

Föhn del sur en el valle de Arán

Ramon Pascual Berghaenel. AEMET, Barcelona

Introducción

Aunque no existe bibliografía científica en este campo está reconocido que los flujos sinópticos de componente sur pueden establecer condiciones meteorológicas tipo föhn en el valle de Arán. Debido a su procedencia, estos vientos reciben el nombre de *viento de España*, denominación que igualmente se usa en algunas regiones del sur de Francia también afectadas por föhn bajo situaciones del sur. Por contra, sí existe algún trabajo sobre föhn del norte en la vertiente sur pirenaica (Gómez, 2001; Pascual, 2005; Pascual, 2009) y sobre föhn en otras cordilleras ibéricas (Ugarte, 1982; Quereda, 1989; Fernández y Rasilla, 1992).

Como se verá a lo largo de este artículo, un hecho diferenciador y que añade complejidad a la comprensión del föhn del sur es que éste se puede establecer en situaciones sinópticas que van acompañadas de una advección cálida en todos los niveles (por lo menos, hasta 500 hPa). En estas condiciones es difícil establecer que parte del calentamiento a sotavento es debida a la componente descendente del movimiento del aire, parte föhn, y qué parte es debida a la advección cálida sinóptica. Además, esta situación sinóptica implica también un cierto calentamiento en cotas altas y a barlovento, haciendo difícil, en consecuencia, la identificación del föhn. En situaciones de föhn del norte la situación es completamente distinta ya que el föhn de la vertiente sur se produce simultáneamente con un enfriamiento de la vertiente norte, lo cual acentúa el contraste entre ambas vertientes y facilita la detección del fenómeno.

Los episodios de föhn están caracterizados, en términos generales, por aumentos de la temperatura, disminuciones de la humedad atmosférica, vientos moderados o fuertes y racheados y cielos poco nubosos o despejados, o a lo sumo, con nubosidad de tipo medio o alto. Las variaciones en las variables atmosféricas citadas acostumbran a ser bruscas y simultáneas. De hecho, uno de los criterios para caracterizar un episodio meteorológico de föhn es precisamente que se den estas circunstancias en las variables observadas en superficie, sin atender a los mecanismos que las causan. Además, aunque se puedan considerar unos mecanismos de carácter general propiciatorios del efecto föhn, son igualmente importantes los mecanismos que actúan a escala local, diferentes de un valle a otro. Todo ello hace difícil establecer cuando está presente un episodio de föhn.

En este trabajo se plantean dos objetivos: en primer lugar, ilustrar mediante un caso de estudio un episodio de föhn en el valle de Arán, con viento de componente sur, y en segundo lugar, llevar a cabo una primera aproximación a la caracterización de los episodios de föhn en el valle de Arán, realizando un seguimiento de las condiciones meteorológicas a lo largo de todo un año.

Descripción de la orografía del valle de Arán

El valle de Arán está situado en el Pirineo de Lleida, Cataluña, en el extremo nordeste de la península ibérica. Es el único valle importante del Pirineo Central que está abierto a los flujos de componente norte a través de dos pasos situados en el extremo occidental del valle: el puerto del Portillón (1300 m) y la salida del valle por Pont de Rei (584 m). En el extremo oriental del valle se encuentran dos aberturas más, situadas a mucha mayor altitud: el Puerto de la Bonaigua (2050 m) y el Pla de Beret (1800 m). El resto del perímetro del valle está formado por cimas y pasos muy elevados, con numerosos picos que superan los 2500 m de altitud y unos pocos los 3000 m, que no

facilitan la entrada de flujos de ninguna dirección. Las mayores altitudes están situadas en el lado sur del valle, al mismo tiempo que es en esta orientación en donde la anchura de la cordillera pirenaica es mayor. El valle, recorrido por el río Garona, tiene una orientación general sudeste-noroeste salvo en su extremo occidental, en donde adquiere una orientación sur-norte. Su extensión es ligeramente superior a los 600 km².

Datos

Para caracterizar las condiciones meteorológicas presentes en el área de estudio y su evolución temporal se han usado datos procedentes de diferentes redes de observación automática. En la Fig. 1 se muestra la localización de los distintos observatorios y estaciones automáticas consideradas y en la tabla 1 se muestran sus características básicas.

Estación	Institución	Provincia	Comarca
Bossòst (717 m)	AEMET	Lleida	Vall d'Arán
Vielha (1002 m)	SMC	Lleida	Vall d'Arán
Sasseuva (2228 m)	SMC	Lleida	Vall d'Arán
Barruera (1092 m)	AEMET	Lleida	Alta Ribagorça
El Pont de Suert (823 m)	SMC	Lleida	Alta Ribagorça
Espot (2519 m)	SMC	Lleida	Pallars Sobirà

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas consultadas.

Las distintas estaciones cuyos datos han sido usados se sitúan en ubicaciones notablemente variadas como se indica a continuación:

Bossòst: se encuentra en el fondo de valle de Arán, en un tramo cuya orientación está bien definida de sudoeste a nordeste.

Vielha: se encuentra en el fondo de valle de Arán, en la confluencia del valle principal orientado de este a oeste con uno secundario orientado de sur a norte. Es a partir de Vielha que el valle del Garona empieza a adquirir una orientación de sur a norte.

Sasseuva: esta estación se encuentra en una collado de alta montaña en el valle de Arán, con

el relieve más elevado al sur del mismo.

Barruera: se encuentra en un fondo de valle orientado de sudoeste a nordeste.

El Pont de Suert: se encuentra en un fondo de valle orientado de sur a norte.

Espot: se encuentra a media ladera, en un circo de alta montaña, rodeada de cimas por todas partes menos por el nordeste.

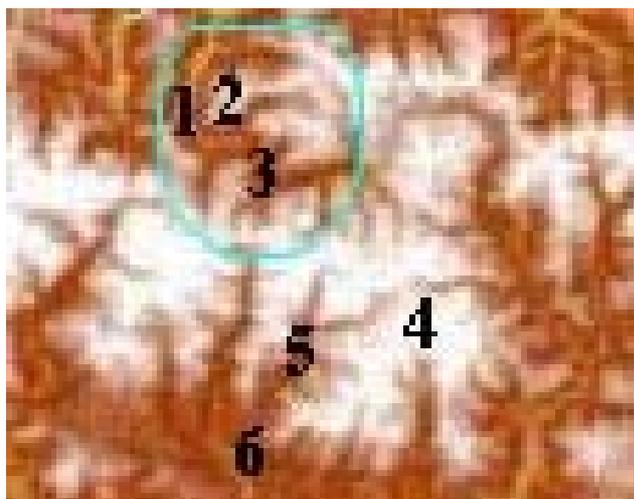
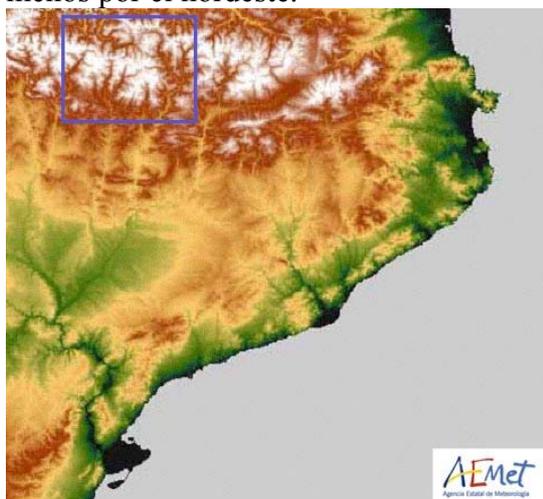


Fig. 1. Izq.: Mapa orográfico de Cataluña. Der.: Ampliación del recuadro azul de la figura de la izquierda. Contorneado azul: límite aproximado del valle de Arán. 1: Bossòst. 2: Sasseuva. 3: Vielha. 4: Espot. 5: Barruera. 6: Pont de Suert.

En cuanto al análisis sinóptico, se ha hecho uso de los análisis de presión en superficie y frontal elaborados por el MetOffice británico y de los análisis de altura geopotencial y temperatura en distintos niveles isobáricos generados por el modelo operativo determinista del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio.

Entorno sinóptico

La situación meteorológica está definida a escala sinóptica por el establecimiento de un flujo ciclónico del sudoeste a partir de las 18 UTC del día 4 y hasta las 18 UTC del día 8, cuando es substituido por otro del norte primero y posteriormente del nordeste. El flujo del sudoeste está establecido por un conjunto de depresiones atlánticas bastante profundas, centradas sobre el mar frente a las costas de Portugal, Galicia y el sudoeste de Francia, que van trasladándose hacia el nordeste y que afectan a toda la península ibérica. Inmersos en el flujo del sudoeste, pasan sobre la península dos frentes cálidos bien definidos entre la tarde del día 4 y la madrugada del día 6. El flujo de componente norte de la parte final del episodio está establecido entre el anticiclón atlántico situado a la latitud de Irlanda y la baja centrada sobre Polonia. La configuración isobárica se mantiene muy similar en altitud hasta los 700 hPa.

En 500 hPa las isohipsas tienen una ligera curvatura anticiclónica hasta el mediodía del día 6. A partir de este momento y hasta la noche del día 8 al 9 en que vuelven a adquirir una ligera curvatura anticiclónica, las isohipsas son claramente rectilíneas. A partir del día 5 al mediodía y hasta el final del episodio el flujo en 500 hPa es claramente del oeste o sudoeste.

El análisis de la temperatura en diferentes niveles isobáricos (850 hPa, 700 hPa y 500 hPa), muestra un claro ascenso entre el día 4 y el día 5. Entre las 00 UTC del día 4 y las 12 UTC del día 5 la temperatura sube 14 °C en 850 hPa (de -4 °C a 10°C), 14 °C en 700 hPa (de -14°C a 0°C) y 15°C en 500 hPa (de -30°C a -15°C) y en 850 hPa, entre las 12 UTC del día 4 y las 00 UTC del día 5 la temperatura sube 12 °C. Por lo tanto, a escala sinóptica está clara una advección cálida en niveles bajos-medios, asociada sin duda al predominante flujo del sudoeste identificado y al paso de dos frentes cálidos asociados a la profunda y extensa depresión atlántica situada a las 12 UTC del día 5 frente a las costas de Portugal, unos 1000 km mar adentro (Fig. 2).

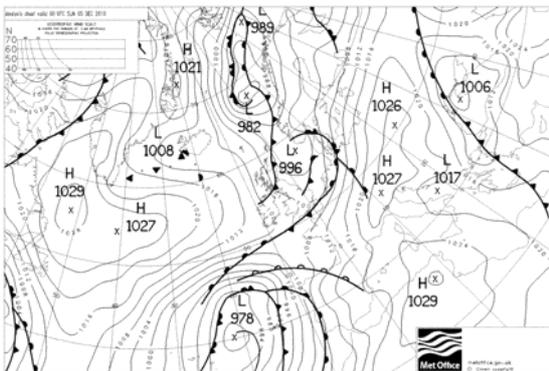


Fig. 2. Análisis de presión en superficie y análisis frontal del modelo del Met Office. 5/12/2010. 00 UTC. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

para hacer la detección del föhn y el resto de estaciones se considerarán a efectos comparativos

Posteriormente y hasta el día 9 a las 12 UTC la evolución es diferente según el nivel isobárico. En 850 hPa se observan alternancias notables, de hasta 8°C en 12 horas, pero en conjunto las temperaturas se mantienen relativamente elevadas. En 700 hPa y en 500 hPa, sin embargo, la temperatura se mantiene prácticamente constante con una ligera tendencia al enfriamiento con el paso de los días.

Análisis de las observaciones en superficie

El episodio de föhn analizado se registra entre los días 4 y 6 de diciembre de 2010 aunque a algunos efectos se hará referencia a un periodo más largo, concretamente hasta el día 9 de diciembre. Se va a considerar Bossòst como la estación de referencia

En Bossòst se registran dos subidas bruscas de la temperatura a lo largo de los días 4 y 5 de diciembre de 2010. Entre las 17 UTC y las 18 UTC del día 4 la temperatura sube 7.2°C y entre las 03 y las 04 del día 5 la temperatura sube 5.9°C (Fig. 3). Entre las 17 UTC del día 4 y las 04 UTC del día 5 la temperatura sube 12.5°C. El ascenso de la temperatura continua casi de forma ininterrumpida hasta alcanzarse los 18.1°C a las 14 UTC del día 6. Por tanto, entre las 17 UTC del día 4 y las 14 UTC del día 6 (poco menos de dos días), la temperatura sube 21.4 °C. A partir de esta hora se producen ascensos y descensos de la temperatura ligados al ciclo diurno aunque con algunas anomalías. Teniendo en consideración estas observaciones se define el episodio de föhn entre las 17 UTC del día 4, primera subida brusca de la temperatura, y las 16 UTC del día 6, con una duración aproximada de 48 horas. A lo largo de este periodo la humedad relativa (HR) en Bossòst se encuentra alrededor del 50% alcanzándose un mínimo del 24% a las 04 del día 5.

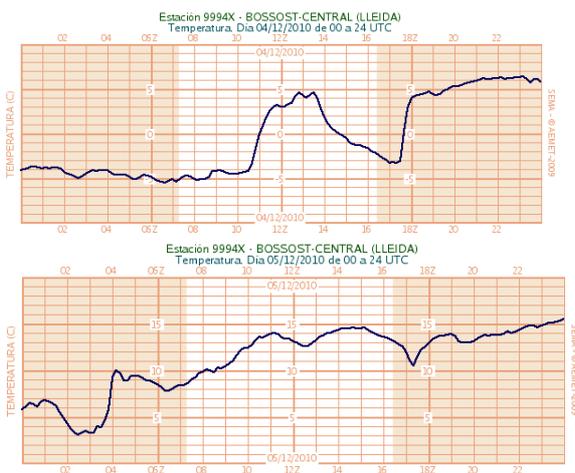


Fig. 3. Evolución de la temperatura en Bossòst. Arriba: 4/12/2010 Abajo: 5/12/2010.

La diferencia media de temperatura entre Bossòst y Vielha durante los días 4 al 6 es de 3.4°C, con un máximo de 6.8°C al inicio del episodio de föhn y un valor mínimo de -1.4°C justo antes del inicio del föhn. Si se toma la diferencia de altitudes entre los dos observatorios y un gradiente vertical de temperatura de 0.65°C/100 m, la diferencia media sería 1.85°C, bastante menor que la observada. La temperatura en Bossòst es incluso mayor que la se alcanzaría considerando un aumento de la temperatura siguiendo una evolución adiabática seca desde Vielha.

Por otro lado, la evolución de las temperaturas en Barruera y Pont de Suert, ambos puntos situados en la vertiente sur pirenaica, es muy similar, y en ambos casos hay un aumento progresivo de la temperatura a lo largo de todo el episodio a partir de las 20 o las 21 UTC del día 4, es decir, posteriormente al aumento brusco de la temperatura en Bossòst. Además, aunque hay una subida generalizada de la temperatura, en los puntos situados en valles orientados al sur no se observan los aumentos bruscos que sí se observan en Vielha y especialmente en Bossòst. Es decir, además del calentamiento local asociado al föhn, hay una advección cálida general afectando a esta área pirenaica. Como se ha visto en un apartado anterior, esta advección cálida es de carácter sinóptico, estando asociada al flujo sinóptico del sudoeste presente durante el episodio.

La diferencia media de temperatura entre Barruera y Vielha, situadas a altitud similar, es de 6°C, entre los días 4 a 6, más alta en Vielha, con un valor máximo de hasta 11.3°C, a las 04 UTC del día 5 y un mínimo de -2,3°C, más baja en Vielha, antes del inicio del föhn. Los ritmos térmicos asociados al ciclo diurno se observan en el valle de Arán, especialmente en Vielha, pero no en los puntos situados en la vertiente sur. Este hecho estaría asociado a la nubosidad más abundante en la vertiente sur aunque el análisis de las imágenes del satélite Meteosat no permite clarificar esta

En Vielha la evolución de la temperatura es muy parecida (el coeficiente de correlación de Pearson con la temperatura en Bossòst tiene un valor cercano a 1), aunque empieza una hora más tarde la subida de la temperatura y es mucho menos brusca. También se registra el ascenso brusco de las 03 UTC del día 5. La temperatura en Vielha se mantiene durante la mayoría de las horas por debajo de la de Bossòst. El mínimo de la HR de las 04 UTC también se registra en Vielha. La HR en Vielha es siempre superior a la de Bossòst, debido a la diferencia de temperaturas.

cuestión. De hecho, en las imágenes visibles del MSG-2 no se observa el claro de föhn que típicamente debería aparecer sobre el valle de Aran, sino nubosidad abundante en toda el área.

Las temperaturas medias para el periodo comprendido entre las 18 UTC del día 4 y las 14 UTC del día 6 son: 11.9°C en Bossòst, 7.6°C en Vielha, 1.3°C en Pont de Suert y -1.7°C en Barruera. Durante este periodo todas las estaciones tienen en común que registran alguna temperatura negativa pero las máximas más elevadas son muy diferentes: 18.1 °C en Bossòst y 14.7°C en Vielha frente a los 6.1°C en Pont de Suert y 5.8°C en Barruera.

La evolución de la HR en las diferentes estaciones de la vertiente sur es muy parecida y a partir de las 17 UTC del día 4, la HR siempre es superior del 80%, mientras en las estaciones del valle de Aran está durante la mayoría del tiempo por debajo del 70% en Vielha y por debajo del 60% en Bossòst. Las medias para las horas comprendidas entre las 18 UTC del día 4 y las 14 UTC del día 6 son: 48.5% en Bossòst, 62.9% en Vielha, 94.5% en Barruera y 94.4% en Pont de Suert.

Otro método para evaluar la singularidad del episodio ha sido comparar las máximas observadas durante el mismo en Bossòst y Vielha, con las máximas alcanzadas en estas mismas localidades a lo largo de todo el mes de diciembre de 2010. La temperatura media de las máximas en ese mes de diciembre ha sido de 9.0 °C en Bossòst y de 7.2 °C en Vielha, mientras que las máximas durante el episodio han sido 18.1 °C en Bossòst y 14.7 °C en Vielha, muy superiores.

También se ha llevado a cabo un breve estudio comparativo con las temperaturas en las estaciones de alta montaña situadas en el valle de Aran y en la vertiente sur pirenaica. En altitud también es remarcable el ascenso de la temperatura, tal como muestra la estación de Sasseuva en la que la temperatura pasa de -11.5 °C a las 06 UTC del día 4 a 5.4°C a las 14 del día 6 manteniéndose posteriormente elevada hasta el día 9, definitivo final del episodio de föhn. Aunque la forma de la gráfica de la evolución de la temperatura en Sasseuva es similar, en rasgos generales, a la de Bossòst, no se observan en la estación en altitud los ascensos bruscos de la temperatura de Bossòst, característicos del föhn. La diferencia media de temperatura entre Bossòst y Sasseuva entre las 06 UTC del día 4 y las 14 del día 6 es de 9.8 °C, igual a la que se obtendría aplicando un gradiente de 0.65°C/100 m. Sin embargo, en los periodos de mayor intensidad del föhn esta diferencia llega a ser de 14.4°C, claro indicador del calentamiento adiabático suplementario por descendencia del aire.

Para evaluar en que medida el föhn afecta a Sasseuva (2228 m), se ha comparado la evolución de su temperatura con la de otra estación en altitud relativamente cercana, Espot (2519 m). Se constata que las curvas de evolución de la temperatura son muy similares siendo, en la mayoría de las horas, la temperatura en Espot menor debido a su mayor altitud. Sin embargo, entre las 14 del 5 y las 10 del 6, la temperatura en Sasseuva es mayor, no solo que en Espot, sino también que en Barruera y Pont de Suert, situadas a mucha menor altitud, en fondos de valle. Además la temperatura en Espot es del orden de la de Barruera y Pont de Suert, dando cuenta de la advección cálida que se produce en todos los niveles.

A modo de resumen en cuanto a las observaciones de temperatura se concluye que se observa una advección cálida en todos los niveles, un retraso en el calentamiento en el fondo de los valles orientados al sur, un limitado calentamiento föhn en Sasseuva, y un föhn acentuado en Vielha y especialmente en Bossòst, en donde se registran varias subidas bruscas de la temperatura.

En cuanto al viento se comprueba que su velocidad es notablemente mayor en Bossòst y Vielha que en Pont de Suert o Barruera, y mayor en Bossòst que en Vielha. Este hecho también es definitorio del föhn. A partir de las 17 UTC del día 4, coincidiendo con el primer aumento brusco de la

temperatura, se constata un aumento en la velocidad del viento, especialmente notable en Bossòst (Fig. 4).

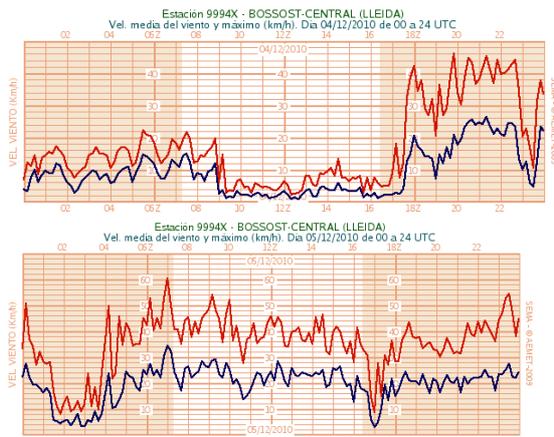


Fig. 4. Evolución de la velocidad del viento en Bossòst. Arriba: 4/12/2010 Abajo: 5/12/2010.

Tanto en Bossòst como en Vielha se constata un nuevo aumento de la velocidad del viento hacia las 03 UTC del día 5, coincidiendo con el segundo aumento brusco de la temperatura, alcanzándose en Bossòst un máximo de 9.4 m/s a las 07 UTC del día 5. Este valor corresponde al viento medio en 10'. El máximo en Vielha es de 5.5 m/s a las 05 UTC del día 5 (en este caso se trata de viento medio en 30'), a una hora muy similar que en Bossòst. En Sasseuva la velocidad del viento está comprendida entre la de Bossòst y la de Vielha, con un máximo de 7.4 m/s de viento medio en 30' a las 22 UTC del día 5 y en Espot el viento es más fuerte, con un valor máximo del viento medio en 30' de 10.4 m/s

a las 01 UTC del día 5. Por lo tanto, el aumento notable de las temperaturas registrado en el valle de Arán está ligado a un incremento local de la velocidad del viento. Este incremento no se constata ni en Pont de Suert ni en Barruera, a pesar de que allí también suben las temperaturas, confirmándose de nuevo la diferente causa del calentamiento. Tanto en Vielha como en Bossòst la velocidad del viento es, sin embargo, altamente variable con las horas.

En cuanto a la dirección del viento, mientras que en Barruera y el Pont de Suert ésta es muy variable en todo el episodio, en Vielha predomina claramente el sur y en Bossòst el sudoeste. El viento en cotas altas es de dirección variable en Espot aunque con un cierto predominio de la componente oeste, y es claramente del sudoeste en Sasseuva. Se trata por lo tanto de un caso típico de föhn del sur o *viento de España* en el valle de Arán, soportado por el flujo del sudoeste a escala sinóptica desde superficie hasta los 500 hPa.

Estación	Pcp4	Pcp5	Pcp6	Pcp7	Pcp8	Pcp9
Bossòst	0	0	0	0.8	4.8	1.8
Vielha	0	0.1	1.1	2.1	10.4	2.9
Sasseuva	0	0.1	4.5	0.9	1.7	2.8
Pont de Suert	0	4.1	19.6	3.5	11.2	0.3
Barruera	0	7.0	24.4	11.6	16.4	0.8
Espot	0	4.7	20.8	11.4	12.0	1.5

Tabla 2. Precipitaciones diarias (mm) correspondientes a los días 4 (Pcp4) a 9 (Pcp9) en las distintas estaciones de estudio.

Continuando con el análisis de las observaciones en superficie, se realiza ahora un estudio comparativo de las precipitaciones registradas (Tabla 2). Del análisis de esta tabla se deducen diversos aspectos:

- Durante el día 4 no se registra observación en ningún observatorio, y durante el día 5 solamente se registra

precipitación significativa en los puntos de la vertiente sur.

- Durante los días 6 al 9 se registra precipitación en todos los puntos, salvo en Bossòst el día 6, siendo las precipitaciones mucho más abundantes en la vertiente sur.
- En Bossòst se registra una precipitación significativamente menor que en Vielha, probablemente debido a la diferencia de altitud.
- Esta distribución de las precipitaciones es coherente con el modelo clásico de föhn, en el cual se producen precipitaciones barlovento y práctica ausencia de las mismas a sotavento. Esta distribución está especialmente acentuada durante los días 5 y 6.

Como complemento a la tabla 2 se han estudiado subjetivamente las imágenes de acumulación radar en 24 h del radar de AEMET en Aragón. Estas imágenes muestran que la precipitación de los días 6 a 9 afecta notablemente a la vertiente sur del Pirineo, además de a otras áreas situadas más al sur, y en mucha menor medida a la vertiente norte. En la interpretación de estas imágenes se deben tener en cuenta, sin embargo, las limitaciones propias de la observación radárica: efectos asociados a la distancia, ocultación por montañas, atenuación del haz por la lluvia, etc. La existencia de estos efectos y la experiencia operativa sugieren no hacer uso de las imágenes generadas por el radar de Barcelona para la estimación de la precipitación en el Pirineo Occidental y especialmente en el valle de Arán. Si se considera este producto como una primera aproximación al campo de precipitación real acumulada, es perceptible el efecto föhn en el valle de Arán con ausencia total de señal de precipitación durante los días 4, 5, 7 y 8 y parcial el día 6 (Fig. 5).

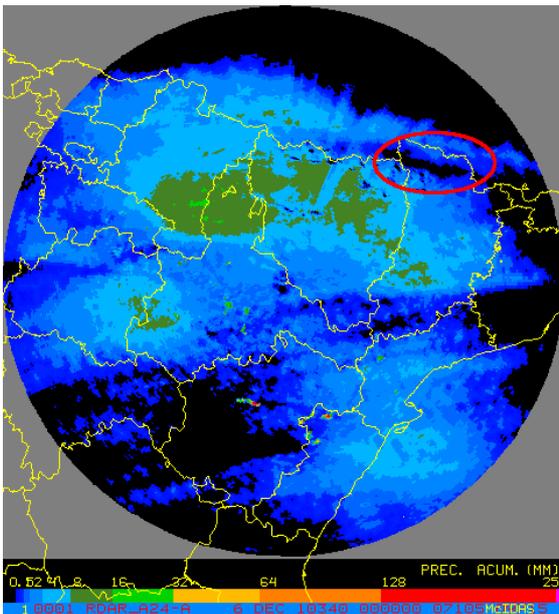


Fig. 5. Acumulación de precipitación radar correspondiente al 6/12/2010. Radar de AEMET en Aragón. Dentro de la elipse roja se encuentra el valle de Arán.

Características generales de los episodios de föhn en el valle de Arán

Para caracterizar los episodios de föhn en el valle de Arán, más allá del análisis de un caso de estudio, se ha hecho una detección de aquellos episodios registrados a lo largo del 2011. Lo primero que se debe definir son los criterios a usar para identificar un episodio de föhn. Los aquí usados se basan en la evolución de las distintas variables observadas en la estación automática de Bossòst. La primera condición es que haya un ascenso de la temperatura y una caída de la humedad relativa no ligados al ciclo diario. Por supuesto, es posible que un episodio de föhn coincida con tal ciclo pero entonces no se contabiliza el caso (salvo alguna excepción evidente) ya que, en aras de la homogeneidad de la serie de episodios, es preferible perder algunos casos de föhn a introducir en la población de casos algunas fechas que no lo sean.

Una vez identificado un ascenso térmico marcado se debe comprobar si simultáneamente se ha producido también un aumento en la velocidad del viento. En caso de que no sea así se descarta esta fecha, ya que se trata de un elemento definitorio. El ascenso de la temperatura debe ser relativamente brusco (apreciación subjetiva) ya que está ligado precisamente al aumento en la velocidad del viento.

Hay otra posible evolución de las variables que podría ser identificada como situación de föhn. Es aquella en la que en lugar de producirse un aumento de la temperatura lo que se observa es una amortiguación del descenso vespertino, manteniéndose entonces unas temperaturas nocturnas elevadas. Si ello ha ocurrido, se ha acudido de nuevo a la observación de la gráfica de la velocidad del viento para evaluar si se puede clasificar el episodio como de föhn. La tabla 3 incluye aquellos casos a lo largo del año 2011 que cumplen los criterios establecidos, tras un análisis subjetivo de la evolución de las distintas variables. Se ha incluido algún caso muy evidente aproximadamente coincidente con el calentamiento diario y no se han considerado, por otro lado, algunos casos de föhn en los que el ascenso de las temperaturas ha sido muy reducido, aunque haya ido acompañado de un aumento en la velocidad del viento, o bien el periodo de duración del föhn ha sido muy corto.

Fecha	ΔT_1 (°C)	H ₁ (UTC)	ΔT_2 (°C)	H ₂ (UTC)	Dir	VMM (km/h)	RM (km/h)
17/1	5	04-07			Variable 3er cuadrante	12	22
27/1	8	06-07	18	04-13	SW	20	38
13/2	7	06-07	17	06-13	SW	32	54
24/3	15	08-10	18	08-12	SW	30	44
22/4	10	02-11			SW	28	44
2/8	6	02-03	14	02-13	SW	18	30
22/10	8	01- 07:30			Variable 3er cuadrante	12	26
26- 27/10	19	7-13			SW	32	74
11/11	6	01-02			Variable 3er cuadrante	10	28
1/12	7	16:30- 18			SW	35	52
14/12	9	3:30- 5:30			SW	22	34
15- 16/12	6	18-24			SW	30	48

Tabla 3. Valores característicos de episodios de föhn identificados subjetivamente en la estación de Bossòst a lo largo del 2011. ΔT_1 : Primer incremento de la temperatura. H₁: Intervalo horario en el que se produce el primer incremento de la temperatura. ΔT_2 y H₂ para el caso de que haya otro incremento y otro intervalo horario significativo. Dir: Dirección predominante del viento durante el periodo de föhn. VMM: Velocidad del viento medio máximo (en 10') durante el periodo de föhn. RM: Velocidad de la racha máxima durante el periodo de föhn.

Los elementos más significativos que se observan en la tabla anterior son:

- En un par de casos se han señalado dos fechas consecutivas para el episodio debido a su larga duración. Las horas señaladas corresponden al subperiodo en el cual se produce el ascenso de la temperatura.
- Los incrementos en la temperatura asociados al föhn son muy variados, yendo desde unos pocos grados por hora hasta valores extremadamente elevados, superiores a los 6°C en una hora en varios episodios.
- En algunos

episodios se producen varias fases: un aumento brusco de la temperatura inicial, coincidiendo con el cambio en la velocidad y dirección del viento, y una segunda fase de aumento continuado de la temperatura a lo largo de un periodo de tiempo más largo y con predominancia del viento del tercer cuadrante.

- Sin lugar a dudas, los vientos asociados al föhn son los del tercer cuadrante y más concretamente los comprendidos entre el SSW y el WSW.
- El viento medio máximo tiene un valor medio de 23 km/h para el conjunto de casos y la racha máxima un valor medio de 41 km/h, con un valor extremo muy alejado de la media de 74 km/h. Es decir, en general en los casos de föhn identificados en los datos de Bossòst a lo largo del año 2011 no se han alcanzado velocidades del viento muy elevadas.

Una vez identificados y caracterizados los episodios de föhn para Bossòst, se ha analizado subjetivamente cuales han sido las situaciones sinópticas asociadas a dichos episodios. El análisis se ha hecho para la presión en superficie y para la altura geopotencial en 850 hPa, tomados a las horas más cercanas a la del inicio del episodio de föhn. Se ha considerado que los flujos en estos niveles interaccionan ampliamente con la orografía, mientras que a partir de 700hPa inclusive dicha interacción es menor, aunque existente. Los resultados del análisis se muestran en la tabla 4.

Fecha	Flujo en superficie	Flujo en 850 hPa.
17/1	SW flojo	SW flojo
27/1	ESE flojo a moderado	SE flojo
13/2	SW moderado	SW flojo
24/3	S moderado	SSE moderado
22/4	S flojo	S flojo
2/8	Dirección poco definida y flojo	S flojo
22/10	S flojo	Dirección poco definida y flojo
26-27/10	SE flojo a moderado	SW flojo a moderado
11/11	S flojo	SW moderado
1/12	WSW flojo a moderado	SW flojo
14/12	WSW moderado	W moderado
15-16/12	W moderado a fuerte	W moderado a fuerte

Tabla 4. Dirección y fuerza del flujo sinóptico en superficie y en 850 hPa para los casos de föhn identificados en Bossòst a lo largo del año 2011.

De la tabla 4 se concluye que en la mayoría de los casos, el flujo ha tenido componente sur, tanto en superficie como en 850 hPa. También la componente oeste ha estado presente en algunos casos. Es decir, se ha mostrado como condición necesaria para que haya föhn en Bossòst que el flujo sinóptico en capas bajas-medias sea de componente sur y más raramente de componente oeste.

Para valorar en que medida esta dirección del flujo es también una condición suficiente se han analizado todos los mapas sinópticos en superficie correspondientes al 2011, con el fin de ver si están presentes situaciones del sur que no hayan dado lugar a föhn y en

caso afirmativo buscar aquellas condiciones que las diferencian de las que sí lo generan. En 27 fechas el análisis de presión en superficie de las 00 UTC muestra un flujo de componente sur más o menos intenso. Aunque son fechas para las que a priori no se ha detectado föhn en Bossòst según los criterios establecidos, se ha llevado a cabo una nueva inspección de las evoluciones diarias de la temperatura y el viento para corroborar o corregir esta falta de detección. Lo que se ha visto es que en casi todas las fechas sí que se estaban dando condiciones de föhn, enmascarado, sin embargo, por coincidir con el ascenso de las temperaturas asociado al ciclo diurno o bien manifestándose en forma de amortiguación del descenso nocturno de las temperaturas. En todos los casos, en el periodo de condiciones de föhn el viento en la estación de Bossòst era de componente sur. En resumen, se ha comprobado a partir de datos de un año que la presencia de una situación sinóptica más o menos clara de advección meridional en superficie es condición necesaria y suficiente para que se produzca föhn en el valle de Arán, aunque éste se puede manifestar de formas distintas.

Referencias

- Fernández, F. y Rasilla, D. F., 1992: El viento en la Cornisa Cantábrica: avance de un estudio sobre los temporales del S. *Cuadernos de la Sección*, **20**, 271-295.
- Gómez, B., 2001. El *fogony* (efecto föhn) en el valle pirenaico de Sort. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, **52**, 311-320.
- Pascual, R., 2005: El efecto Föhn en el Pirineo Catalán. Características generales y un caso de estudio. *Boletín de la AME*, **10**.
- Pascual, R., 2009: Episodio de vientos muy fuertes en el Pirineo y Prepirineo Oriental en un contexto regional y local. Nota Técnica de la DT de AEMET en Cataluña. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- Querada sala, J., 1989: Efectos orográficos y friccionales en el clima del Levante español. *Revista de Geografía*, **XXIII**, 61-74.
- Ugarte, F. M., 1982. Observaciones sobre el efecto Foehn en el pie del monte de la Sierra de Aizkorri-Aloña (S. de Guipuzcoa). *Munibe*, **4**, 289-294.

