

HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO DE FENÓMENOS CONVECTIVOS BASADA EN MODELOS NUMÉRICOS

Fermín Elizaga Rodríguez

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción. INM

RESUMEN

Durante los años 2000 y 2001 se ha desarrollado en el STAP una herramienta de diagnóstico de fenómenos convectivos, basada en modelos numéricos. Los productos generados están dirigidos exclusivamente al diagnóstico de convección profunda en la época de primavera-verano. El objetivo principal ha sido tratar de proporcionar guías de predicción de las zonas en las que, en principio, es más probable que se desarrolle convección profunda, y también información adicional sobre algunas de sus características. En este trabajo se presentan las ideas básicas sobre las que se fundamentan la herramienta y los diferentes diagnósticos aplicados, así como los productos que se ponen actualmente a disposición de los predictores a través de la "Intranet" del INM. Se incluyen también ejemplos de algunas situaciones significativas, que ilustran varios aspectos que deben ser tenidos en cuenta de cara a una utilización operativa de los diferentes productos.

1. Introducción

Es bien conocido que el tipo de fenómenos convectivos, así como la severidad de los mismos, dependen de las condiciones del entorno en el que se desarrollan y, fundamentalmente, de los procesos asociados con la flotabilidad de la burbuja y con la cizalladura vertical del viento (en este trabajo, una tormenta es severa si va acompañada de granizo superior a 2 cm de diámetro, de rachas de viento superiores a 50 kt o de tornado). Así, mientras la flotabilidad está relacionada con la intensidad de las corrientes ascendentes y descendentes, la cizalladura vertical del viento ejerce el control fundamental sobre la organización de la convección.

Por otro lado, los modelos numéricos son actualmente una herramienta insustituible de los predictores en el corto plazo, proporcionando las guías básicas para elaborar los productos de predicción. Estos modelos producen simulaciones cada vez más precisas y, aún a pesar de que todavía no son todo lo perfectos que sería de desear, se ha demostrado que contienen información muy útil acerca de la variación espacial y temporal de la estructura cinemática y termodinámica de la atmósfera, incluso para fenómenos convectivos de tipo severo (Stensrud et al., 1997).

Desde el punto de vista de la predicción, la combinación de esos dos factores anteriores (mejor conocimiento de los entornos favorables y guías numéricas más precisas) deberá conducir a mejoras significativas en las tareas operativas. Esto afectará tanto a la predicción del lugar y el momento más probable para el desarrollo de convección profunda, como a la predicción del tipo más probable de los fenómenos convectivos. Dada la cantidad de información que nos proporcionan los modelos numéricos, en bastantes ocasiones imposible de analizar con detalle bajo la presión de las tareas operativas, cada vez es más necesaria la existencia de procedimientos automáticos que analicen gran parte de esa información y presenten a los predictores productos sintéticos (Mills and Colquhoun, 1998). Estos procedimientos tratarían de alertar a los predictores de la existencia de entornos atmosféricos favorables para el desarrollo de fenómenos significativos, lo cual podría ser de gran utilidad en la preparación de la estrategia de "nowcasting" y de avisos de fenómenos adversos.

2. Consideraciones generales

El objetivo principal ha sido desarrollar e implementar una herramienta automática de diagnóstico que, a partir de los datos básicos de los modelos numéricos, proporcione guías de predicción de las áreas en las que, en principio, es más probable que se desarrolle convección profunda y también sobre las características de los fenómenos que pueden aparecer en esas áreas.

En la aplicación operativa todos los parámetros e índices se calculan a partir de la salida directa de los modelos HIRLAM y CEP en los niveles de presión disponibles en McIDAS, incluyendo datos de superficie. Cada punto de grid es tratado como un perfil vertical, con resolución reducida. No debe olvidarse que, tal y como se ha comprobado en algunos estudios realizados, esta resolución vertical reducida puede tener en ocasiones una influencia negativa en el resultado final de los diagnósticos.

En principio, la calidad esperada de los productos dependerá de dos factores:

- por un lado, de la habilidad del modelo para predecir de forma adecuada el entorno en el que puede desarrollarse la convección profunda.
- por otro, de la bondad y adecuación de los diagnósticos utilizados, incluyendo la idoneidad de los parámetros y umbrales, la mayoría de los cuales han sido extraídos de las prácticas operativas en EE.UU.

3. Productos disponibles

Los productos se obtienen tanto para el modelo HIRLAM (4 pasadas y períodos de predicción hasta H+48 o H+24 cada 6 horas) como para el CEP (pasada de 12 UTC, períodos desde H+12 hasta H+60 cada 6 horas). Todos ellos pueden ser utilizados como un campo más de los modelos numéricos por medio de los comandos McIDAS existentes.

Además, para cada período de predicción se presentan dos gráficos con 4 imágenes en cada uno, disponibles en la “Intranet” del INM (<http://www0.inm.es/wwj/stapwww/herradiag/productos00.html>). En el primer gráfico se muestran los que pueden considerarse campos y productos básicos para la evaluación de las condiciones favorables al desarrollo de fenómenos convectivos, mientras que en el segundo se completa la información con 4 campos adicionales.

3.1 Contenido del primer gráfico

Índice “Lifted” (LI). Valores comprendidos entre 1 y -10. Proporciona una estimación de las zonas más inestables. Tanto en éste como en todos los otros parámetros relacionados con la evolución de la burbuja, las condiciones de partida de la misma son las condiciones promedio de los primeros 100 hPa del perfil.

Energía Potencial Convectiva Disponible (CAPE). Valores entre 100 y 3000 J/kg. Adecuado para delimitar zonas en las que la intensidad de las corrientes ascendentes puede ser mayor. No debe olvidarse que tan importante como el valor absoluto del CAPE es la distribución vertical de flotabilidad, por lo que siempre será necesario que el predictor analice paralelamente el perfil vertical completo. Los perfiles verticales previstos por el HIRLAM, con resolución vertical completa, pueden consultarse en la “Intranet” del INM (<http://www0.inm.es/wwc/aplica/inmeqr/sond.html>).

Cizalladura entre el viento medio en los primeros 500 m. y el viento medio en los primeros 6 km (CIZ6). Valores entre 7 y 25 m/s. De ayuda para evaluar la posibilidad de organización de los fenómenos convectivos. Para valores inferiores a 7m/s la posibilidad de organización de la convección es bastante menor que para valores superiores. Con valores muy altos, superiores a 20 m/s, la cizalladura vertical del viento puede ser un factor limitador tanto de la intensidad como de la organización de los desarrollos.

Áreas favorables para el desarrollo de distintos tipos de fenómenos convectivos (ACON). Este producto trata de resumir y presentar la información de diagnóstico para alertar al predictor sobre aquellas áreas en las que deberá llevar a cabo un estudio más detallado, ya que se dan de forma conjunta una serie de circunstancias favorables para el desarrollo de fenómenos convectivos significativos. En la imagen resumen aparecen en tonos amarillos-naranjas las áreas favorables a convección profunda, en rojo las favorables a convección profunda organizada y en marrón las favorables para el desarrollo de estructuras supercelulares. En color verde se ha superpuesto el campo de precipitación convectiva (PPCO) prevista en un intervalo de 6 horas (en el caso del HIRLAM, el intervalo de 6 horas se encuentra centrado en el momento de diagnóstico y en el caso del CEP el intervalo de 6 horas abarca siempre las 6 horas siguientes al diagnóstico). Los criterios usados para diferenciar las distintas áreas aparecen en la Tabla 1.

En la Figura 1 puede verse un ejemplo de presentación de campos básicos obtenido con el HIRLAM correspondiente al día 27 de junio de 2001 (pasada de 00 UTC, previsto para 12 UTC). En esta situación, tal y como indica la actividad eléctrica detectada (Figura 2) se desarrolló actividad tormentosa sobre el

Pirineo Oriental y el interior de Castellón, zonas situadas dentro del área más inestable, donde existía también cizalladura del viento significativa. Sobre la zona de PPCO localizada en la cordillera Cantábrica no se detectó actividad tormentosa.

Puntos grids favorables a	Condiciones necesarias
Convección profunda	Si $LI < 0$ y $CAPE > 600 \text{ J/kg}$ y $CIN < 300 \text{ J/kg}$
Convección profunda organizada	Si $CAPE > 700 \text{ J/kg}$ y $CIZ6 > 9 \text{ m/s}$ y $RH(700-500) < 60\%$
Supercélulas	Si es favorable a convección organizada y además $SRH > 150 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Tabla 1: Condiciones y criterios aplicados para la delimitación de las áreas favorables a fenómenos convectivos.

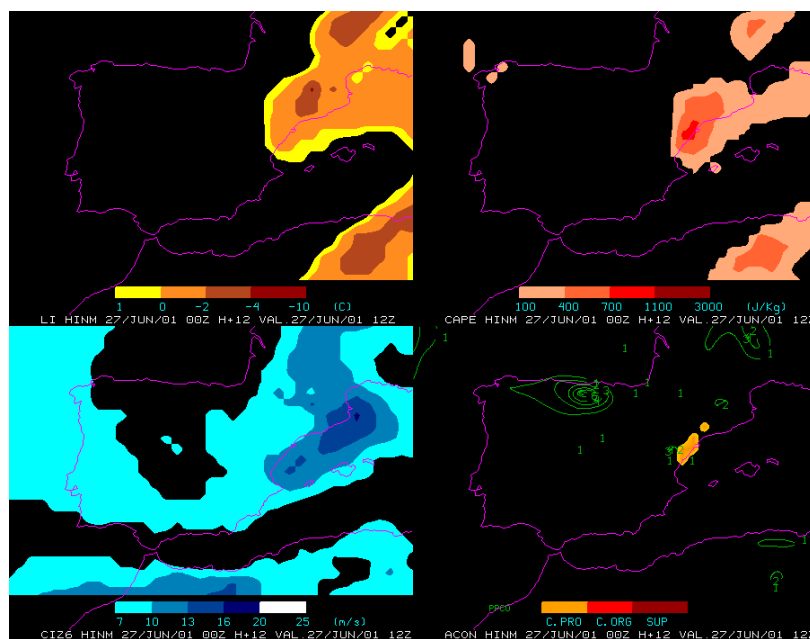


Figura 1: Mosaico de 4 imágenes con los 4 campos básicos. Situación de 27 de junio de 2001 (pasada de 00 UTC del HIRLAM, previsto para H+12). De izquierda a derecha y de arriba a abajo: LI, CAPE, CIZ6 y ACON+PPCO (ver texto para detalles).

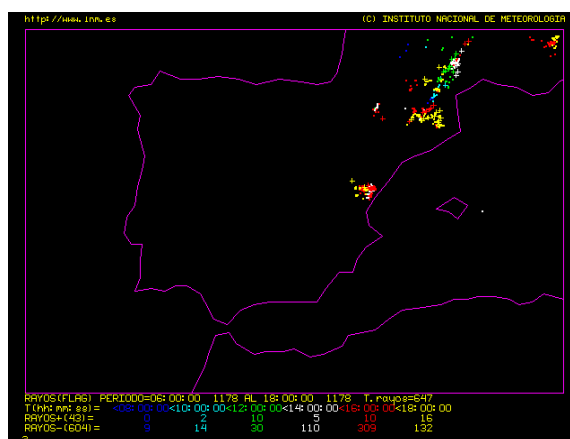


Figura 2: Actividad eléctrica entre 12 UTC y 18 UTC el 27 de junio de 2001

3.2 Contenido del segundo gráfico

Agua precipitable hasta 300 hPa (PW). Valores entre 18 y 50 mm. En tonos verdes aparecen las zonas en las que existe un contenido de agua precipitable superior a 27 mm, un valor que puede considerarse ya elevado.

Altura de la isocero del termómetro húmedo sobre la orografía del modelo (ISOH). Las zonas en principio más favorables para el desarrollo de granizo de tamaño significativo son aquellas en las que ISOH se encuentra entre aproximadamente 1800-2500 m., y aparecen en color rojo. Este rango será revisado en función de los resultados de los estudios realizados en el año 2001 (San Ambrosio, 2001). Esta información debe combinarse con el CAPE y la cizalladura para definir con más precisión las posibles áreas de granizo de mayor tamaño: además del valor de ISOH adecuado, la probabilidad será mayor si existen condiciones favorables para el desarrollo de fuertes corrientes ascendentes y para la organización.

Índice WINDEX (WINX). Valores entre 25 y 100 kt. Proporciona una estimación de la intensidad, en kt, de la racha máxima en superficie asociada a posibles descendencias intensas, tanto en entornos húmedos como secos (McCann, 1994). La información de este panel sólo debe ser tomada en cuenta cuando se espere convección profunda. Desde el punto de vista del “nowcasting”, cuando un frente de racha o una tormenta se mueve más o menos perpendicular a los contornos del WINDEX, hacia valores altos del índice, aumenta la probabilidad de desarrollo de microrreventones.

Helicidad relativa a la tormenta (SRH). Valores entre 100 y 500 m²/s². La helicidad es una medida de la componente horizontal de vorticidad paralela al flujo que alimenta la tormenta, y puede servir como una estimación de la capacidad para generar rotación en la corriente ascendente (Davies-Jones et al, 1990). En principio, valores superiores a 150 m²/s² son significativos de cara al posible desarrollo de supercélulas.

En la Figura 3 se muestra el ejemplo con los campos que complementan la información de la Figura 1.

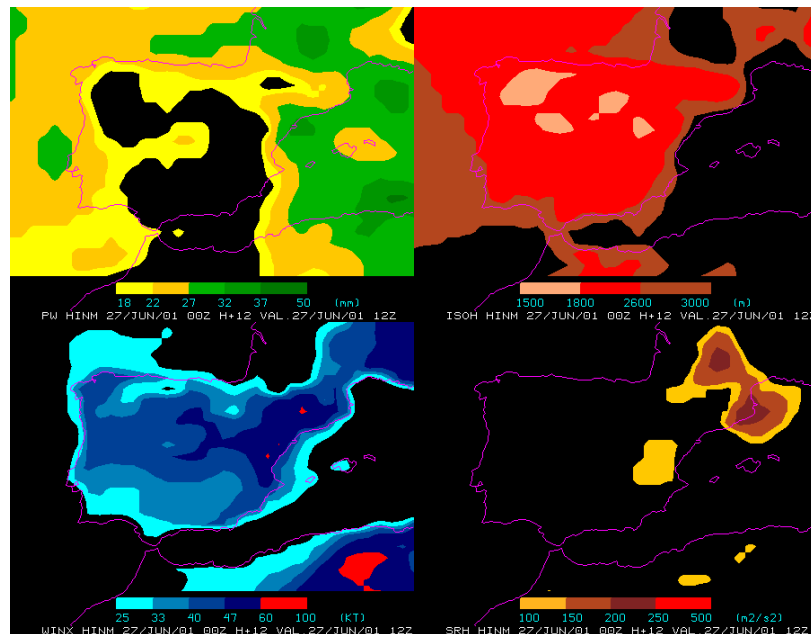


Figura 3: Mosaico de 4 imágenes con los 4 campos adicionales que complementan a los de la Figura 1. Situación de 27 de junio de 2001 (pasada de 00 UTC del HIRLAM, previsto para H+12). De izquierda a derecha y de arriba a abajo: PW, ISOH, WINX y SRH (ver texto para detalles).

4. Situación de 28 de julio de 2001

El 28 de julio de 2001 se produjeron fenómenos convectivos significativos en Castilla y León a primeras horas de la tarde, destacando las fuertes granizadas ocurridas en Peñafiel y en algunos puntos de la provincia de Soria. En las Figuras 4 y 5 se presentan los campos previstos por la pasada de 00 UTC del HIRLAM de ese día, en su predicción válida a 12 UTC.

Sobre la meseta norte se localiza la mayor inestabilidad, existiendo sobre la zona centro de la Península un área localizada con condiciones consideradas como favorables para el desarrollo de convección profunda. Una parte importante de la zona más inestable coincide con una zona favorable (desde el punto de vista de la isocero del húmedo) para granizo significativo. El sondeo de la Figura 6, previsto a 12 UTC

por la pasada de 00 UTC del HIRLAM en 41°N 3°W, ilustra las condiciones previstas por el modelo en una zona cercana a las fuertes granizadas observadas aproximadamente 2 horas después: marcada inestabilidad ($LI=-2.6$ $CAPE=780$ J/kg), nivel de equilibrio elevado (245 hPa), condiciones de la burbuja de partida relativamente húmedas (proporción de mezcla superior a 10 g/kg), flujo de componente sur en niveles bajos intensificándose y girando al suroeste con la altura.

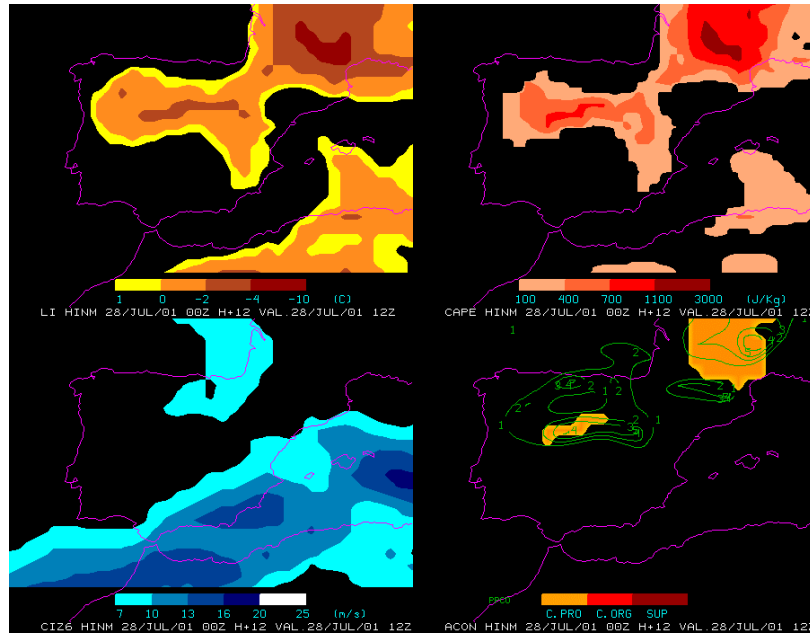


Figura 4: Campos básicos (LI, CAPE, CIZ6 y ACON+PPCO) previstos por la pasada de 00 UTC del HIRLAM del día 28 de julio de 2001, validos ese mismo día a 12 UTC.

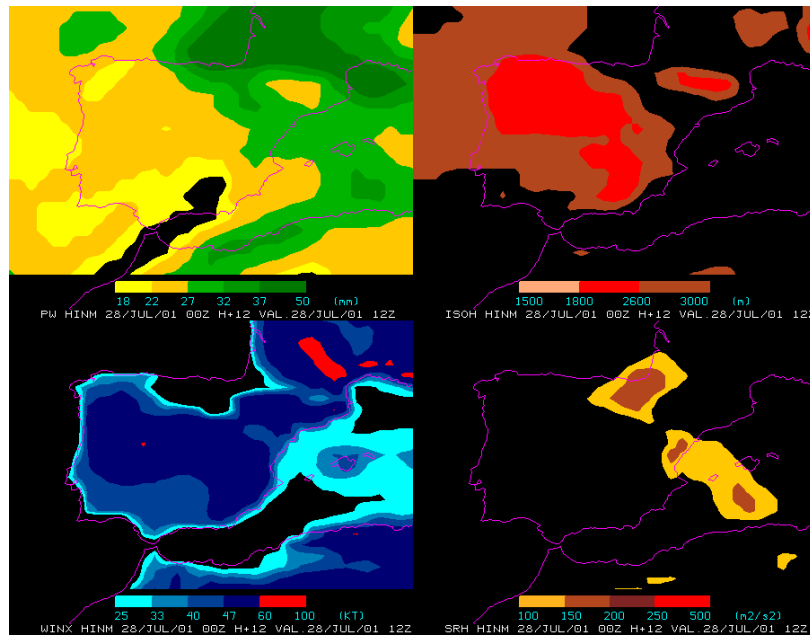


Figura 5: Campos adicionales (PW, ISOH, WINX, SRH) previstos por la pasada de 00 UTC del HIRLAM del día 28 de julio de 2001, validos ese mismo día a 12 UTC.

5. Consideraciones a tener en cuenta de cara a la utilización operativa

La aplicación trata de identificar entornos favorables al desarrollo de distintos tipos de fenómenos convectivos evaluando la existencia o no de suficiente inestabilidad, las condiciones de cizalladura vertical del viento en niveles bajos y medios de la atmósfera y el contenido de humedad en niveles medios. Sin embargo, no incluye la evaluación de un ingrediente fundamental para el desarrollo de

convección profunda, como es el mecanismo de disparo. Deberá ser el predictor el que determine la posibilidad de aparición de mecanismos de disparo en áreas donde se den simultáneamente el resto de ingredientes necesarios.

El punto quizás más importante a tener siempre presente es que los diferentes productos no proporcionan predicciones específicas de fenómenos convectivos individuales. Simplemente suministran guías que deben alertar a los predictores para que dirijan su atención, dentro de las tareas de “nowcasting”, sobre las áreas en las que la diagnosis muestra que existe potencial para el desarrollo de fenómenos convectivos significativos.

Las áreas señaladas como favorables deben ser utilizadas como una primera aproximación. El predictor deberá analizar los campos básicos que sirven para la obtención de las mismas, así como los perfiles verticales completos (sondeos previstos) en puntos seleccionados.

La influencia que tienen los errores de los modelos al simular las condiciones de humedad en niveles bajos es fundamental, pudiendo afectar en gran medida a la utilidad final de los productos.

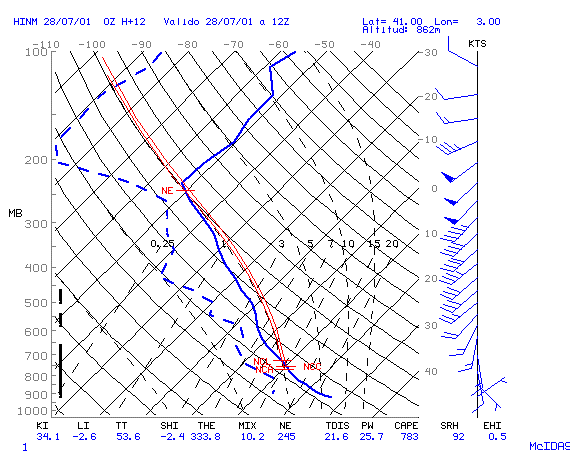


Figura 6: Perfil vertical previsto por la pasada de 00 UTC del HIRLAM del día 28 de julio de 2001 validos ese mismo día a 12 UTC en el punto 41°N 3°W.

Referencias

Blanchard, D. O., 1998: Assessing the vertical distribution of convective available potential energy. *Wea. and Forecasting*, 13, 870-877.

Calas, C., V. Ducrocq and S. Sénési, 2000: Mesoscale analyses and diagnostic parameters for deep convection nowcasting. *Meteorol. Appl.* 7, 145-161.

Davies-Jones, R. P., D. Burgess, and M. Foster, 1990: Test of helicity as a tornado forecast parameter. Preprints, 16th Conf. on Severe Local Storms, Kanahaskis Park, Alberta, Canada, Amer. Meteor. Soc., 588-592.

Johns, R.H. and C. A. Doswell III, 1992: Severe Local Storms Forecasting. *Wea. and Forecasting*, 7, 588-612

Martín, F., F. Elizaga, O. Carretero e I. San Ambrosio, 2001: Diagnóstico y predicción de la convección profunda. Nota Técnica del STAP N° 35. INM. Madrid.

McCann, D., 1994 : WINDEX- A new index for forecasting microburst potential. *Wea. Forecasting*, 9, 532-541.

Mills, G. A., and J. R. Colquhoun, 1998 : Objective prediction of severe thunderstorm environments: preliminary results linking a decision tree with an operational regional NWP model. *Weather and Forecasting*, 13, 1078-1092.

San Ambrosio, I, 2001: Primera valoración de algoritmos para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de granizo. V Simposio Nacional de Predicción. Madrid. INM.

Stensrud, D. J., J. V. Cortinas and H. E. Brooks, 1997: Discriminating between tornadic and nontornadic thunderstorms using mesoscale model output. *Wea. Forecasting*, 12, 613-632.