EL FOGONY

L'efecte föhn al Pallars Sobirà

Agustí Esteban i Marugan

Tutora: Teresa Pérez Urpina
15 de gener de 2010

EL FOGONY
L'efecte föhn al Pallars Sobirà

Introducció

1. El medi físic del Pallars Sobirà. Caracterització climàtica de la zona d'estudi 8
2. Dades meteorològiques de l'estudi 15
   a. La xarxa d'estacions meteorològiques del Pallars Sobirà. Estacions i sèries temporals. 15
   b. Estacions estudiades
      15
      i. EM de Sort (sèrie 1994-1999 i 2008) 15
      ii. EMA d'Esterri d'Àneu (2008) 17
      iii. EMA de Bonaigua (2008) 17
      iv. EMA d'Espot (2008)
         18
      v. EMA de Certescan (2008) 18
      vi. EMA de Salòria (2008) 19
   c. Criteris de selecció i buidat de les dades 20
3. L'efecte föhn 28
4. Anàlisi de les dades 38
   a. Sèrie 1994-1999 de l'EM de Sort 38
      i. Freqüències i probabilitats dels d'episodis de fogony en el període 1994-1999 38
      ii. Freqüències i caracterització dels episodis de fogony de 24 o més hores de duració en el període 1994-1999 49
      iii. Anàlisi de la direcció i velocitat dels vents 54
   b. Anàlisi de 2 casos específics d'episodis de fogony de 24 o més hores de duració de 2008 en el conjunt d'EM 57
      i. Caracterització dels episodis 57
      ii. Elaboració de mapes isotèrmics 70
      iii. Anàlisi de la direcció i velocitat dels vents 73
5. Discussió dels resultats 78
6. Conclusions 84
7. Bibliografia 86

Annex (inclou memòria USB)

(Nota: l'índex s'ha descompaginat degut a l'extracció d'algunes figures en un document apart (figures.doc), adjuntat en el CD)

Introducció

La elecció del tema del treball de recerca em plantejà un seguit de dubtes. La meva intenció és cursar estudis d'enginyeria aeronàutica, i per tant volia fer un treball de recerca (TREC, d'ara endavant) relacionat amb el tema. El problema era com fer un treball sobre temes aeronàutics que aportés quelcom d'interessant, o sigui que no fos un simple recull bibliogràfic, tenint en compte el meu nivell de coneixements i amb els mitjans dels quals disposava.

Després de trencar-m'hi molt el cap, de provar la viabilitat de diversos temes, i de rebre assessorament tant a l'IES com familiar, vaig caure en fer algun estudi relacionat amb els vents; per bé que no és un tema directament aeronàutic, és obvi que la meteorologia hi està profondament lligada, i els paràmetres meteorològics són una variable bàsica en l'aeronavegació.

Dins dels estudis dels vents, va sorgir la idea de treballar sobre l'efecte föhn, un fenomen molt present al Pallars Sobirà. Consultant bibliografia sobre el tema, vaig arribar a la Tesi de Llicenciatura de na Mª Belén Gómez Martín (inèdita, presentada l'any 1994), en la qual caracteritzava i quantificava l'efecte föhn en el tram Rialp-Sort de la vall de la Noguera Pallaresa.

En les conclusions de la Tesi de Llicenciatura es proposa la idea que un augment de la freqüència d'episodis de föhn en la zona d'estudi, en tant que provocat per una major prevalença de la circulació atmosfèrica meridiana sobre la zonal, mostraria indicis de canvi climàtic (manifestació de canvis en la circulació atmosfèrica general). L'autora finalitzava el seu text dient que l'evolució del fenomen en anys posteriors als de la sèrie temporal que ella havia tractat podria ésser l'objecte d'un futur treball, centrat en aquests indicis.

Per tal d'avaluar la viabilitat de la idea, varem demanar a en Ramon Baylina (responsable durant molts anys de l'Estació Meteorològica de Sort, immillorable coneixedor de la meteorologia local, i que ja havia assessorat a l'autora de la Tesi de

Llicenciatura) si veia factible reprendre el treball en l'expressa't sentit. Veient que sí ho era, varem iniciar la planificació del treball.

Hipòtesi de treball i objectius

Segons la Tesi de Llicenciatura de na Mª Belén Gómez Martín, el fenomen föhn, a escala local del Pallars Sobirà, es dóna amb adveccions del Nord, Noroest i Nordest, o sigui en presència de circulació atmosfèrica meridiana. Aquest tipus de circulació és minoritari respecte a la circulació zonal (en sentit dels paral·lels, seria el cas del corrent en jet).

Per tant, i tal com dèiem abans, un augment de la freqüència d'episodis de föhn significaria un augment de la circulació meridional, comportant indicis de canvis en la circulació atmosfèrica general, que alhora manifesten indicis de canvi climàtic.

L'objectiu inicial del present TREC era identificar el fenomen föhn en una sèrie temporal correlativa a la seqüència d'anys de la Tesi de Llicenciatura i comprovar la correspondència de les freqüències d'aparició del fenomen que resultessin del nostre estudi amb les de la seva Tesi. En el cas que no hi hagués correspondència, sinó que augmentés el número de casos de föhn per any, quedaria palesa la hipòtesi que proposava na Mª Belén Gómez Martín, punt de partida d'aquest TREC.

Planificació de la recerca

La recerca s'ha dut a terme seguint els següents passos (extret de la Tesi de Llicenciatura de Mª Belén Gómez Martín, p. 3, modificat):

1. Documentació
    a. Bibliografia (incloent el coneixement de determinats aspectes de l'àrea d'estudi que afecten al treball)
    b. Creació d'un banc de dades (mitjançant la recollida i tractament de dades meteorològiques)
2. Tractament de la informació
    a. Formulació de hipòtesi
    b. Plantejament del mètode a seguir
    c. Anàlisi de les dades (estudi analític)
3. Obtenció dels resultats

a. Obtenció i valoració dels resultats
b. Discussió (verificació de la hipòtesi inicial, formulació de noves hipòtesi...)

4. Conclusions

Estructura del TREC

El text s'ha organitzat seguint l'esquema lògic CONTEXTUALITZACIÓ / TRACTAMENT / CONCLUSIONS.

El TREC consta de 7 apartats i un annex, on es recull, a tall d'exemple, part de les 3 extenses Bases de Dades generades (en la memòria USB que s'adjunta al TREC hi ha les Bases complertes; la impressió d'una sola d'elles ocuparia 149 pàgines, motiu pel qual hem renunciat a posar-la en paper).

En el primer apartat (*El Medi Físic...*) es descriu la orografia del Pallars Sobirà, que crea i condiciona l'efecte föhn , i es caracteritza el clima de la comarca, a partir de normals climàtiques, obtingudes fonamentalment del Servei Meteorològic de Catalunya (METEOCAT)

El segon apartat constitueix el nucli del TREC, ja que fa referència a la creació de la Base de Dades. En el primer subapartat (*La xarxa d'estacions meteorològiques...*) es parla de la xarxa d'estacions meteorològiques del Pallars Sobirà. El segon subapartat el forma una breu fitxa sintètica de cada estació considerada (EM de Sort per a la sèrie més llarga, EMAs d'Esterri d'Àneu, Bonaigua, Espot, Certescan i Salòria per a episodis puntuals). En el tercer (*Criteris de selecció...*) s'explica perquè s'han seleccionat diverses estacions i intervals temporals, i amb quins paràmetres s'han creat les 3 Bases de Dades.

El tercer apartat es dedica a la descripció a nivell físic de l'efecte föhn, localment denominat *fogony*, com veurem.

En el quart s'analitzen les dades obtingudes, en primer lloc les referents a l'EM de Sort i el període 1994-1999 (freqüències i probabilitats d'episodis de fogony, freqüències i

caracterització dels episodis de fogony de més de 24 hores de duració, anàlisi de la direcció i velocitat del vent), i a continuació s'analitzen 2 casos específics de fogony per al conjunt de les EMAs abans esmentades (caracterització dels episodis, elaboració de mapes isotèrmics, anàlisi de la direcció i velocitat dels vents).

El cinquè apartat es dedica a la discussió dels resultats obtinguts, en referència a les hipòtesi de treball i objectius formulats.

El sisè presenta les conclusions obtingudes, i una valoració personal dels resultats.

Per últim, clouen el TREC una bibliografia i l'annex ja esmentat.

Agraïments
Voldria agrair a la meva tutora, na Teresa Pérez Urpina, tant la seva implicació en el present TREC, com el fet que em posés en contacte amb el Dr. Jerónimo Lorente, Catedràtic de Física de l'Aire de la Universitat de Barcelona. Precisament, al Dr. Lorente i a en Ramon Baylina els vull agrair sincerament la seva paciència i assessorament, el primer en la composició i estructuració del treball, i el segon en qüestions més específiques, sobretot per ensenyar-me a llegir les dades de l'EM de Sort i a identificar els episodis de fogony.

Ja que parlem de paciència, és indispensable que citi els meus pares, que m'han suportat i ajudat. També vull agrair al personal de l'Arxiu Comarcal del Pallars Sobirà la seva implicació i professionalitat.

I si parlem de professionalitat, no puc deixar d'esmentar al personal del Camp d'Aprenentatge de les Valls dÀneu, que em van facilitar les dades de l'EMA d'Esterri d'Àneu.

Finalment, el meu TREC no hagués estat possible sense la feina prèvia de na Mª Belén Gómez Martín, ja que la seva Tesi de Llicenciatura ha estat la base sobre la qual he comprés com es desenvolupa i quines característiques presenta l'efecte föhn a escala local. Així doncs, tot i que no la conec personalment, volia agrair-l'hi que dediqués el

seu temps i esforç en analitzar aquest aspecte de la meteorologia d'aquest nostre racó de món tant estimat, el Pallars Sobirà.

1. El medi físic del Pallars Sobirà. Caracterització climàtica de la zona d'estudi

La nostra zona d'estudi s'ubica a la comarca del Pallars Sobirà, situada al Pirineu Central català, i fronterera al N amb l'Estat francès i la comarca de la Vall d'Aran (situada en vessant nord pirenaica), al S amb la comarca del Pallars Jussà, a l'E amb el Principat d'Andorra i amb la comarca de l'Alt Urgell, i a l'W amb la comarca de l'Alta Ribagorça (veure Figura 1)

Relleu i hidrografia

La Serralada Pirinenca s'orienta en sentit E-W, constituint una notable barrera orogràfica respecte a la circulació atmosfèrica meridiana. A la nostra zona, el Pirineu assoleix els 3.143 m a la Pica d'Estats, mentre que el coll de la Bonaigua, punt força interessant de cara al nostre treball, es troba a la cota 2.072 m (v. Figures 1 i 2). El relleu és la causa primera del fenomen que estudiem (v. apartat 3). Podem distingir-hi tres grans apartats:

- relleus de magnitud menor
- relleus de magnitud major
- relleus alpins

Els relleus de magnitud menor presenten alçades entre 600 i 1.500 m, i valls força amples, sense gaires pendents. Els trobem al terç inferior de la comarca. Els relleus de magnitud major presenten alçades al voltant de 2.000 m, amb valls molt més encaixades però amb pendents atenuades respecte les zones alpines. Els trobem als dos terços superiors del Pallars Sobirà.

Els relleus alpins assoleixen alçades superiors als 2.000 m, amb valls profundament encaixades i que presenten fortes pendents. Es troben als límits N i W. Pel que fa a la orientació de les valls, la majoria segueixen direccions NW-SE, N-S i NE-SW.

Respecte a la hidrografia, cal destacar que la comarca correspon a la conca hidrogràfica de la Noguera Pallaresa, que recull com a afluents a la resta de rius de la comarca. La

vall de la Noguera Pallaresa segueix aproximadament un eix N-S, obrint-se per l'E, a l'alçada del poble de Llavorsí, les valls de Cardós i Vall Ferrera (conca de la Noguera de Cardós). Per l'W, cal destacar la vall de la Bonaigua i la vall de l'Escrita, on es troba el poble d'Espot (veure Figura 2).

Caracterització climàtica de la zona d'estudi

Al Pallars Sobirà podem trobar-hi tres tipus de clima: Mediterrani Prepirinenc Occidental, Mediterrani Pirinenc Occidental i Oceànic, aquest últim en el sector fronterer a la Vall d'Aran (veure Figures 3 i 4).

El clima Oceànic, de menor representació a la nostra zona, es diferencia del Mediterrani Pirinenc Occidental per presentar temperatures anuals més elevades i un règim pluviomètric estacional més equilibrat. El Mediterrani Prepirinenc Occidental presenta diferències molt més significatives respecte al clima Oceànic i al Mediterrani Pirinenc Occidental, amb temperatures anuals molt més elevades i una precipitació mitjana anual molt més reduïda (650-900 mm, enfront de 900-1100 i 1000-1300, respectivament). El seu règim pluviomètric estacional presenta un màxim a l'estiu o a la primavera i un mínim al hivern, característiques similars a les del clima Pirinenc Occidental.

Ara bé, hi ha algunes excepcions: els fons de les valls ubicades en l'àrea caracteritzada per el clima Pirinenc Occidental presenten característiques pròpies del clima Prepirinenc Occidental. Cal destacar l'efecte d'ombra pluviomètrica (veure Figures 5 i 6), determinat per la funció d'abric aerològic que realitzen les mateixes estribacions de la serralada, sobre les masses d'aire que la remunten seguint una direcció meridiana o submeridiana. Així, aquestes masses precipiten a la vessant Nord i a la zona alpina de la serralada, i no ho fan (o precipiten en menor magnitud) a les valls de la vessant S. Per tant, la precipitació mitjana anual és molt diferent entre el fons de les valls del Pallars Sobirà i els cims que les envolten, com mostren els valors següents:

- Sort (640 msnm): 779,5 mm
- Llavorsí (811 msnm) 673,20 mm
- Esterri d'Àneu (948 msnm): 647 mm
- Estany Gento: (2017 mm): 1196,3 mm

Com a element de comparació, citarem que la precipitació mitjana anual de Barcelona és de 617,8 mm, i la d'Arenys de Mar de 678,8 mm (MARTIN VIDE, 1985). Per tant, i malgrat que la seva ubicació geogràfica semblaria que indicaria a priori el contrari, precipita el mateix a Esterri d'Àneu que al litoral central català.

Per acabar de caracteritzar el clima Mediterrani Prepirinenc Occidental, és molt útil veure en detall les 2 fitxes del Servei Meteorològic de Catalunya sobre la caracterització climatològica del Pallars Sobirà, elaborades a partir de les dades de sèries de 30 anys provinents de l'EM de Llavorsí (veure Figures I, II i III de l'Annex).

El fenomen de l'ombra pluviomètrica es reflexa en la composició de la vegetació dels fons de vall del Pallars Sobirà: el carrascar, formació vegetal escleròfil·la de caire mediterrani (de tendència més aviat xeròfita, i característica de climes amb forts contrastos tèrmics), arriba fins a Esterri d'Àneu, remuntant la Noguera Pallaresa, i està també present a les Valls de Cardós i Vall Ferrera. En general, els pisos de vegetació al Pallars mostren diferències importants amb els de la propera Vall d'Aran i amb els del Pirineu Oriental (veure Figura 7), en el sentit del predomini de formacions arbòries que evidencien el predomini de condicions climàtiques més seques i la influència de la continentalitat; així, la fageda està quasi pràcticament absent al Pallars, i en canvi el pi roig hi té un paper molt destacat (NUET, J; PANAREDA, J.M; ROMO, A.M., 1991).

2. Dades meteorològiques de l'estudi

a. La xarxa d'estacions meteorològiques del Pallars Sobirà. Estacions i sèries temporals.

Al Pallars Sobirà, tot i que no se'n faci molta publicitat (exceptuant, potser, l'EM de Sort, coneguda pel gran públic) hi ha una important xarxa d'estacions meteorològiques. Tot va començar a finals del S. XIX i principis del XX, quan es van construir les grans centrals hidroelèctriques als dos Pallars, que van portar amb elles la primera xarxa d'estacions meteorològiques, necessàries per avaluar el potencial hidrològic. Així, tenim EM a Llavorsí, Estany Gento, a Lladorre..., coincidint amb la ubicació de les centrals.

Posteriorment, en èpoques molt més recents, l'interès per la meteorologia propicià l'aparició d'altres estacions, com la de Sort. Finalment, ara la comarca disposa de 5 Estacions Meteorològiques Automàtiques (EMA), 4 d'elles vinculades a la xarxa del Servei Meteorològic de Catalunya (METEOCAT) i una altra a la xarxa EDUMET. Totes aquestes estacions ofereixen un ventall de dades meteorològiques molt interessant a tots aquells que estudiïn, d'una manera o d'una altra, la meteorologia.

b. Estacions estudiades

i. EM de Sort (sèrie 1994-1999 i 2008)

L'EM de Sort (actualment EMA), situada a la localitat del mateix nom, es troba a 690 msnm, al tram mitjà de la vall de la Noguera Pallaresa al seu pas pel Pallars Sobirà. Inicialment, l'estació depenia del Instituto Nacional de Meteorologia, i actualment del Servei Meteorològic de Catalunya, essent el seu responsable en Ramon Baylina. L'any 2009 es reconvertí en EMA (a data 31 de juliol de 2009), connectada a la xarxa METEOCAT. Les dades anteriors a 2009 estan en suport paper, i es troben dipositades per a seva consulta a l'Arxiu Comarcal del Pallars Sobirà (ACPS).

Reproduïm a continuació la fitxa de l'EMA de Sort:

Nom EMA: Sort
Codi: XH
Municipi: Sort
X UTM (m): 346203
Y UTM (m): 4696673
Altitud (m): 670
Variables meteorològiques:

- Temperatura
- Humitat relativa
- Pressió
- Precipitació
- Gruix de neu a terra

Data inici: 31/07/2009
Data baixa:
Font: SMC-METEOCAT

Donat que en el TREC hem fet servir les dades de l'EM i no de l'EMA, per raons cronològiques evidents, passem a llistar a continuació l'instrumental del qual disposava:

Termòmetre de màxima	Piranòmetre	Anemòmetre
Termòmetre de mínima	Pirheliòmetre	Anemòmetre de campanya
Termòmetre de mínima de	Heliògraf	Anemocinemògraf

sòl		
Termòmetres de subsòl	Pluviòmetre	Baròmetre aneroide
Evaporímetre	Pluviògraf	Baròmetre de mercuri
Psicròmetre	Pluviòmetre de balancí	Microbaògraf
Termohigròg raf	Placa de neu	Aspiropsicròmetre

Font: MARTIN VIDE, X; i altres (1995)

ii. EMA d'Esterri d'Àneu (2008)

Aquesta EMA pertany a la xarxa EDUMET (Conselleria d'Educació de la Generalitat de Catalunya, CEGC). Està gestionada pel Camp d'Aprenentatge de les Valls d'Àneu (CEGC), i situada a la seu de dit organisme, a la vila d'Esterri d'Àneu, a 948 msnm. L'estació és una DAVIS (model Davis Vantage), i les variables meteorològiques que recull són les següents:

Velocitat i direcció dels vents	Temperatura	Precipitació
Ratxa màxima de vent	Humitat relativa	Pressió atmosfèrica

Font: Elaboració pròpia a partir dades CdA

Està en funcionament des de l'any 2005, i les dades són accessibles per Internet.

La seva situació, enclotada al peu de la línia principal de crestes del Pirineu, al fons de la vall a baixa cota, i en l'accés de les valls de la Bonaigua i d'Isil (de considerable desnivell, i comunicant per sengles colls amb la vessant N), ens permetrà interessants observacions.

iii. EMA de Bonaigua (2008)

Pertany a la xarxa METEOCAT. Reproduïm a continuació la fitxa de l'EMA:

Nom EMA: Bonaigua (2.266 m)
Codi: Z1
Municipi: Alt Àneu
X UTM (m): 334897
Y UTM (m): 4723778
Altitud (m): 2266
Variables meteorològiques:

- Temperatura
- Humitat relativa
- Precipitació
- Irradiància solar global
- Gruix de neu a terra
- Velocitat escalar del vent a 2 m
- Direcció del vent (mòdul 1) a 2 m
- Ratxa màxima del vent a 2 m

Data inici: 06/11/1997
Data baixa:
Font: SMC-METEOCAT

Situada a l'amunt del Port de la Bonaigua, en la línia de crestes, en plena zona alpina.

iv. EMA d'Espot (2008)

Pertany a la xarxa METEOCAT. Reproduïm a continuació la fitxa de l'EMA:

Nom EMA: Espot (2.520 m)
Codi: Z7
Municipi: Espot
X UTM (m): 340277
Y UTM (m): 4710950
Altitud (m): 2520
Variables meteorològiques:

- Temperatura
- Humitat relativa
- Precipitació
- Irradiància solar global
- Gruix de neu a terra
- Velocitat escalar del vent a 2 m
- Direcció del vent (mòdul 1) a 2 m
- Ratxa màxima del vent a 2 m

Data inici: 01/03/2002
Data baixa:
Font: SMC-METEOCAT

Situada a la capçalera de la vall de l'Escrita, en un zona de forta pluviometria, i a gran alçada.

v. EMA de Certescan (2008)

Pertany a la xarxa METEOCAT. Reproduïm a continuació la fitxa de l'EMA:

Nom EMA: Certascan (2.400 m)
Codi: Z5
Municipi: Lladorre
X UTM (m): 358531
Y UTM (m): 4729029
Altitud (m): 2400
Variables meteorològiques:

- Temperatura
- Humitat relativa
- Precipitació
- Irradiància solar global
- Gruix de neu a terra
- Velocitat escalar del vent a 2 m
- Direcció del vent (mòdul 1) a 2 m
- Ratxa màxima del vent a 2 m

Data inici: 11/11/2000
Data baixa:
Font: SMC-METEOCAT

Situada a la capçalera de la Vall de Cardós, molt a prop de la línia de crestes (i línia fronterera amb França)

vi. EMA de Salòria (2008)

Pertany a la xarxa METEOCAT. Reproduïm a continuació la fitxa de l'EMA:

Nom EMA: Salòria (2.445 m)
Codi: ZB
Municipi: Alins
X UTM (m): 365870
Y UTM (m): 4708941
Altitud (m): 2445
Variables meteorològiques:

- Velocitat escalar del vent a 10 m
- Direcció del vent (mòdul 1) a 10 m
- Temperatura
- Humitat relativa
- Precipitació
- Irradiància solar global
- Gruix de neu a terra
- Ratxa màxima del vent a 10 m

Data inici: 30/09/2004
Data baixa:

Font: SMC-METEOCAT

Situada a prop del Pic de Salòria, en capçalera de la Vall Ferrera, a prop de la frontera andorrana

En la Figura 9 s'ha representat la situació de les estacions esmentades.

c. *Criteris de selecció i buidat de les dades*

- *Selecció*

i. Sèries temporals

1. Sèrie 1994/1999 (EM de Sort)

La idea inicial era continuar la sèrie temporal iniciada a la Tesi de Llicenciatura per Mª Belén Gómez Martín (anys 1990-1992 de l'EM de Sort), per tal d'aplicar l'esquema de treball que abans s'ha comentat. Ara bé, al examinar la informació disponible ens varem adonar que per a l'any 1993 no hi havia dades de

l'anemocinemògraf, eina indispensable per a l'estudi del fenomen. Per tant, varem iniciar l'estudi l'any 1994, primer any on coincidien els registres del termohigròg raf i de l'anemocinemògraf. Però els registres de l'anemocinemògraf per a aquesta anualitat comencen a mitjans d'abril; per tant, per omplir aquest buit, s'ha fet servir informació procedent dels Quaderns d'Observacions Nivometeorològiques (notes manuals).

Finalment, la sèrie temporal que hem estudiat compren 6 anys, de 1994 a 1999. Hagués estat desitjable allargar la sèrie, però no ens ha estat possible ja que el buidat de les dades requereix una gran dedicació temporal, i ultrapassava àmpliament els terminis d'entrega del TREC. Tot i així, i tal com després es comentarà s'han tractat un total de 463 registres.

2. Episodis del 22/23 de gener i del 5/8 de març de 2008

A partir de l'any 2008 es disposa de les dades de totes les EMAs del Pallars Sobirà, i és la data que varem escollir per triar dos episodis de föhn significatius (22/23 de gener i 5/8 de març de 2008) i fer un tractament del fenomen a escala de la comarca. No ha estat possible efectuar-ho per el període 1994/1999 perquè per aquelles dates només es disposava de l'EMA de Bonaigua (instal·lada l'any 1997), però no la d'Esterri d'Àneu ni les altres (veure subapartat **b**)

ii. Tipologia de les dades

Per a poder identificar , delimitar i seguir la evolució en el temps dels episodis de föhn, és necessari disposar de registres continus (amb base diària) de temperatura, humitat relativa, velocitat i direcció dels vent.

Per aconseguir-los, s'han recollit dades a partir del termohigròg raf i l'anemocinemògraf.

El termohigròg raf és un aparell que recull la temperatura i la humitat relatives de l'aire (GÓMEZ MARTÍN, 1994). Dos agulles marquen els valors pertinents en una banda termohigromètrica setmanal. En aquestes bandes, l'eix horitzontal es troba graduat en dies, i els dies en períodes de dues hores. L'eix vertical es troba

dividit, en la part superior, en graus centígrads i en la part inferior en percentatges d'humitat relativa (veure Figures IV, V i VI a l'Annex).

L'anemocinemògraf recull la velocitat i la direcció del vent (GÓMEZ MARTÍN, 1994). Dos agulles marquen els valors pertinents en una banda diària. En el costat esquerra d'aquestes bandes es troba el registre corresponent a la velocitat, amb una escala vertical dividida en hores i una escala horitzontal dividida en metres/segon. En el costat dret es troba el registre de direcció, amb una escala graduada en hores i una escala horitzontal graduada en graus i components (veure Figures VII, VIII i IX a l'Annex).

Respecte a la pressió atmosfèrica, no és necessari considerar-la per identificar els episodis de föhn. No obstant l'interès que aquesta dada té per a l'estudi del fenomen, doncs els episodis de föhn presenten en general valors de pressió molt elevats (GÓMEZ MARTÍN, 1994), la mateixa autora no va trobar cap relació entre la duració dels diferents episodis i el valor de la pressió (respecte a valors de pressió extrets del microbaògraf). Tenint en compte aquest doble aspecte, no hem considerat la pressió atmosfèrica dins de les dades a recollir, tot i ser conscients del seu interès.

- *Buidat de les dades*

Per a la sèrie de l'EM de Sort, el treball de camp ha consistit en el buidat de les bandes del termohigròg af i l'anemocinemògraf del període 1994/1999, i ha estat efectuat a l'ACPS. Quan ha estat necessari, com ja s'ha indicat (de gener a mitjans d'abril de 1994), s'han consultat els Quaderns d'Observacions Nivometeorològiques. Donada la nostra falta d'experiència en la lectura d'aquestes bandes, i per tal d'evitar errors, hem comptat amb l'assessorament d'en Ramon Baylina, a qui de nou l'hi agraïm la seva ajuda.

Les dades provinents de l'EMA d'Esterri d'Àneu ens les ha proporcionades el Camp d'Aprenentatge de les Valls dÀneu (CdA), en format digital.

La resta de dades s'han obtingut on line del Servei Meteorològic de Catalunya, en format digital.

i. Criteris de identificació del fenomen efecte föhn

Els episodis de föhn es poden veure en les alteracions del ritme normal de la T i la H i en canvis en la direcció i velocitat del vent. Concretament, s'observa una pujada brusca de la T i un canvi similar però en sentit invers de la H. Respecte al vent, la velocitat augmenta considerablement i la direcció es manté, sense masses oscil·lacions, en el quadrant Nord (per a nostra zona d'estudi, en el següent apartat en parlarem àmpliament). Els canvis en les quatre variables meteorològiques es produeixen al mateix temps (GÓMEZ MARTÍN, 1994).

D'aquestes observacions se'n desprenen els criteris següents:

- pujada accentuada de la temperatura, que sovint es produeix en hores anòmales (respecte al cicle diari). També hem considerat el cas que la temperatura no descendeixi a la baixant del cicle diari i es compleixin la resta de paràmetres.
- baixada accentuada de la humitat, sovint en hores anòmales (de major mòdul que les temperatures), contraposant-se simultàniament a l'augment de la temperatura (corbes creuant-se en un gràfic T/H)
- humitats iguals o inferiors a 50 % (empíricament hem determinat que els valors de H oscil·len majoritàriament al voltant del 40 %, veure Base de Dades - *Dades fogony EM Sort 1994-1999*). Ara bé, cal tenir en compte que durant el període de föhn es produeixen oscil·lacions puntuals de curta durada de la variable H (també de T, però amb menys intensitat), i que en aquests pics es pot sobrepassar el límit esmentat.
- increment de la velocitat del vent (mitjanes més elevades i màxims al voltant dels 10 i 20 m/s).
- direccions dels vents del quadrant N
- duració mínima de l'episodi de 4 hores, per descartar possibles irregularitats precedents o posteriors als episodis reals.

L'aplicació d'aquests criteris de vegades planteja dubtes, ja que genera una certa ambigüitat el fet que no siguin fàcilment quantificables.

Respecte al primer dels criteris que acabem d'esmentar, cal tenir en compte que en la Tesi de Llicenciatura sí s'estableix un valor mínim per a la pujada de T i de baixada de H, que en algun dels episodis que hem detectat a la nostra sèrie no es compliria per a T (en aquells en que no es produeix la baixant del cicle diari i sí es donen la resta de paràmetres).

Ara bé, cal advertir que per manca de registres d'anemocinemògraf a l'EM de Sort, les dades de vent de la sèrie temporal de la Tesi de Llicenciatura (1990-1992) són només mitjanes diàries (provinents dels Quaderns als que ja ens hem referit), amb l'excepció d'una mostra de 30 episodis (GÓMEZ MARTÍN, 1994). Aquest fet dificultava indubtablement la identificació del fenomen i la quantificació de la seva duració temporal, i per tant segurament era imprescindible fixar un valor mínim en els canvis de T, mentre que nosaltres sí hem pogut disposar dels registres d'aquest aparell. Tot i així, en la nostra sèrie, per als episodis compresos entre gener i inicis d'abril de l'any 1994, tampoc s'ha pogut disposar de l'anemocinemògraf, com ja hem indicat (substituït pels Quaderns, molt menys precisos). A causa d'aquesta circumstància, 4 episodis han estat considerats com dubtosos (indicats com a tals a la Base de Dades), concretament els episodis 7, 30, 34 i 43.

ii. Distinció dels episodis segons la durada

Un cop identificats els episodis de föhn, s'han separat en dos blocs els pertanyents a la sèrie temporal 1994-1999, de cara al tractament primari de les dades. El primer comprèn tots els episodis detectats, indistintament. El segon recull aquells episodis de més de 24 hores de duració, per als quals s'ha fet un tractament diferenciat.

d. ***Bases de dades creades a partir de la informació obtinguda***

A partir de les dades recollides, s'ha cregut convenient crear 3 bases de dades meteorològiques en format Excel i constituir arxius separats, per facilitar el tractament de les dades.

- Contingut de les bases de dades
    i. Dades fogony EM Sort 1994-1999

Inicialment comprenia 463 possibles episodis de föhn, identificats en la sèrie temporal 1994-1999 provinent de l'EM Sort, i reduïts posteriorment a 332 desprès d'una validació crítica. Per a cadascun dels 332 registres vàlids s'han considerat 18 paràmetres diferents, obtinguts buidant la informació de l'esmentada font, el que fa un total de 5.936 entrades. S'ha creat també una Base de dades complementària, anomenada *Dades fogony EM Sort 1944-1999 Descartats*, que recull els suposats episodis de fogony d'una durada temporal inferior a 4 hores, i aquells possibles episodis que no reunien totes les condicions abans descrites (veure *i. Criteris de identificació del fenomen efecte föhn*), tots ells descartats. Dels 332 episodis, n'hi ha 8 en que els valors de H superen el límit establert que abans hem expressat (episodis 83, 86, 89, 106, 124, 204, 209 i 379-P); no obstant els hem inclòs, per complir-se clarament la resta de paràmetres (es fa constar a la Base de Dades).

ii. Dades fogony EM Sort 1994-1999 24 h o més

Recull dels 62 episodis d'efecte föhn que contemplin o superin 24 hores de duració, extrets de la Base de dades anterior (18 paràmetres per registre)

iii. Dades fogony 2008

Recull de dades meteorològiques de l'EM de Sort i del conjunt d'EMAs considerades en aquest treball, per a la sèrie temporal 22/23 de gener i 5/8 de març de 2008 (dies identificats amb situació de föhn de durada superior a 24 hores a l'EM de Sort) i per els dies pròxims, per veure l'evolució del fenomen a escala comarcal.

- Paràmetres considerats
  i. Nº fenomen. Número d'ordre correlatiu de la observació.
  ii. Data. Primer dia on es situa l'episodi (s'usa per els gràfics)
  iii. Recorregut temporal en dies. Dies que ocupa l'episodi
  iv. Període en hores. Durada de l'episodi
  v. Període útil: Durada de l'episodi sense comptar l'inici ni el final en aquells casos en el que els episodis no són estables
  vi. Increment de T. Increment de T durant l'episodi

vii. Increment de T dia pròxim. Increment de temperatura d'un dia que no presenti fogony (on es segueixi clarament el cicle diari estàndar) , pròxim en el temps respecte a l'episodi que s'estudia. Per a realitzar l'increment s'estudiaran les mateixes hores que contempli l'episodi
viii. Increment de H. Increment de H durant l'episodi
ix. Increment de H dia pròxim. Increment d'humitat d'un dia que no presenti fogony (on es segueixi clarament el cicle diari estàndar) , pròxim en el temps respecte a l'episodi que s'estudia. Per a realitzar l'increment s'estudiaran les mateixes hores que contempli l'episodi
x. T màxima. T màxima registrada a l'episodi
xi. T mínima. T mínima registrada a l'episodi
xii. H relativa màxima. H relativa màxima registrada a l'episodi
xiii. H relativa mínima. H relativa mínima registrada a l'episodi
xiv. Tipus fenomen segons traçat corba. Dibuix de la corba, veure Apartat 6 del present TREC
xv. Velocitat (m/s). Velocitat del vent en metres/segon
xvi. Direcció. Direcció del vent
xvii. Caixa termohigròg raf. Referència catalogràfica de la banda del termohigròg raf (ACPS)
xviii. Caixa anemocinemògraf. Referència catalogràfica de la banda del anemocinemògraf (ACPS)

Per a l'arxiu Dades fogony 2008, els paràmetres són molt similars, s'ha mantingut la organització de la informació procedent de l'EM Sort, adaptant-la al format proporcionat per les EMA.

Una mostra de les Bases de dades impreses la trobarem a les Figures X, XI, XII i XIII de l'Annex. Vista la magnitud dels registres, no ens ha estat possible imprimir la totalitat de les tres Bases de Dades, ja que la translació d'una sola d'elles en paper ocuparia 149 pàgines, com ja hem comentat. En canvi, adjuntem una memòria USB, amb les Bases de Dades íntegres i també, per descomptat, el text del TREC.

3. L'efecte föhn

El mot föhn (o *föehn*) prové de l'alemany Föhn, i té els seus orígens als Alps. Deriva del llatí *flavonius* (=vent dolç, suau), i va ésser adoptat pels dialectes germànics alpins, segurament via el dialecte romanx. En sentit estricte, el föhn és un vent de la regió dels Alps, sec i càlid, i que genera una important ombra pluviomètrica. Al Pallars trobem un vent de característiques similars, que s'anomena localment "*fogony*"
(com l'anomenarem a partir d'ara en el TREC). A d'altres indrets del món hi ha vents semblants, de caràcter local però fruit del mateix procés (*chinook* a la costa E dels EE.UU, v. STRAHLER, A.N; STRAHLER, A.H.,1997, i *favonio* a Itàlia, per exemple).

Però, com es genera el fogony, perquè parlem *d'efecte föhn*, i perquè aquest es repeteix en diverses parts del món, allunyades entre elles?
L'efecte föhn al Pallars Sobirà es desencadena quan masses d'aire humit provinents del quadrant N (direccions N, NE o NW) travessen els Pirineus. Aquesta serralada, que com ja hem indicat s'estén en sentit E-W (veure Figura 1), no els hi permet cap pas al no haver-hi valls transversals que la creuin completament, i per tant aquelles es veuen obligades a ascendir. La humitat que portaven les masses d'aire es condensa i/o precipita a la vessant nordpirenaica (França, Vall d'Aran), i al descendir les masses d'aire per la vessant sudpirenaica es provoca una elevació anormal de la temperatura, una disminució de la humitat relativa i un increment considerable de la velocitat i les ràfegues de vent; el vent generat per l'efecte föhn és doncs el conegut com fogony (MARTIN VIDE, X; i altres, 1995).

L'efecte föhn és alhora el causant de les pluges orogràfiques a la vessant nord i de l'ombra pluviomètrica que es registra als fons de vall del Pallars Sobirà, especialment a la zona de Lladorre-Tavascan (Vall de Cardós) i, menys forta, a Esterri d'Àneu (veure apartat 1).

Però, tot i que aquesta explicació del funcionament de l'efecte föhn es centri en la seva aplicació a la nostra zona d'estudi, aquest fenomen (com ja hem vist al inici de l'apartat) no es limita a donar-se al Pirineu, sinó que es produeix a tot el planeta sempre que un vent humit remunta una carena. Precisament per això podem parlar d'*efecte föhn*, d'abast universal, i no només de *fogony* (que és la traducció local del fenomen). La

causa d'aquest fet són els fonaments físics del fenomen, que tot seguit intentarem resumir.

L'efecte föhn es produeix quan es donen unes condicions físiques específiques, concretament quan les masses d'aire es troben un accident orogràfic, es veuen obligades a remuntar-lo i pateixen un procés *pseudoadiabàtic*.

Per entendre com funciona aquest, però, serà convenient que expliquem què són i com es calculen els *gradients adiabàtics*.

Començarem per definir què es un *procés adiabàtic*: un procés adiabàtic és aquell que té lloc sense cap intercanvi d'energia amb l'exterior, és a dir dins d'un sistema totalment aïllat.

L'aire, a causa de la seva escassa conductivitat, en moure's quasi no té temps d'intercanviar calor amb el medi que l'envolta; és a dir, es tracta d'un moviment adiabàtic (LORENTE, J; SALVADÓ, X., 1987). Quan una massa d'aire puja, s'expansiona perquè va trobant capes d'aire amb una pressió progressivament més petita. En conseqüència es refreda, ja que ha de realitzar un treball d'expansió contra la pressió exterior.

El *gradient adiabàtic* és un valor que ens indica la variació de temperatura que experimenten les masses d'aire en moviment vertical.

Una massa d'aire pot presentar tres gradients diferents:

- *Gradient adiabàtic sec (massa d'aire sense vapor d'aigua)*

Podem obtenir-lo a partir de l'equació següent:

$$\left(\frac{dT'}{dZ}\right)_{ADIAB} = \frac{g * T'}{Cp * T}$$

on dT' és el diferencial de la temperatura de la massa d'aire, dZ és l'alçada, g és la intensitat gravitatòria de la Terra, T' la temperatura de l'aire que evoluciona, Cp la capacitat calorífica molar (calor específica) a pressió constant de l'aire sec, i T la temperatura de l'ambient.

Per al refredament en una massa d'aire que s'eleva, tindrem:

$$-\left(\frac{dT'}{dZ}\right)_{ADIAB} = \frac{g * T'}{Cp * T}$$

I si l'aire que ascendeix té la mateixa temperatura que l'ambient (T'=T), el refredament per unitat d'elevació és constant, i l'anomenem γ :

$$\gamma : \frac{g}{Cp} = \frac{9'8\ J * Kg^{-1} * m^{-1}}{1005\ J * Kg^{-1} * ºC^{-1}} = \gamma : 9'75 * 10^{-3}\ \frac{ºC}{m}$$

I, si ho expressem en hectòmetres,

$$9'75 * 10^{-3}\ \frac{ºC}{m} * \frac{100\ m}{1\ hm} = 0'975\ \frac{ºC}{hm} \simeq 1\ \frac{ºC}{hm}$$

És a dir, que l'aire sec en el seu ascens es refreda aproximadament 1 ºC per cada 100 m d'elevació (LORENTE, J; SALVADÓ, X., 1987). (Fig. 12)

- *Gradient adiabàtic de l'aire humit no saturat (massa d'aire amb vapor d'aire no saturat)*

Com les fórmules corresponents a l'aire sec poden utilitzar-se per a l'aire humit no saturat, substituint T per Tv, tindrem:

$$\left(\frac{dT'}{dZ}\right)_{ADIAB} = \frac{g * Tv'}{Cp * Tv}$$

On Tv és la temperatura virtual de l'aire, que es defineix com la temperatura que hauria de tenir una massa d'aire sec perquè tingués la mateixa densitat que l'aire humit real a la mateixa pressió.

Per al refredament en una massa d'aire humida i no saturada que s'eleva:

$$-\left(\frac{dT'}{dZ}\right)_{ADIAB} = \frac{g * Tv'}{Cp * Tv}$$

Si considerem, tal com hem fet amb l'aire sec, que la temperatura de l'aire que s'eleva i la ambiental són la mateixa, al considerar la massa d'aire i l'aire que l'envolta com secs, s'observa que la temperatura que haurien de tenir per assolir la mateixa densitat que l'aire humit real és la mateixa. Per tant, Tv' = Tv.

Així doncs, com en el cas anterior, el refredament per unitat d'elevació és constant, i l'anomenarem γ' :

$$\gamma' = -\frac{g}{Cp}$$

Que és el mateix càlcul que hem realitzat abans. En conclusió, $\gamma = \gamma'$, que equival a dir que el gradient adiabàtic sec i el gradient adiabàtic no saturat són iguals ($\pm 1 \frac{ºC}{hm}$)

- *Gradient adiabàtic saturat (massa d'aire que ha arribat al nivell de condensació)*

Quan una massa d'aire que s'enlaira assoleix el Nivell de Condensació per Elevació o NCE (Humitat relativa 100 %, determinat per la seva T_0), o sigui la temperatura en la que el vapor d'aigua contingut en la massa d'aire comença a condensar, diem que s'ha saturat. Des d'aquell moment, si la massa d'aire continua l'ascens, el refredament que experimenti per unitat d'elevació serà determinat pel gradient adiabàtic saturat. Això succeeix pel fet que en la condensació del vapor s'allibera l'anomenada *calor latent de condensació*. Cal recordar que tota evaporació comporta un refredament o pèrdua de calor, invertit en donar mobilitat a les molècules d'aigua per a passar-les de l'estat líquid al gasós. Aquesta calor es desprèn de nou per la condensació, en forma de calor sensible (MARTIN VIDE, X., 1985).

La calor sensible es transmetrà a la massa d'aire, fent que la temperatura d'aquesta disminueixi en menor mesura amb l'elevació.

Per calcular aquest refredament utilitzarem la següent fórmula (LORENTE, J; SALVADÓ, X., 1987):

$$\Gamma = -\frac{dT}{dZ} = \gamma \frac{p + \frac{L\,\varepsilon}{rd\,T} * E}{p + \frac{rd * L^2 * \varepsilon^2}{Cp * rd^2 * T^2} * E}$$

En la que es calcula el gradient adiabàtic saturat (Γ), d'una manera força complexa, a partir de la pressió i la temperatura (no precisem més per no allargar-nos excessivament).

Per tant, com ja es pot observar a la fórmula, el gradient adiabàtic saturat no és constant. Això no obstant, sovint s'agafa com a valor fix

$$-\frac{0'6\ ºC}{hm} \qquad \text{(o també } -\frac{0'5\ ºC}{hm}\text{)}$$

que resulta del valor mitjà.

Ara bé, per no simplificar tant i no haver tampoc d'emprar constantment una fórmula complexa, s'utilitzen diagrames termodinàmics (veure Figura 13), que mostren les línees d'evolució (aproximades) de l'aire saturat respecte a les variables de T i Pr. (Fig. 13)

Un aclariment: un diagrama termodinàmic és un gràfic en que les funcions d'estat són representades per feixos de línees, de manera que les relacions matemàtiques que determinen les lleis termodinàmiques corresponen a les seves relacions geomètriques.

Reproduïm a continuació, a tall d'exemple, el diagrama termodinàmic de Stüve (Fig. 14)

Evolució adiabàtica en superar un obstacle orogràfic

Quan una massa d'aire que es mou horitzontalment a nivell del sòl arriba davant d'una muntanya i la remunta, s'expandeix ja que la pressió disminueix amb l'alçada, i per tant es refreda (com ja hem explicat). Aquesta expansió es produeix amb la rapidesa suficient com perquè la puguem considerar adiabàtica.

Aquest refredament es fa seguint el gradient adiabàtic sec:

$$-\frac{1\ ºC}{hm}$$

A determinada alçada, però, si la massa d'aire en qüestió portava vapor d'aigua, arribarà al Nivell de Condensació per Elevació. Un cop comenci la condensació, si la massa d'aire continua pujant, es refredarà seguint el gradient adiabàtic saturat

Valor mitjà: $-\frac{0'6\ ºC}{hm}$

En un ascens adiabàtic de l'aire saturat, l'aigua que es produeix amb la condensació acompanya a l'aire en el seu moviment, de manera que, quan la massa d'aire arriba al cim de la muntanya, comença a baixar i s'escalfa, seguint el gradient adiabàtic saturat. Al escalfar-se, l'aigua que contenia la massa d'aire comença a evaporar-se, agafant calor de la massa d'aire (com ja hem explicat), evitant així que la massa d'aire es sobreescalfi. Ara bé, quan la massa d'aire hagi perdut per evaporació tot el vapor d'aigua condensat que contenia, tornarà a evolucionar segons el gradient adiabàtic sec.

En conclusió: en una evolució adiabàtic, tant per l'ascens com per al descens es va passant pel mateix estat i mateixa temperatura a cada nivell d'alçada.

Evolució pseudoadiabàtica en superar un obstacle orogràfic (efecte föhn)

Quan una massa d'aire humit que es mou horitzontalment a nivell del sòl arriba davant d'una muntanya i la remunta, segueix una evolució adiabàtica com la anteriorment descrita, o sigui, escalfant-se a raó de

$$-\frac{1\ ºC}{hm}$$

fins que arriba al NCE, i el vapor contingut comença a condensar. La diferència entre un procés adiabàtic i un de pseudoadiabàtic rau en que en un procés pseudoadiabàtic cada gota d'aigua és eliminada en el moment de formar-se.

Així, un cop assolit el NCE el vapor condensat de la massa d'aire s'eliminarà a mesura que es formi (ja sigui precipitant o en forma de rosada), però aquest fet no modifica l'ascens que es farà segons el gradient adiabàtic saturat.

Ara bé, quan la massa d'aire arriba al cim i comença el descens, no conté aigua que s'evapori, i per tant, l'escalfament es produirà seguint el gradient adiabàtic sec. Per tant, en aquest descens, la temperatura augmenta molt més que en el descens adiabàtic, en que per a cada gota d'aigua evaporada s'absorbeixen uns 2.500 J.

<u>En conclusió, l'aire que baixa esdevé, per a cada nivell, més calent del que va pujar. Aquest efecte és més acusat com més gran ha estat la quantitat d'aigua condensada (i eliminada) a l'ascens. (Figura 15). Aquesta evolució pseudoadiabàtica és la causa de l'efecte föhn.</u>

El procés el podem explicar mitjançant un exemple de la nostra zona d'estudi (extret de GÓMEZ MARTÍN, M. B., 1994): considerem un flux d'aire amb direcció meridiana o submeridiana septentrional (veure Fig. 16) que, amb una temperatura de 14ºC, es dirigeix vers l'obstacle que suposa la Serralada Pirenaica. Quan la massa d'aire arriba a la base de la vessant de sobrevent, a 400 msnm, es veu obligada a ascendir. La temperatura de l'aire durant l'ascens disminuirà a raó de 1º/100 m, suposant que no

estigui saturat (gradient adiabàtic sec). Així, a 500 m la T serà 13ºC, a 700 m (altitud similar a Sort, situat a 690 msnm) s'arribarà a 11ºC, a 900 m seran 9ºC i a 1.100 m 7ºC. Suposem que a aquest nivell es comença a condensar el vapor d'aigua contingut en la massa d'aire ascendent; al iniciar-se la condensació a l'aire ascendent, aquest ja no es refredarà tant ràpidament degut a que el vapor d'aigua lliurarà vapor d'aigua al condensar-se. Aquest calor serà absorbit per l'aire, de manera que ja no es refredarà a raó de 1ºC/100 m d'elevació vertical, sinó a raó de 0,6ºC (o 0,5ºC)/100 m (gradient adiabàtic saturat).

L'aire arribarà a la línea de crestes (establerta en aquest exemple a 2500 m) menys fred del que es podria suposar. A més, ja sigui per precipitació o per contacte amb el terreny i la seva vegetació (rosada) l'aire ascendent perd part del seu contingut hídric en la vessant sobrevent. Així l'aire assoleix la línea de crestes (2.500 m) a una temperatura de 0ºC.

Suposem que a aquesta cota cessa la condensació: la massa d'aire inicia el seu descens, i com ja no es formen núvols, l'escalfament es produeix a raó d'1ºC/100 m de descens. D'aquesta manera, l'aire arriba a Sort, vers els 700 m d'alçada, a una temperatura de 18ºC, 7ºC més elevada que el punt homònim a la mateixa cota a la vessant de sobrevent. L'aire arriba doncs molt calent i sec: és l'efecte föhn, és el vent conegut localment com fogony.

4. Anàlisi de les dades

a. Sèrie 1994-1999 de l'EM de Sort

i. Freqüències i probabilitats dels d'episodis de fogony en el període 1994-1999

Per tal d'analitzar les dades de freqüències de fogonys d'aquesta sèrie (calculades sobre 332 episodis), establirem 3 grups:

- Freqüència anual dels fogonys
- Freqüència estacional dels fogonys
- Freqüència mensual dels fogonys

<u>Freqüència anual dels fogonys</u>

Hem detectat un total de 332 episodis de fogony, per a una sèrie temporal de 6 anys, la freqüència anual dels quals es representa a la Taula a.

Taula a Número d'episodis de fogony per any, EM Sort (1994-1999)

Any	nº episodis	%
1994	47	14,2
1995	88	26,5
1996	56	16,9
1997	30	9,0
1998	48	14,5
1999	63	19,0
Total	332	100,0

Com es pot observar, l'any que presenta major nombre d'episodis és 1995, amb 88, enfront dels 30 episodis de 1997, valor mínim de la sèrie. El nombre mitjà d'episodis per any és de 55'33. Tal com es pot observar a la Taula a i a la gràfica corresponent (Fig. a), la variabilitat interanual és força elevada.

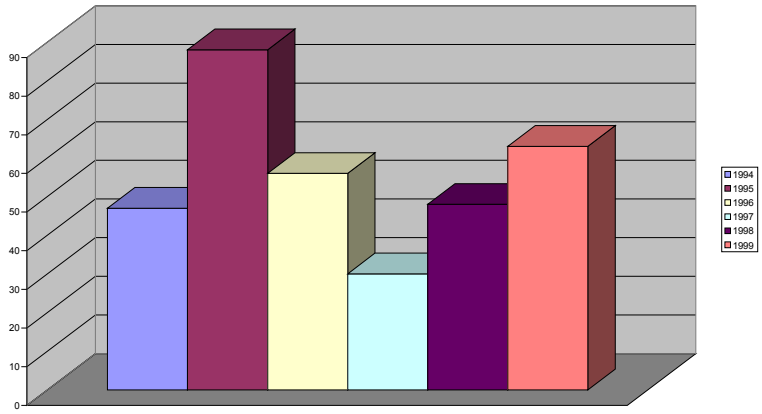

Fig. 17 Número d'episodis de fogony per any, EM Sort (1994-1999)

Tenint en compte que cada cas pot englobar diversos dies, resulta convenient examinar el número de dies amb episodi de fogony per any, que podem veure a la Taula b i a la gràfica 18.

Taula b Número de dies amb episodi de fogony per any, EM Sort (1994-1999)

Any	nº dies	%
1994	55	11,60
1995	109	23,00
1996	95	20,04
1997	48	10,13
1998	77	16,24
1999	90	18,99
Total	474	100,00

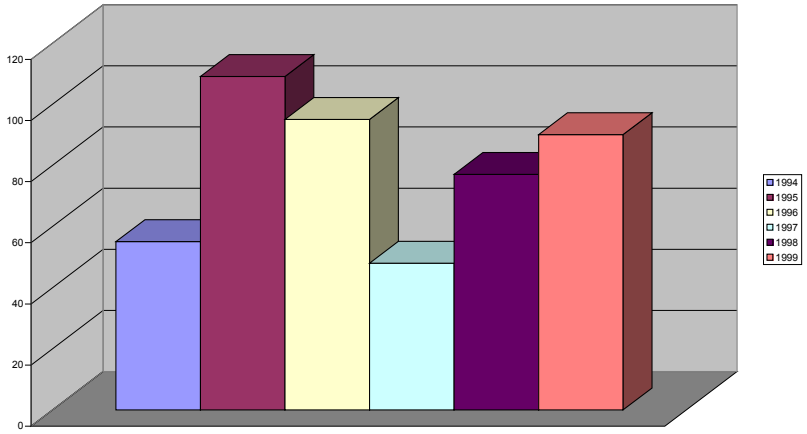

Figura 18 Número de dies amb episodi de fogony per any, EM Sort (1994-1999)

L'any que presenta major nombre de dies en situació de fogony és també 1995, amb 109, enfront dels 48 dies de 1997, valor mínim de la sèrie. El nombre mitjà de dies amb fogony per any és de 79. La variabilitat interanual és també força elevada.

Per últim, hem representat a la Taula c i a la Figura 19 el total d'hores dels episodis de fogony amb base anual, ja que el número d'hores és el valor que més fidedignament ens reflexa la importància del fenomen.

Taula c Número d'hores amb episodi de fogony per any, EM Sort (1994-1999)

Any	nº hores	%
1994	625,7	11,5
1995	1198,7	21,9
1996	1204,3	22,0
1997	500,4	9,2
1998	741,5	13,6
1999	1192,3	21,8
Total	5462,9	100,0

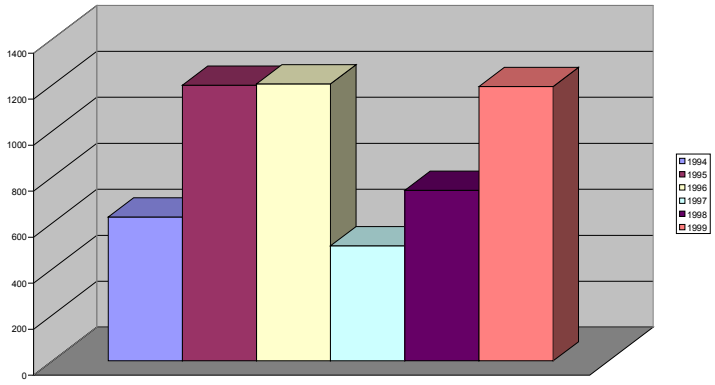

Figura 19 Número d'hores amb episodi de fogony per any, EM Sort (1994- 1999)

En aquest cas, els valors de número d'hores d'episodis de fogony per any són molt similars per a 1996 (1204,3 hores), 1995 (1198,7 h) i 1999 (1192,3 h). El valor mínim correspon a l'any 1997, amb 500,4 hores. La mitjana d'hores de fogony per any és de 910 h.

En la Figura 20 hem representat en una mateixa gràfica els diferents valors de casos, dies i hores amb base anual. Com es pot veure, el dibuix de les corbes de casos i dies és força similar, mentre que en hores la tendència és semblant, si bé amb desviacions més acusades per a 1996 i 1999.

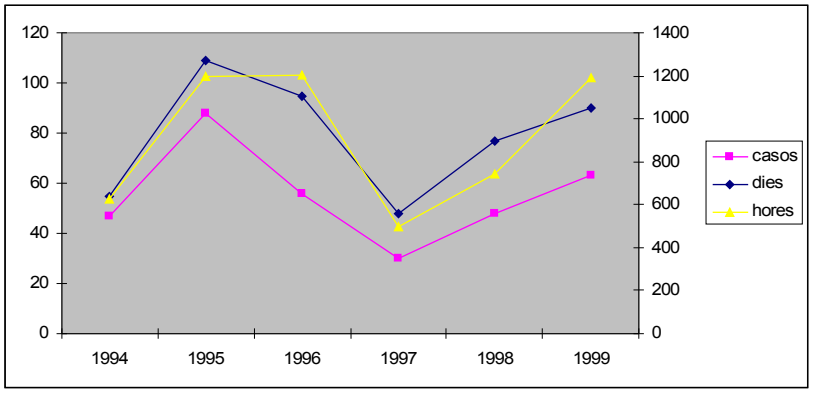

Figura 20 Comparació entre el nombre de casos, nombre de dies i nombre d'hores en situació de fogony amb base anual, EM Sort (1994-1999)

<u>Freqüència estacional dels fogonys</u>

La repartició dels episodis de fogony per estació i any és la següent (Taula d i Figura 21):

Any	hivern	primavera	estiu	tardor
1994	18	15	8	6
1995	26	30	18	14
1996	15	14	10	17
1997	7	12	5	6
1998	9	15	6	18
1999	24	20	9	10
Total	99	106	56	71
%	29,8	31,9	16,9	21,4

Taula d Número de casos amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

Com es pot veure, en el total de la sèrie el major nombre d'episodis es concentren a la Primavera (31,9 % dels casos) , seguida de prop per l'Hivern (29,8 %). A l'Estiu es dona el nombre més baix d'episodis (16,9 %, aproximadament la meitat que a la Primavera), mentre que la Tardor (21,4 %) es situa entre Hivern i Estiu. L'ordre dels episodis per estació seria doncs, en sentit decreixent, PHTE.

Ara bé, si examinem les variacions interanuals d'aquest ordre, reflexades a la Taula e, veurem que hi ha una notable variabilitat interanual, tanta que fins i tot no hi ha dos ordres iguals. En tot cas, el que sí queda clar és la predominància de Primavera i Hivern sobre la resta, i en alguns anys la importància dels episodis de Tardor. L'Estiu ocupa en 4 casos la última posició, i en 2 casos la penúltima.

Any	Ordre estacions casos
1994	HPET
1995	PHET
1996	THPE
1997	PHTE
1998	TPHE
1999	HPTE
Conjunt	**PHTE**

Taula e. Estacions amb més episodis, en ordre decreixent, EM Sort (1994-1999)

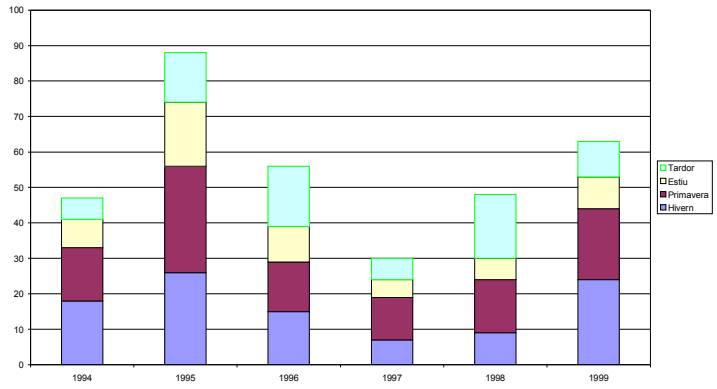

Figura 21 Número de casos amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

La mateixa repartició dels episodis de fogony per estació i any, però calculada en dies, pot veure's en les Taules f i g, i en la Figura 22:

Any	hivern	primavera	estiu	tardor
1994	24	11	10	10
1995	29	42	20	18
1996	21	27	19	28
1997	10	21	7	10
1998	16	23	11	27
1999	35	27	13	15
Total	**135**	**151**	**80**	**108**
%	**28,48**	**31,86**	**16,88**	**22,78**

Taula f Número de dies amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

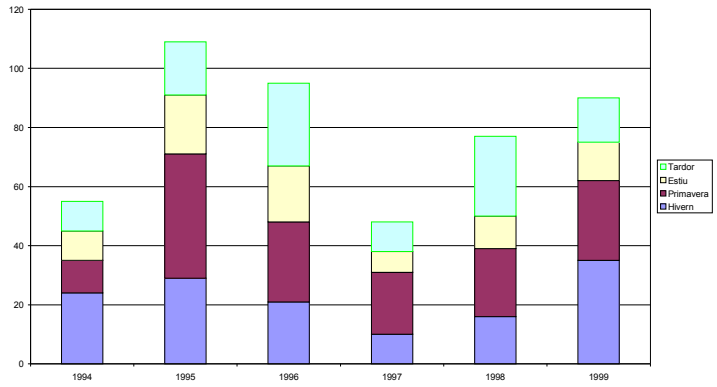

Figura 22 Número de dies amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

Com es pot comprovar, l'ordre dels episodis per estació seria, en sentit decreixent, PHTE, com passava amb el nombre de casos. Ara bé, es manté la notable variabilitat interanual: la Primavera assoleix un màxim de 42 casos (1995) i un mínim d'11 (1994), i l'ordre de les estacions en una mateix any segons dies amb fogony, també varia notablement, dominant Primavera o Hivern, i en alguns casos Tardor.

Taula g Estacions amb més episodis, en ordre decreixent, EM Sort (1994-1999)

Any	Ordre estacions dies
1994	HPT/E
1995	PHET
1996	TPHE
1997	PT/HE
1998	TPHE
1999	HPTE
Conjunt	**PHTE**

Per últim, la consideració dels episodis de fogony per estació i any, però calculada en hores (veure Taules h, i; Figura 23), valor segurament el més a prop de la realitat, mostra el següent ordre d'estacions: Primavera (31'64 %), Hivern (30,98 %), Tardor (22,43 %) i Estiu (14,95 %). Aquest ordre d'importància de les estacions, calculat en base a hores, és el mateix que vèiem en els càlculs en base a casos i dies.

Ara bé, segueix subsistint la variabilitat interanual, com s'evidencia a la Taula i. Cal destacar que, en aquest cas, la Primavera té més pes específic que en els altres dos, seguida de l'Hivern i la Tardor.

Any	hivern	primavera	estiu	tardor
1994	280,75	127,17	76	141,747
1995	327,42	482,58	189,57	199,08
1996	260	387,74	233	323,57
1997	133	225,76	34,58	107,08
1998	204,33	210,92	119,09	207,17
1999	486,86	294,33	164,57	246,58
Total	**1692,36**	**1728,5**	**816,81**	**1225,227**
%	**30,98**	**31,64**	**14,95**	**22,43**

Taula h Número d'hores amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

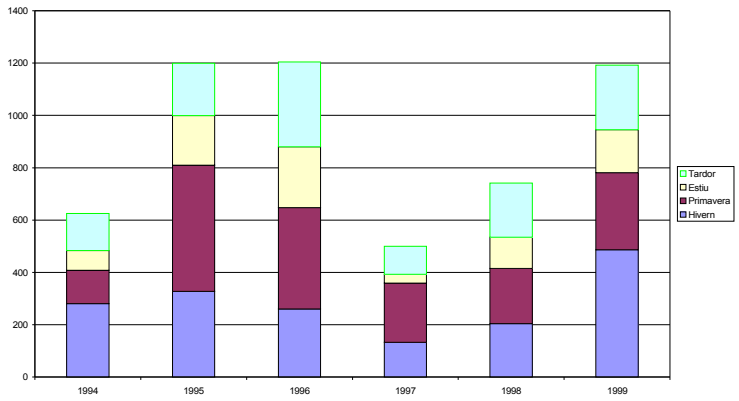

Figura 23 Número d'hores amb episodi de fogony per estació, EM Sort (1994-1999)

Any	Ordre estacions hores
1994	HTPE
1995	PHTE
1996	PTHE
1997	PHTE
1998	PTHE
1999	HPTE
Conjunt	**PHTE**

Taula i Estacions amb més episodis, en ordre decreixent, EM Sort (1994-1999)

Una dada important, que després utilitzarem a l'apartat 6, és la durada mitjana d'un episodi en hores/estació, que pot veure's en la Taula j. Respecte a aquesta Taula, observarem que els coeficients de variació són molt elevats, especialment a l'Estiu, mostrant que els valors de la sèrie no estan concentrats al voltant de la mitjana (16:18 h). El valor màxim de la sèrie de l'Estiu assoleix 68:18 h, el valor mínim només 4 h, i la

Taula j Duracions mitjanes per episodi en hores/estació, EM Sort (1994-1999)

Estació	Mitjana	Desv. típica	Coef. de Variació
Hivern	17:05	13,3	77,9
Primavera	16:18	14,4	88,3
Estiu	14:35	14,6	100,1
Tardor	17:15	16,5	95,6
Total	16:18	14,7	90,5

moda té un valor de 5 h. Al gràfic de dispersió de la Figura 24 pot veure's que la gran majoria d'episodis es situen entre les 4 i les 20 h, i que hi ha un petit nombre d'episodis que assoleixen una llarga duració.

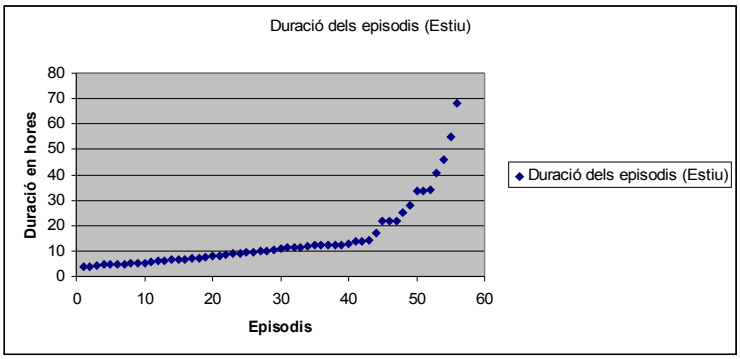

Figura 24 Gràfic de dispersió de duració dels episodis de fogony en hores, a l'Estiu, EM Sort (1994-1999)

Per últim, és interessant comprovar que la mitjana dels valors estacionals en percentatge per a la sèrie temporal considerada, és molt similar tant en valors referits a casos, com a dies, com a hores, tal com s'observa a la Taula k. La distribució estacional dels percentatges mitjans està reflexada en la Figura 25. Només s'han considerat les hores, atesa la mínima diferència entre casos, dies i hores, i el fet que les hores expressen el fenomen més fidedignament. Tornarem a recordar, però, que les variacions interanuals són molt elevades, i si repetíssim la Taula k i el gràfic 25 per a cada any, s'apreciarien diferències notables respecte a la mitjana.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Casos	29,8	31,9	16,9	21,4
Dies	28,48	31,86	16,88	22,78
Hores	30,98	31,64	14,95	22,43

Taula k Percentatges mitjans de cada estació per tipus d'observació, EM Sort (1994-1999)

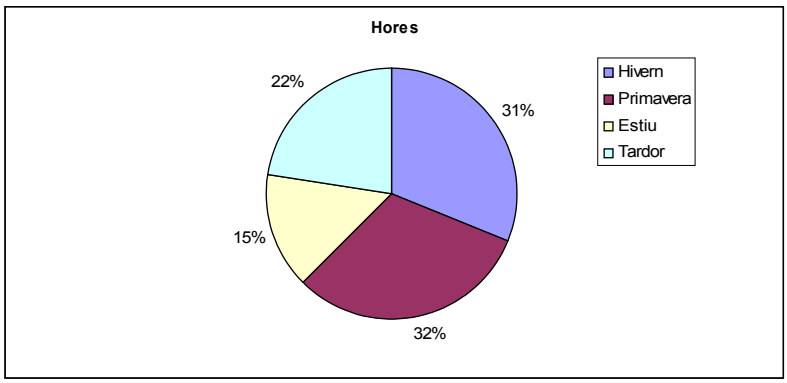

Figura 25 Distribució estacional dels percentatges mitjans, EM Sort (1994-1999)

Freqüència mensual dels fogonys

En aquest TREC hem privilegiat l'estudi en base estacional respecte a l'anual i al mensual, per considerar que la base estacional és la que reflexa millor el comportament del fenomen. No obstant, tot seguit tractarem la distribució mensual del fenomen per a la sèrie temporal de referència (1994-1999, EM de Sort).

Taula l Distribució mensual dels casos, EM Sort (1994-1999)

Mes	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%
gener	7	16	2	1	1	5	32	9,6
febrer	4	5	9	1	3	14	36	10,8
març	7	13	6	5	8	8	47	14,2
abril	7	12	5	6	3	8	41	12,3
maig	1	5	3	1	4	4	18	5,4
juny	8	3	4	0	1	3	19	5,7
juliol	0	2	3	5	1	5	16	4,8
agost	0	13	3	0	4	1	21	6,3
setembre	4	9	6	0	4	1	24	7,2
octubre	0	2	4	5	7	2	20	6,0
novembre	2	3	7	1	7	7	27	8,1
desembre	7	5	4	5	5	5	31	9,3

La Taula l mostra la distribució mensual dels casos per a cada any estudiat. Destaca el mes de Març, amb un 14,2 % del total, seguit d'Abril (12,3 %) i del Febrer (10, 8 %). El mes amb menys casos és Juliol, amb un 4,8 %.

En la Taula m s'ha representat la distribució mensual dels dies amb situació de fogony. Març és el mes on es registren més dies amb episodis de fogony (14,8 %), seguit d'Abril (11, 2 %) i Febrer (10,8 %). Els valors més baixos corresponen a l'Agost (4,6 %).

Mes	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%
gener	11	16	2	2	2	9	42	8,9
febrer	6	7	14	1	5	18	51	10,8
març	9	16	13	9	12	11	70	14,8
abril	1	17	10	10	3	12	53	11,2
maig	1	9	4	2	8	4	28	5,9
juny	10	5	9	0	4	6	34	7,2
juliol	0	2	7	7	2	6	24	5,1
agost	0	13	3	0	5	1	22	4,6
setembre	7	10	9	0	5	1	32	6,8
octubre	0	2	10	8	10	3	33	7,0
novembre	3	6	9	2	12	11	43	9,1
desembre	7	6	5	7	9	8	42	8,9

Taula m Distribució mensual dels dies amb situació de fogony, EM Sort (1994-1999)

Per últim, a la Taula n i la Figura 26 veiem la distribució mensual de les hores amb situació de fogony. El valor màxim pertoca a l'Abril, amb un 12,9 %, seguit de prop pel Març (12,6 %) i Febrer (11,9 %). El mínim es dona a l'Agost (3,7 %), per bé que el valor del Juliol és molt similar (3,8 %). La variabilitat interanual torna a ésser molt destacada, com ja venim observant en els altres paràmetres.

Aquesta Taula corrobora la distribució estacional abans analitzada, com no podia ésser d'una altra manera.

Hores

Mes	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%
gener	134,5	187,1	19,5	15,8	35,3	146,0	538,1	9,8
febrer	63,5	79,2	201,7	7,8	67,6	231,5	651,3	11,9
març	47,5	146,7	191,8	93,8	101,9	106,5	688,2	12,6
abril	75,2	200,4	140,7	121,0	29,7	135,7	702,7	12,9
maig	4,5	135,4	55,3	10,9	79,3	52,2	337,6	6,2
juny	76,0	31,3	160,2	0,0	54,8	83,4	405,7	7,4
juliol	0,0	22,0	48,3	34,6	33,4	69,4	207,8	3,8
agost	0,0	136,2	24,5	0,0	30,9	11,8	203,4	3,7
setembre	112,4	99,8	85,5	0,0	41,7	7,9	347,3	6,4
octubre	0,0	13,5	161,9	88,8	63,3	26,1	353,7	6,5
novembre	29,3	85,8	76,2	18,3	102,2	212,6	524,2	9,6
desembre	82,8	61,2	38,8	109,4	101,5	109,3	503,0	9,2

Taula n Distribució mensual de les hores en situació de fogony, EM Sort (1994-1999)

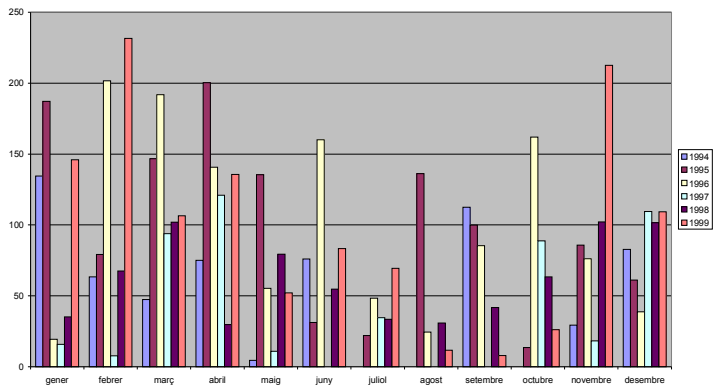

Figura 26 Distribució mensual de les hores amb situació de fogony, EM Sort (1994-1999)

<u>Probabilitats</u>

S'estudien dues probabilitats:

a) Probabilitat que es doni un dia de fogony

Hem efectuat un senzill càlcul estadístic, seguint la metodologia definida al respecte a la Tesi de Llicenciatura de na Mª Belén Gómez Martín, que consisteix en dividir el número de dies en els quals hi va haver fogony pel total de número de dies observats.

El resultat és el següent:

$$p = \frac{\text{nº dies}}{\text{nº dies observats}} \qquad \frac{474}{2190}$$

p= 0,216

Per tant, hi ha un 22 % de probabilitats que es produeixi un episodi de fogony en un dia d'una sèrie anual.

b) Probabilitat que es doni un dia de fogony després d'un dia de fogony

Seguint la mateixa metodologia, trobem que:

$$p' = \frac{\text{nº dies després de dia amb fogony}}{\text{nº dies de fogony}} \qquad \frac{293}{474}$$

p'= 0,618

Per tant, hi ha un 62 % de probabilitats que es produeixi un episodi de fogony en un dia posterior a un episodi produït.

ii. Freqüències i caracterització dels d'episodis de fogony de 24 o més hores de duració en el període 1994-1999

En total, hem detectat 62 episodis de fogony amb 24 hores o més de duració per a la sèrie temporal 1994-1999 (EM de Sort), el que representa un 18,67 % del total dels 332 episodis detectats.

En la Taula o podem veure la distribució anual dels episodis de més de 24 h. La major freqüència es donà l'any 1996, amb el 24,2 % del total d'episodis, i la més baixa els anys 1994 i 1997, amb el 12'9 %. La variabilitat interanual és alta.

Taula o Nombre d'episodis amb 24 o més hores de duració (+ 24 h), EM Sort (1994-1999)

Any	Total	%
1994	8	12,90
1995	10	16,13
1996	15	24,19
1997	8	12,90
1998	9	14,52
1999	12	19,35
Total	62	100

Si comparem aquestes dades amb les de la Taula a (número total d'episodis de fogony per any, EM Sort, 1994-1999), veurem que no hi ha una correlació estricta entre els anys amb més episodis de fogony i els anys amb fogonys de més duració, és a dir: a més episodis totals no correspon més episodis llargs.

A la Taula p s'ha representat la distribució estacional dels episodis que contemplen 24 h o més de duració. Torna a haver-hi força variabilitat interanual, i l'ordre de freqüència estacional del total de la sèrie temporal és HPTE, canviant així les dues primeres estacions respecte l'ordre del total d'episodis (PHTE).

Any	hivern	primavera	estiu	tardor	Total
1994	4	1	0	3	8
1995	3	5	1	1	10
1996	4	5	4	2	15
1997	2	5	0	1	8
1998	4	2	2	1	9
1999	6	1	2	3	12
Total	23	19	9	11	62
%	37,10	30,65	14,52	17,74	100

Taula p Distribució estacional dels episodis + 24 h, EM Sort (1994-1999)

En la Taula q i en la Figura 27 observem la distribució mensual dels episodis de 24 h o més. Destaca (sense oblidar de nou la forta variabilitat interanual) el mes de Febrer (10 episodis), seguit d'Abril (8 episodis) i Gener (amb 7 episodis). El mínim es centra en els

mesos d'Agost (1 episodi), Juliol i Setembre (2 episodis). Els fogonys de més duració es concentren doncs de novembre a juny.

Mes	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total
gener	2	2	0	0	1	2	7
febrer	1	1	4	0	1	3	10
març	0	1	2	2	1	0	6
abril	1	1	2	3	0	1	8
maig	0	3	1	0	1	0	5
juny	0	0	3	0	1	2	6
juliol	0	0	1	0	1	0	2
agost	0	1	0	0	0	0	1
setembre	2	0	0	0	0	0	2
octubre	0	0	2	1	0	0	3
novembre	1	1	0	0	1	3	6
desembre	1	0	0	2	2	1	6
total	8	10	15	8	9	12	62
%	12,90	16,13	24,19	12,90	14,52	19,35	100

Taula q Distribució mensual dels episodis + 24 h, EM Sort (1994-1999)

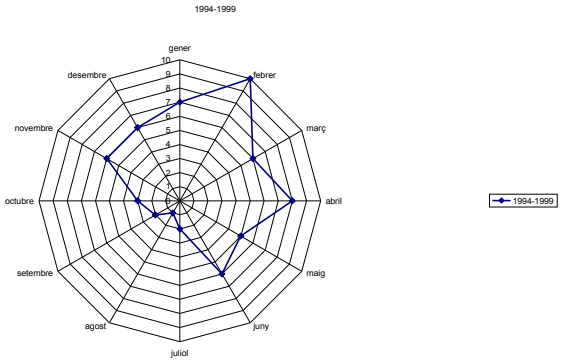

Figura 27 Distribució mensual dels episodis + 24 h, EM Sort (1994-1999)

Hem representat en la Figura 28 la comparació entre el total d'episodis de fogony per mes, i els episodis de duració llarga. Si els episodis de llarga durada es concentraven entre els mesos de novembre a juny, el conjunt d'episodis ho fa entre novembre i abril. A la segona meitat de l'estació estival (juliol i agost, més setembre) hi ha però una prevalença significativa d'episodis de curta durada (veure Figura 24), mentre que els de llarga són quasi inexistents.

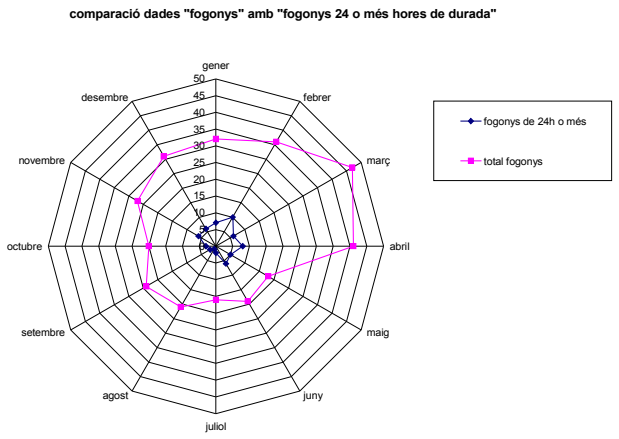

Figura 28 Comparació entre episodis mensuals de fogony i els episodis mensuals + 24 h, EM Sort (1994-1999)

Presentem a continuació 4 episodis de llarga duració, per als que hem representat les corbes de T i H (episodis 244, 280, 323 i 380), a tall d'exemplificar l'evolució del fenomen föhn (Figures 29, 30, 31, 32).

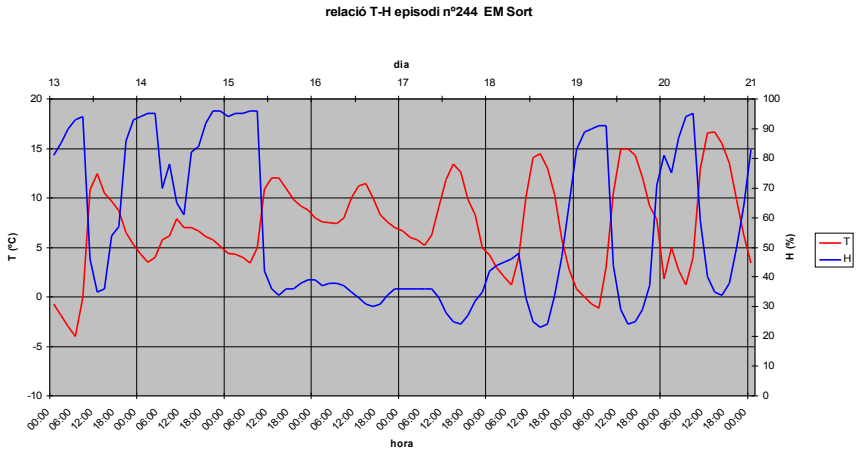

Figura 29 Episodi 244, EM Sort (1994-1999).

Episodi 244: el fogony es produeix entre els dies 15 i 18 de març de 1996. Observi's la brusca davallada de la humitat i la pujada de la temperatura que es donen vers el migdia del dia 15. A partir de la tarda del dia 17, el cicle diari de T i H tendeix a normalitzar-se, l'episodi remet i acaba el dia 18.

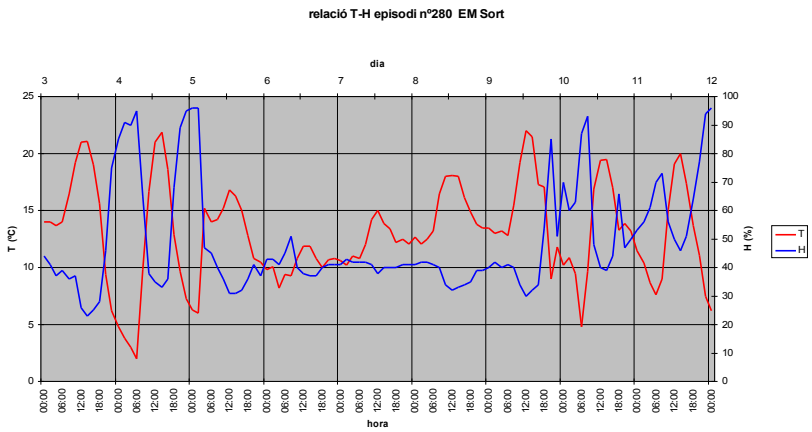

Figura 30 Episodi 280, EM Sort (1994-1999).

Episodi 280: l'efecte föhn es produeix entre els dies 5 i 9 d'octubre de 1996. A la matinada del dia 5, les temperatures es disparen (quasi 10 ºC d'increment sobtat, malgrat ésser de nit!) i la humitat es desploma. El dia 6 disminueix la intensitat de l'episodi, que torna a agafar força fins al matí del dia 9. A partir d'aquest moment, es comença a normalitzar el cicle diari.

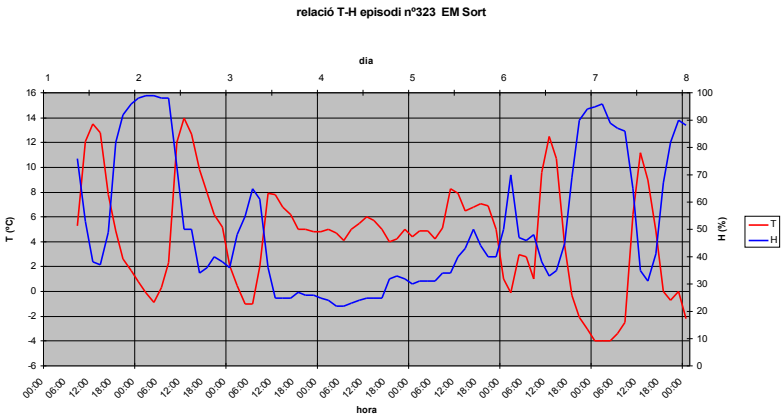

Figura 31 Episodi 323, EM Sort (1994-1999).

Episodi 323: l'efecte föhn té lloc entre els dies 3 i 5 de desembre de 1997. Comença el dia 3 amb una interrupció del cicle diari, que ja no es normalitza fins a la matinada del dia 6. A partir d'aquest moment, es reprèn el cicle normal de T i H, amb valors coherents en un mes de desembre.

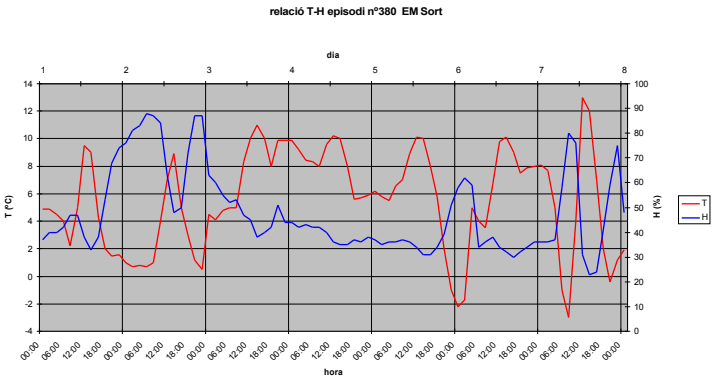

Figura 32 Episodi 380, EM Sort (1994-1999).

Episodi 380: l'episodi es produeix entre els dies 3 i 5 de desembre de 1998. S'inicia a partir de la mitjanit del dia 3, amb el conegut esquema de pujada de T i caiguda simultània de la H, i augmenta d'intensitat durant el dia 3. Baixa la intensitat durant la nit del dia 4 (malgrat la H es manté constant, no remunta) i s'acaba durant la nit del dia 5 al 6, radicalitzant l'amplitud tèrmica d'aquest darrer dia (caiguda de 12 ºC, en paret vertical).

iii. Anàlisi de la direcció i velocitat dels vents

El vent és el tercer indicador bàsic del fenomen, i el més determinant. En aquest apartat analitzarem de forma senzilla la direcció i la velocitat dels vents, ja que l'anemocinemògraf ofereix una riquesa de dades que possibilita interessants estudis, que malauradament desborden els límits del present TREC.

Respecte a la direcció, la dominància dels vents procedents del quadrant N és total, amb unes poques excepcions no significatives, a les que després ens referirem. Ara bé, l'anàlisi pormenoritzada de les direccions mostra una certa variabilitat, dins de les direccions de quadrant N durant els episodis de fogony, mentre que a priori esperàvem una major constància en les direccions, tenint en compte el relleu accentuat que envolta la vila de Sort (vall de vessants inclinades, en direcció N-S, com hem comentat al primer apartat), que ha de tendir a canalitzar els vents.

En tot cas, aquesta certa variabilitat ens ha dificultat la lectura de les bandes de l'anemocinemògraf, de cara a quantificar les dominàncies quan es produeixen variacions direccionals (no passa el mateix amb les EMA, que lògicament ofereixen

dades en format digital). A la Taula r s'indiquen en percentatge les direccions que hem calculat (quan es disposa de dades, que és la immensa majoria de casos, veure paràgrafs posteriors). S'ha d'advertir que, per simplificar, hem pres de cada observació només la direcció predominant i no les secundàries (malgrat haver-les buidat totes), fet que ens fa ser molt prudents a l'hora d'interpretar aquesta Taula.

Taula r Direccions de vent en %, EM Sort (1994-1999)

Direcció	%
N	53,2
NW	38,0
NE	1,0
W	2,1
S	0,3

A la Figura 33 pot veure's la representació gràfica de la Taula r, confirmant la dominància absoluta dels vents del quadrant N. Cal només matisar que la composant NW té una representació relativament elevada, i també està present, testimonialment, la NE. Els valors d'W són de primera composant, però en realitat només acompanyen a valors dels quadrant N, com es pot comprovar si analitzem les composants secundàries. Els valors de NE probablement estan subrepresentats pel mateix motiu. Respecte als valors de S, pertanyen a un sol cas, un episodi de 1994 en que no hi ha encara no funcionava l'anemocinemògraf (veure apartat 2c); en el Quadern d'observacions hi ha anotat "S/N", fet que ens indica que la direcció N fou igualment representativa.

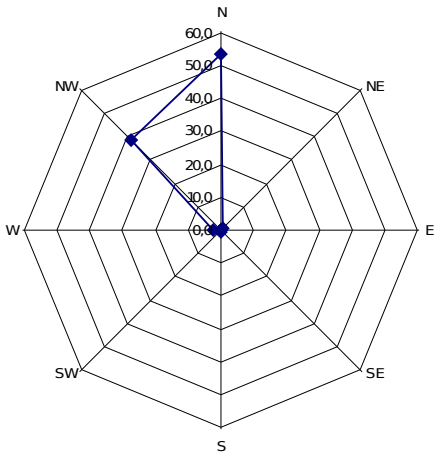

Figura 33 Direccions del vent en %, EM Sort (1994-1999)

Per últim, a la Taula s es donen dades referides a la velocitat del vent: mitjana, desviació típica, coeficient de variació (força baix, com es veu) i moda.

Taula s Velocitat del vent, EM Sort (1994-1999)

Mitjana	Desv. típica	Coef. de Variació	Moda
5,114	1,569	30,7	4,5

Val a dir que en la realització de les Taules r i s no s'han tingut en compte els 18 episodis en que el valor del vent figura com a 0, ja que tots ells corresponen a una sola observació diària anotada als ja citats Quaderns, i no és possible apreciar quina fou la variació de velocitat del vent per a les observacions esmentades.

b. ***Anàlisi de 2 casos específics d'episodis de fogony de 24 o més hores de duració de 2008 en el conjunt d'EM***

i. Caracterització dels episodis

Com ja varem comentar als apartats 2b i 2c, no és possible utilitzar el ric conjunt de dades que ofereix l'actual xarxa d'EMAs dins del període de la sèrie temporal estudiada procedent de l'EM de Sort.

Així doncs, i per tal de poder treballar amb les dades del conjunt de la xarxa d'EMAs, ens hem vist obligats a triar dos episodis pertanyents a l'anualitat 2008 (únic any disponible, ja que l'elaboració del present TREC ha tingut lloc sobretot durant l'any 2009). La dificultat rau en que no disposàvem prèviament de la coneixença de la totalitat d'episodis de fogony de l'any 2008, i per tant la selecció dels dos episodis de fogony de 24 o més hores de duració a estudiar s'ha degut fer una mica a l'atzar, per contraposició als modèlics episodis seleccionats a l'apartat 4.a.ii (on s'ha pogut buscar una representativitat dels diferents casos).

Els episodis que presentem en aquest apartat són el 464 i el 465 (Base de Dades *Dades fogony 2008*), corresponents respectivament al 22 i 23 de gener i al 5 a 8 de març de 2008. Per a analitzar l'evolució de cada episodi, s'han recollit les dades corresponents als dos dies anteriors i posteriors de cada episodi. També s'han tingut en compte els anàlisis sinòptics, obtinguts del Servei Meteorològic de Catalunya-METEOCAT.

Episodi 464

L'efecte föhn es produeix entre els dies 22 i 23 de gener de 2008 (veure Figura 34). La T fa un increment brusc aproximadament cap a les 8 h del dia 22, coincidint amb el cicle diari habitual. La H, com era d'esperar, segueix al camí invers, però amb magnituds similars. La T i la H no tornaran a tocar-se fins la matinada del dia 23, on l'episodi pateix una baixada d'intensitat. La recuperació, però, és força ràpida. La segona meitat del dia 23 presenta valors molt menys homogenis, cosa que ens indica que a l'episodi l'hi queden poques hores. Efectivament, vers les 12 h del dia 23 la T es cau en picat al temps que la H recupera valors elevats.

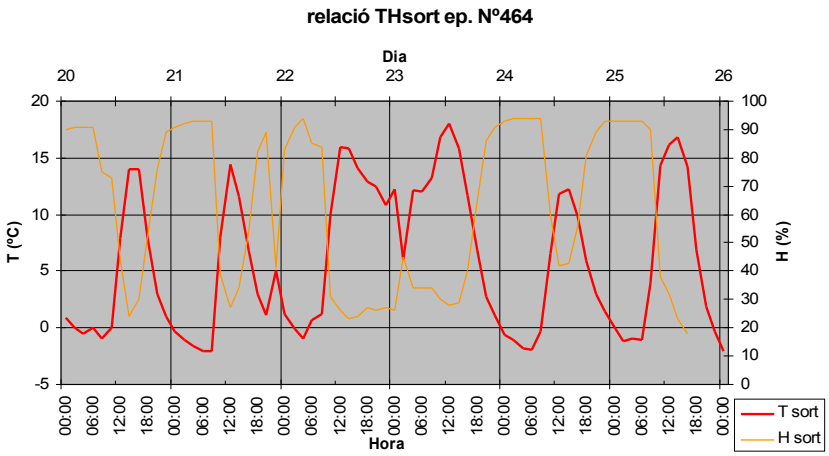

Figura 34 Relació de la T i la H a l'EM Sort per a l'episodi 464.

La evolució dels dies anteriors ens mostra un fenomen que es dóna molt sovint en dies pròxims als episodis: les pujades de la variable T i corresponents baixades de H de caràcter puntual, amb una duració inferior a les 4 h establertes com a llindar, que s'accentuen unes hores abans o després dels episodis. N'és un exemple la oscil·lació de les 22:00 del dia 21 (veure Figura 34).

De la direcció i velocitats dels vents no en parlarem ara, ja que hi dediquem un subapartat específic (4.b.3). Direm aquí només que els vents bufen de component N.

Es presenten a continuació una sèrie de gràfiques (Figures 35 a 40), on s'han comparat els valors de T i H procedents de l'EM de Sort amb els de les EMA comarcals (Esterri d'Àneu, Espot, Certescan, Salòria).

Per tal d'interpretar correctament aquestes gràfiques, cal referir-se a la Figura 9 (ubicació de les estacions) i a l'apartat 2.b en general.

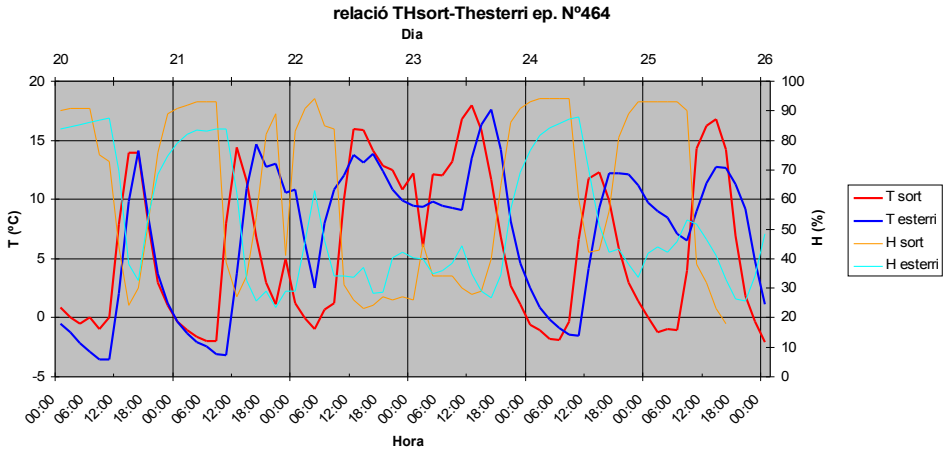

Figura 35 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Esterri.

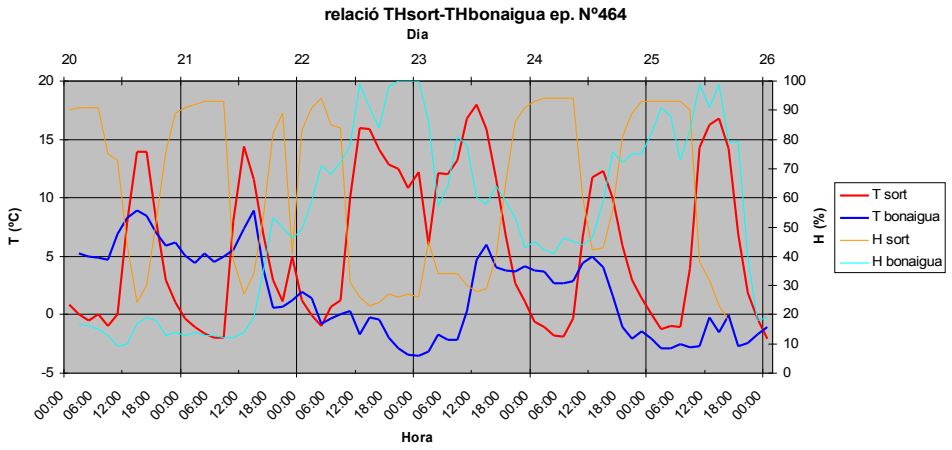

Figura 36 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Bonaigua.

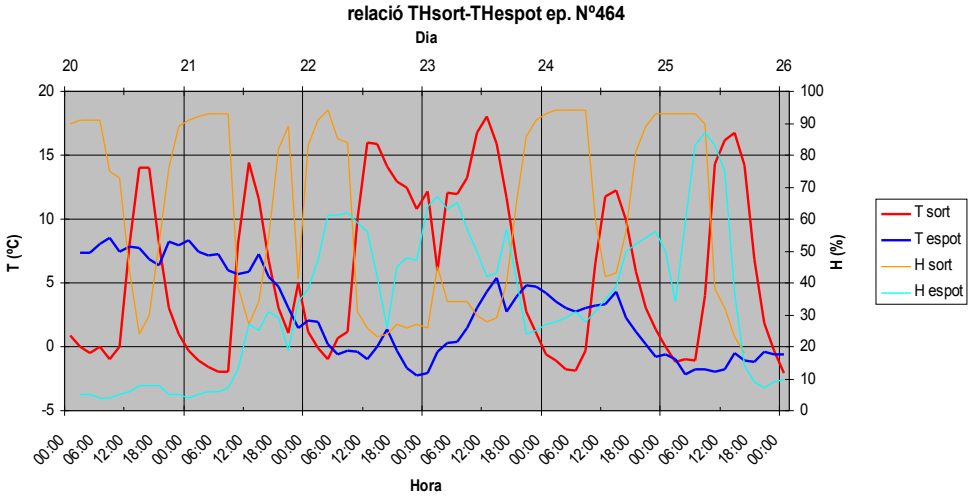

Figura 37 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Espot.

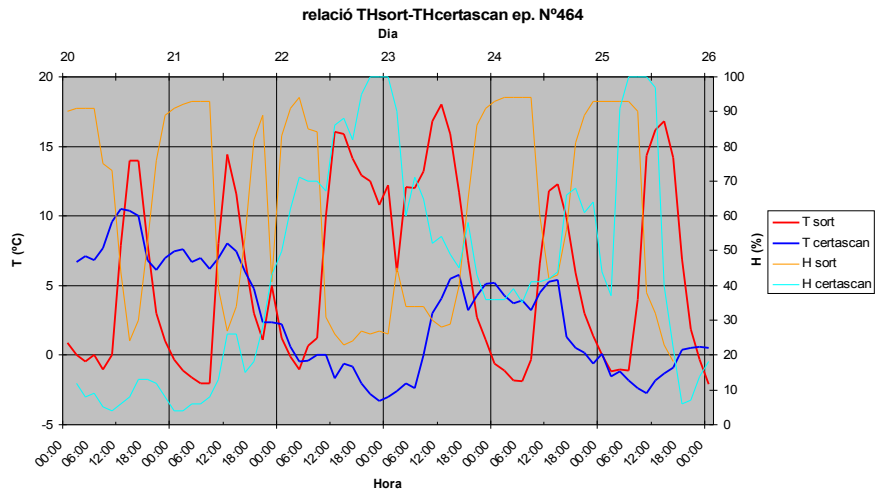

Figura 38 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Certascan.

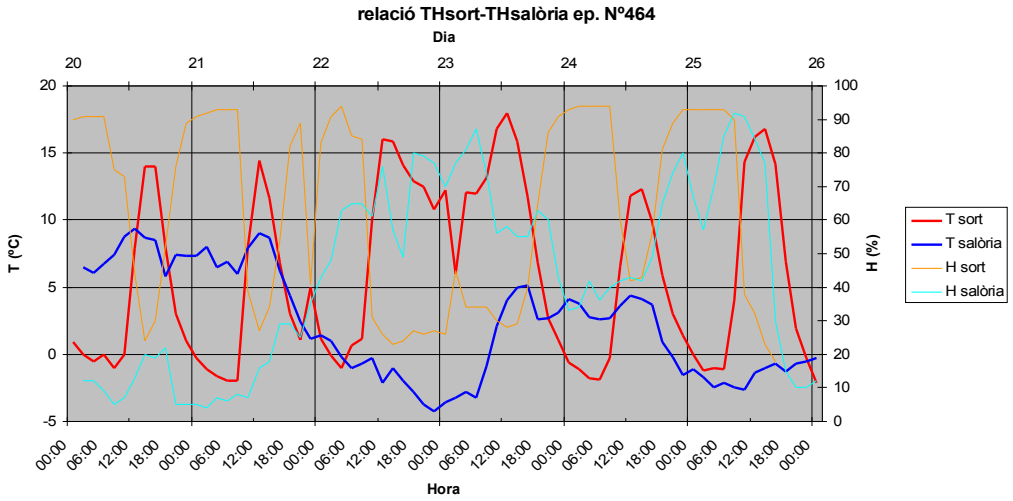

Figura 39 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Salòria.

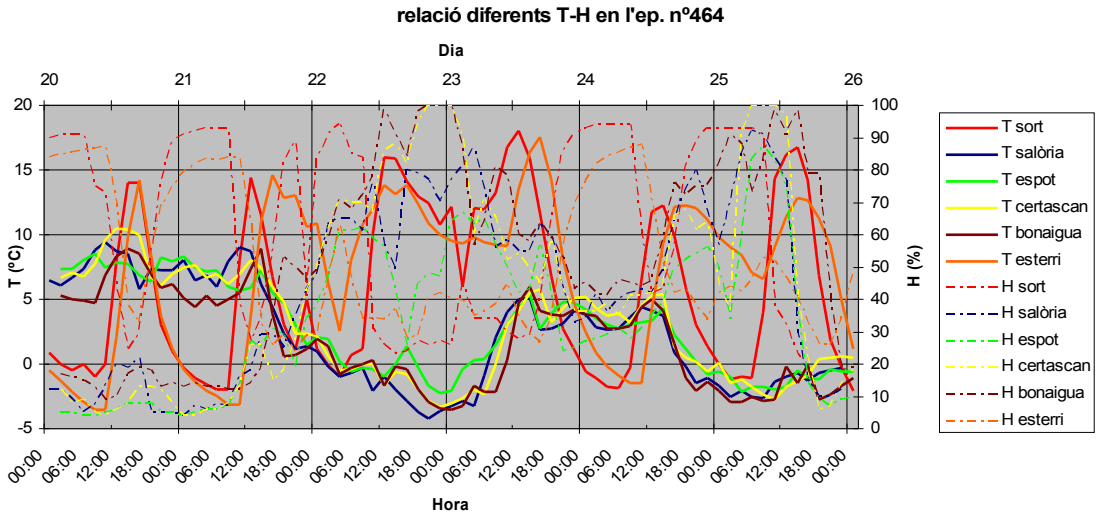

Figura 40 Relació de les diferents T i H, corresponents a totes les EM estudiades.

La Figura 40 és potser la més interessant: agrupa totes les EM i en registra els valors comparats de T i H. Pel que fa als valors de T, s'observa que hi ha dos blocs clarament diferenciats: les EM de vall (Sort i Esterri d'Àneu, compreses aproximadament entre els 700 i 1.000 msnm) i les EM d'alta muntanya (Bonaigua, Espot, Certescan i Salòria; totes superen la cota 2.000). S'aprecia que les oscil·lacions de les estacions de cada bloc segueixen una mateixa tendència.
A l'inici de l'episodi de föhn (dia 22), la T disminueix (a hores on generalment puja) a les EM d'alta muntanya (a l'EMA d'Espot es registra una caiguda menys acusada). En canvi, es produeix un augment brusc i accentuat de la T a les estacions de fons de vall. Ara bé, la matinada del 23 té lloc una baixada puntual d'intensitat del fenomen a l'EM de Sort, que en canvi no s'enregistra a l'EMA d'Esterri d'Àneu.

A partir de la tarda del dia 23, coincidint amb el final de l'episodi, constatem un marcat augment de la T al conjunt de les EM d'alta muntanya, registrant-se valors relativament càlids que es mantindran pràcticament inalterats fins al migdia del dia següent (coincidint, com després veurem, amb una dominància de vents de S).

De l'anàlisi de les H relatives no en podem extreure tantes conclusions, ja que presenten valors molt més dispersos, exceptuant la similitud entre les corbes de Sort i Esterri d'Àneu, amb valors molt baixos. Destacarem els elevats valors d'H en l'EMA de Bonaigua, mentre dura l'episodi.

Una dada curiosa ens la proporciona la H de l'EMA d'Espot, que manté valors mitjans durant l'episodi, en contraposició a la resta d'estacions d'alta muntanya. Una possible explicació seria que l'EMA d'Espot rep una part dels vents càlids provinents de la vall principal de la Noguera Pallaresa, que remuntarien per la vall de l'Escrita (veure Figura 37).

Per tal d'entendre la situació sinòptica que causa l'episodi de föhn, hem recorregut un cop més a la informació proporcionada pel SMC-METEOCAT. A la Figura 41 podem veure la imatge del satèl·lit METEOSAT corresponent al dia 22, mentre que a les Figures 42, 43 i 44 s'hi pot observar la configuració baromètrica en hectoPascals. Sense entrar en detalls de la interpretació de les imatges, subratllarem que sobre la Península Ibèrica hi ha una situació d'altes pressions, i una entrada sobre el Pirineu de vents de

component nord i oest. Per la situació de les isòbares es presumeix una forta intensitat del vent a la línia de crestes pirenaica (com així confirmen les dades del Butlletí del SMC-METEOCAT), amb fortes ratxes (per exemple, a Portbou, 33,3 m/s, direcció N).

Meteosat IR (12 T.U.)

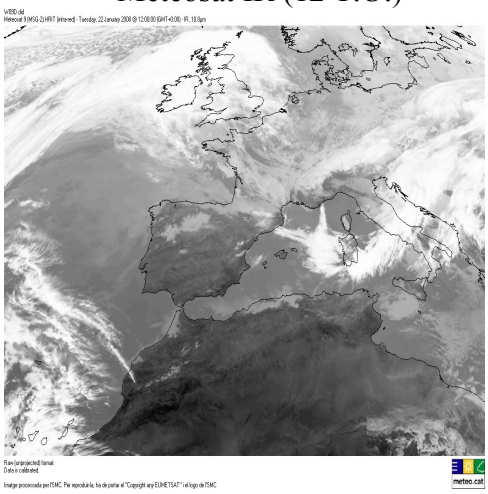

Figura 41

Anàlisi de superfície (12 T.U.)

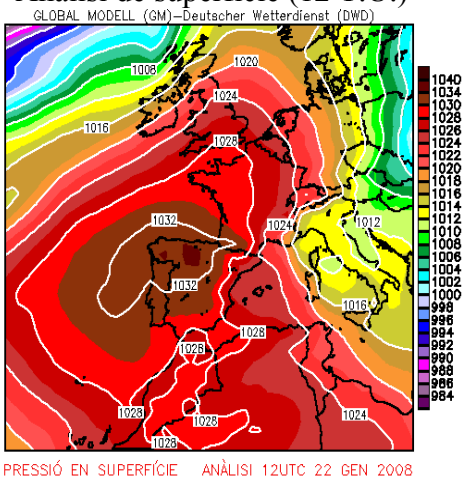

Figura 42

Anàlisi de 850 hPa (12 T.U.)

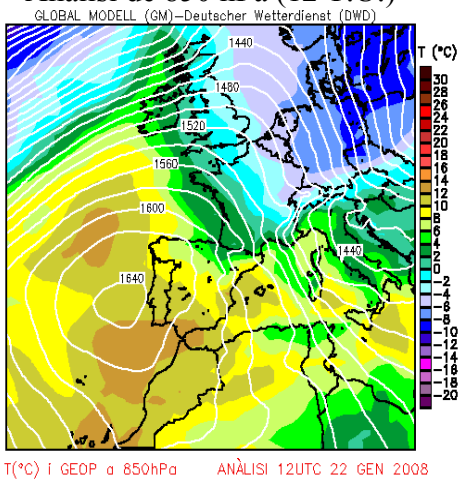

Figura 43

Anàlisi de 500 hPa (12 T.U.)

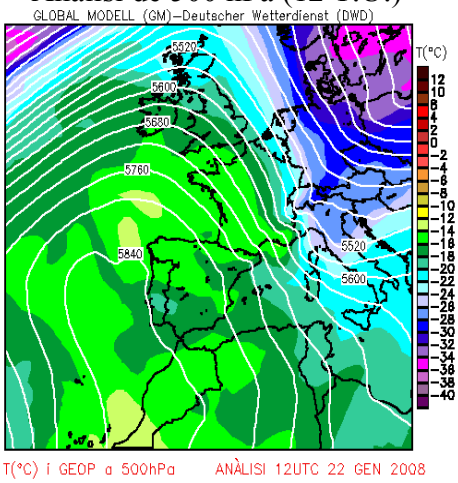

Figura 44

A principis del dia 23 la situació sinòptica comença a canviar, i a finals d'aquest mateix dia l'escenari meteorològic serà diferent, coincidint amb el final de l'episodi

Episodi 465

L'efecte föhn es produeix entre els dies 5 i 8 de març de 2008 (Figures 45 a 54). L'episodi comença a gestar-se a partir les 8 hores del dia 5, moment en que s'inicia un lent augment de la T i conseqüent disminució de la H. No serà fins les 10 h del dia 6 quan la T registra valors mínimament elevats i la H accentua el seu descens. A partir d'aquest moment, la H es mantindrà constant i la T tendeix a incrementar-se, especialment durant els pics de calor diaris. A partir del migdia del dia 8 l'efecte föhn es dissipa, i es considera finalitzat l'episodi la matinada del dia 9.

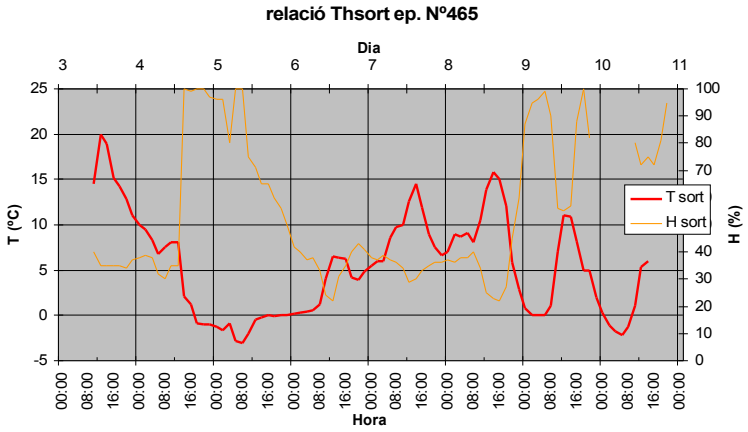

Figura 45 Relació de la T i la H a l'EM Sort per a l'episodi 465.

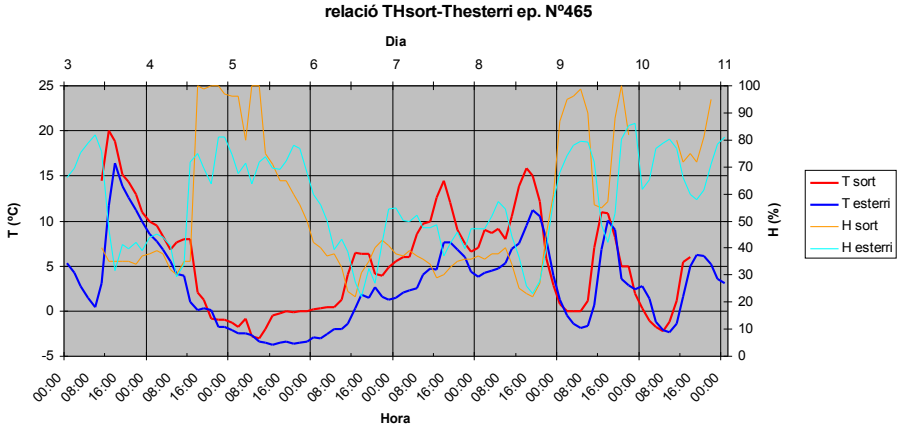

Figura 46 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Esterri.

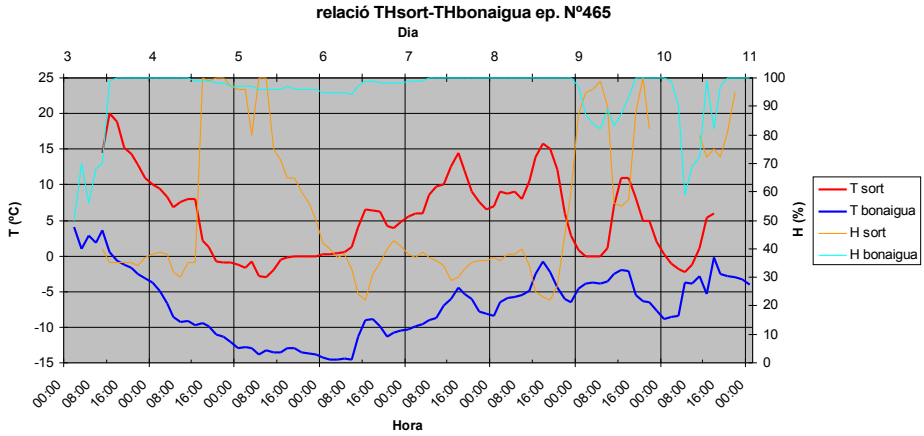

Figura 47 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Bonaigua.

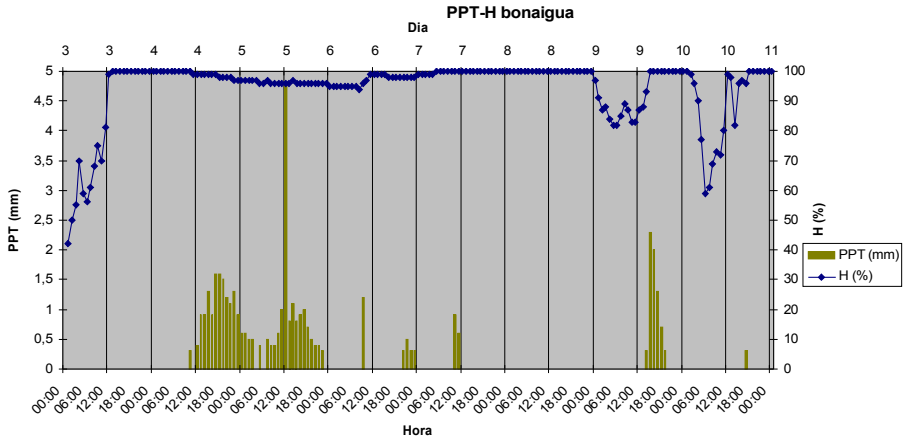

Figura 48 Relació entre l'H i la PPT a l'EMA de Bonaigua

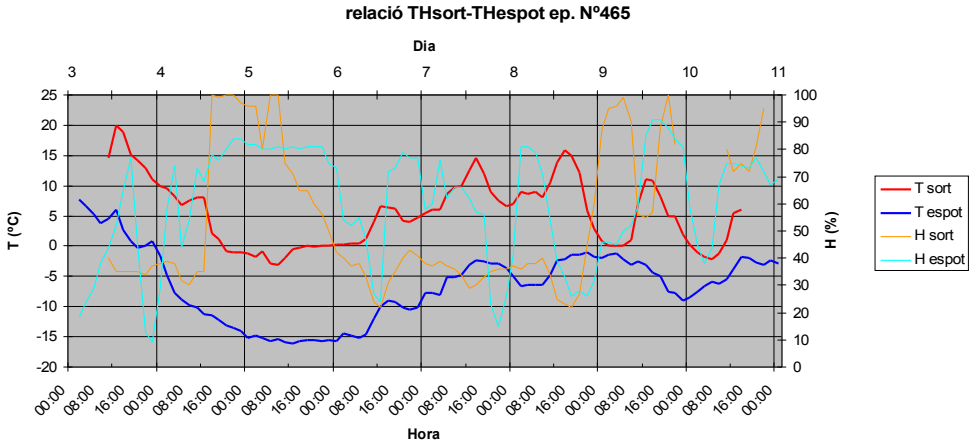

Figura 49 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Espot.

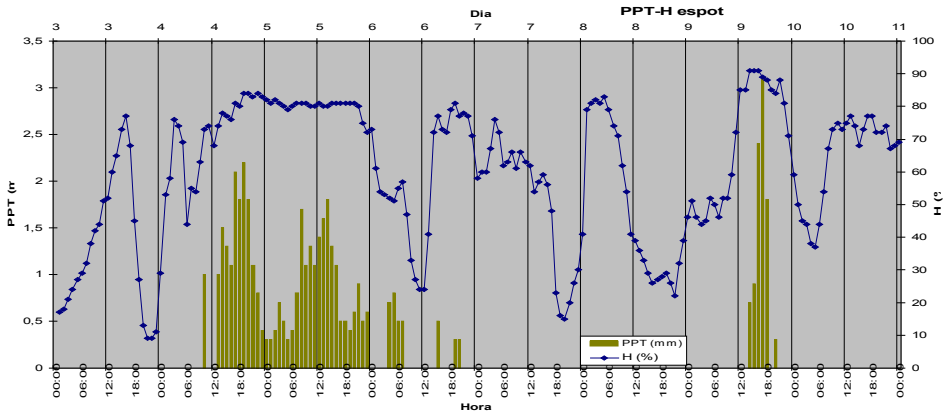

Figura 50 Relació entre l'H i la PPT a l'EMA d'Espot.

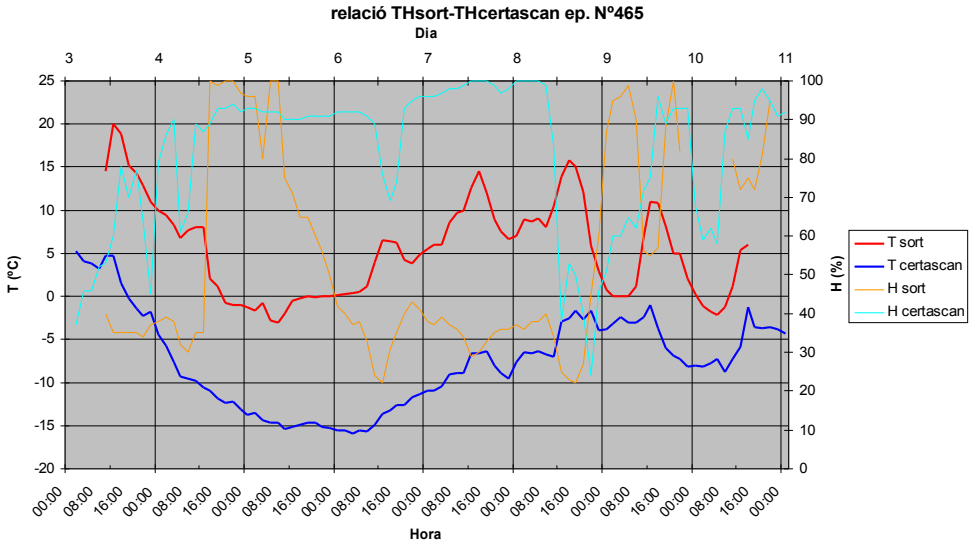

Figura 51 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Certascan.

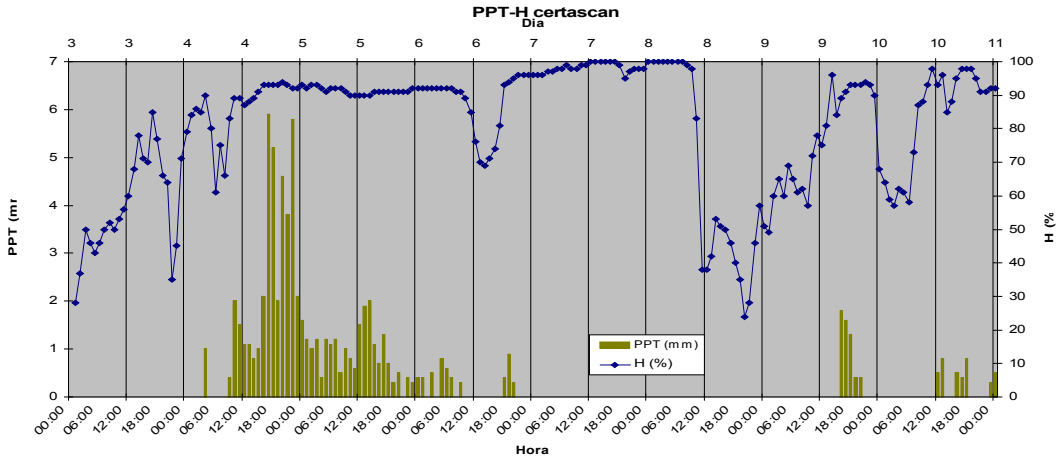

Figura 52 Relació entre l'H i la PPT a l'EMA de Certascan.

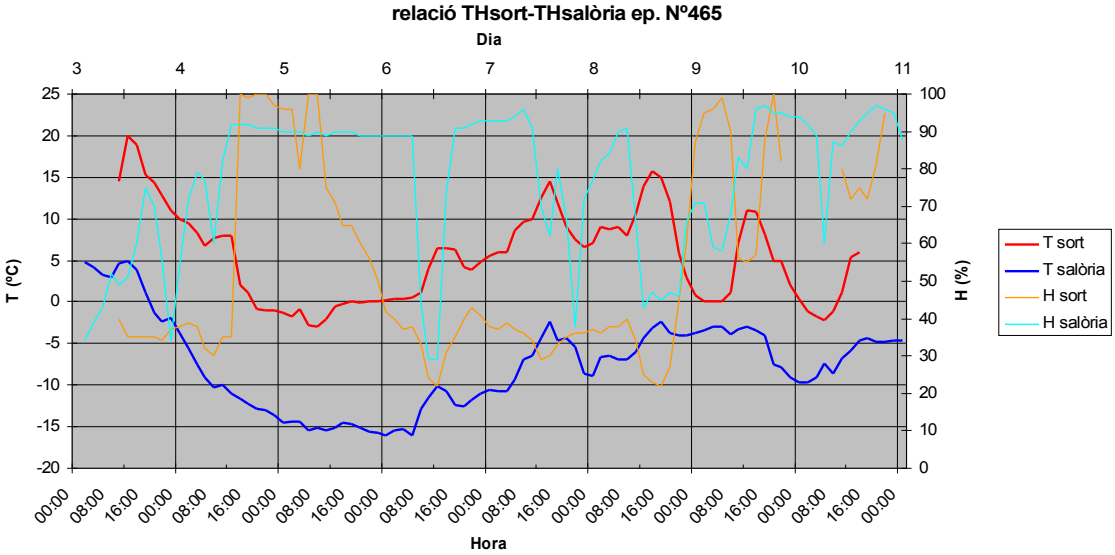

Figura 53 Relació de les diferents T i H, corresponents a les EM de Sort i Salòria.

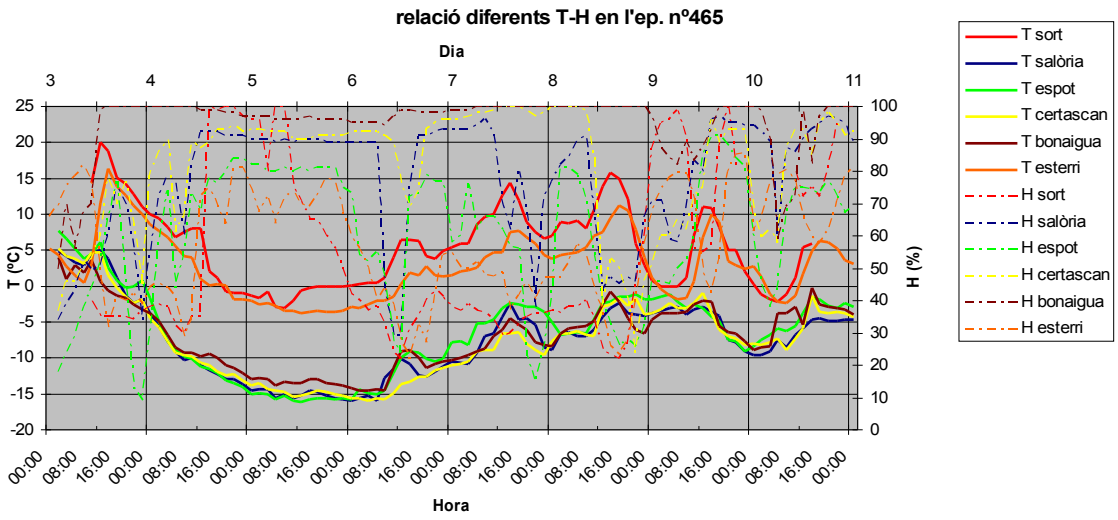

Figura 54 Relació de les diferents T i H, corresponents a totes les EM estudiades.

Com en l'episodi anterior, ens centrarem en el gràfic sintètic de totes les estacions (Figura 54). En aquest cas, s'observa també una elevada homogeneïtat en tots els valors de T provinents de les EM d'alta muntanya (cal matisar, de nou, el cas de l'EMA d'Espot, on, durant l'episodi, la T serà superior a la resta).

En canvi, pel que respecta a les dades de T de Sort i Esterri d'Àneu, els valors de Sort són clarament superiors, mentre es produeix l'episodi (no així abans i després del mateix). Des de l'inici d'aquest fins que remet, es manté una diferència de 3 ó 4 ºC (Figura 46).

Pel que respecta a la H, cal destacar que, en els dies anteriors a l'episodi i durant el mateix, les humitats de Bonaigua i Certescan són molt elevades, i en determinades hores es registra precipitació (Figures 47, 48, 51 i 52). És evident, segons hem comentat a l'apartat 3, que aquesta precipitació a la línia de crestes ens propiciarà l'efecte föhn. D'altra banda, ens crida l'atenció les brusques oscil·lacions dels valors de H a l'EMA de Salòria, coincidint amb l'episodi de fogony (Figura 53), que no sabem interpretar amb certesa. Com passava en l'episodi anterior els valors de l'EMA d'Espot són inferiors a la resta d'EM d'alta muntanya (veure Figures 49 i 50).

Respecte a la situació sinòptica, el dia 5 s'aprecia a la imatge METEOSAT (Figura 55) i als mapes baromètrics (Figures 56, 57 i 58) una depressió centrada a la Mediterrània, i

una zona d'altes pressions a l'Atlàntic, entre Galícia i les Illes Britàniques. El vent bufava de component N, entre moderat i fort en general (és interessant remarcar la proximitat de les isòbares just a sobre del Pirineu), i es produïren nevades al vessant nordpirinenc, amb tendència a desaparèixer a l'avançar el dia.

Meteosat IR (12 T.U.)

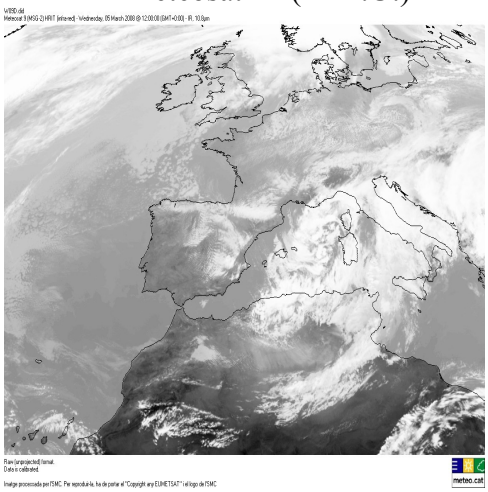

Figura 55

Anàlisi de superfície (12 T.U.)

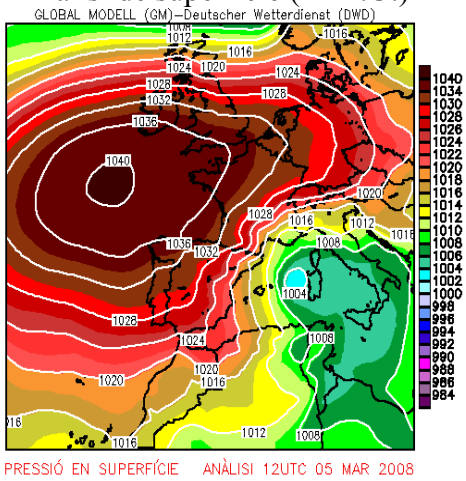

Figura 56

Anàlisi de 850 hPa (12 T.U.)

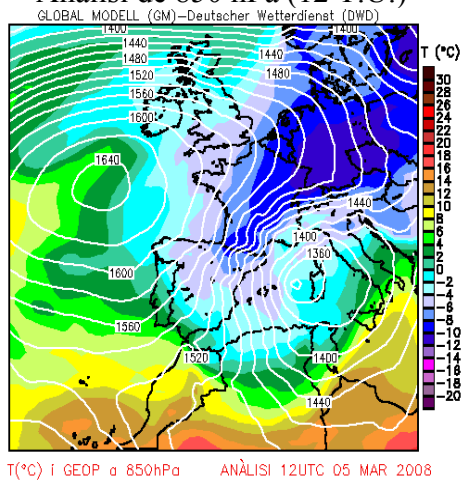

Figura 57

Anàlisi de 500 hPa (12 T.U.)

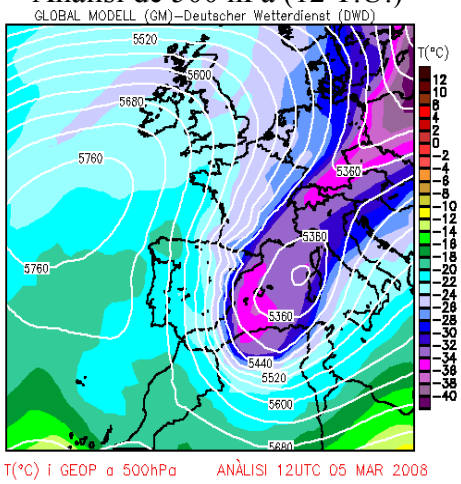

Figura 58

La situació esbossada es manté igual a grans trets fins al dia 7, i comença a canviar el dia 8, disminuint els vents cap al vespre i variant de direcció el vent, vers component W. Desapareixen les precipitacions en vessant N i pugen les temperatures a cotes altes.

Val la pena destacar que les dades sinòptiques esmentades coincideixen amb les dades meteorològiques aportades per les EMAs, i ens reforcen la nostra interpretació de l'episodi.

ii. Elaboració de mapes isotèrmics

Partint de les dades proporcionades per les estacions meteorològiques de que disposem, hem assajat l'elaboració de mapes isotèrmics per als episodis 464 i 465.

Hem representat sobre la base d'un mapa topogràfic el valor de la temperatura amb intervals de 12 hores (a les 00 i a les 12 h solars). Sobre cada full topogràfic s'han indicat els valors de T a la mateixa hora per a cada estació (EM de Sort, Esterri d'Àneu, Bonaigua, Espot, Certescan i Salòria); a sobre hi hem col·locat una transparència, on hem intentat una aproximació al dibuix de les isotermes, basant-nos com a referència en el mapa de T mitjana anual del SMC-METEOCAT.

Segurament el traçat de les isotermes és poc exacte, vista la nostra falta d'experiència i la complexitat del relleu pirenaic, però l'exercici és interessant.
En total s'han elaborat 10 mapes isotèrmics, cinc per a cada episodi, que poden veure's a l'Annex (episodi 464, Figures XIV, XV, XVI, XVII i XVIII; episodi 465, Figures XIX, XX, XXI, XXII i XXIII).

Com a element de comparació, a les Figures 59 i 60 s'han representat els diferents valors de T disponibles per a cada episodi (els mateixos recollits en els mapes).

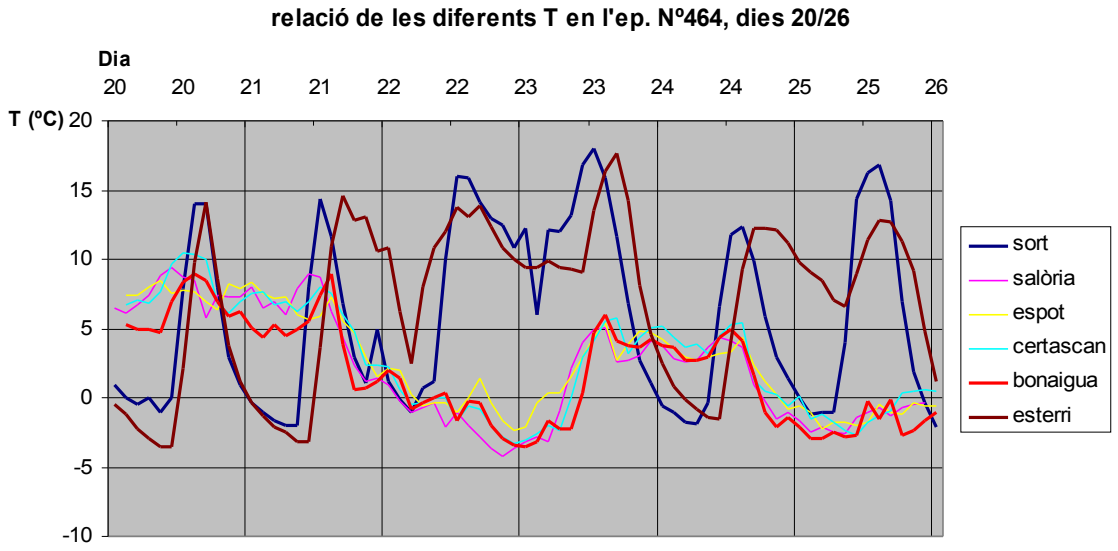

Figura 59 Gràfic corresponent a la relació de les diferents T en l'episodi 464

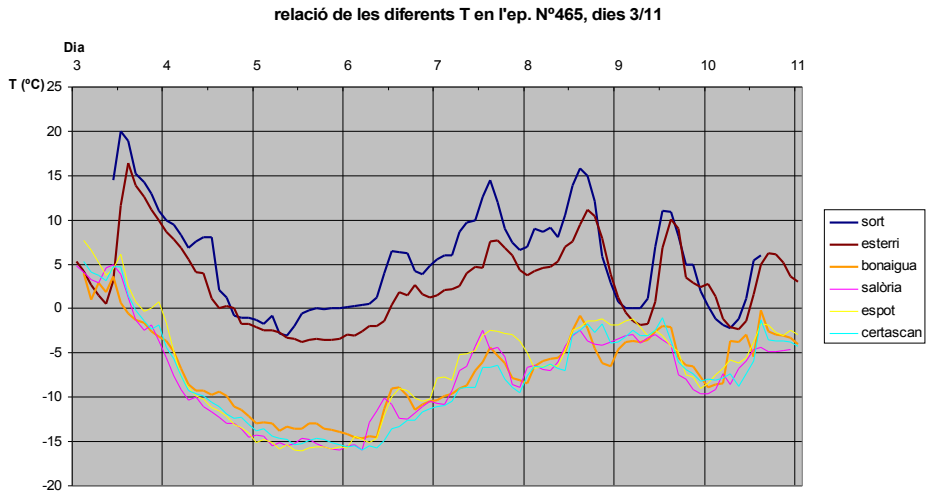

Figura 60 Gràfic corresponent a la relació de les diferents T en l'episodi 465

El primer mapa isotèrmic de l'episodi 464 (Figura XIV de l'Annex) correspon a les 00:00 del dia 22. Si examinem els valors de T de l'EM de Sort, veurem que l'episodi de föhn encara no ha començat. Ara bé, tal com comentàvem a l'apartat 4.b.i., hi ha una petita oscil·lació de la T i la H anterior a aquest mapa (22:00 h del dia 21), que no pot qualificar-se de fogony. En canvi, a Esterri d'Àneu, podríem parlar hipotèticament d'un episodi de föhn (veure Figura 35, amb valors elevats de T i força baixos de H), encara que limitat geogràficament, perquè no arriba a Sort. Fruit d'aquesta situació, la T a l'EM d'Esterri assoleix els 10,4 ºC, mentre que a Sort només és de 1,2 ºC. Per la seva

banda, les T de les estacions d'alta muntanya són relativament elevades per a la hora i l'estació, marcant una clara inversió tèrmica respecte a Sort.

En el segon mapa (Figura XV de l'Annex, 12:00 h del dia 22) estem ja en una situació de fogony, on podem observar que, tot i ésser al migdia, les T de les EM d'alta muntanya són inferiors respecte a les del mapa isotèrmic anterior, contraposant-se notablement a les elevades T dels fons de vall.

El tercer mapa (Figura XVI de l'Annex, 00:00 h del dia 23) mostra la persistència de l'episodi de föhn, amb elevades T a les EM de vall que no corresponen al cicle diari normal (Sort, 12,2 ºC; Esterri d'Àneu, 9,4 ºC). En el quart (Figura XVII de l'Annex, 12:00 h del dia 23) l'episodi continua, però les T de les estacions d'alta muntanya son més elevades que les del dia anterior a la mateixa hora.

Finalment, en el cinquè mapa (Figura XVIII de l'Annex, 00:00 h del dia 24) l'episodi ja s'ha acabat, i torna a haver inversió tèrmica a Sort.

El primer mapa isotèrmic de l'episodi 465 (Figura XIX de l'Annex, 00:00 h del dia 7) correspon ja a un episodi de föhn, amb valors de T de 5,5 ºC a Sort i 1,5 ºC a Esterri d'Àneu. A les estacions d'alta muntanya els valors de T són força homogenis (entorn de – 10 ºC), excepte l'EMA Espot, amb un valor més elevat (-7,8 ºC).

Els tres mapes isotèrmics següents (Figura XX de l'Annex, 12:00 del dia 7; Figura XXI, 00:00 h del dia 8; Figura XXII, 12:00 del dia 8) mostren pocs canvis, excepte les fluctuacions dels valors de la T de l'EMA d'Espot, que presenta T intermèdies entre les estacions d'alta muntanya i les de fons de vall per a les Figures XX i XXI.
L'últim mapa (Figura XXIII de l'Annex, 00:00 del dia 9) correspon a una situació on l'episodi ja s'ha acabat, essent les T de Sort i Esterri molt similars (0,8 i 0,7ºC respectivament), i l'amplitud tèrmica respecte a les estacions d'alta muntanya força discreta (T al voltant de -4 ºC, amb l'excepció de nou de l'EMA d'Espot (-1,9 ºC).

iii. Anàlisi de la direcció i velocitat dels vents

Si examinem atentament la Figura 61, ens adonarem que el vent arriba a la línia de crestes pirinenca procedent del NW. Inicialment, els fluxos bufen d'W a l'EMA de Bonaigua, de NW a Certescan i de N a Salòria.

Als fons de la vall, els vents a Esterri d'Àneu rolen de N a W (Esterri d'Àneu rep els fluxos que es canalitzen per la vall de la Bonaigua) . A Sort, els fluxos bufen de S vers l'inici de l'episodi, rolant immediatament a N, i tornant a S quan acaba el mateix.

A Espot, el vent ve de SW, rolant a NE.

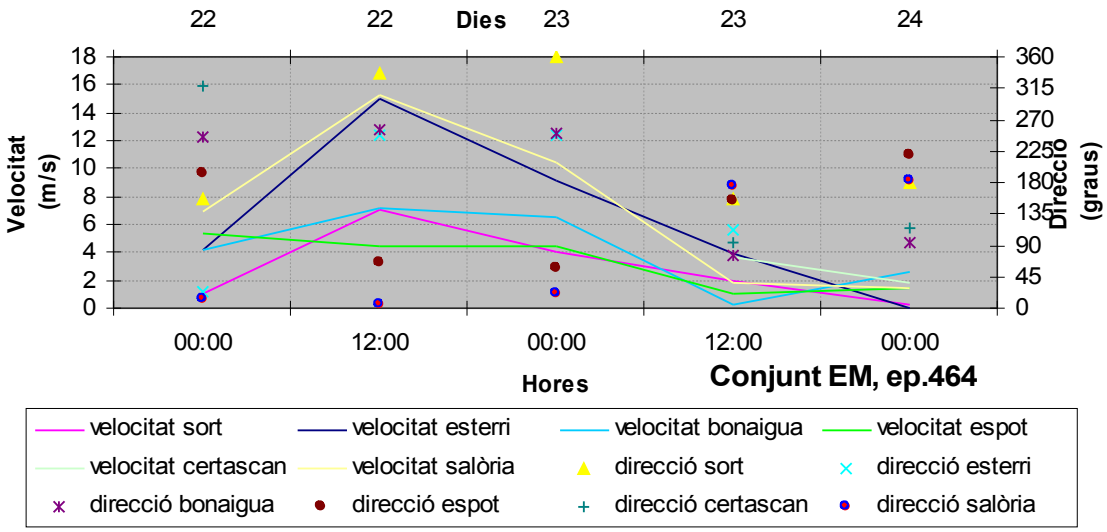

Figura 61 Velocitat i direcció dels vents, episodi 464

Respecte a les velocitats, durant el pic de l'episodi veiem un màxim de velocitat a Salòria i a Esterri d'Àneu (veure Figura 62). En un segon grup, amb menors velocitats,

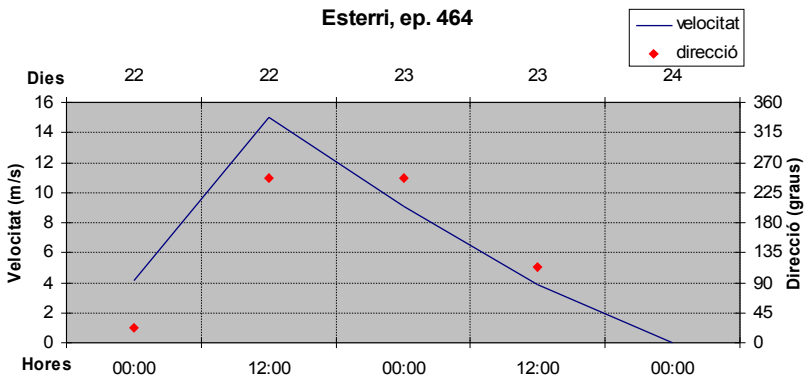

Figura 62 Velocitat i direcció dels vents, Esterri d'Àneu, episodi 464

situaríem a les estacions de Bonaigua i Sort (veure Figura 63), i els valors més baixos els trobem a Espot (Certescan no funciona a partir del 22). Les fortes ratxes que es produeixen a Esterri d'Àneu estan segurament en relació amb la seva posició geogràfica, en una cubeta sedimentària al peu d'importants relleus pirenaics, ja que el gradient altitudinal és molt abrupte.

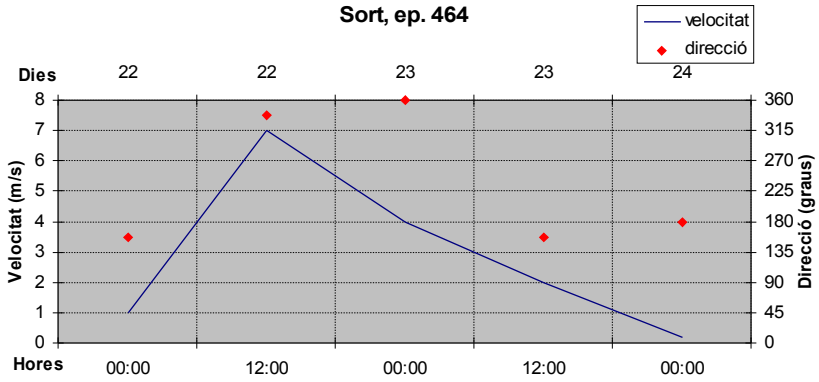

Figura 63 Velocitat i direcció dels vents, Sort, episodi 464

Ara bé, la diferència de velocitat del vent entre Sort i Esterri d'Àneu no s'ha de traduir en una major intensitat del fenomen föhn, ja que sabem que el vent canalitzat per la vall s'escalfarà progressivament pel gradient adiabàtic sec, i ens provocarà un fenomen de föhn més acusat a Sort que a Esterri, degut a la diferència de cota, e independentment de la velocitat del vent.

A partir del dia 23 (fi de l'episodi), la velocitat va a la baixa arreu, i les direccions canvien. El 24, el vent bufa a Sort de component S, amb velocitat mínima, ratllant la calma. A Esterri d'Àneu hi ha calma.

Respecte a les estacions d'alta muntanya, a Bonaigua els vents venen de l'E, amb una velocitat de 3 m/s, a Certescan d'E (2 m/s), a Salòria de S (2 m/s) i a Espot de SW (2 m/s). Per últim, considerem que aquesta explicació és totalment coherent amb la situació sinòptica general, tal com l'hem esmentat anteriorment (arriba al Pirineu una massa d'aire de procedència NW, provocant fortes ratxes de vent a la línia de crestes).

Passem ara a analitzar l'episodi 465 (Figura 64). D'entrada, ens adonarem que el vent penetra a la vessant sudpirenaica procedent de la direcció N-NW.

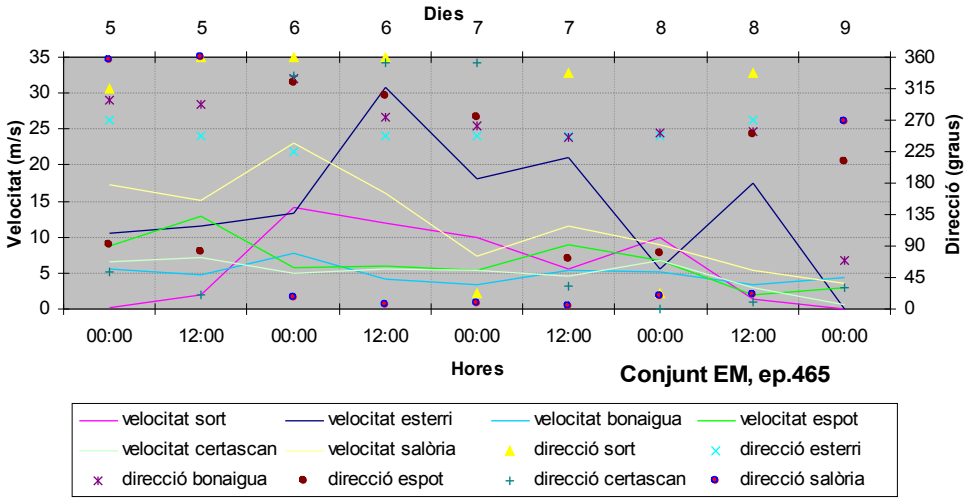

Figura 64 Velocitat i direcció dels vents, episodi 465

Les dades provinents de l'EMA de Bonaigua mostren direccions del NW a W, i una velocitat constant, situada al voltant dels 5 m/s. A Certescan, el vent prové del quadrant N., i la velocitat és també constant, al voltant dels 5 m/s. A Salòria la direcció és igualment de N, per bé que rolant a W durant l'última observació; la velocitat és inicialment alta, desprès disminueixen les ratxes fortes. A Espot, domina la composant E, rolant posteriorment a NW-W, i finalment a SW (última observació).

Respecte al fons de la vall de la Noguera Pallaresa, a Esterri d'Àneu (veure Figura 65) la direcció inicial del vent és W, canvia a SW i després de nou a W (es mantindrà en aquest quadrant durant la major part de l'episodi). La velocitat del vent és molt elevada, de l'ordre de 30 m/s, disminuint vers el final de la gràfica.

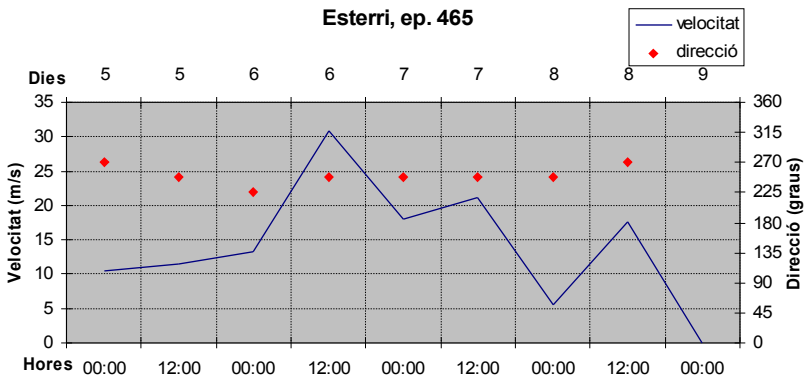

Figura 65 Velocitat i direcció dels vents, Esterri d'Àneu, episodi 465

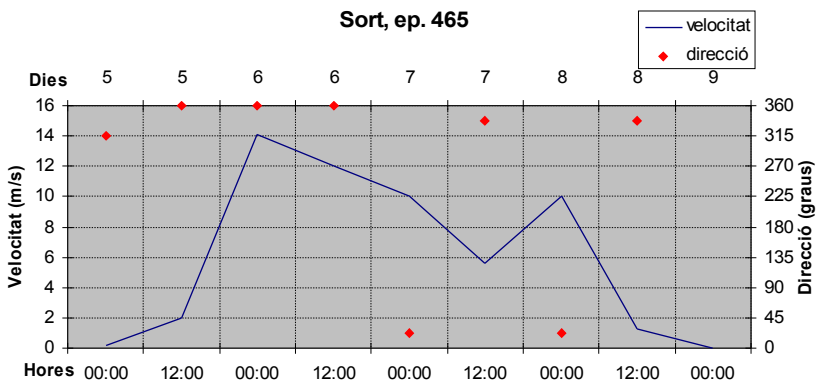

Figura 66 Velocitat i direcció dels vents, Sort, episodi 464

A Sort dominen els vents de N i NW, amb ratxes màximes al voltant dels 15 m/s, baixant d'intensitat gradualment.

Destacarem l'alternança entre les direccions NW i E a Espot, la primera justificable per la direcció general del vent, i la segona ens acosta a la nostra hipòtesi: que el vent provinent de la vall de la Noguera Pallaresa remunta la vall de l'Escrita.

Pel que fa a la velocitat, crida l'atenció el fet que l'augment en la intensitat de l'efecte föhn el dia 6 es produeixi al mateix temps que la velocitat del vent es dispara a Sort i a Esterri d'Àneu. Per últim, indicarem que les dades del vent són també coherents amb la situació sinòptica, com passava igualment amb l'episodi anterior.

5. Discussió dels resultats

Un cop presentats els resultats obtinguts, hem volgut introduir un apartat on reflexionar sobre els mateixos, i alhora avaluar si es compleix la hipòtesi de treball que formulàrem al iniciar el TREC.

La nostra intenció inicial (veure la Introducció) era continuar la sèrie temporal d'episodis de fogony iniciada per na Mª Belén Gómez Martín a la seva Tesi de Llicenciatura, per tal d'esbrinar si s'observava un augment de la freqüència d'episodis de föhn al Pallars Sobirà, possible indici d'un canvi climàtic global, en tant en quant marcaria canvis en la circulació atmosfèrica general (major prevalença de la circulació atmosfèrica meridiana sobre la zonal). La idea era molt interessant: a partir de dades de procedència local, extreure conclusions que ens permetessin canviar d'escala, per oferir

noves aportacions (dins de les nostres limitades possibilitats) a l'estudi d'un fenomen global, com és el canvi climàtic.

Ara bé, la condició bàsica per poder estimar un canvi és partir d'una sòlida coneixença de la situació inicial, tant qualitativa com quantitativament. A mesura que anàvem avançant en el treball, ens varem adonar que no estàvem segurs que es complís l'esmentada condició bàsica, i ens van sortir dubtes respecte a punts clau en la caracterització del fogony, és a dir, en el coneixement de les característiques de l'efecte föhn en el Pallars Sobirà.

Arribats aquí, la primera cosa que farem és comparar els resultats del TREC amb la caracterització dels episodis proposada a l'esmentada Tesi de Llicenciatura (TLL).

D'entrada hem establert la mitjana d'episodis d'efecte föhn detectats, valor que s'ha obtingut al dividir el nombre de casos observats pel nombre d'anys, i que es recull en la Taula t:

Taula t

	TREC	TLL
Mitjana episodis föhn/any	55,33	33

La diferència entre ambdós valors és considerable. Ara bé, parlarem de les possibles causes d'aquesta desviació més endavant, ja que creiem que s'apreciaran millor quan haguem aprofundit en l'anàlisi comparat de les dades.

A continuació avaluarem la correspondència entre les freqüències estacionals d'episodis (només hem pogut comparar la freqüència estacional, ja que és la única que es tracta en la TLL).

La Taula u ens mostra la prevalença estacional dels episodis, o sigui la freqüència dels episodis de föhn ordenats per estacions en ordre descendent d'importància, segons tres variables: casos o episodis, dies i hores en situació de fogony.

Taula u Prevalença estacional dels episodis

	Casos	Dies	Hores
TREC	PHTE	PHTE	PHTE
TLL	T/H PE	PTHE	PTHE

D'aquesta Taula en destacarem que en la sèrie temporal del TREC (1994-1999), l'Hivern preval sobre la Tardor (pel que fa a dies i hores, ja que els casos són menys representatius), respecte a l'ordre establert a la sèrie de la TLL.

Per tal d'aprofundir en l'anàlisi comparatiu, hem elaborat les Taules v, x, y

Estació	nº Casos TREC	% TREC	nº Casos TLL	% TLL
Primavera	106	31,93	20	30,30
Estiu	56	16,87	4	6,06
Tardor	71	21,39	21	31,82
Hivern	99	29,82	21	31,82
Total	332	100,00	66	100,00

Taula v Casos per estació

Estació	nº Casos TREC	% TREC	nº Casos TLL	% TLL
Primavera	151	31,86	58	40,85
Estiu	80	16,88	7	4,93
Tardor	108	22,78	41	28,87
Hivern	135	28,48	36	25,35
Total	474	100,00	142	100,00

Taula x Dies per estació

Estació	nº Casos TREC	% TREC	nº Casos TLL	% TLL
Primavera	1728,5	31,6	894	45,2
Estiu	816,8	15	106	5,3
Tardor	1225,2	22,4	516	26,1
Hivern	1692,4	31	463	23,4
Total	5462,9	100,0	1979	100

Taula y Hores per estació

La Taula y és la més interessant, ja que ens quantifica realment la importància del fenomen a nivell estacional. Alhora, ens contraposa el model de distribució proposat a la TLL, on una sola estació -la Primavera- concentra quasi la meitat de casos, i on l'Estiu té un pes testimonial, amb el model que es dedueix del TREC, on els percentatges estan repartits més equitativament.

L'anàlisi de les hores en situació de föhn ens condueix a l'estudi comparatiu de la durada dels episodis (número d'hores en funció del nombre d'episodis) visualitzat a la Taula z.

Estació	Mitjana TREC	Mitjana TLL	Desv. Típica TREC	Desv. Típica TLL	Coef. de Variació TREC	Coef. de Variació TLL
Hivern	17:05	22:02	13,3	13,6	77,9	61,7
Primavera	16:18	44:42	14,4	25,7	88,3	57,5
Estiu	14:35	26:30	14,6	14,8	100,1	55,8
Tardor	17:15	24:36	16,5	18,4	95,6	74,8
Total	16:18	29:58	14,7	18,1	90,5	62,5

Taula z Durada dels episodis en hores

El primer que crida l'atenció és la considerable diferència entre les duracions mitjanes dels episodis al TREC i a la TLL. La duració mitjana anual dels episodis de föhn al TREC és de 16 h i 18 min, i la de la TLL assoleix 29 h i 58 min; per tant, hi ha una desviació de 13 hores i 40 min entre una i altra mitjana anual.

D'altra banda, és igualment destacable la gran dispersió dels valors respecte a la mitjana que presenten les dades del TREC, arribant al 90,5%. Aquest resultat sembla força coherent, ja que la TLL presenta un coeficient de variació igualment elevat, i en un període d'estudi considerablement menor (tema que tocarem a continuació). A més, cal no oblidar en cap moment la gran variabilitat anual dels fogonys que hem detectat al TREC.

En la Taula z es recollien els valors de la durada dels episodis (en hores) per a totes les estacions. S'observava que els coeficients de variació eren molt elevats, especialment a l'Estiu, mostrant que els valors de la sèrie no estan concentrats al voltant de la mitjana (16:18 h). El valor màxim de la sèrie de l'Estiu assoleix 68:18 h, el valor mínim només 4 h, i la moda té un valor de 5 h. Al gràfic de dispersió de la Figura 24 s'evidenciava que la gran majoria d'episodis es situen entre les 4 i les 20 h, i que hi ha un petit nombre d'episodis que assoleixen una llarga duració.

Segons els resultats del TREC, predominen llargament els episodis de curta durada sobre els de llarg recorregut temporal, tal com es pot veure a la Figura 67. Els episodis

més freqüents són els més curts, entre 4 i 16 hores de duració. Els intervals van disminuint de freqüència a mesura que s'acurta el seu recorregut temporal.

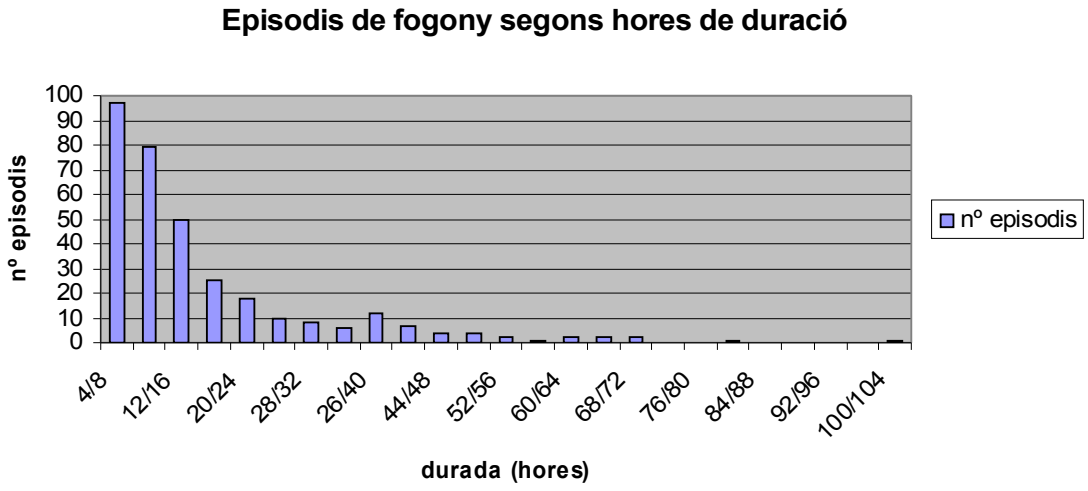

Figura 67 Episodis de fogony segons hores de duració

Aquests resultats son semblants als obtinguts a la TLL, en quant també hi predominen els episodis curts (de 5 a 10 hores), però la distribució de la resta dels intervals està més repartida.

Un altre aspecte a comparar és l'anàlisi dels vents. En la TLL es treballa amb els Quaderns d'Observació, ja que malauradament l'autora no disposava de dades de l'anemocinemògraf. Com que en el TREC s'ha emprat aquest aparell, no serà possible una comparació acurada d'aquests dos tipus de registres. Ara bé, cal destacar que l'absència d'anemocinemògraf ha pogut penalitzar la identificació d'episodis de föhn de durada curta. Això explicaria potser perquè en el TREC trobem una mitjana de 55 episodis per any, enfront dels 33 de la TLL.

Respecte a la caracterització del tipus de fenomen segons el traçat de les corbes de T i H de l'episodi, el TREC presenta aquí una mancança. Degut a l'elevat nombre de registres (332), la tipologia primària que varem intentar establir comprenia 16 items, enfront dels 4 de la TLL (66 registres), que no varem poder adaptar. Això ens obligava a un llarg i minuciós procés de treball que quedarà pendent per a futurs estudis.

Un cop efectuada la comparació d'una sèrie de resultats bàsics de la TLL i el TREC, abordarem la diferència que creiem més significativa, i que rau en la duració de la sèrie temporal estudiada. La TLL comprèn un lapse temporal de 770 dies, quelcom més de dos anys, abastant entre finals de 1990 i principis de 1992 (cal matisar que no podem precisar més perquè no hi hem sabut trobar dades concretes). En el cas del TREC, són sis anys de sèrie temporal contínua (de 1994 a 1999).

Com que es tracta de dades procedents de la mateixa estació meteorològica, i per tant hi ha una coherència entre elles, més encara si es té en compte que són sèries temporals quasi successives en el temps, hauria d'ésser possible aplicar la caracterització de la TLL a tota la sèrie temporal. I aquí ve el problema: hem insistit al llarg de tot el treball en la gran variabilitat interanual del fenomen (veure apartat 4.a.i.); per tant, és fiable una caracterització del fogony basada en només 2 anys d'observacions? Podem considerar a la caracterització del fogony fruit de la TLL com un paradigma?

Malgrat els nostres deficients coneixements, creiem que una sèrie tan curta no és representativa, si s'accepta la forta variació interanual, d'altra banda tan característica del clima de les nostres latituds. I si és així, en funció del que venim exposant, es manifesta clarament que la nostra hipòtesi de treball no es pot considerar, ja que el paradigma no és vàlid..

Això no vol dir que la TLL no sigui un treball importantíssim tant des del punt de vista del coneixement del fenomen föhn al Pallars Sobirà (és el primer treball que s'hi refereix àmpliament), com del punt de vista metodològic (com ja hem dit, la TLL ha estat la nostra referència fonamental). Per tant, creiem que l'aportació de la TLL és totalment vàlida des del punt de vista qualitatiu, però expressem seriosos dubtes (des de la nostra ignorància) si ho mirem des del quantitatiu.

En aquest sentit, i a tall d'exemple, els 332 registres que hem estudiat al TREC confirmen totalment l'afirmació de la prevalença absoluta dels vents de quadrant N en els episodis de fogony a Sort (en canvi, del punt de vista quantitatiu, els percentatges de N, NE i NW no coincideixen). Òbviament, això no vol dir que no trobem dades

quantitatives similars, com és el cas de les velocitats mitjanes del vent (4'6 m/s en la TLL, enfront dels 5,1 m/s del TREC).

Si els resultats del TREC són vàlids, encara que segurament hi hagi errors deguts a la nostra inexperiència, caldrà revisar la parametrització del fogony. I, per poder establir quina de les dues caracteritzacions s'ajusta més a la realitat, seria necessari allargar la sèrie temporal estudiada (potser fins els 20 o els 30 anys, com per a les normals climàtiques).

6. Conclusions

El present treball ens ha permès avançar en el coneixement de l'efecte föhn al Pallars Sobirà, i hem obtingut una sèrie de noves dades que permetrà l'actualització de la caracterització del fenomen.

En resumim a continuació els aspectes més destacats:

- Una variabilitat interanual molt acusada.
- La duració global mitjana de l'any és de 910 hores.
- La duració mitjana d'un cas és de 16:18 hores.

- La freqüència estacional del fenomen segueix l'ordre PHTE.
- Els episodis de fogony es concentren de novembre a abril (màxims anuals a l'abril, març i febrer; mínims anuals a l'agost i juliol).
- Els episodis de 24 o més hores de duració segueixen l'ordre estacional HPTE, i es concentren de novembre a juny (màxim anual al febrer, mínim a l'agost).
- La direcció del vent durant els episodis de fogony és de composant N, predominant les direccions N i NW.
- La velocitat mitjana del vent durant els episodis als fons de vall és de 5 m/s (dades vàlides pel tram central de la Noguera Pallaresa).
- La probabilitat que es produeixi un episodi de fogony un dia donat és del 22 %; la probabilitat que es produeixi un episodi després d'un dia amb episodi de fogony és del 62 %.

També s'han analitzat dos casos específics d'efecte föhn, que ens han permès mostrar per primera vegada la evolució del fenomen a escala comarcal (a partir de dues estacions meteorològiques de fons de vall i quatre d'alta muntanya).

Les dades recollides s'han agrupat en tres bases de dades informatitzades, la més destacada de les quals comprèn una sèrie temporal de sis anys d'observacions (EM de Sort).

Respecte a la hipòtesi de treball inicial, no ha estat possible verificar-la degut a que el paradigma sobre el qual es partia ha resultat ésser incomplert. Les dades aportades en el marc d'aquest TREC ajudaran a precisar-lo. Es considera que seria molt interessant continuar l'estudi de la sèrie temporal analitzada, de cara a fixar definitivament la caracterització del fogony.

Per últim, voldríem fer una valoració personal: a mesura que el treball avançava, ens hem adonat que moltes qüestions s'haurien pogut modificar o fer de manera radicalment diferent. I això alhora ens fa adonar que aquest treball és un èxit personal, independentment del resultat acadèmic, ja que ha complert la funció d'un TREC: que l'alumne que l'elabori APRENGUI a treballar, a elaborar quelcom, més enllà de plagiar llibres i pàgines web.

8. Bibliografia

GÓMEZ MARTÍN, M. B. (1994): *El efecto föhn en el valle pirenaico de Sort*. Tesi de Llicenciatura, inèdita, Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional.

LORENTE, J; SALVADÓ, X (1987): *Plou i fa sol. Trobada amb la ciència*. Generalitat de Catalunya, Departament de Presidència, CIRIT.

MARTIN VIDE, X (1985): *Pluges i inundacions a la Mediterrània*. Ketres editora, Barcelona.

MARTIN VIDE, X (1992): "El clima", a *Geografia General dels Països Catalans*, GEC

MARTIN VIDE, X; i altres (1995): "Ombres i fogonys". *Trobada amb la Ciència 1993 al Pallars i l'Alta Ribagorça.* Generalitat de Catalunya, Departament de Presidència, CIRIT, Barcelona, p. 151-174.

NUET, J; PANAREDA, J.M; ROMO, A.M (1991): *Vegetació de Catalunya*. Eumo editorial, Vic.

STRAHLER, A.N; STRAHLER, A.H (1997): *Geografía física*. Ediciones Omega, Barcelona.

www.meteo.cat SMC-METEOCAT
www.xtec/es/serveis/cda/c5911027/edumet EDUMET-CDA
www.wikipedia.org /Efecte föehn (versió catalana)
www.wikipedia.org /Efecto Föhn (versió castellana)
www.wikipedia.org /Effet de föehn (versió francesa)
www.wikipedia.org /Gradient thermique adiabatique (versió francesa)