

*1ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*

*9ª Asamblea española de Geodesia y Geofísica*

*Aguadulce (Almería), 9-13 Febrero 1998*

---

## CARACTERIZACIÓN DE LA BRISA EN MALLORCA

**J. González Márquez, J.A. Guijarro Pastor, A. Jansá Clar**

Instituto Nacional de Meteorología - Centro Meteorológico Territorial de Baleares

e-mail : jorge@formentor.inm.es

---

### RESUMEN

*El diferente calentamiento diurno entre las zonas marítimas y terrestres da lugar a diferencias de presión y con ello, al establecimiento de brisas marinas. Este fenómeno se produce en la mayoría de las costas del mundo y es de gran importancia a la hora de definir los caracteres meteorológicos típicos de alguna región.*

*La isla de Mallorca es, por sus condiciones geográficas y climatológicas, un escenario ideal para el estudio de las brisas marinas. Por una parte, el elevado número de días soleados que hay a lo largo del año permite que esta circulación se establezca frecuentemente. Por otro lado, la isla es lo suficientemente grande como para que haya un fuerte calentamiento diurno en su interior, básico para que la brisa sea importante, y es lo suficientemente pequeña para que la circulación afecte a la isla en conjunto.*

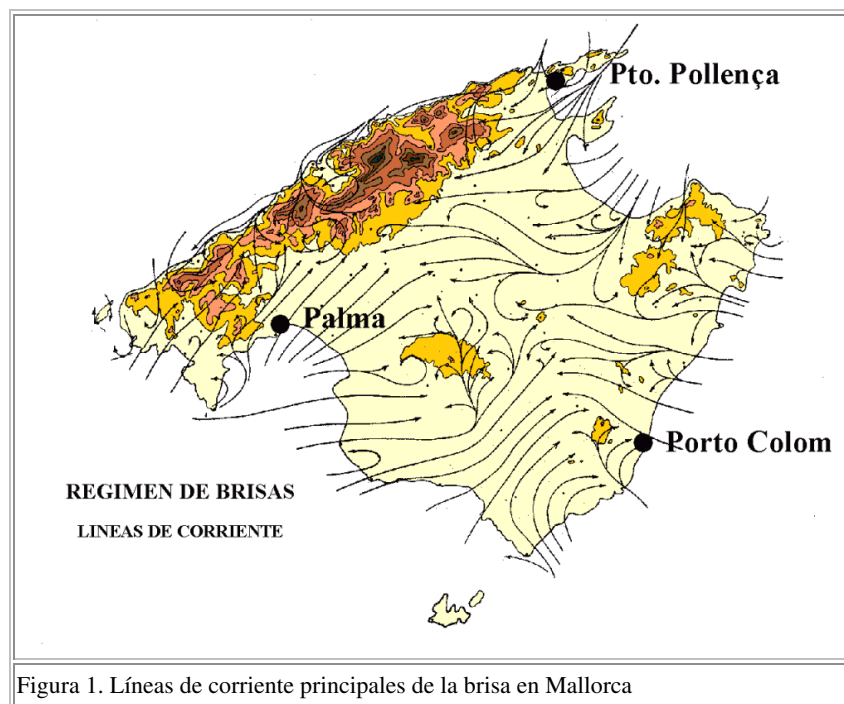
*En este trabajo se destacan las características más notables de la brisa de Mallorca, y se estudian los mecanismos implicados en su formación y evolución. Asimismo, se analiza el papel que desempeña en la aparición de otros fenómenos meteorológicos de ámbito local, y se tratará también de evaluar cuantitativamente el peso de las distintas variables que influyen en el desarrollo o inhibición de la brisa.*

### CONFIGURACIÓN GEOGRÁFICA DE MALLORCA

La isla de Mallorca tiene una superficie de alrededor de 4000 Km<sup>2</sup>, con una forma parecida a un cuadrilátero de 65 Km de lado. En sus lados suroeste y nordeste posee dos bahías gemelas, las de Palma y Alcudia, mientras que el lado sureste presenta una costa rectilínea sobre la que se elevan numerosos montes de no más de 500 m de altitud. En el lado noroeste se encuentra la sierra de Tramontana, con una altitud media de 800 m y cota máxima de 1445 m (Puig Major). Finalmente, el interior de Mallorca está formado por una amplia llanura sobre la que se asientan algunos montes aislados, entre los que destaca el de Randa con 543 m de altitud. Esta configuración geográfica determina que la brisa del mar entre con gran facilidad a través de las dos bahías y también a través de la costa sureste, mientras que en el lado noroeste, la sierra de Tramontana constituye una barrera infranqueable para ella, y sólo a través de algunos valles y de forma poco importante puede penetrar algo hacia el interior pero sin llegar hasta la parte central de la isla.

En la figura 1 se muestran las líneas de corriente principales de la brisa en su estado de máximo desarrollo, según el estudio realizado por Josep Maria Jansá y Eduardo Jaume (1946). Se aprecia la importancia de la entrada del flujo de aire a través de las bahías de Palma y Alcudia, así como la entrada a través de la costa del sureste, aunque aquí aparecen enseguida algunos remolinos debido a los obstáculos orográficos que existen. La costa del Norte sólo muestra algunas líneas aisladas.

Destaca también la gran zona de convergencia de vientos que aparece atravesando la isla de W a E en su parte central y que, como se verá más adelante, constituye uno de los principales medios para identificar la brisa.



## MEDIDA Y CÁLCULO DE LA BRISA

El primer problema que se presenta es cómo distinguir qué vientos pueden considerarse como brisa y cuáles no, ya que si bien la brisa pura, es decir, la brisa que se establece sin un viento general previo, es fácilmente identificable, lo es mucho menos cuando ésta se combina con vientos reinantes en la zona, pudiendo entonces tener distinta dirección y quedar enmascarada por ellos. Asimismo, se da a veces el caso en que la brisa afecta únicamente al perímetro costero sin penetrar apenas en el interior.

Por ello, se han seleccionado tres localidades costeras que disponen de estaciones automáticas y en donde la brisa entra con facilidad. Estas son las de Palma, en el lado suroeste de la isla, junto a la bahía del mismo nombre, y con brisa de dirección  $220^\circ$ ; el Puerto de Pollensa, situado en el extremo nordeste y cercano a la bahía de Alcudia, donde sopla de  $350^\circ$ ; y Portocolom, en la costa sureste, donde la dirección es de  $150^\circ$ . Puede apreciarse en la figura nº1 que estas tres direcciones son convergentes. A partir de los datos de viento cada diez minutos, desde 1992 hasta 1997, se ha calculado la divergencia media del flujo utilizando el método de Bellamy (Ramis, 1996). Los datos obtenidos han sido suavizados mediante medias móviles de cinco términos, y con ello resultan gráficas como la de la figura 2, que representa un día típico de brisa.

Puede apreciarse cómo al principio del día los valores oscilan alrededor de cero, pero a partir de las 8 h comienza a aumentar de forma notable la convergencia, alcanzándose cifras del orden de 12 s-1 a las 13 h. Posteriormente comienza a decrecer y de nuevo se vuelve a valores próximos a cero al llegar la noche. Es destacable también el predominio de la divergencia durante las horas nocturnas, con un máximo al amanecer. Este hecho es debido probablemente a la aparición de la brisa nocturna.

Al examinar las gráficas surge el problema de considerar a partir de qué valor de convergencia debe considerarse que la brisa está establecida. Comparando estos datos con los registros de viento, se ha comprobado que siempre que sopla la brisa de forma apreciable, la convergencia es mayor de 5 s-1, siendo raro que se supere este valor por convergencias de otro tipo. Además, se observa que el umbral de 5 s-1 es rebasado entre las 9 y las 18 horas, intervalo de tiempo en que la brisa puede considerarse establecida (Jansá & Jaume, 1946).

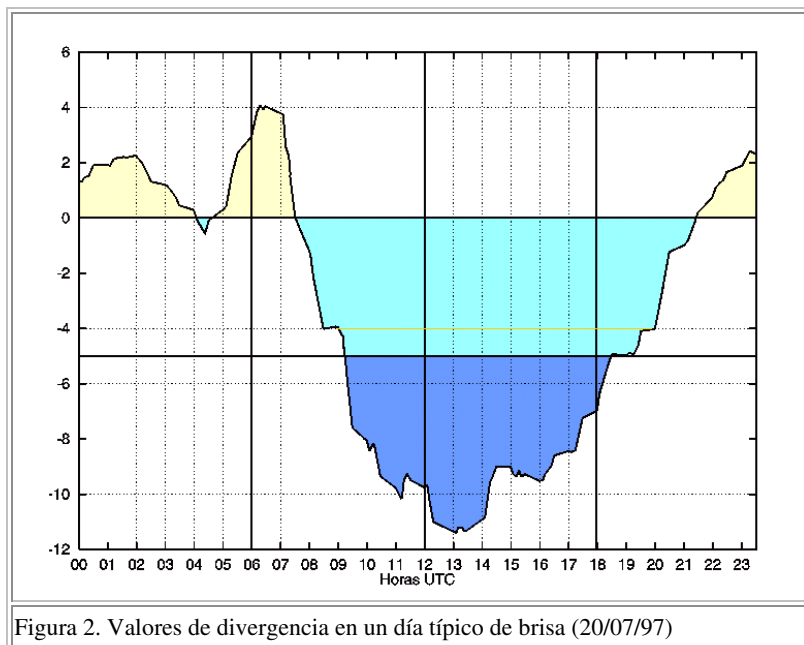


Figura 2. Valores de divergencia en un día típico de brisa (20/07/97)

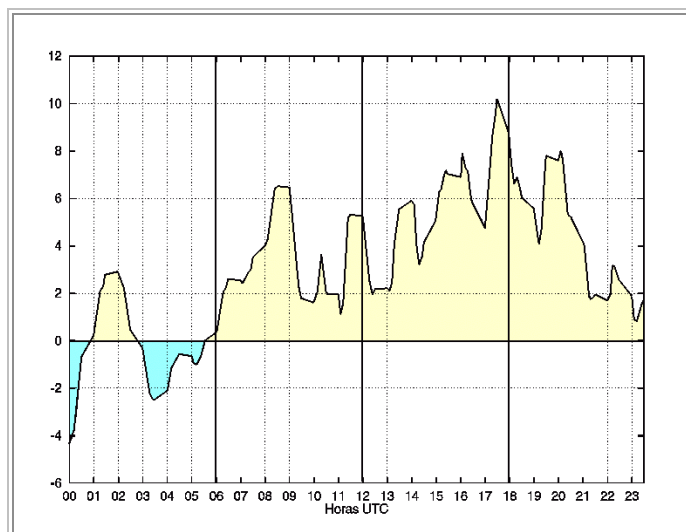


Fig.3. Situación de viento general del Este (13/07/97)

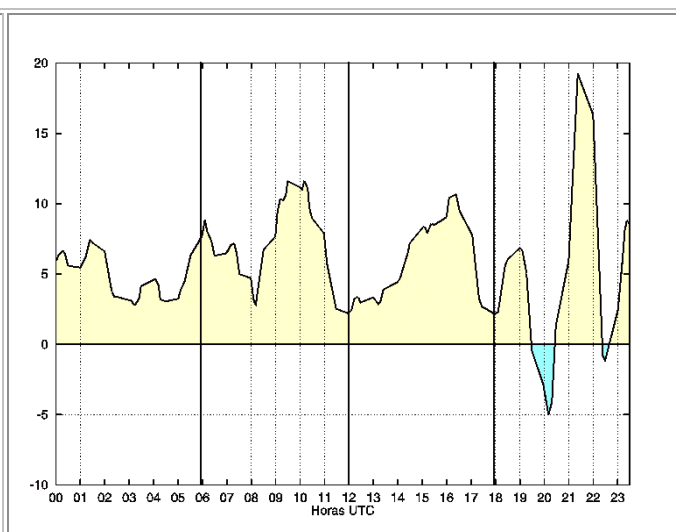


Fig.4. Paso de una línea de tormentas (18/06/97)

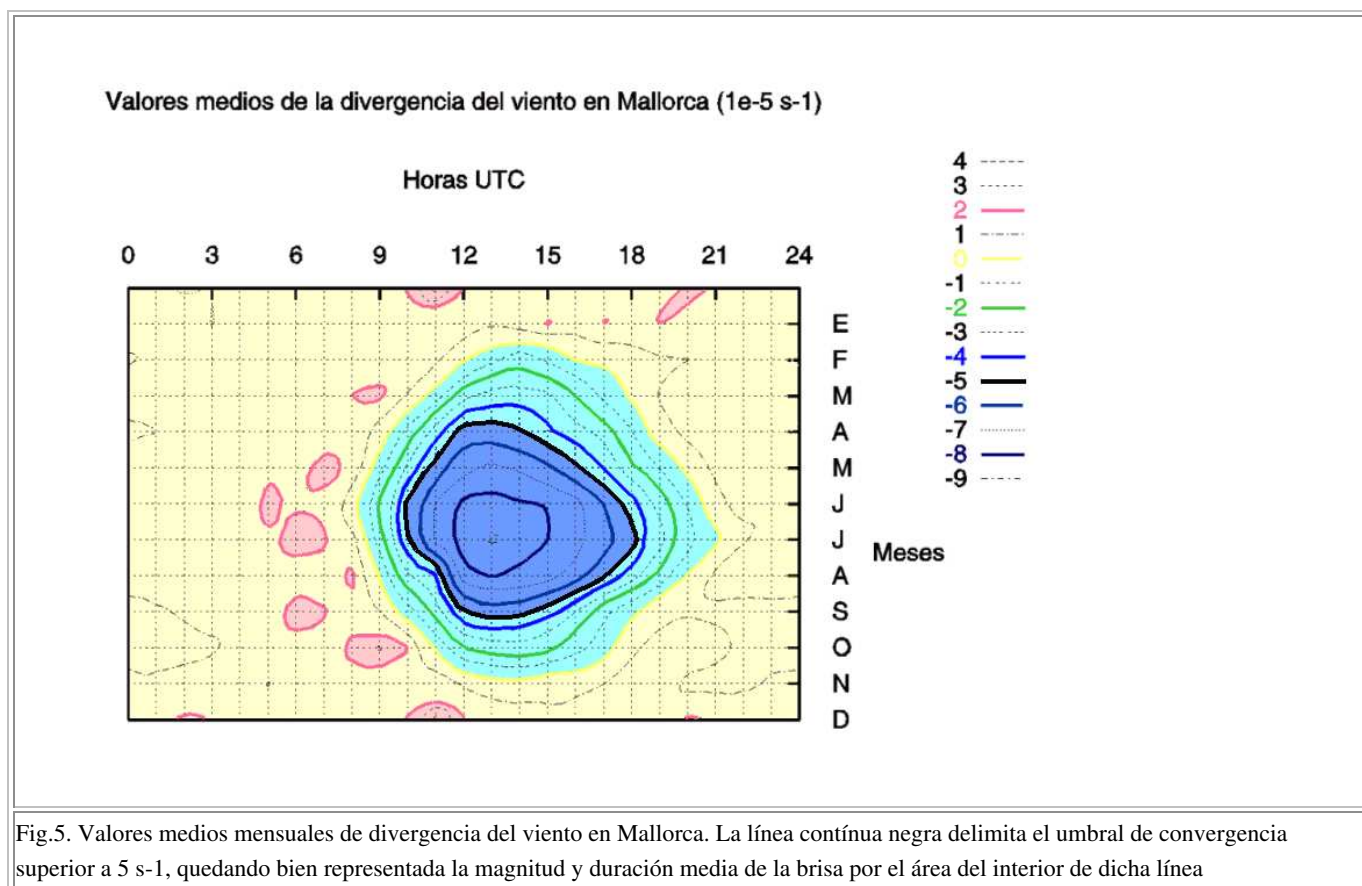
Si se compara la gráfica de la figura 2 con las de las figuras 3 y 4, que corresponden a un día de viento general del Este, sin brisa, y al del paso de una línea de tormentas (a las 21 horas), se ve que difícilmente se sobrepasa el umbral de 5 s-1, y lo mismo en los numerosos casos que se han revisado.

A pesar de ello, sin embargo, puede haber días al año en los que se supera el umbral citado anteriormente por convergencias no asociadas a la brisa, pero estos días no tienen mucha relevancia a la hora de realizar este trabajo ya que por un lado, son muy pocos al año, y por otro lado, el intervalo de horas con convergencia superior al umbral suele ser muy pequeño. Por tanto, pueden definirse como variables indicativas de la existencia y magnitud de la brisa al número de horas con convergencia superior a 5 s-1, y a la suma total de la convergencia superior a este umbral. (En la figura 2 esta variable estaría representada por el área comprendida entre la gráfica de divergencia y la línea de 5 s-1). Estas variables se utilizarán más adelante para el cálculo de correlaciones.

## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA CONVERGENCIA

La figura nº5 representa los valores medios de convergencia/divergencia en las distintas horas del día de cada uno de los meses del año, con datos entre 1992 y 1997. Estos valores pueden representar muy bien la magnitud de la brisa dado que ésta es la

causa predominante de convergencias en Mallorca. A la vista del gráfico destaca el máximo de convergencia que aparece alrededor de las 13 horas en los meses de Junio y Julio, meses en los que habitualmente se registran las máximas velocidades de la brisa, (17-18 kts en la costa), y en los que es mayor el calentamiento de la tierra respecto al mar (Jansá&Jaume,1946). Se aprecia también que la brisa sólo es significativa entre Marzo y Octubre, y que gradualmente va aumentando su ciclo diario a medida que se aproxima el verano. Por último, destacar también los máximos de divergencia que aparecen en verano al final de la madrugada debido al establecimiento de la brisa nocturna.



## ANÁLISIS DE FACTORES

A la hora de tratar de explicar el peso que ejercen distintas variables en el desarrollo o inhibición de la brisa, se ha empleado un análisis de regresión lineal múltiple en el que se ha considerado como variable dependiente, una magnitud indicativa del "volumen" de la brisa: el número de observaciones con convergencia superior al umbral de  $5 s^{-1}$ , entre las 08 y las 20 horas, con datos cada diez minutos. A esta variable la hemos denominado "Magnitud de la convergencia". Como variables independientes se han seleccionado y se muestran aquí únicamente aquellas que han dado correlaciones significativas, y son:

- RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE ( $cal/cm^2/día$ ), que actúa como variable medidora de la estacionalidad de la brisa.
- INSOLACIÓN RELATIVA (%).
- DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE 1000 Y 925 hPa ( $°C$ ), que actuaría como medidor de la inestabilidad de la capa baja atmosférica (hasta unos 700 m de altitud).
- VELOCIDAD DEL VIENTO EN 925 hPa (kts), como indicador del viento general reinante.

En las tablas 1 a 3 se muestran los resultados del modelo de regresión. A la vista de estos resultados se observa que las correlaciones en general no son altas pero sí significativas. El factor de mayor peso en la formación de la brisa es la radiación solar, tal y como era de esperar. (Se ha probado también el análisis con la radiación global diaria, quedando un peso relativo algo mayor). La insolación relativa tiene también un peso positivo mientras que el viento general, con un coeficiente de  $-0.1647$ , es un factor inhibitor de la brisa. La inestabilidad del nivel bajo da un coeficiente también negativo, lo cual puede resultar contradictorio ya que precisamente la inestabilidad atmosférica debe favorecer la aparición de la brisa. La explicación

está en que se han empleado temperaturas a las 12 Z (hora del sondeo), y a dicha hora la brisa ya suele estar establecida de manera que la temperatura de superficie ha disminuido y por tanto, también la diferencia entre 1000 y 925 hPa. Por la misma razón, los días sin brisa la temperatura de superficie puede ser elevada y con ello también la diferencia 1000-925 hPa, y en general, el gradiente de temperatura suele ser mayor en días sin brisa. No obstante, el haber empleado datos globales de varios años no hace sino dar una caracterización general de la brisa sin entrar de lleno en cada caso en particular, para lo cual se precisarán métodos más precisos para evaluar la inestabilidad de la capa baja.

Tabla 1: Media y desviación típica de las variables empleadas.		
Variable	Media	Desviac. típica
MAGNITUD CONVERGENCIA(NºObsr.)	23.564	21.844
RADIACIÓN SOLAR(cal/cm <sup>2</sup> /día)	719.498	233.222
INSOLACIÓN RELATIVA(%)	0.637	0.258
DIF. TEMPERATURA 1000-925 hPa(°C)	4.650	1.833
VELOCIDAD VIENTO 925 hPa(Kt)	10.103	7.905

Tabla 2: Coeficientes de correlación parcial (%)					
Variable	CV	RS	IR	DT	VV
MAGN.CONVERGENCIA (CV)	100	54	20	-26	-21
RADIACIÓN SOLAR(RS)	54	100	6	5	-2
INSOLACIÓN RELATIVA(IR)	20	6	100	-6	-13
DIF. TEMP. 1000-925 hPa (DT)	-26	5	-6	100	7
VELOC. VIENTO 925 hPa (VV)	-21	-2	-13	7	100

Tabla 3: Coeficientes de regresión para variables tipificadas y normales. (R <sup>2</sup> =0.481)		
Variable	Tipificada	Sin tipificar
RADIACIÓN SOLAR	0.48820	0.04573
INSOLACIÓN RELATIVA	0.15497	13.09766
DIF.TEMPERATURA 1000-925 hPa	-0.20406	-2.43130
VELOCIDAD VIENTO 925 hPa	-0.16467	-0.45503
(Término independiente)	-1.7712	

## CONCLUSIONES

\* El cálculo de la convergencia del viento parece un método bastante aceptable para identificar los días de brisa en Mallorca.

\* La radiación solar es el principal impulsor de la brisa, circunstancia ya conocida anteriormente, aunque sin estar evaluado su peso relativo con respecto a otras variables.

\* Sería de interés para continuar con estos estudios tratar de emplear algún criterio de inestabilidad basado en variables cualitativas, según haya o no inversión de temperatura en niveles bajos, y lo mismo quizás para otras variables.

\* Todos estos resultados servirán para poder calibrar la entrada de variables a un modelo numérico de predicción de la brisa que pretende generalizar a otro modelo simplificado anterior (Ramis, Jansá, Alonso, 1990).

## **BIBLIOGRAFÍA:**

JANSÁ J.M., E. JAUME, 1946: El régimen de brisas en la isla de Mallorca. Revista de Geofísica, nº19, pp 304-328. Instituto Nacional de Geofísica.

RAMIS C., A.JANSÁ, S.ALONSO, 1990: Sea Breeze in Mallorca. A Numerical Study. Meteorology and Atmospheric Physics, nº42, pp 249-258.

RAMIS C., 1996: Prácticas de Meteorología. Materials didàctics-11, Universitat de les Illes Balears, pp 207-208.