

'CAPS DE FIBLÓ' (TROMBAS O TORNADOS). ALGUNAS OBSERVACIONES RECIENTES (*)

Miguel Gayá (O.M.A. de Palma de Mallorca, -INM-)
Antonio Soliño (Observatorio C.M.T. de Palma de Mallorca, -INM-)

RESUMEN

Desde octubre de 1991, el número de avistamientos o confirmaciones de trombas, tornados o reventones, se ha visto notablemente incrementado. Nada hace suponer que se deba a otra razón que no sea al interés que sobre este tema ha suscitado la violencia de algunos casos. Uno de los últimos casos, debido a su inusual espectacularidad, está demandando un mejor conocimiento de estos fenómenos. Aquí se presentan algunas indicaciones de campo y una aproximación al análisis mesoescalar que pudiera dar alguna pauta a la predicción a corto o muy corto plazo.

1. Introducción y definiciones.

Una tormenta es severa (Doswell, 1985) cuando produce alguno o más fenómenos como granizo de un tamaño superior a dos centímetros de diámetro, tornado o cuando induce vientos fuertes superiores a 50 Kt. El G.P.V. de Palma, en su manual operativo, define la tormenta severa como aquella en la que se verifica al menos una de las condiciones: 1) relámpagos continuos; 2) turbonada de más de 30 Kt; 3) granizo de 1 cm; 4) tornado o tromba marina.

En el reconocimiento de campo, a posteriori, no siempre resulta fácil identificar el agente o agentes que produjeron los, en ocasiones, devastadores vientos. A pesar de que Fujita (1981) pretende reconocer el tornado por la distribución de los efectos claramente convergentes que afectan a una estrecha zona, raramente superior a los 1.000 metros, y que puede tener una longitud de hasta unos centenares de kilómetros, no siempre puede discernirse de los producidos por vientos

en una "línea de viento" o microfrente o de un reventón, en los que los destrozos se alinean o incluso divergen.

Para todos estos fenómenos en los que intervienen vientos fuertes, Fujita (1971) aplicó la escala de seis grados F para clasificar los tornados por sus destrozos que, obviamente, están relacionados con el ímpetu del viento. Reservó los términos de "débil" para F0 y F1, "fuerte" para F2 y F3 y "violento" para F4 y F5. Fujita y Wakimoto (1981) encontraron en una muestra de más de 24.000 tornados, que un 58% fueron débiles y sólo algo más del 3% fueron violentos.

El término *downburst* fue acuñado por Fujita en 1976 aunque ya en otras publicaciones anteriores aparecían las palabras *burst* y *down* (*draft*) ligadas aunque no juntas (por ej., Srivastava, 1966). Las connotaciones aeronáuticas de los primeros años (a causa del papel jugado en algunos accidentes aéreos) se han ido ampliando, teniendo hoy un carácter más general. En el mismo

(*) En la separata de este volumen hay seis imágenes en color correspondientes a esta comunicación.

estudio de Fujita (1981), el 80% de los reventones fueron identificados como débiles y ninguno alcanzó el F4 o F5 de su escala.

Los términos 'Fibló' o 'caps de fibló' (1) se asocian generalmente con fuertes vientos, sin entrar en el agente que los formó. De este modo, la prensa local y la ciudadanía, se han hecho eco, en algo más de un año, del "cambio climático" en forma de tornado (2) (no todo lo violento gira). Algún 'fibló' debiera haber sido llamado 'esclafit' (reventón).

2. El marco sinóptico general,

A pesar de que las condiciones generales sólo ofrecen una guía y que ésta está en continua revisión o matización, Sanders (1981) mantiene en su discusión las condiciones ya clásicas que Fawbush presentara en 1951:

1. Existencia de una capa de aire húmedo sobre la que yace otra de aire seco.
2. La distribución horizontal de humedad debe tener un máximo a lo largo de un banda relativamente estrecha.
3. Los vientos horizontales deben tener un máximo en la región entre los 3 y 6 km superiores a los 35 Kt.
4. La proyección vertical del eje de viento máximo debe intersectar al de humedad.
5. La columna atmosférica debe tener inestabilidad condicional.
6. La capa húmeda debe estar sujeta a un proceso de elevación.

Este marco ya ha sido identificado como "activo" en toda la región mediterránea (y en otras), sin que se pueda inducir por ello la presencia de trombas, salvo que éstas no se adviertan frente a otras actividades de riesgo.

En los casos que aquí presentamos, las seis condiciones estuvieron presentes, en mayor o

(1) Fibló: Agujón. Manga o tromba. Lluvia impetuosa o turbón. (Diccionari Catala-Casella. Fraiicesc de B. Moll. Ed. Moll. 1989).

(2) Se tienen registrados más de una decena de trombas marinas en ese mismo periodo, que no llegaron a tocar el suelo.

menor grado, pero es evidente que también lo han estado en muchas ocasiones en las que no se advirtió la presencia de tornado o que, incluso, no hubo tormenta.

3.1. El marco sinóptico general.

El tornado de Algaida-Montuiri-Sant Joan aconteció el 26 de octubre de 1991, poco después del mediodía. La situación en 500 mb presentaba un flujo general del SW sobre el Mediterráneo Occidental y con una débil advección de temperatura en 850 mb. En los niveles bajos, el flujo era del ENE y, posteriormente al paso de la perturbación, quedó del SW. El análisis objetivo del INM marcaba una línea de gradiente de razón de mezcla advectada por el viento a 1.000 mb. En 300 mb se apreció una advección de vorticidad, débil en nuestra región, y relativamente intensa sobre los Pirineos.

El sondeo de Palma fue lanzado en el momento en que la tormenta se hallaba sobre el lugar. El globo ascendió con una gran velocidad pero las señales omega no fueron bien recibidas, por lo que no se dispone de datos de viento y es muy dudosa la información restante. Si se adopta el sondeo de las 00 (12 horas anteriores a la presencia de la tormenta) como característico del ambiente previo, se observa una capa inferior inestable (hasta 900 mb) limitada por una inversión y un estrato seco (entre 900 y 700 mb). El viento en la troposfera media (700-500 mb) era del SW con sólo 20 Kt.

Las imágenes del Meteosat presentaban unos potentes núcleos convectivos alineados sobre el máximo de advección térmica y en la línea de convergencia de los niveles inferiores. Se desconoce si las otras tormentas llevaban asociada alguna baja tornádica y si, finalmente, hubo o no otros tornados. En infrarrojo, se aprecia como los topes nubosos más fríos que aparecen justo antes de manifestarse el tornado han desaparecido. Bien es verdad que se reanudan posteriormente, ampliando su extensión cuando el tornado ya habría rebasado la isla (¿desaparecido?). La imagen visible de media hora antes mostraría un microfrente de salida iniciando su entrada por la parte oriental de la Bahía de Palma.

El núcleo que cruzó la Isla de Mallorca, desde el SW al NE, trajo consigo chubascos tormentosos que distribuyeron su precipitación a lo largo de una estrecha franja orientada en la misma dirección SW-NE. No se registró granizo en

ninguna de las estaciones y tampoco se dispuso de imágenes de radar (no estuvieron disponibles estas imágenes en las otras situaciones que aquí presentamos, salvo las cedidas por el Ministerio de Defensa). A pesar de ello, el episodio con lluvias y chubascos fue el único en el día, por lo que las precipitaciones recogidas por las estaciones del INM y las de sus colaboradores (enviadas a la Sección de Climatología del C.M.T.) se asocian a la misma tormenta que llevó asociado el tornado (Fig. 1). El tornado cruzó la isla dejando

a un lado los Observatorios de Palma y su aeropuerto, Pollença y Sa Pobla, y en el otro los de Porreras y Capdepera. Con ellos se ha podido realizar un análisis mesogamma, siguiendo el modelo conceptual de tornado asociado a una mesodepresión tornádica. La trayectoria de la mesoalta habría seguido la senda de la máxima precipitación y el tornado habría sido localizado en las proximidades de la oclusión de los frentes mesoescalares de la tormenta. Las imágenes de satélite habrían "confirmado" la posición del microfrente frío en los

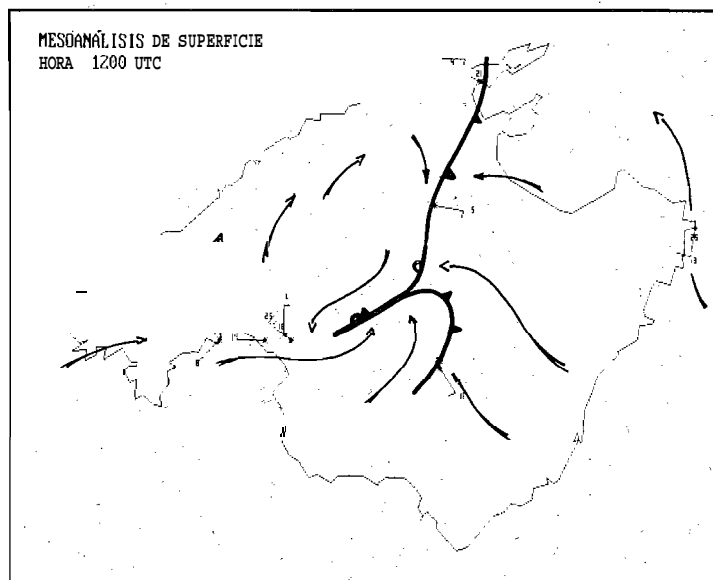
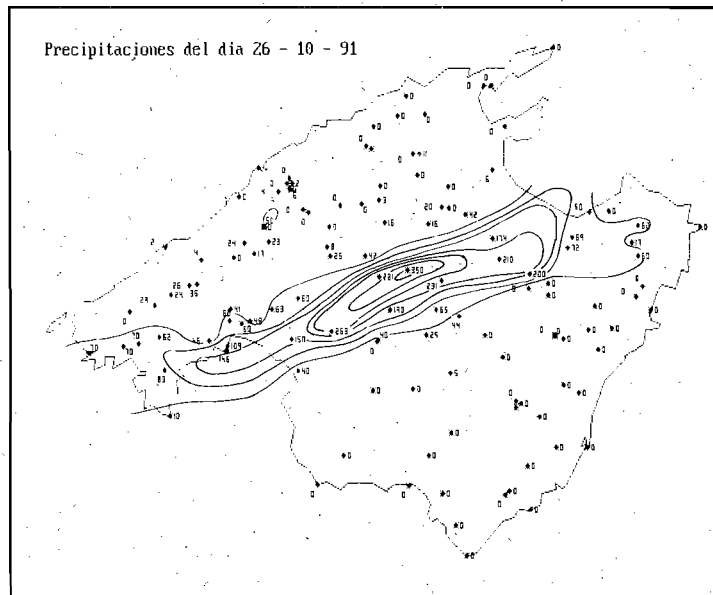


Figura 1 - Distribución de las precipitaciones del 26 de octubre de 1992
Figura 2.- Análisis mesoescalar bajo el modelo conceptual de una tormenta con mesobaja tornádica

niveles bajos y la presencia de parte del sector cálido. El resto de la estructura quedaría debajo de la nube tormentosa.

El tornado fue avistado, desde el flanco suroriental a su desplazamiento, como tromba marina que no alcanzaba el nivel del mar de la Bahía de Palma. En las proximidades del Aeropuerto de Son Sant Joan, se registraron fuertes vientos asociados a la mesodepresión que, sin embargo, no fueron advertidos por los sensores de las cuatro pistas. La reducción de visibilidad no sólo fue debida a la propia precipitación sino que contribuyó la dispersión de la inisma junto a otros materiales.

El primer lugar donde se manifestó con cierta violencia fue justo antes de entrar en el núcleo urbano de Algaida. En este lugar la fuerza del viento fue evaluada como F1 y sólo F0 en la misma población, donde las pérdidas se cifraron en torno a los 5 millones de pesetas. En el otro lado del pueblo, las ramas y troncos de árboles (almendros y algarrobos) fueron dispuestos manifestando el giro ciclónico, reconociéndose una anchura de la zona afectada de unas pocas decenas de metros. El tornado fue levantando su rastro a pequeños intervalos donde desaparece su pista hasta alcanzar la población de Montuiri, en cuyas proximidades los efectos destructivos fueron muy espectaculares (Imagen A3-1, en la separata del libro). Derribó la techumbre de una fábrica de materiales de construcción. Si bien la fuerza del viento no pudo estimarse superior a F1 dada la fragilidad de la estructura. El viento levantó la techumbre de fibrocemento que, bien anclada, actuó cono vela desplazando la sillería que conformaba las columnas. En este punto, las pérdidas fueron evaluadas en unos 12 millones de pesetas.

Sant Joan fue cruzado por el tornado causando destrozos en las techumbres que, sin embargo, respetó los invernaderos de plástico situados a escasos 30 metros. F1 fue la fuerza estimada en esta población. La cuantía de las pérdidas se hallaría en un inonto económico similar al de Algaida.

Algunos días después se realizó un vuelo de reconocimiento mediante un helicóptero del S.A.R. que poco más pudo esclarecer que no se hubiera visto desde tierra. La magnitud del tornado había sido débil y su recorrido aproximado de unos 15 a 20 km con muchas zonas de "despegue" del suelo, por lo que su reconocimiento desde el aire, a unos 150 metros, resultó poco enriquecedora.

Predicción: Intervalos nubosos con lluvias y chubascos en general moderados. Temperaturas sin cambios. Vientos del SW flojos a moderados.

3.2. El tornado de Petra-Ariany.

Un nuevo tornado se produjo el día 3 de junio de 1992, en la zona interior de la Isla de Mallorca, prácticamente donde el anterior había dejado de manifestarse.

El marco sinóptico a las 12 GMT presentaba en 500 mb una vaguada cuyo eje se situaba desde Asturias hasta el Golfo de Cádiz, dejando el Mediterráneo Occidental con flujo del SW con 30 Kt en Palma. En 300 mb el ascenso se habría acentuado después del mediodía, con la presencia de un máximo de advección de vorticidad. En 850 mb, un frente frío penetraba por el Noroeste peninsular, mientras que podría trazarse otro entre Alborán y Palos. En superficie, un núcleo anticiclónico se situaba al Sur de Baleares. Los gradientes de razón de mezcla no tendrían un carácter significativo sobre nuestra región.

Las imágenes de satélite no pueden ser de mucha ayuda en esta situación. La abundante nubosidad enmascara los elementos que en las otras situaciones hemos pretendido identificar, salvo el núcleo tormentoso, con topes no muy fríos, y sin poder inferir la decadencia de la tormenta al presentarse el tornado, tal vez al contrario. Una posible herramienta sería el uso de detectores de rayos que Branick y Doswell (1992) aplican a la identificación de tormentas severas con tornado. Este útil no ha podido ser usado aunque la información estará disponible en breve.

Con un recorrido inferior, el nuevo caso de tormenta con tornado asociado tuvo un registro pluviométrico que también ofreció una disposición semejante al anterior. De este modo, el tornado podría haber seguido una trayectoria por el flanco derecho (y atrás) de los sucesivos máximos de precipitación aunque más errante que el anterior. Los daños se reconocieron sobre una trayectoria de tan sólo unos 3 a 4 km, pero el radio habría sido de unos 200 m. En esta ocasión, un inmueble que albergaba una fábrica de maderas fue muy afectado. Derribó un muro de un taller anexo al edificio con mejor estructura (Imagen A3-2, en la separata del libro), que también se vio desprovisto de su terraza con embaldosado sobre una impermeabilización de alquitrán. La succión y posterior dispersión de la terraza fue a dar con la línea de alta tensión situada a unos 45 metros, quedando

seriamente dañada. Fujita y Wakimoto (1981) calculan la velocidad del viento bajo diversas consideraciones de los proyectiles (forma, tamaño, densidad ...) con modelos sencillos, incluido el de tiro balístico más elemental, que en nuestro caso daría F1 en la Escala Fujita. En otros lugares de la trayectoria, el viento máximo estimado no superó los 170 km/h.

Predicción: Cielos nublados aumentando por la tarde a muy nublados con chubascos ocasionalmente tormentosos y localmente moderados o fuertes por la noche. Temperaturas sin cambios. Vientos flojos variables arrojando a componente S moderado por la noche.

3.3. El reventón de Ciutadella.

El caso de Ciutadella del día 9 de septiembre presentaba una situación, una vez más, del SW en 500 mb con una fuerte advección de temperatura en 850 mb y con flujo del NE en los niveles inferiores (análisis objetivo a 1.000 nib). Sin embargo el análisis manual en superficie debe informar la presencia de un seno de bajas presiones al Noroeste de Mallorca y Menorca para justificar el SE del Aeropuerto de Menorca y en menor grado el SW de Mallorca (que está influido por su brisa).

En esta ocasión, un chorro relativamente débil había dejado, durante toda la mañana, los núcleos tormentoso en el mar balear frente a las

costas del levante peninsular. Pero a primeras horas de la tarde, un potente núcleo se aproximó a la parte occidental de la Isla de Menorca.

El sondeo de Palma, realizado tres horas antes presenta inestabilidad en las capas inferiores hasta el estrato prácticamente isotermo en 850 mb y que coincide con un ambiente seco que se acentúa entre los 600 y 500 mb.

Las imágenes de satélite en la banda IR muestran entre las 14 y las 14,30Z un aumento del área afectada por temperaturas muy frías (pixels en blanco) y que a las 15 ya han desaparecido. Este aspecto, ya advertido en el primer caso, fue reconocido por Fujita y Wakimoto (1981), que mencionan la falsa impresión que lleva a creer que la decadencia de la tormenta es el fin de su actividad violento abajo.

En el espectro visible, se aprecia el microfrente de salida de la tormenta y que puede seguirse al cruzar la Isla de Mallorca reflejando su paso por las estaciones automáticas (Imagen A3-3).

La banda del registro barométrico situado en Ciutadella, presenta un perfil característico de irrupción de aire más pesado y su impacto contra el suelo (Fig. 3).

Si suponemos que el movimiento de las nubes que inducen un reventón es guiado por los vientos de 700-500 nib, la dirección de los vientos máximos debiera correr de un modo semejante. Sin

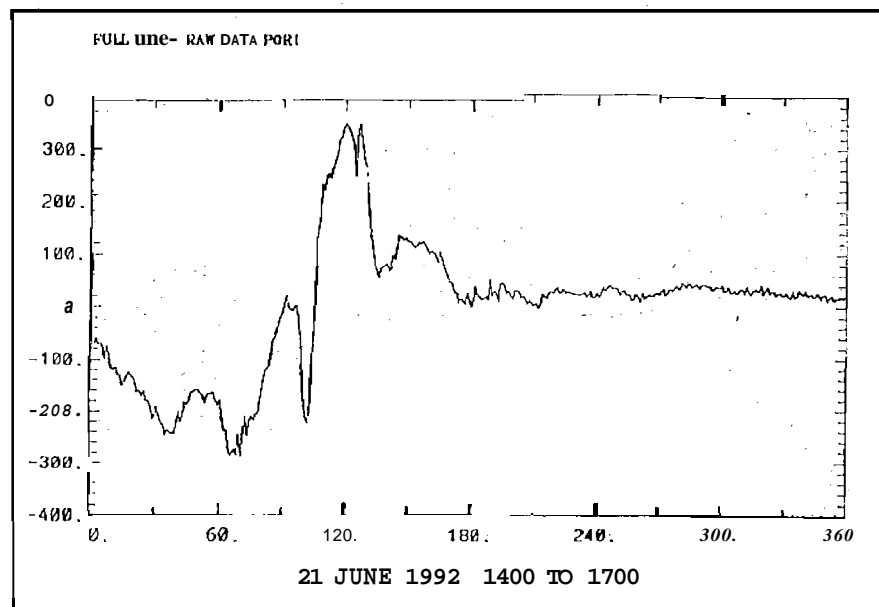


Figura 3.- Barograma de la Estación de Ciutadella (cortesía de la Universitat de les Illes Balears)

embargo, la configuración del campo de presión de un descendente anterior puede modificar el modelo y disponer los restos en una dirección diferente. La suposición anterior respecto del viento medio en 700-500 mb puede ser aventurada como ya veremos en el caso siguiente.

El barograma ofrece otras informaciones. El primer descenso, hacia las 14,15 vendría dado por la elevación del aire cálido ante la proximidad de la primera entrada de aire frío que elevó la presión en 0,8 mb. El siguiente descenso podría ser debido a aumento de la velocidad del viento del reventón expandido desde una región alejada junto a un ascenso del aire previo, relativamente más cálido que el que llega y que se manifiesta con un ascenso de la presión de 3,2 mb. Unos pocos minutos después, el descenso de 2,2 mb obedecería exclusivamente a un efecto Venturi. Con el desplome sobre la estación, el ascenso alcanza 5,8 mb y que, de remitir, deja la presión casi al nivel del pico anterior (con una temperatura del aire semejante). Todo el episodio habría durado unos 48 minutos.

Lamentablemente no se dispone de sensor de temperatura que pueda verificar todo lo anterior. Sin embargo, estas oscilaciones en la presión no parecen provenir del paso de una baja tornádica, a pesar de que no pueda excluirse la presencia de tornado, precisamente en la región en la que se induce vorticidad ciclónica en la convergencia con los vientos del ambiente (Fujita, 1981). La disposición de los árboles caídos, en la misma dirección del reventón, no ayuda a discernir si hubo tornado o se trató de un microreventón inmerso en el reventón.

La encuesta que se llevó a cabo con testigos independientes del episodio, confirmó la presencia, en el mar, de un tren de olas que penetró en las calas del Oeste de Menorca, así como en el mismo puerto de Ciutadella, y que debió tener un gran protagonismo en el naufragio de un 'llaut' en el que una persona perdió la vida dramáticamente, al no poder alcanzar una costa menos agreste y ser golpeada contra los acantilados.

Entre los encuestados, varios marinos habían medido vientos del orden de los 80 Kt con los anemómetros de a bordo y todos reconocieron que una tramontana quedaría "pálida" frente al reventón del 9 de septiembre.

El estudio de campo realizado a los pocos días de los acontecimientos reveló que todos los restos se disponían, en una muy amplia zona, bajo

una misma orientación y que, salvo en un área donde se nos impidió el paso (probablemente la más afectada), el "barrido" habría sido del W o WNW. La inspección llevada a cabo desde el aire, un mes y medio después, aclaró que, efectivamente, el agente causante de los destrozos en el área de Ciutadella había sido un reventón. Las pérdidas materiales se estimaron en 75 millones de pesetas.

Predicción: Nuboso con algunas precipitaciones débiles o moderadas. Temperaturas sin cambios o en ligero ascenso. Vientos del NE y E moderados.

3.4. El caso de Ferreries (Menorca).

El marco sinóptico presenta, a las 12 GMT del día 8 de octubre, un aspecto de "libro" en todos sus niveles. Importante advección de vorticidad en 300 con una depresión fría en el nivel de 500 mb sobre Lisboa con dorsal térmica en el Mediterráneo que fue desapareciendo a medida que los acontecimientos iban desencadenándose, en Menorca, hacia las 202. Los niveles inferiores presentan una fortísima advección térmica en 850 mb y con un fuerte gradiente en las capas más próximas al suelo, tanto de geopotencial (1.000 mb) como de razón de mezcla.

El sondeo de las 12 GMT de Palma presentaba un estrato prácticamente adiabático hasta los 900 mb que era limitado por una inversión con aire relativamente seco. Entre 650 y 500 mb el estrato era prácticamente saturado. Sin embargo, lo más llamativo sería la fuerte cizalla del viento en los niveles inferiores, donde existe un fuerte viento del NE de unos 25 Kt en superficie y 30 Kt del SE en 850 mb.

Las imágenes de satélite de las 19,00 UTC muestran, en infrarrojo, un área de 6 pixels con una temperatura inferior a -58°C con uno de ellos a -63°C . Media hora después, en el área de interés, existen hasta 9 pixels inferiores a -58°C y ya ha desaparecido el inferior a -63°C . A las 20,00, sólo dos pixels están bajo los -58°C y media hora después ya no existe ninguno. El recorrido de los fuertes vientos fue de WNW a ESE, muy cruzado con los vientos S que mostraba el sondeo y los análisis. Las imágenes infrarrojas (a esta hora ya no se dispone de visibles), podrían indicar que el sistema se iba reactivando (y generando la nueva tormenta) hacia el Este, donde los vientos del ambiente eran dominantes (ver sondeo). De este modo, la tormenta que en principio había sido identificada como la causante primera, sólo lo fue

indirectamente, induciendo desde los niveles inferiores una convergencia importante que generó la tormenta que produjo el tornado. Esta nueva tormenta, no generó una intrusión estratosférica tan importante como la anterior, pero también se ve menguar cuando el tornado va a aparecer.

En este caso, como en los otros, se manifiesta como un elemento importante el aire descendente.

La observación de campo no pudo realizarse desde tierra, pero sí desde el aire. Los destrozos fueron muy importantes y extremadamente generalizados en todo el recorrido (Imágenes A3-5 y A3-6, en la separata del libro). La fuerza del viento se estima en F2 o incluso F3, esto es, en torno a los 250 km/h (resulta imprescindible reconocer bien el tamaño de los pinos y el suelo en el que estaban asentados). En cualquier caso, la primera ojeada de las imágenes, ofreciendo un derribo y orientación del pinar muy uniforme, enmascara otros datos que dieron la clave de un tornado como agente. En primer lugar, la relación entre el ancho y la longitud del recorrido (1:10). Pero tal vez la más determinante pueda ser la frontera tan "exquisitamente" delimitada. Un reventón de tornos de unos "F" inferiores y una relación ancho-largo no tan abultada (en general). Los desperfectos en el flanco izquierdo se diluyeron mucho más que en el derecho y ello debe ser debido a un desplazamiento importante del tornado en la dirección WNW-ESE de modo que el viento relativo en su borde derecho arrase y sea insuficiente para causar muchos daños en el izquierdo.

Predicción: Cielos muy nubosos o cubiertos con lluvias y chubascos que pueden ser tormentosos, localmente moderados o fuertes. Vientos de levante moderados a fuertes. Temperaturas sin cambios significativos.

Conclusiones.

La observación reciente y el interés generado en la sociedad (y en nosotros) ha hecho que los tornados y reventones no se asocien a lejanos lugares en Estados Unidos y que, al igual que sucedió allí, su descripción y estudio produce un incremento de las "apariciones" (Sanders, 1981).

La predicción sigue siendo insuficiente y un reto, incluso en países con experiencia. Algunas rutinas se han mostrado eficaces en el análisis y diagnóstico mesoescalar. Las imágenes de sa-

télite ofrecían algunas indicaciones de severidad que, a posteriori, hubieran podido ser de utilidad. El radar debe dar, *in extremis*, la predicción de última hora.

Los reventones húmedos (con precipitación) y/o microfrentes de salida de una tormenta parecen haber tenido un papel importante en la génesis de al menos tres efectos severos en Baleares. Los reventones secos, donde la precipitación no alcanza el suelo, deben ser corrientes en las dos mesetas ibéricas y deben desligarse de las más frecuentes tolvaneras. Tanto en un tipo de reventón como en otro, el sondeo puede dar una estimación de la velocidad máxima de los descensos (Caracena, 1990 y 1986).

Referencias.

Branick, M.L.: Doswell III, C.A. (1992). *An observation of Relationship between Supercell Structure*

Caracena, F. y otros (1990). *Microburst: o handbook for Visual Identification. U.S. Department of Commerce. NOAA. National Severe Storms Lab.*

Caracena, F.; Maier, M.W. (1986). *Analysis of a Microburst in the FACE Meteorological Mesonet in Southern Florida. Mon. Wea. Rev. 115, 969-985.*

Doswell, C.A. (1985). *The Operational Meteorology of Convective Weather. Volume II: Storm Scale Analysis. Environmental Sciences Group. Boulder, Colorado. Abril 1985.*

Fujita, T.T.; Wakimoto R.M. (1981). *Five Scales of Airflow Associated with a Series of Downburst on 16 July 1980 Mon. Wea. Rev. 109, 1438-1456.*

Fujita, T.T. (1981). *Tornadoes and Downburst in the Context of Generalized Planetary Scales. J. of Atmos. Sci. 38, 8, 1511-1534.*

Sanders, F. (1981). *Prediction of Severe Convection. Mesoscale Meteorology - Theories, Observations and Models. Ed. Douglas K. Lilly and Tzvi Gal-Chen.*

Srivastava, R.C.A. (1967). *Study of the Effect of Precipitation on Cumulus Dynamics. J. of Atmos. Sci., vol. 24.*

Wakimoto, R.M. (1982). *The life Cycle of Thunderstorm Gust Fronts as Viewed with Doppler and Rawinsonde Data. Mon. Wea. Rev. 110, 1061-1082.*

Agradecimientos: A las diferentes secciones del C.M.T. de Palma. A los Servicios de Teledetección y S.T.A.P. por su ayuda y colaboración. Al Servicio Aéreo de Rescate (SAR) destinado en la Base Aérea de Son Sant Joan por su inestimable colaboración en la observación desde el aire.