

XILOCA 2
págs. 223-245
1988

LA ESTACION DE CALAMOCHA: PROPUESTA DE CARACTERIZACION AGROCLIMATICA DEL TRAMO FINAL DEL VALLE ALTO DEL JILOCA

Pascual Rubio Terrado

I. INTRODUCCION

Ya en el número anterior de esta revista tuve la satisfacción de participar con un artículo referido al estudio del subsector ganadero de la comarca del Jiloca. En esta ocasión mi aportación se va a basar en el estudio desde el punto de vista climático de la estación que el Instituto Nacional de Meteorología tiene instalada en Calamocha, estudio que resulta más reducido de lo que hubiese sido de desear como consecuencia de las propias limitaciones que imponen las características de la publicación.

La estación de Calamocha (E-381 según la nomenclatura del Instituto) se encuentra localizada a 920 m. sobre el nivel del mar, en el fondo del valle del Jiloca, en el tramo final de la cuenca alta del citado río, relativamente próxima el sector inicial de la cuenca media. Se trata de una estación "completa o de primer orden", la única de estas características entre las que existen en la comarca del Jiloca, de la que se utilizará la información recogida entre 1955 y 1986¹, período que se considera suficientemente representativo y que completa las series de 30 años habitualmente utilizadas en todos los trabajos de climatología.

La pretensión del artículo se centra en el estudio y caracterización del clima de Calamocha y áreas próximas de su entorno geográfico, en concreto todo el sector

1. A este respecto, conviene matizar que esta estación presenta información para el período comprendido entre 1944 hasta la actualidad, tanto en lo referido a precipitaciones como a temperaturas.

de fondo de valle definido por su topografía llana, con rangos altitudinales muy parecidos a los de la estación en cuestión. En realidad, resulta muy difícil determinar exactamente la posible extensión de la representatividad espacial de las características descriptivas determinables a partir de la estación de Calamocha, dado que pequeñas variaciones de topografía local generan siempre unas condiciones especiales que dan lugar a un microclima particular. Con todo y con ello, a grandes rasgos, podría decirse que a partir de la estación de Calamocha se caracteriza el clima de la mayor parte del valle alto del Jiloca, salvando las mencionadas variaciones microclimáticas locales, que no obstante no se separan de la tónica general tanto como para dar lugar a tipos climáticos diferenciados.

El estudio se va a basar en el análisis estadístico de las medias mensuales de aquellos elementos del clima más representativos: temperaturas, precipitaciones y vientos.

El esquema aproximado del trabajo va a ser el siguiente: en primer lugar me referiré a las temperaturas (medias, máximas y mínimas), haciendo especial hincapié en las heladas por lo que representan de limitante para la actividad agrícola, para pasar posteriormente a las precipitaciones y el consecuente balance hídrico determinable a partir de la consideración conjunta de ambos elementos climáticos, se continuará con los vientos y se finalizará con unas conclusiones en las que se ensayará una clasificación climática de la estación de Calamocha.

Antes de centrarme en las cuestiones señaladas creo imprescindible hacer una pequeña referencia a los principales factores que afectan al clima de Calamocha y por extensión a todo el conjunto de la cuenca alta jilocana por cuanto que conforma en global una unidad claramente definible en la que se inserta la localidad objeto del estudio. Entre los factores geográficos destaca su localización en latitudes templadas ($40^{\circ} 53'$ latitud N), en el cuadrante NE peninsular, en una zona depresiva encajada en el Sistema Ibérico (fosa tectónica del río Jiloca), cerrada casi en su totalidad por barreras topográficas que favorecen la génesis de un efecto sombra respecto a influencias exteriores. Entre los dinámicos hay que hacer referencia al Anticiclón de las Azores, los Anticiclones Polares Atlánticos, los Anticiclones Continentales Europeos, el Anticiclón Peninsular, las Bajas de Islandia y Génova, la Baja Térmica Continental, los Frentes Mediterráneo, Polar y Artico, así como las situaciones de Gota Fría relacionadas con interrupciones del flujo del Yet Stream; en conjunto, esta multitud de factores dinámicos implica que las posibles combinaciones que determinan los tipos de tiempo sean múltiples, y así mismo que el predominio que en cada año o grupo de meses se verifique de uno sobre los demás condicione en buena medida las características climáticas interanuales o intermensuales.

2. TEMPERATURAS

Al respecto de las *temperaturas medias*, la media anual observada en la estación de Calamocha se puede evaluar en $10,4^{\circ}$. Sin embargo, mucho más representativa resulta la determinación de la evolución mensual de las temperaturas medias, así, julio y agosto, con $20,2$ y $19,8^{\circ}$ respectivamente, son los meses más calurosos,

mientras que, diciembre, enero y febrero configuran el período frío por excelencia, con medias de 3,2, 3,1 y 3,9° respectivamente.

Según se desprende de la fig. 1, desde el centro del invierno se produce, de una manera gradual, un progresivo incremento de las temperaturas hacia el núcleo del verano, para pasar posteriormente a descender éstas con un ritmo de enfriamiento otoñal mucho más brusco que el de calentamiento primaveral.

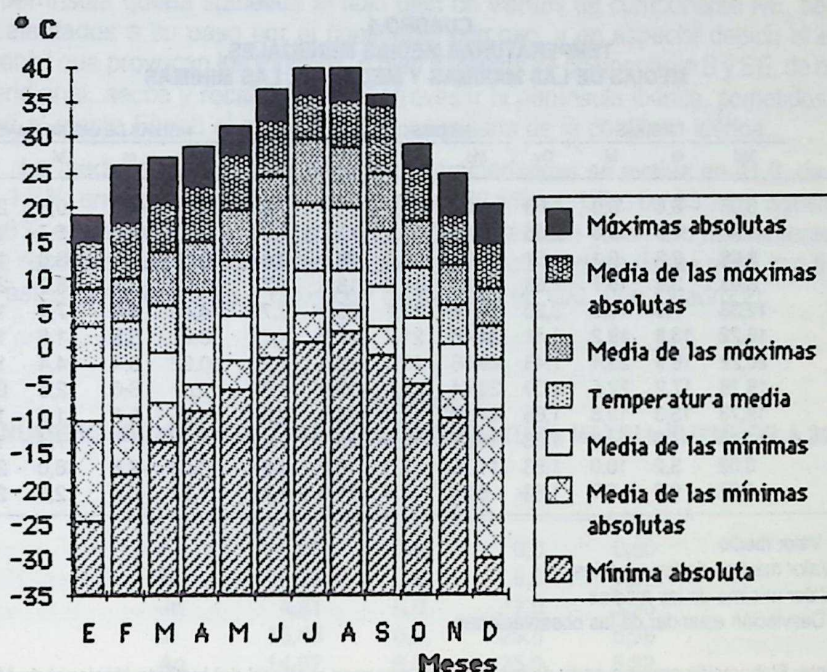


Figura 1. Histograma de temperaturas.

La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del más frío expresa la *oscilación térmica anual*, que para esta estación se sitúa en 17,1° anuales, valor muy elevado, indicador de un clima con características continentales.

Hasta este momento se ha hablado de años medios, sin embargo no puede olvidarse que entre unos y otros existe una gran variabilidad en las observaciones (ver Cuadro 1). En este sentido, diciembre, enero y febrero pueden pasar de observar medias comprendidas entre -0,6 y -2,1° en algunos años a otros con temperaturas entre 5,7 y 8,0°, con un valor de desviación estandar en las observaciones medias

comprendido entre 1,7 y 2,0°. Del mismo modo, julio y agosto pueden pasar desde valores de 16,9 y 17,2° respectivamente, hasta máximos de 23,4 y 22,5°, con desviación estandar comprendida entre 1,1 y 1,7°. Los máximos valores de desviación se observan siempre en aquellos meses que siguen a los más fríos y a los más cálidos puesto que según las características del año pueden adoptar desde similitudes térmicas con los que les preceden a analogía con los que les siguen, todo ello en el marco de una gran variabilidad interanual.

CUADRO 1
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES,
MEDIAS DE LAS MAXIMAS Y MEDIAS DE LAS MINIMAS

	MEDIAS				MEDIAS DE LAS MAXIMAS				MEDIAS DE LAS MINIMAS			
	Md	m	M	Dv	Md	m	M	Dv	Md	m	M	Dv
En	3,08	- 0,6	8,0	1,68	8,38	5,3	11,0	1,92	- 2,64	-7,2	0,8	2,03
Fb	9,96	2,5	15,3	2,56	3,92	- 2,1	7,7	1,94	- 2,09	-6,7	1,7	1,86
Mr	6,08	2,2	9,1	1,51	13,6	8,3	29,0	3,68	- 0,62	-4,0	3,0	1,85
Ab	8,03	3,0	10,7	1,66	15,23	11,2	18,6	1,71	1,68	-2,5	8,9	2,37
My	12,33	7,6	19,0	2,20	19,76	12,1	25,2	2,70	4,46	1,4	7,4	1,34
Jn	16,22	13,8	19,2	1,31	24,46	21,2	27,9	1,74	8,21	5,8	11,6	1,31
Jl	20,22	16,9	23,4	1,48	29,56	25,0	33,0	1,78	10,92	8,4	14,4	1,61
Ag	19,78	17,2	22,5	1,09	28,64	24,0	33,0	1,71	10,9	8,6	12,5	0,93
Sp	16,73	13,3	19,8	1,68	24,93	19,6	28,9	2,39	8,55	5,8	11,6	1,42
Oc	11,15	7,8	14,4	1,53	18,21	13,8	24,1	2,61	4,32	1,5	7,4	1,52
Nov	6,08	3,2	10,0	1,53	11,75	7,0	16,9	1,99	0,64	-2,5	6,0	2,31
Dc	3,25	- 0,6	5,7	1,82	8,34	4,8	11,0	1,73	- 1,72	-5,4	2,5	2,25

Md: Valor medio

M: Valor máximo de las medidas

m: Valor mínimo de las medidas

Dv: Desviación estandar de las observaciones

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

Por lo que respecta a las *temperaturas medias de las máximas*, la media anual se evalúa en 17,7°, aún cuando la media de las máximas absolutas se sitúa en 22,1°.

Al igual que al respecto de las temperaturas medias, los meses centrales del verano son los que aportan los valores térmicos de medias de las máximas más elevados, julio y agosto con 29,6 y 28,6° respectivamente, y los del invierno los más bajos, diciembre, enero y febrero con 8,3, 8,4 y 10,0° respectivamente, lo que implica una oscilación anual de 21,2° (ver fig. 1). Si bien, nuevamente, la variabilidad interanual es enorme, pudiendo oscilar los valores en julio y agosto desde 25,0 y 24,0 a 33,0°, con desviación estandar comprendida entre 1,7 y 1,8° mientras, en diciembre, enero y febrero los valores pueden variar desde 4,8, 5,3 y 2,5° en los años más

desfavorables hasta 11,0, 11,1 y 15,3° en los más favorables, con desviación estándar de 1,7, 1,9 y 2,6 respectivamente.

Muy en relación con las temperaturas máximas se encuentra el análisis de las *olas de calor*, no configurando éstas sino períodos térmicos excepcionales, aún cuando no por ello dejen de ser habituales, que durante los meses de julio, septiembre y octubre, afectan a la estación climática (y en general a toda la comarca), caracterizados por temperaturas máximas que superan los 30°.

Estas olas de calor se identifican con situaciones anticiclónicas, en las cuales la península queda sometida al flujo bien de vientos de componente NE, secos y recalentados a su paso por el continente europeo, y en especial debido el efecto Föhn² que provocan los Pirineos, o bien a vientos de componente S y SE, de origen meridional, secos y recalentados al atravesar la península ibérica, sometidos también al efecto Föhn al salvar la rama castellana de la cordillera ibérica.

La media anual de días con estas características se evalúa en 41,8, de ellos un 1,7% en mayo, un 11,5% en junio, un 39,5% en julio, un 33,7 en agosto, un 12,8% en septiembre y un 0,8% en octubre. Con todo y con ello nuevamente hay que recordar que la variabilidad es enorme, constatándose desde años con 6 días de estas características a otros con un máximo de 100. (Ver Cuadro 2).

CUADRO 2
NUMERO MENSUAL DE DIAS CON TEMPERATURA MAXIMA SUPERIOR A 30°

	Md	m	M	Dv
Ab	0,00	0,0	0,0	0,00
My	0,72	0,0	6,0	1,37
Jn	4,81	0,0	17,0	3,95
Jl	16,46	0,0	29,0	6,96
Ag	14,07	6,0	25,0	5,22
Sp	5,37	0,0	14,0	4,70
Oc	0,35	0,0	9,0	1,76

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

2. Efecto Föhn: se denomina así al resultado del comportamiento de las masas de aire cuando atraviesan una barrera montañosa que las obliga a elevarse. En este sentido, cuando asciende la masa de aire se enfría a un ritmo de -0,5° cada 100 m. sin embargo, al descender el recalentamiento producido resulta del orden de 1° cada 100 m. Así pues, un aire que en origen se encuentre a una temperatura determinada, los sucesivos ascensos y descensos de los diversos obstáculos topográficos orientados en sentido transversal a su dirección de fluencia determinan un cada vez mayor recalentamiento a la vez que una pérdida progresiva de humedad.

Evidentemente, la importancia de las olas de calor sobre la agricultura resulta muy elevada. Las observadas en mayo y junio son sin duda alguna las más perjudiciales al afectar a los cereales, verdadero puntal económico de la comarca, en el momento de su espigado y granazón, con el consecuente peligro de asurado del grano y pérdida de peso específico, tanto más probable cuanto menor sea la reserva hídrica del suelo en el momento de producirse la ola de calor. Las de julio, agosto y septiembre, por su parte, manifiestan su influencia a través de un considerable incremento de las necesidades de riego como consecuencia de las elevadas pérdidas por evapotranspiración que sufre el suelo sembrado.

Al respecto de las *temperaturas mínimas*, conscientemente dejadas en último lugar puesto que más que las medias o las máximas son éstas las de mayor importancia en un espacio como el del valle alto Jiloca por los drásticos límites ecológicos que imponen sobre el desarrollo vegetal, la temperatura media anual de las mínimas se puede evaluar en 3,5°, con un ritmo intermensual caracterizado por mínimos invernales por debajo de 0° durante cuatro meses (de diciembre a marzo), y máximos estivales que superan los 10° en tan solo dos meses (julio y agosto). (Ver fig. 1).

Sin embargo, nuevamente, y esto va a ser siempre una constante climática de la estación, debe hablarse de una elevada irregularidad interanual, ya que al lado de algunos años en los que existen seis meses con temperatura media de las mínimas inferior a 0° (de noviembre a abril), se pueden constatar otros en los que no hay ni un solo mes con estas características. Los valores de desviación estándar son elevados, tanto mayores los invernales que los estivales, si bien destaca el correspondiente al mes de abril, fuera ya del invierno propiamente dicho, pero que por su carácter de mes puente presenta un comportamiento muy irregular. (Ver Cuadro 1).

La mínima absoluta extrema durante el intervalo temporal considerado se puede cuantificar en -30°, observados en diciembre de 1963.

La oscilación media anual de la media de las mínimas se evalúa en 13,6°, mucho menor que la observada al respecto de la media de las medias y de la media de las máximas.

Muy relacionado con el estudio de las temperaturas mínimas se encuentra el de las *heladas*³, elemento éste especialmente representativo tanto por su cantidad, como por su intensidad y duración en el tiempo, ya que de una manera clara limitan considerablemente, en todo el sector del Jiloca, las posibilidades de desarrollo vegetal, con especial incidencia sobre los cultivos, ya que si es necesario hablar de que éstos encuentran notablemente disminuído su período vegetativo, no es menos cierto que esta peculiaridad térmica del sector limita la gama de los posibles a aquéllos más resistentes, o bien con posibilidad de adaptar su ciclo a un período libre de heladas muy corto.

El número anual medio de días con helada se sitúa en 117,8, con una amplitud mensual que abarca desde finales de septiembre hasta principios de junio, quedando únicamente julio y agosto como meses libres de helada. Con todo y con ello,

3. Se considerará día de helada aquél que presente una temperatura mínima igual o inferior a 0°.

el número de días con helada puede oscilar desde 46 en los años más favorables (de noviembre a marzo) hasta 188 en los más desfavorables. Los valores de desviación estandar oscilan entre 4,5-5 días/mes durante el invierno, con un máximo de 6,3 en noviembre, hasta 0,5 días en los meses últimos de primavera y principios del otoño. (Ver Cuadro 3).

CUADRO 3
NUMERO MENSUAL DE DIAS CON TEMPERATURA MINIMA IGUAL O INFERIOR
A 0° y a -5°

	Mínimas $\leq 0^\circ$				Mínimas $\leq -5^\circ$			
	Md	m	M	Dv	Md	m	M	Dv
En	22,55	14,0	30,0	4,95	10,74	1,0	25,0	6,10
Fb	19,85	9,0	27,0	4,55	8,48	0,0	17,0	4,94
Mr	18,96	8,0	31,0	5,53	5,70	0,0	16,0	4,32
Ab	10,65	0,0	18,0	4,52	1,88	0,0	20,0	4,16
My	4,16	0,0	13,0	3,01	—	—	—	—
Jn	0,30	0,0	2,0	0,54	—	—	—	—
Sp	0,22	0,0	2,0	0,50	—	—	—	—
Oc	4,31	0,0	12,0	3,82	0,15	0,0	3,0	0,61
Nv	15,91	2,0	25,0	6,32	3,65	0,0	10,0	2,87
Dc	20,96	13,0	28,0	4,90	7,80	0,0	19,0	4,87

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

La distribución mensual del número medio de días con helada se aprecia en la fig. 2. A través de ella se observa como enero presenta la máxima frecuencia al concentrar por sí sólo un 19,1% de los totales, seguido a corta distancia por diciembre con un 17,8%, por febrero con un 16,8% y por marzo con un 16,1. El conjunto de estos cuatro meses suma un 69,8% de los días anuales de helada. Poniendo en relación esta concentración máxima de días de hielo en unos meses determinados con la actividad agrícola, el período anteriormente precitado no puede decirse que limite negativamente el desarrollo de los cultivos, los ya instalados en el suelo durante estos meses presentan un grado de resistencia óptimo ante este fenómeno. Son por lo tanto las que se producen al principio de un año agrícola (septiembre-octubre) o finales del tercer cuarto del mismo (abril-junio) las que resultan especialmente negativas al sorprender a la mayor parte de los cultivos en un momento de su ciclo en el que presentan una temperatura crítica de helada mucho más alta que en invierno.

Una vez conocida la frecuencia estadística de helada resulta interesante hacer una mínima referencia de la intensidad del fenómeno (ver Cuadro 3). Así, de los 117,8 días de helada que se observan en la estación de Calamocha, 79,4 presentan una mínima comprendida entre 0 y -5° , un 67,4%, mientras que los 38,4 restantes, un 32,6%, la observan inferior a -5° , temperatura muy baja, sin duda en relación con las ya mencionadas olas de frío, que da idea de la rigurosidad térmica del clima que observa esta estación. La frecuencia mensual de este segundo grupo de heladas es muy similar al primero, ligeramente superior en los meses centrales del invierno, si bien el período libre de las mismas es mayor, se alarga desde mayo hasta septiembre. (ver fig. 2).

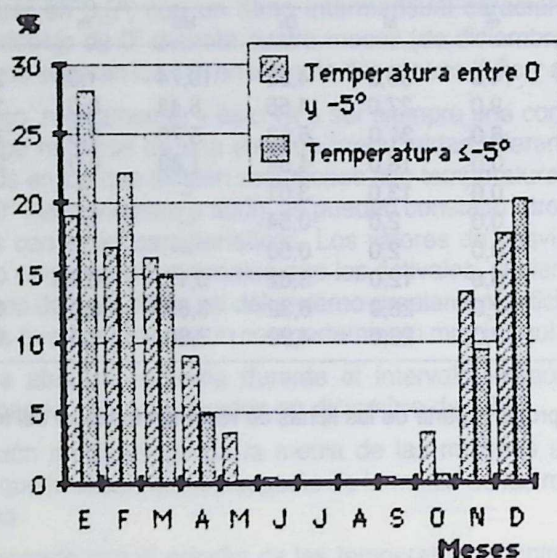


Fig. 2. Distribución de la frecuencia mensual de días con helada, según su intensidad.

Desde otro punto de vista, y aún dentro del apartado dedicado de las temperaturas se va a hacer referencia al *grado de insolación y horas de sol* de las que dispone el observatorio estudiado.

Anualmente el número de horas de sol se puede evaluar en 2.455,8 un 55,1% de la máxima insolación posible dada la latitud del observatorio de Calamocha, con una distribución mensual de las mismas tal y como aparece en el Cuadro 4, a partir del cual se detecta como son diciembre y enero los meses de mínimos, con porcentajes de insolación respecto a la máxima posible que no alcanzan el 40%, mientras julio y agosto dan los máximos, con porcentajes de insolación respecto a la máxima

posible superiores al 73%. La media intermensual, a razón de 204,6 horas/mes es superada durante cinco meses al año, de mayo a septiembre, mientras, el resto se hallan por debajo de la misma.

CUADRO 4
HORAS DE SOL MENSUALES Y PORCENTAJE DE LA INSOLACION REAL
RESPECTO A LA MAXIMA POSIBLE

	Horas	%
En	120,1	39,6
Fb	136,6	45,5
Mz	177,7	48,0
Ab	197,3	49,3
My	244,8	55,0
Jn	271,6	60,3
Jl	332,5	73,1
Ag	313,9	73,8
Sp	231,7	61,8
Oc	181,7	52,7
Nv	132,2	44,1
Dc	115,7	39,9
Año	2455,8	55,1

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

Para finalizar, y en relación tanto con la insolación, como con la temperatura o incluso las precipitaciones se encuentra el *estado del cielo*, analizado a través de la nubosidad. La media anual en Calamocha es de 60 días despejados, 230 nubosos y 75 cubiertos⁴.

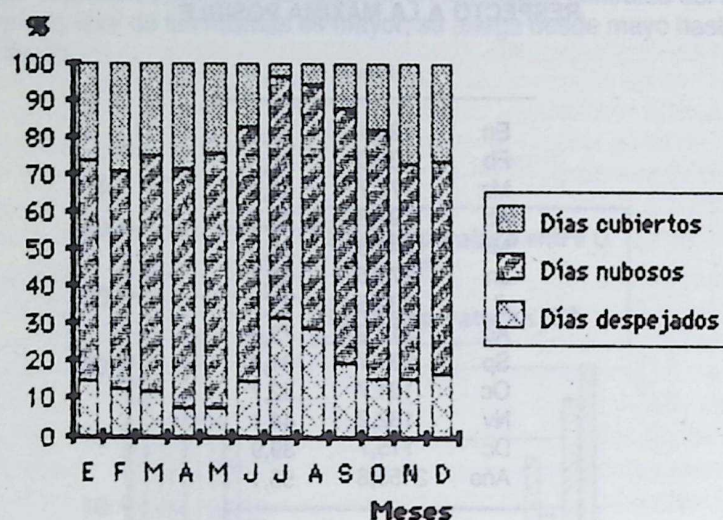
Al respecto de su distribución mensual (ver fig. 4).

- Los días despejados varían desde 2,3 en abril a 9,8 en junio, con máximos en general estivales (alrededor del 30-35% de los días) y mínimos primaverales (8-10% de los días).
- Los días nubosos presentan una frecuencia media mensual que varía desde 16,3 en febrero a 21 en noviembre, con máximos de primavera y otoño, y mínimos de invierno y verano, ligeramente más pronunciado el primero que el segundo.

4. Días despejados: cuando la nubosidad es $\leq 1,6$ octavos de cielo.

— Finalmente, los cubiertos ofrecen frecuencias medias comprendidas entre los 1,2 días de julio y los 8,6 de abril, con máximos claramente invernales (25-30% los días) y mínimos estivales (8-10% de los días).

Como se puede observar existe una fuerte correlación entre la nubosidad y la insolación, de tal manera que conforme aumenta una disminuye la otra.



Días nublados: cuando $1,6 < \text{nubosidad} < 6,4$ octavos de cielo.
Días cubiertos: cuando la nubosidad es $\geq 6,4$ octavos de cielo.

Figura 3. Distribución mensual de la nubosidad

3. PRECIPITACIONES

Como paso previo para iniciar el estudio de las precipitaciones conviene hacer referencia a la *humedad atmosférica* a través del concepto de humedad relativa⁵, que observa un valor medio anual del 70,6%, si bien con notables variaciones intermensuales caracterizadas por máximos invernales (83,1% en diciembre, y 83% en enero) y mínimos estivales (58,4% en julio y 58,9% en agosto), en fuerte correlación con los mínimos y máximos térmicos anuales, ya que a medida que se incrementa la temperatura del aire la capacidad del mismo para contener agua aumenta tam-

5. Se entiende por humedad relativa la relación porcentual entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura.

bién, con lo cual, caso de no existir una adición de vapor de agua, la humedad relativa sigue una tendencia a la baja.

En relación a las *precipitación total*, la media anual se sitúa en 401,4 mm anuales, que evidencian en una primera aproximación un total modesto, con cierta tendencia a la aridez.

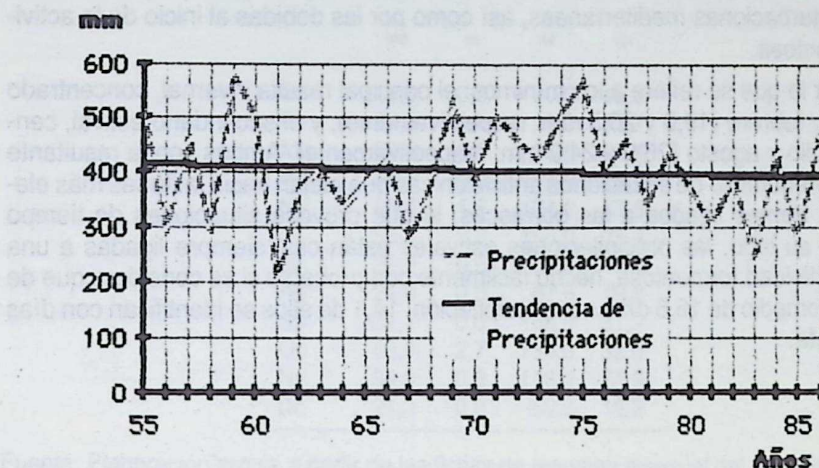


Figura 4. Serie histórica de las precipitaciones anuales. 1955-1986.

En cualquier caso, se trata esta cifra de una media estadística que se observa muy pocos años, antes bien, como característica fundamental del clima del sector del valle del jíloca que centra nuestro estudio deberemos hablar de la existencia de un gran variabilidad interanual de las precipitaciones anuales, tal y como de una manera evidente demuestra la fig. 4, a lo que hay que añadir la existencia de una tendencia ligeramente regresiva para el período considerado entre 1955-86. El valor de la desviación estandar en las observaciones medias anuales se sitúa en 96,6. Así pues, se puede afirmar que con una probabilidad del 68,3% es esperable que la precipitación anual quede comprendida entre 304,8 y 498 mm. lo que podrían considerarse años medio y próximos a medios. Mientras, la probabilidad de que no se superen esos 304,8 mm. se sitúa en un 15,9%, lo que podría considerarse año seco, y del mismo modo la probabilidad de que un año sea húmedo, con más de 498,0 mm. se cifra en el 15,9% restante. En definitiva, con una probabilidad del 95,4% la precipitación anual estará comprendida entre unos límites mínimos y máximos de 208,2 y 594,6 mm.

Pasando al *régimen pluviométrico*, a este respecto se detecta un enorme desequilibrio intermensual en el reparto de las precipitaciones, evidenciado esencialmente por la existencia de dos máximos y dos mínimos: (ver fig. 5).

– Al respecto de los máximos: uno, el principal, resulta de tipo primaveral, concentrado en los meses de mayo y junio (56,3 y 55,4 mm. respectivamente). El otro, secundario, otoñal, aparece centrado en septiembre y octubre (37,1 y 40,0 mm. respectivamente). Ambos con lluvias originadas tanto por el paso de frentes ligados a borrascas atlánticas, con vientos de dirección WNW, NW y NNW, como por la acción de las perturbaciones mediterráneas, así como por las debidas al inicio de la actividad tormentosa.

– Por lo que se refiere a los mínimos: el principal resulta invernal, concentrado en enero y febrero (19,0 y 20,5 mm. respectivamente), y el secundario estival, centrado en julio y agosto (26,9 y 24,0 mm. respectivamente). Ambos son la resultante clara del predominio de situaciones anticiclónicas que alejan hacia latitudes más elevadas los frentes ligados a las borrascas, lo que provoca situaciones de tiempo seco. Por su lado, las precipitaciones estivales están casi siempre ligadas a una intensa actividad tormentosa, hecho fácilmente comprobable si se considera que de un total promedio de 16,6 días con precipitación, 14,1 de ellos se identifican con días de tormenta.

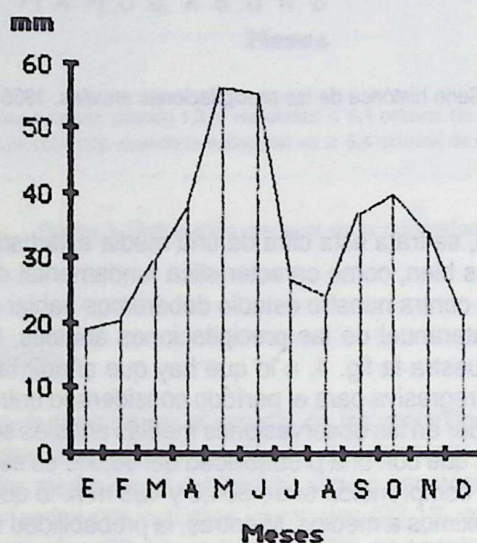


Figura 5. Precipitaciones medias mensuales

Al igual que ocurre con el módulo pluviométrico anual, la consideración de las medias anuales precisa explicitar la existencia de notables variaciones en la consideración de la pluviometría de un mismo mes durante varios años distintos (ver Cuadro 4).

CUADRO 4
PRECIPITACIONES MENSUALES

	Md	m	M	Dv
En	19,0	0,0	70,6	15,3
Fb	20,5	0,0	48,9	12,7
Mz	29,8	0,0	85,6	22,4
Ab	38,2	5,9	114,9	24,7
My	56,3	4,6	124,2	33,6
Jn	55,4	2,2	158,0	35,4
Jl	26,9	0,0	69,5	19,9
Ag	24,0	0,0	67,6	19,8
Sp	37,1	0,0	108,9	31,2
Oc	40,0	2,7	136,0	32,0
Nv	34,0	0,0	116,2	26,9
Dc	21,3	0,0	60,3	16,2

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

Así, exceptuando abril, mayo y junio, meses que en ningún año de la serie han resultado completamente secos, el resto han presentado en numerosas ocasiones una falta absoluta de precipitaciones y junto a ellas, en otras, precipitaciones por encima de los 100 mm. Fruto de todo ello los valores de desviación estandar de las observaciones resultan elevados. El mínimo es de 12,7 en febrero, mientras que el máximo lo aporta junio con 35,4, seguido por mayo con 33,6. La desviación crece conforme se incrementa el volumen pluviométrico medio mensual.

Pasando al análisis de la *intensidad de las precipitaciones*, sobre una media de 109,2 días de precipitación por año, los porcentajes que corresponden a cada intervalo de intensidad quedan tal y como sigue:

- Un 21,9% presentan un módulo inferior a 0,1 mm⁶.
- Un 17,7% entre 0,1 y 0,9 mm.
- Un 49,6% entre 1 y 9,9 mm.

6. Se trata de una precipitación inapreciable que en realidad no se considera a efectos del cálculo del módulo medio mensual.

- Un 9,8% entre 10 y 29,9 mm.
- Unicamente un 1% con 30 o más mm.

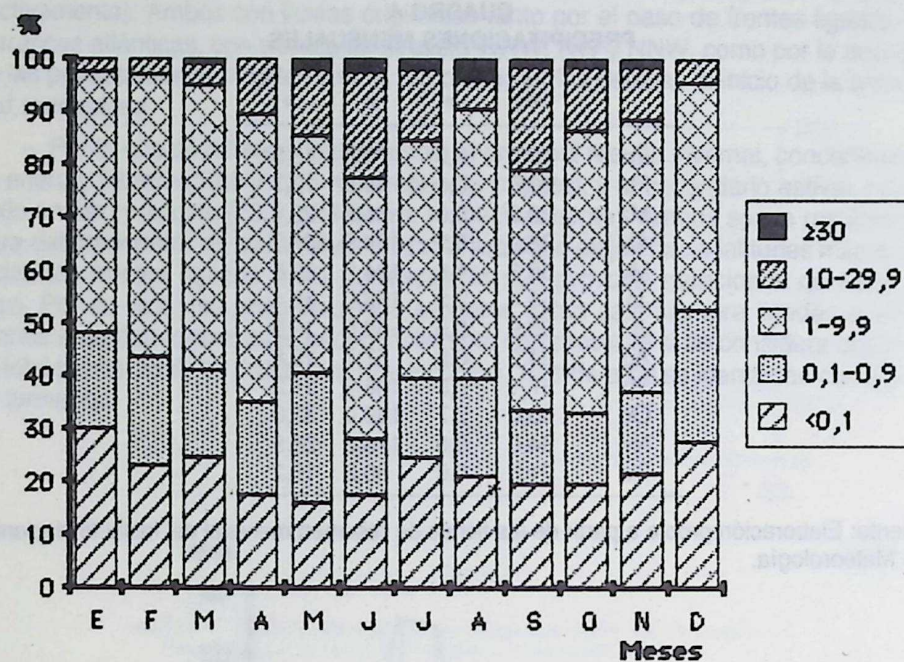


Figura 6. Días de precipitación según su intensidad

Atendiendo a la distribución mensual, se observa que desde el centro del invierno hacia el verano se produce un incremento en la intensidad de las precipitaciones, constatable a partir de la creciente importancia relativa que alcanzan los días de precipitación más intensa respecto al total mensual de días con precipitación (ver fig. 6). La importancia relativa de los días con precipitación inferior a 0,1 mm. presenta máximos de invierno-verano, y mínimos de primavera-otoño. Los comprendidos entre 0,1 y 0,9 y entre 1 y 9,9 mm. presentan una distribución más homogénea, sin máximos o mínimos definidos. Los incluidos en el intervalo de 10 a 29,9 mm. por su parte, presentan dos claros máximos equinociales, correspondiendo el mínimo al invierno. Finalmente, los días con precipitación superior o igual a 30 mm. cuentan con un ligero máximo estival, si bien pueden observarse desde marzo hasta noviembre.

Para finalizar este apartado no resta sino referirnos a la *distribución del régimen mensual de precipitaciones según diversos tipos de meteoro pluviométrico*: lluvia, nieve, granizo y tormenta.

Al respecto de las lluvias, conforman éstas el núcleo fundamental de los días con precipitación. Se verifica una media de 86,8 días de lluvia al año, con máximos y mínimos mensuales en perfecta correlación con el régimen pluviométrico general tal y como se puede apreciar en la fig. 7: máximos en las estaciones intermedias, mínimos en invierno y verano.

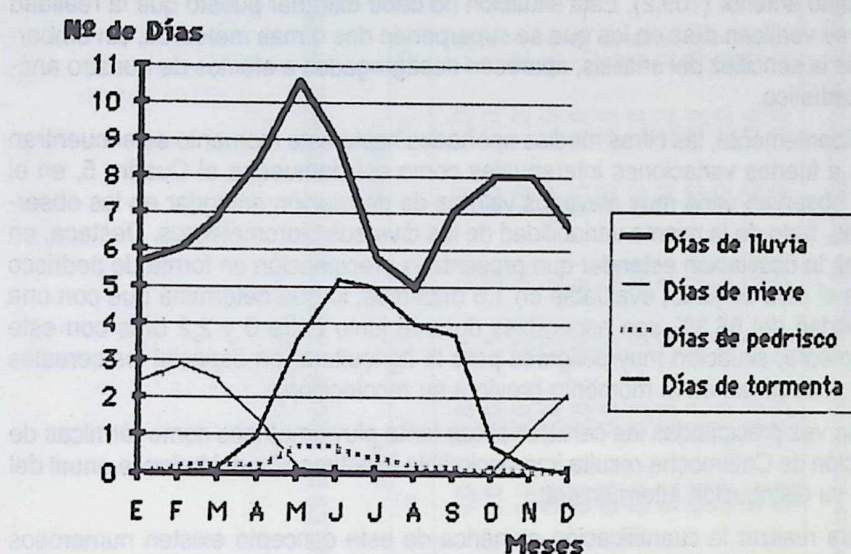


Figura 7. Distribución mensual de los días con precipitación según diversos tipos de hidrometeoros.

Por lo que respecta a los días de nieve, conforman un hidrometeoro secundario, con una frecuencia media anual de 12,8 días, distribuidos entre los meses de octubre a mayo, aunque cuando con una probabilidad máxima entre diciembre y febrero o incluso marzo. (Ver fig. 7). Los días de nieve están muy ligados a las ya comentadas "olas de frío".

Pasando a los días de precipitación en forma de pedrisco, la estación de Calamocha presenta una frecuencia media de 2,4 días al año, con una probabilidad de producirse que alcanza a todos los meses del año, si bien el máximo riesgo se concentra claramente de mayo a julio. (Ver fig. 7). Este tipo de precipitación se encuentra casi siempre ligado con el inicio de una actividad tormentosa provocada por una situación de "gota fría" en altura.

Finalmente, por lo que respecta al hidrometeoro tormenta, la media anual resulta de 22,9 días, con una distribución que alcanza a prácticamente todos los meses del año, si bien, la probabilidad entre noviembre y marzo resulta mínima, presentándose la máxima frecuencia entre mayo y septiembre. (Ver fig. 7). Las tormentas equinocciales se corresponden normalmente con el paso de frentes fríos en niveles altos. Las estivales tienen su origen tanto en situaciones de "vaguada fría" como de "pantano barométrico", en ambos casos favorecidas por la disposición del relieve.

Si se practica la suma total de días adjudicados a cada hidrometeoro (125) se observará que superan al número de días con precipitación que se han precipitado en el punto anterior (109,2). Esta situación no debe extrañar puesto que la realidad es que se verifican días en los que se superponen dos o más meteoros, sin embargo, dada la sencillez del análisis, aparecen desagregados a efectos de nuestro análisis estadístico.

Evidentemente, las cifras medias aportadas hasta este momento se encuentran sujetas a fuertes variaciones interanuales como así demuestra el Cuadro 5, en el que se observan unos muy elevados valores de desviación estandar en las observaciones, fruto de la misma variabilidad de los diversos hidrometeoros. Destaca, en especial, la desviación estandar que presenta la precipitación en forma de pedrisco durante el mes de junio, evaluable en 1,6 días/mes, lo que determina que con una probabilidad del 68,3% son esperables durante junio entre 0 y 2,2 días con este hidrometeoro, situación muy peligrosa para la agricultura, en especial los cereales que se encuentran en el momento previo a su recolección.

Una vez precipitadas las características tanto pluviométricas como térmicas de la estación de Calamocha resulta imprescindible la estimación del balance anual del agua y su distribución intermensual.

Para realizar la cuantificación numérica de este concepto existen numerosos índices, sin embargo en esta ocasión se utilizará únicamente uno, el ideado por Thornthwaite que se basa en el concepto de la "evapotranspiración potencial" (ETP). Según este autor, la ETP se puede definir como la cantidad de agua evaporada y transpirada por las plantas considerando un aporte ilimitado de la misma a lo largo del año. Cuando no hay agua suficiente para satisfacer la ETP, la cantidad realmente evaporada, "evapotranspiración real" (ETR), viene determinada bien por la precipitación, bien por ésta más la reserva hídrica del suelo caso de que exista. El posible déficit de agua observado es el que acaba determinado el concepto de aridez⁷.

7. El índice viene expresado por la siguiente fórmula matemática:

$$ETP = 1,6 \cdot (10 \cdot I/a)^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (T_i/5)^{1,5}$$

$$a = 0,492 + (0,0179 \cdot I) - (0,0000771 \cdot I^2) + (0,000000675 \cdot I^3)$$

ETP: Evapotranspiración potencial en cm.

I: Índice anual de calor.

a: constante.

El valor de la ETP así calculada corresponde a un mes estandar de 360 horas de luz. Para otros valores de insolación mensual, que irán en función de la latitud, la ETP debe ser corregida mediante su multiplicación por un factor.

CUADRO 5
DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACION SEGUN DIVERSOS TIPOS

	LLUVIA			NIEVE			PEDRISCO			TORMENTA		
	Md	m	M	Dv	Md	m	M	Dv	Md	m	M	Dv
E	5,6	0,0	14,0	3,9	2,5	0,0	11,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
F	6,0	0,0	14,0	4,0	3,0	0,0	8,0	2,1	0,2	0,0	1,0	0,2
M	7,0	0,0	14,0	3,6	2,5	0,0	9,0	2,7	0,2	0,0	2,0	0,5
A	8,4	0,0	16,0	4,2	1,4	0,0	16,0	4,2	0,1	0,0	5,0	1,4
M	10,6	2,0	23,0	5,2	0,1	0,0	2,0	0,4	0,7	0,0	3,6	0,0
J	8,8	2,0	17,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	5,2	3,7
J	5,8	0,0	14,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	4,9	3,3
A	5,0	0,0	12,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	4,0	2,8
S	7,1	0,0	17,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,7	0,0
O	8,0	1,0	18,0	4,3	0,0	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0	8,0	2,4
N	8,0	0,0	16,0	3,9	1,1	0,0	5,0	1,5	0,0	0,0	4,0	1,2
D	6,5	0,0	13,0	3,6	2,2	0,0	10,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

El balance del agua según Thornthwaite aparece en el Cuadro 6, a través del cual se observa como la ETP presenta máximos estivales y mínimos invernales, en correspondencia con el ritmo térmico de las medias. Desde septiembre hasta noviembre la ETP es superior a las precipitaciones, por lo que la ETR coincide con las precipitaciones puesto que no existe reserva. A partir de noviembre la precipitación comienza a superar a la ETP, de tal manera que la reserva inicia una variación positiva y una parte del agua inicia un relleno de los poros del suelo ($ETR = ETP$). Esto continúa hasta abril, para a partir de este mes iniciarse una tendencia negativa en la variación de la reserva del suelo dado el incremento de la ETP en relación a la precipitación (una parte del agua evapotranspirada procede de la reserva). A partir de junio se inicia ya un déficit ($ETC = \text{precipitación}$) que durará todo el verano.

La falta de agua aparece pues extendida de junio a octubre, pudiendo evaluarse en 22,4 cm/año, período éste coincidente con el de máxima demanda por parte de las plantas, de ahí la inapelable necesidad de riego que presentan aquéllas que se desarrollan en ese momento.

4. LOS VIENTOS

Si hasta este momento se ha utilizado para el análisis estadístico la serie histórica comprendida entre 1955 y 1986, para los vientos, por problemas de heterogeneidad en la recogida de información, se utilizará únicamente la serie 1975-86⁸.

Desde el punto de vista de la *dirección y frecuencia*, a partir de la observación de la Fig. 8 se pueden deducir las características fundamentales de la media anual de las direcciones de flujo.

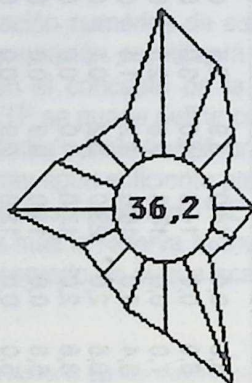


Fig. 8. Rosa anual de los vientos

8. El problema radica en que entre 1955-74 la información referida a vientos diferenció únicamente entre ocho direcciones, sin embargo, a partir de 1975 pasan a diferenciarse 12, lo que implica un incremento del detalle que inutiliza la información anterior.

**CUADRO 6
FICHA HIDRICA**

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	AÑO
Temp (°C)	16,7	11,1	6,1	3,2	3,1	3,9	6,1	8,0	12,3	16,2	20,2	19,8	10,5
Precip (cm)	3,7	4,0	3,4	2,1	1,9	2,0	3,0	3,8	5,6	5,5	2,7	2,4	40,1
Indice calor	6,2	3,3	1,3	0,5	0,5	0,7	1,3	2,0	3,9	5,9	8,3	8,0	41,9
ETP corr (cm)	5,2	4,8	2,1	0,9	0,9	1,2	2,5	3,8	7,0	9,7	12,8	11,6	62,5
Var. reserva	0,0	0,0	1,3	1,2	1,0	0,8	0,5	0,0	- 1,4	- 3,4	0,0	0,0	0,0
Reserva	0,0	0,0	1,3	2,5	3,5	4,3	4,8	4,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR (cm)	3,7	4,0	2,1	0,9	0,9	1,2	2,5	3,8	7,0	8,9	2,7	2,4	40,1
Déficit	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	10,1	9,2	22,4
Exceso H ² O	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ia	35,84												
Ih	0,0												
Im	-21,50												
C	54,56%												

Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

CUADRO 7
DIRECCION Y FRECUENCIA DE LOS VIENTOS EN CALAMOCHA (%)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALMA
En	8,1	4,4	1,2	0,3	0,7	0,4	0,1	5,4	4,4	3,7	2,4	2,8	7,6	5,2	4,9	5,1	43,3
Fb	8,3	3,7	1,8	0,5	1,5	0,7	0,3	12,1	5,2	4,7	3,1	3,5	11,5	5,2	4,8	3,2	29,9
Mz	11,9	6,1	2,0	1,9	1,4	0,2	0,1	8,1	3,0	3,0	2,4	3,0	9,3	8,4	5,4	5,9	27,9
Ab	16,4	10,0	2,1	2,0	3,5	1,7	0,3	10,3	4,5	3,7	2,4	1,8	7,4	3,0	4,4	5,0	21,5
My	9,5	8,7	2,5	1,2	2,5	1,7	1,2	1,8	5,7	2,2	2,4	2,4	10,2	4,0	3,6	3,7	36,7
Jn	8,7	11,3	4,7	1,1	4,3	1,4	0,5	10,0	4,9	1,7	1,8	2,0	6,9	5,0	1,9	1,0	32,8
Jl	11,0	8,2	2,8	2,4	4,0	3,2	0,9	7,1	6,4	1,4	1,5	1,9	6,1	3,0	2,3	2,1	35,7
Ag	13,0	8,2	2,2	1,8	6,1	1,7	1,0	15,7	3,2	1,9	2,5	2,1	5,8	2,5	1,2	3,0	28,1
Sp	7,3	7,7	4,2	2,2	5,1	1,8	0,3	12,0	3,0	2,7	1,7	1,4	4,9	2,0	2,6	1,2	39,9
Oc	8,1	5,2	1,7	0,5	2,5	1,7	0,7	7,6	4,2	4,0	1,7	2,1	6,3	5,2	3,1	3,0	42,4
Nv	8,6	2,9	1,5	0,5	1,0	1,4	0,8	7,8	5,2	3,7	2,6	2,1	4,1	4,5	3,7	3,9	45,7
Dc	3,7	3,4	0,9	0,3	0,3	0,4	0,7	5,2	3,3	3,3	3,7	3,2	8,7	5,6	3,5	3,7	50,1
Año	9,5	6,7	2,3	1,2	2,7	1,4	0,6	8,9	4,4	3,0	2,3	2,3	7,3	4,4	3,4	3,4	36,2

Fuente: Elaboración a partir de las fichas de resumen mensual del Instituto Nacional de Meteorología.

A este respecto, destacan claramente tres agrupaciones de direcciones predominantes:

- La conformada por el binomio N y NNE que con un 16,2% de las observaciones ocupan el primer lugar en cuenta a frecuencia.
- El segundo lugar viene dado por las direcciones SSE y S, con una frecuencia conjunta del 13,3%.
- El tercero por las direcciones W y WNW, con una frecuencia del 11,7%.

La frecuencia anual de observaciones con viento resulta del 63,8% por lo que las calmas, en el sentido de ausencia de viento, se puede evaluar en un 36,2% de las observaciones.

En lo que respecta a la distribución mensual de las direcciones de viento, el Cuadro 7 presenta una síntesis de las mismas. De su observación se deduce que, según la dominancia direccional del viento, se puede dividir el año en dos mitades aproximadamente iguales y con características diferentes:

– La primera comprende desde la segunda mitad del otoño hasta finales de la primavera, período éste en el que se verifica un predominio de las direcciones incluídas en el “cuarto cuadrante” de la teórica rosa del vientos, con una frecuencia conjunta de flujo entre un 25 y un 40% del total de las observaciones. El porcentaje se incrementa progresivamente desde octubre hasta marzo, para posteriormente iniciar una disminución hacia junio. En general, los vientos incluídos en este cuadrante conforman los denominados “regañón” (cuando la componente general resulta W) y “cierzo” (cuando la componente rota a N), ambos de características frías. Como direcciones subdominantes cabe destacar las incluídas en el “segundo cuadrante”. Al respecto de las calmas, esta primera mitad del año presenta el máximo de observaciones de este tipo.

– La segunda incluye los meses estivales y la primera mitad del otoño. En esta, si bien los vientos del “cuarto cuadrante” siguen teniendo gran importancia, ésta decae a medida que avanza el verano y se incrementa el porcentaje de flujo de los comprendidos en el “segundo cuadrante” (15-30% del total de las observaciones), con una componente principal SSE, fundamentalmente cálidos y secos, conocidos como “bochorno”. Paralelamente, las observaciones en calma disminuyen.

Al respecto de la *velocidad*, de la información facilitada por el Instituto Nacional de Meteorología se deduce una velocidad media anual del viento de 12,6 km/h, si bien se observa un predominio de la frecuencia comprendida en el intervalo entre 0-5 km/h (44,4% de las observaciones), seguida por el intervalo 13-20 km/h (22%), por el 21-32 km/h (15,8%) y por el 6-12 km/h (11,8%). Las observaciones con más de 33 km/h resultan escasas, sumando en conjunto únicamente un 5,8%.

La distribución intermensual de la velocidad del viento (ver fig. 9) pone en evidencia un incremento de la misma desde el centro del invierno hacia el inicio de la primavera, para posteriormente disminuir nuevamente camino del invierno. El hecho se constata a partir de la pérdida de importancia porcentual de los intervalos de velo-

ciudad más baja (0-5 y 6-12 km/h) y un paralelo incremento de las velocidades medias (13-20 y 21-32 km/h). El esquema únicamente queda ligeramente distorsionado al considerar aquellas superiores a 33 km/h, que presentan un claro máximo de frecuencia en invierno-principios de primavera, durante los meses de diciembre-enero para aquellas superiores a 50 km/h, durante marzo-abril para las comprendidas entre 33-50 km/h, y mínimos durante la segunda mitad de la primavera.

Figura 9. Distribución mensual de la importancia relativa de la velocidad de flujo del viento (En km/h).

5. CONCLUSIONES

Para finalizar este artículo, no resta sino la definición de una serie de conclusiones que presenten lo más representativo de lo tratado al respecto de las diversas variables climáticas estudiadas, así como el establecimiento de las correspondientes relaciones entre el clima y el desarrollo de los cultivos.

Pluviométricamente la estación se caracteriza por un total modesto y sujeto a una gran irregularidad interanual (401,4 mm/año, cifra muy pequeña si se considera

la altura del observatorio, aunque condicionada por el efecto sombra que producen las barreras topográficas dispuestas transversalmente a la dirección de fluencia de los principales vientos en este sector del valle), con máximos equinocciales y verano seco desde el punto de vista del balance hídrico (el déficit se sitúa en 22,4 cm.), por lo tanto con tendencia a la aridez. Por lo demás, se trata de precipitaciones con una intensidad media (un 49,6% de los días con precipitación aportan entre 1 y 9,9 mm.). En su mayor parte son días de lluvia (69,4% de los días de precipitación), si bien no se encuentran ausentes los días nieve (10,2%), los de tormentas (18,3%) o incluso el pedrisco (1,9%), hidrometeoro, éste último, especialmente nocivo por sus negativos efectos sobre una agricultura que muy difícilmente puede luchar contra él.

Térmicamente, las principales características se refieren a la existencia de un invierno frío (3,1° como media de enero), con abundantes heladas (117,8 días/año distribuidos desde finales de septiembre a primeros de junio, aún cuando un 69,8% concentrados de diciembre a marzo) que limitan notablemente el período vegetativo así como la gama de los cultivos posibles y un verano cálido (20,2° en julio). La oscilación térmica media anual se sitúa en 17,1°. La temperatura media anual resulta de 10,4°, la media de las máximas de 17,7°, la media de las máximas absolutas de 22,1°, la media de las mínimas de 3,5° y la media de las mínimas absolutas de -3,0°.

Desde el punto de vista de los vientos destacan tres grupos de direcciones predominantes de flujo: el primero viene conformado por las direcciones N y NNE (16,2% de las observaciones), el segundo por las direcciones SSE y S (13,3%) y el tercero por las W y WNW (11,7%). Las calmas se extienden a un 36,2% de las observaciones y las velocidades predominantes se encuentran entre 0-5 km/h. (44,4% de las observaciones), ocupando el segundo lugar las comprendidas entre 13-22 km/h. (22,0%).

Visto todo este conjunto de características climáticas, la estación de Calamocha se puede encuadrar en el conjunto de climas templados de interior peninsular, siendo definible como mediterráneo continentalizado. Desde otro punto de vista, siguiendo la formulación para clasificación climática ideada por Thornthwaite se trata de un clima D B₁ y d b₃, en definitiva: semiárido, mesotérmico, con una falta de agua pequeña y con una concentración estival de la eficacia térmica medio-baja. Por su parte, siguiendo la clasificación agroclimática de Papadakis, la estación considerada presenta un invierno tipo "trigo-avena" (Tv), un verano tipo "triticum menos cálido" (t), y un régimen de humedad "mediterráneo seco" (Me).

En un intento de relacionar el clima con el desarrollo agrario de la zona, de forma general, se puede afirmar que todo el espacio caracterizable a partir de la información suministrada por la estación de Calamocha cuenta con una base climática escasamente favorable para el desarrollo agrícola, ya que al lado de la importante longitud del período de heladas se sitúa una pluviometría escasa e irregular que origina una prácticamente nula seguridad en las cosechas (en secano) e infiere una necesidad de practicar el regadío en aquellos sectores donde es posible como sistema tanto para conseguir seguridad como para incrementar las producciones.

Resulta una verdad ineludible afirmar que la mayor parte de los cultivos actuales, practicados en el entorno geográfico de la estación se encuentran constreñidos

por el clima, tanto en lo que se refiere a su adaptabilidad como a los rendimientos potenciales. Sin embargo, tan importante como esta apreciación resulta el pensar que lo realmente negativo es que ese clima limita la gama a los más resistentes, cereales y algunas leguminosas fundamentalmente en secano, a los que hay que añadir (con la excepción del maíz que se encuentra prácticamente en su límite ecológico) patata, remolacha azucarera y forrajeras en regadío, siendo esto algo contra lo que difícilmente se puede luchar. Quedan fuera otros muchos ya que los rangos climáticos extremos de la estación considerada exceden a los límites ecológicos de su adaptabilidad potencial, con especial incidencia de los leñosos o incluso las hortalizas de fruto y flor, la mayor parte de las oleaginosas y bastantes de los cereales de primavera por lo que respecta a los grupos de cultivos más importantes.

6. BIBLIOGRAFIA

Ascaso, A. y Cuadrat, J.M. "El clima". *Geografía de Aragón*, tomo I. Guara Editorial. Zaragoza, 1981, Pp. 93-140.

Capel, J.J. *Los climas de España*. Editorial Oikos-Tau. Colección Ciencias Geográficas. Barcelona. 429 pp.

Ceotma. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenidos y metodología*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Serie: Manuales 3. Madrid, 1984. Pp. 71-123.

Instituto Nacional de Meteorología. *Datos mensuales del observatorio de Calamocha 1955-1986*.

Mapa, Dirección General de la Producción Agraria, Subdirección General de la Producción Vegetal: *Caracterización Agroclimática de la provincia de Teruel*. Madrid, 1985.