

VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO OBJETIVO DE LA CONVECCIÓN A PARTIR DE DATOS INTEGRADOS DE TELEDETECCIÓN

Francisco Martín León
Ismael San Ambrosio Beltrán
Fermín Elizaga Rodríguez

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, STAP
Instituto Nacional de Meteorología, INM
C/ Leonardo Prieto Castro, 8
28071 MADRID
Tfno.: 91 58 19 682
Correo electrónico: francisco.martin@inm.es

Resumen

El STAP ha venido desarrollando procedimientos operativos para la predicción, vigilancia, seguimiento y extrapolación de la convección. Recientemente, se han puesto en operación diversas herramientas y productos basados en la integración y análisis objetivo de las estructuras convectivas fundamentadas en datos de radar para ayuda en la toma de decisiones a los predictores en labores de vigilancia de la convección. Las aplicaciones identifican, bi (2D) y tridimensionalmente (3D), los focos convectivos detectados por radar, los analiza y diagnostica. Posteriormente, son seguidos cada vez que nuevos datos de radar están disponibles. De esta forma, las estructuras convectivas pueden ser extrapoladas en el tiempo. Junto con los datos de radar, se incorporan otras fuentes de información (rayos, satélite y salidas del modelo HIRLAM-INM). Todos los procesos objetivos de identificación de la convección se realizan a nivel regional (2D y 3D) y nacional (sólo 2D), dependiendo de que los datos de partida sean radar regional o de la composición nacional. En este trabajo se describen las metodologías empleadas y los productos de “nowcasting” disponibles para los predictores del INM.

Palabras clave

Radar, vigilancia, convección, rayos, modelos de predicción numérica, extrapolación, teledetección.

OBJECTIVE MONITORING AND EXTRAPOLATION OF CONVECTION FROM INTEGRATION OF REMOTE SENSING DATA

Abstract

STAP department has been developing operational procedures for monitoring and extrapolation of convection. Recently, some operational tools and products have been delivered based upon the integration and objective analysis of radar data. The procedures identify horizontally (2D) and vertically (3D) convective structures and

cells, respectively. When the radar data are updated, convective systems are tracked and extrapolated. Radar data are combined with lightning, infrared image and HIRLAM-INM model output. The procedures are running at regional level (2D and 3D) as well as at national level (2D) according to radar data input (regional or national data). This paper describes the methodologies and products for nowcasting purposes, which are available at the INM.

Keywords

Radar, nowcasting, convection, lightning, numerical weather prediction models, extrapolation, remote sensing data.

1.- INTRODUCCION

La identificación, caracterización y seguimiento de la convección es uno de los retos a los que el STAP se ha enfrentado desde hace varios años con objeto de suministrar productos objetivos a los predictores de los Grupos de Predicción y Vigilancia, GPV, del INM. En esta línea se ha trabajado en el desarrollo de técnicas, métodos y herramientas operativas que hoy en día son una realidad operativa.

En 1991 (Riosalido, 1991) se empezó a desarrollar las primeras herramientas, que se basaron en los resultados de las primeras climatologías europeas de SCMs (Sistemas Convectivos de Mesoescala) en las proximidades de la península Ibérica y del Mediterráneo occidental a partir de datos del canal infrarrojo, IR, del satélite Meteosat. El objetivo era caracterizar, determinar el ciclo de vida y los entornos sinópticos y mesoescalares que llevan a la formación de estas estructuras convectivas con fenomenología adversa, preferentemente en el área mediterránea y en la época otoñal. A partir de ahí, se puso en operación una herramienta, que fue pionera en Europa, cuyo objetivo fundamental era identificar, caracterizar y extrapolar SCM a partir de datos de satélite (Riosalido et al., 1998).

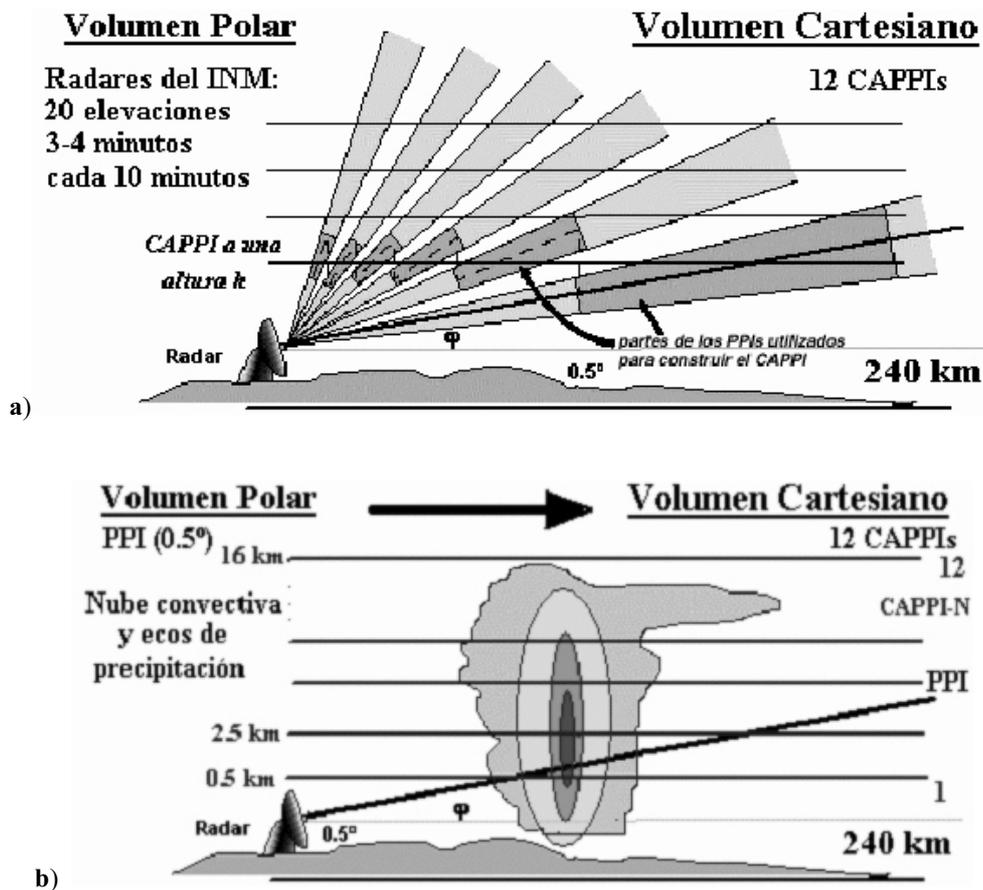
La disponibilidad de otros datos de teledetección en las estaciones de trabajo de vigilancia McIDAS (Man computer Interactive Data Access System) del INM a finales de los 90s, supuso un nuevo salto en el tratamiento, análisis, combinación y uso de estos datos enfocados a la diagnosis de la convección, basados en la información de radar, satélite, rayos y modelos numéricos.

En esta contribución analizamos las técnicas empleadas para identificar, caracterizar, seguir y extrapolar los focos convectivos, así como la forma de combinar los diferentes datos de teledetección. Se termina el trabajo con unos ejemplos aclaratorios y unas conclusiones finales.

2.- IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CONVECCIÓN

Los métodos objetivos que se han desarrollado en el STAP han sido adaptados de otros que ya se venían utilizando a nivel operativo en otros lugares del mundo (EEUU, preferentemente).

Figura 1: Esquemas de las exploraciones volumétricas realizadas por los radares del INM y los 12 CAPPIs disponibles en modo normal. a) Exploraciones polares y b) CAPPIs asociados del volumen cartesiano



Métodos de partida basados en datos radar

Partimos del hecho de que disponemos de una red de radares meteorológicos de banda C (14 radares de 5 cm de longitud de onda) repartidos por la geografía de España. El sistema radar regional genera 12 CAPPIs (Constant Altitude Plan Position Indicator) de distribución de reflectividades a alturas constantes de 0.5, 1.5, 2.5, 3.5... 14 y 16 km de altura en modo normal. Este volumen cartesiano de datos

ha sido generado a partir de las 20 exploraciones que realiza el radar desde 0.5 ° hasta los 25 ° de elevación, ver figura 1. De esta forma, disponemos de volúmenes tridimensionales de ecos de precipitación cada 10 min., más la exploración más baja a 0.5 ° de elevación (el llamado PPI, Plan Position Indicator). La cobertura de los radares en modo normal es de 240 km de radio con una resolución espacial de 2x2 km². En modo Doppler disponemos de datos de reflectividad, turbulencia y velocidad radial, en una cobertura de 120 km de radio, cada 10 min., y a una resolución de 1x1 km². En esta primera fase no hemos utilizado los datos Doppler.

Análisis de datos radar: procedimiento bidimensional, 2D, y tridimensional, 3D

La convección es un fenómeno, eminentemente, tridimensional en su desarrollo y evolución, ocupando amplias porciones de la troposfera, sobre todo la de tipo profundo. Por otra parte, la disponibilidad de datos radar tridimensional asociados a los ecos de precipitación, desde 0.5 hasta 16 km de altura, nos permitiría identificarla de forma objetiva tanto de forma bi y tridimensional. Veamos cómo con apoyo de la figura 1.

a.- Análisis de datos regional/nacional bidimensional: procedimiento 2D

Utilizando la información de reflectividad en capas bajas es posible identificar estructuras de ecos convectivos, centrándonos en las zonas más activas y, así, separarlas de la zona de ecos ligados a la lluvia de tipo “estratiforme” (Martín et al., 2002a). Hemos utilizado y adaptado el procedimiento de Steiner-Yuter-Houze, llamado SYH en honor a los autores (Steiner et al., 1995; Yuter and Houze, 1997).

Dada una matriz de reflectividades asociada al PPI o a un CAPPI bajo, marcamos los píxeles o celdillas que la conforman como convectivos si cumplen uno de estos tres criterios:

- ***Criterio convectivo.*** Si el valor de reflectividad, Z , supera o iguala a un umbral de reflectividad convectivo, Z_c , la celdilla es convectiva. En nuestra adaptación hemos considerado que 45 dBZ puede ser un umbral difícilmente alcanzable por ecos no convectivos.
- ***Criterio de máximo local.*** La convección se caracteriza intrínsecamente por la intensidad de las corrientes ascendentes y descendentes que genera. En estas condiciones se producen máximos de reflectividad muy marcados respecto al entorno circundante. Este criterio marca una celdilla como convectiva si supera en unos valores dados a la reflectividad de fondo en un radio de 10 km. En este sentido, se señalan píxeles como convectivos si superaran los 40 dBZ y son máximos locales.
- ***Criterio de cercanía.*** Los autores del algoritmo sugieren que las celdillas que posean valores de Z no muy altos pero que estén cerca de otras ya marcadas como convectivas, pueden serlo al estar dentro de la zona de influencia de la convección (áreas de corrientes ascendentes y descendentes). En este sentido,

se puede ampliar el criterio convectivo a celdillas cercanas a otras que si lo son.

Se remite a los lectores interesados a consultar la bibliografía específica para más detalles. Por medio de estos criterios se obtienen estructuras convectivas de las que se pueden extraer diversas propiedades (tamaño, centroide, reflectividad máxima y media, etc..). Cuando las estructuras son identificadas y seguidas en dos imágenes consecutivas, podemos obtener su desplazamiento previsto sin más que extrapolar sus posiciones anteriores. El mismo proceso de SYH se aplica a la imagen mosaico nacional generada al componer las reflectividades máximas de todos los radares (Martín, 2002b).

La imagen la infrarroja del satélite Meteosat, más cercana a la hora nominal radar, se utiliza como fondo. Detectadas las estructuras convectivas, existe un procedimiento de asignación dinámica y objetiva de rayos positivos y negativos a las estructuras radar identificadas, así como un agrupamiento automático de rayos no asignados. Por último, indicar que para el procedimiento de seguimiento y extrapolación de estructuras se emplean datos del viento en diferentes niveles del modelo HIRLAM-INM para así obtener el viento medio más próximo a la tormenta analizada como “first guess”. De esta forma, el producto integra, en mayor o menor grado, cuatro tipos de datos en una imagen de vigilancia.

b.- Análisis de datos radar tridimensional a nivel regional: procedimiento 3D

Ya que la convección se caracteriza por poseer una estructura vertical bien definida en el campo de reflectividades, se ha desarrollado y adaptado un procedimiento de identificación tridimensional de células convectivas. El método empleado se basa en el algoritmo del NSSL (National Severe Storm Laboratory) de EEUU, de Johnson et al., 1998, . El procedimiento busca y asigna en la vertical (usando los diferentes CAPPIs) el núcleo fundamental de la célula convectiva. Una vez obtenida, se calculan una serie de propiedades geométricas y morfológicas tridimensionales: centroide 3D, echotop, espesor convectivo, reflectividad máxima y su altura, etc.. Las células son seguidas cada 10 min. y asignadas unas con otras para poder ser extrapoladas de forma adecuada. Posteriormente, se identifica la estructura básica 2D de las cuales pueden seguir.

Como se dispone de información tridimensional de las células, y haciendo uso de las salidas numéricas del modelo HIRLAM-INM, se ha generado un módulo que calcula e integra en el procedimiento ciertos parámetros y variables meteorológicas “cercanas a la tormenta” analizada. De esta forma, se ha desarrollado un módulo específico para la estimación de la probabilidad de granizo basado en la cantidad de reflectividad que queda por encima de las alturas de la isocero y la isoterma de -20°C : a mayor cantidad de ecos de precipitación sobre dichas alturas, se supone que es mayor la probabilidad de que se genere granizo en la nube (Waldvogel et al., 1979;

Witt et al., 1998; San Ambrosio et al., 2002). Se remite al lector a las referencias específicas para más detalle.

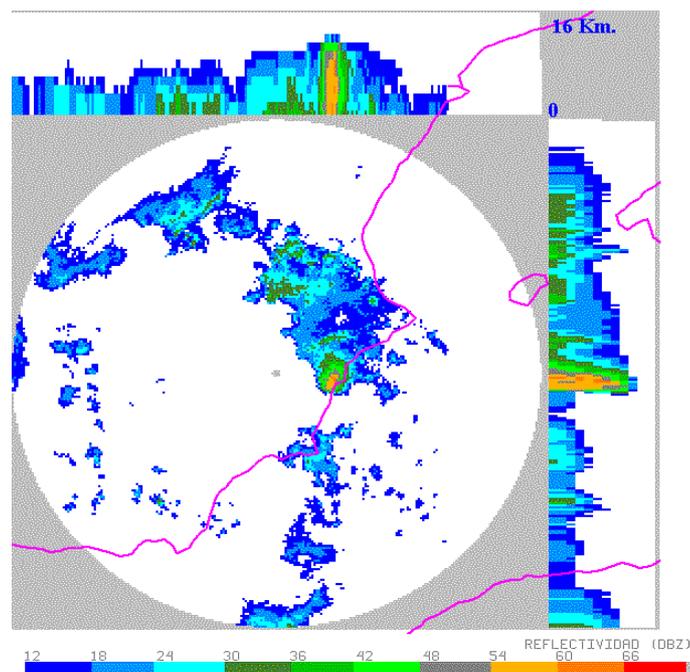
3.- SITUACIONES ADVERSAS: EJEMPLOS

Vamos a presentar algunos ejemplos donde se muestra la utilidad potencial de los productos desarrollados en situaciones de convección adversa. Los primeros ejemplos son relativos a las salidas regionales, 2D y 3D, de una supercélula severa que afectó a las comarcas de Alicante (Martín et al., 2002c). En las figuras siguientes presentamos algunos productos generados por la aplicación bidimensional a nivel nacional. No se analizará la situación atmosférica que aconteció en aquellos días.

3.1. Ejemplos de salidas a nivel regional, 2D y 3D

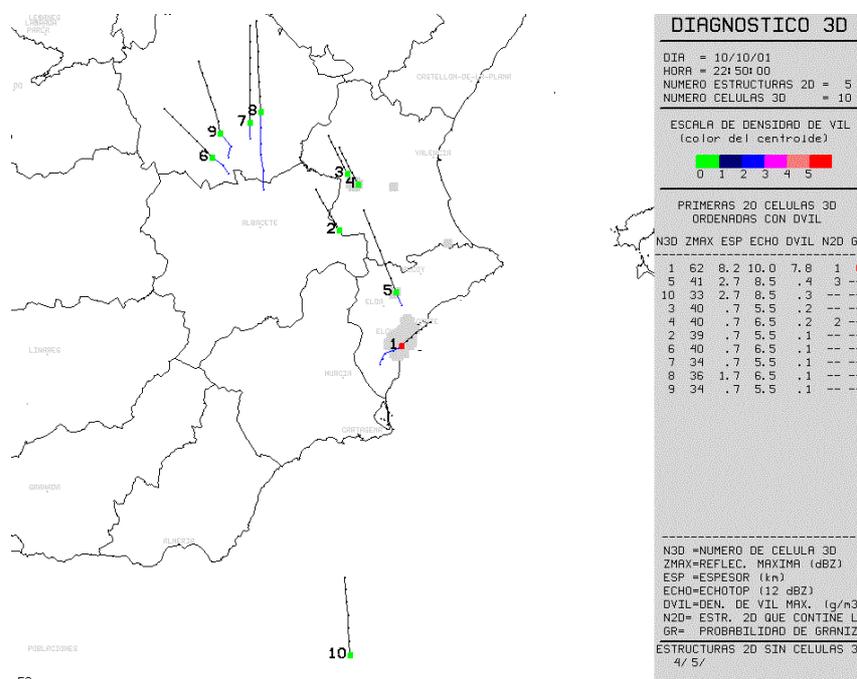
En el primer ejemplo tenemos convección muy intensa en el área de Alicante, donde una supercélula produjo importantes granizadas. En la figura 2 podemos observar una imagen básica de vigilancia regional, combinada de máximos de reflectividad, sin analizar objetivamente.

Figura 2: Imagen básica de vigilancia regional de máximos de reflectividad horizontal y vertical del radar de Murcia donde se observa una estructura convectiva potencialmente severa, muy profunda el día del 10 de Octubre de 2001 a las 22:50 UTC. Obsérvese los valores intensos y elevados de reflectividad en la horizontal y vertical. Escala de reflectividades en el borde inferior



Los productos generados por la aplicación pueden sintetizarse con las salidas donde se incluyan los correspondientes al 2D y 3D, como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3: Ídem que el caso anterior pero para la salida “sintética bi y tridimensional” donde se resaltan objetivamente ciertas propiedades celulares de las estructuras identificadas. Destaca el sistema “1” de carácter unicelular al que se le atribuye alta probabilidad de llevar asociado granizo severo, G. Las trayectorias previstas a una hora se dibujan en segmentos cada 10 min. Se marcan los centroides coloreados según su grado de densidad de VIL (Vertically Integrated Liquid). Las posiciones pasadas de la célula están marcadas en azul

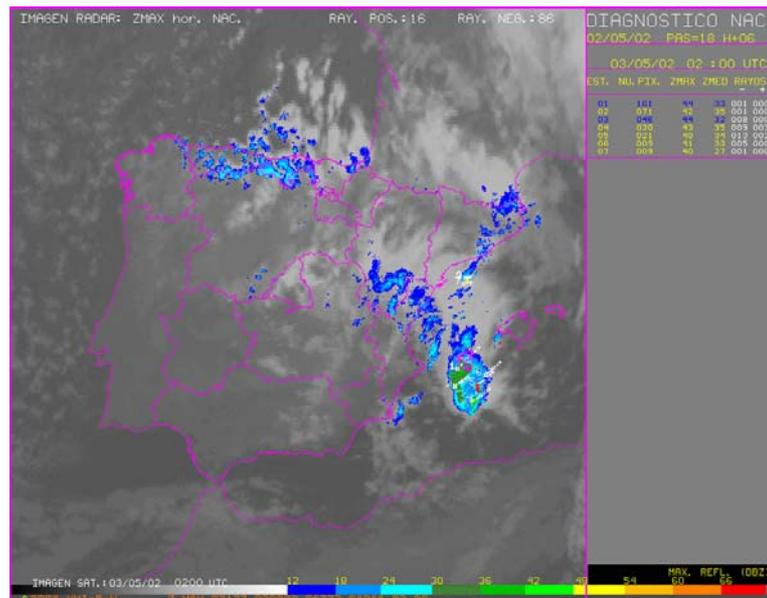


3.2. Ejemplos de salidas nacionales, 2D

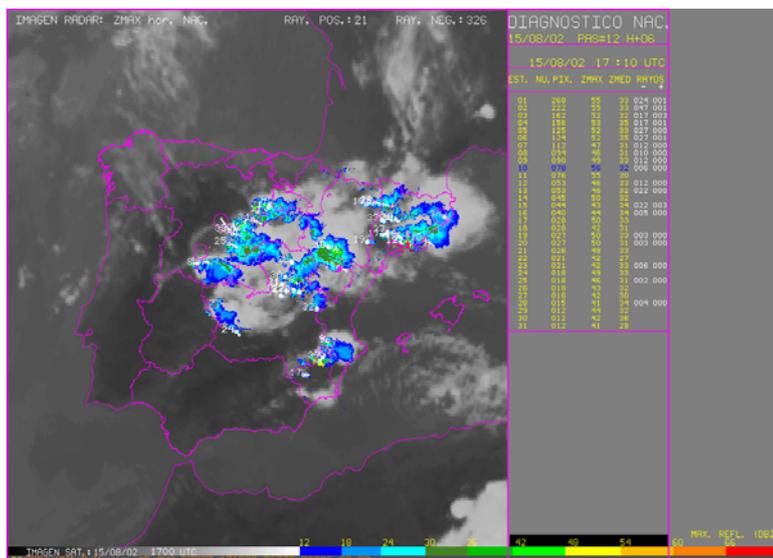
En la figura 4 podemos observar dos salidas nacionales de la aplicación donde la imagen mosaico analizada es la composición del ZMAX. Obsérvese que el radar de Canarias no está integrado en este producto. El análisis llevado a cabo es exclusivamente bidimensional, 2D.

Los predictores de vigilancia regional y nacional disponen de otros tipos de salidas y productos en formato texto, con mensajes explicativos y coloreados según el grado de adversidad detectada.

Figura 4 : Imágenes del mosaico nacional correspondiente al análisis bidimensional mosaico nacional. La imagen de radar base analizada es la de máximos de reflectividad nacional. La imagen de fondo es la IR. a) Situación del 3 de mayo del 2002, donde un SCM está afectando al SW de las islas Baleares b) Convección generalizada veraniega para el día 15 de agosto del 2002 donde diversas regiones mediterráneas y del interior se vieron afectadas por convección de diversa índole



a)



b)

4.- CONCLUIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Se ha desarrollado un conjunto de aplicaciones en los terminales de vigilancia meteorológica del INM basadas en la integración de datos de teledetección, cuyo tronco fundamental son los datos de radar. El objetivo primordial de estas aplicaciones es identificar, caracterizar, seguir y extrapolar estructuras convectivas. Las salidas alfanuméricas están disponibles en las estaciones de trabajo de vigilancia. Un sub conjunto de productos gráficos se sirven en la INTRANET del INM para el resto de los usuarios.

Las salidas gráficas combinan diferentes tipos de datos y resaltan al predictor las estructuras potencialmente adversas, desde el punto de vista convectivo. Estas salidas se generan a nivel nacional (solo análisis bidimensionales de estructuras, 2D) y a nivel regional (2D + 3D) y siempre partiendo de los datos radar en modo normal o convencional. A nivel regional, ya se obtienen productos específicos de estimación de la presencia o no de granizo basados en el análisis tridimensional radar y de parámetros próximos a la tormenta extraídos del HIRLAM-INM.

Los próximos pasos están encaminados a desarrollar productos específicos para ciertos usuarios externos, de acuerdo con sus necesidades peculiares, e incluir análisis objetivos de los datos de viento radial para detectar vientos intensos de origen convectivo (detección de mesociclones, rotaciones intensas, convergencias y divergencias muy localizadas).

La llegada del nuevo satélite MSG (Meteosat Second Generation), y los productos derivados de dicho satélite enfocados a la convección, podrán ser un nuevo acicate para la mejora y puesta en funcionamiento de otros productos más elaborados orientados a la convección.

REFERENCIAS

Johnson, J.T., P.L. MacKeen, A. Witt, E.D. Mitchell, G.J. Stumpf, M.D. Eilts and K. W. Thomas, 1998: The storm Cell Identification and Tracking (SCIT) Algorithm: An Enhanced WSR-88D Algorihm. *Weather and Forecasting*. June 1998, vol 13, pp 263-276.

Martín, F., O. Carretero e I. San Ambrosio, 2002a: Análisis de estructuras y células convectivas mediante datos de radar regional: Aplicación YRADAR. Publicación interna del INM.

Martín, F., 2002b: Consideraciones generales sobre la aplicación de análisis de estructuras convectivas 2D a partir de datos del mosaico radar: YRADARNA. Publicación interna del INM.

Martín, F., I. San Ambrosio y O. Carretero, 2002c: Supercélula severa en el área mediterránea. Nota Técnica del STAP N° 37. Publicación del INM.

Riosalido, R., 1991: Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterraneo-89. Parte I: Características según las imágenes de satélite Parte II: Evolución de los sistemas convectivos. Nota Técnica N° 1 del STAP. Publicación del INM.

Riosalido, R., Elizaga, F., Carretero, O. y Martín, F., 1998: Climatología Satélite de Sistemas Convectivos de Mesoescala en las proximidades de la Península Ibérica. Aplicación a la predicción de lluvias torrenciales. Memoria final Proyecto CLI95-1776. Nota Técnica del STAP N° 29. Publicación del INM.

San Ambrosio, I., Martín, F. y Elizaga, F., 2002: A radar-based operational tool for identification of hailstorms: preliminary results. 4th EGS Plinius Conference on Mediterranean Storms. Mallorca (Spain), 2-4 October 2002.

Steiner, M., R. A. Houze, Jr., and S. E. Yuter, 1995: Climatological characterization of three-dimensional storm structure from operational radar and rain gauge data. *J. Appl. Meteor.*, 1995, 34, pp. 1978-2007.

Yuter, S. E., and R. A. Houze, Jr., 1997: Measurements of raindrop size distributions over the Pacific warm pool and implications for Z-R relations. *J. Appl. Meteor.*, 1997,36, pp. 847-867.

Waldvogel, A., B. Federer and P. Grimm, 1979: Criteria for the Detection of Hail Cells. *J. Appl. Meteor.*, 18, 1521-1525.

Witt, A., M. D. Eilts, G. J. Stumpf, J.T. Johnson, E. D. Mitchell and K. W. Thomas, 1998: An Enhanced Hail Detection Algorithm for the WSR-88D. *Weather and Forecasting*, 13, 286-303.