

La Serie Universitaria de la Fundación Juan March presenta resúmenes, realizados por el propio autor, de algunos estudios e investigaciones llevados a cabo por los becarios de la Fundación y aprobados por los Asesores Secretarios de los distintos Departamentos.

El texto íntegro de las Memorias correspondientes se encuentra en la Biblioteca de la Fundación (Castelló, 77. Madrid-6).

La lista completa de los trabajos aprobados se presenta, en forma de fichas, en los Cuadernos Bibliográficos que publica la Fundación Juan March.

Los trabajos publicados en Serie Universitaria abarcan las siguientes especialidades:  
Arquitectura y Urbanismo; Artes Plásticas;  
Biología; Ciencias Agrarias; Ciencias Sociales;  
Comunicación Social; Derecho; Economía; Filosofía;  
Física; Geología; Historia; Ingeniería;  
Literatura y Filología; Matemáticas; Medicina,  
Farmacia y Veterinaria; Música; Química; Teología.  
A ellas corresponden los colores de la cubierta.

Edición no venal de 300 ejemplares que se reparte gratuitamente a investigadores, Bibliotecas y Centros especializados de toda España.

Fundación Juan March



FJM-Uni 123-Pul  
Datos hidrogeológicos sobre el borde  
Pulido Bosch, Antonio.  
1031541



Biblioteca FJM

Fundación Juan March (Madrid)

123 Datos hidrogeológicos sobre el borde occidental de Sierra Nevada/Antonio Pulido Bosch

SERIE UNIVERSITARIA



Fundación Juan March

Antonio Pulido Bosch

Datos hidrogeológicos sobre  
el borde occidental de Sierra  
Nevada.

FJM  
Uni-  
123  
Pul  
123



Fundación Juan March  
Serie Universitaria

123

Antonio Pulido Bosch



**Datos hidrogeológicos sobre  
el borde occidental de Sierra  
Nevada.**



Fundación Juan March  
Castelló, 77. Teléf. 225 44 55  
Madrid - 6

Fundación Juan March (Madrid)

*Este trabajo fue realizado con una Beca de la  
Convocatoria de España, 1978, individual  
Departamento de GEOLOGIA  
Centro de trabajo: Grupo de trabajo de Hidrogeología de la Facultad de  
Ciencias, Granada.*

Depósito Legal: M - 20394 - 1980  
I.S.B.N.: 84 - 7075 - 168 - 9  
Impresión: Gráficas Ibérica, Tarragona, 34 - Madrid-7

# I N D I C E

	<u>Página</u>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA DE SUPERFICIE</b> .....	2
1. PRECIPITACIONES .....	2
2. TEMPERATURAS .....	6
3. EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION .....	8
3.1. Evaporación .....	8
3.2. Evapotranspiración .....	8
4. HIDROLOGIA DE SUPERFICIE .....	10
4.1. El río Genil .....	11
4.2. El río Monachil .....	12
4.3. El río Dílar .....	13
4.4. El río Dúrcal .....	13
4.5. Resumen .....	16
<b>III. GEOLOGIA</b> .....	17
1. ESTRATIGRAFIA .....	17
1.1. Complejo Nevado-Filábride .....	17
1.2. Complejo Alpujarride .....	17
1.3. Terrenos postorogénicos .....	18
1.3.1. <i>Terrenos neógenos</i> .....	18
1.3.2. <i>Terrenos cuaternarios</i> .....	19
2. TECTONICA .....	19
3. CONSIDERACIONES GEOMORFOLOGICAS .....	22
3.1. Aspectos generales .....	22
3.2. Las principales formas kársticas .....	25
<b>IV. HIDROGEOLOGIA</b> .....	27
1. LOS MATERIALES Y SU COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO .....	27
2. LA GEOMETRIA DE LOS EMBALSES SUBTERRANEOS .....	28
2.1. Materiales alpujarrides .....	28
2.2. Materiales neógeno-cuaternarios .....	29

<b>3. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS .....</b>	<b>33</b>
3.1. Materiales alpujárrides .....	33
3.2. Materiales neógeno-cuaternarios .....	36
<b>4. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS AGUAS .....</b>	<b>38</b>
4.1. Materiales alpujárrides .....	38
4.2. Materiales neógeno-cuaternarios .....	39
<b>5. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO .....</b>	<b>42</b>
5.1. Alimentación .....	42
5.2. Descarga .....	43
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>47</b>

## I - INTRODUCCION

Con este estudio se pretende poner de manifiesto el gran papel que pueden jugar los acuíferos alpujárrides en la regulación de las aportaciones de agua de Sierra Nevada, para lo cual sobre la cartografía hidrogeológica (geología con los puntos acuíferos más representativos) se han definido las unidades hidrogeológicas, su geometría y esbozo de funcionamiento y, cuando ha sido posible, las características hidráulicas del acuífero, y físico-químicas de las aguas.

Todos estos datos se han hecho extensivos, al menos en parte, a los materiales del borde occidental. También constituían objetivos parciales de este estudio, no reseñados en este resumen, el análisis del uso actual del agua en el sector, el planteamiento de unas bases para la gestión de los embalses subterráneos, y la determinación de las áreas más favorables en donde ubicar captaciones.

El sector estudiado corresponde a una franja de terreno que bordea las laderas de Sierra Nevada (*fig.1*), entre Guéjar-Sierra y Lanjarón, todo él en la provincia de Granada e incluido dentro de las hojas topográficas del M.T.N. de Padul (19-42), Dúrcal (19-43), Guéjar-Sierra (20-42) y Lanjarón (20-43). Ocupa una extensión de unos 350 Km<sup>2</sup>, si bien la parte donde afloran los materiales alpujárrides es de apenas la mitad de esta superficie.

Desde el punto de vista hidrográfico, parte del área de estudio pertenece a la Cuenca del Guadalquivir (*vertiente atlántica*) y parte a la Cuenca Sur de España (*vertiente mediterránea*), con la divisoria situada a lo largo de la Sierra del Manar y Suspiro del Moro.

Desde el punto de vista geológico, el sector estudiado se ubica, dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas, en la más interna de las tres zonas en que clásicamente se consideran divididas (FALLOT, 1948; FONTBOTE, 1965; JULIVERT et al., 1972), la Zona Bética s.l., caracterizada por la existencia de una serie de mantos de corrimiento que se superponen, y por aflorar los materiales del "zócalo". El borde occidental del área está ocupado por materiales mucho más modernos, que rellenan una de las depresiones interiores, individualizada a finales del plegamiento principal.

Quiero manifestar mi agradecimiento al Profesor Doctor Fernández-Rubio, Director de este trabajo, al Profesor Doctor Lachica, Director de la Estación Experimental del CSIC y a sus colaboradores Doctores Aguilar y Yañez (realizaron gran parte de las determinaciones analíticas de las aguas del área), a D. Manuel del

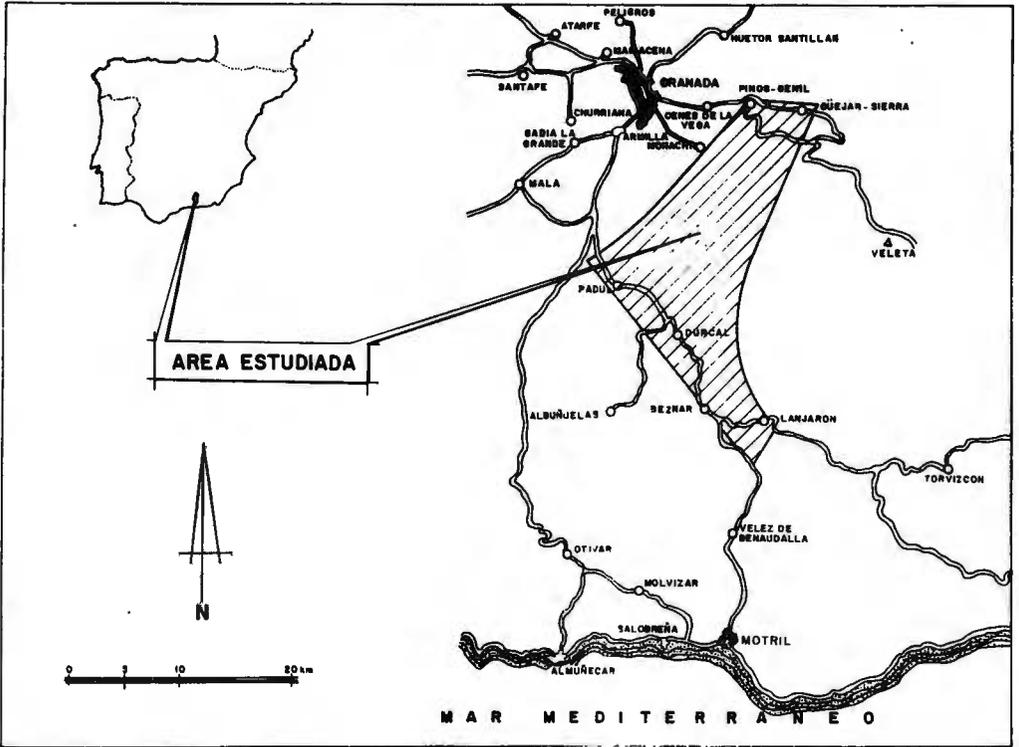


Figura 1.- Localización geográfica

Valle (IGME), a D. Juan López Martos y D. Antonio Nevot (Confederación Hidrográfica del Sur de España), a D. Francisco Carrasco (SGOP), a los compañeros J. Benavente y R. Fernández G. del Alamo, y a los espeleólogos M. González Ríos y J.D. González. Todos ellos me aportaron una inestimable ayuda.

## II - CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

### 1 - PRECIPITACIONES

El número de estaciones pluviométricas que funcionan o funcionaron en su momento, ubicadas sobre los materiales alpujárrides del sector es muy reducido (9), aunque de considerar las situadas en los bordes, el número es muy superior (unas 35), la mayor parte de las mismas dispuestas en las partes bajas.

El periodo considerado para el análisis de las precipitaciones ha sido de 20 años (1955/56-1974/75); las lagunas existentes en las series de datos han sido completadas según dos métodos de estimación:

- el método del U.S Weather Bureau (*in* BENITEZ, 1972), aplicado en aquellos años en que faltan dos o tres valores mensuales.

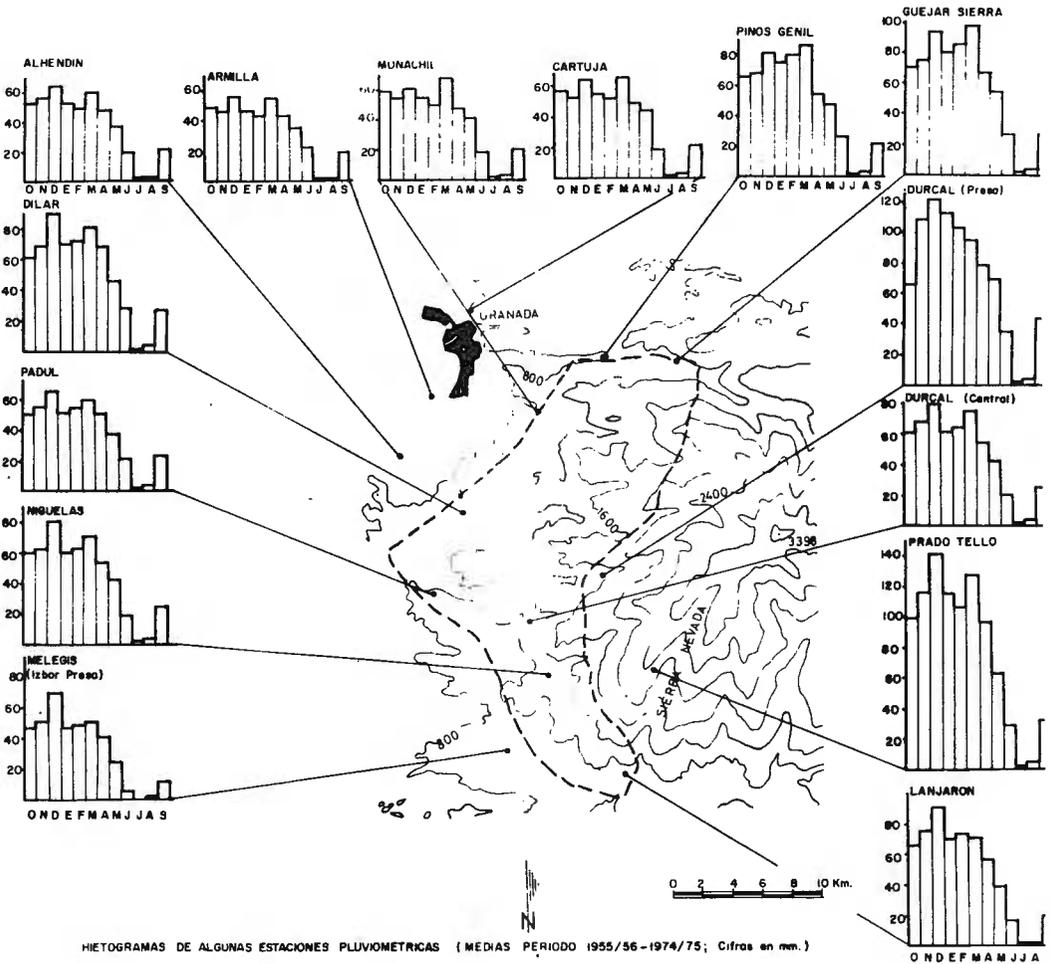
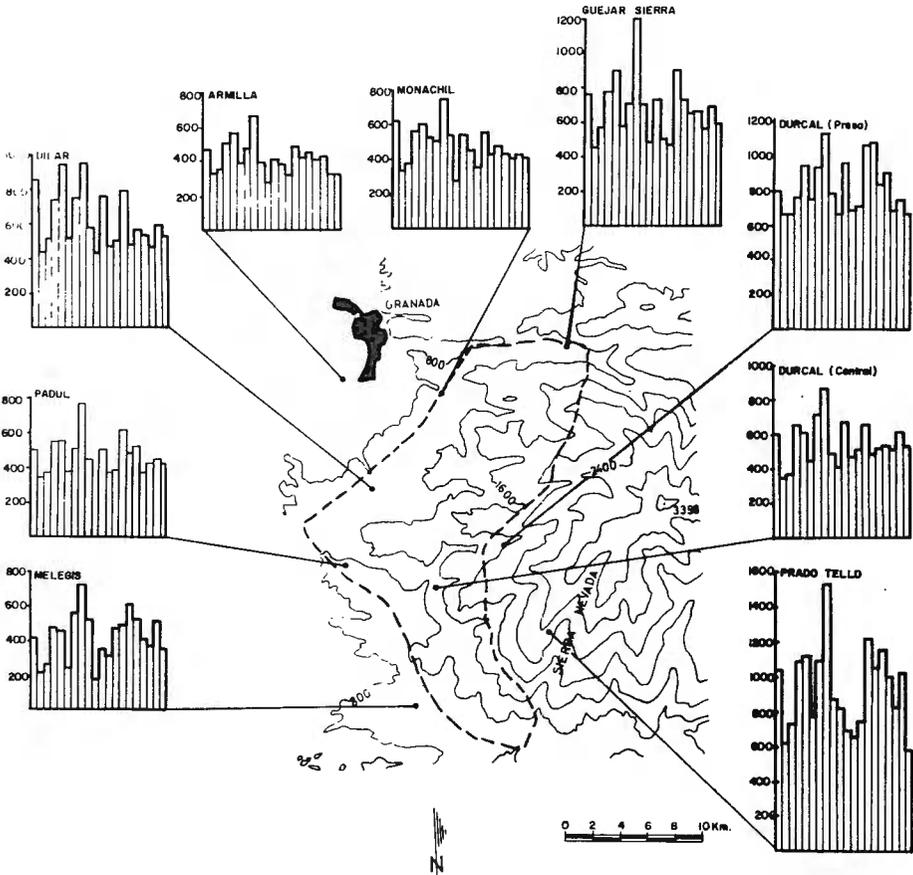


Figura 2

- mediante correlación lineal entre series (*in* HERAS, 1972), con cálculo de la ecuación de la recta de regresión a partir de las estaciones con las que el coeficiente de correlación era mayor (siempre superior a 0,7); en este caso, el dato estimado lo fué a nivel anual.

La distribución de las precipitaciones medias mensuales en algunas de las estaciones más representativas del área se muestra en la *figura 2*. Las precipitaciones en el área presentan gran dispersión de los valores medidos con respecto a la media, tanto a escala mensual como anual (*fig. 3*). Los días al año que registran precipitación apenas si constituyen el 23 % del total, en la estación de Cartuja y Granada C.H.G. para el periodo considerado, con una media de 83 días



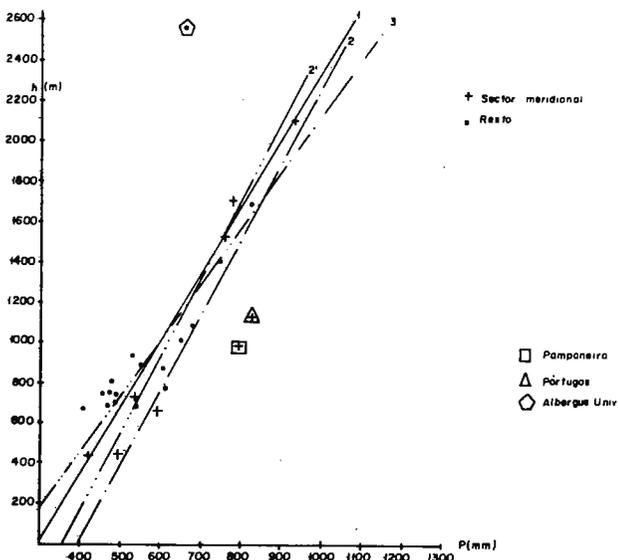
PRECIPITACIONES ANUALES EN VARIAS ESTACIONES (PERIODO 1955/56- 1974/75; Cifras en mm.)

Figura 3

(BOSQUE, 1957 -in OCAÑA, 1974- contabiliza 88 días de lluvia al año como media del periodo 1902/1056), un máximo de 117 (1962/63) y un mínimo de 54 (1957/58). Hacia el Sur, el número de días al año con precipitación se reduce considerablemente (60 días como valor medio de un periodo de 20 años -1947/66- según VILLEGAS, 1972).

La naturaleza de las precipitaciones es variable de unos puntos a otros y según la época del año en que se producen. En las cumbres de Sierra Nevada dominan las efectuadas en forma de nieve, mientras que al disminuir la altitud es la forma líquida la predominante. En Granada la media de días con precipitación en forma de nieve es de 3,6 (OCAÑA, 1974), mientras que en Lanjarón este valor se reduce (0,7 días/año según datos de VILLEGAS, 1972, para un periodo de 20 años). Duran-

Figura 4.- Relación precipitación altura en el área estudiada. 1) total estaciones; 2) sector meridional; 2') idem sin Pórtugos y Pampaneira; 3) resto del área.



te los meses de Abril, Junio y Septiembre, se pueden producir precipitaciones en forma de granizo.

Existe igualmente un marcado incremento de la cantidad precipitada con el aumento de la altura, aunque en los sectores más bajos hay mucha dispersión (existencia de microclimas). Existen tres estaciones fuera del área de estudio, Pampaneira, Pórtugos y Albergue Universitario, que resultan especialmente anómalas (*fig.4*).

La ecuación de la recta que relaciona la precipitación (P) en mm, con la altura (h) en m, para el total del área es  $P = 0,3 h + 298$ , con un coeficiente de correlación de 0,93. Para el sector meridional es  $P = 0,26 h + 399$  con  $r = 0,87$ ; sin considerar las estaciones de Pórtugos y Pampaneira, el coeficiente de correlación pasa a ser de 0,97, y la ecuación de la recta  $P = 0,26 h + 354$ . Para el resto del área la ecuación de la recta de regresión vale  $P = 0,367 h + 230$ , con  $r = 0,90$ .

En la *figura 5*, se muestran las curvas isoyetas correspondientes a los años medio, más húmedo (1962/63) y más seco (1956/57), del periodo de estudio considerado, respectivamente. Esta figura permite visualizar la gran variación de las precipitaciones, tanto en el espacio como en el tiempo; los mínimos más acusados corresponden al Valle de Lecrín, Orgiva y proximidades de Armilla. Los volúmenes de precipitación caídos, considerando los bordes de la depresión de Granada y el Valle de Lecrín, fueron de unos  $200 \text{ Hm}^3$  (580 mm de lámina de agua),  $320 \text{ Hm}^3$  (920 mm de lámina de agua) y  $135 \text{ Hm}^3$  (385 mm de lámina de agua), para el año medio, más

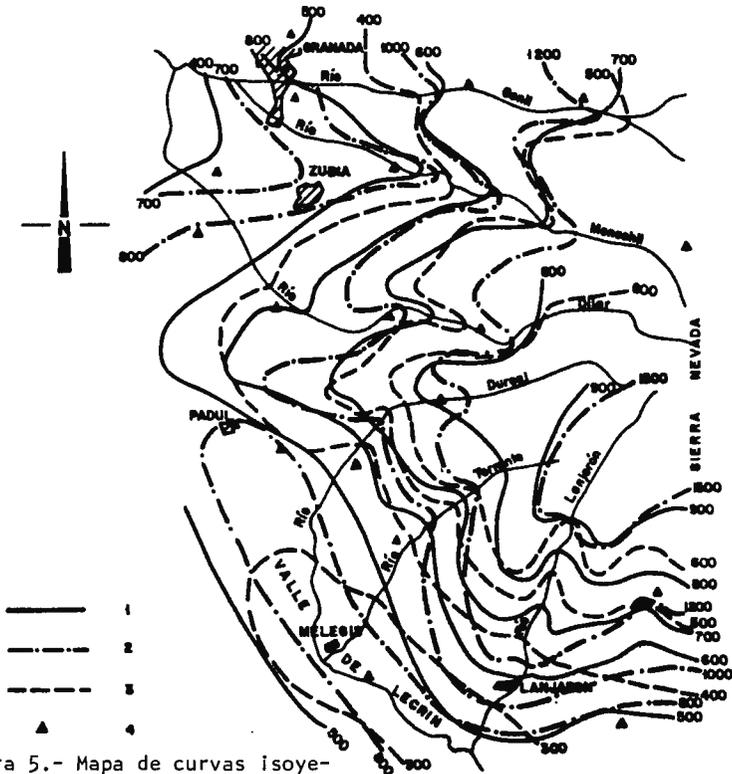


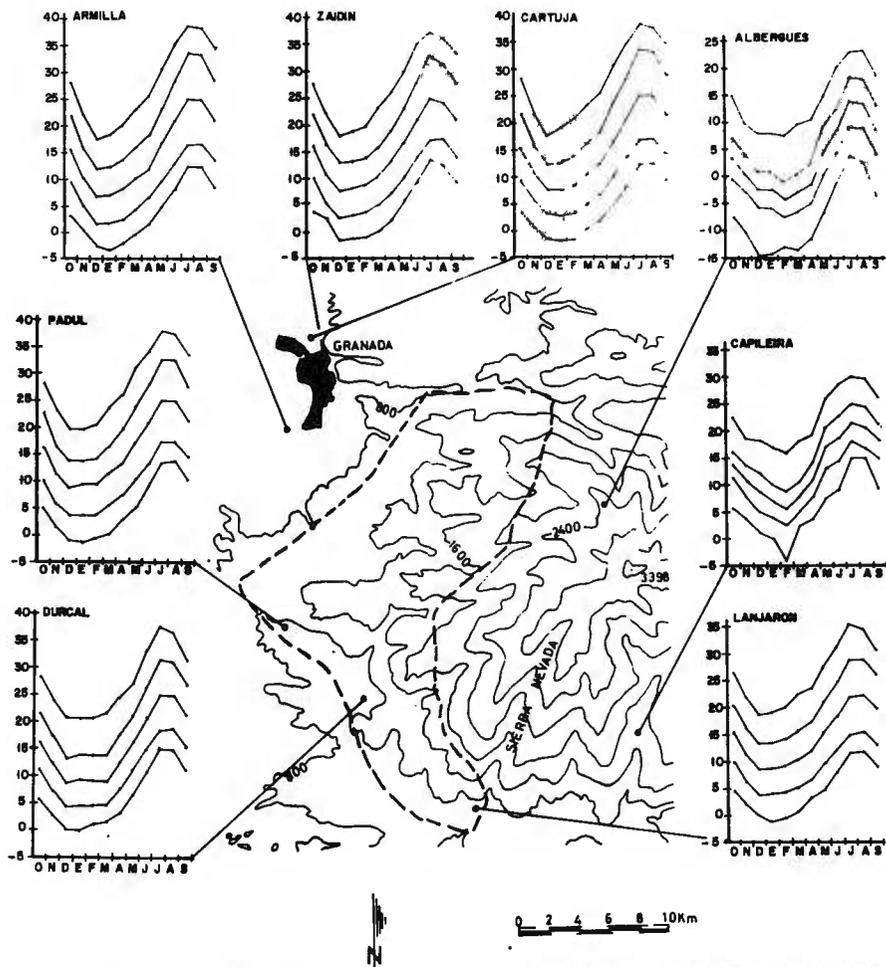
Figura 5.- Mapa de curvas isoyetas del periodo 1955/56-1974/75; 1) año medio; 2) año más húmedo; 3) año más seco; 4) estación pluviométrica.

húmedo y más seco, respectivamente).

## 2 - TEMPERATURAS

He contado con los valores recogidos en 10 estaciones termométricas, de series cronológicas muy desiguales, y con numerosas lagunas. En la *figura 6* se representan las temperaturas extremas, máximas, medias y mínimas, medias de los periodos de registro, en ocho estaciones del área de estudio y sus bordes. Prácticamente todo el área de estudio se sitúa por debajo de la isoterma media anual de  $15^{\circ}\text{C}$ , decreciendo la temperatura de forma considerable a medida que aumenta la altitud ( $3,3^{\circ}\text{C}$  de temperatura media anual en la estación de Albergues, situada a cota 2.520).

Por otro lado, la fluctuación térmica entre los valores extremos medios, a lo largo del año, es muy considerable y alcanza los  $40^{\circ}\text{C}$ , si bien se observa una



TEMPERATURAS MAXIMAS EXTREMAS, MAXIMAS MEDIAS, MEDIAS, MINIMAS MEDIAS Y MINIMAS EXTREMAS EN OCHO ESTACIONES

Figura 6

notable amortiguación de esta fluctuación hacia el Sur (Lanjarón, Capileira, 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 que existe en el área, tiene su reflejo en la temperatura, que disminuye considerablemente al aumentar la altitud. La relación temperatura media anual (T) altitud (h) para este área viene dada por la relación  $T = 19,5 - 0,0055 h$ , con un coeficiente de correlación de 0,91. Ello arroja un gradiente térmico de  $-0,55^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ . En el *cuadro 1* se indican los valores del gradiente térmico obtenidos por otros autores en sector o áreas cercanas; el valor que obtengo es aproximadamente la media del obtenido por estos autores.

AUTOR	AREA	GRAD. °C/100 m
MESSERLI (1965)	Vertiente S. Sierra 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

Cuadro 1 - Valores del gradiente térmico del aire

(\*: este autor calcula asimismo los valores estacionales del gradiente)

### 3 - EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION

#### 3.1 - Evaporación

Dentro del área de estudio y sus bordes he localizado siete estaciones controladas por la Comisaría de Aguas del Sur de España o por los Servicios del Instituto Nacional de Meteorología, que realizan el control de la evaporación, mediante un evaporímetro Piché. Se observa que los valores son muy dispares, con un máximo de 1.681 mm en Zaidín y un mínimo de 875 mm en Orgiva. Esta gran diferencia pone de manifiesto una posible diversidad de criterios en el observador, así como eventuales influencias del lugar en donde el evaporímetro esté instalado (orientación, entorno, mayor o menor protección de la vegetación, etc...). Los valores de la evaporación así conseguida y la evaporación medida en superficies libres de agua, son diferentes (la mitad o menos incluso; CASTANY, 1963).

#### 3.2 - Evapotranspiración

Los valores de la evapotranspiración potencial en el área, obtenida por el método de THORNTAWAITE (1948), se muestran en la *figura 7*, mediante curvas que pretenden ser esquemáticas. Los valores obtenidos oscilan entre 850 mm (Orgiva) y menos de 400 mm (Albergue Universitario, Sierra Nevada), reflejo de la disminución de la temperatura al aumentar la altitud. La evapotranspiración potencial media estimada para el total del área, asciende a 760 mm.

He calculado el valor de la evapotranspiración real mediante los métodos empíricos de THORNTAWAITE (1948), COUTAGNE (1954) y TURC (1955), y los resultados obtenidos se reflejan en el *cuadro 2*.

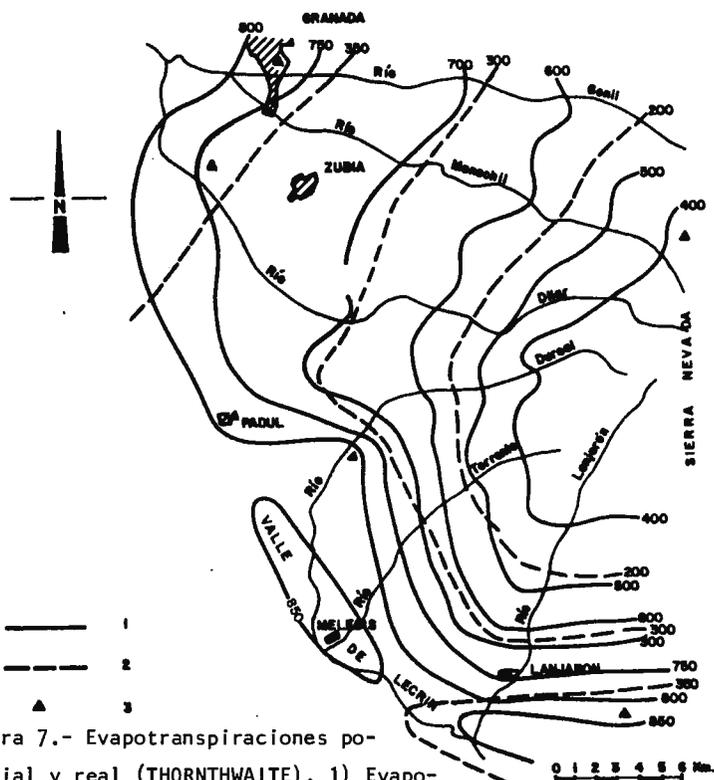


Figura 7.- Evapotranspiraciones potencial y real (THORNTHWAITE). 1) Evapotranspiración potencial (mm); 2) Evt. real (mm); 3) Estación empleada.

ESTACION	THORNTHWAITE*		% P		COUTAGNE % P		TURC % P			
	ETR (mm)		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	8	395	84	434	92,3
Soportújar .....			-	-	-	-	544	70	555	71,4
Zaidín .....			-	-	-	-	393	83,9	427	91,2

Cuadro 2 - 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)



#### 4.1 - El río Genil

Los ríos que drenan el área estudiada (*fig. 8*) son el Genil, junto con sus afluentes por la márgen izquierda Monachil, Huenes y Dílar (*cuenca del Guadalquivir*), y el Guadalfeo, con sus afluentes por la margen derecha, Dúrcal, Torrente, Tablate y Lanjarón (*Cuenca del Sur*).

El río Genil constituye el borde septentrional del área estudiada; la superficie de su cuenca, hasta Pinos Genil, es de 184,8 Km<sup>2</sup>, moderadamente alargada y con una elevada pendiente media. Este río drena unos 25 Km<sup>2</sup> de superficie del área estudiada, con un recorrido en la misma de unos 9 Km.

En base a los aforos directos realizados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (*in* GARCIA YAGUE, SGOP 1974) he estimado los caudales medios mensuales (*fig. 9*) y las aportaciones del periodo 1966/67-1974/75 (salvo el año 1971/72, carente de datos). Estos datos muestran que el régimen del río es típicamente nival, aunque conserva cierta influencia pluvial, que es algo más marcada en su afluente por la margen derecha, el río Aguas Blancas (VELILLA, 1976). La aportación media anual estimada es de 84 Hm<sup>3</sup> (*fig. 10*).

De acuerdo con los datos tratados, estimo la aportación de la escorrentía subterránea media a la escorrentía del río Genil en unos 30 Hm<sup>3</sup>/año (35 %), aproximadamente similar a la aportación del deshielo (28 Hm<sup>3</sup>/año). El coeficiente de escorrentía obtenido es del 0,50, y el caudal específico de 14,5 l/s/Km<sup>2</sup>.

El río Genil carece en la actualidad de obras de regulación, aunque se encuentra en construcción un embalse (Canales) con una capacidad de embalse prevista

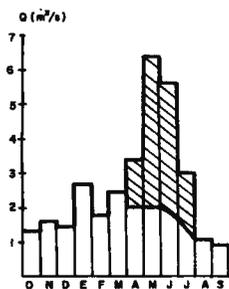


Figura 9.- Caudales medios mensuales del río Genil (en rayado, estimación de la aportación del deshielo).

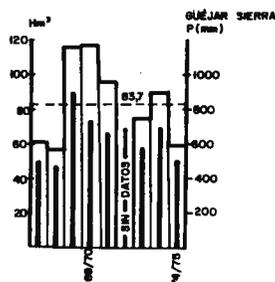


Figura 10.- Aportaciones anuales del río Genil.

de 70,7 Hm<sup>3</sup>, obra que además de laminar avenidas, permitirá garantizar el abastecimiento de agua potable de Granada y mejorar el regadío del sector.

Además de un cierto aprovechamiento hidroeléctrico (existían cuatro centrales hidroeléctricas), las aguas de este río se emplean en regadío, esencialmente en la Vega de Granada (unas 5.500 Ha; BOSQUE, 1971; OCANA, 1974).

#### 4.2 - El río Monachil

Afluente del río Genil por la margen izquierda, tiene un recorrido de unos 16 Km sobre materiales alpujarrídes, que descargan parcialmente a este río. La longitud total de su cauce es de 25,5 Km, y su cuenca ocupa 94,7 Km<sup>2</sup>. Recibe las aportaciones de su tributario el arroyo de Huenes, de 6 Km<sup>2</sup> de longitud y unos 15 Km<sup>2</sup> de cuenca.

Los datos de aforos mensuales realizados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en la estación n°39 (Central Diéchar, 48 Km<sup>2</sup> de cuenca), así como los datos diarios suministrados por la Comisaría de Aguas del Guadalquivir (período 1969/61 - 1966/67 y 1971/72 - 1975/76) permiten estimar los caudales medios mensuales (*fig. 11*), los cuales quedan comprendidos entre 1400 l/s (Mayo) y 450 l/s (Septiembre), que ponen de manifiesto un régimen nival en este río.

Las aportaciones anuales (*fig. 12*) oscilan entre 40 y 15 Hm<sup>3</sup> en dicha estación, función de la pluviometría, con una aportación media de 27 Hm<sup>3</sup>/año. La aportación subterránea a la escorrentía del río se estima en un 52,5%, mientras que la aportación del deshielo se estima en un 28,2%. El coeficiente de escorrentía estimado es del 0,61, con un caudal específico de 17,2 l/s/Km<sup>2</sup>.

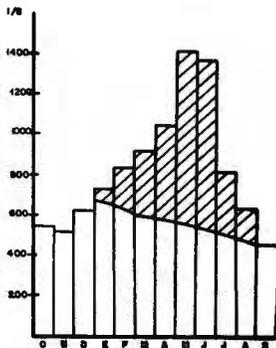


Figura 11.- Caudales medios mensuales del río Monachil - Central de Diechar

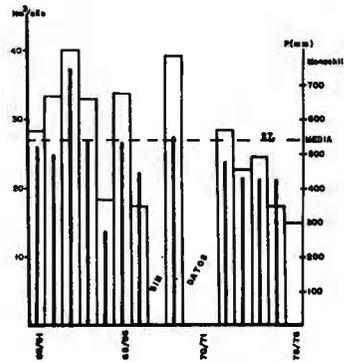


Figura 12.- Aportaciones anuales del río Monachil (Central Diechar)

Sus aguas se aprovechan en el regadío de 1208 Ha (OCANA, 1974), desigualmente abastecidas durante el estiaje, ubicadas en el borde oriental de la Vega de Granada. También funcionaron durante mucho tiempo tres centrales hidroeléctricas, actualmente abandonadas. Carece de obras de regulación.

#### 4.3 - El río Dílar

También afluente del río Genil por la margen izquierda, tiene una cuenca receptora de 128,2 Km<sup>2</sup> y 35 Km de longitud, 19 de los cuales discurren sobre materiales alpujárrides. Existe una estación foronómica (nº86, Central de Dílar) que controla la escorrentía de unos 45 Km<sup>2</sup> de la cuenca de este río, de la que existen datos diarios (C.A.G.) y aforos directos mensuales (G.H.G.) del periodo 1962/1978.

Estos datos han permitido estimar los caudales medios mensuales (*fig. 13*) en el emplazamiento de la estación; el caudal máximo mensual se registra en Junio (1900 l/s) y el mínimo en Septiembre y Octubre (450 l/s), valores indicativos del régimen nival del río. La aportación de la escorrentía subterránea a la escorrentía del río se ha estimado en un 53 %, y la aportación del deshielo en un 32 %.

La aportación media anual (*fig. 14*) estimada para el periodo con datos es de 27 Hm<sup>3</sup> con valores extremos de 47 Hm<sup>3</sup> (1962/63) y 15 Hm<sup>3</sup> (1975/76). El coeficiente de escorrentía calculado es de 0,6, y un caudal específico de 19 l/s/Km<sup>2</sup>.

Con las aguas del río Dílar se riegan unas 2.200 Ha (OCANA, 1974) en el borde oriental de la Vega de Granada, también desigualmente abastecidas, como consecuencia de la falta de sistemas de regulación, Existe también en la actualidad una Central Hidroeléctrica en funcionamiento (C. E. de Dílar). La única obra de regulación existente en la cuenca del río Dílar consiste en una pequeña presa en la cabecera (Laguna de las Yeguas) realizada con el fin de abastecer las instalaciones turísticas de Sierra Nevada.

#### 4.4 - El río Dúrcal

El río Dúrcal o Izbor, tiene 38,5 Km de longitud y 455,7 Km<sup>2</sup> de cuenca vertiente (C.E.H., 1965) de los cuales unos 240 Km<sup>2</sup> corresponden a la vertiente de Sierra Nevada. Recibe las aportaciones de sus tributarios los ríos de la Laguna (cauce artificial que drena la antigua laguna de Padul, realizado a finales del siglo XVIII - VILLEGAS, 1967 y 1972 -) con 55 Km<sup>2</sup> de cuenca, por la margen derecha; rambla de Cijancos, por la misma margen, con unos 35 Km<sup>2</sup> de cuenca; Aibu-

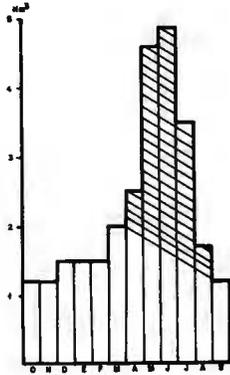


Figura 13.- Aportaciones medias mensuales del río Dilar.

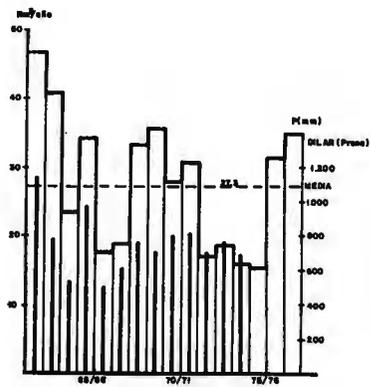


Figura 14.- Aportaciones anuales del río Dilar.

ñuelas o Saleres, de 15 Km de longitud y 90,1 Km<sup>2</sup>; Torrente, por la margen izquierda, con 15,5 Km de longitud y 35,5 Km<sup>2</sup>; Tablate, por la misma margen, con 8 Km de longitud y 15 Km<sup>2</sup> de cuenca; y Lanjarón, límite sudoriental del área de estudio, con 54,3 Km<sup>2</sup> de cuenca y 15,5 Km de longitud, como más importantes.

En el río Dúrcal existen dos estaciones de aforos, "Los Sauces" (nº42) a cota 1.640 m y cuenca receptora de 20 Km<sup>2</sup>; y "presa Melegts" (nº43) a cota 460 m y 328 Km<sup>2</sup> de cuenca, cuyos datos se recogen en los Anuarios de Aforos del MOPU.

Los caudales medios mensuales del periodo de 20 años 1955/56-1974/75 (fig. 15)

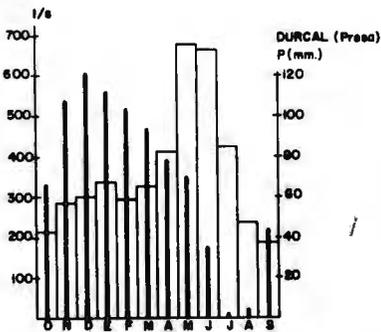


Figura 15.- Caudales medios mensuales del río Dúrcal (Los Sauces).

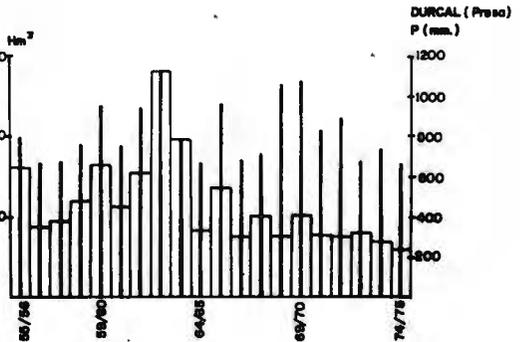


Figura 16.- Aportaciones anuales del río Durcal en Los Sauces.

en la estación de *los Sauces* están comprendidos entre 675 l/s (Mayo) y 185 l/s (Septiembre), los cuales ponen de manifiesto el régimen nival de esta parte del río. Las aportaciones anuales (*fig. 17*) quedan comprendidas entre 28 Hm<sup>3</sup> y 6 Hm<sup>3</sup>, con un valor medio de 12 Hm<sup>3</sup>; considerado el caudal de base como la aportación de la escorrentía subterránea a la escorrentía del río, se obtiene el 50 % por este concepto. El caudal específico medio resulta ser de 18,8 l/s/Km<sup>2</sup>, y el coeficiente de escorrentía de 0,59.

En la estación "*presa de Melegís*", ubicada a mucha menor altitud y con una cuenca vertiente mucho mayor, el régimen del río pierde su marcado carácter nival, para el mismo periodo de observación (*fig. 17*), registrándose los valores más elevados del caudal medio durante el mes de Enero (2.500 l/s) y los mínimos en Agosto (1.000 l/s). La aportación media del periodo de 20 años estudiado (*fig. 18*) es de 65 Hm<sup>3</sup>/año, con un máximo de 86 Hm<sup>3</sup> (1962/63) y mínimo de 49 Hm<sup>3</sup> (1957/58). La aportación subterránea a la escorrentía del río es del 48,5 %. El caudal específico medio es de 6,3 l/s/Km<sup>2</sup>, y el coeficiente de escorrentía del 0,29.

El brusco cambio de estos parámetros de una estación a la otra, se interpreta como consecuencia del marcado incremento de la evapotranspiración real en la cuenca, eventual alimentación oculta de esta cuenca a la de ríos próximos, aprovechamiento en regadíos (el régimen no es del todo natural), esencialmente.

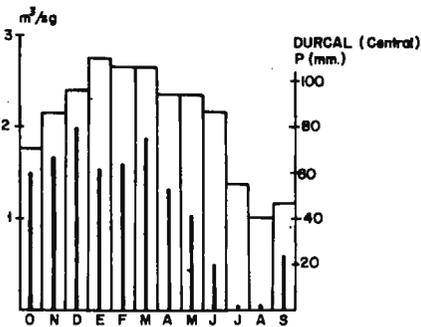


Figura 17.- Caudales medios mensuales del río Izbor (Presa de Melegís).

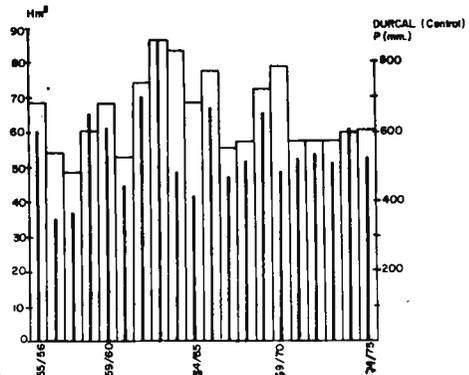


Figura 18.- Aportaciones anuales del río Izbor (Presa de Melegís).

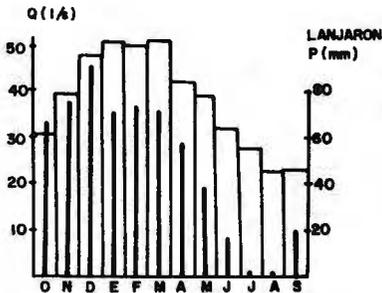


Figura 19.- Caudales medios mensuales del arroyo Salado.

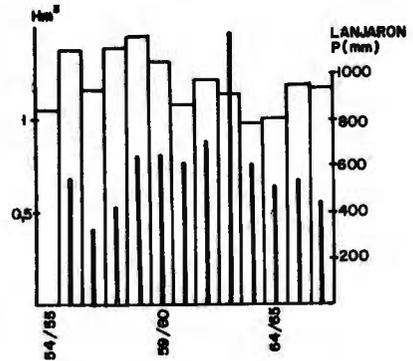


Figura 20.- Aportaciones anuales del arroyo Salado.

También existe una estación de aforos en el arroyo Salado, afluente del río Lanjarón, cuenca experimental del INIA. Dicha estación controla la escorrentía de una cuenca de 5,16 Km<sup>2</sup>. Los caudales medios mensuales (*fig. 19*) quedan comprendidos entre 50,9 l/s (Marzo) y 23,5 l/s (Agosto), para el periodo 1954/55-1966/67 (FABREGAS, 1978), según un régimen típicamente pluvial, dado que su cuenca se sitúa bajo la cota 2000.

La aportación media anual (*fig. 20*) es de 1,19 Hm<sup>3</sup>, con valores extremos de 1,45 y 0,97 Hm<sup>3</sup>. El caudal específico estimado es de 7,3 l/s/Km<sup>2</sup>, y un coeficiente de escorrentía del 0,35.

Las aguas del río Dúrcal se aprovechan parcialmente en regadío, así como en la obtención de energía hidroeléctrica (en la actualidad funcionan dos centrales con aguas derivadas de este río). Asimismo, se encuentra en ejecución un embalse (Béznar) con capacidad prevista de 52,5 Hm<sup>3</sup> (LOPEZ MARTOS, 1974).

#### 4.5 - Resumen

En el cuadro adjunto se resumen las características principales de los ríos que recogen la escorrentía del área estudiada, en base a los datos foronómicos utilizados.

Se pone claramente de manifiesto la influencia que la altitud tiene en el coeficiente de escorrentía; en efecto los coeficientes de escorrentía son mayores para las cuencas de elevada altitud media, y decrecen de forma considerable en cuanto que ésta disminuye (río Dúrcal, estación n°43, y arroyo Salado). Algo similar sucede con la influencia del deshielo, que se ve muy amortiguada al decrecer la altitud.

RÍO	SUP. (Km <sup>2</sup> )	APORT.MEDIA (Hm <sup>3</sup> /año)	COEF. ESC.	Q ESPEC. (l/s/Km <sup>2</sup> )
Genil .....	184	84	0,59	14,5
Monachil ..	48	27	0,6	17
Dílar .....	45	27	0,6	19
Dúrcal n°42	20	12	0,59	18,8
Dúrcal n°43	328	65	0,3	6,3
Salado ....	5,2	1,2	0,35	7,3

*Cuadro 3 - Principales características de los ríos del área*

### III - GEOLOGIA

#### 1 - ESTRATIGRAFIA

##### 1.1 - Complejo Nevado-Filábride

Constituyen el grueso de los materiales de Sierra Nevada, rodeados por una orla de materiales del complejo Alpujárride. En lo concerniente al área estudiada, ocupan la parte alta a todo lo largo del borde occidental. Están constituidos esencialmente (PUGA, 1971) por micasquistos, de diversos tipos, con intercalaciones de micacitas, cuarcitas (Manto del Veleta), mármoles, anfibolitas, gneises, etc (Manto del Mulhacén). Este complejo puede superar los 6.500 m de potencia (PUGA et al. 1974).

##### 1.2 - Complejo Alpujárride

Los materiales de este complejo se superponen tectónicamente al Complejo Nevado-Filábride y están constituidos por una serie de mantos de corrimiento integrados por un conjunto inferior metapelítico, desigualmente representado en los distintos mantos, y culminados por un conjunto carbonatado. Dentro del conjunto metapelítico GALLEGOS (1975) diferencia un zócalo prealpino de edad precarbonífera, y una cobertera alpina.

En el sector estudiado la sucesión de mantos de corrimiento (unidades tectónicas) fué establecida por GALLEGOS (1971, 1975), siendo la siguiente, de arriba abajo.

- *manto de Fuente Piedra.* - Los materiales que lo integran se encuentran muy poco representados en el área de estudio, y tan sólo por los correspondientes al zócalo prealpino (micasquistos grafitosos, con intercalaciones cuarcíticas) sin que el tramo carbonatado aflore.

- *Manto de Trevenque*.- Se encuentra ampliamente representado. El tramo carbonatado es esencialmente dolomítico, y presenta un elevado grado de fisuración y trituración ("*kakiritas*"); en la base de las dolomías localmente existe un nivel calizo nada triturado que puede alcanzar 200 m de potencia.

- *Manto de Vacaril*.- Tan solo aflora en el borde SE del área con potencia total del orden de 100 m (tramo detrítico más tramo carbonatado).

- *Manto de Víboras*.- Junto con el de Travenque, ocupa la mayor extensión superficial de afloramiento. El tramo detrítico incluye yesos. Dentro del tramo carbonatado existe un nivel detrítico interpretado por ARANA y MARTIN (1976) y MARTIN y ARANA (1976) como una nueva escama tectónica, con duplicación de la serie, y por DELGADO (1978) con una posible unidad tectónica diferente; los datos hidrogeológicos apoyan esta última hipótesis.

### 1.3 - Terrenos postorogénicos

Considerados en el sentido de ALDAYA (1969), como depositados tras la disposición en mantos del área.

#### 1.3.1 - Terrenos neógenos

Según la terminología de GONZALEZ-DONOSO (1968 y 1970), de muro a techo se diferencian:

*A - Tramo de Murchas*.- Integrado por limos marinos de coloraciones diversas con intercalaciones arenosas y calizas.

*B - Tramo Inferior Miocénico*.- Discordante sobre el Tramo de Murchas, está constituido por limos con yesos, arenas y conglomerados y, localmente calizas lacustres, y limos, arenas y maciños hacia el techo.

*C - Tramo Superior Miocénico*.- Separado del anterior mediante una discordancia erosiva, permite a su vez la diferenciación de una serie de subtramos:

- *Primer subtramo*: conglomerados y arenas de cemento carbonatado y abundancia de restos de organismos ("*maciños*"). Hacia el techo existen formaciones recifales.
- *Limos rojos de Albuñuelas*: integrados por limos que incluyen intercalaciones arenosas.
- *Segundo subtramo*: lo forman una alternancia de limos y maciños, conglomerados y calizas de Algas.

- *Tercer subtramo*: constituido por limos con intercalaciones arenosas, areniscas y conglomeráticas. Presenta niveles de yesos más abundantes hacia en interior de la depresión.
- *Cuarto subtramo*: lo integran calizas lacustres alternantes con limos que localmente cambian de facies hacia términos lignitíferos (Arenas del Rey).
- *Formación Pinos Genil* (equivalente a la "*Blockformation*" de VON DRASCHE, 1879): constituida por conglomerados muy heterométricos; se formaron en un medio muy complejo en el que están representados sedimentos de ambiente marino, de abanico aluvial, fluvial y lacustre (DABRIO et al., 1978). Actualmente se considera a esta formación como un cambio lateral de facies del tercer subtramo (DABRIO y RUIZ BUSTOS, 1979).

### 1.3.2 - Terrenos cuaternarios

- *Conglomerados de la Alhambra*: datados por AGUIRRE (1957), están constituidos por un potente paquete de conglomerados de cantos poligénicos, con algunos niveles de areniscas.

- *Depósitos de piedemonte*: constituyen grandes conos de deyección que bordean Sierra Nevada, siendo el mayor el de La Zubia. También adquieren un notable desarrollo en las proximidades de Padul y Dúrcal, en donde se diferencian dos generaciones (LHENAFF, 1965).

- *Conglomerado de Alhendín*: de litología similar al cono de La Zubia, se extiende desde Alhendín hasta Gábia la Grande. Carece de costras calizas.

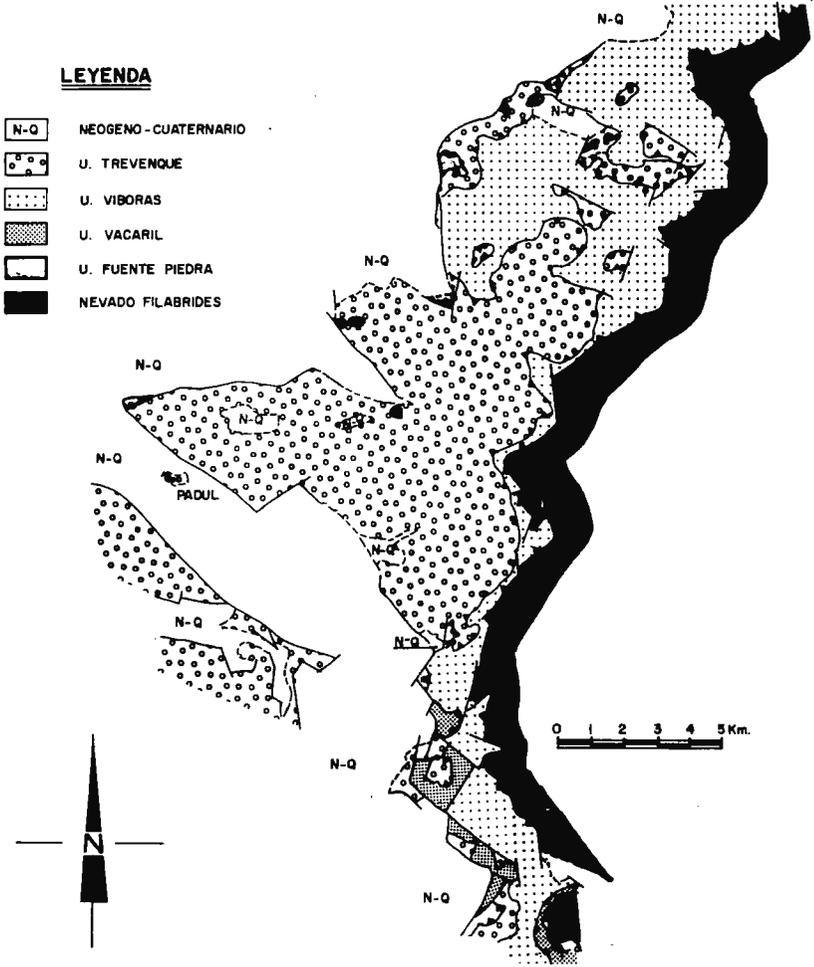
- *Sedimentos de la turbera de Padul*: dominan los depósitos de turbas, con intercalaciones limosas, calizas lacustres y algunos tramos detríticos intercalados en la base.

- *Depósitos aluviales*: se encuentran en relación con los ríos que drenan el área; alcanzan mayor desarrollo en la Vega de Granada.

- *Travertinos*: el mayor depósito se localiza en Lanjarón, sobre el cual se ha construido la ciudad. También existen afloramientos a lo largo de la margen derecha del Río Izbor.

## 2 - TECTONICA

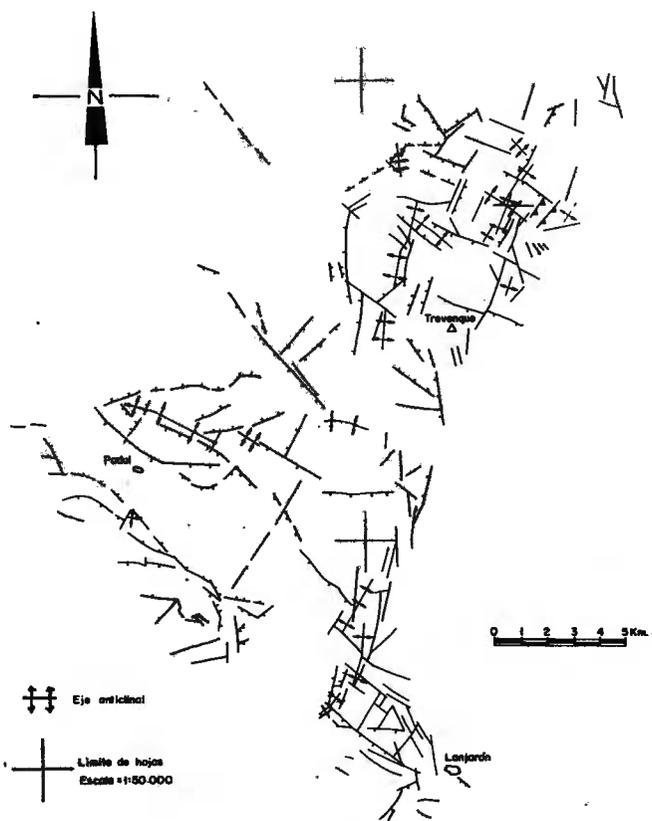
Como ya se ha dicho, uno de los rasgos tectónicos más característicos del área es la superposición de mantos de corrimiento (Mantos Alpujárrides), que afectan a materiales de la cobertera y del zócalo (*fig. 21*). Estos mantos cabalgan sobre el complejo de Sierra Nevada, autóctono relativo, que a su vez presenta una



MANTOS ALPUJARRIDES EXISTENTES EN EL SECTOR  
(SEGUN GALLEGOS 1975)

tectónica de mantos (PUGA, 1971; PUGA et al., 1974). También evidencia de esta violenta tectónica que afecta a los dos complejos más antiguos, es el metamorfismo, que se manifiesta con muy diversos grados. La tectónica de plegamiento es también compleja y variada.

En lo concerniente a los materiales alpujarrides, es la tectónica de corrimiento el rasgo más importante del sector; en estos materiales se diferencian (GALLEGOS, 1975) los cuatro mantos ya indicados, con la posible duplicación del de Víboras, como ya señalé. Estos mantos se habrían desplazado en sentido S-N, en opinión de la mayor parte de los autores que estudiaron el área. La edad de



PRINCIPALES FRACTURAS Y PLEGUES DEL SECTOR ESTUDIADO

Figura 22

las traslaciones correspondería (FONTBOTE, 1970; GALLEGOS, 1975; FONTBOTE et al., *in lit.*) al Cretáceo medio-superior, sin que existan argumentos inequívocos que apoyen esta hipótesis.

De más moderna a más antigua, las direcciones dominantes de los pliegues a que han dado lugar las sucesivas etapas de plegamiento han sido  $N 80^\circ E$ ,  $N-S$ ,  $N 35^\circ E$  y  $N 135^\circ E$ . Todos estos plegamientos estarían ligados a fenómenos de tipo compresivo, con disminución progresiva de la violencia del plegamiento desde los más antiguos a los más modernos (*in FONTBOTE et al., in lit.*). Todos estos plegamientos se ven acompañados de sus respectivos juegos de fallas, tanto inversas como normales y de desgarre (*fig. 22*). Existen también estructuras de colapso

de pequeña envergadura (pliegues en "cascada" y "en rodilla").

Tras la estructuración alpina, la región se ve afectada por numerosos fenómenos tectónicos de fractura que han condicionado en gran parte la distribución de los materiales depositados, y los cambios de facies y de potencia (SANZ DE GALDEANO, 1976).

En efecto (GONZALEZ-DONOSO, 1967 y 1970; SANZ DE GALDEANO, op. cit.), tanto las facies de los materiales miocénicos (conglomerado basal en los "maciños", intercalaciones conglomeráticas en los materiales limosos suprayacentes, depósitos turbidíticos -DABRIO et al., 1972-, *Blockformation*, etc -DABRIO et al., 1979-), como los cambios laterales y las variaciones de potencia, apoyan la existencia de movimientos relativos de bloques, y un progresivo levantamiento del núcleo de Sierra Nevada, área fuente mayoritaria del suministro de cantos de la *Blockformation*.

El gran encajamiento de la red de drenaje en materiales cuaternarios y alpujárrides parece una evidencia de la existencia de movimientos relativos en épocas muy recientes. Si a ello unimos la presencia de materiales cuaternarios (conos de deyección de Padul-Dúrcal; LHENAFF, 1965 y 1974; COMAS, 1970...) afectados por fallas, o con buzamientos de sentido contrario a las pendientes actuales, resulta evidente la existencia de una neotectónica muy activa.

La mayor parte de estas fracturas que afectan a los materiales neógeno-cuaternarios, se agrupan en dos juegos principales, E-W y N 25° W a N 50° W, y presumiblemente son normales (SANZ DE GALDEANO, 1976) sin gran componente de desgarrre, y generadas en etapas distensivas, con periodos de actividad y reposo sucesivos. También SANZ DE GALDEANO (1976) pone de manifiesto dos etapas compresivas en el área, posiblemente ambas cuaternarias, en base al estudio de estructuras de pequeña dimensión (pliegues, fallas normales, de desgarrre e inversas).

### 3 - CONSIDERACIONES GEOMORFOLOGICAS

#### 3.1 - Aspectos generales

Ciertamente existe un marcado control estructural del relieve, que se manifiesta a muy diversas escalas. A la escala del conjunto de la Sierra, su forma es un reflejo del resultado de la última etapa de plegamiento que origina el abombamiento de dirección N 80° E; a nivel de los bordes y en contacto con la depresión, los grandes escarpes responden a grandes fracturas, ligeramente retrocedidos por la erosión...

La continuidad de estos fenómenos tectónicos (plegamiento, fracturación...) hasta épocas muy recientes, generando grandes diferencias de altitud en el relieve, lleva consigo un considerable rejuvenecimiento del mismo, con notable aumento de la energía potencial de los cursos de superficie, que profundizan sus cauces a gran velocidad (erosión lineal muy activa), en sentido remontante, con fenómenos de captura asociados (ríos Genil, Minachil, Dílar, Dúrcal...); aquellos cauces de cuenca vertiente reducida y/o de alimentación estacional, quedan a cotas muy por encima de los de gran alimentación (Huenes, barrancos de Padul y Dúrcal, etc); tan sólo en las intensas lluvias, cuando la capacidad de infiltración es inferior a la intensidad de la precipitación, transportan una considerable carga que es acumulada en los escarpes, dando lugar a grandes conos de deyección colgados sobre los cauces de los ríos principales; en estos grandes conos de deyección, muy permeables, se produce la percolación del elemento transportador (el agua), que va a resurgir a los cauces de los ríos principales, con lo cual incrementan más aún las diferencias de cotas.

Como contraste, las vertientes se hacen cada vez más escarpadas y evolucionan por gravedad (deslizamientos, desprendimientos de masas rocosas, solifluxiones) bien visibles a lo largo de los interfluvios de los cauces principales, y afectan tanto a los materiales menos consistentes (coluviones, depósitos de ladera, filitas y esquistos alterados), como a materiales más competentes (calizas dolomíticas, dolomías más o menos trituradas... ; GALLEGOS, 1971).

Por otro lado, tanta diferencia de altitud tiene su reflejo en una zonación morfoclimática actual de Sierra Nevada, que abarca desde el ámbito periglacial (partes altas de Sierra Nevada) al semiárido (bordes de la Sierra), con un ámbito templado-húmedo entre ambos (PEZZI, 1975). Estos ámbitos no serían realmente puros, sino con predominios estacionales.

En el tiempo, estos dominios sufrieron variación e incluso aparecieron nuevos; es el caso del glaciario que, a lo largo del Cuaternario, afectó a las cumbres mediterráneas, con una amplitud variable según la glaciación; así por ejemplo, y según PASCHINGER (1954), HEMPEL (1960) y MESSERLI (1965) (in PEZZI, 1975), durante el Würm, el límite inferior de las nieves perpetuas en Sierra Nevada era de 2.200 m, 2.400-2.500 m y 2.100-2.200 m, para los respectivos autores citados, mientras que durante el Riss pudo alcanzar la cota 1.900 (MESSERLI, 1965, in op. cit.). Evidentemente, el dominio periglacial afectaría a cotas mucho más bajas (700-800 m durante el Würm y 500-600 m durante el Riss; op. cit.).

La red de drenaje, a la escala de Sierra Nevada occidental, es de tipo radial centrífuga, como corresponde a un relieve que ha sufrido un considerable levantamiento, cuyo centro corresponde a las más altas cumbres del sector (Veleta y Mulhacén), y en donde los cauces principales buscan la línea de máxima pendiente. A escala más detallada y en especial dentro de los materiales alpujárrides, existe además un marcado control estructural de los cauces, que adaptan parcialmente sus trazados a los distintos juegos de fracturas.

Es notable la elevada densidad de la red de drenaje en las dolomías trituradas ("*kakiritas*") del manto de Trevenque; la red de drenaje, de tipo detrítico es más típica de terrenos arcillosos que de materiales carbonatados. En la figura 23, tomada de PASCUAL (1975) se dibujan, sobre fotogramas aéreos, las redes de drenaje de cuatro porciones de unos 4 Km<sup>2</sup> de superficie, que están ocupadas, respectivamente, por calizas y calizo-dolomías, dolomías brechificadas ("*kakiritas*"), contacto de calizas y materiales detríticos, y conglomerados del cono de La Zubia. Este autor encuentra que las frecuencias de drenaje (nº de cauces por unidad de superficie) de los respectivos sectores son 9.5, 60.25, 10.75 y 7 cauces/Km<sup>2</sup>. Se deduce pues que la densidad de drenaje es muchísimo más elevada en las *kakiritas* que en el resto de los materiales.

Por otro lado, sabido es que, a igualdad de otros parámetros, la densidad de drenaje es inversamente proporcional a la permeabilidad; por lo que se podría deducir que las *kakiritas* son prácticamente impermeables, conclusión que se contradice con la observación.

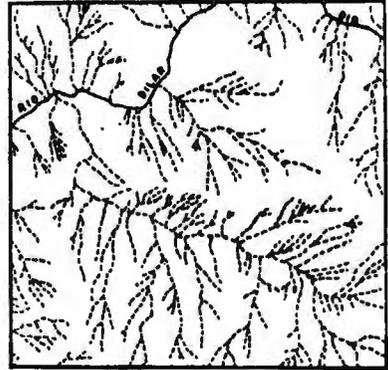
Interpreto la gran densidad de drenaje de la forma siguiente: sobre la base de una dolomía fuertemente diaclasada (ver discusión sobre el origen de las "*kakiritas*" en GALLEGOS, 1975) intervienen los agentes atmosféricos y el agua tanto en estado líquido como sólido, que disgregan las brechas que podrían estar cementadas (como resultado de procesos posteriores a la brechificación). El resultado es una masa incoherente, fácilmente arrastrable.

En estas condiciones, las lluvias torrenciales, de intensidad superior a la capacidad de infiltración del terreno, generan una escorrentía superficial considerable que arrastra y excava fácilmente el material, todo ello favorecido por un relieve accidentado y con grandes desniveles, consecuencia de recientes movimientos relativos de los terrenos.

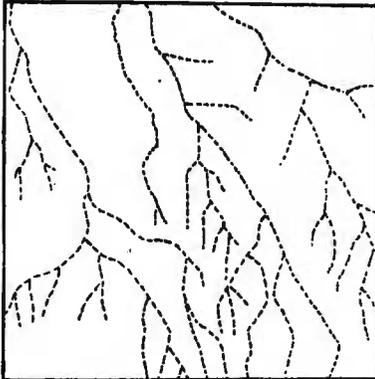
Los *pitones* y "*dientes de vieja*", tan numerosos en los materiales alpujárrides, son formas residuales en relación con lugares en los que, por diversas razones,



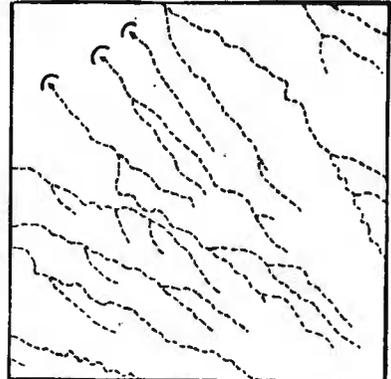
a - Calizas y calizo-dolomías  
(fotog. n° 19285)



b - Kakiritas  
(fotog. n° 53128)



c - Contacto calizas y materiales  
detríticos  
(fotog. n° 53130)



c - Conglomerados del cono de  
La Zubia  
(fotog. n° 19483)

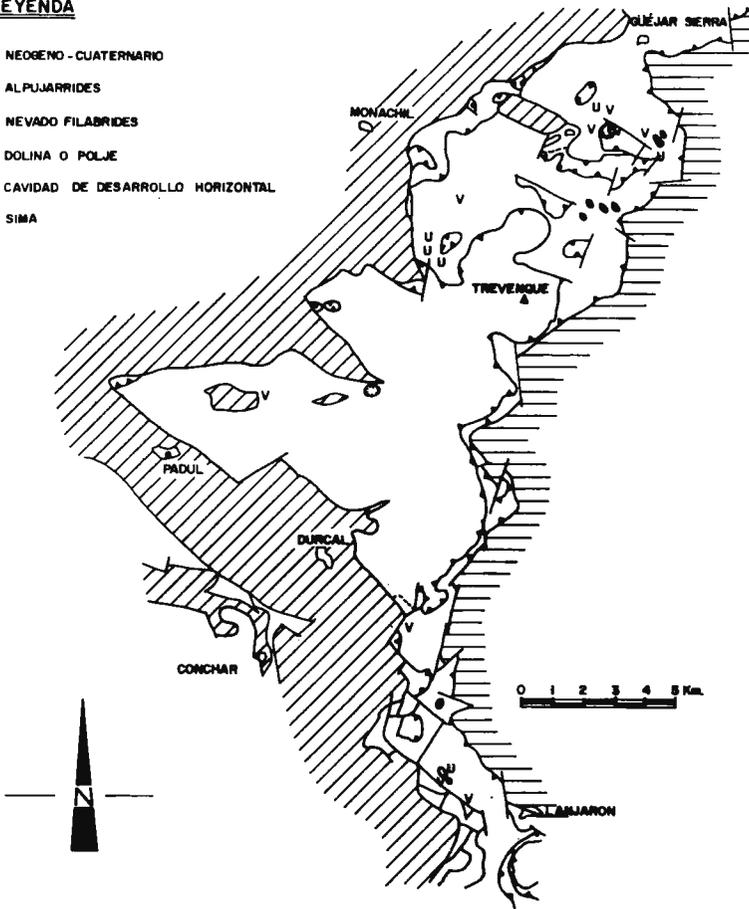
el cemento carbonatado que aglutina a los cantos ha sido más abundante y permanente.

### 3.2 - Las principales formas kársticas

Las formas típicamente kársticas, en los materiales alpujárrides, no son numerosas, debido a que son la erosión lineal y los fenómenos gravitacionales los que han contribuido prioritariamente a modelar el relieve, retocado en su detalle por la acción del hielo y del deshielo. No se puede hablar de la existencia de un paisaje kárstico en el sentido de CUIJIC (1960). No obstante, existen algunas formas kársticas, de desigual envergadura, posiblemente generadas bajo otro dominio climático, y en un relieve diferente al actual.

**LEYENDA**

-  NEOGENO - CUATERNARIO
-  ALPUJARRIDES
-  NEVADO FILABRIDES
-  DOLINA O POLJE
-  CAVIDAD DE DESARROLLO HORIZONTAL
-  SIMA



PRINCIPALES FORMAS KÁRSTICAS

Figura 24

En la *figura 24* represento las principales formas kársticas localizadas, tanto exokársticas como endokársticas; el lapiaz se encuentra muy poco representado, aunque curiosamente en las costras calcáreas del conglomerado de La Zubia es relativamente abundante.

Existen numerosas dolinas pequeñas sobre los materiales de la Unidad de Víboras, en las laderas del Dornajo, incluso a cota del orden de 2.100 m, en general en relación con fracturas muy marcadas. Hay otras dolinas y/o pequeños poljes en la Sierra del Manar, al Este de Acequías (el mayor de todos), y al Oeste de Lan-

jarón junto al Cortijo de la Higuera (también Unidad de Víboras).

Las formas endokársticas localizadas (con la ayuda de los espeleólogos J. D. PEREZ y M. G. RIOS), se desarrollan esencialmente a lo largo de fracturas abiertas, que son someramente retocadas por procesos de corrosión y gravitacionales. La mayor parte de ellas se excavan en los materiales de la Unidad de Víboras. La cavidad de mayor envergadura conocida es la Sierra de Montesinos (cercañas del Collado de las Sabinas), que tiene más de 200 m de recorrido y 73 m de desnivel en el trayecto explorado.

#### IV - HIDROGEOLOGIA

##### 1 - LOS MATERIALES Y SU COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Los materiales nevado-filábrides se comportan como acuífero pobre, donde el elemento transmisivo lo forman las fracturas abiertas no colmatadas, mientras que el elemento capacitivo está en relación con pequeñas fisuras y zona de alteración.

Las formaciones carbonatadas alpujárrides constituyen acuíferos de permeabilidad por fusión e intergranular ("*kakiritas*" y dolomías secundarias -MARTIN, 1978), y karstificación (calizas, calizo-dolomías y, eventualmente, dolomías).

Las formaciones detríticas de los diferentes mantos son muy poco permeables (acuitardos o acuícludos), debido a su naturaleza litológica, y pueden constituir barreras que individualizan los tramos carbonatados, cuando alcanzan suficiente espesor.

Dentro de los materiales neógeno cuaternarios se pueden diferenciar diversos tramos desde el punto de vista de su comportamiento frente al agua. Las calca-renitas, conglomerados de cemento carbonatado y arenas ( $M_2$ ), se comportan como acuífero, estando los tramos más productivos en relación con los niveles de arenas.

Los limos con yesos ( $M_3$ ) se comportan como acuícludos, aunque las intercalaciones de arenas y gravas suministran un cierto caudal, en especial si se encuentra en contacto con otros materiales permeables. Lo mismo se puede decir del "*tercer subtramo*" ( $M_1$ ) que adquiere mucho mayor desarrollo. Estos últimos materiales fueron considerados por los estudios del PNUD/FAO (1972) como límite impermeable del acuífero cuaternario de la Vega de Granada. No obstante en el sector del borde de Sierra Nevada aquí considerado, estos materiales constituyen un acuífe-

ro local, multicapa, susceptible de explotación, aunque con bajos rendimientos, como ponen de manifiesto los sondeos existentes, uno de los cuales es surgente. Los materiales de la *formación Pinos Genil* y el *conglomerado de la Alhambra*, de acuerdo con su naturaleza litológica se deben comportar como acuífero, aunque no existen captaciones con caudales considerables en ellos. La existencia de una matriz arcillosa y la gran heterometría de los cantos deben reducir la permeabilidad de estos tramos. Los conglomerados de La Zubia y Alhendín, los conos de deyección de Padul-Dúrcal (CASAS, 1975; CASAS y FERNANDEZ-RUBIO, 1975; PASCUAL, 1975; FERNANDEZ-RUBIO y PULIDO BOSCH, 1978) y los aluviales, se comportan como acuíferos de permeabilidad variable de unos puntos a otros (PNUD/FAO, 1972)

En cuanto a los materiales que constituyen la turbera de Padul se pueden considerar como acuícludos, aunque existen niveles detríticos intercalados (arenas con proporción variable de limos y gravas), que son acuíferos en carga, suministrada por el área de alimentación de los bordes (alpujárrides y conos de deyección).

## 2 - LA GEOMETRIA DE LOS EMBALSES SUBTERRANEOS

### 2.1 - Materiales alpujárrides

Los materiales alpujárrides entre Guéjar-Sierra y Lanjarón (27 Km de distancia en dirección NS) ocupan una superficie de 165 Km<sup>2</sup>, y constituyen una franja de 14 Km de anchura máxima y 1 Km de mínima. Los materiales de la Unidad de Trevenque afloran a lo largo de 95 Km<sup>2</sup>; 62 Km<sup>2</sup> la de Víboras; 6 Km<sup>2</sup> la de Vacaril, y apenas sobre 2 Km<sup>2</sup> la de Fuente Piedra. De esta superficie 155 Km<sup>2</sup> corresponden a materiales carbonatados, y el resto a detríticos.

El límite oriental del embalse está constituido por los materiales nevado-filábrides, que puede considerarse como prácticamente impermeable, aunque podría existir una cierta alimentación oculta a través de fracturas, y en los sectores donde la formación detrítica de la Unidad de Víboras se encuentra laminada.

El límite septentrional, coincidente con el trazado del río Genil, estimo que debe ser de potencial variable, de acuerdo con la naturaleza litológica de los materiales afectados, con épocas (o tramos) de descarga del acuífero al río, y viceversa, a comprobar mediante aforos. El borde meridional, con predominio de materiales de las formaciones detríticas alpujárrides, sería un límite de descarga a los cauces de los ríos Guadalfeo e Izbor, que constituyen los puntos más bajos.

El límite occidental es un borde de descarga, directa a los ríos y por manantiales diversos, y oculta a través de los tramos permeables. Se desconoce la continuidad en profundidad de los materiales alpujárrides bajo el relleno neógeno-cuaternario, aunque cabe la posibilidad de que se encuentren saturados con agua a elevada temperatura y a gran presión.

En la fosa de Padul-Dúrcal, rellena de materiales neógeno-cuaternarios, los materiales alpujárrides afloran a ambos lados de la misma, existiendo surgencias en los contactos, por lo que se puede considerar a este borde como de intercambio nulo, aunque la existencia de surgencias termales puede estar en relación con una *"zona de circulación profunda"* (SOKOLOV, 1965) que explicaría la anomalía hidrogeotérmica.

En cuanto a la geometría interna del embalse y de su zona saturada, son las surgencias los únicos elementos que aportan luz a su conocimiento, dado que los sondeos son muy poco numerosos; de ellas se deduce que la geometría es muy compleja, fiel reflejo de la complejidad tectónica del área.

Son los rasgos tectónicos y estratigráficos los que permiten diferenciar dos sectores en el área de estudio: el sector septentrional, que se extiende desde el río Torrente (Nigüelas) hasta el Genil, caracterizado por la existencia de grandes espesores de materiales carbonatados de gran continuidad lateral; y el sector meridional, que ocupa el resto del área (Nigüelas-Lanjarón), en donde los tramos carbonatados pierden continuidad y se encuentran muy compartimentados, entre las formaciones detríticas que afloran más ampliamente.

Dentro del sector septentrional se pueden diferenciar al menos tres conjuntos: la subunidad del Trevenque, desconectada del resto por el tramo basal detrítico y la brecha de corrimiento, drenada a cota 1450 m por el manantial de Huenes; la subunidad del manto inferior de la unidad de VÍboras, bien individualizada en la cuenca del río Monachil, desconectada del manto superior por el tramo detrítico basal del mismo, y drenada por el manantial que abastece a Monachil, a cota 1020 m; y el resto, de aparente continuidad hidráulica en todo el sector.

## 2.2 - Materiales neógeno-cuaternarios

Las areniscas calcáreas bioclásticas y conglomerados (*"maciños"*) afloran prácticamente a lo largo de todo el borde, aunque no de forma continua visible. El mayor afloramiento se sitúa en el borde septentrional y ocupa unos 3 Km<sup>2</sup>. Se encuentra separado de los materiales alpujárrides por un tramo de limos con

yesos que actua de muro impermeable o semipermeable.

Sin continuidad visible con el afloramiento de Canales, existe el afloramiento de la Fuente del Hervidero, que ocupa 1 Km<sup>2</sup> de superficie. Constituye un pequeño sistema desconectado del resto, drenado por dos surgencias. Hay además otros pequeños afloramientos más hacia el SE, uno de los cuales se ubica sobre la Sierra del Manar, descolgado, y drenado por el manantial de la Ermita. Este tramo adquiere gran desarrollo en las proximidades de Béznar, sobre el que se ubica la cerrada del mismo nombre, y conforma un pequeño sinclinal muy posiblemente saturado de agua.

Los abanicos aluviales y los limos con arenas y conglomerados se encuentran en contacto con los materiales alpujárrides entre Dílar y la depresión de Padul-Dúrcal, de los que reciben alimentación oculta a través de los tramos más permeables. Se pueden considerar como un acuífero multicapa de geometría detallada difícil de establecer.

Existen en estos materiales sondeos, uno de los cuales es surgente; para explicar la surgencia de este sondeo se invoca el hecho de que el potencial del área de recarga inducida (alpujárrides) es elevado, por lo que el nivel piezométrico en los sondeos asciende al aumentar la profundidad de la obra, dado que se cortan líneas de mayor potencial. La desigual geometría de los tramos productivos (*fig. 25*) explica la coexistencia de sondeos surgentes junto a otros que no lo son, a pesar de tener profundidades similares (descartada la posibilidad de que se deba a un desarrollo defectuoso de la obra).

Dado que hacia el Oeste los materiales se hacen cada vez más finos, el límite

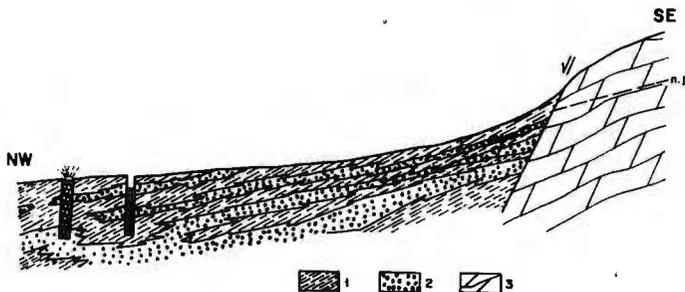


Figura 25.- Esquema hidrogeológico invocado para explicar la existencia de sondeos surgentes junto al Suspiro del Moro. (1: limos y arcillas; 2: gravas y arenas; 3: dolomías alpujárrides).

occidental del embalse estaría en relación con un cambio de facies, jalonado por pequeñas surgencias.

El conglomerado de La Zubia constituye un acuífero en conexión hidráulica con el manto freático de la Vega de Granada (PNUD/FAO, 1972); el embalse tiene forma biselada con espesores máximos en el sector distal, hecho comprobado mediante sondeos, los cuales hacia el sector intermedio del cono atraviesan unos 80 m de conglomerados, mientras en las proximidades de La Zubia, sondeos con más de 100 m de profundidad no llegan al muro. Existen algunos niveles colgados en relación con tramos menos permeables dentro del cono.

En el sector de la turbera de Padul, debido a que constituye el principal área de descarga de los acuíferos alpujárrides, así como a la existencia de acumulaciones de materiales carbonosos de interés económico, susceptibles de explotación, en cuyo caso el agua plantearía grandes problemas (FERNANDEZ-RUBIO y PULIDO BOSCH, 1978), se ha realizado una campaña de prospección geofísica eléctrica con el fin de determinar bien su geometría.

En esta fosa, delimitada por fracturas, el borde septentrional está ocupado por

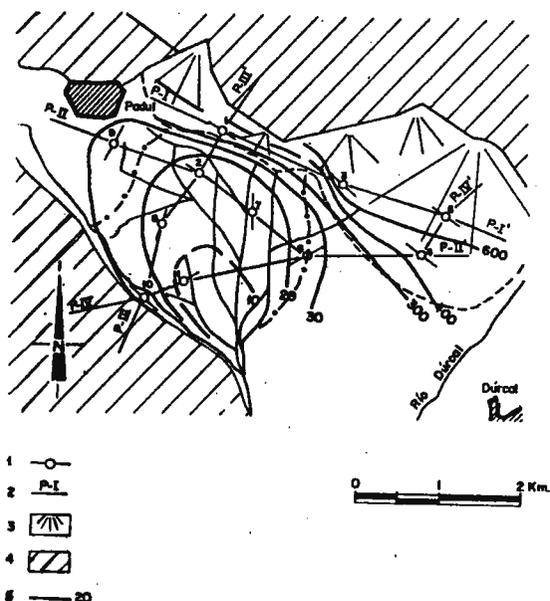


Figura 26.- Plano de isorresistividad aparente

AB = 10 m (1: SEV y su número; 2: perfil; 3: conos de deyección; 4: materiales alpujárrides; 5: curva isorresistiva en ohmios.m).

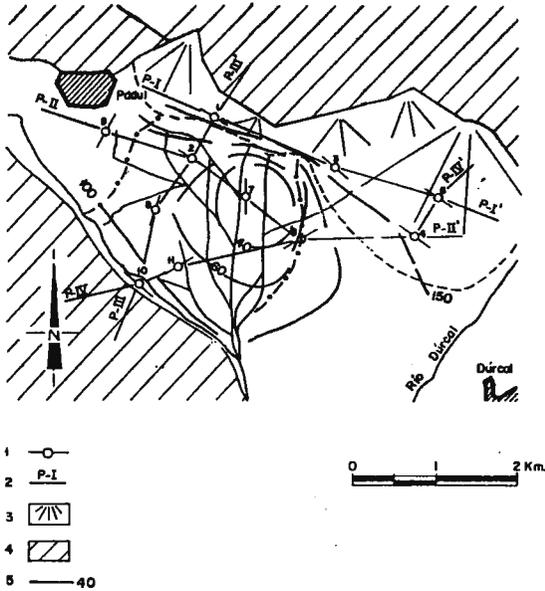


Figura 27.- Plano de isorresistividad aparente,  
AB = 500 m. Leyenda similar a fig. 26.

gravas que forman amplios conos de deyección, en estrecha relación hidráulica con las dolomías alpujárrides. Estos materiales detríticos se indentan con depósitos de origen lacustre y pantanoso, en que uno de los principales constituyentes es la turba. A lo largo del contacto entre ambos existen numerosas surgencias, como consecuencia del marcado contraste de permeabilidades. Algo similar sucede en el borde meridional, aunque no hay conos de deyección desarrollados.

Se realizaron ocho SEV AB 1000 m, dos SEV AB 740 m y uno AB 940 m. En las figuras 26, 27 y 28 se representan los mapas de isorresistividades AB 10 m, 500 m y 940 m, respectivamente. En todos ellos se muestra el marcado contraste de resistividades desde el interior de la turbera hacia los conos de deyección, aunque con valores menores con el aumento de la línea de emisión. El desplazamiento de los valores mínimos de resistividad, hacia la mitad septentrional de la turbera indica un mayor espesor de materiales resistivos (turba) en dicho sector, hecho comprobado mediante los sondeos mecánicos realizados por ENDESA.

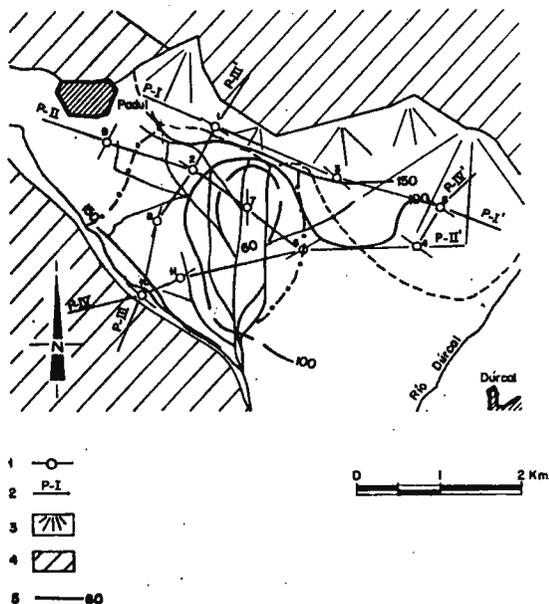


Figura 28.- Plano de isorresistividad aparente  
 AB = 940 m. Leyenda similar a fig. 26.

En la *figura 29* se representa la interpretación geológica de los cortes geoelectrónicos según cuatro perfiles; para dicha interpretación he contado con la colaboración del Dr. GEINAERT de la Universidad de Amsterdam.

### 3 - CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS

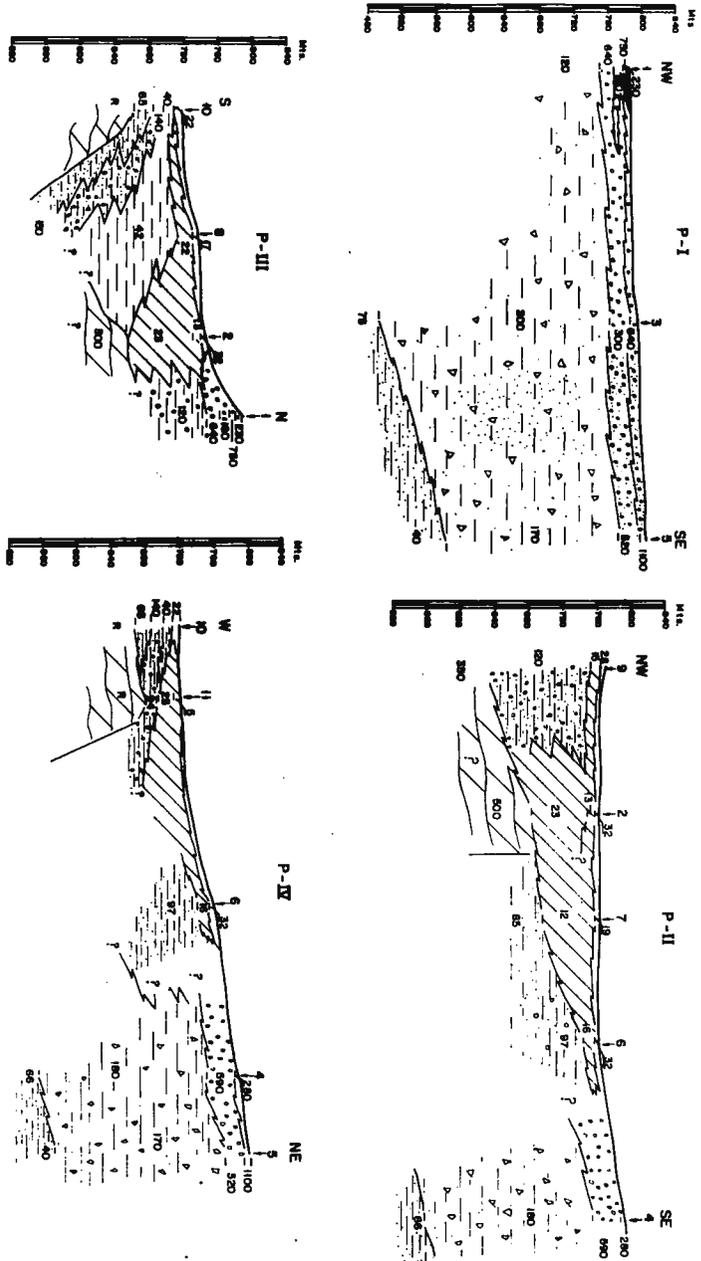
#### 3.1 - Materiales alpujárrides

Las pruebas de inyección efectuadas en estos materiales, con motivo de la ejecución de las obras de investigación para el embalse de Canales (GARCIA YAGUE, 1974), arrojaron un valor de la permeabilidad de  $4$  a  $2 \times 10^{-7}$  m/s, característico de un acuífero pobre. En dos de los sondeos realizados por el SGOP en el río Torrente cerca de Niguelas, se obtuvieron también valores similares, aunque algo superiores ( $6 \times 10^{-7}$  a  $5 \times 10^{-6}$  m/s).

Es bien conocido el hecho de que a escala puntual se pueden obtener valores muy bajos de la permeabilidad, que quedan muy por debajo del valor medio del sistema (KIRALY, 1975 y 1977) como consecuencia de la coexistencia de grandes bloques de baja permeabilidad, con conductos muy transmisivos.

En una prueba de corta duración efectuada en un pozo junto a Padul, de solo

INTERPRETACION GEOLOGICA DE LOS CORTES GEODELECTRICOS



- Precipitados de gruesa
- Terribas
- Deseñadas (gruesas ?)

LEYENDA

- Limas y arcillas (con luvias ?)
- Arenas, limas y arcillas ?
- Depositos con arcillas y limas (fluviocarbónicas ?)

Escala horizontal  
0 0.5 Km

Figura

Dibujó: J. Antonio Serrana

Figura 29

7,34 m de profundidad, obtuve un valor del caudal específico de 58 l/s/m, una permeabilidad del orden de  $1 \times 10^{-4}$  m/s y una transmisividad cercana a 7.000 m<sup>2</sup>/día. En el sondeo n°35 (*fig. 35*) obtuve, en otra prueba, un valor de transmisividad del orden de 10.000 m<sup>2</sup>/día; estos valores ponen de manifiesto que el acuífero presenta gran potencialidad.

La superficie piezométrica del embalse no puede ser reconstruida en detalle debido a la ausencia de puntos acuíferos suficientes; sin embargo las surgencias existentes permiten obtener una idea de la misma. En el borde septentrional, río Genil, la superficie piezométrica debe de coincidir sensiblemente con la cota media del río, que es del orden de 930 m.

A lo largo del río Monachil existen surgencias de caudal considerable a cotas 1460, 1020 y 900 m; la primera de ellas representa la cota de drenaje de un nivel colgado en relación con el tramo detrítico basal de la unidad de Víboras, mientras que la segunda surge en el contacto de los materiales carbonatados con el tramo de filitas que separa los dos posibles mantos dentro de esta unidad. Por último, las surgencias a cota 900 están en relación con el contacto alpujarrides-neógeno.

El manantial de Huenes (n° 9) surge a cota 1450 y constituye el drenaje de la subunidad del Trevenque, desconectada del embalse principal.

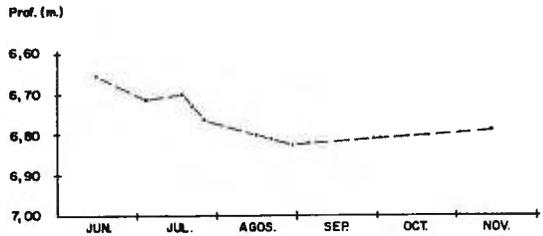
La fuente de los Berros, junto al río Dílar, surge a cota 930 m, y sería un punto igualmente indicativo de la cota piezométrica en el sector; finalmente se tiene el Ojo Oscuro, manantial que surge en el interior de la turbera de Padul a cota 730, que sería el área principal de descarga.

Otros puntos acuíferos existentes en el flanco meridional de la Sierra del Marnar indican cotas piezométricas del orden de 800 m, mientras que las galerías de abastecimiento a Padul y Dúrcal presentan cotas de 770 m, y de unos 900 m en los sondeos de Nigüelas.

Los puntos acuíferos existentes más hacia el Sur muestran niveles piezométricos muy variables de unos a otros, lo cual apoya la idea de la existencia de una gran compartimentación hidrogeológica en el sector, aunque existe la posibilidad de que la descarga principal del conjunto se efectúa a cota aproximada 300 m, en el río Lanjarón y/o Guadalfeo.

La fluctuación del nivel piezométrico desde Junio a Noviembre de 1979 en el pozo n°42 (Padul) se muestra en la *figura 30* así como en los dos sondeos de Nigüelas del SGOP, que incluyen algunas medidas de 1978 (*figura 31*). En el primero

Figura 30.- Evolución del nivel piezométrico en el pozo n° 42.



se observa una fluctuación muy pequeña, y en los otros dos, algo superior, pero tampoco muy elevada, lo cual es lógico si se tiene en cuenta su ubicación cercana al área de descarga.

### 3.2 - Materiales neógeno-cuaternarios

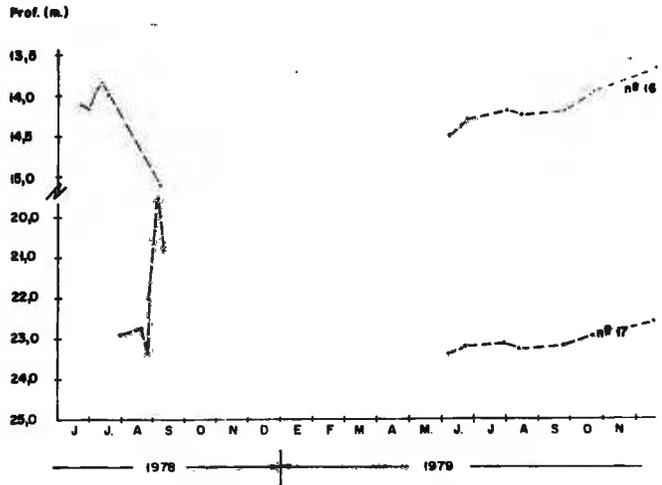
Las pruebas de permeabilidad efectuadas en los materiales del tramo de Canales, limos y arcillas con yesos, dieron un valor medio para este parámetro de  $2,6 \times 10^{-11}$  m/s, con un valor máximo de  $5 \times 10^{-8}$  m/s (GARCIA YAGUE, 1974). La cota piezométrica de los sondeos en las proximidades del embalse de Canales, en el tramo de areniscas bioclásticas quedaba comprendida entre 800 y 850 m; en los sondeos de investigación determinaron una porosidad eficaz media del 7,2%. En las pruebas de permeabilidad realizadas en los sondeos de investigación con motivo de las obras del embalse de Béznar obtuvieron valores normalmente inferiores a  $10^{-6}$  m/s.

En varios sondeos que captan dichos materiales en las proximidades de Padul, los caudales que se obtienen son del orden de 5 l/s, con un valor del caudal específico de unos 0,3 l/s/m. La cota del nivel piezométrico en este sector es de unos 790 m. En el pequeño embalse del Hervidero, en relación con estos mismos materiales, la cota de surgencia es de 1250 m, mientras que en el sector de Béznar la cota piezométrica viene impuesta por el cauce del río, y es del orden de 350 m.

En los restantes materiales miocénicos (abanicos aluviales, y limos con intercalaciones de arenas y conglomerados), las captaciones existentes arrojan caudales comprendidos entre menos de 1 y 10 l/s, con caudales específicos del orden de 0,1 - 0,2 l/s/m. En una prueba de bombeo de corta duración realizada en el sondeo n°26 (restaurante El Suspiro) obtuvo un valor de la transmisividad de  $6 - 8 \text{ m}^2/\text{día}$ .

En la *figura 32* se muestra la fluctuación del nivel piezométrico en los sondeos

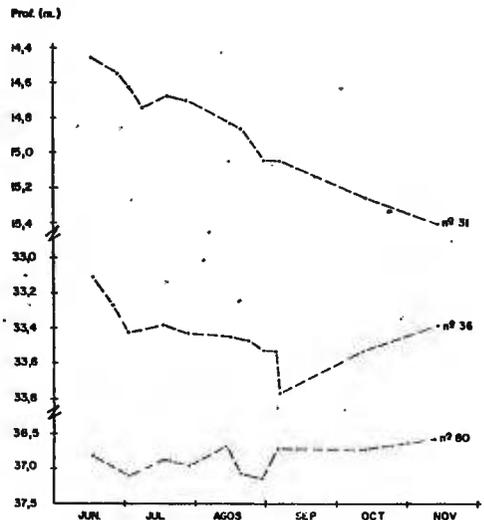
Figura 31.- Evolución de los niveles piezométricos en los sondeos 16 y 17.



31, 36 y 80, desde Junio a Noviembre de 1979, los cuales están perforados en materiales de la *blockformation* (31 y 80) y gravas cuaternarias (36). Contrasta la tendencia al descenso en el sondeo 31, mientras que los dos restantes manifiestan una tendencia a subir, posiblemente consecuencia de la recarga de la lluvia, menos manifiesta en el primero de ellos.

Los sondeos que captan el conglomerado de La Zubia obtienen caudales muy variables, tanto más elevados cuanto más cercanos de la Vega se localizan; en el sec-

Figura 32.- Fluctuación de los niveles piezométricos en los sondeos 31, 36 y 80.



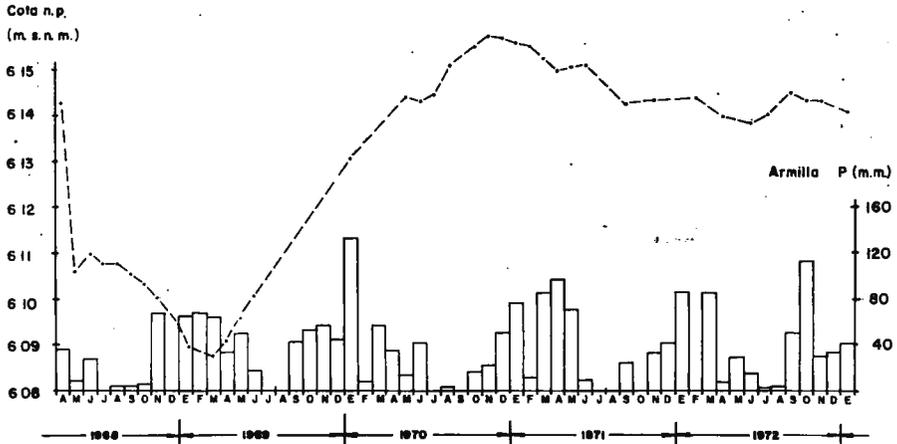


Figura 33.- Evolución del nivel piezométrico en el sondeo nº5 (controlado por FAO-IGME)

tor medio-alto del cono arrojan 1 l/s con más de 10 m de depresión; en el sector medio-bajo, 10-15 l/s con 20 m de depresión, y en el contacto con los materiales de la Vega el sondeo nº5 (FAO) obtuvo un caudal específico de 7,4 l/s/m, con una transmisividad del orden de 2.000 m<sup>2</sup>/día.

El nivel piezométrico en el cono se adapta sensiblemente a la geometría del sustrato, con cotas comprendidas entre 940 m en la parte más alta, y 610 m en la más baja. La profundidad del agua es igualmente creciente en el mismo sentido. En la *figura 33* se muestra la evolución del nivel piezométrico en el sondeo nº5 (controlado por la FAO y el IGME) desde 1968 a principios de 1973; la fluctuación máxima es de unos 6 m, y no se detecta una marcada influencia de las precipitaciones, dado el efecto retardador de la zona no saturada (el nivel freático se encuentra a unos 100 m de profundidad).

#### 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS

##### 4.1 - Materiales alpujárrides

La temperatura de las aguas ligadas a los materiales alpujárrides es variable de unos puntos a otros, existiendo un área especialmente anómala en el flanco meridional de la fosa de Padul-Dúrcal, entre Cozvíjar y Pinos del Valle, con temperaturas comprendidas entre 20 y 25°C. Estimo que el termalismo de estas aguas está en relación con su sistema de circulación, profundo, con área de alimentación en los alpujárrides al Norte de la fosa, y calentamiento tras su

circulación bajo el relleno neógeno-cuaternario, que puede alcanzar gran espesor. Las surgencias del borde occidental, situadas por encima de la cota 1000 m presentan temperaturas de 9 -10° C, mientras que los que surgen por debajo, registran valores superiores (13 a 14° C). El resto de las surgencias del área de la turbera de Padul (bordes septentrional y meridional) presentan temperaturas comprendidas entre 13 y 15° C.

La conductividad de las aguas termales es también superior a las del resto y llegan a superar los 1000 micromhos/cm (CRUZ-SANJULIAN et al., 1979). El resto de las aguas de las surgencias no supera los 550 micromhos/cm, lo cual indica que se trata de aguas de contenido salino relativamente bajo.

En lo que respecta al residuo seco, se observa una tendencia general a aumentar hacia el Sur, es decir hacia el sector más templado. Esto sugiere una menor agresividad de las aguas frías, o un incremento de las que son algo más cálidas. Este hecho parece bastante claro en lo que concierne al ión  $\text{CO}_3\text{H}^-$  que alcanza valores generalmente inferiores a los 200 mg/l en la mitad septentrional, mientras que en la otra mitad se superan los 300 mg/l.

En la *figura 34* represento, en diagramas de STIFF (modificados), las características químicas de los principales puntos acuíferos ligados a los materiales alpujarrídes. La mayor parte de las aguas de los puntos acuíferos presentan facies bicarbonatada cálcica o magnésico cálcica, salvo las relacionadas con la unidad de Víboras, cuyo tramo basal contiene yesos, lo que se puede traducir por un dominio en las aguas de  $\text{SO}_4^{--}$  (n° 6 y 7, junto al río Monachil). Asimismo las surgencias termales del borde meridional de la fosa de Padul-Dúrcal presentan facies sulfatada magnésica y contenido salino mucho más elevado.

La mayor parte de las aguas del área son potables de acuerdo con las normas de la O.M.S. (1964) y del C.A.E. (1967), salvo las de abastecimiento a Padul que registraban gran contenido en  $\text{NO}_3^-$  en la fecha de análisis. También son aguas utilizables en agricultura sin que planteen graves problemas de salinización del suelo, (algo mayores en las surgencias termales), incluidas en los grupos  $\text{C}_2\text{S}_1$  y  $\text{C}_3\text{S}_1$  (las surgencias termales), de la clasificación del U.S.L.S.S. (1954)

#### 4.2 - Materiales neógeno-cuaternarios

Las aguas relacionadas con las areniscas calcáreas presentan características variables según los sectores; en el sector septentrional registran residuo seco comprendido entre 400 y 700 mg/l (YAGUE, 1975), con elevado contenido en  $\text{SO}_4^{--}$  en los puntos acuíferos más próximos al contacto con los limos con yesos infraya-

## LEYENDA

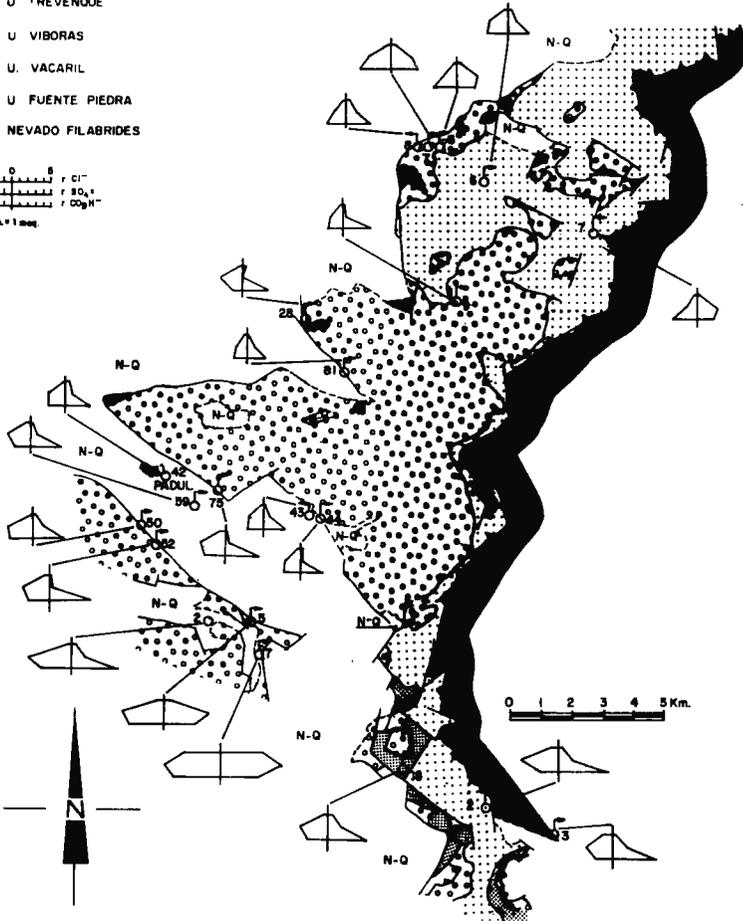


Figura 34.- Diagramas de STIFF de las aguas ligadas a los materiales alpujarrides.

centes, aunque la facies dominante del agua es bicarbonatada cálcica.

En la subunidad de la Fuente del Hervidero existe gran disparidad en el quimismo entre las dos surgencias principales (*fig. 35*); las aguas de la Fuente del Hervidero (15), con temperatura comprendida entre 11 y 11,5°C, presentan facies bicarbonatada cálcica, y conductividad media de 230 micromhos/cm y muy bajo con-

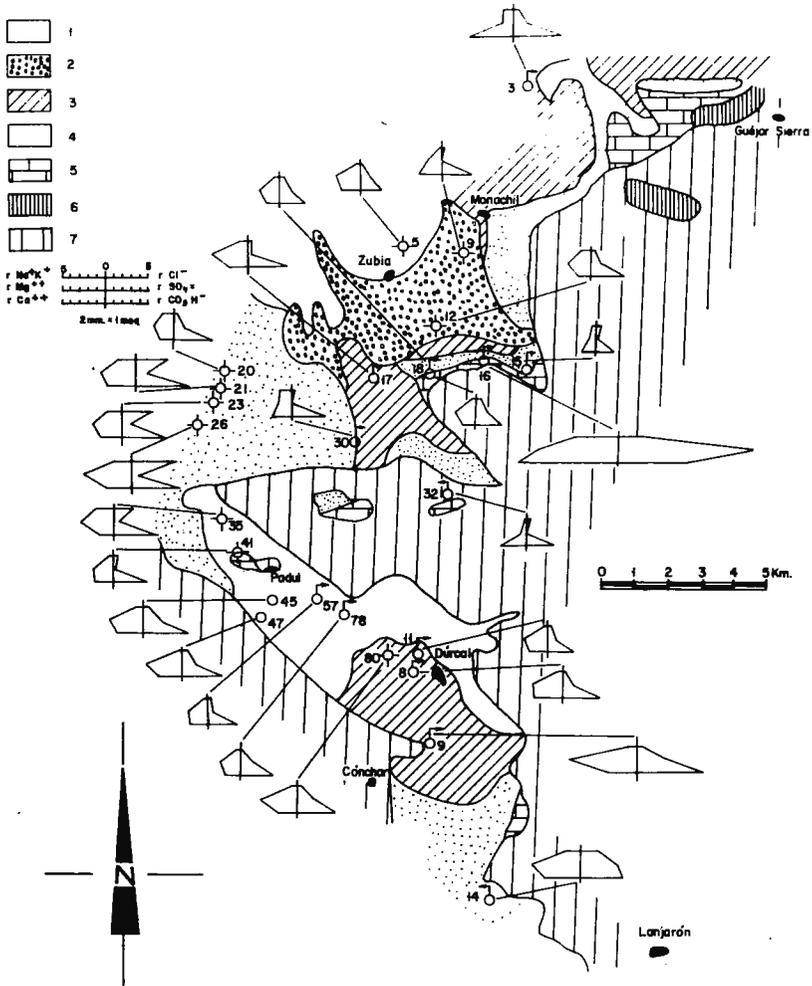


Figura 35.- Diagramas de STIFF de las aguas ligadas a los materiales neógeno - cuaternarios.

tenido en  $Mg^{++}$  (desconexión con los materiales alpujárrides). Las aguas de la otra surgencia principal (16) presentan gran contenido salino y facies sulfatada cálcico-magnésica, lo cual se interpreta como una evidencia de la existencia de limos con yesos bajo las areniscas.

Las características de las aguas que drenan el pequeño acuífero de la Ermita (32) son similares a las de la Fuente del Hervidero. Los puntos acuíferos cer-

canos a Padul, que captan estos mismos materiales presentan facies bicarbonatada magnésica, indicio de la conexión con el acuífero alpujárride, que aportaría el  $Mg^{++}$ .

Las aguas ligadas a las intercalaciones detríticas dentro de los limos miocénicos presentan características muy diferentes a las restantes, y muy en consonancia con la litología y velocidad de circulación; de temperatura muy variable en el tiempo y en el espacio (11,5 a 16,2°C), registran elevado contenido salino (más de 600 mg/l) y facies bicarbonatada magnésica o clorurada magnésica, con valores altos de  $SO_4^{--}$ . El elevado contenido en  $Mg^{++}$  se interpreta como indicio de la alimentación lateral a partir de las dolomías alpujárrides.

Las aguas ligadas a la *Blockformation* presentan conductividad y residuo seco mucho más bajo (200 a 350 mg/l), con facies bicarbonatada magnésica o cálcico-magnésica, con  $Mg^{++}$  procedente tanto de la alimentación lateral a partir de los materiales alpujárrides, como de la disolución en la propia roca almacén.

Las aguas ligadas a los conglomerados de La Zubia presentan facies bicarbonatada magnésica o cálcico-magnésica, como corresponde a la litología de la roca almacén, constituida esencialmente por cantos carbonatados procedentes de la erosión de la unidad de Trevenque.

En el cuaternario cercano a la turbera de Padul, las aguas registran temperaturas comprendidas entre 14 y 16°C, y residuo seco inferior a 400 mg/l, salvo en el punto nº35, posiblemente influenciado por la existencia de limos con yesos en profundidad. La facies del agua más generalizada es bicarbonatada cálcico-magnésica y/o magnésica.

Existen algunos puntos acuíferos en los que se detectó la presencia de pequeñas cantidades de  $NO_2^-$  (9, 47, 57, 80, 8 y 11) posiblemente consecuencia de una contaminación derivada de las prácticas agrícolas y, en algunos casos, de los residuos líquidos domésticos (47, 57, 80, 8).

Desde el punto de vista del uso en agricultura de estas aguas, tan solo las relacionadas con los limos yesíferos miocénicos, pueden presentar un cierto riesgo de salinización del suelo (grupo C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>).

## 5 - FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

### 5.1 - Alimentación

La alimentación a partir de la infiltración directa del agua de lluvia es uno de los principales elementos del balance, aunque con los datos disponibles, no

se puede calcular con precisión. Dado que parte de las precipitaciones se efectúan en forma de nieve, la infiltración puede hacerse de forma más homogénea. De considerar que el 40 - 60 % de la precipitación se infiltra (valor bastante común en nuestras latitudes; PULIDO BOSCH, 1979; CASARES et al., 1979...) se obtiene una alimentación media por este concepto de 45 - 70 Hm<sup>3</sup>/año, para el conjunto de los materiales alpujárrides del área.

Por otro lado, los ríos se encuentran en estrecha relación hidráulica con el embalse subterráneo, actuando como aliviaderos del mismo y como elemento de recarga. En todos los ríos que cruzan el área existen surgencias, por lo que cabe pensar que aguas arriba de las mismas sean los ríos los que alimenten al acuífero, al encontrarse el nivel piezométrico a cota más baja que la del cauce. En el Arroyo de Huenes se tiene un buen ejemplo de esta relación, el cual pierde toda su agua al llegar a los materiales alpujárrides desde los nevado-filábrides, para resurgir, junto con las aguas del acuífero, unos dos Km más abajo. La cuantificación de las relaciones ríos-acuífero precisa de la instalación de varias estaciones de aforo de control diario, al menos en las entradas y salidas de dichos ríos sobre los materiales alpujárrides.

Tampoco es cuantificable, con los datos disponibles, la alimentación lateral oculta a partir de los materiales nevado-filábrides, aunque estimo que la cifra no puede ser muy elevada, dada la baja permeabilidad de dichos materiales.

## 5.2 - Descarga

Las salidas principales del embalse se efectúan por manantiales, a cotas variables, aunque el área de descarga principal se ubica en la turbera de Padul a cota 730 m (Ojo Oscuro); las restantes surgencias se encuentran en relación con los ríos principales, y a cotas variables como ya indiqué.

Invoco un esquema (*fig. 38*) para explicar la existencia de surgencias en todos esos puntos en el que diferencio dos sistemas de flujo (inspirado en TOTH, 1963): un *sistema local*, en relación con las divisorias hidrográficas; y un *sistema intermedio*, cuyo sector de drenaje sería la turbera de Padul.

El valor de la relación rMg/rCa en las aguas del Ojo Oscuro, superior a la unidad, y por encima del de las surgencias ligadas a los ríos, el mayor contenido en sales de las aguas de dicha surgencia, y su temperatura algo más elevada, apoyan la existencia de ambos sistemas de circulación.

Los bombeos en los materiales alpujárrides son prácticamente despreciables con

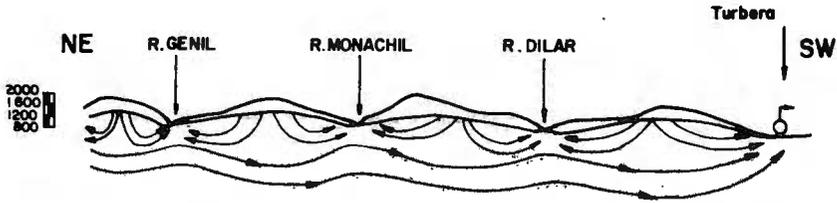


Figura 36.- Esquema propuesto sobre el flujo subterráneo, que incluye un sistema local y otro intermedio.

respecto a la cifra global de los recursos del área. Conozco la existencia de un sólo pozo de bombeo en el que se extraen del orden de 10.000 m<sup>3</sup>/año. Sin embargo la potencia instalada en los pozos y sondeos existentes en los materiales neógeno-cuaternarios de borde, sin incluir la Vega de Granada, permite la extracción de un caudal instantáneo del orden de 400 l/s, aunque los tiempos de bombeo son en la realidad muy reducidos,

Existe asimismo una alimentación lateral oculta a lo largo del borde, evidenciada claramente con criterios hidrogeoquímicos a lo largo del sector comprendido entre el río Dílar y Béznar. Dicha descarga es tanto más elevada, cuanto mayor es la permeabilidad del material puesto en contacto; por tanto será a lo largo de los conos de deyección de la fosa de Padul-Dírcal donde dicha alimentación será mayor. Los datos disponibles no permiten estimar la cuantía de esta descarga.

## V - CONCLUSIONES

2.1 - Las precipitaciones en el área, producidas en forma de lluvia o de nieve (meses fríos y partes más elevadas), alcanzan los 700 mm de media en un periodo de 20 años de control, y fluctúan entre 1.100 mm en el año más húmedo (1962/63), y 450 mm en el año más seco (1956/57). El número medio de días en el año que registran precipitación es de 83 en el extremo septentrional, y de unos 60 en el meridional (Lanjarón).

2.2 - Las temperaturas medias anuales del área de estudio oscilan entre unos 16° C, en los puntos más bajos, y unos 7° C en los de mayor altitud, con una fluctuación térmica interestacional, entre valores extremos, que llega a superar los 50° C. La ecuación calculada que relaciona la temperatura media anual (T en °C) con la altitud (h en m) en el área, es  $T = 19,5 - 0,0055 h$ , con un coeficiente de correlación de 0,91.

2.3 - La evapotranspiración potencial media anual del área, calculada por el método de THORNTHWAITTE, asciende a 650 mm, y la evapotranspiración real media

anual, según el mismo método, no alcanza los 300 mm.

2.4 - Las aportaciones anuales medias de los cinco ríos principales que surcan el área de estudio ascienden a  $215 \text{ Hm}^3$ , con coeficientes de escorrentía cercanos a 0,6. El valor tan elevado de este coeficiente se interpreta como debido a lo reducido de la evapotranspiración, consecuencia de la baja temperatura media de la cabecera de los ríos.

2.5 - En estos ríos, los caudales máximos medios se registran durante los meses de Mayo y/o Junio, con valores elevados durante los meses de Abril y Julio, e incluso Agosto. Este hecho traduce el efecto retardador del deshielo en la escorrentía superficial (régimen nival o pluvionival de los ríos), que afecta aproximadamente al 28 % de la escorrentía total.

2.6 - La aportación media anual de la escorrentía subterránea al caudal de los ríos, obtenida por estimación a partir del caudal de base, es del 48 % de la escorrentía total.

3.1 - Interpreto la elevada densidad de drenaje de las dolomías trituradas alpujárrides, como el resultado de una serie de procesos que hacen que la roca sea incoherente y fácilmente arrastrable; las lluvias torrenciales, de intensidad superior a la capacidad de infiltración, generan una escorrentía superficial que excava multitud de pequeños cauces, con acumulación en las partes bajas de los cantos arrastrados, que dan lugar a grandes conos de deyección. Por tanto la elevada densidad de drenaje no sería indicativa de una baja permeabilidad del material alpujárride.

3.2 - Sobre los materiales carbonatados alpujárrides no existe un auténtico paisaje kárstico. No obstante, existen algunas dolinas y pequeños poljes, de dimensiones mayores en la mitad meridional, de clima algo más templado. También existen algunas simas y cavidades de desarrollo horizontal, que manifiestan un marcado control estructural, con reducida intervención de los procesos de ataque químico y disolución, y depósitos de precipitación.

4.1 - Los materiales carbonatados alpujárrides se comportan como acuíferos de permeabilidad primaria poco elevada, incrementada por los procesos de fracturación y karstificación. La dolomitización secundaria de parte de estos materiales ha debido contribuir al incremento de la permeabilidad. Las formaciones detríticas de los diferentes mantos se comportan como acuitardos y/o acuícludos.

Dentro de los materiales neógeno-cuaternarios de borde, existen también formaciones de comportamiento acuífero ( $M_4$ ,  $M_2$ ,  $M_1$  - acuífero local-  $M$ ,  $Qz$ ,  $Qt$  y  $Q$ )

de permeabilidad variable; acuitardo ( $M_1$ ,  $P_1$ ) y/o acuicludo ( $M_3$ , localmente  $M_1$ ,  $P_1$  ? y  $Q_1$ ).

4.2 - Desde el punto de vista de la geometría y estructura de los embalses, se diferencian dos grandes sectores: *el sector septentrional*, que se extiende desde el río Torrente (Nigüelas) hasta el Genil, caracterizado por la existencia de grandes espesores de materiales carbonatados de gran continuidad lateral; y *el meridional*, que ocupa el resto del área (Nigüelas - Lanjarón), caracterizado por la abundancia de afloramientos de las formaciones detríticas de los diversos tramos, menor espesor de las formaciones carbonatadas, y gran compartimentación de las mismas, como consecuencia de la complejidad tectónica.

Dentro del *sector septentrional* se diferencian al menos tres conjuntos: *la subunidad del Trevenque*, desconectada del resto por el tramo basal detrítico y la brecha de corrimiento; *la subunidad del manto inferior de la unidad de Vltoboras*, bien individualizada en la cuenca del río Monachil, y desconectada del manto superior por el tramo detrítico basal del mismo; y el resto, de aparente continuidad hidráulica en todo el sector.

4.3 - La prospección geofísica eléctrica resistiva permite definir bastante bien la geometría de la cuenca de turbas y lignitos (?) de Padul, como consecuencia del marcado contraste de resistividades entre el material carbonoso y los materiales encajantes. La campaña de prospección realizada ha permitido delimitar probables sectores en donde el sustrato carbonatado se encuentra a relativamente poca profundidad bajo el recubrimiento neógeno-cuaternario, hecho que, de confirmarse, tendría gran importancia con vistas al drenaje del área, de llevarse a cabo la explotación intensiva de la turbera.

4.4 - Los valores de la permeabilidad de los materiales carbonatados alpujárrides, obtenidos mediante pruebas de inyección en los sondeos de investigación realizados por organismos oficiales con diversos fines, estuvieron comprendidos entre  $10^{-5}$  y  $10^{-7}$  m/s; sin embargo, los valores obtenidos en las pruebas de bombeo efectuadas para este estudio, han sido muy superiores (unos 7.000 m<sup>2</sup>/día, con un coeficiente de almacenamiento del 1,4 %).

4.5 - Las aguas ligadas a los materiales alpujárrides registran temperaturas bastante constantes en el tiempo, comprendidas entre los 9 y 10°C para las surgencias situadas por encima de los 1.000 m de altitud, y entre 13 y 15 para las situadas a cotas inferiores. Sin embargo, existen algunos puntos a lo largo del curso medio del río Dúrcal con aguas termales (del orden de 24°C).

La facies de las aguas frías o normales es bicarbonatada cálcica, cálcico-magnésica o magnésica-cálcica; los mayores contenidos en  $\text{SO}_4^{2-}$  se registran en las surgencias ligadas a la unidad de Víboras de la cuenca del río Monachil. La concentración en  $\text{CO}_3\text{H}^-$  de las aguas manifiesta un incremento con la disminución de la altitud de las surgencias, lo cual sugiere una disminución de la agresividad de las aguas con la disminución de la temperatura (menor poder de corrosión de las aguas frías y de deshielo).

4.6 - La mayor parte de las aguas ligadas a los materiales del borde de los alpujárrides presentan facies bicarbonatada magnésica y/o cálcico-magnésica, salvo excepciones locales; sin embargo, las aguas ligadas a los conglomerados con arenas y limos miocénicos ( $M_1$ ) registran un elevado contenido en  $\text{Cl}^-$ , que en algunos puntos es el ión dominante, así como un contenido salino superior al del resto de las aguas ligadas a los otros materiales.

4.7 - Las entradas principales al sistema se producen por la infiltración directa del agua de las precipitaciones (45 a 70  $\text{Hm}^3/\text{año}$ ), y a partir de la infiltración en los cauces de los ríos. Las salidas principales del sistema se efectúan por los manantiales o directamente a los cauces de los ríos; también son considerables las salidas ocultas a través de los bordes permeables, mientras que los bombeos son prácticamente insignificantes.

Considero la existencia de dos sistemas de flujo dentro del embalse, uno *local*, en relación con los ríos (cotas de surgencia entre 900 y 1.000 m de altitud), y otro *intermedio*, en relación con el área de descarga de la turbera de Padul (cota aproximada 730 m s. n. m.).

## BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E. (1957) Una prueba paleomastológica de la edad cuaternaria de los conglomerados de la Alhambra. *Estudios Geológicos*, T. XIII, nº34, pp. 136-140, 4 lám.
- ALDAYA, F. (1969) Los mantos alpujárrides al S. de Sierra Nevada. *Testis Univ. Granada* (Mem. inédita).
- ANONIMO (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. *Salinity Laboratory Staff. U. S. Dept. Agriculture*. Handb. 60, 160 p.
- ANONIMO (1964) Normas internacionales para el agua potable. *O.M.S.* 218 p. Ginebra.
- ANONIMO (1967) Código alimentario español. *B.O.E.* 17/23 Octubre.
- ARANA, R. y MARTIN, J. M. (1975) Estudio geológico de las mineralizaciones de

- fluorita de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*. 6, 75-88.
- ARANA, R. y MARTIN, J.M. (1976) Observaciones geológicas sobre las Minas del Cerrajón (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Acta Geol. Hispanica*, T. XI, 5, pp. 1129-1321.
- BENITEZ, A. (1972) Captación de aguas subterráneas. *Editorial Dossat, S.A.* (2ª edición), 619 p. Madrid.
- BOSQUE, J. (1957) El clima de Granada. *Est. Geogr.* T. XVIII, pp. 457-482.
- BOSQUE, J. (1971). Granada, la tierra y sus hombres. *Cons. Econ. Sind. Prov.* 347 p. Granada.
- CASARES, J; FERNANDEZ-RUBIO, R y PULIDO BOSCH, A. (1979) Aspectos hidrogeológicos de dos macizos carbonatados del dominio subbético interno (Provincia de Granada). *II Simp. Nac. Hidrogeol.* T. IV. pp 147-165. Pamplona.
- CASAS, D. (1975) Hidrogeología del Valle de Lecrín (Provincia de Granada). *Tesis de Licen. Univ. Granada*. 165 p.
- CASAS, D. y FERNANDEZ-RUBIO, R. (1975) Consideraciones hidrogeológicas sobre el Alto Valle de Lecrín (Granada). *V Jorn. Min. Met.* T III. pp 163-192. Bilbao.
- CASTANY, G. (1963) *Traité pratique des eaux souterraines (Trad. español, 1971, edit. Omega). Ed. Dunod.* 657 p. París.
- C.E.H.(M.O.P.) (1965) Datos físicos de las corrientes. *Conf. Hidrog. Guadalquivir. Edic. C.E.H.* pp 80-103. Madrid.
- COMAS, M.C. (1970) Observaciones geológicas en los alrededores de Nigüelas (Granada, Zona Bética). *Cuad. Geol. Univ. Granada*. 1, 1. 39-43.
- 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 límite del termalismo. *Tecniterrae*, nº12, pp 45-54.
- CRUZ-SANJULIAN, J.; GARCIA-ROSSELL, L. y GRANDA, J.M. (1979) Nuevos datos sobre las aguas termales de la Provincia de Granada. *II Simp. Nac. Hidrogeol.* T. V. pp 533-546. Pamplona.
- CVIJIC, J. (1960) La géographie des terrains calcaires. *Monographies. Acad. Serbe Sc. Artes. Beograd*. 212 p.
- DABRIO, C. y RUIZ BUSTOS, A. (1979) Les conglomérats de la "Blockformation" et leur signification dans l'évolution néogène du bassin de Grenada (Cordillères Bétiques, Espagne). *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.* fasc. 2, pp 53-55.

- DABRIO, C. J.; FERNANDEZ, J.; PEÑA, J.A.; RUIZ BUSTOS, A. y SANZ DE GALDEANO, C. (1978) Interprétation sédimentaire des matériaux néogènes du bord nord-est du bassin de Grenade (Espagne). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.* fasc. 3, pp 121-123.
- DABRIO, C. J.; GARCIA YEBRA, R; GONZALEZ DONOSO, J. M. y VERA, J. A. (1972) Turbiditas asociadas a evaporitas (Mioceno, La Malá, Depresión de Granada. *Cuad. Geología Granada.* 3, pp 139-164.
- DELGADO, F. (1978) Los Alpujárrides en Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España). *Tesis Doct. Univ. Granada.* 483 p (en prensa).
- FABREGAS, J. (1978) Estudio hidrogeológico de la Cuenca Baja del río Lanjarón. *Trabajo. fin curso (inéd).* 118 p.
- FALLOT, P. (1948) Les Cordillères Bétiques. *Est. Geol.* 4, pp 83-172.
- FERNANDEZ-RUBIO, R (1975) Identificación de hidrotermalismo y aplicación a la zona meridional de la provincia de Granada. *Tecniterrae.* n°7, pp 38-50.
- FERNANDEZ-RUBIO, R y PULIDO BOSCH, A. (1978) Problemas hidrogeológicos que afectan a la explotación de la Turbera de Padul (Granada, España). Estudio preliminar. *SIAMOS, Granada,* Vol. 1, pp 125-132.
- FONTBOTE, J. M. (1965) Las Cordilleras Béticas. In "Mapa Geológico de España y Portugal". *Edit. Paraninfo.*
- FONTBOTE, J. M. (1970) Sobre la historia preorogénica de las Cordilleras Béticas. *Cuad. Geol. Univ. Granada.* 1: 71-78.
- FONTBOTE, J. M.; GALLEGOS, J. A.; GONZALEZ-DONOSO, J. M. y SANZ DE GALDEANO, C (in lit.) Memoria explicativa de la Hoja de Padul (19-42) del Mapa Geológico Nacional, 2ª serie. *IGME.*
- GALLEGOS, J. A. (1971, a) Los Alpujárrides al NW de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Nota preliminar. *Cuad. Geol. Univ. Granada.* 2, 1. 3-14.
- GALLEGOS, J. A. (1971, b) Una colada de gelivación en el Cerro Huenes, Sierra Nevada. España. *Cuad. Geol. Univ. Granada.* 2, 1. 31-40.
- GALLEGOS, J. A. (1975) Los Alpujárrides al N de Sierra Nevada. *Tesis Doct. Univ. Granada,* n°111; 494 p.
- GARCIA YAGUE, A. (1974) Informe sobre los trabajos efectuados para la presa y embalse de Canales. Río Genil, términos de Pinos Genil y Guéjar-Sierra (Granada). *SGOP. Mem.* 56 p. 3 Anejos y 9 planos.
- GONZALEZ-DONOSO, J. (1967) Estudio geológico de la depresión de Granada. *Tesis Doctoral Univ. Granada.* 149 p. (inédita).
- GONZALEZ-DONOSO, J. M. (1968) Conclusiones estratigráficas y paleográficas sobre los terrenos miocénicos de la Depresión de Granada. *Acta Geol. Hisp. t.* 111, núm. 3.

- GONZALEZ-DONOSO, J. (1970) Estudio geológico de la depresión de Granada (Resumen). *Cuad. Geol. Univ. Granada*. 1 : 5-9.
- HEMPEL, L. (1960) Límites geomorfológicos altitudinales en Sierra Nevada. *Est. Geogr.*, n°76, pp 81-93.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIVEIRO, A. y CONDE, L. (1972) Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares (Contribución al Mapa tectónico de Europa de la Comisión Nacional de Geología de España y de la Direcçao de Minas e Serviços geológicos de Portugal). *IGME*. Madrid.
- KIRALY, L. (1975) Rapport sur l'état actuel des connaissances dans le domaine des caractères physiques des roches karstiques. In "*Hydrogeology of karstic terrains*" I.A.H., pp 53-67. Paris.
- KIRALY, L. (1977) La notion d'unité hydrogéologique. Essai de définition. *Bull Centre d'Hydrog.* n°2, pp 83-216. Univ. Neuchâtel.
- LHENAFF, R. (1965) Néotectonique quaternaire sur le bord occidental de la Sierra Nevada (Province de Grenade, Espagne). *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.* Vol. 7, fasc. 3, pp 205-207.
- LHENAFF, R. (1974) Estudio geomorfológico del valle de Lecrín. *Est. Geogr. And. Or.* pp 87-104.
- LOPEZ MARTOS, J. (1974) Proyecto de la Presa de Beznar. *M.O.P. Conf. Hidrog. S. España*.
- MARTIN, J. M. (1978) Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la unidad Víboras (mantos alpujárrides, NW Sierra Nevada). *Bol. Geol. y Min.*, T LXXXIX-IV, pp 303-319.
- MARTIN, J. M. y ARANA, R. (1976) Estudio geológico de las Minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Est. Geol.* 32, n. 4, pp 385-390.
- MESSERLI, B. (1965) Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien) *Zurich*.
- MORELL, I. (1976) Estudio hidrogeológico del curso medio del río Guadalfeo (Granada). *Tesis Licenc. Univ. Granada*. 138 p. (Mem. inédita).
- OCAÑA, M. C. (1974) La Vega de Granada. *C.S.I.C. Tesis Univ. Granada*. 560 p.
- PASCHINGER, H. (1954) Würmvereisung und spätglazial in der Sierra Nevada (Spanien). *Zietschr. f. GletscherBunde und Glazialgeologie*, III, 1, pp 55-67
- PASCUAL, A. (1975) Estudio hidrogeológico de las cuencas medias de los ríos Monachil y Dílar (Granada). *Tesis de Licen. Univ. Granada*, 134 p. (Mem. inédita).
- PEZZI, M. C. (1975) Algunas observaciones sobre sistemas morfoclimáticos y karst en las Cordilleras Béticas. *Cuad. Geogr. Univ. Granada. S.M.* 1, pp 59-83.

- PNUD/FAO-GOB. ESPAÑOL (1972) Utilización de las aguas subterráneas para la mejora del regadío en la Vega de Granada. *Inf. Técnico*, no2, AGL: SF/SPA16, 218 p. Madrid.
- PRIETO, P. (1971) Vegetación de Sierra Nevada. La cuenca del Monachil. *Coll. Monogr. "Sierra Nevada"*, Univ. Granada. 218 p.
- PUGA, E. (1971) Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada occidental. *Tesis Univ. Granada*.
- PUGA, E.; DIAZ DE FEDERICO, A. y FONTBOTE, J.M. (1964) Sobre la individualización y sistematización de las unidades profundas de la Zona Bética. *Est. Geol. Homenaje Prof. Vivaldi*.
- PULIDO BOSCH, A. (1979) Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nororiental (Provincias de Valencia y Alicante). *Mem. IGME*. n°95 410 p. Madrid.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1976) Datos sobre deformaciones neógenas cuaternarias en el sector del Padul (Granada). *Com. Reun. Geodinámica. Cordilleras Béticas*, Granada.
- SOKOLOV, D.S. (1965) Hydrodynamic zoning of karst water. *Actes Col. Hydrog. roches fissurées Dubrovnik*. T. I. pp 204-207. A.I.H.S. París.
- THORNTHWAITTE, C. W. (1948) An approach toward a national classification of climate. *Geogr. Review*, 38, núm. 1, pp 55-94.
- TOTH, J. (1963) A theoretical analysis of groundwater flow in surall drainage basins. *J. Geophys. Res.*, 68, 16, pp 4795-4812.
- 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.
- VELILLA, N. (1976) Estudio hidrogeológico de la Cuenca del río Aguas Blancas (Granada). *Tesis Lic. Univ. Granada*. 193 p (mem. inédita).
- VILLEGAS, F. (1967) La laguna de Padul. Evolución geológico-histórica. *Est. Geogr.* T. XXVIII, pp. 561-576.
- VILLEGAS, F. (1972) El Valle de Lecrín. *Inst. Geog. Aplic. "Alonso Herrera"*. C.S.I.C. 348 p. Granada.
- VON DRASCHE, R. (1879) Bosquejo geológico de la zona superior de Sierra Nevada. T. VI, 353 p.
- YAGUE, A. (1975) Estudio hidrogeológico de la Cuenca Media de la cabecera del río Genil. *Tesis Lic. Univ. Granada*. 148 p (Mem. inédita).
- YAGUE, A. y FERNANDEZ-RUBIO, R. (1976) Inaplicabilidad de la fórmula de Turc en la cabecera de la cuenca del río Genil (Granada). *I Simp. Nac. Hidrog. Valencia*. T. II, pp 940-948.





# FUNDACION JUAN MARCH

## SERIE UNIVERSITARIA

### TITULOS PUBLICADOS

Serie Marrón

(Filosofía, Teología, Historia, Artes Plásticas, Música, Literatura y Filología)

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Fierro, A.:<br>Semántica del lenguaje religioso.   | 60 | Alcalá Galvé, A.:<br>El sistema de Servet.   |
| 10 | Torres Monreal, F.:<br>El teatro español en Francia (1935-1973).   | 61 | Mourão-Ferreira, D., y Ferreira, V.:<br>Dos estudios sobre literatura portuguesa contemporánea.                  |
| 12 | Curto Herrero, F. Fco.:<br>Los libros españoles de caballerías en el siglo XVI.                          | 62 | Manzano Arjona, M.ª:<br>Sistemas Intermedios.  |
| 14 | Valle Rodríguez, C. del:<br>La obra gramatical de Abraham ibn Ezra.                                      | 67 | Acero Fernández, J. J.:<br>La teoría de los juegos semánticos. Una presentación.                                 |
| 16 | Solís Santos, C.:<br>El significado teórico de los términos descriptivos.                                | 68 | Ortega López, M.:<br>El problema de la tierra en el expediente de Ley Agraria.                                   |
| 18 | García Montalvo, P.:<br>La imaginación natural (estudios sobre la literatura fantástica norteamericana). | 70 | Martín Zorraquino, M.ª A.:<br>Construcciones pronominales anómalas.  |
| 21 | Durán-Lóriga, M.:<br>El hombre y el diseño industrial.   | 71 | Fernández Bastarreche, F.:<br>Sociología del ejército español en el siglo XIX.                                   |
| 32 | Acosta Méndez, E.:<br>Estudios sobre la moral de Epicuro y el Aristóteles esotérico.                     | 72 | García Casanova, J. F.:<br>La filosofía hegeliana en la España del siglo XIX.                                    |
| 40 | Estefanía Álvarez, M.ª del D. N.:<br>Estructuras de la épica latina.                                     | 73 | Meya Llopart, M.:<br>Procesamiento de datos lingüísticos. Modelo de traducción automática del español al alemán. |
| 53 | Herrera Hernández, M.ª T.:<br>Compendio de la salud humana de Johannes de Ketham.                        | 75 | Artola Gallego, M.:<br>El modelo constitucional español del siglo XIX.   |
| 54 | Flaquer Montequí, R.:<br>Breve Introducción a la historia del Señorío de Bultrago.                       | 77 | Almagro-Gorbea, M., y otros:<br>C-14 y Prehistoria de la Península Ibérica.                                      |

- 94 Falcón Márquez, T.:  
**La Catedral de Sevilla.**
- 98 Vega Cernuda, S. D.:  
**J. S. Bach y los sistemas contrapuntísticos.**
- 100 Alonso Tapia, J.:  
**El desorden formal de pensamiento en la esquizofrenia.**
- 102 Fuentes Florido, F.:  
**Rafael Cansinos Assens (novelista, poeta, crítico, ensayista y traductor).**
- 110 Pitarch, A. J., y Dalmases Balafá, Nuria:  
**El diseño artístico y su influencia en la industria (arte e industria en España desde finales del siglo XVII hasta los inicios del XX).**
- 113 Contreras Gay, J.:  
**Problemática militar en el interior de la península durante el siglo XVII. El modelo de Granada como organización militar de un municipio.**
- 116 Laguillo Menéndez-Tolosa, R.:  
**Aspectos de la realeza mítica: el problema de la sucesión en Grecia antigua.**
- 117 Janés Nadal, C.:  
**Vladimir Holan. Poesía.**
- 118 Capel Martínez, R. M.ª:  
**La mujer española en el mundo del trabajo. 1900-1930.**
- 119 Pere Julià:  
**El formalismo en psicolingüística: Reflexiones metodológicas.**

### Serie Verde

#### (Matemáticas, Física, Química, Biología, Medicina)

- 2 Mulet, A.:  
**Calculador en una operación de rectificación discontinua.**
- 4 Santluste, J. M.:  
**Combustión de compuestos oxigenados.**
- 5 Vicent López, J. L.:  
**Películas ferromagnéticas a baja temperatura.**
- 7 Salvá Lacombe, J. A.:  
**Mantenimiento del hígado dador in vitro en cirugía experimental.**
- 8 Plá Carrera, J.:  
**Estructuras algebraicas de los sistemas lógicos deductivos.**
- 11 Drake Moyano, J. M.:  
**Simulación electrónica del aparato vestibular.**
- 19 Purroy Unanua, A.:  
**Estudios sobre la hormona Natriurética.**
- 20 Serrano Molina, J. S.:  
**Análisis de acciones miocárdicas de bloqueantes Beta-adrenérgicos.**
- 22 Pascual Acosta, A.:  
**Algunos tópicos sobre teoría de la información.**
- 25 I Semana de Biología:  
**Neurobiología.**
- 26 I Semana de Biología:  
**Genética.**
- 27 I Semana de Biología:  
**Genética.**
- 28 Zugastl Arbizu, V.:  
**Analizador diferencial digital para control en tiempo real.**
- 29 Alonso, J. A.:  
**Transferencia de carga en aleaciones binarias.**
- 30 Sebastián Franco, J. L.:  
**Estabilidad de osciladores no sinusoidales en el rango de microondas.**
- 39 Blasco Olcina, J. L.:  
**Compacidad numerable y pseudocompacidad del producto de dos espacios topológicos.**
- 44 Sánchez Rodríguez, L.:  
**Estudio de mutantes de *Saccharomyces cerevisiae*.**
- 45 Acha Catalina, J. I.:  
**Sistema automático para la exploración del campo visual.**
- 47 García-Sancho Martín, F. J.:  
**Uso del ácido salicílico para la medida del pH intracelular.**

- 48 **García García, A.:**  
**Relación entre iones calcio, fármacos ionóforos y liberación de noradrenalina.**
- 49 **Trillas, E., y Alsina, C.:**  
**Introducción a los espacios métricos generalizados.**
- 50 **Pando Ramos, E.:**  
**Síntesis de antibióticos aminoglicosídicos modificados.**
- 51 **Orozco, F., y López-Fanjul, C.:**  
**Utilización óptima de las diferencias genéticas entre razas en la mejora.**
- 52 **Gallego Fernández, A.:**  
**Adaptación visual.**
- 55 **Castellet Solanas, M.:**  
**Una contribución al estudio de las teorías de cohomología generalizadas.**
- 56 **Sánchez Lazo, P.:**  
**Fructosa 1,6 Bisfosfatasa de hígado de conejo: modificación por proteasas lisosomales.**
- 57 **Carrasco Llamas, L.:**  
**Estudios sobre la expresión genética de virus animales.**
- 59 **Afonso Rodríguez, C. N.:**  
**Efectos magneto-ópticos de simetría par en metales ferromagnéticos.**
- 63 **Vidal Costa, F.:**  
**A la escucha de los sondos cerca de  $T_\lambda$  en el  $4_{He}$  líquido.**
- 65 **Andréu Morales, J. M.:**  
**Una proteína asociada a membrana y sus subunidades.**
- 66 **Blázquez Fernández, E.:**  
**Desarrollo ontogénico de los receptores de membrana para Insulina y glucagón.**
- 69 **Vallejo Vicente, M.:**  
**Razas vacunas autóctonas en vías de extinción.**
- 76 **Martín Pérez, R. C.:**  
**Estudio de la susceptibilidad magnetoelectrónica en el  $Cr_2O_3$  policristalino.**
- 80 **Guerra Suárez, M.ª D.:**  
**Reacción de Amidas con compuestos organoaluminicos.**
- 82 **Lamas de León, L.:**  
**Mecanismo de las reacciones de iodación y acoplamiento en el tiroides.**
- 84 **Repollés Moliner, J.:**  
**Nitrosación de aminas secundarias como factor de carcinogénesis ambiental.**
- 86 **II Semana de Biología:**  
**Flora y fauna acuáticas.**
- 87 **II Semana de Biología:**  
**Botánica.**
- 88 **II Semana de Biología:**  
**Zoología.**
- 89 **II Semana de Biología:**  
**Zoología.**
- 91 **Viéitez Martín, J. M.:**  
**Ecología comparada de dos playas de las Rías de Pontevedra y Vigo.**
- 92 **Cortijo Mérida, M., y García Blanco, F.:**  
**Estudios estructurales de la glucógeno fosforilasa b.**
- 93 **Aguilar Benítez de Lugo, E.:**  
**Regulación de la secreción de LH y prolactina en cuadros anovulatorios experimentales.**
- 95 **Bueno de las Heras, J. L.:**  
**Empleo de polielectrolitos para la floculación de suspensiones de partículas de carbón.**
- 96 **Núñez Alvarez, C., y Ballester Pérez, A.:**  
**Lixiviación del cinabrio mediante el empleo de agentes complejantes.**
- 101 **Fernández de Heredia, C.:**  
**Regulación de la expresión genética a nivel de transcripción durante la diferenciación de Artemia salina.**
- 103 **Guix Pericas, M.:**  
**Estudio morfométrico, óptico y ultraestructural de los inmunocitos en la enfermedad celiaca.**
- 105 **Llobera I Sande, M.:**  
**Gluconeogénesis «in vivo» en ratas sometidas a distintos estados tiroideos.**

- 106 Usón Finkenzeller, J. M.:  
**Estudio clásico de las correcciones radiactivas en el átomo de hidrógeno.**
- 107 Gallán Jiménez, R.:  
**Teoría de la dimensión.**
- 111 Obregón Perea, J. M.ª:  
**Detección precoz del hipotiroidismo congénito.**
- 115 Calcedo Egües, L.:  
**Mecanismos moleculares de acción de hormonas tiroideas sobre la regulación de la hormona tirotrópica.**
- 122 Carravedo Fantova, M.:  
**Introducción a las Orquídeas Españolas.**

## Serie Roja

(Geología, Ciencias Agrarias, Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo)

- 3 Velasco, F.:  
**Skarns en el batolito de Santa Olalla**
- 6 Alemán Vega, J.:  
**Flujo inestable de los polímeros fundidos.**
- 9 Fernández-Longoria Pinazo, F.:  
**El fenómeno de Inercia en la renovación de la estructura urbana.**
- 13 Fernández García, M.ª P.:  
**Estudio geomorfológico del Macizo Central de Gredos.**
- 15 Ruiz López, F.:  
**Proyecto de Inversión en una empresa de energía eléctrica.**
- 23 Bastarache Alfaro, M.:  
**Un modelo simple estático.**
- 24 Martín Sánchez, J. M.:  
**Moderna teoría de control: método adaptativo-predictivo.**
- 31 Zapata Ferrer, J.:  
**Estudio de los transistores FET de microondas en puerta común.**
- 33 Ordóñez Delgado, S.:  
**Las Bauxitas españolas como mena de aluminio.**
- 35 Juvé de la Barreda, N.:  
**Obtención de series aneuploides en variedades españolas de trigo común.**
- 36 Alarcón Álvarez, E.:  
**Efectos dinámicos aleatorios en túneles y obras subterráneas.**
- 38 Lasa Dolhagaray, J. M., y Silván López, A.:  
**Factores que influyen en el espigado de la remolacha azucarera.**
- 41 Sandoval Hernández, F.:  
**Comunicación por fibras ópticas.**
- 42 Pero-Sanz Elorz, J. A.:  
**Representación tridimensional de texturas en chapas metálicas del sistema cúbico.**
- 43 Santiago-Alvarez, C.:  
**Virus de insectos: multiplicación, aislamiento y bioensayo de Baculovirus.**
- 46 Ruiz Altisent, M.:  
**Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica.**
- 58 Serradilla Manrique, J. M.:  
**Crecimiento, eficacia biológica y variabilidad genética en poblaciones de dípteros.**
- 64 Farré Muntaner, J. R.:  
**Simulación cardiovascular mediante un computador híbrido.**
- 79 Fraque González, B. M.:  
**Las Giberelinas. Aportaciones al estudio de su ruta biosintética.**
- 81 Yáñez Parareda, G.:  
**Sobre arquitectura solar.**
- 83 Díez Velobueno, C.:  
**La Economía y la Geomatemática en prospección geoquímica.**
- 90 Pernas Galf, F.:  
**Master en Planificación y Diseño de Servicios Sanitarios.**

- 97 Joyanes Pérez, M.<sup>a</sup> G.:  
**Estudios sobre el valor nutritivo de la proteína del mejillón y de su concentrado protelco.**
- 99 Fernández Escobar, R.:  
**Factores que afectan a la polinización y cuajado de frutos en olivo (*Olea europaea* L.).**
- 104 Oriol Marfá I Pagés, J.:  
**Economía de la producción de flor cortada en la Comarca de el Meresme.**
- 109 García del Cura, M.<sup>a</sup> A.:  
**Las sales sódicas, calcosódicas y magnésicas de la cuenca del Tajo.**
- 112 García-Arenal Rodríguez, F.:  
**Mecanismos de defensa activa en las plantas ante los patógenos. Las Fitalexinas en la interacción *Phaseolus vulgaris*-*Botrytis cinerea*.**
- 114 Santos Guerra, A.:  
**Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la isla de Hierro (Islas Canarias).**
- 120 Vendrell Saz, M.:  
**Propiedades ópticas de minerales absorbentes y su relación con las propiedades eléctricas.**

### **Serie Azul**

#### **(Derecho, Economía, Ciencias Sociales, Comunicación Social)**

- 17 Ruiz Bravo, G.:  
**Modelos econométricos en el enfoque objetivos-instrumentos.**
- 34 Durán López, F.:  
**Los grupos profesionales en la prestación de trabajo: obreros y empleados.**
- 37 Lázaro Carreter, F., y otros:  
**Lenguaje en periodismo escrito.**
- 74 Hernández Lafuente, A.:  
**La Constitución de 1931 y la autonomía regional.**
- 78 Martín Serrano, M., y otros:  
**Seminario sobre Cultura en Periodismo.**
- 85 Sirera Oliag, M.<sup>a</sup> J.:  
**Las enseñanzas secundarias en el País Valenciano.**
- 108 Orizo, F. A.:  
**Factores socio-culturales y comportamientos económicos.**



