

# IDENTIFICACIÓN OBJETIVA DE ESTRUCTURAS CONVECTIVAS A PARTIR DE LOS DATOS RADAR DEL PPI/CAPPI BAJO EN McIDAS

Francisco Martín León

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, STAP. INM

## RESUMEN

Se ha adaptado un procedimiento objetivo de identificación y separación de ecos con reflectividades potencialmente convectivas del resto de la información radar basado en las técnicas de Steiner-Yuter-Houze. Este procedimiento parte de la información radar regional de un nivel dado, preferentemente del PPI o CAPPI bajo en modo normal, y resalta las celdillas con reflectividades que cumplan uno de los tres criterios predeterminados: convectivo, máximo local y de cercanía. Las celdillas potencialmente convectivas son tratadas de forma oportuna para generar, en entornos McIDAS, una imagen radar convectiva a partir de los datos originales. Este procedimiento se ha tomado como base de partida en la aplicación YRADAR (Ver. 2.0 Mayo/2001) para realizar análisis bidimensionales, 2D, de datos radar regional. Este trabajo tienen por objeto documentar la técnica y la adaptación realizada en el INM.

## 1. Introducción

La identificación y separación de zonas con ecos de precipitación potencialmente convectivos del resto de la información radar son temas que han sido tratados tanto con fines de investigación como con fines operativos en el análisis de la convección. Varios son los motivos, pero podemos destacar algunos de ellos:

- Aplicación de diferentes relaciones Z/R en las zonas identificadas.
- Acumulaciones de la precipitación más precisas basadas en datos radar.
- Análisis, diagnosis y seguimiento detallado de los focos convectivos detectados frente al resto de la información radar.

Los métodos de separación de zonas de ecos de precipitación van a depender de qué entendemos por convección y, por lo tanto, como se manifiesta en los datos radar. En un segundo orden de cosas tendremos que tener en cuenta que datos radar se poseen y, lógicamente, los fines y el grado de ajuste que perseguimos.

El primer punto es crítico: qué se entiende por convección. Podemos encontrarnos con muchas definiciones de lo qué es y no es convección. No es el momento de entrar en detalles ni en disquisiciones meteorológicas sobre este tema. En Houze (1997) se puede encontrar una discusión muy detallada sobre dicho tópico. Lo que no cabe duda es que las zonas de ecos convectivos se caracterizan y diferencian de las zonas de tipo "estratiforme" por la existencia de fuertes corrientes ascendentes y descendentes, del orden de  $1-10 \text{ ms}^{-1}$  ó más. Por lo tanto, una estimación directa mediante radar de la existencia de núcleos convectivos sería aquella que midiera directamente las corrientes ascendentes y descendentes. Este hecho está lejos de la realidad operativa. Tan solo sistemas de medidas basadas en radares Doppler pueden realizar tales estimaciones. Descartada esta posibilidad en nuestro entorno, nuestras miras deben fijarse en buscar estimaciones indirectas de la presencia o no de núcleos convectivos mediante datos de radar en intensidad de reflectividad. Esta es la opción que hoy en día se utiliza a nivel operativo en muchos lugares. Existen, básicamente, dos vías para abordar el problema:

- Detectando estructuras convectivas en un nivel dado, preferentemente en capas bajas, utilizando bien un PPI o un CAPPI bajo. El resultado sería la identificación de estructuras convectivas bidimensionales, 2D.
- Analizando la información del campo de reflectividad del volumen cartesiano o polar. En este caso se trataría de identificar células convectivas tridimensionalmente, 3D.

Una forma de abordar la última vía será explicada en otra ponencia de este mismo Simposio (Carretero, 2001) por lo que no se hará más mención de ella. Analizaremos el procedimiento que se ha adaptado y ajustado para obtener los *píxeles* o celdillas que son potencialmente convectivos. Hay que hacer notar que

si este procedimiento bidimensional es aplicado a cada uno de los CAPPIs del volumen cartesiano obtendríamos la información bidimensional estratificada en cada nivel. Este procedimiento podría ser utilizado para, a su vez, generar información 3D de la convección.

Este trabajo se divide en cuatro apartados. En el primero se describe el método y los datos utilizados. Seguidamente se hace un resumen de la adaptación y ajuste de la aplicación en el procedimiento operativo de identificación de la convección a partir de datos radar regional, YRADAR (Martín y Carretero, 2001a) según las necesidades de vigilancia. Posteriormente, se presentan unos ejemplos donde se destacan sus usos y aplicaciones. Se termina el trabajo con un conjunto de conclusiones y posibles desarrollos futuros.

## 2. Metodología y datos utilizados

El procedimiento a adoptar debe cumplir un conjunto de requisitos condicionados por los requerimientos de la vigilancia atmosférica de la convección:

- Debe focalizarse y resaltar las zonas convectivas frente al resto de la información radar.
- Debe utilizar información del campo de reflectividad a partir de un PPI o CAPPI bajo.
- Tener una base científica y estar contrastado operativamente.
- Fácil de desarrollar y aplicar.

Aunque no vamos a realizar una exhaustiva descripción de los métodos, indicaremos algunas consideraciones que el lector puede tener en cuenta. Algunos métodos tratan de identificar las zonas de precipitación llamada comúnmente estratiforme: el resto de la información radar podría ser potencialmente convectiva (Collier y otros, 1980; Rosenfeld y otros, 1995). Estos métodos se basan fundamentalmente en la identificación de la banda brillante, BB. Las limitaciones de estas metodologías son muy significativas y dependen: del rango de aplicabilidad, de la buena definición de la BB, la distancia de la BB al radar, estrategia de exploración del radar, etc.

Una aproximación más realista es la llevada a cabo mediante el análisis horizontal de las estructuras del campo de reflectividad: si las corrientes que caracterizan a la convección son relativamente intensas, entonces existirá una correspondencia con las formas e intensidades de las zonas de reflectividad supuestamente convectivas. Churchill y Houze (1984), Steiner y otros, (1995) y Yuter y Houze (1997) utilizan este enfoque, sucesivamente mejorado. Los dos últimos procedimientos se aplican en las pruebas de campo del programa TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) donde se necesita una buena precisión para diferenciar las zonas de ecos convectivos y estratiformes en regiones tropicales. A los principios de este método le hemos llamado de Steiner-Yuter-Houze, SYH, en honor a sus autores. Básicamente el método se fundamenta en la identificación de celdillas o *píxeles* que superan uno de estos tres criterios para ser marcados como convectivo, partiendo de los datos de un PPI o un CAPPI:

- *Criterio de intensidad o convectivo.* Cualquier celdilla que supere un umbral de reflectividad superior o igual a  $Z_u$ , en dBZ, es marcado como punto o centro convectivo, puesto que se supone que este umbral, generalmente, no es alcanzado por las reflectividades asociadas a la precipitación “estratiforme”.
- *Criterio de máximo local o de gradiente.* Un hecho muy común en la convección es la existencia de máximos locales de intensidad de Z asociada a las fuertes corrientes ascendentes/descendentes. Una celdilla, que no ha sido marcada con anterioridad, será convectiva si su valor supera a la intensidad media o de fondo que exista alrededor suya en un radio no superior a 11 km (es el llamado radio de fondo, Figura 1b y c).
- *Criterio de cercanía.* Una celdilla es marcada como convectiva si está cerca de una que ya ha sido marcada como convectiva previamente en los anteriores pasos. El radio de asignación por cercanía varía según el valor de reflectividad media de fondo local asociado al punto convectivo ya considerado y puede tomar uno de los tres valores o rangos: pequeño, medio o grande (Figura 1c).

Estrictamente hablando los dos primeros criterios son los propiamente convectivos pues se centran en destacar los puntos con reflectividades intensas o máximas. El criterio de cercanía tiende a extender el carácter convectivo a los *píxeles* de alrededor sin que por ello tengan valores elevados de Z. Los autores del algoritmo lo ajustaron utilizando datos 3-D de reflectividad, datos de superficie, etc.... Posteriormente

lo aplicaron a los datos del CAPPI bajo (3 km) que poseían a 2 km x 2 km de resolución. Hay que hacer notar que el algoritmo no mide directamente las corrientes ascendentes o descendentes propias de la convección sino que trata de resaltar los efectos indirectos que ella produce en el campo de reflectividad.

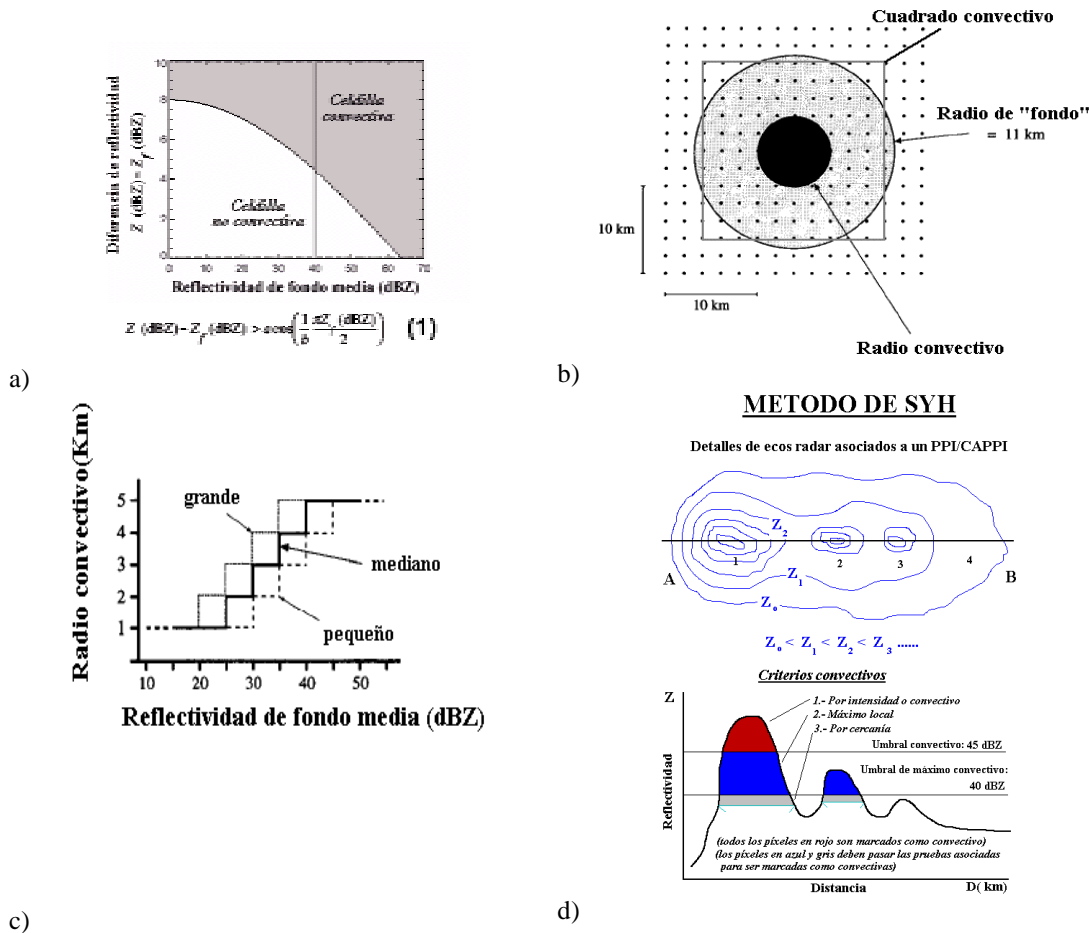


Figura 1: Método de SYH y su adaptación al INM. a) Criterio de máximo relativo local: sólo se consideran celdillas a partir de 40 dBZ para su comparación con la reflectividad de fondo local. b) Cuadro convectivo (semi lado de 10 km) para el cálculo del fondo local de reflectividad de un punto dado. c) Radios de influencia o de cercanía según el valor de la reflectividad local media de fondo a una celdilla dada. d) Detalle conceptual de un PPI donde se destacan las celdillas convectivas según la adaptación del método de SYH. Ver explicación en el texto. Las Figuras 1a, b y c han sido tomadas de los trabajos de SYH.

### 3. Adaptación a entornos McIDAS: aplicación YRADAR

Las ideas de SYH han sido adaptadas a las necesidades propias de vigilancia en el INM y enmarcadas dentro de una de las actividades del STAP: análisis, seguimiento, diagnóstico y extrapolación de la convección significativa a partir de datos radar regional (aplicación YRADAR). En nuestro caso, no estamos obligados a la identificación precisa de TODOS los núcleos convectivos, sino de los que consideramos como más significativos y potencialmente más adversos. Este proceso de adaptación es lógico ya que nuestros requerimientos son diferentes a los que proponen los autores originariamente. Durante dos meses (Abril-Mayo, 2001) se realizaron pruebas de ajuste. La adaptación llevada a cabo en el STAP ha sido la siguiente para los diferentes criterios usados:

- **Criterio de intensidad o convectivo (1).** Se ha tomado el umbral de 45 dBZ. Todo *pixel* o celdilla que supere o iguale este valor es considerado, *per se*, como convectivo.
- **Criterio de máximo local (2).** Se ha tomado el valor umbral mínimo de 40 dBZ para probar que un *pixel* sea considerado como máximo local. Esto es así, siempre y cuando supere a la reflectividad de fondo,  $Z_f$ , según la expresión (1) de la Figura 1a. Los parámetros *a* y *b* se han tomado como los originarios: 8 y 64, respectivamente. La reflectividad de fondo para un punto

se determina con todos los *píxeles* que estén en un cuadrado de lado de 10 km, Figura 1b, en vez de utilizar un radio de 11 km que el método de SYH utilizaba originariamente.

- **Criterio de cercanía (3).** Se ha tomado el criterio de *radio medio de influencia*. Este radio es función de la reflectividad local de fondo del punto convectivo considerado. En este sentido hemos tomado el umbral de tipo medio para extender el radio de influencia. Así *píxeles* con reflectividades bajas pero muy cercanos a otro de tipo convectivo pueden ser considerados como convectivo por este criterio.

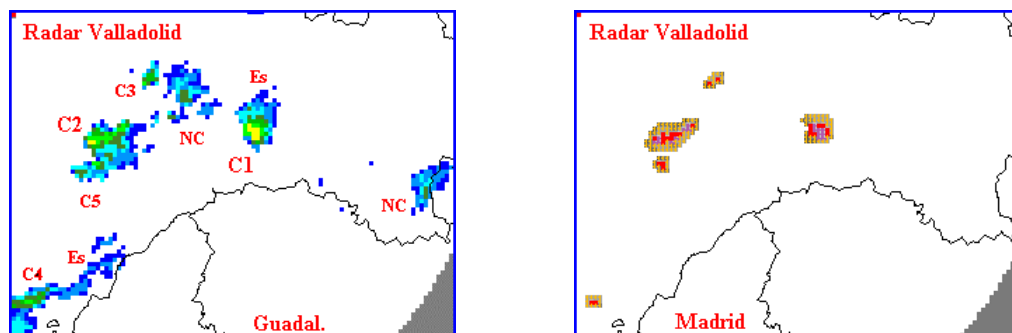
La Figura 1d representa el detalle de un PPI o CAPPI donde se esquematiza la aplicación del método SYH adaptado al INM. La distribución de Z respecto a la distancia se realiza según el corte de la línea AB. La célula “1” es marcada como convectiva porque posee *píxeles* que superan el criterio convectivo y algunas de sus celdillas comprendidas entre 40 y 45 dBZ pueden superar el criterio de máximos. La “2” pasaría a ser convectiva si algunas de sus celdillas, marcadas en azul, superan el criterio de máximo local. La “3” podría ser marcada como estructura convectiva pero el criterio de máximo local exige que supere los 40 dBZ. La estructura de reflectividad “4” no es considerada en modo alguno. Las estructuras iniciales “1” y “2” son ampliadas con celdillas de valores más bajo de reflectividad por el criterio de cercanía de forma adecuada, según las condiciones de la Figura 1c, con el criterio de radio de ampliación mediano.

#### 4. Usos y limitaciones de la aplicación

No vamos a presentar ejemplos de la aplicación en este trabajo ya que ésta ha estado funcionando a nivel operativo durante el año 2001 en la mayoría de los Grupos de Predicción y Vigilancia, GPVs, del INM, ha sido documentada oportunamente en los cursos sobre convección profunda (Martín y otros, 2001b) y en la propia documentación técnica e interna del INM. El objetivo principal de la ponencia es presentar la metodología empleada y su adaptación que no fue descrita en los anteriores trabajos. Sólo veremos dos ejemplos y resaltaremos las posibles limitaciones de la misma.

##### 4.1 Análisis de la convección

El objetivo fundamental del procedimiento bidimensional es resaltar estructuras convectivas en capas bajas, obteniéndose, a partir de dichas estructuras, un conjunto de propiedades en la horizontal y vertical que ayuden al predictor al diagnóstico de la convección y a la toma de decisiones. Estas propiedades han sido descritas en otras publicaciones (por ejemplo, en Martín y Carretero, 2001a) por lo que no se harán de nuevo aquí. La información de base 2D es utilizada en el procedimiento 3D de identificación de células convectivas tridimensionales.



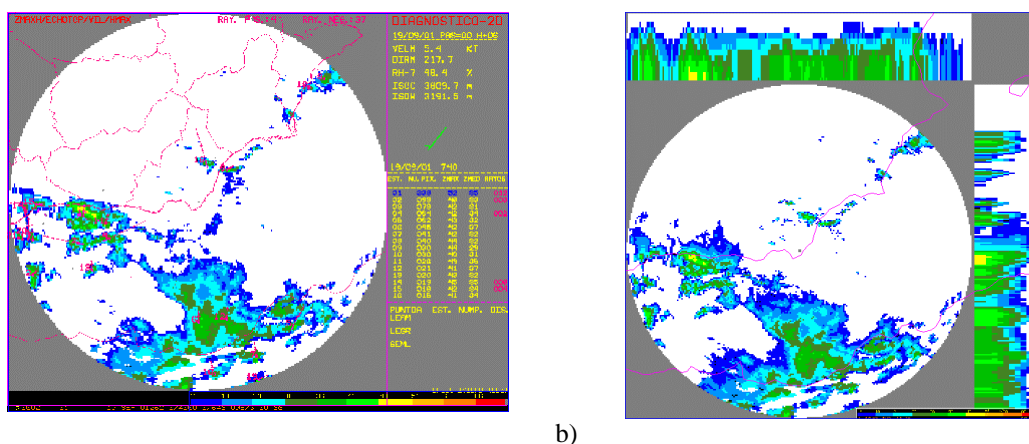
a) b)  
Figura 2: Aplicación del método de SYH para un PPI dado del radar de Valladolid. a) Imagen original sin tratar. b) Imagen tratada: sólo se presentan las zonas convectivas más relevantes. Ver explicación en el texto. Escala estándar de colores en los datos de reflectividad (Figura 2a).

En la imagen de la Figura 2a vemos un detalle un PPI del radar de Valladolid, en modo normal y fondo en blanco, donde se identifican diversos desarrollos convectivos con diferentes intensidades. La imagen derecha, Figura 2b, muestra la salida del procedimiento SHY donde se marcan las celdillas identificadas como convectivas (en magenta, aquellas que superan el criterio del umbral convectivo; en rojo las que superan el umbral de máximo relativo y en naranja las que lo hacen por el criterio de cercanía). Las estructuras C1 y C2 son las más significativas, Figura 2a. El procedimiento las marca y las analiza. Las células C3, C4 y C5 lo hacen por el criterio de máximo relativo. Estructuras convectivas menores y poco

intensas (como las *NCs*) no son tratadas como convectivas por la aplicación, así como zonas de ecos de precipitación uniformes y menos intensos (*Es*) asociados a ecos de tipo estratiforme.

## 4.2 Limitaciones del método

Aunque la aplicación destaca y realza la convección significativa no es menos cierto que posee ciertas limitaciones: por una parte las asociadas al propio método de SYH y por otras las asociadas con los propios radares como son la táctica de exploración, tratamiento de datos, etc. Los propios autores señalan que esta metodología es limitada en las situaciones de convección embebida en sistemas frontales donde los patrones de comportamiento de la convección frontal difieren de los ligados a la convección de tipo primavera-verano y otoñal. A estas limitaciones hay que añadir las derivadas del propio ajuste realizado en el STAP que no marca como convección a los chubascos convectivos, por ejemplo, de tipo post frontal poco activos en la descarga de aire frío al no superar los umbrales o criterios ajustados. La presencia de la banda brillante en las zonas de lluvia “estratiforme” de origen convectivo difícilmente lleva asociado valores que superen los 45 dBZ que ocasionalmente puede generar zonas donde localmente se señalen como convectivas al superar los criterios de máximo relativo (criterio 2).



a) b)  
Figura 3: Identificación de estructuras convectivas al SSE de Almería para el 19/Sep/01 a las 07:40 UTC. a) Salida estándar de la aplicación tomando como base el PPI. b) Imagen ZMAX hor./ ZMAX ver. Ver discusión en el texto.

En La Figura 3 se observan dos zonas de ecos bien diferenciadas en la zona del mar de Alborán. Las situadas en la costa andaluza y zona central de dicho mar, muestran cierto grado de desarrollo vertical, tal y como son analizadas por la aplicación, en la Figura 3a, como estructuras convectivas. Entre Almería y las costas africanas aparecen otras de apariencia más uniforme y homogéneas que las anteriores. Aparentemente se asemejan más a sistemas de ecos de precipitación estratiforme, aunque conservan señales de su origen convectivo. Varias estructuras son marcadas por el procedimiento de SYH en dicha área como convectivas sin llevar actividad eléctrica asociada. Aunque esta información puede ser útil de cara a la vigilancia atmosférica no lo sería tanto desde el punto de vista hidrológico, por ejemplo.

## 5. Conclusiones

Se ha adaptado un algoritmo de identificación de ecos de precipitación convectivos mediante datos radar en modo reflectividad normal. La separación entre las zonas convectiva del resto se basa en medidas indirectas de los efectos de la convección en los ecos de precipitación radar. Los criterios utilizados descansan en la intensidad y en los máximos locales de reflectividad, relacionados físicamente con las corrientes intensas de la convección. El criterio convectivo se ha ampliado a otras celdillas por el criterio de cercanía. El algoritmo ha sido adaptado en los entornos operativos McIDAS dentro de la aplicación YRADAR con criterios más restrictivos que los utilizados en origen por los autores del método. Las pruebas preliminares realizadas en el STAP se han centrado en detectar estructuras bidimensionales, 2D, bien definidas y con valores de reflectividad significativas. Como resultado de ellas, se han tomado los valores de:

- 45 dBZ como umbral de reflectividad del primer criterio de intensidad o convectivo y

- 40 dBZ como valor mínimo de prueba para ver si se supera el criterio de máximo local respecto a la reflectividad de fondo en área cuadrada de 10x10 km centrada en el punto considerado.

Este método ajustado ha dado buenos resultados en función de lo que vamos persiguiendo: convección que pueda llevar asociado fenómenos adversos, ya que destaca los núcleos y las estructuras más intensas. Ajustes más finos y diferentes se podrían realizar para resaltar otro tipo de convección menos intensa.

El método puede sobreestimar las zonas convectivas cuando la banda brillante es intensa y está bien definida en las cercanías del radar. En este caso una zona estratiforme donde se está produciendo el cambio de fase puede ser marcada como convectiva debido al criterio de máximo local.

Cabe destacar algunas posibles aplicaciones futuras y derivadas en este procedimiento: identificación de estructuras 2D a nivel nacional partiendo de áreas compuestas de datos radar, módulo aeronáutico tanto a nivel local como nacional, aplicación de relaciones Z/R diferentes según la zona analizada y la asignación de rayos a zonas convectivas activas. Este último procedimiento es presentado en este mismo Simposio (Martín, 2001).

## Referencias

Collier, C.G., S. Levejoy and G. L. Austin, 1980: Analysis of bright band from 3-D radar data. Preprints, 19 th Conf. on Radar Meteorology, Miami Beach, FL, Amer. Meteor. Soc., 44-47.

Carretero, O., 2001: Procedimiento de identificación, seguimiento y extrapolación de células en 3 dimensiones a partir de datos radar. V Simposio Nacional de Predicción. Publicación del INM de este mismo Simposio.

Churchill, D.D. y Houze Jr., R.A., 1984. Development and structure of winter monsoon cloud clusters on 10 December 1978. *Journal of Atmospheric Science*, 41: 933-960.

Houze Jr. R. A., 1997: Stratiform Precipitation in Regions of Convection: A Meteorological Paradox?. *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 78, No. 10, pp. 2179-2196.

Martín, F. y Carretero, O., 2001a: Análisis de estructuras y células convectivas mediante datos de radar regional: aplicación YRADAR. Ver. 2.0 Mayo/2001. STAP-INM Disponible en la INTRANET del INM: <http://www0.inm.es/wvj/stapwww/radarreg/pagprincipal.html>.

Martín, F., Elizaga, F., Carretero, O. y San Ambrosio, I. , 2001b: Diagnóstico y Predicción de la Convección Profunda Nota Técnica del STAP N° 35. Mayo 2001 Publicación interna del STAP/INM. Disponible, también en HTML y PDF.

Martín, F., 2001: Análisis objetivo de la actividad eléctrica de la convección analizada a partir de los datos de radar regional. V Simposio Nacional de Predicción, Madrid, 20-23 de noviembre de 2001. Publicación interna del INM de este mismo Simposio.

Rosenfeld, D., Amital, E. y Wolff, D., 1995a: Classification of rain regimes by the three dimensional properties of reflectivity fields. *Journal of Applied Meteorology*, 33(11): 1221-1230.

Rosenfeld, D., Amital, E. y Wolff, D., 1995b: Improved accuracy of radar WPMM-estimated rainfall upon application of objective classification criteria. *Journal of Applied Meteorology*, 33(11): 212-223.

Steiner, M., Houze, R.A. and Yuter . S. E., 1995: Climatological characterization of three dimensional storm structure from operational radar and raingauge data. *Journal of Applied Meteorology*, 34: 1978-2007.

Yuter, S.E. y Houze, R.A.J., 1997: Measurements of raindrop size distributions over the Pacific warm pool and implications for Z-R relations. *Journal of Applied Meteorology*, 36: 847-867.