

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

ESTUDIOS PARA ACTUALIZACION DE DATOS  
DE INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA EN  
RIOJA.

MONTES OBARENES (1987 - 1988)

TOMO-I: MEMORIA Y PLANOS



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

34175

ESTUDIOS PARA ACTUALIZACION DE DATOS  
DE INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA EN  
RIOJA.

MONTES OBARENES (1987 - 1988)

TOMO-I: MEMORIA Y PLANOS

MADRID, DICIEMBRE 1988

HIDR. 900

INDICE

# I N D I C E

=====

	<u>Pags.</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2.- <u>GEOLOGIA</u> .....	3
2.1. <u>ESTRATIGRAFIA</u> .....	3
2.1.1. <u>Keuper</u> .....	3
2.1.2. <u>Techo triásico y Lias Inferior</u> ...	3
2.1.3. <u>Lías Superior</u> .....	4
2.1.4. <u>Facies Weald</u> .....	5
2.1.5. <u>Facies Utrillas</u> .....	5
2.1.6. <u>Cenomaniense</u> .....	6
2.1.7. <u>Turoniense</u> .....	7
2.1.8. <u>Coniaciense-Santoniense medio</u> ....	7
2.1.9. <u>Santoniense superior</u> .....	8
2.1.10. <u>Campaniense</u> .....	8
2.1.11. <u>Maestrichtiense-daniense</u> .....	9
2.1.12. <u>Facies Garumn</u> .....	9
2.1.13. <u>Thanetiense</u> .....	9
2.1.14. <u>Conglomerados oligocenos</u> .....	10
2.1.15. <u>Terciario continental</u> .....	10
2.1.16. <u>Pliocuaternario</u> .....	10
2.1.17. <u>Cuaternario</u> .....	11
2.2. <u>TECTONICA</u> .....	11
2.2.1. <u>Zona 1 (Pancorbo-Foncea)</u> .....	12
2.2.2. <u>Zona 2 (Foncea-Valle del rio Nata-</u> <u>pan)</u> .....	12
2.2.3. <u>Zona 3 (Villalba de la Rioja)</u> ....	13
3.- <u>INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA</u> .....	15

	<u>Pags.</u>
3.1. CARACTERISTICAS DEL INVENTARIO .....	16
3.1.1. <u>Número de puntos</u> .....	16
3.1.2. <u>Características de los puntos</u> ...	16
3.1.3. <u>Distribución por acuíferos</u> .....	17
3.2. CAUDALES DE POZOS Y SONDEOS.....	20
3.2.1. <u>Acuífero Mioceno</u> .....	20
3.2.2. <u>Aluviales y terrazas cuaternarias</u>	20
3.2.3. <u>Calizas y dolomías cretácicas</u> ...	20
3.3. SALIDAS DIRECTAS A LOS RIOS .....	21
4.- <u>CLIMATOLOGIA</u> .....	22
4.1. DATOS DE PARTIDA .....	22
4.2. PRECIPITACIONES .....	22
4.3. TEMPERATURAS .....	24
4.4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL .....	24
4.5. EVAPOTRANSPIRACION REAL-BALANCE HIDROMETE REOLOGICOS .....	25
5.- <u>DEMANDA DE AGUA EN LA RIOJA ALTA</u> .....	27
5.1. CARACTERISTICAS DE LOS ABASTECIMIENTOS Y SANEAMIENTOS .....	28
5.2. PROBLEMAS EN RELACION CON EL ABASTECIMIEN TO DE AGUA .....	29
6.- <u>HIDROLOGIA SUPERFICIAL</u> .....	32
6.1. LA RED DE DRENAJE .....	32
6.2. ESTACIONES DE AFORO .....	32
6.3. MEDIDA DE LAS ESCALAS .....	34
6.4. CAMPAÑAS DE AFOROS, CURVAS DE GASTOS ....	34
6.5. EVOLUCION DE CAUDALES .....	42

	<u>Págs.</u>
6.6. AUMENTOS DE CAUDAL ENTRE ESTACIONES AFOROS DIRECTOS .....	43
6.7. AUMENTOS DE CAUDAL ENTRE ESTACIONES ME-- DIANTE LECTURA DE ESCALAS Y CURVAS DE -- GASTOS .....	45
6.8. CONCLUSIONES SOBRE AUMENTOS DE CAUDAL EN EL RIO ORONCILLO .....	45
7.- <u>HIDROGEOQUIMICA</u> .....	54
7.1. DISTRIBUCION DE TIPOS DE AGUAS POR ACUI-- FEROS .....	54
7.2. HIDROQUIMICA DE ACUIFEROS CARBONATADOS ..	69
7.3. HIDROQUIMICA DE ACUIFEROS MIOCENOS .....	69
7.4. HIDROQUIMICA DE ALUVIALES CUATERNARIOS ..	70
7.5. TOMA DE MUESTRAS EN AGUAS SUPERFICIALES .	70
7.5.1. <u>Relación del río Oroncillo con los</u> <u>acuíferos</u> .....	70
7.5.2. <u>Relación del río Natapan con los -</u> <u>acuíferos (tramo FÓncea-Bugedo)</u> ..	73
7.5.3. <u>Relación del río de la Herrera con</u> <u>los acuíferos</u> .....	73
7.5.4. <u>Relación del río San Miguel con --</u> <u>los acuíferos</u> .....	75
7.6. POTABILIDAD Y CONTAMINACION DE LAS AGUAS	75
8.- <u>HIDROGEOLOGIA</u> .....	77
8.1. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS -- MATERIALES .....	78
8.2. LOS ACUIFEROS DE LOS MONTES OBARENES ....	79
8.2.1. <u>Aluviales cuaternarios</u> .....	79

	<u>Págs.</u>
8.2.2. <u>Materiales Miocenos</u> .....	80
8.3. ACUIFEROS CARBONATADOS .....	81
8.3.1. <u>Litología-geometría-estructura</u> ....	81
8.3.2. <u>Funcionamiento del sistema</u> .....	83
8.3.2.1. Recarga .....	83
8.3.2.2. Descarga .....	83
8.3.3. <u>Funcionamiento del acuífero en la - zona de Villalba de Rioja</u> .....	85
9.- <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> .....	87
9.1. CONCLUSIONES .....	87
9.2. RECOMENDACIONES .....	91
9.3. RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA LA ZONA - DE VILLALBA DE RIOJA .....	94

INDICE DE TABLAS

=====

	<u>Pags.</u>
3.1. DISTRIBUCION DE LOS MANANTIALES POR ACUIFEROS	17
3.2. DISTRIBUCION DE LAS OBRAS POR ACUIFEROS .....	17
3.3. COTAS DE LOS MANANTIALES DEL CRETACICO SUPE-- RIOR .....	18
4.1. RESUMEN DE DATOS METEREOLÓGICOS Y BALANCES -- HIDROMETEREOLÓGICOS EN LAS ESTACIONES CLIMATO LÓGICAS DE HARO Y MIRANDA DE EBRO .....	23
5.1. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL ABASTECIMIENTO DE NUCLEOS URBANOS Y RURALES DE LA COMARCA DE RIOJA ALTA .....	30
6.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS ESTACIONES DE AFORO .....	33
6.2. AFOROS DIRECTOS REALIZADOS EN LOS MONTES OBA- RENES .....	35
6.3. NIVELES Y CAUDALES DEL RIO ORONCILLO. AÑO 1988	46
7.1. ANALISIS EFECTUADOS PARA EL PROYECTO EN P.P.M.	55
7.2. ANALISIS EFECTUADOS PARA EL PROYECTO EN E.P.M.	56
7.3. ANALISIS EFECUTADOS PARA EL PROYECTO EN % EPM	57
7.4. ANALISIS EFECTUADOS PARA EL PROYECTO.RELACIO- NES IONICAS .....	58
7.5. ANALISIS RECOPIRADOS EN EL INVENTARIO. EN PPM	59
7.6. ANALISIS RECOPIRADOS EN EL INVENTARIO. EN EPM	60
7.7. ANALISIS RECOPIRADOS EN EL INVENTARIO. EN %EPM	61
7.8. ANALISIS RECOPIRADOS EN EL INVENTARIO, RELACIO NES IONICAS .....	62

INDICE DE FIGURAS

=====

	<u>Pags.</u>
3.1. AJUSTE DE UNA LEY LOGARITMICA-NORMAL DE LOS CAUDALES DE LOS MANANTIALES EN ESTIAJE .....	19
6.1. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 1 PANCORBO .....	36
6.2. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 2 HOSTAL EL DESFILADERO .....	37
6.3. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 3 AMEYUGO .....	38
6.4. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 4 VALVERDE DE MIRANDA .....	39
6.5. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 5 TOMA DE AGUAS DE MIRANDA .....	40
6.6. CURVA DE GASTOS DE LA ESTACION DE AFOROS N° 6 ORON .....	41
6.7. HIDROGRAMA DE LA ESTACION DE AFOROS N° 4. VALVERDE DE MIRANDA .....	44
7.1. DIAGRAMA DE PIPER. REPRESENTACION DE ANALISIS QUIMICOS RECOPIADOS EN EL INVENTARIO .....	64
7.2. DIAGRAMA DE PIPER. REPRESENTACION DE ANALISIS QUIMICOS DE AGUAS SUBTERRANEAS MUESTREADAS EN ESTE PROYECTO .....	65
7.3. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE LOS ELEMENTOS - MAYORITARIOS DISTRIBUIDOS POR ACUIFEROS .....	66
7.4. DIAGRAMAS DE SCHOELLER-BERKALOFF DE MANANTIALES EN ACUIFEROS CARBONATADOS .....	67

	<u>Págs.</u>
7.5. EVOLUCION PIEZOMETRICA DEL RIO ORONCILLO ....	72
7.6. EVOLUCION HIDROQUIMICA DEL RIO NATAPAN ENTRE - FONCEA Y BUGEDO .....	74

INDICE DE ANEXOS

=====

- 1.- FICHAS DE INVENTARIO NUEVAS Y ANTIGUAS MODIFICADAS
- 2.- FICHAS RESUMEN DE INVENTARIO
- 3.- ENCUESTAS SOBRE ABASTECIMIENTOS URBANOS DE AGUA
- 4.- LECTURAS DE ESCALAS EN LAS ESTACIONES DE AFORO
- 5.- AFOROS
- 6.- ANALISIS QUIMICOS

INDICE DE PLANOS  
=====

- 1.- MAPA HIDROGEOLOGICO
- 2.- MAPA GEOLOGICO - ZONA 1
- 3.- MAPA GEOLOGICO - ZONA 2
- 4.- MAPA GEOLOGICO - ZONA 3
- 5.- DIAGRAMAS DE STIFF MODIFICADOS
- 6.- FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO

## 1.- INTRODUCCION

## 1.- INTRODUCCION

El presente informe viene enmarcado dentro de los proyectos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para asesorar a las Comunidades Autónomas en planes de abastecimiento con aguas subterráneas. En este caso concreto se ha tratado de estudiar la posibilidad de mejorar el abastecimiento de agua de una zona de la Rioja Alta, con graves problemas de abastecimiento, a través de pozos ubicados dentro de los límites de la Comunidad Autónoma de La Rioja, y particularmente en la Unidad Hidrogeológica de los Montes Obarenes.

Los trabajos efectuados para este estudio han consistido en:

- Realización de una cartografía hidrogeológica, a partir de la cartografía geológica escala 1:50.000 (MAGNA)
- Recopilación, revisión y actualización del inventario del IGME.
- Encuestas sobre abastecimiento de agua y saneamiento de núcleos rurales y urbanos de la zona.
- Estudio climatológico
- Instalación y lectura de escalas en el río Oroncillo
- Aforos directos en las estaciones de aforo del río Oroncillo.

- Estudios geológicos para ubicación de sondeos  
(1:10.000)

- Informe final

El estudio ha sido realizado por la COMPANIA GENERAL DE SONDEOS, S.A. (C.G.S.), con un equipo formado por D. Vicente Iribar Sorazu, Hidrogeólogo, D. Pedro del Olmo Zamora, Geólogo, y D. Jesús Fernandez Areces, Ingeniero Técnico de Minas, siendo responsable del Proyecto D. Francisco Carreras Suárez, Hidrogeólogo.

La supervisión por parte del IGME ha sido llevada a cabo por D. Miguel del Pozo Gómez, Hidrogeólogo.

2.- GEOLOGIA

## 2.- GEOLOGIA

### 2.1. ESTRATIGRAFIA

#### 2.1.1. Keuper

Aflora en el núcleo del anticlinorio del desfiladero de Foncea, recubierto por depósitos de ladera.

Directamente encima se sitúa la Facies Utrillas mediante contacto mecanizado (posiblemente cabalgamiento).

Son arcillas abigarradas con yesos versicolores y jacintos de Compostela.

La potencia es imposible medirla.

En la zona de Villalba de la Rioja aflora en el frente de cabalgamiento del Mesozoico sobre el Terciario.

#### 2.1.2. Techo triásico y Lias Inferior

A la sedimentación del Keuper arcilloso evaporítico sigue un tramo calizo-dolomítico, que se conoce en la literatura geológica regional como Infralías.

Normalmente esta unidad puede ser dividida en cuatro series, que de abajo a arriba son:

- Serie calcáreo-dolomítica inferior con dolomías vacuolares (carniolas).
- Serie de calizas microcristalinas, finamente dolomíticas, lajeadas, frecuentemente bituminosas (Rubané). Hettangiense inferior.
- Serie calizo dolomítica superior, masiva, vacuolar con yeso o anhídrita en los huecos, que constituye la masa fundamental de las carniolas. Hettangiense Superior.
- Serie de calizas microcristalinas grises con Gasterópodos. Algunos bancos son oolíticos y otros arenosos. Sinemuriense Inferior-Medio.

En la columna de Salinas de Herrera se han reconocido las series superiores de calizas microcristalinas (Micritas y pelmicritas limosas). El espesor aflorante es de 40-50 m. Por debajo se sitúan los tramos intensamente dolomitizados del Hettangiense.

### 2.1.3. Lías Superior

Sobre la serie calizo-dolomítica del Lías Inferior se sitúa una alternancia de calizas arcillosas y margas hojosas de tonos grises (amarillentos por alteración), estratificadas en capas decimétricas. Las calizas son micritas arcillosas.

En la columna de Salinas de Herrera se han medido unos 30 metros de esta serie, que yace bajo sedimentos de Facies Weald y/o Facies Utrillas.

#### 2.1.4. Facies Weald

Esta unidad aflora exclusivamente en las áreas diapíricas de Salinas de Herrera. En dicha zona reposa indiferentemente sobre el Keuper, Lias calizo, o Lias margoso, un delgado nivel de arcillas rojas y verdes (varioladas), que se presentan siempre muy cubiertas y son el yacente de las Arenas de Utrillas.

#### 2.1.5. F. Utrillas

Aflora en el núcleo de las estructuras anticlinales, y generalmente cubierto por depósitos eluviales y coluviales.

Consiste en un conjunto de arenas y areniscas silíceas de grano fino a medio y colores blanco-amarillentos con intercalaciones rojizas. Hacia la base hay intercalaciones de gravas silíceas rodadas que hacia el techo de la formación pasan a lentejones ocasionales.

Son frecuentes las intercalaciones arcillosas con restos vegetales carbonizados y numerosas costuras ferruginosas.

La arena está formada por granos de cuarzo y feldespatos con matriz arcillosa principalmente caolínica. El grado de cementación es baja.

Presenta estratificación cruzada con cicatrices internas que dan lugar a capas lenticulares.

Fuera de la zona estudiada (Desfiladero de Pancorbo) la potencia de esta unidad es de 70 m, mientras que en Foncea y Villalba de Rioja supera los 150.

### 2.1.6. Cenomaniense

Se situa encima de la Fm. Utrillas concordantemente.

Está formado por dos tramos litológicos:

#### **Tramo inferior:**

Formado por una alternancia de calizas, dolomías y calizas dolomíticas en capas de 0,5 a 2,5 m. de espesor.

Ocasionalmente existen delgadas intercalaciones de calizas bioclásticas y margas, localizadas fundamentalmente en la parte media de este tramo inferior.

Las calizas presentan textura microcristalina y las dolomías suelen ser arenosas. La potencia de este tramo es del orden de 50 m.

#### **Tramo superior:**

Está constituido por una barra de dolomías microcristalinas de color gris, con estratificación muy poco definida. El espesor medio de los estratos es de 2 m hacia la base del tramo, mientras que a techo se hacen masivos. Geomorfológicamente al ser más duro que los tramos infra y suprayacentes da lugar a un relieve en forma de crestones calizos muy característicos. La potencia media del tramo es del orden de 25 m.

### 2.1.7. Turoniense

En toda la zona estudiada comienza con un tramo de calizas microcristalinas nodulosas y brechiformes con una potencia que oscila entre los 10 y 20 m.

En detalle este tramo basal está formado por fragmentos de caliza microcristalina gris de unos 10 cm de diámetro que se ponen en contacto unos con otros mediante una película margosa. Al ser un tramo relativamente blando da lugar a zonas deprimidas sobre el terreno.

La unidad cartográfica continua con un tramo de calizas microcristalinas de colores grises y beige, bien estratificadas en bancos de dos metros en el tercio inferior y de 0,5 metros en el tercio superior.

Son frecuentes las intercalaciones de niveles centimétricos de margas arcillosas de colores rojizos, fundamentalmente hacia la base del tramo en donde los niveles calizos están parcialmente dolomitizados. La potencia de este tramo oscila alrededor de los 50 m.

En el desfiladero de Pancorbo, a techo de esta unidad cartográfica se sitúa un tramo de calizas nodulosas muy similar al tramo inferior y con una potencia de 5 m.

### 2.1.8 Coniaciense-Santoniense medio

Esta unidad cartográfica está constituida por una potente serie de calizas dolomíticas y dolomítica de tonos blanquecinos marrones y beige con estratificación muy poco definida, en donde resulta práctica-

mente imposible hacer divisiones tanto de tipo litológico como como cronoestratigráfico.

El espesor de este tramo supera los 100 m y la dolomitización es más intensa en la mitad superior del mismo.

#### 2.1.9. Santoniense superior

Por encima de las dolomías masivas descritas en el apartado anterior se sitúa un conjunto de dolomías arenosas y areniscas calcáreas con cantos de cuarzo de hasta medio centímetro, en estratos de 20 a 50 cm de colores marrones, amarillentos y rosados.

Los 30 m basales de esta unidad cartográfica presentan intercalaciones calcáreas con restos de equinodermos, crinoideos y moluscos, siendo la presencia de *Lacazina elongata* lo que nos permite datar cronoestratigráficamente al tramo.

Por encima y dentro de la misma unidad cartográfica, aflora un tramo de 20 m de potencia, constituido por arenas y areniscas de grano fino, débilmente cementados, de colores blancos, amarillentos y rojizos.

Las areniscas son silíceas, con matriz arcillosa y cemento carbonático.

#### 2.1.10. Campaniense

Constituido por arcillas rojas y verdes así como arenas y areniscas en facies muy similar a Utrillas. Hacia el techo presenta una intercalación de calizas arenosas de unos 3 m de potencia y color marrón oscuro.

La potencia media de esta unidad cartográfica es de 50 m.

#### 2.1.11. Maestrichtiense-Daniense

Es un tramo calcáreo constituido por un nivel de caliza microcristalina bien estratificada en capas decimétricas de aspecto lacustre en los 5 m basales. A continuación se sitúan 20 m de dolomías brechoides y brechas calcáreas de aspecto masivo de tonos grises, beige y marrones. El contacto es discordante sobre las arenas campanienses.

La potencia media de esta unidad cartográfica es de 35 m.

#### 2.1.12. Facies Garumn

Está constituida por un conjunto de arcillas de tonos verdes con intercalaciones de calizas arcillosas y microdolomías blancas con ostrácodos. La edad de esta unidad cartográfica es Monticense por su posición estratigráfica y representa una facies Garumn muy típica.

La potencia de la formación supera los 60 m en la zona de Villalba de la Rioja.

#### 2.1.13. Thanetiense

Esta unidad cartográfica está constituida por un conjunto de calizas y dolomías arenosas con algunas intercalaciones de calcarenitas y areniscas calcáreas, bien estratificado en bancos de 0,50 a 1 m de espesor.

La potencia de esta formación es difícil de precisar debido a los procesos erosivos preoligocenos, pero en cualquier caso supera los 20 m.

#### **2.1.14. Conglomerados oligocenos**

Se trata de un conjunto de conglomerados de aspecto masivo, de cantos y lodos de calizas mesozoicas, con matriz arcillosa y cemento calcáreo, con estratificación métrica muy irregular y poco definida, que se apoyan discordantemente sobre el Cretácico y el Paleoceno. Corresponden a facies molásicas marginales o de borde y son sinorogénicos.

El espesor de esta unidad cartográfica es difícil de precisar debido a que nunca aflora la serie completa y a los cambios laterales con el resto del Terciario continental.

#### **2.1.15. Terciario continental**

En esta unidad se representan los sedimentos que constituyen la facies Haro y la facies de Pancorbo que no se han diferenciado para este trabajo.

Se trata de un conjunto de arcillas más o menos margosas de tonalidades rojizas y ocres con algunas intercalaciones de calizas lacustres, areniscas y conglomerados.

#### **2.1.16. Pliocuaternario**

Sobre los sedimentos que constituyen el Paleoceno de la zona de Villalba de la Rioja, se sitúa un conjunto de conglomerados de cantos y bloques de caliza

y cuarzo subredondeados con matriz arcillosa y cemento calcáreo, de tonos rojizos, que son el resultado de la erosión de la sierra de Cantabria a causa de los últimos impulsos de levantamiento durante el Plioceno.

#### 2.1.17. Cuaternario

Constituye esta unidad cartográfica los depósitos aluviales, formados por cantos y bolos de caliza con abundante matriz arcillosa.

#### 2.2. TECTONICA

Tradicionalmente en la región se distinguen cuatro unidades estructurales que también tienen características paleogeográficas propias. Estas unidades son las siguientes:

- Depresión del Ebro (Surco terciario del Ebro-Rioja)
- Franja móvil de la Sierra de Cantabria-Montes Obarenes
- Surco Alavés (Depresión de Miranda-Treviño y Llanada Alavesa)
- Anticlinorio Vizcaino (Montes vascos)

Las 3 zonas estudiadas en el presente trabajo se sitúan en la franja móvil de la Sierra de Cantabria-Montes Obarenes, y se trata de una unidad tectónicamente compleja plegada y fallada, en la que son frecuentes las escamas y los cabalgamientos, siendo E-O la dirección predominante de las distintas estructuras.

### **2.2.1. Zona I (Pancorbo-Foncea)**

Se trata de un área en donde los sedimentos del Mesozoico se encuentran intensamente tectonizados y cabalgan mediante un frente principal de orientación E-O a los materiales terciarios.

El plano de cabalgamiento es muy tendido (menor de  $40^\circ$ ) y es próximo a la horizontalidad, en profundidad.

Internamente son frecuentes los cabalgamientos secundarios en el Mesozoico, con desplazamientos importantes que complican las estructuras de plegamiento que afectan a esta serie estratigráfica.

Dicha estructura de plegamiento está compuesta por una serie de anticlinales normalmente asimétricos o tumbados, con importantes cabeceos de los ejes de orientación ONO-ESE. Las estructuras sinclinales están normalmente rotas por los frentes de cabalgamiento secundarios dando origen a una tectónica de escamas. Las raras veces que se conservan las estructuras sinclinales, están fuertemente apretadas.

En las proximidades del cabalgamiento principal existen cobijadoras del terciario continental entre sedimentos mesozoicos y frentes de cabalgamiento secundario.

### **2.2.2. Zona 2 (Foncea-Valle del río Natapan)**

Se trata de un área en la que los sedimentos del mesozoico se encuentran plegados y cabalgan mediante un frente de orientación E-O a los materiales del Terciario continental.

El plano de cabalgamiento está bastante tendido e inclinado hacia el Norte (menos de  $40^\circ$ ) y tiende hacia la horizontalidad en profundidad.

En la mitad occidental de la zona no se aprecian en superficie frentes de cabalgamiento secundarios afectando a la serie mesozoica, aunque no es descartable que el contacto entre la Facies Keuper y la Facies Utrillas se realice mediante este mecanismo. Las estructuras de plegamiento que afectan a la serie mesozoica (ver corte II-II') son muy sencillas y los buzamientos de las capas nunca sobrepasan los  $20^\circ$ .

En la mitad oriental, los pliegues tienen también dirección ONO-ESE, presentándose los anticlinales rotos en su flanco meridional mediante fallas inversas. Son muy frecuentes las fallas de gravedad de orientación NNO-SSO, y se trata de un bloque elevado, originado posiblemente por una acumulación de Keuper en profundidad, habiéndose producido fallas de gravedad en los periodos de relajamiento posteriores a la compresión.

### **2.2.3. Zona 3 (Villalba de la Rioja)**

Se trata de un área en donde los sedimentos del Mesozoico y del Paleoceno se encuentran fuertemente tectonizados y cabalgan mediante un frente principal de orientación E-O a los sedimentos del Terciario continental. El plano de cabalgamiento es alabeado y corta estructuras en muchas ocasiones, siendo al mismo tiempo muy tendido (menos de  $40^\circ$ ) y tiende a la horizontalidad en profundidad.

La zona se caracteriza por la existencia de fallas de desgarre que cortan el plano de cabalgamiento

principal en cuyas proximidades se sitúa un anticlinal muy fracturado en cuyo núcleo afloran las Facies Keuper y Utrillas.

Internamente son frecuentes los cabalgamientos secundarios que afectan al Mesozoico, con desplazamientos importantes que complican las estructuras con la aparición de klippes y ventanas tectónicas.

La parte central de la zona está ocupada por un amplio sinclinal asimétrico de núcleo paleoceno roto en su flanco Sur. Sobre dicho núcleo se sitúa una escama muy tendida de materiales Cretácicos sirviendo como zona de despegue los materiales de la Facies Utrillas, aunque no se puede descartar que en algunos puntos afloren lejos de la Facies Keuper en el frente de cabalgamiento.

### **3.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

---

### 3.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Este inventario se ha realizado a partir del inventario del IGME, complementándose con entrevistas y trabajo de campo en esta campaña.

Concretamente se han realizado las siguientes entrevistas en:

- HARO, Ayuntamiento y Servicio de Aguas
- MIRANDA DE EBRO, Servicio de Aguas Municipal
- FONCEA, Alcalde y Servicio de Aguas
- GALBARRULI, Alcalde y Secretario
- FONZALECHE, Alcalde y Alguacil
- VILLALBA DE RIOJA, Alcalde y Secretario
- VILLASECA, Alcalde
- Particulares en PANCORBO, AMEYUGO, BUGEDO, VALVERDE DE MIRANDA y CASTILSECO, VILLASECO.

Además se ha recogido información de sondeos realizados por el S.G.O.P. y el IRYDA en colaboración con el IGME.

Como resultado de esta campaña se han incorporado 17 nuevos puntos al inventario y 5 puntos inventariados anteriormente han sido modificados.

Tanto para los puntos nuevos, como para los modificados se ha rellenado una ficha de inventario del IGME (Anexo 1).

Los puntos inventariados están situados en el plano nº 1. Como puede verse, en él, hay situados puntos a ambos márgenes del río Ebro.

Aunque el presente estudio se enfoque a los Montes Obarenes, también se han utilizado los datos de inventario de los puntos de agua situados en la margen derecha del río Ebro, situados en materiales miocenos y cuaternarios.

Los puntos de agua del inventario tienen las siguientes características.

### 3.1. CARACTERISTICAS DEL INVENTARIO

#### 3.1.1. Número de puntos

- Número de puntos del inventario previo: 64
- Número de puntos de agua nuevos: 17
- Número de puntos de agua modificados: 5

Número total: 81

#### 3.1.2. Características de los puntos

- Manantiales:  $Q > 10$  l/s: 4
- Manantiales:  $1 \text{ l/s} < Q < 10$  l/s: 19
- Manantiales:  $Q < 1$  l/s: 37

Total manantiales: 60 (74%)

- Pozos abiertos-Profundidad  $< 10$  m: 10
- Pozos o sondeos entubados  
profundidad  $> 10$  m: 8
- Galerías : 3

Total obras: 21 (26%)

### 3.1.3. Distribución por acuíferos

#### MANANTIALES

ACUIFERO	$Q < 1 \text{ l/s}$	$1 \text{ l/s} < Q < 10 \text{ l/s}$	$Q > 10 \text{ l/s}$	CAUDAL DRENADO ENTRE TODOS LOS MANANTIALES (l/s)
calizas cretácico superior	4	3	4	221
calizas jurásico		1		1
areniscas, arcillas, margas mioceno	18	1		4,7
Aluvial y terrazas cuaternarias. Río Ebro y Tirón	14	14		34
Areniscas Utrillas	1			0,2

TABLA 3.1. DISTRIBUCION DE LOS MANANTIALES POR ACUIFEROS

#### OBRAS

ACUIFERO	POZOS ABIERTOS PROF. < 10 m	POZOS O SONDEOS ENTUBADOS PROD. > 10 m	GALERIAS
calizas cretácico superior	-	4	-
areniscas, arcillas, margas mioceno	-	2	-
aluvial y terrazas cuaternarias ríos Ebro y Tiron	10	1	3
Triásico-Keuper	-	1	-

TABLA 3.2 DISTRIBUCION DE LAS OBRAS POR ACUIFEROS.

En la figura 1 se han representado en papel logarítmico-probabilístico los caudales de los manantiales en el Mioceno y en los acuíferos cuaternarios indicando una mayor permeabilidad de los materiales cuaternarios.

Por lo que se refiere a cotas de los manantiales, los situados en los cuaternarios están situados entre 450 m y 510 m.

Los situados en el Mioceno están entre 500 y 800 m y no se aprecia relación entre los caudales y la altura del manantial.

Los manantiales situados en calizas del cretácico superior, tienen una estrecha relación entre el caudal y la cota.

COTA	CAUDAL (l/s)	OBSERVACIONES
450	0,08	(2209-1-41) Drena un pequeño afloramiento de calizas
495	130	(2109-3-22) Manantial de San Antón, abastece a Miranda de Ebro
570	17	(2109-4-9) Manantial de Herrera
590	66	(2109-2-3 y 4) Directamente al río Oroncillo
615	5	(2109-4-12) Manantial de La Laguna. Abastece a Miranda de Ebro
680	1,1	(2109-2-2) Abastece a Fonzaleche
755	1	(2109-2-1) Abastece a Foncea
790	0,8	(2109-2-2) Abastece a Cellorigo
880	0,65	(2109-3-5y 6)

TABLA 3.3. COTAS DE LOS MANANTIALES DEL CRETACICO SUPERIOR

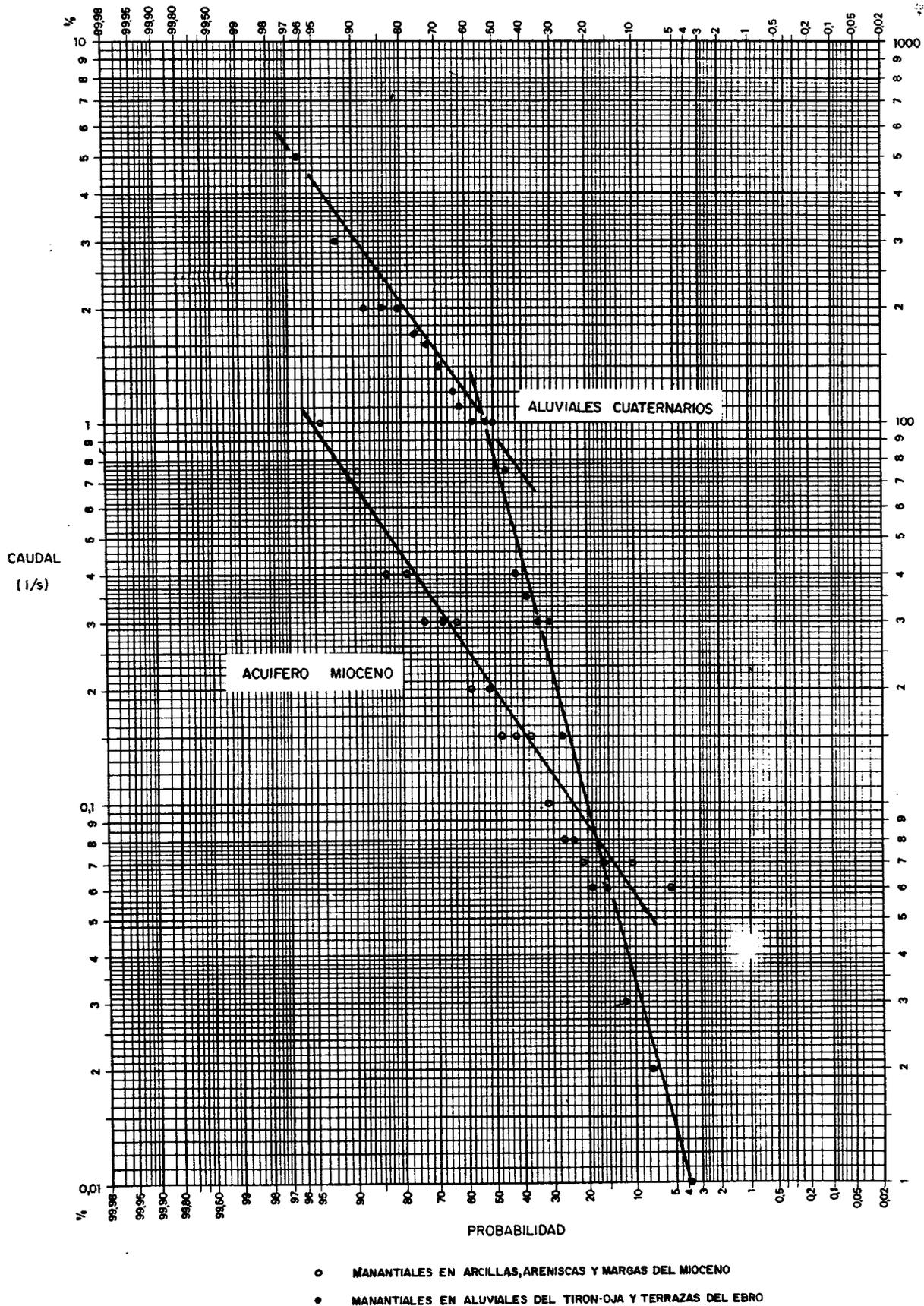


Fig 3.1.- AJUSTE A UNA LEY LOGARITMICA NORMAL DE LOS CAUDALES DE MANANTIALES EN ESTIAJE

### 3.2. CAUDALES DE POZOS Y SONDEOS

#### 3.2.1. Acuífero Mioceno

Hay dos sondeos en Sajazana de 47 m y 70 m de profundidad, respectivamente (210903013 y 14). Están secos.

También puede considerarse el manantial de Castilseco, donde en el manantial se ha realizado una excavación de 10 m de profundidad, que realiza una función de pozo y depósito. Abastece de forma justa una población de 10 habitantes.

#### 3.2.2. Aluviales y terrazas cuaternarias

En general todas las captaciones dan caudales entre 0,3 l/s y 1,5 l/s, a excepción del pozo del muro (2109-8-3) con una profundidad de 80 m y da un caudal de 10 l/s.

#### 3.2.3. Calizas y dolomías cretácicas

Unicamente hay 2 sondeos con buena información al respecto (2109-2-00) y (2109-4-010).

- En el 2109-2-006, se bombearon 20 l/s deprimiéndose el nivel 23,80 m
- En el 2109-4-010 se bombearon 156 l/s deprimiéndose el nivel 1,28 m.

Las transmisividades calculadas para ambos sondeos son de 26 m<sup>2</sup>/día y 10.000 m<sup>2</sup>/día respectivamente.

### 3.3. SALIDAS DIRECTAS A LOS RIOS

Además de los manantiales vistos, se ha detectado la presencia de varias salidas a los rios a través de los acuíferos. La detección se ha realizado mediante aforos diferenciales o bien mediante análisis químicos.

La mayor parte de estas salidas se detectan en el rio Oroncillo entre Pancorbo y Ozón en los contactos de las calizas con el rio.

Estas salidas son muy importantes. El cálculo de su caudal se realiza en el capítulo nº 6.

Otra salida directa se ha detectado en el rio Natapán a la altura de Bugedo. Su caudal puede ser de unos 5 l/s.

#### 4.- CLIMATOLOGIA

#### 4.- CLIMATOLOGIA

##### 4.1. DATOS DE PARTIDA

El estudio climático tiene como objeto el conocer los recursos hídricos de la zona. Para ello se han recogido los datos climáticos existentes en la zona de estudio.

Las estaciones metereológicas con las que se ha contado son las de Haro, y la de Miranda de Ebro, situadas a cotas de 490 m y 470 m respectivamente.

Los datos que se tienen de ambas estaciones son una serie de precipitaciones mes a mes y temperaturas medias mensuales en un periodo de tiempo que cubre desde 1951 a 1986.

En esta serie de 35 años unos 6 se encuentran con datos incompletos.

##### 4.2. PRECIPITACIONES

Las precipitaciones medias mensuales en este periodo están reflejados en la TABLA 4.1.

En ambas estaciones se observan 2 máximos de precipitación y 2 mínimos.

Los meses en que se producen los máximos son en Mayo y en Noviembre. Los mínimos se producen en Julio y Febrero respectivamente.

A partir de estos datos puede deducirse que:

		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.			
P (mm)	MIRANDA DE EBRO	47	41	42	52	63	56	27	36	42	46	57	54	563	PRECIPITACION ANUAL (mm)	
	HARO	39	33	36	46	48	43	22	26	38	41	45	44	461		
T (°C)	MIRANDA DE EBRO	4,5	5,6	8,2	10,1	13,6	16,8	19,7	19,5	17,0	12,6	7,7	5,2	11,7	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°)	
	HARO	5,0	5,9	8,4	10,6	13,9	17,6	20,4	20,4	18,1	13,1	8,0	5,8	12,3		
ETP (mm)	MIRANDA DE EBRO	14	15	35	45	78	99	126	115	81	53	25	16	702	EVAPOTRINSPIRAC. POTENC. ANUAL (mm)	
	HARO	15	16	35	47	78	103	132	122	88	56	25	16	733		
BALANCE MIRANDA DE EBRO c.c. 30 mm	ETR (mm)	14	15	35	45	78	71	27	36	42	46	25	16	450	ETR ANUAL (mm)	BALANCE MIRANDA DE EBRO c.c. 30 mm
	ETR (mm)	36	26	7	7	0	0	0	0	0	0	2	38	113	EXCEDE. ANUAL (mm)	
	DEF (mm)	0	0	0	0	0	28	99	79	39	7	0	0	252	DEFIC. ANUAL (mm)	
BALANCE MIRANDA DE EBRO c.c. 90mm	ETR (mm)	14	15	35	45	78	99	59	36	42	46	25	16	510	ETR ANUAL (mm)	BALANCE MIRANDA DE EBRO c.c. 90mm
	EXC (mm)	13	26	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	53	EXCED. ANUAL (mm)	
	DEF (mm)	0	0	0	0	0	0	67	79	39	7	0	0	192	DEFIC. ANUAL (mm)	
BALANCE HARO c.c. 30 mm	ETR (mm)	15	16	35	47	77	43	22	26	38	41	25	16	401	ETR ANUAL (mm)	BALANCE HARO c.c. 30 mm
	EXC (mm)	24	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18	60	EXCED. ANUAL (mm)	
	DEF (mm)	0	0	0	0	1	60	110	96	50	15	0	0	332	DEFIC. ANUAL (mm)	
BALANCE HARO c.c. 90 mm	ETR (mm)	15	16	35	47	78	102	22	26	38	41	25	16	461	ETR ANUAL (mm)	BALANCE HARO c.c. 90 mm
	EXC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EXCED. ANUAL (mm)	
	DEF (mm)	0	0	0	0	0	1	110	96	50	15	0	0	272	DEFIC. ANUAL (mm)	

TABLA 4.1. RESUMEN DE DATOS METEREOLÓGICOS Y BALANCES HIDROMETEREOLÓGICOS EN LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE HARO Y MIRANDA DE EBRO

- El regimen climático en ambos puntos es similar ya que máximos y mínimos son coincidentes en el tiempo, el parecido que sigue la evolución de temperaturas es aún mayor.
  
- La menor precipitación que se produce en Haro respecto a Miranda de Ebro puede ser debida a que la sierra de los Montes Obarenes actue a modo de barrera para las nubes de influencia atlántica. Una consecuencia de este hecho sería el que la precipitación sobre esta sierra, (altitud media 700-800 m) sería superior a la que se produce sobre ambas estaciones metereológicas.

#### 4.3. TEMPERATURAS

Las temperaturas medias del periodo estudiado estan reflejadas en la TABLA 4.1

La evolución mes a mes de las temperaturas es muy parecida en ambas estaciones, siendo Julio el mes más cálido, y Enero el más frío.

Se puede decir que las temperaturas son algo más altas en Haro que en Miranda de Ebro, del orden de 0,5°C.

#### 4.4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Con los datos de precipitaciones y temperaturas medias se ha calculado la evapotranspiración potencial mediante el método de Thornwaite para ambas estaciones. Los resultados estan en la tabla 4.1.

En ambas estaciones la ETP anual supera a la precipitación. La ETP es un 4% más alta en Haro que en Miranda de Ebro, debido a la ligera diferencia de temperaturas medias mensuales (algo más altas en Haro).

#### 4.5. EVAPOTRANSPIRACION REAL-BALANCES HIDROMETEREOLÓGICOS

Se han realizado dos balances hidrometereológicos para cada estación metereológica considerando capacidades de campo de 30 mm y 90 mm (tabla 4.1) con el objeto de conocer los excedentes.

Son muy indicativas las diferencias obtenidas en los balances tanto al comparar Haro con Miranda de Ebro, como las que se notan en la misma estación con distintas capacidades de campo.

En lo que se refiere a recursos de la zona se distinguen por un lado los recursos de los Montes Obarenes en sí, y los del terciario de la Cuenca del Ebro por otro.

En los Montes Obarenes hay que considerar que las precipitaciones serán superiores a las que se recogen en Miranda de Ebro (563 mm) y las temperaturas más bajas, con lo que la ETP sería menor que en Miranda de Ebro.

En los afloramientos carbonatados de este macizo la capacidad de campo sería baja y para estimar los recursos de la zona puede suponerse que es de 30 mm. Por ello se puede considerar que los excedentes de esta zona serían netamente superiores a 113 mm/año, pudiendo-

se estimar cifras del orden de 150-200 mm/año si se realizarán balances diarios.

En el Terciario de la Cuenca del Ebro se puede tomar como indicativa la estación metereológica de Haro. La capacidad de campo a considerar sería mas alta que los materiales carbonatados de los Montes Obarenes. Los recursos de esta zona serían inferiores a 60 mm si se considera el balance mes a mes.

## **5.- DEMANDA DE AGUA EN LA RIOJA ALTA**

---

### 5.- DEMANDA DE AGUA EN LA RIOJA ALTA

Dentro del estudio se han realizado una serie de encuestas sobre abastecimientos urbanos en la Rioja Alta. La zona exacta donde se han realizado las encuestas está limitada por el límite provincial de la Comunidad Autónoma de la Rioja, el río Ebro y el río Tiron.

Esta zona abarca un total de 10 núcleos urbanos que por orden de importancia son:

<u>NUCLEO</u>	<u>POBLACION ESTABLE</u>	<u>POBLACION TEMPORAL</u>
Haro	9.000	8.000
Treviana	385	500
Villalba de		
Rioja	194	106
Fonzaleche	150	250
Villaseca		
(Fonzaleche)	90	50
Galbarruli	61	90
Foncea	48	72
San Millán de		
Yécora	30	30
Cellórigo	22	10
Castilseco		
(Galbarruli)	4	8
<b>T O T A L</b>	<b>9.984</b>	<b>9.116</b>

No se ha realizado encuesta en Lajazana, ya que el IGME la ha realizado poco tiempo antes de hacerse esta.

Las encuestas incluyen, datos sobre abastecimientos, saneamiento y vertido de residuos sólidos y líquidos, e incluyen un mapa escala 1:50.000 con la situación de las captaciones de abastecimiento y los puntos de vertido de residuos líquidos y sólidos.

### **5.1. CARACTERISTICAS DE LOS ABASTECIMIENTOS Y SANEAMIENTOS**

Las características concretas de los abastecimientos se encuentran en las fichas del anexo 3. En este apartado únicamente se darán las características generales de estos abastecimientos.

Las poblaciones de Castilseco, Cellorigo, Galbarrulli, Villaseca y Foncea tienen las captaciones dentro de los límites de población. Se abastecen a partir de manantiales a excepción de Villaseca, que lo hace a partir de una obra mixta pozo-depósito.

Villalba de Rioja y Fonzaleche, tienen captaciones tanto dentro como fuera del término municipal, son manantiales y la captación más caudalosa en ambos casos es la que queda fuera del término municipal y les hace falta bombear el agua de estas captaciones.

Treviana y San Millan de Yécora tienen sus captaciones alejadas al término municipal, y se trae el agua por gravedad desde Quintanar de la Rioja a unos 20 km de distancia.

Haro tiene un abastecimiento tanto a partir de aguas superficiales como de subterráneas (manantial y pozo).

Los vertidos de aguas residuales se realizan de forma distinta: en Treviana, Villalba de Rioja, Villaseca, Galbarruli, Foncea, San Millán de Yecora y Castilseco se vierte a los ríos cercanos al núcleo urbano realizandose una depuración primaria con fosa séptica. En Fonzaleche y Cellóriga también vierten a los arroyos cercanos pero sin fosa séptica. En Haro hay vertidos directos a los ríos Tirón y Ebro.

Los vertidos de residuos sólidos se realizan en vertederos controlados cercanos a cada uno de los núcleos municipales excepto en Galbaruli, Foncea, San Millán de Yécora, Cellóriga y Castilseco donde este vertido se realiza de forma dispersa.

## 5.2. PROBLEMAS EN RELACION CON EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

En las fichas del anexo 3 vienen reflejados con detalle los problemas de abastecimiento de cada núcleo urbano. En ningún caso se han detectado problemas debidos a calidad deficiente del agua.

En la tabla 5.1 se resumen estos problemas.

El problema principal aparece en Haro. La empresa suministradora de agua a esta población está tramitando una nueva concesión en el río Oja con lo que piensan que no habría restricciones.

Los problemas de abastecimiento de Treviana y San Millán de Yécora son derivados principalmente de las pérdidas de la conducción entre la captación situada en Quintanar de la Rioja y el distribuidor. En el caso de Treviana, sería además necesario aumentar el caudal de la concesión actual (1,76 l/s).

NUCLEO	POBLACION ESTABLE	POBLACION TEMPORAL	DOTACION ACTUAL (m <sup>3</sup> /día)	DEMANDA PUNTA (m <sup>3</sup> /día)	DEFICIT REAL (m <sup>3</sup> /día)	OBSERVACIONES
Haro	9.000	8.000	5.097	6.250	1.153	Hay restricciones unicamente en verano
Treviana	385	500	152	206	54	Fuertes restricciones, debidas principalmente a fallos de la conduccion entre captación y depósito.
Villalba de Rioja	194	206	1.036	49		No hay restricciones, pero han de bombear el agua a más de 100 m.
Fonzaleche	150	250	106	66		
Villaseca	90	50	13	24	11	Suele haber restricciones en verano
Galbaruli	61	90	50	34		Son datos de la nueva traida de aguas (1988); antes solía haber fuerte déficit
Foncea	48	72	80	21,5		
San Millan de Yécora	30	30	17	12		A veces suele haber problemas en verano debidos a fallos de conducción entre captación y depósitos
Cellorigo	22	10	8,6	6,8		No hay déficit; a veces hay problemas ya que se usa el agua para riego
Castilseco	4	8	1,2	1,2		A veces suele haber, ya que se usa el agua para riego de parcelas

TABLA 5.1. RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL ABASTECIMIENTO DE NUCLEOS URBANOS Y RURALES DE LA COMARCA DE RIOJA ALTA

Los núcleos de Villaseca, Cellóriga y Castilseco tienen dotaciones muy ajustadas por lo que cualquier pequeño riego o lavado que se efectue acarrea el que haya restricciones en verano.

Foncea y Fonzaleche no tienen problemas de abastecimiento actuales y tampoco se prevee que los tengan en un futuro cercano ya que sus dotaciones superan largamente a la demanda.

El caso de Villalba de Rioja es que la captación que tienen dentro del límite municipal es claramente insuficiente, teniendo que hacer uso del manantial de Herrera que precisa de un bombeo superior a 100 m de altura. Una solución para este núcleo puede ser el uso del pozo situado al N del núcleo (2109-4-010).

En Galbarruli existían fuertes problemas de agua hasta el año pasado (1987). Posteriormente se ha efectuado una nueva captación del manantial (2109-3-001), parece ser que con esta captación se habrán solucionado los problemas de abastecimiento.

## 6.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL

## 6.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL

### 6.1. LA RED DE DRENAJE

La red fluvial de la zona está formada principalmente por el río Ebro y 2 afluentes importantes, el río Oroncillo y el río Tirón.

El río Tirón y sus afluentes drenan los materiales miocenos situados al S de los Montes Obarenes.

El río Oroncillo y sus afluentes son el dren de la mayor parte de los Montes Obarenes, la otra parte es drenada directamente por el río Ebro y algún pequeño afluente suyo.

Los únicos cursos perennes existentes en los Montes Obarenes son (plano 6).

- El río Ebro
- El río Oroncillo
- El río Natapán
- El río Herrera
- El río San Miguel que despues de un pequeño recorrido se infiltra totalmente.

Aparte de estos rios perennes no se ha observado la existencia de cursos temporales importantes ( $Q > 5 \text{ l/s}$ ).

### 6.2. ESTACIONES DE AFORO

Con el objeto de controlar las salidas, directas de los acuíferos carbonatados de los Montes Obarenes al río Oroncillo, se han instalado 5 escalas a -

lo largo de este río. El total de escalas controladas ha sido de 6, ya que en el puente de la N-1 sobre el río Oroncillo en Orón hay una escala instalada por el MOPU, es la estación de aforos nº 189 de la Cuenca del Ebro.

Todas las escalas han sido instaladas bajo puentes que están sobre el río Oroncillo. Su situación puede verse en el plano 1.

En la tabla 6.1 se pueden ver las cuencas superficiales entre estaciones y la distancia entre estaciones.

ESTACION	COTA (m)	DISTANCIA ENTRE ESTACIONES (km)	CUENCA SUPERFICIAL ENTRE ESTACIONES (km <sup>2</sup> )
0-1	630		
		3,5	6,5
0-2	580		
		3,0	34,4
0-3	540		
		4,8	23,0
0-4	510		
		1,7	2,2
0-5	497		
		3,5	7,2
0-6	475		

TABLA 6.1. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS ESTACIONES DE AFORO

### 6.3. MEDIDA DE LAS ESCALAS

Una vez instaladas las escalas, se han realizado lecturas de las mismas bien a través de escaleros residentes en la zona, o en las campañas de aforo realizadas. Las alturas de escalas leídas se encuentran en el anexo nº 4. Para la escala nº 5, situada entre Valverde de Miranda y Orón, no se pudo encontrar ninguna escalero, ya que cerca de la zona no hay poblaciones, y únicamente se cuenta con las lecturas realizadas por los técnicos del proyecto.

### 6.4. CAMPANAS DE AFOROS, CURVAS DE GASTOS

El número de aforos realizados ha sido de 31 en 5 campañas; en el anexo 5 pueden verse cada uno de estos aforos. En la tabla 6.2 se encuentran los niveles leídos y los caudales obtenidos en estos aforos. Cabe indicar que en la campaña realizada el 18-4-88 el molinete no funcionó después de haber realizado el primer aforo.

Con los aforos directos y las alturas de las escalas se ha reconstruido la curva de gastos para cada estación de aforos (figuras 6.1 a 6.6).

Las curvas de gastos se han ajustado a una ley exponencial del tipo:

$$q = a (h + b)^c$$

donde:

q = caudal (l/s)

a, b, c = constantes

Identificación	Rio	Q (l/s)	Escala (m)	Fecha	Q (l/s)	Escala (m)	Fecha	Q(l/s)	Escala (m)	Fecha	Q(l/s)	Escala (m)	Fecha	Q(l/s)	Escala (m)	Fecha	Q(l/s)	Escala (m)	Fecha
Pancorbo (1)	Oroñcillo	543	0,47	10-3-88	2.114	0,67	18-4-88	206	0,38	20-6-88	232	0,37	5-7-88	74	0,30	29-8-88	33	0,28	28-11-88
Hostal (2)	"	1272	0,25	10-3-88				412	0,14	20-6-88	327	0,14	5-7-88	171	0,11	29-8-88	117	0,04	28-11-88
Ameyugo (3)	"	669	0,34	10-3-88				618	0,23	20-6-88	778	0,225	5-7-88	497	0,17	29-8-88	340	0,10	28-11-88
Valverde (4)	"	639	0,54	10-3-88				629	0,45	20-6-88	1078	0,52	5-7-88	559	tapado entero	29-8-88	319	0,30	28-11-88
Toma Miranda (5)	"	874	0,54	10-3-88				609	0,15?	20-6-88	1245	0,28	5-7-88	581	0,235	29-8-88	345	0,075	28-11-88
Crén Nacional-I (6)	"	814	0,60	10-3-88				833	0,56	20-6-88	2281	0,62	5-7-88	719	0,45	29-8-88	386	0,43	28-11-88

TABLA 6.2. AFOROS DIRECTOS REALIZADOS EN LOS MONTES OBARENES

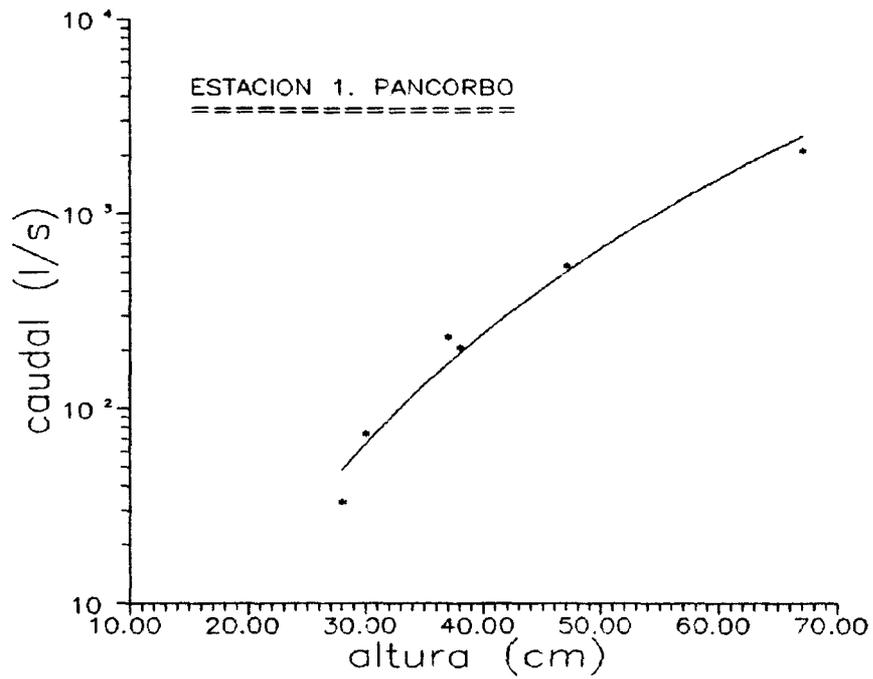


Fig. 6.1. Curva de gastos de la estación de aforos nº 1. Pancorbo

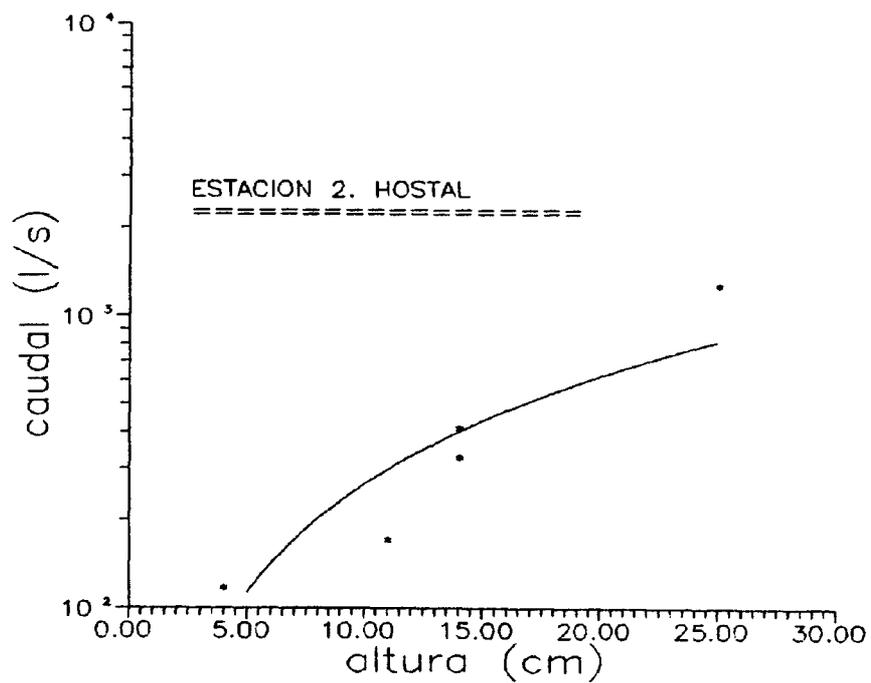


Fig. 6.2. Curva de gastos de la estación de aforos nº 2. Hostal el desfiladero

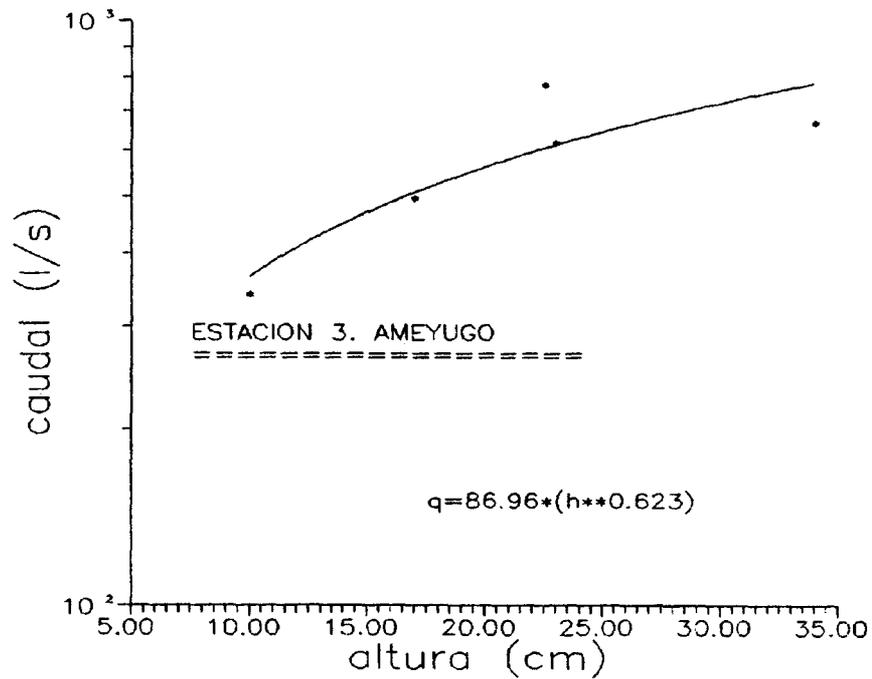


Fig. 6.3. Curva de gastos de la estación de aforos nº 3. Ameyugo

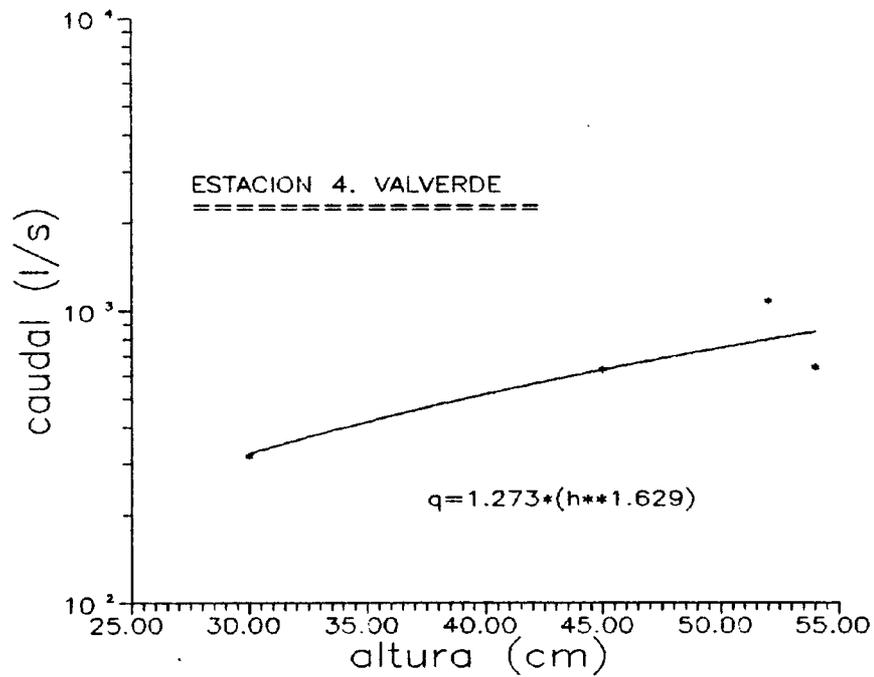


Fig. 6.4. Curva de gastos de la estación de aforos nº 4. Valverde de Miranda

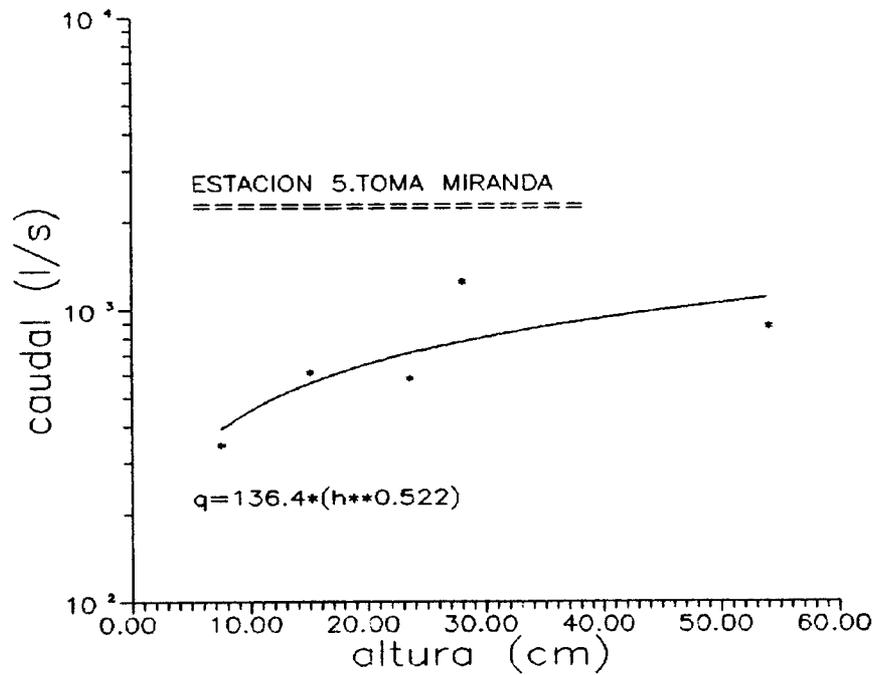


Fig. 6.5. Curva de gastos de la estacion de aforos nº 5. Toma de aguas de Miranda

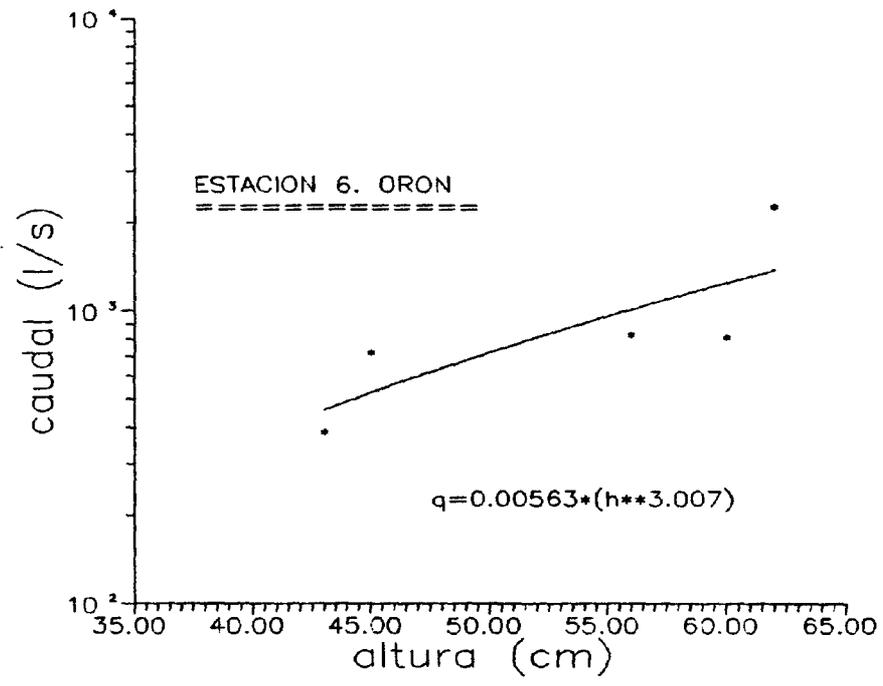


Fig. 6.6. Curva de gastos de la estación de aforos nº 6. Orón

$h$  = altura de la escala (cm)

Los mejores ajustes obtenidos para cada estación han sido:

ESTACION	MEJOR AJUSTE	COEFICIENTE DE CORRELACION ( $r^2$ )
1	$q=1,008 (h-22)^{1,983}$	0,992
2	$q=0,083 (h+10)^{2,65}$	0,90
3	$q=86,96 (h)^{0,623}$	0,77
4	$q=1,273 (h)^{1,629}$	0,77
5	$q=136,4 (h)^{0,522}$	0,638
6	$q=0,00563 (h)^{3,007}$	0,629

El nº de aforos realizado no permite muy buenos ajustes. La estación con mejor ajuste, que puede considerarse satisfactorio es el de estación nº 1 situada en Pancorbo.

#### 6.5. EVOLUCION DE CAUDALES

Con las alturas de escala medidas y las curvas de gastos ajustados se ha reconstruido la evolución de caudales en cada estación de aforos (tablas 6.3.).

Para ello se han completado, en las fichas en que ha parecido razonable las alturas de las escalas que no han sido leídas, o no han podido ser leídas.

Este último caso ha ocurrido en la estación 4 de Valverde de Miranda, donde desde finales de Julio a

finales de Septiembre no han podido realizarse lecturas ya que el tramo del rio donde está la escala se encontraba embalsado para fines recreativos,

La evolución de caudales puede observarse tambien en la figura 6.7 en donde se aprecia un periodo muy húmedo en los meses de Abril y Mayo, con posterior agotamiento.

#### 6.6. AUMENTOS DE CAUDAL ENTRE ESTACIONES-AFOROS DIRECTOS

Los aumentos de caudal entre estaciones, medidos en las campañas de aforos directos han sido:

FECHA	CAUDAL (l/s) EST. 1	Q EST 2- Q EST 1 l/s	Q EST 3- Q EST 2 l/s	Q EST 4- Q EST 3 l/s	Q EST 5- Q EST 4 l/s	Q EST 6- Q EST 5 l/s
10-3-88	543	729	-603	-30	235	-60
20-6-88	206	206	206	11	-20	224
5-7-88	232	95	451	300	167	1036
29-8-88	74	97	326	62	22	138
28-11-88	33	84	223	-21	26	41

Resulta muy extraña la pérdida de 603 l/s entre la estación 2 y la estación 3 en el aforo del 10-3-88. Ello pudo ser resultado de una descompensación del molinete al quedar el eje ligeramente torcido. Hecho que fue subsanado antes de realizar los aforos de la siguiente campaña.

A la vista de la tabla anterior se observa que los mayores incrementos de caudal se observan entre la Estación 2 y la Estación 3 (223 l/s) en el estiaje, seguidos de 84 l/s entre la estación 1 y la 2.

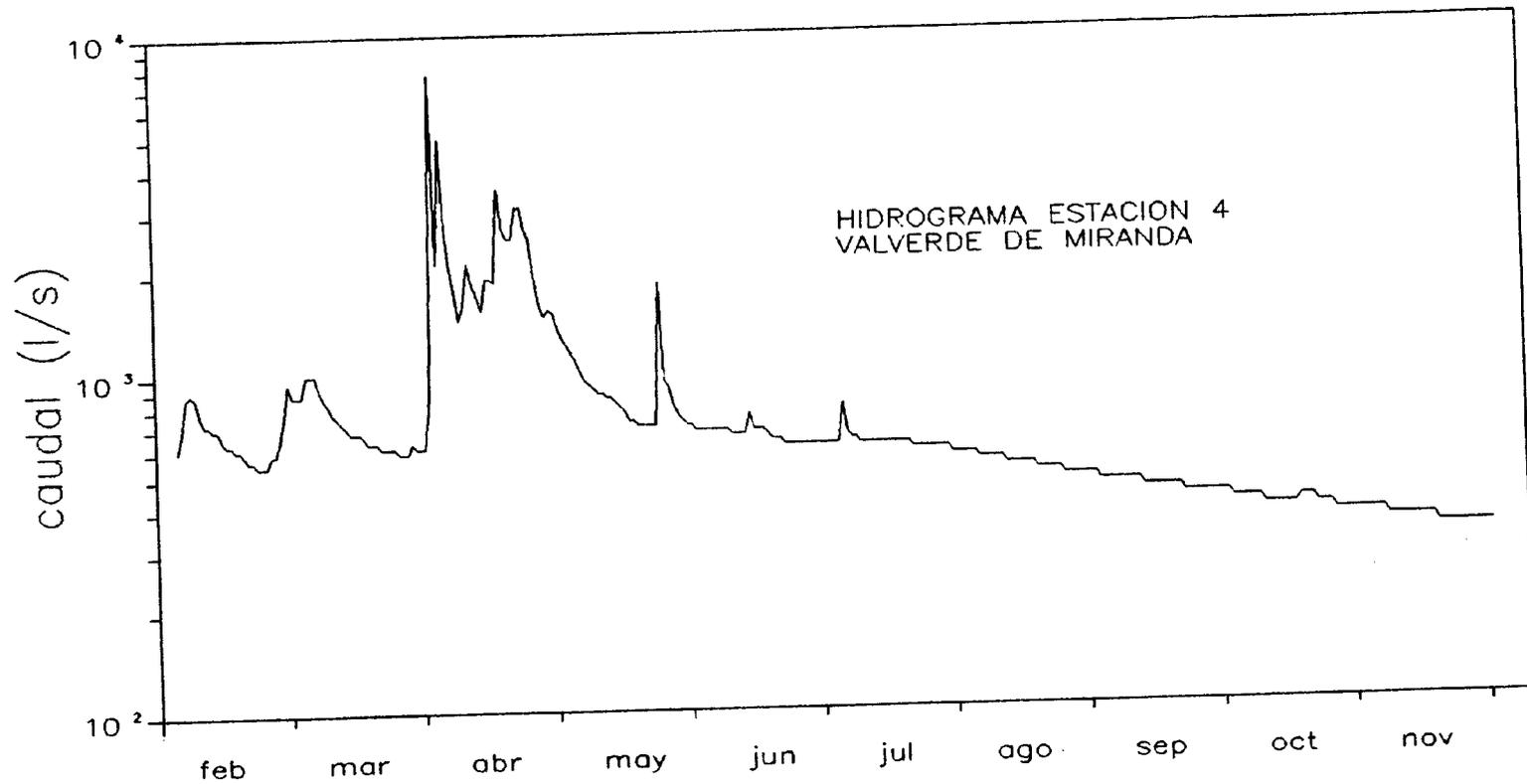


Fig. 6.7.

Menores aumentos se observan entre la estación 5 y la 6 (41 l/s) entre la 4 y la 5 (26 l/s), aunque en este caso hay que tener en cuenta que entre estas 2 estaciones está la toma de aguas para Miranda de Ebro que detrae un caudal de 200 l/s del acuífero.

Entre la estación 3 y 4 se observa una ligera disminución de caudal en el aforo efectuado en máximo estiaje.

#### **6.7. AUMENTOS DE CAUDAL ENTRE ESTACIONES MEDIANTE LECTURA DE ESCALAS Y CURVAS DE GASTOS**

Se han contrastado los valores obtenidos en el apartado anterior con las medias de aumento de caudal entre estaciones (tabla 6.3) obtenidas con la lectura de escalas y las curvas de gastos en un periodo comprendido entre el 1 de Mayo y el 28 de Noviembre, obteniéndose los siguientes valores:

MEDIAS DE AUMENTO DE CAUDAL ENTRE 2 ESTACIONES. PERIODO 1 de Mayo/28 Nov.
--

ESTACION 1 - ESTACION 2: 251 l/s  
ESTACION 2 - ESTACION 3: 116 l/s  
ESTACION 3 - ESTACION 4: (-13)l/s  
ESTACION 4 - ESTACION 6: 241 l/s

#### **6.8. CONCLUSIONES SOBRE AUMENTOS DE CAUDAL EN EL RIO ORONCILLO**

En el Tramo comprendido entre Pancorbo y Orón, el río Oroncillo tiene aumentos importantes de

TABLA 6.3.

SEÑALES Y CAUDALES DEL RIO CROQUILLO. AÑO 1988

FECHA	NSE	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		ESTACION 4		ESTACION 5		ESTACION 6		q(P2-P1) (l/s)	q(P2-P2) (l/s)	q(P4-P3) (l/s)	q(P5-P4) (l/s)	q(P7-P5) (l/s)	q(P6-P4) (l/s)
		h(cm)	q(l/s)																
1 FEBRERO												56	1017						
2 FEBRERO												56	1017						
3 FEBRERO												53	862						
4 FEBRERO												53	862						
5 FEBRERO												53	862						250
6 FEBRERO	41	346				25	646	44	605			53	862			-41			1105
7 FEBRERO						28	693	48	698			68	1823			4			796
8 FEBRERO						33	768	55	871			66	1667			103			927
9 FEBRERO						35	797	56	897			68	1823			100			795
10 FEBRERO						32	753	55	871			66	1667			117			611
11 FEBRERO						28	693	51	770			62	1381			28			530
12 FEBRERO						28	693	49	721			60	1251			28			536
13 FEBRERO						28	693	49	721			60	1251			4			433
14 FEBRERO						28	693	48	698			58	1130			20			319
15 FEBRERO						27	678	48	698			56	1017			-27			366
16 FEBRERO						27	678	46	651			56	1017			-18			323
17 FEBRERO						25	646	45	628			55	963			-18			284
18 FEBRERO	41	346				25	646	45	628			54	912			-41			256
19 FEBRERO	40	311				23	613	44	605			53	862			-8			256
20 FEBRERO	40	311				23	613	43	583			53	862			-30			279
21 FEBRERO	39	278				23	613	42	561			53	862			-52			301
22 FEBRERO	39	278				23	613	42	561			53	862			-52			301
23 FEBRERO	39	278				23	613	41	540			52	814			-74			274
24 FEBRERO	39	278				23	613	41	540			52	814			-74			274
25 FEBRERO	39	278				23	613	41	540			53	862			-74			322
26 FEBRERO	39	278				23	613	43	583			53	862			-30			275
27 FEBRERO	39	278				23	613	43	583			55	963			-30			380
28 FEBRERO	40	311				23	613	43	583			55	963			5			475
29 FEBRERO	42	383				25	646	46	651			58	1130			46			431
1 MARZO	45	506				30	724	51	770			60	1251			46			717
2 MARZO	48	645				35	797	58	949			66	1667			153			578
3 MARZO	48	645				35	797	55	871			63	1449			74			735
4 MARZO	48	645				35	797	55	871			66	1667			74			795
5 MARZO	49	695				35	797	55	871			66	1667			74			795
6 MARZO	48	645				35	797	55	871			66	1667			151			741
7 MARZO	48	645				39	852	60	1003			67	1744			138			741
8 MARZO	48	645				40	866	60	1003			67	1744			138			516
9 MARZO	47	596				38	839	60	1003			64	1519			165			434
10 MARZO	47	596				35	797	56	897			62	1381			100			406
11 MARZO	47	596	25	1025	34	782	54	845	54	1094	60	1251	429	-243		249	157		406
12 MARZO	47	573			31	753	53	820			58	1190				66			370
13 MARZO	46	550			32	753	51	770			57	1130				17			353
14 MARZO	45	506			32	753	50	746			57	1073				-8			357
15 MARZO	44	463			32	753	49	721			57	1073				-32			351
16 MARZO	43	402			30	724	48	698			55	963				-26			255
17 MARZO	42	382	20	581	30	724	47	674	42	960	55	963	298	42		-50	286	4	250
18 MARZO	41	346			30	724	47	674			53	862				-50			152
19 MARZO	40	311			30	724	47	674			50	723				-50			40

TABLA 6.3. (continuación 1)

NIVELES Y CAUDALES DEL RIO CRONCILLO, AÑO 1968

FECHA	SEN	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		ESTACION 4		ESTACION 5		ESTACION 6		q(B1-B2) (l/s)	q(B2-B3) (l/s)	q(B3-B4) (l/s)	q(B4-B5) (l/s)	q(B5-B6) (l/s)	
		h(cm)	q(l/s)																
20 MARZO		40	311			28	693	45	628			52	814					-65	126
21 MARZO		40	311			28	693	45	628			51	768					-65	140
22 MARZO		40	311			28	693	45	628			52	814					-65	126
23 MARZO		39	278			25	646	44	605			52	814					-41	208
24 MARZO		38	246			25	646	44	605			52	814					-41	208
25 MARZO		38	231			25	646	44	605			52	814					-41	208
26 MARZO		37	217			25	646	44	605			52	814					-41	149
27 MARZO		37	217			25	646	43	583			50	723					-63	38
28 MARZO		37	217			25	646	43	583			49	681					-63	38
29 MARZO		37	217			25	646	43	583			49	681					-18	51
30 MARZO		40	311			25	646	45	628			55	963					-41	325
31 MARZO		39	278			25	646	44	605			55	963					-41	315
1 ABRIL		38	246			25	646	44	605			50	723					-41	118
2 ABRIL		40	311			25	646	44	605			50	723					-41	147
3 ABRIL		01	3274			38	724	55	871			50	723						62436
4 ABRIL		71	2385			150	1973	218	1722			230	71158						21773
5 ABRIL		130	10858			65	1172	95	2121			160	23894						14721
6 ABRIL		94	3812			112	1644	160	4958			150	19680						6630
7 ABRIL		80	3165			80	1333	110	2693			117	9323						3653
8 ABRIL		69	2086			75	1281	95	2121			100	5814						1797
9 ABRIL		68	1999			65	1172	85	1770			85	3567						2732
10 ABRIL		67	1913			55	1056	75	1413			90	4236						2912
11 ABRIL		65	1748			60	1115	80	1603			92	4525						3593
12 ABRIL		65	1748			65	1172	95	2121			106	5814						3146
13 ABRIL		65	1748			60	1115	81	1838			95	4983						1932
14 ABRIL		65	1748			57	1080	83	1702			86	3694						1782
15 ABRIL		65	1748			55	1056	78	1538			83	3328						1676
16 ABRIL		69	2086			60	1115	89	1907			95	4983						2323
17 ABRIL		68	1999			57	1080	89	1907			90	4236						1570
18 ABRIL		130	10858	16	3563	59	1103	88	1872	77	1317	84	3442	-7295	-2460		-556	2125	33438
19 ABRIL		79	3057			101	1542	138	2635			185	36974						8581
20 ABRIL		75	2647			95	1484	118	2693			125	11374						4237
21 ABRIL		74	2549			70	1227	105	2497			105	6733						2497
22 ABRIL		90	4338			60	1115	105	2497			95	4983						11381
23 ABRIL		79	3057			80	1333	120	3103			137	14984						4541
24 ABRIL		79	3057			65	1172	120	3103			110	7744						4640
25 ABRIL		79	3057			65	1172	118	2693			105	6733						1522
26 ABRIL		76	2747			65	1172	105	2497			97	5306						1325
27 ABRIL		70	2175			58	1091	90	1942			88	3959						851
28 ABRIL		60	1368			50	995	80	1603			82	3201						688
29 ABRIL		60	1368			50	995	76	1475			81	3085						1611
30 ABRIL		65	1748			55	1056	78	1538			90	4236						2697
1 MAYO		60	1368	45	3397	50	995	77	1506			85	3567	2024	-2402				2659
2 MAYO		58	1229	44	3235	48	970	72	1350			80	2972	2006	-2265				1622
3 MAYO		56	1097	42	2927	45	932	69	1260			75	2448	1838	-1996				1128
4 MAYO		53	914	38	2581	40	866	67	1201			74	2351	1587	-1635				1126
5 MAYO		50	747	37	2239	40	866	65	1143			72	2165	1493	-1374				1022
6 MAYO		53	914	30	1461	38	852	63	1106	68	1106	90	1889	1487	1487				1022



TABLA 6.3. (continuación 3)

NIVELES Y CAUDALES DEL RÍO GRONCIÓN, AÑO 1998

FECHA	MDE	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		ESTACION 4		ESTACION 5		ESTACION 6		q(B2-B1) (l/s)	q(B3-B2) (l/s)	q(B4-B3) (l/s)	q(B5-B4) (l/s)	q(B6-B5) (l/s)
		h(cm)	q(l/s)															
24 JUNIO	40	210	29	593	25	646	44	605			56	1017	371	-25	-41			412
25 JUNIO	38	246	17	515	23	613	44	605			56	1017	269	98	-8			412
26 JUNIO	38	246	17	515	23	613	44	605			54	912	269	98	-8			306
27 JUNIO	37	217	17	514	23	613	44	605			54	912	239	98	-8			306
28 JUNIO	37	217	16	466	23	613	44	605	11	477	54	912	250	147	-8	-128	435	306
29 JUNIO	37	217	16	466	23	613	44	605			54	912	250	147	-8			306
30 JUNIO	35	278	15	623	25	646	44	605			60	1251	345	23	-41			616
1 JULIO	26	246	16	518	23	613	44	605			58	1130	321	46	-8			525
2 JULIO	34	246	16	568	23	613	44	605			56	1017	321	46	-8			412
3 JULIO	37	217	17	515	20	562	44	605			54	912	299	47	43			306
4 JULIO	37	217	16	466	20	562	44	605			54	912	250	96	43			306
5 JULIO	37	217	14	377	23	605	52	795	28	777	62	1381	161	228	190	-18	604	586
6 JULIO	37	217	16	466	25	646	46	651			57	1073	250	180	5			422
7 JULIO	35	169	15	420	20	562	45	628			55	963	231	142	66			335
8 JULIO	36	169	15	420	20	562	45	628			55	963	231	142	66			335
9 JULIO	38	169	15	420	20	562	44	605			54	912	231	142	43			306
10 JULIO	35	169	14	377	20	562	44	605			51	768	214	185	43			162
11 JULIO	35	169	14	377	20	562	44	605			50	723	214	185	43			118
12 JULIO	35	169	14	377	20	562	44	605			50	723	214	185	43			118
13 JULIO	34	169	13	337	20	562	44	605			50	723	198	225	43			118
14 JULIO	34	169	13	337	20	562	44	605			50	723	198	225	43			118
15 JULIO	34	169	13	337	20	562	44	605			50	723	198	225	43			118
16 JULIO	34	169	13	337	20	562	44	605			50	723	198	225	43			118
17 JULIO	33	117	12	295	20	562	44	605			50	723	182	263	43			118
18 JULIO	33	117	12	295	20	562	44	605			50	723	182	263	43			118
19 JULIO	46	311	20	881	26	662	44	605			53	862	371	-119	43			256
20 JULIO	35	178	12	568	10	562	44	605			53	862	296	-5	43			256
21 JULIO	35	246	17	515	22	597	43	583			53	862	269	81	-13			279
22 JULIO	37	217	17	515	22	597	43	583			53	862	239	81	-13			279
23 JULIO	37	217	16	466	22	597	43	583			53	862	250	130	-13			279
24 JULIO	37	217	16	466	20	562	43	583			51	768	250	96	21			185
25 JULIO	35	169	15	420	20	562	43	583			50	723	231	142	21			140
26 JULIO	35	169	15	420	20	562	43	583			50	723	231	142	21			140
27 JULIO	36	146	17	420	20	562	43	583			49	681	231	142	21			98
28 JULIO	36	146	17	420	20	562	43	583			49	681	231	142	21			98
29 JULIO	35	169	15	420	20	562	43	583			48	640	231	142	21			57
30 JULIO	35	169	15	420	20	562	42	561			48	640	245	142	-1			79
31 JULIO	34	169	14	377	20	562	42	561			49	681	238	185	-1			119
1 AGOSTO	35	169	14	377	20	562	42	561			49	681	214	185	-1			119
2 AGOSTO	34	169	14	377	20	562	42	561			49	681	238	185	-1			119
3 AGOSTO	34	169	13	337	20	562	42	561			48	640	198	225	-1			79
4 AGOSTO	34	169	13	337	20	562	42	561			48	640	198	225	-1			79
5 AGOSTO	33	117	12	295	20	562	41	540			47	609	220	225	-23			61
6 AGOSTO	33	117	12	295	20	562	41	540			47	609	182	263	-23			61
7 AGOSTO	35	169	12	216	20	562	41	540			47	609	182	263	-23			61
8 AGOSTO	33	117	12	295	20	562	41	540			47	609	182	263	-23			61
9 AGOSTO	33	117	12	295	20	562	41	540			47	609	182	263	-23			61
10 AGOSTO	33	117	12	295	20	562	41	540			47	609	182	263	-23			61

TABLA 6.3. (continuación 4)

NIVELES Y CAUDALES DEL RÍO OROQUILLO, AÑO 1988

\*\*\*\*\*

FECHA	MES	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		ESTACION 4		ESTACION 5		ESTACION 6							
		h(cm)	q(l/s)	q(E2-E1) (l/s)	q(E2-E2) (l/s)	q(E4-E3) (l/s)	q(E5-E4) (l/s)	q(E6-E4) (l/s)											
10 AGOSTO	10	117	12	260	20	562	40	518				47	600	182	263				85
11 AGOSTO	11	117	12	260	20	562	40	518				47	600	182	263				85
12 AGOSTO	12	97	11	265	20	562	40	518				47	600	168	297				85
13 AGOSTO	13	97	11	265	20	562	40	518				47	600	168	297				82
14 AGOSTO	14	96	11	265	20	562	40	518				47	600	177	297				85
15 AGOSTO	15	76	11	265	20	562	40	518				47	600	186	297				82
16 AGOSTO	16	76	11	265	20	562	40	518				47	600	186	297				85
17 AGOSTO	17	79	11	265	20	562	40	518				47	600	186	297				103
18 AGOSTO	18	79	11	265	20	562	39	497				47	600	186	297				103
19 AGOSTO	19	62	11	291	20	595	39	497				47	600	203	297				103
20 AGOSTO	20	62	11	291	20	562	39	497				47	600	203	297				86
21 AGOSTO	21	62	11	291	20	562	39	497				46	563	203	297				86
22 AGOSTO	22	62	11	291	20	562	39	497				46	563	203	297				86
23 AGOSTO	23	62	11	291	20	562	39	497				46	563	203	297				86
24 AGOSTO	24	62	11	291	20	562	39	497				46	563	203	297				86
25 AGOSTO	25	62	11	291	20	562	36	477				46	563	203	297				86
26 AGOSTO	26	62	11	291	20	562	38	477				46	563	203	297				86
27 AGOSTO	27	62	11	291	20	562	39	477				46	563	217	297				86
28 AGOSTO	28	62	11	291	20	562	38	477				46	563	203	297				86
29 AGOSTO	29	62	11	291	17	504	38	477	24	709		46	527	203	243		232	-182	50
30 AGOSTO	30	46	9	263	20	562	38	477				46	563	155	359				86
31 AGOSTO	31	46	9	263	20	562	38	477				46	563	155	359				86
1 SEPTIEMBRE	01	46	9	263	20	562	37	456				46	563	155	359				106
2 SEPTIEMBRE	02	46	9	263	20	562	37	456				46	563	155	359				106
3 SEPTIEMBRE	03	46	9	263	20	562	37	456				46	563	155	359				106
4 SEPTIEMBRE	04	46	9	263	20	562	37	456				46	563	155	359				106
5 SEPTIEMBRE	05	46	9	263	20	562	37	456				46	527	155	359				70
6 SEPTIEMBRE	06	46	9	263	20	562	37	456				46	527	155	359				70
7 SEPTIEMBRE	07	46	9	263	20	562	37	456				46	527	155	359				70
8 SEPTIEMBRE	08	41	8	176	20	562	37	456				45	527	135	386				70
9 SEPTIEMBRE	09	41	8	176	20	562	37	456				45	527	135	386				70
10 SEPTIEMBRE	10	41	8	176	20	562	37	456				45	527	135	386				70
11 SEPTIEMBRE	11	41	8	176	20	562	36	437				45	527	135	386				90
12 SEPTIEMBRE	12	41	8	176	20	562	36	437				45	527	135	386				90
13 SEPTIEMBRE	13	41	8	176	20	562	36	437				45	527	135	386				90
14 SEPTIEMBRE	14	41	8	176	18	526	36	437				46	563	135	350				126
15 SEPTIEMBRE	15	41	8	176	18	526	36	437				46	563	135	350				126
16 SEPTIEMBRE	16	41	8	176	18	526	36	437				44	492	135	350				56
17 SEPTIEMBRE	17	41	8	176	18	526	36	437				44	492	135	350				56
18 SEPTIEMBRE	18	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
19 SEPTIEMBRE	19	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
20 SEPTIEMBRE	20	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
21 SEPTIEMBRE	21	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
22 SEPTIEMBRE	22	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
23 SEPTIEMBRE	23	41	8	176	18	526	35	417				44	492	135	350				75
24 SEPTIEMBRE	24	41	8	176	18	526	35	417				43	460	135	350				83
25 SEPTIEMBRE	25	41	8	176	18	526	35	417				43	460	135	350				83
26 SEPTIEMBRE	26	41	8	176	18	526	35	417				43	460	135	350				83
27 SEPTIEMBRE	27	41	8	176	18	526	35	417				43	460	135	350				83





caudal, que tienen su origen en aportaciones subterráneas. Este aumento varía entre  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  al final del estiaje y varios  $\text{m}^3/\text{s}$  durante las crecidas. Como término medio a un periodo seco (Mayo-Noviembre) este aumento es del orden de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , a los que hay que sumar  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  que se detraen para abastecer a Miranda de Ebro, y no son contabilizados en los aforos del río.

Se diferencian 2 tramos del río donde tienen lugar estos aumentos, el primer tramo se encuentra entre Pancorbo y Ameyugo (estaciones 1 y 3), el segundo tramo se encuentra entre Valverde de Miranda y Orón (estaciones 4 y 6). Las aportaciones subterráneas se reparten prácticamente de igual modo en estos 2 tramos.

En el tramo comprendido entre la estación 3 y 4 (tramo Ameyugo-Valverde de Miranda) los aumentos de caudal observados son insignificantes en relación a los otros, y en algun caso incluso se han observado ligeros descensos de caudal, poco importantes en relación al caudal total del río.

7.- HIDROQUIMICA

## 7.- HIDROQUIMICA

Para el estudio hidroquímico se ha contado con los siguientes análisis:

- 26 muestras tomadas para este estudio tanto de aguas subterráneas como de aguas superficiales (tablas 7.1 a 7.4 y anexo 6).
- 33 análisis recogido en el inventario antiguo del IGME (tablas 7.5 a 7.8)
- 12 análisis efectuados en un estudio encargado por el Ayuntamiento de Miranda de Ebro (anexo 6)
- 1 análisis efectuado por la Junta de Castilla y León para el Ayuntamiento de Miranda de Ebro (anexo 6).

En total se cuenta con 72 análisis.

### 7.1. DISTRIBUCION DE TIPOS DE AGUAS POR ACUIFEROS

Como primer paso para el estudio hidroquímico se han diferenciado distintos tipos de aguas en función del acuífero en que se encuentren.

Los acuíferos que se han distinguido son:

- Materiales carbonatados que afloran en los Montes Obarenes. El acuífero principal está formado por calizas y dolomías del Cretácico superior. Está integrado dentro del sistema acuífero nº 64 "Cretácico de la Lora y sinclinal de Villarcayo".

ANALISIS QUIMICOS EN PPM Sistema Acuífero

Muestra	pH	Cond	HCO3	SO4	Cl	NO3	NO2	SiO2	Na	K	Ca	Mg	NH4	B	P2O5	Fe	Mn
210920001	8.3	295	173.3	7.6	12.1	10.7	0.08	7.62	3.4	0.6	60.1	10.9	0			0.01	0.02
210920002	8.2	313	197.7	4.2	8.5	0	0	7.98	2.9	0.3	48.9	14.8	0				0.03
210920003	8.2	423	270.9	9.9	16.3	2.1	0.18	7.79	6.3	1	82.6	13.6	0				0.03
210920004	8.2	385	233.1	10.7	17	4.9	0	8.41	6.5	0.9	56.1	21.4	0			0.01	0.03
210930001	8.3	421	244.1	33.6	15.6	13.7	0.27	8.69	6.3	8.3	60.9	28.5	0				
210930002	8.3	422	288	6.1	12.8	0	0.22	12.02	8.3	3.6	74.5	18.7	0	3.9		0.01	0.01
210930006	8.2	359	208.7	17.6	14.2	7.8	0	8.84	4.3	0.5	57.7	18.5	0				
210930016	8.1	912	231.9	294.2	43.2	36.7	0	9.27	28.1	2.1	125.5	57.9	0	0.04	3.76		
210930017	8.1	869	224.5	248.1	39.7	47.8	0.12	9.47	40.1	1.5	115	47.2	0	0.04	1.95		
210930022	8.2	592	322.2	25.6	17.7	10.7	0	8.29	9.4	1.5	89	26.8	0			0.02	0.01
210940009	8.4	480	300.2	12.2	27.7	4.9	0	9.68	8.7	1.2	71.3	33.1	0			0.01	
210940011	8.3	464	274.6	9.9	37.6	13.7	0.05	8.71	18.7	0.9	53.7	33.6	0			0.01	
210940012	8.3	482	325.8	6.1	12.8	0	0	7.73	4.4	0.7	87	19.9	0				
220950029	8.0	417	135.5	46.1	28.4	40.3	0.06	8.93	12	2.3	71.3	9.7	0		3.15		0.01
r.oron 1	7.9	1759	239.2	749.9	41.1	0	0	11.53	24.7	2.9	394.4	19.5	0	0.05		0.01	
r.oron 2	7.9	1586	244.1	636.9	38.3	51.8	0.1	11.35	22.7	3.2	286.2	69.6	0			0.01	
r.oron 3	7.9	1450	228.2	654.6	34	51.8	0	11.38	20.7	2.9	246.5	72.7	0	0.04			0.01
r.oron 4	7.9	1389	239.2	602.7	36.2	47.8	0.11	11.29	20.7	3.1	243.7	74.9	0				0.01
r.oron 5	7.9	1355	241.6	602.7	31.9	47.8	0	11.42	19.4	2.9	232.5	79.3	0	0.04			
r.oron 6	7.9	1307	246.5	538.7	36.2	44	0	11.38	19.4	3.2	204.4	85.1	0	0.04	1.12		
r.fonc 1	8.0	1018	410	125.8	45.4	104.8	0.48	11.38	22	11.8	185.2	24.8	0	0.04	5.68	0.01	
r.fonc 2	8.1	777	336.8	86.2	35.5	55.8	0.14	10.56	18	5.2	132.7	23.1	0				
r.fonc 3	8.1	725	341.7	50.4	29.8	40.3	0.53	10.11	16.7	5.5	105.8	30.6	0				
r.herr 1	8.2	679	330.7	37.8	36.2	10.7	0	6.98	20	1.5	76.2	37.9	0			0.01	0.01
r.herr 2	8.1	1045	340.5	90.9	124.1	10.7	0	8.37	100.2	2.5	77.8	43.5	0	1.35		0.01	0.01
r.sannig	8.1	878	353.9	207.1	27.7	33.1	0.11	8.78	14	1.5	133.1	52.3	0	3.25		0.01	0.01

TABLA 7.1.

ANALISIS QUIMICOS EN BPM Sistema Acuífero

Muestra	HCO3	SO4	Cl	NO3	NO2	Na	K	Ca	Mg	NH4	T.ANI	T.CAT
210920001	2.84	0.16	0.34	0.17	0.00	0.15	0.02	3.00	0.90	0.00	3.51	4.06
210920002	3.24	0.09	0.24	0.00	0.00	0.13	0.01	2.44	1.22	0.00	3.57	3.79
210920003	4.44	0.21	0.46	0.03	0.00	0.27	0.03	4.12	1.12	0.01	5.14	5.55
210920004	3.82	0.22	0.48	0.08	0.00	0.28	0.02	2.80	1.76	0.00	4.60	4.87
210930001	4.00	0.70	0.44	0.22	0.01	0.27	0.21	3.04	2.34	0.00	5.37	5.87
210930002	4.72	0.13	0.36	0.00	0.00	0.36	0.09	3.72	1.54	0.00	5.21	5.71
210930006	3.42	0.37	0.40	0.13	0.00	0.19	0.01	2.88	1.52	0.00	4.31	4.60
210930016	3.80	6.13	1.22	0.59	0.00	1.22	0.05	6.26	4.76	0.00	11.74	12.30
210930017	3.68	5.17	1.12	0.77	0.00	1.74	0.04	5.74	3.88	0.00	10.74	11.40
210930022	5.28	0.53	0.50	0.17	0.00	0.41	0.04	4.44	2.20	0.00	6.49	7.09
210940009	4.92	0.25	0.78	0.08	0.00	0.38	0.03	3.56	2.72	0.00	6.03	6.69
210940011	4.50	0.21	1.06	0.22	0.00	0.81	0.02	2.68	2.76	0.00	5.99	6.28
210940012	5.34	0.13	0.36	0.00	0.00	0.19	0.02	4.34	1.64	0.00	5.83	6.19
220950029	2.22	0.96	0.80	0.65	0.00	0.52	0.06	3.56	0.80	0.00	4.63	4.94
r.aron 1	3.92	15.61	1.16	0.00	0.00	1.07	0.07	19.68	1.60	0.00	20.69	22.43
r.aron 2	4.00	13.26	1.08	0.84	0.00	0.99	0.08	14.28	5.73	0.00	19.18	21.08
r.aron 3	3.74	13.63	0.96	0.84	0.00	0.90	0.07	12.30	5.98	0.00	19.16	19.26
r.aron 4	3.92	12.55	1.02	0.77	0.00	0.90	0.08	12.16	6.16	0.00	18.26	19.30
r.aron 5	3.96	12.55	0.90	0.77	0.00	0.84	0.07	11.60	6.52	0.00	18.18	19.04
r.aron 6	4.04	11.22	1.02	0.71	0.00	0.84	0.08	10.20	7.00	0.00	16.99	18.13
r.fonc 1	6.72	2.62	1.28	1.69	0.01	0.96	0.30	9.24	2.04	0.00	12.32	12.54
r.fonc 2	5.52	1.79	1.00	0.90	0.00	0.78	0.13	6.62	1.90	0.00	9.22	9.44
r.fonc 3	5.60	1.05	0.84	0.65	0.01	0.73	0.14	5.28	2.52	0.00	8.15	8.66
r.herr 1	5.42	0.79	1.02	0.17	0.00	0.87	0.04	3.80	3.12	0.00	7.40	7.83
r.herr 2	5.58	1.89	3.50	0.17	0.00	4.36	0.06	3.88	3.58	0.00	11.15	11.98
r.sanmig	5.80	4.31	0.78	0.53	0.00	0.61	0.04	6.64	4.30	0.00	11.43	11.59

TABLA 7.2.

ANALISIS QUIMICOS EN XEPM Sistema Acuífero

Muestra	HCO3	SO4	Cl	NO3	NO2	Na	K	Ca	Mg	NH4
210920001	80.82	4.50	9.71	4.91	0.05	3.64	0.38	73.89	22.09	0.00
210920002	90.83	2.45	6.72	0.00	0.00	3.33	0.20	64.36	32.11	0.00
210920003	86.32	4.01	8.94	0.66	0.08	4.94	0.46	74.26	20.16	0.18
210920004	83.02	4.84	10.42	1.72	0.00	5.81	0.47	57.53	36.18	0.06
210930001	74.54	13.04	8.20	4.12	0.11	4.67	3.62	51.77	39.94	0.00
210930002	90.54	2.44	6.93	0.00	0.09	6.32	1.61	65.12	26.95	0.00
210930006	79.30	8.50	9.29	2.92	0.00	4.07	0.28	62.58	33.08	0.00
210930016	32.38	52.19	10.38	5.04	0.00	9.94	0.44	50.91	38.72	0.00
210930017	34.26	48.11	10.43	7.18	0.02	15.29	0.34	50.32	34.05	0.00
210930022	81.42	8.22	7.70	2.66	0.00	5.76	0.54	62.61	31.08	0.00
210940009	81.53	4.21	12.95	1.31	0.00	5.66	0.46	53.18	40.70	0.00
210940011	75.14	3.44	17.71	3.69	0.02	12.95	0.37	42.67	44.01	0.00
210940012	91.62	2.18	6.20	0.00	0.00	3.09	0.29	70.16	26.46	0.00
220950029	47.93	20.72	17.29	14.03	0.03	10.57	1.19	72.07	16.17	0.00
r.oron 1	18.94	75.45	5.60	0.00	0.00	4.79	0.33	87.73	7.15	0.00
r.oron 2	20.86	69.14	5.63	4.36	0.01	4.68	0.39	67.76	27.17	0.00
r.oron 3	19.52	71.12	5.00	4.36	0.00	4.68	0.39	63.88	31.06	0.00
r.oron 4	21.46	68.71	5.59	4.22	0.01	4.66	0.41	63.00	31.92	0.00
r.oron 5	21.78	69.03	4.95	4.24	0.00	4.43	0.39	60.92	34.26	0.00
r.oron 6	23.78	66.03	6.01	4.18	0.00	4.66	0.45	56.27	38.62	0.00
r.fonc 1	54.54	21.26	10.40	13.72	0.08	7.63	2.41	73.69	16.27	0.00
r.fonc 2	59.87	19.47	10.86	9.76	0.03	8.30	1.41	70.16	20.14	0.00
r.fonc 3	68.70	12.87	10.31	7.97	0.14	8.38	1.62	60.94	29.06	0.00
r.herr 1	73.23	10.63	13.80	2.33	0.00	11.11	0.49	48.57	39.83	0.00
r.herr 2	50.06	16.98	31.41	1.55	0.00	36.68	0.54	32.67	30.12	0.00
r.sannig	50.74	37.73	6.84	4.67	0.02	5.25	0.33	57.30	37.12	0.00

TABLA 7.3.

## RELACIONES IONICAS Sistema Acuífero

Muestra	rHCO3		rCl		rSO4	rHCO3+rSO4	rCl+rSO4	rMg	rCl
	rCa	rCa+rMg	rNa	rNa+rK	rCa	rCa+rMg	rCa+rK+rNa	rCa	rHCO3
210920001	0.947	0.729	2.308	2.091	0.053	0.770	0.158	0.299	0.120
210920002	1.328	0.886	1.901	1.792	0.036	0.910	0.127	0.499	0.074
210920003	1.077	0.847	1.678	1.535	0.050	0.886	0.151	0.271	0.104
210920004	1.365	0.838	1.696	1.568	0.080	0.887	0.226	0.629	0.126
210930001	1.316	0.743	1.606	0.905	0.230	0.873	0.323	0.772	0.110
210930002	1.270	0.898	1.000	0.797	0.034	0.922	0.117	0.414	0.077
210930006	1.188	0.777	2.142	2.005	0.127	0.860	0.249	0.529	0.117
210930016	0.607	0.345	0.997	0.955	0.978	0.900	0.974	0.761	0.321
210930017	0.641	0.382	0.642	0.628	0.900	0.919	0.836	0.677	0.304
210930022	1.189	0.795	1.221	1.116	0.120	0.875	0.211	0.496	0.095
210940009	1.383	0.783	2.065	1.910	0.071	0.824	0.261	0.765	0.159
210940011	1.679	0.827	1.304	1.268	0.077	0.865	0.360	1.032	0.236
210940012	1.230	0.893	1.887	1.725	0.029	0.914	0.107	0.377	0.068
220950029	0.624	0.510	1.535	1.379	0.270	0.730	0.425	0.224	0.361
r.oron 1	0.199	0.184	1.079	1.009	0.793	0.918	0.805	0.082	0.296
r.oron 2	0.280	0.200	1.094	1.010	0.929	0.863	0.934	0.401	0.270
r.oron 3	0.304	0.205	1.065	0.984	1.108	0.950	1.099	0.486	0.255
r.oron 4	0.322	0.214	1.134	1.042	1.032	0.899	1.033	0.507	0.260
r.oron 5	0.341	0.218	1.066	0.980	1.082	0.911	1.074	0.562	0.227
r.oron 6	0.396	0.235	1.210	1.103	1.100	0.837	1.100	0.686	0.253
r.fonc 1	0.727	0.596	1.338	1.017	0.283	0.828	0.371	0.221	0.191
r.fonc 2	0.834	0.648	1.279	1.093	0.271	0.858	0.371	0.287	0.181
r.fonc 3	1.061	0.718	1.157	0.969	0.199	0.853	0.307	0.477	0.150
r.herr 1	1.425	0.783	1.174	1.124	0.207	0.897	0.384	0.820	0.188
r.herr 2	1.437	0.748	0.803	0.792	0.487	1.002	0.649	0.922	0.627
r.sanmig	0.873	0.530	1.283	1.207	0.649	0.924	0.699	0.648	0.135

TABLA 7.4

## ANALISIS QUIMICOS EN PPM

Muestra	pH	BS 150	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Na	K	Ca	Mg
210920001	7.7	239.8	210	9.1	10.6	5.1		36.1	22.1
210920002	7.6	207.7	191	12.7	10.7	5.1		36.2	19.2
210930001	7.7	239.9	270	37.8	21.3	7.3		40.1	37.1
210930002	7.7	356.3	240.1	16.8	17.8	7	2.1	48.1	25
210930003	7.4	740	182.2	229.6	92.3	37.1	2.5	80.3	53.1
210930004	7.9	348.1	230.2	49.2	28.3	9.2		50.3	31.1
210930005	7.7	324.3	248.1	70.2	17.7	9.1	1.5	56	36.3
210930006	7.6	339.8	300	14.8	14.2	5.2		66.3	23.1
210940002	7.8	895.2	398.1	324.6	49.7	50.1	2.5	84.1	103.1
210950001	7.8	488.1	286.7	104.9	21.3	9.1		84.1	34.1
210950002	7.6	704.1	262.3	280.2	14.2	25		140.1	29.1
210960003	7.6	2820	298.9	1678.	42.6	71.1	8	530	140.1
210960004	7.6	2144	323.3	1279.	28.4	30.1	8	320	145.2
210960005	7.7	1940.	305	1041	31.9	50.1	4	316.1	116.1
210970001	7.6	80.1	59.6	44.8	7	5		30.1	7.5
210970004	7.8	736.8	152.5	293.1	78.1	48	2	118	46.1
210970005	7.6	1639.	312.1	814.5	53.2	106.5	16.1	180.6	114.1
210980001	7.2	407.9	186.1	114.8	24.9	14.1	2	80.3	19.2
210980003	7.2	440.1	114.2	97.1	35.5	11.1		56.5	18.4
210980004	7.1	396	100.1	109.7	63.9	14.2		56.2	21.2
210980007	7.1	488.2	110.2	78.5	24.8	9.1		58	13.1
210980008	7.3	464.3	132.1	92.5	14	9.2	1.5	64	12
210980009	7.2	360.2	172.1	81.3	21.3	9.1		64.1	18.3
210980020	7.4	440.6	219.6	105.7	14.2	9		86.1	18.1
210980021	7.7	200.1	225.7	49.7	17.7	5		61.9	12.1
210980025	7.5	348	158.6	60	21.3	9		66.1	14.3
220910040			378.2	78	46.8	21	2.8	89	51
220910041			341.6	110	82.3	55	2.4	89	50
220950005	7.2	768.3	180.1	280.7	63.9	39.2		116.1	38.4
220950007	7.4	965	245.1	302.4	67.4	50.1	2	132	46.1
220950008	7.2	328.1	114	78.1	39	12.1	1.5	60.1	13
220950009	7.5	1083.	308.1	286.4	110.9	64.1	3.1	142	54.2
220950011		235.9	241.2	106.1	21.2	12		119.1	24

TABLA 7.5.

TABLA 7.6.

Muestra	HCO3	SO4	Cl	Na	K	Ca	Mg	T.ANI	T.CAT
210920002	3.24	0.09	0.24	0.13	0.01	2.44	1.22	3.57	3.79
210920002	3.13	0.26	0.30	0.22	0.00	1.81	1.58	3.70	3.61
210930001	4.43	0.79	0.60	0.32	0.00	2.00	3.05	5.81	5.37
210930001	3.94	0.35	0.50	0.30	0.05	2.40	2.06	4.79	4.82
210930003	2.99	4.78	2.60	1.61	0.06	4.01	4.37	10.37	10.05
210930004	3.77	1.03	0.80	0.40	0.00	2.51	2.56	5.60	5.47
210930005	4.07	1.46	0.50	0.40	0.04	2.79	2.99	6.03	6.22
210930006	4.92	0.31	0.40	0.23	0.00	3.31	1.90	5.63	5.44
210940002	6.53	6.76	1.40	2.18	0.06	4.20	8.48	14.69	14.92
210960001	4.70	2.19	0.60	0.40	0.00	4.20	2.81	7.49	7.40
210960002	4.30	5.84	0.40	1.09	0.00	6.99	2.39	10.54	10.47
210960003	4.90	34.98	1.20	3.09	0.20	26.45	11.53	41.08	41.27
210960004	5.30	26.66	0.80	1.31	0.20	13.97	11.95	32.76	29.43
210960005	5.00	21.69	0.90	2.18	0.10	15.77	9.55	27.59	27.61
210970001	0.99	0.93	0.20	0.22	0.00	1.50	0.62	2.11	2.34
210970004	2.50	6.11	2.20	2.09	0.05	5.89	3.79	10.81	11.82
210970005	5.12	16.97	1.50	4.63	0.41	9.01	9.39	23.58	23.44
210980001	3.05	2.39	0.70	0.61	0.05	4.01	1.58	6.14	6.25
210980003	1.87	2.02	1.00	0.48	0.00	2.82	1.51	4.90	4.82
210980004	1.64	2.29	1.80	0.62	0.00	2.80	1.74	5.73	5.17
210980007	1.81	1.64	0.70	0.40	0.00	2.89	1.08	4.14	4.37
210980008	2.17	1.93	0.39	0.40	0.04	3.19	0.99	4.49	4.62
210980009	2.82	1.69	0.60	0.40	0.00	3.20	1.51	5.12	5.10
210980020	3.60	2.20	0.40	0.39	0.00	4.30	1.49	6.20	6.18
210980021	3.70	1.04	0.50	0.22	0.00	3.09	1.00	5.23	4.30
210980025	2.60	1.25	0.60	0.39	0.00	3.30	1.18	4.45	4.87
220910040	6.20	1.63	1.32	0.91	0.07	4.44	4.20	9.14	9.62
220910041	5.60	2.29	2.32	2.39	0.06	4.44	4.11	10.21	11.01
220950005	2.95	5.86	1.80	1.71	0.00	5.79	3.16	10.60	10.66
220950007	4.02	6.30	1.90	2.18	0.05	6.59	3.79	12.22	12.61
220950008	1.87	1.63	1.10	0.53	0.04	3.00	1.07	4.59	4.63
220950009	5.05	5.97	3.12	2.79	0.08	7.09	4.46	14.14	14.41
220950011	3.95	2.21	0.60	0.52	0.00	5.94	1.97	6.76	8.44

ANALISIS QUIMICOS EN BPM  
=====

## ANALISIS QUIMICOS EN WEPN

Muestra	CO3	SO4	Cl	Na	K	Ca	Mg
210920002	90.83	2.45	6.72	3.33	0.20	64.36	32.11
210920002	84.69	7.16	8.15	6.15	0.00	50.07	43.78
210930001	76.13	13.55	10.32	5.91	0.09	37.26	56.83
210930002	82.22	7.31	10.47	6.32	1.12	49.85	42.71
210930003	28.80	46.13	25.07	16.05	0.64	39.86	43.45
210930004	67.44	18.32	14.25	7.32	0.00	45.90	46.79
210930005	67.47	24.26	8.27	6.37	0.62	44.96	48.05
210930006	87.41	5.48	7.11	4.16	0.00	60.87	34.97
210940002	44.43	46.04	9.53	14.60	0.43	28.12	56.84
210960001	62.79	29.20	8.02	5.35	0.00	56.73	37.92
210960002	40.81	55.40	3.80	10.38	0.00	66.76	22.86
210960003	11.93	85.15	2.92	7.49	0.50	64.08	27.93
210960004	16.18	81.38	2.44	4.45	0.70	54.26	40.59
210960005	18.13	78.62	3.26	7.89	0.37	57.14	34.60
210970001	46.36	44.28	9.36	9.31	0.00	64.28	26.41
210970004	23.13	56.51	20.36	17.66	0.43	49.82	32.09
210970005	21.69	71.96	6.35	19.76	1.76	38.44	40.54
210980001	49.66	38.93	11.42	9.81	0.82	64.10	25.27
210980003	35.25	41.33	20.43	10.03	0.00	58.54	31.43
210980004	28.66	39.91	31.43	11.96	0.00	54.28	33.76
210980007	43.63	39.50	16.87	9.06	0.00	66.26	24.67
210980008	46.26	42.95	8.79	8.66	0.83	69.13	21.37
210980009	55.16	33.11	11.73	7.76	0.00	62.72	29.52
210980020	53.05	35.51	6.45	6.34	0.00	69.56	24.11
210980021	70.69	19.78	9.53	5.06	0.00	71.80	23.14
210980025	58.43	28.09	13.48	8.04	0.00	67.78	24.18
220910040	67.81	17.77	14.42	9.49	0.74	46.16	43.61
220910041	54.85	22.45	22.71	21.73	0.56	40.34	37.37
220950005	27.85	55.17	16.98	16.00	0.00	54.36	29.64
220950007	32.89	51.57	15.54	17.28	0.41	52.24	30.08
220950008	40.68	35.41	23.91	11.36	0.83	64.73	23.08
220950009	35.72	42.19	22.09	19.35	0.55	49.16	30.94
220950011	53.48	32.69	8.83	6.18	0.00	70.42	23.40

TABLA 7.7.

## RELACIONES IONICAS Sistema Acuífero

Muestra	rHCO3	rHCO3	rCl	rCl	rSO4	rHCO3+rSO4	rCl+rSO4	rMg	rCl
	rCa	rCa+rMg	rNa	rNa+rK	rCa	rCa+rMg	rCa+rK+rNa	rCa	rHCO3
210920002	1.328	0.886	1.901	1.792	0.036	0.910	0.127	0.499	0.074
210920002	1.733	0.925	1.359	1.359	0.146	1.003	0.279	0.874	0.096
210930001	2.212	0.876	1.890	1.890	0.394	1.032	0.598	1.525	0.136
210930002	1.640	0.883	1.647	1.400	0.146	0.962	0.309	0.857	0.127
210930003	0.745	0.357	1.611	1.550	1.194	0.928	1.293	1.090	0.870
210930004	1.504	0.745	1.992	1.992	0.408	0.947	0.626	1.019	0.211
210930005	1.455	0.704	1.260	1.148	0.523	0.957	0.607	1.069	0.123
210930006	1.487	0.944	1.768	1.768	0.093	1.003	0.200	0.574	0.081
210940002	1.555	0.515	0.642	0.624	1.611	1.046	1.268	2.021	0.215
210960001	1.120	0.671	1.516	1.516	0.521	0.983	0.607	0.669	0.128
210960002	0.615	0.458	0.368	0.368	0.835	1.080	0.772	0.342	0.093
210960003	0.185	0.129	0.388	0.364	1.323	1.050	1.216	0.436	0.245
210960004	0.332	0.190	0.611	0.528	1.670	1.145	1.571	0.748	0.151
210960005	0.317	0.197	0.412	0.394	1.375	1.054	1.251	0.606	0.180
210970001	0.651	0.461	0.907	0.907	0.621	0.902	0.657	0.411	0.202
210970004	0.425	0.258	1.054	1.029	1.037	0.889	1.035	0.644	0.880
210970005	0.568	0.278	0.323	0.297	1.883	1.200	1.314	1.042	0.293
210980001	0.761	0.546	1.144	1.056	0.597	0.974	0.662	0.394	0.230
210980003	0.664	0.432	2.071	2.071	0.718	0.899	0.915	0.537	0.534
210980004	0.585	0.361	2.914	2.914	0.815	0.863	1.194	0.622	1.097
210980007	0.624	0.455	1.765	1.765	0.565	0.867	0.709	0.372	0.387
210980008	0.678	0.518	0.985	0.899	0.603	0.979	0.639	0.309	0.182
210980009	0.882	0.600	1.516	1.516	0.530	0.960	0.638	0.471	0.213
210980020	0.838	0.622	1.022	1.022	0.513	1.003	0.555	0.347	0.111
210980021	1.198	0.906	2.293	2.293	0.335	1.159	0.464	0.322	0.135
210980025	0.788	0.581	1.533	1.533	0.379	0.860	0.501	0.357	0.231
220910040	1.396	0.718	1.443	1.338	0.366	0.906	0.542	0.945	0.213
220910041	1.261	0.655	0.969	0.945	0.516	0.923	0.669	0.926	0.414
220950005	0.510	0.330	1.056	1.056	1.009	0.983	1.020	0.545	0.610
220950007	0.610	0.387	0.871	0.851	0.956	0.994	0.930	0.576	0.473
220950008	0.623	0.459	2.087	1.946	0.543	0.859	0.765	0.357	0.588
220950009	0.713	0.437	1.120	1.089	0.842	0.954	0.913	0.629	0.619
220950011	0.665	0.499	1.144	1.144	0.372	0.779	0.434	0.332	0.151

TABLA 7.8.

- Materiales terciarios de la Cuenca del Ebro. Formados principalmente por areniscas, arcillas y yesos. No está definido por el IGME como sistema acuífero regional.
- Aluviales del río Tirón y afluentes. Formados por gravas, arenas y arcillas. Están integrados dentro del sistema acuífero nº 62 "Aluvial del Ebro y afluentes".
- Otros materiales, de mucha menos entidad regional, entre los que se pueden incluir arenas del Utrillas (Cretácico superior) donde se encuentra algún manantial.

En la figura 1 (Diagramas de Piper de análisis recopilados del inventario antiguo) las aguas de acuíferos carbonatadas son claramente menos sulfatadas y ligeramente menos cloruradas que las aguas en el Mioceno o en el Cuaternario. Además presentan una dispersión menor que las aguas de otros acuíferos.

Por otro lado las aguas en materiales miocenos tienden a ser mas sulfatadas que las aguas que se encuentran en los aluviales.

De acuerdo con la figura 7.1 las características de las aguas subterráneas por acuíferos son:



FIG.-7-2

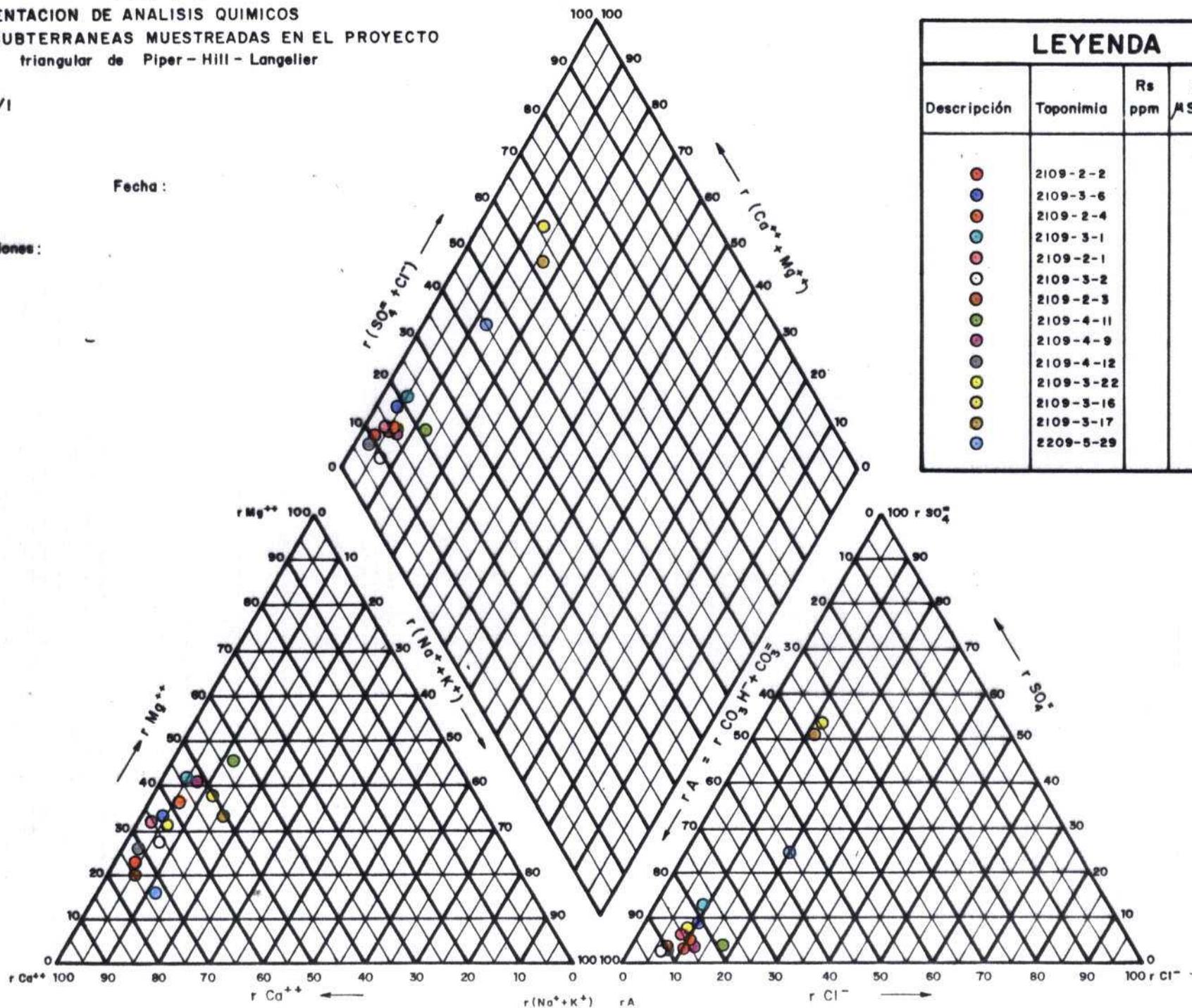
REPRESENTACION DE ANALISIS QUIMICOS  
 AGUAS SUBTERRANEAS MUESTREADAS EN EL PROYECTO  
 Diagrama triangular de Piper - Hill - Langellier

r = meq/l

Lugar:

Fecha:

Observaciones:



LEYENDA

Descripción	Toponimia	Rs ppm	C μS/cm	Dt	pH
●	2109-2-2				
●	2109-3-6				
●	2109-2-4				
●	2109-3-1				
●	2109-2-1				
○	2109-3-2				
●	2109-2-5				
●	2109-4-11				
●	2109-4-9				
●	2109-4-12				
●	2109-3-22				
●	2109-3-16				
●	2109-3-17				
●	2209-5-29				

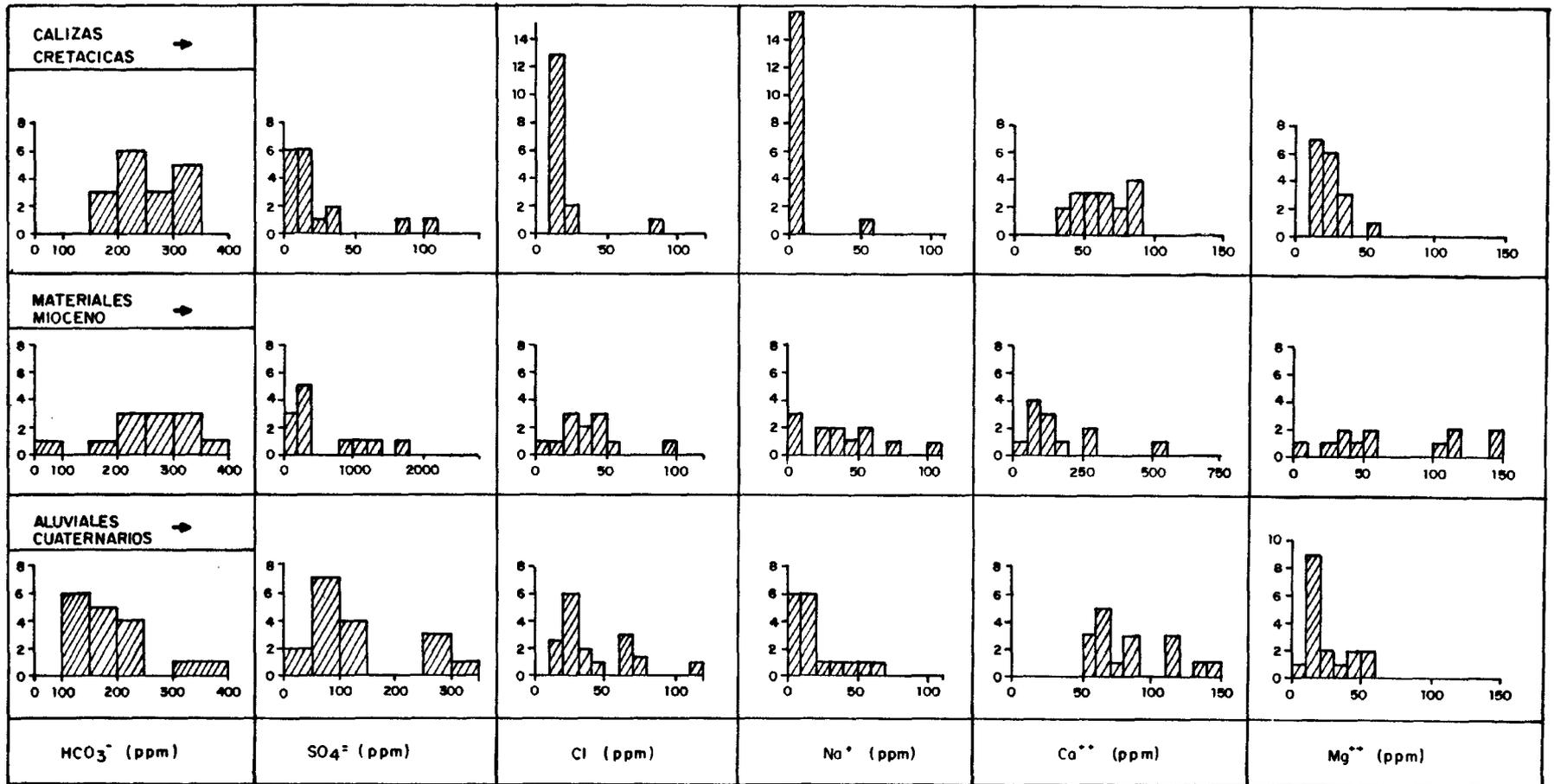


Fig. 73.- HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE LOS ELEMENTOS MAYORITARIOS DISTRIBUIDOS POR ACUIFEROS  
(EL EJE Y DE LOS GRAFICOS INDICA NUMERO DE MUESTRAS)

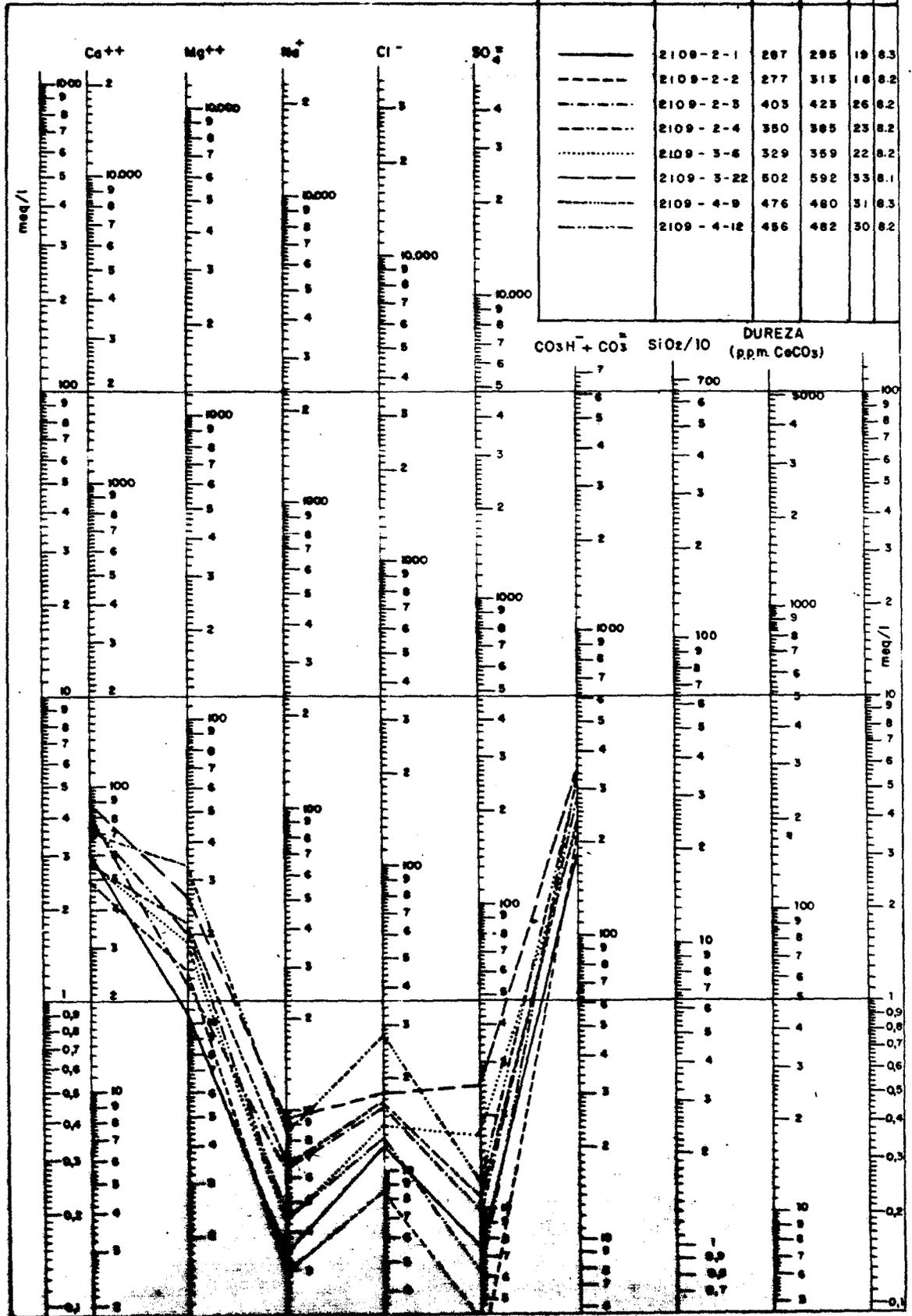
**FIG.-7-4 MANANTIALES EN ACUIFEROS CARBONATADOS  
(MUESTRAS DEL ESTUDIO)**

Diagrama logarítmico de **SCHOELLER-BERKALOFF**

Fecha:

**LEYENDA**

Descripción	Referencia	Fe ppm	C $\mu$ S/cm	CF DI	pH
—	2109-2-1	287	295	19	8.3
- - -	2109-2-2	277	315	18	8.2
- · - · -	2109-2-3	403	423	26	8.2
- · - · -	2109-2-4	350	365	23	8.2
· · · · ·	2109-3-6	329	359	22	8.2
—	2109-3-22	502	592	33	8.1
- - -	2109-4-9	476	480	31	8.3
- · - · -	2109-4-12	456	482	30	8.2



	CARACTERISTICAS ANIONICAS	CARACTERISTICAS CATIONICAS
Acuíferos carbonatados	Bicarbonatadas	Cálcico-magnésicas
Acuíferos mioceno	Sulfatadas a Bicarbonatadas sulfatadas	" "
Aluviales cuaternarios	Bicarbonatadas Sulfatadas	" "

En la figura 7.2. (diagrama de Piper de muestras tomadas para este proyecto) los puntos se distribuyen de igual modo que en la figura 1. El punto 2109-4-011 situado en arenas del Utrillas tiene características similares a las aguas en materiales carbonatados.

En la figura 7.3. todavía quedan mejor distinguidos estos 3 grupos de aguas. Las aguas de materiales carbonatados tienen mayor uniformidad química que las de los aluviales cuaternarios, y éstos a su vez son más uniformes que las de materiales miocenos.

La distribución entre los 3 grupos queda bien establecida sobre todo con el  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . El contenido en  $\text{CO}_3\text{H}$  es similar en todas las aguas.

Estas distinciones también se ven en el plano 5 (Diagramas de Stiff).

## 7.2. HIDROQUIMICA DE ACUIFEROS CARBONATADOS

Las aguas muestreadas en los acuíferos carbonatados tienen características muy uniformes (fig. 7.4). Son aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas con muy bajo contenido en  $\text{SO}_4^{=}$  y en  $\text{Cl}^-$ . Ello indica que la litología del acuífero está formada por dolomías y calizas.

Unicamente hay 2 muestras con un contenido anómalo en  $\text{SO}_4^{=}$  ( $\text{SO}_4^{=} > 50$  p.p.m.) (fig. 7.3). Son las muestras 2109-3-5 y 2209-1-41. Ambas muestras corresponden a pequeños manantiales relacionados con pequeñas masas de calizas y dolomías, aisladas de los acuíferos importantes por afloramientos de arcillas y yesos del Keuper. La circulación del agua por los contactos con el Keuper daría este aumento en el contenido en  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{Cl}^-$

## 7.3. HIDROQUIMICA DE ACUIFEROS MIOCENOS

Las aguas que se encuentran en estos acuíferos son principalmente sulfatadas-cálcicas-magnésicas, y en menos proporción bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

El contenido en  $\text{SO}_4^{=}$  de las aguas aumenta sensiblemente hacia el W de la zona donde una muestra (2109-6-003) llega a tener un contenido 1678 ppm de  $\text{SO}_4^{=}$

El caracter sulfatado de estas aguas es debido a los yesos que se encuentran en los materiales miocenos. Hacia el W de la zona la presencia de los yesos es muy importante tal como se refleja en el mapa geológico 1:50.000 de Casalarreina.

#### 7.4. HIDROQUIMICA DE ALUVIALES CUATERNARIOS

Las aguas subterráneas de los aluviales y terrazas cuaternarias tienen menos contenido en sales que las de materiales miocenos, pero son mas salinas que las de los acuíferos carbonatados.

En general son aguas bicarbonatadas cálcicas, aunque hay tipos sulfatados-bicarbonatados cálcicos. Sus características vienen dadas principalmente por el quimismo de las aguas superficiales que se infiltran en estos aluviales.

#### 7.5. TOMA DE MUESTRAS EN AGUAS SUPERFICIALES

Con el fin de estudiar las relaciones de las aguas subterráneas con aguas superficiales se han tomado 12 muestras de aguas superficiales (tablas 7.1 a 7.4).

6 de estas muestras han sido tomadas en el río Oroncillo en cada una de las estaciones de aforo de este proyecto. Otras 3 han sido tomadas en el río Natapán que va desde Foncea hasta Bujego. 2 más en el río que nace en el Monasterio de la Herrera y desemboca en el río Ebro, y una muestra en el río San Miguel aguas arriba de la residencia geriátrica de San Miguel en la carretera de Miranda a Lajazano.

##### 7.5.1. Relación del río Oroncillo con los acuíferos

EL muestreo que se describe a continuación fue realizado el 18-4-88.

La evolución hidroquímica del río Oroncillo en su paso por los Montes Obarenes (fig. 7.5) indica que es un río efluente (ganador) en relación con los acuíferos carbonatados. Las aguas del río Oroncillo en Pancorbo (estación 1) son muy sulfatadas, y se diluyen con aguas muy poco sulfatadas de acuíferos carbonatados.

También se observa un descenso con la conductividad y en el contenido en  $\text{Ca}^{++}$ , a la vez que se observa un aumento en el contenido en  $\text{Mg}^{++}$ .

Este aumento es el único efecto extraño que se observa ya que las aguas de los acuíferos carbonatados tienen contenidos en  $\text{Mg}^{++}$  menores que los que se encuentran en las estaciones 2, 3, 4, 5 y 6.

Puede realizarse un balance con el ion  $\text{SO}_4^=$  para conocer cual es la dilución total del río en su paso por los montes Obarenes, ya que el contenido medio de los  $\text{SO}_4^=$  en acuíferos carbonatados es de unos 13 ppm.

Así  $C_F = C_I \cdot x + C_A (1-x)$  siendo

$C_F$  = concentración en  $\text{SO}_4^=$  del río al final del tramo escogido = 538,7

$C_I$  = concentración en  $\text{SO}_4^=$  del río al inicio del tramo escogido = 749,9

$C_A$  = concentración de  $\text{SO}_4^=$  de las aguas del acuífero

$x$  = proporción de agua del río al final del tramo escogido.

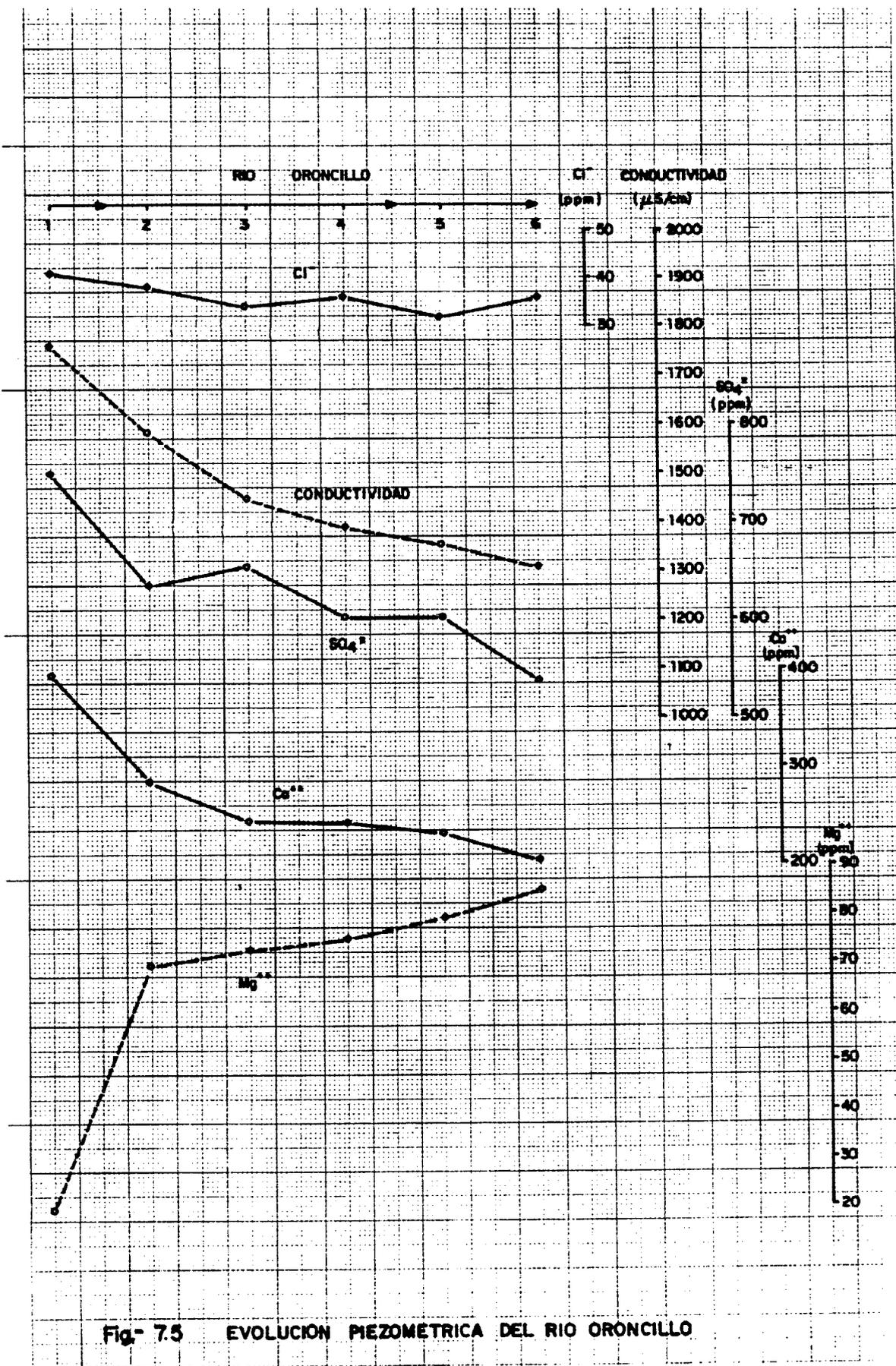


Fig- 7.5 EVOLUCION PIEZOMETRICA DEL RIO ORONCILLO

La resolución de esta sencilla ecuación indica que en la estación nº 6 del río Oroncillo, el día 18-44-88 el 71% de su caudal provenía del mismo río en Pancorbo, y el 29% lo había ganado a partir de surgencias de acuíferos carbonatados.

#### **7.4.2. Relación del río Natapán con los acuíferos (tramo Foncea-Bugedo)**

La evolución hidroquímica del río Natapán indica que es un río ganador en relación con los acuíferos carbonatados. El descenso general en salinidad entre la estación 1 y la 2 debe estar relacionado con la dilución por el manantial (2109-2-002). Entre la estación 2 y 3 también reduce su salinidad, por lo que debe existir algún manantial no visto entre estas 2 estaciones.

Realizando balances químicos como en el caso anterior con el ión  $Cl^-$  y el  $SO_4^{2-}$  y considerando que el contenido medio de los acuíferos carbonatados es de 10 ppm de  $Cl^-$  y 13 ppm de  $SO_4^{2-}$ , resulta el aporte de los acuíferos al río Natapán varía entre un 44% y un 67% de su caudal.

#### **7.5.3. Relación del río de la Herrera con los acuíferos**

Este río nace en el manantial del Monasterio de la Herrera (2109-4-012). Aguas abajo del manantial se han tomado 2 muestras.

En ningún punto del río se observa un aumento del caudal, pero en las muestras se observa un aumento apreciable de salinidad. De 482  $\mu S/cm$  en el manantial, el río pasa a tener 679  $\mu S/cm$ , 600 m aguas abajo y 1048  $\mu S/cm$  2200 m aguas abajo.

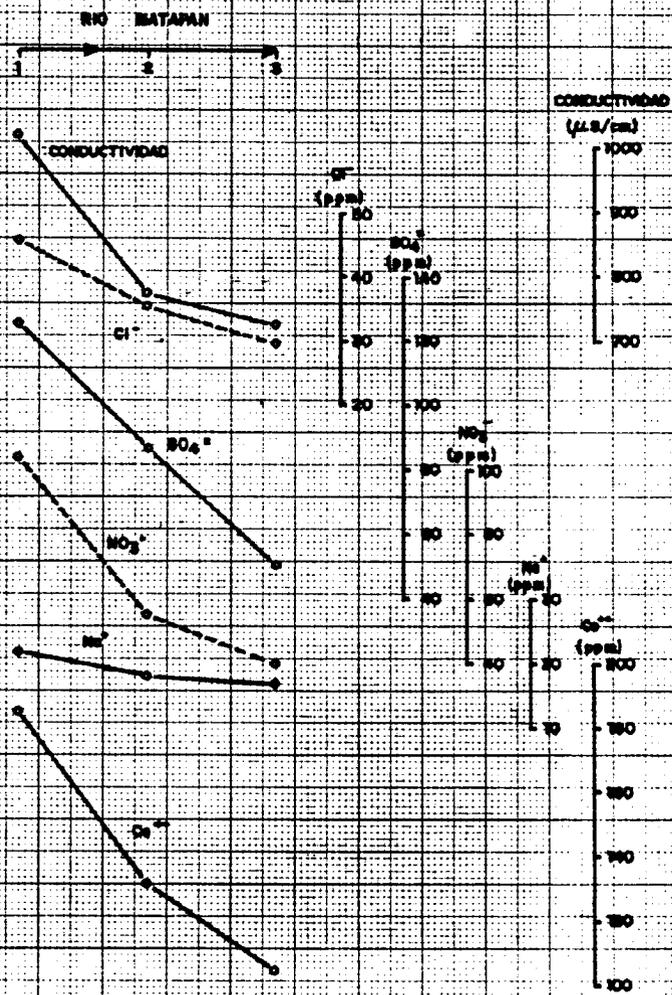


Fig 7.6.- EVOLUCION HIDROQUIMICA DEL RIO NATAPAN ENTRE FONCEA Y BUGEDO

Este aumento de salinidad es debido a que el río discurre sobre materiales salinos del Keuper.

#### **7.5.4. Relación del río San Miguel con los acuíferos**

En río San Miguel únicamente lleva un pequeño caudal ( $<1$  l/s), y se infiltra completamente unos metros aguas abajo de la residencia geriátrica de San Miguel. Es, por tanto un aporte a los acuíferos.

Al discurrir sobre materiales del Keuper estas aguas son relativamente salinas (207 ppm de  $\text{SO}_4^{=}$ ) con lo que el origen de una parte de los  $\text{SO}_4^{=}$  de los acuíferos carbonatados estaría en estos aportes de origen superficial.

#### **7.6. POTABILIDAD Y CONTAMINACION DE LAS AGUAS**

De las aguas muestreadas hay varias que desde el punto de vista de potabilidad no reúnen las condiciones necesarias. Las causas principales son:

##### **1.- CONTENIDO EN $\text{SO}_4^{=}$**

El nivel máximo tolerable según la legislación española es de 400 ppm de  $\text{SO}_4^{=}$ . Este máximo es superado por las aguas tomadas en el río Oroncillo, y por las aguas de los manantiales 2109-65-00, 2109-6-004, 2109-6-005 y 2109-7-005. Todos ellos situados en materiales miocenos cerca de la población de Treviana.

## 2.- CONTENIDO EN $\text{Ca}^{++}$

El nivel máximo tolerable es de 200 ppm de  $\text{Ca}^{++}$ . Como en el caso del  $\text{SO}_4^{=}$  el nivel máximo es superado por las aguas del río Oroncillo y por los manantiales 2109-6-003, 2109-6-004 y 2109-6-005.

## 3.- CONTENIDO EN $\text{Mg}^{++}$

El nivel máximo tolerable es de 100 ppm de  $\text{Mg}^{++}$ . Este nivel es superado por los manantiales 2109-4-002, 2109-6-003, 2109-6-004, 2109-6-005 y 2109-7-005.

## 4.- CONTENIDO EN $\text{NO}_3^-$ y $\text{NO}_2^-$

El nivel máximo tolerable en  $\text{NO}_3^-$  según la legislación española es de 50 ppm de  $\text{NO}_3^-$ . Este nivel es superado por las aguas del río Oroncillo y las del río Natapán.

En general en la mitad de las aguas muestreadas hay presencia de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) aunque no se detecta relación alguna entre la presencia de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$ .

## 5.- CONTENIDO EN B, Fe, Mn

Los contenidos de las aguas muestreadas en estos elementos son muy bajos. En Boro menores de 0,05 ppm, en Fe menores de 0,01, ppm y en Mn menores de 0,03 ppm.

Como conclusión a este apartado puede decirse que las aguas de calidad deficiente en esta zona son:

- Las aguas del rio Oroncillo por su alto contenido en  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{NO}_3^-$
- Las aguas de los manantiales 2109-6-003, 2109-6-004, 2109-6-005 y 2109-6-007 por su alto contenido en  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , y  $\text{Mg}^{++}$ .
- Las aguas del rio Foncea, el rio San Miguel y las de algunos manantiales en el Mioceno y aluviales cuaternario (2109-3-016, 2109-3-17, 2209-5-29) por su contenido en  $\text{NO}_3^-$  que aunque no es excesivamente alto puede indicar contaminación por aguas residuales.

## 8.- HIDROGEOLOGIA

## 8.- HIDROGEOLOGIA

### 8.1. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS MATERIALES

En la leyenda del mapa n° 1 (mapa hidrogeológico) se han clasificado los materiales de la columna estratigráfica según su grado de permeabilidad.

Se han distinguido 5 grados de permeabilidad:

#### 1.- PERMEABILIDAD ALTA

Dentro de este grupo se han incluido materiales tales como calizas, dolomías, calcarenitas, brechas calcáreas y carniolas. Los niveles estratigráficos que entran dentro de este grupo son los que en el mapa 1 tienen los números 3, 7, 9 y 11.

#### 2.- PERMEABILIDAD MEDIA-ALTA

Dentro de este grupo únicamente han sido incluidos los aluviones y coluviones cuaternarios, que tienen el n° 14 en el mapa hidrogeológico (mapa 1).

#### 3.- PERMEABILIDAD MEDIA-BAJA

Dentro de este grupo se han incluido aquellos niveles estratigráficos formados por alternancias de areniscas, arcillas, conglomerados, margas o calizas. Los niveles estratigráficos con permeabilidad media-baja son el 10, 12 y 13.

#### 4.- PERMEABILIDAD BAJA

En esta categoría se han incluido materiales tales como arcillas, margas y ofitas. Son los niveles 1, 2, 4 y 5 del mapa hidrogeológico.

#### 8.2. LOS ACUIFEROS DE LOS MONTES OBARENES

En la zona estudiada se han distinguido 3 tipos de acuíferos principales; estos son acuíferos carbonatados, aluviales cuaternarios y los materiales miocenos. Cada uno de ellos se describe a continuación:

##### 8.2.1. Aluviales cuaternarios

Formados por materiales sueltos, arenas gravas y arcillas, se distinguen entre estos aluviales, por orden de importancia:

- El del río Ebro
- Los aluviales del río Tirón y sus afluentes
- El aluvial del río Oroncillo

No son objeto principal de estudio en este proyecto; no obstante se detallan las características observadas en el aluvial del río Oroncillo por estar muy relacionado con los acuíferos carbonatados.

- Debe ser un aluvial de poco espesor, ya que en varios puntos de su recorrido su lecho es rocoso (desfiladero de Pancorbo, Ameyugo).
- No se ha observado, al menos entre Pancorbo y Ozón ningún pozo en el aluvial, por lo que su explotación debe ser prácticamente nula.

- Su recarga debe ser principalmente a partir de la infiltración de la lluvia y de los retornos de riego. No se descarta que puedan existir aportaciones no visibles desde los acuíferos carbonatados, bien directamente (en Valverde y Ameyugo) o bien a través de coluviones (en el tramo Ameyugo-Valverde).
- La descarga de este pequeño aluvial debe realizarse al río Oroncillo.

#### **8.2.2. Materiales Miocenos**

No es considerado por el IGME como un sistema acuífero regional, sin embargo los manantiales y pequeñas captaciones existentes en estos materiales abastecen a pequeños núcleos de población.

En esta zona el Mioceno de la fosa del Ebro está formado por, areniscas, arcillas, y conglomerados, de permeabilidad media-baja. Hacia el W del mapa, en la zona de Treviana y Altable se encuentra una importante proporción de yesos.

El espesor de estos materiales es de cientos de metros.

La recarga de este acuífero proviene principalmente del agua de lluvia.

La descarga se efectúa a través de pequeños manantiales que se encuentran en las zonas topográficamente más bajas.

Si en estas zonas bajas se encuentran rellenas por pequeños aluviales, la descarga del acuífero puede pasar desapercibida ya que pasa directamente al aluvial.

### **8.3. ACUIFEROS CARBONATADOS**

Formados por calizas y dolomías de permeabilidad alta (niveles estratigráficos 3, 7, 9 y 11) son el principal objeto de este estudio.

Forman parte del sistema acuífero nº 64 (Cretácico de La Lora y Sinclinal de Villarcayo) y están cerca del límite del sistema acuífero nº 65 (Paleozoico del Condado de Treviño y Mesozoico de la Sierra de Cantabria).

A continuación se describen con detalle las principales características de estos acuíferos.

#### **8.3.1. Litología-geometría-estructura**

Las potencias de las calizas y dolomías de alta permeabilidad así como de las intercalaciones de baja permeabilidad descritas en el apartado 2 son las indicadas en el cuadro adjunto.

El nivel acuífero mas importante tanto en potencia como en extensión superficial es el nº 9, dolomías y calizas del Coniaciense-Santoniense.

La complicada tectónica de la zona hace que en muchas ocasiones estos niveles se pongan en contacto entre sí, por lo que debe considerarse que en los Montes Obarenes existe un solo acuífero, que no obstante, puede

Nº EN EL MAPA 1	LITOLOGIA	POTENCIA (m)	EDAD	PERMEABILIDAD
11	Dolomías y Calizas	70-200	Daniense-Thanetiense	Alta
10	Margas	110	Campaniense-Maastrichtiense	Impermeable
9	Dolomías y Calizas	300-500	Coniaciense-Santoniense	Alta
8	Margas	15	Turoniense	Impermeable
7	Calizas, Calcarenitas y Dolomias	50-100	Cenomaniense	Alta
4,5,6	Arenas, arcillas y margas	230-280	Valanginiense-Albiense	Impermeable
3	Brechas, carniolas, dolomias	40-50	Rethiense-Lías	Alta

estar compartimentado por efecto de fracturas o diapiros.

La extensión total de estos acuíferos comprendida entre el río Oroncillo y el río Ebro es de 48,2 km<sup>2</sup>.

### 8.3.2. Funcionamiento del sistema

#### 8.3.2.1. Recarga

La recarga de estos acuíferos es debida principalmente a la infiltración directa del agua de lluvia, y en menor parte a la infiltración en sumideros de pequeños arroyos (ej. río San Miguel).

La cuantificación de esta infiltración ya ha sido tratada en el apartado 4.5 donde se ha considerado que puede ser como media del orden de 150 a 200 mm/año.

Considerando esta recarga media y la superficie de los acuíferos carbonatos los recursos de esta zona serían:

Con una recarga de 150 mm/año → 7,23 hm<sup>3</sup>/año = 0,23 m<sup>3</sup>/s

Con una recarga de 200 mm/año → 9,64 hm<sup>3</sup>/año = 0,31 m<sup>3</sup>/s

#### 8.3.2.2. Descarga

La descarga de estos acuíferos se realiza a través de manantiales o directamente a los ríos. El 99% de la descarga se realiza hacia la vertiente Norte de los Montes Obarenes.

Las cotas de las salidas principales (> 5 l/s) varían entre 450 m (rio Ebro) y 590 m (Hostal el desfiladero en el rio Oroncillo).

Las principales salidas se sitúan a lo largo del rio Oroncillo, y en el manantial de la Herrera (cota = 580 m)

Las posibles salidas al rio Ebro no son visibles, y serían prácticamente imposibles de cuantificar mediante aforos diferenciales, debido al elevado caudal que lleva el rio Ebro.

La cuantificación de la descarga es difícil de conocer; únicamente se tienen datos de ganancias del rio Oroncillo, pero son medidas que no abarcan siquiera un año completo. Además, de las ganancias contabilizadas en este rio entre las estaciones 1 y 3, la mayor parte de ellas deben venir de los acuíferos carbonatados situados al W del rio Oroncillo.

En cualquier caso las aportaciones de estos acuíferos al rio Oroncillo entre las estaciones 4 y 6 son de unos 250 l/s. Cifras más altas que las obtenidas en los cálculos de la recarga, pero ello puede ser debido a que la recarga en este año haya sido superior a la media.

De los 48,2 km<sup>2</sup> de superficie que ocupan los Montes Obarenes, puede realizarse el siguiente reparto de áreas según hacia donde drenen éstas.

- Al rio Oroncillo .....	31,0 km <sup>2</sup>
- Al río Ebro .....	7,4 km <sup>2</sup>

- Al manantial de la Herrera (2109-4-009) ..... 5,52 km<sup>2</sup>
- Acuíferos dispersos al río Ebro ..... 1,78 km<sup>2</sup>
- Al manantial de la Vega (2109-4-012) ..... 2,5 km<sup>2</sup>

### 8.3.3. Funcionamiento del acuífero en la zona de Villalba de Rioja

Debido al interés hidrogeológico de esta zona en este proyecto, se describen con mayor detalle sus características.

- a) El acuífero carbonatado se encuentra compartimentado en esta zona. Esta compartimentación es producida por un cabalgamiento con dirección E-W situado en el centro de los Montes Obarenes, y por 2 fallas con dirección N-S situados a la altura de las coordenadas X (UTM) 506 y 512 respectivamente.

La posición hundida del acuífero en esta zona en relación a su entorno puede apreciarse muy bien en el corte geológico III-III' del plano nº 2.

- b) La superficie de materiales permeables de este compartimento es de 5,5 km<sup>2</sup> y parece ser que el punto de descarga de esta zona es el manantial de la Herrera (2109-4-009) situado a una cota de 570 m.

Este dato coincide con la situación del nivel piezométrico en el sondeo de Villalba (2109-4-010) que teniendo la boca de pozo a 680 m tiene el nivel piezométrico a 86,5 m de profundidad.

- c) Este manantial aflora en una zona situada sobre el contacto del Keuper con facies Utrillas, en donde se ha formado un travertino por efecto de salida del manantial.

El caudal del manantial (17 l/s) puede asociarse fácilmente con los 5,5 km de afloramientos permeables.

- d) La permeabilidad del acuífero en el entorno del sondeo de Villalba es muy alta (10.000 m<sup>2</sup>/día), sin embargo las reservas del acuífero en esta zona pueden ser bajas.

En efecto, considerando un espesor medio saturado del acuífero de 150 m, una superficie de 6 km<sup>2</sup> y una porosidad eficaz del 0,1% las reservas serían de 0,9 hm<sup>3</sup>. Sin embargo esta cifra no se puede dar ni siquiera con relativa seguridad

## **9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ya que el principal objetivo del estudio ha sido el proyectar futuras mejoras en el abastecimiento de agua de una zona de la Rioja Alta, se presentan las conclusiones obtenidas al respecto, y a continuación se recomiendan futuras actuaciones en la zona.

### 9.1. CONCLUSIONES

- Se han identificado en la zona 3 tipos de materiales con un comportamiento hidrogeológico distintos: Acuíferos carbonatados de los Montes Obarenes, aluviales cuaternarios del río Tirón y afluentes y materiales miocenos.
- Con los datos del inventario, se puede decir que los manantiales y captaciones con mayor caudal y rendimiento están en los acuíferos carbonatados, siendo éstos menores en los aluviales cuaternarios, y aún menores en los materiales miocenos de la cuenca del Ebro.
- Del estudio de la demanda de agua en la Rioja Alta puede concluirse que los pueblos con mayor déficit de agua en verano son Haro, Treviana y Villaseca, aunque existen varias poblaciones más en las que una mayor dotación sería necesaria para satisfacer demandas de riego, y para fines recreativos. El déficit total de la zona en verano puede estimarse en  $1200 \text{ m}^3/\text{día}$ .
- Las precipitaciones medias anuales en Haro y Miranda de Ebro son 461 y 563 mm respectivamente. Los excedentes calculados mediante balances hidrometeorológicos, con capacidad de campo de 30 mm, dan valores de 60

mm/año y 113 mm/año respectivamente. Para la zona de los Montes Obarenes, de mayor altitud se estiman infiltraciones entre 150 mm/año, y 200 mm/año respectivamente.

- De los aforos efectuados en el río Oroncillo y de las lecturas de escalas pueden deducirse los siguientes aumentos de caudal entre estaciones de aforo.

	AUMENTO DE CAUDAL EN ESTIAJE (l/s)	AUMENTO DE CAUDAL MEDIO PERIODO MAYO NOVIEMBRE (l/s)
ESTACIONES 1-2	84	251
ESTACIONES 2-3	223	116
ESTACIONES 3-4	-21	-13
ESTACIONES 4-5	26	241 (1)
ESTACIONES 5-6	41	

(1) entre la estación 4 y la 6

Hay que tener en cuenta que en estas cifras no están incluidos los 200 l/s que se extraen entre la estación 4 y la 5 para abastecimiento a Miranda de Ebro.

- Se han diferenciado las aguas subterráneas en función de la hidroquímica y del acuífero del que proceden pudiéndose clasificar del siguiente modo:

	CARACTERISTICAS ANIONICAS	CARACTERISTICAS CATIONICAS
Acuíferos carbonatados Cálcico-magnésicas	Bicarbonatadas	
Acuífero mioceno	Sulfatadas a Bicarbonatadas sulfatadas	" "
Aluviales cuaternarios	Bicarbonatadas sulfatadas	" "

- Se estudian las relaciones rio-acuífero mediante métodos hidroquímicos y se aprecian diluciones de los rios Oroncillo y Natapán debido a aportes poco sulfatados procedentes de acuíferos carbonatados.
- Desde el punto de vista legal y sanitario, las únicas aguas que presentan problemas son, las aguas de los rios Oroncillo y las del rio Natapán, principalmente por su alto contenido en  $SO_4^{=}$ , y por la presencia de  $NO_2^-$  unida a altas concentraciones de  $NO_3^-$ ; y las aguas de algunos manantiales en materiales miocenos por su altísima concentración en  $SO_4^{=}$  (cerca a los 1000 ppm de  $SO_4^{=}$ ).
- Los acuíferos carbonatados de los Montes Obarenes están formados por niveles de calizas y dolomías que se sitúan estratigráficamente entre el Lías y el paleoceno. Se han distinguido hasta 5 niveles de altapermeabilidad separados por tramos de baja permeabilidad o

impermeables. El nivel permeable más importante tanto en potencia, como en afloramientos son las dolomías y calizas del Coniaciense-Santoniense.

- La tectónica que afecta a estos materiales ha hecho que en muchas ocasiones estos niveles queden interconectados, pero en ocasiones el efecto de la tectónica ha sido el compartimentar los acuíferos. La extensión total de afloramientos permeables entre el río Oroncillo y el río Ebro es de  $48 \text{ km}^2$ .
- La recarga de estos acuíferos procede principalmente de la infiltración del agua de lluvia, y en menor medida de la infiltración en sumideros de pequeños cursos superficiales. La recarga total del acuífero ronda los  $9 \text{ hm}^3/\text{año}$ .
- La descarga de los acuíferos se realiza a través de manantiales o directamente a los ríos. El 99% de la descarga se realiza hacia la vertiente N de los Montes Obarenes. Las cotas de las salidas importantes varían entre 450 m (río Ebro) y entre 590 m en el desfiladero del río Oroncillo.
- Con el conjunto de datos obtenidos (geología, inventario, hidroquímica, aforos) se ha realizado un mapa de funcionamiento hidráulico de los acuíferos (plano nº 6). Según este plano puede realizarse el siguiente reparto de áreas del acuífero según hacia donde drenen éstos.

			RECURSOS MEDIOS ANUALES (km <sup>3</sup> /año)
Al río Oroncillo	31 km <sup>2</sup>	(64%)	5,7
Al río Ebro	7,4 "	(15%)	1,4
Al manantial de la Herrera (2109-4-009)	5,52 "	(11%)	1,0
Acuífero disperso al río Ebro	1,78 "	(4%)	0,4
Al manantial de la Vega (2109-4-12)	2,5 "	(5%)	0,4

## 9.2. RECOMENDACIONES

En los Montes Obarenes hay unos acuíferos carbonatados cuyos recursos se han estimado en 9 hm<sup>3</sup>/año, aunque pueden ser superiores ya que los datos climáticos no permiten efectuar cálculos ajustados. La mayor parte de estos recursos (de buena calidad química) se descargan a los ríos Oroncillo y Ebro (de baja calidad), quedando inutilizables para varios usos (eje: abastecimientos. Parte de estos recursos ya son explotados con éxito:

- Miranda de Ebro tiene una captación para abastecimiento de 200 l/s.

- Se ha efectuado un sondeo en Villalba de Rioja, en el

que los primeros ensayos realizados indican buena permeabilidad, aunque todavía hay dudas sobre el almacenamiento del sistema en la zona.

Por ello se recomienda continuar estudiando la hidrogeología de la zona. Los siguientes estudios deberían orientarse en el sentido de completar datos que se han comenzado a recoger en este sentido. las actuaciones concretas que se recomiendan en este sentido son:

- Continuación con las lecturas de las escalas instaladas en las estaciones de aforo.
- Realización de al menos 5 aforos en cada estación para trazar mejor las curvas de gastos.
- Instalación de una escala en el manantial de la Herrera, debiéndose realizar en ella lecturas y algunos aforos.
- Recopilación de datos climáticos recientes (1988) para compararlos con las alturas de escala y caudales recogidos en este proyecto.
- Ensayos de trazadores (sumidero del río San Miguel, y sondeo de Villalba de Rioja).
- Muestreos químicos tanto de aguas superficiales como de subterráneas, en distintas condiciones de caudal.
- Muestreos isotópicos, tritio principalmente, en los principales manantiales de la zona y en agua de lluvia.

Si se decidiera aumentar la explotación del sistema las investigaciones deberían centrarse en:

- Cartografía geológica de detalle (escala 1:10.000) para ubicación de sondeos.
- Geofísica, métodos eléctricos (SEV, etc.)
- Sondeos y ensayos de bombeo

Las zonas que se recomiendan para realizar estos trabajos son:

- Desfiladero de Pancorbo, en el entorno de la estación de aforos nº 2 (Cartografía geofísica y sondeos)
- Zona de Ameyugo (hay un sondeo sin ensayo de bombeo) (Ensayo de bombeo y posible cartografía).
- Zona de Bugedo (ya hay un sondeo con ensayo de bombeo) (ensayo de bombeo y posible cartografía).
- Zona de Valverde de Miranda, entre Valverde y un km aguas abajo de la estación de aforos nº 5 (Cartografía, geofísica y ensayos de bombeo).
- Borde Norte de los Montes Obarenes (Zona comprendida entre el km. 13 de la carretera Miranda de Ebro-Sajazana, Manantial de la Vega (2109-4-12) y 2 km más hacia el E) (Cartografía, geofísica y ensayos de bombeo)

- Zona de Villalba de Rioja donde ya hay una investigación en curso.
- Llevada a cabo cualquier explotación del Sistema, llevaría implícito el control hidrométrico ya iniciado.

Todas estas zonas reúnen buenas condiciones topográficas así como de acceso.

### **9.3. RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA LA ZONA DE VILLALBA DE RIOJA**

Dado que uno de los objetivos del proyecto era el recomendar zonas de investigación dentro de la Comunidad Autónoma de la Rioja, y después de revisar la zona W de Foncea, la zona de Foncea-río Natapán, y la zona de Villalba de Rioja, la única con buenas posibilidades ha sido la de Villalba de Rioja. Se recomiendan futuras actuaciones en esta zona que ya está en investigación por otros Organismos Oficiales.

Dado que el sondeo ya realizado, está relacionado con el manantial de la Herrera, se recomiendan las siguientes actuaciones:

- Instalar una escala en el manantial, así como realizar varios aforos en él.
- Controlar la evolución del caudal en el manantial si se realizan ensayos de bombeo en el sondeo de Villalba.

- Pueden realizarse ensayos de trazadores en la zona para verificar las conexiones del manantial, e incluso se puede trazar para verificar las conexiones del manantial. El trazador recomendado es el Cl Li.
- Toma de muestras en el manantial y el sondeo para análisis químico e isotópico (Tritio, Deuterio y O-18)

Madrid, diciembre 1988



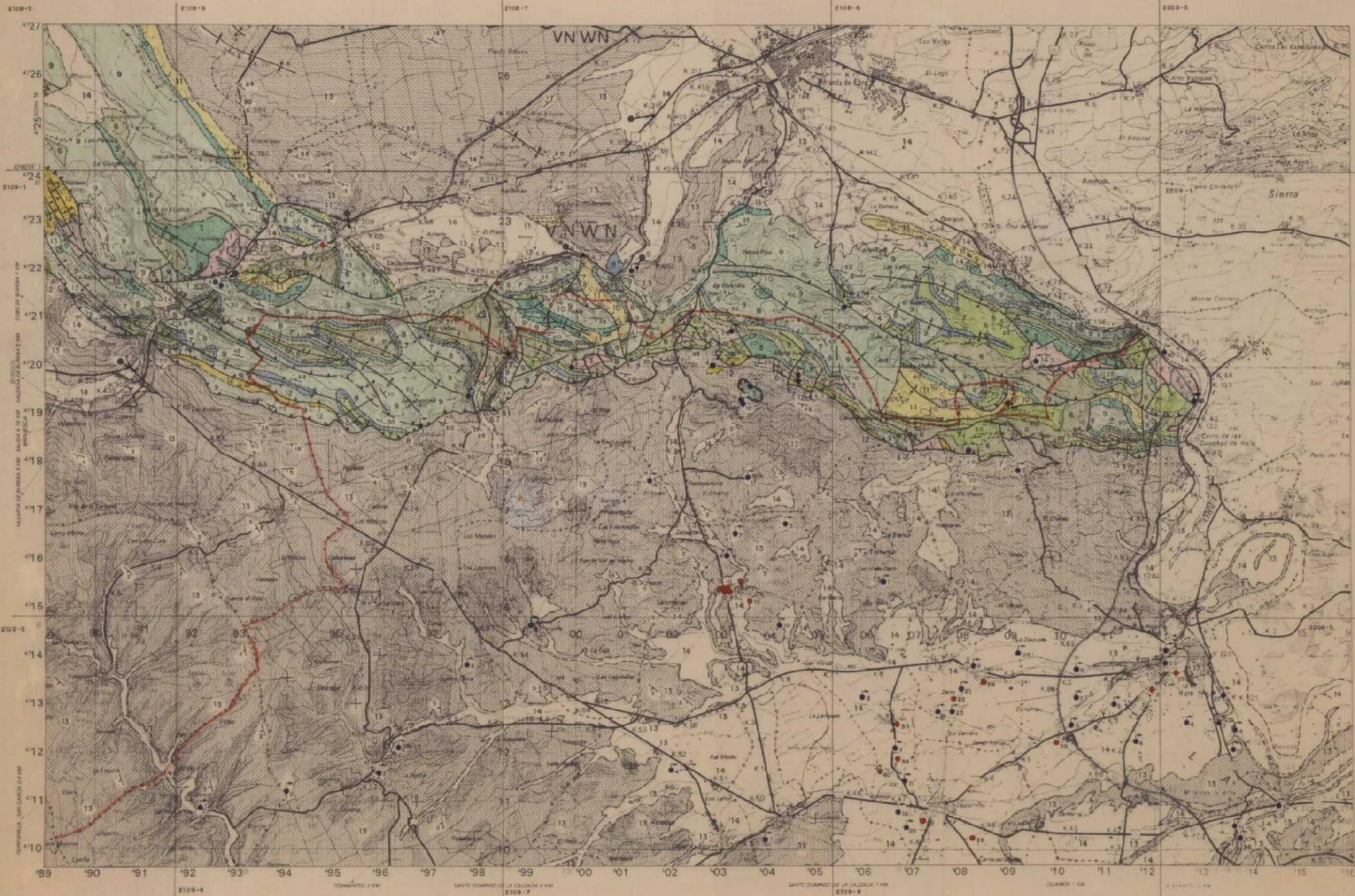
FRANCISCO CARRERAS

VICENTE IRIBAR SORAZU



VºBº MIGUEL DEL POZO GOMEZ

PLANOS



**LEYENDA**

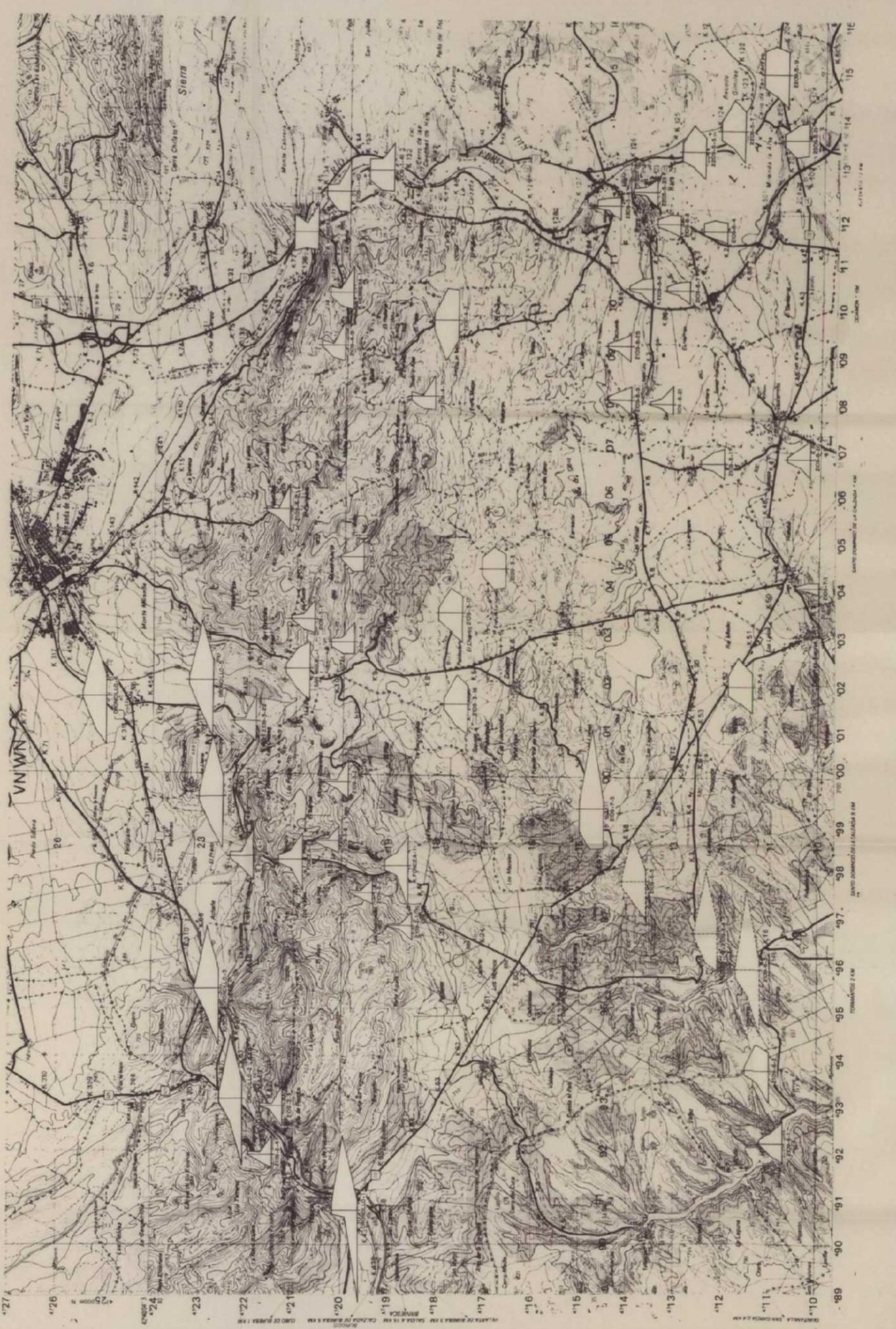
PERIODO	CUATERNARIO		DESCRIPCIÓN	
	Nº	PERMEABILIDAD		
TERCIARIO	PALEOGENO NEÓGENO	14	14 - Aluviones y coluviones. PERMEABILIDAD MEDA-ALTA	
		13	13 - Conglomerados, areniscas, arcillas, margos y calizas isotetas. PERMEABILIDAD BAJA - MEDIA	
		12	12 - Conglomerados calcáreos. PERMEABILIDAD BAJA - MEDIA	
	PALEOGENO	THANETIENSE	11	11 - Dolomías y calizas. PERMEABILIDAD ALTA
		MONTIENSE	10	10 - Arenas, arcillas y niveles calcáreos. PERMEABILIDAD BAJA - MEDIA
		DANIENSE	9	9 - Dolomías y calizas. PERMEABILIDAD ALTA
		MAASTRICHT.	8	8 - Margos y calizas margosas. IMPERMEABLE
		CAMPANIENSE	7	7 - Calizas, calcarenitas y dolomías. PERMEABILIDAD ALTA
		SANTONIENSE	6	6 - Arenas, areniscas y arcillas. PERMEABILIDAD BAJA
		CONIACIENSE	5	5 - Arcillas variscoloras. IMPERMEABLE
SECUNDARIO	CRETACICO SUPERIOR	TURONIENSE	4	4 - Margos y calizas margosas. IMPERMEABLE
		CENOMANIENSE	3	3 - Brechas, carnalis, dolomías y calizas. PERMEABILIDAD ALTA
		ALBIENSE	2	2 - Ofitos. IMPERMEABLE
		HAUTERIV.	1	1 - Arcillas y margos obigarrados. IMPERMEABLE
		VALANGIN.	1	1 - Arcillas y margos obigarrados. IMPERMEABLE
TRIAS JUR.	CRETACICO INFERIOR	LIAS	3	3 - Brechas, carnalis, dolomías y calizas. PERMEABILIDAD ALTA
		RETHIENSE	2	2 - Ofitos. IMPERMEABLE
		KEUPER	1	1 - Arcillas y margos obigarrados. IMPERMEABLE

**SIGNOS CONVENCIONALES**

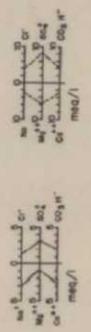
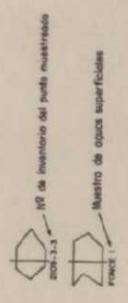
	Contacto normal.		Sinclinal.
	Contacto discordante.		Anticlinal.
	Contacto mecánico.		Sinclinal valados.
	Falla		Dirección y ostidud de buzamiento.
	Falla inversa.		Dirección y buzamiento invertido.
	Falla normal con indicación de hundimiento.		Buzamiento vertical.
	Manantial y nº de orden.		Buzamiento horizontal.
	Sondao		Punto de aforo directo.
	Pozo		

Nº de hoja 1:50.000 y octetos

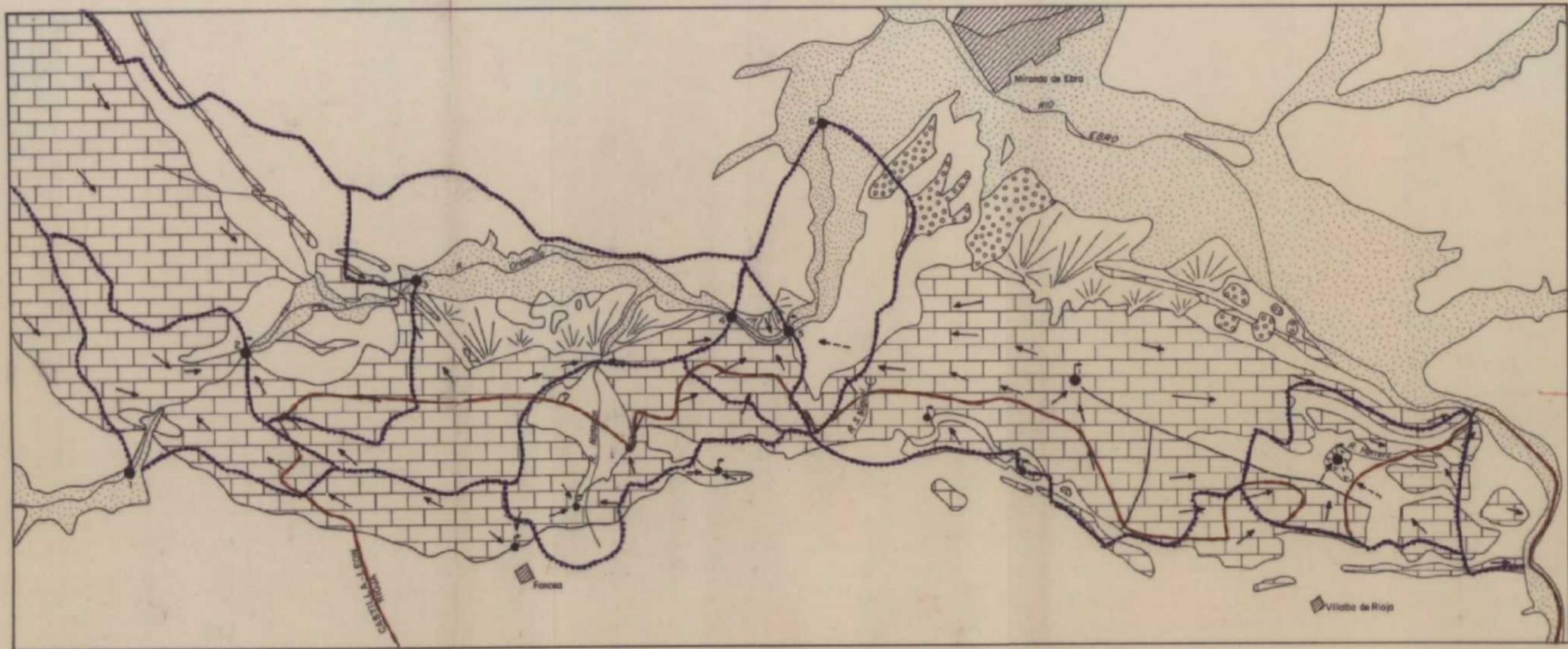
DIBUJADO FECHA: Julio, 1988 COMPROBADO	<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA</b> <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b>	
AUTORA: C.B.S. ESCALA: 1:50.000 CONSULTA: C.B.S.	PROYECTO: ESTUDIOS PARA ACTUALIZACION DE DATOS DE INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA EN RIOJA MAPA HIDROGEOLOGICO	



**LEYENDA**



SEGURO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
FECHA: 1988	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
COMPROBADO	
AUTOR: C.G.S.	PROYECTO: ESTUDIOS PARA ACTUALIZACION DE DATOS DE INFRAESTRUCTURA HIDROLOGICA DE RIUSA
ESCALA: 1:50.000	CONDUCTOR
	C.G.S.
	DIAGRAMAS DE STIFF MODIFICADOS
	PLANO Nº
	5



**LEYENDA**

- MATERIALES PERMEABLES**
- Calizas y dolomías
  - Aluviales cuaternarios
  - Terrazas colgadas
  - Coluviones
  - Travertino
- MATERIALES POCO PERMEABLES O IMPERMEABLES**
- MATERIALES POCO PERMEABLES O IMPERMEABLES
- Dirección del flujo subterráneo
  - Flujos confinados
  - Manantial Q < 5 l/s
  - Manantial Q > 5 l/s
  - Curso de agua permeable
  - Sumidero
  - Divisoria de aguas
  - Estación de afloras
  - Límite de comunidad autónoma

DIBUJADO M. Urgiza	<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA</b> <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b> 	CLAVE
FECHA Noviembre-1988		PLANO N.º
COMPROBADO C.G.S.	PROYECTO ESTUDIOS PARA ACTUALIZACION DE DATOS DE INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA EN RIOJA MONTES OBARENES (1987-88)	6
AUTOR C.G.S.	<b>FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO</b>	
ESCALA 1/50.000		
CONSULTOR C.G.S. S.A.		