

LAS MANGAS O TROMBAS MARINAS

José Antonio Gallego

Introducción

La primera publicación que existe centrada en trombas marinas es un pequeño tratado de doce páginas publicado en Filadelfia (EEUU) en 1840. Se trata de una comunicación científica de Robert Hare hecha unos años antes a la Sociedad Filosófica Americana (*Transactions of the American Philosophical Society*, New Series Vol. V, c.1835). El autor relata el paso de una tromba marina por New Brunswick y New Jersey en junio de 1835, incluyendo medidas de la electricidad atmosférica. A la comunicación le acompaña una memoria del científico francés J.-C. Peltier, donde se explican las causas que originan estos meteoros, lo que representa el primer estudio científico sobre la cuestión.

A finales del siglo XIX, el popular divulgador científico francés Camille Flammarion incluía en su obra “La Atmósfera” un capítulo dedicado a las trombas. Al inicio de ese capítulo citaba textualmente el primer párrafo de la memoria de Peltier, que decía lo siguiente: “Entre los grandes meteoros que suelen perturbar el orden aparente y la armonía de la naturaleza, entre los grandes fenómenos que llevan el terror y la desolación por dondequiera que se presentan, hay uno notable por sus formas raras y gigantescas, por las fuerzas extrañas a que obedece al parecer, por las leyes desconocidas y en apariencia contradictorias que le rigen, y en fin, por los desastres que ocasiona. Estos desastres van a su vez acompañados de circunstancias particulares tan extrañas, que no es posible confundir su causa con la de los otros meteoros no menos funestos para la humanidad. El amenazador meteorito que nos ocupa, tan extraordinario, y tan raro por fortuna en nuestras comarcas, es el que se conoce generalmente con el nombre de *Tromba*.”

No hemos encontrado en castellano muchas referencias que sean exclusivas de trombas o mangas marinas (“waterspouts” en inglés). Esta maravilla meteorológica queda normalmente unida al estudio de los tornados propiamente dichos, situándose como un apéndice dentro de los mismos. En este sentido conviene citar a estudiosos como Miguel Gayà (investigador del INM, en el Centro Meteorológico de Baleares), uno de los pocos que junto a otros como C. Ramis (del Grupo de Meteorología de la Facultad de Física, en la Universidad de las Islas Baleares) han estudiado éste y otros fenómenos de tiempo severo especialmente en el entorno del Mediterráneo Occidental. Bien es cierto que sobre todo los investigadores americanos, y en menor medida los australianos, se han ocupado de esta situación severa. Pero gran parte de la información que tenemos corresponde a reportajes de aficionados a la meteo, crónicas de periodistas de diarios locales y simples observadores ocasionales.

Aunque en honor a la verdad, la literatura exclusiva sobre las mangas es relativamente reciente incluso en inglés; y todavía hay que revisar trabajos tan lejanos en el tiempo como el de William Ferrel y su “A Popular Treatise on the Winds” que data de 1889. Y de hecho muchos elementos de la estructura de las mangas marinas y de su formación quedan todavía bastante desconocidos; especialmente los referentes a la constitución del vórtice dentro de la “nube nodriza” o “nube madre”. Aún así, tenemos varios modelos estructurales de las mangas, muy parecidos en lo esencial entre sí, y debidos a los estudios de Bundgaard o Rossman. Artículos de C.A. Doswell, o de O.N. Rennó han aportado también conocimiento sobre este tema. Pero sin duda la persona que más material ha recopilado por sus observaciones directas y más definitivos estudios ha

realizado sobre el asunto es Joseph H. Golden, científico perteneciente al NOAA, que desde finales de los años 60 viene estudiando con intensidad este fenómeno. Golden comprendió que si se quería estudiar las mangas marinas había que acercarse a ellas, y se dedicó a volar cerca de ellas siempre que podía con un viejo aeroplano T-6 modificado para el estudio fenómenos meteorológicos en el aire. También fue el primero que lanzó botes de humo flotantes desde el aeroplano para estudiar las direcciones de los vientos cerca de los vórtices.

Desde siempre hemos tenido conocimiento de este fenómeno, y los marineros lo temían como signo de la omnipotencia de los dioses, o de las fuerzas que regían la naturaleza. Evidentemente podía volcar sin problemas las antiguas y frágiles embarcaciones y empujar a los marineros a una muerte segura. Además, su presencia justamente en las épocas de mejor tiempo (como luego veremos) las hacía temibles. Existen grabados antiguos que lo atestiguan:



Fig.1.- Barcos en peligro por múltiples trombas marinas. En "Les Meteores", Margolle et Zurcher, 3rd Edition, 1869.



Fig.2.- Tromba marina en medio de una mar embravecida. En "La Atmósfera" de Camille Flammarion. Montaner y Simón eds., Barcelona, 1902.

El propio Golden, en un artículo de 1970 (“Waterspouts and tornadoes over south Florida”), nos presenta una definición efectiva de una manga: podemos definirla como un intenso vórtice en forma de columna que surge de una “nube-embudo” (funnel-cloud en inglés) de pequeñas dimensiones en su anchura, que llega a tocar una superficie de agua y que se descuelga desde una nube cumuliforme. Sin embargo, lo que más sorprende cuando uno se inicia en el conocimiento de las mangas marinas, es que esta nube no tiene por qué ser un gran cumulonimbus, sino que con mucha frecuencia surgen de largas líneas de cúmulos congestus. La mayor parte de las mangas surgen en zonas marítimas, especialmente en franjas costeras y con mucha menos frecuencia en zonas lacustres. En referencia a estos últimos lugares son muy famosas, y muy estudiadas, las mangas del lago Tahoe (26 de septiembre 1998) en Estados Unidos, aunque también se producen con frecuencia en los Grandes Lagos entre Canadá y EEUU, e incluso se tienen registros de mangas en el lago Titicaca (Andes). Según parece, el lugar del mundo más propicio para la formación de estos eventos son los cayos de Florida; allí se han llegado a reportar más de 400 mangas al año (1969). Incluso algún estudioso lanzó la idea, hace años, de que los fenómenos de accidentes relacionados con el triángulo de las Bermudas tenían que ver en algo con la abundancia de trombas marinas en esa región. También las encontramos con frecuencia en las costas del sur de Japón y en el mar de China.

En España, la costa mediterránea levantina y singularmente las Baleares revelan una buena cantidad de estos fenómenos: en concreto encontramos 50 mangas marinas entre los años 1989-1999 (M. Gaya, op. cit., pag. 266). Asimismo tenemos abundante constancia gráfica de trombas en el Cantábrico oriental.

Tom Grazulis (“The Tornado, Nature's Ultimate Windstorm”) distingue dos tipos de mangas marinas: las procedentes de tormentas severas, y que en realidad son pequeños tornados que comienzan en el agua y se adentran posteriormente en tierra (como algunas de las sucedidas en los episodios tornádicos de Barcelona en el 2005); y las mangas marinas propiamente dichas, con unas características propias de formación que veremos después.

Uno de los aspectos más curiosos de este fenómeno es que no es infrecuente que varias mangas surjan de la misma nube. No se sabe muy bien la razón, aunque existen varias teorías. De hecho, episodios de mangas marinas como el de la Colonia San Jordi (Mallorca) de octubre de 2004, los recientes de la costa de Barcelona en septiembre de este año 2005, o los propios hechos que relatamos en este mismo artículo, todos ellos han tenido presencia de varias mangas en un corto espacio de tiempo y en la misma línea de nubes. Como indico en otro lugar, incluso en la costa de Cantabria, durante el mes de septiembre de 2003, a la altura de Ubiarco-Santillana del Mar al menos cuatro funnel-clouds se descolgaron de la misma nube a un tiempo dando lugar a pequeñas columnas de condensación; este hecho ha sido refrendado a este articulista por varios guías de la Neocueva de Altamira, en Santillana del Mar.

Modelos conceptuales y características

Las dimensiones y la duración de una manga son variables, pero según diversos estudios y observaciones podemos afirmar que la mayor parte tienen una duración media de entre 5 y 15 minutos, aunque algunas se han llegado a desarrollar durante casi una hora. En la siguiente figura (Fig. 3) podemos observar la estructura normalizada de una manga marina y las medidas medias de una manga-tipo según los modelos y los estudios de Bundgaard (1953) a partir de una manga marina grabada en 16mm en Tampa Bay. Obviamente, las cifras pueden variar mucho dependiendo de la manga en cuestión. En ella observamos que la manga se descuelga de una línea de nubes más o

menos recta y estable (A), sin necesidad de que se produzcan nubes accesorias típicas en ciertos fenómenos severos como los pannus. La base de esta nube está a unos 600 metros de altura media (B); aunque por supuesto su base puede llegar a más de 1.000 metros de altura, o puede ser de sólo unos pocos centenares. Observamos también con cierta frecuencia una nube redondeada que algunos estudiosos llaman “nube collar” (C1) de la cual sale una funnel-cloud (C2), o nube-embudo, que posee la forma de cono invertido y que está en el origen de la vistosa y larga línea de condensación que desciende. Esta nube-embudo tiene un diámetro medio de entre 30-50 metros en su base. Después vemos la famosa zona delgada de condensación que tanto nos atrae (D) y que no siempre desciende en línea recta, antes bien, forma con frecuencia ligeras curvaturas que se inclinan hasta tocar el mar. Esa larga trompa suele tener un diámetro medio de 12 metros, aunque otros modelos proponen las cifras menos estrictas de 10-25 metros. La parte inferior nos muestra una zona llamada de “spray” (E) formada por grandes masas de agua elevándose alrededor del vórtice, de altura variable pero que alcanza incluso los 100-130 metros, y con una anchura media de 40 metros. Lejos de esa zona de “spray” y de fuertes vientos, la velocidad media del viento en superficie no es especialmente alta (F) unos 25 km/h. Sin embargo, según algunos modelos, la velocidad de los vientos en ascenso a lo largo de la manga (G) es de unos 70 km/h. Y las nubes que generan las mangas se desplazan curiosamente más rápidas que los vientos en superficie cerca del vórtice inferior. Mientras que la manga marina se desplaza ella misma a una velocidad en torno a los 18-20 km/h. La zona más interesante, quizás, es justamente esa zona de contacto con el mar, llamada “nódulo extractor” (H) en la que la manga extrae literalmente el agua de una pequeña zona y la lanza hacia arriba con fuerza provocando, por así decirlo, un pequeña cavidad o agujero en el agua. Así lo indican modelos como el de Rossman (1960). Vemos, pues, que no son descabelladas esas viejas historias de las riberas mediterráneas de grandes tormentas que hacían llover peces y tortugas...Esta pequeña depresión en el agua a la que nos referimos se produce por una masa de aire que desciende vertiginosamente por la manga. Esta masa de aire posteriormente asciende por la parte externa de la trompa ayudada por los fuertes vientos en forma de vórtice que, en el caso del modelo propuesto por Bundgaard y recogido por JH Golden, llevan un giro ciclónico ascendente. Como su estructura no es excesivamente grande, no se ve especialmente influida por la fuerza de Coriolis y así encontramos también trombas con giro anticiclónico.

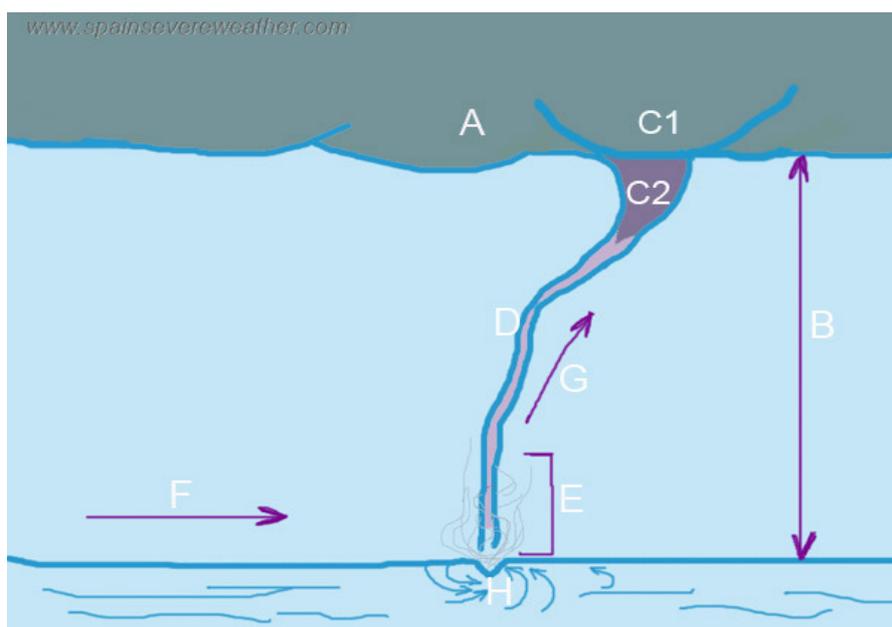


Fig. 3.- Modelo conceptual de una manga marina. Los caracteres hacen referencia a lo comentado en el párrafo superior.

Internamente, una tromba marina tiene una estructura muy peculiar y merece la pena dedicarle unas líneas. Sabemos que dentro de una tromba marina en su madurez existen grandes cambios de presión, pero realmente no tenemos series medidas; el único dato fiable de medición dentro de una manga marina lo aporta Chollet, quien en 1958 refiere el caso de una nave que atravesó una tromba y cuyo barómetro cayó 21 mb en pocos segundos. Como mostramos en la figura 4, se cree que dentro de la tromba existe una pequeña zona de alta presión con aire descendente (J) frío, y una zona más amplia de baja presión con aire ascendente más cálido que rodea a la anterior (K). Entre las dos se va formando una cubierta de condensación, que es una verdadera pared y que a su vez tiene una estructura turbulenta de remolinos (L) (Fig. 5). Como esta pared hacia el exterior tiene una textura muy densa, tenemos la impresión bastante certera de que nos encontramos ante una doble pared, como el doble techo de una tienda de campaña. Esto lo podemos observar en las fotografías de ciertas mangas en su fase de decadencia (ver Fig. 13). Por lo tanto, si hiciésemos un corte transversal a una tromba marina y midiésemos su temperatura, veríamos que la línea resultante formaría una M mayúscula (Fig. 6).

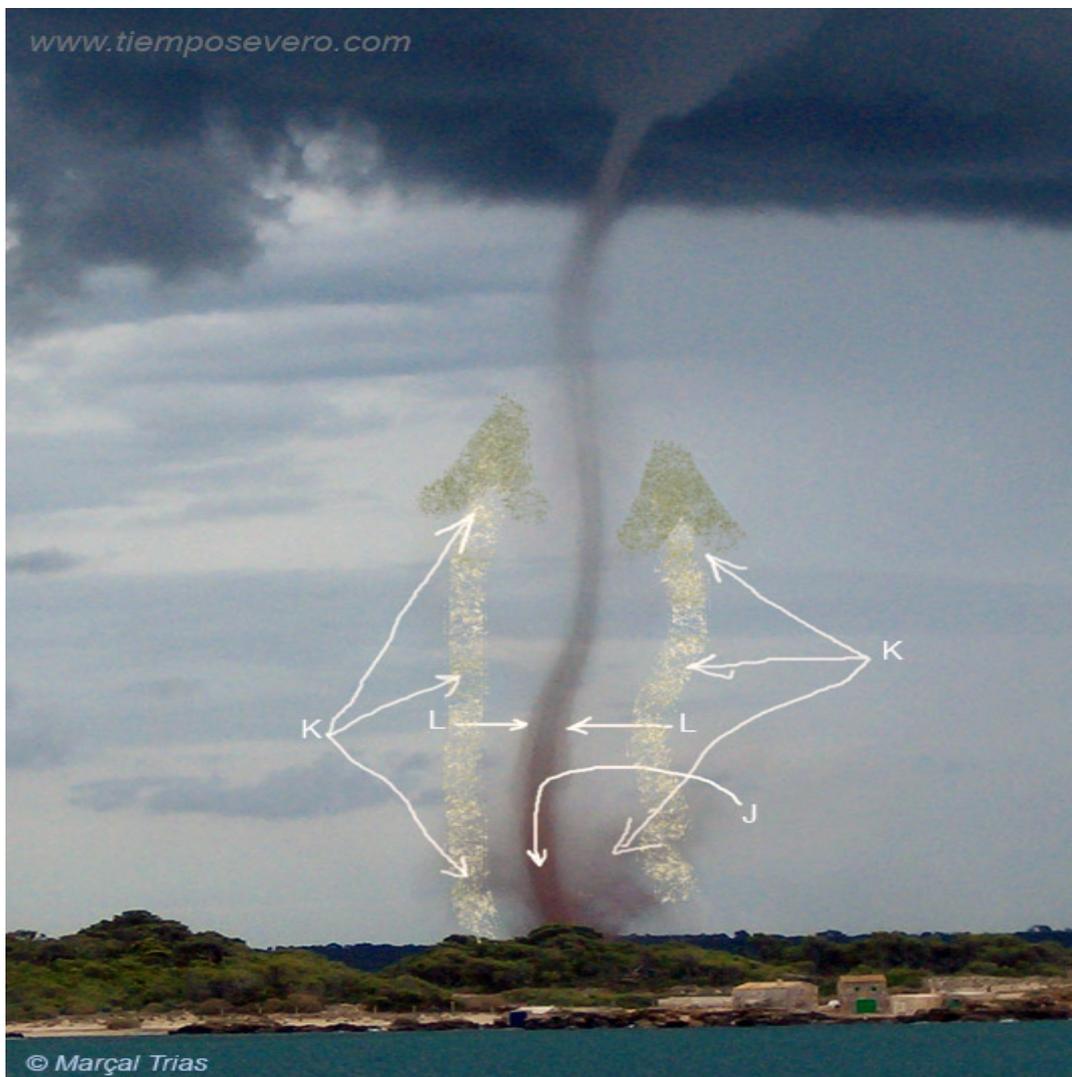


Fig. 4.- Manga marina en la Colonia S. Jordi, (Mallorca) 12 de octubre de 2004. Editado con indicaciones esquemáticas por J.A.Gallego.



Fig. 5: Manga marina en fase de decadencia, en la Colonia S. Jordi (Mallorca), 12 de octubre de 2004.

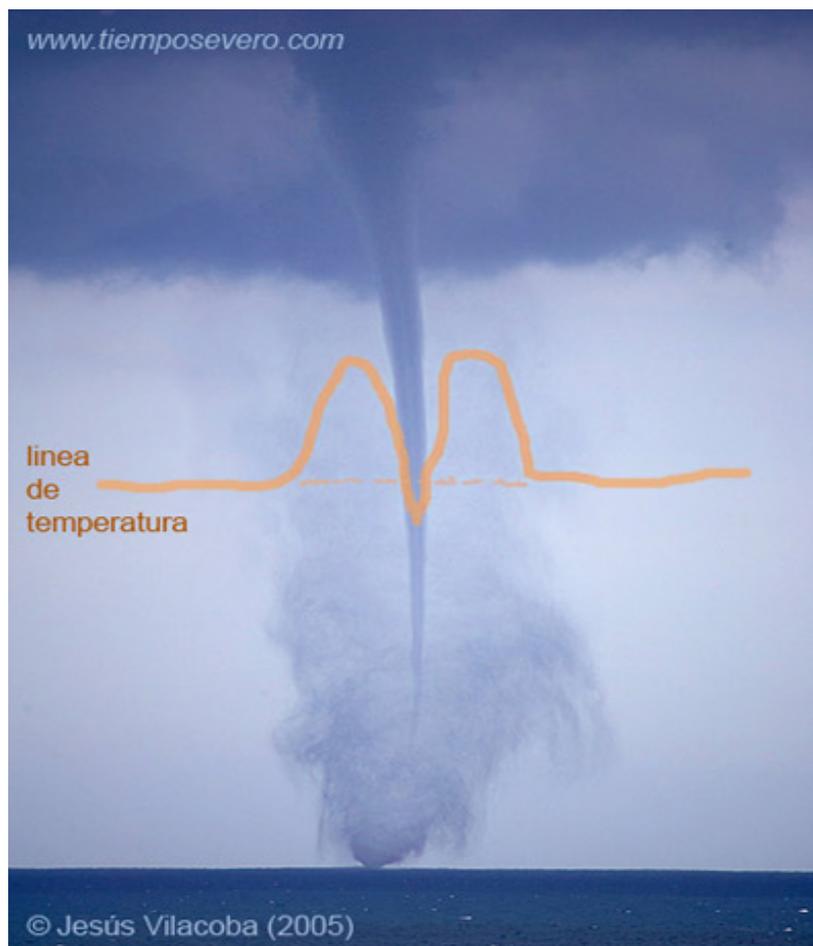


Fig. 6.- Estimación de línea de temperatura en una manga marina. Foto de una tromba en las costas de Vizcaya, 2004.

Las dimensiones de una manga marina suelen engañar al observador ya que al darse en el mar, o en grandes extensiones de agua dulce, en donde no hay elementos visuales de referencia puede dar la impresión de que es un fenómeno pequeño y solamente curioso. Sin embargo, como hemos visto en los párrafos anteriores, sus vientos y la altura del “cilindro de spray” son considerables y representan un verdadero peligro para embarcaciones medianas y pequeñas, así como un peligro extremo si al tocar costa no se deshacen inmediatamente y alcanzan a personas. Para calibrar su tamaño y su ferocidad finalizamos con esta imagen de una webcam en Florida en donde podemos observar su altura con respecto a personas, edificios y otras estructuras.



Fig. 7.- Manga marina en Biscayne Bay (Sur de Florida) el 12 de agosto de 2003. Propiedad del Nacional Weather Service Forecast Office of Miami.

Otros datos climatológicos

Ya hemos indicado cómo las mangas marinas, con frecuencia, aparecen en situaciones que no las podríamos considerar de tiempo severo. De hecho, se sabe que sólo un tanto por ciento pequeño de mangas marinas ocurren junto con tormentas con aparato eléctrico. En el caso de las estudiadas en Baleares, hablamos solamente del 25% ocurridas en día de tormenta cercana.

Las mangas marinas se pueden producir durante todo el año, aunque son muchísimo más corrientes en ciertos momentos. Como vemos en la figura siguiente, en general suelen producirse durante la estación cálida, aunque tienen dos picos claramente: junio por un lado, y el lapso de tiempo a partir de mediados de agosto hasta finales de septiembre por otro, siendo este último momento el más propicio. Los datos que aporta M. Gayà (op. cit. pag. 258) son en el mismo sentido, si bien con una tendencia mayor a ser el mes de septiembre el más afectado. Las reacciones que se producen entre ciertas

entradas de aire frío en superficie junto con la superficie del mar más cálida de lo habitual parece que son los responsables, aunque no los únicos. Los datos son referidos a “nubes-embudo” aparecidas en los cayos de Florida en el periodo 1958-1968, pero según nuestros datos la gráfica para nuestras costas no diferiría demasiado de la que presentamos. Por ejemplo, la manga marina razón de este artículo se produjo justamente el 10 de septiembre, y casi todas las fotos que presentamos son de trombas marinas ocurridas durante los meses de agosto y septiembre.

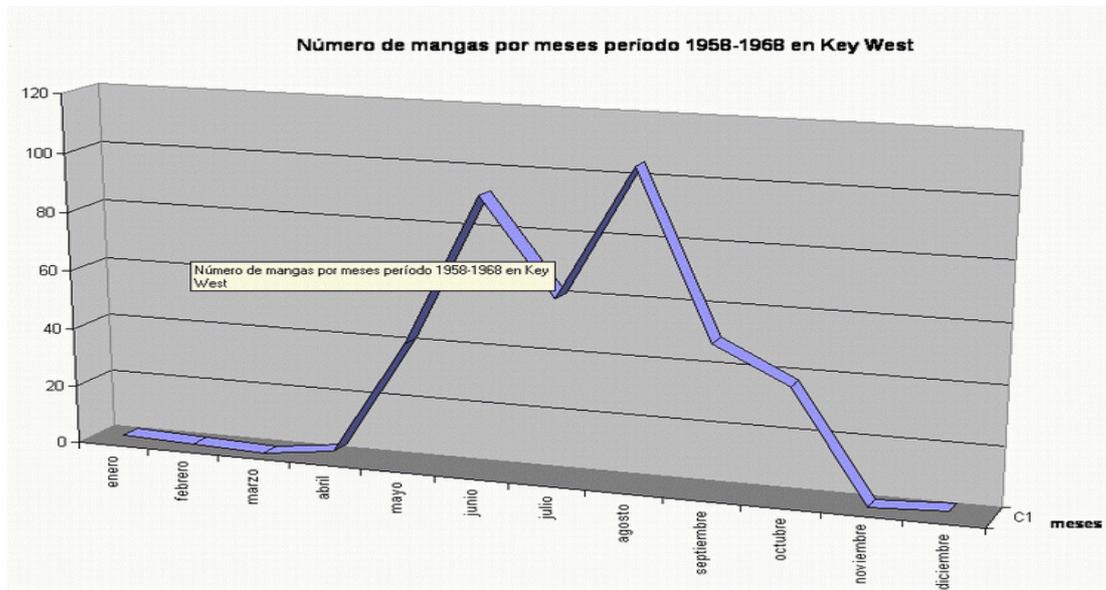


Fig. 8.- Número de mangas por meses en Key West. Elaboración propia a partir de datos de J H Golden.

Con los pocos datos de los que disponemos aquí en España hemos intentado hacer un pequeño esquema para conocer cuáles son los momentos del día más propicios para que se produzcan “nubes-embudo” que puedan dar lugar a mangas marinas. Consultando datos de los últimos tres años en los foros de meteorología, en las hemerotecas, y los propios datos de *Spainsevereweather*, y con las debilidades propias de un estudio tan somero, podemos extraer algunas conclusiones. Las horas del medio día y las de la tarde son las más propicias. No hemos encontrado datos de mangas completas, o en sus primeros estadios de desarrollo, en ciertas franjas horarias, como son las que van desde últimas horas de la tarde-principio de la noche hasta el final de la mañana siguiente. Los datos que aporta M. Gayà sobre tornados y mangas para las Baleares son parecidos, aunque con una mayor aparición de estos fenómenos severos antes de las 12h.; y él mismo indica que estos fenómenos suelen ocurrir con mayor frecuencia por la tarde (op. cit. pag. 259). Sin duda factores como la evaporación provocada por la acción del sol, y la diferencia de temperatura entre el agua y la tierra (cuya temperatura desciende mucho antes que la del agua en condiciones de entradas frías) tienen bastante que ver. Aunque, en ese sentido, no hay que descartar que las conclusiones presentadas en este trabajo o en otros como el citado de M. Gayà queden sesgadas por una menor presencia de observadores durante las horas nocturnas.

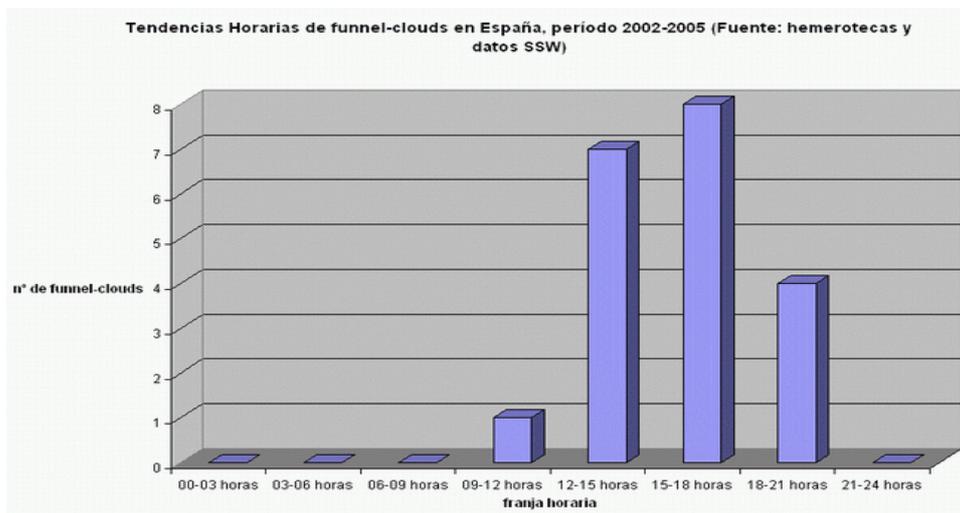


Fig. 9.- Tendencias horarias de “nubes-embudo” en España para el período 2002-2005. Elaboración a partir de datos de hemerotecas y datos propios.

Fases del ciclo de vida de una manga marina

Otro punto interesante son las distintas fases por las que pasa una tromba marina, desde que se va iniciando hasta que entra en su periodo de declive. Afortunadamente el archivo de imágenes de Spainsevereweather es extenso y podemos construir a partir de él la vida de una manga marina.

En un primer momento aparece un punto oscuro sobre el agua de entre 10 y 20 metros de diámetro aproximadamente. Este primer estadio no se puede apreciar desde tierra ni siquiera desde los barcos que estén a una cierta distancia, sólo si están muy cerca y se sobrevuela la zona. Los botes de humo lanzados en ciertos estudios han demostrado que esa zona oscura se produce porque existen vientos en superficie en círculo que alteran la superficie normal del agua. El mar se agita, dejando en el centro una zona tranquila y que nos aparece como “oscura” (**K**), alrededor de la cual pueden verse ráfagas de viento que esporádicamente levantan agua.



Fig. 10.- Manga marina en Gibraltar, 12 de noviembre 2004.

Una segunda etapa se caracterizaría en primer lugar por el surgimiento de una nube-embudo (funnel-cloud) sobre la zona de vientos en superficie (N) y en segundo lugar por el giro claramente en espiral que adoptan los vientos y que tiene su reflejo en la superficie del mar.



Fig. 11: Nube-embudo en las costas de Ceuta, 4 de diciembre de 2004.

En la tercera etapa un anillo de agua levantada y pulverizada se puede observar con claridad. Se trata de una especie de cilindro irregular de agua pulverizada (O), al tiempo que una tuba fina (P) va buscando, desde la “nube-embudo”, encontrarse con ese anillo de agua. La velocidad del viento en superficie alrededor del anillo alcanza los 70 Km/h. A veces es invisible el vórtice, pero lo cierto es que está alcanzando la superficie del mar.



Fig. 12: Anillo de spray en una manga. Costa de Comillas (Cantabria) agosto 2004.

En la cuarta etapa de su formación la manga marina se presenta en todo su esplendor, en su madurez, y en ella el tubo de condensación (que no es otra cosa que aire muy húmedo que asciende rotando y se condensa en pequeñas gotitas por expansión) **(Q)** está ya perfectamente formado y tocando la superficie del mar. Con mucha frecuencia este tubo se cimbreo, se curva, adoptando formas extrañas a veces **(R)**. La zona de “spray” está plenamente formada y activa **(S)** y se constituye de minúsculas gotas de agua que se espesan y que según algunas teorías podrían estar formadas por dióxido de carbono y otros gases que entran en efervescencia por la baja presión súbita en el centro del vórtice. La velocidad de los vientos aumenta en los alrededores del vórtice normalmente hasta los 130 km/h de media.

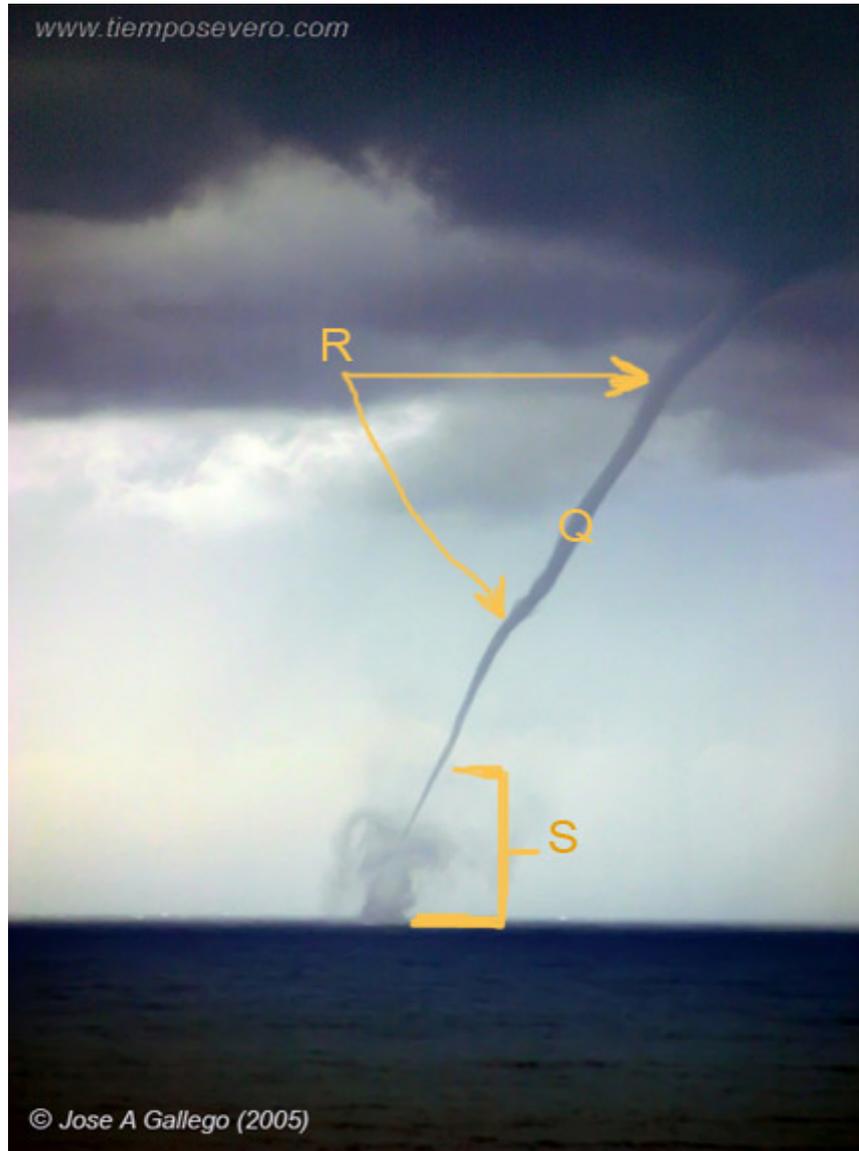


Fig. 13.- Tromba marina ya formada. Santander (Cantabria) 10 de septiembre de 2005.

En la última etapa de la vida de una manga ésta se disipa; normalmente de abajo hacia arriba **(T)**, es decir, se va disipando el anillo de spray, y el tubo de condensación va retrocediendo dejando ver a veces su estructura interna **(U)**. Esto se produce a veces cuando la manga toca tierra o bien cuando un pequeño chubasco refresca la temperatura y frena la elevación de los vientos cálidos a lo largo de la columna de condensación; y normalmente a esta disipación le sucede un chubasco intenso:



Fig. 14.- Tromba marina deshaciéndose al tocar tierra. Lekeitio (Vizcaya), 21 de agosto de 2005.

No deja de ser interesante que justamente las mangas marinas se producen en áreas donde no hay gran actividad de descargas eléctricas, ni grandes chubascos o lluvias entre las que surja la tromba. Antes al contrario: con frecuencia (y eso puede observarse en algunas fotografías que presentamos) las mangas se producen en pequeñas áreas de buen tiempo relativo, aunque con cúmulos congestus amenazantes. De todas las etapas que hemos visto las que más suelen durar son la primera y la cuarta; y algunas duran tan poco en ocasiones que podemos afirmar que hay mangas que pasan solamente por los estadios 1-3-4-5 o bien por 1-2-5. Algunas sólo tienen las dos primeras etapas y no llegan a la madurez.

En cuanto a la velocidad de viento que puede generar una manga, no tenemos muchos datos fiables homologados por aparatos meteorológicos. Sólo datos procedentes de modelos en ordenador o laboratorio. Sin embargo, el estudio detallado por parte de los especialistas americanos de los videos de que se dispone hoy, y de la fotometría avanzada nos indican algunas certidumbres. La primera es que en las inmediaciones de los vórtices (pero lejos de su influencia) los vientos no son muy fuertes, con frecuencia de unos 20-25 km/h. Sin embargo, conforme nos acercamos al vórtice de la manga marina descubrimos vientos que rondan los 110 Km/h, y que pueden llegar a alcanzar los 185 km/h como en el caso del estudio de una manga en Lower Matecumbe Key (Florida) por parte del citado J. H. Golden. Sin embargo, se estima, a la vista de los destrozos de algunas mangas y del estudio de ciertos videos, que los vientos de muchas de ellas alcanzan los 225 km/h. Curiosamente, las medidas de velocidad de los vientos no son mayores en el mismo vórtice, antes bien, disminuyen en un momento dado cuando nos adentramos dentro del “anillo de spray” (S). Por ello, y con los datos que proporciona el propio JH Golden, hemos elaborado un gráfico “radial” de los vientos:

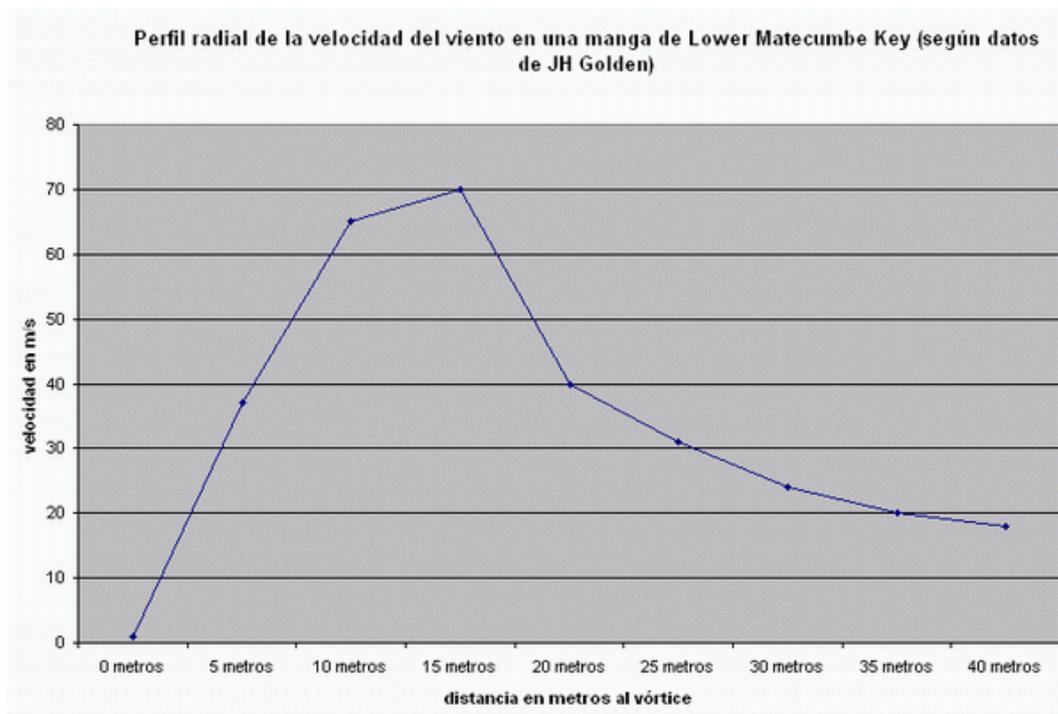


Fig. 15.- Perfil radial de la velocidad del viento en una manga de Lower Matecumbe Key. Elaboración propia según datos de JH Golden.

En el gráfico (léase de derecha a izquierda), observamos que la velocidad del viento va aumentando exponencialmente conforme nos acercamos al centro de la manga, hasta llegar a un límite que podemos situar entre los 10 y 15 metros. Después el viento disminuye hasta hacerse casi “inexistente” en el centro de la manga. Entrecorramos la palabra “inexistente” porque en el centro de la manga sí que hay movimientos fuertes de aire, pero como hemos indicado antes se trata de flujos de aire frío que proceden de la zona más alta de la manga marina.

Bibliografía:

- Bundgaard, Robert C., “On the Formation and Development of Waterspouts,” Detachment 4, Headquarters, Air Weather Service, Mac Dill Air Force Base, Tampa, Florida., 1953, 29 pp. (referido por Golden, pero no publicado).
- Chollet Roger, “Waterspouts,” *Mariners Weather Log*, Vol. 2; No. 5, Sept. 1958, pp. 152-156.
- Ferrel, W., “A Popular Treatise on the Winds”, 1889.
- Flammarion, C., “La Atmósfera”, Montaner y Simón eds. Barcelona, 1902.
- Gayà M., V. Homar, R. Romero, C. Ramis, “Tornadoes and waterspouts in the Balearic Islands: phenomena and environment characterization”. *Atmospheric Research* 56 2001, pp 253–267.
- Golden Joseph H, “Waterspouts and tornadoes over south Florida”, *Monthly Weather Review*, Vol. 99, nº 2, 1970.

- Golden Joseph H, "Wild waterspouts over Lake Tahoe", Weatherwise 52, pp14-19. 1999.
- Grazulis Thomas P., "The Tornado, Nature's Ultimate Windstorm" Ed. Hardcover, marzo 2001.
- Jansà A. y C. Ramis. "Catalonian-Balearic Sea cyclogenesis" ALPEX Preliminary Results. 1982, WMO GARP n 7. 49-61.
- Jansà A., C. Ramis y S. Alonso, "Tormenta mediterránea del 15 de Noviembre de 1985: Mecanismo de disparo", Rev. de Meteorología. Nº 8. 7-19.
- Keith C. Heidorn, PhD, "The weather Doctor", October 1, 2002.
- Leverson VH, Sinclair PC y JH Golden "Waterspouts wind, temperature, and pressure structure deduced from aircraft measurements", Monthly Weather Review, Vol. 105, pp 725-733, 1986.
- Ramis C. y M. Ballester, "Ciclogénesis Catalano-Balear. Estudio del temporal de abril de 1978". Rev. de Geofísica. 40. 243-258.
- Ramis C., A. Jansà, S. Alonso y M.A. Heredia "Convección sobre el Mediterráneo occidental. Estudio sinóptico y observación remota". Rev. de Meteorología Nº 7, 59-82.