

INFLUENCIA DE LAS CIRCULACIONES ESTIVALES DE BRISA EN EL DESARROLLO DE TORMENTAS CONVECTIVAS

*Jorge Olcina Cantos**

*Javier Miró Pérez**

Universidad de Alicante

RESUMEN

Las circulaciones estivales de brisa marina atemperan el **ritmo** térmico de las localidades situadas en el litoral, favoreciendo su confort climático. No obstante, en determinadas situaciones atmosféricas, la penetración de la **marinada** tierra adentro puede culminar con la formación de «**frentes de brisa**» activos, a favor de la disposición de los relieves, en los que se generan núcleos convectivos que descargan precipitaciones abundantes en las tierras del interior. Se analiza la importancia climática de las circulaciones de brisa marina estival en las tierras alicantinas y su participación en el desarrollo de tormentas y lluvias intensas en los valles interiores.

Palabras clave: Brisa marina, «frente de brisa», núcleos convectivos, clima local, influencias del relieve.

ABSTRACT

Summer see breeze winds influence in development of convective thunderstorms

Summer see breeze winds **moderate** daily maximum temperatures in coastal towns, contributing to improve their **climatic** confort. However, in any atmospheric conditions, the entry of see breeze inland can **generate** active «**see breeze fronts**» in favour of relief disposition, with development of convective thunderstorms that causes heavy rain in interior lands. In this paper, the **climatic importance** of summer see breeze winds **in** Alicante lands and their influence in development of heavy rains is analized.

Key words: Summer see breeze, «see breeze front», convective clouds, relief influences.

Fecha de recepción: 8 de septiembre de 1998.

* Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. Campus de San Vicente del Raspeig, 03690 ALICANTE (España).

1. La importancia climática de las circulaciones de brisa marina. Los «frentes de brisa»

El término brisa' se tiene, en climatología, por sinónimo de circulación de viento ligero, de poca intensidad que matiza los rasgos termohigrométricos de las áreas afectadas por su sople. La escala de Beaufort emplea siete grados de su clasificación para caracterizar la diferente intensidad de la brisa desde la muy ligera (escala 1) a la brisa fuerte (escala 6) que comprendería vientos con una velocidad entre 1 km/h y 50 Km/h. En el litoral mediterráneo español la brisa marina circula a velocidades entre 6 y 20 Km/h, aunque no son desconocidas rachas de 55 km/h.

El efecto termorregulador de los virazones en la franja costera es notorio, todo el año, cuando se desarrolla el circuito de brisas a favor de situaciones de escaso gradiente horizontal de presión en superficie. Y así ha sido recogido en obras de análisis climáticos de regiones costeras. Así, en las topografías médicas y obras de propaganda del clima elaboradas en el último cuarto del siglo s. XIX en algunas ciudades españolas del litoral mediterráneo se alude al soplo salutífero de la brisa marina que contribuye a purificar el aire de las ciudades. Sánchez Santana, en su *Residencia Invernal de Alicante*, al describir los vientos que caracterizan el clima de la ciudad de Alicante, ofrece, en 1889, —algunos años antes de que Bjerknes ofreciera soporte científico al mecanismo de las brisas— la siguiente explicación del desarrollo del circuito de brisas: «*cuando rasgando la atmósfera llegan los primeros rayos del hermoso sol de este cielo a templar con su aliento abrasador la frescura de la mañana, aumenta de una manera notable la temperatura del aire de la ciudad, porque la del suelo va progresivamente creciendo, sin que nunca llegue la atmósfera marina al grado termométrico de la terrestre; este fenómeno hace que elevándose el aire caliente de la ciudad, se precipite sobre ella el más frío de los mares, estableciéndose un círculo colosal, que no solamente refresca la atmósfera, sino que la purifica de los cien mil elementos perniciosos que en suspensión tiene, al arrastrarla hacia los mares por las regiones más elevadas del espacio, cambiándola por las deliciosas brisas del Mediterráneo*».

Incluso actuaciones urbanísticas realizadas en algunas ciudades del litoral mediterráneo español, herederas de la corriente higienista de finales de la pasada centuria, disponen las calles principales a favor de la componente de la brisa marina². Ocioso resulta indicar, los efectos beneficiosos de estas circulaciones para la navegación de cabotaje en tiempos de la navegación a vela, amen de su aprovechamiento con fines deportivos o lúdicos.

Las brisas son vientos periódicos cuya formación se asocia con las variaciones que experimentan los campos de presión en la mesoscala en relación con factores térmicos. La explicación teórica de brisas y terrales descansa en el primer teorema de Bjerknes según el cual, si los gradientes de presión y temperatura tienen direcciones distintas, se crea energía

1 El término procede, según algunos tratadistas, del vocablo latino *versus* que significa cambiado, vuelto, en alusión a la modificación horaria de la dirección en este circuito de vientos.

2 Es, por ejemplo, el caso del barrio de Benalúa, en la ciudad de Alicante, ejemplo de las ideas higienistas en boga a finales del s. XIX, cuyas calles principales se disponen perpendiculares a la línea de costa, en sentido este-oeste, para permitir la circulación de la brisa marina.

que fuerza al aire a circular en el sentido que lleva desde el extremo del vector gradiente de presión al del vector gradiente de temperatura, por la trayectoria más corta. Durante el día, en islas y costas la superficie de las mismas queda a más temperatura que el mar, el aire el contacto con ellas se calienta y dilata perdiendo densidad y se eleva, dando origen a un vacío relativo que atrae la brisa marina, **marinada** o **virazón**; en cambio, durante la noche ocurre lo contrario, sopla el terral o brisa de tierra". Para que los fenómenos de brisa adquieran importancia es menester que los gradientes de presión resulten exiguos, ya que de otro modo aquéllas quedarían difuminadas. Quereda y Montón (1994) han señalado que la circulación de brisas se desarrolla cuando el gradiente horizontal de presión no supera los 3 hPa 100 Km., situación habitual en el litoral mediterráneo español durante los meses cálidos del año.

La importancia regional de la brisa marina se manifiesta en la abundancia de denominaciones locales de las mismas. En el litoral mediterráneo español es notorio el efecto refrescante de la brisa marina durante el verano, comienza a soplar a media mañana y cobra su mayor intensidad, tras las horas de más calor; en Valencia esta brisa intensa de mediodía recibe el nombre de *embata del migdia*.

Mayeçon (1992) señala las siguientes características de las circulaciones de brisa marina:

- nubosidad débil, salvo que se desarrollen nubes del género *cumulus* en los denominados «frentes de brisa».
- temperatura del aire sobre tierra firme al menos 1° C superior a la temperaturas superficial marina y generalmente 4 ó 5° superior. Pedelaborde (1987) ha señalado que gradientes térmicos de 1° C/100 km. son suficientes para desencadenar el mecanismo.
- mayor intensidad de la brisa si se da cierto grado de inestabilidad en la estructura térmica vertical.
- la presencia de relieves próximos a la costa contribuye a animar los ascensos convectivos de la **marinada** y las condensaciones en la cima de aquéllos.
- el espesor de la capa convectiva está en relación directa con la extensión horizontal de la brisa. Así, nubes del género *cumulus* con desarrollos en la vertical de 2.000 m. o más señalan gran intensidad de la brisa marina; por contra, nubes del género stratocumulus con desarrollo en la vertical de apenas 500 m. es indicativa de una circulación de virazones muy débil. En sus trabajos sobre la brisas en la isla de Mallorca, Jansá Guardiola señalaba, en 1946, que el proceso convectivo que acompaña el circuito de la brisa queda confinado debajo del nivel de 1.000 metros.

Una cuestión de gran interés es la capacidad de penetración de la **marinada** tierra adentro y su influencia en alteración de rasgos térmicos e higrométricos de las tierras situadas en el interior. Hay que recordar que el rozamiento y la **incurvación** impuesta por la fuerza de Coriolis limita la capacidad de penetración tierra adentro de las brisas; de **ahí**

3 Idéntica formulación teórica tienen las denominadas brisas de valle y montaña, en las que proceso termodinámico no origina un ascenso en la vertical sino oblicuo, que sigue el trazado de la ladera: particularmente en laderas desnudas o de ralos poblamientos vegetales, con fuerte **albedo**, de manera que cuando el sol brilla el calentamiento del aire se produce a lo largo de toda la vertiente; tras la puesta de sol se registra una brisa de sentido contrario (vid. Medina, M., 1976, pp. 14-19).

que sea en las cercanías del Ecuador donde el fenómeno de la *marinada* alcanza mayor extensión superficial puesto que al resultar prácticamente despreciable dicha fuerza aparente las brisas no experimentan incurvación y al ser su trayectoria rectilínea pueden avanzar más. **Quereda** y **Montón** (1994) han apuntado la posibilidad de que circulaciones intensas de brisa marina lleguen a penetrar 100-150 Km. tierra adentro, con espesores de 4-5 Km. en la vertical y velocidades medias entre 3 y 4 m/s. En el litoral mediterráneo tal extensión estaría facilitada por la existencia de relieves no muy pronunciados y la abundancia de pasos o pasillos orográficos entre éstos. Los trabajos de campos realizados durante el verano de 1998 en las tierras interiores de la provincia de Alicante revelan la existencia de influencias de viento de componente marítimo (este, noreste y surestes) en puntos alejados más de 50 kilómetros de la línea de costa como **Villena**, **Ibi** o **Castalla**, a favor de canalizaciones que experimentan estas circulaciones superficiales en el corredor del **Vinalopó** y el valle del **Monnegre**. Hay que indicar, no obstante, que en jornadas de calma, propicias para el desarrollo del circuito de brisas, a la penetración tierra adentro de la *marinada* se unen circulaciones de vientos de valle que contribuyen a refrescar el ambiente de las tierras interiores en los días estivales.

Los tratadistas que han analizado las circulaciones de brisa en los climas *costeros* españoles han resaltado, por lo general, el aspecto bonancible de estos vientos periódicos. La mitigación de las oscilaciones térmicas y, por ende, la reducción de amplitudes mensuales y anuales y el efecto refrescante durante las jornadas cálidas del verano. En el litoral catalán son de interés los estudios de la *marinada* realizados a comienzos de siglo por **Fontserh** y **Miguel Cuñat**. **Fontserh** hablará de «vientos estivales de *convección*» para referirse a la circulación intensa de virazonas a lo largo de la costa de Cataluña⁴. Para **Zimmerschied** (1949) las circulaciones de brisa caracterizan las jornadas estivales de buen tiempo en el litoral español. En su *Geografía de España y Portugal*, **Lautensach** señala que en la costa oriental las direcciones primarias de los vientos deberían atribuirse a la brisa marina y añade que el viento marino, en las situaciones de buen tiempo en pleno verano, puede penetrar hasta 50 km. tierra adentro, originándose temperaturas bajas en verano allí donde sopla con frecuencia⁵. **Albentosa** (1989) indica que al ser fresca y húmeda la brisa de mar contribuye poderosamente a suavizar los rigores térmicos del verano.

Recientemente algunos autores han propuesto una revisión de la importancia de las brisas como elementos destacados de la dinámica atmosférica a escala regional. Así, **Estrela** y **Millán** (1994) han señalado la importancia del mecanismo de brisa marina-terral para la explicación de alteraciones en la circulación general del área mediterránea. En su propuesta de revisión del denominado «*monzón* ibérico» indican que las brisas dirigen el sistema circulatorio dentro de la baja ibérica formada en las tierras interiores de la península ibérica, durante el verano. Destacan, además que el estudio de la intensidad y componente de las brisas *ayudaría* a conocer la capacidad de dispersión de contaminantes en el litoral mediterráneo; apreciación apuntada, asimismo, por **Quereda** y **Montón** (1998)

⁴ Vid. **Fontserè**, E. (1915): «Desarrollo de la brisa marina en el litoral de Barcelona». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes*, tercera época. vol. XI, Barcelona, pp. 453-454. **Miguel Cuñat**, E. (1928) «Generalidades de las brisas», *Anales de la Sociedad Española de Meteorología*, vol. II, Madrid, pp. 93-102.

⁵ Vid. **Lautensach**, H. (1967): *Geografía de España y Portugal*, Ed. Vicens-Vives, Barcelona, pp. 55-M.

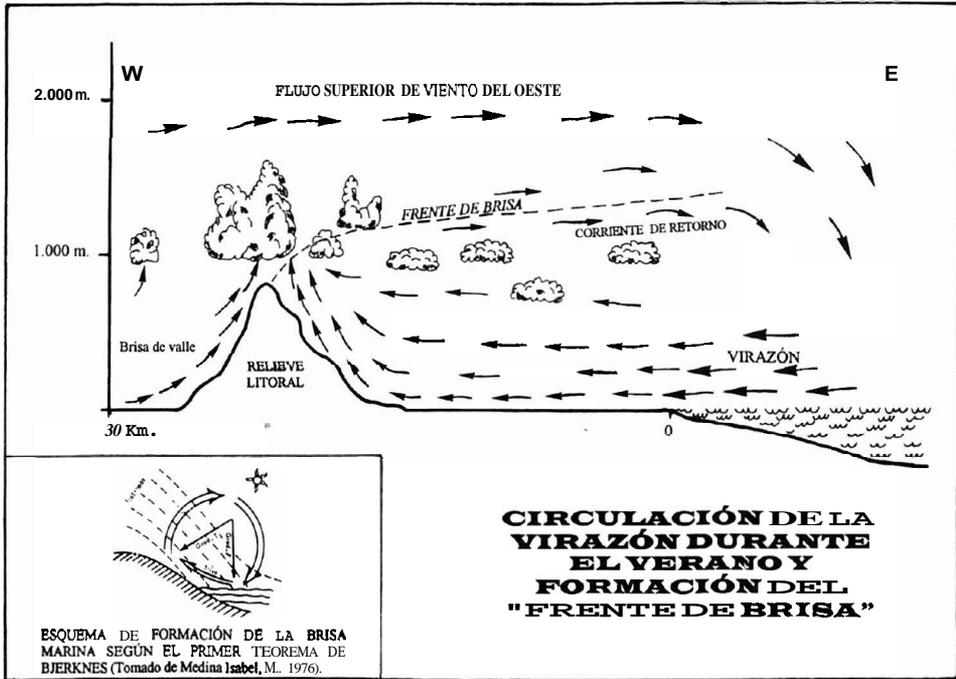


FIGURA 1. Esquema de circulación de la brisa marina (marinada o virazón) durante el verano y formación del «frente de brisa».

en su reciente análisis del escenario atmosférico de los contaminantes en el litoral mediterráneo.

Pero junto a ello las circulaciones de brisa pueden ir acompañadas de temperie inestable y favorecer el desarrollo y extensión de fenómenos tormentosos con precipitaciones, a veces, cuantiosas. En efecto, si permanecen restos de inestabilidad en las capas medias y altas de la troposfera, la circulación de marinadas puede desarrollar **frentes de brisa** activos con génesis de nubes de desarrollo que culminan con lluvias en las tierras situadas en el interior (vid. gráfico nº 1).

Es necesario distinguir entre frentes de brisa «estables» que se forman, en los meses centrales de verano, a favor de condiciones de calma en la escena sinóptica y revelan condiciones de buen tiempo, y frente de brisa «inestables» que **devienen** de la existencia de condiciones de inestabilidad en la troposfera media y alta, desarrollan nubosidad convectiva y terminan ocasionando lluvias tierra adentro del frente litoral. Estos últimos tienen su época de desarrollo más frecuente en los meses de mayo y junio⁶.

⁶ Hay que señalar que el verano en las tierras del sureste ibérico se prolonga por encima de los rígidos límites astronómicos para ocupar los meses de mayo a octubre. En este período se puede diferenciar entre meses pre-estivales (mayo y junio), meses centrales del estío (julio y agosto) y meses tardo-estivales (septiembre y octubre). Los meses de inicio y cierre de la temporada estival coinciden con lo que Durand-Dastés denominó, acertadamente, «épocas de paroxismo».



Foro 1. *Stratocumulus* que penetran tierra adentro en el Campo de Alicante enipujados por la brisa marina. 10.00 h., 19 de agosto de 1998.



Foro 2. *Stratocumulus* más desarrollados interesando el Campo de Alicante, a las 12.00 h. (19 de agosto de 1998).



Foto 3. *Stratocumulus* evolucionando a *cumulus mediocris*, anclados sobre los relieves prebéticos del Campo de Alicante (Cabeço d'Or). Formación del «frente de brisa». 13.00 h. (19 de agosto de 1998).



Foto 4. *Cumulus congestus* del «frente de brisa» desarrollado sobre la Peña Roja y el Maigmo. Pasillo de entrada (Fosa de Tibi) de la marinada hacia la Hoya de Castalla. 15.00 h. (19 de agosto de 1998).

Mayeçon señala que la entidad de la nubosidad y la penetración tierra adentro de estos frentes de brisa está en función de la intensidad de la marinada, resultando más evidentes durante el verano en el litoral mediterráneo. Por lo general comienzan a formarse a partir de las 10:00 h. (T.M.G.) y alcanzan su grado máximo a primeras horas de la tarde (16:00 h. T.M.G.).

La evolución horaria y los tipos nubosos vinculados a los frentes de brisa en el litoral mediterráneo español sería la siguiente:

A las diez de la mañana comienzan a formarse *srratocumulus* y *fractocumulus* que se introducen desde la costa tierra adentro (vid. foto nº 1). En las horas centrales de la mañana estas formaciones, en principio esparsas, se adensan y dan lugar a *stratocumulus castellanus* con cimas crecientes y bases opacas que quedan anclados en el cinturón de relieves próximo al litoral (vid. foto nº 2). A mediodía, cuando la intensidad de la **marinada** es mayor, las formaciones nubosas, bien densas, pueden evolucionar hasta convertirse en *cumulus mediocris* (vid. foto nº 3) o, si permanecen restos de inestabilidad en la troposfera media y alta, desembocan en nubes de desarrollo vertical del tipo *cumulus congestus* o *cumulonimbus calvus* que propician la génesis de fenómenos de tormenta en las localidades del interior (vid. foto nº 4).

Si estos últimos no acontecen la formación del frente de brisa se dispersa a última hora de la tarde transformándose los cúmulos congestus en *srratocumulus* con velos de *altostratus translucidus* que coronan la bóveda nubosa.

El mecanismo de formación de frentes de brisa es tan reiterada en algunas localidades con relieves próximos a la costa del litoral mediterráneo español que en éstos se desarrollan, durante las jornadas estivales, nubes del género *stratocumulus* en forma de formaciones de toca que llegan a caracterizar su paisaje. En las tierras alicantinas son característicos los «*capells*» (sombreros) estivales que se anclan en las sierras del **Cabeço d'Or**, Puig Campana, **Bernia** o el Montgó.

2. Circulaciones estivales de brisa en tierras alicantinas. Repercusiones climáticas en los valles interiores

Resulta frecuente, en los meses centrales del verano comprobar que, mientras ciudades de la Meseta como Madrid o Albacete registran, en las horas centrales del día, temperaturas máximas que alcanzan o superan 35°C, sin necesidad de que haya una situación de calores excepcionales, localidades de los valles interiores de las tierras alicantinas, a similar altitud y a más de 30 kilómetros de la costa, se ven afectadas por el soplo de un viento agradable que impide que los registros térmicos superen los 30°C. Incluso en algunas jornadas las máximas son de rango similar o inferior a las que se registran en la misma costa, siendo las mínimas nocturnas, como es lógico, inferiores.

Por su ubicación interior, y el aislamiento que confiere el cingulo montañoso de los relieves prebélicos, cabría pensar en una escasa o nula influencia de la **marinada** en los valles interiores; sin embargo algunos registros atmosféricos y observaciones de campo delatan la posible influencia de la circulación de brisas desde la costa durante el día siempre que acontecen circulaciones de marasmo en superficie. Esta «influencia **maríti-**

ma» en las temperaturas diurnas de las tierras interiores es patente en el semestre estival, cuando la intensidad de la brisa marina es, como se ha señalado, mayor.

La entidad y grado de penetración tierra adentro de la marinada está en función de la existencia de un escaso gradiente horizontal de presión, es decir de la tendencia al marasmo barométrico y de la conformación de bajas relativas continentales. La acumulación de calor sensible en la superficie continental durante las horas centrales del día y el valor de la temperatura superficial marina, contribuyen a mantener el diferencial térmico y de presión necesario para el desarrollo del circuito de brisas.

El mayor caldeoamiento de la superficie continental es indicativo de la mayor frecuencia e intensidad de la marinada durante el semestre estival, sobre todo en los meses de mayo y junio. Por su parte en agosto y septiembre el mar alcanza su mayor temperatura (24-25° C, frente al litoral), reduciéndose así el diferencial térmico mar-tierra. Ello explica la mayor entidad y grado de penetración tierra adentro de la brisa marina durante los meses de transición al verano frente a los meses centrales y tardo-estivales. Los datos de frecuencia de dirección y velocidad media del viento en el observatorio de El Altet, uno de los puntos de entrada de la brisa marina hacia el interior en las tierras alicantinas demuestran la mayor entidad de la brisa en los meses de abril a junio (mayor velocidad media), frente a la más elevada frecuencia de aparición de la virazón en los meses centrales del verano que, por contra, no registrna las velocidades más elevadas del año en los vientos de componente oriental. (vid. cuadro nº 1).

CUADRO Nº 1
**DIRECCIÓN MÁS FRECUENTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN
 ALICANTE (OBSERVATORIO DE EL ALTET)**

	ENE		E		ESE		W		WNW		NW	
	Dirección (%)	Velocidad (km/h)										
ENERO	2,6	21,5	4,2	15,4	0,7	14,8	19,1	19,6	6,3	22,7	13	27,6
FEBRERO	3,5	19,9	10	17,9	1,8	12,1	14,6	21,4	6,8	21,4	11	26,8
MARZO	3,3	17,7	15,5	18,5	2,5	15,8	10,3	19,5	5,6	25	11,9	26,1
ABRIL	4,6	21,9	18,5	20,2	4,8	16,4	10,4	17,7	3,3	21,5	6,5	22,6
MAYO	4,1	19,6	22,5	19	5,6	16,8	7,7	18,1	3	20	5,6	23,9
JUNIO	5,5	20,8	27,5	19,4	7,7	18,2	3,9	14,3	1,6	17,6	3,3	23,9
JULIO	5,2	18,5	32,4	19,4	8,1	17,8	2,6	12,8	0,6	10	2	16,2
AGOSTO	4,8	20,2	28,5	20,2	8,2	15,9	4	13,9	1,7	13,8	2,9	14,1
SEPTIEMBRE	3,7	16,6	20,9	17,5	7,5	15,2	6,2	14,9	2,9	12,4	6,3	16,8
OCTUBRE	3,5	17,4	16,6	19,4	2,7	15,9	9,6	15,8	3,6	17,4	6,7	18,3
NOVIEMBRE	2,9	17,3	9	18,8	1,7	12,3	14,6	17,2	4,8	19,2	12	21,9
DICIEMBRE	3,3	31,4	5,7	15,3	0,9	12,3	16,2	17,2	5,3	20	13,9	24,2

* La dirección viene expresada en porcentaje de días del año con dicha componente.

Fuente: *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, 1994.* (A.J. Pérez Cueva, dir.).

Hay que señalar, sin embargo, que aunque en primavera, desde el mes de abril e incluso desde fines de marzo, la penetración de la brisa comienza a adquirir protagonismo, no ocupa gran número de días puesto que la circulación atmosférica viene aún dominada por los flujos de componente oeste (vid. cuadro nº 1).

No obstante en estos meses de paroxismo equinoccial las penetraciones de la brisa tierra adentro, en ocasiones de modo casi «explosivo», tras el letargo invernal, son capaces. por sus propiedades termohigrométricas, de convertirse en importante factor inestabilizador, a nivel local, máxime en aquellas jornadas en la que permanecen restos de inestabilidad tras el paso de una vaguada de aire polar o ártico en las capas medias y altas de la troposfera. Ello provoca ascensos pseudoadiabáticos del aire superficial, sobre todo si ya ha recorrido un tramo continental, calentándose por su base.

Este fenómeno explicaría la equiparación de las lluvias primaverales a las otoñales o en algún caso, incluso, el predominio de las precipitaciones primaverales en buena parte de las tierras interiores de la provincia de Alicante, en el área a sotavento de los temporales de Levante, como ocurre en los observatorios situados en la Hoya de Castalla (Castalla, Ibi) y algunos del Alto Vinalopó (Benejama).

En estas circunstancias las temperaturas menores de la superficie marina y, por ende, el menor valor de la tensión de vapor, impide el desarrollo de este tipo de tormentas primaverales sobre la misma costa, y en todo caso el área litoral se ve afectada por precipitaciones de poca cuantía procedentes de núcleos de tormenta originados en los relieves interiores, cuya trayectoria sería la contraria a la dirección de la brisa, puesto que en las capas medias y altas de la troposfera lo normal es que el viento continúe soplando del tercer o cuarto cuadrante, con independencia de la dirección de la brisa en superficie. Sería éste el tipo de circulación característico de las situaciones primaverales de lluvias intensas analizadas a continuación (vid. infra, apartado nº 3).

Junto a la influencia de los flujos costeros en las tierras del interior, hay que considerar otros factores que contribuyen a animar las circulación local de vientos. La presencia de los relieves béticos que cruzan el interior alicantino, cruzados por numerosas fallas transversales que dan origen a una sucesión de montañas y fosas tectónicas, algunas de gran entidad, permite el desarrollo de fenómenos de brisa de valle.

El soplo de las brisas de ladera llega a ser apreciable en algunos valles de las tierras alicantinas interiores, de modo especial en aquellas laderas orientadas a mediodía por el mayor caldeoamiento que experimentan a lo largo del día. Si bien la dirección normal de alineaciones montañosas y valles, siguiendo las directrices béticas, es de suroeste a noreste, hay dos excepciones notables, gracias a sendas fracturas transversales a la dirección bética: el Valle del Vinalopó y la Hoya de Castalla. Estos valles poseen una apertura muy clara hacia el S.E., hacia la fachada litoral, lo que favorece el ascenso de vientos en régimen de brisa que acceden desde el mar hacia el interior. El valle del Vinalopó aún queda abierto hacia algunos otros puntos interiores, en especial hacia el noroeste, por contra la Hoya de Castalla queda completamente rodeada por un cingulo montañoso. cuya única salida clara es la mencionada salida natural del valle hacia el sureste (Fosa de Tibi). Dada la disposición estructural de estos valles, especialmente del segundo, es posible hablar de la formación en ellos, durante el semestre estival sobretodo, de brisas de valle autónomas, con la particularidad de que a ellas se une la influencia marítima por su apertura hacia el litoral.

Ello conduce a la idea de la posibilidad de actuación conjunta, durante el día, de brisas de valle y marinadas. La penetración de este tipo de viento hacia el fondo del valle. aumenta la diferencia de potencial para con la masa de aire cálida y seca que aún subsiste en la parte más interna del valle y laderas montañosas expuestas a la insolación, lo que aumenta el efecto de succión, siendo reemplazada. en una cubeta determinada. la antigua masa de aire por la nueva en cuestión de muy poco tiempo. Sin embargo. la transmisión de esa masa de aire superficial de una cubeta interior a otra. si media algún relieve entre ellas. es muchísimo más costosa.

El efecto de aspiración que en la Hoya de Castalla puede experimentarse en la apertura suroriental en la Fosa de Tibi (tramo entre el Embalse de Tibi y la Finca Terol) es, si cabe. potenciado por el efecto divergente que experimenta el valle hasta la mencionada solana en su extremo más interno (cuando normalmente los valles suelen experimentar convergencia hacia su zona más interna y elevada). Así, se observa, en muchos días, que la penetración de la masa de aire mediterránea ocurre de modo casi explosivo. Ello es especialmente perceptible en primavera, cuando aún pueden afectar a nuestras latitudes masas de aire que favorecen la buena visibilidad. Se observa entonces. a primera hora del día. condiciones de visibilidad excepcional y humedad baja. en el interior del valle. A finales de la mañana, o incluso a veces antes. se observa por la boca S.E. del valle (visto desde el interior), un cambio súbito de visibilidad plasmado en la propia coloración del aire, que empeora claramente al aumentar la humedad contenida en el cuerpo superficial de aire. Esa nueva masa de aire avanza hacia el interior del valle rápidamente. a modo de lengua, siendo muy nítido el punto de contacto entre ambas masas de aire. Si además existe cierta inestabilidad en la troposfera media y alta se desarrollan nubes convectivas en la franja de contacto, ancladas generalmente sobre las barreras orográficas, que marcan la posición del «frente de brisa». En poco tiempo. cambia la dirección del viento de W. o N.W. a S.E.. y la cubeta queda colmada por la nueva masa de aire. En pleno verano, la visibilidad de las masas de aire que nos afectan suele ser mucho menor. por lo que el efecto visual no es tan claro, pero por contra el efecto sensible puede ser, si cabe, más patente. Así la entrada de la brisa se manifiesta porque, tras una subida continuada de las temperaturas a lo largo de la mañana. de repente se percibe la entrada de un viento más fresco. que incluso puede provocar una cierta caída de la temperatura a primera hora de la tarde. cuando ésta aún continúa subiendo en ámbitos más interiores. donde no afecta la brisa, y por tanto las máximas se alcanzan más tarde y son sensiblemente superiores.

Si se observa la banda del termohigrógrafo del observatorio de Castalla correspondiente a la semana del 27 de Julio al 2 de Agosto de 1998, se puede apreciar en la sucesión de valores horarios de temperatura y humedad relativa la entrada de la brisa húmeda diurna, en varios días. constatada principalmente en una inflexión de la curva de humedad relativa bastante más temprana (días 27, 28. 31 y 1) de lo que se daría en un comportamiento normal, no afectado por la entrada de brisa (días 29 y 30). En los casos de los días 27, **31** y 1 incluso se destaca una entrada de la brisa de modo explosivo, haciendo ascender la humedad relativa de modo brusco en el intervalo de una hora o poco más (precisamente cuando el grado de insolación es mayor). Se observa que ello tiene también su repercusión en las temperaturas máximas. que se alcanzan. y quedan así cortado el ascenso diurno en ese punto. alrededor de las 12 h. solares. De no entrar la manada, las temperaturas

seguirían subiendo, o se mantendrían al menos, por espacio de unas horas más, tendencia que se aprecia en los dos días en los que no se observa una irrupción clara de la brisa marina (días 29 y 30) (vid. figura nº 2). Resulta especialmente significativo el caso del día 27 de Julio, uno de los días más calurosos en este sector del verano de 1998. Se observa que el día se inicia con altas temperaturas y humedad muy baja, situación que se prolonga hasta mediodía, cuando se produce de modo fulminante el brusco cambio traído por la brisa, tras haberse alcanzado la cota de 34'7°C. Por contra, en poblaciones como Alcoy o Villena, más alejadas del litoral, en cubetas más inaccesibles para la brisa, las temperaturas aún suben más, tras traspasar el umbral del mediodía, alcanzando Villena (La Vereda) 37°C, y Alcoy, 38°C.

En días donde la entrada de la brisa es especialmente intensa, las máximas registradas en la Hoya de Castalla son similares, y en algún caso incluso inferiores, a las que se registran en las mismas ciudades costeras. Pero con la diferencia de que, la desaparición de esas condiciones por la noche, hace que la temperatura mínima sea bastante más baja en la Hoya de Castalla que en la costa, en un comportamiento más típico de interior. En esta combinación y efectos reside la explicación de una incógnita hasta ahora no aclarada. Se trata del hecho de que sea en la Hoya de Castalla donde menor temperatura se registra, de toda la provincia de Alicante, en los meses centrales del verano (Julio y Agosto no superan los 22°C. de temperatura media mensual). Mientras que en invierno el área donde se registran las temperaturas más bajas se traslada algo más al interior (Valle de Benejama-Bañeres). Así, es aparentemente extraño que poblaciones como Villena o Alcoy, que participarían de un régimen térmico cercano al de la Hoya, registren veranos más cálidos, fundamentalmente en lo que respecta a las temperaturas máximas (con diferencias en muchos días de 3 ó 4 grados en estas, o incluso más en algunos días).

Los mapas incluidos en la figura nº 3 reflejan los distintos estadios de conformación de las brisas, a lo largo de un día de calma del semestre estival en las tierras alicantinas. Se manifiesta en ellos la circulación superficial de vientos a distintas horas del día. En el primer estadio (mapa I) se observa la situación predominante desde bien entrada la noche, y hasta primera hora de la mañana. Se observa que predomina una ligera corriente superficial de terrales, consecuencia del enfriamiento continental nocturno, aunque en la noche veraniega son corrientes muy débiles. Esta situación reflejaría una hipotética circulación de brisas invernal, de acontecer días calmos, cuando una superficie continental más fría que el aire afectado de la inercia térmica marina, favorecería este tipo de circulación tierra-mar.

A media mañana, y sobre todo a última hora de la mañana se inicia la penetración de la marinada, aún con recorrido corto. Al tiempo comienzas a formarse circuitos de brisa de ladera en los distintos valles interiores, corrientes de aire aún no conectadas directamente con la marinada, y por tanto no contagiadas de sus propiedades higrométricas. Con todo se trata de un viento con un contenido en humedad relativa algo mayor que el terral, aunque sólo sea por su propia trayectoria ascendente. Sin embargo, se observa aún la influencia del terral en la zona más interior y en las partes más elevadas de la provincia (vid. mapa II).

La evolución de estas condiciones da lugar a una situación de brisa diurna bien desarrollada. Puede alcanzarse este grado en las primeras horas de la tarde de cualquier día de verano, y no suele extenderse ya mucho más, salvo días de especial intensidad. En este

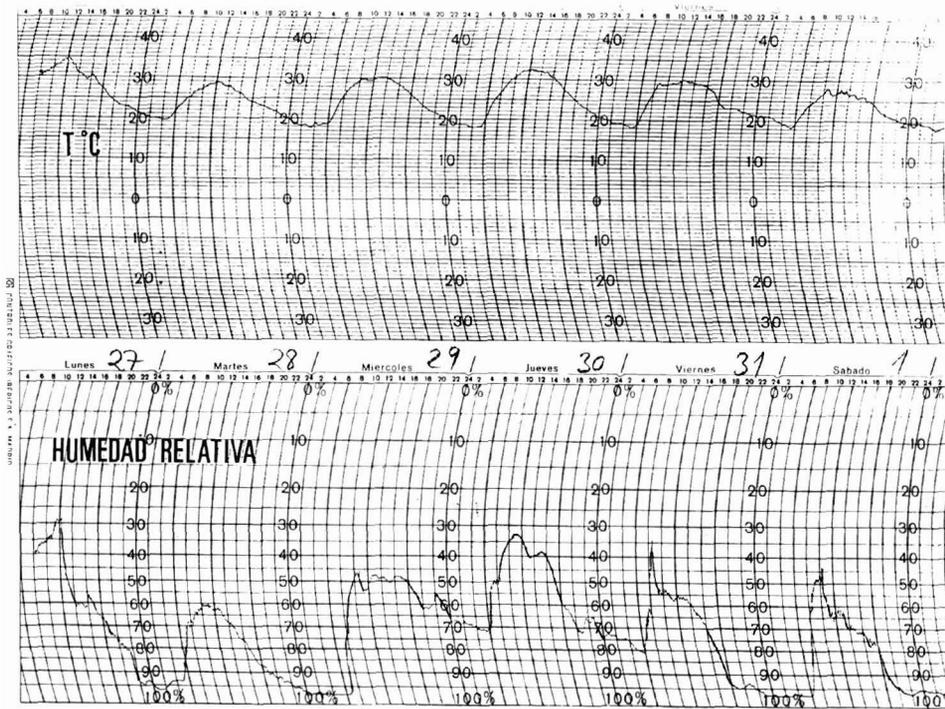


FIGURA 2. Banda de termohigrografo. Observatorio de Castalla, 27 de julio a 1 de agosto de 1998.

estadio existe una conexión clara entre la marinada y ciertas brisas de ladera, según se ha señalado, de modo que éstas son contagiadas de las características termohigrométricas de aquéllas. De este modo, la brisa marina logra acceder a algunas cubetas interiores, renovando por completo la masa de aire de su interior.

Si la situación atmosférica favorece el soplo de una marinada intensa, condiciones que únicamente tienen lugar algunos días del centro del verano, se produce influencia de la virazón en todas las cubetas del interior de la provincia; en las tierras más alejadas del litoral, en contacto con Albacete y el interior murciano, el grado de desnaturalización sería ya notorio (vid. mapa III).

Junto a las propias repercusiones térmicas que tienen las brisas no son menos interesantes las repercusiones pluviométricas máxime cuando su contenido higrométrico es un factor potencial de inestabilidad. Lo que ocurre, sin embargo, es que en los meses centrales de verano no son frecuentes las situaciones inestables que permitan desencadenar este potencial. Suele ser en los meses de abril a junio cuando coincide soplo superficial de marinada y existencia de inestabilidad en las capas medias y altas de la troposfera que favorece los ascensos. La coincidencia de ambos factores no tiene una alta frecuencia, pero cuando se produce suele durar varios días (de 2 a 5 días, como máximo); se originan tormentas vespertinas, en ocasiones fuertes, que descargan en las tierras interiores. Esta

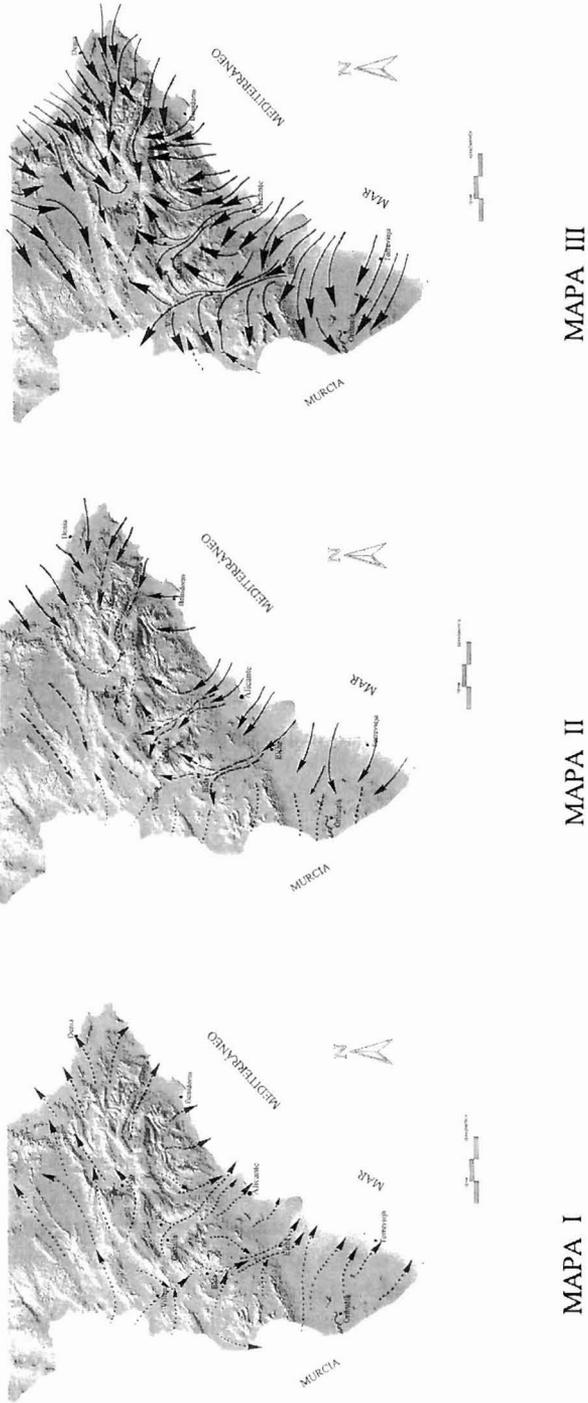


FIGURA 3. Estadios de evolución (mapas I, II y III) de las circulaciones de brisa (terral, marinada y brisas del valle) durante el verano en las tierras alicantinas.

situación desaparece cuando el régimen de brisas mengua por la instalación de una circulación de ponientes, o bien desaparece la inestabilidad de las capas medias y altas de la troposfera. En ocasiones no hace falta que la inestabilidad de altitud sea muy acusada; en estos casos las formaciones nubosas que se generan deben mucho al aporte higrométrico proporcionado por la brisa; ejemplo de ello sería lo ocurrido durante el mes de junio de 1992, con particulares repercusiones en la Hoya de Castalla. En estos casos la entidad y el área afectada por las tormentas generadas es menor y se circunscribe al efecto de obligada ascendencia por las laderas hasta que la masa consigue el ascenso pseudoadiabático. Por contra, la existencia de inestabilidad acusada en la media y alta troposfera, proporciona mayor intensidad y entidad territorial a esas tormentas. Ejemplo de ello (inestabilidad absoluta) serían las situaciones de tormentas ocurridas en junio de 1997 y mayo de 1998 que se analizan a continuación.

3. Circulaciones de brisa marina, frentes de brisa activos y génesis de tormentas convectivas. Algunos ejemplos

El interés por el estudio de los frentes de brisa en situaciones de inestabilidad atmosférica durante los meses de inicio del semestre estival (mayo y junio) se manifiesta al comprobar que determinadas ocasiones, cuando las condiciones meteorológicas en superficie no presumen la génesis de grandes alteraciones —régimen superficial de brisas en la fachada litoral—, descargan precipitaciones de cuantía superior a 150 mm/24 h. en tierras interiores que provocan crecida súbita de barrancos, arramblamiento y anegamiento de campos de cultivo e inundación en núcleos de población.

Ello dice razón de la necesidad de acudir al análisis de las condiciones en los niveles superiores de la troposfera para poder interpretar jornadas estivales que culminan con tiempo imbrífero en localidades próximas al litoral, donde dominan condiciones de buen tiempo.

En efecto, la situación atmosférica en estos casos viene caracterizada por la existencia de marasmos barométricos en superficie, instalación de régimen de brisa marina durante la mañana y presencia de aire anormalmente frío en altitud, manifestado generalmente en la instalación de vaguadas de aire polar marítimo de escasa amplitud (ondas cortas)⁷. A ello se une, por lo común, la acumulación de calor sensible durante jornadas previas motivadas por la presencia de dorsales o crestas de aire subtropical.

La combinación de estos factores ocasiona la génesis de tormentas en tierras interiores a favor de la existencia de relieves que animan los ascensos de cuerpos de aire cálidos y húmedos que, vehiculados por las brisas durante las horas centrales del día, se saldan con la formación de núcleos convectivos y desarrollo de tormentas en ocasiones con caída de granizo. En las tierras alicantinas son ejemplo de este tipo de situaciones atmosféricas los episodios de 23 de mayo de 1990, de 1 de julio de 1993, que han sido objeto de análisis en

⁷ Vid. CAPEL MOLINA, J.J. y OLCINA CANTOS, J. (1993): «Ondas cortas atmosféricas y fenómenos tormentosos con granizo en el sureste ibérico». en *Papeles de Geografía* nº 19, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Murcia. pp. 4-5.

trabajos anteriores⁸, y los más recientes de 18 de junio de 1997 y 26 de mayo de 1998, todos ellos con efectos perniciosos para la actividad agraria de las tierras interiores o los núcleos urbanos. La precipitación registrada en los dos últimos episodios rebasó, en ambos casos, 150 mm/24 h. en alguna localidad del interior alicantino.

En el episodio de 18 de junio de 1997, el factor clave de la génesis de precipitaciones intensas fue el desarrollo de una expansión de aire polar marítimo, a partir del día 15 de junio que situó una onda corta al oeste de la península ibérica que fue desplazándose hacia el este hasta ubicarse en el centro de las tierras ibéricas el día 18 de junio. Temperaturas elevadas e instalación de régimen de brisas fueron los rasgos característicos de la temperie los días previos.

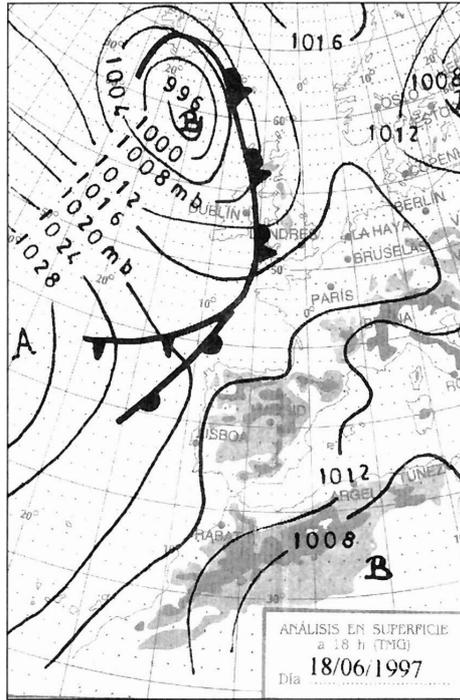
La tromba de agua del día 18 de junio estuvo originada por la instalación de una onda corta de aire polar marítimo, centrada en las tierras ibéricas, en cuyo seno se configuró un embolsamiento de aire frío. Dos pequeños ramales de la corriente en chorro rodean la depresión fría en la topografía de 300 hPa. En superficie dominaba la escena sinóptica sobre la península ibérica una dorsal anticiclónica con pequeña baja de origen termodinámico sobre el cuadrante sureste, efecto de las condiciones de baroclinia atmosférica existentes. Esta baja se disipó a primeras horas de la tarde dando paso al dominio de una configuración con escaso gradiente horizontal de presión (marasmo) y régimen de brisas en la costa (vid. mapa nº 1). El resultado fue la formación de un frente de brisa activo que ancló la nubosidad en la orla prebética interior, situándose los núcleos convectivos más energéticos en el sector del Alto y Medio Vinalopó. En la imagen infrarroja del METEOSAT de dicha jornada (vid. imagen nº 1) se observa como el frente de brisa ocupa el sector de relieves del prebético alicantino, permaneciendo la franja litoral, con la excepción de las tierras septentrionales de la Marina alta, sin nubosidad de tipo convectivo. El núcleo convectivo principal se situó, como muestra la imagen, en tierras de Albacete, interior de Murcia, comarcas interiores de Alicante y Valencia.

La precipitación recogida en el observatorio de la Casa de la Vereda (Villena) alcanzó 200 mm. registrándose valores próximos a 50 ~~mm~~ en los municipios de Sax, Salinas, Elda y Petrel. La intensidad de la lluvia fue muy elevada puesto que las lluvias apenas se recogieron en el intervalo de dos horas, entre las cinco y las siete de la tarde⁹.

Los daños registrados en los cultivos de hortalizas, cereales, vid y frutales de las localidades afectadas en las comarcas del Alto y Medio Vinalopó ascendieron a 641

8 Vid. CAPEL MOLINA, J.J. y OLCINA CANTOS, J. (1993): «Ondas cortas atmosféricas y fenómenos tormentosos con granizo en el sureste ibérico», en *Papeles de Geografía* nº 19, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Murcia. pp. 16-34.

9 Hay que señalar la imposibilidad de conocer con detalle la intensidad de la precipitación registrada en los observatorios señalados por la carencia de pluviómetros de intensidad en el conjunto de tierras interiores de Alicante.



MAPA 1. Análisis en superficie a las 18 h. (T.M.G.). 18 de junio de 1997. Situación de marasmo. Fuente: Boletín Meteorológico Diario. Instituto Nacional de Meteorología.

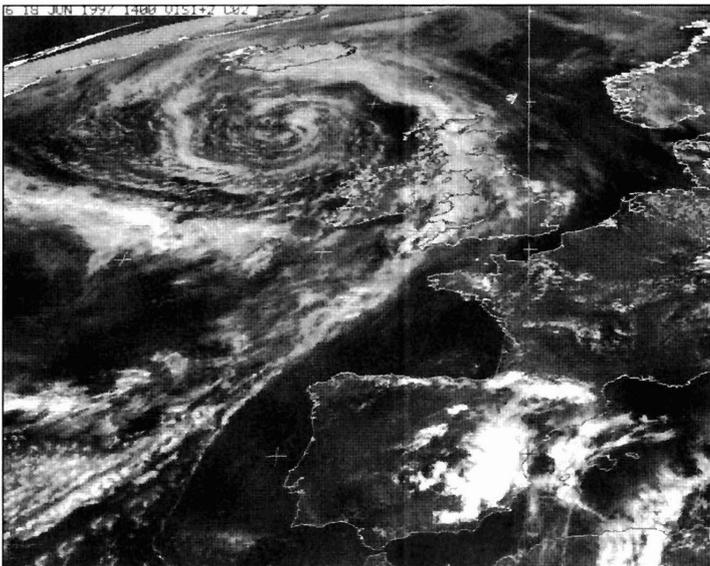


IMAGEN 1. Imagen visible. Meteosat 6. 14.00 h. (T.M.G.) (18 de junio de 1997).

millones de pts¹⁰. Elda fue la ciudad más castigada por las inundaciones, con daños en sótanos y locales comerciales de la calles de la zona centro".

El episodio de mayo de **1998**, con inestabilidad atmosférica persistente durante varios días, es un ejemplo prototípico del mantenimiento de condiciones de marasmo en superficie, escaso gradiente horizontal de presión y, en definitiva, penetración activa de la brisa húmeda diurna. En altitud la situación sinóptica viene caracterizada por la inestabilidad, no demasiado acusada, pero si suficiente como para forzar a la brisa a un ascenso pseudoadiabático. merced también al propio grado higrométrico de partida de esta, con la conformación de núcleos tormentosos muy activos, que afectan las tierras interiores de Alicante.

Al empezar el episodio (días **23** y **24**), se insinúa la conformación de una pequeña depresión fría en altitud, con su eje orientado de suroeste a noreste, que evoluciona desde el S.W. hacia el centro de la península ibérica. En superficie el marasmo barométrico aún es más evidente, penetrando con facilidad las brisas.

A partir del día 25 se produce un cambio importante en la configuración de altitud puesto que la pequeña depresión fría tiende a ser reabsorbida por la circulación general del oeste, y progresivamente se va conformando una corriente en altitud, contraria a la circulación de brisas en superficie en el litoral mediterráneo, cada vez más evidente y veloz, hasta que consigue penetrar ya a todos los niveles, dando fin a la entrada de brisas superficiales a partir del día **28**, clausurando así el episodio de tormentas, a pesar de la persistencia de inestabilidad en altitud. No obstante, durante las jornadas siguientes, confluyen una serie de peculiaridades e interacciones responsables de que las tormentas alcancen, en nuestro ámbito concreto, una especial virulencia, sobretodo el día **26**.

El día **26** de mayo a la circulación de vientos del oeste en altitud, acompaña calmaría en superficie, muy evidente en las horas centrales del día. (vid. mapa nº **2**). Ello provocó la formación de núcleos de tormenta activos, a primeras horas de la tarde, en el centro y este de la península ibérica (vid. imagen nº **2**).

Esta nueva situación va a suponer, en definitiva, una mayor concentración de la inestabilidad en el denominado «frente de brisa», en detrimento del resto de áreas donde ahora, la creciente tendencia al movimiento horizontal de vientos, resta eficacia a los ascensos verticales provocados por causas y caldeamientos locales en superficie. En efecto, si se observa el cuadro de precipitaciones (vid. cuadro nº **2**), se aprecia una máxima concentración de las precipitaciones, el día 26 de mayo, en tomo a la finca de los Frutales. entre los municipios de Sax y Villena, en el Alto Vinalopó. Sorprende en estos regitros de lluvia la diferencia de precipitación entre los dos observatorios **incluidos** en el término municipal de Villena. Mientras en La Vereda, al norte de la ciudad, apenas llovió, en Los

10 El informe de daños elaborado por la Dirección Territorial de Alicante de la Consellería de Agricultura de la Generalitat Valenciana estimó en 19.205 Tm. la cosecha perdida de uva. cereales. hortalizas y frutales. A ello se añadían 7 millones de pts. de daños en infraestructuras (arrastres en terrenos cultivados. erosión en caminos rurales y rotura de márgenes).

11 A raíz de este episodio, el Ayuntamiento puso en marcha un programa de ampliación de la red de pluviales en la zona centro que prácticamente está finalizado.

CUADRO N° 2
PRECIPITACIONES REGISTRADAS EN SEIS OBSERVATORIOS ALICANTINOS.
24 a 27 DE MAYO DE 1988

	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27
Villena (La Vereda)	0,5 mm.	10,5 mm.	1,7 mm.	4 mm.
Villena (Los Frutales)	19 mm.	21 mm.	más de 170 mm	21,5 mm.
Castalla (Penaesa)	15 mm.	18 mm.	50 mm.	9 mm.
Castalla	16,5 mm.	16,3 mm.	29,6 mm.	7,7 mm.
Ibi	14 mm.	14 mm.	18 mm.	12 mm.
Alicante	7 mm.	0,2 mm.	0 mm.	0 mm.

Fuente: Estaciones meteorológicas respectivas.

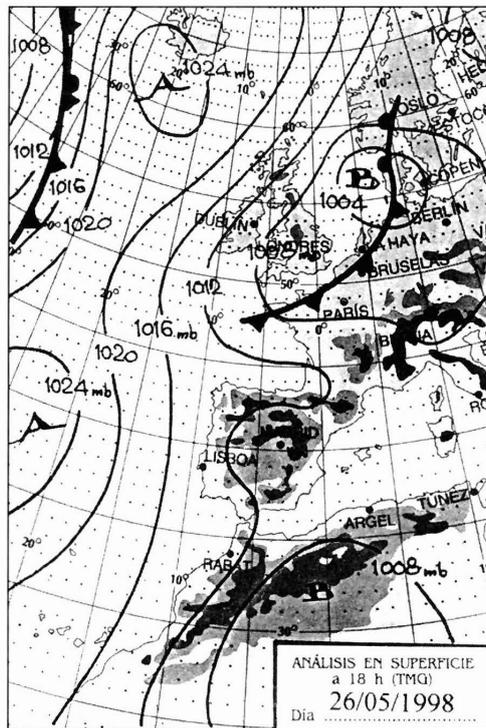
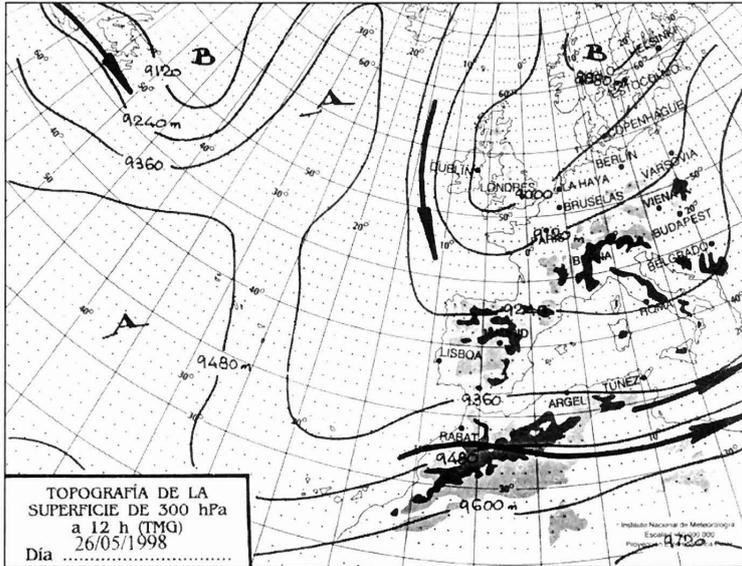
Frutales, al sur, lo hizo con una torrencialidad inusitada, desbordándose el pluviómetro, que tenía una capacidad de 170 mm.

La explicación a estas precipitaciones tan copiosas radica en la formación de un activo «frente de brisa». En efecto, este día la brisa logró rebasar el umbral de Sax, situándose el frente de brisa, aproximadamente en una línea que uniría la propia población de Villena y la Sierra de Salinas. Ésta sería la línea en la que se conforman con energía los núcleos convectivos y bajo la cual, se inician las lluvias torrenciales, pero en este caso de escasa duración, pues los núcleos convectivos van siendo arrastrados hacia el este, por las corrientes del oeste de altitud, antes de alcanzar plena madurez y mayor descarga pluviométrica.

Esta tormenta no tuvo, afortunadamente, graves consecuencias en las parcelas cultivadas del sector afectado puesto que el granizo precipitado fue menudo y cayo mezclado con el agua. Sin embargo sí tuvo repercusiones en cuanto a arrastres de tierras sobretodo, afectando seriamente a 2.000 has., en los términos de Sax y Villena en su mayor parte, y también en menor medida en los de Salinas, Castalla, Onil, Cañada, Campo de Mirra y Benejama. Destacó el anegamiento sufrido por grandes extensiones de frutales en el tramo del Río Vinalopó alrededor de los límites entre Sax y Villena (área Los Frutales-Sta. Eulalia), debido al taponamiento sufrido por el mismo río y la Acequia Real; así como apareció al día siguiente, cerca de dicha zona, una persona arrastrada y ahogada en el cauce del Vinalopó.

4. Reflexiones finales. La necesaria promoción de los estudios de clima local y de montaña

La explicación de la génesis y localización de este tipo de tormentas en sectores concretos de las tierras interiores de la provincia de Alicante — aspectos extensivo a otras localidades del litoral mediterráneo español —, reside en la combinación de los tres factores siguientes:



MAPA 2. Topografía de 300 hPa y análisis en superficie a las 18 h. (T.M.G.). 26 de mayo de 1998. Inestabilidad atmosférica en altitud y situación de pantano barométrico en superficie. Fuente: Boletín Meteorológico Diario. Instituto Nacional de Meteorología.

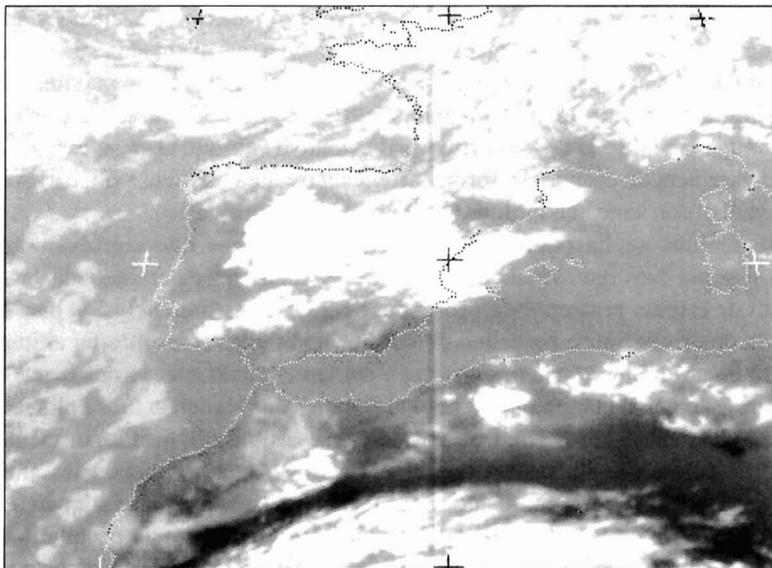


IMAGEN 2. Imagen infrarroja. Meteosat 7. 18.00 h. (T.M.G.) (26 de mayo de 1998).

- 1.— Entidad de la brisa (alcance del «frente de brisa»).
- 2.— Disposición de relieves, valles y cubetas.
- 3.— Dirección de las corrientes de viento en altitud.

El primer factor sería el más importante de los tres; sin la penetración del cuerpo de aire cálido y húmedo desde el litoral no hay materia prima para la formación de núcleos convectivos. Así, en primer lugar, la entidad de la brisa y su capacidad inicial de empuje tierra adentro depende de la configuración de diferencias superficiales de presiones pero también de lo existente en los niveles troposféricos superiores, puesto que ello es clave para explicar el espesor vertical de la brisa marina.

En segundo lugar, la disposición de los relieves, valles y cubetas es un elemento importante a considerar ya que explica el alcance real de la brisa en su penetración tierra adentro y, en concreto, la posición del «frente de brisa» que, por otra parte, suelen coincidir con las encimeras de las alineaciones montañosas. Ello es obvio a la luz de lo expuesto en el apartado anterior: la brisa, en el momento que consigue rebasar el umbral de una cubeta o valle, tiende a acceder a ella y «rellenarla» con rapidez, quedando frenada hacia sus bordes, anclándose el frente de brisa en su extremo interior, a no ser que se produzca un nuevo «salto» a una cubeta situada más al interior.

Esa configuración de cubetas, valles y alineaciones montañosas, marca pues directrices de penetración de la brisa, y con ello la configuración exacta del frente de la brisa, según el empuje inicial de esta. Pero también al mismo tiempo interactúa con las corrientes de altitud, de modo que estas decidirán la dirección exacta de las nubes convectivas que se forman en el «frente de brisa». Se produce así una interacción muy peculiar entre

la posición y desplazamiento de las nubes convectivas formadas y los accidentes orográficos que encuentra en su base. De este modo las tormentas así formadas suelen afectar en mayor medida a aquellos valles-cubetas que, situándose en el área de máximo alcance de la brisa (frente de brisa), al mismo tiempo ofrecen una configuración orográfica con dirección muy parecida a la de las corrientes de viento de altitud. O en su caso descargarán con mayor virulencia cuando la tormenta encuentre una vertiente de barlovento a la dirección de las corrientes en altitud, y por ende, de la tormenta.

En ese sentido, se ha podido constatar algunos hechos que corroborarían la idea expuesta, aunque hay que señalar el carácter de hipótesis de trabajo de las mismas, necesitadas de estudio postrero más profundo. Se trata de la diferenciación para el ámbito referido, de dos situaciones, partiendo de la dirección de las corrientes en altitud:

Cuando en altitud las corrientes proceden del tercer cuadrante, básicamente W.-S.W., las tormentas suelen afectar en mayor grado los valles que siguen la típica alineación de la Cordillera Subbética (S.W.-N.E.). De ese modo, en esa situación muchas tormentas siguen el camino S^a de Salinas-Valle de Bnejama-Hoya de Agres, siguiendo las alineaciones **prebéticas**¹². También ocurre lo mismo, o incluso con mayor frecuencia, en áreas como el valle de **Albaida**, ya en la provincia de Valencia. Sería también una peculiaridad de esta situación que, para el caso del interior de Alicante, la dirección de la tormenta tendería a ser paralela a la del frente de brisa, lo que causa una duración mayor, al no menguar la alimentación, y posiblemente también una virulencia mayor de esta, por lo que muchas tormentas que siguen esta dirección alcanzan con bastante actividad, en su viaje hacia el N.E., a las comarcas **costeras** de La Marina y La Safor. E incluso pueden potenciarse en ocasiones aquí, al encontrarse con la convergencia de las brisas de procedencia S.E., con las de procedencia N.E., sobre las montañas de La Marina, debido a la configuración costera en forma de «V» que se cierra en el Cabo de La Nao.

Por el contrario, cuando en altitud las corrientes proceden del cuarto cuadrante, del N.W.-N., las alineaciones subbéticas del norte de Alicante ejercen como barrera perfecta al frente de brisa, obligando a esta a ascender y conformar tormentas, de existir incluso tan sólo inestabilidades relativas, que a continuación toman rumbo hacia el S.E., o sea, hacia la costa, en una dirección esta vez secante a la del frente de brisa, pero básicamente siguiendo ahora la dirección de los valles transversales a la dirección de las subbéticas. Se trata pues de tormentas que son capaces de formarse incluso a veces en situaciones de inestabilidad apenas perceptible, pero que rápidamente pierden actividad al alejarse de su lugar de origen. En definitiva, en estas situaciones estas afectan en mayor medida a ámbitos inmediatos y transversales a la alineación subbética como la Hoya de Castalla o el Medio Vinalopó. Y en algunas ocasiones, estas tormentas pueden alcanzar aún la misma costa, pero más desgastadas, pudiendo proporcionar alguna lluvia sobre la misma ciudad

12 Vid. OLCINA CANTOS, J., RICO AMORÓS, A. y JIMÉNEZ RODRÍGUEZ, A. (1998): «Las tormentas de granizo en la Comunidad Valenciana: Cartografía de riesgo en la actividad agraria», en *Investigaciones Geográficas* n° 19, enero-junio. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp. 5-29. En este trabajo se apunta la idea de la existencia de «pasillos de tormenta» o trayectorias más frecuentes que siguen las tormentas de granizo en las tierras valencianas en relación con la situación atmosférica existente en la troposfera media y alta.

de Alicante. Si bien, en algunas ocasiones, y con la misma situación sinóptica en altitud, alcanzan cierta entidad sobre el campo de Alicante, básicamente cuando la penetración del «frente de brisa» es muy escasa, quedando frenado por el *Maigó-Penya de Mitjorn-Cabeçó d'Or*, (no penetrando a cubetas interiores), en cuya línea, ya cercana a la costa, se forma la tormenta, afectando a continuación a la misma zona costera.

Resulta ocioso señalar que la combinación de factores propicios para la formación de un episodio de tormenta no se produce todos los años, en la época pre-estival señalada, ni cuando tiene lugar afecta a las mismas localidades. Este hecho traduce la dificultad de determinar la focalización de precipitaciones en el interior de los núcleos convectivos. Por ello, predecir, con exactitud, donde van a afectar con mayor virulencia las tormentas, basándose en el análisis de la combinación concreta de factores que previamente se observen, también es muy difícil, pues algunos factores, como es sobretodo el alcance tierra adentro del frente de brisa, sólo se pueden considerar prácticamente en el mismo momento en el que la tormenta ya se está formando, y del mismo modo, se trata de un análisis muy complicado, dada la excesiva compartimentación orográfica del área.

De todos modos, parece obvio que si se tomara en consideración en las predicciones el análisis combinado de los tres factores indicados, aunque fuese y se determinase con la mayor exactitud posible el alcance del «frente de brisa», podrían predecirse, con varias horas de antelación, con mayor detalle y menor margen de error, las áreas potencialmente receptoras de fuertes lluvias derivadas de la génesis de núcleos convectivos activos.

En definitiva, ello habla de la necesidad de potenciar los estudios de clima local y, sobre todo, del análisis de las peculiaridades que impone la disposición de relieves en los elementos del clima¹³.

Bibliografía

- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. (1989): *El Clima y las Aguas*, en Geografía de España, Ed. Síntesis, Madrid, 240 pp.
- CAPEL MOLINA, J.J. y OLCINA CANTOS, J. (1993): «Ondas cortas atmosféricas y fenómenos tormentosos con granizo en el sureste ibérico», en *Papeles de Geografía* n.º 19, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Murcia, pp. 1-35.
- ESTRELA, M.J. y MILLÁN, M. (1994): *Manual práctico de introducción a la meteorología*, Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, Valencia, 351 pp.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J. (1986): *El clima en Castilla y León*. Ed. Ámbito, Valladolid, 371 pp.

13 Resulta imprescindible al geógrafo la lectura del libro «*El Clima en Castilla y León*» del prof. García Fernández, al que tanto debe la geografía española. Al respecto de las modificaciones de imponen las montañas en la dinámica atmosférica señala «*La configuración geomorfológica, muy compartimentada, y su situación muy distinta con respecto a la dinámica atmosférica son la causa de una gran diversidad. No se puede singularizar el clima de las montañas de Castilla, como algo opuesto al de sus llanuras, sino que más bien cabe afirmar, valga la expresión, la existencia de «los climas de las montañas». La variedad es la norma; y de tal modo que en este aspecto constituyen una verdadera jerarquía por sus diferencias de matices y hasta de grado*», (pp. 365-366).

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (1988): *Mapa eólico nacional. Análisis del viento para aprovechamiento energético*, Servicio de Meteorología Medioambiental, Madrid, 490 pp.
- JANSÁ GUARDIOLA, J.M. (1966): «Meteorología del Mediterráneo Occidental» en *Tercer Ciclo de Conferencias del Instituto Nacional de Meteorología*, INM, Madrid, pp. II-1 a 11-34.
- JANSÁ, A. (1985): *Apuntes de Meteorología*, Editorial Noray, Barcelona, 79 pp.
- MAYEÇON, R. (1992): *Météorologie marine*, Éditions Maritimes & D'Outre-Mer, 336 pp.
- MEDINA, M. (1976): *Meteorología básica sinóptica*, Paraninfo, Madrid, 320 pp.
- MEDINA, M. (1990): *La mar y el tiempo*, Editorial Juventud, Barcelona, 183 pp.
- PEDELABORDE, P. (1987): «Sur del brises», *Met-Mar*, 136, pp. 11-15.
- PÉREZ CUEVA, A.J. (dir.) (1994): *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana*, Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, Generalitat Valenciana, Valencia, 205 pp.
- QUEREDA SALA, J. y MONTÓN CHIVA, E. (1994): *Los vientos de superficie en el litoral de Castellón*. Ediciones de la Caja Rural Credicoop, Castellón, 47 pp.
- QUEREDA SALA, J. y MONTÓN CHIVA, E. (1998): «El escenario atmosférico de los contaminantes sobre el litoral mediterráneo» en *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas* (Femández García, F., Galán Gallego, E. y Cañada Torrecilla, R. coords.) Editorial Parteluz, Madrid, pp. 482-494.
- TABEAUD, M. et MENEZES, A. (1995): «Le climat de la mer Méditerranée occidentale de 1961 a 1992», *Met-Mar*, nº 168, pp. 33-37.
- ZIMMERSCHIED, W. (1949): «Acercas de las situaciones típicas de tiempo de la Península Ibérica», Servicio Meteorológico Nacional, *Serie A. Memorias*. nº20. Madrid, pp. 5-13.