

TORMENTA SEVERA EN SANTANDER: 24 DE JUNIO DE 2003

M^a Pilar Sanz Moral
Instituto Nacional de Meteorología.
Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias
C/Ricardo Lorenzo s/n , Santander
pilar.s@inm.es

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Durante la mañana del día 14 de Junio de 2003 y, concretamente, entre las 09:50Z y las 10:00Z (11:50 y 12:00 Hora local), se produjo una fuerte tormenta en la ciudad de Santander y alrededores, con precipitación que alcanzó intensidad torrencial: según los datos medidos en el Observatorio Meteorológico de Santander, se registraron 27 mm de precipitación en esos diez minutos, acompañada de granizo de un tamaño alrededor de 2 cm. Esta precipitación supone una intensidad de 162 mm/hora: máxima registrada en Santander en los últimos 20 años. El fenómeno resultó espectacular, por cuanto estuvo acompañado de un oscurecimiento notable, hacia las 09:30Z (11:30 hora local), que hizo encenderse el alumbrado público. La cantidad de agua caída en tan poco tiempo, originó problemas de tráfico en la ciudad de Santander y alrededores: calles anegadas, sótanos y garajes inundados, etc. También se produjeron fuertes tormentas en numerosos puntos de la región de Cantabria, aunque no llegaron a ser tan fuertes como la registrada en la capital: Santander.



Fig. 1.- Datos climatológicos y fenómenos significativos en Cantabria día 24 Junio 2003

ANTECEDENTES: La situación de fuerte calentamiento en superficie en el interior de la península (y, dentro de ella, en Castilla- León), durante los días anteriores y la fuerte inestabilización que se produjo, hacía prever la aparición de fenómenos convectivos severos, tal y como ya adelantaba el modelo de predicción del día anterior, con circulación de baja en superficie y zona ascendente, con fuerte flujo del SW en niveles altos y embolsamiento frío en altura (500 hPa).

Se entiende por tormenta severa a aquellas que tienen, al menos uno o más de los siguientes fenómenos: "granizo de 2cm de diámetro o mayor, rachas de viento de más de 50 nudos (25 m/seg) , tornado" .

"La convección profunda se define a partir de una serie de características (Weisman and Klemp, 1986) como son: existencia de una región de fuertes corrientes ascendentes (superiores a 10 m/seg), que se extienden por la mayor parte de la troposfera y que presentan una sección horizontal de entre 10 y 100 km² que, además, lleva asociada fenómenos como granizo, vientos fuertes, tornados, precipitaciones intensas y/o descargas eléctricas.

Además, la convección puede adquirir diversas formas que, en atención a la señal que aparece en el radar pueden ser:

- **en forma de células simples:** Consisten en una sola pareja de corrientes ascendente/descendente. Se desarrollan en entornos con débil o nula cizalladura vertical del viento por lo que la corriente descendente interacciona rápidamente con la ascendente, reemplazándola. Su duración es menor de una hora (entre 30 y 50 minutos)

Las células convectivas simples u ordinarias son la forma más básica de la convección, aunque su existencia no es habitual, ya que generalmente siempre se encuentran inmersas en sistemas multicelulares. Aún en el caso de que el radar sólo sea capaz de discriminar una sola célula, en la mayor parte de los casos debemos pensar que pueden existir varias, cada una de ellas asociada a una corriente ascendente

Las tormentas simples no suelen producir tiempo severo. Pueden ir acompañadas, ocasionalmente, de "downburst", granizo pequeño y lluvia fuerte. Ya que el ciclo de vida de estas células es muy corto la duración de estos fenómenos también es muy pequeña.

- **en forma de multicélulas:** Están formadas por un conjunto de células en distintas fases de desarrollo . Se desarrollan en ambientes que contienen suficiente

energía de flotabilidad y moderada cizalladura vertical del viento y presentan un grado de organización mayor que las células ordinarias. El frente de racha asociado a una célula que se disipa dispara la formación de nuevas células y, al existir cizalladura vertical, las corrientes ascendentes y descendentes están desacopladas, por lo que el sistema multicelular tiene un ciclo de vida más largo que las células ordinarias, pudiéndose prolongar durante horas y afectar a grandes áreas. Las multicélulas pueden producir intensas precipitaciones e ir acompañadas de tiempo severo como fuertes vientos, granizo y, muy excepcionalmente, algún tornado.

El tiempo severo está limitado temporalmente por el hecho de que las células individuales que forman la multicélula tienen periodos de vida cortos, sin embargo, por otro lado, el área de precipitación puede ser muy extensa ya que los sistemas multicelulares suelen abarcar grandes áreas. Si, además, su movimiento es muy lento, pueden dar lugar a intensas precipitaciones locales, presentándose el riesgo de inundaciones

- **en forma de supercélulas, de baja y alta precipitación.** Son mucho menos frecuentes. Consisten en una gran e intensa corriente ascendente cuasiestacionaria y en rotación. El nombre de supercélula es debido al hecho de que aunque son aproximadamente del mismo tamaño que las multicélulas, la estructura de la nube, los movimientos de aire y los procesos de precipitación están dominados por una circulación simple, que consiste en una gran pareja de corrientes ascendente/descendente. Se desarrollan en entornos con moderada a fuerte cizalladura vertical del viento y moderada a alta inestabilidad y pueden evolucionar a partir de tormentas multicelulares. Sin embargo, la evolución y estructura general de las supercélulas sugieren que poseen una dinámica diferente del resto de la convección. Son más grandes, intensas y persistentes y tienen mayor probabilidad de producir tiempo severo que cualquier otro tipo de tormentas.

Las supercélulas son conocidas por ir acompañadas de tiempo severo. Debido a la intensidad de las corrientes ascendentes, el tamaño que puede alcanzar el granizo es grande. Todas las supercélulas no producen tornados, aunque la mayoría de los tornados más violentos son producidos por este tipo de células.

Las supercélulas combinan las intensas corrientes ascendentes con el gran contenido de humedad en niveles bajos, por lo que sugieren potencialidad para generar cantidades elevadas de precipitación".

SITUACIÓN SINÓPTICA Y SONDEOS. La situación sinóptica durante el día 24 era de bajas presiones en superficie, de origen térmico, abarcando toda la península Ibérica, desde primeras horas de la mañana, formándose un núcleo de 1016 hPa sobre la mitad Norte de ella., que se desplazó por la tarde hacia la mitad Este y Cantábrico Oriental. En niveles medios-altos, flujo del SW, con difluencia sobre el Cantábrico y vaguada térmica, con temperatura de -12°C, o inferior, en el nivel de 500 hPa y chorro del SW en 300 hPa y sobre la parte central del Cantábrico, a las 12Z.

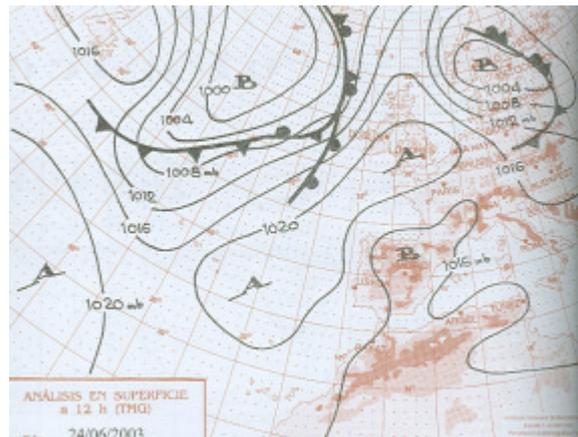


Fig 2.- Análisis de superficie 24/06/2003 a 12Z

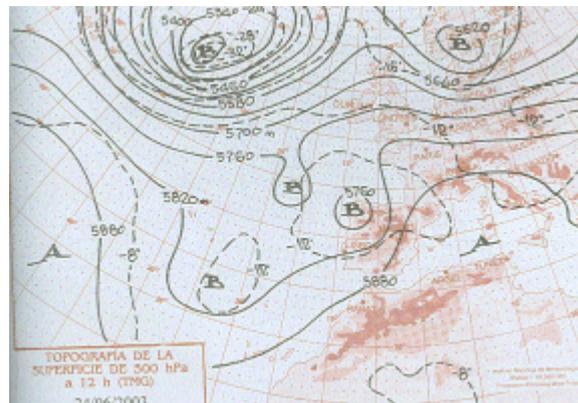


Fig 3.- Análisis de 500Hpa 24/06/2003 a 12Z

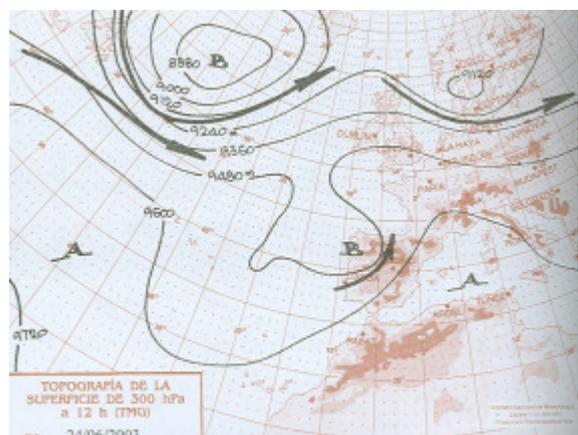


Fig 4.- Análisis de 300Hpa 24/06/2003 a 12Z

La evolución, con respecto al día anterior y en niveles medios-altos fué en el sentido de avance de una vaguada atlántica hacia la península, con notable enfriamiento. A destacar el fuerte calentamiento que se produjo en superficie durante los días anteriores y sobre el interior de la península que, añadido a la fuerte inestabilización, hacía prever la aparición de fenómenos convectivos severos, tal y como ya adelantaba el modelo de predicción del día anterior, con circulación de baja en superficie y zona ascendente, con fuerte flujo del SW, en niveles altos y embolsamiento frío en altura (500 hPa).

SONDEOS DE SANTANDER, El sondeo de las 00Z, del día 24 nueve horas antes de la tormenta, (figura 5), presentaba una inversión en capa baja, desde unos 1500 metros de altura hasta unos 1816 metros, con un alto contenido de humedad, superior al 90% en niveles bajos. Aunque una inversión fuerte puede debilitar o deshacer una supercélula, también es posible que ésta se mantenga o se intensifique si existe un adecuado valor del gradiente vertical de presión en niveles bajos de la supercélula, que permita a ésta, absorber aire húmedo existente por debajo de esa inversión.

- por encima de la inversión existía una capa relativamente seca, con una fuerte inestabilidad. A la izquierda de la gráfica pueden apreciarse dos estratos de inestabilidad potencial: uno a nivel del suelo, de poco espesor, y el más significativo: entre 850 y 500 hPa.

- los índices de inestabilidad eran altos, incluidos los relacionados con la cizalladura del viento (SRH y CIZBL6) que superaban los valores aceptados en la bibliografía como favorables a la aparición de supercélulas (valores de SRH > 124(150) m2/seg2 y CIZBL6 > 11-12 m/s)

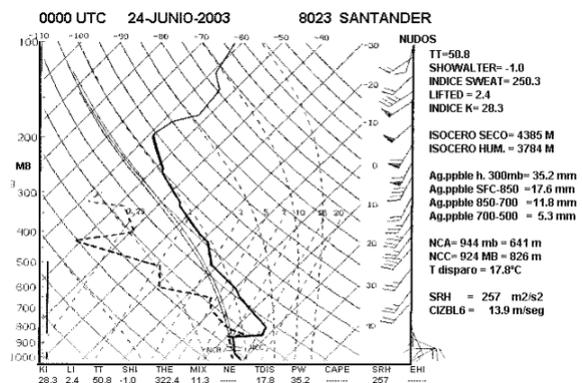


Fig 5.- Sondeo de Santander día 24/06/2003 a 00Z

El sondeo de las 12Z, (figura 6), tres horas después de la tormenta indicaba claramente el cambio producido: un aumento considerable de la humedad en toda la vertical, cambio en la dirección del viento

en altura, disminución de la inestabilidad asociada al valor de algunos índices como el Total de Totales, Showalter, SRH, Lifted. Aún así, persistía e incluso aumentaba la inestabilidad reflejada en los valores de algunos índices como el Índice K, debido al aumento en la extensión de la capa húmeda. También aparecen valores más altos de CIZBL6, aunque éste hecho se ve contrarrestado por el desplome del índice de helicidad relativa a la tormenta SRH: Por la tarde se produjo otro fenómeno tormentoso en la ciudad de Santander, mucho menos intenso (0.9 l/m² de precipitación) que el que tuvo lugar por la mañana.

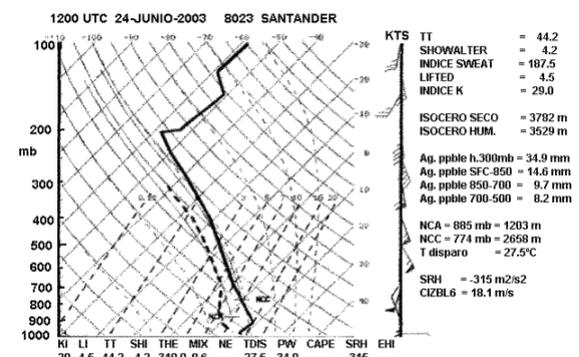


Fig 6.- Sondeo de Santander día 24/06/2003 a 12Z

IMÁGENES DE SATÉLITE: En las imágenes de satélite, del canal Infrarrojo, a las 09:30Z (figura 7) poco antes de producirse la tormenta, puede observarse el sistema nuboso que las originó.



Fig 7.- Imagen IR Meteosat-7 24 /06/2003 a 09:30Z

La imagen en el canal de vapor de agua (figura 8) muestra la existencia de una zona de viento máximo que, entrando por Lisboa, se dirige al Norte peninsular y, a la hora de la imagen (09Z), estaba originando fuertes desarrollos.

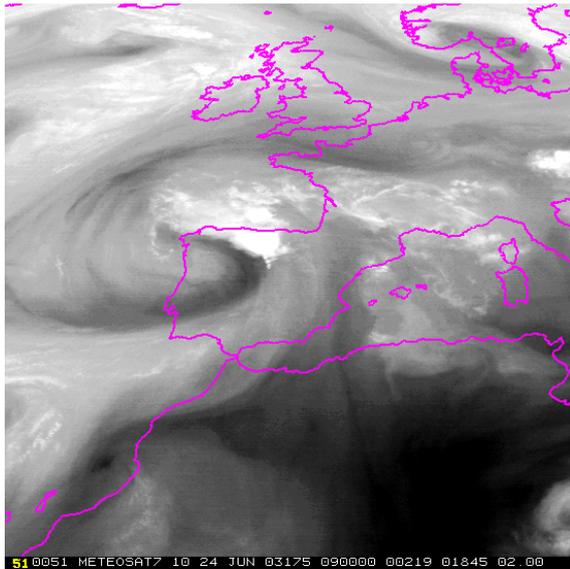


Fig 8.- Imagen canal vapor de agua, 24/06/2003 a 09Z

IMÁGENES YRADAR: La aplicación YRADAR, desarrollada por el Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción del I.N.M. y que se encuentra actualmente operativa en predicción, tiene como objetivo la identificación, seguimiento, caracterización y extrapolación de células convectivas, vistas por radar, a nivel regional, que se ha adaptado recientemente (Nov.2005) a los datos radar del mosaico nacional. Se ejecuta en entorno Mcidas y utiliza datos del radar en “modo normal”.

En las figuras que se adjuntan, se muestran imágenes de esta aplicación, se puede apreciar el movimiento de la célula que afectó a Santander, así como las características que presentaba: A las 09:00Z (figura 9), la célula etiquetada como número 3 (a la derecha en la imagen), era la más destacable, con valores de reflectividad máxima de 50 decibelios, echotop de 12 Km y potencialmente con granizo menudo. Seguía un desplazamiento hacia el NE.

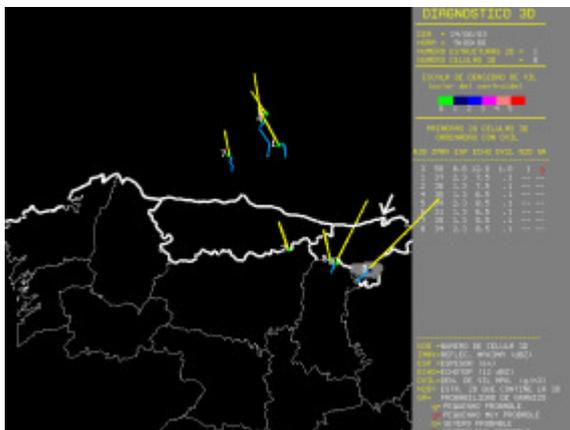


Fig 9.- Imagen de la aplicación YRADAR 3D de las 09Z día 24/06/2003. (La flecha señala la ciudad de Santander)

En la siguiente imagen, de las 09:20Z (Figura 10), la célula ha aumentado de tamaño, sigue con desplazamiento hacia el NE y se ha desarrollado más en la vertical, con valores de reflectividad máxima de 55 decibelios, echotop de 14 Km y probabilidad de granizo severo.

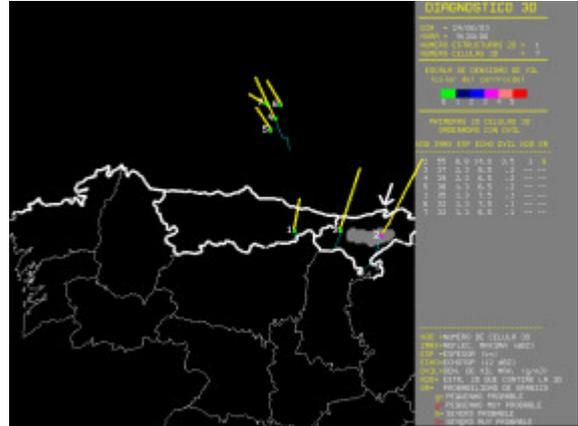


Fig 10.- Imagen de la aplicación YRADAR 3D de las 09:20Z día 24/06/2003 (La flecha señala la ciudad de Santander)

En la imagen de las 09:30Z (Figura 11) puede verse como la célula, mantenía sus características de severidad con respecto a la imagen anterior y había aumentado la probabilidad de granizo severo. Asimismo continuaba su línea de desplazamiento en dirección a la ciudad de Santander. Puede apreciarse también el desplazamiento anómalo de esa célula con respecto a las demás señaladas.

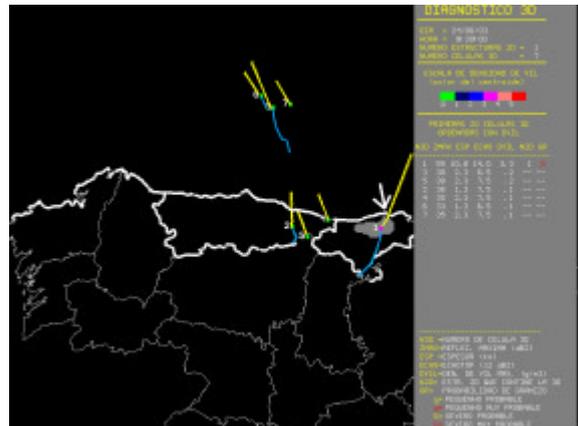


Fig 11.- Imagen de la aplicación YRADAR 3D de las 09:30Z día 24/06/2003 (La flecha señala la ciudad de Santander)

La célula que se detalla, originó fuertes tormentas en su trayectoria, aunque no tan intensas como la registrada en Santander.

IMÁGENES DE RADAR. Se adjuntan imágenes de la evolución de la situación, destacando las de los radares que cubren la zona de estudio: radar de Asturias y radar del País Vasco. En la figura 12 se

adjuntan imágenes de echotop (columna izquierda) y de perfil vertical (columna derecha), correspondientes al radar de Asturias. En estas imágenes se puede apreciar las características de severidad que presentaba la situación, con imágenes de perfil vertical en forma abalconada, echotops de 14 km, señal en forma de arco...

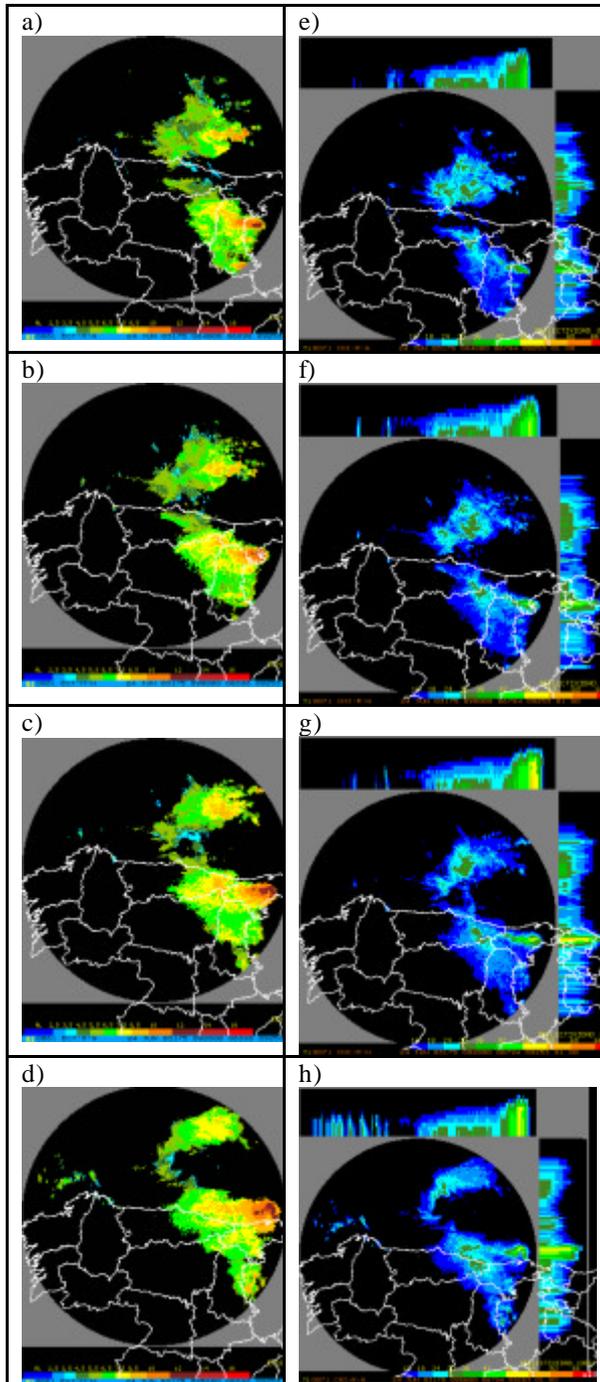


Fig.12.- Echotop a) 08:40Z; b) 09:00Z; c) 09:20Z, d) 09:56Z . Perfil vertical e) 08:40Z; f) 09:00Z; g) 09:20Z h) 09:56Z

En la figura 13, aparecen las imágenes de PPI en modo normal, correspondientes a los radares de Asturias (columna de la izquierda) y del País Vasco

(columna de la derecha), entre las 08:40Z y las 09:56Z. Estas imágenes permiten apreciar la evolución del núcleo tormentoso, en su desplazamiento en dirección Sur-Norte, así como la fuerte señal que presentaba y que hacía prever la presencia de partículas de granizo en la nube.

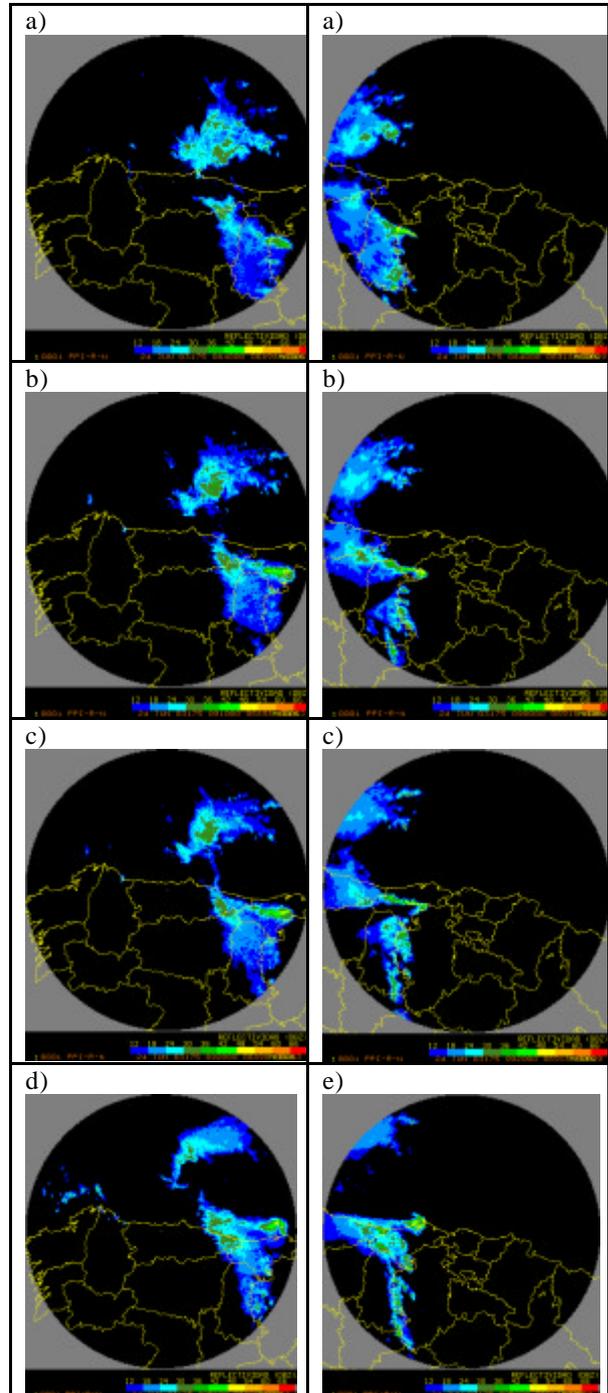


Fig.13.- PPI en modo normal a) 08:40Z; b) 09:00Z; c) 09:20Z ; d) 09:56Z; e) 09:50Z

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

OPERATIVAS: En principio, parece claro que se trata de un caso de convección profunda, que originó fenómenos severos como precipitación torrencial y granizo mayor de 2 cm. Las características de las

imágenes de radar confirman que se trataba de un sistema que podía producir fenómenos severos en superficie: ecos en forma abalconada en las imágenes de corte vertical, además de ecos en forma de arco en la horizontal (esta característica sería más significativa si se apreciase en la imagen PPI-Z doppler: no se dispone de estas imágenes del radar del País Vasco), valores de echotop de alrededor de 14 km, desplazamiento anómalo de la célula .

En cuanto a la caracterización del fenómeno, podría tratarse de

un **sistema multicelular**, con células en diferentes grados de desarrollo, con fuerte gradiente de reflectividad en las imágenes de radar, etc, una de esas células sería la que afectó, en forma más severa a la ciudad de Santander, o bien

una supercélula embebida dentro de esta línea tormentosa. Esta posibilidad **no queda demostrada**, por cuanto resulta difícil detectar la presencia del mesociclón, tanto en las imágenes de viento en modo doppler del radar del País Vasco, como en los datos del VAD de Bilbao (entre las 08Z y las 09:30Z se observa un giro ciclónico con la altura, aunque no es un dato fiable porque el radar, está situado a unos 90 Km de Santander, alejado de los 20 Km alrededor del radar, que se consideran como límite para la fiabilidad de este producto, por lo cual no se muestra aquí). Existen otros indicios que plantean la posibilidad de que se trate de una supercélula, como los ecos en forma de arco: "bow echo", el elevado valor del SRH (Helicidad relativa a la tormenta), así como el de la cizalladura vertical : CIZBL6. También la hodógrafa del sondeo de Santander a 00Z (no mostrada aquí) indicaba un giro anticiclónico en niveles bajos que favorecería la aparición de una supercélula. Todo ello son indicios favorables, pero que no aseguran su existencia. Asimismo indicar que, en las imágenes de la herramienta YRADAR, se observa la persistencia de la célula y que tiene un desplazamiento anómalo, hacia la derecha de la dirección dominante y con dirección SW-NE.

NOTA: Una característica muy llamativa de esta situación fue el súbito oscurecimiento que tuvo lugar en los minutos previos a la precipitación. Como ejemplo, se incluye a continuación, una foto del Palacio de la Magdalena, en la ciudad de Santander, tomada hacia las 11:45 Hora local (09:45Z) del día 24 de Junio : figura 14.



Fig. 14.- Foto del Palacio de la Magdalena, en Santander, hacia las 11:45 (hora local: 09:45Z).

Con respecto a la explicación del notable oscurecimiento que se produjo en los minutos previos al fenómeno, la bibliografía indica que, el origen del color que presentan las nubes, depende del contenido líquido de la columna, del espesor de ésta, del contenido en granizo y, en última instancia, de cómo incida la luz del sol sobre la nube.

Como introducción, puede decirse que, las nubes dispersan y reflejan todos los colores visibles que llegan a ellas, por eso son blancas. Sin embargo, percibimos nubes de colores muy diversos. Esto es, en parte, debido a que, cuando el sol ilumina los cúmulos, estos, que en principio son de un color blanco brillante, se vuelven grises o gris oscuro, si los vemos por encima de nuestras cabezas..

No siempre es fácil hacerse una idea correcta de cómo es una nube, o darse cuenta de la posición de la nube con respecto al sol. Un ejemplo práctico puede aclarar esto: En la figura 15, existen nubes justo encima del observador y el sol está, a su vez, a determinada distancia por encima de ambos: en este caso, el observador ve prácticamente todo en sombra. En realidad, el observador no suele tener en cuenta la enorme distancia a la que se encuentra el sol y, de forma inconsciente, piensa que está lo bastante cerca para esperar luz procedente de AB (Ver figura 16), en lugar de tener en cuenta que, los rayos del sol que iluminan la nube, corren paralelos con la línea que va desde el sol al ojo del observador (Ver figura 17).

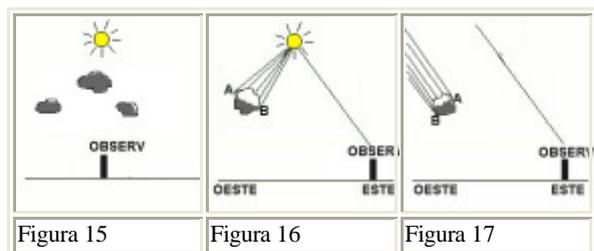


Figura 15

Figura 16

Figura 17

Hay que tener en cuenta, además, los otros factores que se mencionan en el primer párrafo de este apartado (contenido líquido de la columna, espesor de ésta, contenido en granizo) . Además, si la nube es muy densa y de gran espesor, la luz no puede atravesarla totalmente, con lo cual, las bases aparecen de color oscuro.

REFERENCIAS

- 1.- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. : "Radar in Meteorology" . Editor: David Atlas
- 2.- BADER, FORBES, GRANT, LILLEY and WATERS : "Images in weather forecasting". Cambridge University Press.
- 3.- BUNKERS M. J., ZITLER J.W : "On the nature of highly deviant supercell motion" . NOAA/NWS
- 4.- CARRETERO PORRIS O. 2001:" Convección Profunda: Clasificación " S.T.A.P. I.N.M. Madrid. Apuntes del Curso de Diagnóstico y Predicción de la Convección Profunda 2000-2001.
- 5.- CARRETERO PORRIS O. 2001.: " Identificación, seguimiento y extrapolación de células convectivas radar 3-D " . S.T.A.P. (I.N.M.)
- 6.- ELIZAGA RODRIGUEZ, F. 2001: " Análisis de sondeos, uso y aplicación de la hodógrafa". S.T.A.P. I.N.M. Madrid . Apuntes del Curso de Diagnóstico y Predicción de la Convección Profunda 2000-2001.
- 7.- KLIMOWSKI B. A., PRYZBYLINSKI R., SCHMCKER G., HJELMFELT M.R.: Observations of the formation and early evolution of bow echoes"
- 8.- MARTIN LEON F. , SAN AMBROSIO I., CARRETERO PORRIS O.2001: "Supercélula severa en el área mediterránea". S.T.A.P.(I.N.M)
- 9.- MARTÍN LEON F. 2001." Identificación de células convectivas a partir de datos radar a nivel regional: prototipo 2D-M". S.T.A.P. (I.N.M.)
- 10.- MARTIN LEON F. , SAN AMBROSIO BIERÁN I. 2005. "Análisis de estructuras y células convectivas mediante datos de radar regional. Aplicación YRADAR". S.T.A.P. (I.N.M.)
- 11.- MINNAERT M. : "The nature of light and colour in the open air"
- 12.- MUÑOZ Luis M.1994: "Structure and Evolution of Thunderstorms Encountering Temperature Inversions". Convective Modeling Group. Department of Atmospheric Sciences. University of Illinois.
- 13.- PECKHAM S.E., WICKER L. J., 1998 : "The Influence of Topography and Lower-Tropospheric Winds on Dryline Morphology" . Monthly Weather Review: Vol.128 , No.7.
- 14.- SANZ MORAL P. 2004 "Recopilación bibliográfica de Indices de Inestabilidad" .C.M.T. en Cantabria y Asturias. Equipo Tecnico del G.P.V. I.N.M.
- 15.- SCHAEFER V. J. : "Guía de campo de la atmósfera". Editorial Omega
- 16.- WEISMAN MORRIS .L. 2001. "Bow echoes: a tribute to T.T. Fujita" . Bulletin of the American Meteorological Society Volumen 82, Num:1 Enero 2001
- 17.- WOLF R., PRYZBYLINSKI R., BERG P.2001 : "Observations of a merging bowing segment and supercell" NOAA/NWS