

LA PREVENCIÓN METEOROLÓGICA DE INUNDACIONES

Rafael Armengot Serrano

INM, Centro Meteorológico Territorial de Valencia

C/. Botánico Cavanilles, 3

46010 VALENCIA

Tel. 963.69.07.50, Fax 963.62.71.02, E-mail: armen@inm.es

Resumen

Desde 1982, la prevención en España de lluvias intensas desde el punto de vista meteorológico ha experimentado un gran progreso, que se puede desglosar en tres vertientes: renovación tecnológica del Instituto Nacional de Meteorología (INM), adecuación de sus estructuras a la predicción y vigilancia permanentes, y relación con los organismos de protección civil. En el presente artículo se analizan dichas vertientes poniendo el acento en la renovación tecnológica, y remarcando los aspectos positivos y las dificultades surgidas.

Abstract

The meteorological forecast of heavy rains in Spain has experienced a big progress since 1982. This progress can be analyzed in three aspects: technological updating at the Instituto Nacional de Meteorología (INM), adaptation of its structures to a permanent forecast and watch, and relationship with civil defense. In this article these three aspects are analyzed, stressing the technological updating and emphasizing the positive aspects and difficulties.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista meteorológico, las precipitaciones intensas pasaron en España de una situación de casi olvido a un primer plano a raíz de dos episodios singulares: el de Octubre de 1982 en la Comunidad Valenciana, que precipitó en su núcleo máximo 1000 milímetros, derrumbó la presa de Tous y anegó la Ribera del Júcar; y el de Agosto de 1983 en el País Vasco, que produjo como hecho más sobresaliente el desbordamiento del río Nervión y la inundación del casco antiguo de Bilbao.

En aquellos años de todavía joven democracia, los organismos y planes de coordinación para la Protección Civil eran simplemente inexistentes. Los pronósticos meteorológicos no poseían la calidad de los actuales, y el Instituto Nacional de Meteorología carecía de un sistema de predicción y vigilancia permanentes; pero, caso de haber existido, los resultados no habrían sido muy diferentes de los producidos, ya que no existían canales de difusión eficaz de la información, ni planes de gestión de caudales, etc.

Coincidieron dichos episodios con los cambios políticos de 1982; a raíz de ellos se crearon las primeras estructuras actualizadas de Protección Civil. A partir de aquí, el Instituto Nacional de Meteorología asumió un doble reto: la incorporación de tecnologías punta, y la adopción de una estructura de predicción y vigilancia permanente. Y en coordinación con la Dirección General de Protección Civil y los organismos equivalentes de las Comunidades Autónomas, se adoptó una estructura de gestión de la información meteorológica en las situaciones de riesgo. Se desarrollan a continuación estos tres aspectos, remarcando los logros conseguidos pero también los problemas surgidos.

1. RENOVACIÓN TECNOLÓGICA DEL INM

En los años 80 se produce, a nivel mundial, una revolución tecnológica que modifica radicalmente los métodos de observación y análisis de las precipitaciones y, de forma destacada, de los procesos de lluvia intensa. Antes de dicha revolución, la observación y análisis estaban basados en la cartografía elaborada a partir de los mensajes sinópticos

ordinarios en tierra y mar, los sondeos aerológicos y los primeros balbuceos de modelos de análisis y predicción numéricos, muy frenados en sus posibilidades por sus grandes exigencias de potencia y velocidad de cálculo que chocaban con las limitaciones de la tecnología informática. De este modo, en dicho período empiezan su espectacular desarrollo tecnológicas como las imágenes de satélite, los radares meteorológicos, las redes de descargas eléctricas, los sistemas automáticos de información hidrológica, los grandes ordenadores vectoriales capaces de procesar la ingente cantidad de datos que requieren los modelos numéricos de análisis y predicción, otros ordenadores y aplicaciones que permiten el procesado estadístico de cantidades de datos antes inabordables... Evidentemente, este cambio radical en el modo de observar y analizar los procesos de la atmósfera revolucionó así mismo los modelos conceptuales que tratan de explicar estos fenómenos. Por su parte, el episodio de 19-20 de Octubre de 1982 supone un extraordinario impulso a los estudios sobre las precipitaciones intensas mediterráneas. Evidentemente, este gran impulso tecnológico es posible como consecuencia del desarrollo de estas tecnologías en países punteros en los años inmediatos precedentes.

Así, el Instituto Nacional de Meteorología se dota de la red de radares meteorológicos y del sistema interactivo SAIDAS (vid. SUOMI, 1983). Se desarrolla el tratamiento e interpretación conceptual de las imágenes del Meteosat en sus diversos canales; las imágenes proporcionadas por los satélites de órbita polar, aunque carecen de la continuidad que permiten los geostacionarios, permiten la observación y análisis de estructuras de mesoescala e incluso de microescala. La creación del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM) en Reading (Reino Unido) y el rápido desarrollo de los modelos numéricos de análisis y predicción, posibilitados por el uso de potentísimos ordenadores, conducen al desarrollo en el INM del Modelo de predicción numérica de Área Limitada (LAM); posteriormente se produce la asociación a un consorcio de Estados noreuropeos para el desarrollo del Modelo de Área Limitada de Alta Resolución (HIRLAM). A finales de los 80 se inicia la implementación de la red de radares meteorológicos del INM. En los primeros años 90 se instala, así mismo, la muy eficiente red de detección de descargas eléctricas. Por su parte, la Confederación Hidrográfica del Júcar fue pionera en dotarse del avanzado Sistema Automático de Información Hidrológica

(SAIH); en años posteriores lo adoptaron el resto de Confederaciones Hidrográficas, incluyendo las del Ebro y del Segura que abarcan parte del territorio aquí analizado.

a) Las **redes SAIH**, o Sistemas Automáticos de Información Hidrológica, suponen un instrumento privilegiado para la vigilancia y estudio de las precipitaciones. A finales de los 80 se añadieron las Estaciones Meteorológicas Automáticas del INM, capaces de proporcionar información en tiempo real con un detalle diezminutal, pero con una densidad escasa. A raíz del episodio de Tous, la Confederación Hidrográfica del Júcar fue pionera en su instalación, con 102 sensores de precipitación capaces de proporcionar información pluviométrica en tiempo real con una definición de cinco minutos; ello supuso un incremento espectacular de la información disponible en el transcurso de estos episodios, y de su análisis posterior, sobre cuánto y cómo llueve. A diferencia de las tecnologías de teledetección que se detallan a continuación, aquí se suministra información directa sobre la lluvia precipitada. Con todo, su densidad es desigual, y en conjunto con una cobertura notablemente inferior a la de la red pluviométrica convencional. Por la propia naturaleza de los intereses de las Confederaciones Hidrográficas, que privilegian la atención en los cursos fluviales, las franjas litorales están notablemente desatendidas, pero sería deseable que las Confederaciones Hidrográficas rellenaran dichos huecos. Entre los primeros estudios basados en estas redes destacan los de CAMARASA (1991), que del análisis de los hietogramas en determinados episodios apunta diferentes comportamientos de la precipitación en la franja litoral y en el retablo montañoso prelitoral del golfo de Valencia y traza hipótesis genéticas.

b) Los primeros **radares meteorológicos** comienzan su operatividad en 1988, y va paulatinamente aumentando nuestra información sobre la precipitación intensa desde la perspectiva de la teledetección, pero con progresos lentos en esta comprensión y resultados. Basados en tecnologías aplicadas en los campos aeronáutico y militar, emiten en bandas de microondas para las que sólo son opacas las gotas de agua con tamaño suficiente para precipitar, y transparentes las nubes en suspensión. Una

serie de algoritmos de conversión permiten transformar la señal reflejada, medida en decibelios, en intensidad de precipitación en mm/hora, con una visión tridimensional. Con todo, los problemas tecnológicos son grandes y dificultan una explotación directa de la información, so pena de cometer gravísimos errores. Los principales problemas, aunque no los únicos, son los siguientes:

- Los ecos de tierra contaminan la información, y su filtrado elimina señal meteorológica.
- Ciertas estructuras térmicas en la atmósfera pueden ocasionar falsas reflexiones.
- El relieve próximo puede apantallar determinados sectores geográficos, haciéndolos invisibles al radar.
- Cortinas de precipitación pueden ocultar al radar otros sistemas de lluvia situados más lejos.
- A partir de cierta distancia (80-100 Km.), la exactitud de la medida disminuye, por lo que no debe hacerse uso hidrológico de la información, sino primordialmente de vigilancia meteorológica; éste es el criterio adoptado por MétéoFrance, por ejemplo. Ello impide una cobertura total del territorio con este fin, a menos que se incremente considerablemente la densidad de la red.

Pero esencialmente hay que tener en cuenta que los radares proporcionan una medición indirecta de la precipitación, y adoptarla como medida primaria puede conducir a gravísimos errores. Por ello son clave los estudios de calibrado del dato radar con medidas pluviométricas, destacando los emprendidos por COLLIER (1986), y en España por CAMACHO (1996) y CORRAL (1997). A partir del estudio de las imágenes de los sistemas de precipitación suministrados por el radar, se han creado nuevos modelos conceptuales de mesoescala o microescala alta coherentes con dicho análisis; en nuestro ámbito se puede citar el trabajo de CAMACHO, GUTIÉRREZ y ARMENGOT (1997).

- c) En los años 80 se expande la explotación de las **Imágenes de satélite** en la predicción y vigilancia meteorológicas, así como en la investigación. Además de la puesta en órbita de satélites meteorológicos esta-

dounidenses y soviéticos en órbita polar, se había producido el lanzamiento y operación rutinaria de los satélites geoestacionarios; en primer lugar, de los GOES estadounidenses; con posterioridad, la Agencia Espacial Europea, consorcio del que entró a formar parte España, lanzó la serie de satélites Meteosat, ubicados sobre las coordenadas 0 0. Su explotación evolucionó de analógica a digital, en sus bandas fundamentales: espectro de absorción de vapor de agua (WV), infrarroja (IR) y visible (VIS). Sin duda, en el campo aquí abordado posee la mayor importancia la banda infrarroja, infiriendo la temperatura de los topes nubosos e indirectamente su altura.

La explotación digital de dicha información está en la base de la definición de nuevos **modelos conceptuales** relacionados con la generación de lluvias intensas, formulados inicialmente en Estados Unidos y posteriormente adaptados a nuestro ámbito. Así, MADDOX (1980) genera el concepto de Complejos Convectivos Mesoescálicos (CCM); a partir del análisis de numerosos casos, especialmente en el centro-oeste de Estados Unidos, define unas condiciones de extensión de masa nubosa para distintas temperaturas de reflectividad, de ciclo de vida y de forma; dicha estructura de enorme dimensión sería responsable de muchos de los episodios de lluvia torrencial sobre áreas extensas y con duración superior a las 5 horas, en latitudes medias. Dado lo riguroso de las condiciones impuestas para definir estos sistemas, ZIPSER (1981) las adapta para casos de dimensión menor, definiendo los Sistemas Convectivos Mesoescálicos (SCM). RIOSALIDO (1990) realiza un seguimiento de dichas estructuras durante todo el período otoñal y muestra sus patrones de distribución, con un claro máximo en el golfo de Valencia, así como factores ligados a su génesis y potenciación.

Esta vinculación entre SCM y precipitación intensa ha sido recientemente matizada por JANSÀ CLAR (1996). En el contexto de los trabajos de seguimiento vinculados al Programa de Estudios Meteorológicos del Mediterráneo Occidental (PEMMOC), Jansà ha señalado que "pocos de los episodios de precipitación intensa se han mostrado compatibles, en el tiempo y en el espacio, con la presencia de SCM", aunque probablemente sí que se produzcan en la mayoría de los grandes episodios. La experiencia reciente en el ámbito valenciano abunda en esta línea. en efecto, el estudio detallado de determinados episodios

de nuestro ámbito, como el del 4 de Septiembre de 1989 o el 11 de Septiembre de 1996, mostraron cómo en dichos casos no había coincidencia temporal-espacial entre máximas precipitaciones y ubicación de los SCM. En definitiva, parece que está pendiente en nuestro ámbito un trabajo de calibración de las imágenes de satélite con datos reales de precipitación, análogo a los que se desarrollan para el radar. Ya a principio de los 80, en Estados Unidos se elaboraban algoritmos para la combinación de datos procedentes de satélite con los de las redes de radares, dando como resultado mapas de probabilidad de lluvia (BELLON, 1980). Ciertos productos adoptados por el INM español, como los algoritmos Rainsat, van en esta línea: combinan datos de distintos canales de radiación de satélite con datos radar. Pero la presunción de que las reflectividades de satélite proporcionan una visión fiel de la precipitación llegada al suelo es muy arriesgada.

Pero los progresos en teledetección desde satélite van mucho más allá. Aunque aún con un margen de error superior a los procedimientos tradicionales, se está avanzando en la cobertura completa del territorio mediante sondeos desde satélite, o deducción de datos de viento, todos ellos integrables en la información asimilada por los modelos numéricos. Y se están desarrollando multitud de nuevas aplicaciones, entre ellas el reconocimiento automático de formas mediante la combinación de la información satelitaria con técnicas estadísticas avanzadas como las redes neuronales (MARTÍNEZ RUBIO, 1996). Sin olvidar los progresos conseguidos en campos conexos a la Meteorología como la Oceanografía, con el gran progreso en el análisis de la distribución y dinámica del campo térmico marino (LÓPEZ GARCÍA, 1991).

d) Las redes de detección de descargas eléctricas. Estas redes, relativamente modestas en coste económico en comparación con los otros dispositivos referenciados, han mostrado una sorprendente eficiencia en la vigilancia meteorológica, hasta el punto de hacerse imprescindibles en el seguimiento de los procesos de precipitación intensa. Su capacidad para situar todos los rayos que se producen entre nube y tierra, con gran exactitud en su localización espacial y temporal, proporciona una información valiosísima para ampliar el conocimiento sobre el ciclo de vida de los cumulonimbos y de los sistemas convecti-

vos de mayor entidad. Así, GUTIÉRREZ Y PÉREZ PUEBLA (1992) han efectuado un primer estudio sobre evolución temporal de las características eléctricas de las descargas nube-tierra.

En el desarrollo de este instrumento no se ha caído en el error de pretender establecer una relación unívoca entre descargas y precipitación, dada la evidencia empírica de la inexistencia de dicha relación. Con planteamientos más modestos, por tanto, sí se han iniciado estudios para relacionar datos procedentes del radar con las descargas eléctricas; en España han sido pioneros PÉREZ PUEBLA, GUTIÉRREZ et al. (1996). Aunque la creación de nuevos modelos conceptuales está aún en una fase temprana, es indudable que experimentará grandes avances en los próximos años.

e) Los avances en modelización numérica. La simulación del estado de la atmósfera y la predicción de sus estados futuros mediante modelos numéricos han experimentado un progreso vertiginoso. Tras los primeros intentos experimentales de predicción del campo bórico superficial con un gran coste de recursos humanos y gran consumo de tiempo, el espectacular progreso experimentado por la informática ha ido posibilitando una revolución paralela en las técnicas de análisis y predicción numéricas. Así, la ingente cantidad de cálculos necesarios para operar con las ecuaciones primitivas que gobiernan la atmósfera hizo necesario simplificar el proceso usando ecuaciones filtradas. El posterior progreso exponencial de la capacidad y rapidez de los nuevos grandes ordenadores posibilitó acudir directamente a las ecuaciones primitivas (HOLTON, 1990).

En los años 80 adquieren gran desarrollo los centros dedicados al desarrollo y gestión de modelos de predicción globales, de ámbito planetario. En Europa, sin dejar de lado los desarrollados por los centros meteorológicos alemán y francés, sin duda la referencia obligada fue y sigue siendo el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM), consorcio europeo con sede en Reading (Reino Unido), cuya pasada principal avanza sus campos previstos hasta el día D+10 y es la primera referencia de la predicción en el ámbito europeo.

En paralelo, han ido desarrollándose

modelos de área limitada, que parten de las condiciones de contorno definidas por los modelos globales para trabajar a una escala más detallada en el tiempo y en el espacio, con una rejilla de datos más fina (hasta unos 0,2 grados de latitud/longitud) y una simulación más detallada del relieve. En España el INM tiene en operación el HIRLAM, con una rejilla de 0,5 grados y una predicción hasta 48 horas; otra versión de malla fina opera con una densidad de 0,2 grados.

Por último, están proliferando en los últimos años los modelos de mesoescala, con mallas de pocos kilómetros de separación y validez para pocas horas; en los procesos que nos ocupan en el presente estudio, se espera de estos modelos que reproduzcan con fidelidad los procesos convectivos. La última generación de dichos modelos pretende incluso no limitarse a la meteorología, sino incluso integrar los procesos hidrológicos posteriores a la precipitación; por ejemplo, en el marco del Mesoscale Alpine Programme, BENOIT et al. (1997) abordan de este modo experimentalmente un proceso de inundación súbita en la vertiente sur alpina.

La experimentación numérica permite controlar los parámetros que intervienen en los procesos, comprobar numéricamente los resultados y compararlos con los análisis reales. Entre los ejemplos de este tipo de estudios referentes a procesos vinculados a precipitaciones intensas en nuestro ámbito, se puede citar a GARCÍA-MOYA, JANSÀ et al. (1989) en su simulación de la intervención de la orografía y la condensación en la ciclogénesis del mar de Argelia.

Se puede resumir este apartado señalando el gran progreso experimentado por la predicción de las grandes estructuras meteorológicas de la troposfera media y alta y su plasmación en niveles bajos, así como por los efectos a mesoescala de los episodios inestables. Pero en ciertos aspectos los avances, aun siendo importantes, no han eliminado la incertidumbre; por ejemplo:

- El desplazamiento de las bajas aisladas en la troposfera media y alta es seguido con mayor fidelidad por los modelos, pero continúan teniendo un gran margen de incertidumbre; así, no son inhabituales errores de 48 horas entre la previsión numérica de la movilización de una de dichas bajas y su movilización real. Ello

mantiene una gran incertidumbre en el pronóstico de las lluvias intensas a muy pocos días vista.

- La predicción de estructuras en capas bajas generadas por los niveles superiores, en especial los procesos de ciclogénesis, muestran resultados muy diferentes entre los distintos modelos, observándose errores importantes incluso en el CEPPM, el más avanzado en nuestro ámbito.
- Por último, hay limitaciones en la misma predecibilidad de la atmósfera a partir del cuarto día, que muestran la posibilidad de que los potentísimos modelos numéricos sólo sean capaces de predecir con acierto rasgos muy generales del estado atmosférico a pocos días vista. Ello haría teóricamente muy improbable un objetivo a priori tan aparentemente modesto como anticipar con una semana de antelación la certeza, o incluso la alta probabilidad, de ocurrencia de un episodio de lluvias intensas en un ámbito concreto. Como señalan MORNET y LEFORT (1997):

"Desde hace pocos años, los controles objetivos y subjetivos ponen de manifiesto que, a pesar de los progresos de los modelos numéricos, los fenómenos sinópticos quedan mal predichos a partir de Día + 4. (...) Por esta razón, el Centro Europeo (CEPPM) recomienda una nueva aproximación para la predicción intermedia a medio plazo (D4, D5, D6) (...) Se trata de una predicción de los fenómenos de gran escala, decimos suprasi-nópticos, con el modelo del Centro Europeo."

En resumen, a pesar de los enormes esfuerzos y avances de los últimos años, los modelos numéricos están lejos de poder predecir con suficiente exactitud los estados futuros de la atmósfera, en especial en los cambiantes contextos inestables; es más, se está poniendo en duda la misma predecibilidad en el medio plazo, esencialmente por los elementos caóticos inherentes a la dinámica atmosférica, que la dotarían de un carácter divergente en el medio plazo.

En síntesis, éstas son las principales tecnologías que ha incorporado o actualizado el INM en los últimos diez años. Fundamental-

mente son instrumentos de vigilancia y, como se ha expuesto, los avances en predicción distan mucho de marcar un futuro de plena anticipación de los estados futuros de la atmósfera; antes al contrario, se extiende la idea de un cierto grado de impredecibilidad. Pero, sin duda, el progreso respecto al estado de cosas existente en 1982 es de gran magnitud.

2. ESTRUCTURA DE PREDICCIÓN Y VIGILANCIA PERMANENTES

En paralelo a la incorporación de todos estos nuevos instrumentos tecnológicos, surgió el reto de que el INM se dotara de una estructura de predicción y vigilancia operativa las 24 horas del día y los 365 días del año, apta para alertar y hacer un seguimiento en tiempo real de aquellos fenómenos susceptibles de crear situaciones de riesgo. Entre ellos destacan los fuertes vientos, las nevadas y, muy especialmente, las precipitaciones intensas.

Para ello se crean en 1987 los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPVs), cuya distribución y ámbito geográfico de responsabilidad surgen de un compromiso entre la estructura administrativa preexistente y las necesidades operativas. Se crean 11 GPVs, con la siguiente localización y cobertura: A Coruña (Galicia), Santander (Asturias, Cantabria y el País Vasco), Valladolid (Castilla-León), Madrid (Madrid y Castilla-La Mancha), Sevilla (Andalucía Occidental, Extremadura y Ceuta), Málaga (Andalucía Oriental y Melilla), Zaragoza (Navarra, Rioja y Aragón), Barcelona (Cataluña), Valencia (Comunidad Valenciana y Murcia), Palma de Mallorca (Baleares) y Las Palmas (Canarias). Como se aprecia, tienen una cobertura desigual en territorio, población y problemática meteorológica.

Para la prevención de las situaciones de riesgo de lluvias torrenciales mediterráneas de otoño se diseñaron en un principio las campañas Previmet-Mediterráneo. Su período de operatividad se ceñía en sus primeras ediciones a la época de mayor riesgo: del 15 de Septiembre al 15 de Noviembre. La reiteración de episodios torrenciales antes y después de dichos límites en 1989 (un año con una frecuencia extraordinaria en lluvias intensas mediterráneas) llevó a extenderlo en ediciones sucesivas desde el 25 de Agosto hasta el 30 de Noviembre. Los episodios torrenciales que

ocurrieran fuera de dichas fechas, o en ámbitos geográficos no mediterráneos, no tenían un plan de actuación bien prefijado, aunque básicamente el INM seguía las pautas señaladas en el plan Previmet.

En 1996, con la puesta en marcha del "Plan General de Avisos de Fenómenos Meteorológicos Adversos", el INM varió la filosofía anterior. Dicho Plan posee adaptaciones para cada una de las 17 Comunidades Autónomas: dichas adaptaciones matizan los umbrales y protocolos de actuación. Este Plan se aplica también a otros fenómenos como el viento o la nieve y tiene vigencia durante todo el año aunque, lógicamente, su incidencia mayor en el tema de inundaciones se produce durante el otoño en el ámbito mediterráneo. Se establecen umbrales de aviso para precipitaciones horarias y acumuladas:

- **Horarias.** Se consideran **fuertes** con intensidades entre 15 y 30 mm/hora, y **muy fuertes** (merecedoras de aviso a los organismos de Protección Civil) por encima de 30 mm/hora.
- **Acumuladas.** Se consideran acumulaciones de precipitación causantes de aviso, en general, los 60-80 milímetros en 12 horas; en la Comunidad Valenciana dicho umbral asciende a 100 milímetros en 12 horas, dada la frecuencia con que se alcanzan los anteriores valores en determinadas zonas.

Los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPVs), de acuerdo con el Centro Nacional de Predicción (CNP) del INM, emiten en lenguaje claro avisos de riesgo de corto plazo (con un alcance máximo de 48 horas) o de fenómeno observado si respectivamente se prevé o consta que se han superado dichos umbrales. El CNP también puede emitir avisos de plazo medio (con un alcance máximo de 4 días), aunque la práctica los ha desaconsejado. Dichos avisos se difunden a los organismos de Protección Civil y a los medios de comunicación, precisando en lo posible el período previsto de ocurrencia del fenómeno y su evolución probable, así como su localización. Se establece un contacto permanente con los organismos de Protección Civil, y también con aquellas instancias coordinadas con los mismos que lo requieran.

3. COORDINACIÓN CON PROTECCIÓN CIVIL

En paralelo con estos cambios en el INM, se creó la Dirección General de Protección Civil, dependiente de la Administración Central y con una estructura basada en las Delegaciones de Gobierno y Gobiernos Civiles. Pero en paralelo, las Comunidades Autónomas con mayor techo de competencias fueron creando sus organismos de Protección Civil y les fueron transferidas muchas o todas las competencias pero no el personal. Ello ha dado lugar a una duplicidad de estructuras, con la consiguiente frustración de muchos buenos profesionales que han visto sus puestos de trabajo vaciados de contenido, y un derroche de medios a causa de esta duplicidad que en el futuro difícilmente será tolerado por la Europa del euro.

Una vez que el INM detecta el riesgo de precipitación muy intensa, redacta el correspondiente Aviso de Fenómeno Adverso y lo difunde a las instancias de Protección Civil, Confederaciones Hidrográficas y medios de comunicación. Dichas instancias ponen en marcha a partir de aquí sus planes de actuación para inundaciones, coordinando a las distintas fuerzas públicas y a las instancias municipales. Se crea un flujo de información en ambos sentidos, con una corriente de retorno dirigida al correspondiente GPV que es fundamental para la correcta vigilancia del fenómeno.

Las alertas meteorológicas, a diferencia de lo que sucede en otros países —como Estados Unidos, donde es el National Weather Service quien las emite oficialmente—, son elaboradas por los organismos dependientes del INM, pero emitidas nominalmente por los organismos de Protección Civil. Esta cesión de imagen a unas instancias que tienen sus claros cometidos, pero no aportan valor añadido en la fase meteorológica, ha redundado en detrimento de la presencia pública del INM y de la incentivación de sus profesionales.

Los niveles de desarrollo de las distintas Protecciones Civiles del territorio español son *campmuy* diversos. La Comunidad Valenciana es una de las más desarrolladas, con un Centro de Emergencias dependiente del Gobierno Autónomo muy eficaz, con gran agilidad de actuación y de transmisión de información de retorno. En otros casos, como en Cataluña, la permanente rivalidad política ha llevado en ocasiones a las instancias de Protec-

ción Civil a una actuación que busca más el marcaje que la colaboración con las instancias dependientes de la Administración Central como es el INM, lo que puede producir que la eficacia se resienta.

Han sido numerosas las ocasiones en los últimos años en que estos procedimientos se han puesto a prueba. Cabe citar entre las más recientes las inundaciones en Biescas (Agosto de 1996), Alicante (Septiembre de 1997), Badajoz (Noviembre de 1997). El sistema de alerta meteorológica y las actuaciones consiguientes funcionaron de modo desigual, con éxitos parciales pero mostrando la gran dificultad de predecir con exactitud la localización exacta de estos fenómenos. Pero cabe señalar que es absurdo pretender que una alerta meteorológica supla las grandes temeridades de planificación cometidas, por ejemplo, en estos tres casos: edificación de un *camping* en un cono de deyección, urbanización de ramblas o albuferas... Frente a dichas irregularidades temerarias, el fracaso de los sistemas de alerta está garantizado y volverá a producirse en el futuro.

CONCLUSIONES

En resumen, desde la simple inexistencia de estructuras de predicción y vigilancia meteorológica, y de organismos y planes de protección civil (situación existente en 1982) hemos pasado a una estructura del Instituto Nacional de Meteorología completamente renovada tecnológicamente y en sus estructuras de predicción y vigilancia, a unas instancias de Protección Civil en general eficaces y bien coordinadas, y a unos planes de actuación que en principio garantizan una disposición permanente para la resolución de cualquier problemática relacionada con las precipitaciones intensas. Frente a este panorama alentador se pueden contraponer algunos defectos estructurales y de coordinación: duplicidad de organismos, ansia de protagonismo de algunas instancias en detrimento de otras, y una notable desigualdad en la operatividad entre unas Comunidades Autónomas y otras. Son éstos unos defectos inherentes a la juventud de estos organismos y procedimientos, que sin duda se irán corrigiendo en los próximos años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benoit, R. et al. (1997): "Rain Processes in the Big Flash Flood and Preparation of the Hydrologic Simulation". *Simposio internacional INM/OMM sobre ciclones y tiempo adverso en el Mediterráneo*, pp. 789-794.

Camarasa, A.M. (1991): "*Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranco de Carraixet y Rambla del Poyo*". Universidad de Valencia. Tesis Doctoral inédita. 540 pp.

Collier, C.G. (1986): "Accuracy of Rainfall Estimates by Radar; Part I and II: Calibration by Telemetering Raingauges". *Journal of Hydrology*, nº 83, pp. 207-235.

García-Moya, J.A., Jansà, A. et al. (1989): "Factors influencing the Algerian Sea Cyclogenesis". *XIV Asamblea de la Sociedad Geofísica Europea*.

Holton, J.R. (1990): "*Introducción a la Meteorología dinámica*". Madrid, INM, 423 pp.

Jansà Clar, A. (1996): "Ciclogénesis y lluvia fuerte en el Mediterráneo, hechos, incertidumbres y problemas". *III Simposio Nacional de Predicción del INM*. Madrid, INM, pp. 531-539.

López, M.J. (1991): "*La temperatura del mar balear a partir de imágenes de satélite*". València, Universitat de València, 158 pp.

Maddox, R.A. (1980): "Mesoscale Convective Complexes". *Bull.Am. Met.Soc.*, Vol 61, nº11, pp. 1374-87.

Martínez Rubio, M.A. (1996): "Técnicas de redes neuronales aplicadas al reconocimiento y clasificación de píxeles de imágenes de satélite". *IV Simposio Nacional de Predicción del INM*.

Mornet, B. y Lefort, Th. (1996): "La predicción a partir del día 4. ¿Qué sabemos predecir?. ¿Qué información debemos transmitir?". *IV Simposio Nacional de Predicción del INM* (en prensa).

Pérez Puebla, F., Gutiérrez, J.M. et al. (1996): "Relación entre las ocurrencias de rayos y las características de los ecos del Radar de Madrid". *III Simposio Nacional de Predicción del INM*. Madrid, INM, pp. 421-427.

Riosalido, R. (1990): "Caracterización mediante imágenes de satélite de los sistemas convectivos de mesoscala durante la campaña PREVI-

MET Mediterráneo-89". *2º Simposio Nacional de Predicción*, Madrid, INM, pp. 135-148.

Suomi, V. (1983): "Mcdas III. A Modern Interactive Data Access and Analysis System". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol.22, nº5.

Zipser, E.I. (1981): "*Utilización de un modelo teórico del ciclo de vida de los sistemas convectivos de mesoscala para mejorar las predicciones a muy corto plazo*". Ed. castellana (1990): Madrid, INM.