

# ESTUDIO DE LA SITUACIÓN QUE DIO ORIGEN A UN TORNADO EN MONTESCLAROS (TOLEDO)

José Ignacio Palacio García (1)  
Darío Cano Espadas (1)  
Beatriz Téllez Jurado (1),  
Miquel Gayà Porcel (2)

(1) GPV del CMT en Madrid y Castilla la Mancha. INM  
(2) Sección de Atención a Usuarios del CMT en Illes Balears. INM

## RESUMEN

El objeto de estudio es el caso del día 21 de abril de 2000 en el que se produjo un tornado débil (F1) en las proximidades de Montesclaros (Toledo). Para elaborar los análisis sinópticos y mesoescalares se han usado las imágenes de satélite y radar, así como el sondeo de Madrid y la información de modelos numéricos y las ideas de los modelos conceptuales regionalizados. Se incluye un análisis preliminar basado en el estudio de campo realizado en las jornadas posteriores al evento.

### 1. Introducción

En la cabecera del Tiétar, cerca de la población de Montesclaros (Toledo), entre las 18 y las 19 horas locales del día 21 de abril de 2000 se produjo un fuerte chaparrón con granizo. Al mismo tiempo y a unos kilómetros, hacia el río Guadyervas, tuvo lugar un tornado, clasificable como F1 en la escala de Fujita (máxima intensidad en torno a los 160 Km/h).

Los tornados en el interior de la Península Ibérica han sido escasamente estudiados hasta la fecha. Aunque M. Gayà (1996) advertía de la existencia de tornados al sur del Sistema Central, sólo Martín *et al.* (1995) han presentado un estudio pormenorizado de un caso para esta amplia región.

El objeto del presente trabajo está en investigar las condiciones meteorológicas, los ingredientes necesarios y los mecanismos que favorecieron la formación de este episodio tornádico. Al mismo tiempo, se pretende iluminar otros casos en los que se formaron tornados y que pertenecen al mismo entorno natural.

### 2. Descripción sinóptica y mesoescalar

En los análisis del modelo HIRLAM de las 12 UTM y en las imágenes Meteosat de esta hora se aprecian los siguientes aspectos de interés:

La Península se sitúa en una zona baroclina, en la parte delantera de una vaguada sinóptica atlántica, donde se produce una perturbación de menor escala señalada con una vaguada térmica (Figura 1).

Existe un máximo de viento que se frena en el centro peninsular, donde se desarrolla una célula convectiva. Figura 3.

Dos zonas de máximo gradiente térmico en 850 hPa que determinan dos frentes Figura 1. Estos se pueden apreciar en la imagen infrarroja de la figura 3.

Un desajuste en los campos de humedad, de forma que la humedad en las capas bajas de la atmósfera es mayor que en las capas medias-altas. Figura 1

En la figura 1 se representa: Análisis HIRLAM de las 12 horas y Diagnóstico meso alfa. A la izquierda geopotencial y temperatura en 500 hPa, la línea discontinua señala el eje de vaguada térmica. A la derecha presión en superficie y temperatura en 850 hPa. En azul se representan las dos fronteras frías y en punteada roja las dorsales térmicas.

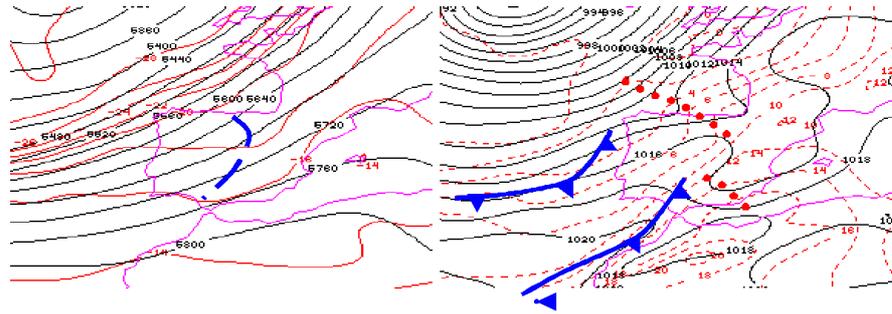


Figura 1

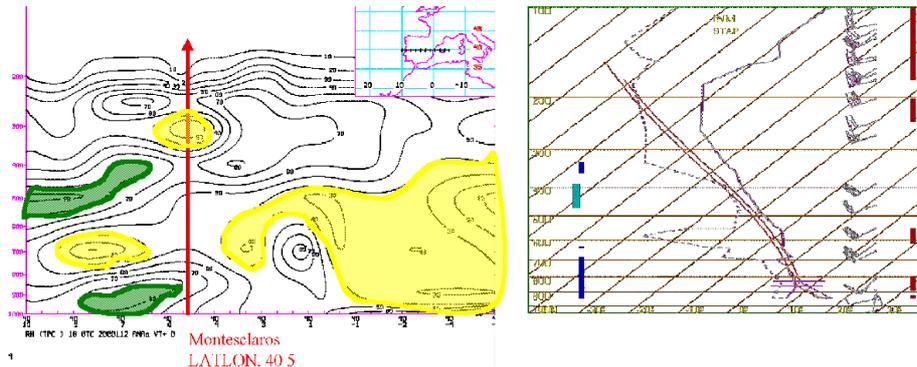


Figura 2: A la izquierda un corte vertical de humedad del modelo HINR 12 H+6, con una flecha roja se señala la posición de Montesclaros, en amarillo se señalan las zonas secas y en verde las húmedas. A la derecha, sondeo de Barajas a las 12 Horas

Cabe añadir, que si aplicamos el modelo conceptual de Baja Térmica, y dado que todo el este peninsular permanece despejado (figura 5), puede suponerse que el centro de la baja en superficie, recogida en el análisis del HIRLAM, está más centrado en el interior y, como consecuencia, la dorsal térmica se encuentra desplazada hacia el oeste.

## 2. 1 Termodinámica: el sondeo de Madrid

El entorno meteorológico donde se desarrollan las tormentas severas con características de supercélula parece demandar una determinada cizalladura vertical del viento. Lilly (1986), y otros, ya advirtieron de la importancia de la Helicidad (H) en las tormentas rotatorias. Sin embargo, Davies-Jones *et al.* (1990) mantienen que la helicidad relativa a la tormenta (SRH) caracteriza mejor el potencial del medio ambiente para generar y mantener un mesociclón. La presencia, en niveles medios, de una capa de aire seco *radicalizaría el entorno*, siendo indispensable, como para todo fenómeno convectivo, la existencia de inestabilidad termodinámica y de un mecanismo de disparo. Los valores de CAPE deberían ser significativos pero no es estrictamente necesario que los valores sean grandes o extremos (Doswell *et al.*, 1990).

El sondeo de Madrid - Barajas de las 12 UTM (Figura 2) muestra claramente la existencia, en 600 hPa, de una capa de aire seco, esta capa ya estaba presente en el sondeo de las 0 horas. Los índices de inestabilidad no son muy altos. Los valores de CAPE obtenidos, usando la temperatura virtual, a las 12 y a las 24 (00 del día 22) fueron de sólo 1.30 unidades y 0.88 unidades. Pero si se observan los valores correspondientes al sondeo de Lisboa de 7.65 y 110.87 unidades respectivamente. Sin embargo, en nuestra región, muchas situaciones de convección severa no llevan asociados sondeos muy inestables. La cizalladura vertical del viento es significativa en valores de velocidad pero no en cuanto a giro, de forma que el *Bulk Richardson Number* ( $BRN_v = CAPE_v / (0.5 * U^{*2})$  siendo U la cizalladura) es muy poco relevante.

Este entorno aparentemente benigno para la formación de tornados también fue encontrado por Gayà *et al.* (2001) para las Islas Baleares, donde sólo algunos pocos casos tornádicos ofrecían unos valores de CAPE y cizalladura, o de los índices combinados BRN o EHI similares a los encontrados para Estados Unidos para los casos tornádicos en supercélulas.

## 2.2 Análisis de las imágenes de satélite

En la imagen de vapor de agua (Figura 3) de las 18 horas locales se aprecia una estructura de “pluma” (Bader, Forbes y otros, 1995) con conexión entre una banda nubosa de origen subtropical y otra de origen polar. Mientras que en las imágenes de satélite polar figuras 5 y 6 se aprecian las ondas de montaña, y la célula que dio lugar al tornado.

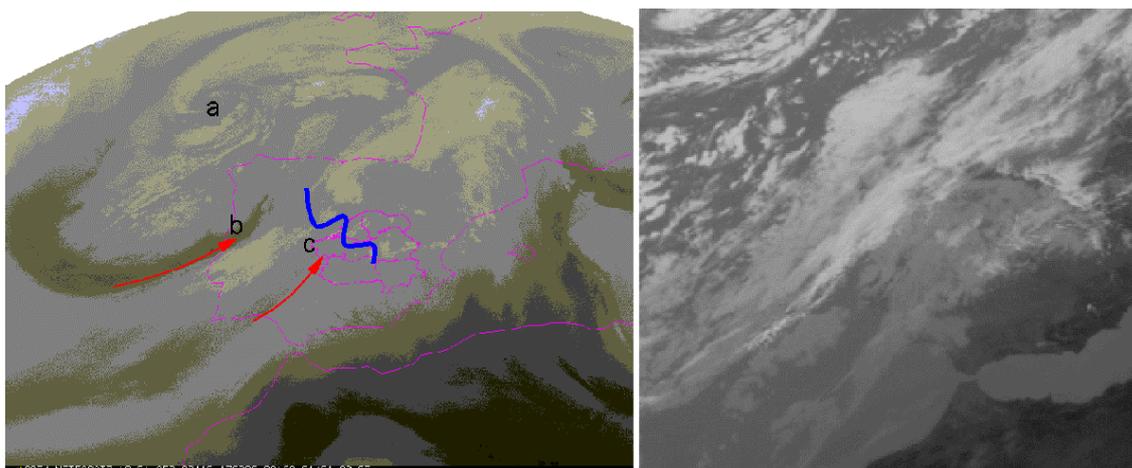


Figura 3: A la izquierda imagen vapor de agua de las 17 horas y a la derecha IR de las 12. En rojo se han señalado los máximos de viento. Los puntos señalados como a, b y c son centros de vorticidad. El punto a es el vórtice principal o sinóptico, b y c son vórtices mesoescalares. En azul se señala la zona de dorsal El tornado aparece en c donde se puede apreciar la célula convectiva en el límite entre las provincias de Madrid , Toledo y Ávila.

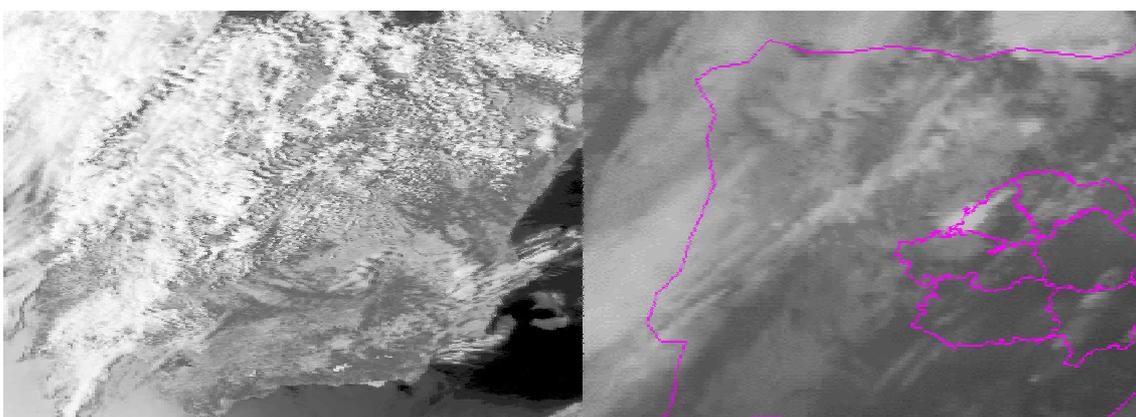


Figura 4: Imagen del satélite Tiros de las 15:30 horas canal visible a la izquierda, a la derecha, imagen infrarroja del Meteosat de las 17 horas. En ambas imágenes se distingue la nubosidad organizada en bandas característica de la pluma y las ondas de montaña en la meseta norte que delimita la posición de la dorsal en altura.

## 2.3 Análisis mesoescalar en niveles bajos

El análisis mesoescalar de superficie, figura 5, confirma la hipótesis utilizada: en niveles bajos, la dorsal cálida apunta a la célula convectiva. Una masa de aire cálido y seco proveniente del Sur llega hasta el Sistema Central, este hecho se suele observar en situaciones de convección severa. En el siguiente gráfico mostramos un mesoanálisis: Vientos en superficie, flechas negras; vientos en 850 hPa, flecha

azul: temperatura en superficie, líneas rojas y humedad relativa en superficie trazo amarillo que señala el área inferior al 40%. En verde se sitúan los ecos de radar.

Para hacer el análisis se ha tenido en cuenta modelos conceptuales regionalizados, tales como el de brisas, dipolo orográfico y “pluma” en la región.

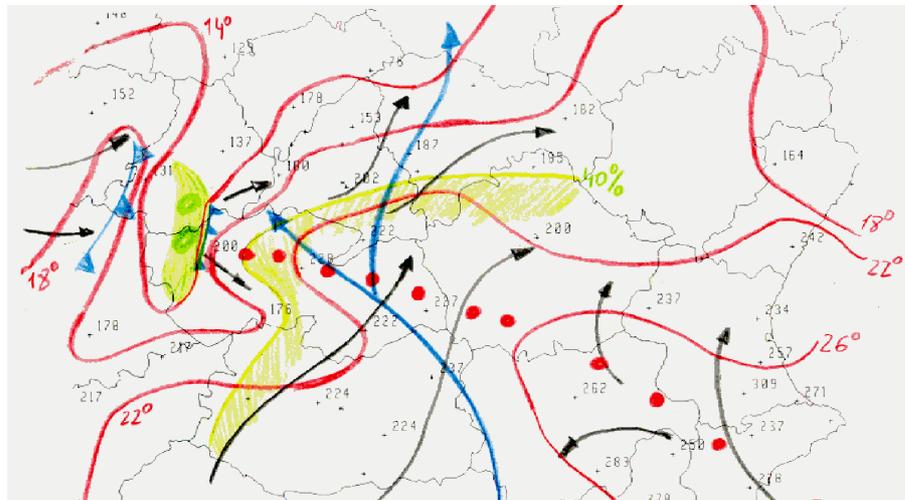


Figura 5: Mesoanálisis de niveles bajos en niveles bajos. Ploteados aparecen los datos de temperatura.

## 2.4 Seguimiento radar

El seguimiento se hizo con el radar de Madrid, radar con banda de tipo C. Las características de severidad en una célula “vista” por el radar vienen dadas por:

- 1.- En un corte horizontal, una región de eco débil rodeada por una máximo gradiente de reflectividad.
- 2.-En un corte vertical se observan ecos fuertes suspendidos sobre una región de eco débil, el denominado “abalconamiento”.

El tornado y los fenómenos severos se producen en el momento en que el “balcón” o máximo eco suspendido, se precipita bruscamente hacia abajo. Si el aire y los productos de precipitación caen contra el suelo se producirá un reventón convectivo y, si es reabsorbido por las corrientes ascendentes, un tornado.

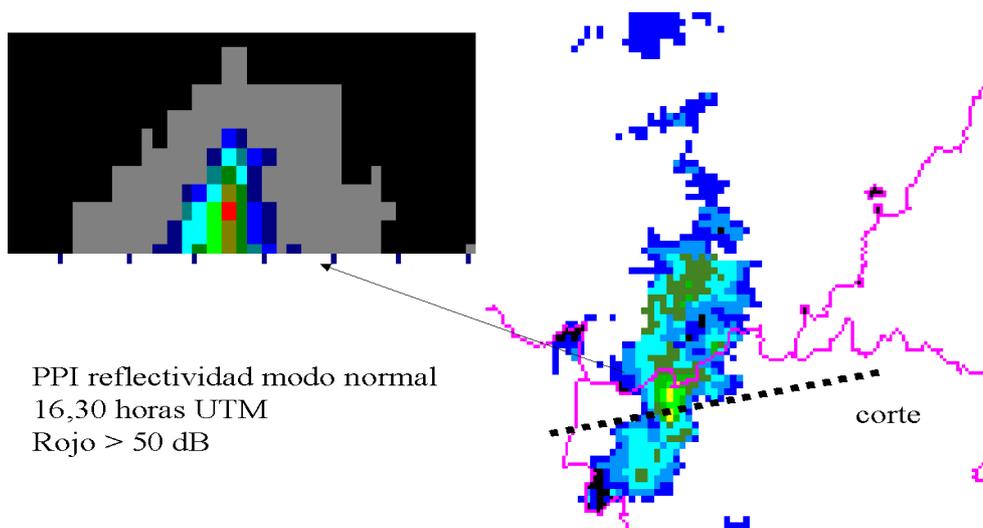


Figura 8: PPI a la derecha y corte vertical a la izquierda. Si bien no se ve un fuerte gradiente de reflectividad en el corte horizontal (derecha), se pueden apreciar el eco fuerte suspendido y el eco débil en el corte vertical.

## 2.5 La observación en tierra

En el seguimiento de las estaciones automáticas de la zona destacaremos: La de Toledo tiene viento de sur y este hasta las 12 horas que gira a oeste, pero hasta las 18 no cae la temperatura 5° C y sube la humedad de 40 a 70% en 1 hora. Talavera lo hace a las 16 horas y Robledo de Chavala a las 17,30 horas con una caída de 6° C en muy poco tiempo. La presión, que venía cayendo desde las 9 de la mañana en Toledo y Robledo de Chavala, alcanza sus valores mínimos a esas horas, momento de la repentina caída de temperatura. La caída de presión fue de 5 mb desde 6 horas antes.

Los dos elementos del diagnóstico: el frente del oeste y el microfrente de racha se ajustan a este comportamiento de la presión. Figura 6

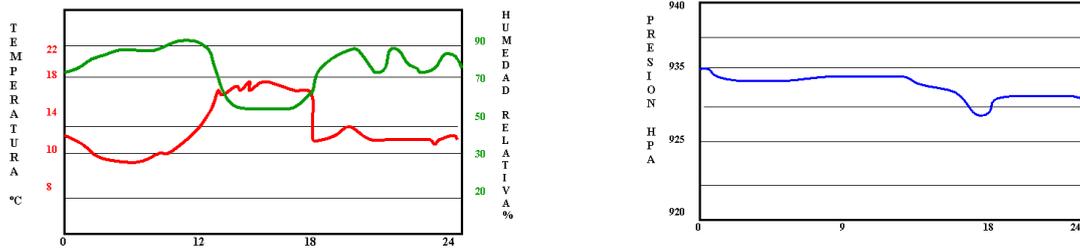


Figura 6: Gráficas de temperatura, humedad y presión de la estación automática de Robledo de Chavala

## 3. Seguimiento del tornado sobre el terreno

El tornado de Montesclaros afectó fundamentalmente a dos municipios: Montesclaros y Navamorcuende. El punto inicial de su trayectoria se encuentra en el límite del municipio de Montesclaros con Velada, en un lugar denominado *La Cabezuela*. El tornado se desplazó por las zonas *Los Huertos de Renjel Berrenal*, *Dehesa del Cura*, *Cerrobermejo*, *Arroyo Bermejo*, *Cañada del Fresno*, las casas de *El Calero* y se desplazó hasta *Loma de las Aguardas*, donde dejó de afectar el suelo. En total, entre extremos de la trayectoria, el recorrido fue de unos 6.3 kilómetros. La anchura máxima se estimó en unos 300 metros.

La zona afectada es un paraje con una oscilación del relieve superior a los 100 metros donde apenas existen construcciones. La única instalación rural afectada, *El Calero*, fue muy escasamente dañada a pesar de la existencia de elementos removibles: algunas cubiertas de tejas fueron afectadas pero ninguna estructura de importancia. El resto del territorio está cubierto por monte bajo de jaras y retama (especialmente en los dos extremos de la trayectoria del tornado) y por encinas (*quercus ilex*) y alcornoques (*quercus suber*). Su distribución es la típica de las dehesas por lo que la mayoría del arbolado se encuentra desprotegido ante el embate del viento.

El suelo es poco compacto (producto de la erosión del granito) y se encontraba muy húmedo a causa de las continuadas precipitaciones que se dieron durante los días (y semanas) precedentes. Por ello, una importante porción del arbolado fue derribada con mayor facilidad que la que hubiera tenido en un año pluviométrico *normal*.

En la figura 7 se presenta la trayectoria que siguió el tornado. Las líneas de color verde representan los arroyos. La línea azul representa el recorrido que siguió el centro del vórtice. A trazos, la porción de trayecto que no fue seguida a pie y de la que no se tienen puntos de *medición* y *localización* mediante GPS. Este seguimiento no fue realizado debido a lo abrupto del terreno y a la vegetación tupida y a que, desde los extremos del mismo, no se advertía ninguna característica destacable en cuanto a la destrucción por el tornado. Sí se advirtió que el tornado había pasado por la zona. Esto es: no hubo levantamiento "*liftoff*". La trayectoria tuvo una dirección del cuadrante SW hacia el NE.

En conclusión, el tornado tuvo una trayectoria sobre unos 6,3 kilómetros (entre puntos extremos), con una anchura máxima alrededor de los 300 metros, coincidiendo con un lugar donde los efectos sobre la flora fueron más intensos: la velocidad estimada fue de 160 km /hora.

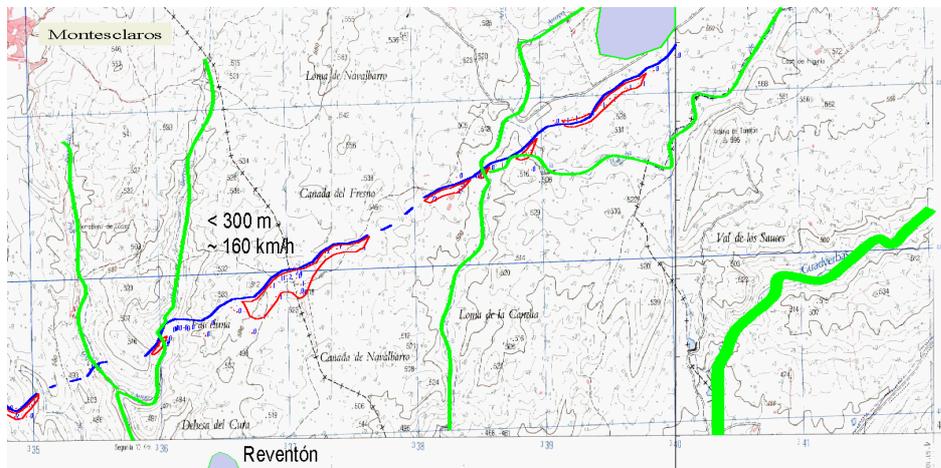


Figura 7: Presenta las áreas donde la velocidad estimada fue igual o superior a F1 (>118 km/hora) (las líneas rojas son las "isofujitas"). Esto es, la velocidad estimada por los efectos producidos sobre la vegetación. El tornado tuvo, por tanto, una intensidad máxima estimada en F1 con algunos tramos en torno a los 160 km/h. Asimismo, las zonas señaladas con "Reventón" representan dos posibles descargas violentas, ninguna de ellas parece que tuviera incidencia en la trayectoria o en la activación del tornado. En todo caso, el del extremo izquierdo parece estar vinculado a la descarga de la precipitación intensa con granizo de unos dos centímetros que acompañó al tornado (con una intensidad estimada F1). El reventón del flanco inferior derecho, una intensidad estimada F0, afectó a una zona de escasa entidad y la dirección de los destrozos fue radicalmente opuesta a la seguida por el tornado. No puede asegurarse que estuviera directamente vinculado al episodio tornádico. .

#### 4. Conclusiones

1. - No son necesarios grandes sistemas convectivos ni áreas grandes de fuerte intensidad de precipitación para que se produzcan tornados en esta zona. Bastan los indicios de supercélulas.
2. - Los índices de inestabilidad del sondeo no son muy "elocuentes" en este caso, hecho frecuente en situaciones de "severidad" en esta región. Por lo que la formación de tornados en ambiente benigno sólo podrá ser abordada con otras estrategias: modelos conceptuales regionalizados de los datos de teledetección, ampliación de los datos convencionales de estaciones automáticas.
3. - El modelo conceptual de "pluma" regionalizado se ajusta muy bien a la diagnosis. La entrada seca por el sur en tierra, el frente por el oeste y las brisas en el norte amplían la dorsal cálida de niveles bajos hasta el interior de la región. Los levantes no están bien definidos salvo por Molina de Aragón.

#### Referencias

Davies-Jones R., D. Burgess, and M Foster (1990). Test of helicity as a tornado forecast parameter. *Proceedings of 16th Conf. on Severe Local Storms*, Kananaskis Park, Alberta, Canada, Amer. Meteorol. Soc., 588-592.

Doswell C. A., A. R. Moller and R. Przybylinski (1990). A unified set of conceptual models for variation on the supercell theme. *Proceedings of 16th Conference on Severe Local Storms*, Amer. Meteorol. Soc., Boston, Mass., 40-45.

Gayà, M. (1996). Fenómenos severos en las Islas Baleares. Parte I: Frentes de racha. Parte II: Tornados, in *IV Simposio Nacional de Predicción, Memorial "Alfonso Ascaso"*, Ministerio de Medio Ambiente, INM, Ser. Monografías, ISBN 84-8320-083-X, pp. 225-233.

Martín, F., L. de Esteban, R. Riosalido (1995). *El tornado de Sigüenza*. Nota técnica no. 25. Instituto Nacional de Meteorología, Apartado 285, 28071 Madrid, 42 pp.

M. Gayà, V. Homar, R. Romero and C. Ramis Tornadoes and waterspouts in the Balearic Islands: phenomena and environment characterization Atmospheric Research Volume 56, Issue 1-4, pp 253-267 January 2001