

CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICAS SOBRE EL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA (GRANADA).

A. PULIDO BOSCH*, M. PULIDO BOSCH** y F. RODRIGUEZ MARTINEZ***

RESUMEN

En este trabajo se realiza, en primer lugar, un análisis de los principales parámetros climáticos (precipitaciones y temperaturas) en un amplio sector de Sierra Nevada y su periferia occidental, contrastando los resultados con las aportaciones esenciales hechas con anterioridad, principalmente en lo referente a métodos de deducción de totales pluviométricos y gradientes térmicos. Se estudia también la evapotranspiración según el método de Thornthwaite y se concluye con el ensayo de una tipología climática basada en el sistema de Köppen.

SUMMARY

This study comprises, in the first place, of an analysis of the main climatic parameters (precipitation and temperatures) of a large sector of Sierra Nevada on its western edge. The results are compared with the main studies carried out previously, principally with relation to the system of rain gauge used and temperature gradients. Evapotranspiration is also studied by means of the Thornthwaite method and the work concludes with an analysis of a climate type based on Köppen's system.

RESUME

Dans ce travail nous réalisons, en premier lieu, une analyse des principaux paramètres climatiques (précipitations et températures) dans un vaste secteur de Sierra Nevada et sa périphérie occidentale, contrastant les résultats avec les apports essentiels faits antérieurement, principalement quant aux méthodes de déduction de totaux pluviométriques et de gradients thermiques. Nous étudions aussi l'évapo-transpiration selon la méthode de Thornthwaite et nous concluons avec un essai d'une typologie climatique basée sur le système de Köppen.

(*) Prof. Adjunto de Hidrogeología. (**) Licenciado en Geografía. (***) Prof. Adjunto de Geografía

I. INTRODUCCION

El sector estudiado, ubicado en la provincia de Granada, queda comprendido entre la línea poligonal que une los núcleos de Güéjar Sierra–Orgiva–Albuñuelas–Granada (fig. 1). El intervalo de altitud que abarca queda comprendido entre menos de 400 m (Valle de Lecrín) y más de 2.000 m (estribaciones de Sierra Nevada).

Son numerosos los estudios sobre aspectos climatológicos que se refieren a parte del área de estudio o a áreas más amplias, con diferentes enfoques. Como base de estudios hidrológicos se tienen los de CASAS (1975), PASCUAL (1975), YAGUE y FERNANDEZ–RUBIO (1976), MORELL (1976), PULIDO BOSCH (1980). Con datos referidos a Granada capital se encuentran los estudios de OCAÑA – (1974); con aspecto más estrictamente climatológico se tienen los trabajos de BOSQUE (1957) y CAPEL (1971). Otros estudios de interés son los de MESSERLI (1965), PRIETO (1971), KOTLARIS (1971), VILLEGAS (1972), FERNANDEZ–RUBIO (1975), FERRANDO y MARTINEZ (1975), RODRIGUEZ MARTINEZ et al. (1981)...

Sobre la base del estudio de las precipitaciones (cuantificación y distribución espacial) y de las temperaturas, vamos a estimar las evapotranspiraciones potencial y real según diversos métodos, para finalmente realizar la clasificación climática del sector.

II. PRECIPITACIONES

1. Datos de base y su tratamiento

El número de estaciones pluviométricas que funcionan o funcionaron en su momento en el sector estudiado es de treinta y cinco, aunque tan sólo veinte y tres presentan un registro suficiente extenso, por lo que no hemos tenido en cuenta a las demás. La mayor densidad de estaciones corresponde a las áreas bajas (fig. 2), lo cual constituye un inconveniente al momento de evaluar la precipitación total caída, dado lo accidentado del relieve.

De las estaciones retenidas para el estudio hemos recopilado los datos mensuales del periodo de 20 años hidrológicos 1955/56–1974/75, procedentes de diversos archivos (Boletines Meteorológicos, Instituto Nacional de Meteorología, Compañía Sevillana de Electricidad, etc.).

Existían muchas lagunas en las series originales por lo que se procedió a valorarlas y completarlas, según dos métodos diferentes:

- Para años donde faltaban los datos de tres o menos meses, hemos seguido

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

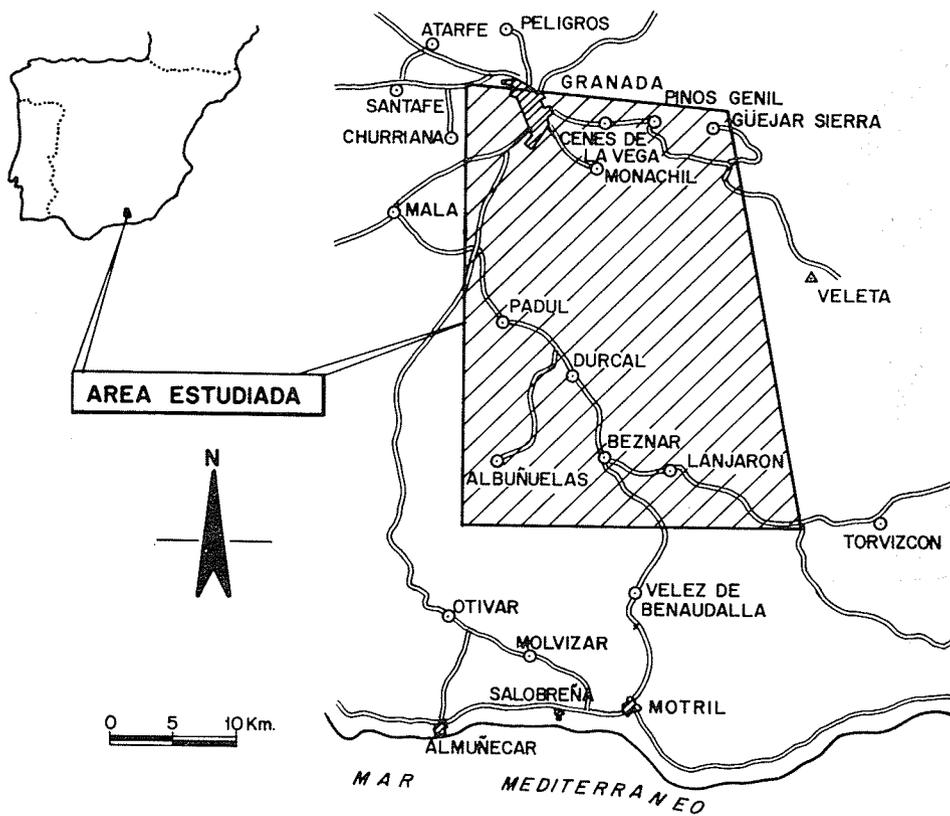


Fig. 1.- Localización geográfica del sector estudiado

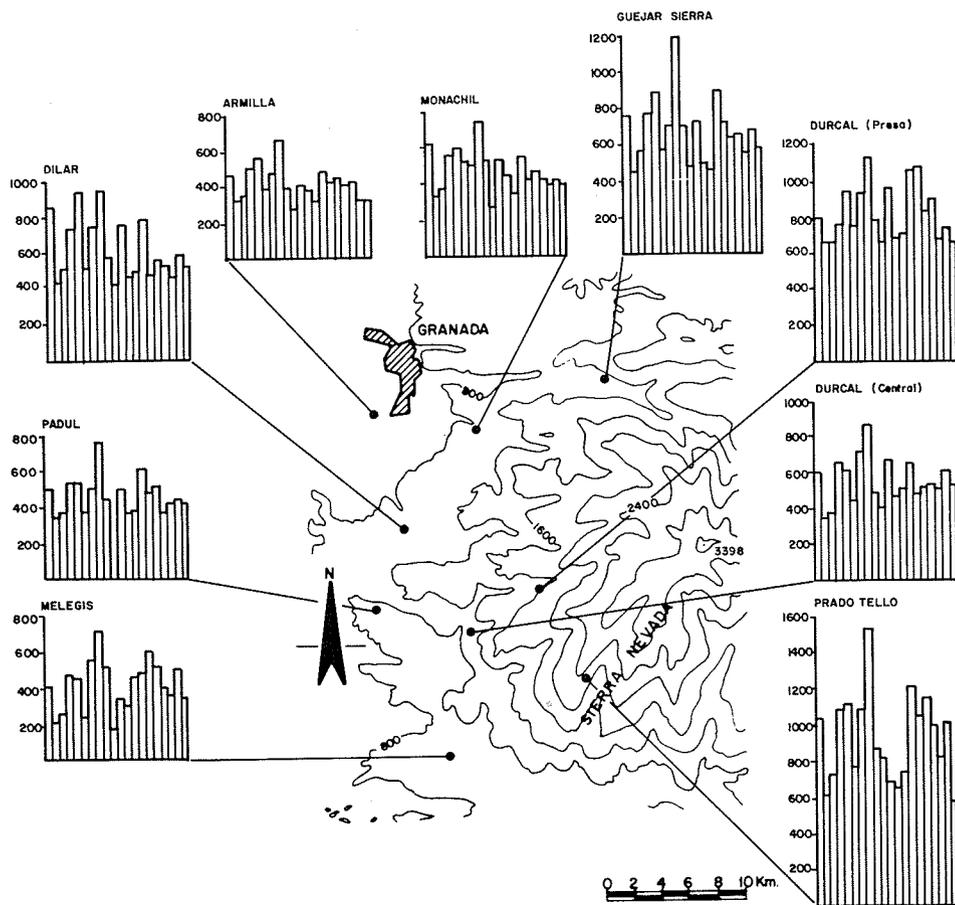


Fig. 2.- Precipitaciones anuales en varias estaciones (período 1955/56-1974/75; cifras en mm)

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

el método del U. S. Weather Bureau, que consiste en estimar dichos valores en base a la media de los datos o de dos o tres estaciones cercanas y de características similares.

- Para los años carentes de registro o lagunas de más de tres meses en un año, hemos seguido el método estadístico de correlación; cada estación con lagunas en sus series ha sido correlacionada con las de su entorno, obteniéndose la ecuación de la recta de regresión y el coeficiente de correlación; el completado de la serie se efectuó en cada caso con la de mayor coeficiente de correlación, siempre superior a $\pm 0,7$, y con estaciones de elevado número de años comunes. El completado por este método se ha hecho exclusivamente a nivel anual.

Una vez completadas las series se procedió a su estudio comparativo, con el fin de detectar posibles errores accidentales o sistemáticos. Para ello hemos utilizado el método de las "dobles masas", descrito en HERAS (1972) y utilizado en muchos estudios posteriores (PORTERO y FERNANDEZ-RUBIO, 1975; PULIDO BOSCH, 1979...).

A grandes rasgos, este método consiste en comparar, en unos ejes cartesianos, los valores acumulados de las precipitaciones de la estación a contrastar, con los acumulados de una estación tipo, media de los valores de varias estaciones (de tres a diez) cercanas y de características similares. Estos valores así representados, se alinean según una línea recta, cuando no existen errores; los errores sistemáticos se manifiestan por un cambio de la pendiente a partir del año anómalo; los errores accidentales de la serie contrastada se traducen en desplazamientos paralelos de la recta a partir del año de dato erróneo.

2. Las precipitaciones y su régimen

En la figura 3 representamos la distribución de las precipitaciones medias mensuales de 14 estaciones pluviométricas que cubren gran parte del área de estudio; en ella se puede observar que el máximo pluviométrico medio mensual más generalizado se registra durante el mes de Diciembre, con excepción de las estaciones de Monachil, Pinos Genil y Güéjar Sierra, que lo registran durante el mes de Marzo, el cual constituye a su vez otro máximo mensual medio relativo en el resto de las estaciones.

De igual manera se puede constatar que durante los meses de Julio y Agosto las precipitaciones son prácticamente inexistentes, salvo eventuales tormentas. Los meses de Junio y Septiembre arrojan también valores mínimos que raramente superan los 30 mm de media para el periodo estudiado. Otra característica de las precipitaciones del área es la gran dispersión respecto de la media, de los valores medios, tanto a nivel mensual como anual.

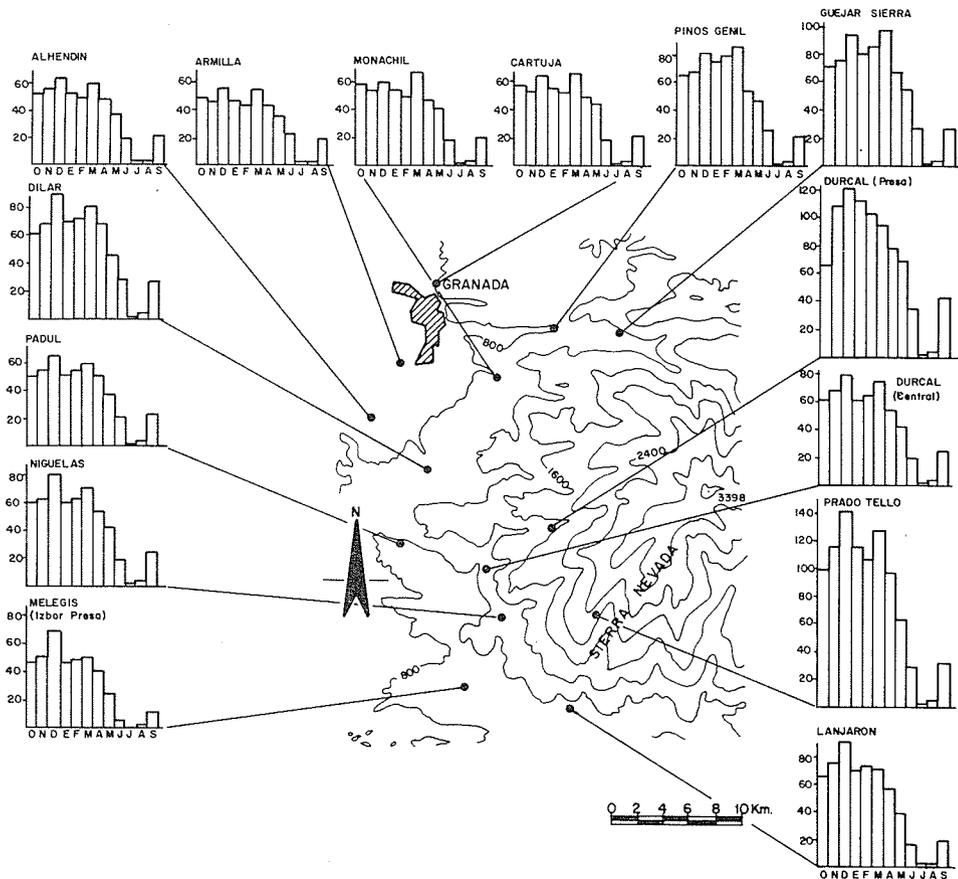


Fig. 3.- Histogramas de algunas estaciones pluviométricas (medias del período 1955/56-1974/75; cifras en mm.)

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

En lo referente al número de días en el año que registran precipitaciones, de acuerdo con los datos de las estaciones de Cartuja y Granada C.H.G., para el período estudiado resulta un valor medio de 83 días/año (apenas el 23% de los días), con un máximo de 117 días en 1962/63 y un mínimo de 54 en 1957/58. El mes que registra una media más elevada es el de Marzo, con 10,8 días. Alcanzan o superan la media de 9 días/mes de precipitación, además, los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Abril; Octubre y Mayo superan la media de 7 días/mes, mientras que Junio y Septiembre no llegan a 5 días/mes. Por último, Julio (0,2) y Agosto (1,2) registran los mínimos.

Por su parte BOSQUE (1957), en este mismo área, contabiliza 88 días/año de lluvia como media del periodo 1902/56, con 11,2 días en Marzo y 1,2 en Julio. VILLEGAS, para las estaciones de Aguadero (Padul) y Lanjarón, encuentra un valor medio de sólo 60 días/año, para el período de veinte años 1947/66. De acuerdo con este último dato, se deduce que el número de días que registran precipitación, decrece considerablemente hacia el borde meridional de Sierra Nevada.

3. Relación precipitación-altitud

Con las precipitaciones medias anuales de las 23 estaciones consideradas y sus respectivas cotas sobre el nivel del mar, hemos construido el gráfico de la figura 4; de esta figura se deduce que la precipitación se incrementa a medida que aumenta la altitud, como cabía esperar. En dicho gráfico hemos representado con símbolo diferente las estaciones ubicadas en la mitad meridional, con el fin de evidenciar la influencia de la orientación.

Se observa la existencia de una gran dispersión de los valores de las precipitaciones de las estaciones situadas a baja cota, que ponen de manifiesto que la altitud no es el único condicionante de la precipitación en el sector, sino que afectan muchos otros factores (FRONTANA, 1980; FRONTANA y RODRIGUEZ MARTINEZ, 1981...). Se deduce del gráfico, además, la existencia de tres estaciones especialmente anómalas: Pampaneira, Pórtugos y Albergue Universitario. Las dos primeras deben estar influenciadas por la existencia de una alta alineación montañosa entre Sierra Nevada y el mar (Sierras de Lújar y Contraviesa), entre otros factores relacionado con la exposición y altitud.

El bajo valor de la precipitación que registra Albergue Universitario con respecto a su altitud, se interpreta como debido a la irregularidad de las medidas y la dificultad de obtener registros fiables aunque posiblemente, también, con el hecho de ser la única estación situada por encima del nivel altitudinal de máxima pluviosidad, tras el cual descenderían los valores de lluvia en beneficio de una mayor precipitación nivosa que no se registra adecuadamente (RODRIGUEZ

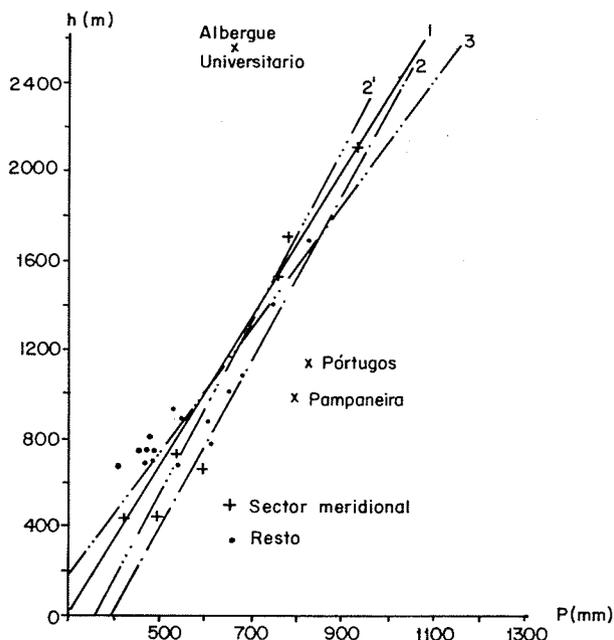


Fig. 4.- Relación precipitación-altitud en el área estudiada; rectas de regresión. 1) total estaciones; 2) sector meridional; 2') sector meridional sin considerar Pórtugos y Pampaneira; 3) resto del área.

MARTINEZ, 1981). La poca fiabilidad de los datos de esta estación fué ya puesta de manifiesto por PRIETO (1971) y YAGUE (1975); es por ello que parece poco probable que la presente anomalía se deba a la existencia de un "umbral nivométrico" por debajo de la cota de la estación. El análisis de los caudales de los ríos que drenan este borde de Sierra Nevada apoya la ausencia de este umbral (PULIDO BOSCH, 1979), ya que se trata de regímenes nivopluviales y no sólo pluviales.

La ecuación de la recta que relaciona la precipitación P con la altitud H , para el total del área es $P \text{ (mm)} = 0,3 H \text{ (m)} + 298$, con un coeficiente de correlación de 0,93; el gradiente pluviométrico sería, por tanto, de 30 mm/100 m.

De considerar sólo las estaciones del borde meridional, la ecuación es $P \text{ (mm)} = 0,26 H \text{ (m)} + 399$ con $r = 0,87$; de no tomar en cuenta las estaciones de Pórtugos y Pampaneira, la nueva ecuación es: $P \text{ (mm)} = 0,26 H \text{ (m)} + 354$ con $r = 0,97$. Para el resto del área la ecuación de la recta de regresión vale $P \text{ (mm)} = 0,367$

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

H (m) + 230, con $r = 0,90$. Se observa como el gradiente pluviométrico es inferior en el borde meridional (26 mm/100 m) al del resto del área (36,7 mm/100 m) si bien en este último la ordenada en el origen tiene un valor menor (230 frente a 354).

4. Los mapas de curvas isoyetas

Con los datos de las veintitres estaciones del área hemos dibujado los planos de las figuras 5, 6 y 7 correspondientes a las isoyetas del año medio, del año más húmedo (1962/63) y del más seco (1956/57) del período de 20 años estudiado.

En estos planos se puede observar la gran variación de las precipitaciones, tanto en el espacio como en el tiempo. La precipitación del año medio está comprendida entre algo menos de 400 mm en las proximidades de Armilla y más de 800 mm al Este del Trevenque; el Valle de Lecrín y su prolongación hacia Orgiva, registran asimismo valores mínimos, comprendidos entre 450 y 500 mm. respectivamente. La precipitación caída en el área es de unos 200 Hm³, equivalentes a una lámina de agua de 580 mm.

Para el año húmedo, la lámina de agua es de 920 mm (320 Hm³), mientras que la del año seco es de 385 mm (135 Hm³). Tanto las isoyetas del año más húmedo como las del año seco, presentan una forma similar, variando tan sólo los valores de las mismas.

III. TEMPERATURAS

Los datos termométricos existentes en el área de estudio son mucho menos numerosos que los de precipitaciones; las estaciones disponibles así como los períodos de registro, altitud y temperatura anual, se reflejan en el cuadro adjunto. En la figura 8 se representan las temperaturas extremas, máximas, medias y mínimas, medias de los períodos de registro. Los valores mínimos medios se registran durante los meses de Diciembre y Enero, y las máximas medias durante los meses de Julio y Agosto. Prácticamente todo el área de estudio se sitúa por debajo de la isoterma media anual de 15° C, decreciendo la temperatura de forma considerable a medida que aumenta la altitud.

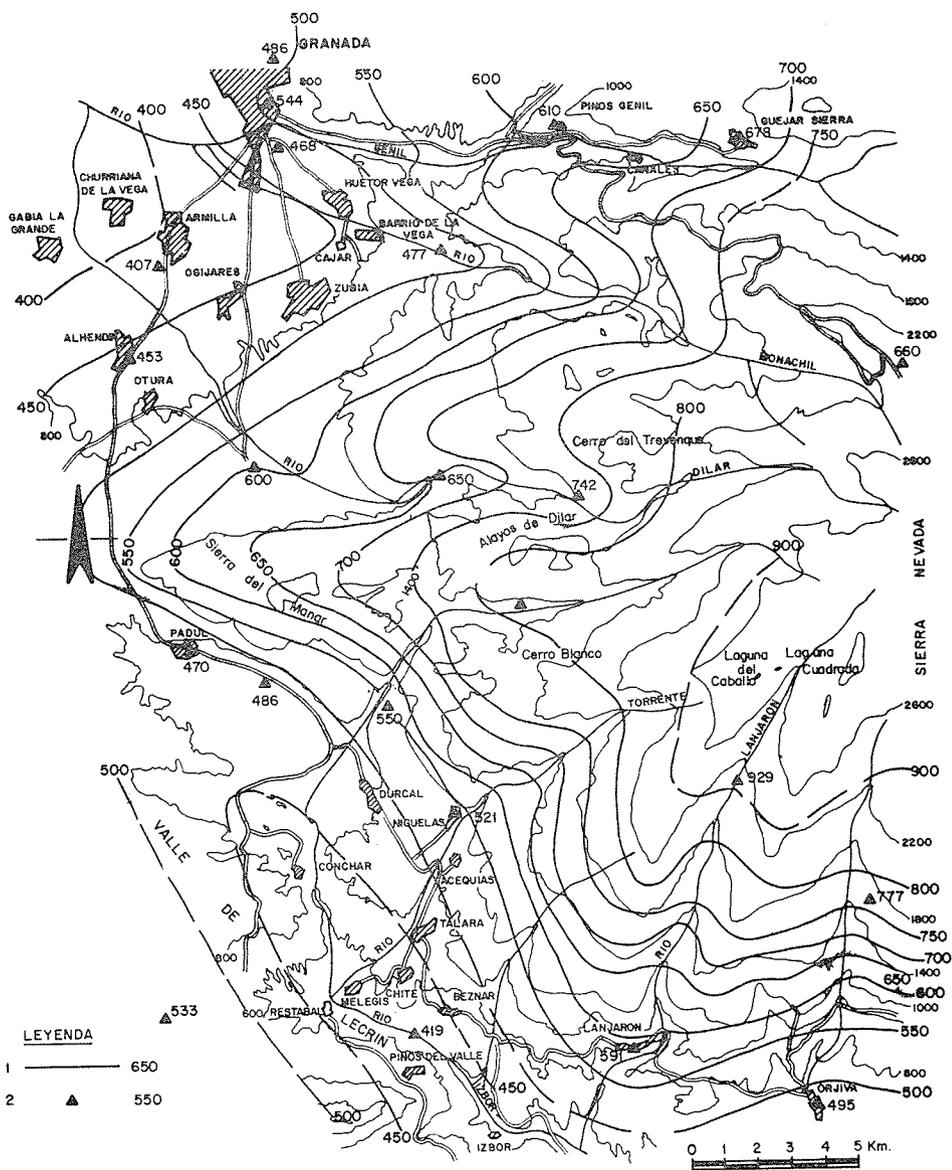


Fig. 5.- Curvas isoyetas medias del período 1955/56-1974/75. 1) curva isoyeta y su valor en mm.; 2) estación pluviométrica.

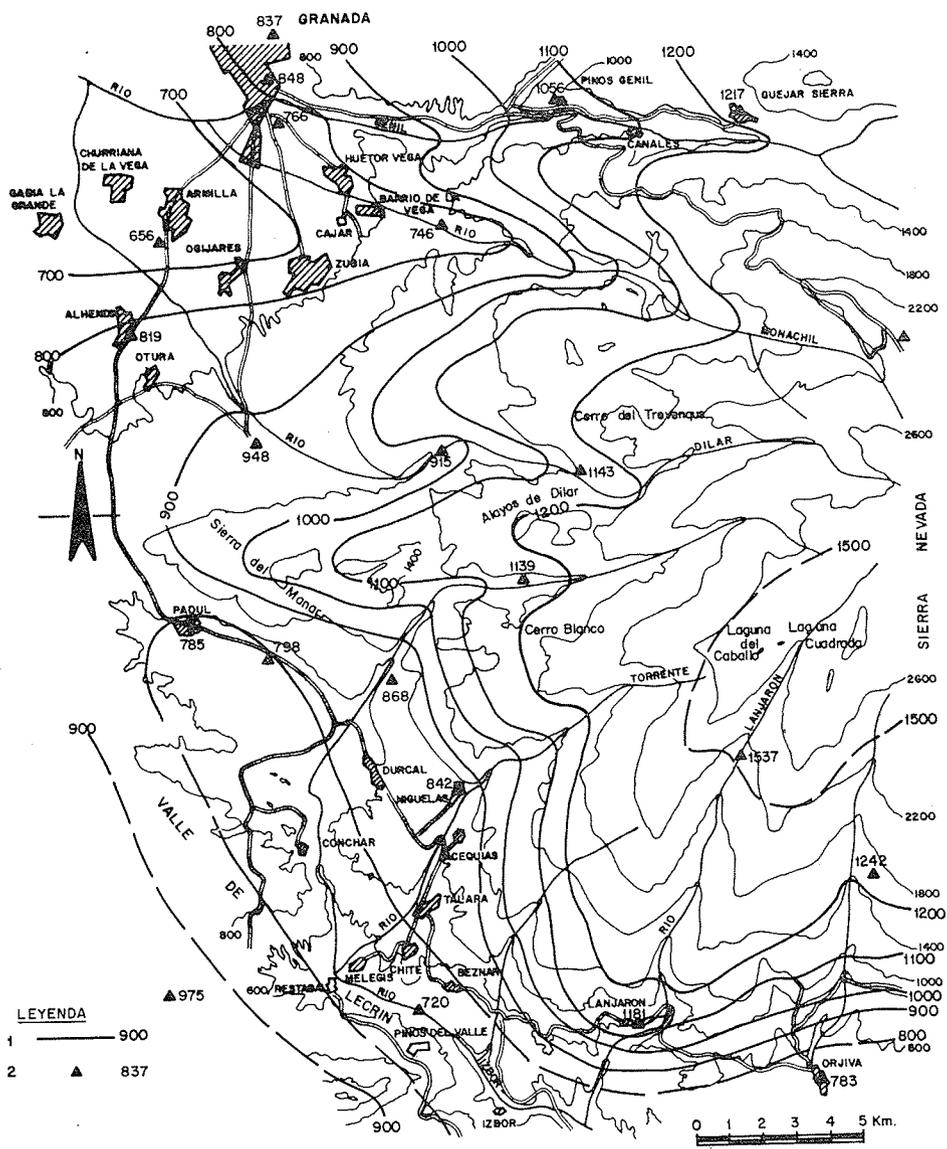


Fig. 6.- Curvas isoyetas del año más húmedo (1962/63) del periodo estudiado. 1) curva isoyeta y su valor en mm.; 2) estación pluviométrica.

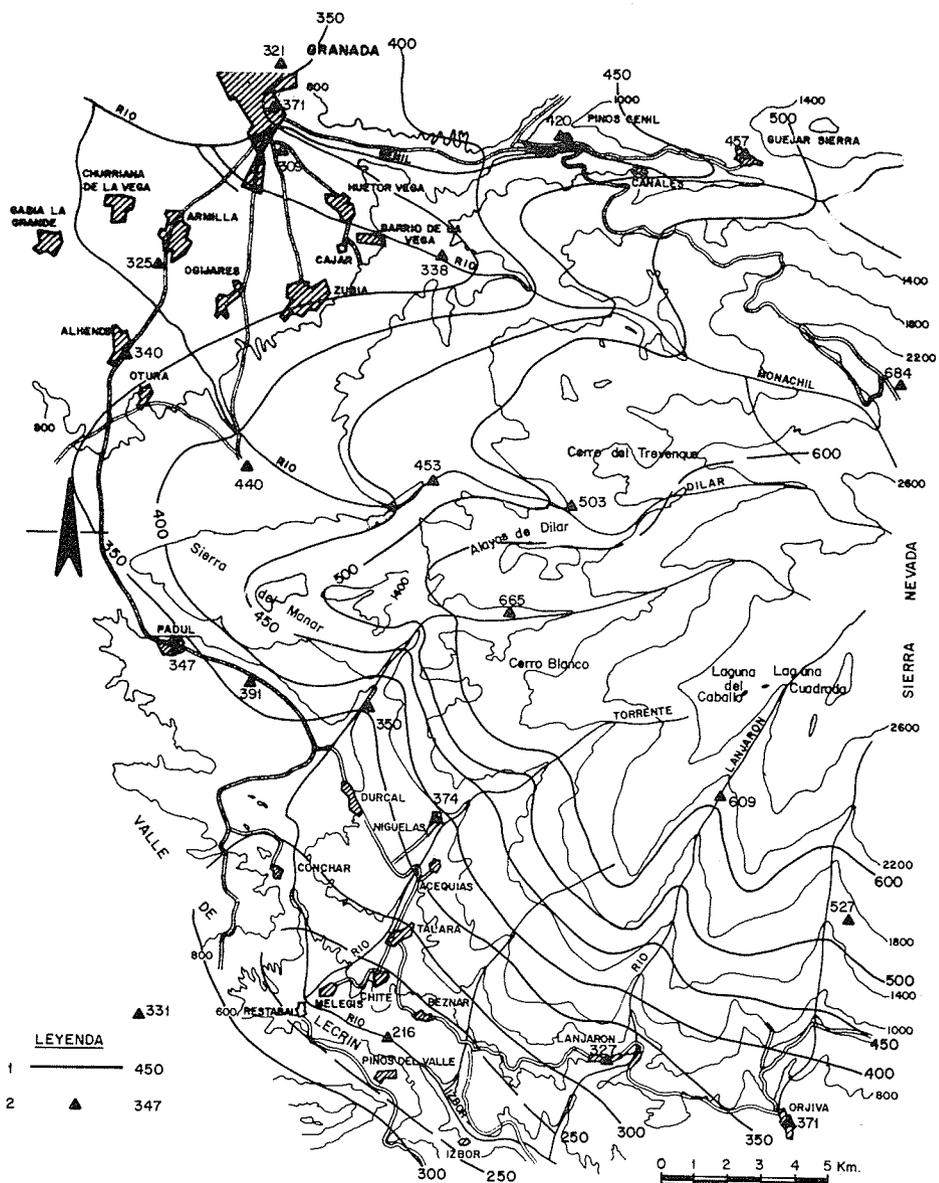


Fig. 7.- Curvas isoyetas del año más seco (1956/57) del período estudiado. 1) curva isoyeta y su valor en mm.; 2) estación pluviométrica.

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

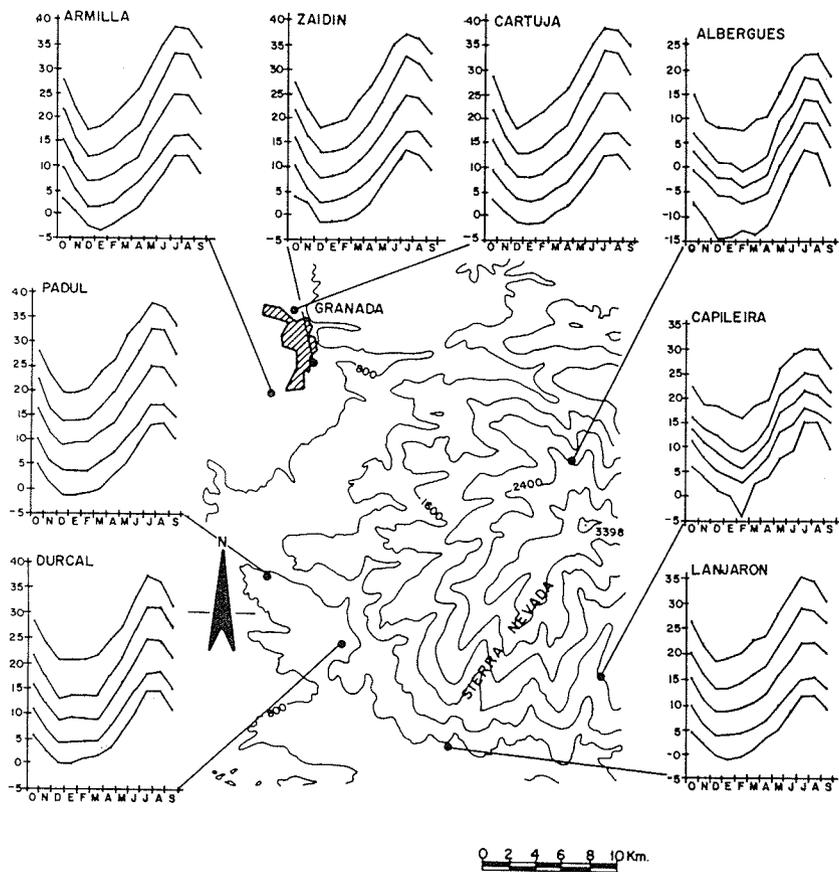


Fig. 8.- Temperaturas máximas extremas, máximas medias, medias, mínimas medias y mínimas extremas en ocho estaciones del área de estudio.

<u>ESTACION</u>	<u>PERIODO REGISTRADO</u>	<u>ALTITUD</u> (m.s.n.m.)	<u>MEDIA</u> <u>ANUAL °C</u>
ALBERGUES	1972/73 - 1976/77	2.520	3,3
ARMILLA	1955/56 - 1974/75	664	14,9
CAPILEIRA	1952/53 - 1956/57	1.430	13,4
CARTUJA	1955/56 - 1966/67	695	15,2
DURCAL (Central)	1972/73 - 1974/75	890	15,5
LANJARON	1970/71 - 1975/76	890	15,5
ORGIVA	1955/56 - 1974/75	665	14,5
PADUL	1960/61 - 1974/75	450	16,6
SOPORTUJAR	1955/56 - 1956/57	753	15,8
ZAIDIN	1961/62 - 1974/75	753	15,8
	1965/66 - 1975/76	1.700	12,8
	1962/63 - 1974/75	685	15,2

Cuadro 1.- Estaciones termométricas.

La fluctuación térmica entre los valores extremos medios, a lo largo del año, es muy considerable y alcanza los 40° C si bien se observa una notable amortiguación de esta fluctuación hacia el Sur (Lanjarón, Capileira y Orgiva). La amplitud térmica entre los valores medios mensuales extremos es también acusada y del orden de 20° C, mayor en verano que en invierno.

Lógicamente, la gran diferencia de cotas existentes en el área tiene su reflejo en la temperatura, la cual disminuye al aumentar la altitud. La relación existente entre ambos parámetros, a nivel anual medio, viene dada por la ecuación $T (^{\circ}\text{C}) = 19,5 - 0,0055 H (\text{m})$, con un coeficiente de correlación de 0,91. Por tanto el gradiente térmico para el sector sería de $-0,55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Dicho valor viene a ser la media del obtenido por otros autores en este sector o en áreas cercanas (cuadro 2).

<u>AUTOR</u>	<u>AREA</u>	<u>GRAD. °C/100 m</u>
MESSERLI (1965)	Vertiente Sur S. Nevada	0,68 - 0,69
FERNANDEZ-RUBIO ⁺ (1975)	S. Prov. Granada Franja 400 a 2.000 m	0,496 0,61
CRUZ SANJULIAN (1976)	Cuenca Sur de España	0,42
MORELL (1976)	Cuenca Media R. Guadalfeo	0,557
RODRIGUEZ-MARTINEZ y FRONTANA	Vertiente Norte S. Nevada Vertiente Sur S. Nevada	0,61 0,48

Cuadro 2.- Valores del gradiente térmico del aire (+: estos autores calculan asimismo los valores estacionales del gradiente).

IV. EVAPOTRANSPIRACIONES POTENCIAL Y REAL

1. Evapotranspiración potencial

Hemos calculado el valor de la evapotranspiración potencial a partir del método de THORNTHWAITE (1948), el cual parte de los valores de la temperatura y de otros factores tabulados por ELIAS y GIMENEZ (1965). Con los valores obtenidos hemos dibujado el plano de la figura 9, de curvas orientativas de igual evapotranspiración potencial. Los valores obtenidos oscilan entre 850 mm (Orgiva) y menos de 400 mm (Albergue Universitario, Sierra Nevada); la evapotranspiración media para el total del área asciende a unos 760 mm.

2. Evapotranspiración real

En el cuadro 3 se reflejan los valores de la evapotranspiración real obtenidos por los métodos de THORNTHWAITE (1948), COUTAGNE (1954) y TURC (1955). Con el primero de los métodos hemos calculado dos valores, uno correspondiente a una reserva de agua utilizable por las plantas de 10 mm y otro a 75 mm, valores que pueden ser representativos de los materiales carbonatados alpujarridos y de los materiales detríticos de borde, respectivamente.

ESTACION	ETR (mm)	THORNTHWAITE ⁺		% P		COUTAGNE % P		TURC % P	
		10	75	10	75				
Albergues	130	195	19,6	29,5	315	47,7	356	53,9	
Armillá	285	358	70	87,9	349	85,7	385	94,5	
Cartuja	309	374	63,5	76,9	405	83,3	443	91,1	
Dúrcal (Central)	322	378	58,5	68,7	448	81,4	488	88,7	
Lanjarón	332	397	56,1	67,1	467	79	501	84,7	
Orgiva	318	380	64,2	76,7	416	84	460	92,9	
Padul	316	381	67,2	81	395	84	434	92,3	
Soportújar	-	-	-	-	544	70	555	71,4	
Zaidín	-	-	-	-	393	83,9	427	91,2	

Cuadro 3.- Valores de la evapotranspiración real, según distintos métodos (+: se dan los valores para una reserva de agua utilizable por las plantas de 10 y 75 mm, respectivamente).

Los valores más elevados de la evapotranspiración real se obtienen mediante el método de TURC y los más bajos mediante el de THORNTHWAITE; de acuerdo con

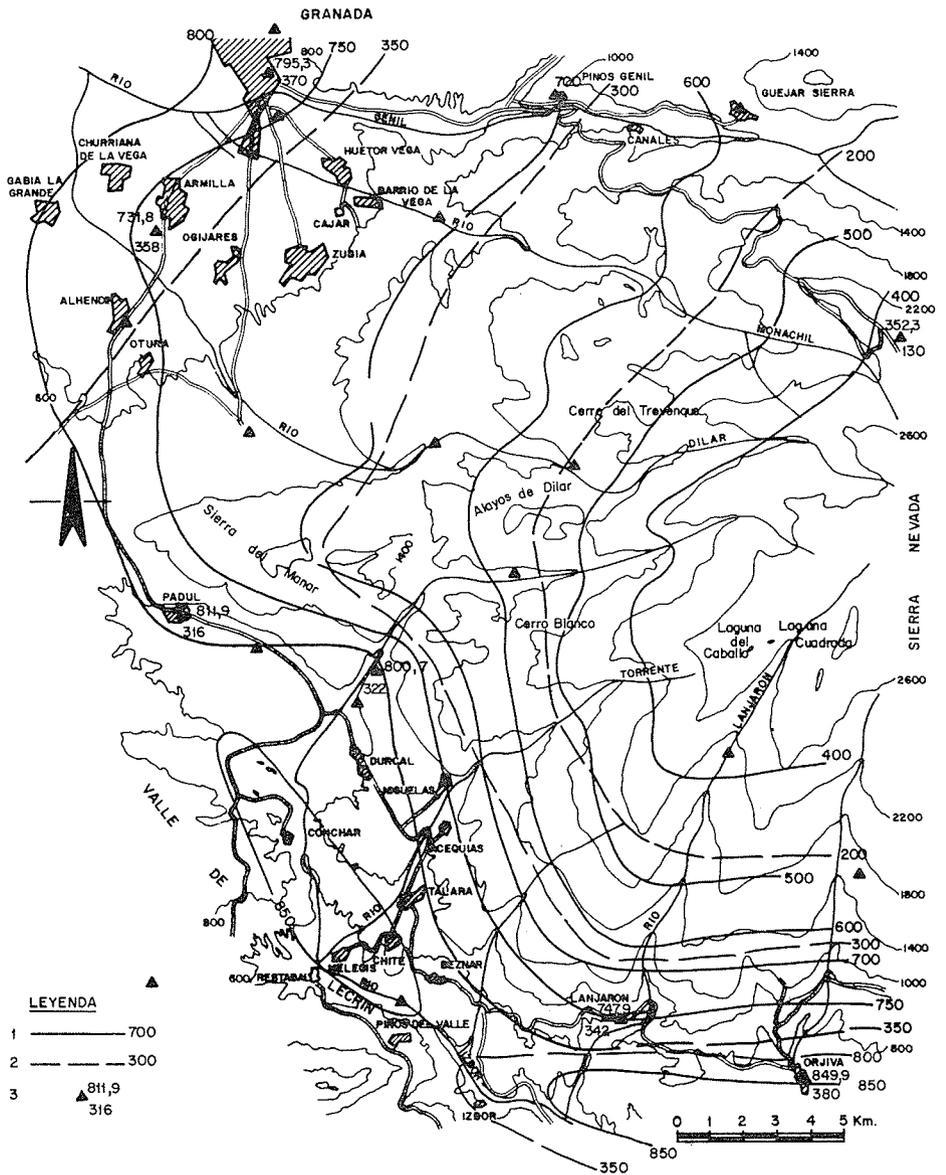


Fig. 9.- Evapotranspiraciones potencial y real medias (método Thornthwaite). 1) curva de igual evapotranspiración potencial (mm.); 2) curva de igual evapotranspiración real (mm.); 3) estación utilizada para el trazado.

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

datos hidrológicos, parece claro que los métodos de COUTAGNE Y TURC proporcionan valores de la evapotranspiración real por exceso, hecho puesto de manifiesto con anterioridad (YAGUE y FERNANDEZ-RUBIO, 1976).

El valor medio para el área de estudio, según el método de THORNTHWAITTE, es de 320 mm, con valores mínimos en las áreas más elevadas (menor temperatura) y máximos en los bordes.

V. CLASIFICACION CLIMATICA

A las precedentes consideraciones, fundamentalmente analíticas, pueden agregarse otras de orden más sintético que, por otra parte, constituyen en lo esencial un corolario de aquellas. Se trataría, en definitiva, de concluir nuestro trabajo con un avance de lo que en su día será el Mapa de tipos climáticos de Sierra Nevada cuya confección ha emprendido ya alguno de los autores.

La vía más habitual de las clasificaciones climáticas tradicionales o descriptivas es la combinación de parámetros mediante diversas fórmulas o índices. En la práctica resulta el camino más rentable en nuestro caso, dada la precariedad de la red de observatorios que impide un empleo en condiciones normales de clasificaciones basadas en la dinámica atmosférica. Algún ensayo reciente en este sentido (CASTILLO REQUENA, 1981) resulta, a nuestro juicio, plenamente demostrativo de la insuficiencia de la escala sinóptica en regiones de montaña, especialmente si no se dispone (o no se utiliza) complementariamente de una red de estaciones térmicas y pluviométricas adecuadas en densidad y fiabilidad. Esto es lo que obliga, por otra parte, a hacer uso de gradientes altitudinales como los que se han mencionado en el apartado III o bien en otro tipo (RODRIGUEZ MARTINEZ et al., 1981) y que en ningún caso pueden suplir a los datos primarios.

Por otra parte, el carácter de este trabajo y las limitaciones lógicas de espacio nos han determinado a presentar un ensayo clasificatorio del clima de esta zona basado fundamentalmente en el sistema de Köppen, adaptado para España por los hermanos LOPEZ GOMEZ (1959). Este sistema resulta ser el que permite el encuadramiento más fácil y preciso de los datos disponibles y, desde luego, desde el punto de vista clasificatorio mucho más válido y expresivo, al menos en este caso, que de Thornthwaite, Bagnoul y Gausson o Martonne, por citar sólo los de uso más frecuente. Lo mismo cabría decir de otros sistemas o fórmulas que o bien no tienen posibilidad de aplicación a una clasificación o la tienen a una escala inadecuada o están excesivamente enfocados desde un punto de vista parcial, caso por ejemplo de la clasificación agronómica de Papadakis.

En relación con el uso del sistema de Köppen debe destacarse que recoge bastante adecuadamente los matices esenciales del régimen pluviométrico y que permite emplear con el menos riesgo posible los gradientes térmicos incluso a nivel estacional ya que en realidad la clasificación se basa en este sentido en la oposición fundamental del semestre invernal y el semestre estival (LOPEZ GOMEZ, 1959, pág. 173). En definitiva, con este método, hemos podido reconocer hasta siete tipos climáticos que tienen como principales caracteres en común la pertenencia, salvo dos casos, a lo que se ha denominado dominio templado-cálido (C) y, sobre todo, la sequía veraniega de filiación claramente mediterránea.

1. Tipo Cs'a₂

Clima templado (C) con temperaturas medias en el mes más frío entre 6° y 10° (subíndice 2), mes más calido de media superior a 22° (a), estación seca de verano (s), con estación lluvioso dividida en dos periodos separados por una corta temporada de sequía intercalada (s''). En general los máximos se dan en Diciembre y Marzo, alcanzando las lluvias primaverales en torno al 30% de la lluvia total media y las invernales aproximadamente el 60%. En el sector objeto de estudio este tipo se localiza principalmente en la Vega de Granada y sus bordes, y parte del Valle de Lecrín (Cubeta de Padul, Dúrcal) y, por último, aunque es más dudoso, la Alpujarra media occidental (Orgiva). En general, este tipo se aloja esencialmente entre las cotas de 600 y 800 metros, degradándose rápidamente fuera de estos límites.

2. Tipo Cs'a₃

Difiere del anterior sobre todo por su invierno mucho más frío, bajando las medias de 6° (a₃). En la zona lo encontramos principalmente en la cuenca media del Genil, Monachil y Dílar, en un tramo altitudinal preferente entre 1.100 y 1.600 metros. Por regla general las lluvias primaverales superan el 35% o 40% y el máximo se sitúa en Marzo.

3. Tipo Cs'a₂

Presenta este tipo caracteres intermedios entre los dos anteriores. Se parece al tipo 1 en su invierno de tipo medio (a₂), aunque tanto éste como el verano suelen ser aquí más frescos. La individualización del tipo se obtiene principalmente por la importancia de las lluvias de otoño (s') que en conjunto superan a las de primavera, representando más del 30% del y uniéndose prácticamente con el máximo de Diciembre. Representa posiblemente una variedad de montaña, reconocible en algunos sectores montañosos orientales del Valle de Lecrín (Dúrcal presa, a 1.690 metros), donde representa posiblemente una transición hacia el

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

tipo que encontraremos en la Alpujarra alta. Algunas características fundamentales de este tipo se encuentran en otros sectores del propio Valle de Lecrín (Albuñuelas) planteándose, no obstante, problemas en los datos para diferenciar el invierno de los diversos sectores (los datos posiblemente erróneos o insuficientes no permiten diferenciar un tipo $Cs'a_3$). Más dudosa, pero posible, es la filiación a este tipo de otras estaciones, principalmente al SE de la Vega de Granada (Dílar Central).

4. Tipos $Cs'b_2$ y $Cs'b_3$

Se caracterizan sobre todo por la nítida importancia que adquieren las lluvias otoñales que se aproximan al 40% del total en algunas estaciones (Soportujar, Lanjarón). A ello hay que agregar, aunque es menos concluyente, un verano, por término medio, mucho más fresco que los tipos anteriores en torno a 22° . Debe señalarse, no obstante, la anomalía de algunas medias registradas para el invierno, posiblemente erróneas. La aplicación de gradientes no plantea ninguna duda sobre la definición de estos tipos ni sobre su ubicación en la Alpujarra alta, desde Lanjarón a Pórtugos. La separación entre el tipo b_2 y b_3 suele corresponder a altitudes de 1.800 a 2.000 metros, pero depende de la topografía y la exposición, ya que en toda la Alpujarra son patentes en pocos metros en la vegetación y en los cultivos las anomalías térmicas imputables al foehn, turbulencias, rocios, etc.

5. Tipos de alta montaña $Ds''c$ y $Ds'c$

La definición de estos tipos es aún más arriesgada ya que sólo contamos en el sector estudiado con dos estaciones a más de 2.000 metros (Pradollano y Albergues), cuyos datos dejan mucho que desear. No obstante, puede afirmarse que a esta altitud se encuentran condiciones de invierno templado y frío y aún de frío polar o de tundra. Sobre la base de las estaciones existentes y los gradientes térmicos, encontramos, no obstante, en principio, dos matices de clima frío (D) cuya diferenciación pluviométrica no hace más que confirmar la que encontramos a alturas inferiores. En primer lugar, las zonas abiertas al N o NW de la alta montaña presentan también una estación lluviosa con dos cumbres en Diciembre y Marzo, si bien habría que tener en cuenta que a partir de los 2.000 metros, entramos ya en la discusión de la importancia de la nieve en el conjunto de la precipitación. En este sentido, y a pesar de las deficiencias de las medias los datos del Albergue Universitario, principalmente los de invierno, corroboran en líneas generales, la aseveración de Messerli que por encima de 2.000 metros el 78% de la precipitación es nieve. Esta cota habría que elevarla, según todos los indicios a 2.500 metros, si se tratase de la vertiente alpujarreña, mucho más

soleada, a sotavento de los flujos más fríos y barlovento de los más templados. En definitiva parece claro en cualquier caso que los tipos Ds'' y Ds' mantienen las diferencias de régimen de precipitación en altura, a lo que se agregan menos de cuatro meses por encima de 10° de media (c). Estos tipos se prolongarían aproximadamente hasta los 2.800 metros (vertiente Norte) o 3.200 metros (vertiente Sur), a partir de cuyas cotas, y dependiendo también de la orientación podrían empezarse hablar de clima de tundra.

BIBLIOGRAFIA

- BOSQUE, J. (1957). El clima de Granada. Est. Geográficos. T. XVIII, pp. 457-482.
- CAPEL, J. (1971). El clima de Granada y Almería. Mem. Lic. Univ. Granada (inédita).
- CASAS, D. (1975). Hidrología del Valle de Lecrín (provincia de Granada). Tesis Lic. Univ. Granada. 165 págs. (inédita).
- CASAS, D. y FERNANDEZ-RUBIO, R. (1975). Consideraciones hidrogeológicas sobre el Alto Valle de Lecrín (Granada). V Journ. Min. Met. T. III, pp. 163-192 Bilbao.
- CASTILLO REQUENA, J.M. (1981). "Mecanismos de la precipitación en Sierra Nevada". Cuadernos Geográficos, n°. 11.
- COUTAGNE, A. (1954). Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum. La Houille Blanche, pp. 360-369.
- CRUZ-SANJULIAN, J. (1976). Sobre la temperatura limite del termalismo. Tecniterrae, n°. 12 pp. 45-54.
- ELIAS, F. y GIMENEZ, R. (1965). Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España. Dir. Gen. Agric. 293 págs. Madrid.
- FERNANDEZ-RUBIO, R. (1975). Identificación del hidrotermalismo y aplicación a la zona meridional de la provincia de Granada. Tecniterrae, n°. 7, pp. 38-50.
- FERRANDO, J.A. y MARTINEZ, J.L. (1975). Cálculo de la lluvia útil a través de un método gráfico y analítico. Journ. Min. Met. T. VIII. pp. 55-64. Bilbao.
- FRONTANA, J. (1979). "Regimen pluviométrico de la Costa Mediterránea Andaluza". Cuadernos Geográficos, n°. 9 (1979).
- FRONTANA, J. y RODRIGUEZ MARTINEZ, F. (1981). "La aridez y el balance de agua en la costa mediterránea andaluza". I Simposium sobre El agua en Andalucía. Vol. I pp. 17-33.
- HERAS, R. (1972). Métodos prácticos para el estudio de aguas subterráneas. Dir. Gen. Ob. Hid. C.E.H. 564 págs. Madrid.
- KOTLARIS, S. (1971). Anthropogeographische Untersuchungen in der Sierra Nevada (Spanien). Thesis Doct. Univ. Berna 64 págs.
- MESSERLI, B. (1965). Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien) Zurich.
- MORELL, I. (1976). Estudio hidrogeológico del curso medio del río Guadalfeo (Granada). Tesis Lic Univ. Granada, 138 págs. (inédita).
- PASCUAL, A. (1975). Estudio hidrogeológico de las cuencas medias de los ríos Monachil y Dílar (Granada). Tesis Lic. Univ. Granada, 134 págs. (inédita).

CLIMATOLOGIA DEL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA

- PORTERA, R. y FERNANDEZ-RUBIO, R. (1975). Estudio climático del alto valle del Guadalhorco (Málaga). *Jorn. Min. Met.* T. III p. 193-208. Bilbao.
- PRIETO, P. (1971). Vegetación de Sierra Nevada. La cuenca del Monachil. *Coll. Monog. "Sierra Nevada"*, Univ. Granada, 218 págs.
- PULIDO BOCH, A. (1977). Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nororiental (provincias de Valencia y Alicante). Tesis Univ. Granada 410 págs.
- PULIDO BOSCH, A. (1979). Aportación al conocimiento de la hidrogeología de los Alpujarrides y sus bordes en el extremo occidental de Sierra Nevada. *Mem. Fund. J. March* (inérita). 189 págs.
- RODRIGUEZ MARTINEZ, F. y otros (1981). "Evolución y estado actual de los estudios climáticos sobre Sierra Nevada". VIII Coloquio de Geografía. Pamplona.
- RODRIGUEZ MARTINEZ, F. (1982). El clima de Sierra Nevada. Univ. Granada. (En prensa).
- THORNTHWAITE, C. W. (1948). An approach toward a national classification of climate. *Geogr. Review*, 38, nº. 1 pp. 55-94.
- TURC, L. (1955). Le bilan d'eau des sols: relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. *Ann. Agron.* (1954). pp. 491-495, 1955 pp. 5-131.