

INFLUENCIA DEL VIENTO SINÓPTICO Y LA ESTABILIDAD VERTICAL EN EL DESARROLLO DE LA BRISA DE MAR (CAMPAÑAS OLÍMPICAS DE BARCELONA 1991-1992)

Manuel Palomares Calderón

(Servicio de Relaciones Internacionales -Predictor Olímpico-, INM)

RESUMEN

Este trabajo pretende poner de relieve la concordancia entre los resultados de varios trabajos teóricos y la observación intensa que se realizó sobre los vientos locales de Barcelona en los veranos de 1991 y 1992. La comparación se centra en la influencia sobre la brisa de mar de la estabilidad vertical y el viento sinóptico, entendiéndose por éste el no originado por un gradiente térmico horizontal en la costa. Las observaciones recopiladas no constituyen un material exhaustivo y sin tratamiento estadístico tampoco. Se recogen sin embargo confirmaciones suficientemente significativas de los resultados teóricos sobre la influencia de los factores mencionados en el desarrollo de la brisa.

1. Introducción.

La brisa costera se origina por la existencia de un gradiente horizontal de temperatura provocado, en el caso de la brisa de mar, por el calentamiento diferencial durante el día de las masas terrestre y acuosa. Si el fenómeno fuese estrictamente dependiente de las influencias locales, sería lógico pensar que su desarrollo está siempre favorecido por una atmósfera previa en total calma y que su intensidad será directamente proporcional a la radiación solar recibida. Esto es, más o menos, lo que se puede aún leer en algunos tratados de meteorología básica o de divulgación para escuelas de vela. Sin embargo, la simple observación día a día del fenómeno y la comparación con las situaciones atmosféricas correspondientes hace ya dudar de esa simplificación.

Aunque, desde luego, las épocas de mayor frecuencia de brisas coinciden con la estación de mayor radiación solar, la brisa se desarrolla, incluso en verano y en días despejados, con características variables e intensidad a menudo no asociada, por ejemplo, a la diferencia de temperaturas entre el agua del mar y la superficie terrestre.

Es evidente que existen factores atmosféricos influyentes sobre su desarrollo de ámbito más amplio que el puramente local. Varios de los estudios teóricos sobre brisas, se han ocupado de ello y para su comprobación experimental conviene restringirse a cada lugar geográfico concreto, y a que otra influencia fundamental sobre la brisa la constituye la forma, extensión, orografía de la zona de costa donde se desarrolla.

2. El caso de Barcelona.

El régimen de vientos local en la costa de Barcelona, ya descrito en un atractivo trabajo de Fontseré a principios de siglo adquirió un interés especial para la preparación del apoyo meteorológico a las regatas olímpicas. Por desgracia, los únicos datos de observación regular de que se disponía antes de 1990, eran los de sensores de viento del Aeropuerto situado junto a la costa. Su tratamiento estadístico en los meses de julio y agosto durante el día, se detalla en varias publicaciones preparadas para los Juegos Olímpicos por el CMZ de Barcelona, entre ellas un trabajo de E. Tarradellas y G. Ballester sobre correlación con otras observaciones. En la tabla I figuran las direcciones medias a distintas horas del día.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	<4Kt
00 UTC	13	4	5	2	1	2	2	2	69
06 UTC	50	5	2	0	0	1	0	4	38
12 UTC	1	2	16	14	32	28	2	1	4
18 UTC	2	2	17	7	20	33	6	1	12

Tabla I.- Porcentajes de direcciones medias del viento en Barcelona durante los meses de julio y agosto (según Tarradellas)

Lo primero que llama la atención es la casi insignificante presencia, a las 12 y a las 18 UTC, de direcciones de viento de tierra a mar. Desde luego se debe a la presencia de la brisa, pero teniendo en cuenta la distribución más uniforme a las 00 y la frecuencia no despreciable de vientos sinópticos de W y NW en el interior de Cataluña en verano, cabría esperar mayor frecuencia de esas direcciones, salvo que fuesen vientos que no lograsen inhibir el desarrollo de la brisa de mar. Por otra parte durante las horas del día se registra, con frecuencia mayor del 15% de las observaciones, un viento que sí inhibe completamente la brisa típica de Barcelona; se trata del "llevant", que con direcciones entre NE y E se desarrolla sin la dependencia del calentamiento diurno asociada a la brisa.

La observación detenida en la costa de la ciudad de Barcelona durante las campañas olímpicas de 1991 y 92 no se aparta mucho de lo descrito en los trabajos anteriores. Existen, durante el verano, tres regímenes básicos de viento con direcciones predominantes según la "media naranja" de la Figura 1:

a) El "garbí", marinada o brisa típica que se establece con dirección entre S y SSW y ligero

giro con el reloj durante la tarde hasta alcanzar prácticamente el SW. El viento durante la noche anterior es débil y sopla de tierra con dirección predominante WSW. En unos casos encalma o gira a un NE muy débil durante las primeras horas de la mañana y la brisa se establece entonces a partir de las 11 UTC mediante un giro con el reloj (ejemplo de la Figura 2). Sin embargo, a menudo el viento mantiene la dirección WSW por la mañana; entonces la marinada se establece a una hora más temprana, mediante un giro contra el reloj, y se fija en 210-220 grados, generalmente con más fuerza que en las brisas que "entran" por el S (ejemplo en Figura 3).

b) El "llevant", que como queda dicho es consistente a lo largo del día y no muestra la inflexión típica del comienzo de la brisa (ejemplo en Figura 4). En ocasiones gira a SE por la tarde.

c) El régimen "mixto" que se caracteriza por viento de componente SE que a veces se mantiene (ejemplo de la Figura 5) y en ocasiones pasa al primer cuadrante. Pero más típicamente el viento SE establecido durante la mañana va rolando progresivamente en el sentido del reloj hasta alcanzar el SSW ya bien entrada la tarde (ejemplo en Figura 6).

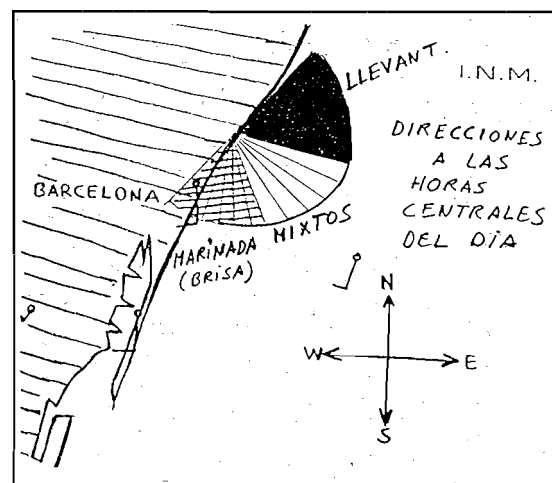


Figura 1.- Direcciones típicas, respecto a la costa, del viento diurno en Barcelona en verano. Los vientos ploteados corresponden a las observaciones de 15 UTC en cuatro puntos distintos de la red de observación olímpica en un día de "marinada"

COMUNICACIÓN A9

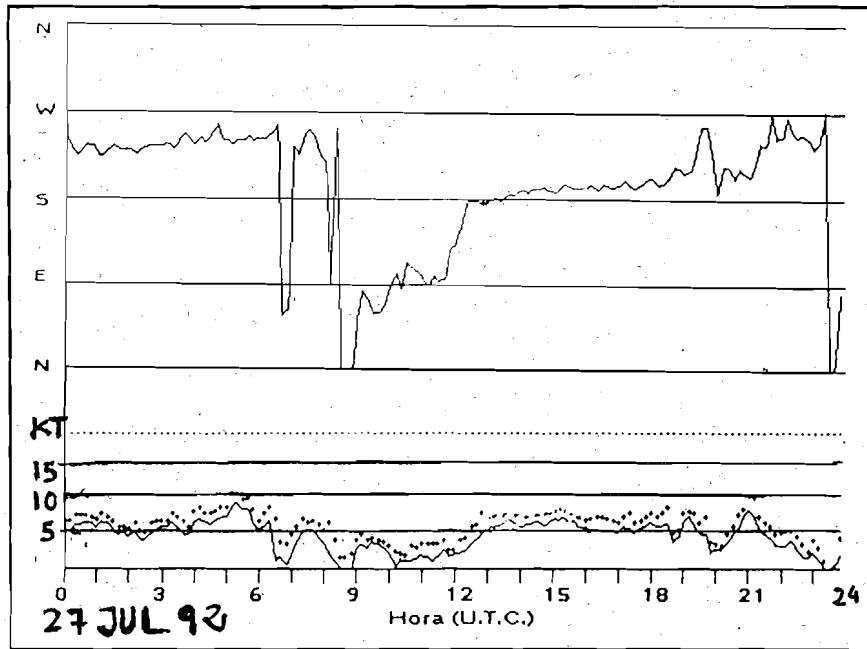


Figura 2.- Brisa débil de entrada por el E. Disparo a partir de los 12 UTC
(Registro del sensor situado en el malecón del puerto)

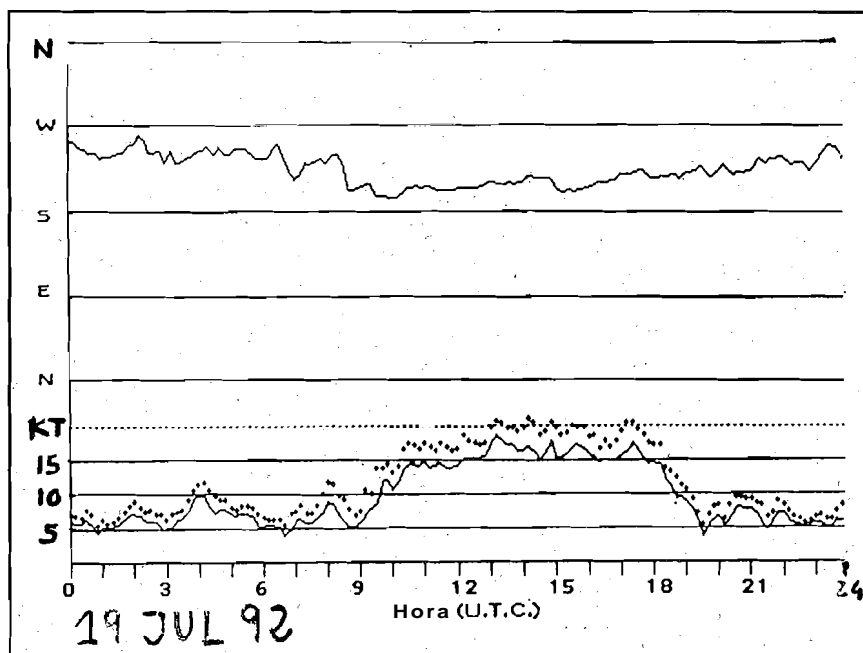


Figura 3.- Brisa fuerte de entrada por el W Disparo a partir de las 09 UTC. Obsérvese el viento registrado en las horas nocturnas muy similar al de la figura anterior
(Registro del sensor situado en el malecón del puerto)

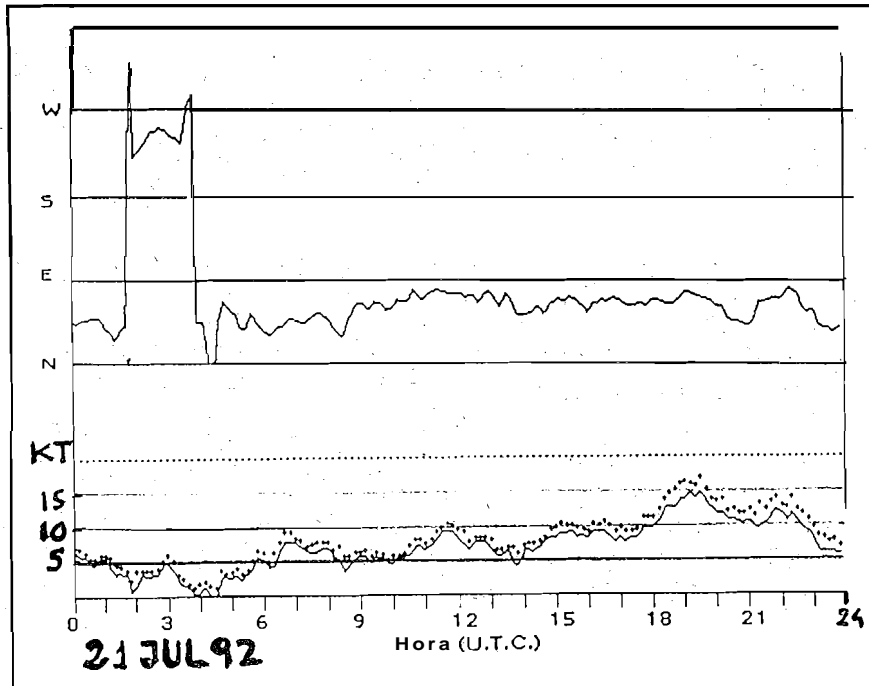


Figura 4.- "Llevant" durante todo el día con dirección entre 050 y 080
(Registro del sensor situado en el malecón del puerto)

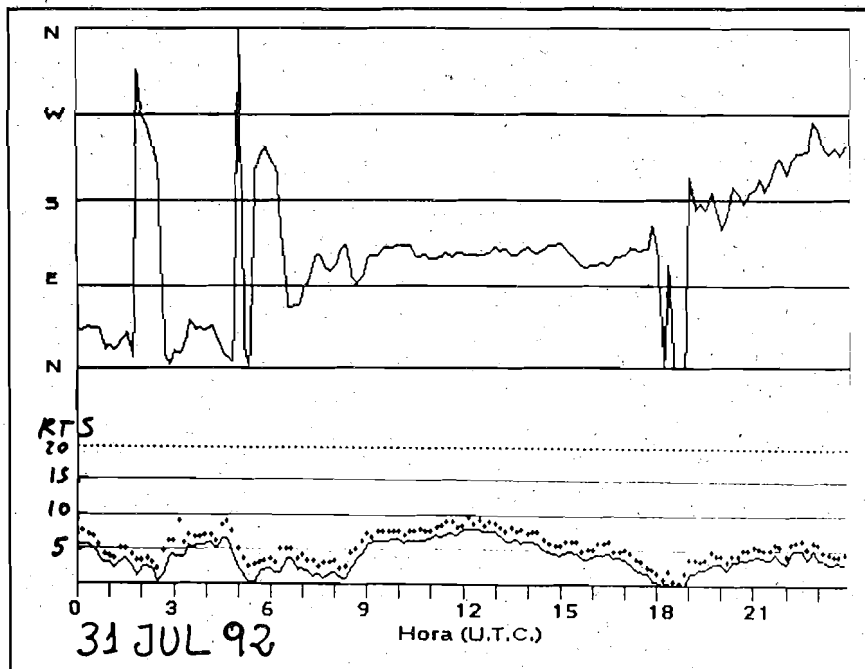


Figura 5.- Viento diurno del SE que sólo muy o última hora gira al SW. Di
el día siguiente se registró brisa fuerte
(Registro del sensor situado en el malecón del puerto)

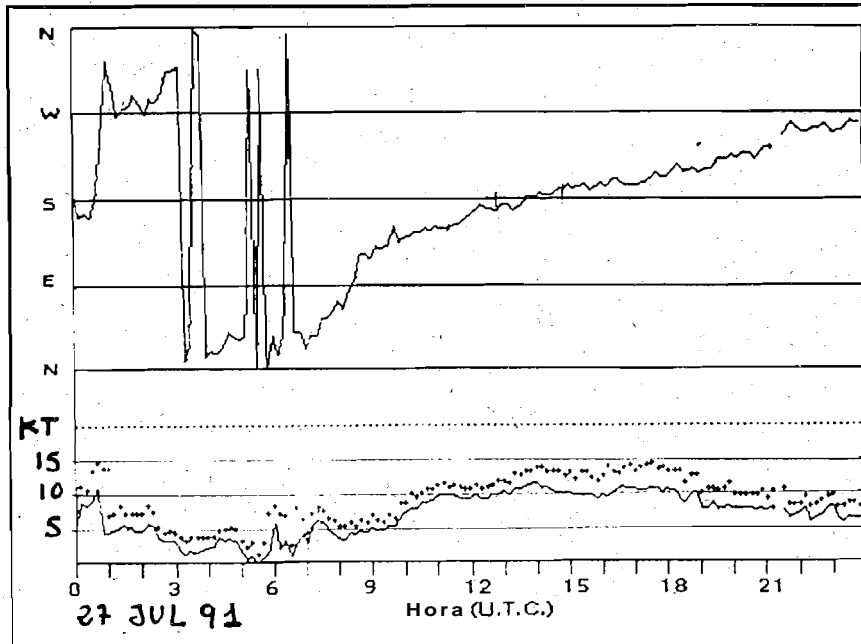


Figura 6.- Viento del SE que desde las 09 gira paulatinamente hasta alcanzar el SW a última hora de la tarde (Registro del sensor situado en el malecón del puerto)

3. Resultados teóricos sobre influencia del viento sinóptico.

Los estudios teóricos sobre la brisa han sido bastante abundantes en la literatura de los últimos cincuenta años. Primeramente fueron empíricos, pero con el creciente uso de los ordenadores entraron en boga las teorías no lineales desarrolladas en modelos numéricos bidimensionales y últimamente tridimensionales. A pesar de tanto estudio no se ha llegado a una caracterización perfecta del fenómeno lo que demuestra su complejidad. Sí ha quedado claro, sin embargo, que la intensidad, duración y dimensiones de la brisa de mar están gobernadas en buena medida por las condiciones prevalecientes a escala sinóptica o a mayor escala que la puramente local (repetimos que el término "viento sinóptico" en este trabajo hace simplemente referencia a viento no inducido por el gradiente térmico local que provoca la brisa).

También se ha reconocido el efecto de Coriolis (con ciertas discrepancias cuantitativas) que en el caso de una brisa de mar pura la hace girar moderadamente con el reloj de forma que en su etapa de máximo desarrollo, en una costa rectilínea circula prácticamente paralela a sí misma, lo que religiosamente se cumple en el caso de Barcelona (véanse los ploteos de la Figura 1).

Hemos escogido los resultados significativos de cuatro trabajos: a) un estudio empírico clásico, b) un modelo bidimensional, c) una simplificación sugestiva y d) un resultado muy reciente sobre formación del frente de brisa con viento sinóptico de tierra.

a) Los resultados obtenidos por Haurwitz (1959) sobre la influencia del viento sinóptico quedan reflejados en las hodógrafas de la Figura 7 dibujadas uniendo los extremos de los vectores correspondientes al viento resultante cada hora para cuatro casos de viento sinóptico de velocidad 5 m/s. En todos ellos la costa se encuentra a la izquierda y los números de cada vector representan el tiempo en horas desde el momento de la máxima diferencia de las temperaturas del aire sobre el mar y sobre tierra. Cada cuadrícula equivale a 1 m/s.

b) En la Figura 8 tenemos seis secciones de corte vertical para la brisa teórica resultante tras nueve horas de simulación con el modelo bidimensional (x, z) de Estoques (1962) según diversas condiciones sinópticas. En todos los casos la costa está a la derecha (las abscisas dan la distancia en km a la línea de costa). Las flechas señalan la magnitud y dirección del flujo en cada punto, las líneas a trazos la componente de la velocidad en metros por segundo paralela a la costa (com-

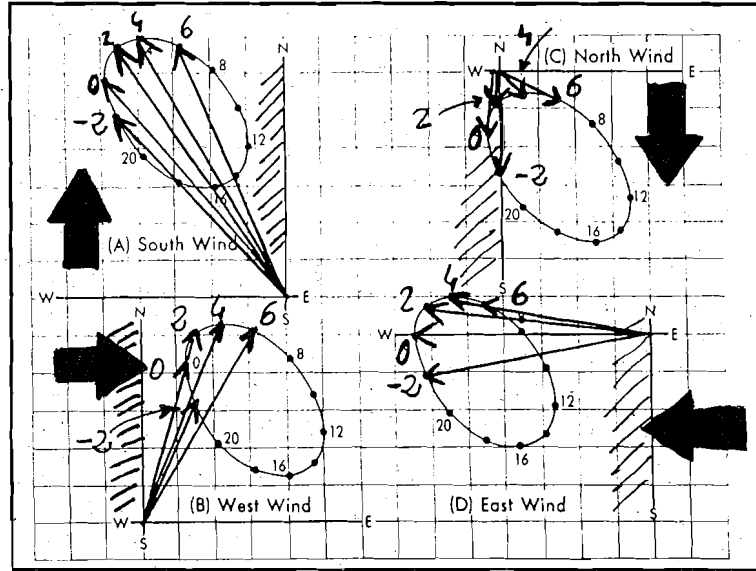


Figura 7.- Hodógrafos de Haurwitz para cuatro direcciones de viento sinóptico de 5 m/s en una costa orientada Norte-Sur (la zona rayada es la costa)

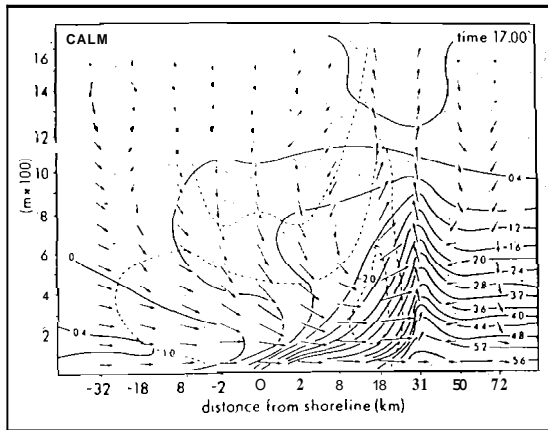
ponente Y), positiva cuando deja la costa a la derecha, y las líneas continuas el cambio de temperatura en décimas de grado Celsius (antiguo grado centígrado) desde el comienzo de la simulación. Conviene evitar un dolor de cabeza dejándose la vista en estos dibujos y antes de volver a ellos pasar a la sugestiva caracterización del apartado c).

c) David Houghton, asesor del equipo inglés de vela, trata el tema en un librito para regatistas, "la estrategia del viento", que es absolutamente recomendable para meteorólogos. No se puede dudar de la preparación teórica de Houghton, durante muchos años Jefe de Predicción en la *Meteorological Office* del Reino Unido, sobre todo cuando fue él quien nos sugirió la mayor parte de las referencias teóricas para este trabajo. Su explicación es probablemente tan realista como sus métodos (Houghton es un setentón encantador que, en Barcelona, terminado el *briefing* meteorológico, se embarcaba en una pequeña lancha para pasarse el día en el mar).

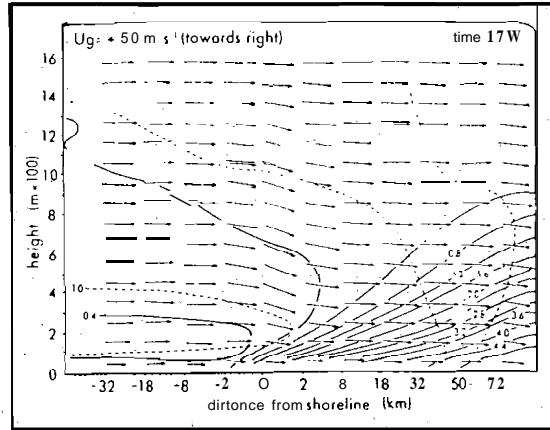
Tomando la costa como eje de abscisas, las posibles direcciones del viento sinóptico quedan clasificadas en cuatro cuadrantes. El desarrollo de la brisa depende estrechamente de que el viento sinóptico sople de tierra a mar (cuadrantes 1 y 2) ya que entonces ayudará al flujo de retorno de la brisa, y ésta se deslizará bajo el viento en contra, cerca de suelo. Ahora bien, la diferencia

en el rozamiento del viento con tierra y mar hace que en el Hemisferio Norte el viento de tierra se desvíe a la derecha al llegar al mar (un viento de mar girará a la izquierda al llegar a la costa). En el cuadrante 1 existe pues una divergencia en la zona de mar que fomenta el descenso de aire que "alimenta" la brisa. En el caso del cuadrante 2 existirá en cambio una convergencia que se opone al descenso del aire; la brisa se empezará a desarrollar mar adentro y se irá desplazando lentamente hacia la costa. Los cuadrantes 3 y 4 corresponden a vientos de mar que no favorecen la brisa; en el 4 hay además convergencia y el único viento que se deja sentir en la orilla es precisamente el viento sinóptico; en el 3 el descenso de presión asociado al calentamiento en tierra puede hacer que el viento vaya girando con el reloj hasta coincidir con la dirección normal de la brisa a una hora tardía, cuando el gradiente de presión provocado por el calentamiento diferencial de tierra y mar logra "imponerse".

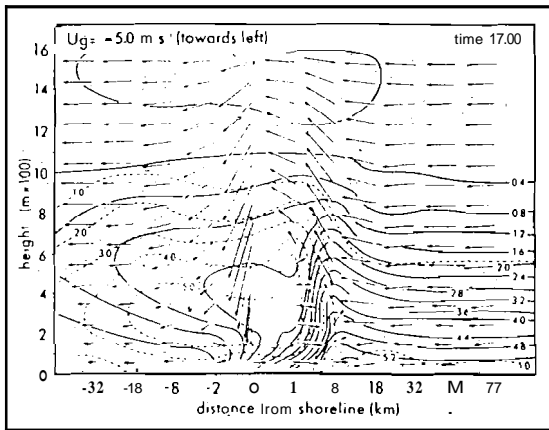
d) Un reciente estudio numérico de Bechtold, Pinty y Mascart, en 1991, ha ofrecido el siguiente resultado: "la intensidad de la brisa de mar varía con los vientos de escala mayor y muestra un máximo para viento de tierra de unos 5 m/s. Este máximo se obtiene cuando la velocidad de propagación del frente de brisa queda cancelada por el flujo sinóptico, originándose un frente de brisa estacionario con respecto a la costa".



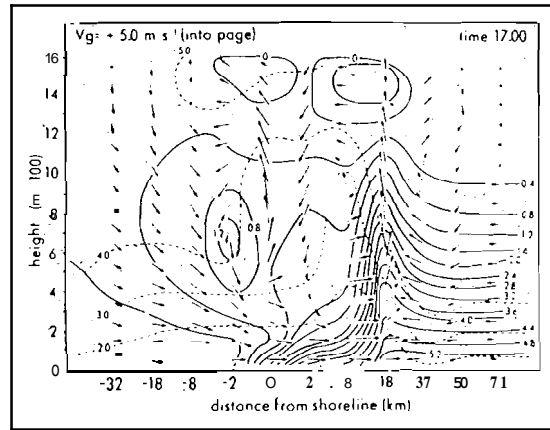
a) Calma



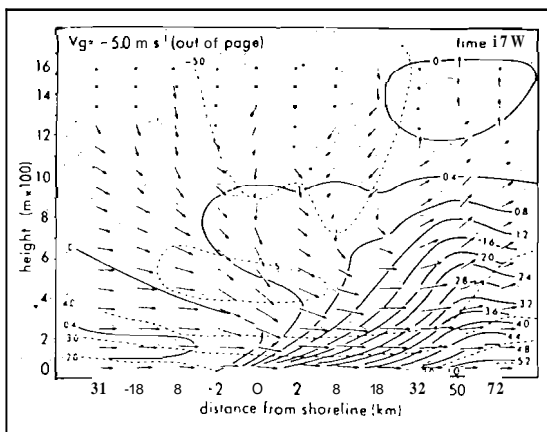
b) Viento sinóptico perpendicular hacia la costa (5 m/s)



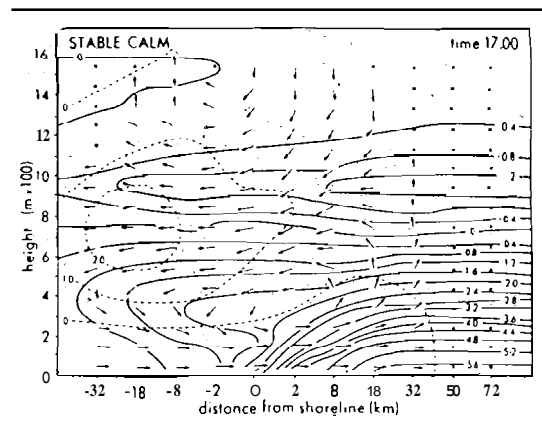
c) Viento sinóptico perpendicular hacia el mar (5 m/s)



d) Viento sinóptico paralelo a la costa dejando el mar a lo izquierda (5 m/s)



e) Viento sinóptico paralelo a la costa dejando el mar a la derecha (5 m/s)



f) Calma con una capa isoterma junto a la superficie

ESCALA DE VIENTO HORIZONTAL (m/s) 0 5 10 15

ESCALA DE VIENTO VERTICAL (cm/s) 0 5 10 15

Figura 8.- Secciones de corte vertical en la simulación de Estoques. (Explicación en páginas anteriores)

Tras examinar los apartados anteriores puede verse que las tesis de Houghton descritas a grandes rasgos tienen francas coincidencias con los resultados de Haurwitz y Estoques, teniendo en cuenta que los casos descritos en las Figuras 7 y 8 se refieren a viento sinóptico en las direcciones de los semiejes de los cuadrantes de Houghton. Dos cosas aparecen especialmente claras en estos trabajos y en el conjunto de la literatura:

1) Los vientos de mar impiden el desarrollo de la brisa que es reemplazada por el propio viento sinóptico (la sección b de la Figura 8, por ejemplo, es bastante concluyente al respecto); a las razones esgrimidas por Houghton hay que añadir la más poderosa de que los vientos hacia la costa impiden el desarrollo normal del gradiente horizontal de temperatura de tierra a mar.

A este respecto es altamente significativo también el resultado del sencillo modelo numérico de la brisa en Mallorca presentado en la segunda edición del Simposio de Predicción, por Jansá y Ramis: con condiciones de fondo no perturbadas las diferentes brisas convergen en el centro de la isla, pero con viento previo del mar lo que se produce es un flujo casi uniforme de dirección idéntica a la de ese viento previo. ,

2) Por debajo de un viento sinóptico de tierra no intenso, se establece una circulación de brisa térmica; aunque la extensión de la circulación

es menor que para el caso de calma sinóptica, la velocidad vertical y la intensidad en la orilla son a menudo superiores, sobre todo en el caso de vientos de tierra casi paralelos a la costa dejando el mar a la derecha. Sin embargo en ciertos casos los vientos de tierra "empujan", por así decirlo, el gradiente de presión asociado por lo que la brisa se desarrolla mar adentro y alcanza la costa pasadas algunas horas.

4. Aplicación al caso de Barcelona.

Todos los estudios anteriores se refieren, para no complicar el asunto, a costas rectilíneas, de ahí el interés de intentar comprobarlos con la observación en Barcelona. La ventaja durante las campañas olímpicas era una buena densidad de observaciones de viento y temperaturas. Un estudio detenido de las bandas de los anemómetros de la costa y zonas próximas del interior de que se dispuso, demuestra que en muy pocos casos existe un nivel alto de consistencia con respecto a lo que debe ser una brisa que se establece sin viento previo (desarrollo siguiendo el contraste de temperaturas mar-tierra, brisa débil tierra-mar del N-NW durante la noche y prácticamente calma en las observaciones de costa e interior a las horas en que el contraste de temperaturas es mínimo). Se puede, pues, asumir que la mayoría de los días los registros de viento corresponden a regímenes perturbados.

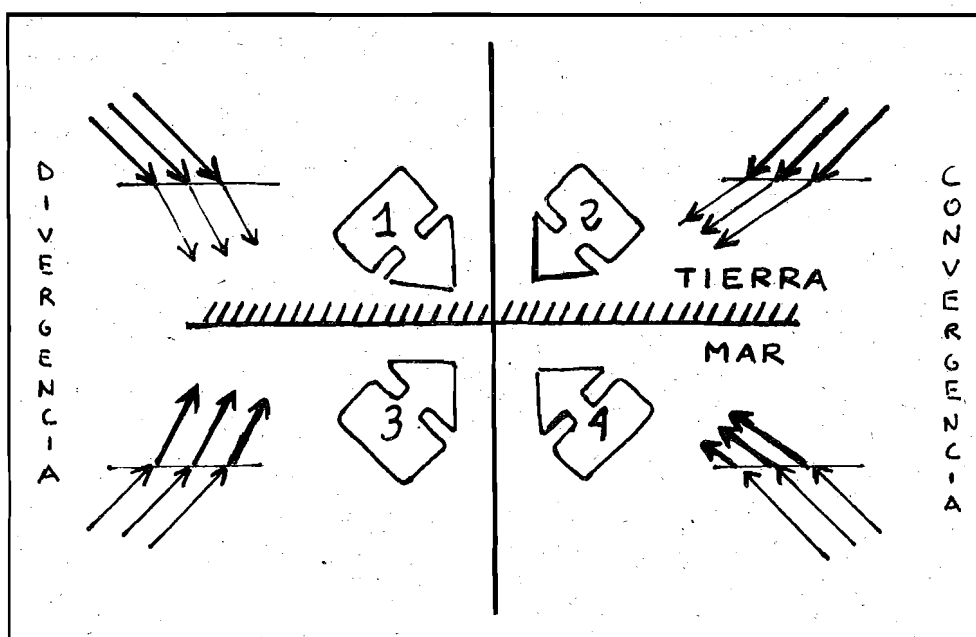


Figura 9.- Los cuatro cuadrantes de Houghton

Una segunda parte de este trabajo sería ahora estudiar exhaustivamente los campos de presión y temperaturas diarios e identificar los gradientes de escala sinóptica o mesoescálicos (caso, por ejemplo, de la baja orográfica a sotavento de los Pirineos) para comprobar, ayudados por las observaciones, cuál era el viento general que influía sobre el desarrollo de la brisa cada día. Tal estudio se inició con los datos de las campañas olímpicas, pero exige sin duda una minuciosidad difícil de alcanzar y un número superior de observaciones para el tratamiento estadístico. Además, las limitaciones de espacio de este trabajo obligan a contentarnos con exponer la identificación con la teoría anterior para los regímenes de viento básicos, según los indicios a menudo muy significativos encontrados.

4.1. Brisas.

Aún a riesgo de generalizar y errar en excepciones que se deban a casos intermedios u otros factores influyentes, la frecuente variabilidad en el desarrollo e intensidad de la brisa en Barcelona, independiente a menudo de la radiación recibida, quedaría explicada por la siguiente asociación de la que se han encontrado numerosos indicios en las campañas olímpicas:

* Brisas flojas de desarrollo tardío y entrada por el S (Fig. 2) - Viento sinóptico del NW a NNE (cuadrante 2 de Houghton y para el NNE sección vertical d de Estoques);

* brisas medias con un período previo de vientos muy flojos del NNW - Viento sinóptico casi nulo;

* brisas fuertes de entrada por el W (Fig. 3) - Viento sinóptico del SSW a WNW (cuadrante 1 de Houghton y para el SSW sección e de Estoques y hodógrafa de Haurwitz con viento Sur).

Es importante notar que los días de brisa más fuerte han coincidido con gradientes tierra-mar subrayando el resultado 3d. Excepcionalmente fuerte fue el viento del SSW registrado el día 30 de julio de 1991, aunque en este día se localizó (demasiado tarde para los predictores como se desprende del comentario periodístico de la Figura 10) un chorro de niveles bajos y dirección SW cerca de la costa de Cataluña.

4.2. Llevant y vientos del ESE.

Son vientos de mar que inhiben totalmente la brisa (sección vertical b de Estoques y cuadrante

Miércoles, 31 de julio de 1991 El Mundo Deportivo Página 45

VELA • Viento duro en la cuarta jornada de la II Semana Internacional

Barcelona, como Kiel o Hyeres

España es líder en las categorías de Finn, Flying Dutchman y 470 femenino

MIGUEL ANGEL ROSELLO

Los meteorólogos del Instituto Nacional de Meteorología que han desplegado todo tipo de antenas y aparatos de medición en el puerto olímpico de Pueblo Nuevo deberían estar de rodillas contra la pared. El parte de ayer era: vientos del norte-noreste de 20 nudos. Acertaron la intensidad, pero de la dirección más vale ni hablar, porque fue totalmente opuesta: sur-suroeste. O sea, garbí del fuerte. Por eso ayer, con esta "rasca" las delegaciones extranjeras estaban con la mosca tras la oreja. Venían preparados para las calmas y suaves brisas de Barcelona, pero no para vientos propios de Kiel o Hyeres

fos. Ningún español consiguió ganar la cuarta regata. Pero, para el caso, es lo mismo, porque sus resultados tuvieron el mismo valor que una victoria. "Aquí lo que cuenta es sacar la nariz, hacerse respetar", como diría Ploeg, quien no para de recordarlo que tantas veces decía el doble campeón olímpico de Flying, el inglés Pattison: "Ganar una preolímpica es un mal síntoma para los Juegos. Luego no hay forma de ganar el oro". Pese a una mala actuación, Ploeg acabó noveno, no su rival, el canadiense, fue la catástrofe.



Figura 10.- Los modelos predecían viento fuerte del N en superficie. En su lugar un fuerte flujo del SW a niveles bajos reforzó excepcionalmente la brisa.

te 4 de Houghton), lo que explica su consistencia en velocidad y dirección, aunque como todo viento aumentan de intensidad en las horas de mayor calentamiento del aire (coniportamiento previsto en la hodógrafa de Haurwitz correspondiente). Se deben a gradientes sinópticos o mesoes-cálicos de cierta permanencia y a menudo corresponden a la circulación monzónica que se establece en verano entre las altas presiones relativas en la zona de Córcega y Cerdeña y la baja térmica peninsular. En este mismo grupo hay que incluir los vientos del SE que luego rolan a E, atribuyéndolo a un reforzamiento diurno del gradiente de presión para esa dirección.

4.3. Regímenes mixtos.

Hemos llamado así a los vientos diurnos que se establecen con dirección entre 120 y 170 grados y evolucionan de forma variada. Cuando rolan hacia el Este o mantienen su dirección a lo largo del día (Figura 5) hay que interpretarlos como vientos sinópticos que inhiben la brisa y a inenudo aparecen cuando se refuerza la inesoalta de Baleares y la baja térmica ocupa gran parte de la Península (efecto monzónico). Pero cuando el gradiente de presión es débil se registra una influencia progresiva del calentamiento en la costa durante el día, con un lento y progresivo giro del viento que ya entrada la tarde llega a los 210 grados, evolución que ha sido frecuente durante las campañas olímpicas (Figura 6).

5. El papel de la estabilidad vertical.

Tanto en las pruebas preolímpicas del 91 como durante los Juegos se registraron algunos días con vientos del SSW que alcanzaron fuerza 5. Aún suponiendo que se alcance el máximo teórico

descrito en 3d), debe buscarse una causa complementaria para los reforzamientos significativos de la brisa en días en que el viento sinóptico es similar al de otros con brisas más flojas. Tanto el 30/7/91 como el 3 de agosto del 92, en que también se registró una marinada excepcionalmente fuerte, fueron días en que el aire relativamente frío e inestable que siguió a episodios tormentosos sobre Cataluña se desparramaba hacia el mar. Los análisis de la Figura 11 son significativos al respecto.

Los casos citados son un ejemplo extremo de otro resultado en que vienen a coincidir los estudios teóricos, aun sin cuantificarlo con detalle: la inestabilidad vertical del aire favorece la extensión de la circulación de la brisa de mar tanto horizontal como verticalmente, así como su intensidad. Una estratificación estable a niveles bajos atenúa mucho su desarrollo (véase sección vertical e de Estoques); de este último caso se tuvo un ejemplo claro el día 27 de julio de 1992 en que hubo que suspender parte de las regatas a causa de una débil brisa que apenas si superó los 5 nudos (corresponde al ejemplo de la Figura 2). Al día siguiente tras un período de viento SE la marinada se estableció con fuerte intensidad. En los sondeos efectuados a las 06 UTC en Barcelona durante ambos días (Figura 12) se comprueba cómo la potente inversión del día 27 no se registra al día siguiente.

Al igual que en lo referente al viento general, los datos de que se dispuso no son suficientes para buscar correlaciones entre los sondeos y las brisas en casos no tan extremos como los antes citados. Por otra parte la superposición de ambas influencias complica aún más el estudio, pero la influencia significativa del tipo de estratificación térmica en niveles bajos apareció suficientemente manifiesta en las campañas.

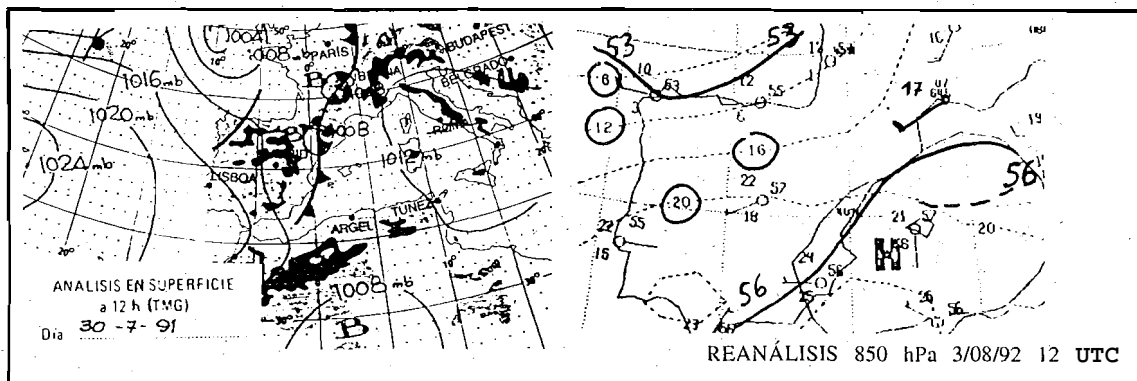


Figura 11

Referencias.

- Bechtold, P.; Pinty, J.P.; Mascart, P. (1991). A numerical investigation of the influence of large scale winds on sea-breeze and inland-breeze type circulations. *Journal of applied Meteorology*, núm. 30.
- Centro Meteorológico Zonal de Barcelona (1991). Comparación de los registros de viento correspondientes al Aeropuerto y el Puerto. Notas para la predicción olímpica. *Siii publicar*.
- CMZ de Barcelona (1991). Climatología de las Sedes Olímpicas. COOB'92, División de atención a la familia olímpica.
- Estoques, M.A. (1961). A theoretical investigation of the sea breeze. *Quarterly Journal / Royal Meteorological Society*, núm. 87.
- Estoques, M.A. (1962). The sea breeze as a function of the prevailing situation. *Journal of Atmospheric Sciences*, núm. 19.
- Fontseré, E. (1918). Sobre els vents estivals de convecció a la costa catalana. *Publicacions de l'institut de Ciències*.
- Haurwitz, B. (1947). Comments on the sea-breeze circulations. *Journal of Meteorology*, núm. 4.
- Haurwitz, R. (1959). A linear sea breeze model. *College of Engineering, Research Division Quarterly Progress Report* núm. 3. New York University.
- Houghton, D. *La estrategia del viento (traducción española 1989)*. Ediciones Pirámide S.A. Madrid.
- Jansá Clar, A. (1990). Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos. *Publicación INM*.
- Jansá, A.; Ramiés, C. (1991). Simulación numérica de la brisa en Mallorca. *Segundo Simposio Nacional de Predicción*. INM.
- López Muñoz, L. (1983). Análisis del viento con microordenador (lenguaje BASIC). *Publicación INM*.
- Neuman, J.; Mahrer, Y. (1971). A theoretical study of the land and sea breeze circulation. *Journal of Atmospheric Sciences*, núm. 28.
- Olmeda, D.; Palomares, M. (1990). Guía de apoyo meteorológico a la navegación costera a vela. *Siii publicar*.
- Pielke, P.A. (1984). *Mesoscale meteorology modelling*. Academic Press.
- Predictores olímpicos (varios) (1990). Estudios de situaciones típicas que afectan a Cataluña en verano. *Siii publicar*.
- Terradellas, E.; Ballester, G. (1990). Relaciones entre régimen de vientos y otras variables en el aeropuerto de Barcelona. Nota para la predicción olímpica. *Siii publicar*.
- Wlasi, J. E. (1974). Sea breeze theory and applications. *Journal of Atmospheric Sciences*, núm. 31.