

# Comunicación D-9

## UNA NUEVA PARAMETRIZACIÓN DE LA CONVECCIÓN EN EL MODELO HIRLAM

José A. García-Moya Zapata

Servicio de Predicción Numérica (INM)

### RESUMEN

*Conio todos los modelos de predicción numérica del tiempo, el modelo Hirlam incorpora, dentro de su parte física, una parametrización de los procesos de condensación que incluye una parametrización de los procesos convectivos. Dicho esquema de convección es de tipo Kuo, lo que resulta un poco anticuado. Dentro de los planes científicos de la tercera fase del proyecto Hirlam se incluyó la sustitución del esquema de convección por otro más moderno de tipo flujo de masa. En la comunicación se presentan las primeras pruebas de comparación de los dos esquemas de convección dentro del esquema general de procesos de condensación. Los resultados iniciales son alentadores en cuanto a la mejora del nuevo esquema respecto del antiguo.*

### 1. Introducción

Todos los años se producen en la costa mediterránea episodios de lluvias convectivas intensas que dan lugar a enormes pérdidas materiales y, en algunos casos, a la pérdida de vidas humanas. Se trata, por tanto, de uno de los retos más importantes de la predicción del tiempo en España.

Algunos estudios fenomenológicos han demostrado la relación entre fenómenos de mesoescala y la colocación e intensidad de las zonas de precipitación intensa (Jansá, 1996, en este mismo volumen). En particular, la posición e intensidad de la depresión superficial argelina está directamente relacionada con la posición de los núcleos convectivos que dan lugar a las precipitaciones (Jansá y otros, 1990). La relación se produce como consecuencia de que la depresión produce un chorro de aire cálido y húmedo en niveles bajos que alimenta la convección. Otro factor importante es la presencia de una frontera térmica en la baja troposfera (850 hPa) debido a la advección de aire desde el desierto del Sahara (Martin León y otros, 1994).

La influencia de la orografía africana en el origen de la baja argelina también ha sido demostrada en estudios anteriores (Jansá y otros, 1990).

Por otro lado, los modelos numéricos de predicción incorporan, dentro de su parte física, parametrizaciones especiales para la convección y para los procesos de condensación. En particular, el modelo Hirlam incluye una parametrización específica de los procesos de condensación que puede considerarse como una de las más avanzadas entre las que se usan en los modelos de predicción de alta resolución.

Dicha parametrización, conocida con el nombre de esquema de Sundqvist (Sundqvist y otros, 1989), tiene la novedad de incluir el agua de nube como variable de pronóstico, de manera que se mantiene una cierta memoria de lo que ha sucedido en el pasado, teniéndose en cuenta en cada punto de rejilla la advección de agua de nube debido a condensaciones en pasos de tiempo anteriores. Dentro de este esquema de los procesos de condensación hay una subrutina especial para el tratamiento de los procesos convectivos. Esta subrutina es una variedad del esquema de convección de Kuo (Kuo, 1965 y 1974) que es uno de los más conocidos esquemas de parametrización de la convección. Sin embargo, el citado esquema, a pesar de dar resultados satisfactorios dada su simplicidad, está un poco anticuado, habiéndose desarrollado después otros esquemas mejores. En particular los llamados «esquemas de flujo de masa» son los más usados en los modelos de predicción numérica de todo el mundo.

Teniendo en cuenta este hecho, uno de los temas de investigación que se establecieron en el programa científico del Hirlam 3 fue la sustitución del esquema de convección de Kuo, que incluye el esquema de condensación de Sundqvist, por otro esquema de convección más moderno. Se eligió el esquema de flujo de masa que estaba operativo en el modelo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (Tiedke, 1989) y que mantiene un diagnóstico del agua de nube.

En esta comunicación se presentan los primeros resultados de la comparación de los esquemas de Sundqvist resultantes, es decir, el de referencia que mantiene como parametrización de la convección el esquema de Kuo y el nuevo que incluye el esquema de flujo de masa como esquema de convección. Además, ambos esquemas se comparan con los resultados obtenidos con un esquema de convección muy simple conocido con el nombre de esquema de Betts-Miller (Betts y Miller, 1986 y 1993). La comparación se hace con los resultados de la aplicación de los citados esquemas a un caso de estudio de una situación de lluvias convectivas intensas sobre la costa mediterránea española.

## **2. Esquemas de condensación-convección usados en los experimentos**

Vamos a hacer ahora un breve repaso de los diferentes esquemas comparados en los experimentos. Debido a que la exposición tiene que ser forzosamente resumida aquél que quiera más detalle de alguno de los esquemas utilizados debe dirigirse a las referencias facilitadas en el texto.

### **2.1. Esquema de Sundqvist (Sundqvist y otros, 1989)**

Se trata de un esquema de parametrización de los procesos de condensación que incluye una parametrización de la convección (esquema de Kuo), una parametrización de la condensación a gran escala o, como se la conoce actualmente, de la condensación explícitamente resuelta por el modelo. Además, en ambos tipos de procesos se incluye una parametrización de los procesos de la microfísica de nubes que más influyen en la condensación (Sundqvist, 1993) como son los procesos de coalescencia y el efecto Bergeron-Findeisen.

Como ya hemos dicho antes, la novedad más importante del esquema es que incluye el agua de nube como variable de pronóstico. Esto quiere decir que en cada paso de tiempo y en cada punto de rejilla incorpora la advección de agua de nube desde otros puntos de rejilla cercanos y de pasos de tiempo anteriores, es decir, que el esquema tiene una cierta memoria del pasado que hace que pueda reproducir mejor la historia de grandes sistemas convectivos cuya duración es mucho mayor que el paso de tiempo del modelo.

### **2.2. Esquema de convección de flujo de masa (Tiedke, 1989)**

Se trata del esquema de convección usado operativamente por el Centro Europeo durante varios años (hasta su sustitución por el actual). El esquema considera una población de nubes descrita por un modelo

unidimensional que trata de describir los efectos del conjunto de las nubes más que los efectos de cada nube individualmente. El esquema considera varios tipos de convección, convección profunda, superficial y de niveles medios. Incluye una ecuación de diagnóstico para el agua de nube y también los efectos de las corrientes descendentes (*downdrafts*) que son muy importantes para las interacciones entre distintos sistemas convectivos.

Los principales inconvenientes de este esquema es que no incluye una parainetrización explícita de la microfísica de nubes y que no tiene en cuenta los procesos de condensación a gran escala (condensación explícitamente resuelta por el modelo). Éstas son las principales razones que nos han llevado a considerar mejor su inclusión dentro del esquema de condensación de Sundqvist que la sustitución de uno por el otro. En principio, la mezcla de los dos esquemas debería incluir las ventajas de ambos, subsanando así las deficiencias de ambos esquemas considerados individualmente.

### 2.3. Esquema de convección de Betts-Miller (Betts y Miller, 1986)

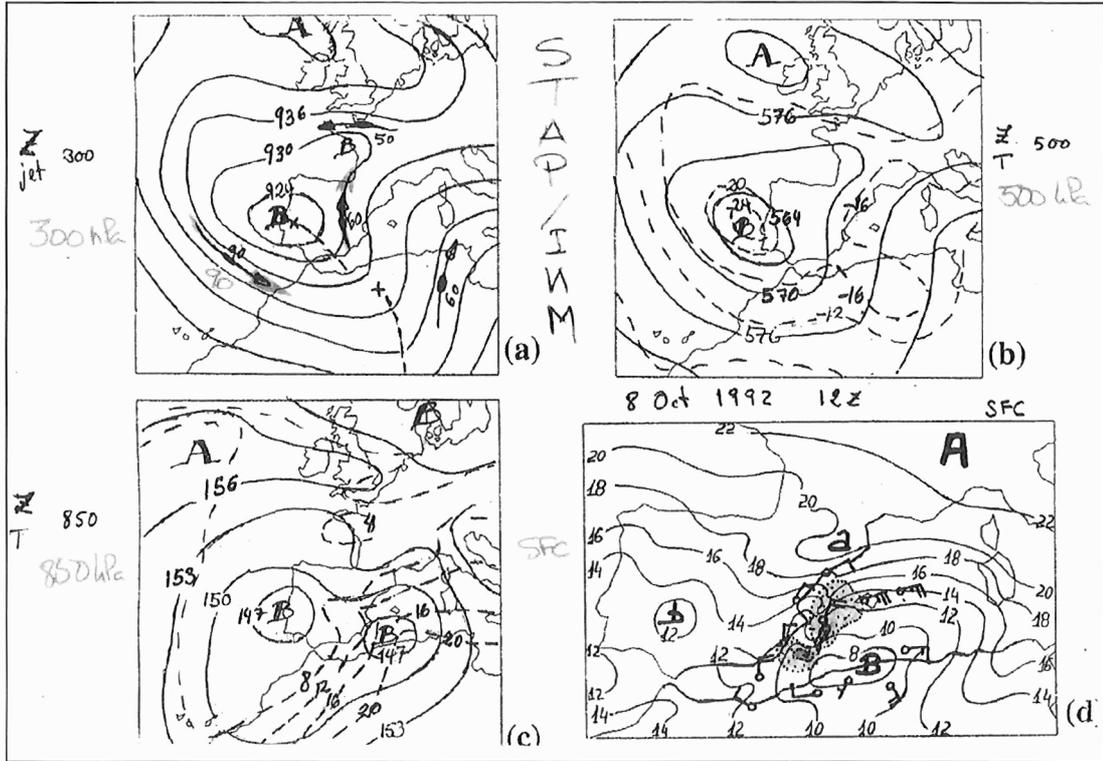
Se trata de un esquema de ajuste, es decir, que está basado en la idea de representar directamente los estados de cuasi-equilibrio establecidos por la convección, evitando los errores cometidos al calcular indirectamente dichos estados. Es decir, se trata de establecer unos perfiles que se asemejan lo más posible a los perfiles observados en ambientes convectivos. Cuando el esquema decide que en un punto de rejilla hay convección, ajusta el perfil de la columna en ese punto de rejilla al perfil preestablecido por el esquema.

Este esquema no incluye ni parainetrización de la microfísica de nubes, ni de la condensación explícitamente resuelta por el modelo. Sin embargo, lo hemos elegido para la comparación porque presenta muy buenos resultados en términos de cantidad de precipitación, aunque los perfiles verticales previstos no se ajustan bien a los observados (sobre todo porque los perfiles del ajuste se dedujeron de campañas de observación en los trópicos).

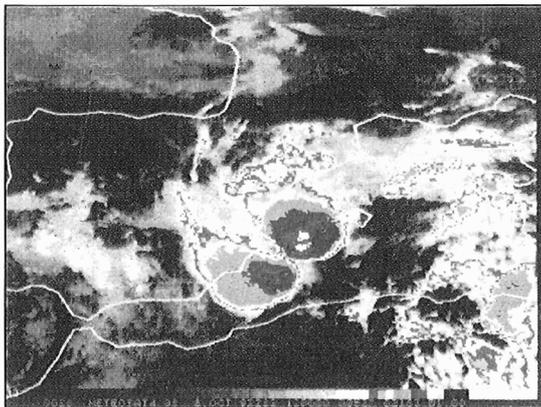
## 3. Caso de estudio

Para una primera comparación entre los esquemas de convección hemos elegido un caso de estudio en el que se produjeron fuertes precipitaciones convectivas en el área mediterránea (entre la costa de Valencia y las Baleares) (Martín León y otros, 1994; Carretero y otros, 1996). Como esta situación se estudia en detalle en una comunicación del presente volumen, nosotros nos vamos a limitar aquí a una breve descripción de los hechos y unos datos sobre la precipitación recogida.

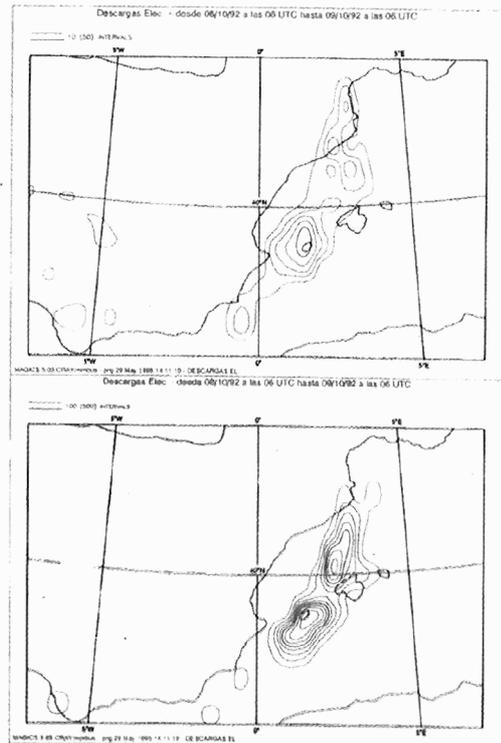
Se trata, entonces, de la situación entre el 7 y el 9 de octubre de 1992. Una situación típica de lluvias fuertes en otoño con una baja en 500 hPa situada al oeste de la Península y advección cálida en 850 hPa sobre el Mediterráneo occidental (Fig. 1). En el análisis manual de superficie puede observarse la existencia de la baja en la costa de Argelia que, como siempre, dirige el aire cálido y húmedo que alimenta la convección. En la Fig. 2 se presenta la imagen IR del Meteosat del día 8 de octubre a las 12 Z en la que puede observarse la presencia de dos sistemas convectivos entre Valencia e Ibiza. Posteriormente estos sistemas se unirán y se desplazarán hacia el NE pasando por encima de las Baleares. En la Fig. 3 se presenta un análisis manual de los datos de precipitación recogidos en las estaciones de la red de colaboradores del INM entre las 07 Z del día 8 y las 07 Z del día 9. Aunque no tenemos datos de precipitación sobre el mar, la estructura de las descargas eléctricas (Fig. 4) nos lleva a suponer que los máximos de precipitación se produjeron sobre el mar y en los alrededores de Ibiza. No obstante, se midieron cantidades de hasta 170 mm/24 h.



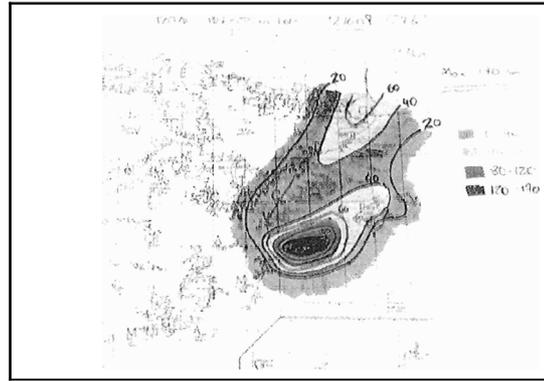
**Fig. 1.** Análisis manuales de la situación del día 8 de octubre de 1992 a las 12 Z. Arriba a la izquierda, geopotencial y chorro de 300 hPa; arriba a la derecha, geopotencial y temperatura de 500 hPa; abajo a la izquierda, geopotencial y temperatura de 850 hPa, y abajo a la derecha, presión al nivel del mar



**Fig. 2.** Imagen del satélite Meteosat del día 8 de octubre de 1992 a las 12 Z



**Fig. 3.** Descargas eléctricas medidas entre las 06 Z del día 8 de octubre y las 06 Z del día 9. Arriba las descargas positivas y abajo las negativas



**Fig. 4.** *Análisis de los datos de precipitación recogida entre las 07 Z del día 8 y las 07 Z del día 9*

#### 4. Experimentos

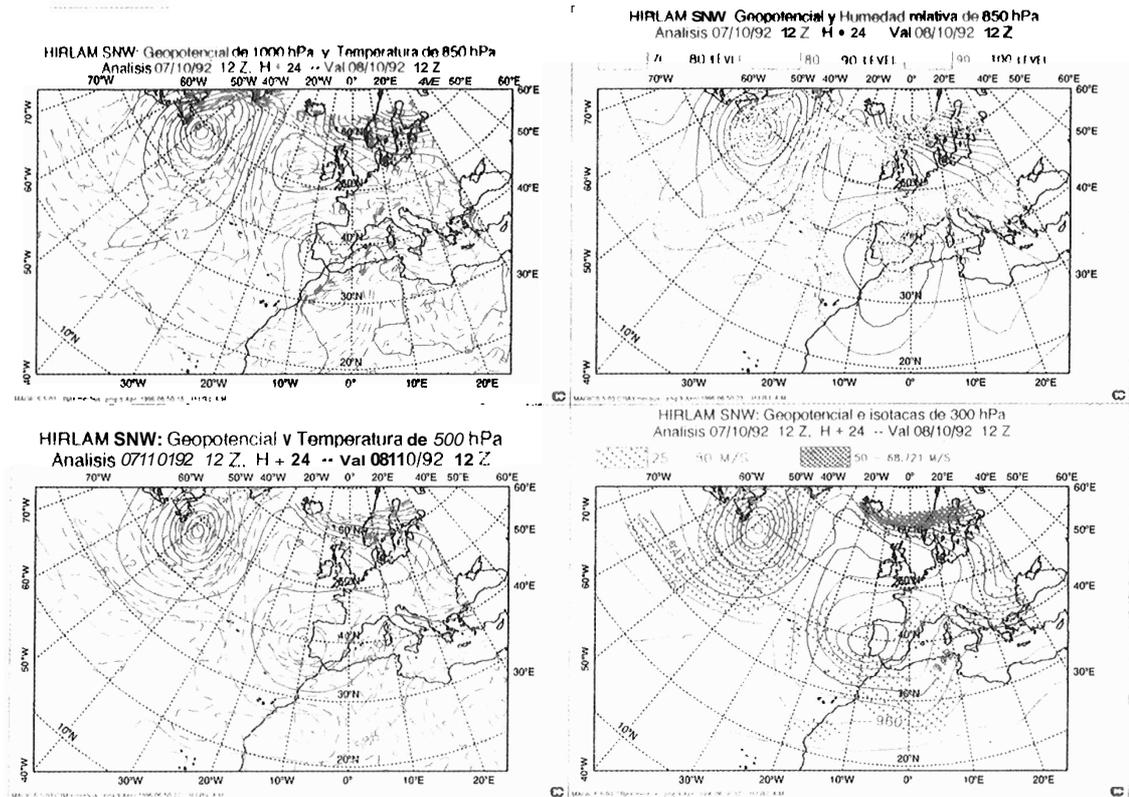
Se han realizado tres experimentos que nos van a servir para una primera comparación de los esquemas antes reseñados. Todos ellos con el modelo Hirlam versión 2.5, con  $0,5^\circ \text{ lat} \times \text{lon}$  de resolución horizontal y 31 niveles en la vertical. El primero de los experimentos (que llamaremos SNW) es el que consideraremos de referencia e incluye como parametrización de la convección dentro del esquema de Sundqvist el esquema de Kuo, el segundo (SMF) incluye el esquema de flujo de masa como parametrización de la convección dentro del esquema de Sundqvist igualmente. Sin embargo, el tercero (CBM) incluye el esquema de Betts-Miller como parametrización de la convección junto con la rutina del Hirlam para la condensación explícitamente resuelta por el modelo (no usada, lógicamente, con el esquema de Sundqvist).

Las integraciones comenzaron el día 7 de octubre a las 12 Z y se extienden durante 48 horas.

#### 5. Resultados

Lo primero que tenemos que comentar es que todos los experimentos reproducen perfectamente el marco sinóptico de la situación de estudio, con valores y posiciones de las bajas a distintos niveles, del chorro en 300 hPa y de la advección cálida que están en total acuerdo con los análisis realizados en el STAP (Fig. 5). En cuanto al marco mesoescalar, en todos aparece la baja argelina aunque difieren en su colocación y profundidad lo que, lógicamente, hace que los experimentos difieran en los resultados de precipitación.

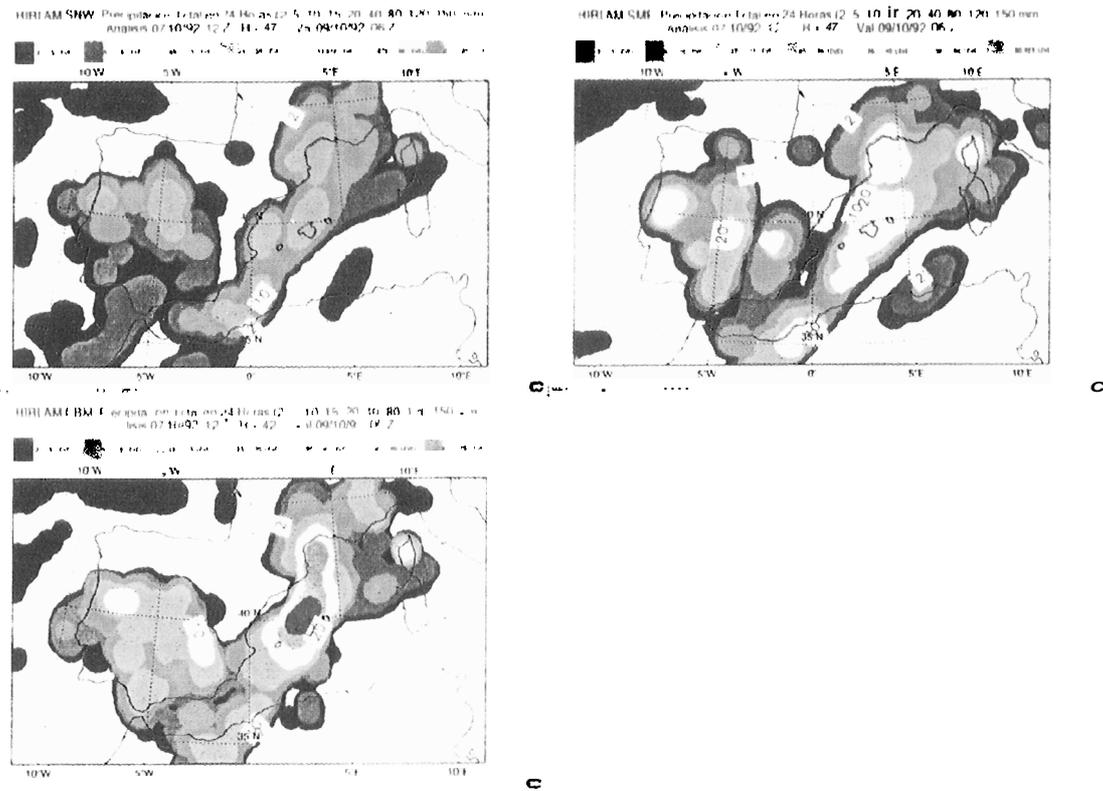
Es este parámetro donde se dan las mayores diferencias. Para demostrarlo se presenta en la Fig. 6 la comparación de las precipitaciones de los tres experimentos entre las 06 Z del día 8 de octubre (H+18) y las 06 Z del día 9 (H+42). Puede observarse que los tres experimentos muestran un gran acuerdo en la posición del máximo de precipitación aunque difieren en el valor de dicho máximo. El experimento de referencia (SNW) nos da un máximo de 40 mm en las citadas 24 horas, mientras que el experimento SMF nos da 80 mm. Finalmente, el experimento con el esquema de Betts-Miller (CBM) nos da un máximo de 140 mm que, evidentemente, se acerca más a los valores medidos. Sin embargo, esta primera ventaja a favor del CBM se pierde cuando atendemos a los resultados de perfiles verticales previstos por los diferentes experimentos para las estaciones de radiosondeos de Palma y Murcia. Aunque no tenemos espacio en la comunicación para presentar los resultados hemos de decir que los del experimento con la nueva parametrización de la convección (SMF) se acercan mucho más a los perfiles observados que los de los otros dos experimentos. Como ya dijimos antes, éste es uno de los inconvenientes mayores que tiene el esquema de Betts-Miller.



**Fig. 5.** Predicciones H+24 del experimento de referencia (SNW) válidas para el día 8 de octubre a las 12 Z. Arriba a la izquierda, geopotencial de 1 000 hPa y temperatura de 850 hPa; arriba a la derecha, geopotencial y humedad relativa de 850 hPa; abajo a la izquierda, geopotencial y temperatura de 500 hPa, y abajo a la derecha, geopotencial e isotacas de 300 hPa

## 6. Conclusiones

- Se ha introducido una nueva parametrización de la convección dentro del esquema de condensación de Sundqvist que funciona operativamente en el modelo Hirlam.
- Para la comparación se ha elegido un caso de estudio de precipitaciones intensas en la zona mediterránea española.
- Se realizaron tres experimentos y en todos ellos se observa un gran acuerdo de los resultados en el marco sinóptico con los análisis realizados por el STAP.
- En cuanto al marco mesoescalar, todos los experimentos subestiman la profundidad de la baja argelina y difieren en su posición. Mientras que el de referencia (SNW) la coloca más en la costa, el experimento con la nueva parametrización de la convección (SMF) la desplaza hacia el norte ligeramente.
- Con respecto a la precipitación, las mayores cantidades resultan del experimento CBM (140 mm/24 h), mientras que el SMF (80 mm/24 h) y el SNW (40 mm/24 h) dan cantidades menores, pero los perfiles verticales son mejores comparados con las observaciones.



**Fig. 6.** Precipitación prevista por los experimentos entre las 06 Z del día 8 y las 06 Z del día 9. Arriba a la izquierda, experimentos de referencia (SNW); arriba a la derecha, experimento SMF y abajo a la izquierda, experimento CBM

### Referencias

- Carretero, O.; F. Martín León (1996): *Algunas consideraciones sobre los sistemas convectivos de mesoescala del 8-9 de Octubre de 1992 del área mediterránea. Comunicación al IV Simposio Nacional de Predicción. Madrid.*
- Betts, A. K.; M. Miller (1986): *A new convective adjustment scheme Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX, and arctic air-mass data sets. Quart. J. Roy. Met. Soc., 112, 693-709.*
- Betts, A. K.; M. Miller (1993): *The Betts-Miller scheme. The Representation of Cumulus Convection in Numerical Models. Edited by K. A. Emanuel & D. J. Raymond, 107-122.*
- Hirlam (1998): *Scientific documentation of the Hirlam Model. Hirlam.*
- Kuo, H. L. (1965): *On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. Jou. Atm. Sci., 22, 40-63.*
- Kuo, H. L. (1974): *Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow. Jou. Atm. Sci., 31, 1232-1240*
- Jansá, A.; A. Genovés; R. Riosalido; O. Carretero (1996): *Ciclones mediterráneos y lluvias intensas en el Mediterráneo occidental. Comunicación al IV Simposio Nacional de Predicción. Madrid.*
- Jansá, A.; J. A. García-Moya; E. Rodríguez (1990): *Numerical experiments about Mediterranean heavy rain and Algerian cyclogenesis. INM/NWP Dept. Technical Report.*

*Martín León, F.; L. Esteban Jódar; M. Canalejo Mendaza (1994): Estudio de los sistemas coiiectivos de mesoescala del 8-9 de Octubre de 1992. INM/STAP Nota Técnica Núm. 16.*

*Sundqvist, H.; E. Berge; J. E. Kristjansson (1989): Condensation and cloud parameterization studies with a mesoscale numerical weather prediction model. Moit. Wea. Rev., 117, 1641-1657.*

*Sundqvist, H. (1993): Inclusion of the Ide Phase of Hydrometeors iii Cloud Parameterization for Mesoscale and Large-Scale Models. Beitr. Phys. Atmosph., 66,137-147.*

*Tiedlce, M. (1989): A Comprehensive Mass Flux Scheme for Cumulus Parameterization in Large-Scale Models. Mon. Wea. Rev., 117, 1779-1800.*