

LAS INUNDACIONES EN LOS AÑOS 90, ¿SIGUE EL TEMA IGUAL?

Por Zbigniew W. KUNDZEWICZ*

¿Es el pasado la llave del futuro?

La gestión de los recursos hídricos se ha basado tradicionalmente en suponer que el clima no cambia. Tal y como lo formularon Kuusisto y otros (1994), virtualmente todos los sistemas de recursos hídricos existentes se han diseñado sobre la base del mismo axioma: el pasado es la llave del futuro. Sin embargo, algunos fenómenos hidrológicos extremos hacen que más de un experto se cuestione esa suposición de que el clima no cambia. La creciente factura a pagar por las inundaciones ha provocado en todo el mundo gran preocupación en la industria del seguro y del reaseguro.

¿Cuál es la opinión de la comunidad científica sobre si cambian o no los fenómenos hidrológicos extremados? La opinión de los expertos no es ni enérgica ni concreta, excepto en el acuerdo sobre la dificultad de estudiar el impacto del cambio del clima sobre los fenómenos hidrológicos extremados, en particular en lo concerniente a definir en qué marcos hipotéticos puede haber cambios en las situaciones que provocan las inundaciones (Beran y Arnell, 1995). No obstante, el estudio de varios casos permitió que en la revista científica del Segundo Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático (IPCC, 1996, pág. 338) se incluyera la declaración siguiente: "Existe la evidencia, a partir de los modelos climáticos, de que el número de inundaciones probablemente se incrementará con el calentamiento mundial".

Se han llevado a cabo muchos intentos de descubrir una señal del efecto invernadero en los datos hidrológicos, aunque no se ha encontrado una evidencia significativa de dicho comportamiento en los archivos de observaciones del caudal de los ríos. De hecho, ha sido difícil detectar los efectos de una señal de cambio climático en los datos de caudal, ya que un componente débil del efecto invernadero, si lo hubiera, estaría oculto por los fuertes efectos antropogénicos, tales como los cambios en el uso del

suelo y del agua.

De acuerdo con el IPCC (1996, pág. 337), la intensidad de la lluvia es "probable que se incrementa con el aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero" y la concentración de lluvia puede crecer (menor número de días de lluvia). Esto puede traducirse en afirmar que una precipitación más intensa tendería a incrementar los riesgos de escorrentía e inundaciones.

Además, el cambio climático es probable que influya en el régimen hidrológico (la distribución estacional de los procesos del caudal del río). Tanto los estudios teóricos como las pruebas empíricas concuerdan cualitativamente en una reducción en la cantidad de precipitación que cae en forma de nieve, y también en un aumento de la escorrentía invernal y una disminución de la escorrentía primaveral.

Algunos expertos han informado recientemente sobre el acortamiento local del intervalo de recurrencia de una magnitud dada de la inundación; por ejemplo, lo que solía ser una inundación de 100 años, se ha convertido casi en una de 10. Beran y Arnell (1995) han encontrado que, en condiciones similares a las de los ríos británicos, un incremento de la media de un 10% daría una inundación de 10 años, en promedio, cada siete años. Con todo, es necesario una gran cautela al generalizar estas conclusiones, ya que no hay aún pruebas claras de una tendencia general. No puede ofrecerse a los profesionales una señal clara y sin ambigüedad. De acuerdo con el IPCC (1996), "La magnitud y la cronología de la escorrentía, así como la intensidad de las inundaciones y sequías, estarán afectadas, aunque los efectos regionales específicos son inciertos".

Si los estudios sobre el cambio climático llegan a predecir un incremento significativo en la severidad de los extremos hidrológicos en un mundo más caliente, entonces las consecuencias en los diseños de las presas serían importantes. Tendrían que diseñarse volúmenes de almacenamiento mayores, a un costo más alto, para acomodar inundaciones mayores y para responder más adecuadamente a la creciente demanda de agua durante los períodos de sequía más prolongados y frecuentes. Las infraestructuras actuales no pueden garantizar el nivel adecuado de protec-

* Profesor de Ciencias de la Tierra en el Centro de Investigación para la Agricultura y el Medio Ambiente Forestal, Academia Polaca de Ciencias, Poznan, Polonia

ción y puede que sea necesario reorganizarlas.

Algunos datos de recientes inundaciones y su interpretación

En su informe sobre inundaciones publicado en 1997, la compañía Munich Reinsurance calculó estadísticas de las mayores inundaciones ocurridas en todo el mundo en los años 90 (Munich Re. 1997). En el período 1990-1996, hubo 22 desastres por inundaciones en cada una de las cuales perdieron su vida al menos 1 000 personas o en las cuales las pérdidas materiales superaron los 1 000 millones de \$ EE.UU. Se seleccionaron seis inundaciones con un total de muertos superior a las 1 000 personas, con el terrible desastre de las mareas de temporal en Bangladesh en abril de 1991 cuando, en el curso de dos días, murieron 140 000 personas. Veintiuna inundaciones causaron pérdidas totales que superaron los 1 000 millones de \$ EE.UU. cada una. Durante 1996, en China se produjeron las mayores pérdidas por inundaciones, del orden de los 26 500 millones de \$ EE.UU.

No era infrecuente que las inundaciones golpearan repetidamente el mismo país dentro de intervalos cortos de tiempo. Por ejemplo, la República Democrática Popular de Corea sufrió inundaciones desastrosas en julio y agosto de 1995 (68 muertos y pérdidas totales por valor de 15 000 millones de \$ EE.UU.) y, un año después, en 1996, una inundación que se extendió a la vecina República de Corea se cobró 67 vidas y causó pérdidas por valor de 1 700 millones de \$ EE.UU. Sólo unos pocos meses después, otra calamidad hidrológica azotó al país, una trágica y larga sequía. Es interesante hacer notar que una gran inundación (con período de retorno de 100 años) ocurrió también en el Rin (dos veces en 13 meses! En diciembre de 1993, el nivel del Rin en Colonia alcanzó los 1 063 cm, mientras, a comienzos de 1995, subió a 1 069 cm. Hay que aprender dos lecciones de estos acontecimientos:

- si ocurre una inundación de 100 años, no quiere decir que necesitaremos esperar mucho tiempo para un acontecimiento de una magnitud similar en el mismo lugar; puede suceder pronto;
- las sociedades están aprendiendo a adaptarse a los desastres: las pérdidas en las segundas inundaciones, tanto en la República Democrática Popular de Corea como en Alemania, fueron significativamente menores.

La mayoría de las inundaciones catastróficas han sido causadas por precipitaciones intensas, a veces combinadas con un ciclón tropical, un tifón o un monzón. Algunas inundaciones, incluyendo la

Inundaciones más graves en el período 1990-1996 clasificadas por el número de muertos (datos obtenidos de Munich Re. 1997)

140 000 muertos	Bangladesh	abril 1991
3 074	China	julio 1991
2 700	China	junio-agosto 1996
1 500	Pakistán	octubre 1992
1 410	China	mayo-junio 1994

Inundaciones más graves en 1990-1996 clasificadas por las pérdidas totales, en miles de millones de \$ EE.UU. (datos obtenidos de Munich Re. 1997)

26,5	China	junio-agosto 1996
16	EE.UU.	junio-agosto 1993
15	Rep. Democrática Popular de Corea	julio-agosto 1995
12,5	Italia	noviembre 1994
7,5	China	julio 1991

más desastrosa de Bangladesh de 1991, han sido ocasionadas por mareas de temporal. También la fusión de la nieve o una combinación con lluvia, han causado varias grandes inundaciones.

La figura 1 presenta las 21 inundaciones más desastrosas del período 1990-1996, ilustrando la distribución regional de las mismas (con, o bien un número de muertos > 1 000, o bien pérdidas totales > 1 000 millones de \$ EE.UU.). La mayoría (14) de estas catástrofes, en efecto, ocurrieron en Asia. Cuatro inundaciones sucedieron en América del Norte o Central y tres en Europa. Pocos países están libres de los daños por inundaciones. Incluso países situados en áreas secas, como Yemen, no han estado libres de inundaciones (véase el *Boletín de la OMM* 42 (4), 427-429 (Ed.)). En los años 90 ha habido inundaciones catastróficas también en África (Túnez, 1990; Malawi, 1991; y Egipto, 1994), en las que murieron cientos de personas y las pérdidas materiales totales se elevaron a cientos de millones de \$ de EE.UU., así como en Sudamérica (en 1993, 300 víctimas y 500 millones de \$ de EE.UU. de pérdidas).

Otra información interesante contenida en el informe de Munich Re. (1997) se refiere a la dimensión de las pérdidas aseguradas. No es inusual que una pequeña parte de las pérdidas por inundaciones estén aseguradas. El porcentaje de pérdidas cubiertas por compañías de seguros va desde sólo el 0,5% en la inundación de Piamonte, Italia, en noviembre de 1994 (de un total de pérdidas de 12 500 millones de \$ EE.UU. estaban aseguradas pérdidas por 64 millones), al 86% en la inundación del oeste de Japón en

1991 (5 200 millones de \$ EE.UU. asegurados frente a unas pérdidas totales de 6 000 millones).

La gran inundación de 1993 en los EE.UU. ha sido recordada como la inundación más devastadora en la historia moderna del país. Los registros más históricos de inundaciones en el cauce principal del Missouri se han superado en diversas estaciones de observación hasta en 122 cm. En St.Louis, en el Missouri, los anteriores registros de nivel fueron superados durante más de tres semanas completas (NWS/NOAA/US Department of Commerce, 1994). El año 1997 vio más acontecimientos catastróficos, como las inundaciones en los EE.UU. y en Europa Central (República Checa, Polonia y Alemania). Durante la última inundación en Polonia (véase la figura 2) los registros de caudal y de nivel fueron batidos rápidamente. En una localidad (Miedonia on the Odra (Oder)), el récord de caudal existente de 1 630 m³s⁻¹ fue doblado, alcanzando los 3 260 m³s⁻¹. En algunas localidades, los postes de los registradores fueron rebasados o destruidos, por lo que hubo una pérdida de datos. Las recientes inundaciones han batido récords, no sólo de pérdidas materiales totales, sino de registros de niveles, es decir, de características geofísicas más que sociales o económicas. La retórica oficial utilizada en Polonia se refiere a las recientes inundaciones como el mayor desastre natural en los 1 000 años de historia del país, y como un suceso cuya escala excede todo lo imaginable.

Aunque las sociedades del bienestar están deseando pagar un alto precio para evitar desastres poco probables, las inundaciones también golpean a los países desarrollados. La figura 3 (datos de inundaciones de la Munich Re. 1997) representa el comportamiento de la relación de pérdidas materiales (en millones de \$ EE.UU.) con el número de muertos (en pocas palabras, pérdidas materiales por muerto) como función del PNB per cápita (en \$ EE.UU.). Como era de esperar, hay un patrón general en esta relación. En las inundaciones catastróficas en los países en desarrollo, las pérdidas materiales por muerte pueden ser tan bajas como 21 000 \$ EE.UU. mientras que, para los países desarrollados, pueden alcanzar los 400 millones de \$ EE.UU. por muerte.

¿Qué puede hacerse?

Dado que es una ilusión pensar en un sistema de protección contra inundaciones que garantice una seguridad completa, se necesita un cambio de paradigma. Es necesario vivir con la preocupación por la posibilidad de inundaciones para 100 años de recurrencia y que nunca ha fallado para sucesos menores o iguales que los caudales diseñados. Supongamos, que el concepto de inundaciones con 100 años de período de recurrencia es significativo y que el sistema es estacionario. Pero, obviamente, incluso en este caso, no hay una protección completa, ya que podrán ocurrir pérdidas debido a inundaciones mayores

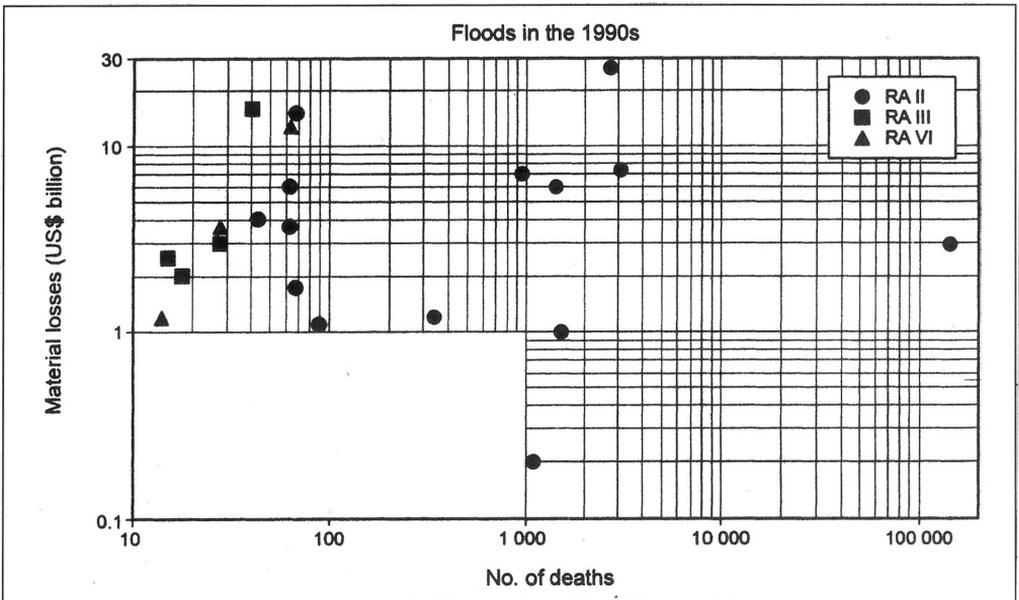


Figura 1 — Distribución regional de los daños causados por las inundaciones más desastrosas entre 1990-1996 (inundaciones con más de 1 000 muertos o con pérdidas materiales totales que sobrepasen los 1 000 millones de \$ EE.UU. (datos de la Munich Re. 1997)



Figura 2 — La inundación de 1997 en Polonia fue el tema central de las portadas de las revistas polacas durante varias semanas

de las diseñadas. Y tales sucesos ocurren a veces, como en el caso de la reciente inundación en Polonia, cuando se duplicó el récord anterior de una inundación. No parece que tenga sentido atribuir ningún período de recurrencia a estos sucesos tan raros. El hablar de una inundación con un período de retorno de 10 000 años es equívoco si sólo se disponen

de archivos históricos de datos de 50 años. Una cosa es cierta, a pesar de todo: tal caudal es más raro que uno con 100 años de período de retorno.

Es importante fomentar los avisos de riesgo y la preocupación del público por las inundaciones. Los términos: intervalo de recurrencia o período de retorno, en el sentido estadístico, son frecuentemente

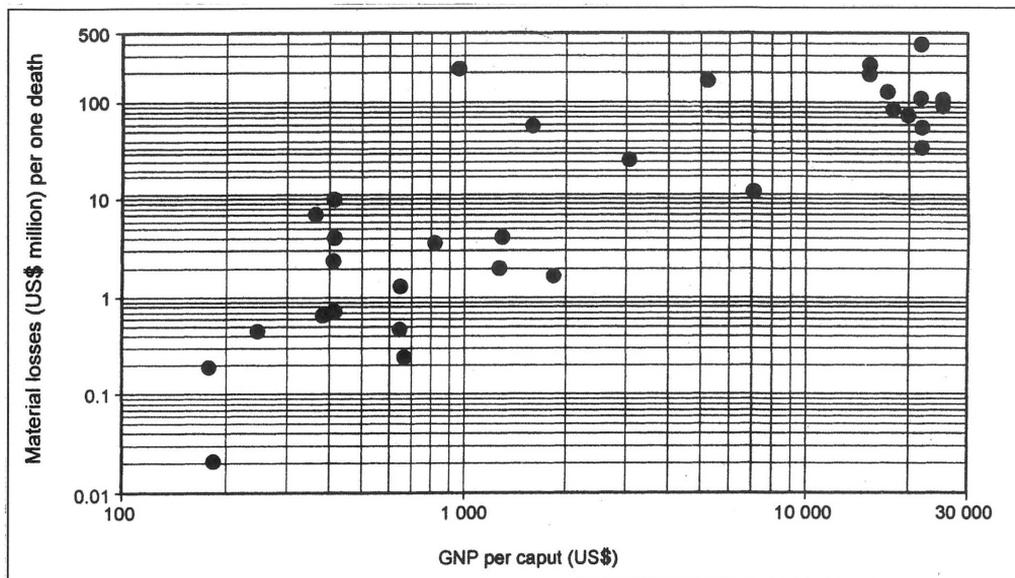


Figura 3 — Relación entre la proporción de pérdidas materiales en millones de \$ EE.UU. respecto al número de muertos (es decir, pérdidas materiales en millones de \$ EE.UU. por muerto) y el PNB per cápita en \$ EE.UU. (datos de las inundaciones tomados de la Munich Re 1997)

malinterpretados. Quizá sea más acertado hablar de la probabilidad de rebasar un caudal dado en un año. Sin embargo, una inundación de N-años es un concepto conveniente para el diseño de normas y una medida de relaciones públicas. ¿Deberían diseñarse los diques para resistir inundaciones de 100 ó 200 años de períodos de retorno?. Esta última solución sería más costosa, pero podría aún ser insuficiente en el caso de inundaciones de 300 ó 500 años.

Existe la necesidad de una protección global frente a las inundaciones antes, durante y después de éstas. El concepto aparece resumido en el recuadro de la página siguiente (basado en Kundzewick and Samuels, 1997). La mitigación de pérdidas y daños estará limitada por el eslabón más débil de la cadena detección-predicción-alerta-respuesta. Al considerar las mejoras en la gestión operativa de las inundaciones, debe buscarse un equilibrio entre estos eslabones.

Como apuntó el IPCC (1996), el efecto de un cambio en la frecuencia de caudales altos depende, no sólo de las características de la lluvia, sino además de la cuenca de recepción. Las cuencas abruptas, más pequeñas y con suelos muy impermeables son sensibles a la lluvia intensa de corta duración.

Aparte de los eventuales impactos del cambio climático, hay un aumento importante en el riesgo de inundaciones y de pérdidas debidas a la mayor presión humana. Las diversas actividades humanas que ésta incluye tienen una influencia adversa en el riesgo de inundaciones. Hay asentamientos ilegales que

surgen de la noche a la mañana en zonas peligrosas (por ejemplo, llanuras inundables). La deforestación masiva, la urbanización y la regulación de los ríos reducen la capacidad disponible de almacenamiento de agua y aceleran la frecuencia de avenidas, acortándose el tiempo entre las precipitaciones y el máximo de escorrentía del río. También contribuye a aumentar el riesgo, el que el sistema de protección frente a las inundaciones sea escaso y defectuoso.

Una parte de las grandes inundaciones están relacionadas con el mecanismo de *El Niño*/Oscilación Austral. Existe la esperanza de que pronto esté en uso operativo una predicción a largo plazo, lo que reduciría las pérdidas.

Si no hay inundaciones durante un largo período, la gente tiende a olvidar el peligro potencial. El hidrólogo canadiense Vit Klemes ideó el concepto de un ciclo hidro-ilógico. Todos conocen la expresión "ciclo hidrológico", es decir, el ciclo del agua en la naturaleza. El sentido del ciclo hidro-ilógico de Klemes es como sigue: la llegada de una gran inundación moviliza recursos económicos que eran difíciles de encontrar antes de la inundación; se inician cierto número de actividades, tales como la planificación de estructuras, construcción de sistemas de protección y trabajos de investigación; después de cierto tiempo sin inundaciones, la memoria se desvanece; los recursos económicos se cortan y los amplios programas se reducen, suspenden o abandonan; cuando vuelve a golpear una nueva inundación, actúa

Componentes de la gestión global frente a las inundaciones

(según Kundzewick y Samuels, 1997)

Preparación antes de la inundación

- Gestión del riesgo de inundación bajo la consideración de todas las causas de inundación (lluvia, nieve fundida, mareas de temporal, rotura de presas, obstrucciones por hielo, etc.)
- Construcción de infraestructuras de defensa física contra las inundaciones
- Legislación
- Control de la evolución dentro de las llanuras inundables
- Planificación y gestión del uso del suelo; comunicación y educación del público sobre la magnitud del riesgo de inundación; y medidas a tomar en una emergencia por inundación
- Ejecución de preparativos para la predicción de inundaciones y avisos de éstas
- Planes de contingencia ante desastres

Gestión operativa de las inundaciones

- Detección de la probabilidad de formación de inundaciones
- Predicción de las condiciones futuras del caudal del río a partir de observaciones hidrometeorológicas
- Avisos suministrados a las autoridades y al público sobre la magnitud, la gravedad y la duración de la inundación
- Respuesta del público y de las autoridades

Respuesta después de producirse la inundación

- Ayuda para solventar las necesidades inmediatas de los afectados
- Reconstrucción de las infraestructuras, las defensas y los edificios dañados
- Recuperación y regeneración del medio ambiente y de las actividades económicas en el área inundada
- Revisión de las actividades de gestión de inundaciones para mejorar el proceso y la planificación de sucesos futuros en el área afectada y, en general, en cualquier otro lugar.

como recordatorio y desencadena el mecanismo antes descrito. Esperemos que la humanidad aprenda la lección de las inundaciones catastróficas que han ocurrido tan a menudo en el pasado reciente.

Referencias

BERAN, M. and N. ARNELL, 1995: Climate change and hydrological disasters. In: *Hydrology of Disasters*, V.P. Singh (Ed.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

IPCC, 1996: *Climate Change 1995—Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press.

KUNDZEWICZ, Z.W. and P.G. SAMUELS, 1997: *Conclusions from the Workshop and Expert*

Meeting of RIBAMOD, Monselice, Italy, 25-26 September 1997 (para ser publicado por la Unión Europea).

KUUSISTO, E., R. LEMMELA, H. LIEBSCHER and F. NOBILIS, 1994: *Climate and water in Europe: some recent issues*, Grupo de Trabajo sobre Hidrología OMM AR VI (Europa), Helsinki.

NWS/NOAA/US Department of Commerce, 1994: *The Great Flood of 1993*, Natural Disaster Survey Report.

MUNICH RE, 1997, *Ueberschwemmung und Versicherung*, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Munich.

RAPP, J. and C. SCHÖNWIESE, 1995: *Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland, 1891-1990*. Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie B, Meteorologie und Geophysik, Band 5, Frankfurt am Main. □

