

atención en el papel de los SMHN de los Estados Miembros en los avisos y en la prevención de los desastres naturales (y también tecnológicos). Esto también quiere decir que tendríamos que ser capaces de identificar qué tipo de errores y de inconvenientes causan con frecuencia, todos los años, muchas pérdidas humanas y materiales, incluso en países desarrollados. Tal evaluación y conocimiento pueden ayudar a una mejora importante de los AT de los SMHN y de los servicios afines.

A la vez, necesitamos volver a evaluar el papel de la OMM, en especial desde el punto de vista de la coordinación de actividades de AT, la aplicación de nueva metodología y nueva tecnología, incluidas las telecomunicaciones, la cooperación de los SMHN con protección civil y con otros organismos responsables, la cooperación entre meteorólogos e hidrólogos y, por último, la difusión de avisos a los ciudadanos y su enseñanza para mejorar su reacción durante las emergencias. También necesitamos volver a evaluar la cooperación de la OMM

con la EIRD y con otras agencias y otros organismos y, por último, ayudar a que los SMHN obtengan, en sus empresas a largo plazo, la mejor financiación que necesitan para mejorar sus servicios de AT.

### Referencias

- [1] CORNFORD, S. G., 1999: Impactos humanos y económicos de los fenómenos meteorológicos de 1998. *Boletín de la OMM* 48 (4), 450-472.
- [2] ZILLMAN, J. W., 1998: Meteorological and Hydrological Early Warning Systems. *Actas de la Conferencia Internacional de la DIRDN sobre Sistemas de aviso temprano para la reducción de los desastres naturales*. Potsdam, 7-11 de septiembre de 1998.
- [3] Foro del Programa Internacional DIRDN. Ginebra, 5-9 de julio, 1999.
- [4] CEUDIP, Resumen del presidente y conclusiones de la reunión de 2001. Varsovia.
- [5] NEMEČ, J. e I. OBRUSNÍK, 2000: New Concepts in Flood Forecasting and Mitigation. *Actas de la Conferencia del Danubio sobre Predicción y Gestión de Recursos Hídricos*. Bratislava, septiembre de 2000.

## Impactos socioeconómicos de los desastres naturales

Por Medha KHOLE \* y U. S. DE \*\*

### Introducción

Un episodio natural extremo se convierte en un desastre sólo cuando tiene impacto sobre asentamientos de población y actividades humanas. Los desastres naturales se pueden clasificar globalmente en las tres categorías siguientes:

- los originados directamente por episodios meteorológicos, p. ej., huracanes, tifones, inundaciones, tormentas, olas de calor y de frío, sequías, etc.;
- los que están relacionados de forma indirecta con episodios meteorológicos, p. ej., desprendimientos de tierra, avalanchas, hambruna, incendios, epidemias, etc.;
- los que no están relacionados con la meteorología sino ocasionados por determinados fenómenos geofísicos, p. ej., terremotos, erupciones volcánicas y tsunamis.

\* Meteorólogo investigador del Departamento Meteorológico de la India, Pune.

\*\* Director General Adjunto de Meteorología (Investigación), Departamento Meteorológico de la India, Pune, e informador de la evaluación en el grupo de trabajo de la AR II sobre asuntos relacionados con el clima.

Los desastres naturales relacionados con la meteorología y con el clima tienen lugar en escalas temporales y espaciales variables. Los tornados, las tormentas severas y las granizadas se producen a meoescala (100 km), los ciclones tropicales, los huracanes y los tifones se desarrollan a escala sinóptica (1 000 km) y las anomalías climáticas relacionadas con El Niño/Oscilación Austral tienen lugar a escala planetaria o global (5 000-10 000 km) (véase Figura 1).

Cerca del 60 por ciento de los desastres naturales en el mundo tiene lugar en la región del Pacífico asiático. Los países en vías de desarrollo se convierten fácilmente en víctimas de todo tipo de desastres naturales, haciendo retroceder décadas sus economías, obtenidas con mucha dificultad, por las siguientes razones principales:

- Alta densidad de población.
- Rápida industrialización y urbanización, concentrándose la población alrededor de los límites de las megaciudades en expansión.
- Bajos índices de alfabetización y de concienciación pública.
- Relativamente baja filtración de conocimientos tecnológicos en los estratos sociales.

- Alta sensibilidad de las actividades económicas a la meteorología.
- Poca capacidad de la sociedad para absorber los efectos de impactos climáticos.

Tales países en vías de desarrollo, de los que los pertenecientes a la Asociación del Asia Meridional para la Cooperación Regional constituyen un subconjunto importante, se ven obligados a desviar una gran cantidad de sus fondos a operaciones de ayuda y de rehabilitación, poniendo en peligro muchos proyectos de desarrollo.

### Impactos socioeconómicos de los desastres naturales

Los impactos socioeconómicos de los desastres naturales son complejos, y dependen de la vulnerabilidad del lugar en el que ocurren y también de las estrategias de respuesta puestas en marcha para mitigarlos.

### Pérdidas de vidas debidas a desastres naturales

Según Cornford (1998), la numerosa población de China sufrió más de 1 000 muertes en cinco de los seis años del período 1991-1996. En los últimos años, la destrucción ocasionada en Bangladesh por el ciclón tropical de 1970 lo sitúa como uno de los peores desastres naturales de todos los tiempos. Estimaciones de la Federación Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja dan un número promedio anual de víctimas damnificadas por desastres naturales de 135 millones entre 1970 y 1994. Durante los últimos 25 años, ha habido más de tres millones de muertes, el 90 por ciento de las cuales se produjo en países en vías de desarrollo (Bedritsky, 1999). En 1997, la India informó del mayor número de muertes por desastres naturales relacionados con la meteorología, incluidos frío extremo, granizo y lluvias intensas que causaron inundaciones. Papúa Nueva Guinea perdió un ha-

*El género humano se enfrenta a la amenaza constante de los desastres naturales. Durante 1961-1991, se produjeron en el mundo 430 episodios de sequía, ocasionando la pérdida de alrededor de 1 334 000 vidas humanas. Durante ese mismo período de tiempo, otras 900 000 personas murieron como resultado de huracanes y tifones. Además de la lamentable pérdida de miles de vidas, los desastres naturales ocasionaron importantes daños materiales y deterioraron seriamente la estructura social y las condiciones económicas de las comunidades afectadas.*

*Aunque los desastres naturales en sí mismos no se pueden impedir, a menudo sí se pueden mitigar sus consecuencias con una planificación anticipada y con la preparación de medidas de emergencia. La meteorología tiene un importante papel que jugar mediante la predicción precisa de los episodios de tiempo severo, contribuyendo de ese modo a la gestión y mitigación de sus efectos.*

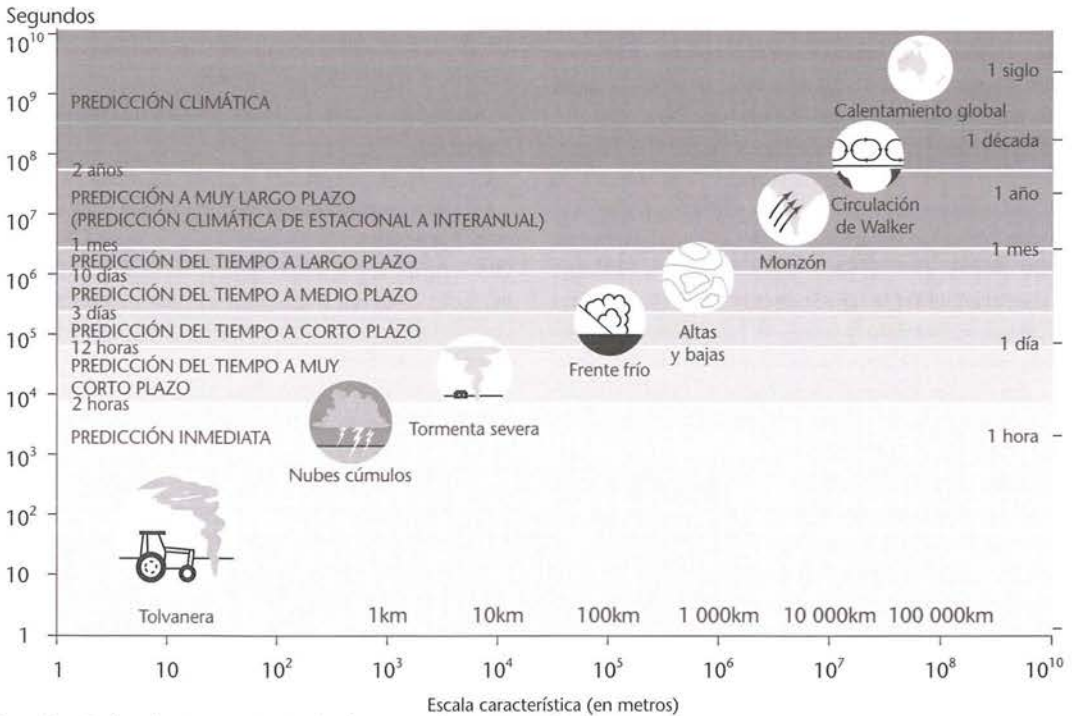


Figura 1 — Escalas y duraciones características de algunos típicos fenómenos atmosféricos (Zillman, 1999)

bitante de cada 10 000 en 1997. El número de muertes totales en 1997 fue el mayor ocasionado por inundaciones producidas por lluvias. En la India los episodios que ocasionaron más de 100 muertes fueron la actividad tormentosa y las lluvias intensas (150 muertes en Bengala, Uttar Pradesh y Bihar desde enero hasta mayo; 237 muertes en las lluvias del monzón en el sudoeste y 172 en Gujarat en junio); el ciclón *Gretelle* en Madagascar (138); e inundaciones en Etiopía en noviembre (134). Inundaciones que afectaron a varios países en Centroeuropa, descritas como las peores del siglo, ocasionaron al menos 103 muertos (Cornford, 1998). La persistente lluvia de agosto de 1987 inundó partes del centro y del este de Terai, donde el agua llegó a alcanzar hasta un metro de altura (BNJST, 1989). Los daños producidos por inundaciones se presentan bajo distintas formas, incluidas la destrucción de puentes de uso peatonal que a menudo constituyen la única vía de unión entre pueblos de montaña remotos; la demolición de canales de regadío; la pérdida de tierra por socavado de las laderas escarpadas adyacentes a la corriente; y el daño por erosión y sedimentación en los terrenos de cultivo inundados (Marston y otros, 1996). A principios de noviembre de 1996, un temporal ciclónico severo proveniente del Golfo de Bengala con vientos huracanados en su interior atravesó la costa de Andhra Pradesh, en la India, dejando a su paso unos 1 000 muertos y más de 1 000 desaparecidos (Cornford, 1997). En 1995, la India informó del mayor número de muertes del mundo (1 361) por olas de calor, inundaciones, avalanchas, nieve y frío (Cornford, 1996). En 1994, el número de muertes de las que se informó ocasionadas en el mundo por desastres naturales fue superior a 6 800. Las inundaciones de China durante este año fueron las peores desde 1949, que ocasionaron 1 400 pérdidas humanas (Limbert, 1995). En la Tabla I se muestran las cifras de muertes ocasionadas en el mundo por desastres naturales en los últimos años.

En el subcontinente de la India, se produjeron 25 años de importantes sequías durante los últimos 120 años. De esos 25 episodios, en tres ocasiones resultó afectada por la sequía más del 50 por ciento de la superficie total de la India. La Tabla II muestra la diferencia de rendimiento de algunos cultivos típicos de la India durante dos años de importantes sequías, 1982/1983 y 1987/1988 (De, 1999(b)). Los

TABLA I

Número de muertes en el mundo (se citan los cinco países más afectados) por episodios de tiempo anómalo en años recientes

Año	País	Núm. de muertes comunicadas
1997	India	801
	Papúa Nueva Guinea	450
	Estados Unidos	419
	Bangladesh	400
	Kenia	174
1996	India	3 320
	China	2 500
	Bangladesh	570
	Malasia	332
	Estados Unidos	292
1995	India	1 361
	China	1 272
	Filipinas	1 164
	Estados Unidos	781
	Bangladesh	715

ciclones tropicales plantean la mayor amenaza natural a la población de la India. De las tres principales causas de destrucción asociadas a ciclones tropicales, es decir, vientos fuertes, lluvias torrenciales y mareas de tempestad, estos últimos son responsables de casi el 90 por ciento de las pérdidas de vidas y propiedades. El ciclón de 1885 en False Point (Orissa) provocó una ola de 6,7 m (22 pies), que mató a 5 000 personas (De, 1996). La Tabla III presenta una lista de las tormentas históricas en el Golfo de Bengala.

#### Pérdidas económicas causadas por desastres naturales

Además de la lamentable pérdida de miles de vidas, los desastres naturales ocasionan daños socioeconómicos generalizados. En este sentido, todos los desastres naturales son importantes. El total mundial de pérdidas debidas a este tipo de fenómenos estuvo comprendido entre 3 000 y 4 000 millones de \$ EE.UU. por año a mediados de los 60 y entre 25 000 y 35 000 millones de \$ EE.UU. por año a principios de los 90 (De y Joshi, 1998). Las pérdidas mundiales totales relacio-

TABLA II

Diferencia de rendimiento (kg/ha)

Año	Cultivo		
	Arroz	Trigo	Maíz
1982/1983	-226	-27	-207
1987/1988	-224	-242	-366

nadas con los desastres naturales han aumentado en cuarenta veces entre los años 60 y los 90, alcanzando una suma de 43 000 millones de \$ EE.UU. anuales como promedio entre 1990 y 1994. En 1995, estas pérdidas aumentaron fuertemente hasta alcanzar los 180 000 millones de \$ EE.UU. Los sectores económicos más afectados por los desastres naturales son la agricultura (60 por ciento de las pérdidas totales de la economía en conjunto) seguida en partes casi iguales por la producción y suministro de energía, el transporte y la construcción (del 6,8 al 9,0 por ciento) (véase Figura 2).

Según un informe de la Oficina de Seguros de Canadá (Ungar, 1999) antes de 1987 no hubo ningún desastre natural que causara pérdidas aseguradas superiores a 1 000 millones de \$ EE.UU. Mientras que, durante la pasada década, ha habido 18 desastres de ese tipo. Este hecho revela que están aumentando, en términos de pérdidas económicas, las consecuencias de los desastres naturales. Esto se puede achacar, entre otras razones, al desarrollo y a la mejora de la calidad de vida y de las infraestructuras.

Un cálculo a nivel mundial revela que en 1997 las pérdidas económicas totales debidas a desastres naturales totalizaron 19 000 millones de \$ EE.UU. En 1997, China informó de la mayor pérdida, alrededor de 5 500 millones de \$ EE.UU., por una combinación de sequía (aproximadamente 3 000 millones de \$ EE.UU.), tifones (1 450 millones de \$ EE.UU.), lluvias e inundaciones (1 010 millones de \$ EE.UU.). La siguiente pérdida nacional más grande de la que se haya informado es la de EE.UU., de unos 5 000 millones de \$ EE.UU. (Cornford, 1998).

Las consecuencias económicas de las pérdidas debidas a desastres naturales se pueden expresar también en términos de porcentaje de estimaciones de la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) del Producto Nacional Bruto (PNB). En 1997, las consecuencias totales de la sequía en Papúa Nueva Guinea fueron una pérdida del 4,5 por ciento del PPA/PNB. Expresando esto de forma más sencilla, quiere decir que, en Papúa Nueva Guinea, una persona de cada 22 tuvo que trabajar durante todo el año para reparar los daños de origen meteorológico sufridos por su país (Cornford, 1998).

TABLA III  
Temporales históricos en el Golfo de Bengala

Año	País	Muertes	Mareas de temporal (altura en m (pies))
1737	India (Bengala Occidental)	300 000	12,2 (40)
1779	India (Masulipatnam)	20 000	3,7 (12)
1831	India (Balasore)	22 000	1,5-2,3 (5-7)
1839	India (Andhra Pradesh)	20 000	5,5-6,1 (18-20)
1864	India (Bengala Occidental)	50 000	12,2 (40)
1864	India (Masulipatnam)	30 000	4 (13)
1876	Bangladesh	100 000 *	3,1-12,2 (10-40)
		150 000 **	
1885	India (Orissa)	5 000	6 (22)
1942	India (Bengala Occidental)	15 000	3,1-4,9 (10-16)
1960	Bangladesh	5 490	5,8 (19)
1961	Bangladesh	450	4,9 (16)
1970	Bangladesh	200 000	4-5 (13-17)
1971	India (Orissa)	10 000	2,3-6,1 (7-20)
1977	India (Andhra Pradesh)	10 000	4,9-5,5 (16-18)
1990	India	990	4-5 (13-17)
1992	India	175	0,9-1,5 (3-5)
1996	India	47	1,5-1,8 (5-6)
1999	India (Orissa)	9 885	12,2-15 (40-50)

\* Ahogados

\*\* Muertes por hambre y epidemias

Un reciente estudio realizado por De (2000) muestra que los países de la Región II de la OMM (Asia) son muy vulnerables a los desastres naturales relacionados con el tiempo y con el clima.

Toda muerte prematura no sólo es una tragedia sino también una pérdida económica. Como tal, el impacto económico total se expresa en términos de "pérdida de vidas en edad laboral", que es la suma de las consecuencias económicas de las muertes humanas prematuras y de otras pérdidas económicas. Durante 1997, Papúa Nueva Guinea informó de la mayor pérdida total de vida económica por millón de habitantes (Cornford, 1998). La tabla IV muestra las pérdidas económicas mundiales debidas a desastres naturales en los últimos años.

El cambio climático y el calentamiento global también están ocasionando una mayor vulnerabilidad de las regiones costeras frente a los desastres naturales. Nicholls y otros (1995), calculan que un aumento de 1 m en el nivel del mar podría originar pérdidas de tierra del orden de 30 000 km<sup>2</sup>; 6 000 km<sup>2</sup>; 34 000 km<sup>2</sup> y 7 000 km<sup>2</sup> en Bangladesh, India, Indonesia y Malasia, respectivamente. En Vietnam, se podrían inundar 5 000 km<sup>2</sup> de tierra en el delta del río Rojo, y puede haber entre 15 000 y 20 000 km<sup>2</sup> de tierra amenazados en el delta del Mekong.

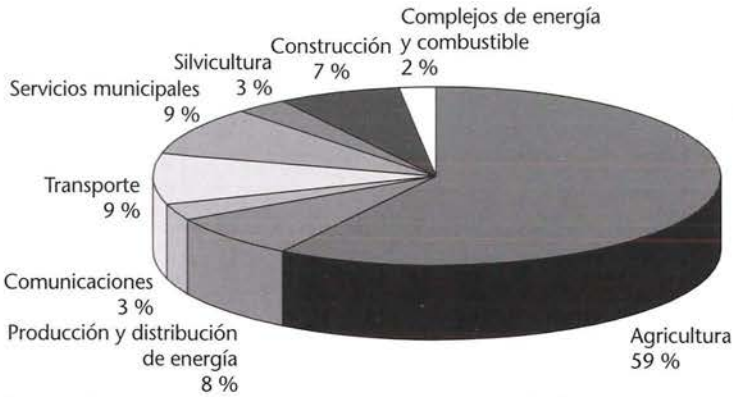


Figura 2 — Distribución, entre los sectores económicos, de las pérdidas por episodios hidrometeorológicos naturales (porcentajes de pérdidas totales para todos los sectores) (Bedritsky, 1999)

### El papel de la meteorología

Numerosos estudios han demostrado que de las actividades de los Servicios Meteorológicos o Hidrológicos Nacionales (SMHN) se derivan importantes beneficios para las economías nacionales. Un factor típico de la proporción entre beneficios económicos y el presupuesto de un SMHN estaría entre 5 y 10. Considerando que los presupuestos globales de los SMHN en la región son de 4 000 millones de \$ EE.UU., se puede concluir que los beneficios económicos globales estarían aproximadamente entre 20 000 y 40 000 millones de \$ EE.UU. Los resultados presentados en la Conferencia sobre Beneficios Económicos de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos, organizada por la OMM en 1994, indicaban que los beneficios que produce un Servicio Meteorológico son, por término medio, entre 5 y 10 veces su presupuesto (Beysson, 1997).

Entre las principales áreas en las que la meteorología puede ser útil para minimizar las pérdidas causadas por desastres naturales se encuentran las siguientes:

- Predicciones precisas y avisos anticipados del comienzo de episodios de tiempo severo tales como huracanes, tifones, ciclones tropicales, ventiscas, inundaciones, etc., que pueden evitar un número enorme de muertes. El número actual de 1 000 000 de muertes anuales, la mayor parte en países en vías de desarrollo, habría

sido mucho mayor si no existieran los sistemas de avisos de tiempo severo.

Los servicios meteorológicos marítimos y aeronáuticos contribuyen de forma importante a la seguridad de los viajes por mar y por aire. Las predicciones meteorológicas a muy corto plazo (0-6 horas) son útiles en aviación desde el punto de vista de la seguridad, la reducción del coste de combustible y las decisiones sobre la capacidad de transporte de carga de la aeronave. El peso de despegue,

que es un factor crucial en la economía de la aviación, depende de la temperatura y del viento en la pista de despegue. La elección de la ruta y del nivel de crucero óptimos dependen del uso de las predicciones meteorológicas, conocidas como predicciones de ruta. El consumo de combustible puede optimizarse siguiendo rutas con vientos de cola y evitando zonas con el viento de cara. En latitudes templadas, un viento de cara medio de 90 km h<sup>-1</sup> en una distancia de 5 000 km equivale para una aeronave B-747 a un consumo de 10 000 kg más de combustible que en el caso de viento en calma (De, 1999 (a)).

TABLA IV  
Pérdidas económicas mundiales (en los cinco países más afectados) por episodios meteorológicos anómalos, 1995-1997

Año	País	Pérdidas económicas (en millones de \$ EE.UU.)
1997	China	5 460
	EE.UU.	5 100
	Polonia	3 500
	Rumanía	1 500
	Argentina	759
1996	EE.UU.	10 300
	China	3 240
	Japón	730
	República de Corea	559
	Tailandia	282
1995	China (indirectas)	24 100
	China (directas)	803
	EE.UU.	7 625
	España	1 500
	Antillas Holandesas y Aruba	1 000
	Bangladesh	840

- Los datos meteorológicos y las predicciones a corto, medio y largo plazo son útiles para planificar diferentes operaciones agrícolas. Es posible evitar pérdidas en las cosechas mediante acciones de protección en caso de tiempo adverso conocido anticipadamente. Un uso eficaz de la información climatológica y de las predicciones probabilísticas es útil para la selección de los cultivos, para diseñar programas de riegos y para la gestión eficaz de la mano de obra, la maquinaria y el momento adecuado para las distintas operaciones agrícolas. En este sentido, son necesarias predicciones multiestacionales para el desarrollo de la agrosilvicultura y la hortofruticultura (Sivakumar, 1998). Esto es crucial en los países en vías de desarrollo, cuyas economías se basan principalmente en cultivos regados por la lluvia.
- La información meteorológica es útil para la seguridad, la comodidad y el bienestar general de las personas, ayudándolas en sus actividades diarias.
- El turismo, los deportes, las actividades sociales y recreativas que impliquen grandes inversiones financieras dependen en gran medida de una predicción fiable de parámetros meteorológicos tales como lluvia, nubosidad, viento, etc.
- La información meteorológica tiene potencialmente una gran utilidad en el campo de la biometeorología (Maunder, 1970). La salud y el bienestar humanos son muy sensibles al tiempo atmosférico. La exposición del cuerpo humano al calor o al frío excesivos puede ser extremadamente peligrosa y a veces incluso fatal. La predicción de dichos episodios extremos, junto con los consejos médicos adecuados, es útil para reducir riesgos para la salud.

## Papel de la OMM

Teniendo en cuenta la relevancia de las consecuencias socioeconómicas a gran escala de los desastres naturales, las NU, en su resolución Núm. 44/236, establecieron el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN) (1990-1999). Además de los programas principales de la OMM, se han desarrollado planes para proyectos específicamente diseñados para cumplir los objetivos del DIRDN. Son los siguientes:

- Mejora importante del sistema de avisos de ciclones tropicales en la región sudoeste del Océano Índico mediante la utilización de tecnología de satélites meteorológicos y microordenadores, así como de la transferencia de conocimientos técnicos.
- Sistema Global de Evaluación de Riesgos de Catástrofe (CRASH) con el fin de intensificar los es-

fuerzos para reducir la pérdida de vidas y los daños originados por inundaciones, tormentas y terremotos. La moderna tecnología utilizada incluirá sistemas de información geográfica, tele-detección y estudios de riesgos sísmicos.

- Sistema de Intercambio de Técnicas Aplicables en Casos de Desastres Naturales (STEND): la tecnología incluirá instrumentación y otros equipos, así como manuales técnicos y otro material de guía, junto con *software* de ordenador.
- El proyecto de desastres por ciclones tropicales (en colaboración con el Consejo Internacional para la Ciencia) para mejorar la predicción de ciclones tropicales, en particular del período posterior a su entrada en tierra, para que las poblaciones amenazadas puedan aprender a tener confianza en estas predicciones y en consecuencia sigan las medidas de protección recomendadas.
- Programas de investigación bajo el Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente para mejorar la predicción de otros sistemas meteorológicos de gran impacto.

## Consideraciones finales

En términos de consecuencias socioeconómicas de los desastres naturales, la amenaza que sufren los países en vías de desarrollo es mucho mayor que la que sufren países con economías más fuertes. Para los países desarrollados, los problemas relacionados con los desastres naturales pueden ser igualmente importantes, pero rara vez son urgentes.

La meteorología tiene un papel importante y decisivo para reducir las catástrofes socioeconómicas ocasionadas por desastres naturales. Puede, por medio de la predicción acertada de episodios de tiempo severo y de la difusión eficaz y rápida de avisos, salvar un número inestimable de vidas y reducir de forma importante las pérdidas económicas.

Se pueden acentuar más el papel y la utilidad de la meteorología mediante intercambios más frecuentes y más estrechos entre los investigadores meteorológicos y los predictores, así como entre éstos y los usuarios de las predicciones y avisos meteorológicos. También puede contribuir de forma importante al bienestar socioeconómico la mejora de las infraestructuras, tales como sistemas de observación, telecomunicaciones, etc., para observar parámetros meteorológicos y para difundir avisos de tiempo severo.

Es asimismo necesario que los SMHN se impliquen en el proceso de toma de decisiones para minimizar el desarrollo de la industria, el comercio y la edificación de viviendas en zonas vulnerables a desastres naturales, tales como las llanuras inundables y las costas sometidas a temporales de viento y oleaje.

## Referencias

- BEDRITSKY, A. I., 1999: El impacto del tiempo y del clima en el desarrollo económico sostenido, *Boletín de la OMM*, 48 (2), págs. 214-221.
- BEYSSON, J. P., 1997: Valor económico de la meteorología, *Boletín de la OMM*, 46 (3), págs. 273-277.
- BNJST (Bangladesh-Nepal Joint Study Team); 1989: *Report on Flood Mitigation Measures and Multipurpose Use of Water Resources*, Government of the People's Republic of Bangladesh and His Majesty's Government of Nepal, 89 páginas.
- CORNFORD, S. G., 1996: Consecuencias humanas y económicas de los fenómenos meteorológicos durante 1995, *Boletín de la OMM*, 45 (4), págs. 365-382.
- CORNFORD, S. G., 1997: Impactos humanos y económicos de los fenómenos meteorológicos en 1996, *Boletín de la OMM*, 46 (4), págs. 407-427.
- CORNFORD, S. G., 1998: Consecuencias humanas y económicas de los fenómenos meteorológicos en 1997, *Boletín de la OMM*, 47 (4), págs. 431-448.
- DE, U. S., 1996: Tropical Cyclone and Storm Surge hazard assessment. Comunicación presentada en la 23.ª sesión del Seminario del Grupo OMM/CESAP sobre Ciclones Tropicales: Evaluación de riesgos meteorológicos e hidrológicos. OMM PCT-40, TD Núm. 761.
- DE, U. S. y K. S. JOSHI 1998: Las catástrofes naturales y sus impactos en los países en desarrollo, *Boletín de la OMM*, 47 (4), págs. 392-399.
- DE, U. S., 1999 (a): Economic benefits of meteorology. Comunicación presentada en el Simposio nacional sobre meteorología tropical — La meteorología más allá de 2000, en Chennai, India, 16-19 de febrero.
- DE, U. S., 1999 (b): Climate Change Impact: Regional Scenario. En preparación.
- DE, U. S., 2000: A survey of climate related matters with special reference to climate impact assessment. Grupo de Trabajo de la AR II de la OMM sobre asuntos relacionados con el clima.
- JAYANTHI, N. y A. K. SEN SARMA, 1986: A catalogue of storm surges in India, Informe Científico Prepublicado Núm. 86/1, Departamento Meteorológico de la India.
- LIMBERT, D. W. S., 1995: Consecuencias humanas y económicas de los fenómenos meteorológicos durante 1994, *Boletín de la OMM*, 44 (4), págs. 364-375.
- MARTSON, R., J. KLEINMAN y M. MILLER, 1996: Geomorphic and forest cover controls on monsoon flooding, central Nepal. *Himalaya Mountain Research and Development*, 16, págs. 257-264.
- MAUNDER, W. J., 1970: *The value of weather*. Methuen and Co. Ltd., Londres.
- NICHOLLS, R. J., N. MIMURA y J. C. TOPPING, 1995: Climate change in south and south-east Asia: some implications for coastal areas. *Journal of Global Environmental Engineering*, 1, págs. 137-154.
- SIVAKUMAR, M. V. K., 1998: Meeting User Requirements — Recent Developments and Future Challenges. *Proceedings of User Requirements for Agrometeorological Services*, págs. 36-52.
- UNGAR, S., 1999: Is strange weather in air? A study of US national network news coverage of extreme weather events, *Climate Change*, 41, 2, págs. 133-150.
- ZILLMAN, J. W., 1999: El Servicio Meteorológico Nacional, *Boletín de la OMM*, 48 (2), págs. 158-194.

# Ozono estratosférico y sus consecuencias sobre el cambio climático

Por Marie-Lise CHANIN \*

## Introducción

El problema de la destrucción del ozono estratosférico fue planteado hace tres décadas por Paul Crutzen, que señaló la destrucción catalítica de ozono por óxidos de nitrógeno, mientras que Sherry Rowland y Mario Molina postularon consecuencias similares originadas por los compuestos de cloro. Los acontecimientos demostraron que tenían razón y su trabajo se aplaudió justamente. Sin embargo, tenían lugar procesos químicos que resultaban imposibles de imaginar. El importante descubrimiento del agujero de ozono antártico en 1985 no había sido previsto y su explicación implicaba que hubiera un tipo de química diferente, llamada química heterogénea, que tampoco había sido prevista y que actúa sobre las partículas. Susan Solomon \*\*, que jugó un importante papel en la explicación del agujero de ozono antártico, recibió hace

poco la Medalla Nacional de la Ciencia de Estados Unidos por su trabajo.

Durante mucho tiempo, se pensaba que la estratosfera estaba más allá del campo de la meteorología y que era irrelevante para los temas relacionados con el clima. No obstante, el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) lleva ya ocho años estudiando la posible influencia de la estratosfera sobre el clima y el Proyecto SPARC (Procesos Estratosféricos y su Función en el Clima) es uno de sus componentes. La autora co-preside este proyecto con Marvin Geller desde 1992.

\* Copresidenta del Proyecto SPARC, Directora de Investigación del CNRS, Servicio de Aeronomía, Verrères-le-Buisson, Francia.

\*\* Véase la entrevista del Boletín de este número, que empieza en la página 7 (Ed.).