

ANÁLISIS DE LAS OLAS DE FRÍO DURANTE EL PERIODO
INTERANUAL 1961-90 EN CABDELLA (PIRINEO CATALÁN).
UNA APLICACIÓN METODOLÓGICA

Francesc VILAR BONET
Servei C.- T. de Gestió i Evolució del Paisatge.

RESUMEN: Se presenta una aplicación metodológica para la identificación de las olas de frío a través de un análisis termométrico. En el ámbito pirenaico, éstas se presentan con frecuencia relativamente baja, adquiriendo un carácter excepcional aquellas de extrema intensidad y larga duración. Tal fenómeno responde a unas situaciones sinópticas concretas cuya presencia se concentra básicamente durante la época invernal.

ABSTRACT: A methodological application for the identification of the cold waves through a thermometric analysis is showed in this article. At the Pyrenees, the cold waves are present at a relatively low frequency, and exceptionally, with great intensity and long duration. Such cold waves correspond to concrete synoptical situations which take place mainly in winter.

INTRODUCCIÓN.

El concepto de ola de frío viene definido como un notable enfriamiento del aire por invasión de aire muy frío sobre una gran extensión superficial (O.M.M.). Tal concepto no presenta aparentemente complejidad, pero un análisis a mayor escala nos muestra la subjetividad y problemática de su delimitación. La presencia de diversos factores: intensidad, duración, extensión geográfica, etc. comporta que sus límites no queden bien definidos y se opte por una valoración global atendiendo a la combinación de todos los factores presentes.

En la Península Ibérica son las masas de aire procedentes de latitudes más septentrionales las que provocan las olas de frío. Estas advecciones se producen cuando la trayectoria media seguida por los *westerlies* (vientos del oeste de latitudes medias) alcanza su máximo descenso latitudinal y cuando presentan un índice de circulación zonal muy bajo o situación de bloqueo (MARTÍN VIDE, 1985).

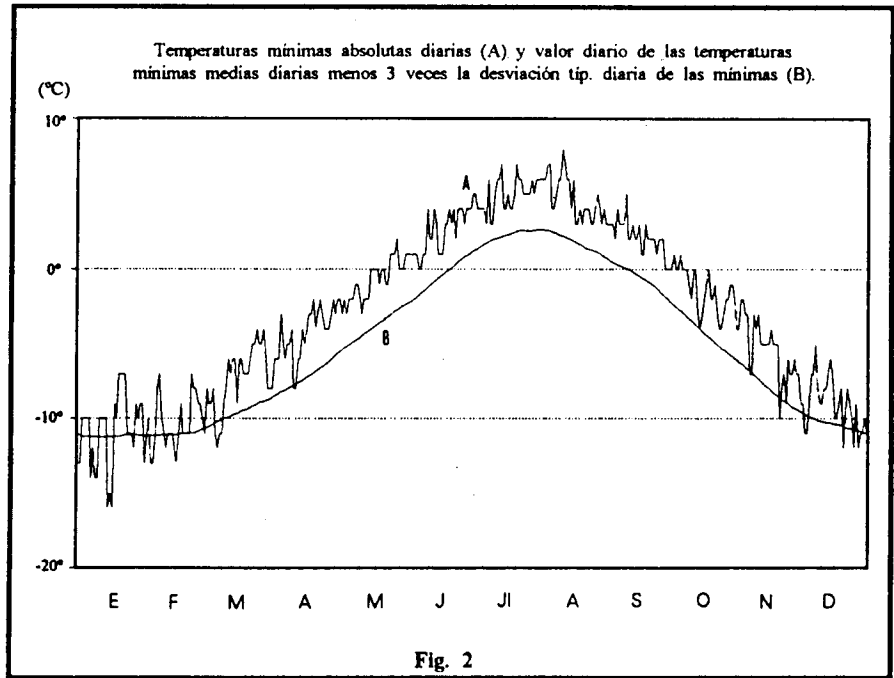
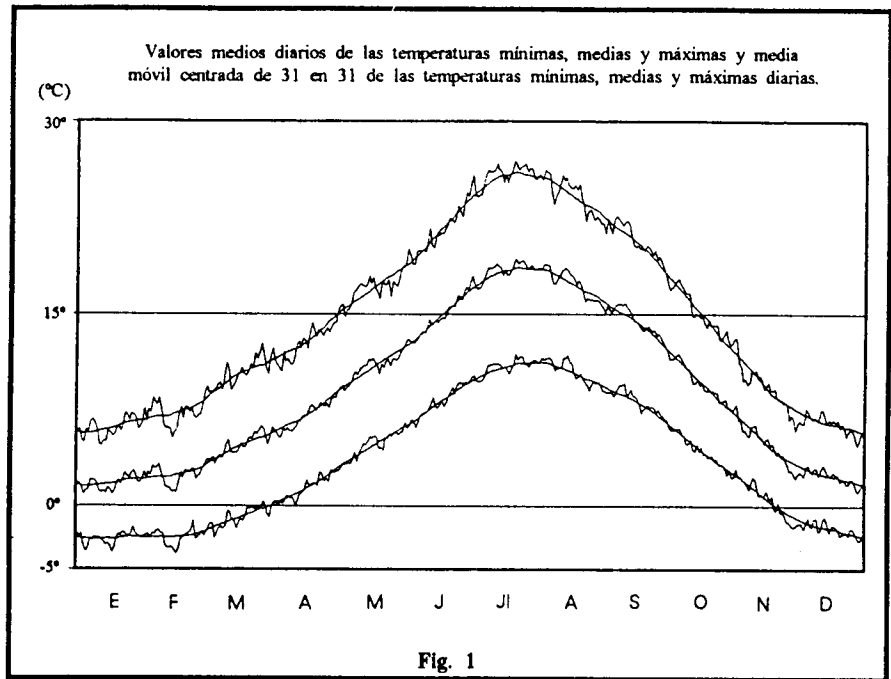
El estudio de las olas de frío en el presente trabajo se centra en el observatorio de Cabdella, situado a 1.270 m de altitud, en el Pirineo Occidental Catalán, ofreciendo, a priori, una serie de datos completa y fiable.

ASPECTOS METODOLÓGICOS.

Para el estudio de las olas de frío se han analizado todas las temperaturas diarias, centrándose preferentemente en las mínimas, del período 1961-90. Se ha establecido el ritmo medio de las temperaturas a lo largo del año, calculando la media, para cada día del año, de las temperaturas mínimas, medias y máximas durante dicho período. Posteriormente se ha calculado la desviación típica diaria, también para cada día del año y para las temperaturas mínimas, medias y máximas. Con estas dos variables establecemos el criterio de identificación de los días correspondientes a olas de frío definido por la fórmula: $x - 3\delta$ (donde x es la temperatura media diaria de las temperaturas mínimas, medias o máximas y δ la desviación típica diaria de las temperaturas mínimas, medias o máximas).

Con el fin de unificar el criterio de ola de frío aquí aplicado, para todos los días del año, evitando condicionarlo al valor establecido por la fórmula expuesta anteriormente, lo cual comportaría un criterio diferente para cada día (pues la desviación típica adquiere un valor distinto para cada día), se han aplicado dos modificaciones: por una parte, y con el fin de homogeneizar el valor de la desviación típica para todos los días del año, se ha calculado la media de todas las desviaciones típicas diarias, obteniendo una única desviación típica para las temperaturas mínimas, una para las máximas y una para las medias; por otra parte, se han suavizado los valores medios diarios de las temperaturas mínimas, medias y máximas para cada día del año para eliminar las irregularidades diarias. Esta regularización se ha establecido mediante la aplicación de la media móvil centrada de 31 en 31 días para todos los días del año. El gráfico de valores resultante nos muestra el teórico comportamiento térmico anual de las temperaturas mínimas, máximas y medias (fig. 1).

El criterio aplicado a las temperaturas mínimas diarias ($x - 3\delta$) para considerar determinados días componentes de una ola de frío, resulta, a priori, de valor excesivo y de carácter extremadamente excepcional, ya que ajustándose a una distribución normal se verificaría que tan solo el 0,14% de todos los días alcanzaría o rebasaría tal valor (15 días durante todo el período 1.961-90), pero este porcentaje se ve incrementado por tres razones principales: 1) las distribuciones de las temperaturas mínimas no son perfectamente simétricas, a pesar de que sean ajustables mediante leyes normales, sino que presentan un



sesgo negativo (BROOKS, 1953); 2) no se aplica el valor correspondiente a la desviación típica de cada día del año sino que se ha unificado calculando el valor medio de las desviaciones típicas de cada día del año, y; 3) se ha establecido la media de la temperatura mínima para cada día del año a través de la media móvil centrada de 31 en 31 días. De esta forma el porcentaje inicial de 0,14% pasa a ser del 0,52% (57 días de los 30 años analizados), valor que se incrementa ligeramente al aplicar el criterio de los límites de las olas de frío.

El valor obtenido por 3δ para las temperaturas mínimas, habiendo homogeneizado la desviación típica, es del orden de $8,6^{\circ}\text{C}$, estableciéndose así que aquel día que tenga una temperatura mínima cuyo valor sea inferior en $8,6^{\circ}\text{C}$ o más a la temperatura mínima media del día en cuestión (según la media móvil centrada de 31 en 31 días) será considerado como representativo de ola de frío.

Para el establecimiento de los límites extremos (inicio y final) de las olas de frío se han clasificado los días en tres tipos: aquellos que la temperatura sea inferior o igual a $x-3\delta$ (días tipo A), aquellos que la temperatura esté comprendida entre $x-3\delta$ y $x-2\delta$ (días tipo B) y aquellos que la temperatura sea superior a $x-2\delta$ (días tipo C).

Centrándonos en las temperaturas mínimas y medias diarias consideraremos días correspondientes a ola de frío los siguientes: según la temperatura mínima, todos los días tipo A y, aquellos días tipo B asociados a uno de tipo A directamente o a través de otro de tipo B; según la temperatura media, todos aquellos días tipo A o tipo B asociados a uno de tipo A de temperatura mínima directamente o a través de uno tipo A o tipo B de temperatura mínima o media. Asimismo, no se considerará día correspondiente a ola de frío aquel día tipo A de temperatura mínima asociado solo a días tipo C (posiblemente resultado de condiciones geográficas locales).

A partir de esta metodología se han identificado los períodos correspondientes a olas de frío.

LOCALIZACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y FRECUENCIA DE LAS OLAS DE FRÍO.

De los 30 años analizados, correspondientes al último período internacional, el 50% (15 años) se han visto afectados por una o varias olas de frío. El mayor período libre de olas de frío se localiza en la década de los 60, donde desde enero de 1964 hasta enero de 1969 (5 años) no se ha producido ninguna, seguido por el período que va de marzo de 1987 a diciembre de 1990 (último mes

analizado).

OLAS DE FRÍO. Cabdella 1.961 - 90			
	Periodo	Duración (días)	N ° días tipo A (t° mínima)
1	24 - 28 Diciembre 1.962	5	2
2	24 - 25 Enero 1.963	2	2
3	28 Enero - 7 Febrero 1.963	11	5
4	16 - 18 Diciembre 1.963	3	2
5	15 - 18 Febrero 1.969	4	2
6	26 Febrero - 6 Marzo 1.970	9	1
7	24 Diciembre 1.970 - 6 Enero 1.971	14	5
8	5 - 11 Marzo 1.971	7	4
9	14 - 17 Febrero 1.973	4	1
10	9 - 12 Abril 1.973	4	2
11	12 - 15 Octubre 1.975	4	1
12	25 - 29 Enero 1.976	5	2
13	12 - 14 Febrero 1.978	3	2
14	20 - 21 Diciembre 1.978	2	1
15	6 - 7 Noviembre 1.980	2	2
16	29 Noviembre - 3 Diciembre 1.980	5	2
17	19 - 22 Febrero 1.981	4	4
18	8 - 15 Febrero 1.983	8	5
19	4 - 18 Enero 1.985	15	7
20	20 - 22 Noviembre 1.985	3	1
21	10 - 13 Febrero 1.986	4	2
22	12 - 18 Enero 1.987	7	1
23	19 - 22 Febrero 1.987	4	1

Cuadro 1

Un análisis comparativo de las temperaturas mínimas absolutas y del límite térmico diario que determina los días pertenecientes a olas de frío, establecido según la fórmula $x-3\delta$ (fig. 2), nos muestra como todas las olas de frío tienen lugar durante el período comprendido entre los meses de octubre a abril, no presentándose en ningún caso entre los meses de mayo a septiembre. Así pues, es el período invernal sobre todo, y pre y post-invernal en menor medida,

cuando se presenta este fenómeno, y en los meses plenamente invernales cuando se alcanza un grado de intensidad y frecuencia más elevado.

La distribución de frecuencias de los meses afectados por olas de frío (fig. 3) muestra un claro predominio del período invernal (diciembre, enero, febrero), donde el 22,2% de los meses han presentado este fenómeno, reduciéndose al 7,8% en el conjunto de los restantes meses afectados por alguna ola de frío.

Analizando el período invernal a nivel mensual, febrero presenta el porcentaje más elevado (30%) de los meses afectados por alguna o parte de alguna ola de frío, seguido por enero (20%) y diciembre (16,7%). Abril y octubre, como límites extremos del período en que se producen las olas de frío, presentan los valores más bajos, ambos con un 3,3%.

La distribución de frecuencias por meses de los días tipo A de temperatura mínima (fig. 3), muestra una alta correspondencia con la distribución de frecuencias de los meses afectados por olas de frío, alcanzando también la época invernal los valores más altos y destacando febrero como el más importante.

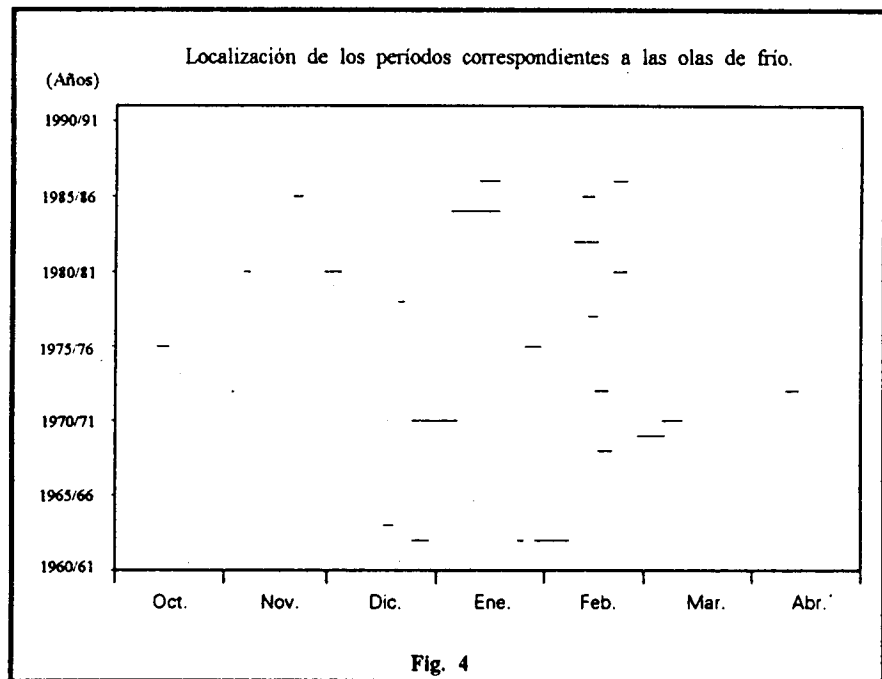
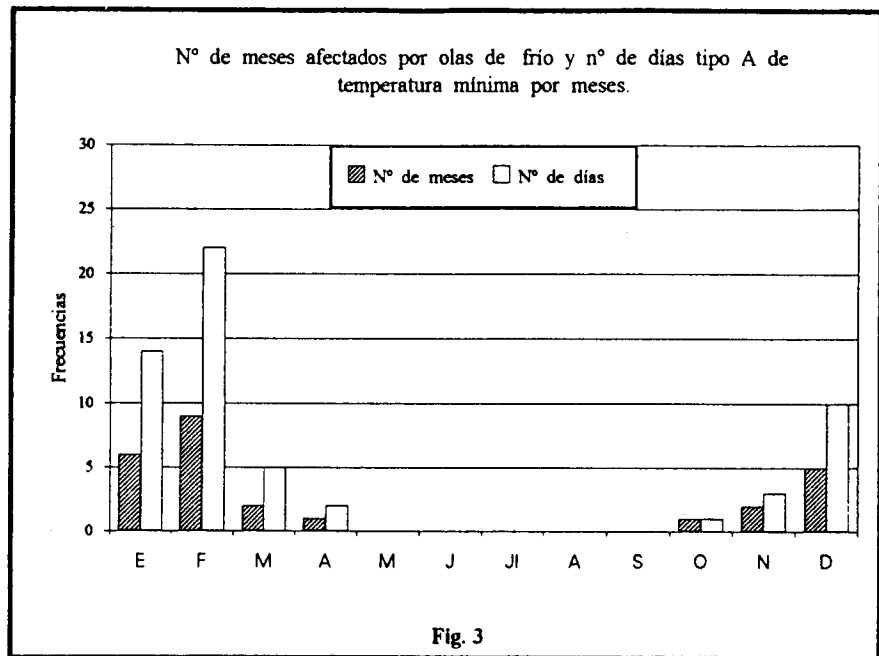
La duración media de las olas de frío se sitúa entre los 5 y 6 días, pero la distribución modal de frecuencias de días de duración nos muestra como las más frecuentes son las de 4 días (el 30% de las olas de frío corresponden a esta duración).

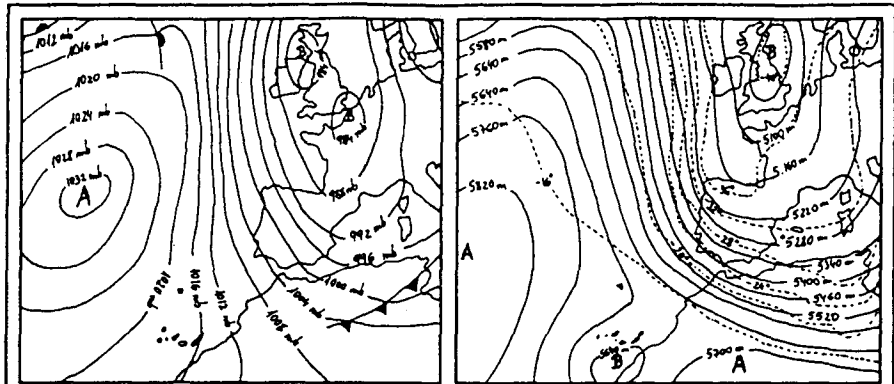
Las olas de frío más excepcionales producidas durante 1961-90, tanto por su duración como por su intensidad, corresponden a los tres períodos siguientes: 1) 28 de enero a 7 de febrero de 1963, (5 días tipo A, 11 días de duración); 2) 24 de diciembre de 1970 a 6 de enero de 1971 (5 días tipo A y 14 días de duración) y; 3) 4 al 18 de enero de 1985 (7 días tipo A y 15 días de duración), destacando esta como la más excepcional del período.

La aparición y presencia de las olas de frío a lo largo del año se localiza, como ya se ha mencionado, en la época invernal y aunque distribuidas irregularmente dentro del mismo, se aprecia una cierta concentración de las mismas en el período comprendido entre el 8 y el 22 de febrero (fig. 4), habiéndose producido en dicho período el 30% de todas las olas de frío acaecidas durante los 30 años analizados.

ANÁLISIS Y TIPOS DE LAS SITUACIONES SINÓPTICAS QUE GENERAN LAS OLAS DE FRÍO.

Las situaciones sinópticas que provocan las olas de frío en nuestras latitudes vienen caracterizadas, en altura, por un índice de circulación muy bajo de la corriente en chorro, alcanzando latitudes muy bajas (35° - 45°) en relación a su

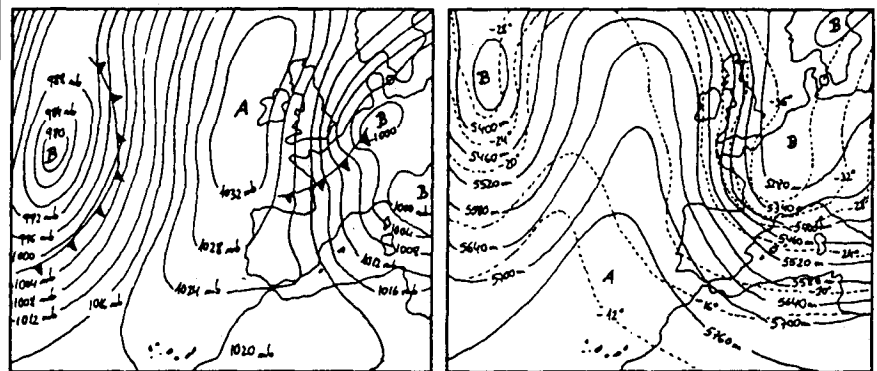




Análisis en superficie a 00 h. (TMG)
15 Feb. 1.973

Fig. 5
Advección del NW.

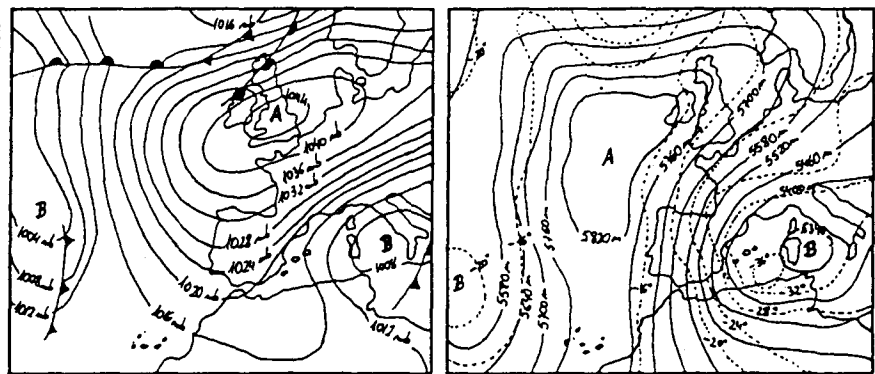
Topografía de la superficie de 500 mb.
a 00 h. (TMG). 15 Feb. 1.973



Análisis en superficie a 00 h. (TMG)
29 Nov. 1.980

Fig. 6
Advección del N.

Topografía de la superficie de 500 mb.
a 00 h. (TMG). 29 Nov. 1.980



Análisis en superficie a 00 h. (TMG)
1 Dic. 1.980

Fig. 7
Advección del NE.

Topografía de la superficie de 500 mb.
a 00 h. (TMG). 1 Dic. 1.980

circulación zonal media (55° - 60°).

Del análisis sinóptico (en los mapas de superficie y de la topografía de 500 mb) de 20 de los 23 períodos catalogados como "olas de frío" entre 1961-1990, según el criterio aquí aplicado, se desprende que todos ellos responden a 3 tipos principales de situaciones sinópticas, que corresponden según su frecuencia (de mayor a menor) a: 1) advección del nordeste o continental europea (56,5%); 2) advección del norte o septentrional (17,4%), y 3) advección del noroeste o subzonal fría (13,0%). Así pues, son las advecciones del nordeste las principales responsables de las olas de frío, tanto por su frecuencia como por su intensidad. Asimismo, las situaciones sinópticas correspondientes a una baja fría o a un anticiclón térmico invernal pueden producir también este fenómeno, pero la frecuencia en que éstas llegan a desencadenarlo es excepcional.

Las tres principales situaciones sinópticas presentan, en los casos analizados, un núcleo de embolsamiento de aire frío en altura, localizado en la topografía de 500 hPa, que engloba directa o indirectamente el área de estudio. Es esta baja en altura, generada por el bajo índice de circulación de la corriente en chorro, junto con la advección superficial, las que provocan unas temperaturas anormalmente bajas. Sobre la vertical de Cabdella, en la topografía de 500 hPa, las temperaturas se sitúan en -28°C o inferiores en los meses de diciembre, enero y febrero (alcanzando los -40°C en los casos más excepcionales), y -20°C o inferiores en octubre, noviembre, marzo y abril.

Algunas olas de frío presentan el paso, durante su presencia, de dos o más tipos de situaciones sinópticas. Cuando esto ocurre, la dirección más frecuente de derivación de una a otra suele ser: advección NW, advección N, advección NE.

En las figuras 5, 6, y 7, se presentan los tres tipos principales de situaciones sinópticas que provocan las olas de frío.

SINGULARIDADES.

El objetivo propuesto no es el análisis de todas y cada una de las singularidades térmicas existentes, sino solo aquellas que puedan mantener una posible relación con las olas de frío.

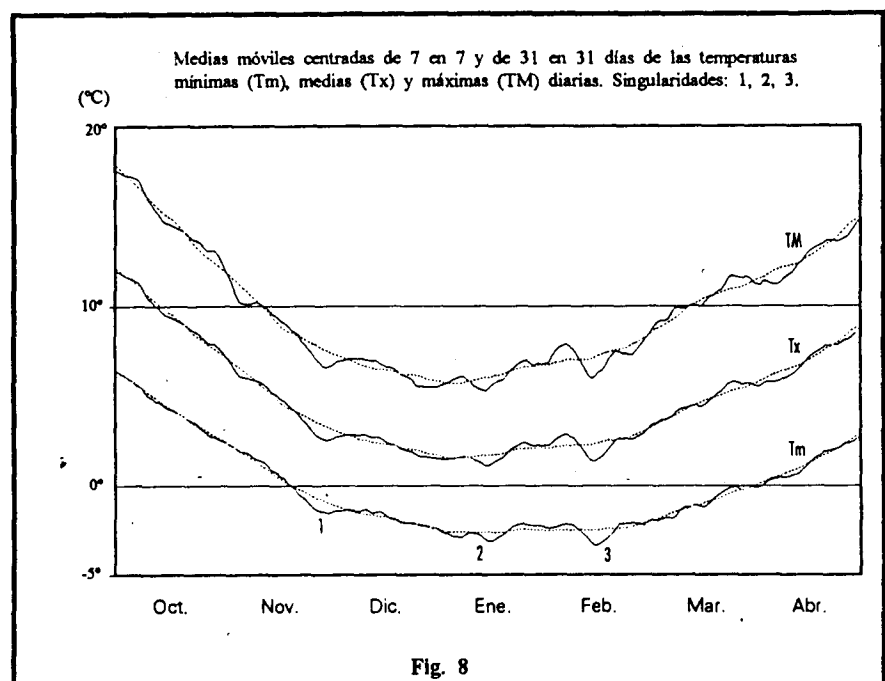
Para detectar la existencia de singularidades térmicas durante el período 1961-90 se ha construido un gráfico comparativo de los ritmos diarios medios de la temperatura mínima, de la media y de la máxima calculados a partir de la media móvil centrada de 7 en 7 días, y de la media móvil centrada de 31 en 31 días (fig. 8). La diferencia en la evolución térmica de ambos ritmos muestra la

existencia de las irregularidades presentes.

Así pues, el análisis se centrará en aquellas singularidades detectadas por la media móvil centrada de 7 en 7 días cuando ésta quede por debajo del ritmo normal de las temperaturas establecido por la media móvil centrada de 31 en 31 días, mostrando una irregularidad apreciable.

Las singularidades detectadas a través del criterio establecido se concretan en tres períodos:

1) Del 20 de noviembre al 7 de diciembre; irregularidad presente en las temperaturas mínimas, medias y máximas. Causada probablemente por la frecuente presencia de períodos fríos condicionados por el establecimiento de un anticiclón térmico y en menor medida, provocada por la existencia de dos olas de frío de intensidad media y corta duración.



2) Del 2 al 20 de enero; dividido en dos subperíodos que van del 2 al 9 de enero y del 10 al 20 de enero. El segundo período presenta una singularidad más marcada que el primero, y establecida tanto para las mínimas, como las medias y las máximas, no siendo así en el primero, que se presenta solo en las mínimas. La irregularidad parece explicarse no por la frecuencia de las olas de frío en tal

período, sino por la coincidencia de dos de las tres olas de frío más intensas de todo el período.

3) Del 11 al 19 de febrero; presentándose también en las temperaturas mínimas, medias y máximas, es la singularidad mejor marcada y la única que presenta una estrecha relación con las olas de frío, pues en dicho período se han producido 7 olas de frío (el 30% del total). El comportamiento sinóptico del período se caracteriza por una mayor frecuencia, respecto al resto del año, de las advecciones del norte, noreste y noroeste, desencadenantes de las olas de frío.

CONCLUSIONES.

Las olas de frío constituyen un fenómeno de escasa frecuencia, pero no excepcional, en los Pirineos. Su génesis se establece por un descenso latitudinal de la corriente en chorro adquiriendo un índice de circulación muy bajo, provocando que las masas de aire más septentrionales desciendan hasta nuestras latitudes. En superficie la situación sinóptica se caracteriza principalmente por la presencia de advecciones del NW, N o NE.

Tras el análisis térmico se desprende que tales advecciones tienen lugar principalmente en los meses invernales (diciembre a febrero), siendo escasas en los meses pre y post-invernales, y de extrema excepcionalidad o nulas entre mayo y septiembre, destacando particularmente la segunda década de febrero como el período de mayor frecuencia.

REFERENCIAS.

- CLAVERO PARICIO, P. Y RASO NADAL, J. M. (1979): "Catálogo de tipos sinópticos para un estudio climático del Este de la Península Ibérica y Baleares", en *Aportacions en homenatge al geògraf Salvador Llobet*, pp. 63-86, Dep. de Geografia, Univ. Barcelona.
- CLAVERO, P., MARTÍN VIDE, J. Y RASO, J. M. (1981): "Los episodios fríos de diciembre de 1980 en las montañas catalanas", en *Notes de Geografia Física*, núm. 5, pp. 17-32, Univ. Barcelona.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): *Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes satélite*, Oikos-tau, Barcelona.