

TROMBAS MARINAS Y SU CLIMATOLOGÍA EN CANARIAS

Miguel Hernández Martínez de la Peña, Cristina Cardós Fernández, Ernesto Barrera Rodríguez, Ricardo Sanz Barajas

Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife. Delegación Territorial de Canarias

1. INTRODUCCIÓN

Las trombas marinas han despertado siempre fascinación, curiosidad y, sobre todo entre los navegantes, respeto.

Aunque *tromba marina* sea el apelativo oficial, muchos son los nombres que se dan a este fenómeno: *manga marina*, *manga de agua*, *tuba* o hasta el pintoresco “*rabo de nube*” inmortalizado en una canción de Silvio Rodríguez.



Figura 1. *Dos casos de trombas en Canarias. A la izquierda, en la costa W de Lanzarote (Gustavo Medina, 2009). A la derecha, gran tromba en Puerto de la Cruz, Tenerife (Juan J. González, 2004).*

Descripción del fenómeno:

Brevemente pueden definirse como tornados sobre el agua. Esto es, una columna de aire en rotación muy rápida que se extiende desde una nube de tipo cumuliforme hasta la superficie acuosa (generalmente el mar).

En promedio, la duración de estos fenómenos suele variar entre 5 y 10 minutos, y su velocidad de traslación es de 5 a 20 Km/h. Las trombas son, por lo general, de menor intensidad que los tornados: en éstas, la velocidad máxima del viento en rotación no

suele superar los 130 Km/h, mientras que en el caso de aquellos pueden llegar a exceder los 400 Km/h. Sin embargo, no debe despreciarse el poder nocivo de las trombas, ya que suele ser en las costas donde interactúan con el medio humano, y en dichos lugares las infraestructuras y vehículos no son tan resistentes como tierra adentro.

Una característica común de trombas (y tornados) es la nube embudo que usualmente los acompaña y que no debe confundirse con la tromba en sí. Estas nubes son debidas a la humedad del aire que es absorbido por la columna en rotación desde los alrededores hacia arriba (ver Fig. 2). Conforme el aire asciende, la humedad que éste alberga puede llegar a condensarse debido a las condiciones de temperatura y baja presión y aparece entonces la clásica nube en forma de embudo, también llamada *tuba*. A partir del nivel de condensación, la forma de esta nube adopta la configuración del aire en rotación, siendo ésta la característica más vistosa para los observadores de estos fenómenos.

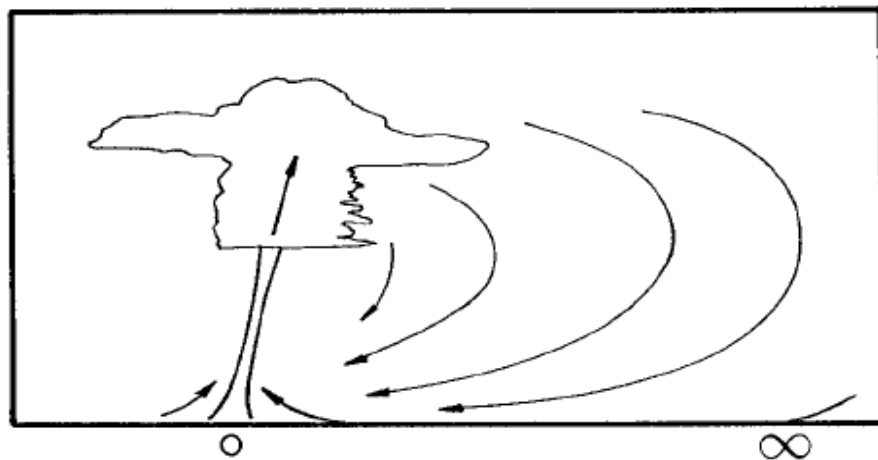


Figura 2. Diagrama esquemático del flujo en una tromba marina (no a escala). Tomado de Rennó y Bluestein [4].

La frecuencia con que las trombas marinas ocurren en el globo es irregular, pues depende del mecanismo de formación que desencadena su aparición. En ciertos mares de aguas cálidas, como el Mediterráneo o el de los archipiélagos del sur de Florida [5,3], son relativamente frecuentes. En zonas de mares fríos (como es el caso de Canarias) son, en teoría, poco frecuentes [1]. Sin embargo, la falta de estudios globales asume hechos que no son del todo ciertos, como se comprobará.

Fases de una tromba:

Estudios realizados por Golden [2] en los Cayos de Florida han revelado que las trombas marinas se desarrollan en cinco fases:

Fase 1: La mancha oscura. Se forma un disco oscuro, casi negro, sobre la superficie del agua. La mera presencia de la mancha implica la existencia de la columna de aire rotante sobre el agua. Una pequeña nube embudo puede o no estar presente.

Fase 2: La espiral. Se forman bandas espirales en torno a la mancha negra. Las bandas alternan entre claras y oscuras.

Fase 3: El anillo de espuma. Sobre la mancha oscura comienza a formarse un torbellino de espuma a partir del agua levantada por el viento. Al mismo tiempo se inicia el desarrollo vertical de la nube embudo (tuba).

Fase 4: Madurez. El anillo de espuma y la tuba alcanzan su máxima longitud y diámetro.

Fase 5: Disipación. Sucede a veces de manera brusca, cuando cesa una de las condiciones que mantienen activa la tromba. Muchas veces la lluvia cercana intercepta la tromba y las corrientes de aire frío descendentes inician la disipación del fenómeno.

Condiciones de formación:

Existen dos agentes principales que originan el nacimiento de una tromba. El primero es la existencia corrientes verticales ascendentes y el segundo, la presencia de vorticidad moderada en niveles bajos de la capa límite.

La existencia de corrientes ascendentes puede ocurrir mediante varios mecanismos. Algunos bien conocidos son:

- Un perfil termodinámico de inestabilidad potencial junto con algún mecanismo de disparo.
- Alta temperatura en la superficie marina, que puede producir que el aire en contacto con la misma se caliente y ascienda por convección.
- La orografía o la confluencia de masas de aire también son factores capaces de causar movimientos verticales.

El movimiento rotatorio puede formarse por la confluencia de masas de aire de similar temperatura (líneas de convergencia). En ellas se tiende a producir mucha turbulencia y rotación. También es posible que se forme debido la interacción entre el flujo sinóptico del viento y las brisas de mar o tierra.

La disipación del fenómeno ocurre cuando alguno de los dos agentes anteriores desaparece. Tal es el caso en el que la tromba toca tierra o es alcanzada por la precipitación cercana (cese de las corrientes ascendentes del aire).

Clasificación de las trombas:

Los modelos de formación de mangas marinas no están suficientemente desarrollados y no se discuten en este artículo. En general las trombas han sido clasificadas en tornádicas y no tornádicas (llamadas también de “buen tiempo”).

En el primer caso se asume que el mecanismo de formación es similar al de un tornado clásico, salvo que el fenómeno ocurre en el mar. Recientemente, el término “tornádico” se intenta sustituir por “asociadas a tormentas” ya que no queda claro que el mecanismo de formación requiera la existencia de un mesovórtice de gran potencia, como es el caso de los tornados.

En el segundo caso, donde no hay grandes células tormentosas presentes, se piensa que el mecanismo está asociado a la combinación de cizalladura horizontal del viento a nivel del mar y altas temperaturas en la superficie del mismo [6].

Dada la falta de detalle de estos modelos, la predicción de estos eventos es extremadamente difícil.

2. EL PROYECTO DEL CENTRO METEOROLÓGICO DE TENERIFE

El Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife inició, a principios de 2009, un proyecto para el estudio de estos fenómenos en el archipiélago canario. El primer paso consistió en la recopilación de casos. Junto con las redes de observación de AEMET, se usaron fuentes externas dada la naturaleza microescalar de estos sucesos. La heterogeneidad de las fuentes (prensa, asociaciones meteorológicas, informes especiales de los Centro Meteorológicos, Base de Datos Europea de Tiempo Severo e informaciones de particulares) hizo necesaria una cuidada selección e inspección caso a caso. Se recopiló gran cantidad de información gráfica (fotografías y vídeos) así como descripciones visuales (tiempo presente, trayectorias,...). Existen errores sistemáticos debidos al método de recopilación, tales como la diferente densidad de población en las islas o las técnicas de captación de imágenes, que han ido evolucionando durante el período de estudio (2002-2008). Las conclusiones obtenidas están limitadas por estos sesgos.

Por otro lado, para cada evento confirmado se reunió un conjunto de observaciones anejas: sondeos termodinámicos, temperatura de la superficie marina, modelo mesoescalar de viento y temperatura MM5 y reanálisis del modelo del Centro Europeo.

Resultados:

Climatología:

Desde 2002 a 2008 se contabilizaron en las islas 35 casos de trombas marinas (ver Fig. 3). Este número es mayor de lo esperado si lo comparamos con estudios realizados en otros lugares. Téngase en cuenta que, debido al método de recopilación, este valor sólo representa un límite inferior al número real de casos. Por término medio ocurren, al menos, unas 5 trombas marinas en el archipiélago por año.

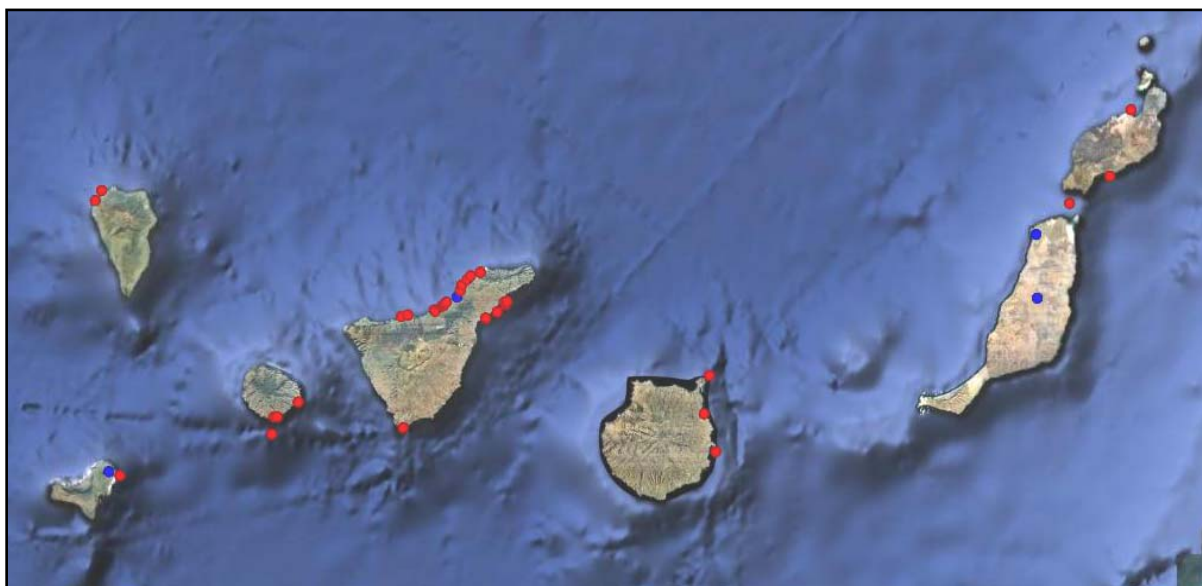


Figura 3: Distribución de trombas y tornados en Canarias durante el período 2002 a 2008. En rojo los casos de trombas marinas. En azul los casos de tornados.

Con estos datos se procedió a realizar un estudio climatológico básico de trombas marinas en Canarias. Los resultados pueden resumirse como sigue:

- a) La distribución de los fenómenos es heterogénea (ver Fig. 3). En condiciones sinópticas similares, existen zonas de mayor concentración que otras, observándose una alta densidad de casos en el litoral norte de Tenerife comparado con el de otras islas. La configuración del relieve juega, sin duda, un importante papel en su formación.
- b) La distribución estacional (ver Fig. 4) muestra que la estación estival es la menos propicia para la **génesis** de trombas. Por el contrario, la primavera y el otoño, seguidas del invierno, son las estaciones más favorables. Sin duda, este resultado, distinto al de otros lugares como Florida o el Mediterráneo, nos indica que el tipo de sucesos que ocurre en Canarias está fundamentalmente asociado a tormentas y frentes más que a inestabilidad ligada a la alta temperatura del mar. Las trombas **canarias** son del tipo de las asociadas a tormentas. Se constató además que en la mayoría de los casos existía inestabilidad atmosférica, aunque no necesariamente alta.
- c) Finalmente, un estudio relativo al tipo de situaciones sinópticas en las que se han dado trombas, reflejó que las borrascas **atlánticas** (cuya trayectoria barre el archipiélago de W a E) con vientos asociados del NW, son los patrones más probables para la formación de trombas.

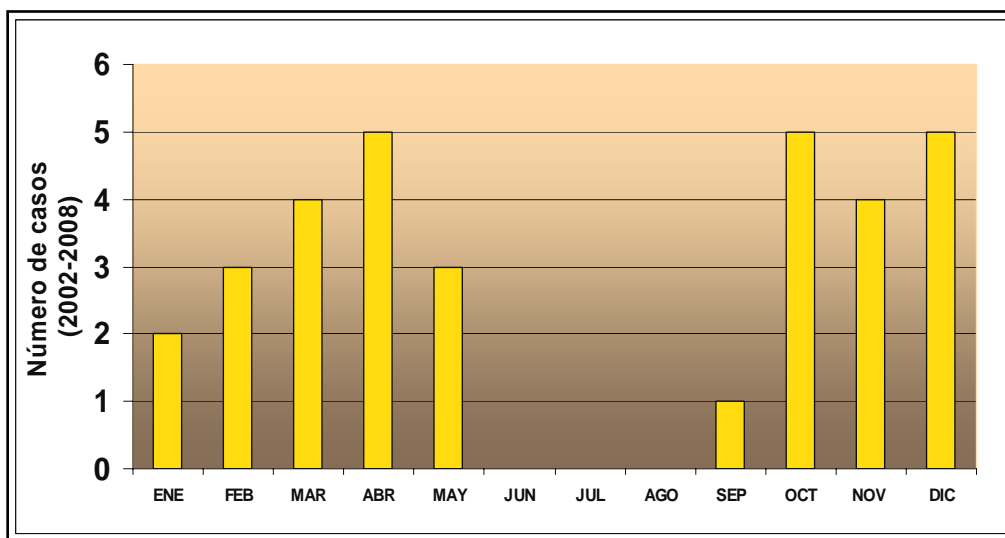


Figura 4: Distribución mensual de casos de trombas marinas en Canarias durante el período 2002 a 2008..

Predicción:

Como se apuntó anteriormente, los métodos numéricos de predicción son inaplicables para estos fenómenos dada la pequeña escaña espacial y temporal en la que ocurren. Se han desarrollado métodos alternativos, entre los que cabe destacar el implementado por el Servicio Meteorológico canadiense. Se trata de un método empírico que utiliza dos variables para crear un diagrama, sobre el cual se grafican todas las trombas observadas. Las variables escogidas son, por un lado, la diferencia entre la temperatura superficial del mar y la del nivel de 850 hPa (lo que da una

estimación de la capacidad de convección) y, por otro, el espesor de la nube convectiva, que se halla como la diferencia entre el nivel de equilibrio y el nivel de condensación por altura.

Una vez dispuestas sobre el diagrama, las trombas marinas observadas definen zonas con condiciones favorables para su formación (área definida entre línea roja continua y discontinua en Fig.5). Así, cuando el pronóstico meteorológico tradicional predice valores dentro de estas zonas, es probable que se den trombas marinas.

Este método tiene un relativo éxito, sobre todo en los Grandes Lagos (Canadá) y en el Mediterráneo oriental [3], aunque no es del todo efectivo.

Los puntos en la figura 5 representan los casos de trombas canarias recopilados en este estudio.

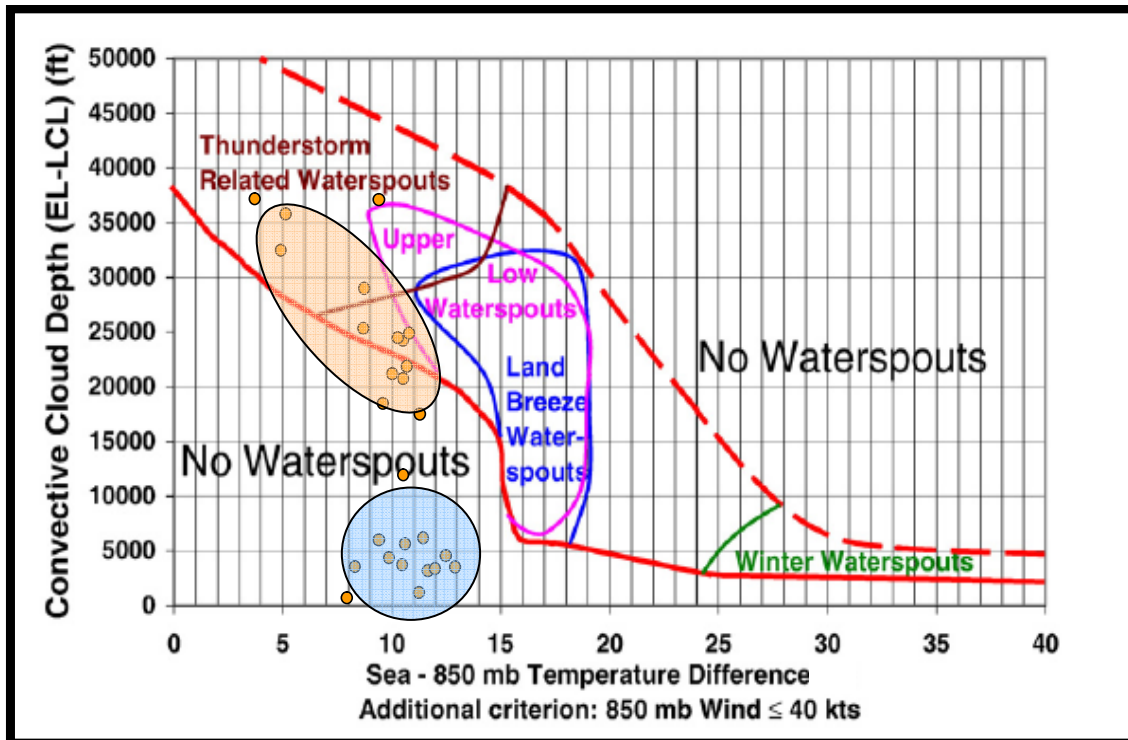


Figura 5: Diagrama de predicción de Szilagyí. Las regiones sombreadas indican, cualitativamente, las dos zonas en las que se distribuyen las trombas en Canarias.

Esta distribución es interesante por varios motivos. En primer lugar, resalta el hecho de que las trombas en las islas quedan distribuidas en dos zonas. Una de ellas coincide *grosso modo* con los límites predefinidos (zona anaranjada en la Fig.5). Sin embargo, un segundo grupo, bastante compacto, se dispone en una zona alejada de dichos límites (zona azulada en la Fig. 5). Por otro lado, cabe destacar que el rango en que se mueve la variable térmica es relativamente pequeño: un 85% de las trombas se distribuye en un rango de diferencia de temperatura de sólo 5°C. Finalmente, parece que, entre los casos “tornádicos” el espesor de las nubes convectivas no llega a ser tan grande como lo esperado.

3. CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

Todas estas diferencias necesitan una explicación [7]. Por el momento, pueden apuntarse algunas ideas de por qué existen dichas anomalías:

1. Originalmente, el diagrama se diseñó empíricamente en relación a los casos de trombas marinas de los Grandes Lagos, en Canadá. Las trombas canarias estudiadas (de tipo costero y asociadas con aguas oceánicas) pueden presentar características diferentes.
2. Otro factor importante es la Corriente de Canarias, de carácter frío en relación con aguas de su misma latitud. No es probable que estas trombas tengan su génesis en una gran diferencia de temperatura entre la superficie marina y los niveles intermedios de la atmósfera.

Recientemente se han observado trombas en el Mar Báltico en condiciones muy parecidas a las de Canarias [8].

Los resultados de esta investigación son novedosos en la meteorología de Canarias. Aún queda bastante por analizar, en concreto los modelos conceptuales locales que originan el fenómeno, así como una mejora en el método de predicción ajustando el diagrama para el caso de Canarias. Para ello es muy importante disponer de la mayor cantidad de sucesos posibles, por lo que animamos a la población a que anote y comunique al Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife todos los casos observados.



Figura 6: *Tromba asociada a una tormenta en la isla de La Gomera. Autor: José Aguilar Darias, 2008.*

Finalmente queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a los miembros de las asociaciones de aficionados a la meteorología de Canarias, **CLIMA7** y, en particular, **ACANMET** por la colaboración y el entusiasmo que sus miembros han mostrado con este proyecto. Así como a todas las personas que desinteresadamente han puesto a nuestra disposición información e imágenes.

Referencias:

- [1] Golden, J. "Waterspouts", Encyclopaedia of Atmospheric Sciences, Ed. Holton, J., 2002.
- [2] Golden, J. "The Life Cycle of Florida Keys' Waterspouts. I", Journal of Applied Meteorology, 13.
- [3] Keul, A. et al "Prognosis of Central-Eastern Mediterranean waterspouts", Atmos. Res., 2008.
- [4] Rennó y Bluestein "A Simple Theory for Waterspouts". AMS. Vol. 58, Issue 2, 2001.
- [5] Gayá, M. et al. "Tornadoes and Waterspouts in the Balearic Islands: Phenomena and Environment Characterization". Atmospheric Research 56, 2001.
- [6] Wakimoto, R. "Non-supercell Tornadoes" Monthly Weather Review. Vol 117. 1989
- [7] Barrera, E. et al. "Waterspout-Tornado Events in the Canary Islands". European Geosciences Union, 2009. Poster presentation EGU2009-5211.
- [8] Dotzek, N. et al. "Waterspouts over the North and Baltic Seas: Observations and climatology, prediction and reporting" Meteorologische Zeitschrift, Vol. 19, No. 1, 2010.