como causa los fuertes vientos y reviste una especial gravedad durante los ciclones tropicales y las depresiones profundas. Se ha conseguido, con éxito razonable, la formación de modelos científicos de la sobreelevación de nivel inducida por el viento. La predición de los niveles del agua se efectúa con dos componentes: un valor, calculado con exactitud, del nivel de marea astronómica, al que se superpone un valor, estimado con menos precisión, de la sobreelevación del nivel o del viento. Este último valor estimado se extrapola normalmente en el tiempo, sobre la base de los niveles observados corrientemente que exceden el nivel de marea astronómica, juntamente con las estimaciones proyectadas de la fuerza del viento, obtenidas de los servicios meteorológicos. Cuando ambos factores se combinan y las estimaciones resultantes muestran condiciones críticas de crecidas, los pronósticos se emiten como avisos de alarma (Fig. 3.12). En los Países Bajos, estos pronósticos se emiten por lo menos 15 horas antes de que se produzcan los altos niveles de agua previstos. (En el volumen "Aspectos meteorológicos" se esbozan los problemas inherentes a la eroción costera).

Funcionamiento del control estructural

3.2.4.5 Se ha hecho ya referencia a la interacción entre el diseño de las estructuras de control de crecidas y las características de los hidrógrafos de crecidas (página 30). El diseño y funcionamiento de las estructuras de control de crecidas dependen en muy gran medida de los aspectos operacionales de los sistemas de alerta y de la capacidad para predecir con exactitud las crecidas y sus hidrógrafos correspondientes. Las reglas de funcionamiento del control se establecen de modo que se adapten a las condiciones predeterminadas del caudal afluente de crecida en un embalse o tramo fluvial y se prevé en ellas un margen suficiente para compensar los errores probables en el pronóstico y para permitir la intervención del personal experimentado. Estas reglas afectarán en general sólo a los tramos fluviales aguas abajo, pero pueden relacionarse también con el mantenimiento de niveles de agua en condiciones de seguridad aguas arriba del control, como ocurre por ejemplo en el control del lago Burley Griffin, que es un lago artificial situado en el corazón de Camberra. El control del caudal de desagüe de este lago supone una interesante labor respecto de los problemas combinados del pronóstico del caudal afluente, las consecuencias hidráulicas de los oleajes en los lagos y la acentuación de los caudales máximos que salen del embalse para verterse en la corriente fluvial aguas abajo.

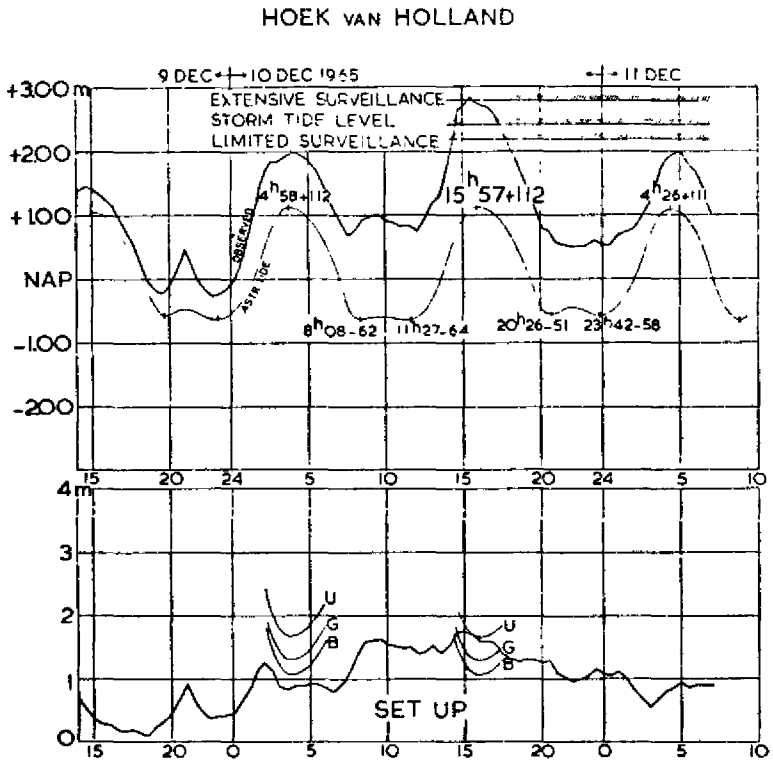


Figura 3.12 - Registro cronológico de la marea astronómica normal, la curva de sobreelevación inducida por el viento y el nivel resultante observado del mar.

Pronóstico del oleaje de marea en los Países Bajos.

MONITORAJE DE DATOS

3.3 La capacidad para predecir los caudales de crecida fluvial con exactitud suficiente depende primordialmente de que haya un cierto número de datos hidrométricos de fácil acceso y adecuados. El tipo de los datos que se precisan dependen del método de pronóstico utilizado. Los métodos de datos de base fluvial exigen principalmente información sobre los niveles y caudales fluviales. Las técnicas de pluviosidad-escorrentía requieren a la vez información de base fluvial e hidrometecrológica; en tales casos los datos fluviales se necesitan sobre todo para desarrollar el procedimiento de pronóstico. El pronóstico de la pluviosidad en forma cuantitativa para adelantar el momento de las predicciones fluviales tiene todavía en su mayor parte carácter experimental y no es suficientemente preciso; esto constituye un importante eslabón perdido entre el pronóstico meteorológico y el pronóstico hidrológico (página 52). Cuando resulte factible en una escala suficientemente general, la predicción de los hechos de crecida fluvial inducida por la lluvia exigirá una variedad aún mayor de información. En general, aunque esto depende también de las dimensiones del área de captación de aguas y de su respuesta a los fenómenos hidrometeorológicos, cuanta mayor antelación se requiera para predecir la crecida fluvial antes de que se produzca, más numerosas y completas serán las necesidades de datos. La fusión de nieve, la sobreelevación del nivel por el viento y otras causas de las crecidas fluviales exigen un tipo propio de datos, para que llegue a formularse el pronóstico.

Al establecer un servicio de alerta de crecidas plenamente integrado, los hidrólogos procurarán utilizar el método más sencillo posible sin menoscabar la exactitud de la predicción en forma considerable. Pero la sencillez del método y su exactitud no siempre están en relación directa. La exactitud depende en gran parte de la distribución temporal y espacial de los fenómenos hidrometeorológicos y de los métodos para su medición.

Detección y medición de datos

3.3.1 Se han desarrollado muchas técnicas hidrométricas para medir los diversos fenómenos hidrológicos y meteorológicos correspondientes a una crecida fluvial.

Nivel del agua

3.3.1.1 Las estaciones de aforo normales para medir las elevaciones relativas de la superficie del agua incluyen limnímetros calibrados, aforadores de flotadores, aforadores de burbujas y aforadores ultrasónicos. Se han construido estaciones de aforo especiales para detectar las condiciones de crecida, como la estación de aforo Telemark, que registra los niveles máximos y los limnímetros con colores distintos desarrollados en el Japón para una identificación sin posibilidad de error del nivel en condiciones desfavorables (Fig. 3.13). En esta ilustración se muestran también aforadores de varillas de conexión, que son simplemente tubos huecos, dentro de los cuales hay varias varillas de conexión montadas en línea vertical a pequeños intervalos de altura. El nivel del agua de indicación positiva respecto de las condiciones de crecida queda indicado por el número de conexiones en las varillas causadas por su inundación. También se utilizan indicadores de nivel en aguas con mareas y sin mareas. En los ríos, la conversión del nivel del agua comprobado (o altura de la superficie líquida) en valores del caudal del río se efectúa

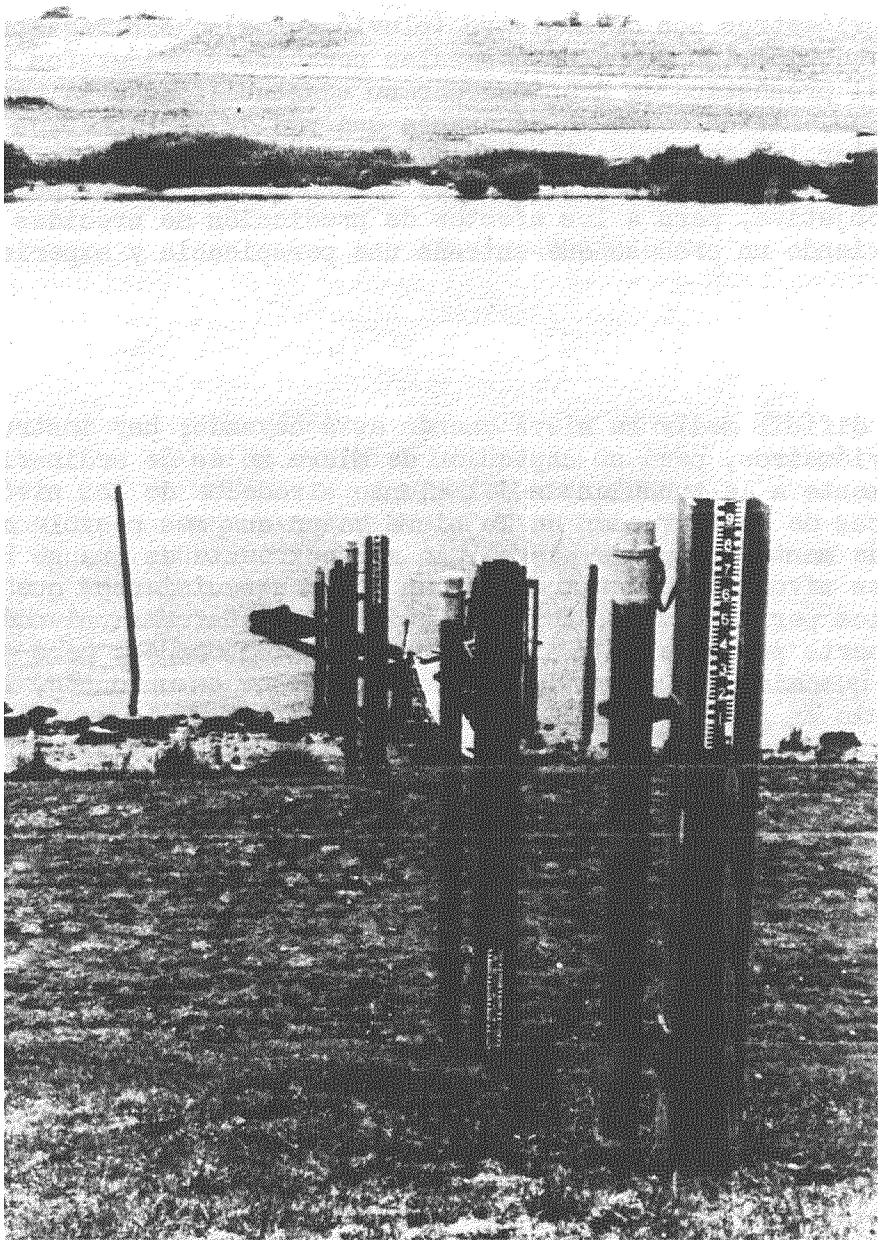


Figura 3.13 - Limnímetros con diferentes colores y aforadores de varillas de conexión, en el Japón (original en color)