

# Trombas marinas y su climatología en Canarias.

Miguel Hernández, Cristina Cardós, Ernesto Barrera y Ricardo Sanz

AEMET, Santa Cruz de Tenerife.



**Figura 1:** Trombas en la costa oeste de Lanzarote. Abril, 2009.  
Autor: Gustavo Medina Rodríguez (ACANMET).

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, desde *manga marina*, *manga de agua*, *tuba* o hasta el pintoresco *rabo de nube* immortalizado en una canción de Silvio Rodríguez.

## Descripción del fenómeno

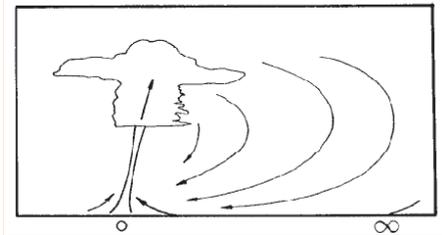
Brevemente pueden definirse como tornados sobre el agua. Esto es, una columna de aire en rotación muy rápida que se extiende desde una nube de tipo cumuliforme hasta la superficie acuosa (generalmente el mar).

La duración de estos fenómenos se puede estimar entre 5 y 10 minutos, y su velocidad de traslación en unos 5-20 Km/h. Las trombas son, por lo general, de menor intensidad que los tornados: en las trombas, la velocidad máxima del viento en rotación no suele superar los 130 Km/h, mientras que en el caso de tornados ésta puede exceder los 500 Km/h. Sin embargo, no debe despreciarse el poder nocivo de las trombas, ya que suele ser en las costas donde interactúan más 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 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.

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



**Figura 2:** Diagrama de una tromba marina (no a escala) indicando el flujo aproximado en un corte vertical. Tomado de Rennó y Bluestein [4].

## 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 unas 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: La madurez.** El anillo de espuma y la tuba alcanzan su máxima longitud y diámetro.

**Fase 5: La 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. Para llegar a la fase de madurez han de darse y mantenerse ambos. El primero es la existencia de convección, entendida como movimiento ascendente del aire, y el segundo la rotación sostenida del aire. Para lograr la convección existen varios mecanismos. Algunos bien conocidos son:

- Un perfil termodinámico inestable, que puede hacer que el aire menos denso ascienda rápidamente.
- Un mar cálido puede producir un aumento en la temperatura del aire con el que está en contacto y el ascenso del mismo.
- La orografía u otras masas de aire también son factores capaces de causar movimientos verticales.

El movimiento rotatorio puede formarse por la confluencia de masas de aire de igual temperatura. Al encontrarse bajo cierto ángulo, dichas masas tienden a producir turbulencia y rotación. 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 la convección del aire).

### Clasificación de las trombas

Los modelos de formación de mangas marinas no están suficientemente desarrollados y no se discutirán en este artículo. En general las trombas han sido clasificadas en tornádicas y no tornádicas (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 sea exactamente el de un tornado. 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 complejidad de estos modelos, es extremadamente difícil la predicción de estos eventos.

### El proyecto del Centro Meteorológico de Santa Cruz 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. Los primeros pasos consistieron en la recopilación de casos. Necesariamente hubo de utilizarse fuentes externas a las redes de observación sinópticas de AEMET dada la naturaleza microescalar de estos sucesos. La heterogeneidad de las fuentes (prensa, asociaciones meteorológicas, informes especiales de los Centros Meteorológicos, Base de Datos Europea de Tiempo Severo e informaciones de particulares) hizo necesaria una cuidada selección e inspección de cada caso. Se recopiló gran cantidad de fotografías, videos, datos de campo, etc. Asimismo, hay que tener en cuenta los diferentes 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.

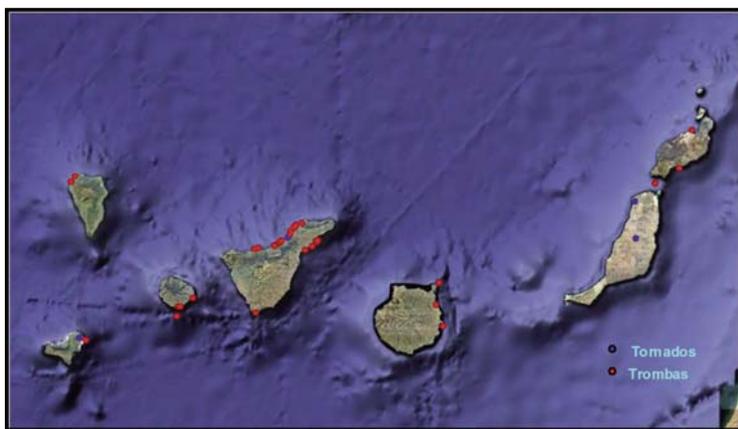
Por otro lado, para cada evento confirmado se reunió un conjunto de observaciones anejas: sondeos termodinámicos, temperatura de la superficie marina, modelo mesoescalar de viento y temperatura MM5 y reanálisis del modelo del Centro Europeo.



**Figura 3:** Tromba asociada a una tormenta en la isla de La Gomera. Diciembre 2008. Autor: José Aguilar Darías.

### Resultados

**1) Climatología:** Desde 2002 a 2008 se contabilizaron en las islas 35 casos de trombas marinas (ver fig. 4). 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



**Figura 4:** Ocurrencias de tornados y trombas marinas en Canarias en el período 2002-2008. Nótese que la localización de tornados es casi siempre muy cercana a la costa.

representa un límite inferior al número real de casos. Por término medio ocurren, al menos, unas 5 trombas marinas en el archipiélago por año.

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. 4). Con similares características, existen zonas de mayor concentración que otras, observándose una alta densidad de casos en el norte de Tenerife comparado con el litoral este de Gran Canaria. Esto implica que el relieve juega, sin duda, un papel importante en su formación.

b) La distribución estacional (ver fig. 5) 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 la inestabilidad ligada a la alta temperatura del mar. Las trombas canarias no son del tipo de “buen tiempo”.

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 generación de trombas.

**2) Capacidad predictiva:** Como se apuntó anteriormente, los métodos clásicos de predicción son inaplicables para estos fenómenos dada su efímera naturaleza espacial y temporal. Se han desarrollado algunos alternativos, entre los que cabe destacar el método de Szilagyi implementado por el servicio meteorológico canadiense (MSC). Se trata de un método empírico que utiliza dos variables para gene-

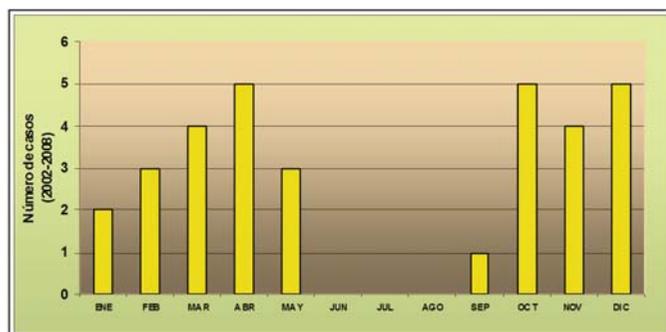
rar un diagrama, el cual determina bajo qué condiciones se dan las trombas. Las variables escogidas son, por un lado, la diferencia entre la temperatura superficial del mar y la del nivel de 850 hPa (lo que da una estimación del potencial térmico disponible para la convección) y, por otro, el espesor de la nube convectiva, que se halla como la diferencia entre el nivel de equilibrio y el nivel de condensación por altura.

Sobre dicho diagrama se representa un gran número de trombas marinas, quedando definidas unas zonas favorables para su formación (área definida entre línea roja continua y discontinua en Fig. 6). Así, cuando el pronóstico para estas variables entra dentro de ese rango, es probable que ocurran trombas marinas.

Este método tiene un relativo éxito, sobre todo en los Grandes Lagos (Canadá) y en el Mediterráneo oriental [3], aunque aún falta mucho para que sea efectivo.

Los puntos en la figura 6 representan los casos de trombas canarias.

Esta distribución es interesante por varios motivos. En primer lugar, resalta el hecho de que las trombas en las



**Figura 5:** Distribución mensual del número total de casos durante el período 2002-2008. Durante la estación veraniega no existen informes de trombas en ninguna de las fuentes estudiadas.

islas quedan distribuidas en dos zonas. Una de ellas coincide grosso modo con los límites predefinidos (zona anaranjada en la Fig. 6). Sin embargo, un segundo grupo, bastante compacto, se dispone en una zona alejada de dichos límites (zona azulada en la Fig. 6). Por otro lado, cabe destacar que la amplitud térmica de las trombas es relativamente pequeña: un 85% de los casos se distribuye en un rango de diferencia de temperatura de sólo 5°C. Finalmente, parece que, entre los casos “clásicos” el espesor de las nubes convectivas no llega a ser tan grande como lo esperado.

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

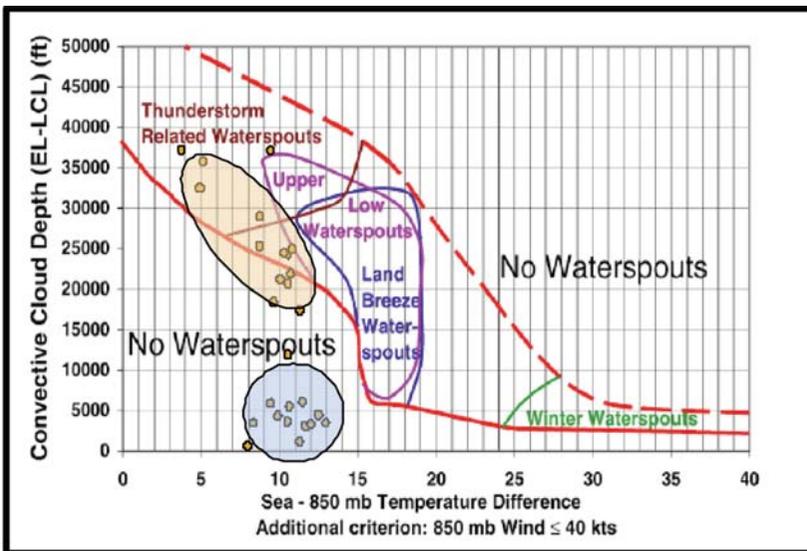


Figura 6: Diagrama de predicción de Szilagyi. Las regiones sombreadas indican, cualitativamente, las dos zonas de concentración de trombas en Canarias.

1.- Originalmente, el diagrama se diseñó empíricamente en relación a los casos de trombas marinas de los Grandes Lagos. Las trombas canarias estudiadas (de tipo costero y asociadas a 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 las trombas de Canarias tengan su génesis en una gran diferencia de temperatura entre la superficie marina y los niveles medios de la atmósfera.

**Conclusión y agradecimientos**

Los resultados de esta investigación, que continúa en la actualidad, son novedosos en la meteorología de Canarias. Aún queda bastante por analizar, en concreto un análisis sobre los modelos 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.

Aprovechamos la ocasión para solicitar la colaboración de testigos de alguna tromba marina o tornado en el archipiélago. Pueden enviar un correo a las direcciones [mhernandez@inm.es](mailto:mhernandez@inm.es) o [ccardos@inm.es](mailto:ccardos@inm.es) informando del caso.

Finalmente queremos expresar nuestro 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., in print, 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*. EGU, 2009. Poster presentation EGU2009-5211



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

Servicio telefónico permanente de información meteorológica (24 horas al día)

**GENERAL PARA ESPAÑA**

**807 170 365**

**PROVINCIAL Y AUTONÓMICA**

**807 170 3**

(Completar con las dos cifras del código provincial)

MARÍTIMA

Balears	<b>807 170 370</b>
Mediterráneo	<b>807 170 371</b>
Cantábrico/Galicia (costera)	<b>807 170 372</b>
Canarias/Andalucía Occidental (costera)	<b>807 170 373</b>
Atlántico alta mar	<b>807 170 374</b>

DE MONTAÑA

Pirineos	<b>807 170 380</b>
Picos de Europa	<b>807 170 381</b>
Sierra de Madrid	<b>807 170 382</b>
Sistema Ibérico	<b>807 170 383</b>
Sierra Nevada	<b>807 170 384</b>
Sierra de Gredos	<b>807 170 385</b>