

ESTUDIO Y DESARROLLO DEL APOYO METEOROLÓGICO A LOS CAMPEONATOS DEL MUNDO DE VELA

M. Patricio López Carmona

(O.M.D. de la Base de Rota, -INM-)

RESUMEN

De todas las disciplinas deportivas que requieren una atención meteorológica especial, una de las más interesantes y antiguas es la navegación a vela. Esta comunicación trata de resumir cómo se orientaron los recursos técnicos y humanos necesarios para brindar la cobertura meteorológica que requería Mundovelà, consorcio organizador de los Campeonatos del Mundo de Clases Olímpicas de Vela. Los estudios preliminares, la coordinación de los distintos medios puestos en juego y los procedimientos empleados en este apoyo meteorológico son también objeto de este trabajo.

1. Introducción.

Estos Campeonatos convirtieron la Bahía de Cádiz y el litoral próximo en el centro mundial de la vela ligera, con una participación de 52 países, conforme al siguiente programa:

- Del 17 al 29 de mayo: clases Soling y Europa (M y F)
- Del 20 al 30 de abril: clase 470 (M y F)
- Del 7 al 17 de mayo: clases Raceboard (M y F), Lechner (M y F), Tornado, Finn y Flying Dutchman.

Las pruebas tuvieron lugar en las aguas de la Bahía de Cádiz, frente a la desembocadura del Guadalquivir y frente al poblado de Sancti-Petri, según se ilustra en la Figura 1.

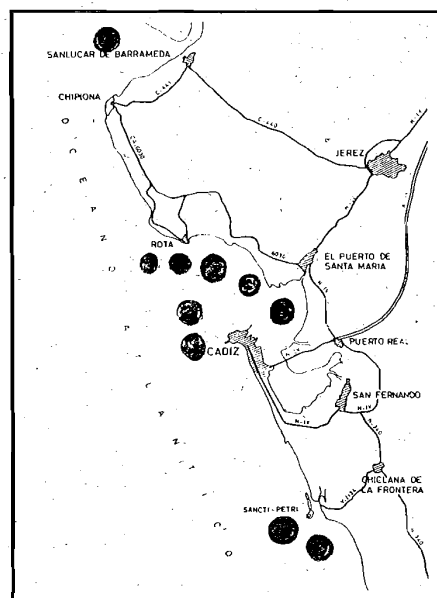


Fig. 1.- Ubicación de las áreas de regata

2. Estudios previos.

2.1. Climatología de la zona.

Con el fin de proporcionar a los competidores una información climatológica previa a la celebración de los Campeonatos, se abordó la elaboración de un trabajo en el que se expusieran, en líneas generales, las peculiaridades climáticas de la zona durante los meses de primavera (un estudio de este tipo resulta de gran utilidad a los equipos participantes y puede ser bastante decisivo de cara a la elección del material a emplear durante las pruebas). Contempla básicamente los siguientes apartados:

1. Condiciones generales de la zona: ubicación geográfica, orografía, régimen climatológico, variabilidad interanual, ...

2. Factores climáticos de la zona: su influencia en las distintas variables meteorológicas y en el estado de la mar.

3. Resumen climatológico para la época de año en cuestión, basado en series estadísticas de observatorios cercanos.

4. Estudio de los vientos característicos de la zona:

- Factores que intervienen.
- Descripción de los vientos intensos más comunes y de las situaciones de calmas y su repercusión en los campos de regatas.
- Tablas estadísticas y rosas de vientos.

5. Resumen estadístico de frecuencias de oleaje de viento y de fondo en la zona, basado en los datos recogidos por la boya que el centro de Estudios de Puertos y Costas tiene fondeada al W de Cádiz.

2.2. Vientos en la zona.

Para abordar con ciertas garantías de éxito predicciones de viento para distintas áreas marítimas costeras bien localizadas y generalmente desprovistas de información eólica resulta de gran utilidad recurrir a estudios estadísticos basados en datos procedentes de estaciones próximas al litoral.

Para nuestros propósitos, se eligió el Observatorio de la Base de Rota (36°38'N, 6°20'W a 21 m de altitud) y de su registro de viento se

extrajeron las direcciones y velocidades medias cada hora. Esta información sirvió para generar en DBASE IV una base de datos configurada por los valores horarios de dirección y velocidad medias durante 276 días, correspondientes a las tres primaveras pasadas. A partir de esta muestra y mediante un filtrado consistente en la imposición de condiciones a los distintos registros diarios, se llegó a una clasificación de la que destacaban siete regímenes de viento bien diferenciados para los que se calculó su evolución diurna media y el polígono de brisas correspondiente. De esta clasificación, quedaron filtrados y desechados todos aquellos días en los que se dio alguna o varias de las circunstancias siguientes:

- soplaron vientos intensos procedentes del primer cuadrante,
- la variación del viento estuvo asociada al paso de frentes,
- se produjo alguna transición entre situaciones sinópticas bien diferenciadas,

en cuyo caso las condiciones sinópticas prevalecían sobre los condicionantes locales, lo cual ocurrió en el 10% de los días. En la Fig. 2 aparecen las evoluciones características medias correspondientes a dos de las situaciones tipo.

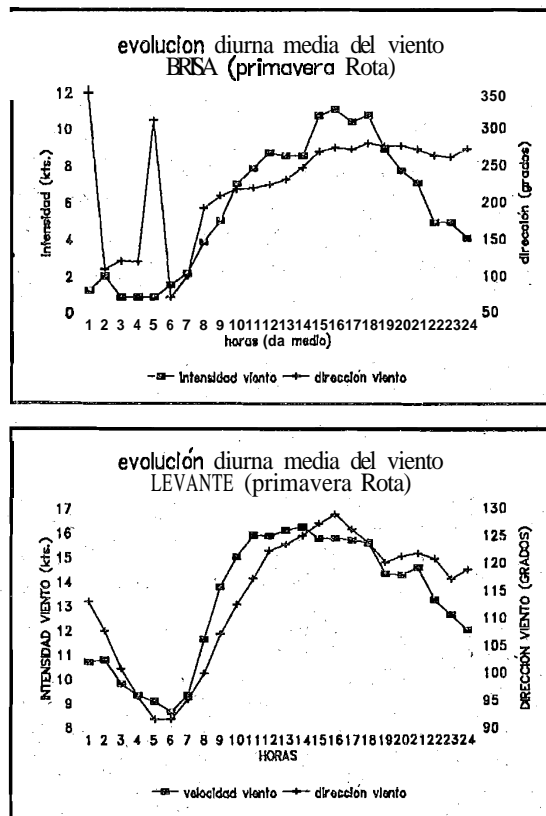


Fig. 2.- Evoluciones medias de dos situaciones tipo: brisa (arriba) y levante (abajo)

Para todas y cada una de dichas situaciones tipo o *regímenes* se calculó también su rosa de vientos y los histogramas de dirección y velocidad para las horas centrales del día a fin de evaluar las desviaciones de los valores medios. Además fueron examinados con detenimiento los análisis correspondientes a todos los días estudiados.

Por otra parte, la dispersión de las áreas de regata requería analizar el alcance de efectos de pequeña escala que en determinadas situaciones dan lugar a una evidente variabilidad de las condiciones de viento entre áreas próximas. La falta de registros previos en las zonas marítimas costeras de interés imposibilitó un estudio comparativo que correlacionase los datos de la muestra con el viento en las áreas de regata. Se recurrió simplemente al análisis de las particularidades geográficas, orográficas, edafológicas, ... que pudieran afectar las condiciones medias.

2.2.1. Brisas de mar en la zona.

Especial atención merece en la franja litoral la brisa marina o virazón, cuya dinámica responde de forma diferente a las distintas condiciones sinópticas. Con el propósito de ayudar a profundizar en el conocimiento de las brisas en la costa es muy conveniente examinar los resultados de trabajos analíticos y numéricos realizados por algunos autores sobre este fenómeno de mesoescala (Atkinson, 1981). Especial utilidad tiene un modelo simple bidimensional desarrollado por Neumann (Neumann, 1977) para estudiar la rotación característica de las brisas en función de las condiciones sinópticas, que establece la velocidad de giro de la dirección del viento como:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = -f + \frac{1}{V^2} \left[\frac{v}{\rho} \frac{\partial p_M}{\partial x} + f(uu_g + vv_g) \right] \quad [1]$$

donde α es el ángulo que forma el viento $V(u, v)$ con la normal a la línea de costa, f el parámetro de Coriolis, p_M es el valor de la diferencia de presión mesoescalar generada por calentamiento o enfriamiento diferencial y (u_g, v_g) son las componentes del viento geostrófico referidas a un sistema local de coordenadas con el eje Y paralelo a la línea de costa y el eje X dirigido en el sentido del gradiente de p .

Los tres términos del segundo miembro de la expresión [1] tienen el mismo orden de magnitud: el primero es constante y está relacionado con la rotación terrestre y los dos siguientes, variables en signo y magnitud a lo largo del día,

están asociados a los campos de presión a escalas mesoescalar y sinóptica, por lo que la procedencia del viento geostrófico determinará un atraso o adelanto en la rotación característica de la brisa de mar, según sea positiva o negativa la contribución del tercer término.

La evolución media de la brisa en Rota en ausencia de un viento sinóptico bien definido (Fig. 2; arriba) obedece aproximadamente a la contribución de los dos primeros términos de la expresión [1], con una rotación gradual del viento entre las 08 y 15 UTC. Se trata de una evolución sensiblemente distinta a la del caso, bastante frecuente en la estación primaveral (ver Figura 6), de viento geostrófico débil, inferior a 10 Kt, procedente del E al SE: el establecimiento de la brisa es más tardío y más brusco al generarse ésta mar adentro, alcanzando las proximidades del litoral de forma relativamente súbita (frente de brisas) y con un giro posterior más lento. Por este motivo se distinguieron básicamente estos dos regímenes de brisas distintos: *brisa* y *SE+brisa*, cuyos polígonos son comparados en la Fig. 3, donde se pueden apreciar las diferencias entre los vectores medios cada dos horas. Mientras que en el régimen de *brisa* la rotación de la dirección del viento durante la mañana es bastante rápida estableciéndose hacia las 16 UTC procedente del W, en el régimen de *SE+brisa* el giro es más lento y el viento no llega, por término medio, a provenir de poniente, siendo entre las 10 y las 24 UTC más débil en intensidad que en el primer caso.

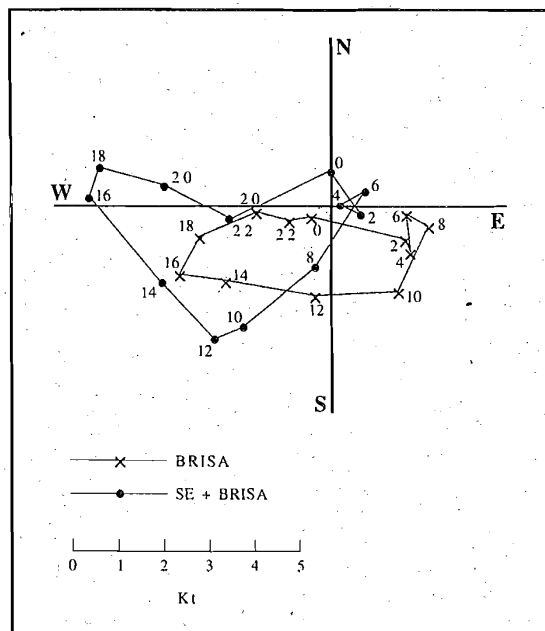


Fig. 3.- Polígonos de brisas comparados (años 89, 90 y 91)

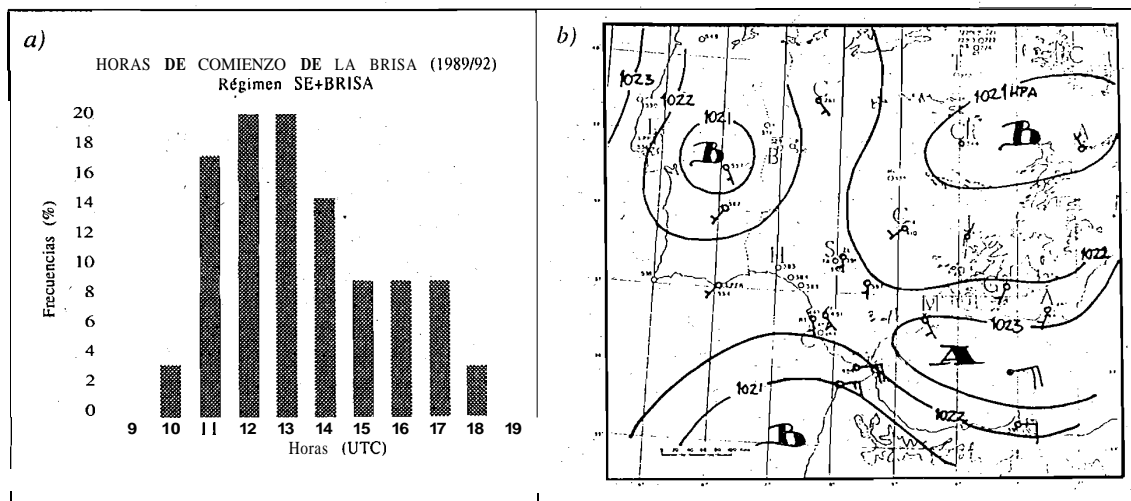


Fig. 4.- a) Horas de comienzo de la brisa (rég. SE+Brisa); b) situación típica: 23 abril 1991 a 12 UTC

En la Fig. 4.a se representa para el régimen de SE+brisa, conocido en la zona como "levante en calma", el histograma de frecuencias de las horas de aparición de la brisa tomando como referencia la hora a partir de la cual se alcanza la dirección 230".

De cara al pronóstico de la hora de establecimiento de la brisa para una situación de SE+brisa, será necesario ponderar los términos variables del segundo miembro de la expresión [1]. El segundo término, asociado con el calentamiento diferencial, es por lo general de menor peso que el último, que depende de la dirección y magnitud de v_g , y por tanto de la distancia al área de influencia del Estrecho, donde soplan vientos del E con fuerza Beaufort normalmente comprendida entre 5 y 7. Entonces, las brisas generadas en estas condiciones aparecen en la mar a cierta distancia de la orilla y gradualmente se propagan hacia el litoral, afectando antes al Norte que al Sur de la Bahía. Al Sur de Cádiz, la constitución del suelo en el interior (Bahía interior y marisma húmeda) contribuye además a mitigar el calentamiento, inhibiendo aún más el desarrollo de la brisa de mar. La Fig. 4.b muestra el mapa de superficie de una situación típica, asociada a una depresión térmica poco profunda sobre el Golfo de Cádiz, en que la brisa alcanzó la costa norte de la Bahía de Cádiz alrededor de las 14:30 UTC.

3. Desarrollo del apoyo meteorológico.

Para suministrar la cobertura meteorológica a estos campeonatos, se dispuso una Oficina Meteorológica de Regatas (OMR) ubicada en Puerto-Sherry, y atendida por un meteorólogo-

predictor y un auxiliar aportado por la organización. Las tareas a desarrollar por esta OMR eran:

- Un *briefing* matinal bilingüe a participantes y miembros de la organización en las sedes de Puerto-Sherry y Cádiz y *briefing* escrito a las restantes sedes.
- Una vigilancia y seguimiento de la evolución del tiempo y en particular del viento y del estado de la mar en todas las áreas con el fin de informar en cualquier momento a los Comités de Regata correspondientes.
- Dos boletines con los pronósticos meteorológicos escritos, acompañados de mapas meteorológicos, para el día en curso y el día siguiente.

3.1. Recepción de información meteorológica en la OMR.

Dotada de un telefax, la recepción de cartografía e información meteorológica procedente del GPV de Sevilla y de la OMD de Rota, no entrañó problemas gracias al esfuerzo y dedicación de su personal. Básicamente, fue requerida:

Del GPV de Sevilla:

- Imagen de satélite de las 06 UTC.
- Mapas previstos D+1, D+2 y D+3 del CEPPM (superficie, 850, 500 y 300 hPa).
- Mapas de vientos previstos a 1.000 hPa a 06, 12 y 18 UTC del LAM, basados en la pasada de las 00 UTC.

- Mapas de viento previstos a 10 metros, del CEPPM: H+18, H+24.

- Gráficos de viento de la estación automática de Cádiz.

- Boletines de predicción regional (FPSP55 y FPSP80).

De la OMD de Rota:

- Análisis de superficie a 00 UTC.

- Mapas analizados y previstos del modelo de Bracknell.

- Boletines de predicción marítima elaborados por la propia OMD.

- Boletines de condiciones en altura actuales y previstas (P.A.M.) por el LAM en Rota.

Mensajes SYNOP y SYNOP SHIP de 06 y 12 UTC para elaboración de análisis de superficie y oleaje.

- Consulta sobre imágenes de satélite.

Es necesario destacar también la colaboración de la Junta de Obras y Puertos de la Bahía de Cádiz, por su atención en el suministro de datos de altura y período del oleaje registrado por la boya que este organismo tiene fondeada a unas 5 millas al oeste de Cádiz.

3.2. Instrumentación y datos de viento.

La cobertura de información eólica resultó suficiente durante las convocatorias de marzo y abril, con registros de viento en la Base de Rota, Puerto-Sherry y Cádiz "Puente de Carranza". Dado que bastantes barcos de la organización disponían de anemómetros, mediante radioenlace fue posible conocer los datos de viento en tiempo real de las distintas áreas en las horas previas y durante el desarrollo de las pruebas. Estas lecturas, realizadas sistemáticamente cada cinco minutos a bordo de los barcos de los Comités de Regata, eran transcritas a un impreso que se entregaba en la OMR al finalizar la jornada.

La activación de ocho áreas de regata entre los días 7 y 17 de mayo hizo necesario disponer dos estaciones automáticas adicionales en las sedes de Chipiona y Sancti-Petri, equipadas con sensores de viento, temperatura y humedad.

Aunque no fue posible un enlace que permitiese el acceso automatizado a esta información en tiempo real, sus registros fueron de gran utilidad.

3.3. El briefing meteorológico.

Impartido alrededor de las 10 horas locales en Puerto-Sherry y a las 10:30 en Cádiz y centrado exclusivamente en las zonas de competición, constaba básicamente de los siguientes apartados:

1. Análisis y discusión de la evolución del viento el día anterior en las distintas áreas, utilizando los registros de Puerto-Sherry, Cádiz, Rota y los de los barcos de Mundovela.

2. Análisis de la situación meteorológica a las 00 UTC en superficie y altura, y análisis mesoescalar en superficie a las 06 UTC en la zona de Cádiz y Estrecho.

3. Resumen de la evolución sinóptica prevista para las 12 UTC.

4. Pronóstico meteorológico para las distintas áreas de regata durante las primeras horas de la tarde:

- Nubosidad e hidrometeoros.
- Evolución del viento en las áreas de competición.
- Estado de la mar y evolución.
- Temperaturas máximas previstas en las sedes.

5. Atención a cuestiones y preguntas.

3.4. Vigilancia meteorológica.

Tratándose de competiciones de esta envergadura, es de suma importancia la atención y vigilancia de la evolución del tiempo en general y del viento en particular. La razón fundamental estriba en que a mediodía, hora oficial de comienzo de las pruebas, en el caso de que la situación sinóptica no conllevara cierto gradiente de presión, el viento aún no estaba bien definido en dirección, velocidad o ambas. Con predominio de brisas, era de esperar una ulterior rolada en sentido horario que obligaría a modificar el triángulo olímpico.

Además, el procedimiento de salida sólo es posible si se mantiene fija la dirección del viento y la velocidad media supera los 6 Kt. Igualmente

necesaria es la labor de vigilancia cuando el viento es tan intenso que pueda poner en peligro la seguridad de los participantes y sus embarcaciones, en cuyo caso la salida al mar queda aplazada hasta tanto la organización no tenga la certeza de que vaya a amainar.

Para concretar esta tarea, fueron solicitados periódicamente todos los mensajes sinópticos de 06, 09, 12 y 15 UTC de la mitad sur peninsular y regularmente el mayor número posible de datos de viento procedentes de las estaciones anteriormente indicadas y de las áreas de regata. Eventualmente, si la situación así lo aconsejaba, eran solicitados al GPV de Sevilla mapas previstos de viento basados en nuevas pasadas del LAM.

El diagrama de la Fig. 5 ilustra esquemáticamente el flujo de información meteorológica para las pruebas que tuvieron lugar entre los días 7 y 17 de mayo.

4. Características meteorológicas de los Campeonatos.

Durante las pruebas celebradas en marzo, el régimen de poniente fue el más frecuente (4 días), seguido de las brisas y soplando levante dos días. En las pruebas de 470 entre el 20 y 29 de abril el predominio de las brisas fue claro, con la excepción de un día de levante débil y otro de *noroeste*.

En cambio, entre el 7 y 17 de mayo, la presencia permanente de una depresión térmica abarcando el Golfo de Cádiz propició el régimen de levante en el Estrecho y su área de influencia, si bien un debilitamiento de la misma hizo que entre los días 8 y 11 la brisa se impusiera en las áreas de regata durante las horas centrales del día. Un reforzamiento de las altas presiones en el Mediterráneo Occidental hizo retornar los vientos de levante durante los días siguientes, que sopla-

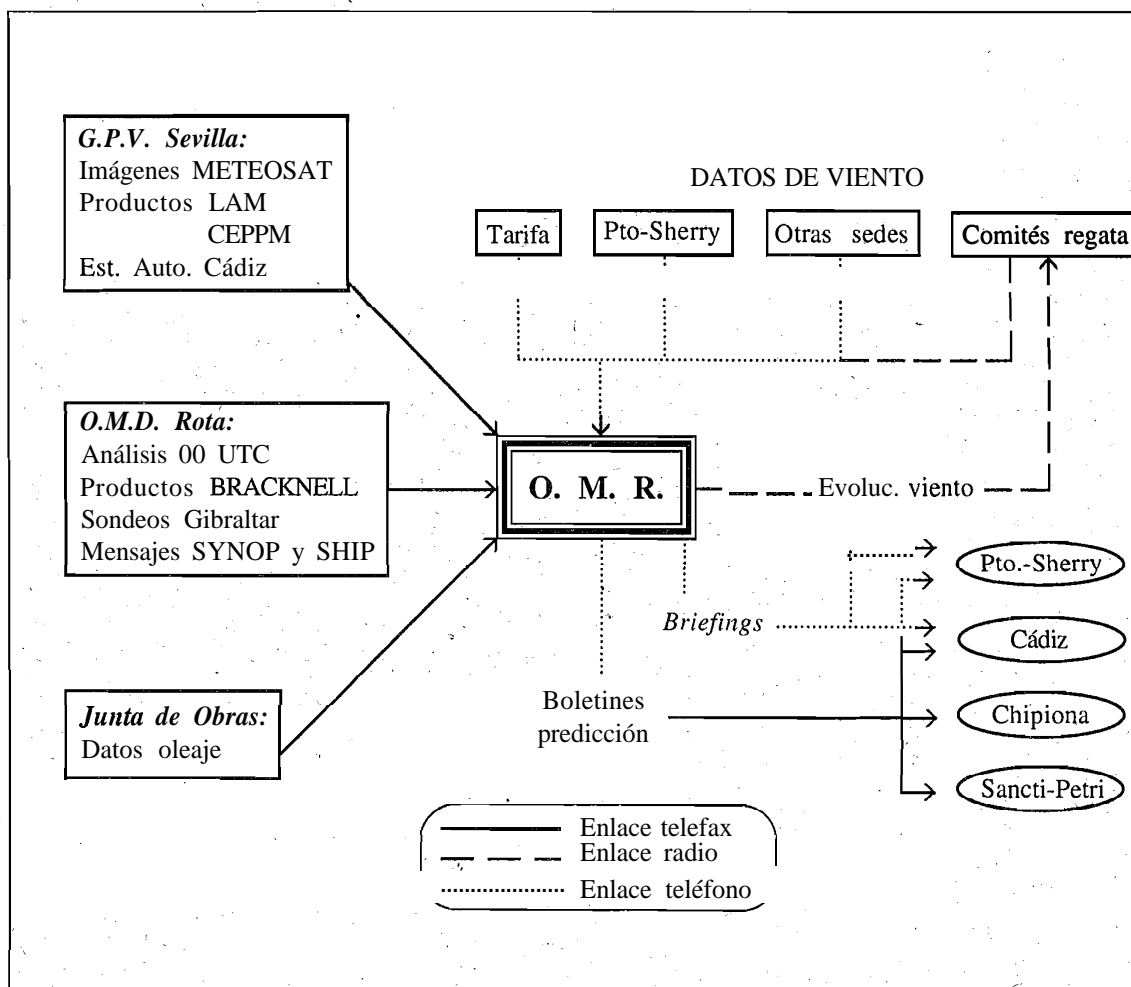


Fig. 5.- Diagrama de recepción y suministro de información

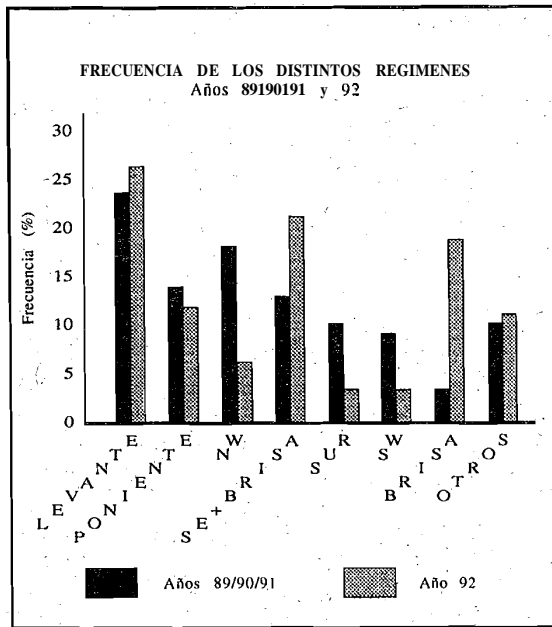


Fig. 6.- Histograma comparativo de los distintos regímenes

ron con fuerza 6 a 7 en la escala Beaufort, excepción hecha del día 14, en que un frente propició el régimen del sur. En resumen, el 55% de los días sopló levante y el 36% la brisa marina imperó durante las pruebas.

Observando la frecuencia de ocurrencia de los distintos regímenes dominantes durante todos los días de competición sobresalen los regímenes de brisas, que prevalecieron el 38% de los días, mientras que el levante sopló en un 26% de las ocasiones. Si contrastamos con la asiduidad de las

tres últimas primaveras (Fig. 6), se aprecia un aumento de los días de brisa y de SE+brisa, mientras que alrededor del 10% (principalmente vientos del N o del NE) no es encuadrable en ninguno de los siete regímenes. Esta comparación ilustra la validez del método descrito en el segundo apartado, ya que contribuyó a la predicción de las evoluciones del viento en el 90% de los días.

Examinando la rosa de vientos (Fig. 7) elaborada a partir de los datos horarios registrados durante los Campeonatos en Puerto-Sherry entre 12 y 16 UTC, horas aproximadas de competición, se observa un predominio de los vientos de componente W, destacando los procedentes del W con fuerza 3 a 4, que constituyen el 20% de los valores. También sobresalen con una frecuencia del 15% los levantes fuertes (ESE a SE 6 a 8).

5. Comportamiento de los modelos.

No se ha podido elaborar un análisis sistemático de la bondad de los distintos modelos sinópticos empleados, debido en gran parte a que el 40% de los días predominaron las virazones. La inferior calidad de los pronósticos en esta época del año confería ventajas al L.A.M., dado que se trabajó con una pasada de 12 horas más reciente que el análisis de partida del modelo del C.E.P. En general, ambos modelos captaban con más de seis horas de retraso la aparición del levante en el Estrecho. Con vientos sinópticos del primer y cuarto cuadrante el grado de fiabilidad de los dos modelos fue muy parecido.

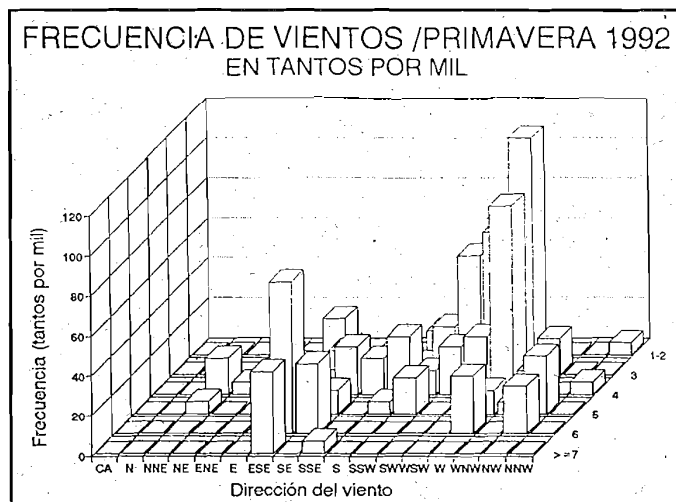


Fig. 7.- Distribución de los valores horarios del viento en función de su dirección y de su intensidad Beaufort

Referencias.

Atkinson, B.W. (1981). Meso-scale atmospheric circulations. Academic Press.

C.M.Z. de Barcelona. Regímenes de viento predominantes en Barcelona.

López, P.; López, C. Regímenes de viento primaverales en la Bahía de Cádiz.

Neumann, J. (1977). On the rotation rate of the direction of sea and land breezes. J. Atmosph. Sci., 34. 1.913-1.917.

Sánchez Aylo, J.L. (1988). Estudio climático de la Bahía de Cádiz. Instituto Hidrográfico de la Marina.