

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y EXTRAPOLACIÓN DE CÉLULAS EN 3 DIMENSIONES

Olinda Carretero Porris

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, INM

RESUMEN

A lo largo de los dos últimos años se ha desarrollado en el STAP una herramienta, completamente automática, de identificación, seguimiento y extrapolación de células convectivas a través de los datos radar. La primera versión, en la que se identificaban estructuras en dos dimensiones (2D) estuvo operativa desde el verano del 2000. A partir del verano del 2001 este procedimiento se vio complementado con la identificación en 3 dimensiones (3D). Con esta técnica las propiedades de las células se asignan a un punto, llamado centroide, cuya localización se calcula teniendo en cuenta las reflectividades, extensión de los objetos detectados en cada CAPPI y el espesor en la vertical de la célula. El procedimiento está diseñado para la identificación de convección profunda y no de grandes áreas de precipitación estratiforme, en el que no sería adecuado la representación de todo el área prácticamente homogénea, con un punto. Al igual que en el 2D también se calcula el movimiento pasado (a través del seguimiento o "tracking") y se obtiene la posición futura (a través de la extrapolación) del centroide, aunque difieren los métodos empleados para el cálculo.

1. Introducción

En este trabajo se describe la técnica de identificación de células convectivas en 3 dimensiones, que complementa la técnica de identificación de estructuras ó técnica 2D (F. Martín, 2001). Las células en 3 dimensiones se definen como estructuras compactas tridimensionales, con altos valores de reflectividad (mayores de 30 dBZ y menores de 60 dBZ) respecto a su entorno. Se identifican a través del análisis de los volúmenes cartesianos radar en modo normal, cada 10 minutos, y de forma completamente automática en entorno McIDAS. La aplicación se estructura en forma de módulos independientes, de los que actualmente hay diseñados 3: identificación, seguimiento o "tracking" y extrapolación, que son los que se describen en este trabajo. Gran parte de la aplicación está basada en la metodología empleada por el algoritmo SCIT ("Storm Cell Identification and Tracking") (Jonson J. T. *et al*, 1998) que se utiliza actualmente en la red de radares doppler WSR-88D (Weather Surveillance Radar-1988 Doppler) de EEUU.

2. Módulo de identificación

El proceso de identificación consiste en la detección automática de las células que existen en un volumen de datos radar. El procedimiento tiene dos fases principales: primero se identifican los objetos en dos dimensiones en cada CAPPI, y posteriormente comienza el proceso en el que se asocian en la vertical los objetos 2D que cumplan determinadas condiciones y que finalmente formarán la célula 3D.

2.1 Identificación de objetos en 2 dimensiones

Cada uno de los 12 CAPPIs es analizado con 7 valores de reflectividad diferentes: 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 dBZ. En cada CAPPI y para cada umbral de reflectividad se identifican los objetos 2D utilizando el método de "etiquetado" ó "labelling" de las imágenes. Este método fue utilizado ya en el algoritmo de identificación de SCM (Sistemas Convectivos de Mesoescala) a través de las imágenes IR del Meteosat (Proyecto CICYT CLI95-1776). Se basa en una variante de la técnica conocida como "de etiquetado de componentes conectados" ("labelling technique") (Wiener and Yuter, 1992; Witt and Jhonson, 1993; Riosalido, 1996) que consiste básicamente en asignar la misma "etiqueta" a cada componente ó pixel conectado por al menos uno de los cuatro lados (conexión a 4) del pixel. No se asignará la misma etiqueta cuando la conexión se produce por las esquinas (Figura 1). Los objetos detectados deben ser iguales o mayores de 6 pixels, 24 km², para ser tenidos en cuenta por el programa (en la figura 1 solamente el objeto número 4 superaría este umbral).

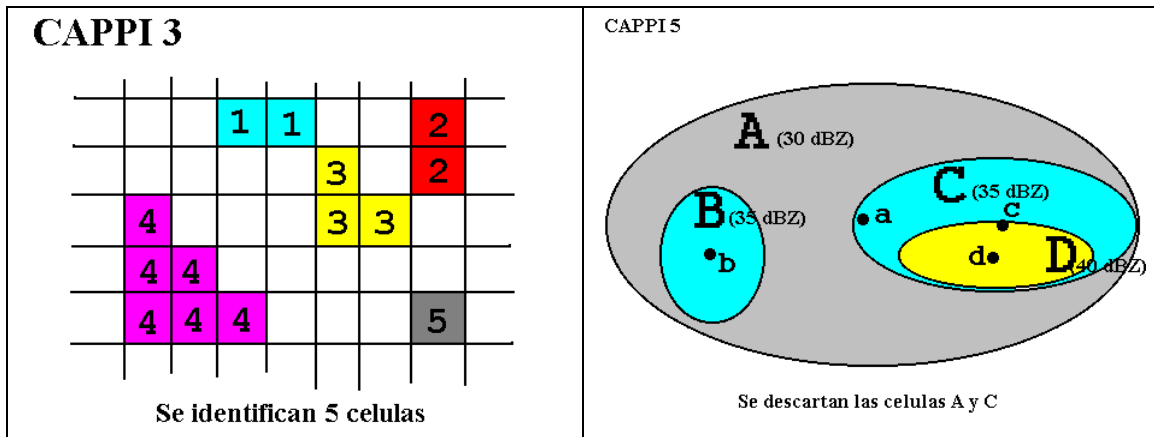


Figura 1: Izquierda: En este ejemplo se identifican 5 objetos en el CAPPI 3 por el método de "labelling". Derecha: aplicación del "umbral del centroide" a 4 objetos detectados en el CAPPI 5.

El algoritmo realiza este proceso un total de 84 veces: 7 umbrales de reflectividad en cada una de las 12 imágenes que tiene el volumen de datos radar. En un mismo CAPPI pueden existir objetos 2D seleccionados con diferentes umbrales de reflectividad, por lo que se puede dar el caso de que se identifiquen objetos contenidos unos en otros. Es por ello que para cada CAPPI, el procedimiento selecciona aquellos objetos que tienen reflectividades mayores, siguiendo el criterio siguiente: si el centroide de un objeto detectado con una determinada reflectividad está situado dentro de un objeto identificado con una reflectividad mas baja, se elimina este último. Este paso se denomina "umbral del centroide". En la figura 1 los objetos que en el futuro tendrá en cuenta el programa serán el B y el D.

2.2 Identificación de células en 3 dimensiones

El proceso comienza con el objeto del CAPPI mas bajo que tenga mayor contenido acuoso, al que se le asociará el objeto mas cercano (comparando las distancias horizontales entre los centroides), dentro de un determinado radio de búsqueda, del siguiente CAPPI. En el caso de que existan varios objetos en el CAPPI superior dentro del radio de búsqueda, será asignado el objeto que tenga mayor contenido acuoso. El proceso continúa hasta el último CAPPI y para todas las células de todos los niveles. Cada célula 3D estará compuesta, entonces, por varios objetos 2D, cada uno en un nivel diferente.

Con el fin de descartar las células pequeñas el procedimiento solamente continuará el estudio con las que hayan sido detectadas al menos en dos niveles. Por otro lado una célula puede tener como máximo un CAPPI sin señal dentro de ella, en caso contrario se identificarían dos células en lugar de una. (Figura 2). El nivel sin señal puede ser debido a que en ese CAPPI no se alcanza el umbral mínimo de reflectividad (30 dBZ) del procedimiento ó bien a que dos células cercanas deben repartirse una única detección 2D en el nivel en cuestión, por lo que una de ellas se queda sin asignación.

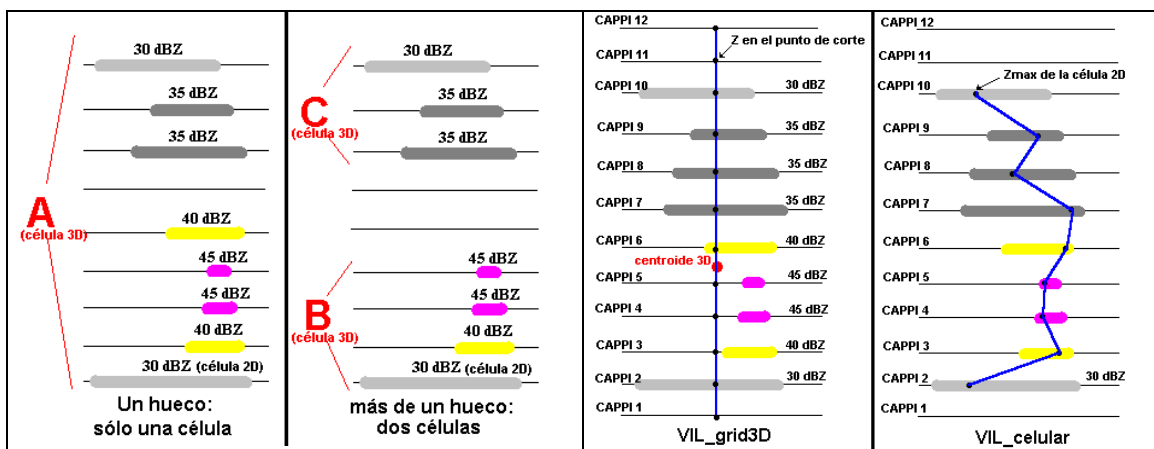


Figura 2: En el primer panel se muestra el corte vertical de una célula tridimensional (A) tal y como la identifica el procedimiento 3D, con un CAPPI sin señal. En el segundo panel, al existir dos niveles sin señal, el procedimiento identifica 2 células diferentes (B y C). El tercer y cuarto panel muestran la forma de cálculo del VIL_grid y el VIL-celular respectivamente.

Una vez identificadas la células se calculan las siguientes propiedades:

- Reflectividad máxima. Es el máximo de todas las reflectividades detectadas en cada CAPPI para una misma célula.
- Altura de la reflectividad máxima. Altura del CAPPI donde se encuentra la reflectividad máxima, en km.
- Altura de la base/tope de la célula. Altura del CAPPI más bajo/alto donde se detecta la célula.
- Espesor vertical. Diferencia entre la altura del tope y la base de la célula.
- Echotop. Altura máxima que alcanzan los ecos de 12 dBZ. Con el fin de minimizar el error en el caso de células muy inclinadas la vertical, el echotop se calcula sobre la vertical del centroide del CAPPI más alto de la célula.
- Latitud/Longitud del centroide. Las coordenadas geográficas se calculan a partir de las coordenadas línea/elemento de imagen y éstas a su vez se obtienen con el valor medio de las coordenadas (x,y) de cada uno de los centroides de las células 2D.
- Altura del centroide. Se calcula a partir de la altura de los centroides de cada CAPPI donde se ha detectado la célula. La altura se pesa con el contenido acuso medio de cada una de las célula 2D, de acuerdo con la fórmula.
- VIL. En la actualidad el procedimiento 3D calcula 2 tipos: VIL_grid3D y VIL_celular. En el caso del VIL_grid3D (Figura 2) los valores de reflectividad corresponden al valor en los puntos de corte con los 12 CAPPIs de la vertical trazada desde el centroide 3D. Se toman todos los valores de Z, incluso en los CAPPI sin señal radar de la célula. En el caso del VIL_celular se toma la reflectividad máxima de la célula en cada nivel, por lo que solamente se tendrán en cuenta los CAPPIs en los que se haya detectado la célula.
- Probabilidad de ocurrencia del granizo. Se estima dependiendo de los valores de VIL, de la densidad de VIL y del la reflectividad máxima de la célula.

3. Módulo de seguimiento ó tracking

Por medio del *tracking* se identifican en una secuencia de imágenes el centroide asociado a una misma célula 3D, hasta una hora y a intervalos de 10 minutos. Este paso se realiza siempre que no falte mas de una imagen en la secuencia, ya que en caso contrario podrían producirse errores significativos en las asociaciones.

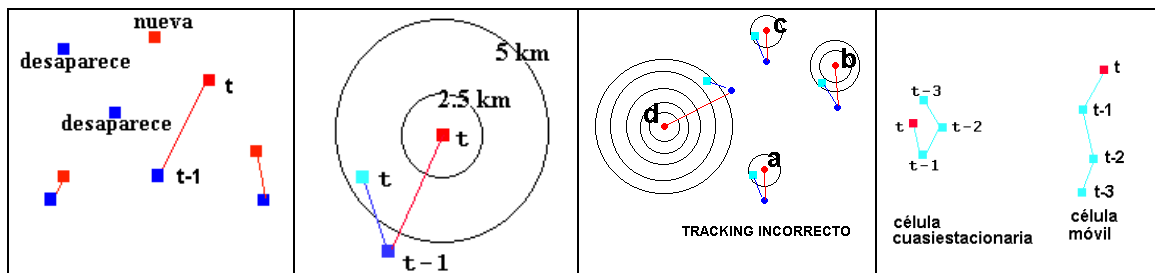


Figura 3: Procedimiento de *tracking*.

En el panel de la izquierda de la figura 3 se muestran las asignaciones realizadas. En rojo se representan las células de la imagen actual y en azul oscuro las de la imagen anterior. De acuerdo con la figura se han producido 3 asignaciones, dos células se disipan y una célula es nueva.

El método de *tracking* tiene dos pasos principales:

- En primer lugar se crea una imagen *first-guess* a partir del desplazamiento de los centroides de la imagen anterior hasta la actual. El vector velocidad para producir este desplazamiento se calcula promediando entre la velocidad media de traslación de las células que se encuentran dentro de un radio de 50 km alrededor de la célula de interés y el viento medio (promediado entre 925, 850, 700 y 500 hPa) dado por el modelo HINM.
- El segundo paso se basa en la cercanía entre centroides de las células de la imagen actual y de los centroides *first-guess*. En el segundo panel de la figura 3 se muestra en rojo un centroide de una célula en la imagen actual y varios radios de búsqueda. En el segundo radio de búsqueda (de

5 km) se ha detectado un centroide *first-guess* (azul claro). Se asignará, a la célula actual (en rojo), la célula de la imagen anterior a la que corresponde este centroide *first-guess* detectado (centroide en azul oscuro). En caso de que se detecten varios centroides *first-guess* en el mismo radio de búsqueda, se elige el que provenga de la célula de mayor VIL.

Debido a la complejidad del método el módulo de *tracking* puede producir casos de asignaciones erróneas. En el panel tercero de la figura 3 (rojo = células actuales, azul claro = células *first-guess* y azul oscuro = células de la imagen anterior) se muestran las células “a”, “b” y “c” bien asignadas, mientras que la “d” aparentemente sería un *tracking* erróneo.

La trayectoria de una célula cuasi-estacionaria es en general muy irregular. Esto se debe al movimiento errático del centroide producido por el cambio de forma de la célula. Cuando las células se desplazan rápidamente suelen presentar trayectorias más rectilíneas (Figura 3).

4. Módulo de extrapolación

Con el método de extrapolación se predice la posición del centroide de cada célula 3D a intervalos de 10 minutos y hasta una hora. El cálculo se realiza a través de un ajuste por mínimos cuadrados, de las 6 posiciones anteriores de la célula, a un polinomio de primer grado. En caso de que no existan los 6 puntos se ajustará al número de puntos conocido. Como mínimo se tienen que conocer dos posiciones del centroide, la actual y la de la imagen anterior. En caso de que la célula sea nueva la extrapolación se realiza aplicando la velocidad (promediada entre 925, 850, 700 y 500 hPa) dada por el modelo HIRLAM para ese punto. En la figura 4 se muestra la extrapolación del centroide de una célula 3D. En rojo se representa la posición actual y en verde las 5 posiciones anteriores. En azul oscuro aparecen las 6 posiciones extrapoladas, a intervalos de 10 minutos.

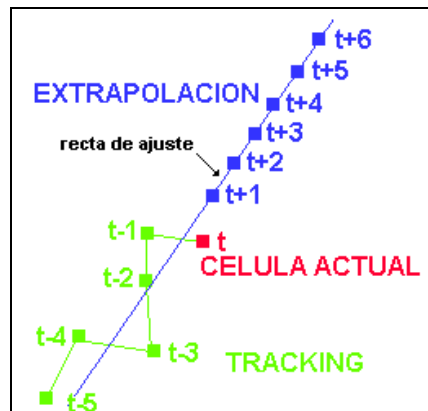


Figura 4: Método de extrapolación.

En condiciones normales (sin fusiones ni divisiones de la célula) a medida que va aumentando el número de puntos anteriores conocidos las rectas de ajuste localizan mejor las posiciones futuras de la célula. La excepción sería para el caso de células cuasi-estacionarias, en las que debido al movimiento errático del centroide, la posición extrapolada puede diferir significativamente de la real.

La extrapolación está fuertemente condicionada por el *tracking*. Cuanto mejor haya sido seguida una célula mejor se podrá realizar el ajuste. Por otro lado es fundamental tener siempre presente la orografía de la Península que modula fuertemente la trayectoria de las células. La experiencia del predictor en este caso es fundamental ya que el programa no tiene en cuenta las características del terreno.

5. Ejemplos

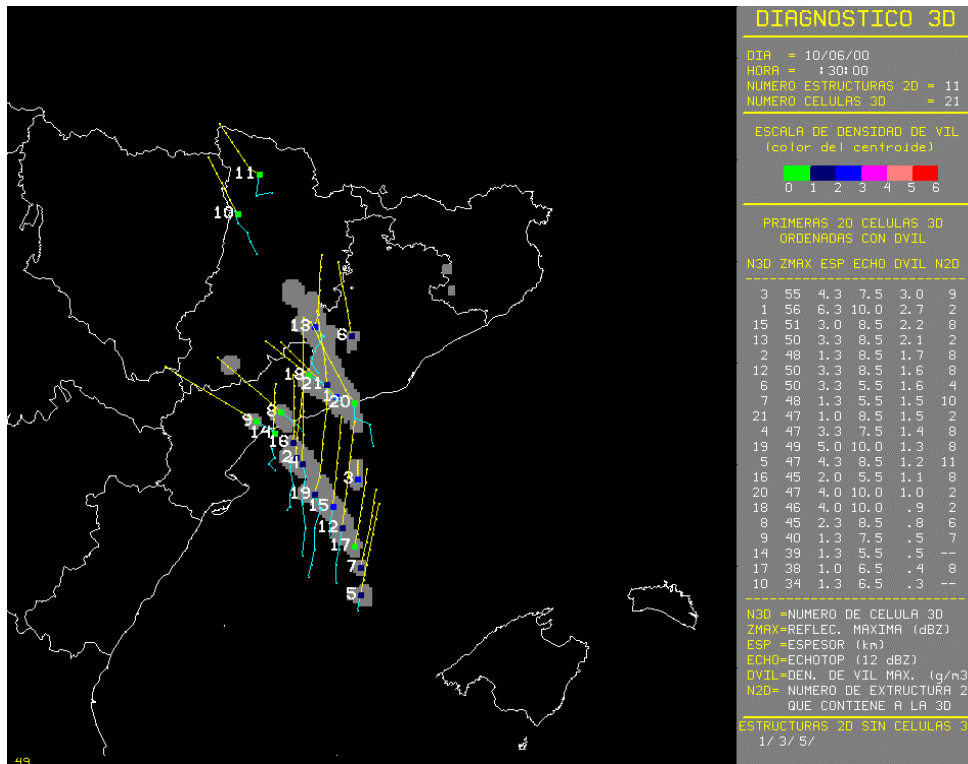


Figura 5: Ejemplo de salida en McIDAS de la herramienta 3D. En gris aparecen las estructuras 2D y los puntos numerados representan los centroides de las células 3D. El color depende de la densidad de VIL máximo. El tracking aparece en color azul claro y en amarillo se representa la extrapolación. A la derecha aparece información relativa a las 20 primeras células ordenadas de acuerdo a la densidad de VIL máximo.

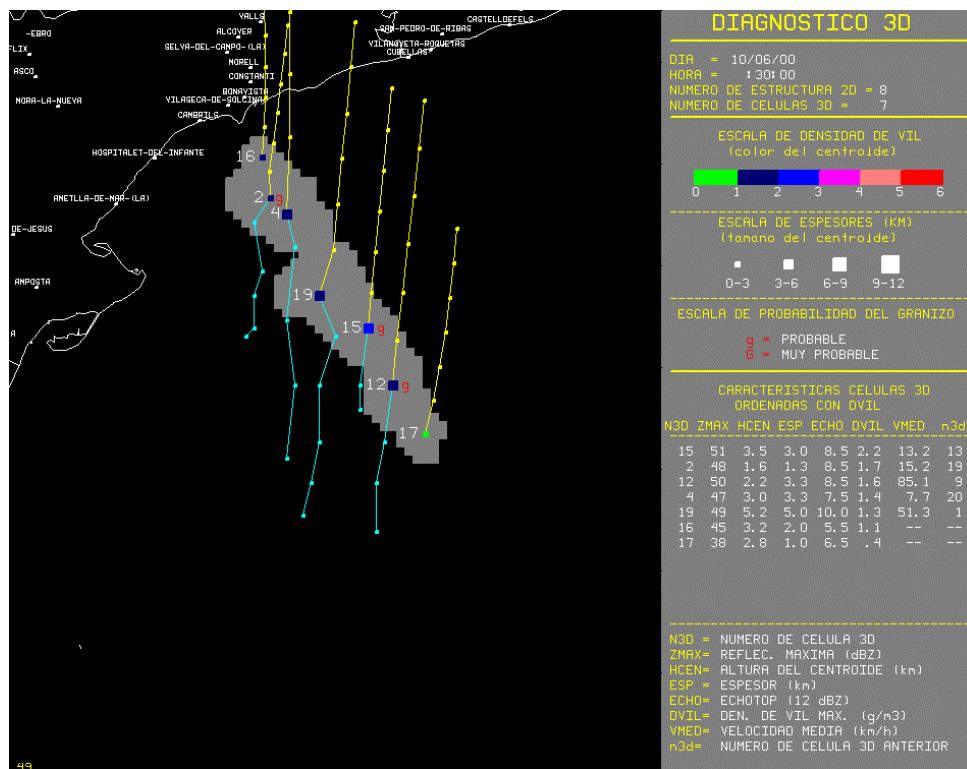


Figura 6: Ampliación de una estructura 2D con varias células 3D. En este caso el tamaño de los centroides es variable dependiendo del espesor en el vertical. Un "g" en rojo a la derecha de estos indica la probabilidad de ocurrencia del granizo.

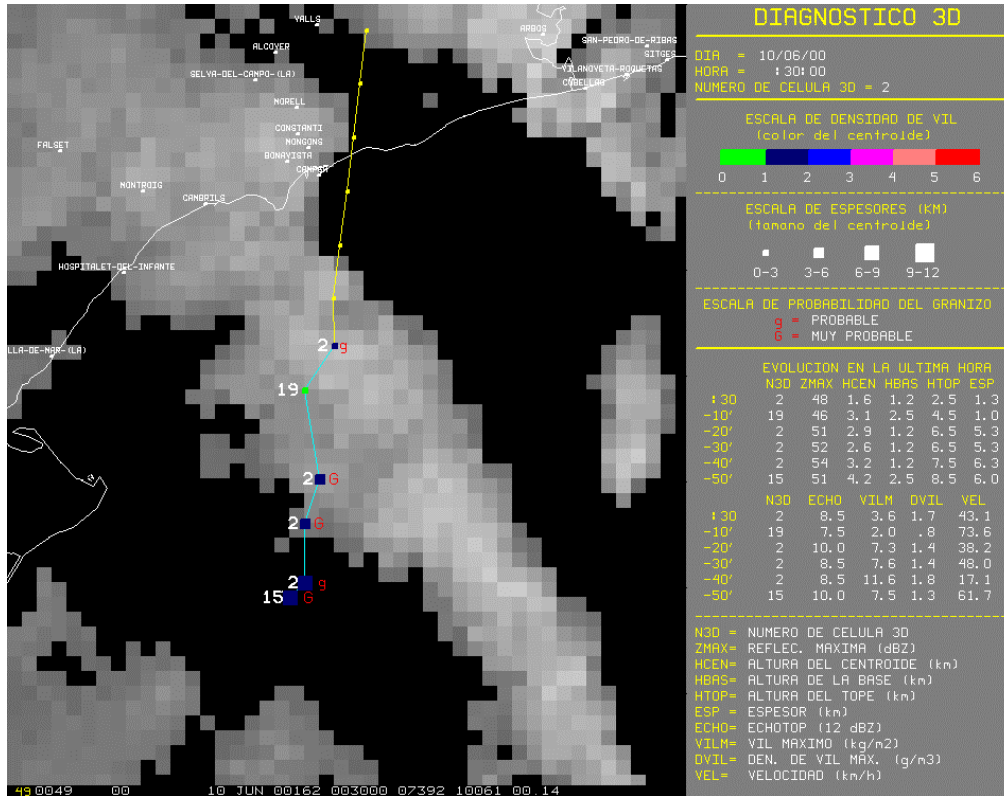


Figura 7: Ampliación de una célula 3D. La numeración de los centroides es aleatoria. Indican solamente el nombre de la célula en el momento actual y en las posiciones anteriores. En la columna de la derecha se muestra la evolución de la célula como máximo hasta una hora anterior.

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 Algorithm. Weather and Forecasting. June 1998, vol 13, pp 263-276.

Martín León, F., 2001: Identificación objetiva de estructura convectivas a partir de datos radar PPI/CAPPI bajo en McIDAS. V Simposio de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología.

Riosalido, R. 1996: Identificación y caracterización automática de células convectivas en volúmenes radar. IV Simposio Nacional de Predicción. INM Madrid.

Riosalido, R., F. Elizaga, O. Carretero, F. Martín, 1998: Climatología Satélite de Sistemas Convectivos de Mesoescala en la proximidades de la Península Ibérica: Aplicación a la predicción de lluvias torrenciales. Memoria de Investigación, Proyecto CICYT CLI95-1776. (coincide con la NT nº29 del STAP).

Wiener, G. and S. Yuter, 1992: A storm-cell extraction algorithm for parallel computers. Preprints 25th Conf. on Radar Meteorology. AMS, Paris. pp 193-196.

Witt, A. and J.T. Johnson, 1993: An enhanced storm-cell identification and tracking algorithm. Preprints 26th Conf. on Radar Meteorology. AMS, Norman, Oklahoma.