

ANÁLISIS OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA CONVECCIÓN ANALIZADA A PARTIR DE DATOS RADAR REGIONAL

Francisco Martín León

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, STAP. INM

RESUMEN

Se presenta un método objetivo de análisis de la actividad tormentosa ligada a la convección a partir de datos radar y de rayos. En este procedimiento se asignan los rayos nube-tierra a estructuras convectivas radar que han sido analizadas previamente y separadas de los ecos de precipitación no convectivos. Los datos de rayos utilizados corresponden con los detectados 10 min. antes que la hora nominal de la imagen radar que sirve de base y referencia. Los rayos que se encuentren dentro de la zona barrida “hacia atrás” en un periodo de 10 min. por la estructura convectiva radar son también asignados a ella. Rayos que no fueron asignados a ninguna estructura radárica son agrupados en “racimos o *clusters*” independientes por un criterio simple de cercanía.

1. Introducción

La actividad eléctrica en una tormenta es una de las manifestaciones más significativas de la convección bien desarrollada. Algunos usuarios están interesados más en dicha actividad que en la propia precipitación convectiva. Los propios predictores, en sus labores de vigilancia y diagnóstico de la convección, utilizan subjetivamente la información de rayos sobre las imágenes radar o satélite con objeto de identificar las zonas más activas, áreas malamente iluminadas por el radar, etc... El disponer de una aplicación objetiva que analice, asigne y contabilice el número de rayos nube-tierra, asociado a estructuras convectivas radar, supone un paso significativo que puede facilitar los trabajos de vigilancia y seguimiento de la convección. Se ha desarrollado un primer prototipo que realiza los anteriores procesos tomando como base las estructuras bidimensionales convectivas radar, 2D, previamente analizadas. Los rayos detectados en una ventana temporal de 10 min. (cadencia de las imágenes radar en modo convencional) y en la cobertura de un radar dado, se les trata de asignar una estructura radar. En el proceso de asignación se tienen en cuenta las propiedades geométricas del sistema convectivo radar en el instante actual y estas propiedades son extrapoladas hacia atrás en el tiempo para realizar el proceso de asignación. Los rayos no asignados se agrupan, estáticamente y en el instante dado, en grupos o racimos por un criterio de cercanía espacial. El trabajo presenta la metodología empleada en esta primera versión, salidas propuestas de productos radar-rayos, junto con ejemplos y sus consecuencias operativas.

2. Datos y metodología utilizada

Los datos utilizados son los que necesita la aplicación de análisis e identificación de estructuras bidimensionales radar descrita en este mismo Simposio (Martín, 2001) y operativa desde Junio del 2001. Es necesario tener las áreas McIDAS asociadas a un PPI o CAPPI bajo regional de reflectividad en modo normal, disponibles cada diez minutos a una resolución de $2 \times 2 \text{ km}^2$. Además, se precisan los datos de rayos en una ventana temporal de 10 min. anteriores a la hora nominal de la imagen radar. La ventana espacial de estos datos es la de un cuadrado que inscriba a la cobertura radar más 10 km, que en nuestro caso es de 250 km (240 km + 10 km). En esta primera versión no se realiza un control de calidad del dato proveniente de la red de detección de rayos, aunque este hecho puede ser tenido en cuenta e implementado en el futuro. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso completo. Las salidas

numéricas del modelo INM-HIRLAM 0.5, relativas al viento medio, son consideradas en el proceso de extrapolación “hacia atrás” de las estructuras radar, como se comentará más adelante.

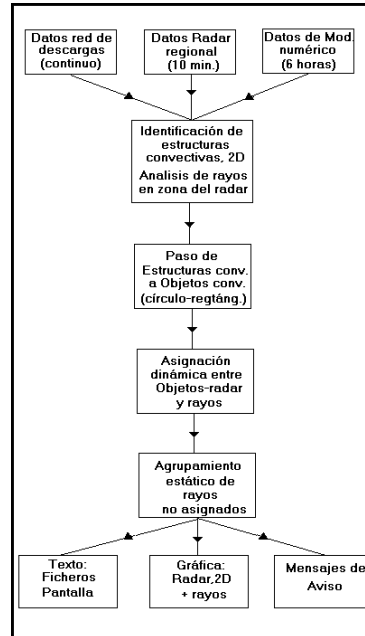


Figura 1: Diagrama de flujo de la aplicación en su primera versión.

3. Procesos de asignación y agrupamientos de rayos

3.1 Identificación de estructuras convectivas bidimensionales y objetos convectivos

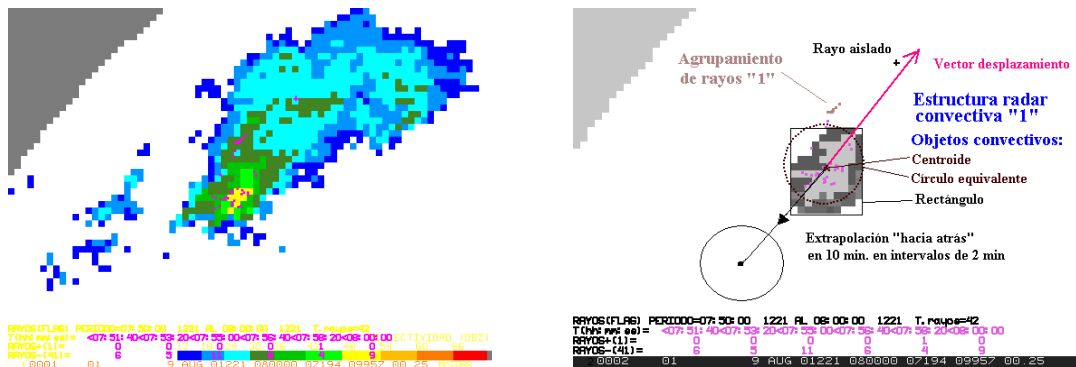
El primer paso del procedimiento consiste en la identificación y separación de zonas con ecos de reflectividades potencialmente convectivas del resto, Figura 1. De aquí obtenemos las estructuras bidimensionales individuales con sus propiedades radáricas: tamaño, ZMAX (reflectividad máxima), ZMED (media), .. así como otras de tipo geométrico: centroide, radio equivalente, círculo equivalente y rectángulo que inscribe a la estructura convectiva 2D. En este punto se pasa a trabajar con el “objeto convectivo” asociado a cada estructura convectiva real: centroide, círculo y rectángulo equivalentes. A estos objetos se les asigna el vector extrapolación que se ha obtenido previamente por otra aplicación donde se activa el procedimiento: YRADAR (Martín y Carretero, 2001). Obsérvese que una estructura convectiva tiene asociado dos objetos simples equivalentes: un círculo y un rectángulo, como se ve en la Figura 2b.

3.2 Asignación dinámica de rayos a objetos radar convectivos

Cada rayo se le trata de asignar a una estructura convectiva mediante su objeto asociado. En el proceso de asignación se realiza de estructura de mayor extensión a la de menor tamaño y siguiendo estos pasos:

- a.- Si el rayo cae dentro del círculo equivalente a una estructura dada, entonces el rayo se le asigna dicha estructura convectiva, ver Figura 2b como ejemplo.
- b. Si el rayo no es asignado a ningún objeto circular entonces se trata de buscar la estructura convectiva potencialmente asociada mediante su objeto rectangular que lo contenga.

c.- Si el rayo no es asignado, se pasa a extrapolar hacia atrás a los objetos convectivos circulares, de mayor a menor tamaño, según su vector extrapolación en el instante actual, t , hacia atrás, hasta $t-10$, en pasos de 2 minutos de forma que se tratan de realizar asignaciones en instantes anteriores del tipo “a”. En este paso se considera que la estructura convectiva no ha variado de tamaño.



a) b) Figura 2: Proceso de asignación y agrupamiento de rayos. a) Detalle del PPI del radar de Barcelona en la zona del Pirineo junto con los rayos (en magenta) superpuestos en una ventana temporal de 10 min. respecto a al hora nominal de la imagen. b) PPI analizado con la estructura convectiva radar, en gris, junto con rayos asignados a ella. Un grupo de rayos se observa al NW de la zona más activa. El vector de desplazamiento es asignado a la estructura convectiva radar detectada por otra aplicación.

Si después de todo el rayo no es asignado a ninguna estructura madre se pasa al agrupamiento de los rayos no asignados.

3.3 Agrupamiento estático de rayos por distancia

Los rayos no asignados a estructuras convectivas “madres” pueden agruparse y formar *clusters* o racimos de rayos. Definimos a un grupo de rayos como un conjunto de descargas tales que se puede pasar de una a otra por un “camino de rayos”, que están separados unos de otros por menos de N km. En nuestro caso se ha tomado como distancia umbral, $N=4$ km. Una descarga que este a 50 km de distancia, por ejemplo, de otra formarán *cluster* cuando existan otras descargas situadas a menos de 4 km y exista al menos un camino de ir de la primera a la última en saltos cuya distancia sea menor que el umbral de distancia fijado. Lógicamente, rayos asignados a estructuras convectivas no son tenidos en cuenta en estos y subsiguientes procesos. De todo lo anterior tenemos que existen pues tres categorías de rayos asociados a este procedimiento: los asignados a estructuras convectivas radar, las descargas agrupadas en *clusters* de sólo rayos y los rayos aislados.

3.4 Presentación de datos en los terminales de trabajo

Los datos del análisis objetivo de rayos se presentan, preliminarmente, en dos formas diferentes en McIDAS: en pantalla gráfica y en formato texto.

Salida gráfica. Sobre la imagen radar analizada, y junto a las estructuras convectivas, se visualizan los datos de rayos con sus símbolos estándar: “-” y “+” para los negativos y positivos, respectivamente. El código de colores, empleado en esta primera versión, no es función del momento temporal de su aparición sino que va asociado al tipo de asignación y agrupamiento:

- Los asignados a estructuras convectivas radar. Se presentan con el color asociado a la numeración de la estructura radar madre y la tabla de colores básica del McIDAS. Así rayos de la estructura radar “1”

tendrán el color magenta, los de la “2” serán de color cian..., los de la “7” tendrán rayos blancos. Para estructuras con numeración superior a 7, el color asociado será el del resto obtenido al dividir en número de la célula por 7. Resto 0 se asocia al blanco. Además los rayos se presentan con grosor doble.

- Los rayos agrupados en *clusters*. Se numeran correlativamente según el código de colores equivalentes al anterior criterio pero con grosor fino. Si el *cluster* de rayos posee 10 ó más 10 descargas, su numeración se presenta en pantalla. *Clusters* con menos de 10 rayos son numerados internamente pero su etiqueta no es presentada en pantalla.

- Los rayos aislados. Siempre se presentan en gris y grosor fino.

Como ciertos colores de los rayos coinciden o están sobrepuestos con los de la imagen base radar realizada es conveniente apagar los gráficos para una fácil visualización espacial de estos en los terminales McIDAS. De cualquier forma sobre la pantalla gráfica y en formato de tabla aparece el número de rayos de las 15 primeras estructuras convectivas identificadas.

Salidas en formato texto. Junto a la salida anterior existen otras tantas en formato tabla en la pantalla de texto donde se cuantifica el número de rayos positivos, negativos, tendencias de rayos en dos periodos de 5 min., densidad de rayos por Km² y por minuto, etc.. En determinados momentos aparecen mensajes de alerta cuando se superan ciertos umbrales. En la actualidad estas salidas están en pruebas y no serán comentadas aquí.

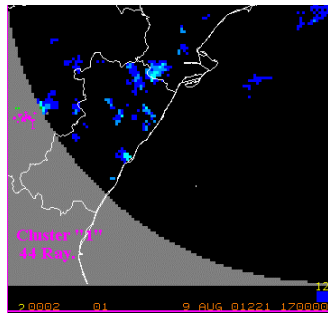
4. Casos prácticos

4.1 Tormenta activa fuera de la cobertura radar regional

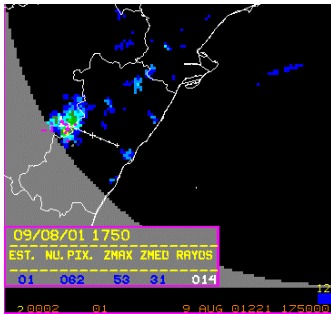
Ya que los datos utilizados de rayos abarcan una zona cuadrada que engloba a toda la cobertura radar más 10 km, o sea un cuadrado de 250 km, tendremos que zonas más allá de los 240 km al radar son analizadas por la aplicación alertándonos si existe o no mucha actividad eléctrica. Esto fue lo que ocurrió el día 9 de Junio del 2001, Figura 3. El radar de Barcelona no llegó a detectar estructuras convectivas radar hasta la 17:00 UTC, pero con más de 30 min. de antelación la aplicación alertaba de una estructura convectiva muy activa desde el punto de vista eléctrico. Afortunadamente, los radares de Valencia y Zaragoza podían haber sido utilizados para la diagnosis radar de la convección. Este tipo de situaciones puede aparecer también cuando una tormenta se encuentra en una zona de sombra o apantallada por obstáculos.

4.2 Puntos activos y actividad tormentosa

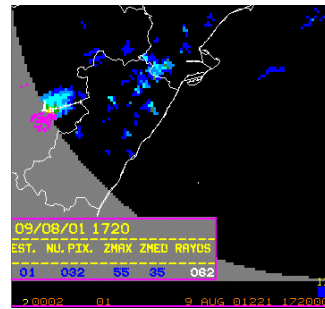
Los Puntos Activos, PA, son emplazamientos específicos (aeropuertos, bases aéreas, ciudades de especial interés, etc..) donde se requiere una detallada información de la actividad convectiva en un radio predefinido por el usuario, R (km). Si en las cercanías existe una célula convectiva radar o va a encontrarse en su posible trayectoria prevista entonces el punto activo se marca mediante una circunferencia e información correspondiente en formato texto. En determinadas ocasiones la estructura convectiva radar está poco definida, no es detectada y analizada por la aplicación YRADAR, pero su actividad eléctrica es muy marcada. Con esta nueva herramienta los puntos activos también se marcan incluso sino se detecta una célula radar como tal. Por su especial interés el PA se marca circularmente como magenta si los rayos se encuentran a una distancia entre R y R/2. Se marcará en rojo si existen rayos dentro del círculo de radio inferior o igual R/2 .



a)



c)

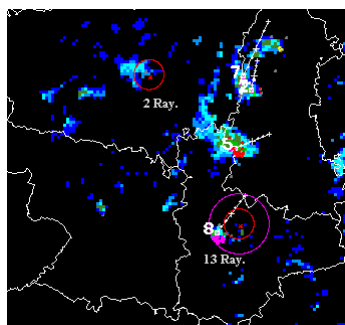


b)

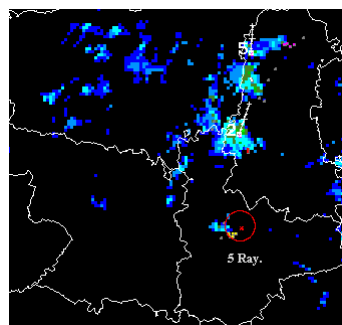
Figura 3: Agrupamiento de rayos asociados a una tormenta activa, marcada como “1” fuera y dentro de la cobertura radar. Ejemplo del 9/Agosto del 2001 para el radar de Barcelona. Evolución y actividad eléctrica para las: a) 17:00 UTC. La tormenta ya es marcada como una estructura singular con más de 44 rayos en 10 min. b) A las 17:20 UTC ya es divisada por el radar y la aplicación le asigna más de 62 rayos y c) A las 17:40 UTC la actividad de la estructura ha decaído considerablemente. Rayos: 10 min. anteriores a la hora nominal de la imagen radar.

5. Limitaciones

La asignación de rayos a estructuras convectivas depende de cómo hayamos definido a la propia zona convectiva. Si nos focalizamos en las zonas realmente muy activas, como se ha hecho en la versión YRADAR de Mayo/2001, tendremos que áreas convectivas residuales que no han pasado los *tests* oportunos pueden llevar asociados rayos. Esta aplicación no identifica, en sí mismo, a la convección pero si agruparía los rayos si ésta es activa, eléctricamente hablando. Aunque hemos catalogado este hecho como una limitación, realmente no lo es pues el procedimiento agrupa a los rayos oportunamente y los resalta si fuera necesario.



a)



b)

Figura 4: Imágenes PPI del radar de Valladolid del día 13 /Ago/ 01 a las 22:30 (izquierda) y 22:40 (derecha) UTC. La célula radar “8” se le asocia 13 rayos y cae dentro del radio de aviso (20 km). La presencia de rayos dentro de una zona activa el círculo rojo tanto a la primera hora como diez minutos después incluso no habiéndose detectado una estructura radar por el procedimiento objetivo. Los rayos nos ponen de manifiesto que existe todavía cierta actividad tormentosa aunque ésta vaya decayendo.

6. Conclusiones

Se ha desarrollado un primer método de asignación de rayos a estructuras convectivas radar y agrupamiento de rayos entre sí para analizar objetivamente la actividad eléctrica de la convección. Los rayos son asignados a estructuras convectivas “madres” partiendo del análisis bidimensional de estructuras radar basadas en el PPI o CAPPI más bajo regional. Las asignaciones rayos – radar se realizan a partir de las propiedades geométricas de los objetos convectivos radar, primando las estructuras grandes frente a las pequeñas. En el proceso de asignación el objeto convectivo circular equivalente a la estructura radar es desplazado hacia atrás con el vector extrapolación asociado para poder asignar los rayos anteriores a la imagen dada. Las primeras pruebas preoperativas de este procedimiento nos han puesto de manifiesto que es una herramienta muy útil en las labores de predicción cuando se combina con la información radar, realizándola allí donde ésta tiene las limitaciones inherentes al propio dato radar:

- Actividad eléctrica significativa en zonas poco o no iluminadas por el radar.
- Actividad eléctrica en zonas de convección relativamente “benignas” y que no es identificada por el procedimiento YRADAR pero puesta de manifiesto por los procesos de agrupamiento de rayos.
- Identificación de actividad eléctrica en supuestas zonas estratiforme.

Este procedimiento nos ha puesto de manifiesto, entre otras cosas y a modo de ejemplo, la existencia de estructuras convectivas con anomalías de rayos positivos en estructuras bien desarrolladas. En todos los casos nos hemos encontrado con valores de VIL y de densidad de VIL relativamente altos que supuestamente van asociados a fuertes y profundas corrientes ascendentes. En este sentido se han detectado dos casos bien diferenciados:

- Anomalía temporal de positivos. Durante un periodo de tiempo relativamente corto, comparado con el ciclo de vida de la tormenta, el número de rayos positivos es superior al de negativos, a veces incluso estos últimos desaparecen.
- Anomalía generalizada de rayos positivos. Durante un periodo relativamente largo, comparado con el ciclo de vida de la tormenta radar, los rayos positivos superan en número a los negativos comportándose la tormenta como un modelo dipolar invertido. En estas situaciones los rayos negativos no desaparecen. A veces se ha detectado rayos positivos en una proporción de 10:1, respecto a los negativos.

Otros aspectos relevantes de la actividad tormentosa están siendo analizados con esta aplicación y serán documentados en el futuro.

Referencias

Martín, F., 2001: Identificación objetiva de estructuras convectivas a partir de los datos radar del PPI/CAPPI bajo en McIDAS. V Simposio de Predicción, Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, INM. Publicación en este mismo Simposio.

Martín, F. y Carretero, O., 2001: Análisis de estructuras y células convectivas mediante datos de radar regional: aplicación YRADAR. Ver. 2.0 Mayo/2001. STAP-INM.