



Superrécord de Oliva-Gandía de 3-4 de noviembre de 1987

44

DOI: [10.31978/014-18-009-X.44](https://doi.org/10.31978/014-18-009-X.44)

AGUSTÍ JANSÀ CLAR

Grupo de Meteorología, Departamento de Física, Universitat de les Illes Balears

RAFAEL ARMENGOT SERRANO

Ex predictor en Delegación territorial (DT) en Valencia, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

JUAN PABLO SIMARRO GRANDE

DT en Valencia, AEMET

ALFONS CALLADO I PALLARÉS Y MARC COMPTE ROVIOLA

DT en Cataluña, AEMET

Nos hallamos pues en presencia de nubes eficientísimas en un entorno débil o moderadamente inestable que represadas entre las montañas de este extremo bético son como "esponjas" continuamente recargadas que "sueltan" la precipitación casi con la misma rapidez que la producen.

¿Por qué llueve tanto en La Marina Alta y en La Safor? - Blog "En el tiempo", 2012 – ÁNGEL RIVERA

A las 8 horas del 4 de noviembre de 1987 en Oliva (Valencia) se registraron oficialmente 817 mm de precipitación en 24 horas, un récord nacional que todavía no se ha batido. En Gandía, distante 9 km, las mediciones de los días 3 y 4 a las 8 horas sumaron 864 mm, caídos también en menos de 24 horas. Estos episodios de lluvia torrencial, con inundaciones repentinas y a veces catastróficas son relativamente frecuentes en el Mediterráneo, donde llueve menos días que en zonas atlánticas, pero con cantidades diarias a veces muy superiores. ¿Por qué son tan difíciles de predecir? Se describe en este capítulo el episodio de Oliva-Gandía, la singularidad climatológica de la región, las predicciones realizadas con los modelos de la época y, como contraste, las predicciones reconstruidas con modelos y sistemas de predicción por conjuntos (SPC) actuales.

Palabras clave: sistemas de predicción por conjuntos aplicados a la predicción de corto y medio plazo, predicción probabilista, récord oficial de precipitación en 24 h en España, caso de Oliva-Gandía 3/4-11-1987.

Imagen parte superior: inundación en la Carretera de Pego esquina con Carrer Hermanos Benlliure, Oliva, La Safor, València, el 3 de noviembre de 1987. Fotografía cedida por el Ayuntamiento de Oliva.



Figura 44.1: Mapa físico de la Safor, Marina Alta y zonas próximas. Se señalan los ríos principales, la incidencia de los vientos de *gregal* y algunas zonas de convergencia de sotavento.

44.1 La singularidad pluviométrica de La Marina Alta y La Safor

RAFAEL ARMENGOT SERRANO

Ex Predictor en GPV de Valencia, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

En estas comarcas del sur del golfo de Valencia se produce el máximo pluviométrico del litoral mediterráneo peninsular. La articulación del relieve en valles orientados a los vientos del nordeste, húmedos y frecuentemente inestables, y la intrusión terrestre en el mar del entorno del cap de la Nau, facilitan episodios frecuentes de lluvias intensas. Estos episodios, cuando interactúan nítidamente con el relieve, son captados cada vez mejor por los modelos numéricos; pero los episodios focalizados en la línea costera, en ocasiones torrenciales, aún poseen alta incertidumbre.

44.1.1 El área

La Marina Alta y la Safor son dos comarcas valencianas que se extienden por el litoral y prelitoral sur de

la provincia de Valencia y norte de la de Alicante, desde la Vall d'igna hasta Calp por la costa. Ocupan algo menos de 1 200 km² y están habitadas por 365 000 personas de derecho y muchas más de hecho, especialmente en verano. En este espacio, los cabos de Sant Antoni y la Nau marcan la salida de las cordilleras béticas al mar y suponen los límites de los golfos de Valencia y Alicante. Y es este rasgo de intrusión terrestre en el mar una de las claves del extraordinario carácter pluviométrico de estas comarcas (Figura 44.1).

A través del sur de la península ibérica, las alineaciones montañosas béticas se extienden a lo largo de un eje suroeste-nordeste desde Cádiz hasta el norte de Alicante. Allí se sumergen en el Mediterráneo para emerger en Ibiza y en la sierra de Tramuntana de Mallorca. En su extensión peninsular dan lugar, en cada uno de sus dos extremos marítimos, a dos importantes singularidades pluviométricas. En su extremo suroeste, el renombrado máximo de lluvia de la sierra de Grazalema, vinculado a los *ábregos* atlánticos. En el extremo nordeste, el máximo mediterráneo de estas comarcas de la Marina Alta y la Safor, vinculado a los vientos *gregales* y *levantes* mediterráneos.

Estas sierras béticas conectan en esta zona con las alineaciones del sistema ibérico de orientación noroeste-sureste, que arrancan desde Teruel y tienen su extremo meridional en el macizo del Montdúber, muy próximo a Gandía, con 841 metros de altitud. El juego entre estos dos sistemas orográficos (Bético e Ibérico) y el mar Mediterráneo propicia este máximo pluviométrico, que llega a alcanzar los 1 000 mm anuales de media en puntos de su barlovento (Marina Alta), para decrecer espectacularmente en pocos kilómetros hacia el sur hasta alcanzar valores esteparios, inferiores a 300 mm en las comarcas meridionales de Alicante. Es éste uno de los mayores gradientes pluviométricos peninsulares (Figura 44.2).

Pero, siendo notable esta pluviometría media, lo es más aún la frecuencia de situaciones de lluvia intensa, que llega a multiplicar por 10 las producidas en otros sectores de territorio valenciano (Figura 44.3). En definitiva, estos episodios de lluvia fuerte vinculados a circulaciones de levante-gregal (este-nordeste) es la forma normal de llover de estas tierras.

Una serie de otras comarcas valencianas rodean este núcleo y participan de una alta pluviometría mediterránea, aunque sin alcanzar los valores de este núcleo duro: en la provincia de Valencia, la Ribera Alta y Baja, la Costera y la Vall d'Albaida; en la de Alicante, el Comtat y la Marina Baixa.

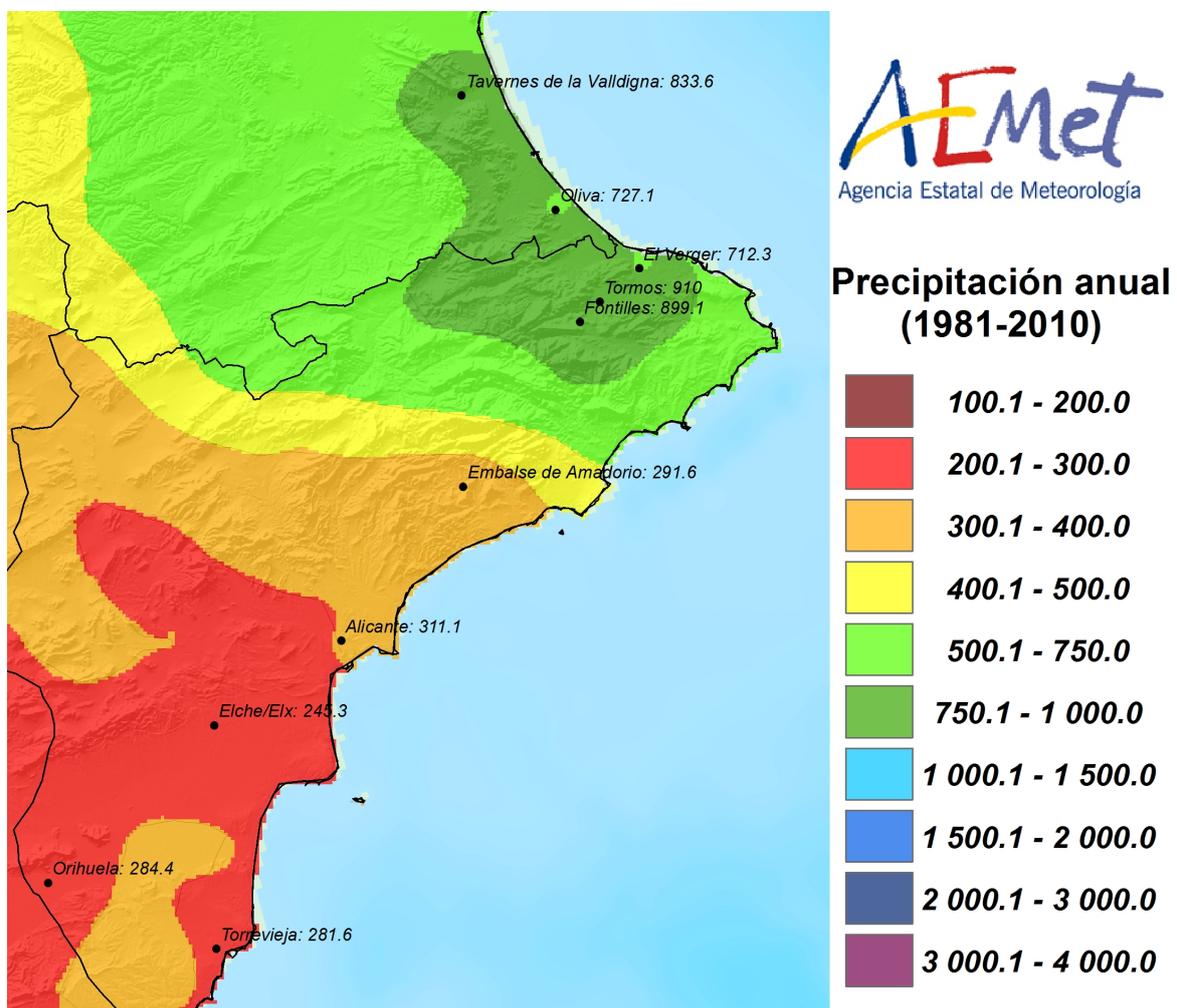


Figura 44.2: Precipitación media para el último período de referencia (AEMET).

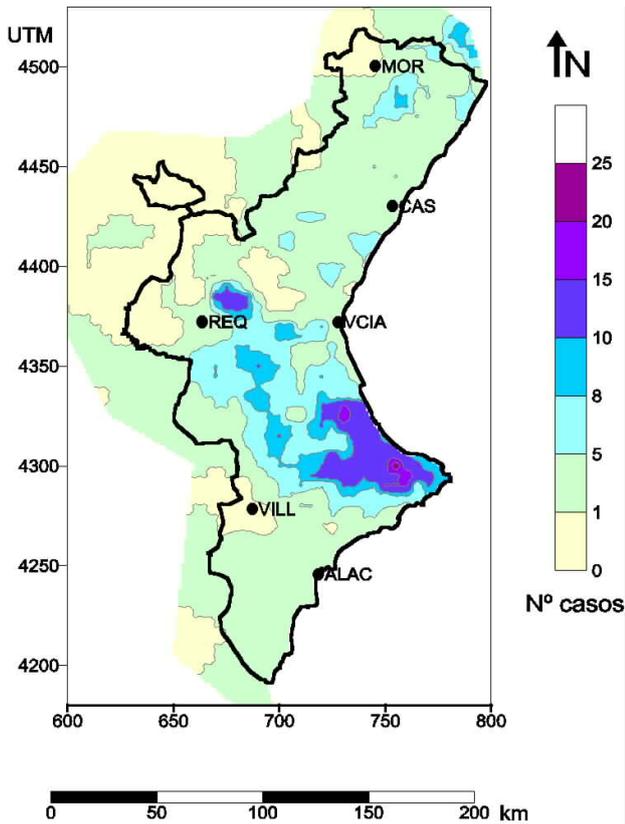


Figura 44.3: Frecuencia absoluta de casos de más de 100 mm/día en la Comunidad Valenciana en el período 1976-90 [1].

Desde la ciudad de Valencia hacia el sur, la precipitación anual y la frecuencia de situaciones de lluvia intensa aumentan gradualmente. Ello es una excepción a la tendencia general al norte del cabo de Gata, de aumentar la lluvia a medida que aumenta la latitud. Entre las causas fundamentales que, sumadas, lo explican, encontramos:

- El mismo carácter de *intrusión terrestre en el mar*, que supone un obstáculo y un disparador del ascenso de las circulaciones de capas bajas que discurren entre la península Ibérica e Ibiza. El mismo canal Denia-Ibiza propicia también la convección por convergencia.
- Este entramado de sierras dan lugar a *valles abiertos al este-nordeste*, encarados a las circulaciones marítimas. Valles «*en fondo de sacco*» que generan convergencia y ascenso forzado de estas circulaciones. En estas dos comarcas y de norte a sur, los más destacados son la Vall d'igna, el Serpis, Gallinera, Girona y Gorgos.
- Macizos montañosos que favorecen la penetración de las circulaciones marítimas por sus dos extremos para converger a sotavento, originando forzamientos orográficos y máximos de lluvia en la que, en

primer análisis, sería zona de descensos de sotavento. Ocurre así, por ejemplo, en Pinet (Ribera Alta), Barx (Safor), sectores de la Marina como Tàrbena y Bolulla o zonas del Comtat como L'Orxa.

- Las *advecciones del nordeste (gregales)*, funcionales para la pluviometría en estas comarcas, son por su origen septentrional habitualmente más frías y discurren hacia el sur por un mar gradualmente más cálido, facilitando el *carácter inestable* de las mismas y con ello la rotura de las inversiones y el disparo de la inestabilidad.
- Estas características orográficas se conjugan con las *ciclogénesis mediterráneas* del mar de Palos y de Argelia, generadas por la interacción de las ramas ascendentes de *vaguadas* (ver *vaguadas*) y *depresiones aisladas de niveles altos (depresión aislada de niveles altos (DANA))*, con las montañas del Atlas marroquí y argelino.

La gran dependencia de las lluvias de estas comarcas respecto a las circulaciones del este-nordeste produce paradojas en ocasiones: los grandes episodios vinculados a circulaciones del sureste pueden dejar en sombra pluviométrica a estas tierras. Así, el histórico episodio de octubre de 1982, que dio lugar al derrumbamiento de la presa de Tous, tuvo en estas comarcas su mínimo relativo.

En general, el poblamiento se ha adaptado bien a esta frecuencia de lluvias intensas, por lo que en los núcleos históricos de población los incidentes debidos a ellas son escasos. No obstante, las situaciones más excepcionales dan lugar a incidentes notables: derribo del puente de Beniarbeig en octubre de 2007, por ejemplo. El cambio de uso de edificios puede también dar lugar a pérdidas humanas; en ese mismo episodio, en el Verger se inundaron casas antes destinadas a corrales, ocasionando una muerte.

Las zonas más vulnerables a inundaciones son los polígonos industriales (frecuentemente instalados en sectores inundables) y zonas de nueva construcción como consecuencia del *boom* turístico, que muchas veces no han respetado los cursos del agua ni la experiencia respecto a su comportamiento en estas situaciones.

Finalmente, los episodios realmente extraordinarios (octubre de 1957 en Xàbia, noviembre de 1987 en la Safor) causan destrozos e incluso víctimas en zonas que normalmente se sienten a salvo.

44.1.2 Tipos de episodios

Las lluvias de estas comarcas tienen en común su carácter mediterráneo y su vinculación a circulaciones del este-nordeste en capas bajas. Dentro de las que superan el umbral de 100 mm/día, una mayoría muy amplia está vinculada a una **DANA** al suroeste del área y la ciclogénesis en capas bajas generadas por aquella. Pero más allá de estos rasgos comunes, la tipología es muy diversa en función de la situación y la estacionalidad. A lo largo del año a partir del final del verano, los procesos habituales de lluvia intensa son:

(1) Lluvias convectivas marítimas, vinculadas a disparos marítimos y litorales en relación con el máximo anual de la temperatura superficial del mar, durante fin de agosto y septiembre, en un aire muy inestable que sólo requiere forzamientos sutiles. Son lluvias muy litorales, pueden caer puramente en el mar o en la misma franja costera. Habitualmente acompañadas de tormenta, aunque en algunas ocasiones sin ella (lluvia cálida). Pueden, por ejemplo, descargar más de 100 mm en el puerto de Gandía y no llover apenas en la ciudad, distante 4 km. Mucha de esta precipitación cae sobre el mar y no la medimos de forma directa. Aparece en el radar (cap. 8 en la página 103) y, cuando toca costa, constatamos su gran magnitud.

Si existe inestabilidad más profunda y se desarrolla **convección**, en zonas litorales o en relieves próximos se pueden alcanzar cantidades de lluvia súbitas y muy cuantiosas. Si la tormenta toma carácter cuasi-estacionario durante más de una hora, son posibles lluvias torrenciales que superen de largo los 100 mm en una hora. En las inmediaciones de la Safor, en la Ribera Baixa el 23 de septiembre de 2008 se produjo un episodio cuasi-estacionario que en 3 horas superó en Sueca los 300 mm, alcanzándose 144 mm en una hora.

Esta tipología de episodios parece la más difícil de ser pronosticada con acierto por los modelos numéricos, ya que condiciones muy sutiles pueden pasar de la nada a un episodio importante. Episodio que puede quedar puramente en el mar o afectar a la costa de forma notable. Con todo, la predicción de la actividad tormentosa por los modelos no hidrostáticos (sec. 6.3.2 en la página 78) ha supuesto un gran avance en los últimos tiempos.

En ocasiones, los modelos numéricos tienden a sobrestimar la penetración hacia el interior de estas lluvias

de final de verano, que finalmente se suelen concentrar de forma tozuda muy cerca de la costa.

(2) Lluvias vinculadas a DANA de otoño. Como en otras comarcas valencianas, las condiciones ideales para lluvias torrenciales vinculadas a **DANA** son:

- Estar en otoño ya algo avanzado (desde final de septiembre), con un mar menos activo que en las semanas precedentes, un mar que no acapare la convección y facilite la formación tierra adentro de los núcleos convectivos más potentes.
- Aislamiento de la **DANA** al suroeste de estas comarcas, preferentemente en el entorno de Gibraltar.
- Trayectoria lenta de su centro con dirección nordeste, con una advección diferencial de vorticidad positiva pero no muy alta.
- Circulación moderada en niveles medios-altos en torno a la **DANA**, con difluencia en su flanco nordeste. Una circulación potente dificultaría la organización de la convección.
- Ciclogénesis en el mar de Argelia-Palos, con un diseño de la baja entre superficie y 850-700 hPa que posibilite la circulación del primer cuadrante en niveles bajos, con la que estas comarcas no tienen rival en cuanto a eficiencia pluviométrica.

En estos contextos, toda la circulación del entorno se reordena (potente circulación del norte en el golfo de Valencia) y alimenta la eficiencia de las precipitaciones en la Marina Alta-Safor.

En la típica trayectoria del centro de la **DANA** hacia el Este, gradualmente la precipitación evoluciona de norte a sur de estas comarcas a medida que el flujo de niveles bajos, rolando gradualmente en sentido antihorario, va incidiendo en sistemas orográficos más meridionales. Una vez el eje de la **DANA** rebasa el meridiano de estas comarcas, la lluvia puede continuar muy eficiente durante bastantes horas, ya sin convección. Un remate típico finalizará el episodio en la zona de Tàrbena-Bolulla (Marina Baixa), resultado de convergencias (ver **convergencia**) de sotavento con **flujo sinóptico** muy septentrional.

La modelización numérica ha incrementado notablemente en los últimos años su acierto en el pronóstico de estas situaciones: en su predicción ya desde el medio plazo; en la localización, en especial debido al incremento de la resolución espacial y por tanto del relieve; y en la cuantificación de la lluvia. Los modelos no hidrostáticos están mostrando más destreza

en la cuantificación de los máximos, aunque a menudo cometen más errores que los hidrostáticos en la cuantificación de la lluvia periférica.

En fecha tan lejana como el 21-24 de octubre de 2000, el modelo ECHRES (sec. 19.2 en la página 291) del Centro Europeo (ECMWF, cap. 19 en la página 289) predijo con total éxito la situación que produjo mayor volumen de lluvia en la Comunidad Valenciana en todo el siglo XX. Lo predijo adecuadamente desde el medio plazo, y en los detalles fundamentales de su evolución; ello fue clave para el gran éxito del seguimiento y la gestión de aquel episodio desde la Meteorología, la Hidrología y la Protección Civil. Por desgracia, no siempre es así.

(3) Lluvias por advección fría persistente, de invierno y primavera. Un caudal húmedo adecuado, no necesariamente inestable, con un gradiente bariométrico moderado a fuerte, puede acumular cantidades de precipitación extraordinarias cuando se conjuga la acción orográfica de ascenso forzado y convergencias de sotavento. Es el caso de principio de mayo de 2002,

cuando en Barx (faldas del Montdúber, en la Safor) se acumularon más de 700 mm en poco más de dos días, en un período de mar frío. O diciembre de 2016 en l'Orxa (Comtat, contiguo a la Safor y a la Marina Alta), con más de 600 mm en tres días (Figura 44.4, cap. 50 en la página 763).

En estos casos, el incremento de la resolución espacial, y con ello la mejora en la modelización de las circulaciones de mesoescala, está siendo clave en el incremento de la destreza de estos modelos para localizar los máximos de lluvia. En general, se producen subestimaciones en la cuantificación de estos máximos en estas situaciones advectivas.

(4) Sistemas-complejos convectivos extremos. Hay episodios extraordinarios que suponen un punto y aparte. Son los originados por sistemas convectivos de mesoescala (que quizá alcancen la categoría de complejos convectivos por su dimensión), que dan lugar a las lluvias más extremas en menos de un día. Lluvias que son las mayores registradas en España para estos períodos.

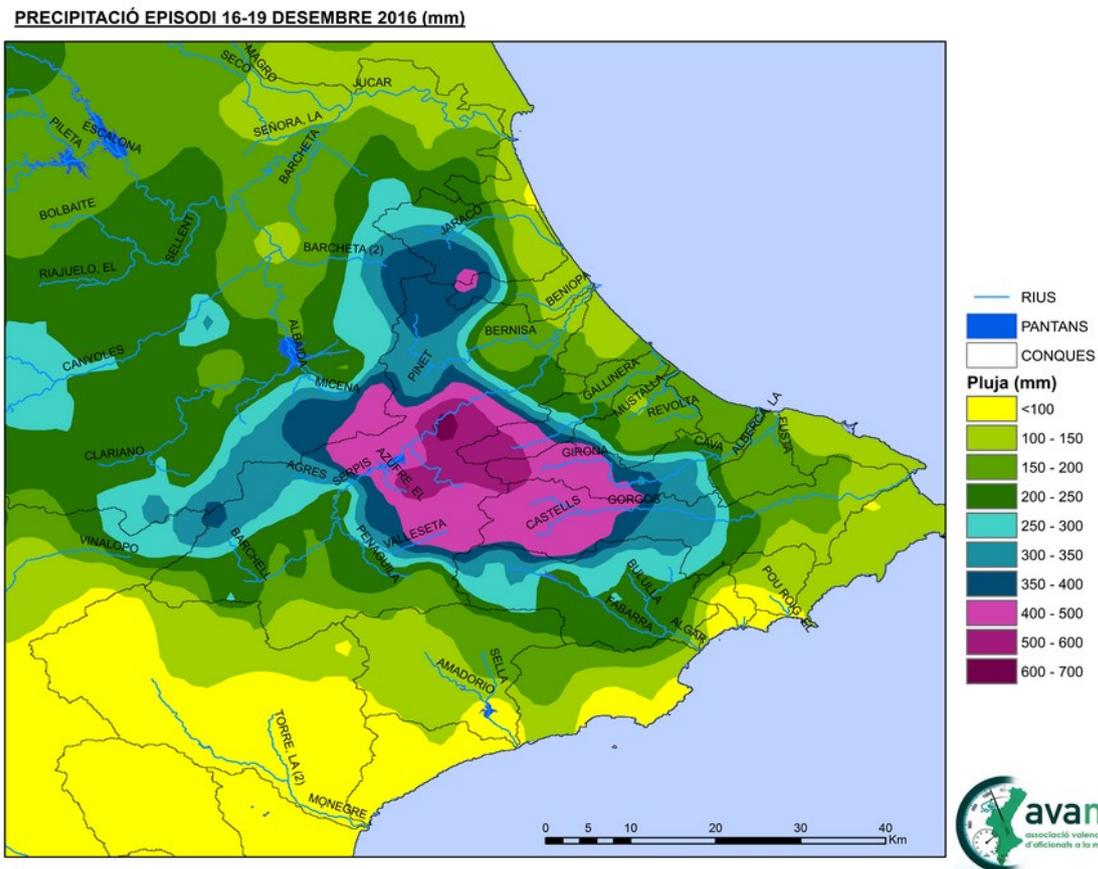


Figura 44.4: Precipitación en el episodio de 16-19 de diciembre de 2016 (AVAMET).

Es un conjunto de situaciones excepcionales, pero escasa en número: desde 1950, y probablemente como mínimo desde 1900, conocemos en estas comarcas dos episodios:

(4a) 1-3 de octubre de 1957. Afectando al entorno de Xàbia. En dicha población hay anotados 878 + 100 mm, para un total registrado de 978 mm en dos días, aunque parece acreditado que fueron tres [11]. En su entorno (Denia y cap de Sant Antoni) se midieron más de 600 mm y se perdió agua en la medición. Desbordamiento de todos los cauces de la zona y del río Gorgos, gran destrucción de casas y algunas víctimas. Esta cifra de 878 mm es la mayor anotada en España en un día pluviométrico, pero parece claro que se produjo en dos días. (Diez días después, una nueva DANA originó la gigantesca riada de Valencia de 1957, y un nuevo episodio importante en la Marina Alta).

(4b) 3-4 de noviembre de 1987. Sistemas convectivos que afectaron en primer lugar a la Safor desde la madrugada del día 3 y, a partir de la noche siguiente, a la Canal de Navarrés-Ribera Alta –con 786 mm en Sumacàrcer cerca de Tous, donde los vecinos hablan de una magnitud no lejana a la de octubre de 1982-, y en torno a 600 mm en sectores de la Vall d’Albaida-. En este episodio se registraron en la Cámara Agraria de Oliva 817 mm en el día pluviométrico 3, la mayor cantidad homologada en España para un día; en el Colegio Público Roís de Corella de Gandia se midieron 864 mm a caballo de los días pluviométricos 2 y 3, pero en todo caso fue lluvia caída en menos de 24 horas por lo que, en puridad, es la mayor precipitación medida en un día (queda al margen la lluvia en la Muela de Cortes el 19-20 de octubre de 1982, fuera de esta área que, aunque no se pudo medir, probablemente estuvo en el entorno de 1 000 mm en menos de 20 horas).

Ambos episodios tienen notables semejanzas:

- Otoñales.
- Generados en la línea costera, próximos a relieves que pudieron ayudar al disparo, pero que no registraron las lluvias máximas. En 1987, el pluviómetro totalizador situado en la cumbre del Montdúber muy cerca de Gandia registró lluvia muy inferior a las mencionadas.
- Produjeron precipitaciones máximas del mismo orden, y con ubicaciones distantes apenas unos 25 km uno del otro (Xàbia y Oliva).

Junto con los complejos convectivos de 1864 y 1982 en la Muela de Cortes, y que produjeron gigantes cas inundaciones en el Júcar, son las cuatro mayores

situaciones de lluvia conocidas en la Comunidad Valenciana (y quizá en España) en los últimos dos siglos.

Dada la escasa frecuencia de estos episodios gigantes, hay poca experiencia real respecto a la destreza de los modelos numéricos de cara a la predicción del surgimiento, evolución y magnitud de estos sistemas y complejos convectivos. En otro apartado de este libro (cap. 44 en la página 655) se aborda el comportamiento que tuvo el ECHRES (sec. 19.2 en la página 291) en el episodio de noviembre de 1987 y qué mejoras serían esperables en la actualidad. Con casi plena seguridad, estos episodios de grandes dimensiones –que están ocasionados por cuadros sinópticos nítidos y potentes- serán bien captados por la modelización numérica, pero ello sólo será probado por los sucesos reales.

44.1.3 Periodos de retorno

El período de retorno es el tiempo medio esperable para que se repita un suceso del que se conoce la probabilidad (cuanto más baja, más largo es el periodo de retorno). En nuestro caso, para la repetición de episodios de lluvia intensa en localizaciones concretas.

La falta todavía de series largas de datos procedentes de estaciones automáticas dificulta la estimación de períodos de retorno para períodos inferiores a las 24 horas. Así, la estimación de lluvias máximas para períodos de una y doce horas, para los que se emiten alertas de lluvia intensa (cap. 41 en la página 627), se ha de efectuar con escaso apoyo de series estadísticas.

Respecto a la *intensidad horaria*, la experiencia ha hecho evidente que episodios torrenciales (más de 60 mm en una hora) se puede alcanzar varias veces al año en áreas dispersas del territorio analizado. Y alguna vez al año se pueden duplicar estas intensidades puntualmente, con graves consecuencias si afecta a sistemas hidrológicos de respuesta inmediata, como ciudades o barrancos cortos.

Las series suficientemente largas para hacer evaluaciones son las referidas al *día pluviométrico*, y por extensión las referidas a 24 horas. Aquí disponemos de numerosas series superiores a 30 años. Los mapas más depurados de períodos de retorno de que disponemos son los elaborados para el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana [5], siguiendo la función de GUMBEL.

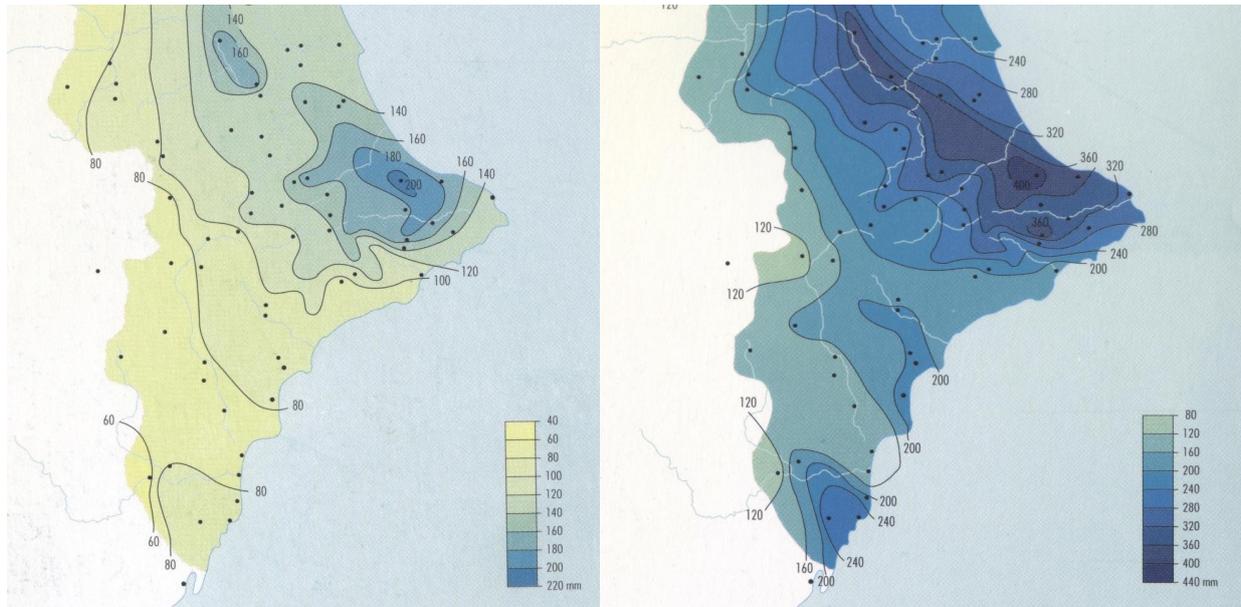


Figura 44.5: Precipitación esperable para períodos de retorno de 5 años (a) y 100 años (b) en el sur de la Comunidad Valenciana [5].

Se aprecia cómo las mayores precipitaciones valencianas en 24 horas para cualquier período de retorno se registran en estas comarcas. En la Figura 44.5 se muestran los valores esperables para recurrencias de 5 y 100 años, alcanzando valores superiores a 200 y 400 mm en un día, respectivamente. Según esta metodología, los valores máximos se sitúan en las cabeceras de la rambla Gallinera y el río Girona. Aparentemente, estos mapas subestiman los altísimos valores que esporádicamente se registran en el litoral.

El modelo teórico de GUMBEL parece funcionar bastante bien en los *valles prelitorales de esta zona*. En ellos, el carácter habitual de estas precipitaciones intensas, y el quedar algo apartados de las lluvias extremas litorales, hacen posible una recta de regresión bastante ajustada a este modelo teórico. Esto se aprecia bien en el caso de Fontilles-Vall de Laguar (distante 13 km del mar, en la cabecera del río Girona), con una alta frecuencia de días en que se superan los 100 mm, sobre los que aparecen algunos episodios más potentes con recurrencias más prolongadas (Figura 44.6).

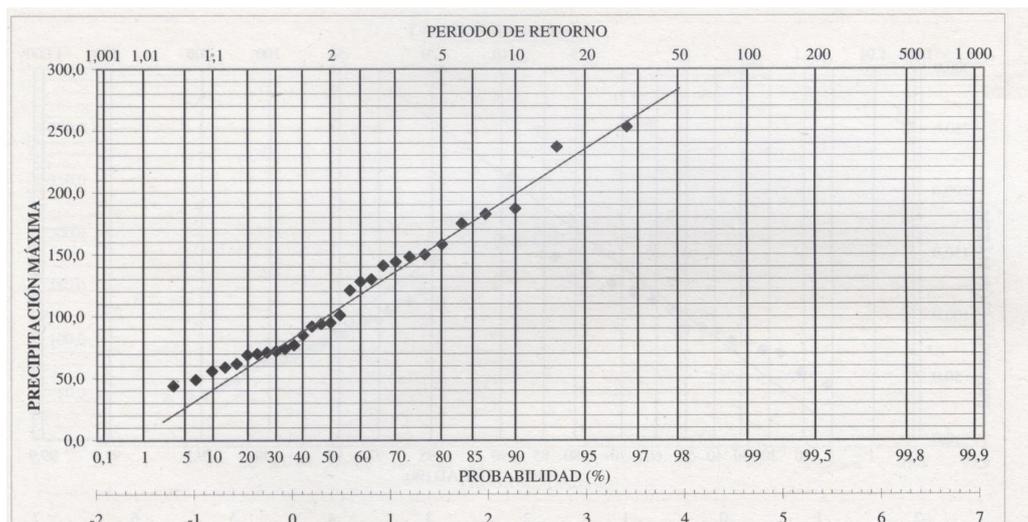


Figura 44.6: Gráfico de probabilidad de extremos en Fontilles-Vall de Laguar (Marina Alta). [17].

Pero el caso de Oliva, como ejemplo del *litoral*, es muy otro (Figura 44.7). En las zonas estrictamente litorales, la sucesión de episodios intensos «normales» se ve bruscamente interrumpida por episodios extraordinarios que rompen la función de regresión, mostrando la no validez de esta metodología en esas zonas. En este caso, el dato de 817 mm de 1987 rompe por completo la continuidad de la función.

Ruiz y Núñez [15] concluyen que la función de GUMBEL [18] subestima las lluvias extremas en la zona mediterránea, y en especial en estos episodios costeros, y que hay otras funciones más adecuadas como la SQRT-ETMAX y la distribución General de Valores Extremos, GEV [18], que se ajustan mejor a los extremos observados. Así, mientras que para el ajuste de GUMBEL el período de retorno del episodio de 1987 sería de 4 millones de años, y por tanto fácticamente imposible, para la distribución GEV (una vez incluido el dato de 1987) el período de retorno esperable sería de 141 años, bastante coincidente con la experiencia empírica.

El uso complementario de una función de este tipo (aplicada con rigor) junto con las conclusiones obtenidas por la climatología histórica (con el rastreo de testimonios documentados en épocas precedentes) parece el método más adecuado de estimar los períodos de retorno de estas lluvias extremas.

En caso contrario, podemos otorgar períodos de retorno incluso milenarios a episodios que la historiografía demuestre que se han producido con una magnitud semejante varias veces en los últimos siglos. Dado que la exigencia técnica habitual de las obras públicas es que estén preparadas para soportar el mayor episodio esperable en 500 años, vemos la trascendencia de abordar el problema de uno u otro modo. Una función de GUMBEL aplicada rutinariamente puede concluir que episodios como el de la Safor en 1987 o Xàbia en 1957 tienen un período de retorno milenario o no es esperable que se repitan. Pero el que se hayan producido dos episodios semejantes en 30 años, con una distancia entre ambos inferior a los 30 km, nos lleva a conclusiones bien diferentes.

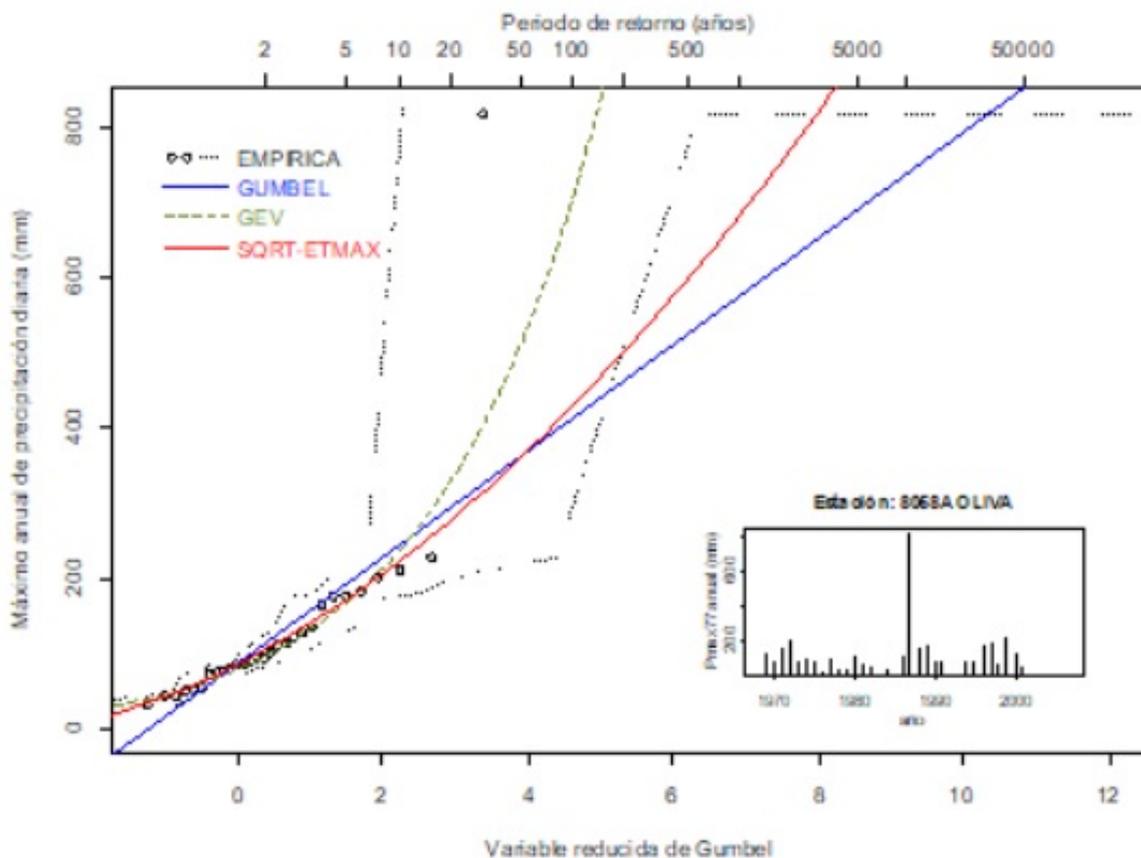


Figura 44.7: Gráfico de períodos de retorno según diversas funciones en Oliva, Safor [15].

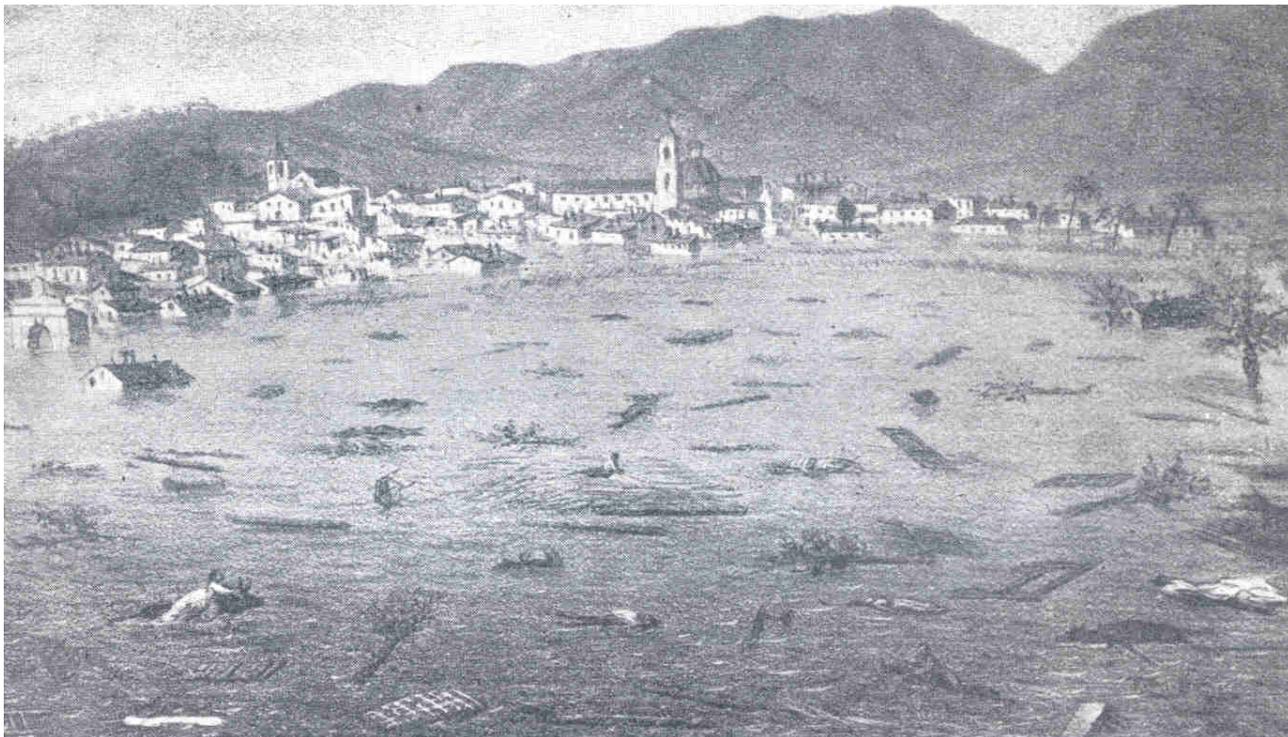


Figura 44.8: Alzira durante la inundación del 4 de noviembre de 1864. Grabado. Geografía General del Reino de Valencia, de F. CARRERAS CANDI y C. SARTHOU CARRERES (Barcelona, 1910) [4].



Figura 44.9: Inundación en Carretera de Pego esquina con Carrer Hermanos Benlliure, Oliva, La Safor, València, el 3 de noviembre de 1987. Fotografía cedida por el Ayuntamiento de Oliva.

44.2 El episodio de Oliva

AGUSTÍ JANSÀ CLAR

Grupo de Meteorología, Departamento de Física, Universitat de les Illes Balears

44.2.1 Contextualización del episodio de Oliva

Los episodios de lluvia torrencial, con inundaciones repentinas, a veces catastróficas, son una constante en las zonas mediterráneas (sección 44.1 en la página 656), no sólo españolas, sino también francesas, italianas, etc. Hasta hace relativamente poco este tipo de fenómenos, relacionados con la convección profunda y, por tanto, altamente caóticos, se consideraban sencillamente impredecibles. Nadie hubiera podido ser acusado de no avisar de una de tales catástrofes (para poder tomar medidas preventivas), porque se sabía que no se podían prever. Las grandes lluvias que condujeron a la rotura de la presa de Tous, el 20

de octubre de 1982, no obstante, fue un episodio que sacudió a la comunidad meteorológica y política a escala española y catalizó una serie de planes y medidas orientados en ir ganando *predecibilidad* (cap. 12 en la página 155) para ese tipo de fenómenos. Seguramente estamos lejos, todavía, de una predicción cuantitativa segura o, cuando menos, de incertidumbre acotada, de extremos como los mencionados, pero sin duda se han dado pasos adelante muy importantes, por la mejora del conocimiento, la mejora de los modelos deterministas y, seguramente, también, por la posibilidad de delimitar cada vez mejor la incertidumbre, por el uso de los sistemas de predicción por conjuntos. Los modelos atmosféricos deterministas tienen gran dificultad en acertar simultáneamente la localización y la intensidad de la precipitación en fenómenos de esta magnitud. Con predicción por conjuntos, aunque no puedan darse con exactitud la intensidad ni la localización, pueden delimitarse zonas con abanicos de superación de umbrales, lo que puede aumentar notablemente la predecibilidad de estos eventos.



Figura 44.10: Impactos del episodio de Oliva, La Safor, València, el 3-4 de noviembre de 1987. Arriba: inundación en la Carretera de Pego esquina con Carrer Hermanos Benlliure. Abajo: destrozos en la Vía de Ronda a la altura del Club Nautic. Fotografías cedidas por el Ayuntamiento de Oliva.

En este apartado se analiza un caso no muy lejano al de 1982, el de 3-4 de noviembre de 1987, que supuso un récord absoluto en copiosidad de la precipitación y sobre cuya predecibilidad se podría decir que se habría avanzado bastante, de haberse usado operativamente modelos o conjuntos de modelos ya disponibles entre los años 1990 y 2000; al menos se habría avanzado en la predecibilidad a una escala media, sin entrar en demasiados detalles, que quizás ahora sí podrían ir siendo considerados, como veremos en las secciones 44.3 en la página 671 y 44.4 en la página 680.

44.2.2 El episodio y su predecibilidad a escala media

Los días 3 y 4 de noviembre de 1987 estuvo lloviendo intensamente, durante muchas horas, en toda la comarca de La Safor (Valencia, ver sección 44.1.1 en la página 656), recogándose cantidades insólitas de

precipitación en 24 horas, entre las que destaca la de Oliva, con más de 800 mm en el día pluviométrico 3-4, esto es, desde las 8 horas de día 3 a las 8 horas de día 4, lo que constituye el récord absoluto de precipitación en 24 h, en toda España. Este récord extraordinario ha sido posteriormente contrastado y confirmado por la Delegación de AEMET en València, precisándose la cantidad recogida en 24 horas en 817 mm (según noticia recogida, por ejemplo, en el diario Levante (<http://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/3747/reconocen-reacutecord-diluvio-oliva/380946.html>)).

El episodio completo, con unas treinta horas de duración, habría supuesto alrededor de 1 000 mm [13]. Se ha estudiado el episodio desde distintos puntos de vista, por diferentes autores. No se pretende aquí hacer una recopilación detallada de estos estudios, sino considerar alguno de ellos y, el episodio en sí, desde el punto de vista de la predecibilidad: ¿podía haberse previsto una lluvia de copiosidad semejante?

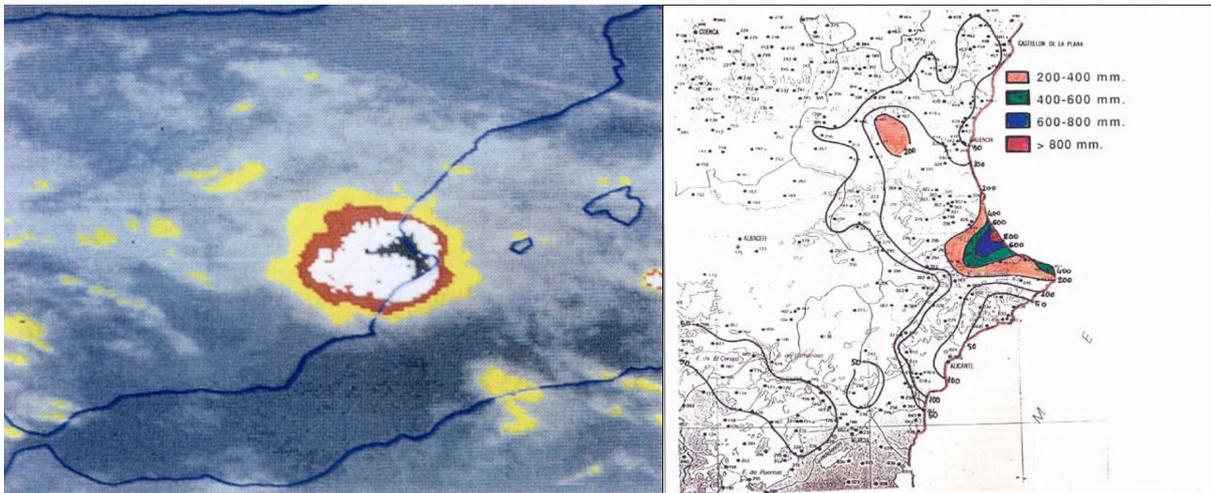


Figura 44.11: Izquierda: Imagen de satélite infrarroja de día 4 de noviembre de 1987, a las 05:30 UTC, realizada en falso color; el amarillo corresponde a una temperatura de radiación de -32°C a -42°C , el rojo de -42°C a -54°C , el blanco de -54°C a -64°C y el negro por debajo de -64°C . Derecha: mapa de precipitación recogida en el día pluviométrico 3-4 de noviembre de 1987. El máximo de más de 800 mm está enmarcado en una zona relativamente extensa en la que se superan los 400 mm [13]

El episodio consistió, en esencia, en la formación y semi-estacionamiento de sistemas convectivos de mesoescala, con notables desarrollos y cuyas zonas más activas estuvieron repetidamente situadas en el área de La Safor. Ver la Figura 44.11, tomada del análisis realizado por RIOSALIDO y otros autores de AEMET, en 1988[13], muy poco después del episodio.

Además de haber condiciones apropiadas al ascenso y la convección en niveles atmosféricos altos, sobre la región de Valencia, en niveles bajos el análisis manual (Figura 44.12) revela la presencia de una depresión,

poco importante, centrada en la zona marítima comprendida entre las costas valencianas y las africanas, en situación muy apropiada para organizar un intenso flujo cálido y húmedo de aire mediterráneo, actuando como factor de alimentación e inestabilización, en este caso en la zona de La Safor y alrededores, que es donde ocurre la lluvia más copiosa, en el modo en el que se describe la influencia de las depresiones en las lluvias intensas mediterráneas en general, en el capítulo de este libro específicamente dedicado a los SPC en el Mediterráneo (cap. 32 en la página 531).

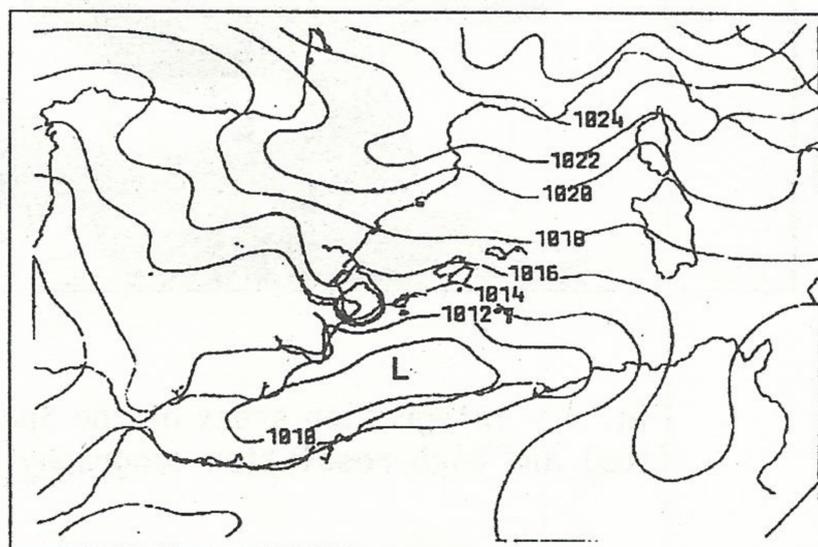


Figura 44.12: Análisis manual de presión a nivel del mar, día 4 de noviembre de 1987, a las 00 UTC; espaciado 2 hPa. La línea festoneada indica la situación del principal sistema convectivo de mesoescala (SCM) (de [10])

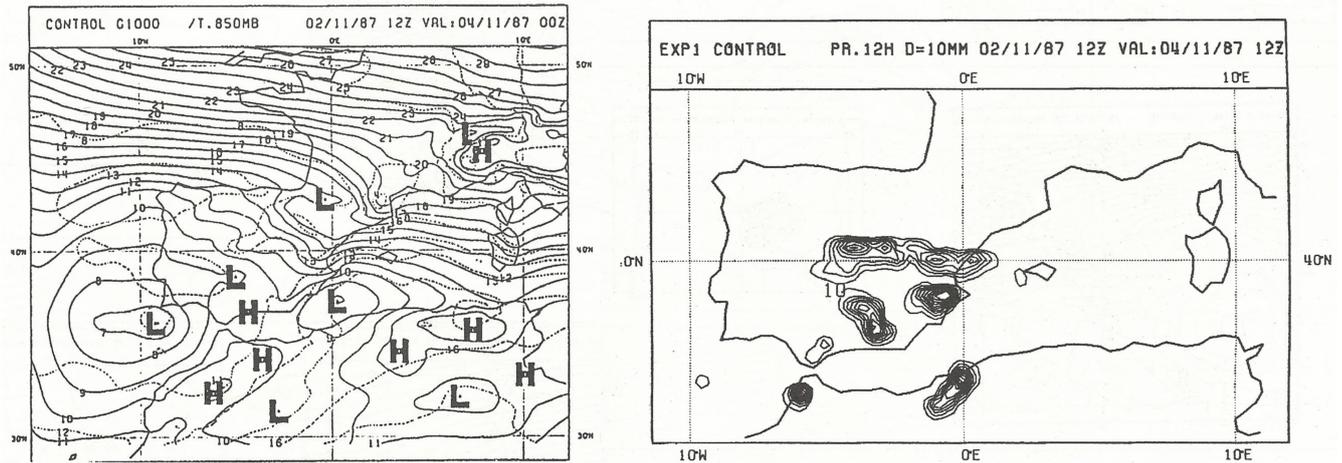


Figura 44.13: Simulación del episodio con el modelo LAM/INM, $0,455^\circ$ de resolución. Izquierda: presión nivel del mar y temperatura en 850 hPa. Derecha: precipitación de 00 a 12 UTC del día 4-11-1987 (ver texto).

44.2.3 Predicciones correspondientes al episodio

En el entonces Instituto Nacional de Meteorología (actual AEMET), se hicieron, entre 1989 y 1991, varias tandas de experimentos numéricos, con el modelo entonces disponible, un modelo de área limitada proveniente del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio [3], para comprobar la capacidad del modelo de prever situaciones como la de noviembre de 1987 y para analizar los factores intervinientes. El modelo se usaba entonces con una resolución habitual de $0,91^\circ$ de latitud y longitud. Los experimentos se hicieron con doble resolución ($0,455^\circ$ de latitud y longitud, que, de todos modos, sería una baja resolución vista hoy en día, del orden de los 45 km de lado de malla). Resultó chocante que, con la simple duplicación de resolución, un episodio como el de noviembre de 1987, no es que se hiciera predecible al detalle (era imposible), pero las predicciones daban buenas indicaciones sobre el tipo de situación meteorológica y precipitación generada (ver Figura 44.13).

En la Figura 44.13 podemos ver una simulación de control con el modelo LAM/INM vigente en 1987, con una malla lat x lon de $0,455^\circ$ de resolución, con inicio el 2 de noviembre de 1987. En la parte izquierda de la figura, presión al nivel del mar (línea continua, espaciado 1 hPa) y temperatura a 850 hPa (línea de puntos, espaciado 2°C), día 4, a 00 UTC. En la parte derecha de la misma figura, precipitación en 12 h (de 00 a 12 UTC de día 4, espaciado 10 mm), con un máximo de más de 100 mm, localizado bastante cerca

del máximo observado. Aunque no hay correspondencia absoluta, se pueden comparar esos resultados con las Figuras 44.11 en la página anterior y 44.12 en la página anterior [10].

En 2000, ROMERO, DOSWELL y RAMIS estudiaron casos mediterráneos importantes, incluyendo el de 3-4 de noviembre de 1987 [14]. Usaron el modelo norteamericano MM5 [9], [9], con una resolución horizontal de 20 km, que, sin ser alta, mejoraba la mayor del LAM/INM de los experimentos de 1990-91. Los resultados principales de estos experimentos numéricos se resumen en la Figura 44.14 en la página siguiente. Los paneles inferiores corresponden a una simulación completa del episodio mientras que los superiores se refieren a una simulación desprovista de orografía africana y sin tener tampoco en cuenta el intercambio de calor latente ligado a los procesos nubosos. En ambos casos se trata de simulaciones de 36 h que comienzan el 3 de noviembre de 1987 a las 00 UTC. A la izquierda se muestra la precipitación total acumulada durante la simulación (intervalo de 30 mm empezando en 10 mm, con indicación del máximo) y en tonos de gris claro y oscuro, respectivamente, las áreas afectadas por precipitación continuada durante más de 18 y 27 h. A la derecha se representa, para el 3 de noviembre a las 18 UTC, la presión a nivel del mar (línea continua, en hPa, últimas dos cifras solamente, con indicación de mesoaltas y mesobajas), la convergencia del viento horizontal a 925 hPa (línea discontinua, intervalo de $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ empezando en $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$) y la velocidad del viento en aquellas áreas donde es superior a 15 y 20 m s^{-1} en dicho nivel isobárico (gris claro y oscuro, respectivamente).

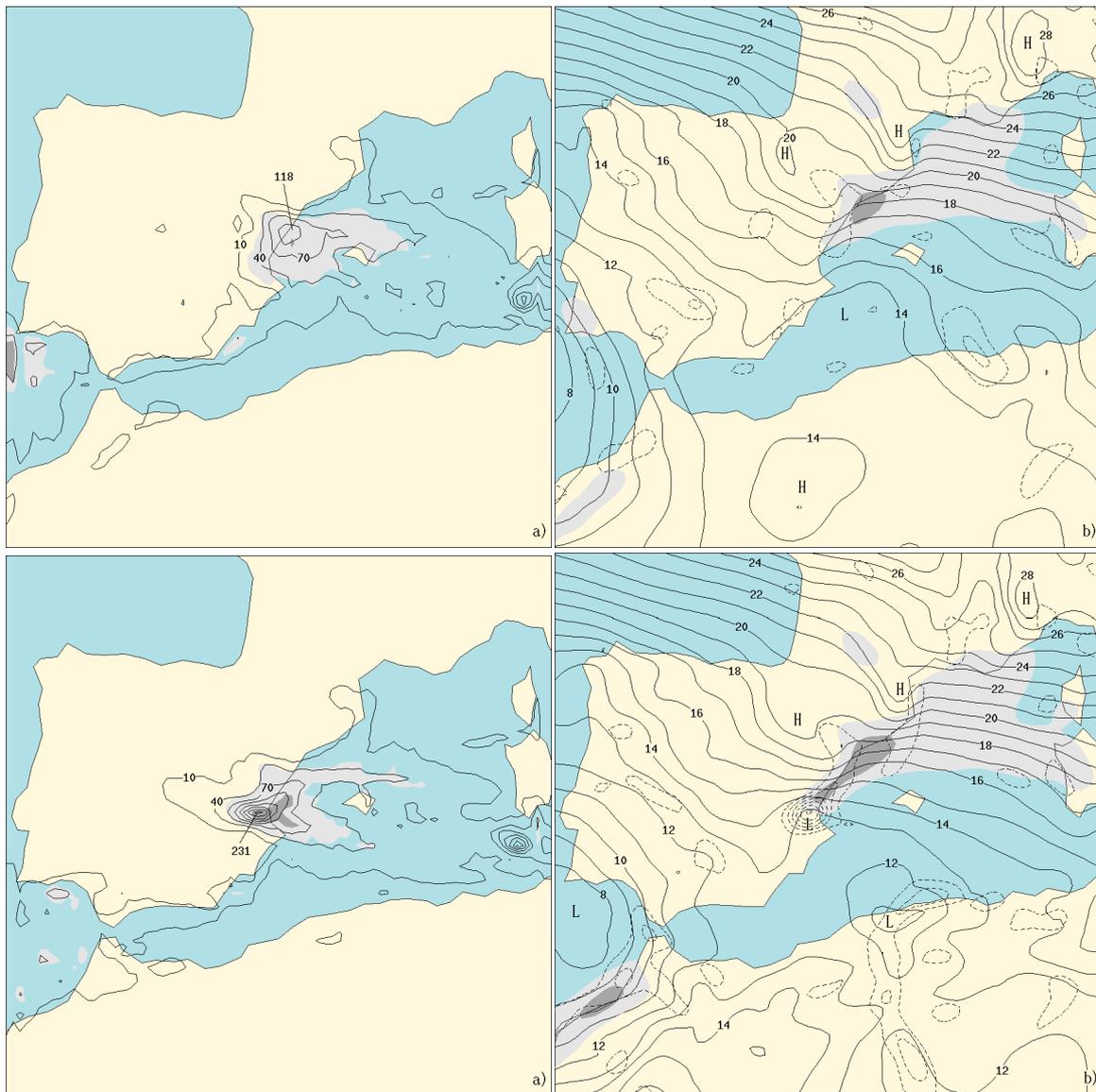


Figura 44.14: Episodio de Oliva_Gandía estudiado en ROMERO ET AL. (2000[14]) con integraciones del modelo MM5[9] a 20 km, simulación completa (abajo) y sin orografía africana ni intercambios de calor latente en procesos nubosos (arriba), precipitación acumulada (izquierda) y circulación en niveles bajos (derecha). Ver texto.

Se concluye de los experimentos una buena capacidad del modelo para simular el sistema convectivo largo y casi-estacionario responsable de las fuertes precipitaciones, así como la gran relevancia de los dos factores físicos considerados (orografía africana y liberación de calor latente) para la configuración mesoescalar de la circulación en niveles bajos responsable de alimentar y focalizar al sistema convectivo.

En relación al caso que nos ocupa, los artículos de JANSÀ y otros [10] y el mostrado de Romero y otros [14] no permiten comparaciones precisas entre sí y con los análisis, porque las figuras presentadas no corresponden a los mismos momentos o a los mismos periodos temporales, pero podríamos decir que hay una congruencia suficiente. En cuanto a la situación

meteorológica en niveles bajos, está claro que hay una depresión, relativamente poco intensa, centrada entre la costa argelina y la valenciana, dando lugar a un flujo cálido y húmedo sobre el Mediterráneo, apuntado a la zona sur de la provincia de Valencia (La Safor). El máximo de precipitación simulado por el MM5 está, como el señalado por el LAM/INM, próximo al máximo observado. En el caso del MM5 se superan los 200 mm entre las 00 UTC de día 3 y las 12 UTC de día 4.

La congruencia a grandes rasgos, a escala intermedia, entre dos modelos bien distintos, partiendo de condiciones iniciales también distintas indica que, a esa escala, hay una buena predecibilidad. La comparación entre resultados sería como haber usado un

sistema mínimo de predicción por conjuntos, de solo dos miembros (estilo SPC del hombre pobre, [7, 12], sec. 13.2.2 en la página 168).

44.2.4 Sensibilidad a la orografía

La relativamente buena predecibilidad que hemos encontrado en ese caso podría venir favorecida por la importancia de los efectos orográficos, que no tienen, en sí, incertidumbre. Aunque en ambos grupos de experimentos se hayan considerado factores distintos, la importancia del factor orográfico resulta clara en ambos y tiene el mismo sentido: la orografía africana (Atlas) contribuye decisivamente a la generación de la depresión marítima y, con ello, a la organización y localización del flujo cálido y húmedo, alimentador de la lluvia fuerte.

El relieve pirenaico contribuye, también, a la organización de ese flujo, mientras que el relieve interior a la zona de La Safor (sierra Aitana, en particular), es un factor clave de escala menor, forzando ascenso del

aire mediterráneo incidente, condicional o convectivamente inestable.

La Figura 44.15 muestra, a partir de uno de los experimentos con el LAM/INM, el impacto en la situación meteorológica en niveles bajos y la precipitación simulada cuando toda la orografía es fuertemente reducida, aplicando un factor 0,3 a la altitud media de toda la región. La depresión marítima se debilita claramente, con lo que también se desorganiza y debilita el flujo de aire mediterráneo y el máximo de lluvia pierde casi la mitad de su valor, en relación al experimento de control, además de sufrir cierto desplazamiento (compárense las Figuras 44.13 y 44.15).

Faltaría realizar experimentos con modelos deterministas y usando SPC de resolución suficiente para analizar la *predecibilidad* (cap. 12 en la página 155) en detalle, a escala pequeña, para ese interesante episodio. Estos aspectos se abordan con detalle en las secciones 44.3 en la página siguiente y 44.4 en la página 680 de este mismo capítulo.

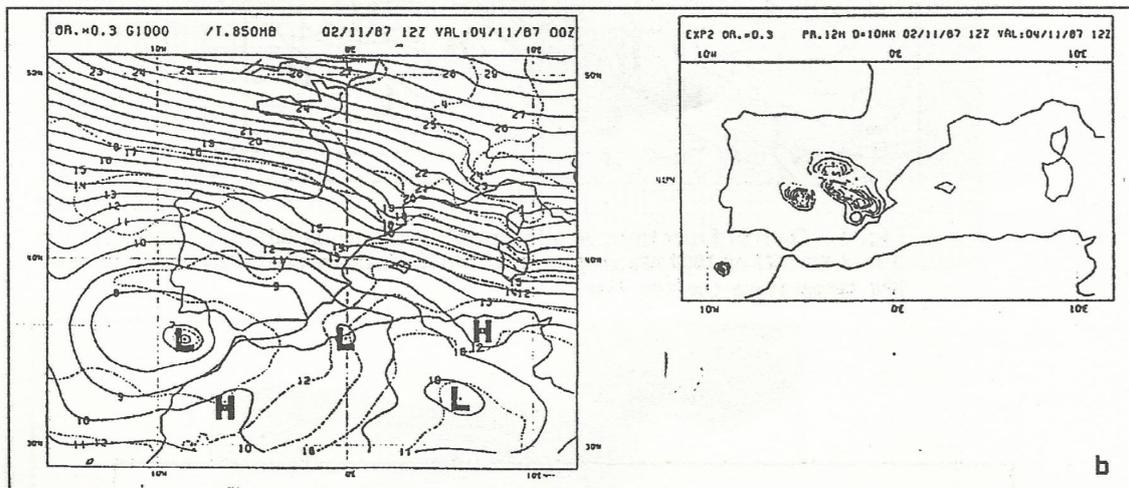


Figura 44.15: Igual que la Figura 44.13, para un experimento con orografía reducida ($x 0,3$) (De JANSÀ, GARCÍA-MOYA Y RODRÍGUEZ [10])

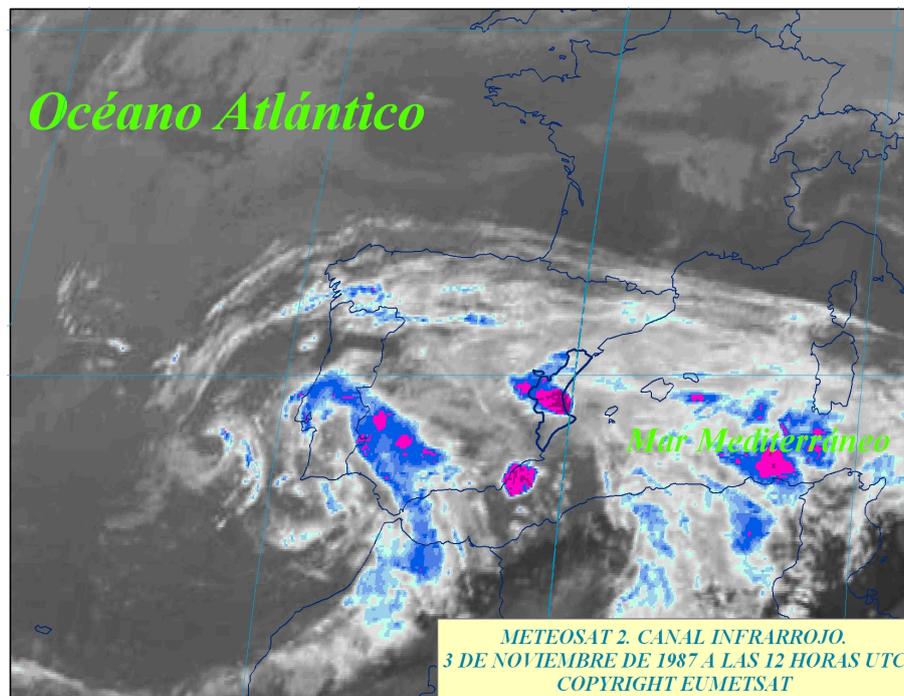


Figura 44.16: Imagen infrarroja realizada del satélite Meteosat correspondiente a las 12 UTC del 03-11-1987.

44.3 Repredicción con HARMONIE-AROME

JUAN PABLO SIMARRO GRANDE
D. T. Valencia, *AEMET*

RAFAEL ARMENGOT SERRANO
Ex Predictor en GPV de Valencia, *AEMET*

44.3.1 Configuración del experimento

En esta sección realizamos una simulación del episodio del 3 de noviembre de 1987 utilizando el modelo HARMONIE-AROME [2] (sec. 20.4 en la página 310) y el reanálisis ERA-Interim [6]. Durante este episodio se produjeron precipitaciones extraordinarias, con máximos superiores a 800 mm, y áreas relativamente extensas por encima de 500 mm. La situación meteorológica se caracterizó por una DANA centrada al suroeste de la península ibérica, con flujo del mediterráneo húmedo e inestable sobre la costa levantina. La imagen de satélite infrarroja del las 12 UTC del 03-11-1987 refleja bien la estructura meteorológica que causó estas precipitaciones (Figura 44.16). La Figura 44.17 en la página siguiente muestra las precipitaciones observadas.

ERA-Interim es una base de datos del ECMWF (cap. 19 en la página 289), consistente en reanálisis atmosféricos desde 1979 hasta la actualidad. En dicha base de datos se almacena una gran variedad de datos:

campos del modelo en distintos niveles atmosféricos y en superficie y campos derivados como integraciones en la vertical y promedios mensuales. ERA-Interim es un reanálisis mejorado con respecto de la versión anterior, el ERA-40 [16], en aspectos relacionados con el ciclo hidrológico y la circulación en la estratosfera. También se han mejorado el control de calidad de las observaciones y la corrección de BIAS (sec. 15.2.3 en la página 211).

El reanálisis ERA-Interim usa el mismo método de asimilación de datos (sec. 10.3 en la página 133) y el mismo modelo atmosférico (cap. 10 en la página 129) para todo el período y por tanto es consistente desde este punto de vista.

ERA-Interim se integra con una ventana de 4D-VAR de 12 horas y se realizan además IO y 3D-VAR generando campos cada 6 y 3 horas: se produce un análisis de los campos atmosféricos (temperatura, viento, humedad, ozono y presión en superficie) y de los campos de superficie (temperatura, humedad, nieve y oleaje), utilizando como campo previo la predicción realizada con el análisis anterior, de 12 horas antes. Para el análisis se utiliza el método 4D variacional (sec. 10.5 en la página 134), con una ventana temporal de 12 horas, una resolución horizontal de 80 km (T255) y 60 niveles en la vertical. El modelo atmosférico utilizado es la versión de 2006 del modelo IFS del ECMWF, denominado en este volumen ECHRES (el ciclo Cy31r2) ver sec. 19.2 en la página 291.

Así como ERA-Interim es consistente respecto de la asimilación de datos y el modelo, el número y tipo de observaciones cambia significativamente desde 1979 hasta la actualidad, pasando de unas 10^6 observaciones por día en 1979 hasta cerca de 10^7 en 2010. El número de observaciones desde satélites meteorológicos aumenta claramente, mientras que se mantiene más constante el de observaciones convencionales, tales como los partes *surface synoptic observations* (SYNOP) o TEMP.

Una de las aplicaciones de los reanálisis es el estudio de la variabilidad atmosférica interanual y en escalas de tiempo de décadas. Respecto del estudio del cambio climático, el ERA-Interim y los reanálisis en general, deben ser tratados con cautela y hay un debate científico sobre su utilidad en este área.

En este ejercicio hemos usado ERA-Interim para realizar una simulación de alta resolución del episodio del 3 de noviembre de 1987, usando el modelo de alta resolución HARMONIE-AROME con las condiciones iniciales y de contorno procedentes del reanálisis. De este modo ponemos a prueba, tanto el reanálisis como

el modelo de alta resolución en su capacidad para simular un caso excepcional. Hay que mencionar que el salto de resolución del ERA-Interim al HARMONIE-AROME es grande, de 80 km a 2.5 km. Este salto reduce la calidad de la simulación inevitablemente. Aún así, no se aprecian problemas numéricos en las zonas del contorno, y los resultados son, sorprendentemente o no, relativamente consistentes.

El modelo HARMONIE-AROME es un modelo de alta resolución no hidrostático que permite simular explícitamente la convección. En la configuración que hemos utilizado, el área de integración está centrada en la península ibérica, con 2.5 km de distancia entre puntos de malla y 65 niveles en la vertical. Las condiciones iniciales se han tomado directamente del reanálisis ERA-Interim, así como las condiciones de contorno, cada tres horas de integración. La simulación comienza a las 00 UTC del día 3 de noviembre de 1987, y se prolonga hasta 36 horas, a las 12 UTC del día 4. El modelo HARMONIE-AROME se usa actualmente de forma operativa en AEMET, conjuntamente con otros modelos, especialmente el modelo global ECHRES del ECMWF (sec. 19.2 en la página 291).

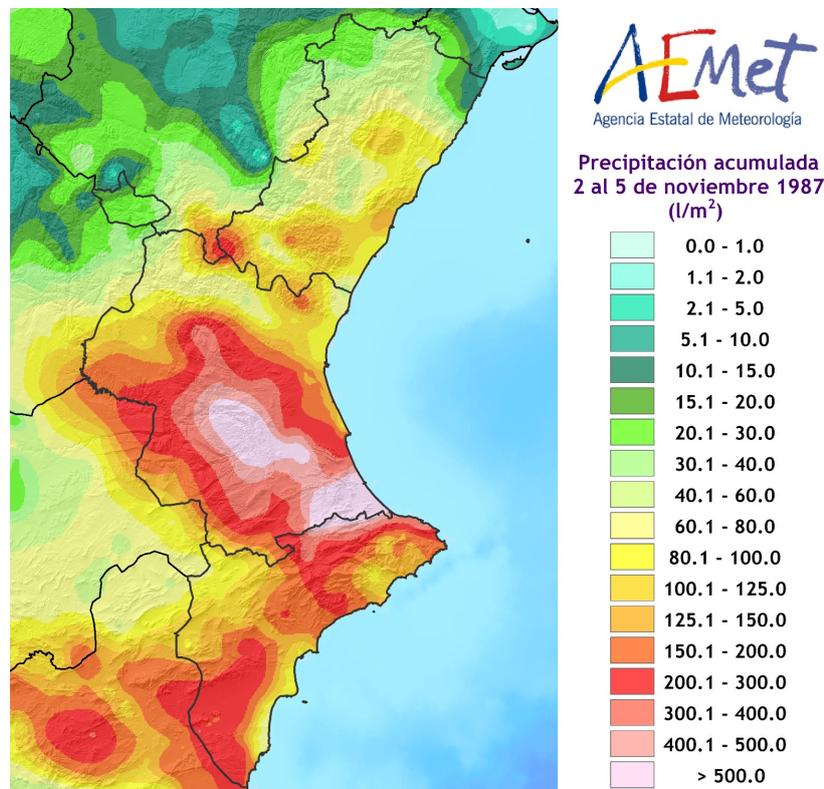


Figura 44.17: Precipitación acumulada en el entorno de la Comunidad Valenciana durante el episodio.

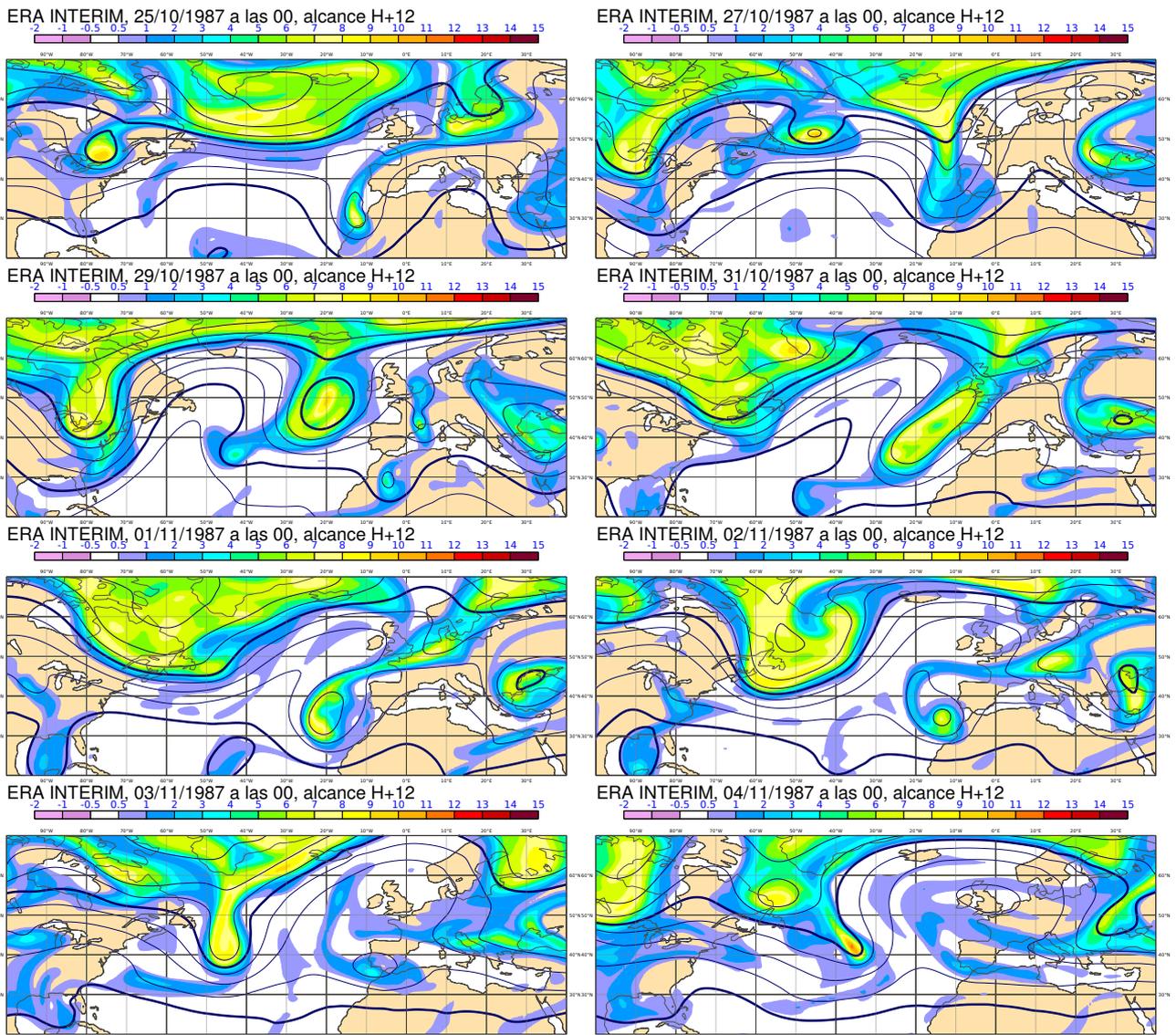


Figura 44.18: Evolución de la vorticidad potencial y geopotencial en 300 hPa.

44.3.2 Génesis de la situación del 03-11-1987

Antes de presentar los resultados de la simulación HARMONIE-AROME, analizamos la situación del 3 de noviembre desde el punto de vista de diagnóstico meteorológico, a la vista del reanálisis ERA-Interim. Para ello, nos valemos de los campos de geopotencial y vorticidad potencial (PV) en 300 hPa (niveles altos), geopotencial y temperatura en 500 hPa (niveles medios) y geopotencial y humedad relativa en 700 hPa (niveles medio-bajos).

El día 25-10-1987, 10 días antes de la situación de interés, ya estaba formada la perturbación que se propagaría y transformaría en los días siguientes, produciendo las precipitaciones del día 03-11-1987 en la Comunitat Valenciana. En ese momento estaba si-

tuada en el noreste de Estados Unidos, tal como se aprecia claramente en la Figura 44.18, configurada como una baja aislada en niveles altos con un máximo de vorticidad potencial (PV) de unos 10 PVU. Dos días más tarde, el 27-10-1987, la baja se había trasladado hacia el oeste situándose en 45° W 50° N, sin aumentar su extensión y manteniendo el máximo de PV. En ese mismo día una vaguada estaba entrando en la península ibérica. Dos días más tarde, el 29-10-1987, la baja aislada en altura se había trasladado hacia el oeste, bajando algo de latitud, y situándose 20° W 45° N. Su extensión era entonces mucho mayor, sin perder intensidad y manteniendo los máximos de PV por encima de 10 PVU. Dos días más tarde, el 31-10-1987, la perturbación se deformó, orientándose en dirección suroeste-noreste, bloqueada en cierta medida por una potente dorsal sobre Europa.

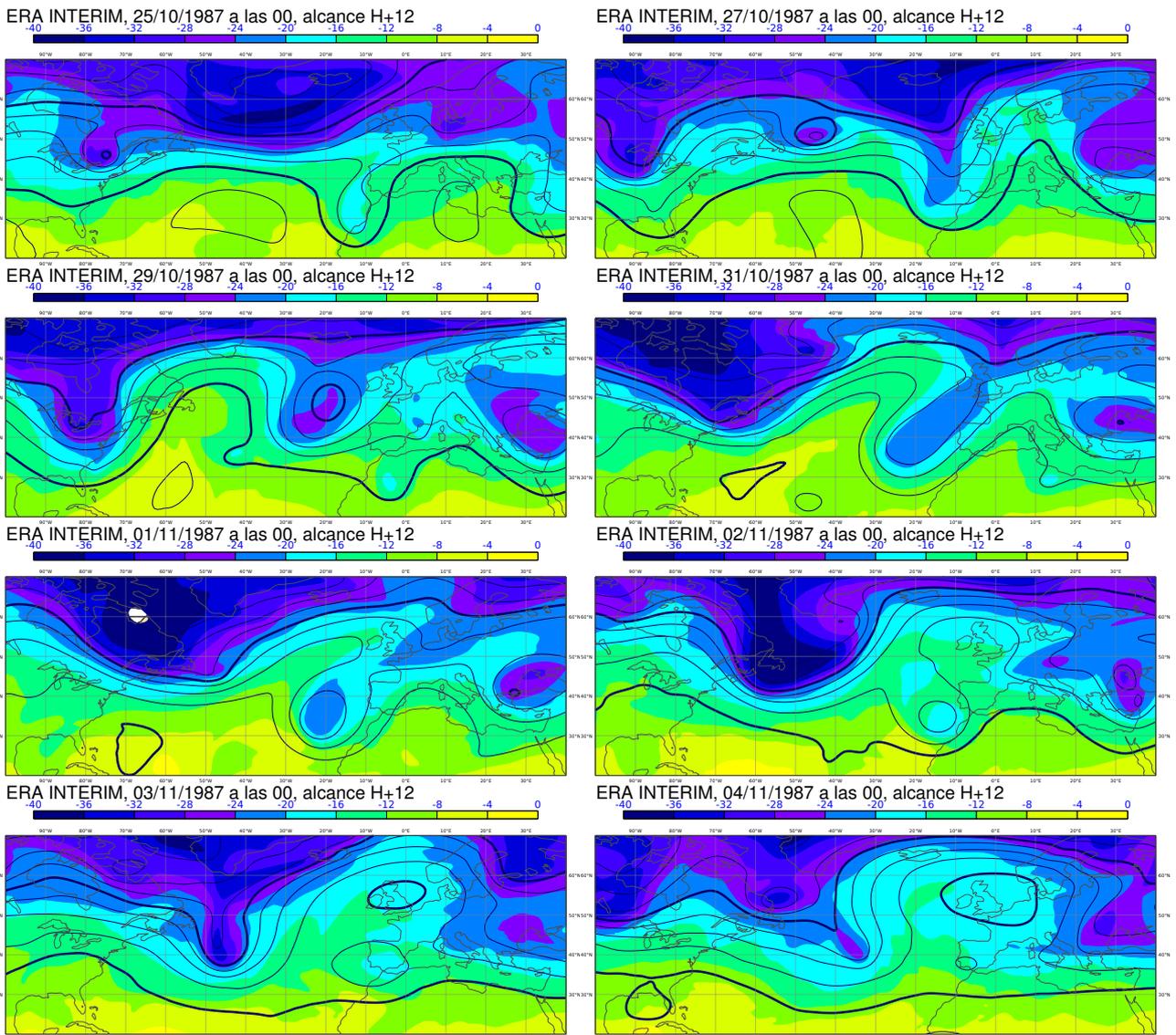


Figura 44.19: Evolución de temperatura y geopotencial en 500 hPa.

Al día siguiente, el 01-11-1987, la perturbación se había descolgado definitivamente de la circulación del frente polar, enroscándose y dejando una zona de altas presiones al norte. Durante los días siguientes, días 2 y 3, la perturbación se desplaza lentamente hacia el este, centrándose en el golfo de Cádiz al final del período, en una configuración muy favorable a precipitaciones torrenciales en la Comunitat Valenciana. La moderada advección diferencial de vorticidad y la difluencia en niveles medios-altos que proporciona la DANA en su flanco oriental, son importantes elementos de forzamiento. En paralelo, se forma una depresión en niveles bajos entre Argelia y el sureste peninsular, canalizando una advección de aire mediterráneo con muy largo recorrido marítimo, muy húmeda y potencialmente inestable. La fecha, principios de noviembre, entra en el período de mayor potencialidad ligada a la inercia térmica del Mediterráneo. Todo ello era una configura-

ción muy favorable a precipitaciones intensas en la Comunitat Valenciana. Finalmente, a lo largo del día 4 desapareció el mínimo de vorticidad potencial y fueron cesando los elementos de forzamiento.

En niveles medios, en los mapas de geopotencial y temperatura en 500 hPa (figura 44.19), se refleja la perturbación y su evolución desde el día 25-10-1987 hasta el 04-11-1987. El día 25-10-1987, la temperatura en el centro de baja era en 500 hPa de unos $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante la travesía por el Atlántico Norte, desde día 25 al 29-10-1987, la temperatura en niveles medios aumenta unos $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta unos $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 500 hPa. Durante el proceso de elongación y descuelgue de la circulación del frente polar, días 31/10 al 01-11-1987, la masa de aire de la baja se calienta otros $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ más, con mínimos de $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 500 hPa al final de este período. El día 03-11-1987 la temperatura en 500 hPa era de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

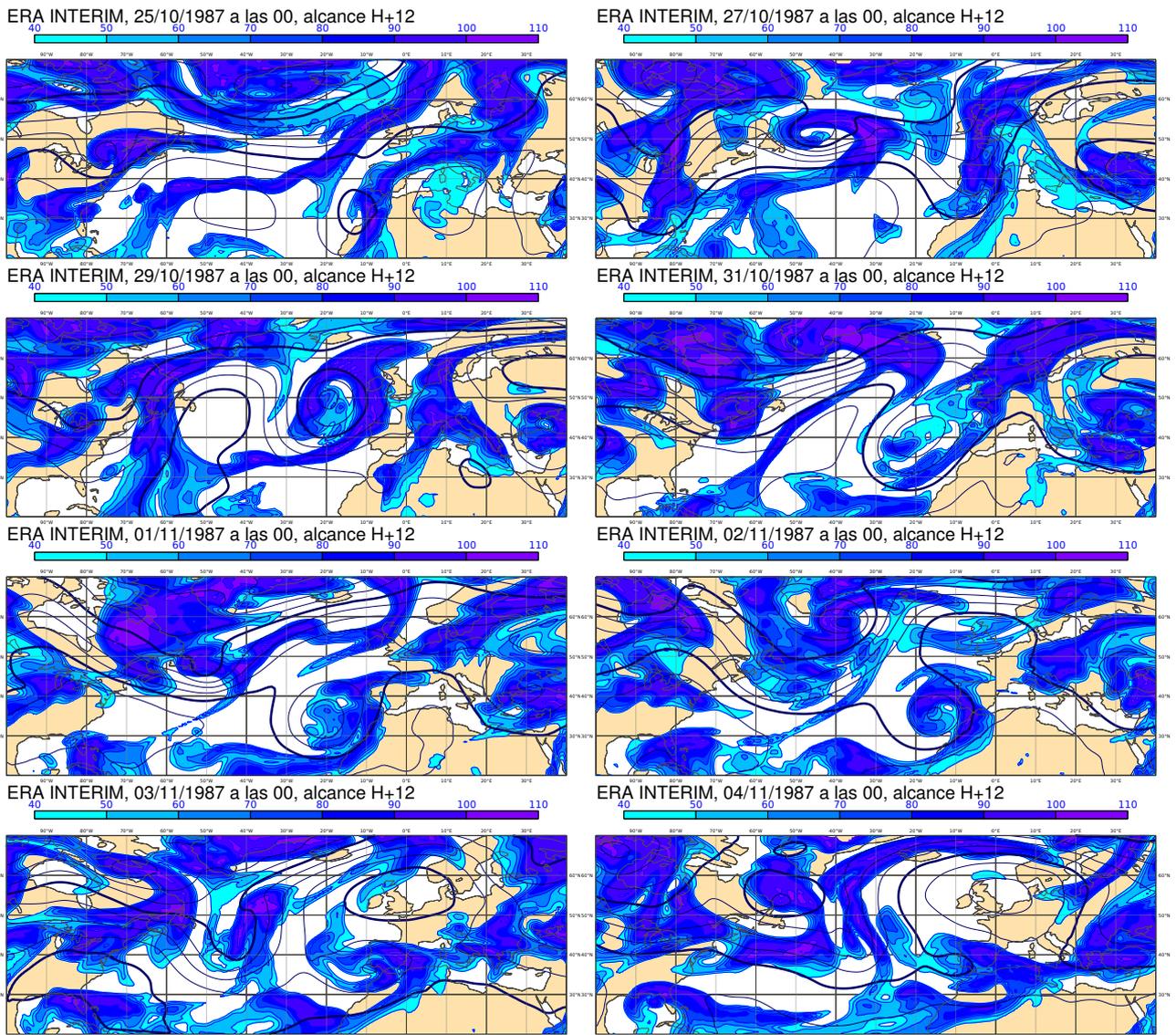


Figura 44.20: Evolución de humedad relativa y geopotencial en 700 hPa.

En los mapas de geopotencial y humedad relativa en 700 hPa (Figura 44.20) se aprecian los sistemas frontales asociados a la perturbación. Ya el día 25-10-1987, con la baja situada en el noreste del Estados Unidos, había un frente frío y cálido claramente visibles. Dicha estructura frontal se mantuvo durante los siguientes dos días. El día 27-10-1987 el frente estaba ocluido, con una forma enroscada alrededor de las bajas presiones, conectándose con otras zonas frontales situadas hacia el suroeste de la baja. En la fase de elongación, día 31-10-1987, la estructura frontal se desdibujó. Sin embargo, tras el descuelgue de la circulación del frente polar, la baja volvió a tomar fuerza, se tornó otra vez circular, y se formaron estructuras frontales alrededor del centro, tal como se aprecia en el mapa del día 02-11-1987. El día 03-11-1987 el campo de humedad relativa muestra zonas muy amplias con valores

superiores al 80% en prácticamente toda la península ibérica y alrededores.

En resumen, este somero análisis de la génesis de la perturbación que produjo las precipitaciones torrenciales el día 03-11-1987 en la Comunitat Valenciana nos indica que esta DANA tuvo un largo recorrido, estando definida al menos desde el día 25 de octubre. Durante los días 25 al 29 cruza el Atlántico Norte, y al llegar a Europa sufre una deformación, elongándose y perdiendo durante unos días su forma circular. En este proceso se separa de la circulación del frente polar, y queda confinada en latitudes más bajas, bloqueada por sendas dorsales al oeste y este, recuperando su forma circular. La dorsal al este toma fuerza y se extiende hacia el noroeste, situándose el día 03-11-1987 al norte de la baja, que en ese momento se centraba en el golfo de Cádiz.

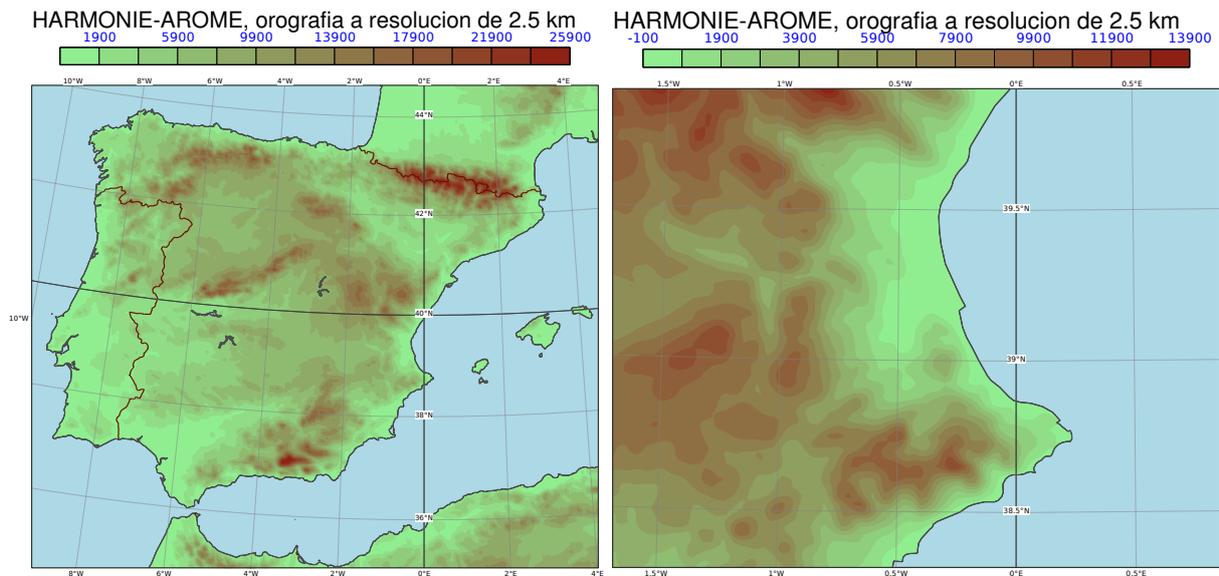


Figura 44.21: Orografía del modelo HARMONIE-AROME utilizada en la simulación. Se representa el geopotencial de superficie (m^2/s^2).

44.3.3 Simulación HARMONIE-AROME

Se han hecho dos simulaciones HARMONIE-AROME independientes, la primera comienza el 03-11-1987 a las 00 UTC y la segunda el 04-11-1987 a las 00 UTC, ambas con un alcance de 36 horas. Es decir, conjuntamente cubren desde las 00 UTC del día 3 hasta las 12 UTC del día 5. El modelo usa una representación de la orografía mucho mejor que la del ERA-Interim y tiene capacidad de modelizar la convección profunda de forma explícita. Simular la convección profunda de forma explícita, especialmente en casos como el estudiado en el que se produjeron precipitaciones extraordinarias, influye drásticamente en la predicción del campo de precipitación acumulada. Los modelos hidrostáticos con resoluciones de 10 km o peores, simulan la convección profunda de forma menos exacta, incluyéndola en las llamadas parametrizaciones físicas (sec. 10.5 en la página 137) del modelo. Los modelos de alta resolución no hidrostáticos, al simular la convección profunda explícitamente, producen campos de precipitación más realistas, con máximos más cercanos a los observados. La resolución horizontal empleada en la simulación es de 2.5 km, lo que permite una representación relativamente buena de los vientos locales y la influencia de los accidentes geográficos sobre la configuración de éstos, sobre todo en niveles bajos.

Es conocida la influencia que tiene la orografía de la

Comunitat Valenciana en las situaciones de precipitaciones intensas, en particular las cordilleras del sector bético, como las sierras de Aitana, Mariola, Benicadell y la Safor [1] (sección 44.1 en la página 656). Estas sierras y profundos valles que conforman la compleja orografía de la zona, orientados mayoritariamente en la dirección suroeste-nordeste, influyen en las convergencias del viento en niveles bajos, en la inestabilización de masa de aire por ascenso, en la formación de ondas gravitatorias, en el anclaje de sistemas convectivos, en definitiva, en la formación de sistemas convectivos eficientes. La orografía utilizada (Figura 44.21) se acerca a la real, aunque, evidentemente, se deja muchos detalles por representar. Resulta difícil evaluar la influencia que estos detalles orográficos omitidos pueden tener en este caso concreto.

El episodio pluviométrico real tuvo dos grandes fases. Una primera protagonizada por un potentísimo SCM, que afectó a la comarca de la Safor a lo largo de gran parte del día 3, con máximos en menos de 24 horas de 817 mm en Oliva y 864 en Gandía. Y una segunda que fue tomando fuerza a partir de la tarde del día 3 y no cesó hasta la madrugada del día 5. Se apoyó marcadamente en la orografía. Afectó especialmente a comarcas interiores de la cuenca del Júcar y totalizó máximos altísimos, como los 786 mm en Sumacàrcer (Ribera Alta), 714 en Millares (Canal de Navarrés) y 629 en Beniatjar (Vall d'Albaida).

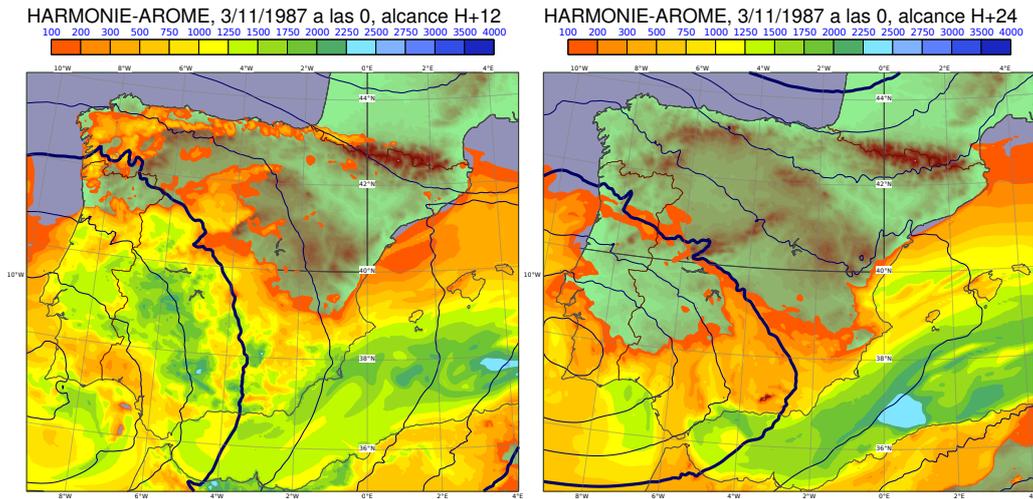


Figura 44.22: convective available potential energy (CAPE) y geopotencial en 500 hPa, alcances 12 y 24 de la pasada de las 00 UTC del 03-11-1987.

Las precipitaciones se produjeron en una zona de frontera entre un entorno altamente inestable al este, con valores de CAPE altos en amplias zonas del Mediterráneo, con máximos superiores a 2000 J/kg (ver Figura 44.22), y una zona estable en el interior. La Comunitat Valenciana quedó inmersa en dicha frontera. La configuración del viento era del noreste en niveles

bajos, girando hasta suroeste en niveles altos (Figura 44.23). Esta configuración es típica en situaciones de precipitaciones intensas en la Comunitat Valenciana, facilitando la organización de la convección y su carácter cuasi-estacionario durante un período prolongado.

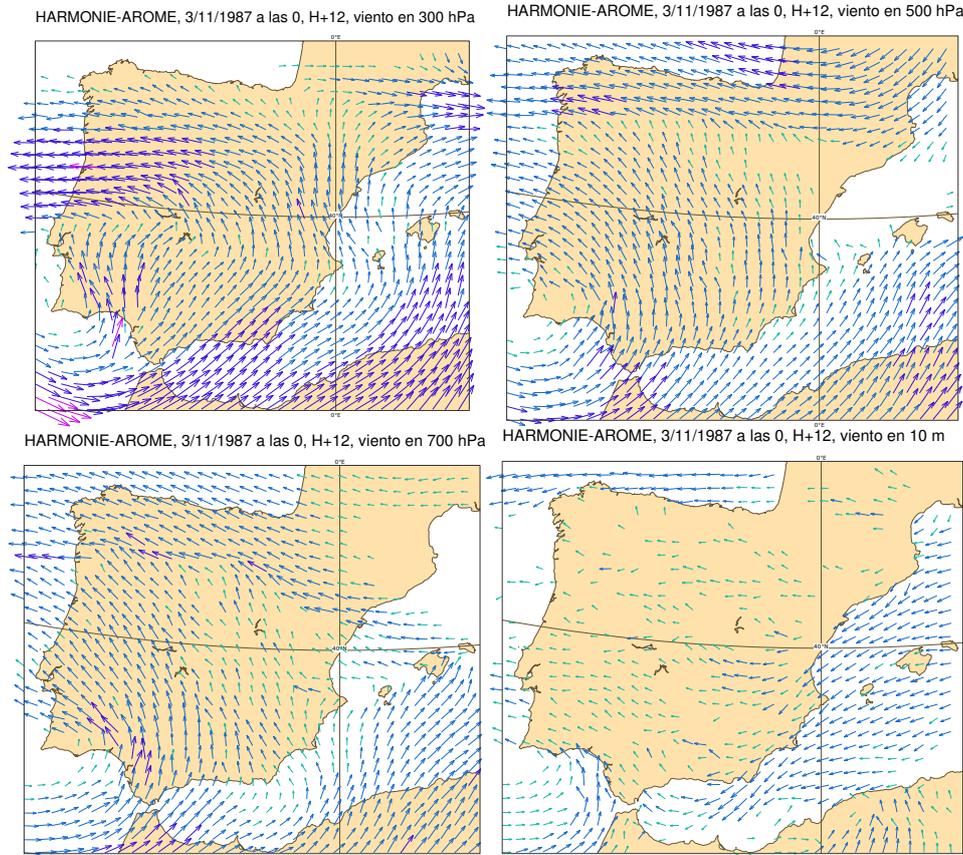


Figura 44.23: Viento en 300, 700, 500 hPa y a 10 m a las 12 UTC del 03-11-1987. El viento por debajo de 5 m/s no se plotea.

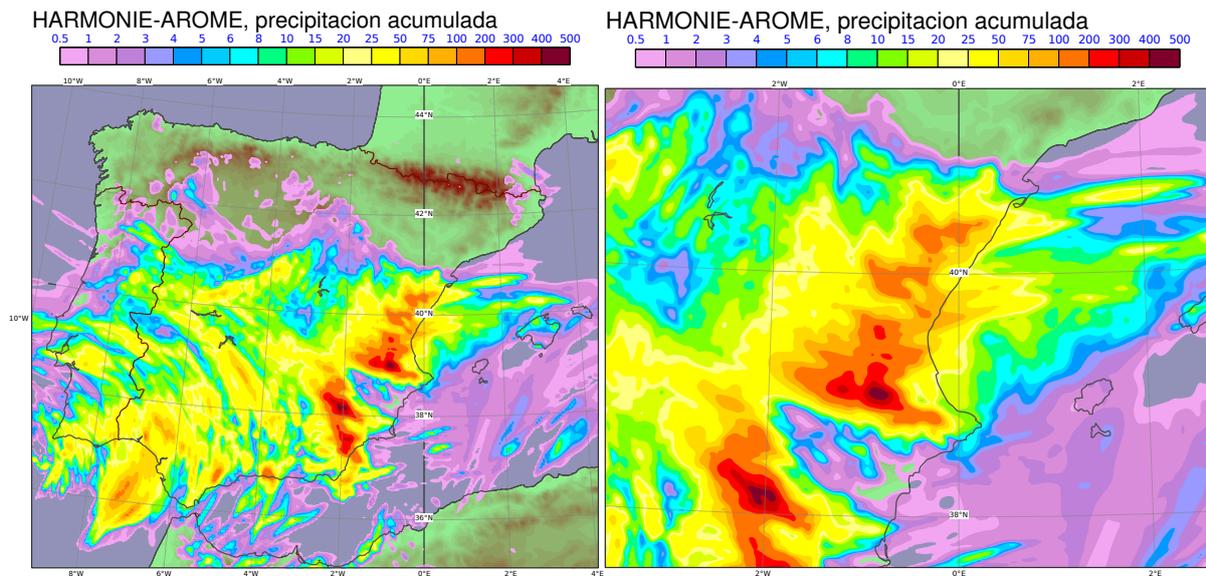


Figura 44.24: Precipitación acumulada en la simulación de HARMONIE-AROME, desde las 00 UTC del 03-11-1987 hasta las 12 UTC del 05-11-1987. Derecha, detalle sobre la Comunitat Valenciana.

Se muestra a continuación el resultado de las dos integraciones realizadas, que comienzan a las 00 UTC de los días 3 y 4, ambas con un alcance de 36 horas, como ya se ha mencionado. La precipitación total acumulada en todo el episodio alcanza los 200 mm en amplias áreas, sobre todo del interior, y máximos cercanos a 500 mm, tal como se observa en la Figura 44.24. La precipitación acumulada en el episodio se ha calculado sumando la precipitación acumulada desde las 00 UTC del día 3 hasta las 06 UTC del día 4 correspondiente a la primera simulación, y la precipitación acumulada desde las 06 UTC del día 4 hasta las 12 UTC del día 5 de la segunda. Comparando el análisis del campo de precipitación observado (Figura 44.17 en la página 672) y el simulado (Figura 44.24) vemos similitudes notables, tanto en la localización como en las magnitudes, con algunas diferencias importantes.

En efecto, respecto a la primera fase del episodio, la integración no consigue representar el SCM de la Safor. Sólo refleja una zona de precipitación poco extensa en la madrugada y mañana del día 3, que nace en el interior-sur de la comarca de la Safor y se traslada posteriormente hacia el oeste, pero que no afecta al litoral ni tiene una magnitud muy destacable. Sea por insuficiencia del reanálisis ERA-Interim, con una malla de 80 km demasiado poco densa para estos fenómenos, sea por el salto de resolución a HARMONIE-AROME, o por problemas achacables a este modelo, la simulación muestra poca calidad en esta fase.

Por contra, los resultados de la segunda fase muestran una calidad muy superior. Se simulan bien la enorme magnitud y la localización de las principales zonas de precipitación. El máximo de la simulación se sitúa en la sierra de Enguera con 488 mm, no muy alejado de los máximos de más de 600 mm registrados en esta zona. Esta fase, de gran dimensión y muy modelada por el relieve, queda definida de forma bastante aceptable por HARMONIE-AROME.

En cuanto a la evolución temporal de la precipitación en el área de la Comunitat Valenciana y alrededores, la simulación aumenta la actividad paulatinamente, desde la madrugada del día 3 hasta un máximo por la tarde del día 4, con máximos relativos. Y disminuye paulatinamente desde entonces hasta cesar casi por completo al final de la integración, el día 5 a mediodía, como se observa en la Figura 44.25 en la página siguiente.

Como conclusión, podemos señalar que este experimento se ha realizado treinta años después del importantísimo episodio que lo motiva. Es una muestra de los grandes avances de la modelización numérica en este período, pero también de sus limitaciones e incertidumbres. Si se repitiera este mismo episodio, parece que la modelización sería una importantísima guía para la predicción y vigilancia de su segunda parte, marcadamente sinóptica y muy apoyada en la orografía. Por contra, nos mantiene en la incertidumbre respecto a la posibilidad de haber predicho con antelación el gran SCM que afectó a la comarca de la Safor y que inició el episodio.

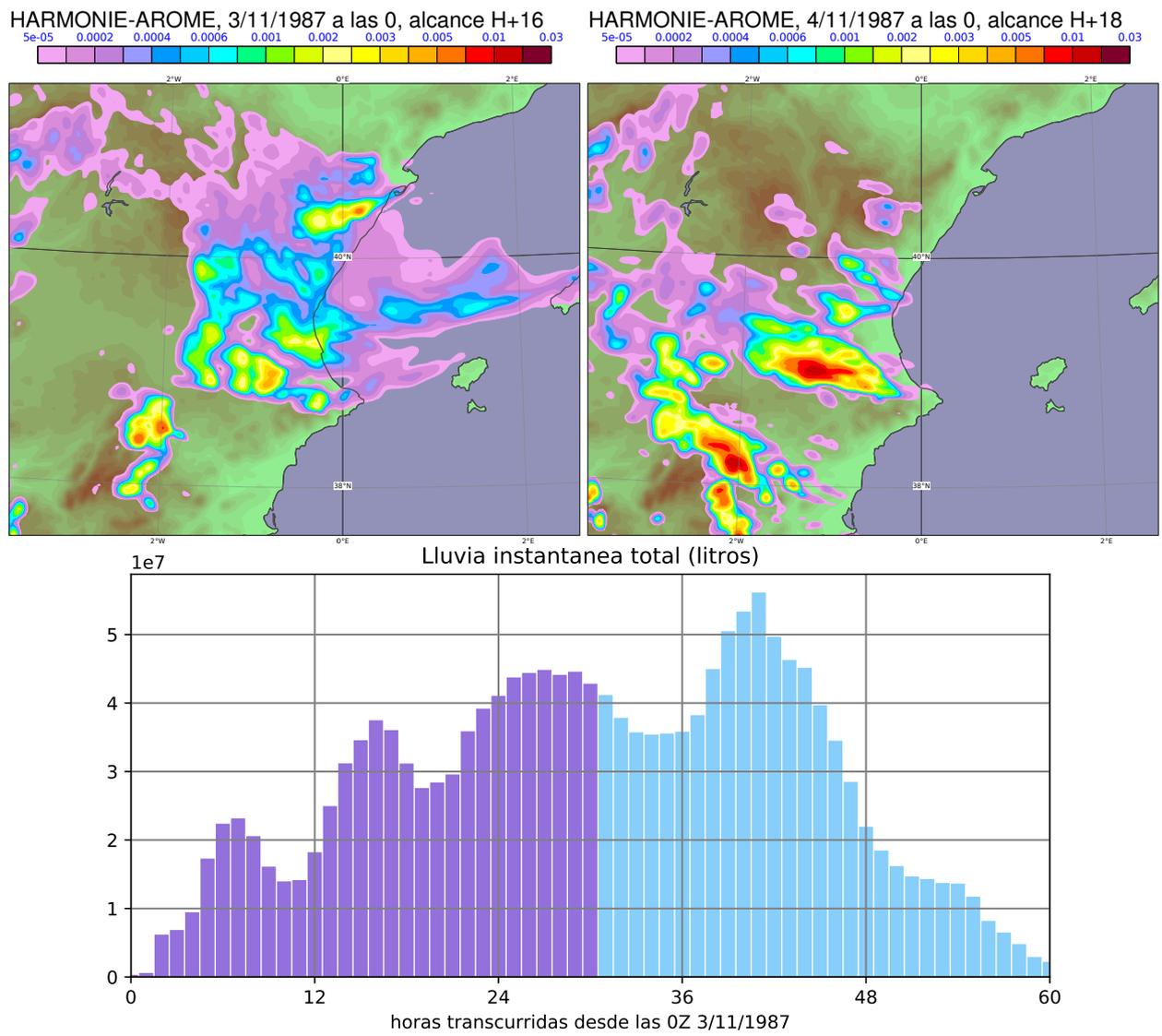


Figura 44.25: Evolución de la precipitación en el área de la Comunitat Valenciana y alrededores durante el episodio. Arriba, lluvia o gotas de agua precipitable en dos momentos de máxima actividad (litros por metro cuadrado). Abajo, evolución de la lluvia total en el área (en litros), coloreado según corresponda a la simulación del día 3 (morado) o del día 4 (azul).

44.4 Repredicción con AEMET- γ SREPS

ALFONS CALLADO I PALLARÉS Y MARC COMPTE ROVIOLA
Delegación Territorial en Cataluña, AEMET

El SPC de alta resolución AEMET- γ SREPS operativo en AEMET a 2,5 km (cap. 22 en la página 333) se ha utilizado para simular el episodio del superrécord de Oliva-Gandía del 3 y 4 de noviembre de 1987 con la idea de ahondar más, desde el punto de vista de la predecibilidad del mismo, en relación con la pregunta (sec. 44.2.2 en la página 666): ¿podría haberse previsto una lluvia de copiosidad semejante con los SPC actuales de alta resolución?

44.4.1 Enfoques y aspectos

Como hemos dicho, para responder a la pregunta *¿podría haberse previsto una lluvia de copiosidad semejante con los SPC actuales de alta resolución?* utilizaremos el SPC de alta resolución γ SREPS, estudiando la predecibilidad que aporta al episodio y capacidad de limitar las incertidumbres, desde dos enfoques distintos, uno más académico y otro bajo la óptica de la predicción operativa (cap. 4 en la página 29).

Enfoque académico: analizando las salidas del SPC AEMET- γ SREPS en las dos fases del episodio (sec. 44.3.3 en la página 676):

1. La primera fase del día 3, con un **SCM**, es decir, con organización de la convección en la escala convectiva.
2. La segunda del día 4 hasta el mediodía del día 5, con un forzamiento sinóptico más determinante en la evolución del citado **SCM** y, quizás, con una focalización más notoria de la precipitación por la orografía local.

Predicción operativa: como si fuéramos predictores el día 2 de noviembre de 1987 por la tarde y dispusiéramos de la simulación del γ SREPS, prediciendo los avisos meteorológicos de precipitaciones acumuladas en 12 horas, para el día siguiente día 3 y para el pasado-mañana día 4, emulando tal como se pondrían hoy en día desde el Sistema Nacional de Predicción de AEMET.

Es importante recordar, por otro lado, el argumento ya expuesto en el presente capítulo, de la necesidad de SPC contruidos con modelos de predicción del tiempo de alta resolución para una mejor predicción de estos tipos de eventos de lluvias convectivas marítimas (sec. 44.1.2 en la página 659), en el entorno peculiar del Mediterráneo occidental, de cubeta en mar cálido casi encerrado por altas montañas (sec. 32.5 en la página 537), para acotar y delimitar mejor la incertidumbre.

Excepcionalidad del episodio de Oliva-Gandía. La predicción de este episodio es un reto en toda regla, tanto para los modelos y SPC, como para los predictores debido a su excepcionalidad. Muestra de esta excepcionalidad es que los 817 mm de Oliva en un solo día, son porcentualmente un 44% del máximo mundial de 1825 mm en la isla de La Reunión, muy por encima de otros períodos, como 7 días, donde los 1023.2 mm de Grazalema (Cádiz) son sólo el 18.9% del máximo mundial de 5400 mm, otra vez en La Reunión [8].

Repredicción AEMET- γ SREPS usando reanálisis. El AEMET- γ SREPS es un SPC multimodelo multicondiciones de contorno de alta resolución a 2,5 km, no hidrostático y convection-permitting (sin parametrizar la convección, sec. 22.5 en la página 345).

El AEMET- γ SREPS operativo explora y acota la incertidumbre con 20 miembros, que salen de cruzar las 5 condiciones de contorno: ECMWF/IFS (ECHRES), NCEP/GFS, MétéoFrance/ARPÈGE, JMA/GSM y CMC/GEM; con 4 modelos: HARMONIE-AROME (HIRLAM), ALARO (ALADIN), WRF-ARW (NCAR) y NMMB (NCEP). De esta manera, la predecibilidad más bien sinóptica viene más marcada por las 5 condiciones de contorno, mientras que la predecibilidad más mesoescalar, como en la escala convectiva, es más explorada por los 4 modelos que, además, por ser convection-permitting pueden organizar la convección de forma natural e incluso simular un **SCM**.

El AEMET- γ SREPS usando reanálisis para fines de repredicción, que llamaremos abreviadamente $RA\gamma S$, explora y acota la incertidumbre con 12 miembros, cruzando los 4 mismos modelos del γ SREPS operativo con 3 condiciones de contorno de tres reanálisis.

reanálisis/características	ERA-Interim [ECMWF]	CFSR [NOAA-NCEP]	JRA-55 [JMA]
Período, ciclos y predicciones [cf. γ SREPS operativo]	01-01-1979 hasta la actualidad menos 2 meses Cada 6 horas [3 horas] 00/12 UTC +3/6/9/12	01-01-1979 a 31-03-2011 Cada 6 horas [3 horas] 00/06/12/18 UTC +1/2/3/4/5/6/9	01-01-1958 a 01-07-2017 Cada 6 horas [3 horas] 00/06/12/18 UTC +3/6
Resolución horizontal y vertical [cf. γ SREPS operativo]	T255 (~79 km) [0.1°,~12 km] 60 niveles isobáricos [137 híbridos]	0.5° (~56 km) [0.25°,~28 km] 37 niveles isobáricos [52]	TL319 (~55 km) malla cuasi-gaussiana [0.25°,~28km] 60 niveles híbridos [86]
Asimilación y Modelo	4-DVAR (ventana 12 h) IFS T255 (Cy31r2)	3-DVAR (v. 6 h) GFS	4-DVAR (v. 6 horas) GSM TL-319 (v. 2009)
Campos Altura* [formato]	t/q/u/v/z(orog)/ln(sp) [GRIB2]	gh/t/r/u/v [GRIB2]	t/q/u/v [GRIB1]
Campos superficie* [formato]	mssl/2t/2d/10u/10v/lsm/skt/ sst/ci/sd+rsn+asn(snow) suelo: stl1/stl2/stl3/stl4/swvl1/swvl2/ swvl3/swvl4/ slt** [GRIB1]	prmsl/sp/2t/2r/10u/10v/ orog/lsm/sdwe/ci/t(st) soilw /t(st) [GRIB2]	sp/2t/2sh/10u/10v/z(orog)/ lsm/sf(snow)/tgsc(skt) suelo: st/ussl(1)/ussl(2)/ ussl(3) [GRIB1]
Sitio web	https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim	https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/climate-forecast-system-version2-cfsv2	http://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index_en.html#reanalysis

Tabla 44.1: Resumen de las características principales de los 3 reanálisis del γ SREPS para repredicción con reanálisis (RA γ S): ECMWF, NOAA-NCEP (USA) y JMA (Japón); (*) shortName (término referente a la clave de codificación GRIB según el software ECMWF ecCodes, <http://apps.ecmwf.int/codes/grib/param-db/>) de los campos utilizados en las simulaciones del AEMET- γ SREPS. (**) Campo añadido. Corchetes []: información adicional, comparación γ SREPS operativo y formato de datos. Paréntesis (): aclaraciones adicionales.

La Tabla 44.1 muestra las características de estos tres reanálisis utilizados: ERA-interim del ECMWF (como en la repredicción HARMONIE-AROME, sec. 44.3.1 en la página 671), CFSR de NOAA-NCEP estadounidense y JRA-55 de los japoneses; estos reanálisis sustituirán a los análisis ECMWF/IFS, NCEP/GFS y JMA/GSM del γ SREPS operativo respectivamente. De esta manera, respecto al γ SREPS operativo, se advierten tres diferencias notables que condicionan la capacidad del RA γ S para predicciones de fenómenos extremos:

- Reducción de 20 a 12 miembros, por imperativo físico, ya que no hay reanálisis disponibles de MétéoFrance (MF) ni del Servicio Meteorológico Canadiense (CMC). En consecuencia, se explorarán menos escenarios de predicción plausibles, con un SPC claramente subdispersivo, limitando su capacidad de contrastar la predecibilidad.
- Salto mayor de resolución horizontal (y vertical) a los modelos del γ SREPS desde los reanálisis (55-79 km), que desde los modelos globales (12-28 km). Tal como se apuntaba (sec. 44.3.1 en la página 671), no hay problemas numéricos apreciables, pero sin duda hay una reducción de la calidad del RA γ S res-

pecto al operativo, sobre todo por la pérdida en las condiciones iniciales y de contorno de información de la escala meso- α (~ 25-50 km). Para una simulación realmente consistente en esta escala convectiva es necesaria una asimilación de datos.

- Condiciones de contorno peores: las laterales con una frecuencia más baja de 6 horas en el RA γ S respecto a las 3 del operativo, aunque quizás mejores desde el enfoque de que son siempre análisis y no predicciones de modelos globales y, las iniciales, mejores porque son un análisis y no una predicción a 12 horas, a pesar de un mayor *spin-up* (cap. 10 en la página 129).

Debemos añadir una limitación más en el uso de γ SREPS para el episodio Oliva-Gandía que nos ocupa: un área pequeña. Esta limitación, en el borde sur, deja en gran medida el peso para describir el flujo de sur a las condiciones de contorno y, por tanto, impide simular mejor la baja a sotavento del Atlas (sec. 44.2.2 en la página 666). El borde Este restringe, a su vez, la simulación mesoescalar de la advección a niveles bajos de aire húmedo mediterráneo (sec. 44.2.4 en la página 670).

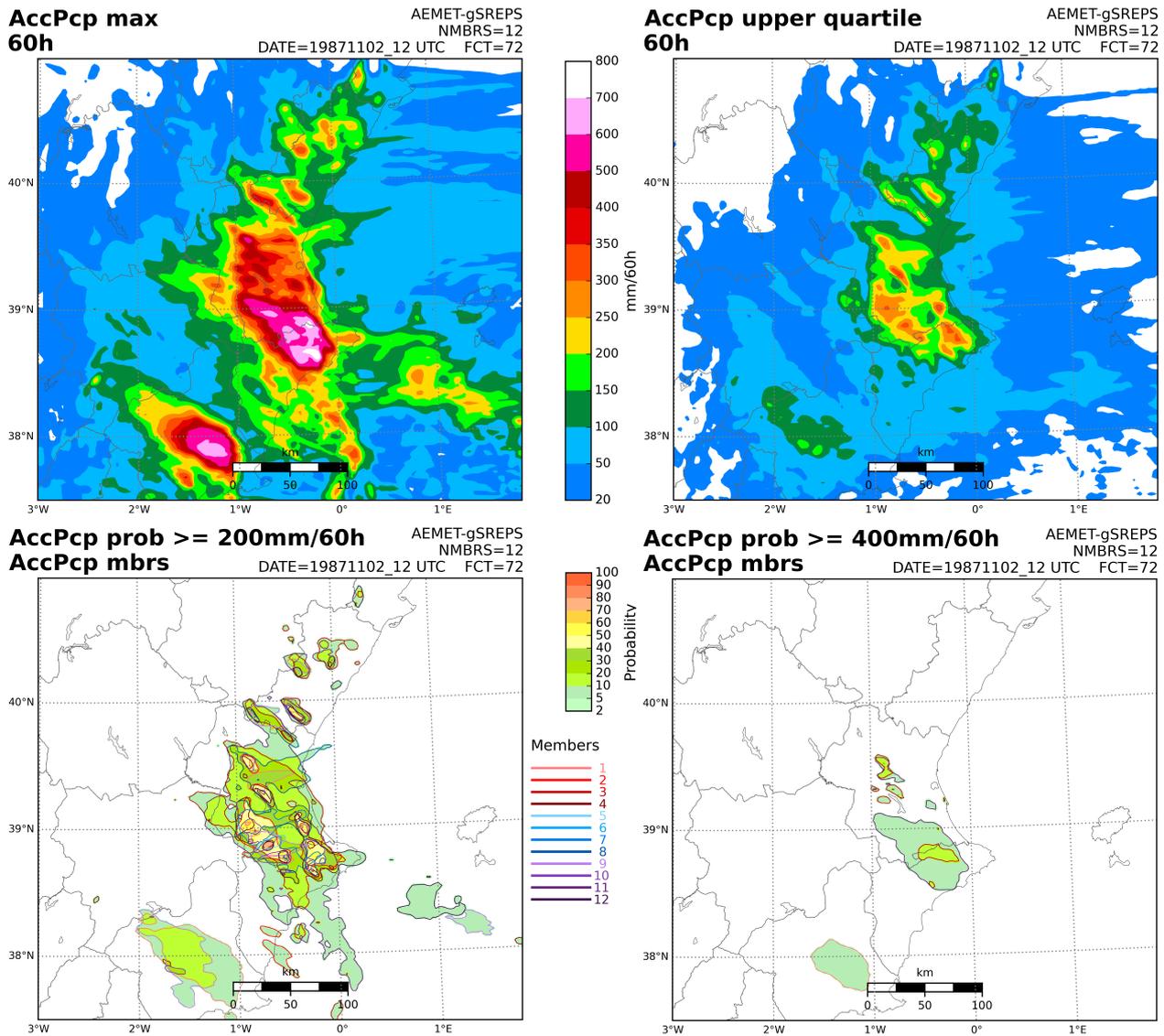


Figura 44.26: Simulación de precipitación acumulada en 60 horas del γ SREPS para repredicción con reanálisis (RA γ S) del 2 de noviembre de 1987 a las 12 UTC para el episodio Oliva-Gandía desde el día 3 hasta el día 5 al mediodía. Arriba izquierda: máxima precipitación acumulada entre los 12 miembros. Arriba derecha: mediana de la precipitación de los 3 miembros con más precipitación acumulada. Abajo izquierda (derecha): probabilidad de precipitación superior a 200 mm (400 mm) y contorneo de la isolínea de 200 mm (400 mm) para cada uno de los 12 miembros. Se consignan localizaciones y valores de las precipitaciones observadas en los días 3 y 4 pluviométricos (fuente: AEMET). Se consigna también localización y valor del máximo de precipitación del HARMONIE-AROME determinista (sec. 44.3 en la página 671).

44.4.2 Simulación con AEMET- γ SREPS

El RA γ S ha simulado el episodio de Oliva-Gandía desde el día 2 a las 12 UTC hasta el día 5 también a las 12 UTC, una simulación a 72 horas, algo excepcional tratándose de un SPC convection-permitting. En la cadena operativa, se traduciría en que la tarde del día 2 estarían los productos disponibles para hacer las predicciones de los dos días siguientes, que es el caso que vamos a emular.

Debemos recordar que, probablemente, por limitacio-

nes de observaciones y análisis para las condiciones iniciales, tendencia conservadora de los modelos, con difusiones o filtros en la dinámica, limitaciones en las salidas de las parametrizaciones de la física, así como el propio diseño en la construcción de los SPC e, incluso, también la propia naturaleza incierta del fenómeno meteorológico, los eventos extremos aparecen normalmente en la cola de la distribución (en la cola de la PDF) de un SPC (sec. 13.6 en la página 176). En otras palabras, normalmente sólo unos pocos miembros del SPC ven el fenómeno extremo en su magnitud real.

Esto condiciona los productos de un SPC que escruta un predictor cuando sospecha la posibilidad de un fenómeno meteorológico adverso y/o extremo. Razón por la cual escrutaremos, también nosotros, esos productos de un SPC que nos proporcionen más información sobre la posibilidad del fenómeno extremo de acumulación cuantiosa de precipitación.

Episodio Oliva-Gandía. Vamos a darle una ojeada a todo el episodio de precipitaciones acumuladas, 60 horas que van desde el día 3 a las 00 UTC hasta el día 5 a las 12 UTC. En la Figura 44.26 en la página anterior podemos ver el máximo de precipitación acumulada (arriba, izquierda) en todos los 12 miembros de $RA\gamma S$. Se debe poner atención al hecho de que este producto NO es una predicción de ningún miembro y no tiene sentido estricto meteorológico por falta de consistencia, pero es un primer aviso para un predictor de que algo crítico puede suceder. ¿Nos informa el producto de precipitación máxima acumulada en 60 horas de posibles lluvias copiosas? Pues evidentemente sí. Observamos una amplia zona con acumulaciones superiores a los 250 mm y, dentro de ésta, otra importante de más de 500 mm e, incluso, un par de máximos de más de 800 mm.

Si nos fijamos en la mediana de los 3 miembros con más lluvia (arriba, derecha en la misma Figura 44.26 en la página anterior), advertimos dos cosas. La pri-

mera es que la precipitación disminuye mucho (¿incertidumbre espacial entre miembros?). La segunda es que se dibujan mejor máximos no tan lejanos a los observados: unos, sólo un poco más al interior de Oliva (817 mm) y Gandía (864 mm), otro sobre de Beniatjar (629 mm) y, finalmente, otro cerca del Embalse de Tous, cerca de Millars (714 mm) y Sumacàrker (786 mm). Probablemente es debido a que son los 3 miembros con más precipitación los que mejor simulan la evolución del SCM . Y sólo el miembro 3 (rojo) es capaz de ver alguna acumulación importante en la misma línea de la costa.

Los mapas de probabilidad de precipitación acumulada por encima de 200 mm, de la misma Figura 44.26 en la página anterior (abajo izquierda), con el ploteo adicional de las isolíneas de los miembros individuales, nos muestran con probabilidades del 40-70% las localizaciones de los máximos descritos con la mediana de los 3 miembros. Se advierte, con las isolíneas de cada miembro, que en las zonas con una orografía más marcada hay menos incertidumbre entre ellos, pero al alejarnos de ella aumenta. En general, la incertidumbre más grande entre miembros es en la extensión de las precipitaciones acumuladas. Con probabilidad por encima de 400 mm, nos damos cuenta de que sólo 2 miembros, el 3 rojo y el 11 lila ven tales acumulaciones: los únicos capaces de reproducir el SCM en la primera fase del episodio (ver siguiente punto sobre la primera fase del episodio).

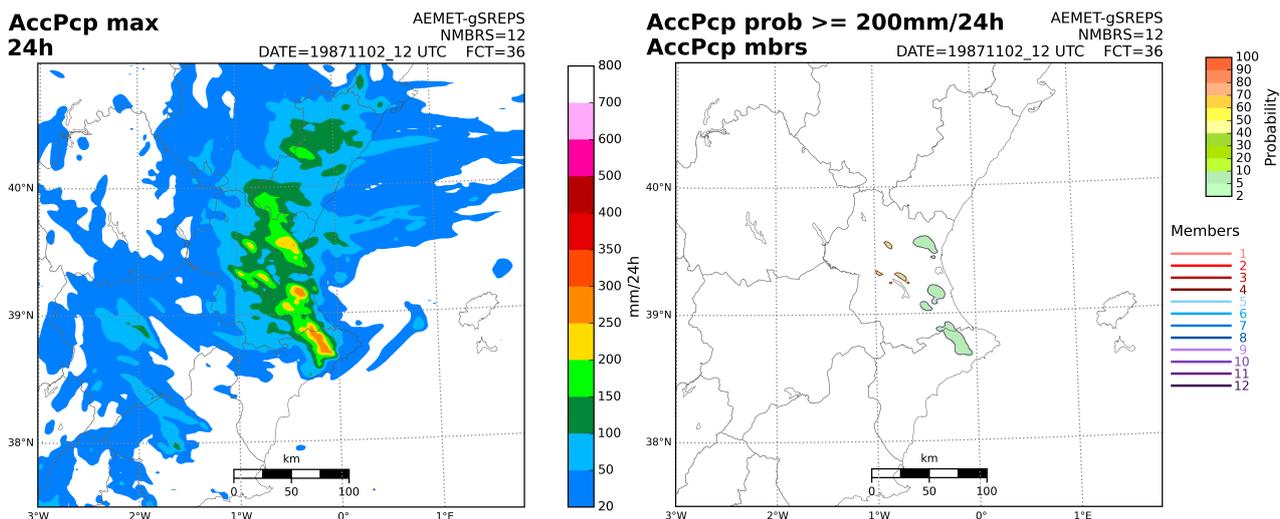


Figura 44.27: Simulación de precipitación acumulada en 24 horas del $RA\gamma S$ del 2 de noviembre de 1987 a las 12 UTC para la primera fase el episodio Oliva-Gandía del día 3. Productos izquierda y derecha iguales que en la Figura 44.26 en la página anterior, seleccionando solamente los de arriba-izquierda y abajo-izquierda respectivamente. Se han anotado dos observaciones de precipitación acumulada en 24 horas en el día pluviométrico de las 7 UTC del día 3 hasta las 7 UTC del día 4 (fuente: AEMET).

Primera fase del episodio Oliva-Gandía, día 3. La Figura 44.27 en la página anterior realza un aspecto que ya habíamos relatado con la simulación determinista del HARMONIE-AROME (sec. 44.3.3 en la página 676): la dificultad de los modelos en simular el SCM del día 3 con los 817 mm de Oliva. Y son sólo los miembros 3 rojo (ECHRES+WRF-ARW) y 11 lila (JRA55+WRF-ARW), ya mencionados con el WRF-ARW, los capaces de organizar la convección en algo próximo a un SCM y simular lluvias copiosas, aunque todavía muy lejos de los valores observados.

WRF-ARW en AEMET- γ SREPS. El WRF-ARW es un modelo enfocado principalmente a la investigación, por lo que los recursos de cálculo en superordenador y, por ende, de tiempo de computación son mucho mayores que los modelos diseñados primordialmente para la operatividad como son el HARMONIE-AROME, el ALARO y el NMMB. ¿Pero entonces, por qué está incluido en el γ SREPS? Por su capacidad de simular lluvias copiosas reales, especialmente en el entorno Mediterráneo.

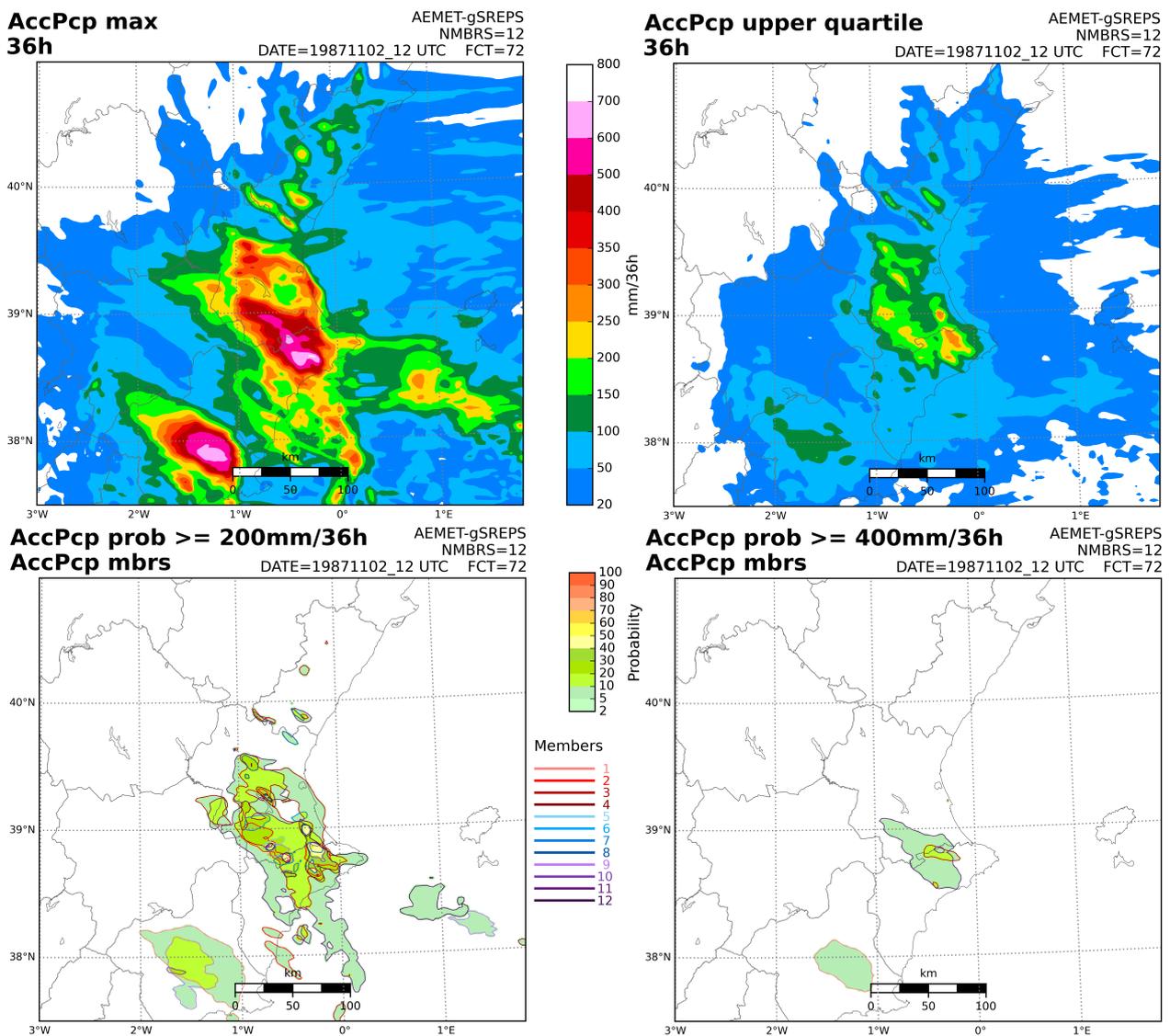


Figura 44.28: Simulación de precipitación acumulada en 36 horas del RA γ S del 2 de noviembre de 1987 a las 12 UTC para la segunda fase el episodio Oliva-Gandía desde el día 4 hasta el 5 al mediodía. Productos iguales a los de la Figura 44.26 en la página 682. Se han anotado tres observaciones de precipitación acumulada en 24 horas en el día pluviométrico desde las 7 UTC del día 4 hasta las 7 UTC del día 5 (fuente: AEMET).

Segunda fase del episodio Oliva-Gandía, día 4 hasta día 5 al mediodía. Los productos de la Figura 44.28 en la página anterior se parecen mucho a los de todo el episodio, de la Figura 44.26 en la página 682, sin duda debido al poco impacto de la simulación en la primera fase del episodio. Las conclusiones también son parejas: se simulan acumulaciones apreciables por encima de 200mm con incertidumbre en la localización a la que nos alejamos de la orografía más elevada.

El destacable error de la simulación en la localización de los máximos de precipitación, más hacia el sur de los 700mm observados, puede corregirse bastante con simulaciones posteriores del γ SREPS del día 3 (resultados no mostrados por simplicidad), que también aumentan las cuantías de las lluvias. Aquí nos hemos restringido a una sola simulación del día 2, para emular la situación en predicción operativa equivalente a poner avisos dos días antes.

44.4.3 Avisos meteorológicos con AEMET- γ SREPS

Las principales zonas de avisos de AEMET actuales que vamos a considerar, para el episodio de Oliva-Gandía, pertenecen a las provincias de Valencia y Alicante y son: litoral norte de Valencia (Millars), litoral sur de Valencia (La Safor, Oliva, Gandía), interior sur de Valencia (Sumacàrcer, Beniatjar), litoral norte Alicante (sierra de Aitana) e interior de Alicante (Alcoi).

Los tres niveles de avisos por precipitación acumulada en 12 horas en todas las zonas son de amarillo, naranja y rojo por encima de 60, 100 y 180 mm respectivamente. Los tres niveles son adjetivados con probabilidades en 3 horquillas: 10-40%, 40-70% y más de 70% (sec. 41.1 en la página 628).

Con estos ingredientes y herramientas y, atendiendo a la Figura 44.29 en la página siguiente, vamos a poner el día 2 de noviembre de 1987 los avisos cada 12 horas para los dos siguientes días: el día 3 y el día 4 de noviembre. Nos fijaremos más explícitamente en las zonas de avisos donde se observaron los máximos de precipitación, sin fijarnos en Castellón.

Predicción avisos 0-12 UTC 3 de noviembre 1987:
(Primera fila de la Figura 44.29 en la página siguiente)
AVISO: AMARILLO (AccPcp > 60 mm)
PROBABILIDAD: 10-40%
ZONAS: Litorales Norte y Sur e Interior Sur de Valencia.

Atendiendo a las probabilidades, y que sólo dos miembros llegan al umbral de aviso, tomamos la decisión conservadora de un aviso *amarillo* con probabilidad baja para empezar un episodio más largo, que va a continuar en los siguientes períodos de avisos de 12 horas. Pero, alertamos a nuestros compañeros responsables de las tareas de vigilancia meteorológica en los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPV) de AEMET, que estén atentos a ese inicio del episodio debido a que RA γ S apunta máximos de lluvia de 120-180 mm extensos e incluso un máximo localizado de 180-250 mm y que anoten que este inicio del episodio muestra una gran incertidumbre espacial.

Predicción avisos 12-24 UTC 3 de noviembre 1987:
(Segunda fila de la Figura 44.29 en la página siguiente)
AVISO: AMARILLO (AccPcp > 60 mm)
PROBABILIDAD: 40-70%
ZONAS: Litorales Norte y Sur e Interior Sur Valencia, más el Litoral Norte Alicante.

El episodio va a más: nos damos cuenta de que tres cuartas partes de los miembros superan el umbral de aviso *amarillo* y que persiste una gran incertidumbre espacial, lo que penaliza a las probabilidades en el ploteo, quedando bajas. Volvemos a tomar una decisión cauta por la gran incertidumbre: aumentamos la probabilidad a moderada (40-70%) en las zonas de aviso *amarillo* y las extendemos a más zonas. Recomendamos al GPV responsable de la vigilancia meteorológica tener una especial atención al seguimiento del evento precipitante debido a que se simulan dos zonas grandes, con baja probabilidad (10-40%), de precipitaciones máximas de 180-250 mm y aparece un posible máximo en el litoral norte de Alicante de 250-300 mm.

Predicción avisos 0-12 UTC 4 de noviembre 1987:
(Tercera fila de la Figura 44.29 en la página siguiente)
AVISO: NARANJA (AccPcp > 100 mm) y AMARILLO (AccPcp > 60 mm)
PROBABILIDAD: 10-40% (NARANJA)
ZONAS: Litoral Norte y Sur e Interior Sur Valencia, así como el Litoral Norte Alicante (NARANJA).

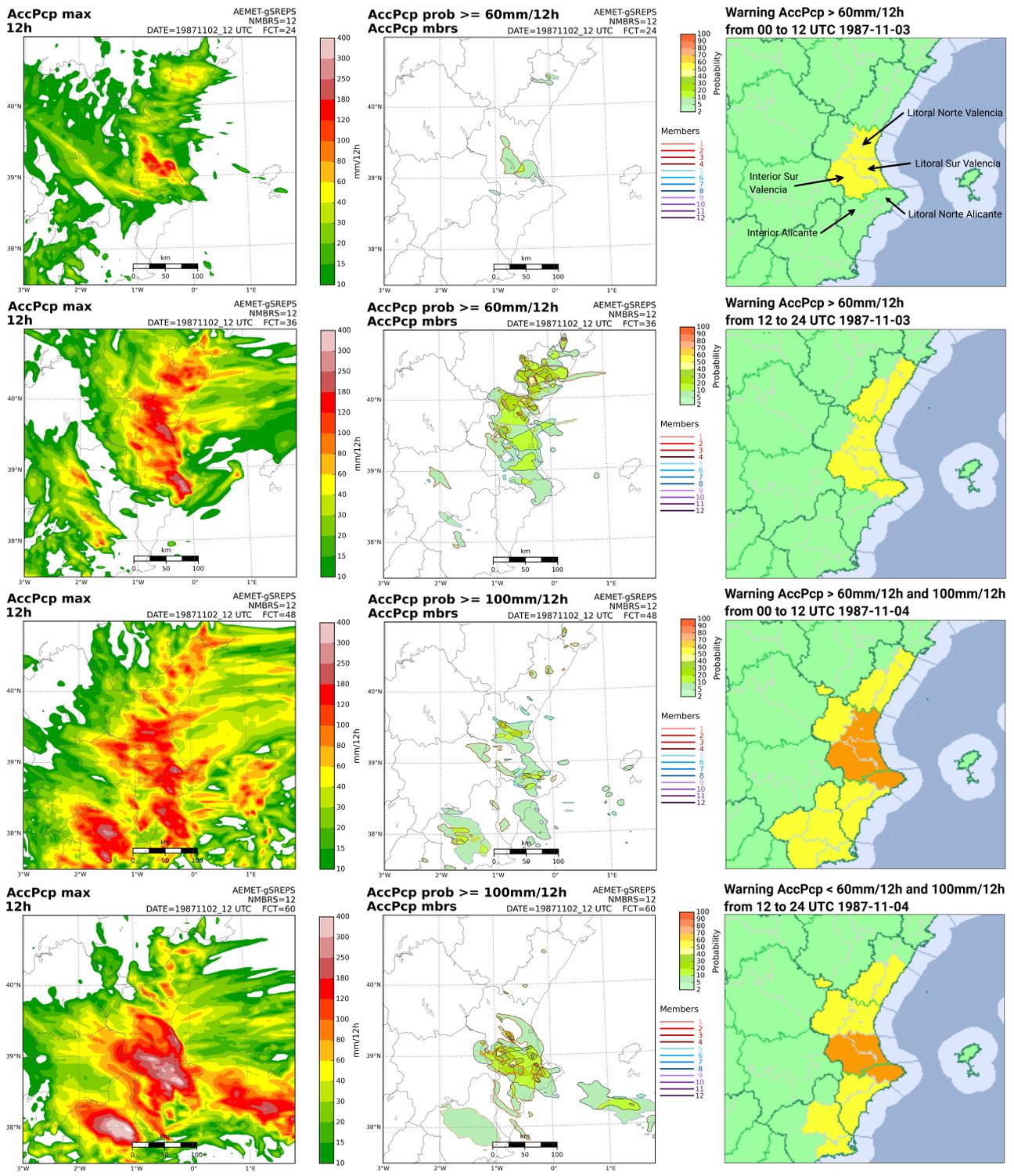


Figura 44.29: Simulación del RA γ S del 2 de noviembre de 1987 a las 12 UTC para la primera fase el episodio Oliva-Gandía de precipitación acumulada en 4 períodos de 12 horas durante los días 3 y 4. Productos izquierda y centro iguales que en la Figura 44.26 en la página 682, tomando solamente los de arriba-izquierda y abajo-izquierda respectivamente. Nótese que en los dos primeros períodos (día 3) el límite de la probabilidad de precipitación acumulada es 60 mm y en los siguientes es de 100 mm. Derecha: mapa de avisos en el Sistema Integral de Gestión de Avisos (SIGA) de AEMET (fuente: AEMET). Se consignan las zonas de aviso (arriba derecha) para facilitar la comprensión del texto.

Interpretamos fácilmente con la simulación del RA γ S que el episodio sigue recrudeciéndose, ahora con la

mitad de los miembros superando en algún punto el umbral de aviso naranja de más de 100 mm en 12 ho-

ras, pero sin despegarnos de una significativa incertidumbre espacial. Tenemos ya muy clara la probable formación de un **SCM** asociado a posibles precipitaciones copiosas. Como faltan dos días y, con nuestra debida cautela, ponemos un aviso *naranja* con probabilidad baja (10-40%). Como persisten máximos previstos de 180-300 mm, dejamos la decisión para el día siguiente, con las próximas pasadas del $RA\gamma S$, de aumentar la probabilidad del aviso *naranja* a moderada (40-70%) o incluso de poner un aviso *rojo*.

Predicción avisos 12-24 UTC 3 de noviembre 1987:
(Cuarta fila de la Figura 44.29 en la página anterior)
AVISO: NARANJA (AccPcp > 100 mm) y AMARILLO (AccPcp > 60 mm)
PROBABILIDAD: 40-70% (NARANJA)
ZONAS: Litoral Sur e Interior Sur Valencia, y el Litoral Norte Alicante (NARANJA).

Advertimos que hemos llegado a la madurez del episodio y del **SCM** y que nos disminuye significativamente la incertidumbre espacial (incertidumbre entre distintos miembros), consecuentemente aumentando las probabilidades en los ploteos. Prestamos además una especial atención a que los máximos de precipitación se disparan con zonas de 300-400 mm de lluvia acumulada e incluso se superan en dos localizaciones del litoral norte de Alicante los 400 mm. Tomamos la decisión de poner, pues, un aviso *naranja* probable (40-70%), pero lo localizamos sólo en tres zonas. Se deja con preocupación y precaución para el día siguiente, esperando nueva información del $RA\gamma S$, la decisión de subir el aviso *rojo*.

44.4.4 Predecibilidad del episodio con los SPC actuales de alta resolución

Intentaremos responder a la pregunta con el $RA\gamma S$ con la debida cautela, con un enfoque similar al de los predictores de avisos de **AEMET**.

La predecibilidad del episodio en general es moderada. En la Figura 44.26 en la página 682 vemos que la probabilidad de superar los 400 mm es en general de 20-40%, aunque localmente se supera el 70%. Como las isóneas de los miembros individuales son muy distintas, hay incertidumbre espacial y por tanto menor predecibilidad, en general, en la localización. Como casi todos los miembros superan el umbral de 400 mm, en realidad la predecibilidad, sin atender a la localización, es más alta, podríamos decir alrededor de un 90%. En resumen, podemos decir que se tiene

una predecibilidad alta de lluvias copiosas y baja en su localización.

La predecibilidad de la primera fase del episodio es muy baja. En la Figura 44.27 en la página 683 sólo dos miembros reproducen en evento, $2/12 \approx 17\%$. A pesar de ello, el hecho de que ambos den un máximo de unos 250-300 mm nos pone sobre aviso de un posible evento de precipitación copiosa de baja predecibilidad, debido a una organización de la convección e incluso de la posible formación ya de un **SCM**. La cautela debe ser necesaria en predicción operativa debido a la posibilidad de que se trate de una *falsa Alarma*. Cabe destacar también, que en ningún caso aparece simulada precipitación significativa en la misma línea de costa dónde se situaron los máximos observados en las localidades de Oliva y Gandía de más de 800 mm, localizándose estos máximos más al interior de la comarca de La Safor y ligados claramente a la orografía. En el apartado *Valoración de la simulación con el $RA\gamma S$* (un poco más adelante) se infiere una posible explicación del porqué de la baja predecibilidad en esta primera fase del evento en el punto (2).

La predecibilidad de la segunda fase del episodio es moderadamente alta. La predecibilidad, como puede analizarse en la Figura 44.28 en la página 684, es en general bastante más alta que en la primera fase, a pesar de tratarse de una predicción a dos días vista. Los valores simulados de la precipitación acumulada máxima de 500-700 mm tienen una buena correspondencia con las observaciones e incluso se perfilan dos máximos de precipitación también cercanos a los puntos de observación de Millares, Sumacàrcer y Beniatjar (~ 700 mm). La mejora en la localización se corresponde, sin lugar a dudas, al hecho de que se produjeron lluvias más bien ligadas a la orografía, que está suficientemente bien representada con los 2,5 km de resolución del γ SREPS. De todas formas, sólo la mitad de los miembros acumulan en algún punto más de 200 mm en esas 36 horas: en el apartado *Valoración de la simulación con el $RA\gamma S$* (un poco más adelante) se discute una posible razón en el punto (1).

Valoración de la simulación con el $RA\gamma S$. Hay tres limitaciones ya perfiladas del $RA\gamma S$ que parecen influir negativamente en la simulación y, por ende, en la predicción de avisos:

1. El salto de escala desde las condiciones de contorno de los **reanálisis** parece ser determinante

para que el evento no se simule con suficiente calidad en general, en particular para las del NCEP/CFSR. En este caso, la limitación en el número de niveles verticales en la troposfera es de unos 30 respecto a los 50 del ECMWF/ERA-Interim y del JMA/JRA-55. Puede tratarse de algún elemento ambiental (de condiciones de contorno) clave para la posterior simulación del evento, como podría ser el aporte de humedad a través de una corriente en chorro en niveles bajos (*low level jet (LLJ)*), resultados no mostrados aquí [14]). En realidad, reduciendo el *RAγS* a sólo 8 miembros, sin los 4 del *reanálisis* NCEP/CFSR, la predicción mejora ostensiblemente en un 20-30% (resultados tampoco mostrados).

2. El área pequeña del γ SREPS deja una gran parte de responsabilidad de impacto a las condiciones de contorno de baja resolución, sobre todo en la primera fase del episodio, para la representación y evolución de dos elementos claves: la baja a sotavento del Atlas y el núcleo frío en niveles altos con baja en el SE ibérico. ¿Qué pasaría con un *RAγS* en un área más grande? ¿E incluyendo asimilación? Pues, hipotéticamente, nos atrevemos a afirmar que probablemente mejoraría significativamente la simulación de

la primera fase del episodio, facilitando la generación del primer *SCM*.

3. Desde un punto de vista determinista, los modelos operativos tienden a ser conservadores para no incurrir en demasiadas falsas alarmas pero, por otro lado, esta precaución los limita para la previsión de fenómenos extremos. Como ya habíamos comentado, podría ser ésta la razón por la que el modelo WRF-ARW, más pensado para la investigación que los otros 3 diseñados para ser operativos, es el único capaz en reproducir parcialmente un *SCM* en la primera fase del episodio: recuérdense los miembros 3 y 11.

En resumen, los SPC de alta resolución como el γ SREPS mejoran, sin lugar a dudas, la predecibilidad de casos de precipitaciones copiosas con organización de la convección, por ejemplo con la presencia de un *SCM* como el caso que nos ocupa de Oliva-Gandía, con respecto a sus SPC predecesores de más baja resolución (e. g. AEMET-SREPS a 25 km, cap. 21 en la página 313), pero aún adolecen de limitaciones importantes en la predicción de estos eventos extremos, tanto por los modelos que los componen como por el diseño en ellos mismos. ¿Qué nos deparan las siguientes generaciones de SPC de alta resolución? Sin duda mejores predicciones y, sobre todo, mejores predicciones de la predecibilidad.

44.5 Referencias

- [1] ARMENGOT, Rafael. “Las lluvias intensas en la Comunidad Valenciana”. En: *Ministerio de Medio Ambiente, Madrid* (2002) (citado en páginas 658, 676).
- [2] BENGTSOON, Lisa y col. “The HARMONIE-AROME Model Configuration in the ALADIN-HIRLAM NWP System”. En: *Monthly Weather Review* 145.5 (mayo de 2017), páginas 1919-1935. ISSN: 0027-0644. DOI: [10.1175/MWR-D-16-0417.1](https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0417.1) (citado en página 671).
- [3] BURRIDGE, D M y HASELER, J. *A semi-implicit global gridpoint model*. Informe técnico. Tech. Rep., ECMWF, Reading, England. To be published, 1979 (citado en página 668).
- [4] CARRERAS CANDI, Francesch y SARTHOU CARRERES, C. *Geografía general del Reino de Valencia*. Volumen 1. A. Martín, 1910 (citado en página 664).
- [5] CUEVA, Alexandre J Pérez. *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana, 1961-1990*. Generalitat Valenciana, Conselleria d’Obres Públiques, Urbanisme i Transports, 1994 (citado en páginas 661, 662).
- [6] DEE, Dick P y col. “The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system”. En: *Quarterly Journal of the royal meteorological society* 137.656 (2011), páginas 553-597 (citado en página 671).
- [7] EBERT, Elizabeth E. y EBERT, Elizabeth E. “Ability of a Poor Man’s Ensemble to Predict the Probability and Distribution of Precipitation”. En: *Monthly Weather Review* 129.10 (oct. de 2001), páginas 2461-2480. ISSN: 0027-0644. DOI: [10.1175/1520-0493\(2001\)129<2461:AOAPMS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<2461:AOAPMS>2.0.CO;2) (citado en página 670).
- [8] GONZALEZ, Sergi y BECH, Joan. “Extreme point rainfall temporal scaling: a long term (1805–2014) regional and seasonal analysis in Spain”. En: *International Journal of Climatology* 37.15 (2017), páginas 5068-5079. DOI: [10.1002/joc.5144](https://doi.org/10.1002/joc.5144) (citado en página 680).
- [9] GRELL, Georg A, DUDHIA, Jimmy, STAUFFER, David R y col. “A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5)”. En: (1994) (citado en páginas 668, 669).
- [10] JANSÀ, A, GARCIA-MOYA, J A y RODRIGUEZ, E. “Numerical experiments on heavy rain and Mediterranean cyclones”. En: *WMO/TD* 420 (1991), páginas 37-47 (citado en páginas 667-670).
- [11] NÚÑEZ MORA, José Ángel. “La riada de 1957 en Jávea. Análisis meteorológico y climático”. En: *L’aiguat de 1957*. Ajuntament de Xàbia, 2007 (citado en página 661).
- [12] QUIBY, J y DENHARD, M. “SRNWP-DWD poor-man ensemble prediction system: the PEPS project”. En: *Eumetnet Newsletter* 8 (2003), páginas 9-12 (citado en página 670).
- [13] RIOSALIDO, R, RIVERA, A y MARTIN, F. “Development of a mesoscale convective system in the Spanish Mediterranean Area”. En: *Proc. 7th Meteosat Scientific Users’ Meeting, Madrid*. 1988, páginas 27-30 (citado en páginas 666, 667).
- [14] ROMERO, R. y col. “Mesoscale Numerical Study of Two Cases of Long-Lived Quasi-Stationary Convective Systems over Eastern Spain”. En: *Monthly Weather Review* 128.11 (nov. de 2000), páginas 3731-3751. ISSN: 0027-0644. DOI: [10.1175/1520-0493\(2001\)129<3731:MNSOTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<3731:MNSOTC>2.0.CO;2) (citado en páginas 668, 669, 688).
- [15] RUIZ GARCÍA, José Antonio y NÚÑEZ MORA, José Ángel. “Sobre los periodos de retorno de las precipitaciones extraordinarias en la Comunidad Valenciana”. En: (2011) (citado en página 663).
- [16] UPPALA, Sakari M y col. “The ERA-40 reanalysis”. En: *Quarterly Journal of the royal meteorological society* 131.612 (2005), pági-

- nas 2961-3012. DOI: [10.1256/qj.04.176](https://doi.org/10.1256/qj.04.176) (citado en página 671).
- [17] VV. AA. *Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus períodos de retorno en España. Un estudio por regiones*. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General del INM, 1999 (citado en página 662).
- [18] WILKS, Daniel S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, 2011, página 676. ISBN: 9780123850225. URL: <https://www.sciencedirect.com/bookseries/international-geophysics/vol/100> (citado en página 663).