

Tiempo y Clima

JULIO 2017 Nº 57



REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y BOLETÍN
de la Asociación Meteorológica Española

- 3 PRESENTACIÓN**
- 4 ACTIVIDADES AME:**
Asamblea extraordinaria; Concursos
- 6 PERFILES:** Marcelino Manso Rejón
- 11 AZARES DEL CLIMA:** Presión de los comunicadores sobre los científicos ...
- 20 MIRANDO UN MAPA:** Anomalías frías en el calentamiento global
- 23 NOTICIAS:** Récor de víctimas meteorológicas; los superordenadores del ECMWF a Italia; emisiones GEI por consumo en Europa
- 26 METEO-ETIMOLOGÍA**
- 35 LAS FOTOS DE LA PRIMAVERA**
- 36 LA IMAGEN DE LA PRIMAVERA:**
11 de mayo de 2017
- 38 CRÓNICAS DEL TIEMPO:** La primavera
- 47 TRAZAS DE LA TEMPERIE:** Reventones cálidos
- 56 LIBROS:** *Climate System Dynamics and Modelling*, de Hugues Goosse
- 60 REUNIONES Y CONGRESOS:** Meteorology and Climatology of the Mediterranean; Cancún; ENC2017

COLABORACIONES

- 12** Antecedentes del Servicio Meteorológico en España: La correspondencia entre Arcimis y Pujazón, *por Manuel Palomares y José María Sánchez-Laulhé*
- 16** El apoyo meteorológico y el caso de la competición de vela. XXV aniversario de los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992, *por Manuel Palomares*
- 28** Las trombas marinas de Sant Feliu de Guíxols (2/IX/1965) y Málaga (8/III/1971) entre las más mediáticas del siglo XX (parte II), *por José María Sánchez-Laulhé, Juan Pérez-Rubín y Joan Arús*
- 32** Meteo-reportaje: Momentos, *por Carlos Castillejo Balsera*
- 50** Aproximación a la Meteorología de Montaña, *por Ramón Pascual y Gerardo Sanz*

Portada: Imagen captada el 29 de abril de 2017 desde el este de la isla de La Palma (Canarias), en la que se observa un potente cúmulo frente a la costa, que está a punto de descargar un intenso aguacero sobre el área en la que se encuentra un crucero que se aproxima al puerto de la capital de la isla, Santa Cruz de La Palma. La base de la nube se encontraba por debajo de los 200 m sobre el mar.
Autor: Fernando Bullón Miró

EDITA:

ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA

DIRECTOR:

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ OLLERO

REDACCIÓN:

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO
ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA
FERNANDO AGUADO ENCABO
MANUEL PALOMARES CALDERÓN
ALEJANDRO ROA ALONSO
RAMÓN PASCUAL BERGHAENEL

DIRECCION POSTAL:

REVISTA TIEMPO Y CLIMA
APARTADO 60025
28080, MADRID

WEB: PKP.AME-WEB.ORG

REVISTA DE DIFUSIÓN GRATUITA ENTRE LOS SOCIOS DE LA AME.
SUSCRIPCIONES POR ENCARGO EN PÁGINA WEB.
PRECIO DE LA SUSCRIPCIÓN ANUAL 2017: 28 EUROS
DISEÑO: ALFREDO NIÑO
IMPRESO EN ESPAÑA POR AEMET, UNIDAD DE DOCUMENTACIÓN
DEP. LEG: M-10961-1976
EDICIÓN IMPRESA:
ISSN: 2340-6607
EDICIÓN DIGITAL:
ISSN: 2340-6631

COLABORACIONES:

SE INVITA A ENVIAR CONTRIBUCIONES Y CORRESPONDENCIA RELATIVA A TODOS LOS ASPECTOS DE LA METEOROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y CIENCIAS AFINES

LA RESPONSABILIDAD POR LAS OPINIONES VERTIDAS EN DICHAS CONTRIBUCIONES ES EXCLUSIVAMENTE DE SUS AUTORES.

Las Trombas Marinas de Sant Feliu de Guíxols (2/IX/1965) y Málaga (8/III/1971):

ENTRE LAS MÁS MEDIÁTICAS DEL SIGLO XX (PARTE II)

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ¹, JUAN PÉREZ-RUBÍN², JOAN ARÚS³

Tras una primera parte, publicada en el número anterior de *Tiempo y Clima*, dedicada principalmente a la tromba marina de Sant Feliu de Guíxols, en esta segunda parte se analiza la tromba de Málaga y se comentan algunas conclusiones del estudio de ambas trombas.

[1971] LA TROMBA DE MÁLAGA

En los tres periódicos consultados (*SUR*, *La Vanguardia* y *ABC*) la noticia de la formación del espectacular fenómeno atmosférico malagueño del lunes 8 de marzo (día sin prensa) no llegó a la ciudadanía hasta el día 10, y no se databa unánimemente³³. Según el diario local *SUR*, la gigantesca tromba marina se produjo a las 3:50 de la tarde (“durante la tormenta con agua y granizo que se abatió sobre nuestra ciudad”) y la noticia, aunque breve, apareció en la portada del periódico y acompañada de la mencionada instantánea del fotógrafo local, quien lógicamente se convirtió en la fuente más fidedigna³⁴.

La igualmente escueta noticia de *La Vanguardia* (10/3/1971), con el titular “Tras la ola de aire siberiano, una de aire polar/ Tromba marina frente a Málaga”, añadía nuevos datos: “con una base de unos 100 metros de diámetro y una altura de 500 m permaneció cerca de la playa de Málaga [Huelin] por espacio de un cuarto de hora y después se fue mar adentro”³⁵. Sin embargo, en la información publicada el mismo día por *ABC* se afirmaba que se había originado en el extremo opuesto de la ciudad, en la costa este: “La tromba nació a poca distancia de la playa de La Malagueta con una base de seis kilómetros, con elevación del agua de 500 metros”³⁶. Las noticias meteorológicas que publicaron el

día anterior al de la formación de la tromba (el 7 de marzo) ambos diarios nacionales (*ABC* y *La Vanguardia*) fueron marcadamente diferentes. El diario barcelonés constataba en su titular la “Ola de frío” en España y, en la sección de “*Tiempo probable*”, reproducía el parte del Servicio Meteorológico Nacional, que aparentemente no predecía el temporal que se avecinaba en la costa andaluza mediterránea³⁷. Simultáneamente *ABC* incluyó la cetera previsión firmada por el meteorólogo José Sánchez Egea: “Puede venir un temporal de lluvia y nieve”, con un balance claramente invernal para la primera semana del mes de marzo³⁸.

Tanto el día confirmado de la tromba como el posterior coincidieron en presentar fuertes temporales, destacados en ambos periódicos. La tormenta que azotó a Málaga el 8 de marzo fue descrita al día siguiente por *La Vanguardia* (9/3/1971), cuando constataba en su titular el cese de la entrada de aire siberiano: “Málaga: Viento huracanado de Levante, con velocidad de 35 a 45 nudos ha azotado Málaga, a la vez que caía una fuerte cortina de lluvia. El viento produjo caída de farolas y anuncios y hasta se ha llevado un kiosko de periódicos. En la localidad de Antequera ha caído una fuerte nevada”³⁹. Seguidamente irrumpiría el aire polar (“tras la ola de aire siberiano”) ⁴⁰. Aquel martes 9 de marzo, según *ABC*, fue a escala peninsular un día de “súbito temporal de nieves”⁴¹, caracterizado por un “rigor climato-

³³Erraba el diario *ABC* al señalar que el fenómeno se produjo el día 9 de marzo, mientras que el periódico local *SUR* y *La Vanguardia* confirmaban que la tromba se produjo la víspera.

³⁴[*SUR*, 10/III/1971]: “Tromba marina en Málaga”: “El pasado lunes [día 8] y durante la tormenta con agua y granizo que se abatió sobre nuestra ciudad, hubo también una gigantesca tromba marina que se acercó peligrosamente a nuestra costa. La magnífica fotografía que damos hoy fue tomada por un aficionado, D. Mariano Rubio Orsi, desde la Térmica. Durante un cuarto de hora la tromba recorrió parte de aquel litoral acercándose hasta unos 500 metros de la playa. Afortunadamente poco después se alejó perdiendo fuerza hasta desaparecer”.

³⁵Según noticias recibidas de Málaga: ese fuerte temporal “coincidió con la formación de una gran tromba marina en las proximidades de la Térmica del barrio de Huelin. La tromba, con una base de unos 100 metros de diámetro y una altura de 500 m permaneció cerca de la playa de Málaga por espacio de un cuarto de hora y después se fue mar adentro” [Málaga, 9]: “A causa de las lluvias y fuerte granizada, esta última de más de veinte minutos de duración, las carreteras de acceso a Málaga quedaron parcialmente cortadas. En la carretera N-321, entre los kilómetros 540 y 543, se circula con grandes dificultades, así como en el puerto de La Pedriza [...]. El fuerte temporal de ayer [8 marzo] coincidió con la formación de una gran tromba marina en las proximidades de la Térmica del barrio de Huelin... [Titular: “Tras la ola de aire siberiano, una de aire polar/ Tromba marina frente a Málaga”: *La Vanguardia*, día 10 marzo, p. 6].

³⁶*ABC*, miércoles 10 marzo, página 38.

³⁷[*La Vanguardia*, 7/III/1971, página 6]: “Ola de frío [en España]”: 1) Parte del Servicio Meteorológico Nacional: [...] Tiempo probable: Cielo nuboso, con riesgo de chubascos en la mitad oriental del Cantábrico, Alto Ebro, norte de Cataluña y Baleares, que serán de nieve en puntos de la cordillera cantábrico-pirenaica. Cubierto en el golfo de Cádiz y zona del Estrecho, con precipitaciones que aumentarán al final del día [...]. Vientos del Este en el Estrecho y NO en Canarias. Ligero aumento de temperatura en el tercio sur de la Península. [...] Temperaturas extremas: máxima, 20 °, en Sevilla. Mínima, 12° bajo cero, en Teruel.

³⁸“Presidida por el buen tiempo en cuanto al estado del cielo se refiere” (cielos generalmente despejados y soleados, con escasas lluvias, nevadas en el Norte). Situación que contrastaba con la marcada variación termométrica en ese mismo periodo: “a causa de la invasión del aire del NE, progresivamente fresco [...]. Extendiéndose esta semana las heladas por todo el interior de Galicia [...] alcanzando] Alta Andalucía y Baleares. [...] El aire sobre la Península es frío, procedente de la nevada Europa, y el anticiclón británico mantiene el flujo del NE. Si este anticiclón se eleva de latitud, la borrasca de Canarias, primero, y otra que hay en el Atlántico, sobre nuestras latitudes, alcanzarían la Península, y entonces la nieve volvería a cubrir los campos para deshacerse después con las lluvias que posteriormente vendrían. Es una posibilidad que existe y que apuntamos [...]”.

³⁹Anónimo: “Ha cesado la entrada de aire siberiano”: *La Vanguardia*, 9/III/1971, página 4.

⁴⁰*La Vanguardia*, 10/III/1971.

⁴¹Días 9 y 10/III/1971: “Súbito temporal de nieves” [*ABC*, 10/III/1971, página. 38].

lógico sin precedentes en la mayor parte del país⁴². La misma fuente también describió el intenso temporal (de agua, viento y granizo) que azotó a la capital malagueña ese mismo día (se recogieron 83 litros/m²) y los destrozos ocasionados en el puerto, particularmente en el dique de Levante y en un barco pesquero que fue estrellado contra el muelle⁴³.

Mayor desconcierto se produciría cuando en las siguientes semanas volvió a divulgarse la noticia del ya famoso “tornado” o tromba marina de Málaga. Concretamente el 15 de marzo la agencia londinense de noticias de prensa ‘Keystone’ distribuyó, al menos en Gran Bretaña y EE. UU.⁴⁴, una fotografía del mencionado Mariano Rubio con la información que consta en su reverso, en la que por equivocación se retrasa en siete días la fecha verdadera del “tornado” marítimo, que en realidad fue una tromba marina o *waterspout*⁴⁵. Cinco días después, el 20 de marzo, la revista ilustrada de distribución nacional *Blanco y Negro* reproduce la misma instantánea y la escueta nota de prensa⁴⁶. Acertadamente aclara que era una tromba pero no señalaba la aparente fecha real de su formación, como había publicado su periódico hermano *ABC* días antes.

Podemos confirmar que la tromba se formó por la tarde del 8 de marzo de 1971 según los datos meteorológicos del aeropuerto de la capital. El predictor aeronáutico Quinto Cheli Briales, aunque no menciona la formación de la tromba en la costa, resume las características del temporal de aquel día en el aeropuerto: “La situación del tiempo, a la vista de las últimas cartas (500 mbs 00Z, Superficie 00Z y 06Z), de las que se deducen la concurrencia de los factores –convergencia de vientos, y curvatura ciclónica (de intensidades imprevisibles); humedad y condensación muy abundantes; e inestabilidad latente máxima–, planteaba la probable evolución hacia el Temporal⁵.”

Hasta el momento de la realización del pronóstico, los efectos del mal tiempo en el área de Málaga, venían sucediéndose laminarmente, entre niveles de espesores no determinados; pero en su evolución, era muy probable que estrepitosamente se rompiera este equilibrio y diese paso a corrientes verticales intensas [...]”.

El Boletín del Servicio Meteorológico Nacional del día 8 marzo informaba: “En las últimas 24 horas el cielo ha estado cubierto o muy nuboso en el Cantábrico occidental, Duero, Centro, Extremadura, Andalucía, litoral mediterráneo y Baleares. Ha nevado de forma moderada en las cordilleras Central y Penibética y ambas mesetas. Ha llovido copiosamente en la Costa del Sol y de forma débil en Valencia, Sureste y Baleares. La nubosidad más escasa ha correspondido a Galicia, Ebro y Canarias. Las temperaturas máximas han sido algo superiores a los cero grados en las zonas nevadas”; “Temperaturas extremas (de las capitales peninsulares): 14° (Cádiz, Huelva y Sevilla) / -8° (León)”; “Estación de Má-

laga (A): Temperaturas Max. (10) y Min. (8). Precipitación: Noche (9) y Día (58).”

En los mapas sinópticos de los análisis de superficie y de 500 hPa de las 12 UTC del 8 de marzo del citado boletín, que se muestran en la figura 9, se puede apreciar en el mapa de 500 hPa la existencia de circulación ciclónica con temperaturas inferiores a -28 °C sobre toda la Península, indicativo de gran inestabilidad termodinámica, y un centro de bajas presiones en superficie en el oeste de Andalucía y una dorsal sobre Almería.

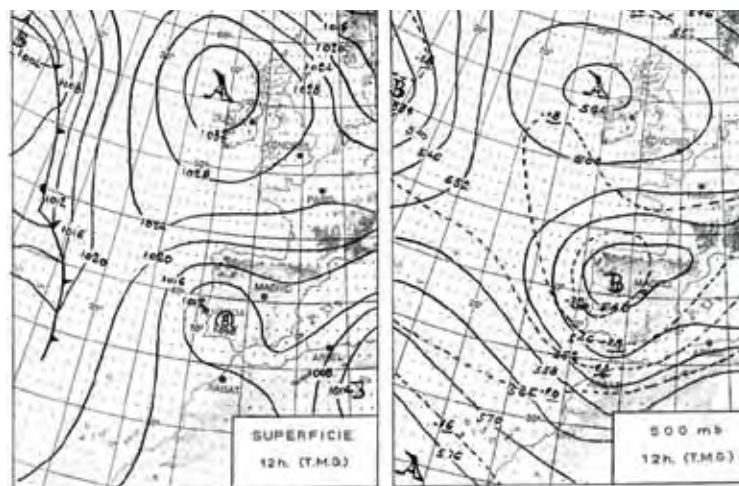


Figura 9. Izquierda: Análisis de la presión a nivel del mar (en hPa) y frentes; derecha: análisis de la altura del geopotencial (dm) y de la temperatura en 500 hPa (°C), de las 12 UTC del día 8/III/1971. Fuente: Boletín Diario del Servicio Meteorológico Nacional.

Tres destacados documentos gráficos, obtenidos desde un par de ubicaciones distintas en la ciudad, nos han permitido conocer la evolución de esa tromba marina desde diferentes ángulos. En la figura 10 se muestran tres fotografías tomadas por la tarde del 8 de marzo de 1971 por dos aficionados malagueños (Mariano Rubio y Manuel Garrido). La primera fue reproducida en la prensa local [*SUR*] y nacional [*Blanco y Negro*], divulgándose también internacionalmente.

Volvemos al informe de Quinto Cheli para resolver alguna de las incertidumbres planteadas y hacer algunas disquisiciones sobre el probable desarrollo de la tromba marina: a las 11:20 UTC se observa por primera vez tormenta al NNO del aeropuerto y se emite el siguiente aviso “Sigmet 1120Z: Tormenta con aparato eléctrico al N. del Aeropuerto, extendiéndose al mismo. Prob QNT 48 Kts”. A las 12 Z se emite un informe meteorológico aeronáutico (metar) informando tormenta y viento procedente del rumbo 140° de 30 kt (nudos) y rachas de 45 kt (55 km/h

⁴²Casi toda la Península, batida por un formidable temporal de nieve [...]. Temperaturas de 20° negativos en zonas del Pirineo y Campoo (Santander). 23 horas nevó ininterrumpidamente en Madrid...” [ABC, 9/III/1971].

⁴³ABC, 9/III/1971, página 17. Edición de las 4:00 AM.

⁴⁴<http://www.alamy.com/stock-photo-mar-15-1971-malaga-andalucia-spain-gigantic-tornado-of-the-sea-taken-69452364.html>
<http://www.diomedia.com/stock-photo-weather-image17874267.html> [Ambas consultadas el 19/XII/2016].

⁴⁵March 15 th. 1971: Impressive Picture of Tornado: This impressive picture of the gigantic tornado of the sea, was taken off the coast of Malaga, Spain. The water reached a height of 500 m and the photograph was taken by an amateur, Mariano Rubio Orst, of Malaga [Figura 10, izquierda].

⁴⁶Anónimo. 1971: Tromba Marina en Málaga: “Málaga se ha visto azotada por una fuerte tormenta, que en el mar estuvo acompañada de una gigantesca tromba marina. El agua llegó a alcanzar una altura de más de 500 metros. La cámara de D. Mariano Rubio Orsi, un aficionado malagueño, supo captar esta escena”. [*Blanco y Negro* (Madrid), 20/III/1971, página 65].

Las Trombas Marinas de Sant Feliu de Guíxols (2/IX/1965) y Málaga (8/III/1971):

ENTRE LAS MÁS MEDIÁTICAS DEL SIGLO XX (PARTE II)



Figura 10. Izquierda: Fotografía de Mariano Rubio, obtenida desde “La Térmica”, que reprodujo el diario local SUR y distribuyó internacionalmente la agencia de noticias ‘Keystone’, con la información que consta en el reverso del original [Archivo de Juan Pérez-Rubín]. Centro: fotografía posterior publicada recientemente por la AEMET (“del blog de D. Mancebo”), tomada también desde La Térmica. Derecha: Instantánea inédita, desde otro ángulo y a unos 3 Km de distancia en línea recta, que obtuvo Manuel Garrido Sánchez (barrio Tiro de Pichón).

con rachas de 83 km/h), levante fuerte, que indicaba la gran intensidad del viento que alimentaba la tormenta resultado de sus fuertes corrientes ascendentes que causó diversos desperfectos en la ciudad. Las tormentas se sucedieron durante casi 4 horas. A las 14:30 UTC (15:30 h oficial) se emite un metar indicando granizo en el aeropuerto y viento del norte de 20 kt con rachas de 35 kt y 9 °C de temperatura. Esta corriente de aire frío dirigida hacia el mar, producto de las descendencias de aire en la tormenta, fue probablemente la que provocó en su parte delantera (*flanking line*) la formación de la tromba, quizá producida en un salto hidráulico, en una secuencia parecida a la que ocurrió en la formación del tornado EF2 de 1 de febrero de 2009⁴⁷.

Para dilucidar la trayectoria de la tromba hacemos uso de los reanálisis ERA20C del CEPPM. En la parte de arriba la figura 11 se observa que en las proximidades de Málaga vientos del SE en 925 hPa, del S en 850 hPa y del OSO en 700 hPa, o sea que giran anticiclónicamente con la altura, lo que indica advección cálida, y además la intensidad crece con la altura, lo cual indica una helicidad grande que favorece los movimientos verticales intensos, que con la existencia de una inestabilidad moderada tuvo como consecuencia las intensas tormentas que afectaron a Málaga que en su etapa final provocaron el desarrollo de la tromba marina. En principio el desarrollo nuboso que se produjo en paralelo el desarrollo de la tromba habría afectado a los niveles más bajos, y ambos se desplazarían en la dirección marcada por los vientos en 925 y 850 hPa o sea hacia el

norte, acercándose a la ciudad por su parte oeste (siendo máximo acercamiento en el momento de las fotos de Mariano Rubio desde la Térmica). Posteriormente el crecimiento vertical de la nube convectiva hizo que entraran en juego los vientos de componente oeste de la troposfera media que desviaron y aceleraron el desplazamiento de la tromba en dirección OSO. Después

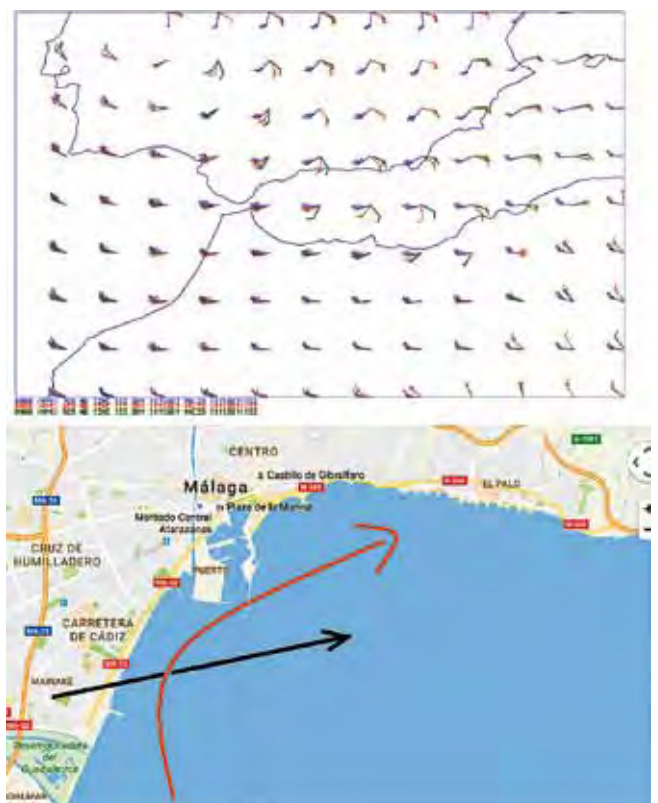


Figura 11. Arriba: Vientos a las 15 UTC del 8 de marzo, de los reanálisis ERA20C del CEPPM: en 925 hPa (verde), en 850 hPa (rojo), y en 700 hPa (azul). Abajo: En rojo la trayectoria esquemática de la tromba marina sobre un mapa de la ciudad actual. En negro la dirección en que fueron tomadas las fotos desde las instalaciones de la Térmica.

⁴⁷Sánchez-Laulhé, J.M: El tornado de Málaga del 1 de Febrero de 2009, 2009. Tiempo y Clima; Vol. 5, Num 24, 34-36.

de pasar cerca de los espigones del puerto donde causó algún daño, se dispó frente a la playa de la Malagueta. En la parte de inferior de la figura 11 se muestra un esquema de la trayectoria que, salvo en su tramo inicial, estuvo marcada por la evolución del desarrollo convectivo.

Para tener una idea de la intensidad de la tromba marina de Málaga procedemos de manera similar a como hicimos con la de Sant Feliu, usando la aproximación de Rankine con las dimensiones obtenidas de las fotos de la figura 10: En este caso la dimensión vertical la extraemos de la información del *metar* de la 14 Z de LEMG, que cifraba la base de Cu y Cb a 2000 ft, o sea unos 600 m. En relación a esa dimensión, el radio de la zona con agua pulverizada es $r_p \sim 184$ metros, y el radio de la velocidad máxima $R \sim 55$ m, por lo que, usando las ecuaciones (1) la velocidad máxima tangencial sería de $V_0 \sim 60$ m/s. Esto es, se trataría de una tromba situada en el extremo superior del rango de la categoría EF2 (49 a 61 m/s), por lo que no descartamos que pudiera haber alcanzado en algún momento la intensidad de un EF3.

En este caso se advierte una asimetría en los niveles bajos en el lado derecho de la tromba en la fotografía central de la figura 10, lo que dado que creemos que la tromba se alejaba del fotógrafo hacia el oeste, se trataría de una tromba ciclónica.

CONCLUSIONES

Consultando las crónicas periodísticas de ambos años conocemos la completa información que se divulgó a la ciudadanía (textos, mapas de isóbaras y fotografías); aunque con datos erróneos y contradictorios que hemos intentado depurar. Más grave es el reprochable sensacionalismo de una guía meteorológica del siglo XXI que ha convertido a la “inocente” tromba catalana, acompañada de la conocida foto de H. Hoflinger, en devastadora y mortal para seis personas: “*This waterspout off the coast of Spain killed six people as it dumped tons of water onto a pier*”⁴⁸.

Las dos trombas marinas analizadas ocurrieron en condiciones ambientales muy frías, con inestabilidad termodinámica moderada, aunque seguramente alta en capas bajas de la atmósfera sobre el mar, pero de muy distinta helicidad. La de la Costa Brava, cuya intensidad hemos evaluado como EF1, en un ambiente de helicidad baja, y la de la Costa del Sol, en el límite EF2-EF3, en un ambiente de helicidad alta.

A menudo la génesis de las trombas marinas y de los tornados no mesociclónicos (*landspouts*) acompaña al propio proceso de inicio de la convección. Para estos vórtices, en ambiente de poca cizalladura vertical del viento en el que las corrientes ascendentes pueden permanecer suficiente tiempo sobre los misociclones para intensificarlos hasta tornados por estiramiento. Lee y Wilhelmson⁴⁹ (modelo LW) distinguen la siguientes etapas del ciclo de vida: (1) formación de misociclones en la frontera entre las masas de aire; (2) interacción y mezcla de mesociclones: los misociclones mayores resultantes pueden forzar convección profunda; (3) desarrollo de la tromba o del *landspout* cuando el estiramiento

en niveles bajos debido al desarrollo de la convección profunda hace que los mesociclones alcancen la intensidad de tornado; (4) etapa final de madurez en el que la tromba alcanza su máxima intensidad al interactuar la tromba con una corriente fría generada por la precipitación de un núcleo convectivo próximo, antes de que cause la (5) disipación de la tromba.

En las dos trombas españolas revisadas (y en otras muchas observadas posteriormente) las corrientes frías de la etapa 4 muy probablemente procedían de tierra, descargadas hacia el mar por células convectivas sobre la franja costera en su etapa madura. En el caso de Málaga, la aparentemente rápida formación de la tromba tras esta corriente formada sobre tierra sugiere la hipótesis de que se generara antes de que la convección fuera profunda, causada por la aceleración vertical en niveles bajos, provocada, bien por el aumento de la convergencia de viento al rodear la corriente fría al misociclón inicial, o bien por un salto hidráulico y la transformación de vorticidad horizontal en vertical. Ese salto se formaría en la corriente fría, que habría alcanzado velocidades supercríticas al pasar de tierra al mar, en su vuelta a su estado subcrítico. Este proceso podría explicar los casos extraordinarios de trombas fuertes (EF2 o mayores), como la que aquí tratamos de Málaga de 1971, o el citado tornado del 1 de febrero de 2009 también en esta misma ciudad, cuya fase inicial también pudo haberse desarrollado sobre el mar. Ambos vórtices ocurrieron en un ambiente de gran cizalladura vertical, desde la superficie hasta niveles altos, y moderada inestabilidad, que sobre tierra generaron tormentas. En estos casos, dado que las corrientes verticales ascendentes asociados a la nube convectiva, una vez que alcanza los niveles medios, no podrían permanecer sobre los misociclones el tiempo necesario para generar el tornado, habría que cambiar la secuencia del modelo LW: La formación del tornado ocurriría antes de que la convección alcanzara los niveles medios de la troposfera.

En otras trombas observadas sobre el Mediterráneo, estas invasiones de aire frío de tierra no parecen provenir de un núcleo convectivo inmediato, sino que alcanzarían al mar por corredores costeros intramontañosos en situaciones de flujos de aire frío procedentes de latitudes más altas. En estos se propiciaría la formación de las trombas por los efectos por convergencia en los misociclones y por el aumento de la inestabilización termodinámica de la capa límite marítima, y podría explicar en parte la gran diferencia de frecuencia de tornados entre la costa norte peninsular y la costa mediterránea (también hay mayor frecuencia de vórtices tornádicos en las costas este y sur de las islas Británicas⁵⁰).

AGRADECIMIENTOS: a Elena Morato Pérez, de la Unidad de Documentación Meteorológica de AEMET (Madrid), por sus indicaciones y la documentación histórica facilitada; a María Jesús Arévalo García-Navas, Jefa de la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Málaga de AEMET, que entre la documentación histórica almacenada en esa dependencia halló el informe de Quinto Cheli Briales.

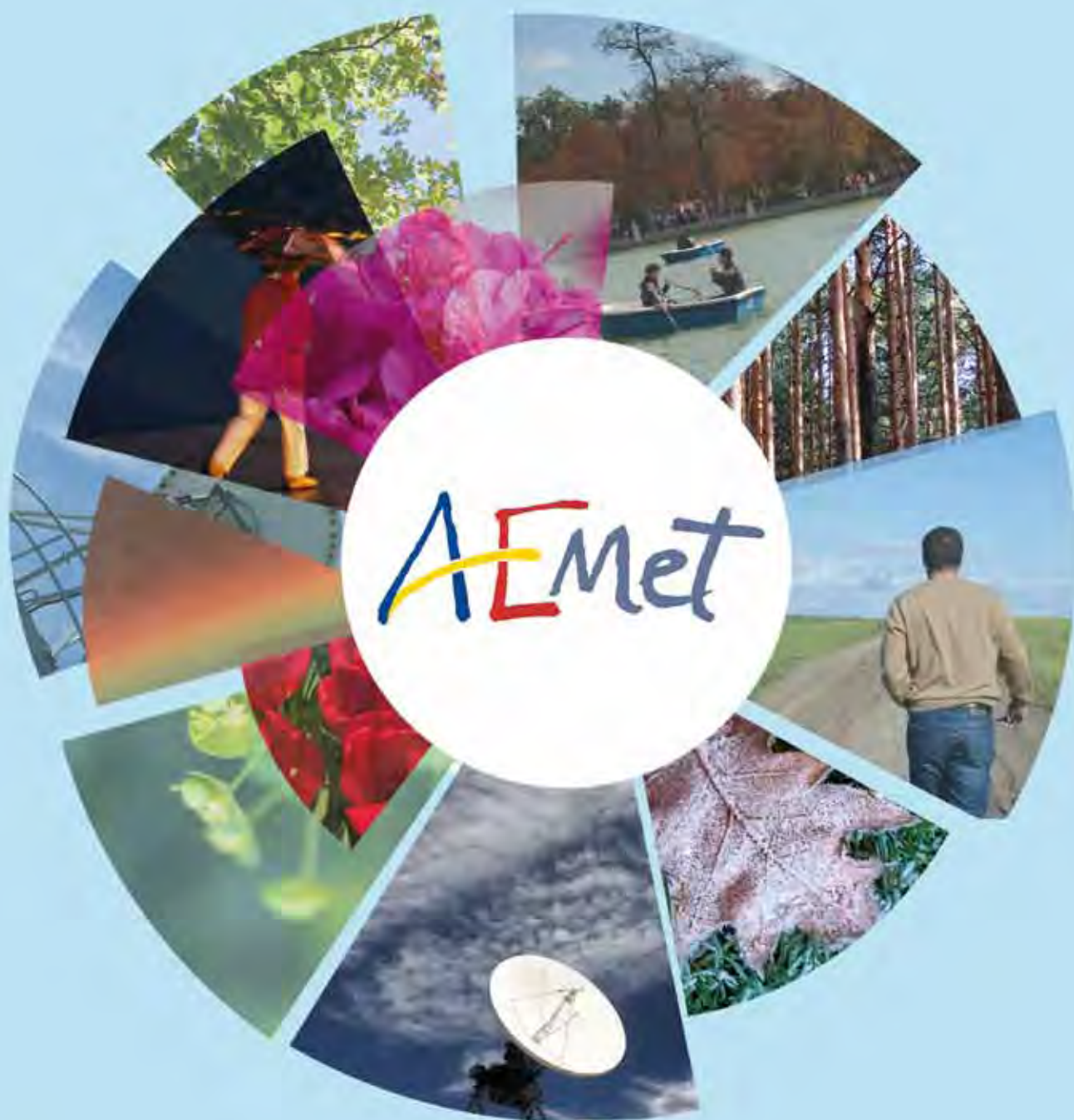
⁴⁸Allaby, M., 2006: *DK Guide to Weather*. Dorling Kindersley Limited.

⁴⁹Lee, B. D., y R. B. Wilhelmson, 1997: *The numerical simulation of non-supercell tornadogenesis. Part I: Initiation and evolution of pretornadic misocyclone and circulations along a dry outflow boundary*. *J. Atmos. Sci.*, 54, 32–60.

⁵⁰Mulder, K. and D. Schultz, 2015: *Climatology, Storm Morphologies, and Environments of Tornadoes in the British Isles: 1980–2012*. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 2224–2240.

POR DELANTE DEL TIEMPO

www.aemet.es



Mucho más que
una predicción...