

Brises a la costa catalana

Mètode d'estudi i exemple

Alejandro Martínez Albaladejo

Cap del Grup de Predicció i Vigilància

Centro Meteorológico de Cataluña
Instituto Nacional de Meteorología
(INM)

Les brises costaneres són uns vents regulars que bufen a les zones costaneres a causa de la diferent capacitat d'escalfament i de refredament de la terra i l'aigua.

El seu origen, com el de gairebé tots els fenòmens meteorològics, és l'acció del Sol. Durant el dia, sota l'acció solar, el sòl s'escalfa més de pressa que l'aigua. Els raigs solars no escalfen directament l'aire, sinó que escalfen, de manera desigual, el sòl i l'aigua. L'aire que hi entra en contacte s'escalfa per la part inferior, i la calor es propaga cap amunt per convecció. En conseqüència, l'aire de les capes més baixes s'escalfa més que el situat més amunt, i més sobre la terra que sobre l'aigua. Com que l'aire més calent pesa menys, la pressió atmosfèrica és una mica més baixa sobre la terra que sobre la mar propera.

Si tenim una zona amb diferència de pressions, l'aire es mourà de les pressions més altes a les més baixes. Per tant, de dia, com que la pressió sobre la terra és menor que sobre la mar, s'estableix un moviment d'aire a nivells baixos des de la mar a la terra, la brisa de mar, "marinada" a Catalunya i "embat" a Mallorca.

Durant la nit, la terra es refreda més de pressa que l'aigua, i, com a conseqüència, tindrem més pressió sobre la terra que sobre la mar, i s'establirà un moviment d'aire de terra a mar, la brisa de terra o terral (figures 1 i 2).

Les condicions perquè s'estableixi un règim ben organitzat de brises són:

1. Vent general fluix o nul.
2. Nuvolositat escassa o nul·la, que permeti una bona incidència de la radiació solar.
3. Temperatura mitjana de la mar en superfície menor que la de l'aire.

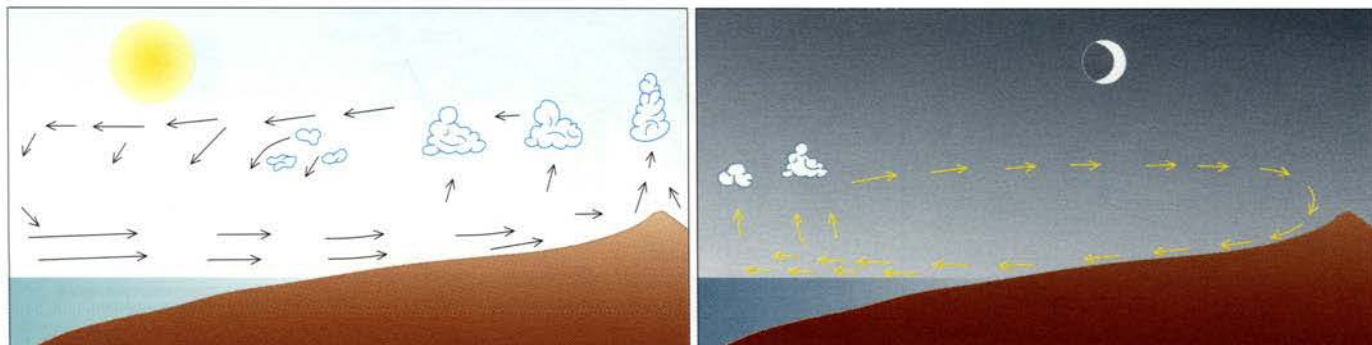
4. Una mica d'inestabilitat tèrmica vertical. Si l'aire és molt estable, la brisa no arriba a tenir força fins i tot si la diferència de temperatura és gran.

A l'iniciar-se la marinada, aquesta, teòricament, hauria de ser perpendicular a la costa. Un cop iniciada la brisa, però, comença a actuar sobre ella l'acció desviadora de Coriolis. Aquesta força és proporcional a la velocitat i la latitud i desvia la seva trajectòria cap a la dreta (a l'hemisferi nord), de manera que, unes hores després d'establir-se la brisa, aquesta ha girat cap a la seva dreta, i, per consegüent, la costa estarà a la seva esquerra. En avançar el dia i, per tant, augmentar la calor, també s'incrementarà la velocitat de la brisa, que, en conseqüència, girarà més cap a la dreta i, com més al nord, més gran serà aquesta desviació (figura 3).

Un cop coneguda la teoria, se'ns planteja, en l'operativitat diària de predicció del temps, poder donar la direcció exacta en un moment donat, així com la seva evolució diürna, l'hora de començament i acabament i la força d'aquesta brisa al litoral català.

Fa anys, el Dr. Fontserè (1917) avançà una descripció de la brisa a Catalunya, i el Dr. Jansá (1946) ho va fer a Mallorca. Tenint en compte els mitjans de què es disposava, eren unes descripcions molt bones. En disposar ara d'una xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques (EMA) amb presa contínua de dades i emmagatzematge cada deu minuts al llarg de la costa, s'imposava una descripció més detallada que permetés establir models conceptuals del funcionament local de la brisa.

Figures 1 i 2:
Esquema del règim diürn i nocturn de les brises



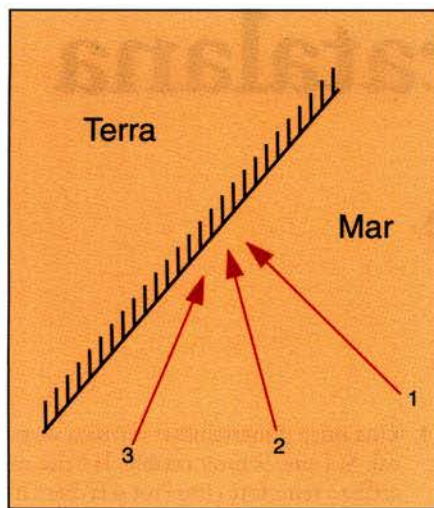


Figura 3:
Evolució diürna teòrica
de la direcció de la marinada

Disposem d'EMA a:

- Empúries, al Cortalet del parc dels Aiguamolls;
- Blanes, al jardí Mar-i-murtra;
- el Prat de Llobregat, a l'aeroport de Barcelona;
- Tarragona, a la Universitat, i
- Sant Jaume d'Enveja.

les quals estan regularment distribuïdes al llarg de la costa i a primera línia de mar (mapa 1).

Com que el que inspirà aquest estudi era poder pronosticar correctament les brises, s'enfocà de manera que després de la predicció de la brisa en un punt, pogués inferir-se el seu comportament en els altres. Volíem, doncs, conèixer la brisa en aquells punts de relació amb la de Barcelona-aeroport.

El punt triat com a referència fou l'observatori de l'aeroport de Barcelona perquè el comportament de la brisa en aquest lloc és prou conegut pels meteoròlegs de Barcelona, ja que es tracta d'un dels observatoris complets més antics i el treball fonamental que hi han fet els meteoròlegs durant més de quaranta anys ha estat pronosticar el vent.

Per tal que les mostres de dades a tractar tinguessin la més gran homogeneïtat possible i, per tant, permetessin una predicció més exacta, es tractaren els vents cada deu minuts de cada mes i dintre d'aquest mes els dies que el vent dominant a

Barcelona-aeroport va ser d'un quadrant determinat. En aquest exemple es va triar el mes de juny i el tercer quadrant -SW- perquè prèviament se sabia que la brisa mitjana a Barcelona és del SSW. D'altra banda, coincideix amb la teoria que ens indica que la brisa ha d'estar a la dreta de la perpendicular a la costa a cada punt; i a Barcelona aquesta perpendicular té la direcció 160°, de manera que una mica girada cap a la dreta s'esperava que pogués ultrapassar els 180°.

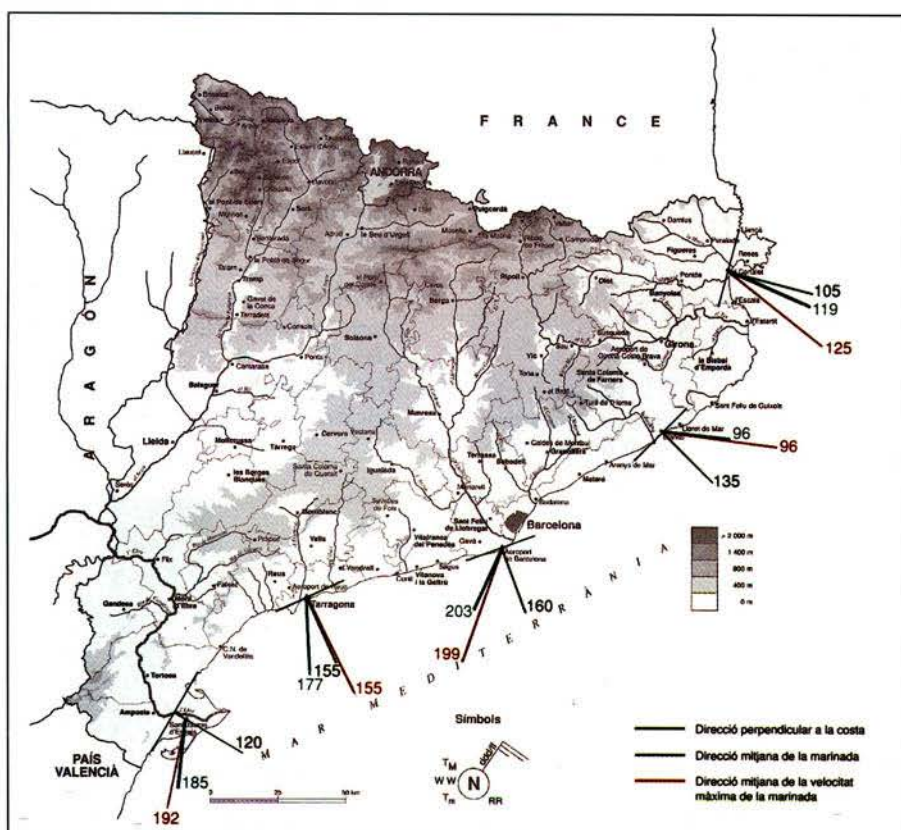
Pel que fa al mes de juny, a l'aeroport de Barcelona, el percentatge de vents de cada quadrant és:

- SW 52%
- SE 25%
- NE 17%
- NW 6%

Com que les dades base ens ho permetien, s'arribà a obtenir el vent mitjà (força i direcció) cada mitja hora de les cinc estacions quan el vent dominant a Barcelona-aeroport era del SW. L'evolució semihorària del vent és bastant complicada de representar, i per això el resultat es va reduir al vent mitjà horari. El vent mitjà a una hora indica el vent mitjà durant l'hora anterior; així, el vent a les 9 hores és el mitjà entre 8 i 9.

Les hores sempre són donades en Temps Universal Comparat (UTC). En horari d'estiu, l'hora UTC és dues hores menys que la del rellotge.

Mapa 1:
Localització dels observatoris
i direccions significatives
de cadascun



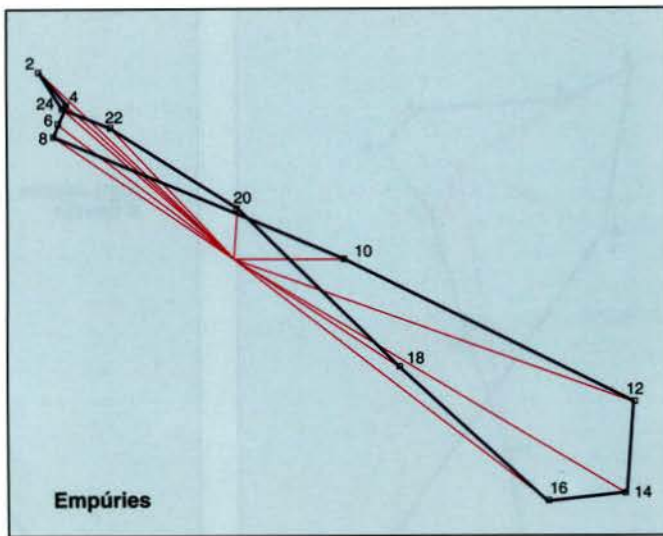


Figura 4:
Polígon de brises per al mes de juny a Empúries

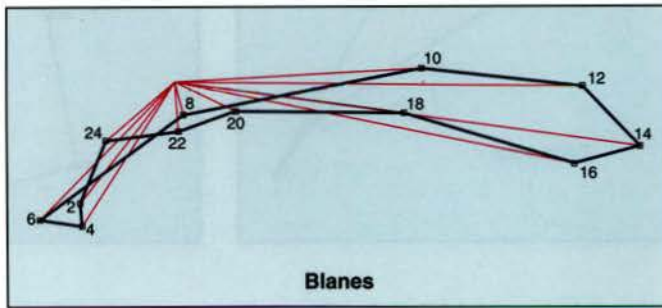


Figura 5:
Polígon de brises per al mes de juny a Blanes

Una representació gràfica de la brisa és el "polígon de brisa". S'hi representa cada observació del vent per un vector de longitud proporcional a la velocitat del vent. Per convenció, l'origen dels eixos de coordenades serà l'extrem dels diversos vectors. La direcció del vent és indicada per la direcció del vector cap a l'origen de coordenades. Es va veure que fins i tot amb les dades horàries la figura no resultava prou clara, de manera que es va representar el vent bihorari (2, 4, 6, ... 24 hores).

El polígon de brisa ens permet respondre, a part de com és el vent a una hora donada, a les següents qüestions:

- A partir de quina hora comença a créixer o a minvar la brisa?
A Barcelona creix a partir de les 8 UTC fins a les 14, que minva.
- A partir de quina hora gira cap a la dreta o cap a l'esquerra?
A Tarragona gira cap a l'esquerra fins a les 12 UTC, i cap a la dreta des de les 12 a les 18 UTC.
- A quina hora comença la brisa i a quina hora es pot donar per acabada?
A Empúries a partir de les 10 UTC ja està clarament establerta, fins a les 18.
- A quina hora assoleix el màxim de velocitat?
A Empúries: 14 hores UTC.
A Blanes: 14 hores UTC.
A Barcelona: 14 hores UTC.
A Tarragona: 12 hores UTC.
A Sant Jaume d'Enveja: 16 hores UTC.

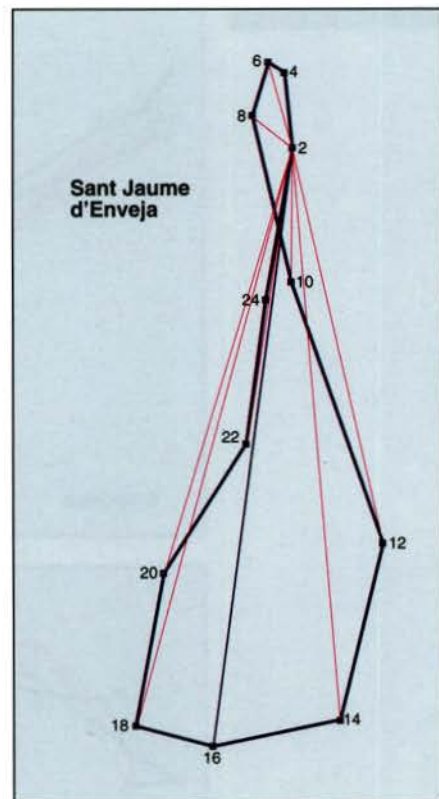
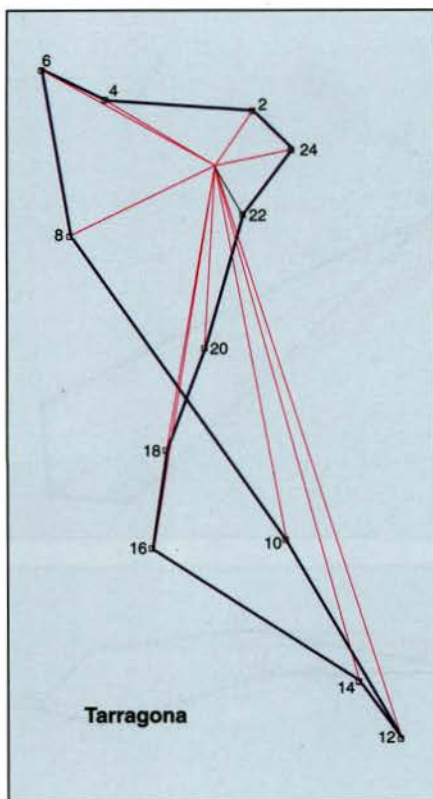
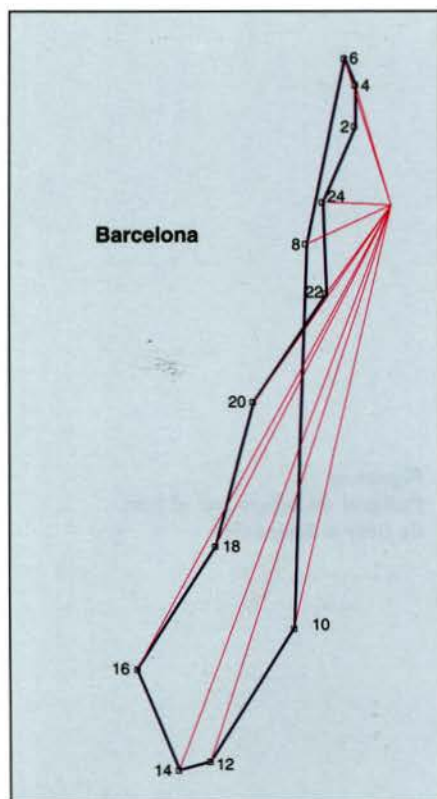
A les figures 4-8 es representen aquests polígons de brisa amb els seus llistats (taules 1-5). Als llistats, en ser l'interval més reduït (horari), es pot afinar més, però només amb el polígon s'aconsegueix una comprensió ràpida i suficient de l'evolució de la brisa.

Si s'hagués fet servir la mateixa escala per a tots els polígons, s'hauria observat també a simple vista on és més fort el vent, per la longitud dels vectors (o allargament del polígon), però resulta que alguns polígons quedaven molt petits i no era fàcil la seva lectura. Això es resol tot indicant l'escala a cadascun o mirant al llistat (taules 1-5) l'ordre de magnitud de la velocitat (sempre en metres per segon).

D'altra banda, per tal de comparar l'evolució diürna de la direcció de la marinada a les cinc estacions alhora, es va obtenir la figura 9, en la qual en absisses s'indiquen les hores i en coordenades els graus d'aquella direcció. Durant la nit la brisa és molt feble i la seva oscil·lació és àmplia, si bé pot observar-se que predomina del nord-oest.

Ens interessa molt més la brisa de dia, la marinada, molt més forta i fixa, i per això reduïm l'escala vertical a fi d'ampliar el sector entre els 50 i els 250 graus (figura 10).

El primer que destaca és que a partir de les 9 UTC, a BLAN (Blanes), BARA (Barcelona-aeroport) i TARR (Tarragona), i de les 10 UTC, a EMPU (Empúries) i SJAU (Sant Jaume d'Enveja), es manté molt



Figures 6, 7 i 8: Polígon de brises per al mes de juny a Barcelona, Tarragona i Sant Jaume d'Enveja

constant la direcció del vent, és a dir, queda establerta clarament la marinada.

També observem que a BARA, EMPU i BLAN, a les 10, la marinada ja comença a girar cap a la dreta (augmenta la seva direcció respecte al nord), mentre que a SJAU ho fa a les 12 i a TARR a les 13.

I, el més destacable, que, un cop establerta la marinada a totes les estacions, el gràfic, a totes, "està per sota" del de Barcelona. És a dir, a tots els observatoris la marinada bufa més cap a l'est que a Barcelona. Això pot tenir diverses causes:

1. Hem triat un règim del SW a Barcelona malgrat que als altres punts, tot i estar

a prop sinòpticament, hi pot haver un altre règim de vents, encara que no massa allunyat del SW. (Únicament podria ser SW o SE, a causa de l'orientació sinòptica i de l'orientació de la costa).

2. La direcció de la brisa té relació amb l'orientació de la costa, i es manté al voltant de la perpendicular a aquesta a tots els observatoris i girada cap a la dreta.

La direcció perpendicular a la costa, la direcció mitjana i la velocitat mitjana de la brisa a cada estació són les detallades a

| Hores UTC | Velocitat (m/seg) | Direcció del vent mitjà |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 1,2 | 310 |
| 2 | 1,3 | 314 |
| 3 | 1,2 | 311 |
| 4 | 1,1 | 313 |
| 5 | 1,1 | 307 |
| 6 | 1,1 | 308 |
| 7 | 1,0 | 308 |
| 8 | 1,0 | 305 |
| 9 | 0,4 | 323 |
| 10 | 0,5 | 90 |
| 11 | 1,5 | 106 |
| 12 | 2,0 | 110 |
| 13 | 2,1 | 117 |
| 14 | 2,2 | 121 |
| 15 | 2,2 | 129 |
| 16 | 1,9 | 128 |
| 17 | 1,4 | 128 |
| 18 | 0,9 | 123 |
| 19 | 0,3 | 110 |
| 20 | 0,3 | 1 |
| 21 | 0,6 | 348 |
| 22 | 0,9 | 317 |
| 23 | 0,9 | 318 |
| 24 | 1,1 | 312 |

Taula 1. Velocitat i direcció per horari a l'observatori d'Empúries

| Hores UTC | Velocitat (m/seg) | Direcció del vent mitjà |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 1,0 | 229 |
| 2 | 1,3 | 217 |
| 3 | 1,4 | 215 |
| 4 | 1,4 | 213 |
| 5 | 1,5 | 213 |
| 6 | 1,6 | 224 |
| 7 | 1,1 | 229 |
| 8 | 0,3 | 167 |
| 9 | 1,3 | 89 |
| 10 | 2,0 | 87 |
| 11 | 2,5 | 88 |
| 12 | 3,3 | 91 |
| 13 | 3,8 | 95 |
| 14 | 3,8 | 98 |
| 15 | 3,5 | 99 |
| 16 | 3,3 | 102 |
| 17 | 2,6 | 100 |
| 18 | 1,9 | 98 |
| 19 | 1,0 | 110 |
| 20 | 0,5 | 117 |
| 21 | 0,5 | 141 |
| 22 | 0,4 | 176 |
| 23 | 0,5 | 212 |
| 24 | 0,7 | 228 |

Taula 2. Velocitat i direcció per horari a l'observatori de Blanes

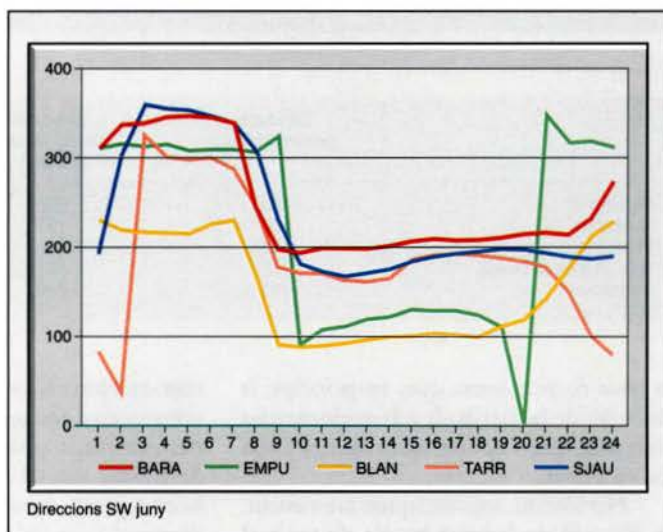


Figura 9: Evolució horària de la direcció de la brisa als cinc observatoris

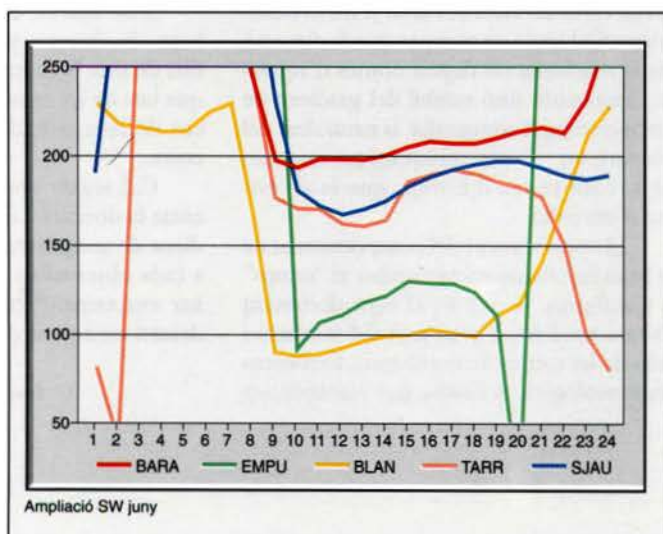


Figura 10: Detall de la figura anterior per a la brisa diürna

| Hores UTC | Velocitat (m/seg) | Direcció del vent mitjà |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 0,4 | 304 |
| 2 | 0,7 | 338 |
| 3 | 0,8 | 336 |
| 4 | 1,0 | 343 |
| 5 | 1,0 | 346 |
| 6 | 1,1 | 341 |
| 7 | 1,0 | 336 |
| 8 | 0,7 | 245 |
| 9 | 2,0 | 199 |
| 10 | 3,3 | 194 |
| 11 | 3,9 | 200 |
| 12 | 4,4 | 198 |
| 13 | 4,5 | 198 |
| 14 | 4,5 | 200 |
| 15 | 4,3 | 204 |
| 16 | 3,9 | 208 |
| 17 | 3,5 | 207 |
| 18 | 2,9 | 206 |
| 19 | 2,4 | 209 |
| 20 | 1,7 | 213 |
| 21 | 1,2 | 214 |
| 22 | 0,9 | 210 |
| 23 | 0,6 | 230 |
| 24 | 0,5 | 269 |

Taula 3. Velocitat i direcció per horari a l'observatori de Barcelona

| Hores UTC | Velocitat (m/seg) | Direcció del vent mitjà |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 0,3 | 82 |
| 2 | 0,2 | 41 |
| 3 | 0,2 | 324 |
| 4 | 0,3 | 299 |
| 5 | 0,6 | 298 |
| 6 | 0,5 | 300 |
| 7 | 0,4 | 286 |
| 8 | 0,4 | 243 |
| 9 | 0,6 | 177 |
| 10 | 0,9 | 170 |
| 11 | 1,1 | 170 |
| 12 | 1,4 | 163 |
| 13 | 1,5 | 159 |
| 14 | 1,3 | 164 |
| 15 | 0,9 | 185 |
| 16 | 0,9 | 189 |
| 17 | 0,9 | 191 |
| 18 | 0,7 | 189 |
| 19 | 0,6 | 186 |
| 20 | 0,4 | 183 |
| 21 | 0,3 | 180 |
| 22 | 0,1 | 145 |
| 23 | 0,1 | 100 |
| 24 | 0,2 | 79 |

Taula 4. Velocitat i direcció per horari a l'observatori de Tarragona

| Hores UTC | Velocitat (m/seg) | Direcció del vent mitjà |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 0,4 | 204 |
| 2 | 0,1 | 297 |
| 3 | 0,7 | 347 |
| 4 | 0,8 | 350 |
| 5 | 0,8 | 346 |
| 6 | 1,0 | 339 |
| 7 | 0,9 | 336 |
| 8 | 0,5 | 315 |
| 9 | 0,4 | 246 |
| 10 | 1,0 | 182 |
| 11 | 1,9 | 171 |
| 12 | 2,8 | 168 |
| 13 | 3,6 | 170 |
| 14 | 3,9 | 176 |
| 15 | 4,1 | 183 |
| 16 | 4,1 | 188 |
| 17 | 4,2 | 192 |
| 18 | 4,1 | 195 |
| 19 | 3,8 | 197 |
| 20 | 3,2 | 197 |
| 21 | 2,7 | 193 |
| 22 | 2,2 | 189 |
| 23 | 1,7 | 187 |
| 24 | 1,3 | 190 |

Taula 5. Velocitat i direcció per horari a l'observatori de Sant Jaume d'Enveja

Taula 6. Velocitat perpendicular a la costa, direcció mitjana i velocitat mitjana de la marinada a cada observatori

| | Direcció perpendicular | Direcció de la brisa (m/seg) | Velocitat de la brisa |
|---------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Barcelona | 160 | 203 | 3,0 |
| Tarragona | 155 | 177 | 0,9 |
| Blanes | 135 | 96 | 2,4 |
| Sant Jaume d'Enveja | 120 | 185 | 2,9 |
| Empúries | 105 | 119 | 1,5 |

la taula 6, de manera que, en principi, la direcció de la marinada a Barcelona seria més gran que als altres observatoris, i així és, en efecte.

No obstant, seguint aquest raonament, la direcció de la brisa hauria de tenir el mateix ordre que l'orientació de la costa a tots els observatoris, i això ja no es compleix. Cal tenir en compte que la direcció de la marinada no depèn només d'aquesta orientació, sinó també del gradient de temperatura, la topografia, la naturalesa del terreny, etc. A més, tenim un cas singular, el de Sant Jaume d'Enveja, que és al centre d'un delta.

El coneixement del comportament de la brisa és fonamental per a saber el "temps" a Catalunya, ja que és el vent dominant durant tot l'any a gran part del territori i una de les causes de nombrosos fenòmens meteorològics. A l'estiu, per exemple, un

cop establert la brisa, a partir del migdia, comencen a formar-se núvols a les zones muntanyoses properes a la costa, les Serralades Litoral i Pre-litoral, i a última hora aquests núvols poden assolir gran desenvolupament i originar alguns xàfecs tempestuosos.

S'ha descrit el comportament de la brisa als observatoris indicats, representantius de tota la costa catalana, i s'ha indicat que una de les causes principals de la direcció de la marinada és l'orientació de la costa.

Cal seguir aprofundint en la relació entre la direcció i força de la brisa i el gradient de temperatura i l'orografia propera a cada observatori a fi de poder determinar exactament tots els factors que incideixen en aquest comportament.

Data de recepció de l'original: 05.95

Bibliografia

FONTSERÉ, E.: *Sobre els vents estivals ... a la costa catalana*. Institut d'Estudis Catalans. 1917.
 JANSÀ, A.: *Apuntes de Meteorología*. Ed. Noray. 1980.
 JANSÀ, J.M.: "Régimen de brisas en la isla de Mallorca", a *Revista de Geofísica*, volum IV, núm. 19. 1946.

MAYENÇON, R.: *Météorologie Marine*. Ed. Maritimes. 1992.
 MEDINA, M.: *El mar y el tiempo*. Ed. Juventud. 1974.
 TERRADELLAS, E.: *Regímenes de viento predominante en Barcelona*. Centro Meteorológico de Cataluña. 1992.

WISDORFF, D.: *Cycle diurne du vent sur les côtes de France*.