UN CASO DE ESTUDIO DE UN EVENTO DE CICLOGÉNESIS INTENSA EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

A CASE STUDY OF A STRONG CYCLOGENESIS EVENT IN THE WESTERN MEDITERRANEAN

J. L. Arreola[(1)], V. Homar[(1)], R. Romero[(1)], C. Ramis[(1)], S. Alonso[(1,2)]

[(1)] Grup de Meteorologia, Departament de Física, Universitat de les Illes Balears,
Ctra. de Valldemossa, km 7,5 E-07122 Palma de Mallorca, España
[(2)] Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, IMEDEA, UIB-CSIC
Ctra. de Valldemossa, km 7,5 E-07122 Palma de Mallorca, España

SUMMARY

In this work, we present a numerical study of a strong cyclogenesis event that took place on 10-12 November 2001 in the western Mediterranean area using the MM5 mesoscale model. The storm affected with heavy rain and severe winds many coastal areas, and particularly the Balearic Islands. The 48-h numerical simulation is designed using four domains with 54, 18, 6, and 2 km horizontal grid resolution. This allows to study both the synoptic scale processes governing the development and evolution of the cyclone and the finer mesoscale mechanisms responsible for the heavy rain and wind severity in the Balearic Islands. The model has been positively validated using precipitation data and meteorological variables at automatic weather stations. To better investigate the processes involved in the cyclone evolution (intensity and trajectory), the relative roles of the orography and latent heat release are studied. The effect of the upper-level disturbance structure is also examined using a piecewise PV inversion algorithm.

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio numérico de un evento de ciclogénesis intensa que ocurrió del 10 al 12 de noviembre de 2001 en el Mediterráneo occidental (Fig. 1). En las islas Baleares las precipitaciones que ocurrieron durante este periodo fueron muy abundantes (más de 300 mm en 48 horas) y hubo vientos de hasta 160 km/h que ocasionaron pérdidas de vidas humanas y desastres materiales. El escenario sinóptico muestra condiciones favorables para inestabilidad baroclina, con una vaguada en altura asociada a una caída de gran escala de la tropopausa sobre Europa occidental, así como advección de aire cálido a niveles bajos desde el norte de África hacia el mar Mediterráneo. Se ha simulado el evento utilizando el modelo meteorológico de mesoescala MM5 para un periodo de simulación de 48 horas e incorporando 4 dominios anidados con resoluciones horizontales de malla de 54, 18, 6 y 2 km. Las condiciones iniciales y de contorno se han obtenido de los análisis del NCEP, disponibles cada 12 horas y con resolución espacial de 2,5°. Se analizan los resultados de la simulación de control sobre el dominio de 2 km y de simulaciones adicionales de sensibilidad a los factores físicos y dinámicos de mayor relevancia. La precipitación simulada para las islas Baleares reproduce con precisión la distribución espacial y valores acumulados observados. Los resultados de experimentos de sensibilidad indican que la liberación de calor latente, así como la orografía, tuvieron un papel significante en la intensificación del ciclón y en la trayectoria seguida hacia el norte de la cuenca del Mediterráneo occidental. Mediante la aplicación conjunta de un algoritmo de inversión de la vorticidad potencial (VP) y el modelo de mesoescala MM5 se determina la relevancia de las estructuras subsinópticas de la perturbación de VP a niveles altos para la trayectoria, intensidad y estructura del ciclón.

Introducción

La región del Mediterráneo occidental (Fig. 1) se ve afectada varias veces al año por episodios de ciclogénesis intensa con lluvias abundantes y vientos fuertes que pueden ocasionar pérdidas de vidas humanas y desastres materiales. El impacto económico y social de estos eventos ha motivado numerosos estudios de observación, diagnóstico y simulación numérica (Doswell et al., 1998; Homar et al., 1999; Campins et al., 2000; Romero, 2001; Homar et al., 2002).

Los estudios de diagnóstico han evaluado los procesos de escala sinóptica y parámetros medioambientales asociados al desarrollo de convección profunda (García-Dana et al., 1982;

Ramis et al., 1994; Doswell et al., 1998). Por otra parte, estudios numéricos han evaluado la predictabilidad de los procesos sinópticos que originan eventos de ciclogénesis intensa en la cuenca del Mediterráneo desde las perspectivas cuasigeostrófica (Homar et al., 2002) y de la vorticidad potencial (Romero, 2001).

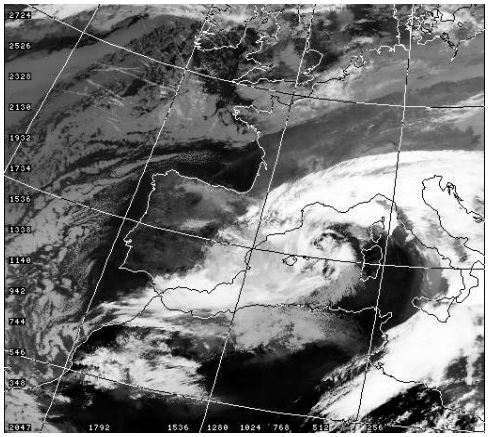

Fig. 1 . Imagen del satélite GOES (en infrarrojo) para el 11 de noviembre de 2001 a las 13:29 UTC.

El principal objetivo de este trabajo es investigar los mecanismos dinámicos que intervienen en el origen y evolución de un evento de ciclogénesis intensa que afectó al Mediterráneo occidental, con vientos muy fuertes y lluvias abundantes sobre las islas Baleares (Fig. 2).

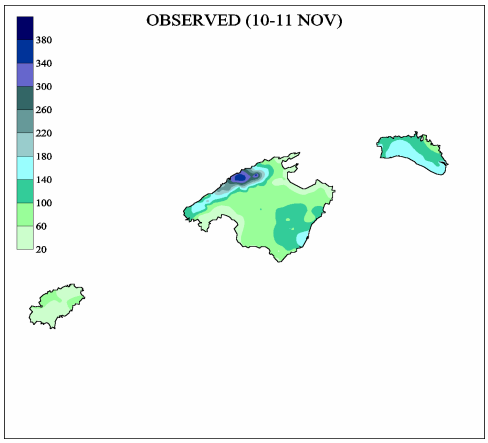

Fig. 2 . Lluvia observada en las islas Baleares del día 10 de noviembre de 2001 a las 7:00 UTC al 12 de noviembre de 2001 a las 7:00 UTC, (escala en mm).

Análisis meteorológicos del NCEP

A partir de los análisis meteorológicos globales del NCEP para el día 11 de noviembre de 2001 a las 0:00 UTC, que corresponde a la hora de máxima intensidad del ciclón, se puede observa una baja muy fría y profunda en niveles altos con dos centros aparentes rotando uno sobre el otro e incrementando la advección de la vorticidad sobre el Mediterráneo (Fiog. 3). Por otra parte, en niveles bajos el ciclón se presenta muy intenso y favorece una aportación muy importante de humedad desde el Mediterráneo hacia tierra (Fig. 4).

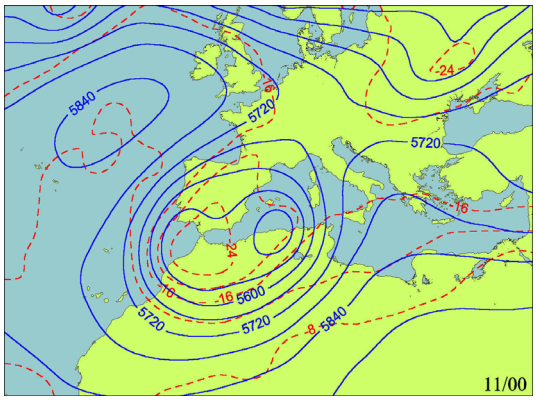

Fig. 3. Análisis meteorológico del NCEP a 500 hPa para el día 11 de noviembre de 2001 a las 0:00 UTC. Altura geopotencial (gpm) en línea continua y temperatura (°C) en línea discontinua.

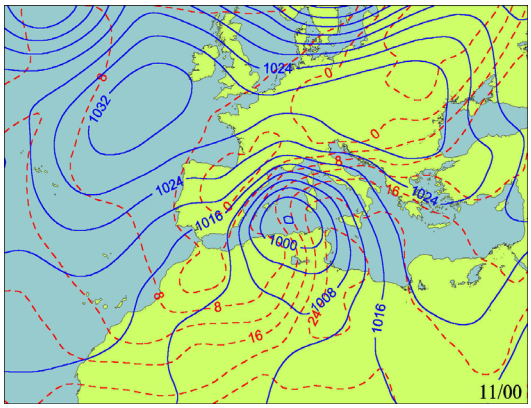

Fig. 4. Análisis meteorológico del NCEP a niveles bajos para el día 11 de noviembre de 2001 a las 0:00 UTC. Presión a nivel del mar (hPa) en línea continua y temperatura (°C) a 925 hPa en línea discontinua.

Simulación numérica

Se ha utilizado el modelo meteorológico de mesoescala MM5 para un periodo de simulación de 48 horas a partir del 10 de noviembre de 2001 a las 0:00 UTC, con 4 dominios anidados de 54, 18, 6 y 2 km de resolución horizontal (Fig. 5).

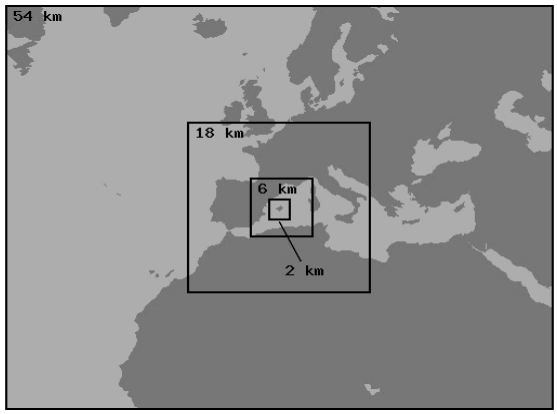

Fig. 5. Dominios anidados del modelo MM5

En las figuras 6, 7, 8 y 9 se presentan los resultados de la simulación de control para el dominio de 18 km de resolución (Fig. 6) y de tres experimentos de sensibilidad: a la orografía (Fig. 7), a la liberación de calor latente (Fig. 8) y a la intensidad de la vaguada de niveles altos después de eliminar de las condiciones iniciales del modelo la cuarta parte de la vorticidad potencial asociada a la vaguada siguiendo una técnica de inversión de VP (Romero, 2001). Los resultados confirman que la intensidad, forma y trayectoria del sistema de baja presión, así como la distribución espacial de la precipitación son muy sensibles a los factores considerados.

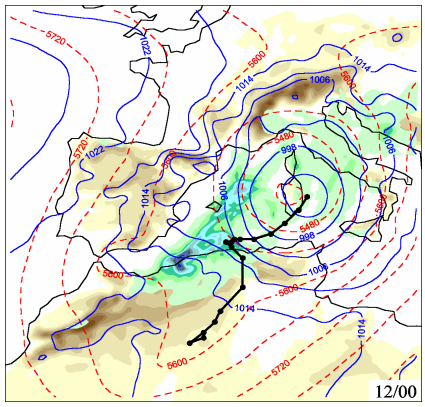

Fig. 6. Trayectoria del ciclón durante el periodo de simulación para el experimento de control. (línea gruesa). Presión superficial en hPa (línea continua), altura geopotencial a 500 hPa en gpm (línea discontinua) y precipitación total (tonos de grises) el 12 de noviembre de 2001 a las 0:00 UTC.

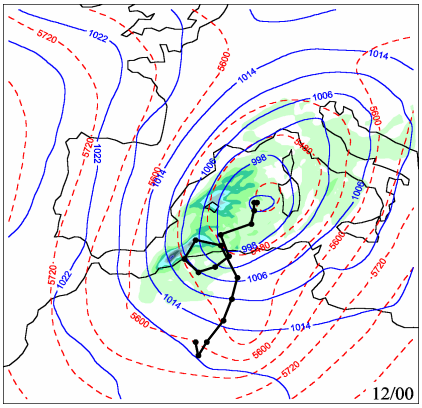

Fig. 7. Como en la figura 6 pero para el experimento sin orografía.

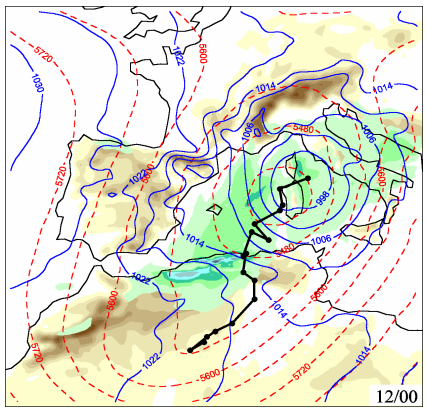

Fig. 8. Como en la figura 6 pero para el experimento sin liberación de calor latente.

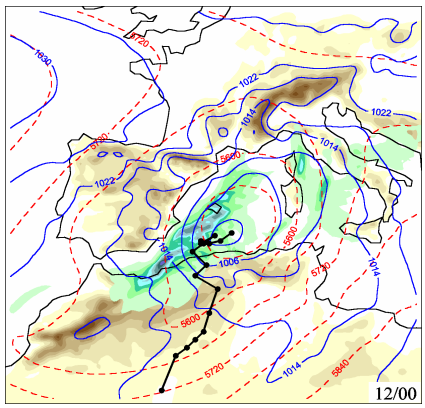

Fig. 9. Como en la figura 6 pero para el experimento con la vaguada debilitada a niveles altos.

En la figura 10, se presenta la profundidad de la depresión para los cuatro experimentos durante el periodo de simulación del ciclón. Se observa una fuerte similitud en la caída de presión en las simulaciones de control y sin orografía, por otra parte, los experimentos sin liberación de calor latente y con la vaguada debilitada a niveles altos presentan menor importancia relativa en la magnitud de la caída de presión.

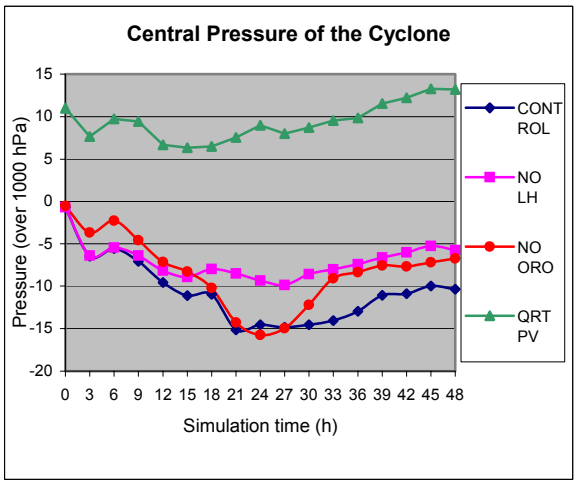

Fig. 10 . Presión atmosférica (hPa) durante el periodo de 48 horas de simulación: control, sin liberación de calor latente, sin orografía y experimento con la vaguada debilitada a niveles altos.

Comparación con resultados observados

La simulación de control ha sido validada para el dominio con 2 km de resolución (Fig. 11), comparando los resultados de la precipitación con los registros observados en la figura 2, se observa que existe una fuerte similitud en los sitios con mayor lluvia que corresponden principalmente a la Sierra de Tramuntana en la isla de Mallorca.

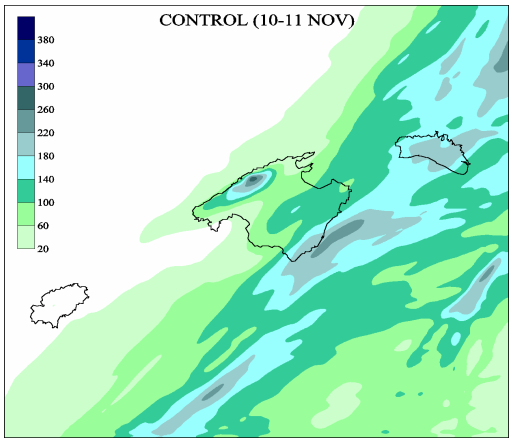

Fig. 11 . Lluvia pronosticada (en mm) por la simulación de control en el dominio con 2 km de resolución. para las islas Baleares.

En las figuras 12, 13, 14 y 15 se presentan las comparaciones de las variables simuladas en el dominio de 2 km de resolución con los datos registrados por el Instituto Nacional de Meteorología en la estación Son Estaràs (Inca) de las islas Baleares: lluvia (mm), intensidad del viento (m/s), presión superficial (hPa) y humedad relativa (%), respectivamente. En relación con la comparación de la lluvia (Fig. 12) se observa que el modelo es capaz de simular el tiempo en que se presenta aunque con menor intensidad. Para el caso de la intensidad del viento (Fig. 13) el modelo sigue el mismo patrón de comportamiento pero con menor decrecimiento que el registrado. En relación con las variables de presión superficial (Fig. 14) y de humedad relativa (Fig. 15) se observan fuertes similitudes tanto en su patrón de comportamiento como en valores de magnitud.

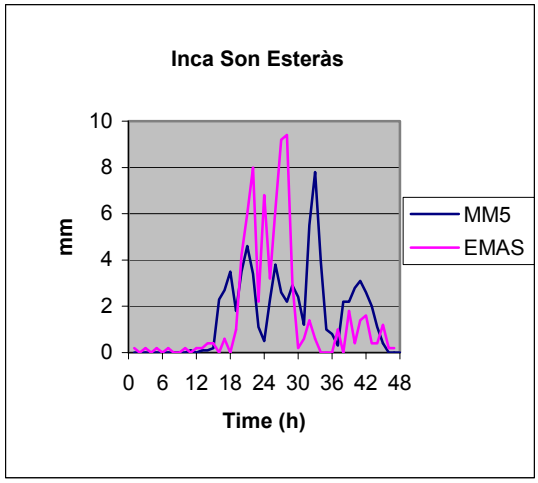

Fig. 12. Lluvia simulada (MM5) y observada (EMAS) del 10 al 12 de Noviembre de 2001 en la estación meteorológica Son Estaràs (Inca) en las islas Baleares.

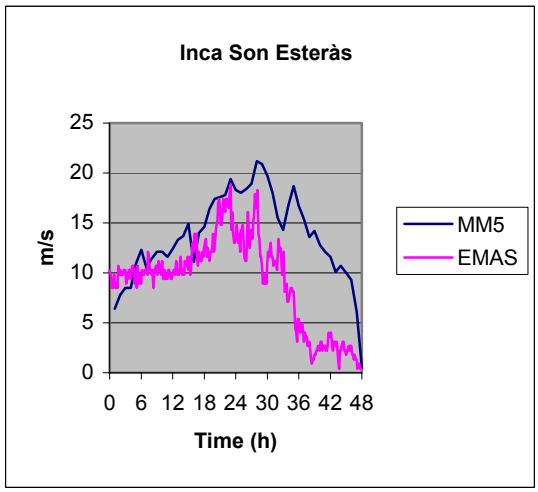

Fig. 13. Como en la figura 12 pero para la intensidad del viento.

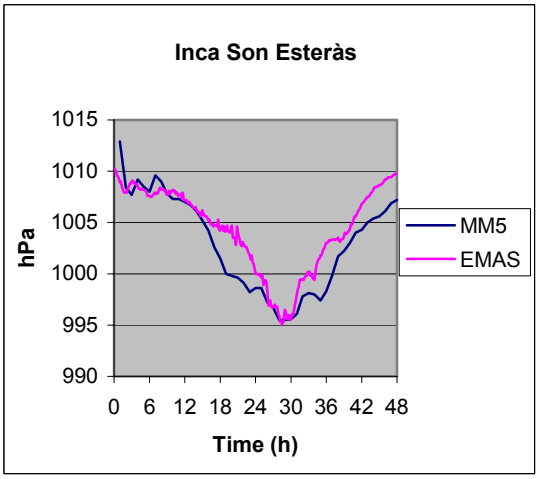

Fig. 14. Como en la figura 12 pero para la presión superficial.

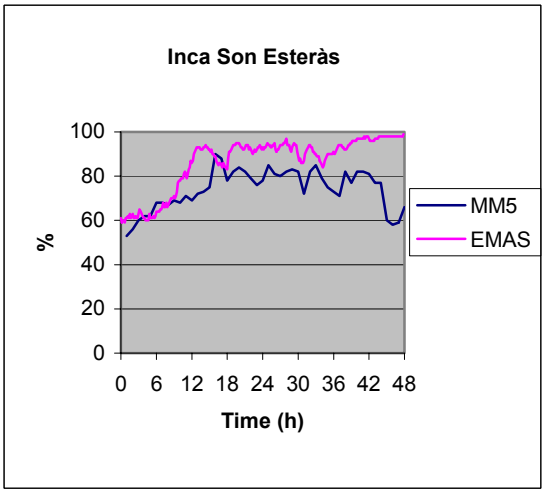

Fig. 15. Como en la figura 12 pero para la humedad relativa.

Conclusiones

Se ha presentado un caso de estudio de uno de los eventos de ciclogénesis más intensos que han afectado al Mediterráneo occidental en las últimas décadas y en particular a las islas Baleares. Los mecanismos dinámicos que intervinieron con mayor relevancia en el origen y la evolución del ciclón han sido numéricamente estudiados. De los análisis meteorológicos del NCEP, se observó que durante la etapa de inicio del ciclón el intenso desarrollo baroclinico fue muy significativo. En la simulación con mayor resolución (2 km) se observó la fuerte correlación que existe entre los resultados simulados y los datos registrados por las estaciones meteorológicas automáticas, principalmente en la parte montañosa de la isla de Mallorca. Finalmente, de los resultados obtenidos en este trabajo se deduce el beneficio de utilizar los modelos de mesoescala como el MM5 a alta resolución para estimar el potencial de lluvia y viento en áreas pequeñas pero topográficamente complejas como las islas Baleares.

Bibliografía

Campins, J., Genovés, A., Jansà, A., Guijarro, J. A., and Ramis, C., A catalogue and a classification of surface cyclones for the western mediterranean, *Int. J. Clim*., 20, 969–984, 2000.

Doswell III, C. A., C. Ramis, R. Romero, and S. Alonso, 1998: A diagnostic study of three heavy precipitation episodes in the western Mediterranean region. *Wea. Forecasting*, 13, 102-104.

García-Dana, F., R. Font and A. Rivera,1982: *Situación meteorológica durante el episodio de lluvia intensa en el levante español durante Octubre de 1982*, INM, 68 pp., Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, España.

Homar, V., C. Ramis, R. Romero and S. Alonso, J. A. García-Moya, and M. Alarcón,1999: A case of convection development over the western Mediterranean Sea: A study through numerical simulations. *Meteorol. Atmos. Phys*., 71, 169-188.

Homar, V., C. Ramis, and S. Alonso, 2002. A deep cyclone of African origin over the western Mediterranean: Diagnosis and numerical simulation, *Ann. Geophy.,* 22, 93-106.

Ramis, C., M. C. Llasat, A. Genovés and Jansà, 1994. The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms, *Meteor. Appl*., 1, 337-350.

Romero, R., 2001. Sensitivity of a heavy rain producing Western Mediterranean cyclone to embedded potential vorticity anomalies, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.,* 127, 2559-2597.