

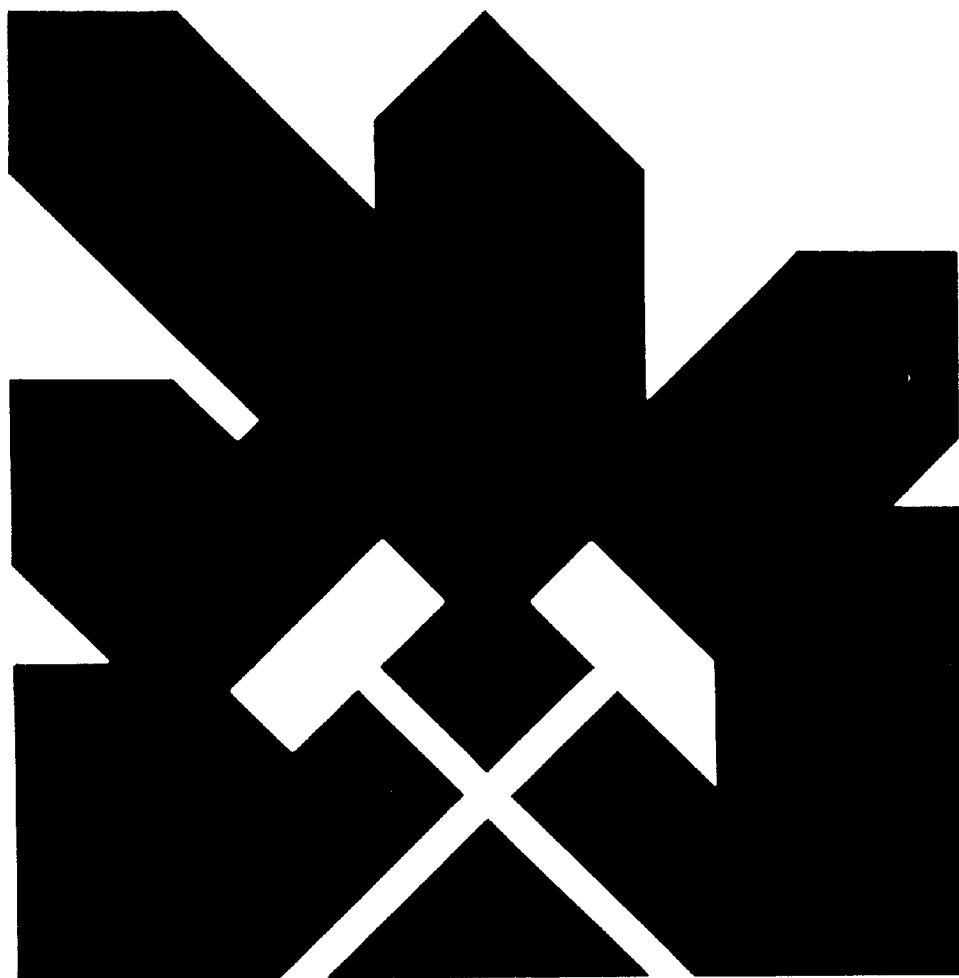
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

Estudios de Asesoramiento Técnico en materia de aguas subterráneas a la Comunidad Autónoma de Aragón (Cuenca del Ebro)

ESTUDIO DE DETALLE DEL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DE SOLORIO (ZARAGOZA)

TOMO I: MEMORIA

Zaragoza, Octubre de 1.987



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

34135

INDICE

Pág.

0.- <u>INTRODUCCION. OBJETIVOS</u> .....	1
1.- <u>ANTECEDENTES</u> .....	5
2.- <u>CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS GENERALES</u> .....	8
2.1 SITUACION. LIMITES .....	8
2.2 RED DE DRENAJE .....	8
2.3 TOPOGRAFIA .....	11
2.4 FLORA Y FAUNA .....	18
2.5 POBLACION .....	19
2.6 ASPECTOS ECONOMICOS .....	22
3.- <u>ESTUDIO GEOLOGICO</u> .....	24
3.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS .....	24
3.2 ENCUADRE GEOLOGICO .....	27
3.3 ESTRATIGRAFIA .....	27
3.3.1 <u>Paleozoico</u> .....	28
3.3.2 <u>Mesozoico</u> .....	29
3.3.2.1 Triásico .....	29
3.3.2.2 Jurásico .....	34
3.3.2.3 Cretácico .....	39
3.3.3 <u>Cenozoico</u> .....	42
3.3.3.1 Terciario .....	43
3.3.3.2 Cuaternario .....	45
3.4 CARTOGRAFIA HIDROGEOLOGICA .....	46
3.5 ESTRUCTURA .....	50
3.6 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LAS UNIDADES CARTOGRAFIADAS .....	53

	<u>Pág.</u>
3.7 ESTUDIO DE ZONAS PARA POSIBLE UBICACION DE SONDEOS	59
4.- <u>CLIMATOLOGIA Y REDES DE CONTROL</u> .....	72
4.1 INTRODUCCION ANTECEDENTES .....	72
4.2 DATOS ACTUALES .....	74
4.2.1 <u>Análisis de las precipitaciones</u> .....	77
4.2.2 <u>Análisis de las temperaturas</u> .....	82
4.3 EVAPOTRANSPIRACION .....	83
4.3.1 <u>Evapotranspiración potencial (ETP)</u> .....	83
4.3.2 <u>Evapotranspiración real, lluvia útil</u> .....	85
4.4 REDES DE CONTROL .....	93
4.4.1 <u>Tipos de redes de control</u> .....	93
4.4.2 <u>Medidas de caudal. Aforos directos</u> .....	93
5.- <u>USOS DEL AGUA</u> .....	96
5.1 INTRODUCCION .....	96
5.2 REGADIOS EN LA CUENCA ALTA DEL RIO JALON .....	96
5.2.1 <u>Situación actual de los regadíos</u> .....	98
5.2.2 <u>Estado de las acequias</u> .....	108
5.2.3 <u>Tipos de cultivos, dotaciones y demandas</u> ....	110
5.3 APORTACIONES ANUALES .....	115
5.4 USOS URBANOS E INDUSTRIALES DEL AGUA .....	119
5.4.1 <u>Abastecimiento a núcleos urbanos</u> .....	119
5.4.2 <u>Abastecimiento para usos industriales</u> .....	123
5.4.3 <u>Previsiones futuras</u> .....	124
6.- <u>HIDROGEOLOGIA</u> .....	126
6.1 INTRODUCCION. ANTECEDENTES .....	126

INDICE (CONT)

	<u>Pág.</u>
6.2 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA .....	129
6.3 HIDROQUIMICA .....	138
6.4 DEFINICION DE ACUIFEROS .....	144
6.5 EL PAPEL DE LA FRACTURACION .....	148
6.6 HIPOTESIS GLOBAL DE FUNCIONAMIENTO .....	154
7.- <u>POSIBILIDADES DE UTILIZACION DEL ACUIFERO</u> .....	160
7.1 PLANTEAMIENTO GENERAL .....	160
7.2 ZONAS DE RECARGA .....	162
7.3 ZONAS DE CONDUCCION O TRANSPORTE .....	165
7.4 ZONAS DE DRENAJE .....	168
7.5 ZONA DE EXPLOTACION: BALANCE .....	171
7.6 ZONAS DE UBICACION DE SONDEOS .....	175

**EPTISA**

CAPITULO 0

INTRODUCCION. OBJETIVOS

## 0.- INTRODUCCION. OBJETIVOS

La realización del "ESTUDIO DE DETALLE DEL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DE SOLORIO EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA" cuyos resultados son objeto de este informe, es uno de los trabajos acordados para el ejercicio 1.986-87, enmarcados dentro del CONVENIO DE ASISTENCIA TECNICA suscrito en su día por el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) y la DIPUTACION GENERAL DE ARAGON (DGA).

El estudio forma parte del Proyecto para Estudios de Asesoramiento Técnico en materia de Aguas Subterráneas a la Comunidad Autónoma de Aragón, y está financiado por el IGME dentro de los presupuestos generales de este Organismo, inscritos en el Programa 741-A (Fomento Minero no energético, aplicación económica nº 65-3 Infraestructura cuantitativa).

Este Proyecto de Apoyo Técnico, se incluye en uno de los programas de actuación del IGME en el campo de la investigación hidrogeológica de aquellas zonas, que de acuerdo con la comunidad autónoma correspondiente, tengan unos recursos subterráneos potencialmente importantes, y sea de fundamental interés el disponer de datos actualizados para completar investigaciones anteriores.

La realización de este estudio incide de lleno en el campo de competencias y actividades del Instituto Geológico y Minero de España, al cual en la disposición adicional sexta de la vigente Ley de Aguas de 2 de Agosto de 1.985, y en el artículo 258 y 171-3 del Reglamento de dicha Ley, se le da el encargo de formular y desarrollar planes de investigación tendentes al mejor conocimiento y protección de los acuíferos subterráneos, así como prestar asesoramiento técnico a las distintas administraciones públicas en materias relacionadas con las aguas subterráneas.

Los objetivos fundamentales de este estudio son los de conocer las zonas hidrogeológicamente más idóneas para situar --sondeos capaces de explotar los recursos subterráneos del borde Septentrional de la Sierra de Solorio en la provincia de Zaragoza, con vistas a un desarrollo de los regadíos de la comarca del Alto Jalón por parte de la Diputación General de Aragón.

Para conseguir los objetivos enunciados, el estudio se planteó de la siguiente manera:

- Realización de una cartografía hidrogeológica de detalle donde quedaran definidos los puntos o zonas donde la explotación de recursos subterráneos sea posible, así como las aportaciones que es posible movilizar.
- Para lograr este conocimiento, será necesario el apoyo de la investigación geofísica que lleve a cabo el IGME, así como los apoyos técnicos de inventario de puntos acuíferos, controles habituales y análisis de recargas.
- Se completará el estudio con un análisis de la situación actual de los regadíos de la Comarca y determina

ción de zonas potencialmente regables a partir de los sondeos que se proponen.

Los trabajos desarrollados, el análisis de resultados y la realización de este informe han sido llevados a cabo por la empresa ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES S.A. (EPTISA), empresa consultora del IGME y DGA en Aragón, y adjudicataria de este Proyecto.

**EPTISA**

CAPITULO I

ANTECEDENTES

## 1.- ANTECEDENTES

En el periodo 1.978 a 1.980, el Instituto Geológico y Minero de España realizó el Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Ebro, donde se definieron y evaluaron los recursos de agua subterránea en los diferentes Sistemas Acuíferos de la Cuenca. Desde ese periodo, el IGME ha mantenido un control y vigilancia de los acuíferos en explotación, con el objetivo de mantener un conocimiento actualizado de la situación de los mismos, y poder, en cualquier momento, definir la correcta gestión de los mismos.

Paralelamente a estos controles anuales, se han llevado a cabo trabajos de mayor detalle en acuíferos con posibilidades de explotación de sus recursos subterráneos y de interés a las Comunidades Autonómicas respectivas.

Según la definición de Sistemas y Subsistemas hidrogeológicos adoptada por el Instituto Geológico en su Proyecto PIAS 1.980, la zona abordada en este estudio pertenece al Sistema nº 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", y más concretamente al Subsistema denominado "Sierra de Solorio".

En el informe EZ-1039-N-46 Octubre de 1.980, se planteaba el siguiente balance de recursos subterráneos obtenido en base a datos de caudales en el periodo de 1.978 a 1.980, para este subsistema:

- Superficie total de afloramientos permeables 1.050 Km<sup>2</sup>
- Precipitación media 550-600 mm
- Lluvia caída 575-630 Hm<sup>3</sup>/año
- Aportaciones subterráneas 175-190 Hm<sup>3</sup>/año, de los

cuales:

10-12 Hm<sup>3</sup> drenan al río Tajuña (Cuenca del Tajo)

65-70 Hm<sup>3</sup> drenan al río Mesa en Jaraba (Cuenca del Ebro)

45-48 Hm<sup>3</sup> drenan al río Piedra (Cuenca del Ebro)

55-60 Hm<sup>3</sup> drenan al río Jalón aguas abajo de Alhama de Aragón

Desde aquel informe a la actualidad se ha carecido de controles episódicos, quedando unicamente unos puntos de la red de calidad en los balnearios de Alhama de Aragón y Jaraba.

En el presente estudio se realiza un reconocimiento geológico del borde Septentrional del Subsistema Sierra de Sol<sub>o</sub>rio, con el fin de analizar las posibilidades de ubicar sondeos para explotación de los recursos subterráneos que se contabilizan en los ríos Mesa y Jalón. Teniendo en cuenta el periodo de tiempo para la realización de este estudio (Enero a Junio de 1.987), se evaluaron los recursos drenados en los ríos Piedra, Mesa y Jalón, estableciendo un nuevo balance, que corresponde al periodo de tiempo indicado.

**EPTISA**

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS GENERALES

## 2.- CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS GENERALES

### 2.1 SITUACION, LIMITES

El área objeto de este trabajo se encuentra situada entre la Sierra de Solorio y el río Jalón, desde Santa María de Huerta hasta Alhama de Aragón ocupando una extensión en la provincia de Zaragoza de unos 500 Km<sup>2</sup>. Los límites naturales de este marco geográfico son (Fig. nº 1):

- Al Norte el río jalón, en el tramo comprendido entre Santa María de Huerta y Alhama de Aragón, en la cuenca de Almazán.
- Al Sur las estribaciones montañosas de la Sierra de Solorio.
- Al Este el umbral de Ateca y la alineación Mesozoica de Alhama. Sierras de Caballero y Pardos.
- Al Oeste no existe un límite natural definido, pero coincide con el final de la Comunidad Autónoma de Aragón.

### 2.2 RED DE DRENAJE

Los ríos Jalón y Mesa son los cauces fluviales continuos que drenan la zona. Desde la Sierra de Solorio al Jalón, existen multitud de barrancos que excavan las arcillas Terciarias y descargan en el río formando una red tributaria (Fig. 2)





donde los cauces son consecuentes con la disposición general del valle. Estos barrancos unicamente conducen caudal durante las lluvias ya que no existen manantiales contínuos que garanticen la aportación.

El río Mesa cuenta con un caudal contínuo que se ve fuertemente incrementado en las zonas de drenaje de Mochales y Jaraba. Más al Este está el cauce del río Piedra que también recoge buena parte del drenaje de las sierras en Cimballa. El Jalón trae un apreciable caudal aguas arriba de Santa María de Huerta y en Alhama de Aragón recibe una fuerte aportación.

La longitud total de la red de drenaje, considerando sólo los ríos Jalón y Mesa, y algunos de los barrancos más notables es de orden de los 140 Km.

Por la margen izquierda el Jalón recibe en el tramo considerado a dos ríos que significan una aportación muy reducida; el primero es el Nágima que se une al Jalón frente a Monreal de Ariza, y el segundo el Henar que lo hace frente a Cetina.

### 2.3 TOPOGRAFIA

Considerando desde el valle del río jalón a las cimas de la Sierra de Solorio, fuera incluso de la provincia de Zaragoza, se encuentran altitudes que varían entre los 650 m.s.n.m en Alhama de Aragón y los 1.517 en el monte Aragoncillo, al Sur del Solorio.

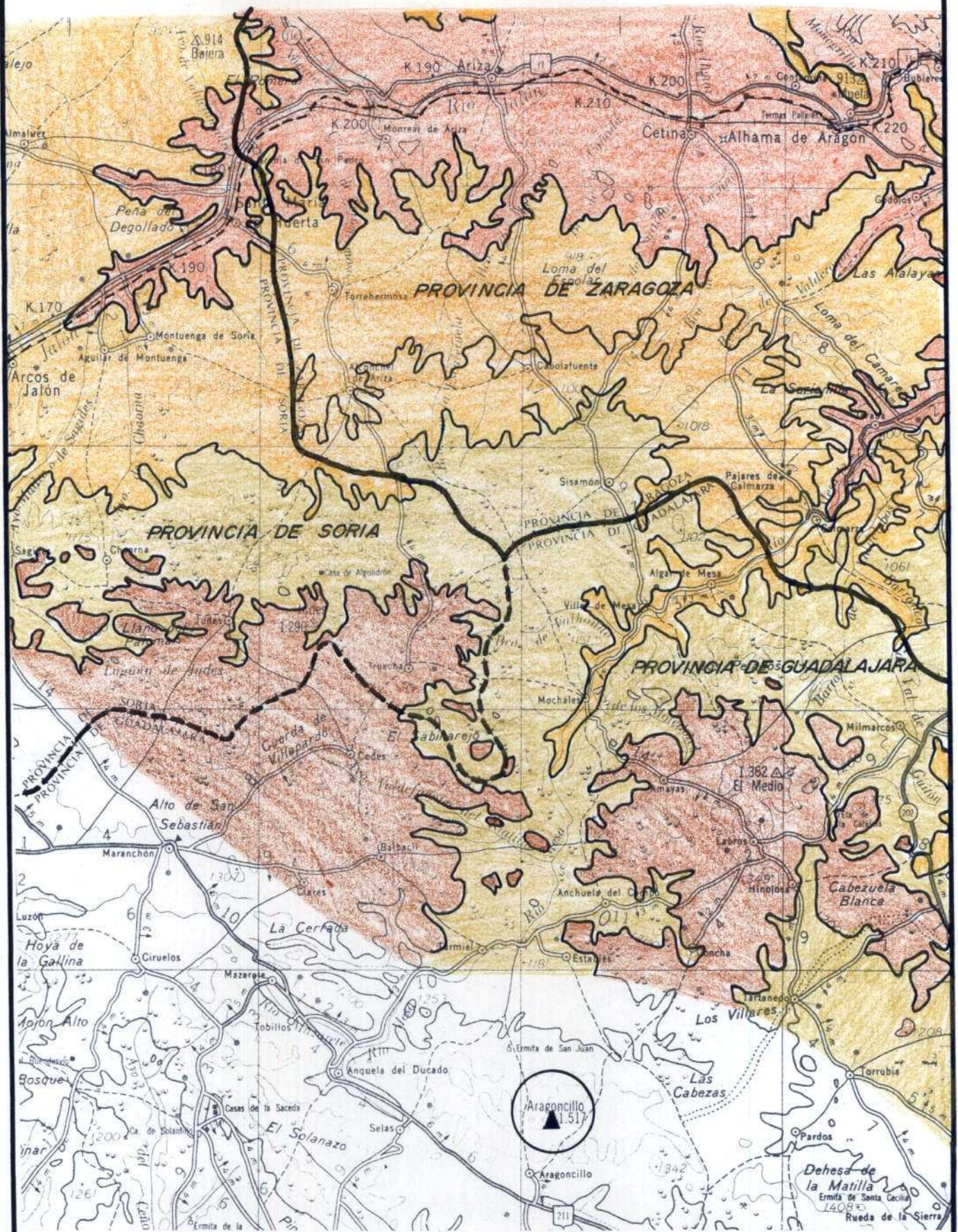
La figura 3 muestra un mapa de altitudes en el que se han diferenciado 4 zonas, una por debajo de los 800 metros, otra entre 800 y 1.000, una tercera entre 1.000 y 1.200 y finalmente la cuarta por encima de los 1.200 metros. Así la distribución de altitudes por superficies, sobre un área de unos 900 Km<sup>2</sup> tomando parte de la zona montañosa, da como resultado el siguiente cuadro de valores:

ALTITUD	SUPERFICIE PARCIAL	ACUMULADA	PORCENTAJE
< 700	18'8	18'8	2'07%
700-800	175'2	194	19'30%
800-900	153'2	347'2	16'88
900-1.000	123'2	470'4	13'57%
1.000-1.100	145'2	615'6	16'00%
1.100-1.200	108	723'6	11'90%
> 1.200	184	907'6	20'27%
TOTAL		907'6	100%

distribución que aparece representada graficamente en la figura 4.

Una vez realizado este análisis cuantitativo del relieve, se pasa a estudiar las pendientes naturales en la zona baja. El método consiste en el recuento de curvas de nivel por unidad de superficie sobre una cartografía a escala 1:50.000. Los datos obtenidos para un área de 276 Km<sup>2</sup> marginales al Jalón son los siguientes:

# MAPA DE ALTITUDES



ESCALA 1:200.000

FIGURA Nº 3

PENDIENTE	SUPERFICIE	PORCENTAJE
< 2%	8	2'9%
2-4%	63	22'8%
4-6%	115	41'7%
6-8%	60	21'7%
8-10%	23	8'3%
10-12%	4	1'5%
12-14%	1	0'4%
14-16%	1	0'0%
16-18%	1	0'4%
18-20%	1	0'0%
> 20%	1	0'4%
TOTAL	276	100%

que graficamente se muestran en la figura 5.

La síntesis en una cartografía 1:200.000 de este análisis de las pendientes da lugar a la figura 6. Las áreas más llanas, con pendiente inferior al 4%, se encuentran en las proximidades del río Jalón repartidas en dos zonas, una entre Ariza y Contamina con 27 Km<sup>2</sup> de extensión y otra al Oeste de Ariza ocupando 10 Km<sup>2</sup>. Existe otra zona de pendiente suave situada entre Torrehermosa y Alconchel que abarca una superficie de 23 Km<sup>2</sup> a los que hay que añadir un pequeño sector de 4 Km<sup>2</sup> al Este de Santa María de Huerta.

El resto de la región tiene pendientes medias entre el 4 y el 8%, quedando dos sectores de mayor pendiente al Suroeste de Alhama con una extensión de 12 Km<sup>2</sup>.

Logicamente el control erosivo queda condicionado por la variedad litológica de los materiales que ocupan la superfi-

## DISTRIBUCION DE ALTITUDES

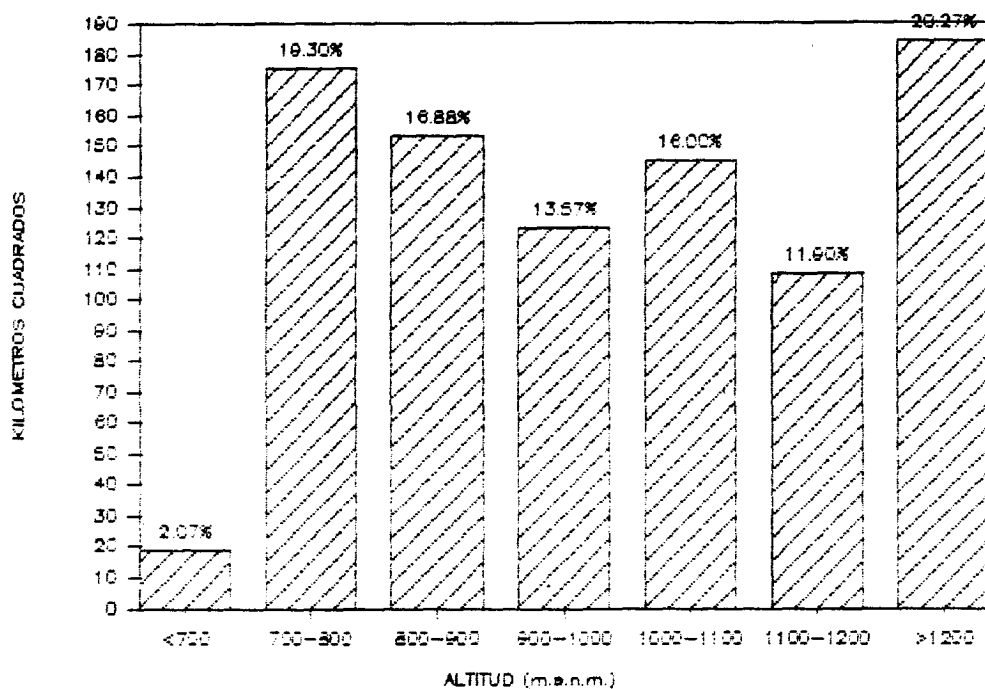


Figura nº 4

## DISTRIBUCION DE PENDIENTES

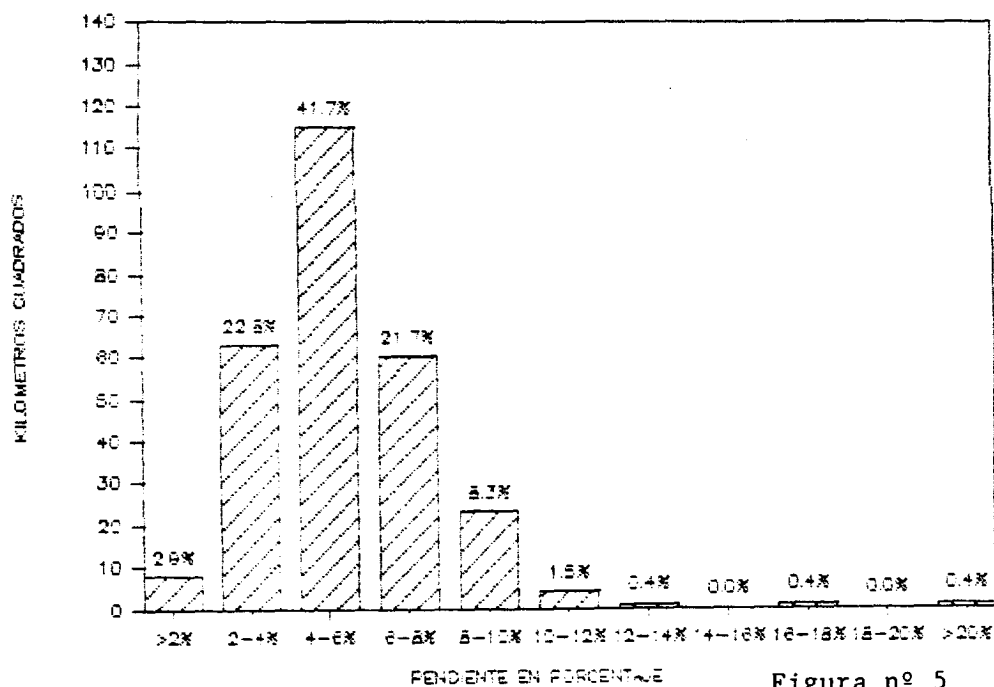
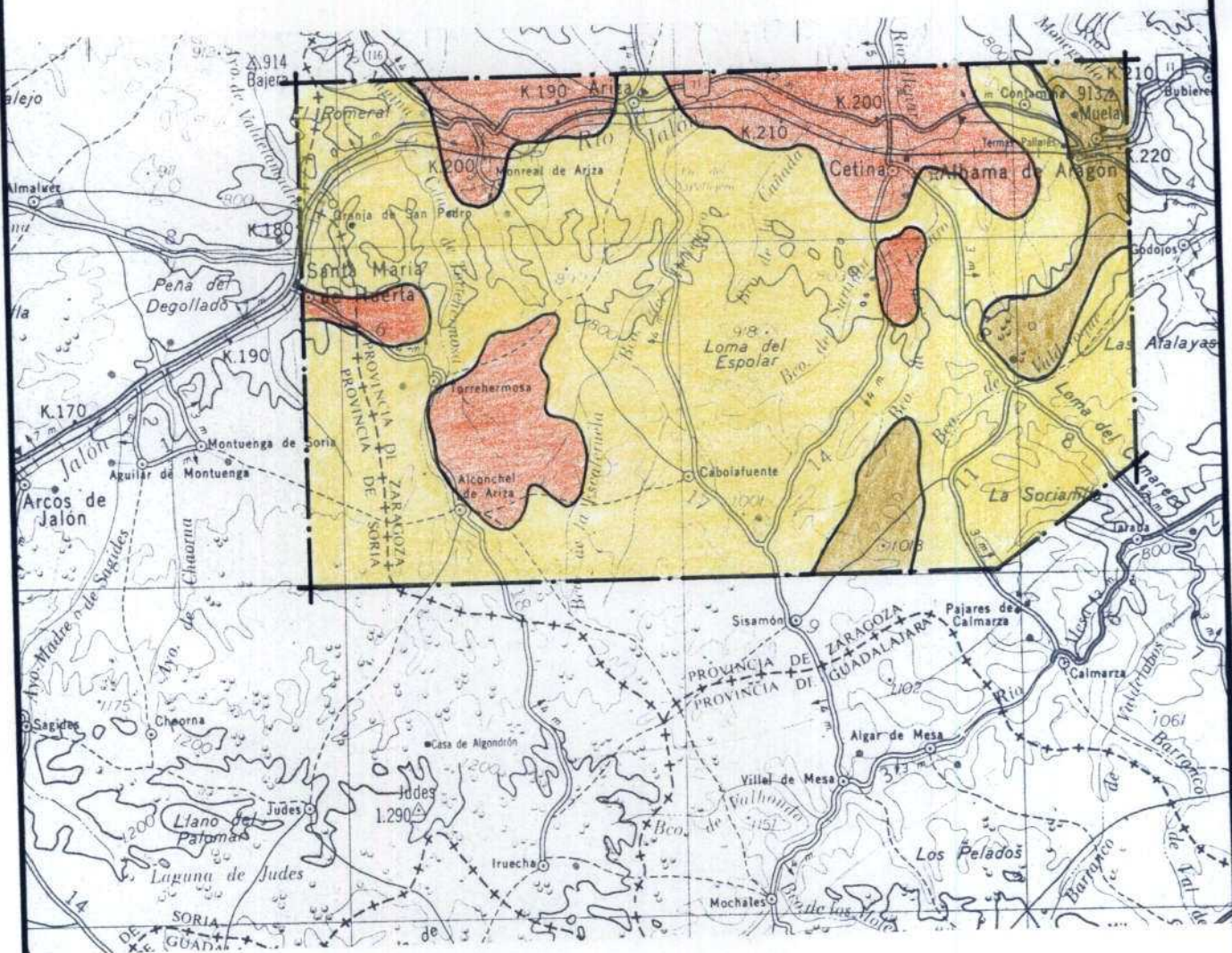


Figura nº 5

# MAPA DE DISTRIBUCION DE PENDIENTES



cie del terreno. Claramente las rocas poco cementadas y más permeables son más fácilmente meteorizables que las más impermeables, y la denudación de las superficies meteorizadas dependerá notablemente de las características texturales y estructurales de las cubiertas.

Si se pretende relacionar el modelado con las litologías aflorantes, es preciso conocer su distribución; en este caso se tiene:

-Afloramientos paleozoicos. Cuarcitas y pizarras. Cubren los 76 Km<sup>2</sup> del umbral de Ateca incluidos en la zona cartografiada. Significa el 8% del total.

-Afloramientos mesozicos: Triásico (areniscas, dolomías y evaporitas), Jurásico (calcáreo) y Cretácico (arenas, calizas y dolomías). Ocupan más de 300 Km<sup>2</sup> entre el margen del umbral de Ateca y los altiplanos de la Sierra de Solorio. Es un 33% de la superficie cartografiada.

-Afloramientos terciarios: conglomerados, areniscas y lutitas, en un desarrollo progresivamente más fino hacia el centro de la depresión de Almazán. Se extienden en unos 533 Km<sup>2</sup>, el 57% del total.

-Cuaternario: arenas y gravas que aparecen en el valle del río Jalón con un total de 19 Km<sup>2</sup>, tan solo un 2% del área total cartografiada.

Logicamente las mayores pendientes corresponden con las zonas de brusco cambio litológico, particularmente en el paso del Terciario lutítico al conglomerático y desde ahí al Mesozoico; por el contrario es sobre las plataformas Mesozoicas, so-

bre las lutitas terciarias y sobre el cuaternario aluvial donde el relieve está más suavizado.

Conjugando todas las características señaladas con anterioridad se comprueba que el Paleozoico situado en el umbral constituye una zona poco más elevada que el resto y con pendientes más suaves.

El Cenozoico de la Depresión de Almazán corresponde con los puntos más bajos y las pendientes más suaves, particularmente en la zona aluvial. Los conglomerados Terciarios pueden dar, por contraste, pendientes acusadas de hasta el 10%.

Los Mesozoicos se encuentran considerablemente más altos que los afloramientos Cenozoicos; llegando a estar por encima de los 1.200 metros. Las pendientes son fuertes en la zona de tránsito con el Terciario, superando incluso el 20%, pero se atenuan considerablemente sobre las parameras calcáreas.

#### 2.4 FLORA Y FAUNA

En cuanto a la vegetación que la ocupa cabe diferenciar claramente dos áreas, la ocupada por la zona de cultivos y aquella en la que predomina la vegetación espontánea. La primera consiste fundamentalmente en cereal de secano y algo de huerta en las zonas aluviales. La segunda viene marcada por el predominio del monte bajo, con matorrales del tipo carrasca y encina entre los que aparece ocasionalmente algún núcleo de pinos.

En cuanto a la fauna también existe una clara diferenciación según el hábitat que se trate; así en las zonas húmedas son frecuentes los reptiles (lagartos, serpientes), aves insectívoras (abejaruco), mustélidos de diverso género. En las áreas de cultivos de cereal son comunes los conejos y liebres, los zorros, reptiles de pequeño tamaño (víbora) y las aves (cogujada, cuervo, grajilla, urraca).

Por su particular interés, cabe mencionar el particular hábitat que se desarrolla en la hoz del río Mesa entre Jaraba y Calmarza donde anidan numerosas parejas de buitre leonado.

## 2.5 POBLACION

Los núcleos urbanos de la provincia de Zaragoza pertenecientes a la zona del Jalón, dentro del área objeto de este trabajo, con su censo actualizado en 1.986 son:

MUNICIPIO	POBLACION	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL
Alconchel	280	5'6 %
Alhama de Aragón	1.453	28'7 %
Ariza	1.567	31'1 %
Cabolafuente	135	2'7 %
Cetina	872	17'3 %
Contamina	64	1'3 %
Monreal de Ariza	398	7'9 %
Sisamón	131	2'6 %
Torrehermosa	145	2'8 %
TOTAL .....	5.045	100 %

quedando aparte Ibdes y Jaraba en la cuenca del río Mesa y Godos independiente del Alto Jalón.

Porcentualmente, Ariza con el 31'3% y Alhama de Aragón con el 28'7%, engloban a la mayoría de la población, un total de 3.020 personas que suponen el 59'8% del total.

Para estudiar la densidad de población se muestra el siguiente cuadro en donde aparecen indicadas las superficies en hectáreas de los citados términos municipales.

	TERMINO MUNICIPAL	SUPERFICIE (HAS)	PORCENTAJE
1	Alconchel	3.443	8'07 %
2	Alhama de Aragón	3.120	7'32 %
3	Ariza	10.274	24'10 %
4	Cabolafuente	3.925	9'20 %
5	Cetina	8.060	18'91 %
6	Contamina	1.366	3'20 %
7	Monreal de Ariza	6.155	14'43 %
8	Sisamón	4.180	9'80 %
9	Torrehermosa	2.121	4'97 %
	TOTAL	42.644	100'00 %

con lo que las densidades de población aparecen distribuidas del siguiente modo:

MUNICIPIO	POBLACION	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )	DENSIDAD
Alconchel	280	34'4	8'14
Alhama de Aragón	1.453	31'2	46'57
Ariza	1.567	102'7	15'26
Cabolafuente	135	39'3	3'44
Cetina	872	80'6	10'82
Contamina	64	13'7	4'67
Monreal	398	61'6	6'46
Sisamón	131	41'8	3'13
Torrehermosa	145	21'2	6'84
TOTALES	5.045	426'4	
MEDIAS	560'56	47'38	11'86

según lo cual, hay 94'8 Km<sup>2</sup> con una densidad menor de 5 hab/Km<sup>2</sup>, 117'2 Km<sup>2</sup> con densidad entre 5 y 10 hab/Km<sup>2</sup> y 214'5 Km<sup>2</sup> con densidad por encima de los 10 hab/Km<sup>2</sup>. Destaca el término municipal de Alhama de Aragón donde se alcanzan los 46'57 hab/Km<sup>2</sup>, aunque el más poblado sea Ariza con 1.567 habitantes.

En los últimos años la población ha disminuído apreciablemente; en el capítulo dedicado a usos urbanos del agua se trata detalladamente esta evolución.

## 2.6 ASPECTOS ECONOMICOS

La principal fuente de riqueza de la comarca es, fuera de toda duda la agricultura. No obstante existe algo de industria y - hostelería centrado en Ariza, Alhama de Aragón y los balnearios de Jaraba.

Del total de la superficie ocupada por los 9 términos municipales incluidos en el estudio, se presenta en el cuadro adjunto la ocupada por los regadíos en 1.962 y en la actualidad (1.987) obtenida como resultado del trabajo de inventario llevado a cabo.

<u>TERMINO MUNICIPAL</u>	<u>SUPERFICIE (HAS)</u>	<u>CESIE REGADIO 1.962</u>
Alconchel	3.443	16
Alhama de Aragón	3.120	150
Ariza	10.274	301
Cabolafuente	3.925	7
Cetina	8.060	477
Contamina	1.366	90
Monreal	6.155	343
Sisamón	4.180	1
Torrehermosa	2.121	22
<b>TOTAL</b>	<b>42.644</b>	<b>1.407</b>

**EPTISA**

CAPITULO III

ESTUDIO GEOLOGICO

### 3.- ESTUDIO GEOLOGICO

#### 3.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

En el periodo de 1.978 a 1.981, y coincidiendo con la realización del Proyecto PIAS "Proyecto de Investigación de Aguas Subterráneas de la Cuenca del Ebro", se elaboró una cartografía hidrogeológica a escala 1:50.000 del denominado Subsistema Sierra de Solorio incluido en el amplio y complejo Sistema 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta".

La insuficiente base geológica existente en el momento de realizar el estudio citado, hizo necesario una labor de campo y gabinete tal, que se consiguiese un aceptable conocimiento de la geometría de los acuíferos existentes, basado fundamentalmente en la cartografía hidrogeológica presentada a escala 1:50.000 y suficiente para los fines de la investigación planteada en ese momento.

El objetivo del Proyecto abordado en este periodo --- (1.986-87), es el estudio detallado del borde Septentrional de la Sierra de Solorio para definir puntos concretos de explotación - de aguas subterráneas mediante sondeos mecánicos dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón, que permitan cubrir los posibles déficit de abastecimiento urbano, y fundamentalmente de regadío, y en casos más favorables, el poder crear nuevas zonas regables.

Al plantear unos objetivos tan importantes para esta Comarca del Alto Jalón, es necesario mejorar el conocimiento actual de los acuíferos. Se precisa un mayor detalle de la cartografía hidrogeológica, para lo cual se han realizado los siguien

tes trabajos:

-Actualización de la cartografía hidrogeológica a escala 1:50.000, teniendo en cuenta que unicamente se dispone del mapa geológico de la hoja topográfica nº 463 MILMARCOS (PLAN -- MAGNA), que cubre tan solo el área Sur de la zona definida, así como las áreas limítrofes orientales cubiertas con las hojas topográficas nº 437 y 464 de Ateca y Used respectivamente. Ha sido necesario completar la cartografía de las áreas Sur y Este de la hoja de Alhama de Aragón mediante fotointerpretación y trabajos de campo.

-Realización de una cartografía hidrogeológica detallada a escala 1:25.000 que comprende el borde Septentrional de la zona definida, y más concretamente la franja de contactos de materiales Mesozoicos con Terciarios, y que coincide con las áreas con posibilidades de aprovechar los recursos subterráneos mediante sondeos. La realización de esta cartografía contempla los siguientes aspectos:

- + Características de los límites exteriores del acuífero
- + Situación de permeables e impermeables
- + Determinación de posibles barreras internas por accidentes tectónicos o variaciones laterales de facies.
- + Morfología del impermeable de muro
- + Estimación de potencia de materiales saturados, según niveles permeables identificados.

Como consecuencia de los trabajos realizados se ha desarrollado este capítulo, donde se describen los aspectos estratigráficos y estructurales de los materiales aflorantes, haciendo un especial hincapié en aquellos que presentan una mayor permeabilidad. En diversas figuras, se representan graficamente -- las series estratigráficas que abarcan desde el Paleozoico hasta el Terciario. Una serie de cortes geológicos, tratan de visualizar las estructuras de los materiales Mesozoicos, su disposición y potencias, y la forma con que desaparecen bajo los rellenos Terciarios. En el plano nº 1, realizado a escala 1:50.000 se resume la disposición de los afloramientos situados en la zona definida, ampliado en la dirección Sur y Oriental para dar - una idea de su continuada extensión en esas direcciones.

El plano nº 2 consta de una serie de hojas topográficas a escala 1:25.000, donde se ha reflejado la cartografía geológica de los afloramientos del borde Septentrional de la Sierra de Solorio en su contacto con los materiales Terciarios. Esta cartografía se ve acompañada de una serie de comentarios donde se determinan posibles áreas de ubicación de sondeos, indicándose la disposición, potencias y cotas de situación de los afloramientos permeables e impermeables.

La investigación geofísica en determinados puntos próximos a los afloramientos Mesozoicos, y en general por los sedimentos Terciarios, que está en fase de ejecución, podría haber - permitido el tener algún dato que confirmase las hipótesis posibles de la situación y prolongación de los materiales Mesozoicos bajo el relleno Terciario.

### 3.2 ENCUADRE GEOLOGICO

La región estudiada se sitúa geologicamente en el borde Occidental de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, periférica por el Sureste a las zonas más Meridionales de la depresión Terciaria de Almazán.

Los materiales más antiguos que afloran corresponden al Paleozoico del umbral de Ateca. Sobre estos se dispone un Triás germánico representado por sus tres facies características. El Jurásico aflora desde el Lías hasta el Dogger pudiendo faltar términos de la serie por estar erosionados. El Cretácico presenta una formación basal detrítica y una superior carbonatada. El Terciario está compuesto por facies detríticas que rellenan la cuenca de Almazán.

La estructuración de estos materiales se produce durante la orogenia Alpina como resultado de la superposición de dos directrices tectónicas, la NW-SE y la ENE-WSW.

Geomorfológicamente esta región se caracteriza por relieves suaves resultado de la instalación de la penillanura fundamental finipontiense, incidida linealmente por los ríos Mesa, Piedra y Jalón.

### 3.3 ESTRATIGRAFIA

Se describen las sucesiones de materiales que cubren la zona de estudio agrupadas según criterios estratigráficos de uso frecuente.

Los datos expuestos se han recogido de la bibliografía existente y se han completado con el reconocimiento directo en el campo.

### 3.3.1 Paleozoico

Constituye una alineación de afloramientos de dirección NW-SE, con edades comprendidas entre Cámbrico medio y Ordovícico inferior.

Para el Cámbrico de muro a techo se distinguen las siguientes formaciones:

- Formación de Almunia: estratigráficamente abarca la práctica totalidad del Cámbrico medio y superior, está constituida por una alternancia de pizarras y cuarcitas con una potencia total de unos 1.600 metros.
- Formación de Valconchán: representa un episodio fuertemente detrítico; los materiales que la constituyen son cuarcitas, pizarras y conglomerados, con una potencia total de unos 400 metros; estratigráficamente se sitúa en el tránsito Cámbrico-Ordovícico.

El Ordovícico inferior (Tremadociense) está constituido por las formaciones de Borrachón, de Dere y de Santed; todas ellas de carácter detrítico, generalmente alternancias de pizarras y cuarcitas y en menor proporción pasadas conglomeráticas. La potencia total es de unos 2.100 metros.

### 3.3.2 Mesozoico

El conjunto de afloramientos de esta Era se distribuyen según dos grupos de diferentes características, separados entre sí por la depresión Terciaria de Almazán (cuenca Alta del Jalón).

-El primero corresponde a la franja de dirección NW-SE adosada a los materiales Paleozoicos anteriormente descritos y discordante sobre ellos puede reconocerse un Triás en facies germánica; sobre él en ocasiones se dispone el Jurásico inferior o como ocurre frecuentemente este se encuentra erosionado y directamente sobre el Triásico se superpone discordante el Cretácico.

-El segundo grupo presenta como límite Oriental el valle del río Piedra; las directrices tectónicas no son alineaciones tan bien definidas como en el grupo anterior. Los materiales más antiguos aflorantes son del sistema triásico y se encuentran escasamente representados en una franja discontinua paralela al borde de la depresión del Jalón. A diferencia del grupo anterior el Jurásico está bien representado hasta el Dogger, no obstante, el Cretácico inferior es también discordante y son frecuentes va  
cíos erosivos que alcanzan hasta el Toarciense.

#### 3.3.2.1 Triásico

El Buntsandstein se presenta siempre en discordancia angular sobre el Paleozoico; el límite entre ambos puede ser con

fuso cuanto éste último es de composición lutítica como sucede en las inmediaciones de Alhama de Aragón; un criterio de distinción es la presencia de esquistosidad en las facies Paleozoicas. El Muschelkalk es de naturaleza calcárea o calcareo-margosa, está frecuentemente dolomitizado, sobre él se dispone el Keuper - que en ocasiones llega a estar erosionado por la base del Cretácico; este vacío erosivo es cada vez menos importante hacia el S y SW y sobre el Keuper descansa de forma concordante el Lías inferior.

Facies Buntsandstein: Constituye el primer episodio detrítico del Triás inferior, en discordancia angular y erosiva sobre el Paleozoico.

Litológicamente está constituido por una alternancia de areniscas y lutitas rojas, éstas últimas pueden intercalar niveles de margas. Las areniscas alcanzan potencias de orden decimétrico, presentan estructuras propias de ambientes de alta energía (estratificación cruzada en surco y ripples de corriente son las más frecuentes) y ocasionalmente alternan con niveles conglomeráticos de poca potencia. Tienen un elevado contenido en cuarzo y micas de tipo moscovítico y un cemento constituido por carbonatos y óxidos de hierro. La fracción de grano más fino -- consta de lutitas, limolitas y margas, de coloraciones variables entre rojo y verdosas; su estructura más típica es la laminación paralela y en los tramos de tamaños más groseros ripples de corriente y laminación lenticular.

Se ha realizado un perfil litológico de esta unidad en el valle del río Jalón a lo largo de la carretera N-II, en las

proximidades de Alhama de Aragón (Km. 210), en este punto su potencia es de unos 102 metros (Figura nº 7).

Facies Muschelkalk: Sobre las facies detríticas finas de techo de la unidad anterior descansa de forma concordante el Muschelkalk que constituye el primer episodio carbonatado del Triásico. Litológicamente consta de doloesparitas y dolomicritas parcialmente recristalizadas de colores beige con texturas mudstone-wackestone. Son muy frecuentes las dolomitizaciones y asociada a estas un aumento importante de la porosidad de la roca.

Se ha realizado el perfil de esta unidad a continuación del tramo anterior, su potencia total es de 49 metros (Figura nº 8).

Se han distinguido los siguientes tramos:

- 1.- Alternancia de calizas arenosas y margas en bancos de 10-30 cms. Potencia 2'5 metros
- 2.- Doloesparitas ocre-rojizas con estratificación paralela en bancos de 1-1'5 metros. Potencia 15 metros.
- 3.- Esparitas brechoides muy oquerosas con estratificación ondulada. Potencia 6'5 metros.
- 4.- Doloesparitas ocre de grano fino, con estratificación paralela; hacia techo incluyen niveles de silex. Potencia 13'5 metros.
- 5.- Calizas esparíticas de color beige, margas calcáreas y calizas dolomíticas rojizas. Potencia 3 metros.
- 6.- Margas y margas calcáreas ocre con estratificación paralela en bancos de espesor centimétrico. Potencia 5'5 metros.
- 7.- Esparitas gris-ocres con estratificación ondulada en bancos de 30-50 cms. Potencia 3 metros.

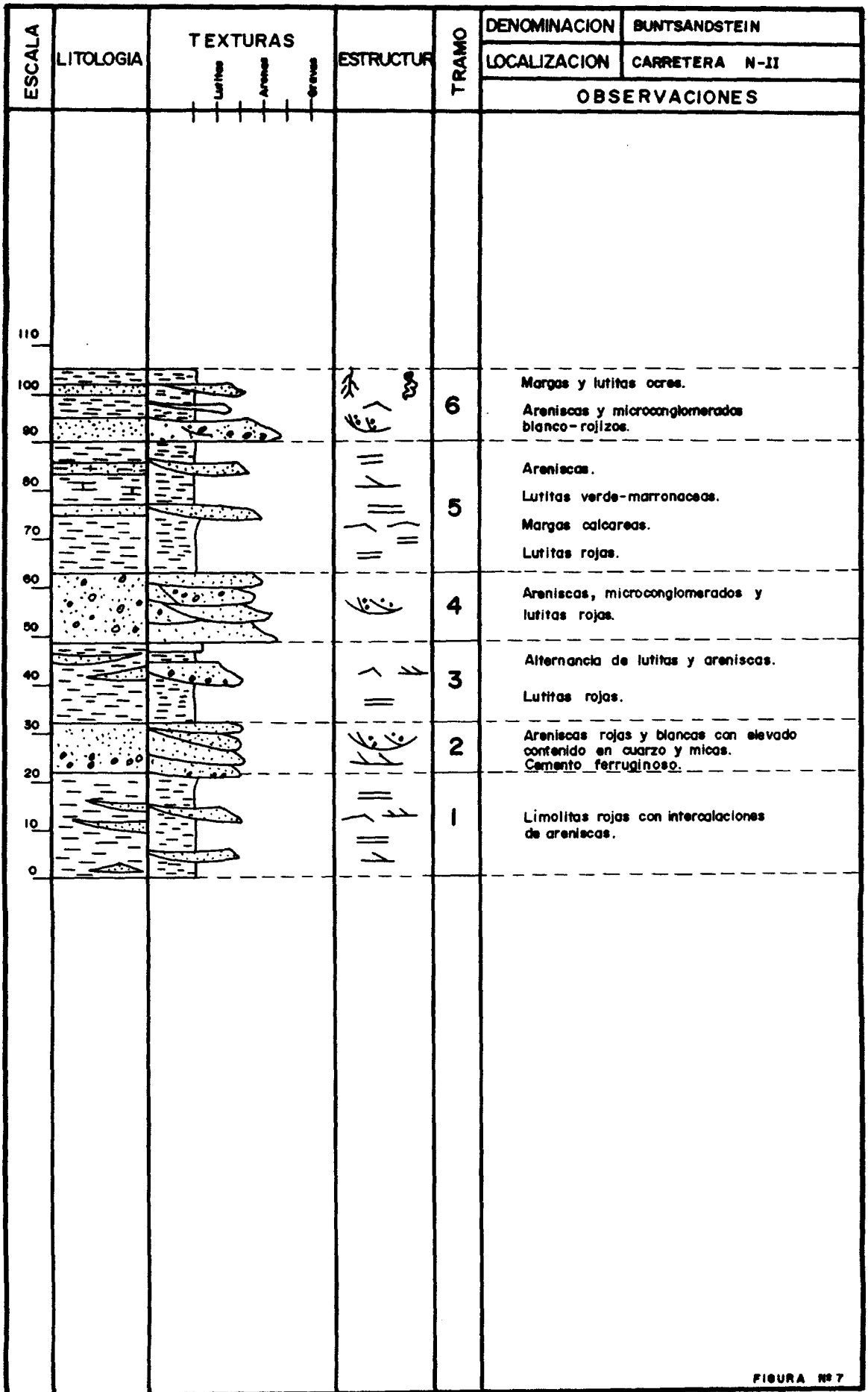


FIGURA Nº 7

ESCALA	LITOLOGIA	TEXTURAS M W P G DIE	ESTRUCTURAS	TRAMO	DENOMINACION	MUSCHELKAK .
					LOCALIZACION	CARRETERA N-II
					OBSERVACIONES	
50			△	7	Esparitas grises-ocres en bancos de 30-50 cm.	
48		△				
46		■				
44			≡	6	Margas ocres y calizas arenosas en bancos centimetricos.	
42		∩				
40			△			
38			△	5	Calizas rojizas, margas calcareas, calizas espariticas beige y dolomitas brechoides.	
36		△				
34		△				
32			△	4	Estratificación paralela.	
30		△				
28		△				
26			△	3	Esparitas brechoides muy oquerosas, color gris-ocre, con estratificación nodular.	
24		△△△				
22		△△△				
20		≡	2	Niveles ferruginosos.		
18		△△△				
16		■				
14			∩	1	Esparitas ocre-rojizas.	
12			△			
10			△			
8			△△	2	Calizas ocres recristalizadas en bancos de 1-1'5 mts.	
6			•			
4			∩			
2			■	1	Micritas ocres.	
0			∩			

**EPTISA**

Su límite inferior es siempre concordante sobre los

del Keuper; su techo constituye el sustrato de la -

**EPTISA**

Facies Keuper: Sobre el Muschelkalk y concordante con éste se sitúa la facies Keuper que representa la culminación del ciclo regresivo Triásico.

Consta de una alternancia de lutitas, margas y yesos; y es característica la presencia de cuarzos y aragonitos autigénicos. Presenta una gran variedad de colores, generalmente rojizos o verdosos.

Dado el carácter plástico y poco coherente de esta unidad se encuentra casi siempre en depresiones topográficas, o recubierta por materiales cuaternarios, y son escasos los buenos afloramientos, por lo que no ha podido realizarse ningún perfil estratigráfico. Puede estimarse una potencia cartográfica del orden de 50 a 75 metros.

## 3.3.2.2 Jurásico

Como ya se especificó anteriormente estos materiales no se encuentran apenas representados en la franja Mesozoica de dirección NW-SE de Alhama de Aragón, tan solo pueden citarse algunos afloramientos que no superan el Km<sup>2</sup>, situados a lo largo del contacto entre el Keuper y la formación Arenas de Utrillas.

Dentro del grupo de afloramientos Mesozoicos al W del valle del río Piedra el Jurásico aflora

se inferior-medio.

El caracter masivo de esta unidad y la ausencia de planos de estratificación bien definidos dificulta la determinación de su potencia; no obstante, en base a datos cartográficos, puede estimarse del orden de 160 metros.

Unidad L<sub>2</sub>: Calizas y dolomías tableadas. Se corresponde con la Fm. Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas, Fm. Margas grises de Cerro del Pez y Fm. Calizas bioclásticas de Barahona.

Se distinguen dos conjuntos litológicos, el primero calcáreo-dolomítico y el segundo calcáreo-margoso con mayor participación de material detrítico.

El conjunto basal consta de calizas y dolomías tableadas, frecuentemente recristalizadas, de colores ocres y grises; corresponden a microfacies de biomicritas y doloesparitas con texturas mudstone-wackestone.

El conjunto superior consta de una alternancia de margocalizas, dolomías y margas en bancos de espesor a lo sumo decimétrico; compuestas por biomicritas e intramicritas algo margosas, con texturas wackestone a grainstone; contienen fauna de pelecípodos, braquiópodos y equinodermos.

La edad que abarca esta unidad es de Sinemuriense medio-Domeriense.

No existen buenos afloramientos de esta unidad, en la mayoría de las ocasiones sus contactos aparecen tectonizados. Se ha realizado el perfil litológico en el barranco de La Parada al SW de Mochales, donde se ha podido constatar una po



tencia de unos 155 metros (Figura nº 9).

Unidad Lm: Calizas margosas y margas fosilíferas. Es equivalente a la Fm. Alternancia de margas y calizas de Turmiel.

Constituye un buen nivel guía por su abundante contenido faunístico y por su carácter margoso poco coherente, que da lugar a relieves negativos.

Se compone de una alternancia de margas fosilíferas y calizas (biomicritas) con texturas mudstone a wackestone. Hacia techo se desarrollan niveles arcillosos rubefactados con gran profusión de cantos blandos (hard-ground).

De muro a techo pueden distinguirse los siguientes bancos dentro del tramo 6 (figura nº 9).

- A) Alternancia de margas, micritas y biomicritas con textura wackestone-packestone. Potencia 20 metros.
- B) Margas beiges muy fosilíferas; con estratificación ondulada en bancos de espesor centimétrico. Potencia 8 metros.
- C) Biomicritas e intrabiomicritas ocre-rojizas con estratificación cruzada y texturas packestone-grainstone. Potencia 7 metros.

Se ha realizado el perfil litológico de esta unidad en el camino de Calmarza a Algar de Mesa, 1 Km. al Norte de esta última localidad. La edad de esta unidad es Toarciense.

Dogger: Se describen aquí el conjunto de materiales carbonatados situados por encima de la unidad Lm hasta la base del Cretácico.

Consta de micritas, biomicritas y margas de tonos gris amarillentos con fauna de bivalvos y equinodermos; tienen estratificación paralela en bancos de 20 a 50 cm. En algunos niveles de esta serie se desarrollan las microfacies de "filamentos", características a nivel de la Cordillera Ibérica.

La potencia total aflorante que puede asignarse a esta unidad es de unos 55 metros; debe tenerse en cuenta que su techo se presenta siempre erosionado.

Su edad abarca desde el Aalenense hasta el Bajociense.

### 3.3.2.3 Cretácico

Los materiales de este Sistema afloran de forma regular dentro del conjunto Mesozoico a ambos lados de la Depresión del Alto Jalón.

Pueden distinguirse dos grupos litológicos claramente diferenciados:

-Un tramo inferior detrítico, discordante sobre el sustrato Jurásico o Triásico. Corresponde a la Formación Arenas de Utrillas.

-Un tramo superior carbonatado; representa el fin de la sedimentación Mesozoica en este sector.

Cretácico inferior: Se trata de una alternancia de areniscas y microconglomerados de coloración variable predominando los tonos blancos, rojizos y violáceos. Adquieren paulatinamente hacia techo más importancia los niveles margosos y lutíticos. La fracción detrítica se compone de cantos de cuarzo y moscovitas sin cementar con matriz arcillosa.

Son características de esta unidad las estructuras sedimentarias de corriente como estratificación cruzada en surco y ripples.

La edad que se atribuye a esta formación es de Albiense.

Se ha realizado el perfil de esta unidad en la vertiente NE de la Muela de Alhama de Aragón, donde se ha constatado una potencia de 110 metros.

Cretácico superior: Representa la culminación de la transgresión Cretácica. Es una sucesión calcárea resultado de varios ciclos sedimentarios.

Se ha realizado un perfil a lo largo de la carretera de Jaraba-Nuévalos a la altura del pantano de la Tranquera. Se han distinguido los siguientes tramos: (Figura nº 10)

1) Comprende una sucesión de arenas, margas y calizas con buena estratificación en bancos de espesor métrico. Hacia techo se identifica una interrupción sedimentaria de entidad regional. Potencia 50 metros.

2) Constituido por calizas, margas y dolomías con texturas mudstone-wackestone. Los bancos tienen estratificación paralela y espesores que oscilan entre 0'5 y 2 metros. Potencia 35 m. Este tramo y el anterior son de edad Cenomaniense.

ESCALA	LITOLOGIA	TEXTURAS M W P S DIE	ESTRUCTURAS	TRAMO	DENOMINACION	CRETACICO SUPERIOR (SINTESIS)
					LOCALIZACION	PANTANO DE LA TRANQUERA.
					OBSERVACIONES	
300						
270						
240				6	Micritas fosilíferas.	
					Oolitos ferruginosos.	
					Calizas brechoides pardo-violáceas.	
210						
180				5	Calizas brechoides.	
					Micritas e intramicritas.	
150				8	Dolomías y margas grises	
120				4	Dolomías con rudistas.	
					Estratificación cruzada.	
90				3	Calizas margosas y margas ocreas.	
60				2	Calizas dolomíticas.	
					Micritas, palmicritas e intramicritas.	
					Hard Ground.	
30				1	Arenas cuarzosas amarillas.	
0					Brecha calcárea.	

FIGURA Nº 10

**EPTISA**

3) Calizas margosas y margas ocre-grisáceas. Corresponden a biomicritas con textura wackestone ricas en fauna de bivalvos, gasterópodos, equinodermos y foraminíferos. su edad es Cenomaniense superior. Potencia 15 metros.

4) Corresponde a una potente serie dolomítica, masiva en su base y con estratificación paralela hacia techo. Caracterizan este nivel los biotopos de Rudistas y las facies - bioclásticas. Su edad es Turoniense. Potencia 70 metros.

5) Calizas laminadas y calizas brechoides. Presentan distintas litofacies: biomicritas, micritas e intramicritas con texturas mudstone-wackestone. Muestran laminación paralela en bancos de espesor decimétrico. Su edad es Coniaciense basal. Potencia 60 metros.

6) Micritas y microesparitas blancas y grises, pueden intercalar brechas calcáreas. Contienen fauna de rudistas, equinodermos, miliólidos y ostrácodos. Su edad es Coniaciense. Potencia 60 mm.

### 3.3.3 Cenozoico

En este apartado se incluyen dos grandes sistemas:

-El Terciario: cuyo afloramiento más extenso y continuo constituye el extremo SE de la Depresión de Almazán (Cuenca Alta del Jalón) y además existen extensiones de cierta entidad ocupadas por estos materiales recubriendo parcialmente al Paleozoico y Mesozoico.

-El Cuaternario que adquiere cierto desarrollo en los cauces de los ríos más importantes y en algunas vales de fondo plano.

### 3.3.3.1 Terciario

Representa la sedimentación en ambientes continentales tras las primeras pulsaciones tectónicas de la orogenia Alpina. Se dispone en discordancia angular y erosiva sobre cualquiera de los materiales hasta ahora descritos.

Su contacto con la franja Mesozoica situada al NE se realiza de forma brusca y neta, mientras que en su borde Sur son muy frecuentes paleorelieves de materiales cretácicos dentro del terciario a lo largo del contacto entre ambos.

En la práctica totalidad de sus contactos se presenta tectonizado: son muy frecuentes las discordancias progresivas de borde que se atenúan rápidamente hacia el interior de la cuenca.

Es una facies eminentemente detrítica; solo de forma muy local se dan depósitos carbonatados.

Se han distinguido dos unidades en base a que la composición de estos sedimentos sea de naturaleza mayoritariamente conglomerática o lutítica. Por tanto esta división solo tiene ca racter litológico y no estratigráfico, ya que ambas unidades son de edad Mioceno, y señalan una evolución lateral.

El conjunto conglomerático se localiza de forma preferente en los bordes de cuenca por lo que es frecuente que esté tectonizado; en ocasiones se dan discordancias internas de poca

entidad.

Está compuesto por una alternancia de conglomerados, areniscas y lutitas. Los conglomerados son de cantos calcáreos subredondeados muy heterométricos, matriz pelítica muy abundante y se encuentran muy irregularmente cementados. Puede ocurrir que falte totalmente el cemento, de forma que solo la matriz trabalos cantos, o que lo que falte sea la matriz, en este caso es -- más correcto hablar de brechas calcáreas.

Se disponen en capas de 1 a 3 metros, de morfologías - canaliformes y bases erosivas con estratificación cruzada en surco o planar. La organización secuencial suele ser granodecreciente.

El conjunto lutítico se desarrolla hacia el interior de la cuenca de Almazán. Basicamente su litología no sufre modificación alguna; tan solo se aprecia una importante disminución de - las facies conglomeráticas en favor de los detríticos finos.

Se trata de una alternancia de lutitas y areniscas bien cementadas, en bancos de espesores decimétricos a métricos. Son - frecuentes las estructuras de corriente en las estructuras de co rriente en las capas de granulometría más grosera y la laminación paralela en las lutitas.

La potencia que puede estimarse en algunos puntos para la unidad conglomerática es de unos 90 - 100 metros. Para la uni dad arcillosa no ha podido determinarse por estar casi siempre - recubierta por formaciones cuaternarias y no aflorar su muro.

### 3.3.3.2 Cuaternario

Por su abundancia pueden distinguirse dos tipos de formaciones cuaternarias; terrazas aluviales y rellenos de valle -- por un lado y coluviones y glacis por otro.

Los primeros adquieren cierto desarrollo en el valle del río Jalón cuando éste atraviesa materiales del Mioceno. No ocurre así en los casos del río Mesa y Piedra que discurren profundamente encajados a causa de la dureza de los materiales Mesozoicos y valles estrechos y alargados.

En el río Mesa unicamente se encuentra como nivel de aterrazamiento la llanura de inundación. El relleno consta de materiales sueltos, en su mayor parte arena, gravas y limos que sirven de base para las labores agrícolas.

Un caso particular lo constituyen las terrazas de travertinos frecuentes en los ríos Mesa y Piedra. Forman depósitos de tobas calcáreas de hasta 10 - 12 metros de potencia que se sitúan directamente sobre el cauce actual.

#### - Derrubios de ladera y glacis:

Son depósitos sueltos o ligeramente cementados, corresponden a cantos angulosos mal seleccionados de naturaleza calcárea (Jurásicos y Cretácicos).

Aunque pueden alcanzar un importante desarrollo superficial su potencia no supera la escala decimétrica.

### 3.4 CARTOGRAFIA HIDROGEOLOGICA

La cartografía presentada en el plano nº 1 se ha realizado en base a unidades o conjuntos establecidos por criterios litológicos, y teniendo en cuenta sus características de permeabilidad.

De muro a techo se han distinguido las siguientes unidades:

1) Pal.- Paleozoico

Se engloban los materiales desde la base del Cámbrico hasta la superficie definida por la discordancia Sálica. En el sector estudiado abarcan el Cámbrico medio y superior y el Ordovícico inferior (Tremadociense).

- Triásico: Las unidades se corresponden con las tres facies que caracterizan el Trías germánico:

2) Buntsandstein (TB)

Siempre discordante sobre el sustrato Paleozoico. Aflora en el núcleo del anticlinal de Mochales y adosado a la franja paleozoica al NE de Alhama de Aragón.

3) Muschelkalk (TM)

Concordante sobre la unidad anterior, ambas definen un tegumento rígido que suele aflorar asociado al Paleozoico.

4) Keuper (TK)

Se dispone concordante sobre el Muschelkalk; su techo puede estar parcialmente erosionado. Es el nivel de despegue por excelencia de la cobertera Mesozoica por lo que es frecuente que sus contactos estén mecanizados. Aflora en una banda paralela al borde S de la depresión del Alto Jalón y adosado al Muschel

kalk al NE de Alhama de Aragón.

- Jurásico: Las unidades definidas se corresponden con grandes grupos litológicos, en el capítulo de estratigrafía se indican las formaciones definidas para cordillera Ibérica y sus equivalencias. Es el sistema más ampliamente representado dentro del conjunto Mesozoico.

5) L<sub>1</sub> Liásico inferior

Abarca los materiales carbonatados situados por encima de la facies Keuper hasta las calizas tableadas datadas como Sinemuriense superior. El límite inferior de esta unidad no coincide con la isocrona Triásico-Jurásico, suele admitirse que dicho tránsito se realiza en los tramos basales pero dentro de esta unidad.

6) L<sub>2</sub> Liásico medio

Incluye los materiales del Sinemuriense alto, Carixiense, Domeriense y Toarciense basal. Se sitúan concordantes sobre la unidad anterior, dando extensos afloramientos al SW de la depresión de Almazán.

7) L<sub>m</sub> Liásico superior

Presenta una reducida potencia por lo que sus afloramientos nunca ocupan extensiones importantes. Su muro es concordante respecto a la unidad anterior, su techo en algunos sectores aparece erosionado. La edad de esta unidad es Toarciense.

8) Dogger J)

Supone el último episodio carbonatado Jurásico de este sector. Se presenta concordante sobre los materiales del Toarciense dando morfologías tabulares con buzamientos subhorizontales. En esta unidad se han incluido las formaciones calcáreas de

edad Aalaniense y Bajociense.

- Cretácico: se distinguen dos grandes unidades en función de su naturaleza detrítica o carbonatada.

9) G Cretácico inferior detrítico (Fm Arenas de Utrillas).

Descansan de forma discordante sobre términos cada vez más antiguos hacia el NE. Por su litología de naturaleza poco coherente están muy erosionadas; son frecuentes las morfologías en muelas, donde las Arenas de Utrillas han quedado preservadas de la erosión por las calizas suprayacentes.

10) C Cretácico superior carbonatado

Se incluyen aquí el conjunto de materiales carbonatados desde las Arenas de Utrillas hasta el techo del Mesozoico. Abarcan el Cenomaniense, Turoniense y Senoniense.

- Terciario: La serie Miocena se superpone de forma discordante sobre el Mesozoico. Constituye el relleno de la depresión del Alto Jalón. La distinción de dos unidades se realiza en función de sus litologías; por lo tanto el contacto entre ambas tiene sentido como cambio lateral de facies.

11) T<sub>1</sub> Mioceno Conglomerático

Situado en los bordes de cuenca próximo al contacto con el Mesozoico.

12) T<sub>2</sub> Mioceno lutítico

Localizado preferencialmente en el centro de la Cuenca. A techo de esta formación pueden desarrollarse niveles de calizas lacustres sin entidad cartográfica como sucede al NW de Calmarza.

13) Q Cuaternario

Dado el escaso desarrollo que alcanzan estos materiales se han incluido en una sola unidad (Q) que abarca depósitos de ladera, terrazas y travertinos. Afloran de forma discontinua a lo largo del valle del río Mesa y con algo más de desarrollo en el actual cauce del río Jalón dando lugar a terrazas aluviales.

### 3.5 ESTRUCTURA

Regionalmente esta zona se compone de dos conjuntos Mesozoicos separados entre sí por la depresión Terciaria del Alto Jalón.

Desde el punto de vista de su comportamiento tectónico, los materiales pueden agruparse en los siguientes conjuntos

-Zócalo paleozoico

-Tegumento adosado al zócalo con comportamiento rígido, que comprende las facies Buntsandstein, y tramos inferiores del Muschelkalk.

-Nivel de despegue constituido por un Keuper margo-evaporítico muy plástico.

-Cobertera Mesozoica que consta de Jurásico, Cretácico y Terciario, más rígidos que el nivel de despegue e independizados del zócalo.

La estructuración global de esta región es resultado en su mayor parte de la orogenia Alpina.

Para la descripción del área cartografiada se divide la zona en tres unidades estructurales:

-Unidad Mesozoica Nororiental: plegada con directrices NW-SE (Ibéricas), afecta a los materiales al Este de la Depresión del Alto Jalón, hasta el Paleozoico del umbral de Ateca.

-Unidad Mesozoica Meridional: Al Oeste del río Piedra. La dirección de plegamiento es tanto la Ibérica como la ENE-WSW (dirección Guadarrama).

-Depresión Terciaria del Alto Jalón (Cuenca de Almazán)

Como ya se indicó en el apartado de estratigrafía solo está tectonizada de forma apreciable en las zonas de borde.

A) UNIDAD MESOZOICA NORORIENTAL: Limitada hacia el Este por el sustrato Cámbrico y Ordovícico del umbral de Ateca. El Triásico da lugar a una serie monoclinnal que buza el SW de una forma uniforme. Discordante sobre éste se sitúa la cobertera Cretácica con pliegues muy laxos, buzamientos suaves y fracturas distensivas que originan un relieve en muelas o mesas.

Hacia el SW éstos materiales Cretácicos sufren una inflexión, se verticalizan y dan paso de forma brusca a los materiales de la depresión del Alto Jalón.

B) UNIDAD MESOZOICA MERIDIONAL: Los materiales que la componen son fundamentalmente Jurásicos y Cretácicos, el Triásico apenas aflora. No puede hablarse de una única dirección de plegamiento, así el sector más Oriental (Milmarcos, Amayas, Labros) presenta estructuras claramente influenciadas por directrices Guadarrama (ENE-WSW), mientras que hacia el Oeste en Codes y Balbacil la estructuración del Mesozoico presenta dirección Ibérica aunque algo anómala (WNW-ESE).

El paso de esta unidad hacia el Mioceno del Alto Jalón se realiza de forma distinta respecto de la anterior. Aunque no aflora de forma continua puede definirse un umbral Triásico de dirección E-W que pasaría por Judes, Norte de Iruecha, Mochales y Milmarcos. A partir de este umbral hacia el Norte los materiales Jurásicos y Cretácicos presentan suaves buzamientos gene-

realizados hacia el Norte de forma que la entrada a la depresión Terciaria no es tan brusca como en el caso de la unidad anterior por lo que son frecuentes los afloramientos de paleorrelieves - Cretácicos dentro de ésta.

### 3.6 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LAS UNIDADES CARTOGRAFIA DAS.

Las unidades cartográficas diferenciadas han sido, tal y como se expone en el apartado 3.4, las siguientes:

- Paleozoico
- Trías Buntsandstein
- Trías Muschelkalk
- Trías Keuper
- Carniolas del Lías
- Lías calcáreo
- Lías margoso
- Dogger
- Cretácico inferior
- Cretácico superior carbonatado
- Mioceno arcilloso
- Mioceno conglomerático
- Cuaternario

Las características hidrogeológicas de estas unidades son propias de cada una de ellas y han sido un criterio más a tener en cuenta, a la hora de su individualización. Tratando cada una de ellas por separado se tiene, de muro a techo, la siguiente relación:

#### Paleozoico:

Se trata del umbral de Ateca constituido por rocas metamórficas impermeables. Topográficamente alcanza cotas por encima de los 1.000 metros formando una alineación Ibérica que marca el límite de la Cuenca del río Ortiz y el Mesa aguas abajo del -

embalse de la Tranquera. Esta unidad limita el posible flujo - subterráneo que pudiese existir hacia partes más bajas de la - Cuenca. La superficie de afloramiento vertiente hacia el Ortiz, La Tranquera y el Mesa, supone un total de 76 Km<sup>2</sup>. Así pues, hidrogeologicamente y desde el punto de vista regional, se considera un conjunto impermeable.

Trías Buntsandstein:

Las lutitas, areniscas y conglomerados rojos del Trías inferior afloran en el margen del umbral paleozoico y en las proximidades de Villel y Mochales en el vale del río Mesa. Al igual que el Paleozoico tiene un comportamiento impermeable que puede facilitar el drenaje de los materiales superiores allí donde está en contacto con el Muschelkalk.

Trías Muschelkalk:

Se trata de dolomías altamente karstificadas y brechificadas en las proximidades de Alhama de Aragón y algo menos porosas en otros afloramientos de la comarca del Mesa. La superficie aflorante en el margen Paleozoico es de 10 Km<sup>2</sup>. Su disposición entre el Keuper y el Buntsandstein facilita el desarrollo - de un posible acuífero confinado digno de considerar. Los drenajes naturales, en caso de existir se producirían en el río Mesa (p.a. 30003), en el embalse de La Tranquera y en el cauce del -- río Jalón, a cotas de 1.000, 680 y 670 m.s.n.m respectivamente.

Trías Keuper:

Nivel arcilloso evaporítico impermeable que confina el posible acuífero del Muschelkalk y sirve de base y zona de drenaje para todos los niveles permeables Jurásicos situados por encima. Aflora en la banda marginal al Paleozoico, en las proximidades de Milmarcos, al Sur de Villedel de Mesa y en puntos aislados entre Iruecha y Alconchel de Ariza.

Carniolas del Lías:

Se trata de las carniolas de la base del Lías que --- constituyen un litosoma de muy alta permeabilidad que puede ser drenado en los contactos con el Keuper cuando la cota del nivel piezométrico lo permita. Aflora en una banda más o menos confínua a lo largo de toda la Sierra de Solorio, desde Judes hasta Milmarcos con una superficie de 39 Km<sup>2</sup>. La superficie de afloramientos en dirección Sur y Oeste fuera del área cartografiada, es mucho mayor que la indicada, debiéndose considerar parte de ella - como zonas de recarga. También aflora en las proximidades de Cimballa y en puntos aislados bajo la Fm. de Utrillas, en el margen Paleozoico. Los puntos de drenaje directo más notables de esta - unidad son los manantiales de Cimballa (río Piedra) y los de Mochales (río Mesa).

Liásico calcáreo:

Sobre el tramo anterior de muy alta permeabilidad descansa este nivel de permeabilidad alta que incrementa la importancia del acuífero Jurásico. La superficie de afloramientos en la zona estudiada es de 100 Km<sup>2</sup>, aunque sus extensiones mayores

se sitúan al Sur y Oeste (Sierra de Solorio), existiendo una -  
continuidad con la zona estudiada. No se ha visto aflorar sobre  
las carniolas en el margen del umbral de Ateca.

Lías margoso:

Es el paquete margoso Toarciense que por su naturale-  
za impermeable, confina el nivel acuífero del Lías inferior. La  
totalidad de los afloramientos se encuentran en la Sierra de So-  
lorio separando el Lías del Dogger.

Dogger:

Es un conjunto calizo permeable que aflora en grandes  
núcleos subhorizontales al Sur de la zona cartografiada con una  
superficie de 61 Km<sup>2</sup>. Hacia el Este queda cubierta por el Cretá-  
cico superior, apoyándose directamente en forma erosiva la For-  
mación de Utrillas. La estructura en cualquier caso no parece -  
ser la idónea para que se forme un nivel acuífero apreciable, -  
ya que generalmente se sitúan éstos posibles niveles colgados -  
respecto al nivel piezométrico regional definido por los mate-  
riales Liásicos.

Cretácico inferior:

Unicamente representado por la Formación de Utrillas  
que tiene un comportamiento de baja permeabilidad. Al ser dis-  
cordante sobre los niveles Jurásicos, aparece tanto sobre el Do-  
gger como sobre el Lías e incluso sobre el Triásico. Confina --  
cuando el dispositivo estructural lo permite, al nivel acuífero  
situado por debajo; tal debe ocurrir en el afloramiento de Alha

ma de Aragón y en todo el conjunto de la Sierra de Solorio que se hunde bajo el Terciario del valle del Jalón.

Cretácico superior:

Se trata de la serie carbonatada permeable que aparece cubriendo buena parte de la Sierra de Solorio, en afloramientos aislados tipo muela entre los terciarios marginales y en el borde del umbral de Ateca entre Alhama y el embalse de la Tranquera. La extensión que ocupan estos afloramientos en el área cartografiada es de 257 Km<sup>2</sup>. Su drenaje se realiza por pequeños manantiales periféricos a las muelas o bien acompañando al importante -- caudal de Alhama o Jaraba a cota de 670 y 750 m.s.n.m.

Mioceno arcilloso:

Se agrupa aquí todo el conjunto Terciario de litología fina y comportamiento impermeable; aparece como un cambio lateral de otros niveles más permeables con litología más gruesa. Este nivel es confinante del resto de paquetes permeables situados por debajo, por ejemplo Jurásico o Cretácico. El afloramiento central es extenso, desde el río Jalón hacia el Sur abarca una superficie de 411 Km<sup>2</sup>, desde cotas superiores a los 1.100 m. a los 670 m.s.n.m en Alhama de Aragón. En ocasiones puede presentar niveles detríticos intercalados, que pueden dar lugar a pequeños niveles confinados interesantes desde un punto de vista -- muy local, pero no representados a escala regional.

Mioceno conglomerático:

Se incluye aquí el Terciario grueso que equivale lateralmente al tramo anterior. Dependiendo de sus variaciones litológicas presenta mayor o menor permeabilidad, por lo que se le puede asignar un rango amplio. La superficie aflorante es de 122 Km<sup>2</sup>.

En la zona de Alhama de Aragón conduce al drenaje del acuífero confinado, apareciendo en este tramo los manantiales más importantes.

Cuaternario aluvial:

Los depósitos Cuaternarios, dada su juventud, están poco compactados y aunque su litología no sea muy gruesa como ocurre en estos casos, siempre presentan una permeabilidad apreciable. La extensión que ocupa el aluvial del río Jalón entre Santa María de Huerta y Alhama de Aragón es de 19 Km<sup>2</sup>.

### 3.7 ESTUDIO DE ZONAS PARA POSIBLE UBICACION DE SONDEOS

Se realiza en este apartado un análisis más detallado de la franja definida por el contacto entre materiales Mesozoicos y la cuenca del Alto Jalón, con el fin de visualizar mejor las relaciones entre estas dos unidades. Tiene en este apartado una importancia especial el conocer la geometría y estructuras del conjunto Mesozoico una vez recubierto de forma discordante por el Terciario; haciendo especial hincapié en los materiales Jurásicos que a priori son los que más interés presentan como niveles acuíferos.

Con este fin se han realizado varios cortes geológicos y una cartografía a escala 1:25.000 que se presenta en dos planos (I de 2 y II de 2). En base a los resultados obtenidos se han definido cuatro sectores que se analizan por separado con el objeto de conocer mejor las posibilidades de explotación en cada caso concreto. Estos sectores son:

- 1.- Mochales - Sisamón - Villel de Mesa
- 2.- S y SE de Alconchel de Ariza
- 3.- Algar de Mesa - Jaraba
- 4.- Banda Mesozoica de Alhama de Aragón

#### 1.- Mochales - Sisamón - Villel de Mesa

Los materiales más antiguos pertenecen a la base del Triásico, en el núcleo de un anticlinal al N de Mochales -- atravesado por el río Mesa entre las cotas 970 y 950 m.s.n.m. Esta estructura presenta adosados en sus flancos S y W series calcáreas de Jurásico inferior (Sierras del Tajado y Casares)

con importantes diferencias de cota entre el nivel de base definido por el Mesa (1.000 m.s.n.m) hasta el alto de Valdepozuelo (1.239 m.s.n.m) como punto más elevado.

Hacia el N los materiales detríticos de la depresión del Alto Jalón recubren de forma discordante al Cretácico sin que existan afloramientos de niveles estratigráficos inferiores; este hecho responde a dos causas:

- La situación estructural del Cretácico, discordante sobre el Jurásico y Triásico, de forma que estos últimos solo afloran cuando la erosión del río afecta a niveles estructurales más bajos.

- El buzamiento suave del conjunto Cretácico (del orden de 10-20°) que condiciona su morfología tabular y evidencia un hundimiento lento y progresivo con vergencia al N de estos materiales.

Como resultado son frecuentes en esta zona N los relieves residuales de Cretácico dentro de la depresión Terciaria; - presentan morfologías en tablas, muelas y ocasionalmente en cuesta.

Por su extensión destacan tres afloramientos: Lomas de Los Hoyuelos (1.102 m.s.n.m), Loma de la Cuerda (1.075 m.s.n.m) y Sisamón (1.051 m.s.n.m).

Son interesantes como niveles acuíferos las formaciones carbonatadas del Jurásico y del Cretácico superior; si bien estas últimas ocupan niveles estructurales muy altos por lo que sólo darían acuíferos colgados cuyo nivel de drenaje lo constituyen las Arenas de Utrillas.

En las zonas N y E el Liásico no aflora, hacia el S hay algún afloramiento de escasa importancia (W de Algar de Me-

sa y NW de Mochales). No obstante hacia el W esta facies está ampliamente representada desde sus tramos basales con carniolas y brechas calcáreas (L<sub>1</sub>) hasta las margas fosilíferas de Toarriense (Lm). Está intensamente tectonizado, a pesar de lo cual constituye un nivel relativamente continuo.

Supone el nivel acuífero más importante por varias razones:

-En primer lugar por la alta permeabilidad de sus tramos basales.

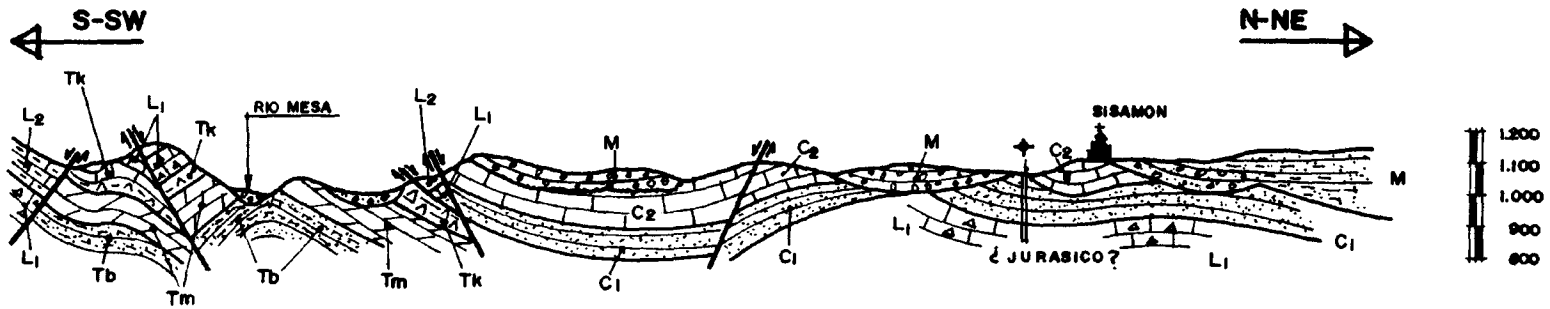
-Su posición estratigráfica por debajo de las Arenas de Utrillas hace que ocupe un nivel estructural bajo a partir del valle del río Mesa hacia el N (ver corte I-I', Fig. 11) lo que lo convierte en el nivel más adecuado para canalizar el flujo desde los sectores más meridionales hacia la depresión del Alto Jalón.

-Por su potencia, si la serie está completa puede ser de unos 350 metros, aunque por efecto de la tectónica casi nunca lo está y puede estar erosionada por las Arenas de Utrillas.

En Sisamón existe un sondeo a cota de 1.020 m.s.n.m. que atraviesa 60 metros de calizas Cretácicas y 90 metros de Arenas de Utrillas y que explota el acuífero Jurásico, confinado bajo éstas últimas; el nivel piezométrico se sitúa a 1.014 m.s.n.m. Los afloramientos Jurásicos de Villel de Mesa y Algar de Mesa son atravesados por el río Mesa a cotas de 920 y 900 m.s.n.m., por lo que es posible que en Sisamón se esté explotando el nivel regional de dicho río.









## CORTE I-I'

### ZONA DE MOCHALES - SISAMON-VILLEL DE MESA



ESCALAS    HORIZONTAL = 1:50.000  
               VERTICAL    = 1:25.000

### LEYENDA

- |   |   |
|---|---|
| <p>M  MIOCENO (CONGLOMERADOS Y LUTITAS)</p> <p>C<sub>2</sub>  CRETACICO SUPERIOR (CALIZAS Y CALIZAS DOLOMITICAS)</p> <p>C<sub>1</sub>  ALBIENSE (ARENAS Y CONGLOMERADOS)</p> <p>L<sub>2</sub>  LIAS MEDIO (CALIZAS TABLEADAS)</p> | <p>L<sub>1</sub>  LIAS INFERIOR (BRECHAS CALCAREAS)</p> <p>Tk  KEUPER (YESOS Y LUTITAS)</p> <p>Tm  MUSCHELKALK (CALIZAS DOLOMITICAS)</p> <p>Tb  BUNTSANDSTEIN (ARENISCAS Y LUTITAS)</p> |
|---|---|

## 2.- S y SE de Alconchel de Ariza

El Triásico de este sector está representado solamente por el Keuper; aflora cuando la erosión alcanza el núcleo de algunos anticlinales como sucede en el Barranco de la Sima, El Otero, Valdespesquera y Valdeizquierdo.

Concordante sobre el Keuper se disponen las brechas y carniolas del Jurásico inferior, ampliamente representadas a lo largo de las Sierras de Judes (1.290 m.s.n.m) y de Llano Quemado (1.247 m.s.n.m). Pregresivamente hacia el Sur aflora el Lías superior y el Dogger con buzamientos suaves del orden de 10 a 25° S. Constituyen las Sierras de la Calera (1.307 m.s.n.m) y Los Llanos del Losarejo.

El Cretácico aflora bien a lo largo de fracturas al N y NE de Iruecha, o más frecuentemente como relieves residuales tabulares dentro de la depresión de Almazán, al igual que en el sector 1 presenta buzamientos suaves y vergencias generalizadas hacia el N. Por su entidad pueden citarse los siguientes afloramientos: Barranco de la Sima (1.048 m.s.n.m) éste con la peculiaridad de estar fracturado con importantes desplazamientos (llega a aflorar el Toarciense), Barranco Cardinche (1.015 m.s.n.m), El Monte (1.020 m.s.n.m), Morrón Oscuro (1.126 m.s.n.m), Cerro Pelón (1.110 m.s.n.m) y Canto Blanco (1.048 m.s.n.m).

La explotación de un posible acuífero en el Jurásico inferior presentaría como característica fundamental el reducido espesor de éste en la zona adyacente a la depresión del Alto Jalón, ya que solo aflora la parte inferior del Lías (carniolas y brechas calcáreas), cuya potencia suponiendo que este tramo estuviese completo no superaría los 150 metros, pero con elevada karstificación y espesor saturado.

Sondeos ubicados en la base del Cretácico superior, tendrían que alcanzar profundidades del orden de 250-300 mts para atravesar en principio unos 110 metros de la facies Utrillas y alcanzar los niveles Jurásicos saturados. Sondeos a cotas de 950 m.s.n.m podrían alcanzar el nivel acuífero Jurásico a 840 m.s.n.m saturado, ya que el nivel regional se sitúa sobre los 870 m.s.n.m.

### 3.- Algar de Mesa - Jaraba

Este sector consta exclusivamente de materiales del Cretácico superior y Terciarios.

El Cretácico presenta una disposición tabular con vergencias hacia el N a escala cartográfica (ver corte II-II', Fig. 12), no obstante de forma local puede encontrarse intesamente fracturado con buzamientos próximos a la vertical.

Las fracturas principales y los ejes de los pliegues tienen unas direcciones WNW-ESE (Ibérica).

Las cotas a las que afloran estos materiales oscilan desde los 1.010 m.s.n.m (Cerro de la Pared) hasta el nivel de base del río Mesa (820 m.s.n.m en Calmarza).

El Terciario en este sector tiene poco desarrolladas las facies conglomeráticas, sólo hacia el NE adquieren cierta importancia; las facies finas (lutitas y areniscas) recubren directamente al Cretácico entre Algar de Mesa y Calmarza. Llegan a aparecer niveles calcáreos dentro del Terciario, exclusivos de esta zona, como en el caso del Cabezo del Aguila (1.021 m.s.n.m) al N de Las Vaguillas (no se ha cartografiado por su escasa extensión).

**EPTISA**

Sondeos ubicados en la base del Cretácico superior, tendrían que alcanzar profundidades del orden de 250-300 mts para atravesar en principio unos 110 metros de la facies Utrillas y alcanzar los niveles Jurásicos saturados. Sondeos a cotas de 950 m.s.n.m podrían alcanzar el nivel acuífero Jurásico a 840 m.s.n.m saturado, ya que el nivel regional se sitúa sobre los 870 m.s.n.m.

### 3.- Algar de Mesa - Jaraba

Este sector consta exclusivamente de materiales del Cretácico superior y Terciarios.

El Cretácico presenta una disposición tabular con vergencias hacia el N a escala cartográfica (ver corte II-II', Fig. 12), no obstante de forma local puede encontrarse intesamente fracturado con buzamientos próximos a la vertical.

Las fracturas principales y los ejes de los pliegues tienen unas direcciones WNW-ESE (Ibérica).

Las cotas a las que afloran estos materiales oscilan desde los 1.010 m.s.n.m (Cerro de la Pared) hasta el nivel de base del río Mesa (820 m.s.n.m en Calmarza).

El Terciario en este sector tiene poco desarrolladas las facies conglomeráticas, sólo hacia el NE adquieren cierta importancia; las facies finas (lutitas y areniscas) recubren directamente al Cretácico entre Algar de Mesa y Calmarza. Llegan a aparecer niveles calcáreos dentro del Terciario, exclusivos de esta zona, como en el caso del Cabezo del Aguila (1.021 m.s.n.m) al N de Las Varguillas (no se ha cartografiado por su escasa extensión).

**EPTISA**

Sondeos ubicados en la base del Cretácico superior, tendrían que alcanzar profundidades del orden de 250-300 mts para atravesar en principio unos 110 metros de la facies Utrillas y alcanzar los niveles Jurásicos saturados. Sondeos a cotas de 950 m.s.n.m podrían alcanzar el nivel acuífero Jurásico a 840 m.s.n.m saturado, ya que el nivel regional se sitúa sobre los 870 m.s.n.m.

### 3.- Algar de Mesa - Jaraba

Este sector consta exclusivamente de materiales del Cretácico superior y Terciarios.

El Cretácico presenta una disposición tabular con vergencias hacia el N a escala cartográfica (ver corte II-II', Fig. 12), no obstante de forma local puede encontrarse intesamente fracturado con buzamientos próximos a la vertical.

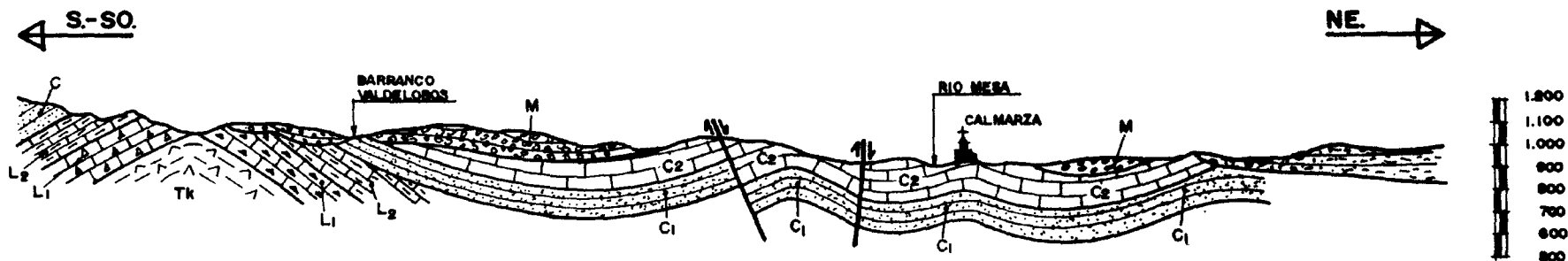
Las fracturas principales y los ejes de los pliegues tienen unas direcciones WNW-ESE (Ibérica).

Las cotas a las que afloran estos materiales oscilan desde los 1.010 m.s.n.m (Cerro de la Pared) hasta el nivel de base del río Mesa (820 m.s.n.m en Calmarza).

El Terciario en este sector tiene poco desarrolladas las facies conglomeráticas, sólo hacia el NE adquieren cierta importancia; las facies finas (lutitas y areniscas) recubren directamente al Cretácico entre Algar de Mesa y Calmarza. Llegan a aparecer niveles calcáreos dentro del Terciario, exclusivos de esta zona, como en el caso del Cabezo del Aguila (1.021 m.s.n.m) al N de Las Varguillas (no se ha cartografiado por su escasa extensión).

## CORTE II-II'

### ZONA DE ALGAR DE MESA - JARABA



ESCALAS    HORIZONTAL = 1:50.000  
                   VERTICAL     = 1:25.000

### LEYENDA

- |   |  |
|---|--|
| <p>M  MIOCENO (CONGLOMERADOS Y LUTITAS)</p> <p>C<sub>2</sub>  CRETACICO SUPERIOR (CALIZAS Y CALIZAS DOLOMITICAS)</p> <p>C<sub>1</sub>  ALBIENSE (ARENAS Y MICROCONGLOMERADOS)</p> | <p>L<sub>2</sub>  LIAS MEDIO (CALIZAS TABLEADAS)</p> <p>L<sub>1</sub>  LIAS INFERIOR (BRECHAS CALCAREAS)</p> <p>Tk  KEUPER (YESOS Y LUTITAS)</p> |
|---|--|

En las proximidades del pueblo de Jaraba (770 m.s.n.m) se realiza una descarga natural del acuífero a través de las calizas Cretácicas; posiblemente relacionada con una importante red de fracturación que está condicionada por una gran fractura profunda que afecta al zócalo.

En Calmarza se explota esta unidad para abastecimiento; el sondeo está ubicado a 840 m.s.n.m, atraviesa 90 metros de calizas Cretácicas y el nivel piezométrico se encuentra a 766 m.s.n.m.

Las posibilidades de ubicación de sondeos se centran aguas arriba de los citados drenajes termales de forma que los sondeos puedan realizar una adecuada regulación del caudal de drenaje. La ubicación de los sondeos sería en el valle encajado del río Mesa y tendrían que atravesar la base del Cretácico superior, la facies Utrillas y el Jurásico existente en esa zona. Las potencias a atravesar, deberían ser estudiadas mediante reconocimientos geofísicos antes de abordar estas posibilidades de realización de sondeos. En principio, se prevén profundidades no inferiores a los 300 metros.

#### 4.- Banda Mesozoica de Alhama de Aragón

Esta unidad presenta unas características geológicas distintas a las vistas hasta ahora para los otros sectores:

- En primer lugar un estilo tectónico distinto de directrices NW-SE muy claras, con buzamientos de los materiales Triásicos del orden de 60° SW muy constantes (ver corte III-III' Fig. 13).

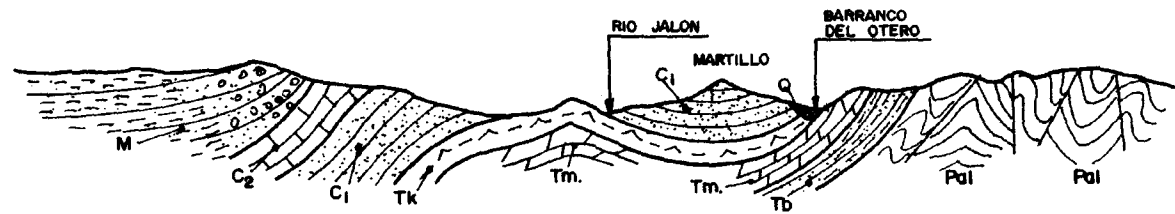
- La ausencia casi total de materiales del Jurásico.

## CORTE III-III'

### ZONA DE ALHAMA DE ARAGON


SO. ←

→ NE.




ESCALAS      HORIZONTAL = 1:50.000  
                   VERTICAL     = 1:25.000

### LEYENDA

M  MIOCENO (CONGLOMERADOS Y LUTITAS)

Q  CUATERNARIO (ARENAS Y GRAVAS)


Pd  PALEOZOICO (CUARCITAS Y PIZARRAS)

Td  BUNTSANDEIN (ARENISCAS Y LUTITAS)

Tm  MUSCHELKALK (CALIZAS DOLOMITICAS)

Tk  KEUPER (YESOS Y LUTITAS)

C1  ALBIENSE (ARENAS Y MICROCONGLOMERADOS)

C2  CRETACICO SUPERIOR (CALIZAS Y CALIZAS DOLOMITICAS)

- Fuerte vergencia del conjunto Cretácico en el contacto con el Terciario de la fosa del Alto Jalón. Los buzamientos son siempre hacia el SW del orden de 60-80° llegando a ser verticales en las inmediaciones de Alhama de Aragón.

- Presencia de una importante zona de drenaje termal en Alhama de Aragón, en el contacto entre el Cretácico y el Terciario conglomerático a la cota de 650 m.s.n.m.

Los datos de campo no permiten establecer de forma clara hasta que punto el vacío erosivo Jurásico puede generalizarse en esta zona. Los afloramientos superficiales se presentan sin continuidad lateral y son siempre de escasa entidad (Paridera de Las Carnadas y carretera de Alhama de Aragón-Nuévalos a la altura del Cerro Borrego). En las proximidades de Godojos, a lo largo del Barranco de Valdarroque aflora el Keuper y sobre este se apoyan directamente los materiales del Cretácico.

La posibilidad de ubicar sondeos en este sector, se centran en las inmediaciones de Alhama de Aragón en las zonas próximas al contacto Mesozoico-Terciario, con el objetivo de conseguir una regulación del drenaje que en estas zonas se produce. El inconveniente principal en este área, es la existencia de balnearios en funcionamiento. Un estudio detallado de este área, podría hacer compatible la máxima explotación de agua subterránea sin perjuicio del habitual funcionamiento de los balnearios termales.

**EPTISA**CONSIDERACIONES GENERALES

Un rasgo común para las zonas 1 y 2 como ya se indicó, es la presencia de una estructura anticlinorial de dirección WNW-ESE que puede actuar como umbral para el flujo subterráneo a través del Jurásico hacia la Cuenca del Alto Jalón.

En este sentido la zona 1 puede ser la más apropiada para captaciones en el Jurásico, por varios motivos:

- En su sector W (El Tajado, Barranco de los Casares y Alto de Valdepozuelo) no se manifiesta de forma tan clara el umbral Triásico.

- La serie Juraásica está más completa con potencias mayores que en el resto de las zonas. Al NW de Algar de Mesa llegan a aflorar materiales del Toarciense (Lm), y al W de Mocha les está la serie Juraásica completa desde el Lías inferior al Dogger.

- El río Mesa recibe agua del sistema acuífero a la altura de Mochales. El drenaje se realiza a través de los materiales calcáreos del Jurásico a cota de 990 m.s.n.m y del Muschelkalk a 980 m.s.n.m. El caudal aportado puede contribuir a la recarga del acuífero Jurásico aguas abajo de Villel de Mesa, -- una vez que el río ha sobrepasado el umbral Triásico.

- Además se dispone de datos de un sondeo en Sisamón que explota los niveles acuíferos del Jurásico.

Dentro de este sector puede definirse como zona más favorable la comprendida entre el afloramiento de Loma de los Hoyuelos y los del W de la carretera de Sisamón a Villel de Mesa.

El sector 2 puede resultar menos apropiado fundamentalmente por dos causas:

- La proximidad del umbral Triásico a la depresión - del Alto Jalón que restringe notablemente la extensión del área de recarga.

- La potencia reducida del Jurásico ya que a partir - de dicho umbral solo afloran materiales del Lías inferior (brechas y carniolas del Sinemuriense, L<sub>1</sub>).

Los sectores 3 y 4 tienen importantes drenajes termales en las localidades de Jaraba y Alhama de Aragón respectivamente. Estas surgencias pueden estar relacionadas con fracturas profundas por lo que serían necesarios más datos en base a reconocimientos geofísicos y de sondeos de investigación para conocer mejor su funcionamiento como sistemas acuíferos.

**EPTISA**

CAPITULO IV

CLIMATOLOGIA

#### 4.- CLIMATOLOGIA Y REDES DE CONTROL

##### 4.1 INTRODUCCION. ANTECEDENTES

La realización de un estudio climático del área que cubre este estudio, mediante el análisis de los datos tomados en las estaciones termométricas y pluviométricas que hayan registrado los valores de temperatura y precipitación en la región, supera los objetivos de este trabajo; no obstante aprovechando el trabajo ya realizado en este sentido en el INFORME HIDROGEOLOGICO DEL SUBSISTEMA ACUIFERO SIERRA DE SOLORIO en 1.980, se ha optado con comparar el último periodo, no incluido en el mencionado informe, con los datos históricos y los resultados - que entonces se obtuvieron.

En el trabajo de 1.980 se utilizaron datos de 55 estaciones pluviométricas de la red climatológica del Servicio Meteorológico Nacional, situadas en la Sierra de Solorio y zonas limítrofes. Después de someterlas a criterios de validación, se desecharon 36 utilizando las 19 restantes, estudiando un periodo de 25 años desde 1.949-50 a 1.973-74.

Las temperaturas fueron estudiadas mediante los datos proporcionados por 7 estaciones termométricas del Servicio Meteorológico Nacional comprendiendo el mismo periodo de tiempo que para las lluvias.

Las estaciones pluviométricas utilizadas en aquella ocasión fueron: Molina de Aragón (3013), Mazarete "Solanillos" (T-22), Daroca (390-E), Calamocha aeródromo (381-E), Atea (392-E) Cetina P.F.E (351-E), Cetina (354-E), Ibdes (365-E), Valtorres

(370-E), Velilla de Jiloca (394-E), Burbáguena (387-E), Cubillejo del Sitio (356-I), Bello (998-I), Embid de Ariza (353), Cubillejo de la Sierra, Monreal de Ariza (349), Ariza (350), Montegudo de las Vicarías (348), Milmarcos (364-E). Las termométricas fueron: Molina de Aragón (3013), Terrer (371), Calamocha -- (381), Ariza (350), Cubel (359), Tornos (998) y Bello (998-I).

Los resultados que entonces se obtuvieron señalaban una precipitación media de años medios entre los 500 y 600 mm, con mínimos inferiores a 400 mm en el valle del río Jalón y máximos superiores a 650 entre Molina de Aragón y Maranchón. La distribución mensual de precipitaciones presenta un máximo en Abril-Mayo, siendo muy irregular durante el resto del año.

La temperatura media de los años medios en la región de la Sierra de Solorio es de 10°C, siendo Julio el mes más caluroso con temperatura media superior a los 20°C y Enero el mes más frío con temperaturas del orden de los 2°C.

La evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite oscilaba entre 650-700 mm en el interior de la Sierra y 750 mm en los alrededores del Jalón.

La evapotranspiración real se calculó por las fórmulas empíricas de COUTAGNE y de TURC, y según el balance de agua en el suelo de Thornthwaite con los siguientes resultados:

-Coutagne ..... 394 mm.

-Turc ..... 409 mm.

-Thornthwaite con:

R = 0... 375 mm.

R = 30... 405 mm

R = 60... 433 mm.

R =100... 462 mm.

#### 4.2 DATOS ACTUALES

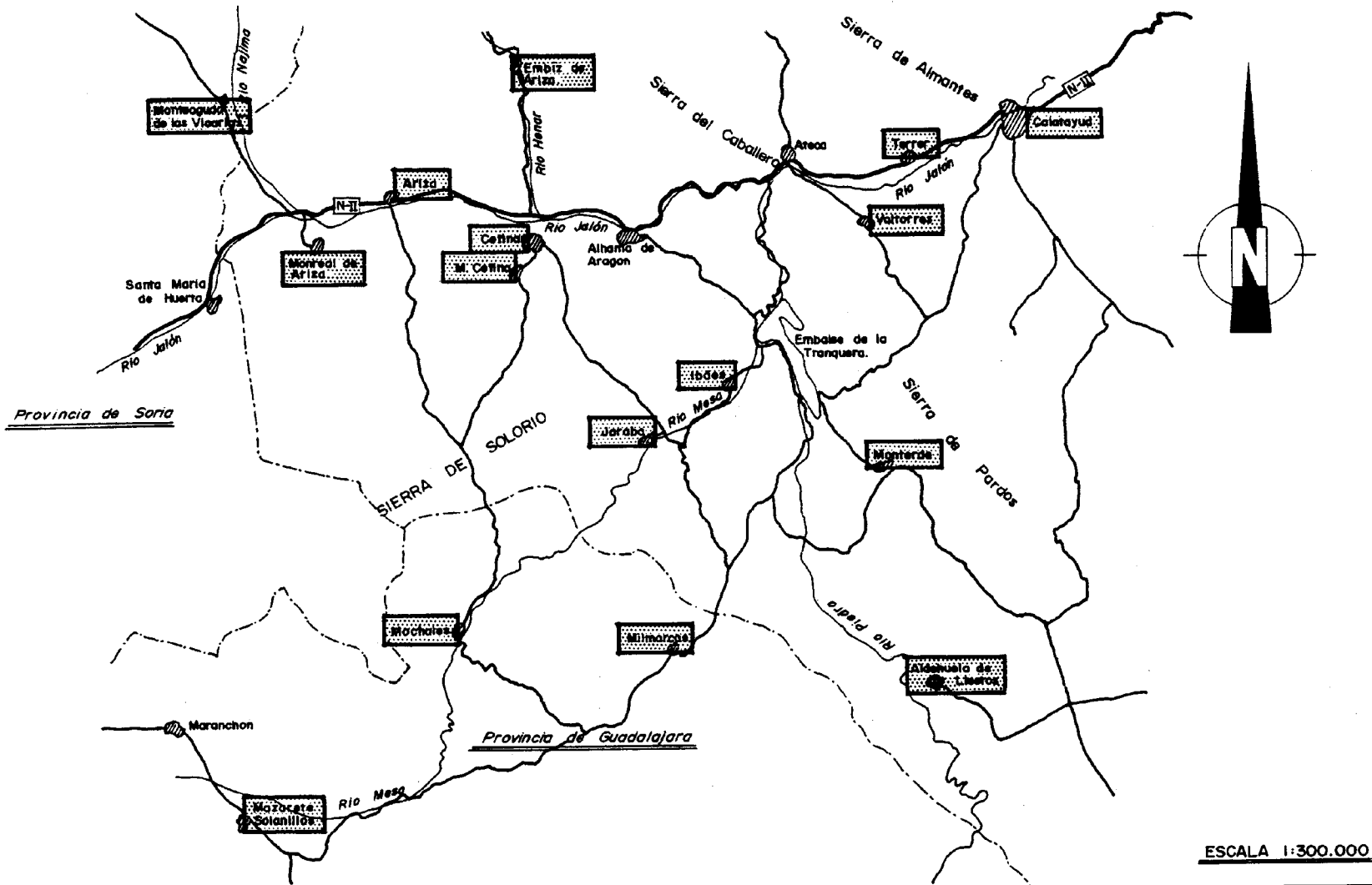
Como quiera que ahora se trata unicamente del estudio del borde Norte de la Sierra para la ubicación de sondeos, con el estudio climático unicamente se pretende conocer las modificaciones que hayan podido sufrir los resultados globales del periodo histórico para ver su incidencia en la entidad de los recursos.

Las estaciones pluviométricas que se consideran en este caso son las que aparecen relacionadas en el cuadro adjunto, cuya distribución queda graficamente señalada en la figura nº 14 (mapa de situación). Para temperaturas se ha contado con las estaciones de Calatayud, Terrer, Ibdes, Jaraba y Ariza. Los listados de datos de todas estas estaciones acompañan al informe como anejo nº 1 (datos pluviométricos) y anejo nº 2 (datos termométricos).

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

NOMBRE	Nº	X	Y	Z	TIEMPO DE REGISTRO
ALDEHUELA DE LIESTOS	1081	015910 E	410355 N	990	1.976 - 1.986
ARIZA, VIVERO (P.F.E)	955	013800 E	411900 N	765	1.966 - 1.986
CALATAYUD (Aguas)	1068				1.955 - 1.986
CETINA	927	014300 E	411700 N	715	1.955 - 1.986
EMBID DE ARIZA	976	014300 E	412100 N	730	1.955 - 1.986
IBDES	979	015100 E	411300 N	742	1.951 - 1.970
JARABA	1062	0148 E	4111 N	767	1.970 - 1.986
MAZARETE-SOLANILLOS	T-022	013008	405700	1000	1.961 - 1.975
MILMARCOS	1026	014850	410506	1065	1.968 - 1.986
MOCHALES	1011	014000	410600	987	1.956 - 1.967
MONREAL DE ARIZA	965	013457	411733	760	1.955-63/1.985-86
MONTE DE CETINA	1010	014200 E	411600 N	836	1.955 - 1.978
MONTEAGUDO DE LAS VICARIAS	904	013100	412200	783	1.955 - 1.986
MONTERDE	983	015700	411000	820	1.955 - 1.986
TERRER AZUCARERA	958	015832	411934	570	1.950 - 1.986
LA TRANQUERA	999				1.985 - 1.986
VALTORRES	991	015700	411800	678	1.951 - 1.985

# PLANO SITUACION ESTACIONES METEOROLOGICAS



4.2.1 Análisis de las precipitaciones

Las estaciones pluviométricas utilizadas han permitido elaborar el siguiente cuadro que refleja la evolución de las lluvias e indica el año de menor y el de mayor precipitación.

ESTACION	$\bar{X}$ (81-86)	71-80	$\bar{X}$ ESTC.	1.986	AÑO SECO	AÑO HUMEDO
ALDEHUELA	283		317	323	1983(230)	1979(475)
ARIZA	273	379	373	318	1970(181)	1975(561)
CALATAYUD	279	433	409	405	1983(188)	1959(732)
CETINA	340	407	371	335	1965(217)	1971(516)
EMBID	237	314	285	260	1970(150)	1971(536)
IBDES			464		1953(269)	1959(635)
JARABA	355	438	400	424	1983(296)	1977(544)
MAZARETE-SOLANILLOS			669		1970(158)	1966(987)
MILMARCOS	381	514	462	422	1970(273)	1971(697)
MOCHALES			464			
MONREAL DE ARIZA			430	296		1959(608)
MONTE DE CETINA		399	365		1970(207)	1959(580)
MONTEAGUDO DE LAS V.	300	382	372	288	1970(232)	1977(605)
MONTERDE	361	466	422	379	1983( - )	1959(609)
TERRER	361	481	434	386	1967(242)	1959(629)
TRANQUERA			366	400		
VALTORRES	320	447	402		1965(233)	1959(594)

Considerando las medias anuales de las estaciones a lo largo de todo el periodo de control y comparándolo con otras medias aprovechando un ciclo completo (1971-1980) y otro incompleto (1981-1986), se observa que el periodo 1971-1980 fué un ciclo con precipitaciones apreciablemente superiores a la media, por el contrario el periodo 1.981-86 arroja valores muy inferiores a la media, esto provoca un efecto comparativo entre los dos periodos que fuerza a suponer que la actual sequía es mayor de lo que en realidad es por causa del fuerte contraste.

La distribución entre años secos y húmedos ha sufrido una importante modificación, así puede observarse cómo con anterioridad a 1.980 se producían frecuentes alternancias muy contrastadas entre los años secos y los húmedos, por el contrario desde 1.981 a la actualidad la desviación es mucho menor teniendo unos datos mucho más homogéneos. (Gráficas de las precipitaciones históricas incluidas en el anejo 1).

Los años más secos dentro de los treinta registrados, han sido: 1.953, 1.965, 1.967, 1.970 y 1.983; los más húmedos -- fueron: 1.959, 1.971, 1.975, 1.977 y 1.979.

En las figuras 15 y 16 se presentan los mapas de isoyetas correspondientes respectivamente a la lluvia media del periodo 1.981-1.986 y del 1.971-1.980. Se observa cómo en el actual ciclo las precipitaciones han disminuído apreciablemente provocando un desplazamiento de las isoyetas hacia el Sur.

La pluviometría media actual puede evaluarse en unos 350 mm en la zona del río y por encima de 400 mm en el área montañosa; cifras apreciablemente inferiores a las del informe de 1.980.

# ISOYETAS PERIODO SECO

(1.981-1.986)

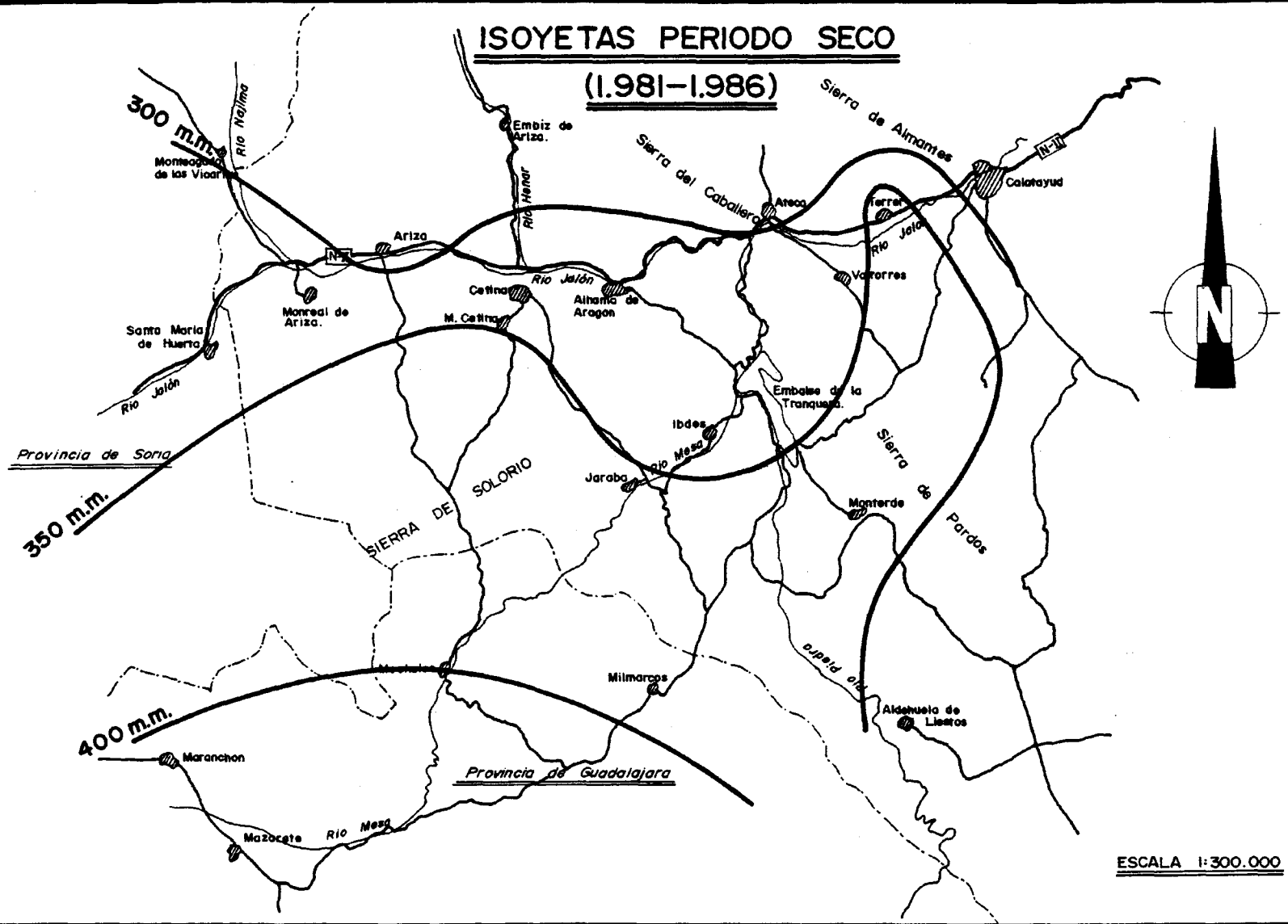


FIGURA No 15

# ISOYETAS PERIODO HUMEDO (1.971-1.980)

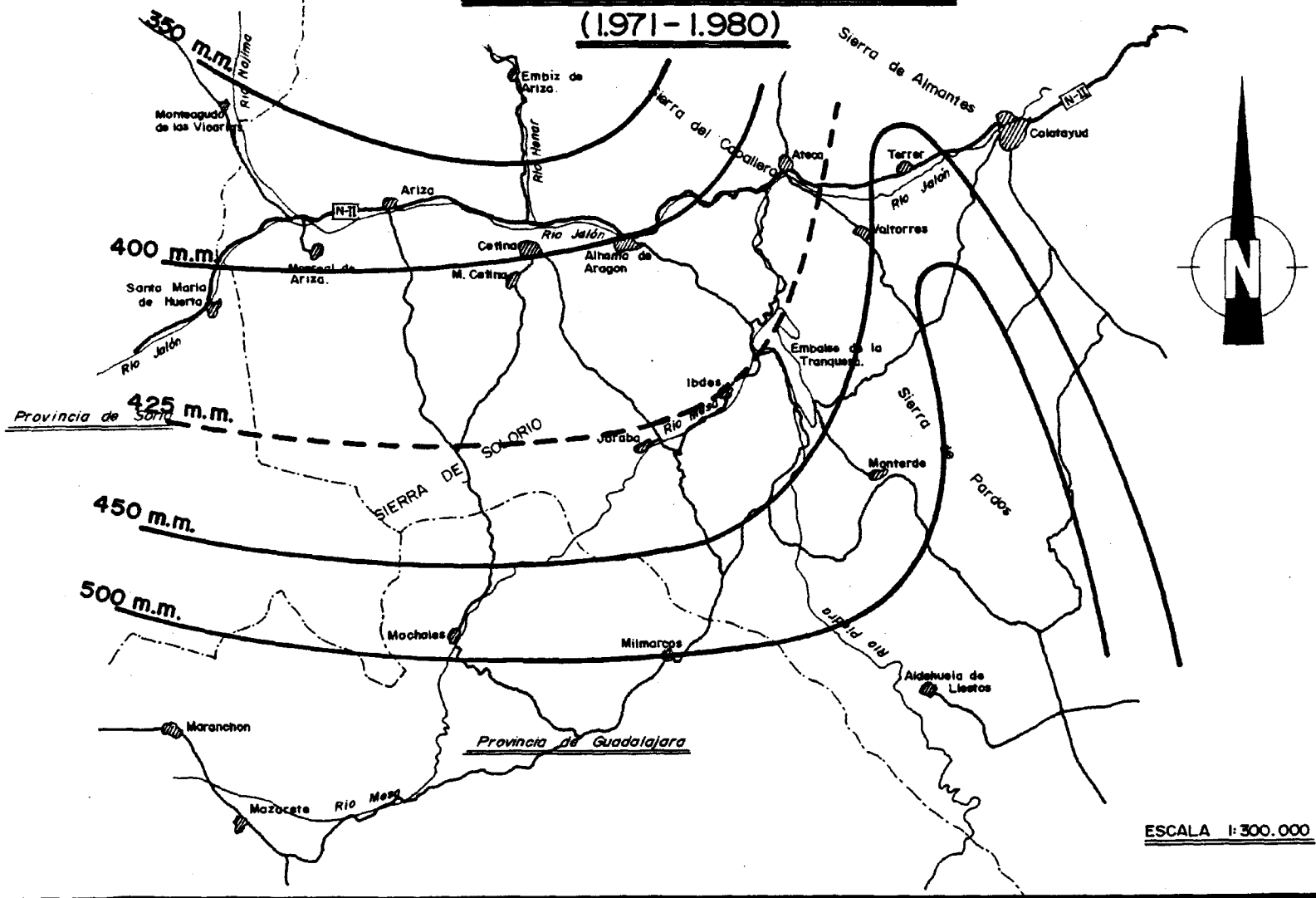


FIGURA Nº 16

ESCALA 1:300.000

En cuanto a la distribución mensual de las precipitaciones cuyas cifras se incluyen en el anejo acompañando a los datos de cada estación, se tiene el siguiente cuadro:

ESTACION	MAS LLUVIOSO	2º LLUVIOSO	MENOS LLUVIOSO	2º MENOS LLUVIOSO	MEDIA
ALDEHUELA DE L.	My 63	Ab 34	Dc 19	Jul 19	317
ARIZA	My 49	Jn 42	Jul 14	Ag 22	373
CALATAYUD	My 58	Sp 45	Ag 19	Jul 20	409
CETINA	My 51	Jun 38	Jul 19	Ag 21	371
EMPID	My 38	My 33	Jul 10	Ag 19	285
IBDES	Sp 51	Jun 50	Ag 21	Fb 27	464
JARABA	My 61	Ab 50	Oct 22	Jul 23	400
MAZARETE-SOLANIL.	Nv 89	My 72	Ag 18	Jul 26	669
MILMARCOS	My 70	Ab 55	Ag 25	Oct 26	462
MOCHALES	Sp 61	Oct 54	Ag 13	Fb 21	464
MONREAL DE ARIZA	Sp 59	My 52	Ag 17	Jul 21	430
MONTE DE CETINA	My 42	Jun 40	Jul 17	Ag 20	365
MONTEAGUDO VICAR.	My 55	Jun 42	Jul 16	Fb 20	372
MONTERDE	My 59	Jun 42	Jul 19	Ag 24	422
TERRER	My 58	Jun 47	Jul 24	Ag 26	434
TRANQUERA	Fb 55	My 50	Ag 4	Jul 18	366
VALTORRES	My 52	Jun 44	Jul 21	Ag 24	402

donde puede comprobarse cómo Mayo es el mes más lluvioso regionalmente, concentrándose la mayor parte de la precipitación en primavera Abril-Mayo-Junio. Los meses de menor lluvia son Julio y Agosto.

**EPTISA**4.2.2 Análisis de las temperaturas

Para realizar el estudio termométrico se han recogido las temperaturas medias mensuales en las estaciones de Ariza, - Calatayud, Jaraba y Terrer.

Como se aprecia en las gráficas de evolución histórica recogidas en el anejo 2, las temperaturas medias se han mantenido aproximadamente constantes a lo largo del periodo de registro.

La distribución mensual de las temperaturas también es muy similar, tanto en unas estaciones como en otras. Julio es el mes más calido seguido de Agosto, y Enero es el más frío seguido de Diciembre.

ESTACION	MES MAS CALIDO	2º MAS CALIDO	MES MAS FRIO	2º MAS FRIO	Tª MEDIA
ARIZA	Jul 23	Ag 22	Ene 6	Dic 6	13'2
CALATAYUD	Jul 23	Ag 22	Ene 6	Dic 6	13'4
JARABA	Jul 22	Ag 21	Ene 5	Dic 5	12'1
TERRER	Jul 23	Ag 23	Ene 6	Dic 6	13'5

La temperatura media de la comarca es de unos 13°C, - distribuída homogéneamente, no obstante hay una sensible disminución al ganar altura hacia el Sur.

## 4.3 EVAPOTRANSPIRACION

Para el cálculo de la evapotranspiración se ha procedido en dos fases, en la primera se calcula la evapotranspiración potencial (ETP) a partir de métodos empíricos partiendo de la temperatura media, en la segunda fase se evaluará la evapotranspiración real (ETR) para conocer la lluvia útil.

Dada la similitud de datos entre las estaciones, se toman de entre todas, dos estaciones: Jaraba para la zona de la montaña y Ariza para el valle.

TEMPERATURAS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MEDIA
JARABA	13'3	7'8	5'3	4'8	5'9	7'7	9'6	13'5	18'4	21'5	20'6	17'3	12'1
ARIZA	13'2	8'5	6'2	6'1	6'7	8'7	11'3	14'6	19'5	23'1	22	18'3	13'2
TERRER	13'5	8'8	6'1	5'6	7'2	9'1	11'4	15'6	19'9	23'2	22'5	19'4	13'5
CALATAYUD	14'3	8'6	5'9	5'6	6'5	9'3	11'4	15'2	19'1	22'8	22'3	19'3	13'4
MEDIA	13'6	8'4	5'9	5'5	6'6	8'7	10'9	14'7	19'2	22'7	21'9	18'6	13'1
DESVIACION	0'4	0'4	0'3	0'5	0'5	0'6	0'8	0'8	0'6	0'7	0'7	0'9	0'6

4.3.1 Evapotranspiración potencial (ETP)

El método usual para el cálculo de la ETP es el descrito por Thornthwaite, para ello se parte de las temperaturas medias mensuales y a través de un algoritmo empírico se llega a los siguientes valores para la estación media:

**EPTISA**

EST. MEDIA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
TEMPERATURA	13'6	8'4	5'9	5'5	6'6	8'7	10'9	14'7	19'2	22'7	21'9	18'6	13'1
IND. DE CALOR	4'55	2'19	1'28	1'16	1'52	2'31	3'25	5'12	7'67	9'88	9'36	7'31	55'6
ε	1'85	1'00	0'6	0'5	0'7	1'0	1'25	2'1	2'9	3'7	3'5	2'8	
ETP	53'3	24'6	14'4	12'45	17'43	30'9	41'6	78'8	109'6	141'0	125'0	87'4	737

lo que supone una ETP (Thorntwaite) total anual de 737 mm (740) valor del mismo orden que el obtenido en el informe de 1.980, ya que las temperaturas han permanecido en valores muy similares.

En Jaraba y en Ariza no obstante, el cálculo de la ETP da lugar a los siguientes resultados:

JARABA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
TEMPERATURA	13'3	7'8	5'3	4'8	5'9	7'7	9'6	13'5	18'4	21'5	20'6	17'3	12'1
IND. DE CALOR	4'4	2'0	1'1	1'0	1'3	1'9	2'7	4'5	7'2	9'1	8'5	6'5	50'2
ε	1'9	0'9	0'6	0'5	0'7	1'0	1'2	2'0	2'9	3'5	3'3	2'6	
ETP	54'72	22'14	14'4	12'45	17'43	30'9	41'6	75'0	109'6	133'4	117'81	81'12	711

ARIZA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	AÑO
TEMPERATURA	13'2	8'5	6'2	6'1	6'7	8'7	11'3	14'6	19'5	23'1	22'0	18'3	13'2
IND. CALOR	4'3	2'2	1'4	1'4	1'6	2'3	3'4	5'1	7'9	10'1	9'4	7'1	56'2
ε	1'8	1'0	0'6	0'6	0'7	1'0	1'4	2'0	3'0	3'7	3'5	2'7	
ETP	51'8	24'6	14'4	14'9	17'4	30'9	46'6	75'0	113'4	141'0	125'0	84'2	739

**EPTISA**4.3.2 Evapotranspiración real, lluvia útil

De acuerdo con los valores obtenidos de precipitaciones y de ETP, para la zona montañosa y para el valle, se procede a plantear el balance en diversas estaciones consideradas como significativas, para este último periodo desde 1.981 a 1.986.

Realizando el cálculo anual en conjunto por los métodos empíricos de TURC y de COUTAGNE se calculan los siguientes valores en mm para la ETR.

SEGUN TURC:

	P	T	L	ETR
ARIZA	375	13'2	745	349 mm
CALATAYUD	279	13'4	750	274 mm
CETINA	339	13'2	745	322 mm
EMBID	241	13'2	745	240 mm
JARABA	364	12'1	691	335 mm
MILMARCOS	381	12'1	691	347 mm
MONT. VICAR.300		13'2	745	291 mm
MONTERDE	330	12'1	691	311 mm

## SEGUN COUTAGNE:

	P	T	X	1/8X	1/2X	ETR mm
ARIZA	375	13'2	0'38	329	1316	322
CALATAYUD	279	13'4	0'37	338	1351	279
CETINA	339	13'2	0'38	329	1316	295
EMBID	241	13'2	0'38	329	1316	241
JARABA	364	12'1	0'40	313	1250	311
MILMARCOS	381	12'1	0'40	313	1250	323
MONT. VICARIAS	300	13'2	0'38	329	1316	300
MONTERDE	330	12'1	0'40	313	1250	286

Si se plantea el cálculo por balance directo a partir de la ETP de Thornthwaite, se obtienen unos datos de ETR y excedente, mes a mes. Considerando nula la reserva del suelo de tal modo que todo el excedente dé lugar a escorrentía se tiene el cuadro 1 y 2.

Se han atribuido las ETP de las estaciones de Jaraba o de Ariza según la situación, en el valle o en la montaña, de cada una de las estaciones.

Para el cálculo del balance se han supuesto dos valores para la reserva del suelo, un caso de  $R=0$  que representaría todas aquellas zonas denudadas como por ejemplo los afloramientos calizos, en el otro caso se toma  $R=30$  mm para las áreas donde exista una cubierta vegetal apreciable o sean terrenos de cultivo. A "grosso modo" puede asimilarse  $R=0$  para la zona montañosa y  $R=30$  para el valle del Jalón. (Cuadros 3 y 4)

Los estadillos de cálculo se adjuntan a continuación.









Con todo ello puede presentarse el siguiente cuadro resumen relativo a la ETR para el periodo 1.981-1.986.

ESTACION	TURC	COUTAGNE	THORNTHWAITE		P
			R = 0	R = 30	
ARIZA	349	322	323	364	377
CALATAYUD	274	279	267	276	276
CETINA	322	295	302	334	339
EMBID	240	241	222	241	241
JARABA	335	311	314	357	363
MILMARCOS	347	323	324	365	382
MONT. DE LAS VICAR.	291	300	274	301	301
MONTERDE	311	286	290	320	331

El resultado durante este periodo se traduce en que la mayor parte de la precipitación queda evapotranspirada quedando una escorrentía mínima durante el citado periodo, que se resume en la tabla siguiente, en la que se selecciona un valor de ETR:

ESTACION	P (mm)	ETR	ESCORRENTIA	COEFICIENTE
ARIZA	377	364	13	0'03
CALATAYUD	276	275	1	0'00
CETINA	339	330	9	0'03
EMBID	241	240	1	0'00
JARABA	363	314	49	0'13
MILMARCOS	382	324	58	0'15
MONTEAGUDO DE LAS V.	301	300	1	0'00
MONTERDE	331	290	41	0'12

Toda la escorrentía, tanto superficial como subterránea proviene por consiguiente de la región montañosa, donde los coeficientes de escorrentía se sitúan alrededor del 13-14% de la precipitación total. En la zona del Jalón por el contrario, la escorrentía es mínima, puede despreciarse.

La distribución mensual con que se producen estos excedentes hay que centrarla en los meses de finales de Otoño comienzo de invierno Noviembre-Diciembre, e igualmente en Febrero. En verano la aridez es extrema produciéndose un gran déficit de agua.

Finalmente comparando estos datos aquí elaborados y relativos al periodo 1.981-1.986, con los que se calcularon en el informe de 1.980 relativos a los años anteriores, puede indicarse que las precipitaciones son sensiblemente menores y que el resultado ha sido un aumento en la aridez climática de la zona.

#### 4.4 REDES DE CONTROL

##### 4.4.1 Tipos de redes de control

En la zona definida se han realizado únicamente controles de caudales periódicos en diversos puntos de drenaje y a lo largo del río Jalón. Los controles de caudales, se han llevado a cabo mediante aforos directos con molinete, realizándolos una vez al mes, y en el periodo de Enero a Junio, coincidiendo con el desarrollo del estudio. Hubiese sido deseable el disponer de un periodo más prolongado (al menos un año) para completar el ciclo anual.

Al no existir en esta Comarca sondeos de explotación de agua subterránea no se han podido controlar las variaciones del nivel piezométrico de los acuíferos.

Respecto al estudio de calidad del agua subterránea, se han utilizado los datos obtenidos de los análisis periódicos que se realizan anualmente en los principales drenajes del sistema: manantiales de Alhama de Aragón, Jaraba y Cimballa.

##### 4.4.2 Medidas de caudal. Aforos directos

Con el objetivo de conocer los volúmenes de agua circulantes por el río Jalón, y los caudales drenados de los niveles acuíferos a través de manantiales, se ha planteado la siguiente red de control:

- Río Jalón en Santa María de Huerta
- Río Jalón en Cetina. Consta este punto de tres secciones de aforo: cauce del río y acequias.
- Río Jalón en Alhama de Aragón.
- Río Mesa aguas arriba de Jaraba (Calmarza)
- Río Mesa en estación de aforos de Jaraba
- Manantial de Jaraba
- Río Piedra en estación de aforos del Monasterio

Los estadillos de cálculo de aforos realizados, se adjuntan como anejo nº 3 y el resumen de resultados se indica en el siguiente cuadro:

AFOROS PERIODO ENERO - JUNIO 1.987 (l/s)

RIO JALON

SECCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA
STA Mª	790	1.332	603	474	1.195	462	809
CETINA	668	997	993	144	1.285	40	688
ALHAMA	1.419	3.176	1.501	435	1.268	474	1.379

RIO PIEDRA

SECCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA
MONAST.	1.301	3.506	1.609	1.476	884	1.284	1.677

RIO MESA

SECCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA
CALMARZA	415	2.292	1.501	912	1.239	855	1.202
JARABA	987	2.429	2.365	1.192	1.717	1.360	1.675

**EPTISA**

CAPITULO V

USOS DEL AGUA

## 5.- USOS DEL AGUA

### 5.1 INTRODUCCION

Antes de plantear una posible explotación del recurso hidráulico del que se pueda disponer, es necesario poseer un buen conocimiento del uso y consecuentemente el aprovechamiento que se va a hacer de él. Se ha abordado el problema contemplando los aspectos agrícolas (usos para regadío) como los urbanos (abastecimiento e industria) incluyendo en el segundo apartado la reducida ganadería estabulada que existe en la región.

La metodología aplicada ha sido la usual en este tipo de trabajos, partiendo de una revisión de los datos históricos con que se contaba y/o estaban publicados y realizando encuestas directas en ayuntamientos y comunidades de riego (anejo 4). Los resultados se exponen en tablas y en un mapa de regadíos que recoge los aspectos más sobresalientes.

### 5.2 REGADIOS EN LA CUENCA ALTA DEL RIO JALON

En la cuenca alta del río Jalón se han dado tradicionalmente cultivos de regadío en lo que constituye el aluvial del río a ambas márgenes del mismo. Las consideraciones históricas de estos regadíos podrían mantenerse en la actualidad de no ser por el periodo de sequía que ha afectado a la zona en estos últimos años y ha planteado cuestiones que exigen al menos una

tecnificación de los regadíos tradicionales de cara a un mejor aprovechamiento del agua y la tierra. Tanto la forma de riego -a pie-, como la infraestructura de acequias de transporte y de distribución, de tierra en su totalidad, hacen que las dotaciones necesarias sean considerablemente mayores que en otras comarcas y que en periodos de sequía haya sido necesaria la sustitución de cultivos de alto consumo de agua (maíz, alfalfa, patata,..) por cereal en regadío de menor consumo.

El agua para los regadíos de la cuenca alta del Jalón procede en su totalidad del río Jalón, si bien hay pequeñas zonas que se riegan con los ríos Henar (Cetina), Nájima (Monreal de Ariza). También existen zonas de regadío eventual que en estos últimos 8 años no han podido ser regadas.

La información recogida en el presente trabajo procede por un lado de encuestas directas realizadas a ayuntamientos, cámaras agrarias, sindicatos de riegos y agricultores particulares y por otro lado de estudios anteriores como:

- Plan de aprovechamiento integral , regulación de avenidas del río Jalón y afluentes-Elenco de regadíos (C.H.E, 1.975)
- Consejo Económico Sindical Interprovincial del Ebro (CESIE, 1.971).
- Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Zaragoza (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1.982).
- Estudio de investigación hidrogeológica del sistema acuifero nº 58 (Mesozoico Ibérico de la depresión - del Ebro, 1.981-IGME).

Los trabajos anteriores al periodo de sequía generalizado ofrecen valores que contrastan con los derivados del presente estudio.

El planteamiento de la ampliación de regadíos a zonas potencialmente regables pasa, por tanto, por un estudio detallado de los regadíos tradicionales y exige, en su estructura, una solución a los periodos deficitarios en los regadíos que tradicionalmente se han dado en la comarca estudiada.

### 5.2.1 Situación actual de los regadíos

En la actualidad, con aguas procedentes del río Jalón se riega una superficie de 1.590 hectáreas de las 41.756 que componen la zona estudiada. Los cultivos de secano ocupan 21.567 has de las que aproximadamente la mitad permanecen en barbecho. La distribución de superficies por términos municipales es la siguiente:

MUNICIPIO	TOTAL	REGADIO	SECANO
ALCONCHEL	3479	0	2500
ALHAMA	3120	120	666
ARIZA	10275	512	4421
CABOLAFUENTE	3921	0	2310
CETINA	7129	335	4292
CONTAMINA	1367	100	337
MONREAL	6156	520	3220
SISAMON	4187	3	2460
TORREHERMOSA	2122	0	1361
TOTAL (Has)	41756	1590	21567
% DEL TOTAL	100	3.8	51.7
% DE CULTIVO		6.9	93.1

NOTA: EN CETINA RIEGAN OTRAS 150 Has. CON EL HENAR  
Y EN MONREAL DE ARIZA 37 Has. CON EL NÁGIMA.

Hay que señalar que en los términos de Alconchel y Torrehermosa se regaban antiguamente pequeñas superficies con aguas procedentes del Barranco de la Cañada a ambas márgenes del mismo y pozos de poca profundidad. Esta superficie potencialmente regable se cifra entre 220 y 250 has, si bien el caudal de base de dicho barranco solo permitía atender unos 38 has de regadío. En la actualidad se riega una mínima parte de esta superficie en el término de Torrehermosa con agua procedente de pozos de excavación que cuentan con instalación eléctrica y bonbas horizontales ya que por el Barranco de la Cañada no circula agua. Anteriormente al periodo de sequía (desde 1.979), el agua procedente del manantial de Algodrón se recogía en el Pantano de Cardinche para su posterior empleo en regadío. Actualmente - dicho pantano se encuentra seco y destinado al cultivo de cereal de secano.

Del total de la superficie destinada a cultivos (23.344 has) los regadíos con aguas procedentes del río Jalón (1.590 Has) suponen un 7%, mientras que el secano alcanza el 93%, si bien - la mitad permanece en barbecho (el cultivo de secano y el barbecho alternan cada año).

Debido a la sequía que en los últimos 7 años ha afectado a la comarca se ha producido una sustitución paulatina de cultivos como patata y remolacha fundamentalmente por cereal, - lo que ha supuesto una disminución de las demandas teóricas de agua y al mismo tiempo menores dotaciones medias que en años anteriores.

Uno de los factores más característicos de estos regadíos es la intensa parcelación que sufre la superficie. Puede -

observarse en los cuadros adjuntos (datos procedentes del Servicio de Extensión Agraria en: SITUACION ACTUAL DE LOS REGADIOS DEL ALTO JALON. COMARCA DE ARIZA, ZARAGOZA 1.980) que más del 50% de los propietarios no superan las 0'75 has. Hay que añadir que estas propiedades se encuentran repartidas en parcelas con una superficie media de 2.000-2.500 m<sup>2</sup>. Se puede citar como -- ejemplo Ariza, donde el 58% de los propietarios poseen una superficie comprendida entre 0 y 0'5 has dividida en pequeñas parcelas. A la misma conclusión se llega partiendo de que la superficie media por propietario es de aproximadamente 1'5 has, repartidas en 8 o 10 parcelas.

Esto incide en un bajo rendimiento en la maquinaria, pérdida importante de terreno en orillas y límites de fincas, y por supuesto limita el empleo de técnicas adecuadas en muchos cultivos que podrían rentabilizarse.

Esta situación es difícil de solucionar (concentración parcelaria) ya que la mayor parte de las tierras se explotan en régimen de arrendamiento y su concentración no evitaría que cada explotación estuviese repartida en varias parcelas alejadas unas de otras.

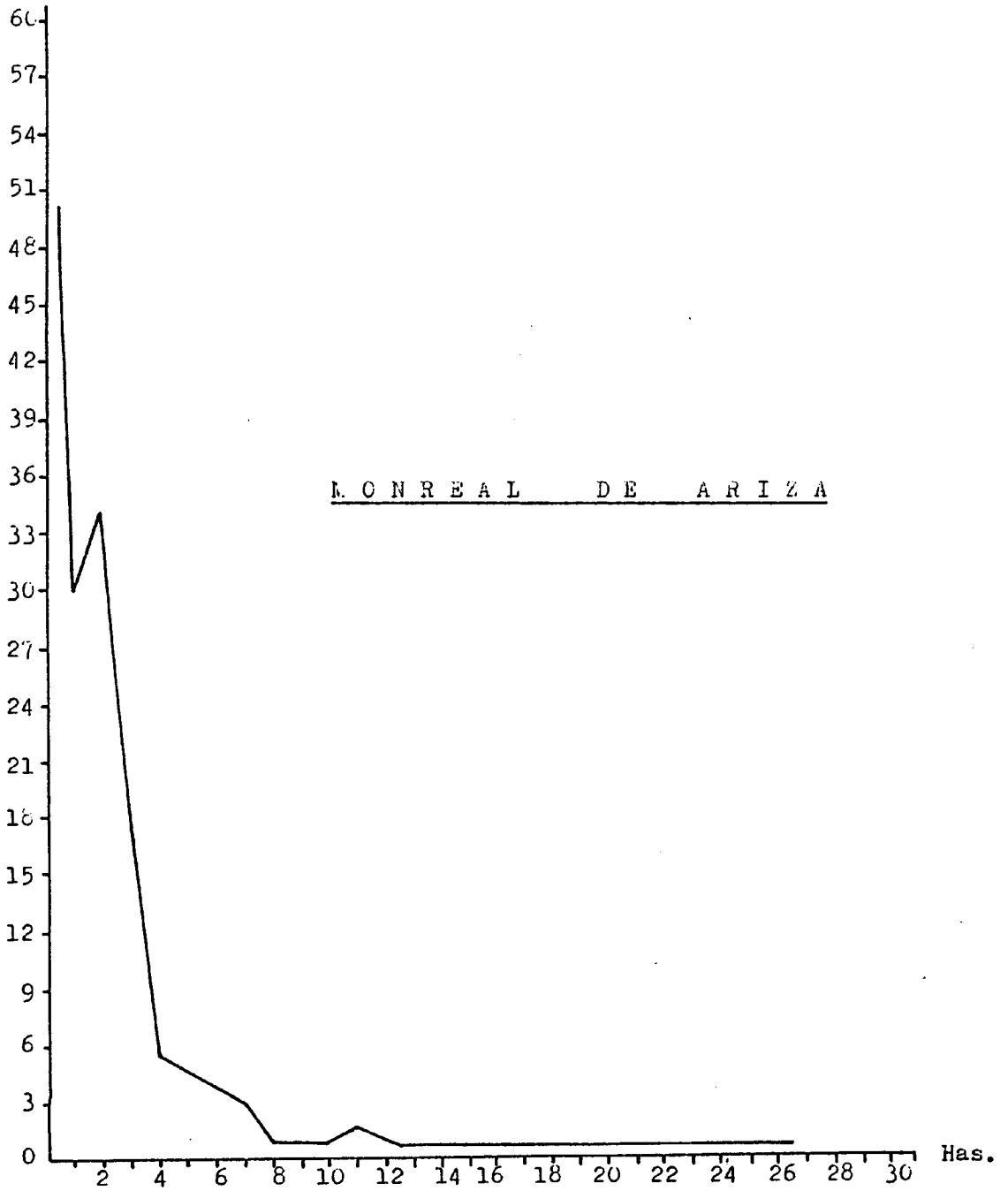
La eficiencia de riego depende entre otros factores, del sistema empleado, nivelación de parcelas, módulos de riego, etc... En la zona de estudio el sistema empleado es el de gravedad o riego a pié, no existe nivelación en las parcelas y se emplean módulos muy variables, si bien cuando la disponibilidad de agua lo permite, los módulos empleados son correctos (40-60 l/s). Este conjunto de factores unido a los factores propios de la zona (textura del suelo, climatología...) hacen que la efi--

DISTRIBUCION DE LA PROPIEDAD EN MONTEAL DE ARIZA.

TAMAÑO	Nº DE PROPIETARIOS	% DEL TOTAL	SUPERFICIE	% DEL TOTAL
De 0 a 0,25 Has.	37	22,839	5,6406 Has.	1,942
De 0,25 a 0,5 Has.	23	14,197	8,7822 "	3,023
De 0,5 a 0,75 Has.	22	13,580	13,3875 "	4,610
De 0,75 a 1 Has.	8	4,938	7,5684 "	2,606
De 1 a 1,5 Has.	21	12,963	26,8464 "	9,244
De 1,5 a 2 Has.	13	8,025	22,9908 "	7,916
De 2 a 2,5 Has.	11	6,790	24,9186 "	8,580
De 2,5 a 3 Has.	6	3,704	16,2792 "	5,605
De 3 a 3,5 Has.	1	0,617	3,2844 "	1,131
De 3,5 a 4 Has.	4	2,469	15,5295 "	5,347
De 4 a 4,5 Has.	2	1,234	8,6037 "	2,963
De 4,5 a 5 Has.	1	0,617	4,7838 "	1,647
De 5 a 5,5 Has.	2	1,234	10,3530 "	3,565
De 6 a 6,5 Has.	2	1,234	12,4950 "	4,302
De 6,5 a 7 Has.	1	0,617	6,9972 "	2,409
De 7,5 a 8 Has.	1	0,617	7,7112 "	2,655
De 8,5 a 9 Has.	1	0,617	8,6037 "	2,963
De 9,5 a 10 Has.	1	0,617	9,7818 "	3,368
De 10 a 10,5 Has.	1	0,617	10,1388 "	3,491
De 10,5 a 11 Has.	1	0,617	10,9242 "	3,762
De 12 a 12,5 Has.	1	0,617	12,3522 "	4,253
De 16 a 16,5 Has.	1	0,617	16,1364 "	5,556
De 26 a 26,5 Has.	1	0,617	26,3109 "	9,060
<b>TOTALES.....</b>	<b>162</b>	<b>99,994</b>	<b>290,4195 Has.</b>	<b>99,998</b>

GRAFICO DE DISTRIBUCION DE LA SUPERFICIE.

Nº DE PROPIETARIOS



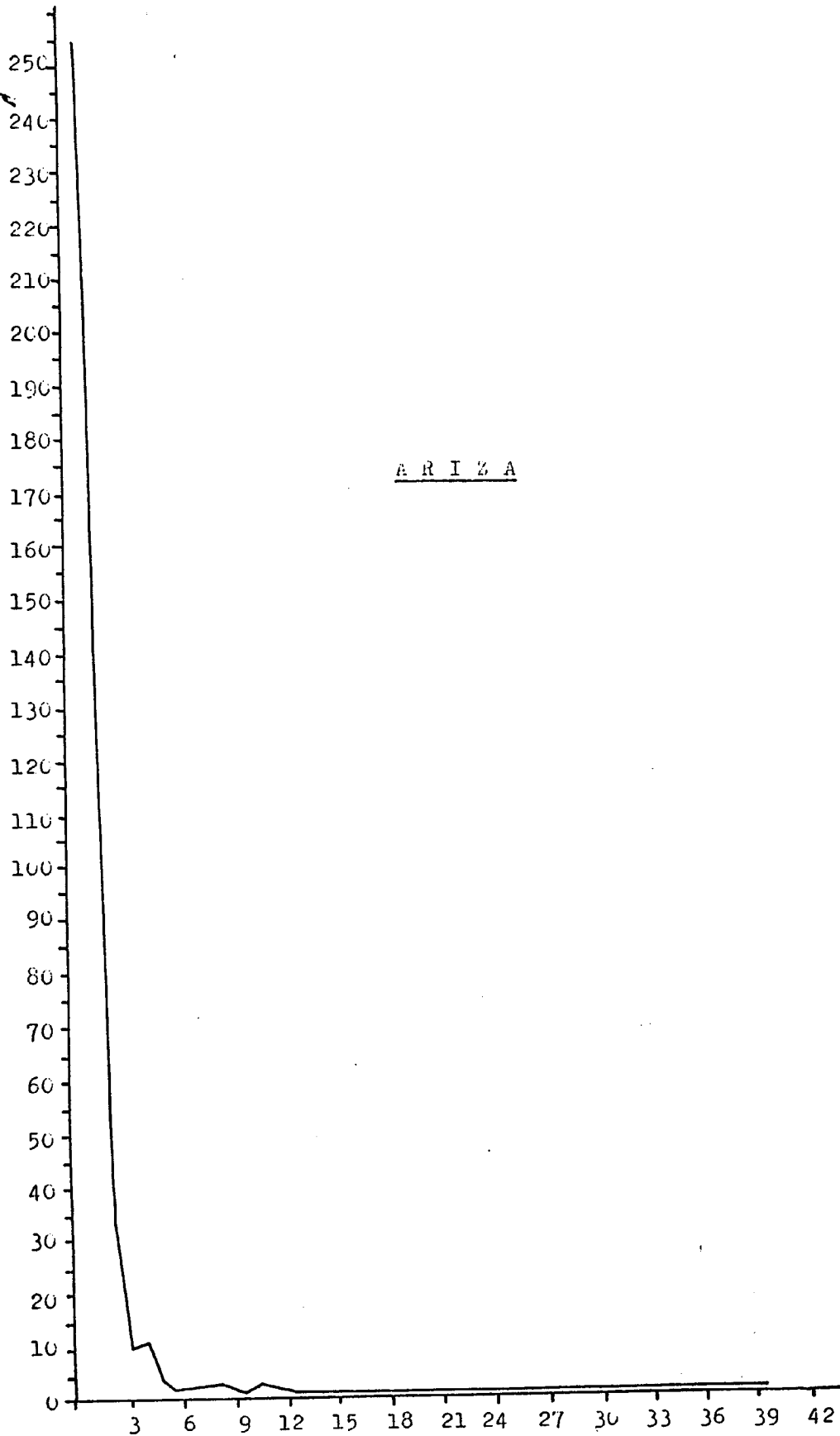
DISTRIBUCIÓN DE LA PROPIEDAD EN ARIZA.

TAMAÑO	Nº DE PROPIETARIOS	% DEL TOTAL	SUPERFICIE	% DEL TOTAL
De 0 a 0,25 Has.	122	36,747	16,8484	4,352
De 0,25 a 0,5 Has.	71	21,336	24,9047	6,433
De 0,5 a 0,75 Has.	37	11,145	22,3125	5,763
De 0,75 a 1 Has.	25	7,530	22,1188	5,713
De 1 a 1,5 Has.	21	6,325	25,8063	6,666
De 1,5 a 2 Has.	14	4,217	23,3897	6,042
De 2 a 2,5 Has.	5	1,506	11,2167	2,897
De 2,5 a 3 Has.	6	1,807	16,6618	4,304
De 3 a 3,5 Has.	6	1,807	19,1876	4,956
De 3,5 a 4 Has.	6	1,807	22,1033	5,709
De 4 a 4,5 Has.	4	1,205	17,0616	4,407
De 4,5 a 5 Has.	1	0,301	4,9787	1,286
De 5 a 5,5 Has.	2	0,602	10,4072	2,688
De 7 a 7,5 Has.	2	0,602	14,8132	3,826
De 7,5 a 8 Has.	1	0,301	7,9232	2,047
De 8,5 a 9 Has.	1	0,301	8,9460	2,311
De 9,5 a 10 Has.	1	0,301	9,8500	2,544
De 10 a 10,5 Has.	2	0,602	20,5281	5,302
De 10,5 a 11 Has.	2	0,602	21,5187	5,558
De 12 a 12,5 Has.	1	0,301	12,4860	3,225
De 14 a 14,5 Has.	1	0,301	14,3878	3,716
De 35 a 40 Has.	1	0,301	39,6985	10,254
<b>TOTALES.....</b>	<b>332</b>	<b>99,997</b>	<b>387,1488</b>	<b>99,999</b>

GRAFICO DE DISTRIBUCION DE LA SUPERFICIE.

4

Nº DE PROPIETARIOS



A R I Z A

Has.

DISTRIBUCION DE LA SUPERFICIE DE LA VEGA DEL JALON SEGUN EL TAMANO DE LA PROPIEDAD. CETINA (ZARAGOZA).

	<u>Nº PROPIETARIOS</u>	<u>% DEL TOTAL</u>
De 0-00-00 hasta 0-25-00 Has.	156	30,469 %
De 0-25-00 hasta 0-50-00 "	123	24,023 %
De 0-50-00 hasta 0-75-00 "	58	11,328 %
De 0-75-00 hasta 1-00-00 "	39	7,617 %
De 1-00-00 hasta 1-50-00 "	53	10,352 %
De 1-50-00 hasta 2-00-00 "	27	5,273 %
De 2-00-00 hasta 2-50-00 "	17	3,320 %
De 2-50-00 hasta 3-00-00 "	6	1,172 %
De 3-00-00 hasta 3-50-00 "	5	0,976 %
De 3-50-00 hasta 4-00-00 "	7	1,367 %
De 4-00-00 hasta 4-50-00 "	3	0,586 %
De 4-50-00 hasta 5-00-00 "	2	0,390 %
De 5-00-00 hasta 5-50-00 "	2	0,390 %
De 5-50-00 hasta 6-00-00 "	3	0,586 %
De 6-00-00 hasta 7-00-00 "	2	0,390 %
De 7-00-00 hasta 8-00-00 "	2	0,390 %
De 8-00-00 hasta 9-00-00 "	1	0,195 %
De 12-00-00	2	0,390 %
De 13-00-00	1	0,195 %
De 16-00-00	1	0,195 %
De 17-00-00	1	0,195 %
De 21-00-00	1	0,195 %
De 53-00-00	1	0,195 % (1)
	<u>513</u>	<u>100,189 %</u>

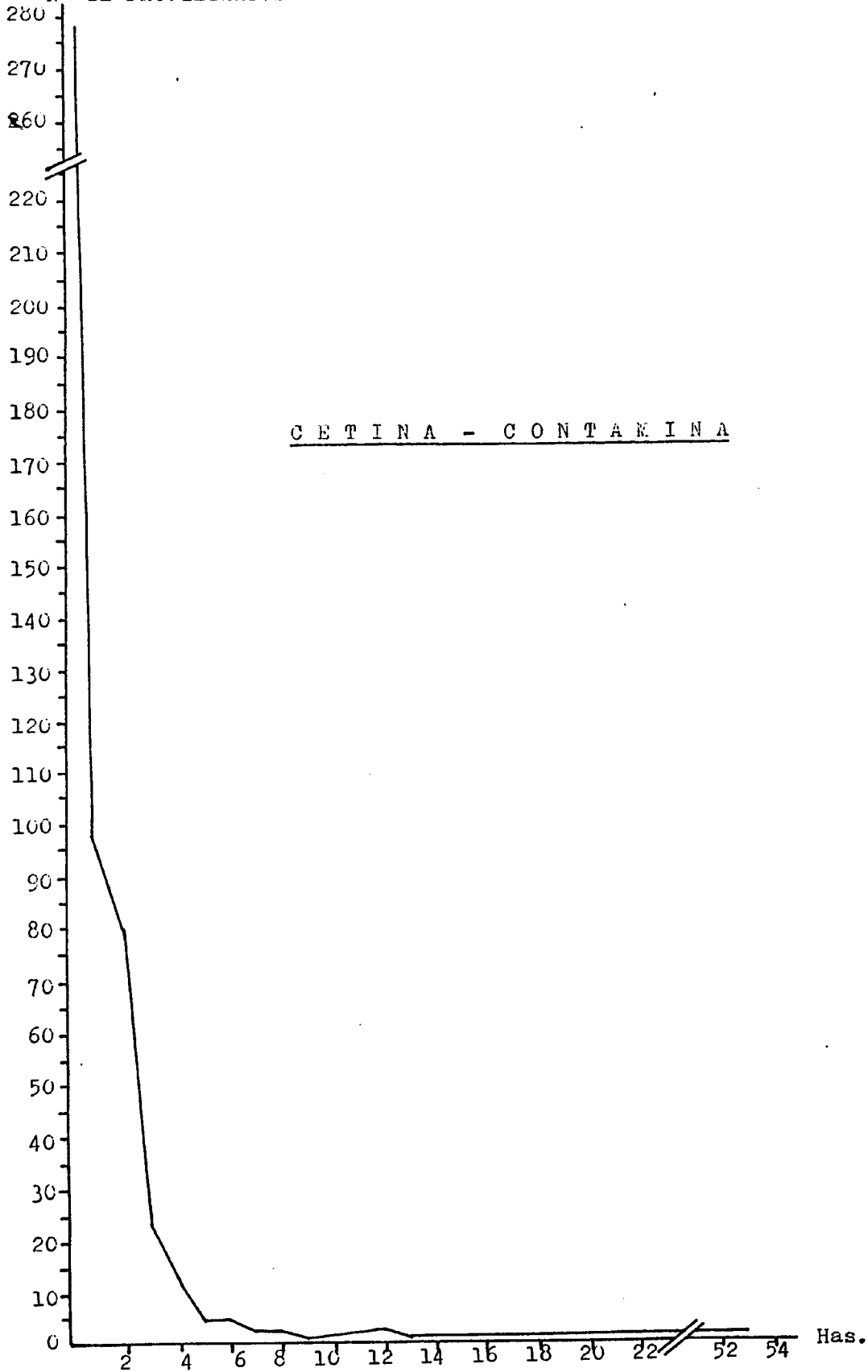
(1) Esta superficie figura a nombre de INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACION de Contamina, pero son para unos 70 colonos que pagan individualmente la alfarda por riegos.

La superficie de regadío es de 597,4865 Has. saliendo una superficie media por propietario de 1,16 Has.

El 54,492% de los propietarios poseen superficies entre 0 y 0,5 Has.

GRÁFICO DE DISTRIBUCION DE LA SUPERFICIE

Nº DE PROPIETARIOS



ciencia interna para el riego a pie se sitúa entre un 65 y un 70%, con lo cual si:

$$I_n = I_f \times E_a$$

$I_n$  = riego neto

$I_f$  = riego bruto

$E_a$  = eficiencia del riego en tanto por uno

$$\frac{I_n}{I_f} = (0'65 - 0'70)$$

A esto hay que añadir la cantidad de agua que se filtra en las acequias debido a su estado, que se estima entre un 20 y un 30% en todo su recorrido.

Es decir, de la cantidad de agua que se deriva del río Jalón en cabecera de comarca y en los distintos azudes, un 20-30% se pierde por infiltración en las acequias de transporte y distribución y el resto se emplea en el regadío de los cultivos existentes. De esta cantidad (riego bruto) sólo un 65%-70% constituye el riego neto o agua de que disponen los cultivos para su metabolismo. Tenemos así que las pérdidas de agua son importantes y en estos años de sequía responsables en buena parte del déficit observado.

### 5.2.2 Estado de las acequias

Hay dos acequias principales de transporte, una en cada margen del río que reciben diferentes nombres a lo largo de su recorrido y que tienen alimentaciones y derivaciones por --- otras acequias secundarias o de distribución. Estas acequias se representan en el plano nº 3 "Plano de regadíos" y son:

#### Acequias de la margen derecha:

Se deriva con el nombre de acequia del Molinar frente al Km 175,400 de la N-II. Tiene una longitud de 5.400 metros en el término de Santa M<sup>a</sup> de Huerta (Soria) y de unos 2.120 metros en el término municipal de Monreal de Ariza (Zaragoza). A la altura de la granja de San Pedro (Km 182'6 de la N-II) existe un azud de derivación de donde nace la acequia llamada del lugar, que toma sus aguas del río Jalón y recibe las sobrantes de la acequia anterior. Esta acequia bordea el cerro de San Pedro para llegar en un recorrido sinuoso al casco urbano de Monreal de Ariza salvando así el desnivel que supone el barrando de Carramonte sin pérdida de cota y que finaliza su recorrido a la altura del Barranco Tejar de Matorrealejo en el término municipal de Monreal de Ariza. Las tierras comprendidas entre la zona regada por la acequia del lugar y el cauce del río Jalón reciben el agua de otra acequia llamada "Bajera" que situada frente al Km 182'600 de la N-II tiene una longitud de 5.271 metros y riega también el término de Ariza con el nombre de acequia Peñota.

Frente al barrio de Arizuela (Ariza) nace de un azud la acequia del Pardillo (también llamada del Prado en Ariza), y

que recibe los sobrantes de la anterior aproximadamente 1.100 metros al Sur del Km 194 de la N-II y que deriva parte del agua a la acequia de la Villa que tiene su azud en el río Jalón a la altura del Km 196'900. Esta acequia de la Villa tiene una longitud de 5.248 metros y riega también término municipal de Cetina. Tras atravesar el Barranco de San Lázaro vierte sus aguas a la acequia del Conde que tiene un recorrido de 4.600 metros si bien sufre varias ramificaciones (acequia del Moral, etc) antes de desembocar al río Jalón en Alhama.

Este conjunto de acequias puede considerarse como una acequia madre con diversas tomas de agua en el río Jalón y con ramales secundarios de distribución hacia cotas más bajas. Presenta un deficiente estado de conservación y no está revestida en ningún punto de su recorrido. En la actualidad se está llevando a cabo un plan de revestimiento de acequias en el término municipal de Monreal de Ariza que subsane las pérdidas por infiltración en dichas acequias.

#### Acequias de la margen izquierda:

Se deriva frente al Km 175'400 de la N-II con el nombre de acequia del Conejo o de la Fábrica. Tiene una longitud de 5.500 metros en el término municipal de Santa M<sup>a</sup> de Huerta (Soria) y unos 2.180 metros en el término de Monreal de Ariza (Zaragoza). Esta acequia desemboca al río Jalón a la altura de la Granja de San Pedro. Un poco más abajo, frente al Km 182'400 toma agua en un azud la acequia del Molinar que con una longitud de 15.600 metros riega los términos de Monreal de Ariza --- (7.500 metros) y Ariza (8.100 metros). Esta acequia continúa su

recorrido hasta Alhama de Aragón, donde vierte las aguas sobrantes al río Jalón. Frente al Km 195'900 de la N-II, se deriva la acequia de Tierras Negras, de propiedad particular, y que tiene una longitud de 1.680 metros.

Al igual que la acequia de la margen derecha se encuentra sin revestir y ofrece un deficiente estado de conservación. Las pérdidas por infiltración son considerables.

### 5.2.3 Tipos de cultivos, dotaciones y demandas

En base a las encuestas realizadas en las cámaras agrarias de los diferentes municipios que componen la comarca estudiada, se han obtenido los siguientes datos:

#### PRINCIPALES CULTIVOS DE REGADIO

	CEREAL INV.	CEREAL VERANO	FRUTAL	FORRAJE	HUERTA	OTROS	TOTAL
ALCONCHEL	0	0	0	0	0	0	0
ALHAMA	30	1	80	4	5	0	120
ARIZA	257	37	44	133	23	18	512
CABOLAFUENTE	0	0	0	0	0	0	0
CETINA	290	6	5	0	0	34	335
CONTAMINA	50	5	10	35	0	0	100
MONREAL	152	32	154	141	13	28	520
SISAMON	0	0	0	0	3	0	3
TORREHERMOSA	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (Has)	779	81	293	313	44	80	1590
% DEL TOTAL	49	5	18	20	3	5	100

Los porcentajes de estos cultivos respecto a los calculados en años anteriores a la sequía manifiestan diferencias de trivial interpretación:

	<u>Antes de la sequía</u>	<u>1.986-87</u>
Cereal	40%	49%
Maiz	7%	5%
Frutal	12%	18%
Forrajes	20%	20%
Huerta	5%	3%
Patata y remolacha	16%	1%
Otros		4% (girasol fundamentalmente)

Los frutales constituyen una rara excepción ya que es el único cultivo que precisando dotaciones elevadas ha aumentado respecto al periodo anterior considerado. La explicación se encuentra en que al no ser un cultivo de siembra anual sino hiperanual su balance ha de hacerse en periodos de tiempos más prolongados. De hecho, en la actualidad, una buena parte de los frutales están secos.

Estudios anteriores realizados por el Departametro de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación General de Aragón estimaban unas dotaciones de  $6.426 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$  para años medios y de  $8.068 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$  para años secos. Estaba prevista en dichos estudios una sustitución progresiva de un 5% de cereal por un 3% de maiz y un 2% de frutal con lo que las nuevas dotaciones se estimaban en  $6.671 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$  para un año de pluviometrías medias y de  $8.347$  en años secos.

Como se ha visto, la sustitución de unos cultivos por otros ha sido la inversa. Las dotaciones estimadas en el presente estudio se cifran en 6.459 m<sup>3</sup>/Ha/año en un año medio y 8.100 en un año seco, que se distribuyen de la siguiente manera:

## DOTACIONES SEGUN CULTIVOS

CULTIVO	SUPERFICIE EN Has.	DOTACION (m <sup>3</sup> /Ha/a)	VOL.(Hm <sup>3</sup> ) NECESARIO	% DE LA DEMANDA	EQUIVALENTE DEM=8100	DEMANDA
CEREAL INV.	779	3500	2.73	26.55	3.42	4389
MAIZ	81	10000	0.81	7.89	1.02	12541
FRUTAL	293	9000	2.64	25.68	3.31	11287
FORRAJES	313	10000	3.13	30.48	3.93	12541
HUERTA	44	11000	0.48	4.71	0.61	13796
GIRASOL	40	4000	0.16	1.56	0.20	5017
OTROS	40	8000	0.32	3.12	0.40	10033
	1590	6459*	10.27	100	12.88	

\* - DOTACION MEDIA

Los cálculos de las dotaciones reales no son sencillos ya que están condicionados por la disponibilidad de agua en el momento en que es necesario regar, y no ha existido control sobre tiempos y módulos de regadío empleados. Dado que en el riego a pié no se deben superar las 6 horas/Ha en cultivo intensivo y empleando módulos de 40-60 l/s, tenemos que en 6 horas de riego por hectárea:

módulo de 40 l/s .... 864 m<sup>3</sup>/Ha por riego

módulo de 60 l/s ....1.296 m<sup>3</sup>/Ha por riego

Ahora bien, las disponibilidades de agua no son suficientes en los meses punta (Junio, Julio y Agosto) para satisfacer estos plazos, llegándose a tardar más de 15 horas para regar

una superficie de una hectárea con la consiguiente disminución en el nº de riegos por cultivo.

Para una zona como la estudiada el nº teórico de riegos por cultivo es:

cereal: 2 riegos

maiz, alfalfa, remolacha y frutal: 10 riegos

El volumen de agua por riego en esta comarca suele ser de unos 1.700 m<sup>3</sup>/ha, cifra elevada respecto a los cálculos teóricos, si bien queda justificada por las bajas eficiencias de riego:

$$In = If \times Ea$$

Si como hemos dicho:  $If = 1.700 \text{ m}^3/\text{ha}$

$$Ea = 65\%$$

$In = 1.700 \times 0'65 = \underline{1.105 \text{ m}^3/\text{Ha}}$ , cifra más acorde con los cálculos teóricos y que corresponde a un módulo de 51 l/s durante 6 horas por hectárea.

Las diferencias que se pueden observar entre las dotaciones reales necesarias y las que se deducen del número de riegos por volumen de agua empleada en cada riego se deben a que para riegos frecuentes se utilizan menores cantidades de agua por riego.

Estas dotaciones exigen un volumen de agua anual de 10'27 Hm<sup>3</sup> para años medios (dotaciones medias de 6.459 m<sup>3</sup>/Ha/año y de 12'88 Hm<sup>3</sup> para años secos (dotaciones de 8.100 m<sup>3</sup>/Ha/año), cuya distribución mensual, calculada según las necesidades de los diferentes cultivos en su desarrollo y la superficie destinada a cada uno de dichos cultivos es la siguiente:

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA DEMANDA

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
% DEMANDA	0	0	1.5	10	15.3	20.2	22.9	21.2	7.2	1.7	0	0
A VOLUMEN Hm <sup>3</sup>	0	0	0.15	1.03	1.57	2.07	2.35	2.18	0.74	0.17	0	0
CAUDAL (l/Sg)	0	0	56.0	397.4	586.2	798.6	877.4	813.9	285.5	63.5	0	0
B VOLUMEN Hm <sup>3</sup>	0	0	0.19	1.29	1.97	2.6	2.95	2.73	0.93	0.22	0	0
CAUDAL (l/Sg)	0	0	70.9	497.7	735.5	1003.1	1101.4	1019.3	358.8	82.1	0	0

A: CALCULOS PARA UNA DOTACION MEDIA DE 6459 M<sup>3</sup>/Ha/Año

B: CALCULOS PARA UNA DOTACION MEDIA DE 8100 M<sup>3</sup>/Ha/Año

Q JALON HIS.	3020	4110	5120	5360	4050	4100	2180	970	2250	2450	2580	2890
Q JALON 87 (*)	668	997	993	144	1285	40						
Q JALON 87 (#)	790	1332	603	474	1195	462						

(\*) ESTACION DE CETINA

(#) EN SANTA MARIA DE HUERTA

## 5.3 APORTACIONES ANUALES

Según los datos del MOPU, las aportaciones medias anuales para el periodo 1.954-1.974, de 20 años de duración son de 83 Hm<sup>3</sup>/año, con un caudal de base de 1'9 m<sup>3</sup>/s (60 Hm<sup>3</sup>/año) para la estación de aforos nº 7 de la C.A.E en el río Jalón en Cetina. El cuadro resumen para dicha estación es el siguiente para el periodo considerado:

Superficie: 1.600 Km<sup>2</sup>

Precipitación: 497 mm = 975 Hm<sup>3</sup>/año

ETR: 436 mm

Llu: 61 mm = 98 Hm<sup>3</sup>/año

Aportación natural ( $\Delta n$ ): 83 Hm<sup>3</sup>/año

Balance: Llu -  $\Delta n$  = 15 Hm<sup>3</sup>/año

En la figura nº 17 se observa que para el periodo 1.954-1.974 las aportaciones del río Jalón en la estación de aforos de Cetina superan las demandas agrícolas de agua incluso en el periodo de estiaje (mínimas aportaciones), coincidente con el de máximas demandas. La línea de trazos en el hidrograma corresponde al caso hipotético en que la demanda fuese nula y no se estuviese consumiendo agua del río.

Estas cifras han sufrido una fuerte variación en el periodo 1.979-1.987 en que los caudales de base han resultado insuficientes para atender las demandas estivales de los regadíos. La curva correspondiente al caudal del río Jalón en 1.957 se ha construido en base a los datos de aforo directos tomados en la sección del río Jalón a la altura de Santa María de Huer-

# RELACION DEMANDAS - CAUDAL MEDIO

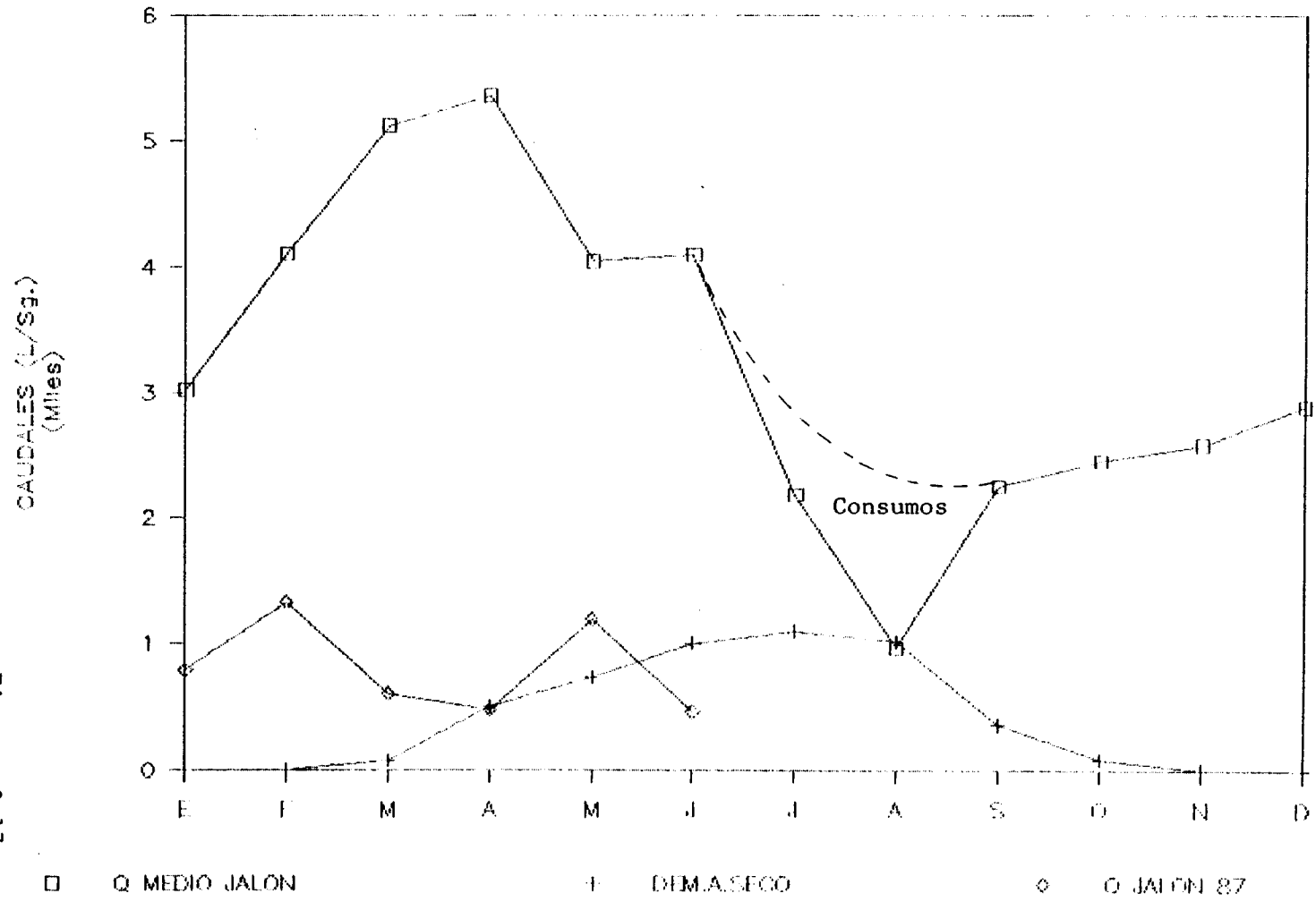


Figura nº 17

ta. Hay que insistir en que se trata de datos puntuales que pueden no corresponder a los caudales medios del río Jalón en el periodo considerado.

Analizando en la figura 17 la relación entre el caudal del río Jalón en el periodo de Enero-Julio de 1.987 en Santa M<sup>a</sup> de Huerta (que puede tomarse como cabecera en los regadíos de la zona estudiada) y el caudal necesario para satisfacer las demandas de regadíos mes a mes, se observa que al menos hasta el mes de Abril el caudal del río Jalón es suficiente para atender las necesidades agrícolas. Ahora bien, el aforo correspondiente al mes de Mayo da un pico de 1.195 l/s que con toda seguridad no es representativo del caudal medio del río Jalón debido a un periodo de lluvias anómalo respecto a la pluviometría media de los últimos 9 años. En el mes de Junio el caudal del río Jalón sólo puede atender un 46% de las demandas agrícolas. En los meses de Julio y Agosto el problema se agrava al superponerse dos efectos negativos: por un lado las necesidades de agua aumentan mientras que el caudal del río disminuye considerablemente y por otro lado los riegos que se dan en esos meses son tal vez los más importantes para el conjunto de los cultivos.

Esta situación deficitaria se ha producido de la misma manera en los 8 años anteriores y de forma más contundente aguas abajo de Monreal de Ariza, como puede comprobarse en el cuadro adjunto al apartado 4.2 "Redes de control", y se traduce directamente en producciones de cultivo. Baste como ejemplo que mientras en años medios la producción normal de cereal se sitúa en torno a los 4.000 Kg/Ha en fincas de regadío, ha disminuído en los últimos años a cifras inferiores a los 1.500 Kg/Ha en algu-

nas zonas, resultando incluso inferiores a las producciones medias de cereal de secano en años pluviométricos medios (aproximadamente 2.000 Kg/Ha).

En cuanto a la relación demandas-caudal medio del río Jalón dentro de un panorama invariable de superficies y tipos de cultivo, las posibles modificaciones o mejoras que se puedan introducir pasan necesariamente -como ya se ha indicado- por un revestimiento de las acequias y por una tecnificación de los regadíos sin olvidar que una reestructuración de la superficie de cultivo es indispensable para una optimización de su explotación.

#### 5.4 USOS URBANOS E INDUSTRIALES DEL AGUA

A la hora de evaluar las necesidades de agua para abastecimiento a núcleos urbanos, resulta imprescindible el conocimiento de la población habitual y temporal de cada uno de los municipios, así como la evolución demográfica de los mismos. Igualmente es necesario tener en cuenta la creciente demanda unitaria en l/habitante/día consecuencia directa del aumento de la calidad de vida y de la ampliación de dotaciones municipales -- (parques, fuentes, piscinas) que suponen cada día una mayor demanda de agua.

##### 5.4.1 Abastecimiento a núcleos urbanos

La población de los diferentes municipios que componen la zona de estudio ha sufrido en el presente siglo la evolución que refleja la figura nº 17'.

Las dotaciones unitarias aplicadas han sido de 150 -- l/hab/día excepto en los términos de Alhama de Aragón que son de 120 l/hab/día y Ariza donde se han aplicado dotaciones de 264 -- l/hab/día. Estas cifras son hasta el momento satisfactorias para las necesidades reales de los abastecimientos.

Hay que tener en cuenta que en los meses estivales -- la población aumenta y con ella los consumos diarios. Estos aumentos están recogidos en el cuadro siguiente:

## EVOLUCION DE POBLACION

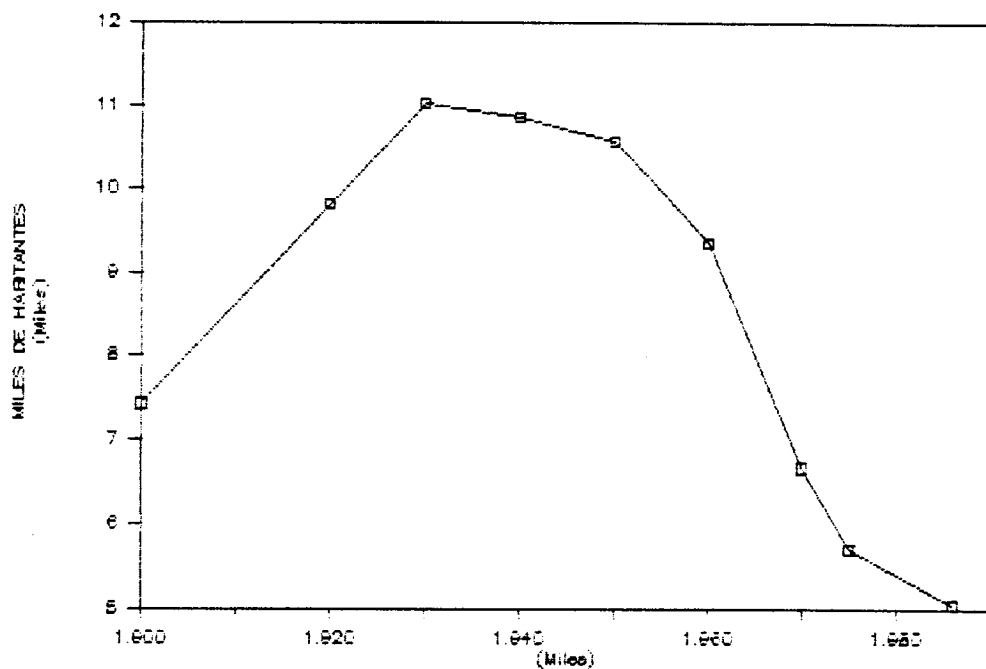


Figura nº 17': Evolución de la población

## EVOLUCION DE LA POBLACION DE HECHO

MUNICIPIO	1900	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1975	1986
ALCONCHEL	681	775	738	725	677	573	370	290	280
ALHAMA	1637	1892	1929	1931	1906	1973	1591	1433	1453
ARIZA	1724	2390	3022	2964	2880	2586	2031	1725	1567
CABOLAFUENTE	474	702	657	644	625	476	201	150	135
CETINA	1318	2072	2516	2276	2312	1963	1293	1120	872
CONTAMINA	169	241	252	231	240	196	122	102	64
MONREAL	716	726	845	996	960	822	633	555	398
SISAMON	445	635	659	704	632	497	257	182	131
TORREHERMOSA	261	365	411	399	334	251	164	145	145
<b>TOTALES</b>	<b>7425</b>	<b>9798</b>	<b>11029</b>	<b>10870</b>	<b>10566</b>	<b>9337</b>	<b>6662</b>	<b>5702</b>	<b>5045</b>

## DIFERENCIAS DE POBLACION EN 1986

MUNICIPIO	POBLACION		VOLUMEN DIARIO	
	HABITUAL	TEMPORAL(*)	HABITUAL	TEMPORAL(*)
ALCONCHEL	280	950	70000	237500
ALHAMA	1453	4200	363250	1050000
ARIZA	1567	3500	391750	875000
CABOLAFUENTE	135	420	33750	105000
CETINA	872	3000	218000	750000
CONTAMINA	64	200	16000	50000
MONREAL	398	600	99500	150000
SISAMON	131	420	32750	105000
TORREHERMOSA	145	350	36250	87500
TOTALES	5045	13640	1261.25	3410.00

(\*) = 60 DIAS AL AÑO

El volumen de agua necesario para la población habitual resulta al año y actualizando las dotaciones a 200 l/hb/día

$$5.045 \times 200 \times 365 = 0'37 \text{ Hm}^3$$

a los que hay que añadir el consumo de la población temporal durante los 60 días del año en que residen en la comarca:

$$13.640 - 5.045 = 8.595 \times 200 \times 60 = 0'10 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

Es decir, al año se consume para abastecimiento a núcleos urbanos  $0'37 + 0'10 = 0'47 \text{ Hm}^3$  de agua, que suponen un caudal continuo de 15 l/s que es sobradamente aportado por los sondeos y manantiales destinados a abastecimientos urbanos.

## ESTADO DE LOS ABASTECIMIENTOS

MUNICIPIO	N. HABIT.	DOTACION	(*)			
			CONSUMO	PROCED.	DEPURAD.	VERTIDOS
ALCONCHEL	280	200	56000	MIXTO	SI	BARRANCO
ALHAMA	1453	200	290600	MANANT.	NO	JALON
ARIZA	1567	200	313400	SONDEOS	NO	JALON
CABOLAFUENTE	135	200	27000	SONDEO	SI	FOSA SEP.
CETINA	872	200	174400	MIXTO	NO	JALON
CONTAMINA	64	200	12800	SONDEO	NO	JALON
MONREAL	398	200	79600	MIXTO	NO	BARRANCO
SISAMON	131	200	26200	MIXTO	NO	FOSA SEP.
TORREHERMOSA	145	200	29000	SONDEO	NO	BARRANCO

(\*) (Sin tener en cuenta la población flotante)

El agua destinada al consumo humano procedía en los años anteriores al periodo de sequía de manantiales próximos a los núcleos urbanos de población. Como quiera que por efectos de la escasa pluviometría se fueron secando, o en el mejor de los casos, disminuyendo notablemente de caudal se hubo de recurrir a la construcción de sondeos destinados a tal fin. En la actualidad solo el término de Alhama de Aragón se abastece de agua procedente de manantiales. en el resto de los municipios el agua se extrae mediante sondeos construidos por la Diputación Provincial de Zaragoza y en alguno de ellos y sólo durante los meses invernales se abastecen conjuntamente de los manantiales tradicionales y de dichos sondeos.

En cuanto a las instalaciones potabilizadoras hay que señalar que dada la calidad del agua (analizada periodicamente) cuentan tan solo con cloradoras automáticas. Los vertidos se realizan directamente al río Jalón o a barrancos cercanos excepto en los municipios de Sisamón y Cabolafuente que vierten sus aguas a sendas fosas sépticas en las que una vez decantados los sólidos se infiltran en el terreno.

Se puede decir que los abastecimientos a núcleos urbanos están suficientemente satisfechos y los problemas que en su día planteó la disminución de caudales de los manantiales destinados a tal uso han sido paliados sobradamente.

La red de distribución es completa y suficiente en todos los municipios. En Ariza está en curso un plan de separación de la red ya que las pérdidas por fugas de agua se estiman en un 40-50%, habiendo tenido que recurrir en ocasiones a cortar los suministros nocturnos de agua.

En general el sistema de conducción desde la captación

a los domicilios pasa previamente por un depósito regulador de capacidad variable y existe automatización de los equipos extractores de agua subterránea. Existen contadores en la red de distribución en Ariza y Alhama de Aragón. Además de éstos, Cetina, Cabolafuente y Sisamón disponen de contadores domiciliarios, -- mientras que carecen de dichos controles los municipios de Alconchel, Contamina, Monreal de Ariza y Torrehermosa.

#### 5.4.2 Abastecimiento para usos industriales

No existe en la comarca un desarrollo industrial significativo si bien, en los términos de Ariza, Alhama y Cetina se puede hablar de pequeña industria y que a continuación se describe:

<u>INDUSTRIA</u>	<u>TERMINO MUNIC.</u>	<u>CONSUMO</u>	<u>PROCEDENCIA</u>
Jabones Cabrerizo	Ariza	7.000 l/día	Abastec. a Ariza
Arizonda S.L	Ariza	13.000 l/día	" " "
Renfe	Ariza	25.000 l/día	" " "
Granjas de Novillas	Ariza	25.000 l/día	" " "
Colchones Sema	Alhama	..... 2.360 m <sup>3</sup> /año	Abastec. a Alhama
Jabones Cabrerizo	Alhama		
Fábrica de Cartón	Cetina	?	Autoabastecida
Granja de Ovino	Cetina	25% del consumo total	Abastec. a Cetina
Abrevadero-Lavadero	Cetina	30% del consumo total	Abastec. a Cetina

Considerando el conjunto de industria y ganadería es tabulada de la comarca, se observa que su consumo de agua anual

no alcanza los 0'06 Hm<sup>3</sup>/año y que queda debidamente satisfecho con un caudal continuo de 2 l/s.

#### 5.4.3 Previsiones futuras

Consultando las previsiones que en 1.971 se hacían en el CESIE para el año 1.980, se comprueba la dificultad y el error de este tipo de predicciones. No obstante se puede y debe hacer un estudio de las tendencias actuales sin dejar de tener en cuenta posibles cambios socioeconómicos que puedan afectar a los movimientos demográficos y migratorios en la comarca.

En general se prevé una estabilización del número de habitantes en la zona aunque se den movimientos migratorios de los pueblos más despoblados a los que poseen una infraestructura urbana más completa. En este sentido sí es previsible un aumento de las dotaciones unitarias sin que se lleguen a plantear problemas de abastecimiento.

La poca industria con que cuenta la comarca no sufrirá cambios importantes ni es previsible que aumente. Sí aumentará sin embargo, la ganadería estabulada con una tendencia cada vez más clara al aprovechamiento de los cultivos forrajeros (si las condiciones climáticas lo permiten) para producción de carne. Este cambio supondrá un incremento progresivo en las demandas de agua que pueden quedar cubiertas con la infraestructura actual.

**EPTISA**

CAPITULO VI  
HIDROGEOLOGIA

## 6.- HIDROGEOLOGIA

### 6.1 INTRODUCCION. ANTECEDENTES

Se pretende en este capítulo conocer la geometría de los acuíferos en el borde Norte de la Sierra de Solorio, ver la entidad de cada uno de ellos y sus posibilidades de explotación.

En el informe del IGME de 1.980 se cifraban los recursos de agua subterránea del subsistema acuífero Sierra de Solorio entre 175 y 190 Hm<sup>3</sup>/año, parte de estos recursos descargaban hacia el Tajo por el río Tajuña en Anguita (10-12 Hm<sup>3</sup>/año), hacia el Ebro se producía la mayor parte de la descarga a través de -- los ríos Jalón, Mesa y Piedra según:

-Río Jalón aguas abajo de Alhama ....	55-60 Hm <sup>3</sup> /año
-Río Mesa aguas abajo de Jaraba .....	65-70     "
-Río Piedra aguas abajo de Cimballa .	45-48     "

Se planteó conjuntamente un esquema de funcionamiento hidráulico en régimen natural para aquel periodo que aparece re presentado en la Fig. 18.

Se diferenciaron en aquella ocasión dos acuíferos, uno Jurásico con 750 Km<sup>2</sup> de extensión y otro Cretácico con 300 Km<sup>2</sup>. Las principales salidas del acuífero Jurásico eran el nacimiento del Jalón (200 l/s), el manantial de Ambrona (250 l/s), el manantial de las Tres en Raya (100 l/s), Ures de Medina (200 l/s), Sagides (350 l/s), Chaorna (300 l/s), nacimiento del Tajuña (300 l/s), y aportes al Mesa antes de Mochales (700-1.000 l/s). Por otra parte se consideraron como descargas del acuífero Cretácico

## ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL SUBSISTEMA SIERRA DE SOLORIO (Regimen natural)

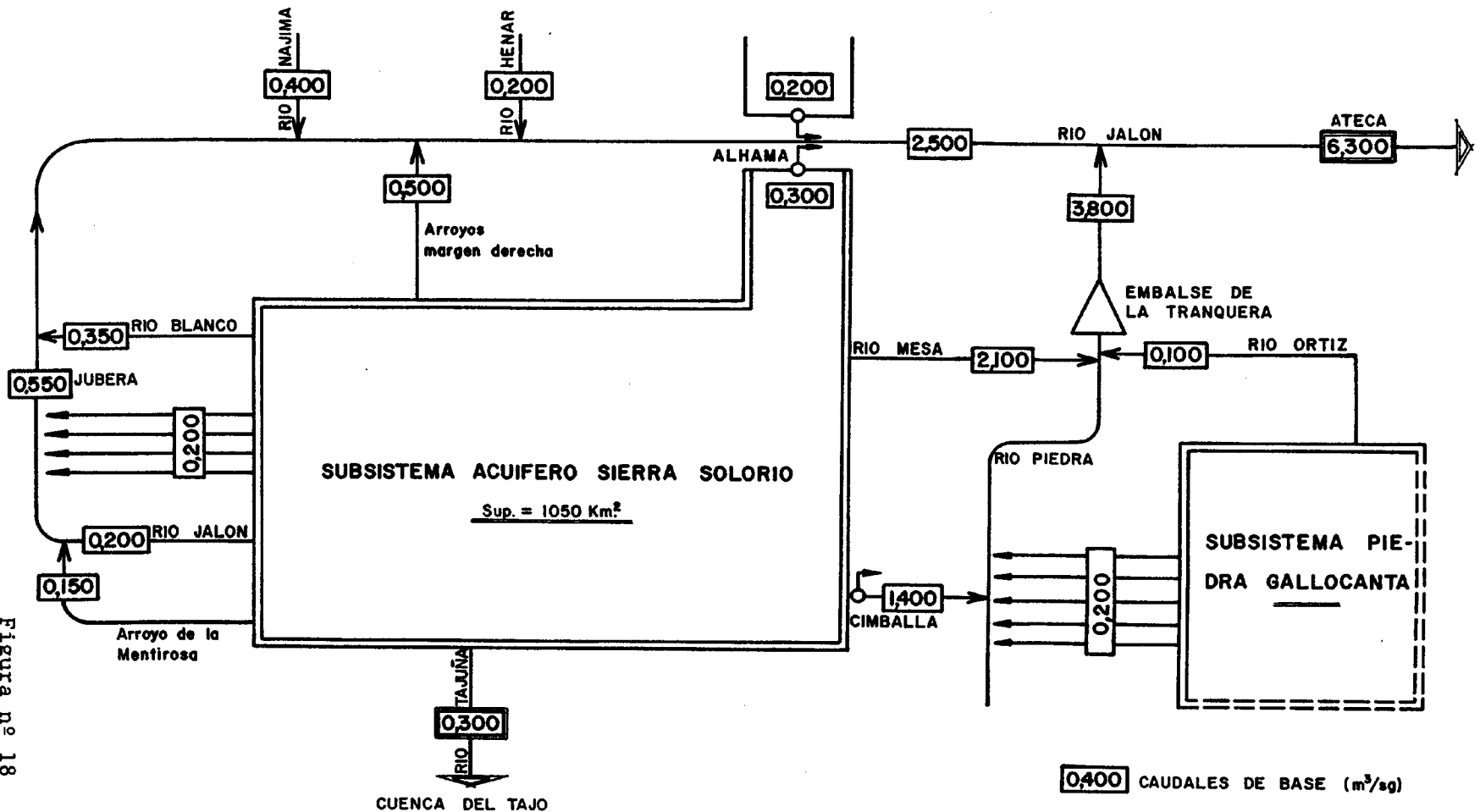


Figura nº 18

los siguientes puntos: manantiales de Cimballa (1.500 l/s), manantiales de Jaraba (1.000 l/s) y manantiales de Alhama de Aragón (550 l/s), sin establecer en aquella ocasión relación aparente entre los dos niveles acuíferos.

Hoy, al plantear el estudio del borde Norte de la Sierra de Solorio, se estudiarán de nuevo los niveles acuíferos mencionados y se presenta una nueva hipótesis de funcionamiento.

La metodología que se va a seguir para llegar a conocer las posibilidades de explotación en el margen Septentrional de la Sierra de Solorio parte de la cartografía hidrogeológica realizada y del inventario de puntos acuíferos; con ellos se va a pretender conocer la geometría de los acuíferos y la posición de la superficie piezométrica en los mismos.

## 6.2 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Desde los primeros trabajos realizados en la zona por el IGME, se cuenta con un inventario de puntos acuíferos que ha sido episodicamente revisado y ampliado; en la zona que abarca este trabajo se han considerado de interés los puntos reseñados en el plano 1 (mapa hidrogeológico).

El método empleado en la ejecución del inventario ha sido el usual para este tipo de trabajo, partiendo de la base creada por el IGME, se pasó por cada término municipal para recoger una primera impresión verbal de los puntos acuíferos en cuanto a cantidad y calidad, visitando aquellos que ofrecían interés atendiendo a los objetivos del trabajo.

Los primeros datos de inventario datan de 1.970, pero la mayor parte se realizó en 1.978-79 cubriendo los proyectos del IGME dedicados a este aspecto. Algunos puntos han sido actualizados posteriormente con motivo de pertenecer a alguna red de control periódico, otros con motivo de trabajos locales que se han ido realizando. En la actualidad el inventario se ha ampliado con 7 nuevos sondeos realizados por la Diputación Provincial de Zaragoza para abastecimiento a núcleos urbanos.

La información del inventario está recogida en soporte magnético tratando los datos con la hoja electrónica del paquete LOTUS, permitiendo elaborar el listado adjunto donde se recoge la información disponible en dos capítulos; identificación y situación de los puntos en el primero y características hidrogeológicas y uso del agua en el segundo.

En el apartado de identificación y situación se inclu-

ye el número de identificación del punto acuífero, la cuenca y subcuenca, el término municipal a que pertenece, la toponimia del paraje donde está ubicado y/o nombre del propietario, las coordenadas Lambert y la cota, el horizonte acuífero del que se obtiene el agua y la naturaleza del punto (M: manantial; P: pozo y S: sondeo).

En la hoja referida a las características hidrogeológicas y uso del agua, se atiende a la profundidad de la obra de captación, la columna litológica atravesada, la fecha en que se realizó el inventario, la fecha de actualización del mismo, la profundidad a que se sitúa el nivel estático desde una referencia dada y la fecha en que se tomó la medida, la cota absoluta del nivel, el caudal referido a la fecha anterior, el tipo de motor, la utilización que se le da al agua y finalmente una columna donde se anotan observaciones diversas.

La agilidad de la hoja electrónica permite agrupar -- los datos en diversas formas, así en la distribución por términos municipales de los puntos considerados, se puede presentar el siguiente cuadro:

TERMINO MUNICIPAL	SONDEOS	POZOS	MANANTIALES	TOTALES
ABANTO	5	0	5	10
ALCONCHEL	1	0	2	3
ALDEHUELA DE LIESTOS	0	0	2	2
ALHAMA DE ARAGON	3	1	6	10
AMAYAS	0	0	1	1
ARIZA	3	1	1	5
BALBACIL	0	0	1	1
BUBIERCA	0	0	2	2
CABOLAFUENTE	2	0	2	4
CAMPILLO DE ARAGON	0	1	1	2
CETINA	0	1	2	3
CIMBALLA	0	0	4	4
CLARES	0	0	1	1
CODES	0	0	2	2
CONTAMINA	2	1	1	4
FUENTEELSALZ	0	0	2	2
GODOJOS	1	0	2	3
HINOJOSA	0	0	1	1
IBDES	0	0	2	2
IRUECHA	0	1	0	1
JARABA	0	0	4	4
JUDES	0	0	1	1
LABROS	0	0	2	2
MAZARETE	0	0	1	1
MILMARCOS	0	0	2	2
MOCHALES	0	0	6	6
MONREAL DE ARIZA	1	0	2	3
MONTERDE	0	0	1	1
SISAMON	2	0	1	3
SANTA M <sup>a</sup> DE HUERTA	2	1	1	4
TORREHERMOSA	2	1	0	3
VILLEL DE MESA	0	0	2	2
-----				
TOTALES	24	8	63	95

donde se aprecia que los puntos están distribuidos muy homogeneamente, y también que un 67% de los puntos son manantiales, un 24'5% sondeos y tan solo un 8'5% pozos, siendo la profundidad total perforada de 2.400 metros aproximadamente.

Según el nivel geológico que es drenado por cada punto se tiene:

ACUIFERO	SONDEOS	POZOS	MANANTIALES	TOTAL
ALUVIAL	3	3	1	7
CRETACICO	7	1	21	29
JURASICO	4	0	12	16
MESOZOICO	2	1	9	12
MUSCHELKALK	0	0	1	1
TERCIARIO	5	3	17	25
UTRILLAS	2	0	0	2
SIN ESPECIFICAR	1	0	2	3
-----				
TOTALES	24	8	63	95

Los puntos que interesan el aluvial se refieren al aluvial del río Jalón y al aluvial del barranco Pellejero, solamente hay un manantial del que se conoce un caudal de 4 l/s en 1.979 pero que previsiblemente hoy esté seco. La cota en el barranco Pellejero se centraba en torno a los 800 m.s.n.m y en los del río Jalón entre los 780 m. en Santa M<sup>a</sup> de Huerta y los 670 en Contamina.

Los puntos situados sobre materiales Cretácicos son de distinto género, así los numerosos manantiales situados a grandes cotas en lo alto de la Sierra de Solorio corresponden -

con la descarga de muelas más o menos extensas que descansan sobre la Formación Utrillas; otros como los manantiales de Alhama de Aragón parecen ser el rebosadero de un conjunto acuífero de gran entidad que aparece en los puntos de cota más baja. Situación semejante pero a mayor cota vienen a significar los manantiales de Jaraba que tienen en común con los anteriores de Alhama el efecto del termalismo. Los sondeos realizados sobre el Cretácico son en buena medida fruto de la investigación de uranio que se llevó a cabo sobre 1.976-78, y no perseguían objetivos hidrogeológicos; otros como el sondeo reciente de abastecimiento a Contamina capta a mayor cota el agua que termina drenando por los manantiales de Alhama.

Otro significativo porcentaje de puntos acuíferos está ubicado sobre los materiales Jurásicos. Los manantiales se alinean en la base del Lías en contacto con el Triásico impermeable y también en la base del Dogger en contacto con las margas Toarcienses.

Cabe destacar en el Jurásico, las concentraciones de manantiales en Mochales y Cimballa donde el Lías descarga sobre el Keuper en puntos de cota baja.

El Trías medio en facies Muschelkalk también parece tener sus manantiales de descarga en Mochales, a cota de 1.040, aunque dado que no hay una aparente justificación hidrogeológica, puede tratarse de una salida de Jurásico diferida por el pequeño aluvial.

A raíz del inventario puede precisarse de este modo la existencia de tres niveles acuíferos de interés: aluvial, Cretácico y Jurásico, y otros niveles dignos de investigación: Terciario y Muschelkalk.

## IDENTIFICACION Y SITUACION

## CUENCA DEL RIO JALON

INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS  
DE LA SIERRA DE SOLORIO

PUNTO	CUENCA/ /SUBCUENCA	MUNICIPIO	TOPONIMIA	X	Y	Z	NIVEL ACUIFERO	NATUR	FEDES
2417.10001	EBRO/JALON	S. MARIA DE H.	SOCIEDAD DE RIEGOS VALDELAMADRE	726100	744200	770	TERCIARIO	S	
2417.10002	EBRO/JALON	S. MARIA DE H.	VALDELAMADRE	726450	744525	760	TERCIARIO	S	
2417.10003	EBRO/JALON	S. MARIA DE H.	AYUNTAMIENTO	726650	740650	780	ALUVIAL	F	
2417.10004	EBRO/JALON	MONREAL DE A.	BARRANCO CARRAMONTE	732350	743550	760	TERCIARIO	M	
2417.10005	EBRO/JALON	MONREAL DE A.	SONDEO DE ABASTECIMIENTO	732300	744000	735	TERCIARIO	S	
2417.20001	EBRO/JALON	MONREAL DE A.	EL CULON. CAMINO LAS YEGUAS	732650	742900	775	TERCIARIO	M	
2417.20002	EBRO/JALON	ARIZA	EL ARDAL. FELLEJERO-1	737100	741410	800	ALUVIAL	S	
2417.20003	EBRO/JALON	ARIZA	EL ARDAL	737000	741200	800	ALUVIAL	M	
2417.20004	EBRO/JALON	ARIZA	EL ARDAL. POZO NOGUERA	737050	741500	800	ALUVIAL	F	
2417.20005	EBRO/JALON	ARIZA	BARRANCO FELLEJERO-2	737200	741300	800	ALUVIAL	S	
2417.20006	EBRO/JALON	ARIZA	BARRANCO FELLEJERO-3	737200	741300	800	ALUVIAL	S	
2417.30001	EBRO/JALON	CETINA	STA. QUITERIA	743700	741750	740	TERCIARIO	M	
2417.30002	EBRO/JALON	CETINA	STA. QUITERIA	743350	741650	760	TERCIARIO	M	
2417.30003	EBRO/JALON	CETINA	CARRAIDES. JULIO MARRUEDO	745050	744150	700	TERCIARIO	P	
2417.40001	EBRO/JALON	CONTAMINA	MONTECILLO. CNO. DEL CEMENTERIO	748250	746850	680	CRETACICO	S	
2417.40002	EBRO/JALON	CONTAMINA	LA FUENTE	747600	746500	680	TERCIARIO	M	
2417.40003	EBRO/JALON	GODOJOS	LA VENTA. ANTONIO ALMALA	752500	741750	720		S	
2417.40004	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	LA HOYA. TOMAS PALACIN	751600	744150	700	UTRILLAS	S	
2417.40005	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	CASCO URBANO	750050	745350	660	CRETACICO	M	
2417.40006	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	BALNEARIO CANTARERO	749950	745100	700	CRETACICO	M	
2417.40007	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	INDUSTRIAS SEMA	749800	745350	680	CRETACICO	S	
2417.40008	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	TERMAS FALLARES	749600	745350	680	CRETACICO	M	
2417.40009	EBRO/JALON	BUBIERCA	CAMINO DEL MORO	753250	747900	680		M	
2417.40010	EBRO/JALON	BUBIERCA	LA FUENTECILLA	753250	747000	700		M	
2417.40011	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	CASA BLANCA. GENARO DALDA	749350	745900	700	CRETACICO	F	
2417.40012	EBRO/JALON	GODOJOS	FUENTE DE LOS SANTOS	753350	743000	800	CRETACICO	M	
2417.40013	EBRO/JALON	CONTAMINA	EL PUENTE	747900	746200	670	ALUVIAL	P	
2417.40014	EBRO/JALON	GODOJOS	CASCO URBANO	752650	742250	800	CRETACICO	M	
2417.40015	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.	I.N.C. Ng1563	748493	746913	780	CRETACICO	S	
2417.40016	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.		749100	745800	680	CRETACICO	M	
2417.40017	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.		749720	745000	680	TERCIARIO	M	
2417.40018	EBRO/JALON	ALHAMA DE A.		750000	745000	680	CRETACICO	M	
2417.40019	EBRO/JALON	CONTAMINA	D.P.Z.				CRETACICO	S	
2417.50001	EBRO/JALON	S. MARIA DE H.	OJO GRANDE O JUNCADA (BELIMERE)	727575	736525	840	TERCIARIO	M	
2417.50002	EBRO/JALON	TORREHERMOSA	CAÑADA SOMERA	730600	738200	830	TERCIARIO	P	
2417.50003	EBRO/JALON	TORREHERMOSA	CAÑADA SOMERA. DPZ	730750	738150	830	TERCIARIO	S	
2417.50004	EBRO/JALON	ALCONCHEL	TERRERO	732750	737450	920	TERCIARIO	M	
2417.50005	EBRO/JALON	ALCONCHEL	SAN PASCUAL BAILON	732100	734650	890	TERCIARIO	M	
2417.50006	EBRO/JALON	ALCONCHEL	DPZ	731110	734320	890	MESOZOICO	S	
2417.50007	EBRO/JALON	TORREHERMOSA	CAÑADA SOMERA	730750	738150	830	TERCIARIO	S	
2417.60001	EBRO/JALON	CABOLAFUENTE	FUENTE DE LOS SANTOS	738800	735150	940	TERCIARIO	M	
2417.60002	EBRO/JALON	CABOLAFUENTE	LA CANTERUELA	738500	736100	920	JURASICO	S	
2417.60003	EBRO/JALON	CABOLAFUENTE	CANTARUELAS-1. DPZ	738500	736100	920	MESOZOICO	S	
2417.70001	EBRO/JALON	SISAMON	EL SANTO	741200	731000	1060	UTRILLAS	S	
2417.70002	EBRO/JALON	SISAMON	CARRARIZA	740750	731900	1060	TERCIARIO	M	
2417.70003	EBRO/JALON	CABOLAFUENTE	EL ENCAÑADIZO	739450	734950	980	TERCIARIO	M	
2417.70004	EBRO/JALON	SISAMON	D.P.Z.	741400	731200	1015	JURASICO	S	
2417.80001	EBRO/JALON	JARABA	HUERTA DE LA CHULA. MIGUEL BENEDI	750675	732575	900	CRETACICO	M	

## IDENTIFICACION Y SITUACION

## CUENCA DEL RIO JALON

INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS  
DE LA SIERRA DE SOLORIO

PUNTO	CUENCA/ SUBCUENCA	MUNICIPIO	TOFONIMIA	X	Y	Z	NIVEL ACUIFERO	NATUR	REDES
2417.80002	EBRO/JALON	JARABA	BALNEARIO SICILIA	750975	733075	860	CRETACICO	M	
2417.80003	EBRO/JALON	JARABA	BALNEARIO DE SERON	750850	733150	900	CRETACICO	M	
2417.80004	EBRO/JALON	JARABA	BALNEARIO DE SICILIA	750900	732975	900	CRETACICO	M	
2417.80005	EBRO/JALON	IBDES	BARRANCO VALDEMIJARES	752500	736700	860	TERCIARIO	M	
2417.80006	EBRO/JALON	IBDES	SAN ANDRES	750400	739250	860	TERCIARIO	M	
2418.10001	EBRO/JALON	JUDES	CASCO URBANO	726675	726250	1220	MESOZOICO	M	
2418.20001	EBRO/JALON	IRUECHA	LA LAGUNA	733650	724500	1240	MESOZOICO	P	
2418.20002	EBRO/JALON	MOCHALES	TERRERAS	739800	721900	1000	MESOZOICO	M	
2418.20003	EBRO/JALON	MOCHALES	OJILLO DE LA SERNA	739625	721875	1000	MESOZOICO	M	
2418.30001	EBRO/JALON	MOCHALES	AYUNTAMIENTO	740200	722750	1000	JURASICO	M	
2418.30002	EBRO/JALON	MOCHALES	FUENTE NAHARRO	740325	723100	1000	JURASICO	M	
2418.30003	EBRO/JALON	VILLEL DE MESA	EL SALOBRE DE MOCHALES	740925	724525	1040	MUSCHELKALK	M	
2418.30004	EBRO/JALON	MOCHALES	ANTEZUELA	740600	723050	1000	JURASICO	M	
2418.30005	EBRO/JALON	VILLEL DE MESA	AYUNTAMIENTO	742325	726050	1070	MESOZOICO	M	
2418.50001	EBRO/JALON	CLARES	HOYA DE LA FUENTE	730050	715925	1250	JURASICO	M	
2418.50002	EBRO/JALON	MAZARETE	LAS FUENTES	726900	712000	1235	JURASICO	M	
2418.60001	EBRO/JALON	CODES	LA FILA	736900	718900	1220	CRETACICO	M	
2418.60002	EBRO/JALON	CODES	EL BALSÓN	733500	719325	1240	CRETACICO	M	
2418.60003	EBRO/JALON	BALBACIL	FUENTE VIEJA	733525	716800	1280	JURASICO	M	
2418.60008	EBRO/JALON	MOCHALES	SERNA. CAMINO DEL HORCAJO	739325	721175	1000	JURASICO	M	
2418.70003	EBRO/JALON	LABROS	BALSA GRANDE	746750	717825	1280	CRETACICO	M	
2418.70004	EBRO/JALON	LABROS	AYUNTAMIENTO	746700	717650	1265	CRETACICO	M	
2418.70005	EBRO/JALON	AMAYAS	LA FUENTE	742675	719800	1220	JURASICO	M	
2418.80001	EBRO/JALON	HINOJOSA	CERRO DEL CID	747150	716050	1300	CRETACICO	M	
2418.80002	EBRO/JALON	MILMARCOS	LOS MORALES	753175	720875	1000	CRETACICO	M	
2418.80003	EBRO/JALON	MILMARCOS	LA REBOLLADA	753025	721375	1120	CRETACICO	M	
2518.10001	EBRO/JALON	CIMBALLA	FUENTE DEL MOLINO	760200	723550	910	MESOZOICO	M	
2518.10002	EBRO/JALON	CIMBALLA	FUENTE DEL BATAN	759925	724125	915	MESOZOICO	M	
2518.10003	EBRO/JALON	CIMBALLA	FUENTE DEL MOLINO BAJERO	759725	724225	915	MESOZOICO	M	
2518.10004	EBRO/JALON	CIMBALLA	FUENTE DEL MOLINO NUEVO	760625	723175	910	MESOZOICO	M	
2518.10005	EBRO/JALON	CAMPILLO DE A.	AYUNTAMIENTO. FUENTE DEL FUEBLO	755075	726700	1020	TERCIARIO	M	
2518.10006	EBRO/JALON	CAMPILLO DE A.	AYUNTAMIENTO	755250	726550	1030	TERCIARIO	P	
2518.20001	EBRO/JALON	ABANTO	INVESTIGACION DE URANIO C.S.I.C.	767400	726050	1120	CRETACICO	S	
2518.20002	EBRO/JALON	ABANTO	LAS FUENTES. SINDICATO DE RIEGOS	767625	727150	980	JURASICO	M	
2518.20003	EBRO/JALON	ABANTO	VALDENUGUERAS. AYUNTAMIENTO	767225	727225	960	JURASICO	M	
2518.20004	EBRO/JALON	ABANTO	FUENTE DE AGUAS SALADAS. VEGA FARDOS	766650	729175	910	JURASICO	M	
2518.20005	EBRO/JALON	MONTERDE	AYUNTAMIENTO. FUENTE DEL PRADO	763050	729925	890	CRETACICO	M	
2518.20006	EBRO/JALON	ABANTO	FUENTE DE LA VEGUITA. C.H.E.	767625	729025	900	MESOZOICO	M	
2518.20007	EBRO/JALON	ABANTO	VALDENUGUERAS	767100	727800	960	JURASICO	M	
2518.20008	EBRO/JALON	ABANTO	EL PORTILLO. URANIO C.S.I.C.	765300	726200	1075	CRETACICO	S	
2518.20009	EBRO/JALON	ABANTO	EL PORTILLO. URANIO C.S.I.C.	764675	726400	1000	CRETACICO	S	
2518.20010	EBRO/JALON	ABANTO	LAS FUENTES. SINDICATO DE RIEGOS	767650	727100	960	JURASICO	S	
2518.30007	EBRO/JALON	ABANTO	ABASTECIMIENTO	768450	727000	980	JURASICO	S	
2518.50001	EBRO/JALON	FUENTELSAZ	AYUNTAMIENTO	756150	719250	1130	CRETACICO	M	
2518.50002	EBRO/JALON	FUENTELSAZ	AYUNTAMIENTO. FUENTE DE VILLACABRAS	756625	718400	1170	CRETACICO	M	
2518.60001	EBRO/JALON	ALDEHUELA DE L.	FUENTE DEL TORREON. NICOLAS SANCHEZ	767600	719675	980	TERCIARIO	M	
2518.60002	EBRO/JALON	ALDEHUELA DE L.	LA VEGA (CASCO URBANO) AYUNTAMIENTO	767075	719875	1020	TERCIARIO	M	

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS  
Y USO DEL AGUA

## CUENCA DEL RIO JALON

INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS  
DE LA SIERRA DE SOLORIO

PUNTO	PROF	COLUMNA	FECHA INVENT.	FECHA ACTUAL.	N.E.	FECHA	COTA ABSOLUTA	CAUDA L/S	TIPO MOTOR	UTILIZACION DEL AGUA	OBSERVACIONES
2417.10001	75		1978		14.00	18-10-78	756	30	ELECTRICO	REGADIO 6.5 Ha	
2417.10002	120	arcillas	1978					0	NO TIENE		NEGATIVO
2417.10003	4		1978		0.85	18-10-78	779	3		ABASTECIMIENTO	
2417.10004			1979			11-04-79		5	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.10005	123		1987		+	09-04-87		1	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DPZ
2417.20001			1979			11-04-79		5	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.20002	83	12LAG4AG14LAG8AG20L	1979		12.60	11-04-79	787	1	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DPZ
2417.20003			1979			11-04-79		4	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.20004	8		1979		5.60	11-04-79	794		GASOLINA	ABASTECIMIENTO	
2417.20005	12		1987							ABASTECIMIENTO	DPZ SS
2417.20006	40		1987							ABASTECIMIENTO	DPZ SS
2417.30001			1979			11-04-79		3	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.30002			1979			11-04-79		3	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.30003	7		1979		5.20	11-04-79	695	0	GASOIL	REGADIO 2 Ha.	
2417.40001	96	LCYCGC	1979		49.77	20-04-79	630		NO TIENE	ABASTECIMIENTO	T. 28 <sup>o</sup> C. DPZ
2417.40002			1979			20-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.40003	98	53LA45C?	1979		63.70	10-04-79	656	2	ELECTRICO	GANADERIA	
2417.40004	38		1979			20-04-79		3	NO TIENE	FUTURO REGADIO	
2417.40005			1979			20-04-79		14	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	T. 26-34 <sup>o</sup> C
2417.40006			1979			20-04-79		80	NO TIENE	BALNEARIO	T. 34 <sup>o</sup> C
2417.40007	28	Calizas	1979		2.75	20-04-79	677	1	ELECTRICO	INDUSTRIAL	F. COLCHONES
2417.40008			1979			20-04-79		900	NO TIENE	BALNEARIO	T. 34 <sup>o</sup> C. A.GUIM.
2417.40009			1979			20-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.40010			1979			20-04-79		2	NO TIENE	LAVADERO	NO POTABLE
2417.40011	3	Calizas	1979		2.30	19-04-79	698	1	ELECTRICO	GASOLINERA	
2417.40012			1979			10-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.40013	6		1979		1.80	20-04-79	668		ELECTRICO	GANADERIA	LAVADERO
2417.40014			1979			10-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	GANADERIA
2417.40015	60		1970						NO TIENE		NEGATIVO
2417.40016											SIN FICHA
2417.40017											SIN FICHA
2417.40018											SIN FICHA
2417.40019	205	Calizas	1987					35		ABASTECIMIENTO	
2417.50001			1978			18-10-78		8	NO TIENE	REGADIO 15 Ha.	
2417.50002	6		1979		1.65	19-04-79	829	2	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	
2417.50003	27	LGMA	1979		1.32	19-04-79	829		ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DPZ
2417.50004			1979			19-04-79		10	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.50005			1979			19-04-79		1	NO TIENE	NINGUNA	
2417.50006	51	26LAG25C	1987		15.00	09-04-87	875	36	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	D.P.Z.
2417.50007	66	20L30LG1A136c2L	1987		2.50	09-04-87	828	4	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	D.P.Z.
2417.60001			1979			19-04-79		1	NO TIENE	NINGUNA	
2417.60002	56	LAC	1979	1987	5.10	09-04-87	915	2	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DPZ
2417.60003	81	Calizas	1987		4.30	09-04-87	916	4	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	SUST. AL 6002 SS
2417.70001	180	LA	1979						NO TIENE		NEGATIVO
2417.70002			1979			19-04-79		2	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	V. ESTACIONAL
2417.70003			1979			19-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2417.70004	214	60C40AM20L30M50C	1987		1.40	12-04-87	1014	140	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DPZ
2417.80001			1978			19-10-78		100	NO TIENE	AL RIO MESA	T. 25 <sup>o</sup> C

E.P.T.I.S.A. (Zaragoza)

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS  
Y USO DEL AGUA

## CUENCA DEL RIO JALON

INVENTARIO DE PUNTOS ACUIFEROS  
DE LA SIERRA DE SOLORIO

PUNTO	PROF	COLUMNA	FECHA INVENT.	FECHA ACTUAL.	N.E.	FECHA	COTA ABSOLUTA	CAUDA L/S	TIPO MOTOR	UTILIZACION DEL AGUA	OBSERVACIONES
2417.80002			1978			19-10-78		7	NO TIENE	EMBOTELLADO	T. 34 <sup>o</sup> C A. GUIM.
2417.80003			1978			19-10-78			NO TIENE	BELNEARIO	
2417.80004			1978			19-10-78		7	NO TIENE	EMBOTELLADO	T. 34 <sup>o</sup> C
2417.80005			1979			15-03-79		10	NO TIENE	NINGUNA	
2417.80006			1979			15-03-79		1	NO TIENE	GANADERIA	
2418.10001			1979			17-04-79		6	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.20001	8		1979		1.10	17-04-79	1239			ABASTECIMIENTO	
2418.20002			1979			19-04-79		10	NO TIENE	AL RIO MESA	
2418.20003			1979			19-04-79		3	NO TIENE	AL RIO MESA	
2418.30001			1979			19-04-79		15	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.30002			1979			19-04-79		1	NO TIENE	REGADIO 5 Ha	
2418.30003			1979	1987		05-87		25	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.30004			1979			19-04-79		10	NO TIENE	AL RIO MESA	
2418.30005			1979			19-04-79		10	NO TIENE	AL RIO MESA	
2418.50001			1979			17-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.50002			1979			17-04-79		40	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.60001			1979			17-04-79		5	NO TIENE	NINGUNO	
2418.60002			1979			17-04-79		5	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.60003			1979			17-04-79		2	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.60008			1979			19-04-79		100	NO TIENE	REGADIO 15 Ha.	
2418.70003			1979			19-04-79		10	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.70004			1979			19-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.70005			1979			19-04-79		0	ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	
2418.80001			1979			18-04-79		6	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.80002			1979			20-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2418.80003			1979			20-04-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2518.10001			1979			24-01-79		900	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	REGADIO CC2,3,4
2518.10002			1979			24-01-79		55	NO TIENE	REGADIO	150 Ha.
2518.10003			1979			24-01-79		45	NO TIENE	REGADIO	
2518.10004			1979			24-01-79		25	NO TIENE	REGADIO	
2518.10005			1979			14-02-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2518.10006	6		1979		3.61	14-02-79	1026		ELECTRICO	ABASTECIMIENTO	DEPRESION 2 m.
2518.20001	275		1979		40.12	23-01-79	1080		NO TIENE	NINGUNA	INVESTIGACION
2518.20002			1979			23-01-79		18	NO TIENE	REGADIO 50 Ha.	A. QUIMICO
2518.20003			1979			23-01-79		5	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	A. QUIMICO
2518.20004			1979			23-01-79		3	NO TIENE	REGADIO	AL RIO ORTIZ
2518.20005			1979			15-02-79		0	NO TIENE	REGADIO	
2518.20006			1979			15-02-79		4	NO TIENE	NINGUNA	AL RIO ORTIZ
2518.20007			1984			20-05-84		5	NO TIENE	REGADIO 4 Ha.	
2518.20008	200		1984		84.00	20-05-84	991		NO TIENE	NINGUNA	INVESTIGACION
2518.20009	200		1984		58.00	20-05-84	942		NO TIENE	NINGUNA	INVESTIGACION
2518.20010	40		1984		0.93	20-05-84	959		NO TIENE	NINGUNA	
2518.30007	96	30C10L (Keuper)	1985		19.26	06-12-84	961		15	ABASTECIMIENTO	I.G.M.E.
2518.50001		2LAG10LA15CM14CS5C	1979			14-02-79		0	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	
2518.50002			1979			14-02-79		0	NO TIENE	GANADERIA	
2518.60001			1979			14-02-79		2	NO TIENE		
2518.60002			1979	1982		14-02-79		1	NO TIENE	ABASTECIMIENTO	A. QUIMICO

## 6.3 HIDROQUIMICA

Se incluye este epígrafe para mostrar cómo se produce una importante diferenciación química en las aguas de la zona. Considerando los tres puntos de la red histórica de calidad que el IGME controla periódicamente en la zona, se tiene que existe un progresivo aumento en la mineralización de las aguas desde los manantiales de Cimballa, a Jaraba y después Alhama de Aragón.

CONDUCTIVIDADES

<u>PUNTO</u>	<u>Amhos</u>	<u>Desviación</u>	<u>nº de análisis</u>
Cimballa	635	84	9
Jaraba	872	86	11
Alhama	1.115	74	12

Paralelamente a este aumento de mineralización se registra una evolución composicional en cuanto a las sales disueltas en las aguas. Así dibujados los diagramas de Piper-Hill-Langelier (Fig. nº 19 y 20) para los 33 análisis con que se cuenta, se observa una distribución un tanto diferenciada para cada uno de los tres puntos de análisis.

Las aguas de Cimballa son carbonatado sulfatadas cálcicas, el contenido en cloruros se sitúa en 8 de los 9 análisis por debajo del 15% respecto a sulfatos y bicarbonates, por su parte en cationes hay un predominio importante de calcio sobre magnesio, con un contenido en alcalinos inferior al 10% en 8 de los 9 análisis.

Diagrama de Piper-Hill-Langelier

- \* Pallarés (Alhama)
- Sicilia (Jaraba)
- o Cimballa

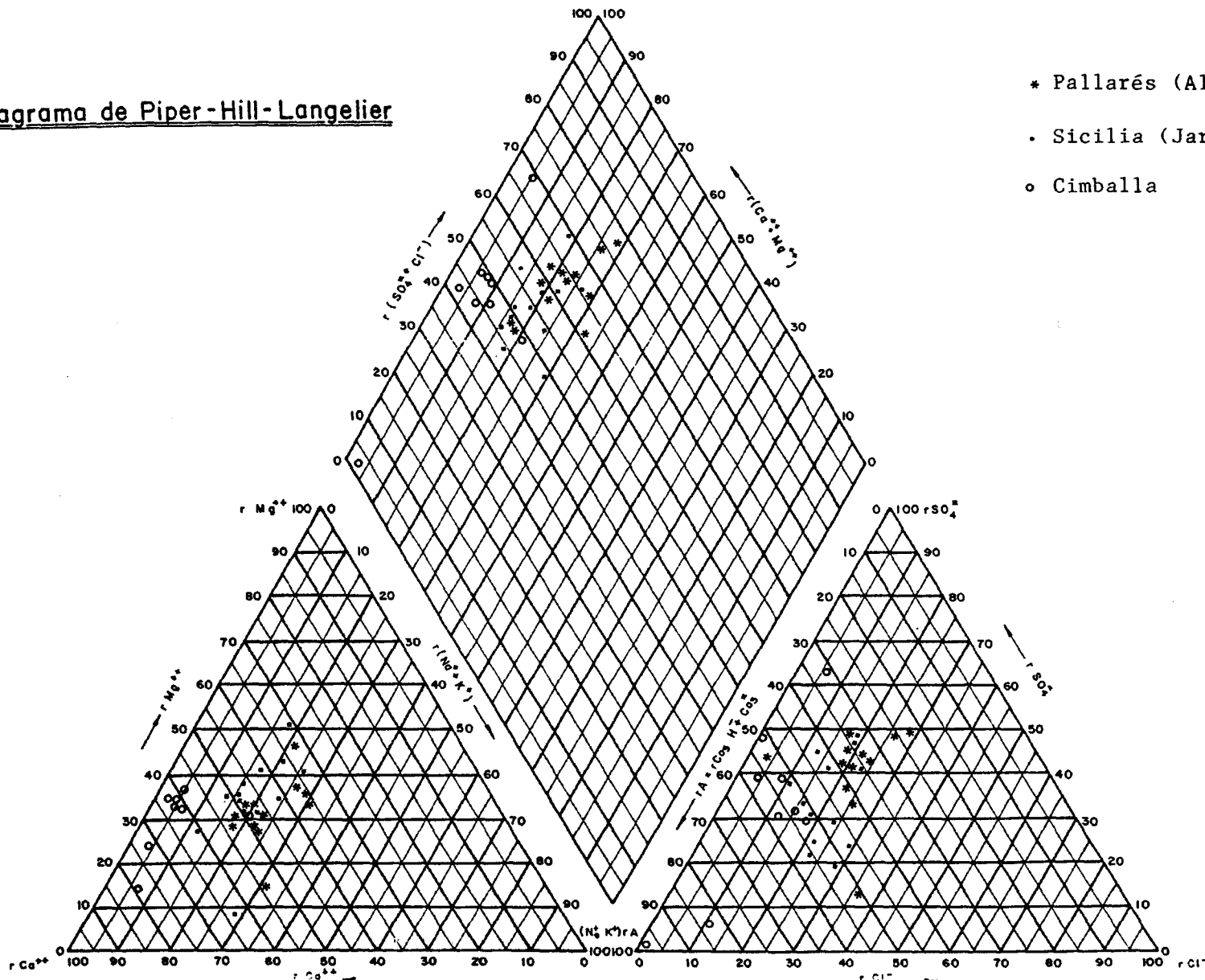


Figura nº 19

Diagrama de Piper-Hill-Langelier

Conductividades Deav. n°

Cimballa	635	84	9
Jaraba	872	86	11
Alhama	1.115	74	12

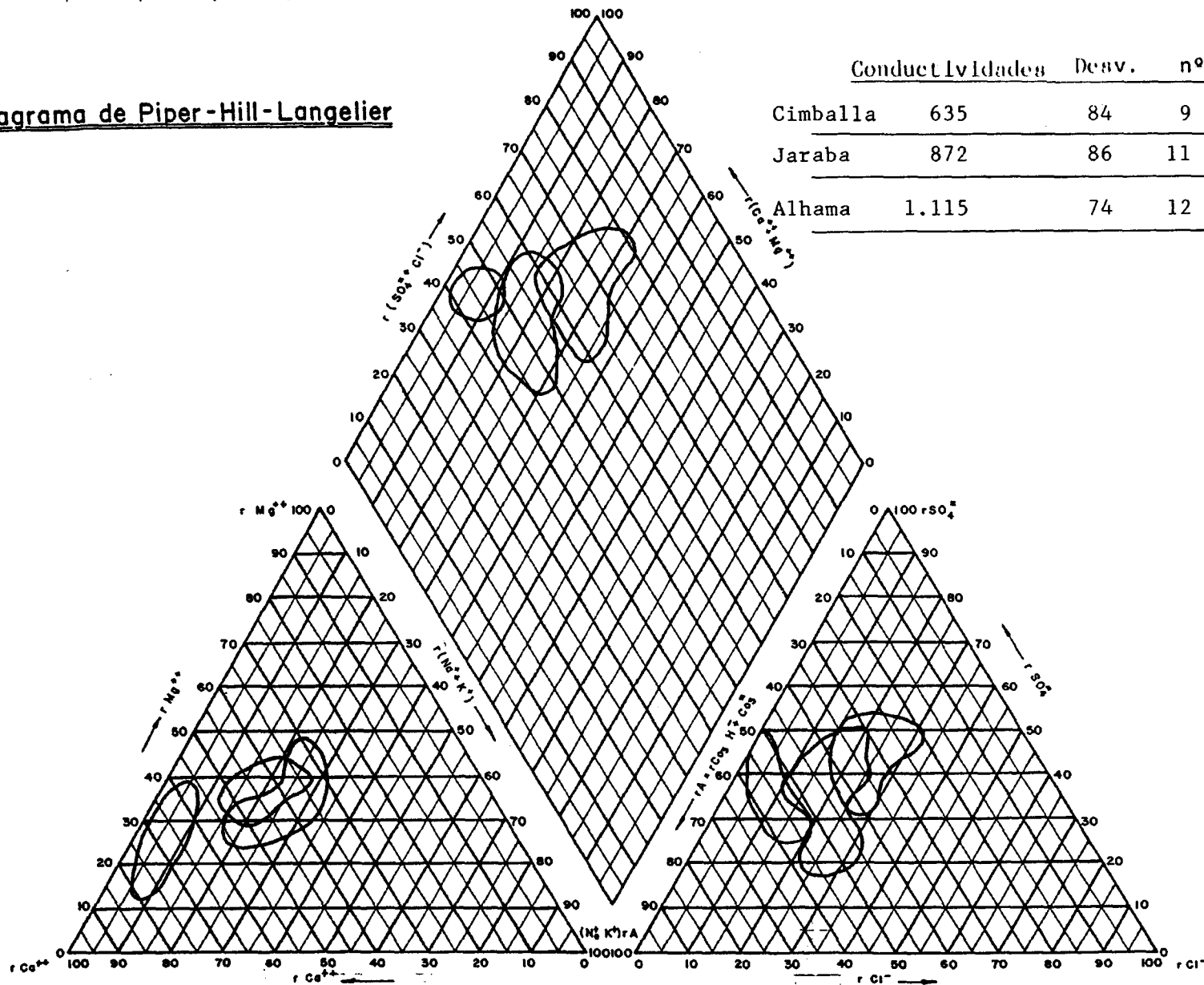


Figura nº 20

Considerando el manantial de Jaraba (Sicilia) se observa que el agua se ha enriquecido en cloruros respecto a la anterior y que paralelamente los contenidos en magnesio y alcalinos son apreciablemente mayores que los anteriores. La composición ahora puede definirse como sulfatada carbonatada cálcico magnésica.

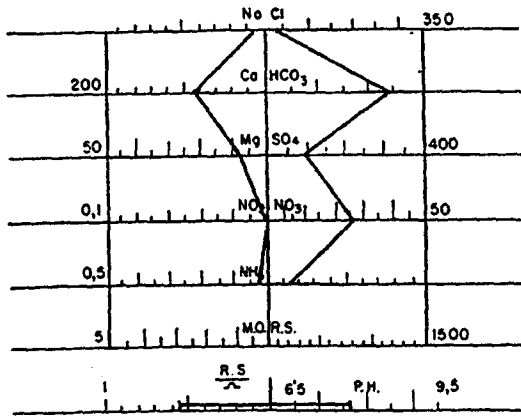
Finalmente el agua de Alhama de Aragón (Termas Pallarés), es la más mineralizada de las tres; respecto a las anteriores muestra un enriquecimiento en cloruros y alcalinos que la conduce hacia el campo de las aguas mixtas, siempre con predominio sulfatado y bicarbonatado. Aquí el anión predominante es el sulfato y la relación Ca/Mg aún siendo mayor de 1 es la más baja de las tres.

La progresiva diferenciación queda reflejada en las figuras 19 y 20 donde se han representado los análisis y los campos que vienen a englobar los puntos más representativos de los tres tipos químicos.

La justificación que se da a este fenómeno puede ser debida a distinta procedencia de las aguas o bien a una progresiva contaminación de un agua poco mineralizada y procedente de acuíferos calizos (Cimballa) con niveles evaporíticos ricos en sulfatos y cloruros de alcalinos y magnesio que van modificando su composición química (fig. nº 21) desde los términos bicarbonatados cálcicos (Cimballa) a sulfatados bicarbonatados cálcico magnésicos (Jaraba) y finalmente hasta aguas casi de tipo mixto. Paralelamente a ello se registra un apreciable aumento de conductividad.

La circulación subterránea en contacto con las margo-evaporitas del Keuper puede justificar este progresivo cambio -composicional, pero para que tenga lugar esta circulación a través de materiales impermeables es preciso que se cree alguna zona de paso preferencial, como por ejemplo fracturas abiertas.

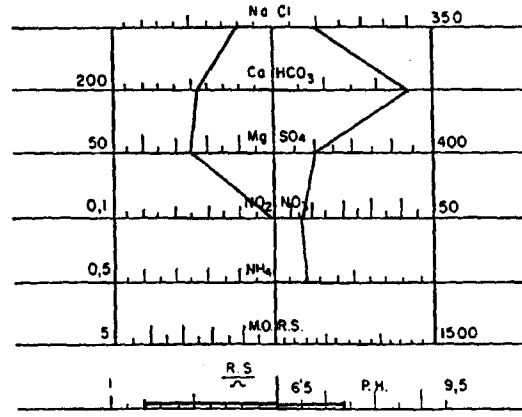
PUNTO : CIMBALLA



LABORATORIO CONTA S.A

FECHA DE MUESTREO 3/87

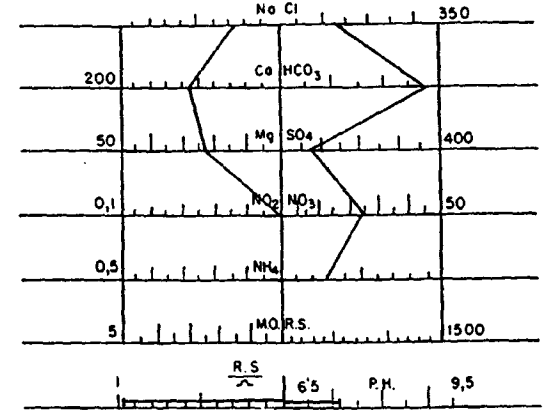
PUNTO: JARABA



LABORATORIO CONTA S.A

FECHA DE MUESTREO 3787

PUNTO: ALHAMA



LABORATORIO CONTA S.A

FECHA DE MUESTREO 3/87

Figura nº 21: Diagramas Poligonales de Stiff

#### 6.4 DEFINICION DE ACUIFEROS

El inventario de puntos acuíferos permite reconocer la existencia de acuíferos implantados en los depósitos aluviales, en las calizas Jurásicas y en las calizas del Cretácico superior; quedan otros horizontes estratigráficos como son el Muschelkalk (Trías medio) y el Terciario, de los que no se tiene constancia clara de su comportamiento hidrogeológico en esta zona.

La litología del Terciario es heterogénea, se han identificado niveles lutíticos impermeables en la zona próxima al Jalón, y niveles conglomeráticos permeables en disposición periférica, marginal a los afloramientos Mesozoicos. El Muschelkalk por su parte no muestra un punto de drenaje claro en el área que se considera ni en puntos limítrofes, no obstante parece presentar la litología adecuada para encerrar niveles acuíferos; cabe suponer consecuentemente que es un nivel desarrollado en profundidad y que si se logra captar en buenas condiciones puede ser capaz de liberar caudales apreciables.

Tratando independientemente cada uno de los tres niveles acuíferos reconocidos en la actualidad, se tiene:

Acuífero aluvial: Se engloba aquí el nivel acuífero instalado en el aluvial del río Jalón aguas arriba de Alhama de Aragón hasta el límite provincial, y también los pequeños acuíferos que se han desarrollado en los rellenos que ocupan los barrancos de la margen derecha.

La geometría que muestra es la propia de los depósitos aluviales, cordones alargados de pequeño espesor; la superficie

total que ocupan es de  $19 \text{ Km}^2$  entre Santa M<sup>a</sup> y Alhama, con una anchura media de 0'8 Km. Se desconoce su espesor pero cabe suponer un máximo de 20 metros y un espesor medio de 10 metros, con lo que el volumen de acuífero sería del orden de los  $190 \text{ Hm}^3$ .

Las captaciones inventariadas más eficientes son las del barranco Pellejero que sirven para el abastecimiento urbano de Ariza, son sondeos de algunas decenas de metros que han intentado captar los aluviones del barranco e investigar el Terciario infrayacente. Los caudales obtenidos, del orden de 1 a 3 l/s, son justos para cubrir las necesidades planteadas. No se conocen captaciones de mayor importancia en el aluvial.

Acuífero Cretácico: Este acuífero es el que se instala en los niveles carbonatados del ciclo superior del Cretácico; según la estructura local, el acuífero será libre o confinado. Se comporta como acuífero libre en todas las muelas aisladas sobre la Formación de Utrillas, como es el caso de la plataforma de Codes drenada por los manantiales 6001 y 6002. Se encuentra confinado allí donde está abierto por sedimentos Terciarios impermeables.

Por sus características litológicas, la porosidad de este acuífero es debida a sus múltiples discontinuidades planares más que a su permeabilidad intergranular.

Los puntos acuíferos más relevantes son los manantiales de Alhama de Aragón y de Jaraba que incrementan los caudales de los ríos Jalón y Mesa. La aportación media de los primeros es de 550 l/s en periodo histórico y de 1.000 l/s para los segundos.

Con los aforos realizados para este proyecto se han calculado las aportaciones actuales en 490 l/s en Alhama y en 330 l/s en Jaraba extrapolando a un ciclo anual los aforos hechos en la primera mitad del año 1.987 y aplicándoles un factor de reducción de 0'7 por no estar incluido el estiaje en el periodo de control.

La potencia de este tramo acuífero se puede considerar de unos 100 metros descontando del total de la columna descrita en el capítulo 3 (Estudio Geológico) los tramos poco permeables. Su extensión por debajo de la depresión de Almazán no puede ser precisada sin los datos de geofísica, pero parece ser de gran entidad.

Este tramo acuífero se prolonga por el Norte, en la margen izquierda del río Jalón; en el informe de 1.980 se justificaba parte de la descarga de los manantiales de Alhama, concretamente un 40% del volumen aportado, como procedente de la otra margen. Incidiendo más en este aspecto cabe mencionar el sondeo que en Embid de Ariza capta este acuífero y también es un punto termal apreciable al igual que en Alhama de Aragón y Jaraba. Este afloramiento Cretácico se prolonga hacia el NW durante 40 Km, adentrándose en la provincia de Soria pero con 13 Km todavía en la de Zaragoza, que además son los más interesantes por ser los de cota topográfica más baja.

Acuífero Jurásico: Se trata de los niveles inferiores (Liásico), concretamente las formaciones inferiores más permeables: Formación Dolomías tableadas de Imón, Formación Brechas y Carniolas de Cortes de Tajuña y en menor medida Formación Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas.

Este acuífero existe en estado libre o muy poco confi-

nado sobre la Sierra de Solorio y allí es donde produce importantes descargas: Mochales y Cimballa.

Queda de cualquier modo, al Norte de estos drenajes, por debajo de los bancos del Cretácico superior, la supuesta - prolongación de los materiales acuíferos del Jurásico, que teóricamente podrá conocerse cuando los datos de geofísica estén disponibles.

Solo existen captaciones que hayan alcanzado estos materiales, en la zona limítrofe marginal, concretamente en Sisamón y quizá en Alconchel, que han permitido evidenciar la presencia de Jurásico bajo los niveles del Cretácico.

## 6.5 EL PAPEL DE LA FRACTURACION

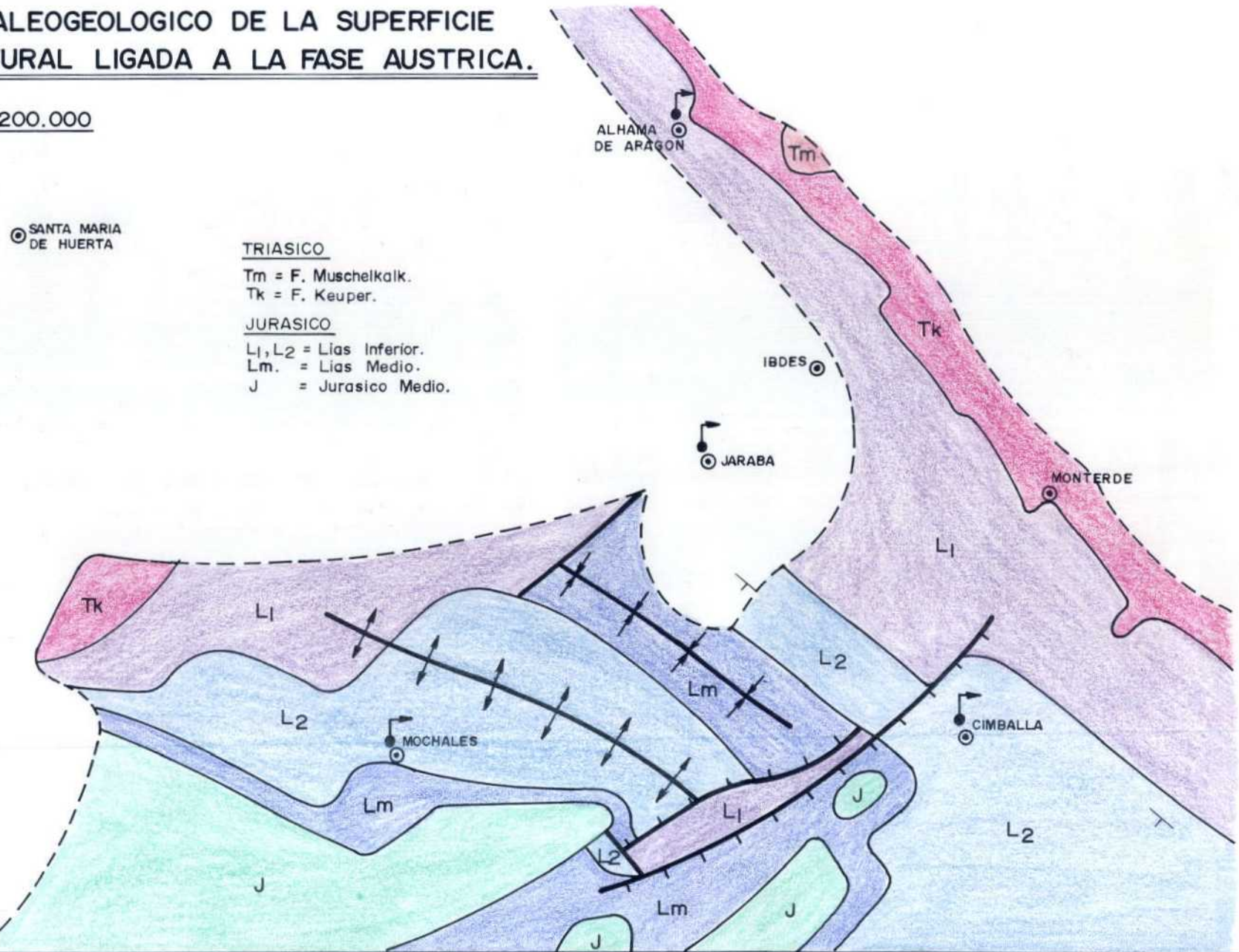
Es mayoritariamente aceptado hoy en día, que la Cordillera Ibérica se generó como el brazo abortado de una apertura oceánica en R-R-R quedando como un aulacógeno entre los geosinclinales. Así pues, desde su origen su estructura está muy ligada a las fracturaciones importantes. ALVARO, CAPOTE y VEGAS (1.980) han puesto de manifiesto cómo una fracturación de fecha tardihercínica ha actuado como directriz tectónica de primera magnitud en la historia de la cadena, ha controlado la distribución de sedimentos y ha condicionado la historia deformacional de la misma.

Las direcciones en que se resolvió la fracturación -- tardihercínica son fundamentalmente dos: la propiamente ibérica 130°-140° y la dirección Segre o Catalánide 220°; no obstante, también se han identificado otras direcciones más secundarias, como la Este-Oeste.

Otros autores ven que la fase Aústrica aparece muy -- condicionada por una directriz que interpretan como reflejo de la fracturación tardihercínica en el área del Maestrazgo turolense; aquí se ha realizado un mapa peleogeológico del muro del depósito de la Formación de Utrillas (figura nº 22), donde queda señalada la geología aflorante en aquel momento, en esta reconstrucción se manifiestan como direcciones estructurales predominantes, la propiamente ibérica, la dirección Segre y también -- otra dirección menos definida que puede considerarse como Guadarrama.

# MAPA PALEOGEOLÓGICO DE LA SUPERFICIE ESTRUCTURAL LIGADA A LA FASE AUSTRICA.

ESCALA 1:200.000



La dirección ibérica parece ser la del plegamiento, aparentemente muy suavizado, la dirección Segre condiciona una fracturación reconocida al Oeste de Cimballa y al SW de Jaraba. Estas alineaciones tectónicas ligadas a las deformaciones de fase Aústrica, parece ser que se prolongaron durante el ciclo superior del Cretácico, así MELENDEZ ( 1.983 ) señala la presencia de unos accidentes paleogeográficos de dirección Segre que son los siguientes:

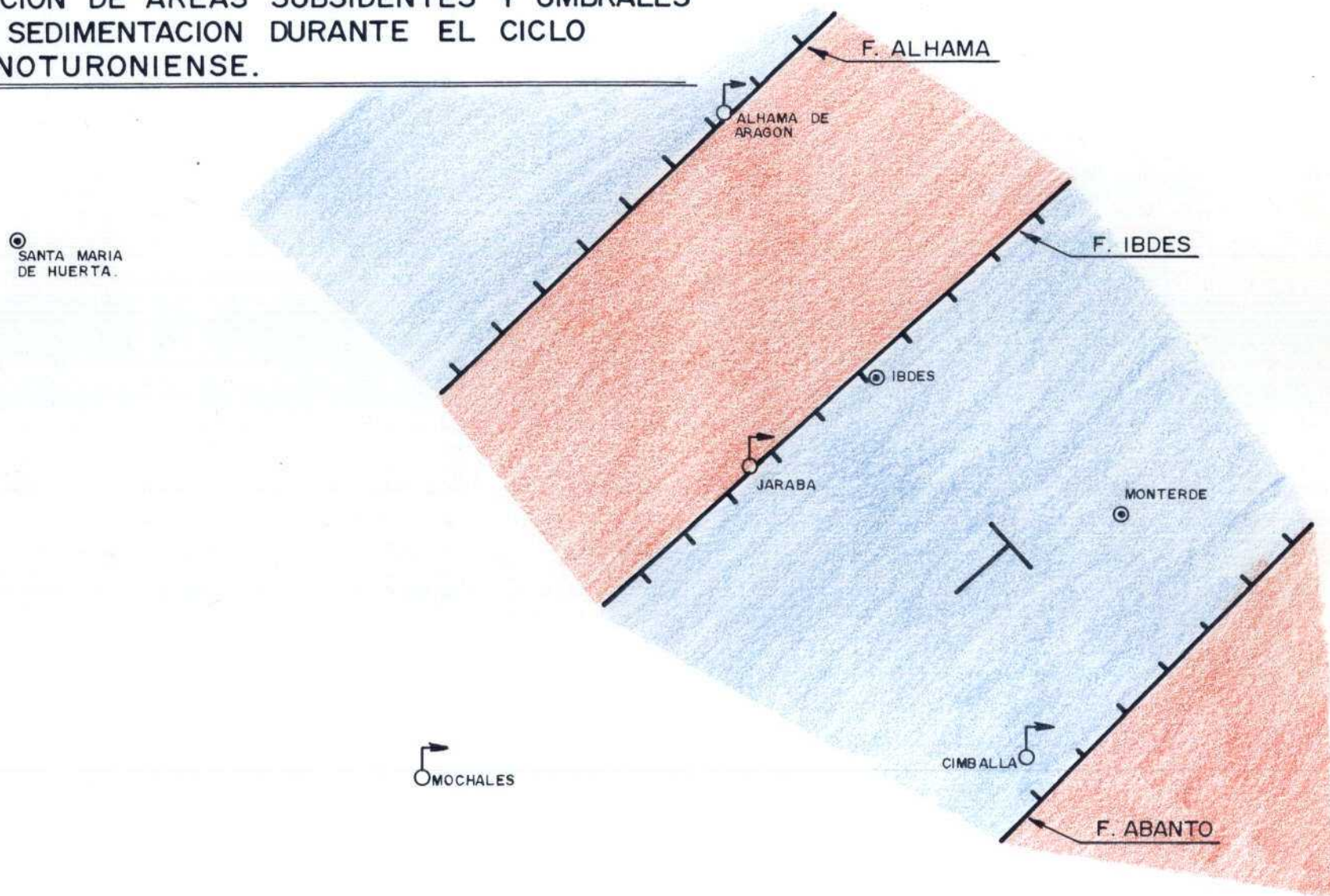
- Fractura de Alhama de Aragón, que delimita un área subsidente hacia el Norte.
- Fractura de Ibdes, que con la de Alhama, individualizan un pequeño umbral menos subsidente.
- Fractura de Abanto que limita por el Norte el área de umbral de Gallocanta que se prolongaría hasta la nueva fractura de las Cuerlas-Piqueras al SE.

La disposición de estos accidentes queda reflejada en la figura nº 23 a escala 1:200.000.

Es fácil comprobar que la fracturación esbozada en el mapa paleogeológico concuerda con los accidentes paleogeográficos de Melendez (1.981).

Observando ahora la fracturación actual, y para ello se ha dividido el área de trabajo en cinco zonas, se obtiene una distribución de fracturas a escala cartográfica tal y como aparece representado en las rosas de los vientos de la figura nº 24. En la periferia del umbral de Ateca domina la dirección ibérica, la dirección Guadarrama aparece bien representada en la zona de Jaraba y queda esbozada al Este de Mochales. Entre Cimballa y Mochales se registran máximos de segundo orden coinci-

DISTRIBUCION DE AREAS SUBSIDENTES Y UMBRALES PARA LA SEDIMENTACION DURANTE EL CICLO CENOMANOTURONIENSE.



dentes con las direcciones Ibérica y Guadarrama, apareciendo un importante pico en la del Segre pero apreciablemente occidentalizada.

Aparece con claridad una repetida coincidencia entre las direcciones de fracturación tardihercénicas y las demás estructuras que se han venido registrando a lo largo de la historia geológica alpina.

Finalmente se ha procedido a un delicado trabajo de campo encaminado a estudiar las características microtectónicas que sirven para obtener los elipsoides de deformación en puntos característicos de la zona: Alhama de Aragón, área de embalse de la Tranquera y proximidades de Calmarza; los estereogramas correspondientes aparecen representados en el plano nº 4.

Se ha realizado la medición de estrías de falla, planos, estilolitos y cualquier otro tipo de indicador de movimiento.

# DISTRIBUCION DE FRACTURAS

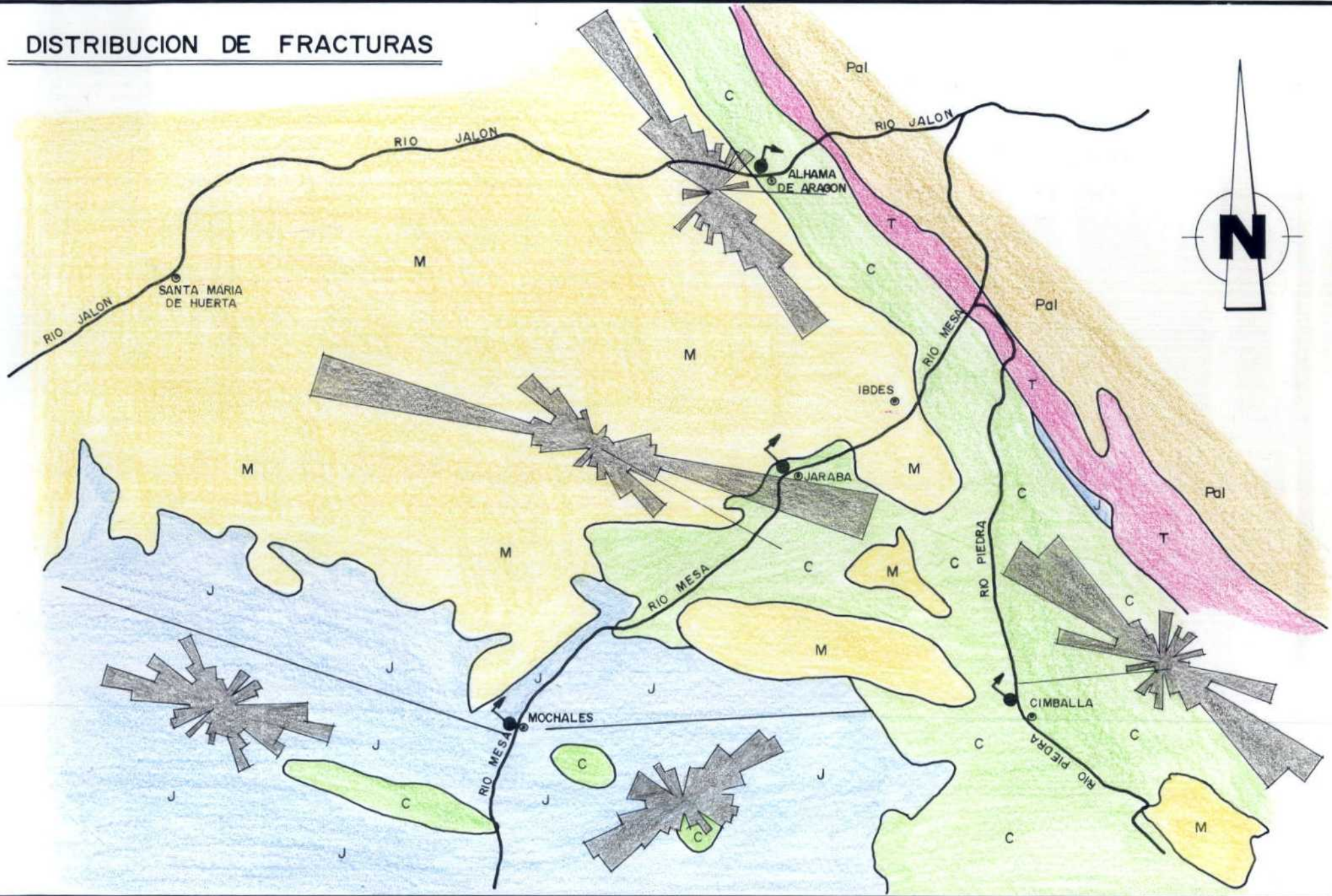


FIGURA Nº 24

## 6.6 HIPOTESIS GLOBAL DE FUNCIONAMIENTO

Cuando se realizó el estudio general del subsistema acuífero Sierra de Solorio no se especificó un funcionamiento particular para justificar drenajes, apuntándose únicamente - grandes cifras.

Las entradas por precipitaciones en la Sierra se resolvían a través de la salida a cuatro ríos; el Jalón como más importante recibía aportaciones en cabecera directamente o gracias al arroyo de la Mentirosa, de forma que en Jubera llevaba un caudal medio de 550 l/s, más abajo el río Blanco aportaba - 350 l/s, el Nájima 400 l/s, los barrancos de la margen derecha 500 l/s, el Henar 200 l/s y finalmente los manantiales de Alhama 500 l/s, otras salidas eran al Tajuña (300 l/s), al Mesa -- (2.100 l/s) y al Piedra en Cimballa (1.400 l/s).

En el estudio particular por acuíferos se citaban los puntos más importantes por los que tenía lugar la descarga precisando sus caudales y comparando con la superficie y la precipitación. Observándose que el balance cuadraba con un 30% de -- coeficiente de infiltración para el acuífero Jurásico y del 45% para el Cretácico.

Se consideraban los manantiales termales de Alhama y Jaraba como salidas del acuífero Cretácico que se encontraba - muy hundido por la acción de una falla.

Hoy se aporta un nuevo conocimiento al funcionamiento hidrogeológico de estos niveles acuíferos, a la luz de los nuevos conocimientos de geología estructural de la zona, y la evolución geoquímica de las aguas consideradas.

Debido al importante papel desempeñado por la fracturación, capaz de comunicar los niveles acuíferos entre sí, a través de las fracturas existentes que se encuentran en un contexto distensivo, el esquema de funcionamiento debe considerar la interrelación entre los niveles permeables.

El agua que procede de las precipitaciones (lluvia o nieve) cae sobre la Sierra y se infiltra, descarga según le corresponda por alguno de los colectores periféricos; en el borde Septentrional, que es el considerado en este trabajo, la escorrentía subterránea fluye hacia el Norte según su gradiente hasta que se ve interrumpida por la barrera de Trías superior que aflora discontinuamente en el frente de la cadena, ello condiciona las importantes descargas en los puntos de menor cota: Mochales y Cimballa.

La circulación dentro del acuífero, al igual que su propia permeabilidad, no se trata de un flujo intergranular como sería el caso con una litología detrítica gruesa, sino que más bien el almacén se realiza en juntas y diaclasas, y la circulación será principalmente a favor de las grandes fracturas abiertas.

Así, en la zona al Oeste del río Mesa la fracturación condiciona un flujo en dirección Guadarrama y sentido hacia el ESE y en la otra margen la dirección sería SW y sentido hacia el río para perder cota; con ello se justifica notablemente la descarga en Mochales.

Por otra parte, las importantes alineaciones ibéricas conducirían el agua procedente de la zona de Gallocanta y conectarían con el flujo que la Sierra de Solorio vertiese hacia

esa subcuena. La importancia de esta fracturación permite que exista un flujo remanente, no drenado en superficie que aprovechando esas discontinuidades se dirija hacia el Noroeste, bien hasta Alhama de Aragón o bien conectando con la fracturación - Guadarrama vaya hacia Jaraba y resto de materiales permeables al Norte del umbral Triásico de la Sierra. Hay que señalar también como colector de importancia, el accidente paleogeográfico coincidente con el Mesa, que puede favorecer el drenaje diferido desde la zona de Mochales hasta Jaraba, donde interseccionaría con la otra familia de fracturas.

Esta explicación justifica la evolución química registrada. ya que permitiría el flujo en contacto con el Keuper, e igualmente sirve para elaborar una primera hipótesis de explicación del termalismo, ya que tan solo se ha encontrado en aguas que según nuestro esquema de funcionamiento han estado en contacto con el Keuper.

La fuente de calor es desconocida, se especula con la posibilidad de que la entrada en contacto con el Keuper del agua procedente de la Sierra de Solorio dé lugar a la hidratación de las anhidritas; este proceso diagenético es apreciablemente exotérmico y al producirse en el Keuper que se comporta como un buen conductor térmico, daría lugar al calentamiento de todas las aguas situadas al Norte de la barrera de Keuper, ya que se habrían visto obligadas a circular en contacto con las evaporitas. En cualquier caso, la justificación de este proceso termal requeriría de técnicas no utilizadas en este trabajo ya que no es el objetivo que se persigue.

En la actualidad, después de venir sufriendo un importante periodo de sequía el balance que se planteó para la --

ocasión del trabajo de 1.980, debe ser reconsiderado; concretamente en la vertiente Norte de Sierra (área objeto de este trabajo).

No obstante y a pesar de carecer de los suficientes datos de aforo, dado el corto periodo del control que abarcó este proyecto, conocidos los nuevos valores de coeficientes de escorrentía calculados en el capítulo 4 (Análisis Climatológico), puede realizarse una estimación de la disminución en reservas que ha tenido lugar. De esta manera realizando una cartografía de isoyetas de lluvia útil y planimetrando las superficies de teórica infiltración (plano 4) se obtiene una cifra de las entradas al acuífero por lluvia de  $85 \text{ Hm}^3/\text{año}$  para el periodo en cuestión 1.981-1.986, se ha aplicado una lluvia útil de  $65 \text{ mm/año}$  extrapolando los datos obtenidos en las estaciones pluviométricas hasta zonas más altas de la Sierra de Solorio. Cabe señalar también la aportación procedente de Gallocanta que en trabajos anteriores se evaluó en  $6'5 \text{ Hm}^3$  y con ello se completarían unos  $92 \text{ Hm}^3/\text{año}$  de entradas (para este periodo seco).

De los resultados de los aforos realizados para este proyecto se alcanza una cifra de salidas, sumando los ríos Piedra, Mesa y Jalón en Alhama de unos  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  para la primera mitad del año, si se supone que el año completo es algo menor ya que falta el periodo de estiaje y se reduce arbitrariamente esta cifra a  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  para todo el año, quedan unas salidas totales del orden de los  $94'5 \text{ Hm}^3$  que pueden considerarse del mismo rango que las entradas vista la falta de precisión en el cálculo, y así puede decirse a "grosso modo" que los recursos de agua subterránea de la Sierra de Solorio en la vertiente del Jalón, Mesa

y Piedra es de unos 100 Hm<sup>3</sup>/año a falta claro está de una determinación más precisa que requeriría controles limnimétricos diarios durante al menos un ciclo anual completo, en puntos como - Mochales antes y después de los manantiales, Cimballa, Jaraba, Alhama y además puntos de control intermedios.

La cifra de reservas sería todavía más arriesgado aventurarla ya que para ello se haría preciso conocer la importancia de los acuíferos Mesozoicos bajo la depresión Terciaria.

**EPTISA**

CAPITULO VII

POSIBILIDADES DE UTILIZACION DEL ACUIFERO

## 7.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DEL ACUIFERO

### 7.1 PLANTEAMIENTO GENERAL

El esquema conceptual de funcionamiento que se ha expuesto en el apartado precedente, explica como el agua entra al acuífero procedente de la infiltración por lluvia y desde allí recorre un camino a través de fracturas abiertas hasta llegar a descargar en los conocidos manantiales que se indican. Pueden individualizarse regionalmente zonas del acuífero donde tienen lugar o al menos son claramente predominantes algunas de las funciones (recarga, transporte, drenaje) descritas, definiendo así zonas de recarga, de conducción o transporte y de drenaje. Sobre este esquema de funcionamiento natural pueden añadirse algunos otros fenómenos que tienen lugar en el acuífero como la explotación, las zonas de riegos y en fin todas aquellas actuaciones que influyan sobre el acuífero.

El mapa nº 4 pretende presentar la distribución de estas zonas que en ocasiones pueden superponerse dando lugar a la aparición de zonas mixtas.

Para cada zona por separado, se pretende establecer una serie de consideraciones geométricas e hidrogeológicas que den lugar a un mejor planteamiento de la utilización del acuífero. El fin último de este planteamiento será lógicamente el poder acceder a la utilización de la mayor parte de los recursos con que cuenta, es decir, la regulación total respetando como es natural los derechos adquiridos en las zonas de drenaje y los caudales ecológicos precisos para conservar los habitat que

se han producido en puntos concretos: Cañón de Calmarza, Jaraba, Alhama de Aragón.

La compleja labor que se expone desborda ampliamente los objetivos de este informe, pero se considera preciso hacer mención de estos aspectos antes de abordar la ubicación de sondeos que den lugar a una explotación intensa.

Como se ha comentado anteriormente la falta de tiempo de control, debido a la propia limitación de tiempo con que se plantea el proyecto, ha impedido contar con ciclos anuales completos de aforo, no pudiendose conocer con exactitud las cifras de recursos y teniendo que limitarnos a unas consideraciones que pretenden ser lo más objetivas posibles.

Estudiando por separado cada una de las zonas expuestas, se pretende llegar a conocer los volúmenes de agua disponibles para una futura explotación. Así pues, se hacen en las zonas concretas semibalances parciales que finalmente se integrarán en un balance final.

Se plantea pues, la existencia de una zona de recarga que recibe la infiltración de la lluvia, una zona de transporte que conduce el agua infiltrada desde la zona de recarga, unas zonas de drenaje por donde sale el agua traída por la zona de transporte, una zona de explotación que es en la que tiene lugar el actual aprovechamiento y una zona de apoyo a la gestión donde pueden plantearse las futuras actuaciones.

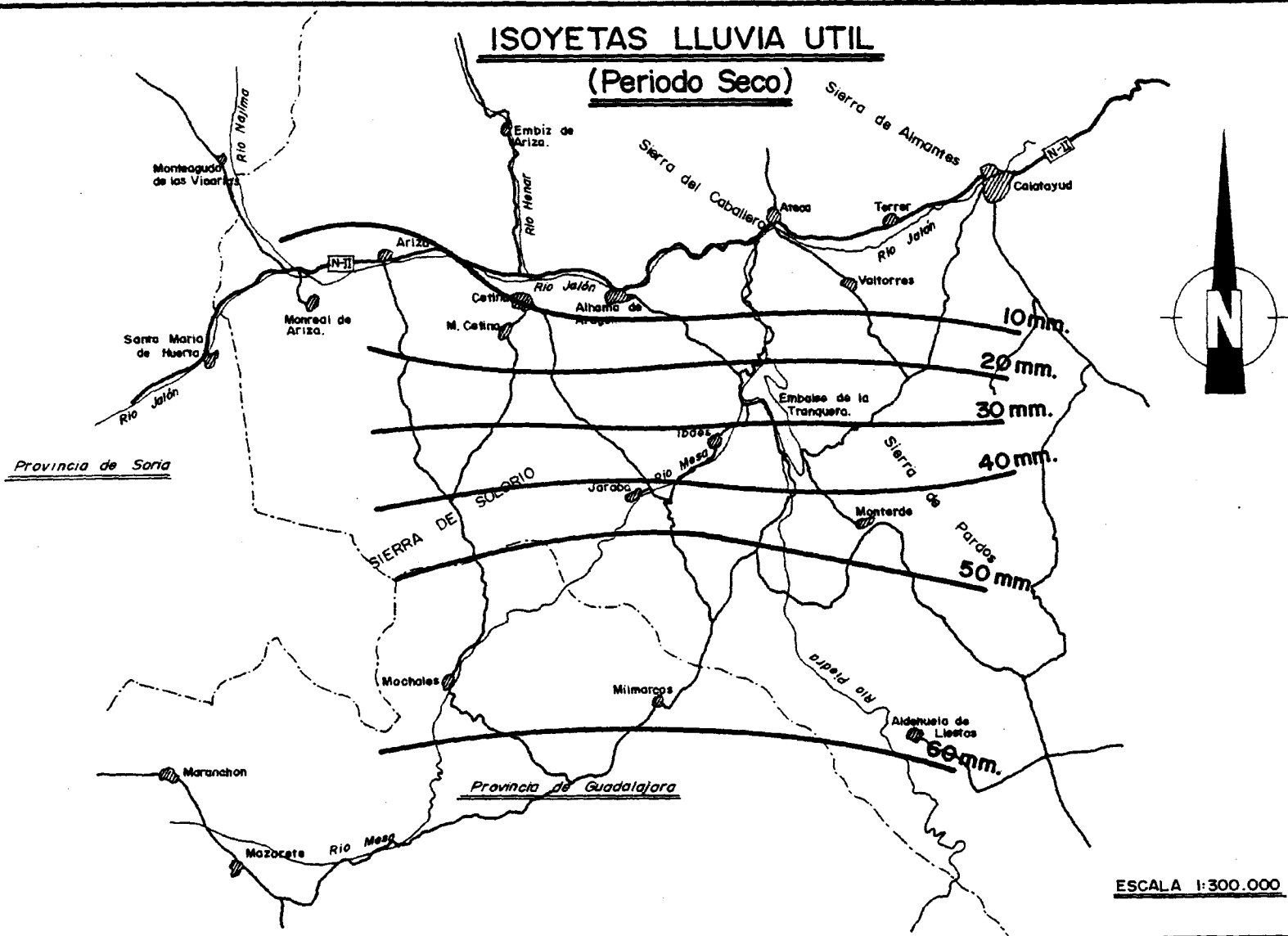
## 7.2 ZONAS DE RECARGA

Se considera como tal toda el área de afloramientos calizos situados al Sur de la zona de estudio y situada dentro de la cuenca del río Jalón, Mesa, Piedra y Ortiz. Es un área - topograficamente elevada y de relieve suave con buzamientos bajos subhorizontales.

La cota de la zona de recarga puede situarse de modo general por encima de los 1.000 m.s.n.m, y la precipitación, - más intensa que en el resto, es del orden de los 400 mm en años secos y de 500 mm en un periodo histórico medio según el ciclo de los últimos treinta años.

Realizado el balance hídrico para el periodo seco --- 1.981-86 se obtiene un coeficiente de escorrentía cifrado entre un 13 y un 14% de la lluvia total; de este modo y calculado en concreto para cada estación se puede dibujar el mapa de isoyetas de lluvia útil que se presenta como figura nº 25 en el que la zona montañosa marginal recibe una lluvia útil entre 50 y 60 mm/año para el periodo seco 1.981-86, logicamente será superior en las áreas más elevadas de la Sierra con lo que puede estimarse aún siendo conservadores, que la lluvia útil media superará los 65 mm/año seco. Con esto se tiene que la escorrentía total sobre -- una superficie de 1.300 Km<sup>2</sup> que constituye la totalidad de la zona de recarga alcanzaría la cifra de 85 Hm<sup>3</sup>, que durante un año equivale a un caudal continuo de 2.700 l/s, mientras que en el balance que se planteó en 1.980 para un periodo medio, la aportación anual era del orden de los 180 Hm<sup>3</sup>/año.

# ISOYETAS LLUVIA UTIL (Periodo Seco)



Individualizando la cuenca del río Mesa con una superficie en la zona de recarga de  $250 \text{ Km}^2$ , le corresponde una escorrentía de 500 l/s de media para este periodo, con lo que 2.200 l/s quedan para el resto, incluyendo logicamente los manantiales de Jaraba.

La lluvia útil cae sobre la zona de recarga concentrada entre los meses de Noviembre y Febrero y practicamente no existe en el resto del año. Esto debe valorarse con el fin de permitir una infiltración libre de agentes contaminantes, evitando la implantación de vertederos o los tratamientos químicos del suelo que de forma extensa pueden tener lugar en estos periodos.

En cuanto al porcentaje de escorrentía que da lugar a infiltración respecto del total, es difícil determinarlo a priori, y se estimará por el método inverso viendo el caudal de los ríos y el aportado por los manantiales.

### 7.3 ZONAS DE CONDUCCION O TRANSPORTE

En el capítulo de Geología y también en el apartado dedicado al funcionamiento, se ha hecho referencia a la importancia que la fracturación tiene en este acuífero y se ha comentado como es a través de las fracturas por donde tiene lugar la circulación desde las zonas de recarga a los puntos de drenaje.

Existen al menos tres zonas de circulación preferenciales, la primera situada en el borde Occidental del umbral de Ateca, la segunda de Gallocanta hacia Cimballa, y la tercera desde el valle del río Mesa antes de Jaraba en dirección Este-Oeste.

Estas zonas de circulación preferencial transportan -- agua desde las áreas elevadas de la Sierra a los puntos de drenaje en Cimballa, Jaraba y Alhama de Aragón, además actúan a modo de gran colector recogiendo todo el recurso de fracturillas anejas.

En la zona marginal al umbral de Ateca aparece claramente definida una dirección ibérica en las alineaciones de fracturas mayores, orientación 140-150 para un 23% de la fracturación y ejes de pliegue.

Entre Gallocanta y Cimballa la fracturación presenta dos direcciones de máximo bien definidas, de un lado la propiamente Ibérica (120-140) y de otro la Guadarrama (100-110); la primera aparece en un 50% de las lineaciones y la segunda en un 15%. Logicamente parte del flujo que procedente de Gallocanta entra en este Subsistema acuífero según el trabajo de 1.980, deberá hacerlo aprovechando esa fracturación Ibérica y consecuente-

mente irá a descargar directamente a Cimballa o bien se repartirá entre Jaraba y Alhama. En el borde Norte de la Sierra, próximo a los afloramientos Mesozoicos presenta una orientación 100-110, Guadarrama, claramente dominante; cabe suponer por tanto - que la mayor parte del flujo proviene de la zona del Mesa y Piedra, y además recoge para llevarlo hacia Jaraba el escaso flujo que pueda proceder de la zona del Solorio en la margen izquierda del Mesa.

Estas líneas o zonas de conducción hasta ahora citadas hacen referencia a una conducción poco profunda y en buena medida libre, no obstante, tal y como se ha justificado con anterioridad, existen otras direcciones de fracturación de gran importancia que pueden dar lugar a otra circulación más profunda y confinada, es decir, a presión. Estas nuevas direcciones corresponden con las grandes fracturas de zócalo, la marginal al umbral de Ateca, la coincidente con el valle del Mesa y la marginal por el Norte a la Sierra de Solorio; estos accidentes profundos desempeñan un importante papel en el termalismo al conectar con las margoevaporitas Triásicas las aguas bicarbonatadas de los acuíferos calizos.

En el plano nº 4 se han dibujado estas zonas de circulación preferencial indicando la orientación predominante de la fracturación.

En cuanto al volumen de escorrentía que es transportado puede establecerse la consideración de que será todo el de recarga menos el que ya ha sido drenado a los ríos, de este modo puede levantarse una malla sobre el acuífero con varias celdas, una entre Gallocanta y Cimballa, otra entre Cimballa y Jara

ba, otra entre Jaraba y Alhama, dos para las dos márgenes del Mesa y una última para el borde de la Sierra de Solorio por el Norte.

Realizar el balance de cada retículo permitirá conocer los recursos de cada celda cara a plantear su explotación.

#### 7.4 ZONAS DE DRENAJE

El drenaje se realiza por puntos precisos y determinados, allí donde la superficie topográfica corta a la piezométrica y la estructura geológica local lo facilita. Tal es el caso del área de Mochales, de Cimballa, de Jaraba y de Alhama de Aragón.

En Mochales se produce por contacto directo de las calizas Jurásicas con las margoevaporitas Triásicas impermeables; durante el tiempo en que se ha prolongado el control para este proyecto puede decirse que éste era el nacimiento del río Mesa ya que prácticamente no traía agua de más arriba; los aforos realizados desde Enero a Junio arrojan un valor medio de 1.200 l/s, siendo este el periodo más húmedo del año, con lo que la media anual deberá ser sensiblemente inferior, quizá por debajo del metro cúbico.

Los manantiales de Cimballa reflejan una situación parecida a los de Mochales, aquí rebosa el flujo proveniente de Gallocanta y del borde del umbral de Ateca conducido por una fracturación ibérica. Cimballa ocupa un lugar en que la fracturación cambia a dirección Guadarrama, el flujo se ve dificultado, el Keuper está próximo y el resultado es la descarga del acuífero al río Piedra. Aforado a la salida del Monasterio de Piedra el río ha venido llevando durante el periodo de control (Enero-Junio 1.987) un caudal medio de 1.677 l/s, cifra poco representativa si se considera que es medio año y que además coincidiendo con las lluvias de Febrero el río alcanzó los 3.500 l/s en el momento que se realizó el aforo. En el estudio

regional de 1.980 se proponía un caudal medio anual de 1.400 l/s.

Todo el excedente que no sale por Cimballa y puede continuar gradiente abajo, junto con el excedente que no sale por Mochales y es conducido por la gran fractura que sigue la traza del río Mesa, dan lugar a los manantiales de Jaraba, -- punto de menor cota en el valle del Mesa y con un claro condicionante tectónico que limita el flujo hacia el Norte. Los -- aforos realizados en el río Mesa, aguas abajo de la zona de - drenaje de Jaraba, han permitido calcular un caudal medio de 1.675 l/s, lo que significa que la aportación de los manantiales de Jaraba, por comparación entre este aforo y el de los manantiales de Mochales en Calmarza, ha sido de unos 475 l/s durante el periodo de control, así pues se estima un caudal anual medio del orden de los 400 l/s.

Finalmente todo el recurso excedentario que no ha sido drenado en las áreas mencionadas sigue un camino a favor de las fracturas y discontinuidades abiertas hasta llegar al punto de menor cota regional que coincide con los manantiales de Alhama de Aragón, allí coinciden las aportaciones profundas conducidas por las fracturas de gran entidad con las conducidas por la fracturación reciente de dirección ibérica.

El fenómeno geológico que permite el drenaje es unicamente el ser el punto de menor cota, el flujo subterráneo no -- puede continuar Jalón abajo porque lo impide la gran barrera impermeable constituida por el umbral de Ateea. Los aforos diferenciales realizados en el Jalón antes y después del área de -- drenaje de Alhama han dado como resultado una aportación media

en Alhama de Aragón de unos 700 l/s durante el periodo considerado, que anualmente debe ser apreciablemente inferior. En el estudio de 1.980 el caudal aportado por los manantiales de Alhama se cifró en 500 l/s.

A modo de conclusión del drenaje, sumando las aportaciones de los ríos Mesa después de Jaraba, Piedra en la estación del Monasterio y Jalón aguas abajo de Alhama de Aragón, se tiene un drenaje total en el periodo Enero-Junio de 1.987 de unos 4 m<sup>3</sup>/s que a lo largo de todo el año puede reducirse a unos 3.000 l/s con lo que se tiene una cifra orientativa de los recursos anuales drenados de forma natural de 95 Hm<sup>3</sup>/año seco, cifra semejante a los 100 Hm<sup>3</sup>/año mencionados en el balance apuntado.

## 7.5 ZONA DE EXPLOTACION: BALANCE

Vistas las características geométricas e hidrogeológicas del acuífero y visto el esquema general de funcionamiento, conocidas las áreas de recarga, de transporte y de drenaje, es necesario antes de plantear la explotación del mismo el realizar al menos un balance sencillo y orientativo del acuífero para ver las posibilidades de explotación en el caso de que se lograsen captaciones importantes.

Independientemente de este criterio la iniciativa privada ha realizado algunas captaciones y también lo ha hecho la Diputación Provincial de Zaragoza para solventar problemas de abastecimiento de agua potable en algunos municipios, estos trabajos han servido como un precedente de gran importancia para conocer el subsistema acuífero.

En la actualidad la práctica totalidad de los sondeos que hay en explotación, exceptuando 2 ó 3 de poca importancia, se utilizan para el abastecimiento urbano de agua; en este sentido merecen especial mención los sondeos de Contamina y de Sisamón, con caudales de 40 y 140 l/s respectivamente, pero que evidentemente no trabajan ni mucho menos a este ritmo ya que la demanda de agua para consumo urbano es muy baja. No existe en consecuencia lo que puede denominarse una explotación del acuífero; en el balance no es necesario contemplar las extracciones por bombeo, limitándonos a plantear la ecuación:

$$\underline{\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Variación de almacenamientos}}$$

Así el balance realizado después de plantear el funcionamiento abarcaba grandes números y hace referencia a todo el acuífero en conjunto; allí se han valorado los recursos en una cifra del orden de los  $100 \text{ Hm}^3/\text{año}$  que no pretende ser más que orientativa; ahora individualizando cada uno de los retículos a que antes se ha hecho referencia puede plantearse un nuevo sistema donde porcentualmente puede verse lo que es susceptible de ser regulado en cada zona. En la figura nº 26 se presenta un esquema simplificado donde aparece cada módulo del acuífero tal y como se han diferenciado, señalando en los mismos la dirección del drenaje y por así decirlo la pared permeable del módulo semejando un modelo analógico.

Para estimar las descargas anuales se ha considerado el 75% de la media del periodo húmedo cifra con la que se logra un balance aceptablemente cuadrado que sirve para justificar el esquema de funcionamiento más que para tener una validez propia dada la falta de medidas. Según el esquema propuesto no se tiene acceso a la totalidad de los recursos desde cualquier punto del acuífero sino que cada una de las zonas diferenciadas tiene en apariencia, un comportamiento propio y su propio balance. De acuerdo con esto, los recursos para cada zona serían:

Zona A:  $15 - 20 \text{ Hm}^3$

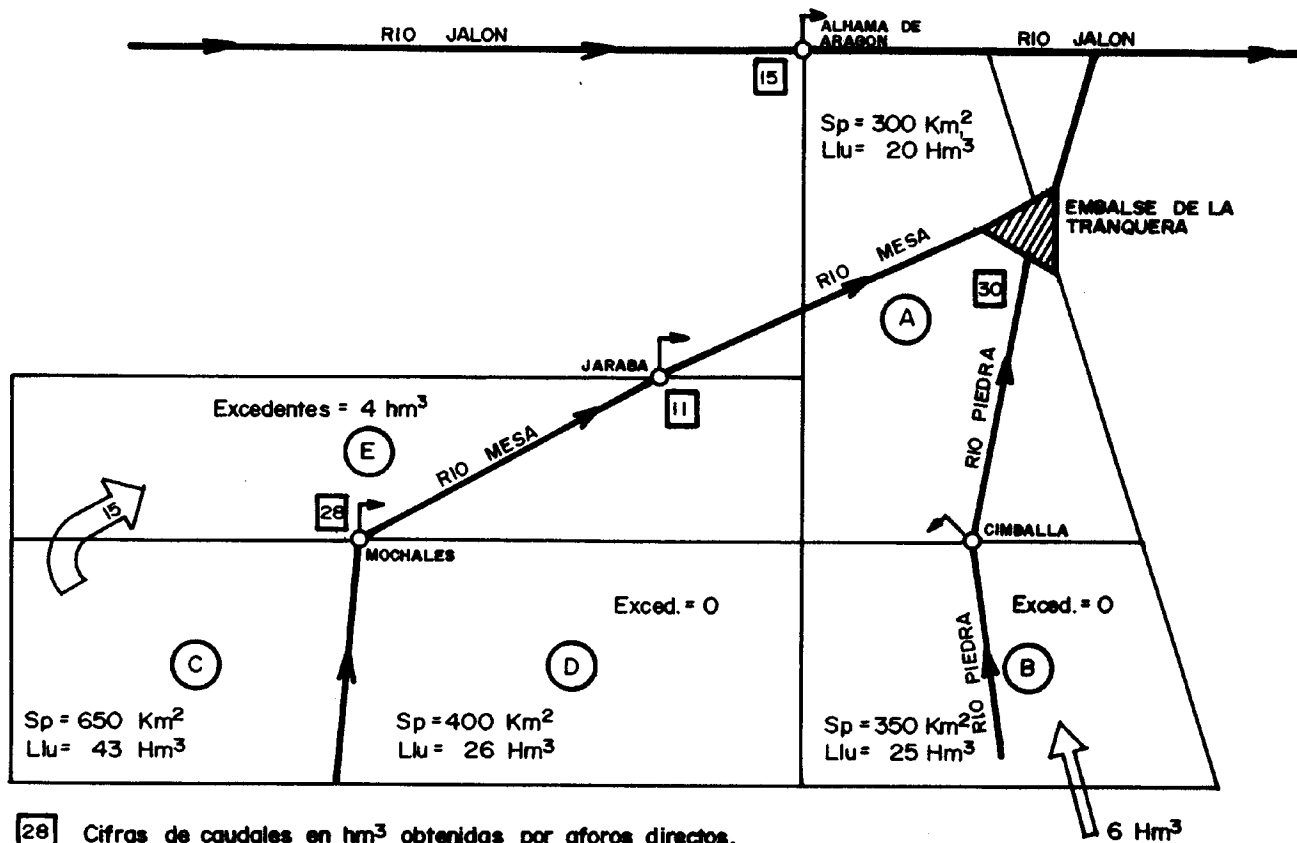
Zona B:  $30 \text{ Hm}^3$  (6 procedentes de Gallocanta)

Zonas C y D:  $43 \text{ Hm}^3$  (30 en la Cuenca del Mesa)

Zona E:  $15 \text{ Hm}^3$  procedentes de C y D.

De esos volúmenes de agua puede considerarse que están regulados todos los drenajes naturales que vierten al Mesa o al

## ESQUEMA SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



28 Cifras de caudales en hm<sup>3</sup> obtenidas por aforos directos.

(A) Unidades acuíferas del sistema.

**EPTISA**

Piedra, ya que con tal fin se construyó el embalse de la Tranquera, quedan por tanto sin control los manantiales de Alhama de Aragón y parte de un recurso excedentario en la zona E que no sería descargado al río Mesa; en consecuencia quedan apuntadas como zonas en las que puede realizarse una futura actuación para aumentar el volumen regulado y lograr así un mayor aprovechamiento del agua, los alrededores de Alhama de Aragón y el área de paleorrelieves Mesozoico al Oeste de la Cuenca del Mesa, concretamente al Sur de Torrehermosa y Alconchel de Ariza y Sisamón. Estas zonas aparecen señaladas en el plano nº 4 (Utilización del acuífero).

## 7.6 ZONAS DE UBICACION DE SONDEOS

En este epígrafe se pretende señalar una serie de zonas, que con el grado de conocimiento actual del acuífero y reflejado en capítulos anteriores pueden permitir la realización de sondeos mecánicos para explotación de recursos de agua subterránea. Al no disponer en la actualidad de los resultados de la investigación geofísica (en proceso de realización), que permitiría conocer la situación del zócalo Mesozoico en diferentes puntos de la Comarca, unicamente podemos centrarnos en las proximidades del contacto de los sedimentos Mesozoicos con el relleno Terciario, zonas donde el estudio geológico detallado realizado (Capítulo III) permite aventurar posibilidades de realizar sondeos.

Las zonas definidas son:

- 1) Borde Norte de la alineación Alconchel-Sisamón
- 2) Borde Occidental de la Sierra Cretácica de Alhama de Aragón.

La zona de Alconchel-Sisamón (plano nº 2) muestra unos paleorrelieves Cretácicos que hacia el Norte quedan cubiertos por el Terciario. En esta zona, existen dos sondeos mecánicos, que confirman la existencia a una profundidad asequible del zócalo calizo (probablemente Jurásico), que constituye un interesante nivel acuífero en la comarca.

En Alconchel de Ariza se sitúa uno de los sondeos, que con una profundidad de 51 metros, y un caudal de 36 l/s alcanza unos depósitos permeables a los 26 metros de profundidad, situán

dose el nivel del agua a una profundidad de 15 metros. El nivel permeable que se alcanza a 26 metros, pudiese ser un nivel de conglomerados saturados, ya que los niveles resistivos asemejables a calizas, se sitúan a 100 metros de profundidad, según datos de geofísica realizada en dos SEV (nº 34 y 35) (Servicio Geológico de Obras Públicas). La situación de estos puntos está indicada en el plano nº 3.

El otro sondeo que alcanza el sustrato calizo, es el realizado en Sisamón, que con una profundidad de 214 metros puede bombear unos 120 l/s. Este sondeo después de atravesar los materiales calizos Cretácicos y detríticos de la facies Utrillas, alcanzó sobre los 200 metros los niveles calizo-dolomíticos del Jurásico inferior, que en este punto se encuentran altamente karstificados y saturados, dando lugar a un interesante nivel acuífero con posibilidades de explotación.

Analizando la cartografía a escala 1:25.000 (plano nº 2), se puede deducir que en esta zona, bajo los materiales Cretácicos se sitúan directamente el Jurásico inferior (Lías), pudiéndose señalar una amplia zona donde podrían realizarse sondeos de investigación que permitan conocer mejor la importancia del acuífero.

Según los balances de recursos establecidos en epígrafes anteriores, se puede estimar que el volumen que puede regularse mediante bombeos en esta zona, es del orden de  $5 \text{ Hm}^3$ , siempre referido a un periodo muy seco 1.981-87. En periodos de pluviometría normal, esta cifra podría ser del doble. Al hablar de estas cifras de recursos, hay que señalar que no se afectaría al resto del acuífero y a sus drenajes. Si recordamos que un impor-

tante volumen de agua, estimado en  $15 \text{ Hm}^3$  es drenado en Alhama de Aragón, y que en periodos de invierno no tiene utilización al no estar regulado, desde esta zona se podría acceder a parte importante de estos recursos, originando una regulación de los mismos a través de bombeos.

Las hipótesis planteadas sobre la utilización de los recursos en esta zona, deberán ser confirmadas y valoradas con mayor exactitud, para lo cual se necesitan llevar a cabo los siguientes trabajos:

- Control periódico y más prolongado de los principales drenajes subterráneos, ya que en este proyecto, unicamente se han obtenido datos durante seis meses.
- Valoración del hidrograma anual de los drenajes y análisis de las posibilidades de regulación de sus caudales.
- Realización de sondeos mecánicos (investigación y/o explotación) para determinar los parámetros hidrogeológicos del acuífero (transmisividad, almacenamiento, radios de influencia, etc...)

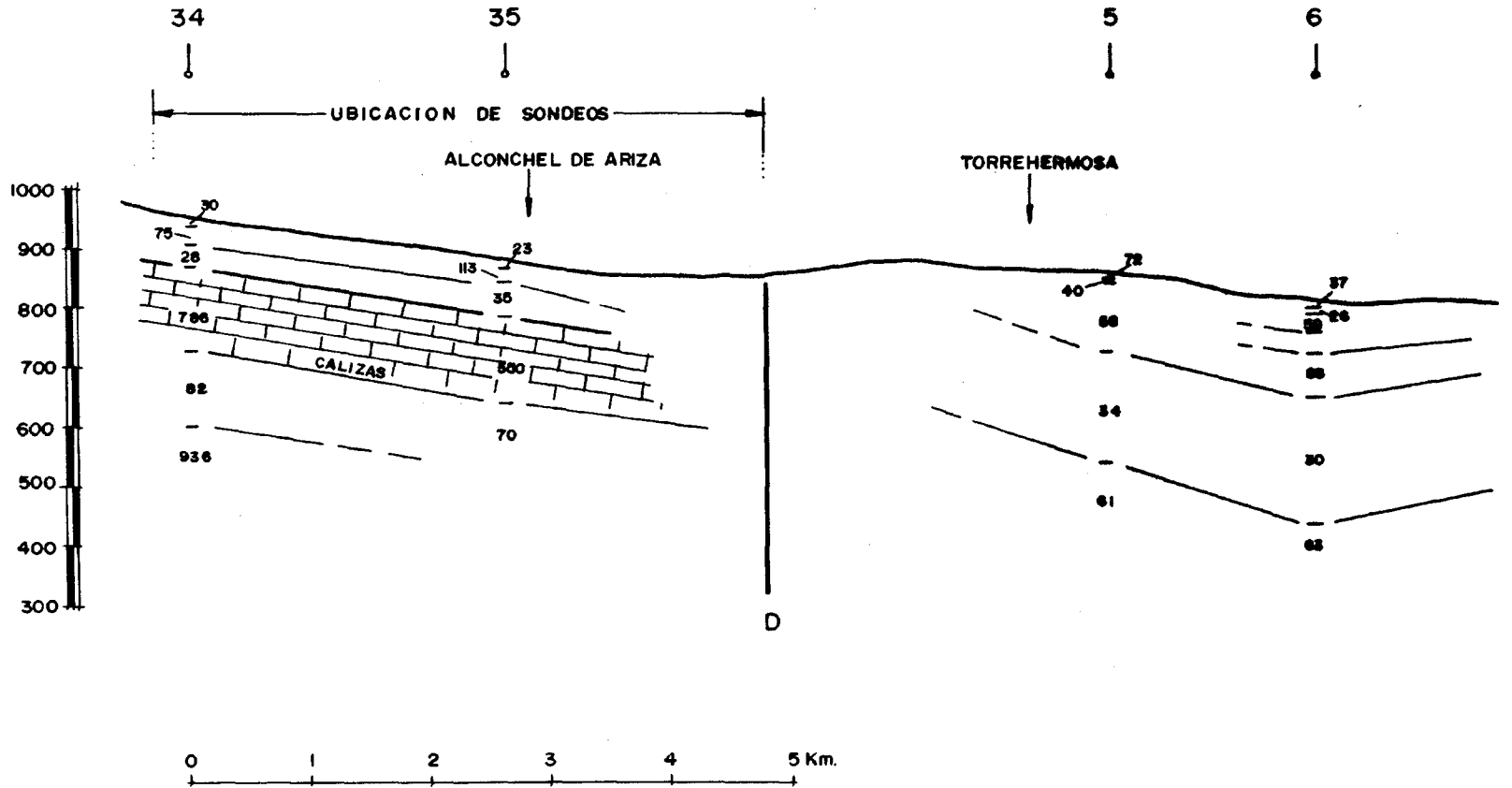
Según los datos facilitados en el estudio geofísico referido anteriormente (Servicio Geológico de Obras Públicas) (Diciembre 1.985), los SEV nº 34 y 35 están situados entre el contacto Mesozoico-Terciario y Alconchel de Ariza, siguiendo una dirección Sur-Norte (plano nº 3). Los resultados obtenidos se indican en la figura nº 27, observándose la aparición de una capa resistiva, con valores de 786 y 550 ohm/m, situada a unos 80-100 metros de profundidad, de 150 metros de potencia, y que puede identificarse con niveles calizos permeables del Jurásico

inferior. La discontinuidad señalada en la figura, puede quedar desplazada hacia el Norte y sería preciso investigar detalladamente el área comprendida entre los SEV nº 35 y 5, antes de implantar algún sondeo en este área.

En Sisamón, el SEV nº 38 realizado a 1.300 metros de distancia del sondeo mecánico existente, y próximo a los afloramientos Cretácicos, indica la existencia de una capa resistiva de 1.350 ohm/m a 100 metros de profundidad y 250 metros de potencia, que puede corresponderse con los niveles del Jurásico inferior. No existen otros puntos de investigación en la zona señalada, pero en base a lo apuntado anteriormente, parece evidente la situación a una profundidad asequible del nivel permeable Jurásico en toda la zona señalada (plano nº 3), y que se extiende por los términos municipales de Alconchel de Ariza, Cabofuente, Sisamón, Calmarza y Jaraba. En el referido plano, se señalan mediante las curvas de nivel de 1.050, 1.000 y 950 mts, la situación de la profundidad del nivel regional piezométrico: 160, 110 y 60 metros respectivamente. La observación de las curvas referidas van a limitar la ubicación de sondeos en áreas -- donde las alturas de elevación del agua puedan no ser rentables en principio.

Otra limitación al plantear la realización de sondeos puede estar en la utilización del agua. En el plano nº 3, se señalan las zonas de regadío tradicional con caudales del río Jalón, y que en periodos secos tienen un importante déficit para cubrir sus demandas. La explotación de recursos subterráneos en la zona de Alconchel-Sisamón para cubrir estos déficit, llevaría consigo un transporte del agua de unos 13-15 Km.

# CORTE GEOFISICO



En los términos municipales de Alconchel de Ariza y Torrehermosa existen unas 250 hectáreas de regadío eventual situadas en el Arroyo de la Cañada, que podían ser atendidas con agua subterránea bombeada de sondeos ubicados en cabecera de la Cañada referida.

Existen también zonas de cultivos de secano (cereal), y señaladas en el referido plano, que podían ser regadas en base a bombeos de sondeos ubicados en áreas de cabecera próximas a las de cultivo, mediante procedimientos adecuados de riego -- (aspersión).

La otra zona de interés es el borde Occidental del umbral de Ateca al Norte y Sur de Alhama de Aragón, allí se actuaría sobre el drenaje natural de los manantiales de Alhama regulando parcialmente un recurso que no es regulado en invierno.

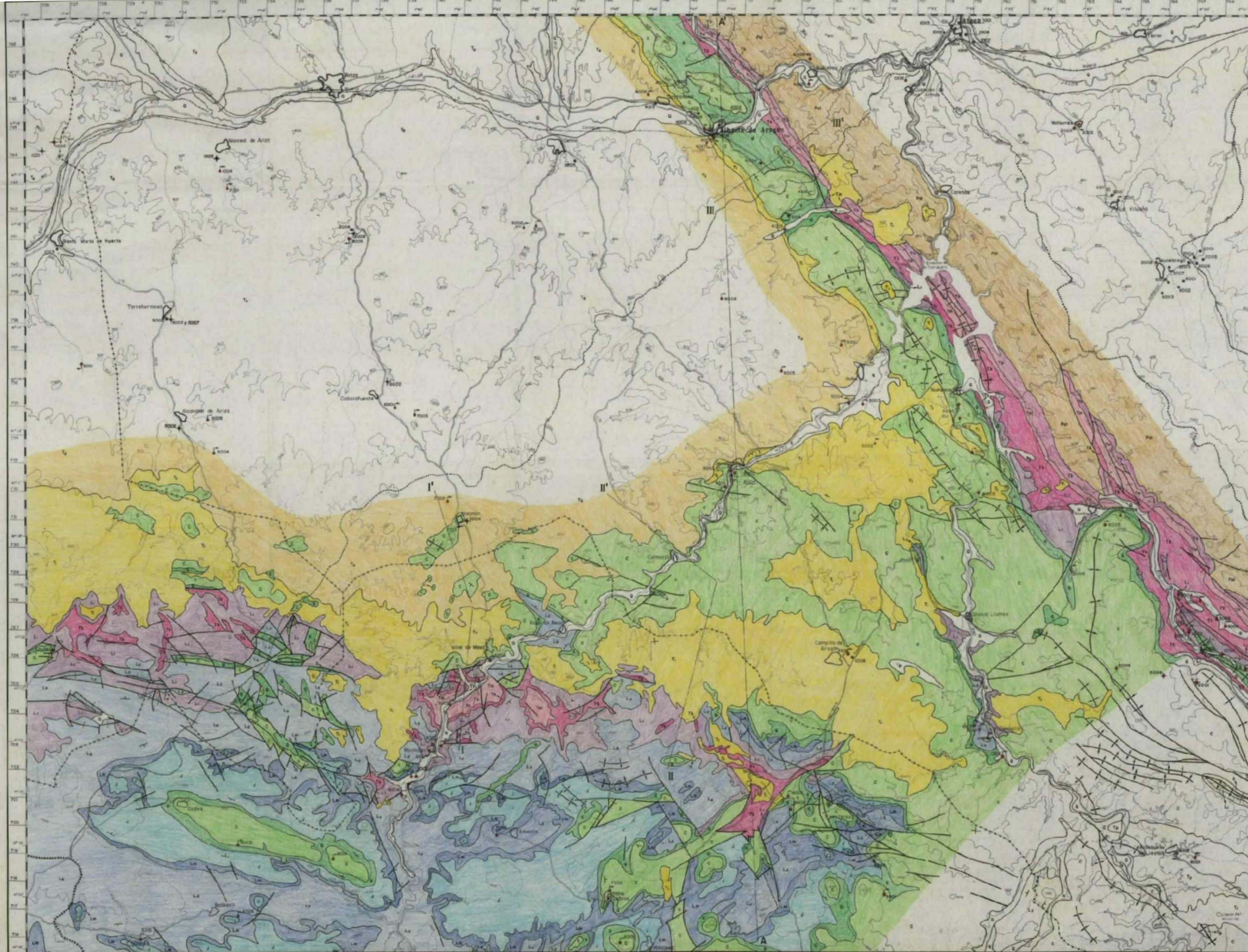
La explotación en estas áreas podría resultar conflictiva si los niveles dinámicos del bombeo llegasen a disminuir sensiblemente los caudales aportados por los manantiales que se utilizan para los balnearios y constituyen un importante atractivo turístico de la zona. Consecuentemente antes de plantear la ubicación de sondeos sobre las barras calizas que llegasen hasta Alhama, sería conveniente investigar si existe una prolongación de las mismas bajo el Terciario, ya que al sacar el sondeo de la alineación de fracturas que conducen a Alhama la influencia sería mucho menor.

En el estudio geofísico referido anteriormente, aparece el SEV nº 25 como el punto más próximo a los afloramientos calizos. En él se observa un nivel resistivo (300 ohm/m) en los primeros 150 metros, que pudiese ser representativo de los mate

riales permeables de la zona. Un sondeo realizado ultimamente en ese punto ha obtenido resultados positivos.

La continuidad lateral de los afloramientos calizos en dirección al Norte (Cuenca del río Henar), puede permitir una explotación de los recursos subterráneos lejos de la zona de drenaje, para evitar las influencias de bombeos y atender con agua subterránea los regadíos de la Cuenca del Henar.

Zaragoza, Septiembre de 1.987



ESQUEMA DE DIVISION EN HOJAS 1:50,000

436	437
ALHAMA DE ARAGON	ATECA
463	464
MILMARCOS	USED

LEYENDA

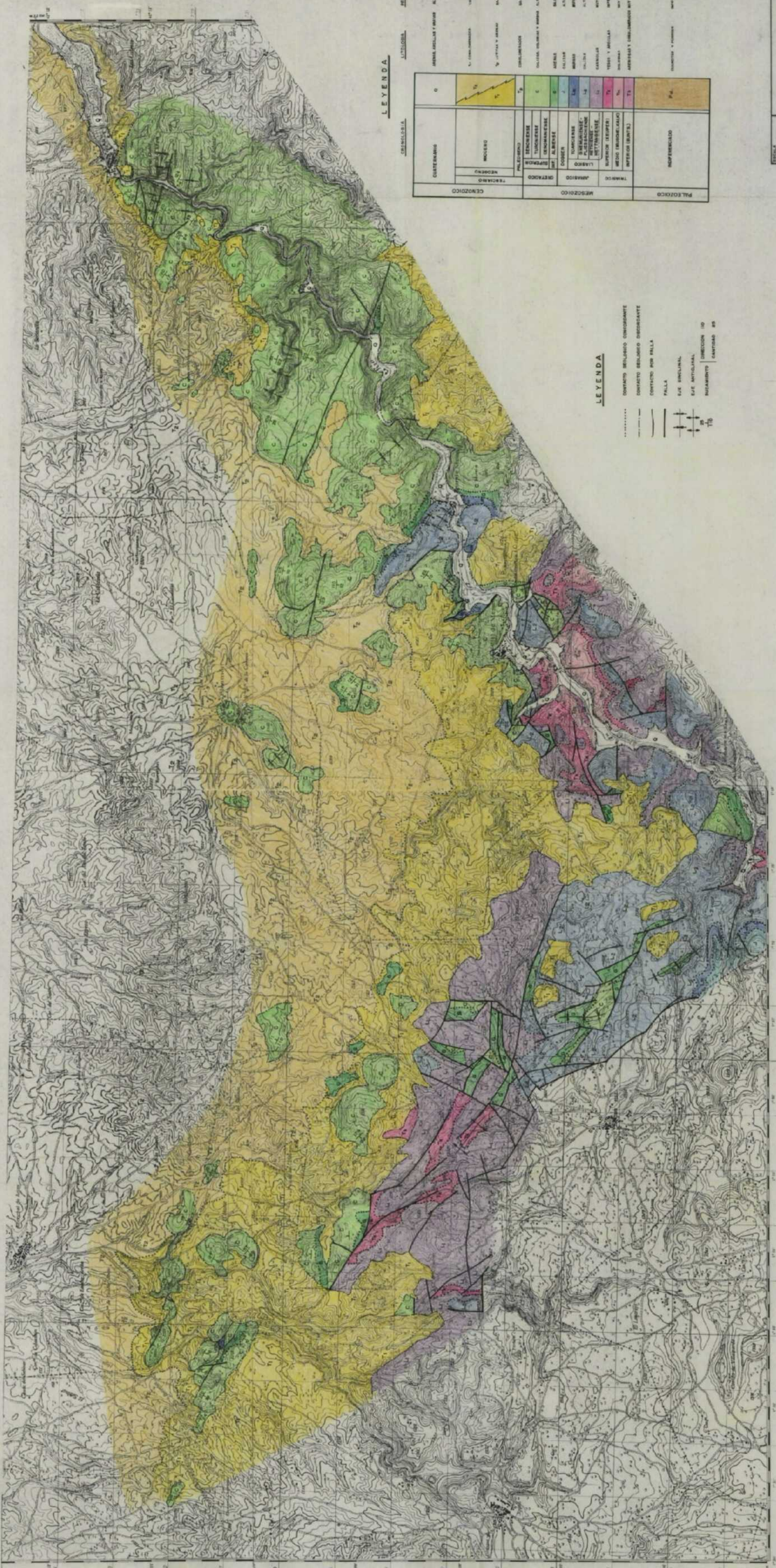
		OROLINA	ALTOLINA	TERRESTRE		
CENOZOICO	QUATERNARIO	Q	ARENAS, ARCILLAS Y MARGAS	ALTA		
	TERCIARIO	MIOCENO	T <sub>1</sub>	COQUELIMON	VARIA	
			T <sub>2</sub>	LUTITAS Y ARENAS	BAJA	
	PALEOCENO	T <sub>3</sub>	COQUELIMON	BAJA		
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	BERNINIENSE	C	CALIZAS, SILURAS Y MARGAS	ALTA
			TURONENSE			
			CERAMBIENSE			
		ALBIENSE	B	ARENAS	BAJA	
		DOGGER	J	CALIZAS	ALTA	
	JURASICO	LIMICO	TOARCIENSE	LW	MARGAS	NOT BAJA
			SIMURGIENSE-PUENTRACHENSE	Ls	CALIZAS	ALTA
			WETTEN-HEITANGIENSE	Lt	CARBONAS	NOT ALTA
	TRIASICO	SUPERIOR (KELPER)	T <sub>1</sub>	TEJAS Y ARCILLAS	IMPERMEABLE	
			MEDIO (MUSCHELKALK)	T <sub>2</sub>	SOLIMAS	NOT ALTA
INFERIOR (BURTS.)			T <sub>3</sub>	ARENISAS Y CONGLOMERADOS	NOT BAJA	
PALEOZOICO	ORDOVICICO	TRENABOCIENSE	P <sub>1</sub>	CARBONAS Y PIZARRAS	IMPERMEABLE	

- FAULTA
- HALLA SOLOTA
- ANCLAS
- CONTACTO GEOLÓGICO
- ALZAMIENTO
- ALZAMIENTO MONUMENTAL
- DIVISIÓN CUENCA NO SIDA
- DIVISIÓN CUENCA APLICADO DEL ALCA
- LÍMITE DE CUENCA APLICADO
- CURVA REALIZADA
- POCO EN INSTALAS
- POCO INSTALAS
- ⊕ BOMBO EN INSTALAS
- ⊖ BOMBO INSTALAS
- POCO EN BOMBO EN INSTALAS
- POCO EN BOMBO INSTALAS
- ⊕ BARRIAL

ESCALA GRAFICA



FIRMANTE DIRECTOR GENERAL JUAN DE IBAÑETA DIRECTOR GENERAL JUAN DE IBAÑETA DIRECTOR GENERAL JUAN DE IBAÑETA DIRECTOR GENERAL JUAN DE IBAÑETA DIRECTOR GENERAL JUAN DE IBAÑETA	<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA</b> <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b> PROYECTO DE INVESTIGACION GEOMORFOLOGICA DEL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DEL BOLDIO (PROVINCIA DE ZARAGOZA) PLANO HOROLOGICO	CLAVE 2º 6000 Nº 176 PLANO Nº 1
---	---	---

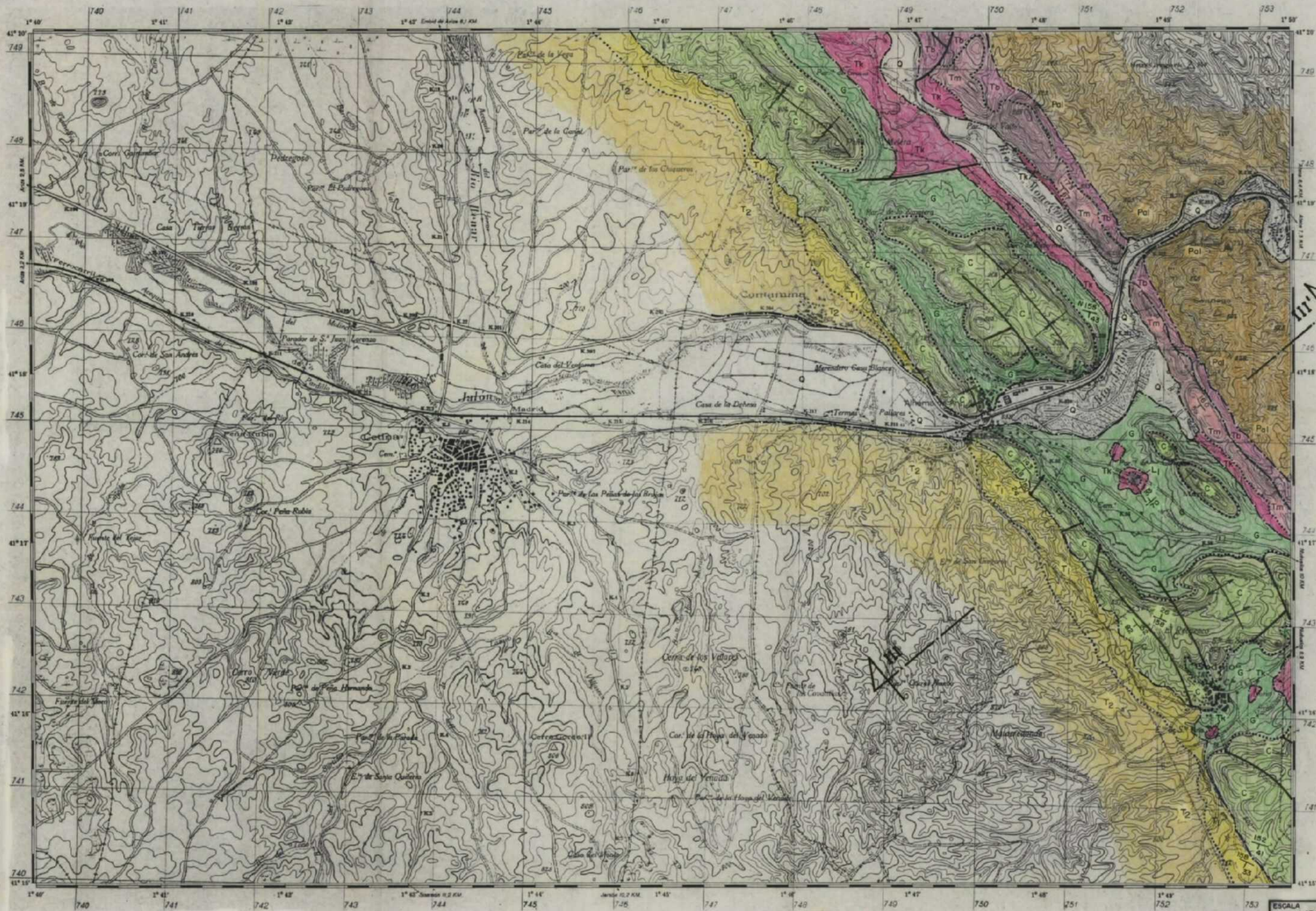


**LEYENDA**

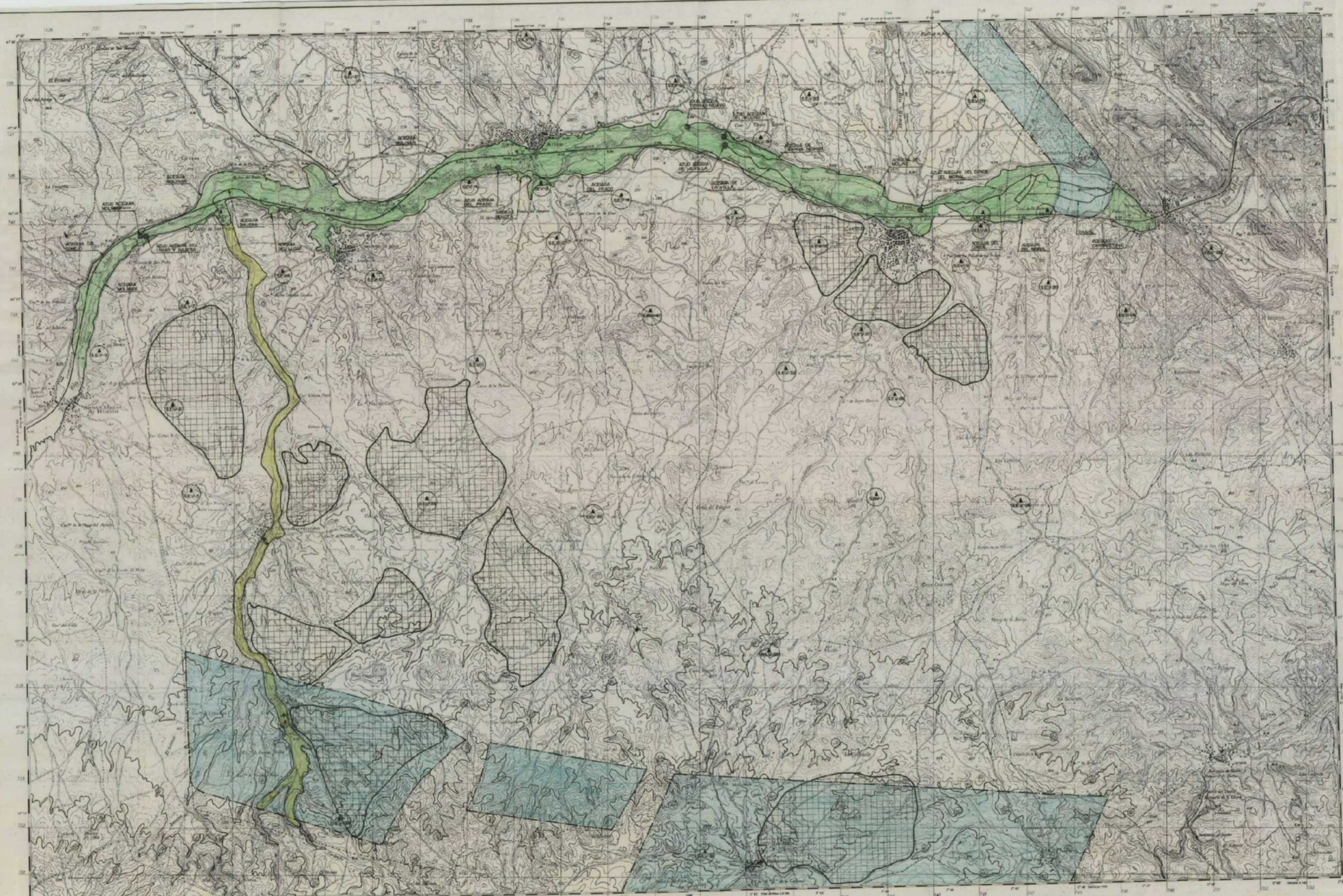
DETERMINACION	LETOLOGIA	PERMEABILIDAD
CRETACEO	0	ARRENAS, ARELLAS Y MUEVA ALTA
	1	ARCILLAS VERDEAZULAS
MESOZOICO	2	DETRITICOS
	3	ARCILLAS VERDEAZULAS Y MUEVA ALTA
	4	ARCILLAS
	5	ARCILLAS
	6	ARCILLAS
	7	ARCILLAS
	8	ARCILLAS
	9	ARCILLAS
	10	ARCILLAS
	11	ARCILLAS
PALEOZOICO	12	ARCILLAS
	13	ARCILLAS
	14	ARCILLAS
	15	ARCILLAS
	16	ARCILLAS
	17	ARCILLAS
	18	ARCILLAS
	19	ARCILLAS
	20	ARCILLAS
	21	ARCILLAS

**LEYENDA**

- CONTACTO METAMORFO CONCORDANTE
- CONTACTO SEDIMENTARIO DISCORDANTE
- CONTACTO POR FALLA
- FALLA
- EJE SINCLINAL
- EJE ANTICLINAL
- INCLINACION DE DIRECCION DE INCLINACION
- INCLINACION DE DIRECCION DE INCLINACION



ESCALA 1:25.000	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA JULIO 1987	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO J. CRUZ CASCALES	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DEL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DEL SOLORIO. (PROVINCIA ZARAGOZA)	CLAVE ZP 6343 N-175
AUTOR M. ORTIGA	PLANO GEOLOGICO (ZONA ALHAMA DE ARAGON)	PLANO Nº II de 2
APROBADO ANTONIO AZCON		



- LEYENDA**
- Regiones beneficiadas del Alto Jalon en la provincia de Zaragoza. (Cereal, Frutal, forraje y Huerto etc.)
  - Zonas de riego regular. (Alfalfa, Turbetermos, Maiz)
  - Cultivos de secano con posibilidad de riego con agua bombeada.
  - Profundidad del nivel de agua en Acuíferos Jurásicos.
  - Zonas de interés para la realización de sondas.
  - Sondas electroverticales y números. (Fuente: S.G.O.P.J.)

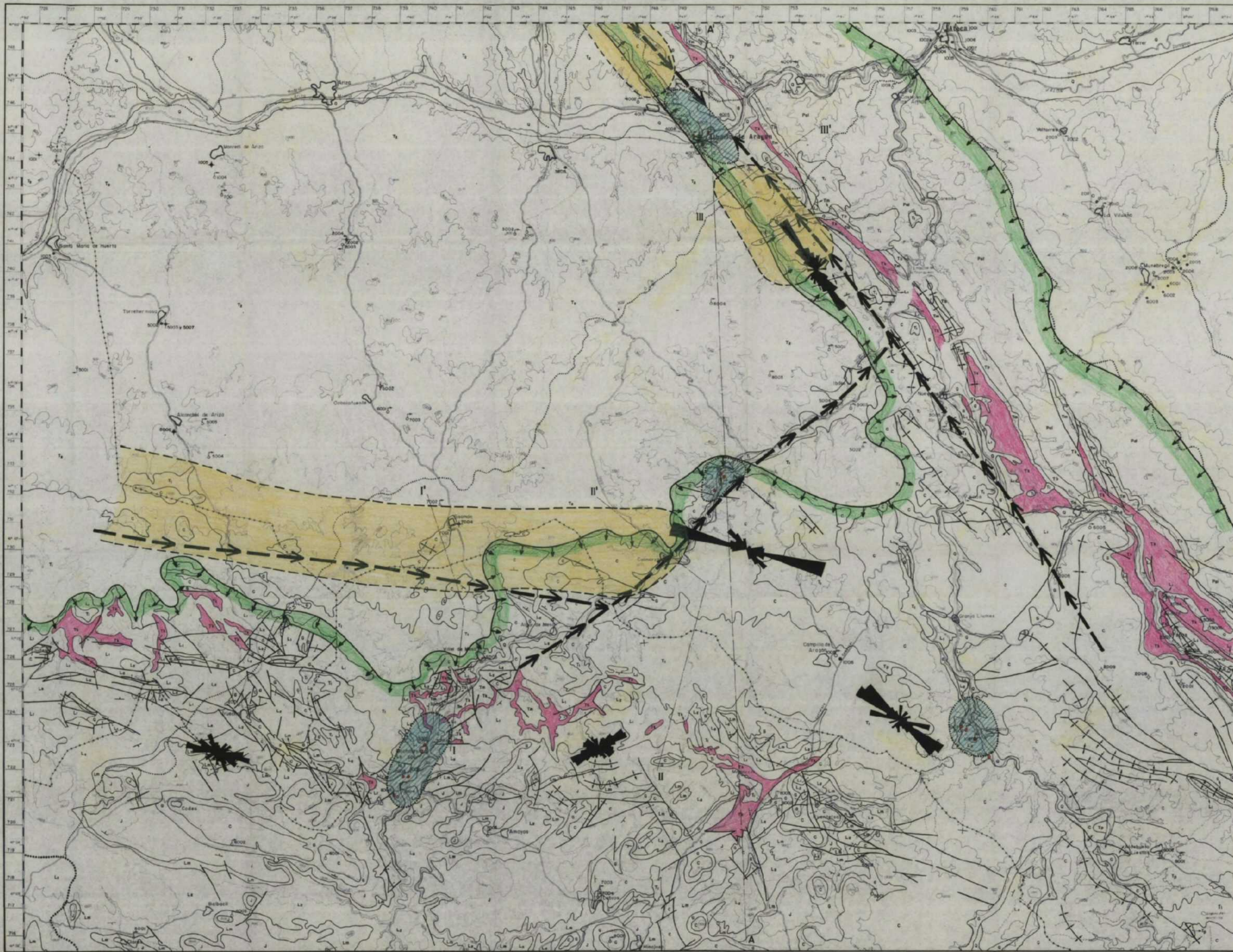
**REGADIOS CON AGUA SUPERFICIAL DEL RIO JALON**  
 Provincia de Zaragoza - Manresa de Ariza - Alhama de Aragón

CANTON DE ARIZA		CANTON DE ALHAMA	
Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Superficie (ha)
MONREAL DE ARIZA = 800 ha	ARIZA = 912 ha	ARIZA = 779 ha	ALHAMA = 1.100 ha
CESTINA = 358 ha	CONTAMINA = 100 ha	ALHAMA DE ARIZA = 1.000 ha	ALHAMA DE ARAGON = 120 ha
<b>TOTAL = 1.550 ha.</b>		<b>TOTAL = 1.399 ha.</b>	

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
 PROYECTO DE INVESTIGACION MONITORIAL DEL BORDE SUR-ORIENTAL DE LA SIERRA DEL SOLENO (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

PLANO DE REGADIOS Y ZONAS DE EXPLOTACION

3



ESQUEMA DE DIVISION EN HOJAS 1:50.000

436	437
ALHAMA DE ARAGON	ATECA
443	444
WILMARCOS	USED

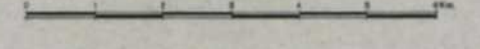
LEYENDA

- LIMITE ZONA DE RECARGA
- ZONA DE DRENAJE
- ZONA DE GESTION
- DIRECCIONES PREFERENTES DE FLUJO
- DISTRIBUCION ESTADISTICA DE LA FRACTURACION
- SUSTRATO IMPERMEABLE

		LITOLOGIA	PERMEABILIDAD	
CUATERNARIO	Q	ARENAL, ARCILLAS Y ARENAS	ALTA	
	MISCIENO	T <sub>1</sub>	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
		T <sub>2</sub>	ARENAS Y ARCILLAS	BAJA
MESOZOICO	CRETACICO SUPERIOR	T <sub>3</sub>	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
		T <sub>4</sub>	ARENAS Y ARCILLAS	BAJA
		T <sub>5</sub>	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
	CRETACICO INFERIOR	C	ARENAS Y ARCILLAS	ALTA
		D	ARENAS Y ARCILLAS	BAJA
		J	ARENAS Y ARCILLAS	ALTA
		Lm	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
	TRIASICO	Ls	ARENAS Y ARCILLAS	ALTA
		Lt	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
		Tn	ARENAS Y ARCILLAS	IMPERMEABLE
PALEOZOICO	ORDOVICICO SUPERIOR	Os	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
		Op	ARENAS Y ARCILLAS	IMPERMEABLE
	ORDOVICICO MEDIO	Om	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA
		On	ARENAS Y ARCILLAS	MODERADA

- PILLA
- PILLA DEBIL
- ANCLINAL
- ANTICLINAL
- CONTACTO ESCALONADO
- RIZAMIENTO
- RIZAMIENTO HORIZONTAL
- RIZAMIENTO VERTICAL
- DIVISORIO DE CUENCA
- DIVISORIO DE CUENCA AJUSTADO DEL ALUCA
- LIMITE DE CUENCA AUTONOMA
- COSTA NEOLITICA
- POZO SIN INSTALAR
- POZO INSTALADO
- BOMBEO EN INSTALACION
- BOMBEO EN INSTALACION
- POZO SIN BOMBEO
- POZO SIN BOMBEO
- POZO SIN BOMBEO
- POZO SIN BOMBEO

ESCALA GRAFICA



DIRECTOR INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA IGM	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA IGM	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DEL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DEL SOLANO. (PROVINCIA DE ZARAGOZA) ESCALA 1:50.000	G.M.E. 2P-6343 88-78
AUTORA LUCIA ARAGON	NORMATIVAS DE GESTION DEL ACUIFERO MESOZOICO.	R.M. 10 4	