

**REDUCCIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD A LOS  
FENÓMENOS METEOROLÓGICOS  
Y CLIMÁTICOS EXTREMOS**

---

**Francisco Sánchez Gallardo**

*Meteorólogo del Estado  
Doctor en Ciencias Físicas*

*Conferencia pronunciada el 22 de marzo de 2002  
en el Salón de Actos del Instituto Nacional de  
Meteorología, en Madrid, con motivo de la cele-  
bración del Día Meteorológico Mundial.*



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

INSTITUTO NACIONAL  
DE METEOROLOGÍA



**DILUVIO**  
**Miniatura de una biblia (s. XIII)**  
**Archivo de la Catedral de Toledo**

Este folleto ha sido maquetado en el Centro de Documentación del Instituto Nacional de Meteorología (INM)

Edita: Centro de Publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente  
Imprime: INM  
NIPO: 310-02-014-7

© Ministerio de Medio Ambiente  
Instituto Nacional de Meteorología

## INTRODUCCIÓN

Todos sabemos que una de las manifestaciones genuinas de las fuerzas de la naturaleza, en un mundo donde la huella y la presencia del hombre son progresiva y crecientemente notorias, reside en el tiempo atmosférico, siempre mutable, a menudo molesto y en ocasiones con efectos catastróficos.

Los relatos sobre las condiciones adversas del tiempo abundan en el folclore y en los escritos de civilizaciones antiguas. Un relato épico babilonio, que precedió al Antiguo Testamento en cien años, describe una desastrosa inundación seguida de la caída prolongada de una lluvia torrencial.

En el Libro Segundo de Moisés, el Éxodo, se puede leer:

*“A la mañana el viento solano había traído la langosta. Subieron por toda la tierra de Egipto, en tan gran cantidad como ni la hubo ni la habrá nunca. Cubrieron toda la superficie de la tierra, que se oscureció. Devoraron todas las hierbas de la tierra, todos cuantos frutos de los árboles, todo cuanto había dejado el granizo; y no quedó nada de verde, ni en los árboles y en las hierbas de los campos, en toda la tierra de Egipto”.*

Según esta descripción no hay gran diferencia entre esta octava plaga, y el granizo que azotó Egipto 1 440 años antes de Cristo.

Una de las inundaciones de mayor difusión, por no decir la más conocida, fue sin duda el Diluvio Universal; que por cierto, parece ser que estuvo bastante bien previsto, y de él además, nos ha llegado alguna información gráfica (sirva como ejemplo una miniatura de una Biblia del siglo XIII que se conserva en la catedral de Toledo).

Los antiguos griegos, y muchos otros pueblos, creían que el tiempo estaba determinado por los dioses y que sus manifestaciones violentas reflejaban su ira. En algunas partes del mundo, la gente creía que personas con dotes excepcionales podían regular el tiempo y utilizar, por ejemplo, sus poderes sobrenaturales para destruir a sus enemigos.

No hay pues nada nuevo acerca del tiempo y sus consecuencias. En esta exposición intentaré examinar, aunque sea sólo con pinceladas y de forma muy descriptiva, cómo la ciencia meteorológica puede contribuir, junto con otras disciplinas y actividades, a reducir las consecuencias y el número de afectados por los desastres relacionados con el tiempo.

Casi todas las situaciones meteorológicas extremas pueden poner en peligro al ser humano: exceso de calor o frío (recuérdense los numerosos trastornos ocasionados por la ola de frío a finales del pasado año 2001), inundaciones, avalanchas de nieve, sequías, vientos violentos, rayos, niebla densa, ... A estos fenómenos tradicionales de aparición natural, hemos de añadir los riesgos meteorológicos producidos intencionadamente por las actividades humanas.

El tema propuesto por la Organización Meteorológica Mundial para la conmemoración del “Día Meteorológico Mundial” en este año 2002, puede abordarse de distintos modos. Por ejemplo, es posible enfocarlo considerando sucesivamente cada una de las condiciones potencialmente desastrosas del tiempo y del clima. Otra posibilidad consiste en examinar cada uno de los principales sectores de las actividades humanas que pueden verse obstaculizadas por distintos niveles extremos del tiempo y del clima. En esta ocasión comenzaré por una pequeña selección de los fenómenos extremos con mayor incidencia en la sociedad (inundaciones y

sequías), pasando después a aquellas actividades humanas que son especialmente sensibles al tiempo.

## **DESASTRES NATURALES**

Suele decirse que el estado del tiempo afecta a cuanto hace el hombre. Afirmación que nunca resulta tan evidente como durante los desastres naturales, tanto si las condiciones meteorológicas son la causa de ellos como si no lo son.

### **Pero, ¿cómo se define un desastre natural?**

Para decirlo con rigor, un desastre natural es la consecuencia catastrófica de un fenómeno natural o de una combinación de ellos que causan grandes pérdidas y daños en vidas y bienes, además de enormes trastornos en las actividades humanas. A veces, la conjunción de ciertas catástrofes naturales origina una serie de procesos múltiples relacionados entre sí y crean una reacción en cadena. Un terremoto puede desencadenar un desprendimiento submarino de tierras, y a su vez grandes ondas marinas, dando lugar a inundaciones. Las erupciones volcánicas, si llegan acompañadas de corrientes de lodo, pueden fundir la nieve y causar también inundaciones.

Se estima que los desastres naturales se cobran anualmente unas 250 000 víctimas en todo el mundo y que causan daños a la propiedad cuyo costo oscila entre los 58 000 y 115 000 millones de euros; en Europa, durante el período 1991-1995, la cifra fue del orden de los 80 000 millones de euros. Las estadísticas revelan que estas pérdidas económicas han aumentado enormemente en los tres últimos decenios, mientras que a lo largo del mismo período, las pérdidas de vidas humanas en los países de buenos servicios meteorológicos de predicción, han disminuido.

No es de extrañar, por tanto, que exista una preocupación general por reducir estas cifras, y que la Organización Meteorológica Mundial lidere, dentro de la Organización de Naciones Unidas, el grupo de trabajo sobre el clima y los desastres naturales.

Saber si un fenómeno dado equivale a un desastre no depende tanto de su intensidad como de sus efectos en la sociedad. La costumbre tiende a considerar conjuntamente el efecto y la causa, de modo que la denominación del término viene a aplicarse al fenómeno propiamente dicho.

En una región determinada, las consecuencias inherentes a un fenómeno pueden necesitar ayuda para disipar las amenazas que se ciernen sobre ella; en otras regiones, en cambio, el impacto puede ser comparativamente menor, sea porque la índole de las actividades humanas es de tal naturaleza que no resultan seriamente afectadas por los desastres, sea porque las infraestructuras y los procedimientos en vigor permiten afrontar satisfactoriamente los estragos.

Cualquier desastre, ya sea meteorológico, geológico o de otro tipo, puede considerarse con relación a cinco fases, a saber:

- Fase de Previsión
- Fase de Alarma
- Fase de Impacto
- Fase de Socorros
- Fase de Rehabilitación

Para poder reducir las secuelas de los desastres deben establecerse procedimientos y tomar medidas respecto a las cinco fases aludidas. Las decisiones sobre los procedimientos deberán tomarse en todas ellas en la fase de previsión.

Es de general aceptación tipificar los desastres con diez denominaciones:

- 1.** Ciclones tropicales, huracanes y tifones.
- 2.** Terremotos.
- 3.** Inundaciones.
- 4.** Tormentas y tornados.
- 5.** Tempestades de nieve.
- 6.** Erupciones volcánicas.
- 7.** Olas de calor o frío.
- 8.** Aludes.
- 9.** Desplazamientos de tierras.
- 10.** Olas de mareas (“tsunamis”).

## **INUNDACIONES**

El tiempo atmosférico origina o influye de manera decisiva en siete de estos fenómenos. Si consideramos la frecuencia y el número de personas expuestas a estos riesgos, las inundaciones representan los fenómenos más graves y frecuentes causados por intensas lluvias, y constituyen el fenómeno natural extremo más común y de mayor coste económico en Europa.

Las inundaciones se pueden clasificar en:

- a)** Extensas y duraderas
- b)** Rápidas y localizadas

Las primeras, extensas y duraderas, se producen en los grandes ríos, donde las llanuras sometidas a la inundación son anchas y llanas, el avance de la onda de la inundación puede ser muy lento y los

inconvenientes pueden durar mucho tiempo. El otro tipo, conocido también con el nombre de inundación instantánea, suele ser el resultado de intensas tormentas de tipo convectivo que producen grandes cantidades de lluvia sobre una zona de captación relativamente pequeña, y son las que tienen efectos más catastróficos; en la memoria de todos están las ocurridas en Biescas (Huesca) en 1996 con 86 muertos, y posteriormente en 1998 en Sarno y Quindici (Italia) con 300 víctimas mortales.

### **¿Cuáles son las causas de las inundaciones?**

Se producen inundaciones cuando el aporte de agua supera la capacidad natural de escorrentía o infiltración. El exceso de agua puede ser consecuencia de una precipitación insólitamente elevada o prolongada, de la fusión de nieve, grandes mareas, mareas de tempestad, evacuación de agua de embalses o el bloqueo de un río.

### **¿Pueden predecirse las inundaciones?**

El movimiento de una inundación aguas abajo puede predecirse, con relativa precisión, utilizando técnicas de determinación de su ruta, siempre que no aparezcan factores de complicación. En el caso de muchos sistemas fluviales importantes, la situación y la escorrentía pueden estimarse bastante bien a partir de parámetros tales como la cobertura de nieve, la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y el caudal.

Son más difíciles de predecir las inundaciones causadas por tormentas tropicales, terremotos, corrimientos de tierra, acumulaciones de hielo, y como acabo de indicar las causadas por tormentas de carácter convectivo. (Los nuevos desarrollos radar, con análisis de estructuras convectivas, actualmente en fase de experimenta-



ción, pueden contribuir a la predicción de intensas lluvias y en consecuencia de posibles inundaciones).

En las cuencas más grandes se trata en primer lugar de saber cómo una onda de inundación irá avanzando aguas abajo.

En las cuencas muy pequeñas, el seguimiento de la hidrografía de las inundaciones puede parecerse mucho al registro de la precipitación. En el área de los modelos de inundaciones repentinas, el empleo de los datos cuantitativos del radar representa un gran beneficio, así como el de las predicciones de precipitación a corto y muy corto plazo.

A medida que se establecen los modelos de las diferentes cuencas, la predicción meteorológica constituye una ayuda cada vez más importante, siendo de especial interés las predicciones cuantitativas locales de precipitación a distintas escalas temporales. No obstante, las redes de observación destinadas a fines de predicción meteorológica tienen que completarse con información sobre la fase, el caudal y otros datos de superficie del agua para que puedan utilizarse con fines de predicción de inundaciones. Así mismo, los datos hidrológicos que se recogen en cada red SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) de las distintas cuencas hidrográficas, permiten obtener información muy valiosa sobre posibles inundaciones. Destacar la red del SAIH en la demarcación de la Confederación Hidrográfica del Júcar, como la más antigua de las instaladas en España, con datos desde 1989.

Entre otros datos utilizados en los modelos de predicción de inundaciones, pero que no se incluyen normalmente en las observaciones meteorológicas, cabe citar la humedad del suelo y la radiación solar. La elección del modelo adecuado para la predicción hidrológica de un determinado caudal fluvial, en tiempo real,

deberá tener en cuenta la predicción meteorológica, el tiempo disponible entre la elaboración de esta predicción y la ocurrencia de la inundación, los recursos humanos e informáticos disponibles, y también, la resolución de los datos de las medidas de precipitación. En este sentido, la variabilidad espacial y temporal de los campos de intensidad de lluvia, constituye un factor clave en la generación del hidrograma de una crecida. Una de las principales tareas en la que están embarcados hoy día los hidrólogos, es en la predicción de los niveles del agua, junto a un cuidadoso trazado de mapas del sistema fluvial y de su cuenca de desagüe.

También es de gran provecho el que los radares realicen muestreos pormenorizados de una zona lluviosa; si bien hay que admitir que hasta ahora los radares meteorológicos proporcionan información indirecta de la precipitación, y que la estimación de la intensidad de lluvia en el suelo requiere complejos mecanismos de corrección. En todo caso, los datos del radar meteorológico es una de las herramientas más potentes utilizadas por los hidrólogos para la previsión de crecidas fluviales e inundaciones.

Todas estas técnicas y variedad de información meteorológica e hidrológica contribuyen sin duda a lograr reacciones eficaces ante situaciones de emergencias. Y aunque se escucha con frecuencia que nada puede hacerse respecto al tiempo, excepto hablar de él, es cierto que no podemos alterar las condiciones meteorológicas en sí mismas (con raras excepciones muy especiales), pero debemos prepararnos para resistir los daños y tratar de evitarlos.

Cuanto mayor sea la anticipación de un aviso sobre las condiciones que puedan ocasionar daños, más fácil será tomar medidas para combatirlas. La comprensión cada vez mayor de los procesos de correlación entre la atmósfera y el océano, está abriendo nuevas

perspectivas para mejorar las predicciones de largo alcance. Últimamente, los modelos de predicción incluyen un número cada vez mayor de procesos físicos que se producen en la atmósfera, trabajan a resoluciones mayores para tiempos más largos y en redes más finas, con un incremento exponencial del tamaño y de la complejidad de los resultados de los modelos, mejorando así las predicciones del tiempo con varios días de antelación, si bien, todavía no incorporan los cambios dinámicos en la vegetación, ni una parte de la química atmosférica, aunque se trabaja intensamente en ello. En este sentido, hay que seguir avanzando en la confección y acoplamiento en tiempo real, de modelos meteorológicos e hidrológicos operativos que ayuden a una más correcta predicción de determinados fenómenos meteorológicos extremos.

Los potentes ordenadores actuales, además de utilizarse en simulaciones matemáticas cada vez más realistas de los sistemas sinópticos (anticlones, bajas presiones, corrientes en chorro, etc.), son la espina dorsal de los sistemas de comunicaciones, y constituyen instrumentos esenciales para meteorólogos e hidrólogos a todos los niveles, siendo incorporados en sistemas de observación tan diversos como las estaciones automáticas, radares meteorológicos, sensores instalados a bordo de satélites, y a bordo de globos que sondean el viento, temperatura y presión hasta los más elevados estratos de la atmósfera.

Abundando en esta idea, el Ministerio de Asuntos Exteriores publicó recientemente en el BOE, con fecha 19 de enero de 2002, una Resolución referente al Programa del Sistema Polar EUMETSAT (*European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites*), para el desarrollo y explotación de un sistema que facilite la continuación y mejora de las observaciones desde órbita polar matutina, y que permitirá obtener perfiles verticales de temperatura y hume-

dad, en apoyo de los modelos numéricos de predicción, imágenes de nubosidad, índices de vegetación, temperatura de la superficie del mar, contenido de aerosoles en la atmósfera, parámetros de radiación, etc.

Considerando como fundamentales estos aspectos técnicos de contenido meteorológico e hidrológico, la educación del público en lo que respecta a la adopción de respuestas adecuadas, y la preparación pertinente de las zonas inundables, son otros factores importantes que pueden reducir los daños causados por las inundaciones. Una buena preparación comienza con el conocimiento de dichas zonas. La prospección del territorio “in situ” en momentos de avenida, apoyándose en el uso de nuevas técnicas, como las derivadas de la utilización de los sistemas de posicionamiento global de satélites (GPS), permiten perimetrar el área afectada, obteniendo una delimitación y cálculo de superficie con un margen de error prácticamente despreciable.

El levantamiento de mapas de las zonas afectadas puede ser la base para comenzar la planificación en el aprovechamiento de las tierras, y en reducir al mínimo los riesgos para la vida y propiedades que surjan durante las inundaciones. Los mapas de las zonas inundables también ayudan a decidir qué medidas deben adoptarse en el curso de las inundaciones, cuáles son las zonas de riesgo, la frecuencia probable de las inundaciones, y en caso necesario decidir, por ejemplo, si hay que evacuar a la población.

## **SEQUÍA**

Como fenómeno extremo contrario a las inundaciones está la sequía.

Se puede entender la sequía como la ausencia o escasez de lluvia durante un período de tiempo continuado que produce importantes desequilibrios hidrológicos (como daños en las cosechas agrícolas, escasez en el suministro de agua, etc.). La severidad de la sequía depende del grado de deficiencia de humedad, de su duración y de la extensión del área geográfica afectada. No es fácil advertir cuándo comienza o cuándo se está terminando, puesto que la sequía no se distingue con claridad de los períodos habituales de tiempo seco.

Cuatro aspectos diferentes contribuyen para definir la sequía:

- Meteorológico
- Agrícola
- Hidrológico
- Socioeconómico

La sequía meteorológica puede definirse en función del grado de falta de agua, expresado a través de la reducción porcentual con respecto a la pluviometría media anual o estacional a largo plazo. Esta definición admite múltiples variaciones, puesto que su significado puede ir ligado a las condiciones propias de una región y depende de la actividad humana en relación a la cual se valora la pluviometría.

La sequía agrícola se refiere a una situación tal que la escasez de humedad en el suelo, durante un tiempo no excesivamente largo, produce un daño particular en un determinado cultivo.

La sequía hidrológica ocurre cuando el suministro de agua en la superficie y en el subsuelo es inferior a lo normal.

El aspecto socioeconómico de la sequía surge cuando el suministro de agua es tal que empieza a afectar a la población.

Los impactos de la sequía son cinco:

- Indirectos
- Directos
- Económicos
- Sociales
- Medioambientales

La sequía produce un complejo tejido de impactos que se extiende a muchos sectores, y alcanza más allá del área de la sequía física experimentada. Esta complejidad existe porque el agua es parte integrante de nuestra capacidad de producir buenos alimentos y eficaces servicios.

Cultivos reducidos, incremento de los fuegos forestales, reducción del nivel de las aguas, la mortalidad de la fauna, o el daño que se origina en el “hábitat” de las aves y peces, son algunos ejemplos de los impactos indirectos.

Los impactos directos son comúnmente de carácter biofísico.

Muchos impactos económicos ocurren en la agricultura y sectores afines, como la silvicultura y piscicultura, por la influencia de los recursos hídricos en estas actividades.

Los impactos sociales de la sequía constituyen una grave amenaza para la subsistencia de 1 200 millones de personas en todo el mundo repartidas en más de 110 países afectados, y sus efectos se dejan notar en la salud pública, en los conflictos entre usuarios del agua, en los desastres de la contaminación urbana y, en definitiva, en el deterioro de la calidad de vida de los ciudadanos.

Hace unos años, en la capital de Níger, Niamey, se puso en marcha un estudio para definir los períodos secos y húmedos a fin de

determinar la repercusión de las condiciones climatológicas sobre la ocurrencia de la meningitis cerebroespinal. La posible solución de lagos artificiales en Túnez para paliar la escasez de agua en ese país, se vio contrarrestada por el problema simultáneo de la fuerte evaporación. En 1975, en Francia se sabía que la nieve caída era escasa, para que con su fusión llegase suficiente agua a los grandes embalses hidroeléctricos entre los meses de marzo y septiembre. Entonces, en febrero de 1976 se tomaron medidas para utilizar plantas térmicas para la generación de energía, y así preservar los niveles de agua en los embalses.

Es decir, cada vez que se produce una sequía se ponen en alerta todos los estamentos sociales con programas de emergencia; pero en cuanto vuelven las lluvias, no conviene ver en la sequía un fenómeno pasado, sin reparar que forma parte del clima de la región que la padece, y que volverá a repetirse. Esto sucedió en España en la última gran sequía entre los años 1990-1995. Durante los años 1992 y 1993, las autoridades decretaron medidas para promover el ahorro de agua en algunas ciudades, incluido el establecimiento de un período de 12 horas al día de corte de suministro, durante varios meses. Las precipitaciones caídas en el otoño de 1993 hicieron que en noviembre de ese año se levantaran las medidas de emergencia. Sin embargo, durante la segunda mitad del año 1994 las reservas volvieron a disminuir, y en 1995 se implantaron otra vez las restricciones coincidiendo con la supresión del campeonato del mundo de esquí alpino en Sierra Nevada, por falta de nieve.

Las causas de las sequías y de otras variaciones climáticas son numerosas, complejas y todavía sólo parcialmente comprendidas. Por otra parte, los desastres causados por las sequías se ven intensificados por factores tan diversos como las prácticas agrícolas, los cambios de densidad de población, así como la capacidad que tiene

un país para conseguir suministros sustitutivos de alimentos, agua y empleo.

Afortunadamente se empiezan a notar síntomas de progresos en distintos frentes en la lucha contra la sequía y la desertización, a lo que contribuyen en distintas formas las ciencias atmosféricas.

Una de estas contribuciones consiste en mejorar los conocimientos relativos a los periodos de sequía de años anteriores. A medida que mejora el conocimiento de las épocas pasadas, prospera también nuestra capacidad de facilitar información sobre el riesgo de que se produzca una sequía de determinada gravedad en el futuro. El segundo aspecto en importancia se funda en el mejor conocimiento de los procesos que actúan dentro del sistema climático mundial. Cuando comienza una sequía, muchas disciplinas científicas se ven llamadas a intervenir para evaluar su evolución, gravedad, duración probable y efectos. La evaluación de las anomalías respecto de las condiciones normales, la comparación con fenómenos anteriores, la evaluación de la probabilidad de futuras anomalías y la investigación de la vigilancia del clima y de los cambios climáticos, constituyen aspectos esenciales para la reducción de este fenómeno climático.

Aunque todavía no podemos predecir la sequía, una medida útil podría consistir en predecir su aparición; si bien hay que ser conscientes de las fuertes limitaciones y de los resultados relativamente pobres que en este momento se han obtenido sobre las predicciones de carácter mensual, estacional o anual. Otra cosa es poder descubrir las condiciones que conducen a tales anomalías, y así empezar a abrir la puerta a la predicción de la sequía.

En todo caso, la exclusiva valoración de los aspectos físicos de la sequía (su magnitud, duración, intensidad y extensión geográfica)



contribuye sólo parcialmente a entender por qué sequías con características físicas parecidas, tienen distintas repercusiones según las regiones e incluso la época dentro de una misma región. Solamente, unos estudios multidisciplinarios que aborden también los factores sociales, económicos y culturales, permitirán comprender mejor este fenómeno climático extremo.

### **LA INFLUENCIA DEL HOMBRE**

El otro aspecto que indiqué al principio, es el de las actividades humanas que son especialmente sensibles al tiempo. Pues bien, queda mucho por hacer para evaluar el impacto que el hombre ejerce sobre el clima. Entre las estrategias que se pretende adoptar se incluye la eliminación de algunas emisiones nocivas, por ejemplo los clorofluorocarbonos (CFC), que actúan como elemento destructor de la capa estratosférica del ozono que protege a los seres vivos de las nocivas radiaciones ultravioleta. Al conceder más interés a la conservación de la energía y a la eficacia de los procesos de combustión, se disminuiría también el aumento de la concentración de anhídrido carbónico, principal gas que produce el efecto invernadero y que nunca había alcanzado los niveles actuales. Al disminuir la destrucción de los bosques tropicales y lograr la reforestación en todas las zonas del mundo, se podría contribuir también a mantener e incluso a aumentar las reservas de carbono de la biomasa.

En este punto es importante señalar la extraordinaria información que se puede obtener con el nuevo gigante del espacio; el satélite ENVISAT, de ocho toneladas de peso, de órbita casi polar y un costo de 3 200 millones de euros (España es uno de los países europeos que ha contribuido en este magnífico proyecto). Desde su recorrido, sobrevolando los polos a 800 metros de altitud, vigilará el

retroceso de los glaciares, la evolución de los casquetes polares de la Antártida, y evaluará los impactos de los fenómenos meteorológicos extremos, y los causados por el hombre, como la deforestación, los incendios forestales y el avance de las zonas desérticas. Su contribución sobre los posibles cambios medioambientales permitirá determinar las cantidades de óxido de nitrógeno derivado de la quema de combustibles fósiles, el dióxido de azufre expelido por las industrias contaminantes y las emisiones de aerosoles y chimeneas, realizando mapas de estos contaminantes en tres dimensiones.

Y es que los tres problemas más graves con que se enfrentan los países del mundo en relación con el medio ambiente, se refieren a la atmósfera; y son los siguientes:

- a) El transporte a grandes distancias de contaminantes llevados por el aire (incluida la lluvia ácida).
- b) La emisión de productos químicos en la atmósfera que influye en la capa de ozono estratosférica.
- c) Crecientes cantidades de anhídrido carbónico, y algunos otros gases acumulados en la atmósfera, que modifican el balance de la radiación y el clima mundial.

Todo ello tiene carácter atmosférico, pero en algunos casos, especialmente en lo que se refiere al transporte a grandes distancias de contaminantes del aire, también se ven afectados otros componentes del medio ambiente, como las aguas y los bosques. (Se tiene la sospecha de que por el posible deterioro del medio ambiente se esté debilitando el desarrollo del pinsapo, especie delicada y relictica, que se conserva en las serranías de Ronda y Grazalema).

Y surge la pregunta: ¿La contaminación es realmente motivo de preocupación en la actualidad?

Desde luego, y esta preocupación es de ámbito cada vez más internacional, a medida que nos damos cuenta de que los contaminantes, tanto de la atmósfera como del agua, no respetan las fronteras nacionales, y que en ocasiones, las emisiones industriales causan daños al medio natural muy lejos del lugar de origen de la contaminación.

Es interesante señalar que la contaminación atmosférica existente en las grandes ciudades, ha tendido a disminuir gracias a programas locales de limpieza de la atmósfera. En muchos países del mundo se ha prestado gran atención a la mejora de la situación controlando las emisiones de la industria, de los automóviles, etc. A título de ejemplo diré que, en la región italiana de Lombardía se está estudiando la posibilidad de imponer de forma obligatoria, a partir del año 2005, la compra de vehículos ecológicos, eléctricos, a metano o híbridos, para hacer frente a los graves problemas de contaminación que padece.

No quisiera omitir la ayuda que los meteorólogos podemos prestar en caso de desastres no meteorológicos, ayuda importante y variada. Así, en los incendios forestales las técnicas de evaluación del riesgo exigen datos meteorológicos con observaciones de viento y humedad para las predicciones locales de la extensión y propagación del incendio. En el caso de plagas, las observaciones y predicciones meteorológicas pueden incrementar la eficacia de la fumigación, y también limitar su dispersión por el viento hacia objetivos no predeterminados.

### **ASPECTOS SOCIO-POLÍTICOS**

Pues bien, ante esta incompleta y sucinta exposición de hechos reales, ¿qué se debe hacer?

Dentro del contexto de las medidas nacionales de respuesta a los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, todas las organizaciones que participan antes y durante un desastre son en realidad un grupo de usuarios de los servicios meteorológicos. La primera medida que adoptan los organismos nacionales meteorológicos e hidrológicos, cuando tratan de establecer su propio mecanismo de respuesta ante los fenómenos extremos, es identificar a los posibles afectados. En general esta fase va seguida de una serie de consultas con otros organismos oficiales o locales, con objeto de especificar las necesidades, el intercambio de información sobre la posibilidad de satisfacerlas, y la creación de los mecanismos adecuados.

En esta época que nos ha tocado vivir es importante comprender que el hombre se enfrenta a un nuevo problema: la integración de la necesidad de desarrollo económico y social, con la gestión y control de los recursos que facilita la tierra, y que ha derivado en el concepto de desarrollo sostenible, es decir, que éste satisfaga las necesidades presentes sin poner en peligro el que generaciones futuras puedan cubrir sus propias necesidades.

En este sentido, la disponibilidad de agua dulce es uno de los grandes problemas que se plantean hoy en muchos países del mundo, y en algunos aspectos el más importante. Según algunos sociólogos, durante los próximos 50 años, los problemas relacionados con la falta de agua o la contaminación de masas de agua, afectarán a muchos habitantes del planeta. ¿Puede entonces transformarse la competencia entre el medio ambiente y el desarrollo, en una asociación entre los dos, y lograr así el objetivo del desarrollo sostenible? Este es el dilema. Hace poco, un articulista escribía con cierta dosis de exageración: “en este planeta que dicen que es azul a vista de astronauta, pero que de cerca parece más bien marrón, algo habrá que hacer para apoyar el plan de desarrollo sostenible, porque la situación no lo es”.

## **INCERTIDUMBRES**

¿Cuál es la opinión de la comunidad científica sobre si cambian o no los fenómenos hidrológicos extremos?

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 extremos.

El último informe sobre el cambio climático (IPCC) del pasado año 2001, prevé al menos, dos grandes impactos medioambientales: el aumento del nivel del mar y la intensificación del ciclo hidrológico mundial. No obstante, conviene precisar, que en el último Resumen para Responsables de Políticas (RRP), se especifican como incertidumbres claves: “los mecanismos, la cuantificación, las escalas temporales, y probabilidades asociadas con cambios no lineales y abruptos” (por ejemplo, la circulación termohalina, es decir, el vínculo que existe entre el cambio climático y la circulación en los océanos).

En cuanto al segundo impacto, se supone que habrá una mayor intensidad y frecuencia de los ciclos de sequías e inundaciones.

La mitad sur peninsular es sin duda la región española más directamente afectada por esta dualidad, inundaciones y sequía. Y en esta región en la que se presentan importantes inundaciones y prolongadas sequías, la gestión del agua hace muy conveniente el análisis detallado de las series pluviométricas. Los últimos resultados apuntan como especialmente llamativo, que la variabilidad interanual de la precipitación haya aumentado en el pasado siglo de forma casi continua, al menos en algunas zonas del sudeste español. En todo caso el estudio y análisis de las series históricas son las que

deben contribuir en principio a constatar los cambios o no en la dinámica climática.

Estos dos extremos de alta variabilidad, por exceso y por defecto, son los que originan los grandes desastres que abruma a las poblaciones más meridionales de España.

## **ACTUACIONES**

Bien es cierto que la respuesta ante un desastre será distinta en cada situación según sea el tipo de acontecimiento y las condiciones geográficas y socio-económicas de la zona afectada. No obstante, existen algunas medidas comunes a todas las estrategias de prevención; entre otras, pueden destacarse:

- Evaluar la magnitud del riesgo de cada tipo de desastre.
- Predecir, con la mayor precisión posible, los parámetros necesarios para avisos con la debida antelación.
- Mejorar los sistemas de avisos existentes y crear los que falten.
- Iniciar o acelerar las medidas destinadas a garantizar una respuesta adecuada ante los avisos.
- Contribuir a la información y educación del público.
- Estrechar la coordinación con los servicios de protección civil.

## **EPÍLOGO**

La historia de España está marcada trágicamente por el agua. Cientos de inundaciones registradas desde que hay memoria histórica han devastado, una y otra vez, muchas regiones de nuestra geografía. Los temporales de viento y mar en nuestras costas han diezmando las flotas pesqueras y las infraestructuras urbanísticas del litoral.

Es precisamente en la línea costera mediterránea, donde se dan las características apropiadas para las inundaciones rápidas. Una cordillera muy próxima a la costa (entre 5 y 50 km), da lugar a pronunciados barrancos que desembocan en cortas llanuras de inundación. Estos valles han sido poblados desde siempre, por industriosas poblaciones que han sabido conjugar perfectamente la fertilidad de las tierras de aluvión con las posibilidades mercantiles del Mediterráneo inmediato. En la actualidad, después del vaciamiento demográfico del campo español en favor de las grandes ciudades, puede decirse que la franja costera mediterránea ha pasado a poseer, junto con la del Norte, la mayor densidad demográfica de España. Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia y las provincias costeras de Andalucía vienen a contar con más de la tercera parte de la población española, mientras que su extensión, en especial las zonas densamente pobladas enclavadas entre la montaña y el mar, no llegan al diez por ciento del total.

Es en esta franja geográfica, densamente poblada, donde confluyen precisamente una serie de elementos climáticos y meteorológicos que, al conjugarse con la morfología del terreno y la zonificación poblacional citada, producen una resultante de alto riesgo.

Algunos elementos climáticos como son las altas temperaturas de largos estíos, el calentamiento del mar, y un alto grado de evapora-

ción y condensación atmosférica, hacen que al llegar las primeras semanas del otoño, se alcancen niveles peligrosísimos de inundaciones en el litoral mediterráneo y en las islas Baleares.

Para finalizar, insistir que, en las zonas con mayor riesgo de inundaciones, es necesario mantener y mejorar programas continuos y efectivos de educación y concienciación pública; cooperación entre todos los organismos e instituciones implicadas en la prevención de tales catástrofes; mejorar los sistemas de alertas con el fin de que se adopten las medidas apropiadas; potenciar las tecnologías emergentes, *webcasting*, televisión digital, internet, etc., y por último reforzar la capacidad de respuesta de los servicios operativos.

Y en todo caso, que administradores y administrados nos aprestemos a afrontar conjuntamente el problema. Porque, efectivamente, España es un país con elevado índice de riesgo en lo que se refiere a inundaciones. Pero no es menos cierto que el encadenamiento entre sequía-inundación y los incendios forestales, en una secuencia crecientemente dramática por su sistematicidad cronológica, nos puede conducir de forma irreversible, a ese estado indeseable de la catástrofe que es la desertización.

Muchas gracias.