

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Y ENERGIA

COMISARIA DE LA ENERGIA  
Y RECURSOS MINERALES

# INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO

INFORME TECNICO 6

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA ACUIFERO Nº 62  
ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA

DICIEMBRE. 1.981

34062

## I N D I C E

	<u>Páginas</u>
0.- INTRODUCCION .....	1
1.- <u>MARCO GEOGRAFICO</u> .....	4
1.1. RASGOS FISIOGRAFICOS Y LIMITES .....	4
1.2. MARCO SOCIO ECONOMICO .....	6
2.- <u>GEOLOGIA</u> .....	11
2.1. MARCO GENERAL .....	11
2.2. EL ZOCALO .....	13
2.3. LAS TERRAZAS ALUVIALES .....	14
2.3.1. <u>Terrazas del Ebro</u> .....	15
2.3.2. <u>Las Terrazas del Gállego</u> .....	20
2.3.3. <u>Las Terrazas del Cinca</u> .....	22
2.3.4. <u>Las Terrazas del Segre y Noguera-</u> <u>Ribagorzana</u> .....	26
2.3.5. <u>Los Glacis y otros depósitos cua-</u> <u>ternarios</u> .....	31
3.- <u>CLIMATOLOGIA</u> .....	33
3.1. GENERALIDADES. DATOS DE BASE .....	33
3.2. TEMPERATURAS .....	34
3.3. PLUVIOMETRIA .....	37
3.4. EVAPOTRANSPIRACION REAL .....	52
4.- <u>HIDROLOGIA</u> .....	55
4.1. HIDROGRAFIA .....	55
4.2. DATOS DE BASE .....	56
4.3. BALANCE DE AGUAS SUPERFICIALES .....	59

	<u>Páginas</u>
5.- <u>HIDROGEOLOGIA</u> .....	73
5.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	73
5.1.1. <u>Introducción</u> .....	73
5.1.2. <u>Origen de los datos</u> .....	77
5.1.3. <u>Metodología.Desarrollo del trabajo de Campo</u> .....	78
5.1.4. <u>Comentarios sobre las características fundamentales de los puntos de agua</u> ..	80
5.2. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.....	85
5.2.1. <u>Aluvial del río Ebro</u> .....	87
5.2.2. <u>Aluvial del Aragón inferior, Ega y Cidacos</u> .....	89
5.2.3. <u>Aluviales de los ríos de la margen derecha</u> .....	90
5.2.4. <u>Aluvial de los ríos Gállego, Cinca y Segre</u> .....	91
5.3. PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS.....	91
5.4. RENDIMIENTO DE LOS POZOS.....	107
5.5. REGIMEN DEL ACUIFERO.PIEZOMETRIA.....	109
5.6. RELACIONES ACUIFERO-RIO.....	121
5.7. CALIDAD DEL AGUA Y VULNERABILIDAD.....	125
6.- <u>USOS DEL AGUA</u> .....	132
6.1. INTRODUCCION.....	132
6.2. USOS ACTUALES DEL AGUA.....	133
6.2.1. <u>Canal Imperial de Aragón</u> .....	134
6.2.2. <u>Canal de Tauste</u> .....	140
6.2.3. <u>Canal de Lodosa</u> .....	141
6.2.4. <u>Otros regadíos del Ebro</u> .....	142
6.2.5. <u>Regadíos del bajo Gállego</u> .....	142

	<u>Páginas</u>
6.2.6. <u>Regadíos del Cinca y Segre</u> .....	144
6.2.7. <u>Uso industrial y urbano</u> .....	147
6.3. USOS FUTUROS DEL AGUA.....	152
7.- <u>FUNCIONAMIENTO DEL ACUIFERO. BALANCE Y RECURSOS.</u>	154
7.1. REGIMEN DEL ACUIFERO.....	154
7.1.1. <u>Recarga</u> .....	154
7.1.2. <u>Descarga</u> .....	157
7.2. BALANCE HIDRICO.....	157
7.2.1. <u>Balance correspondiente al Canal Imperial de Aragón</u> .....	157
7.2.2. <u>Balance Hídrico general. Recursos Subterráneos</u> .....	170
7.2.3. <u>Reservas</u> .....	172
8.- <u>DISPONIBILIDADES DE AGUA SUBTERRANEA</u> .....	174
8.1. PLANTEAMIENTO GENERAL.....	174
8.2. OFERTA DE AGUA SUBTERRANEA.....	176
8.3. CONSIDERACIONES SOBRE EL PRECIO DEL AGUA....	180

## C U A D R O S

- 1.- Evolución de la población (Zona de Zaragoza)
- 2.- Temperaturas mensuales y anuales medias.
- 3.- Pluviometrías mensuales y anuales medias. Sector Ebro y Cuencas.
- 4.- Años secos, medios y húmedos.
- 5.- Evapotranspiraciones reales.
- 6.- Aportaciones en las estaciones de aforos.
- 7.- " " los canales y embalses.
- 8.- Resumen del Inventario
- 9.- Ensayos de Bombeo. Sector Logroño-Cortes.
- 10.- Sondeos del IGME.
- 11.- Características Hidrogeológicas de los acuíferos.
- 12.- Red de control de calidad.
- 13.- Caudales derivados del Canal Imperial de Aragón.
- 14.- Consumo de agua en los Sindicatos sin excedente.
- 15.- Descarga Sistema 62a.
- 16.- Aprovechamientos del Canal Imperial de Aragón.
- 17.- Volumen de agua de invierno en el C.I. .
- 18.- Balance hídrico de los acuíferos.

## PLANOS

- 1.- Mapa Geológico. Sector Ebro. Escala: 1:100.000
- 2.- " " Sector Cinca. "
- 3.- " " Sector Segre. "
- 4.- Cortes geológicos. Sector Ebro. Tramos Cortes-Alfajarín
- 5.- " " " " Tramo Alfajarín-Gelsa
- 6.- Plano de Isoyetas.
- 7.- Isopiezas del Sector Cortes-Gelsa.
- 8.- Plano de conductividades.
- 9.- Mapa Hidrogeológico Ebro-Gallego-Cinca-Segre
- 10.- " " Ebro-Aragón
- 11.- Posibilidades de nuevos regadíos con aguas subterráneas - (Ebro).
- 12.- Posibilidades de nuevos regadíos con aguas subterráneas - (Bajo Gallego).

## FIGURAS

- 1.- Cortes Geológicos. Sector Ebro y Gállego
- 2.- " " Sector Ebro, Aragón y Arga.
- 3.- " " " Cinca.
- 4.- " " " "
- 5.- " " " Segre.
- 6.- " " " "
- 7.- " " " Noguera Ribagorzana y Leyenda.
- 8 a 15 Ley de distribución de pluviometrías anuales.
- 16.- Balance de aguas superficiales. Sector Cortes-Zaragoza
- 17.- Aportaciones en el sector del Cinca-Segre.
- 18 a 23.- Ensayos de Bombeo. Sector Ebro.
- 24 y 25.- " " Sector Gállego.
- 26 a 30.- Evolución piezométrica. Medidas semestrales.

Cont. Figuras

31 a 34.- Evolución piezométrica. Medidas mensuales

35 .- Curvas de  $\log s - \log t$  JENKINS.

36 a 38.- Cálculo de la escorrentía subterránea.

0.- INTRODUCCION

## INTRODUCCION

Dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas y a su vez en el marco del Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Ebro se ha realizado la investigación hidrogeológica del acuífero aluvial del Ebro.

Tan vasto sistema acuífero: "Aluvial del Ebro y afluentes", por su carácter discontinuo e importancia relativa en sus diferentes tramos, ha merecido, lógicamente también, un tratamiento variable en función de su grado de conocimiento anterior y de sus posibilidades.

Así se han estudiado por separado 2 tramos diferentes. El primero engloba toda la zona central entre Cortes (Navarra) y Gelsa en la cola del embalse de Mequinenza. El segundo abarca los cursos bajos de los ríos Cinca y Segre, así como sus afluentes.

La parte correspondiente a la provincia de Navarra ha sido objeto de un estudio particular por parte de los servicios técnicos de la D.F.N. La zona aluvial de la cabecera hasta Miranda se ha englobado dentro del estudio del Sistema 64 (Informe Técnico nº 7), y asimismo, el aluvial aguas abajo del complejo de embalses del Bajo Ebro corresponde a un sistema acuífero diferenciado: Curso Bajo y Delta del Ebro. Sistema 60 (Informe Técnico nº 5).

El Proyecto se inició en el año 1.978 y ha tenido sucesivas fases que incluyen campañas periódicas de medidas piezométricas y análisis de la calidad y la realización de -

prospección geofísica y sondeos mecánicos. Se ha realizado -- bajo la Dirección del Instituto Geológico y Minero de España con la colaboración de la empresa Compañía General de Sondeos, S.A.

Los objetivos generales fijados en toda el área potencialmente acuifera han sido inventariar los recursos de agua subterránea investigando para ello las características -- geométricas e hidráulicas de los acuíferos y su funcionamiento, es decir, su almacenamiento, su recarga y su descarga.

La importancia de este sistema radica en que -- corresponde a un extenso tramo de 400 Km. de longitud, en el -- que la topografía llana y la poca consistencia de los materiales no permite otro tipo de obras de regulación .

Por otro lado la tradición de riegos en la Ribera del Ebro y sus afluentes, muchos de ellos del tiempo de los moros y hasta de los romanos, se basa en un complicado entramado de acequias y canales más o menos importantes, con los que se riegan las terrazas de los ríos ya de por sí con un importante potencial de aguas subterráneas que de esta forma se ve incrementado por el retorno de los riegos.

No cabe duda de que cuando se hicieron estas -- obras, en que la tecnología de la elevación del agua era muy rudimentaria, representaron un gran avance, pero hoy día constituyen una infraestructura que incide negativamente en una -- correcta planificación hidráulica, puesto que como se utiliza el agua sin previa regulación y precisamente en los meses de estiaje, la disminución de los caudales de los ríos es muy --

importante con las consecuencias desfavorables que todos cono cemos: aspecto deplorable de los ríos, aumento de la contaminación química, orgánica y térmica y riesgo evidente para los múltiples abastecimientos urbanos e industriales situados a lo largo de los cursos de agua.

En este contexto es claro que la utilización y explotación de los importantes acuíferos aluviales desarrollados a lo largo del Ebro, y sobre todo en las desembocaduras de sus principales afluentes, alcancen una doble importancia. De un lado la explotación en sí misma que puede facilitar el abastecimiento y puesta en riego de grandes extensiones en una zona en que no existen acuíferos profundos y de otro su contribución, aunque sea en un porcentaje bajo, a la regulación de las aportaciones del río.

El impacto a nivel local puede ser importante y las diversas realizaciones constituirán un complemento de los ambiciosos planes hidráulicos regionales, que evidentemente solo podrán acometerse mediante una mayor regulación superficial.

La metodología utilizada ha sido la convencional en los acuíferos aluviales. Se han cartografiado a escala 1:50.000 las terrazas que pudieran tener una conexión hidráulica reversible con los cursos de agua, despreciando todas las superficies aluvionares "colgadas" por encima del zócalo terciario impermeable por su nulo interés para los fines propuestos.

## 1.- MARCO GEOGRAFICO

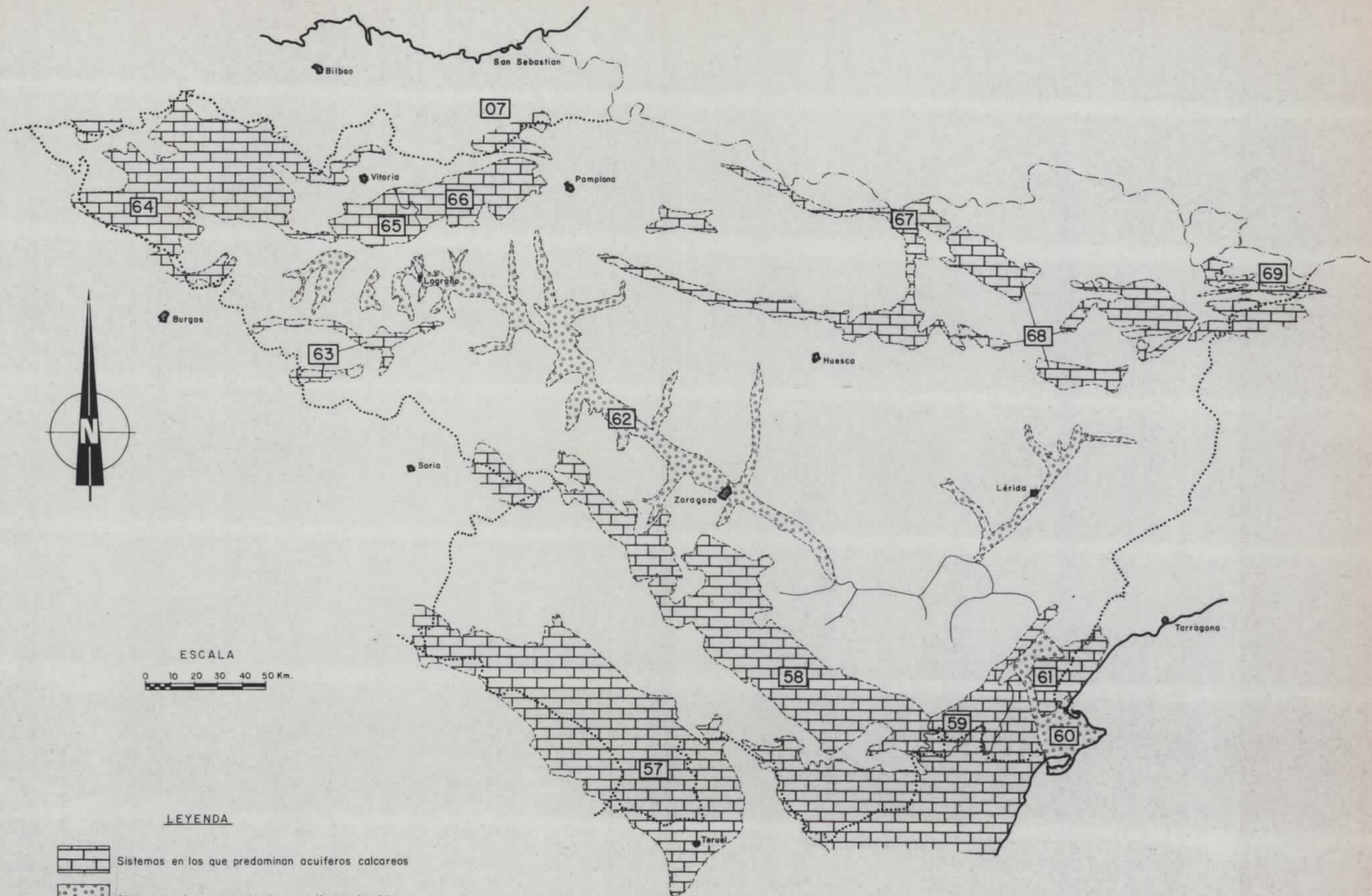
### 1.1. RASGOS FISIOGRAFICOS Y LIMITES

El Ebro, desde que entra en la Depresión Central circula por terrenos blandos-arcillas, yesos, arenas-que condicionan su curso divagante. La ausencia de vegetación favorece la erosión y la excavación de amplios valles en forma de cubeta. Estos caracteres se inician en Miranda y se acrecientan -- aguas abajo de Logroño y persisten hasta que el río entra en los materiales algo más duros del Bajo Aragón.

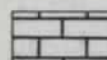
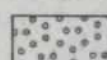
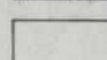


El estudio se ha centrado en las superficies de aluvionamiento del río Ebro entre Cortes (Navarra) y Gelsa (Zaragoza) y del curso bajo del Gállego hasta aguas arriba de Zuera (Zaragoza). Si bien el estudio ha proseguido hasta la zona de Escatrón, cola del embalse de Mequinzenza, puede decirse que la superficie de aluvionamiento es muy pequeña, por lo que deja de tener interés al ir el río muy encajado entre los materiales poco consistentes del Terciario.

En el caso del Cinca y Segre el estudio abarca todo el recorrido de estos ríos por el Terciario Continental y termina cuando se inician las estribaciones mesozoicas pirenaicas donde se ubican por lo general presas reguladoras. Así por el Cinca el estudio ha llegado hasta más al norte de Monzón, - por el Noguera-Ribagorzana hasta el embalse de Santa Ana y por el Segre hasta el embalse de San Lorenzo.

La extensión espacial de las terrazas es importante. Creciente desde Miranda a Zaragoza y decreciente aguas



**LEYENDA**

-  Sistemas en los que predominan acuíferos calcareos
-  Sistemas en los que predominan acuíferos detríticos
-  Zonas prácticamente sin acuíferos
-  **58** Numero de orden del sistema acuífero
-  ..... Limite de cuenca hidrográfica

**PROYECTO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DEL EBRO  
SITUACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS**

1.- MARCO GEOGRAFICO

abajo. Aguas arriba de Zaragoza alcanza su máxima amplitud: 15 Km; en Alfajarín tiene unos 7 Km. y aguas abajo de Velilla de Ebro no llega a alcanzar 1 Km. La media de todo el tramo es de unos 5-8 Km.

Salvo los ríos mencionados el resto de afluentes del Ebro, incluidos la mayor parte de los de la margen derecha presentan terrazas de muy escaso interés.

La extensión del territorio cartografiado es de unos 3.500 Km<sup>2</sup> pertenecientes a las provincias de Zaragoza, - Huesca y Lérida.

Como es lógico se trata de una zona deprimida en que es particularmente notable el contraste de los colores verdes de los valles regados dominados por los canales, y los amarillos del secano de las terrazas altas y del substrato mioceno.

El cauce excavado entre los yesos y margas forma considerables escarpes casi verticales de hasta 200 m. de altura. En estos materiales, blandos pero coherentes, la erosión se realiza por paneles verticales, mientras las paredes retroceden paralelamente a sí mismas conservando un aspecto de muralla. La erosión lateral conforma una serie de conos de deyección muy numerosos, algunos de los cuales por su gran extensión al pie de las vertientes han determinado que el río los rodee en extensos meandros. Ello es particularmente notable en el Cono de Osera, aguas abajo de Zaragoza, que tiene unos 2 Km. de radio.

Por otro lado en la margen derecha del río se han encajado las sucesivas terrazas del Ebro dando lugar a un relieve muy suave con extensas llanuras escalonadas.

## 1.2. MARCO SOCIO ECONOMICO

Frente a las zonas deprimidas, que, por la escasez de agua, constituyen la mayor parte de la Depresión del Ebro, el valle del Río y sus afluentes corresponden a ejes fértiles que canalizan las corrientes económicas y las de la inmigración dentro de la propia región.

La actividad económica es fundamentalmente agrícola si bien en los alrededores de los núcleos principales: Logroño, Tudela, Zaragoza y Lérida, se disponen no sólo la clásica industria de productos de transformación del campo, sino también verdaderos polos industriales de variada producción.

En los términos municipales que engloban los diversos terrenos de las franjas aluviales, la superficie cultivada es superior al 50% del total, y a su vez el regadío ocupa más del 50% de las tierras labradas. Los cultivos regados cubren la mayor parte de las zonas aluviales más próximas a los ríos y en general toda una amplia zona dominada por los canales de riego. En el secano, de suelo generalmente muy salino, domina el trigo y en menor medida la viña y los olivares.

Como indicativos de la zona aportamos los datos del Producto Bruto Agrario de la Provincia de Zaragoza en sus diferentes sectores y referido al año 1.976 (Datos de la Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja).

<u>Prov. de Zaragoza</u>	<u>Millones de Pts.</u>
Produc. Agraria	10162.8
" Ganadera	8239.8
" Forestal	<u>104.8</u>
TOTAL....	<u>18507.4</u>

y dentro de este Producto Bruto, el sector de regadíos que se localiza preferentemente a lo largo del aluvial se resume en el siguiente cuadro:

<u>Prov. de Zaragoza</u>	<u>Millones de Pts.</u>
Leguminosas	121.4
Féculas y hortalizas	2991.1
Frutas	1548.3
Plantas industriales	612.8
Praderas y forrajes	<u>1135.6</u>
TOTAL	<u>6419.2</u>

lo que indica una fuerte contribución del regadío, localizado en una pequeña extensión, frente al Producto Agrario Bruto (el 30% respecto al total y el 65% respecto a la Producción Agraria).

La actividad agrícola ha favorecido la instalación de industrias relacionadas con el sector, lo que hace que esta zona sea claramente progresiva frente al resto de la región. Los polos de desarrollo determinan que la industria evolucione hacia otros sectores entre los que destaca el metalúrgico y más recientemente el de la automoción.

Por fin hay que citar que si bien a lo largo del propio Ebro no son frecuentes las instalaciones hidroeléctricas,

el elevado caudal del Segre, ha propiciado la instalación de Centrales fluyentas de poco salto con una potencia instalada total de 67.440 KW.

El aumento de la población en la zona ha sido fiel reflejo de la evolución económica. Entre 1950 y 1970 el crecimiento de la población ha sido superior al 30% singularmente en el área de Rioja, Zaragoza y Lérida, siendo la densidad de población actual del orden de 200 hab/Km<sup>2</sup> frente a los 29 hab/Km<sup>2</sup> del total de la Cuenca del Ebro o los 61 hab/Km<sup>2</sup> de la media nacional (Datos del CESIE).

Los municipios principales son Logroño, Calahorra, Tudela, Zaragoza y Lérida. De ellos únicamente Zaragoza sobrepasa el medio millón de habitantes.

La tendencia de crecimiento ha experimentado en la actualidad un estancamiento que hace imprevisible el movimiento futuro, muy dependiente de decisiones políticas de reordenación territorial y de los planes hidráulicos que se adopten en la Cuenca del Ebro.

Como dato significativo, en el Cuadro nº 1 aportamos la evolución de la población del aluvial próximo a Zaragoza en los últimos 5 años.

A excepción de Zaragoza con un crecimiento de 29276 hab. en el resto de municipios se observa un estancamiento con crecimientos leves que se localizan en las zonas de regadío: Alagón, Alfajarín, Fuentes de Ebro, Mallén, Pinseque, Zuera y otras. La población total permanece estacionaria con un crecimiento de algo menos de 2000 habitantes.

CUADRO Nº 1EVOLUCION DE LA POBLACION  
(ZONA DE ZARAGOZA)

<u>MUNICIPIO</u>	<u>POBLACION 1975</u>	<u>POBLACION 1980</u>
Agón	270	254
Alagón	4774	5002 +
Aberite de S.Juan	145	136
Alfajarín	1232	1265 +
Bárboles	443	424
Bardallur	449	434
Bisimbre	193	187
Boquiñeni	1086	1173 +
Borja	3969	4188 +
Burgo de Ebro (El)	1269	1260
Cadrete	648	687 +
Cuarte de Huerva	871	1071 +
Figueruelas	680	677
Fréscano	367	374 +
Fuentes de Ebro	3448	3730 +
Gallur	3800	3823 +
Grisén	513	492
Joyosa (La)	403	406 +
Luceni	1391	1375
Magallón	1517	1501
Mallén	2930	3026 +
Monegrillo	648	665 +
Muela (La)	815	844 +
Novillas	838	828

<u>MUNICIPIO</u>	<u>POBLACION 1975</u>	<u>POBLACION 1980</u>
Osera	352	352
Pedrola	2122	2196 +
Pinseque	1196	1234 +
Plasencia de Jalón	488	444
Pradilla de Ebro	834	805
Puebla de Alfindén	1285	1395 +
Remolinos	1501	1515 +
San Mateo de Gállego	1772	1824 +
Sobradiel	591	609 +
Tauste	7258	7325 +
Torres de Berrellén	1541	1568 +
Urrea de Jalón	491	468
Utebo	4984	5253 +
Velilla de Ebro	364	364
Villafranca de Ebro	738	736 +
Villanueva de Gállego	2285	2359 +
La Zaida	741	741
Zuera	5002	5147 +
<b>TOTAL</b>	<b>66244</b>	<b>68157 +</b>
<b>ZARAGOZA</b>	<b>540308</b>	<b>569584 +</b>
<b>TOTAL</b>	<b>606552</b>	<b>637741 +</b>

## 2.- GEOLOGIA

## 2.- GEOLOGIA

### 2.1. MARCO GENERAL

La sedimentación en la Depresión del Ebro ha seguido el orden lógico propio de las cuencas endorreicas: evaporitas en el centro de la cuenca y detríticos finos que pasan progresivamente a cada vez más groseros hacia los bordes de la depresión, más o menos perturbado por el desplazamiento del eje de subsidencia durante la sedimentación terciaria.

La zona estudiada corresponde al centro de la cuenca sedimentaria en la que predominan los yesos. En ellos, el río Ebro ha excavado su cauce a la vez que recibe los aportes de una densa red fluvial más o menos simétrica en ambos márgenes.

La evolución paleotopográfica durante el Cuaternario ha sido profunda produciéndose los fenómenos propios de los ríos caudalosos, de alta energía, en cuencas poco consistentes: formación de extensas superficies aluvionares y enérgica disección de las terrazas antiguas e incluso de los sedimentos terciarios.

La tectónica reciente de la Depresión, que marca una tendencia al levantamiento ha favorecido estos fenómenos.

Los desniveles producidos por la excavación de la red fluvial han posibilitado también la formación de glaciares o depósitos de piedemonte en general.

Tanto el Ebro como el curso inferior del Gállego constituyen valles longitudinales "en artesa", muy extensos y con cauces ameandrados. Las terrazas aluviales se organizan en bandas alargadas paralelas a los cauces y que sugieren los distintos trazados del río a lo largo del Cuaternario.

La orientación y dirección de los ríos ha variado muy poco sin duda pero, singularmente en este tramo del Ebro, se observa una importante migración lateral en sentido Nororiental constante que ha provocado una evidente disimetría. Mientras en la margen derecha (Sur) se acumulan y escalonan las diversas terrazas, en la margen izquierda (Norte) se produce una fuerte erosión lateral, con ausencia total de aluvionamiento, que ha proseguido hasta la formación de la terraza actual. El recorrido total de la migración en el Ebro es de unos 15 Km. y el encajamiento efectuado llega a los 190 m., si consideramos la terraza más antigua  $T_6$  que ya no se ha cartografiado por su nulo interés hidrogeológico.

En el curso bajo del Gállego y del Jalón esta disimetría no se ha producido o es mucho menos evidente. En cambio en el Huerva el desplazamiento del cauce se hizo de noroeste a sureste originando una disimetría semejante a la del Ebro aunque de orientación distinta.

Los glacis tienen una extensión muy variable lógicamente condicionada al relieve que los ha posibilitado. Normalmente han sido originados por torrentes que atraviesan un escarpe de erosión diferencial y desembocan en el llano produciendo abanicos de aportes detríticos. Estos tienen como base los sucesivos niveles de terrazas, entre los que se intercalan.

Incluso dentro de una misma terraza, como ocurre en la margen izquierda, los aportes de gravas de origen longitudinal están recubiertas por aportes laterales de los glaciares.

## 2.2. EL ZOCALO

La sedimentación terciaria de la Depresión del Ebro es la típica de las cuencas endorreicas: evaporitas (yesos), en el centro de la cuenca y sedimentación detrítica fina que pasa progresivamente a cada vez más grosera hacia los bordes.

El zócalo de las superficies de aluvionamiento del tramo estudiado corresponde a estos materiales de edad miocena. La mayor parte son directamente los yesos y solo en la parte sur se inician los sedimentos margo-areniscosos.

En toda la zona central las terrazas se sitúan encima de la región evaporítica distal o Formación de yesos de Zaragoza. Está constituida por diversos tipos de yesos: masivos nodulares, alabastros y arenas, limos y margas yesíferas. Se observan asimismo horizontes de algunos centímetros de sales solubles, fundamentalmente halita.

La edad de esta formación es imprecisa abarcando desde el Aquitaniense al Vindoboniense. Su potencia es variable en función de la paleogeografía del medio sedimentario. Por datos de que se dispone correspondientes a algunos sondeos de petróleo en la zona de Zaragoza-Tauste el espesor de la serie terciaria sobrepasa los 1500 m. Por el contrario en Gelsa la potencia del Terciario es de 730 m. y en La Zaida se reduce

a 200 m. Esto tiene una fácil explicación si pensamos que en esta zona los afloramientos secundarios de las estribaciones de la Cordillera Ibérica se hallan ya muy próximos. No cabe duda de que estos niveles secundarios constituyen un muy estimable acuífero en potencia que no hay que dejar de tener en cuenta en esta zona. Como dato apuntamos que este acuífero es responsable de la surgencia que da origen al Río Ginel (nº 2816. 2.001 del inventario).

Debido al fuerte contraste de permeabilidad con las terrazas fluviales consideramos estas formaciones como absolutamente impermeables.

### 2.3. LAS TERRAZAS ALUVIALES.

La cartografía de las terrazas se ha procurado simplificar en lo posible siempre teniendo en cuenta el objetivo hidrogeológico que se perseguía, olvidando deliberadamente las más antiguas que se hallan "colgadas" por encima de los materiales impermeables del Mioceno.

Se han distinguido 4 niveles de terrazas en el Ebro y 3 en los cursos bajos del Gállego, Cinca y Segre. Por el característico proceso de sedimentación fluvial que las ha conformado las capas no tienen continuidad lateral y vertical sino que son de tipo lenticular y la potencia de los distintos tramos es variable. De todas formas se observa frecuentemente la estructura típica de este tipo de niveles con sucesivas alternancias de niveles de gravas y arenas, correspondientes a los portes de las grandes avenidas, con capas de materiales finos, limos y arcillas depositados en las decrecidas.

El estudio de los niveles en el terreno se hace imposible por la topografía sumamente llana. De ahí que en el reconocimiento hidrogeológico han sido fundamentales los resultados obtenidos de la campaña de geofísica, realizada por el IGME, y el inventario de puntos acuíferos. En este sentido los datos que aquí se presentan hay que considerarlos como únicamente estimativos y sujetos a revisiones posteriores tras estudios mucho más detallados.

### 2.3.1. Terrazas del Ebro

La geometría de las terrazas del río Ebro se ha intentado plasmar en los cortes geológicos. Cortes que hay que tomar únicamente como esquemáticos y en los que se ha exagerado mucho la escala vertical con el fin de explicitar la posible conexión hidráulica entre las terrazas. (Fig. 1 y 2 y Planos 4 y 5).

En la cartografía se han distinguido 4 niveles de terrazas. Las terrazas actual e inferior se han englobado por su similitud litológica y comprobada conexión hidráulica. Sucesivamente más antiguas, y más altas sobre el nivel actual del río, se disponen las terrazas media y superior. Sus características son las siguientes:

#### Terraza actual e inferior $T_0 - T_1$

Están constituidas por gravas heterométricas, generalmente poco consolidadas y bien rodadas. Sus componentes esenciales son silíceos o calcáreos. La matriz es de elementos finos: arenas, limos y arcillas.

En general se observan dos grandes tramos. En el inferior predominan las gravas mientras que el superior es tá formado fundamentalmente de limos, arcillas y arenas, terre nos sobre los que se asientan los cultivos. Esta, que es la su cesión típica, se ve modificada por una mayor concentración de materiales arcillosos, tanto en sentido horizontal como verti cal, y con mayor frecuencia en los bordes, que produce una fuer te anisotropía y heterogeneidad que se traduce en una amplia - gama de valores en la permeabilidad.

En estas terrazas en que abundan los restos de antiguos meandros se observa en ellos una acumulación de mate riales finos: arenas muy finas y limos.

La altura de esta terraza sobre el río es de unos 10-12 m. Su espesor es muy variable. En la carretera de - Logroño es de 10-15 m., la zona de máximo espesor puede llegar a 50 m. en los polígonos de Montañana y Malpica (desembocadura del Gállego) y se reduce otra vez a unos 10-12 m. a la altura de Nuez de Ebro, y progresivamente en el sentido de la corrien te pues en Gelsa y Velilla se reduce a 8-10 m.

### Terraza Media<sub>2</sub>

La terraza media, así como las más antiguas, se desarrollan casi únicamente en la margen derecha del Ebro. Su - composición litológica es similar a la terraza inferior con la particularidad de que, con mayor frecuencia, las gravas están cementadas.

En el tramo entre Cortes y Zaragoza el máximo de

sarrollo de esta terraza se alcanza aguas abajo de Gallur. Su espesor debe ser de unos 30 m. como máximo. Ya en la zona de Casetas su potencia se reduce a solo algunos metros. Debido a esto y como primera aproximación cabe decir que mientras que en la zona Este de Gallur es probable la comunicación de este nivel de terraza con la terraza inferior y por tanto con el río, aguas abajo de la desembocadura del Jalón esta comunicación deja de existir. Este dato viene además corroborado por una serie de fuentes alineadas a lo largo del contacto entre las terrazas media  $T_2$  e inferior  $T_1$  y cuya emergencia se atribuye a la proximidad del zócalo mioceno impermeable. La altitud sobre el río de esta terraza es del orden de 20 m. Aguas abajo de Zaragoza su extensión no es muy grande. A veces la encontramos en ambos márgenes (Puebla de Alfinden, Osera), sólo en el margen derecho (Villafranca de Ebro, Velilla), sólo en el margen izquierdo (Gelsa) o en ninguna de las dos, habiendo desaparecido por completo (Quinto de Ebro).

El máximo desarrollo de esta terraza se alcanza en el margen derecho entre las poblaciones de El Burgo y Fuentes de Ebro. Sin embargo los pozos más productivos parecen situarse en la zona de Puebla de Alfindén donde la terraza alcanza un espesor de gravas próximo a los 40 m.

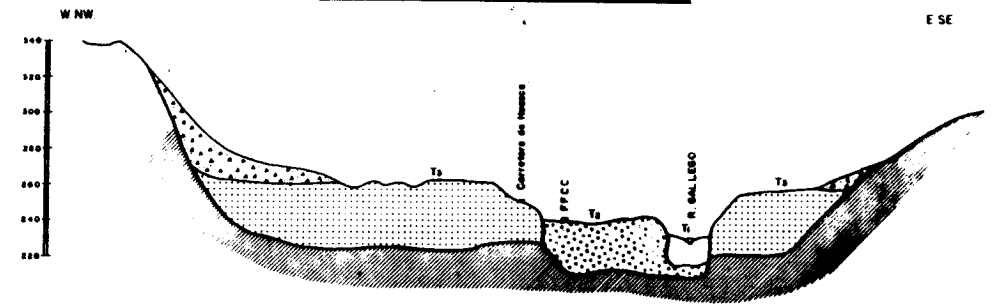
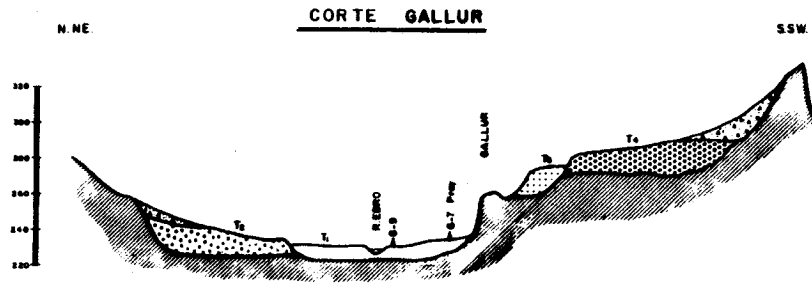
Aguas abajo de Fuentes de Ebro la presencia de esta terraza, quizás con la excepción de la zona de Gelsa, se hace anecdótica, para desaparecer por completo a partir de Velilla, donde el río va encajándose progresivamente en los sedimentos terciarios.

# RIO EBRO

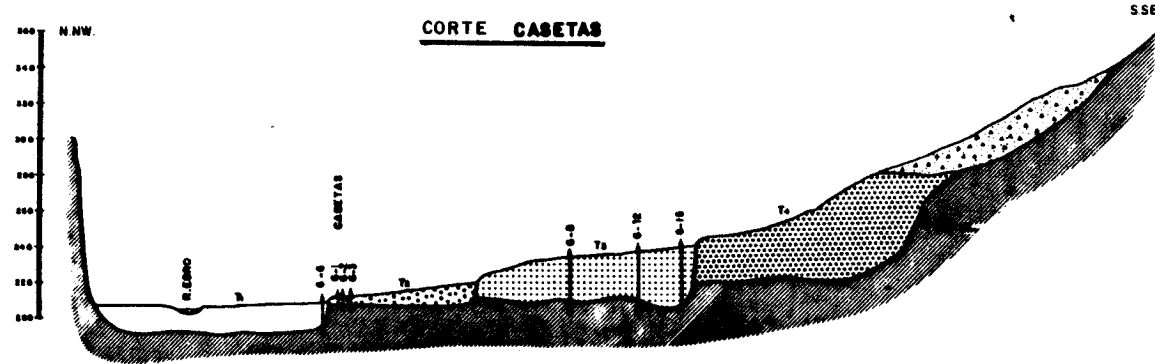
# RIO GALLEGO

HOJA 321 TAUSTE

HOJA 354 ALAGON  
355 LECINENA

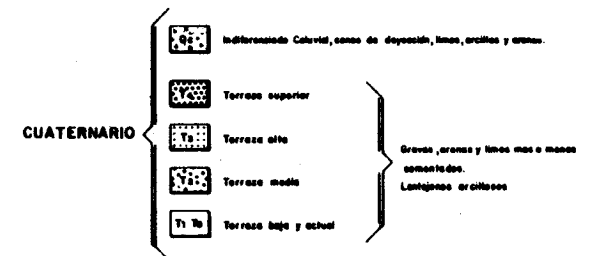


HOJA 364 ALAGON



## LEYENDA

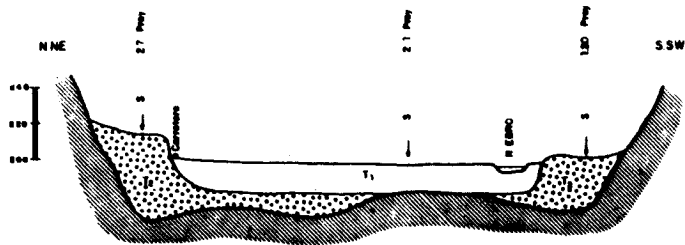
### FORMACIONES PERMEABLES



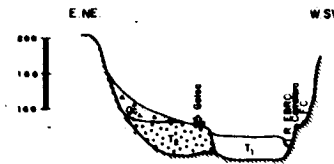
### ZOCALO IMPERMEABLE

MIOCENO  Arcillas, margas y yesos

## CORTE PUEBLA DE ALFINDEN



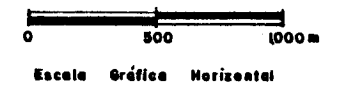
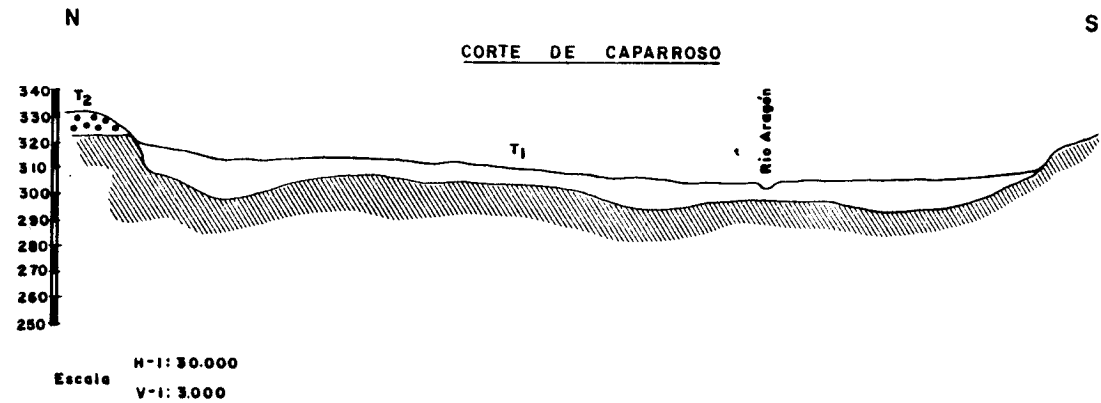
## CORTE GELSA



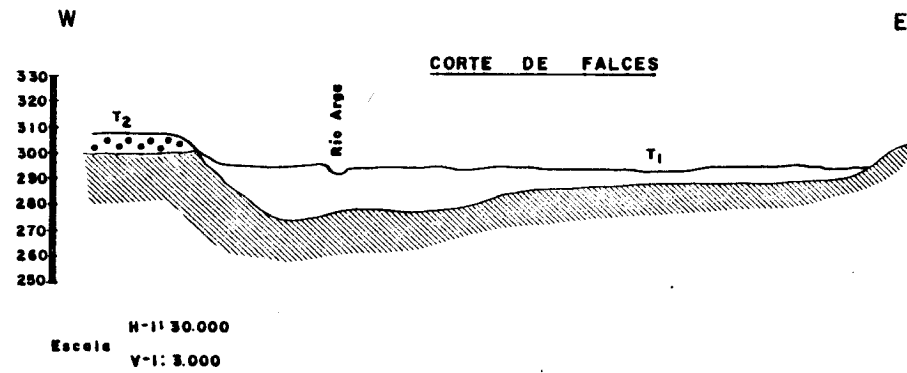
Escala gráfica  
(horizontal)

## CORTES HIDROGEOLOGICOS

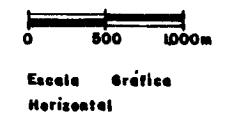
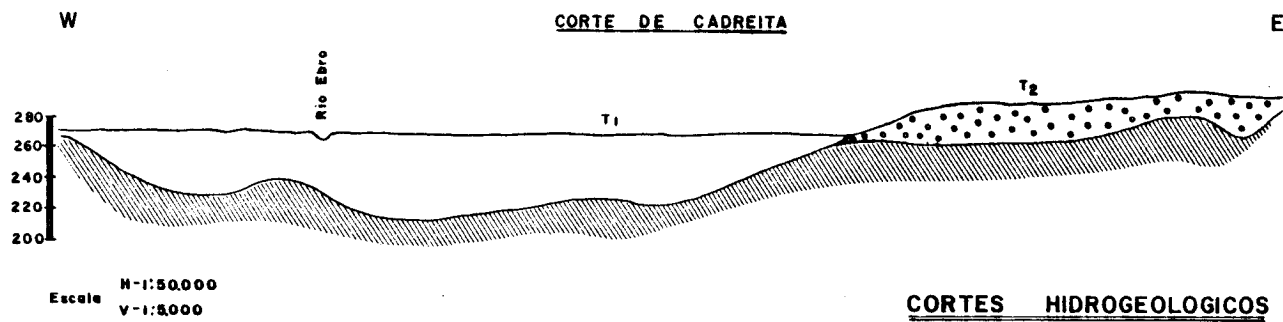
# RIO ARAGON



# RIO ARGÁ



# RIO EBRO



## CORTES HIDROGEOLOGICOS

### Terraza Alta T<sub>3</sub> y Superior T<sub>4</sub>

Su composición litológica es similar a la de las otras terrazas: gravas, arenas, limos y arcillas, con la particularidad de que son ya muy frecuentes los niveles cementados. En la base de la formación aparecen normalmente lentejones de arenas finas sin consolidar. En el contacto de estos niveles con las gravas cementadas son frecuentes las oquedades y cuevas producidas por desmoronamientos.

Su altura media sobre el nivel del Ebro es de unos 40-45 m. para la Terraza alta y de 60-80 m. para la Superior.

La potencia máxima de estos niveles es de 50 m.

Como carácter diferencial presentan abundantes intercalaciones de aportes laterales de los glaciares y conos de deyección. La litología de estos aportes es mucho más fina: limos yesíferos, arcillas, que rebajan considerablemente la permeabilidad.

Asimismo hay que destacar una cierta pendiente transversal (del 1 al 3%) que queda reflejada en los cortes geológicos.

#### 2.3.2. Las terrazas del Gállego

En el río Gállego, y en su curso bajo, se han distinguido 3 niveles de terrazas. Todas tienen una composición similar con un gran desarrollo de las gravas en el tramo inferior, que está coronado por un tramo en que predominan los finos.

La Terraza Baja, que engloba la actual tiene un desarrollo longitudinal limitado que alcanza su máxima potencia y extensión en la zona de confluencia con el Ebro. El espesor en este punto puede llegar a los 60 m. En la zona de Villanueva de Gállego se reduce a 20 m. y en Zuera solo alcanza 10-15 m.

En general se observa que por la mayor proximidad del área fuente pirenaica, las gravas de esta terraza tienen un superior tamaño, y se hallan más limpias, lo que se traduce en una mayor permeabilidad. Este hecho se ha comprobado también en el resto de afluentes pirenaicos del Ebro: Aragón, Cinca y Segre. De hecho y como veremos más adelante el rendimiento de los pozos en esta zona es el más elevado.

Asimismo algunos sondeos han encontrado niveles de gravas por debajo de los 60 m. y después de atravesar niveles de margas azuladas neógenas. En principio estos niveles se han asimilado a terrazas antiguas, o "canales" del Plioceno.

La Terraza media T<sub>2</sub> del Gállego se sitúa a 15-18 m. sobre el nivel del río y es la que alcanza mayor extensión superficial en su margen derecha.

En la margen izquierda llega a desaparecer por completo (corte de Villanueva de Gállego) o tiene un desarrollo lateral reducido.

Por la morfología del terreno parece asegurada una conexión con la terraza baja y a su través con el río.

La potencia de esta terraza es de hasta 50 m. en el tramo final del Gállego.

Por fín la Terraza alta T<sub>3</sub> es la que alcanza un mayor desarrollo lateral sobre todo cerca de la desembocadura. Su altura media sobre el nivel del río es de 20-25 m. Al igual que ocurría en la terraza alta del Ebro presenta una suave inclinación del orden de un 2-3%.

Su potencia es también importante, sobre todo en el tramo final en que debe superar los 50 m. de espesor.

La composición litológica es similar a la del resto de las terrazas del Gállego, abundando las gravas limpias y bien rodadas que aseguran una muy buena permeabilidad puesta de manifiesto en varios sondeos de explotación.

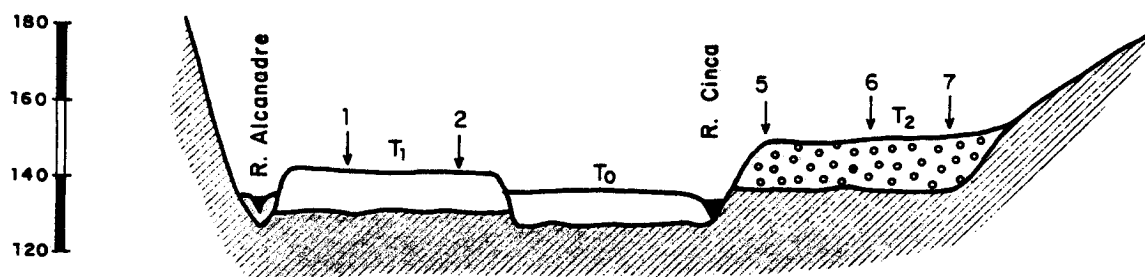
### 2.3.3. Las terrazas del Cinca

En el río Cinca y aguas abajo de la confluencia del Esera se desarrolla una síntesis de terrazas bien escalonada cuyos niveles se pueden relacionar con los de los ríos pirenaicos situados a su izquierda (Noguera-Ribagorzana) o derecha (Gállego). Los niveles más altos T<sub>4</sub> a 80-85 m. y T<sub>3</sub> a 55-60 m. no revisten importancia hidrogeológica pues se hallan colgados por encima de los fuertes escarpes del Terciario producidos en el encajamiento del río.

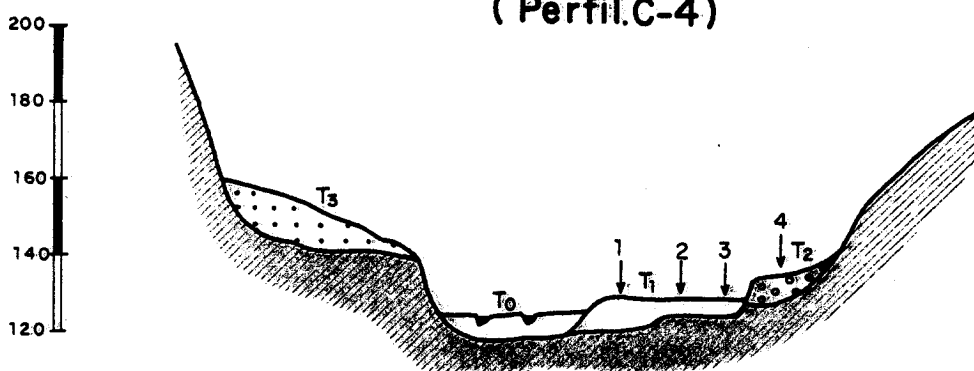
En general y desgraciadamente para nuestros objetivos la única terraza conectada con el río es la más baja, - T<sub>1</sub> que se desarrolla con una anchura comprendida entre poco más

# CORTES RIO CINCA

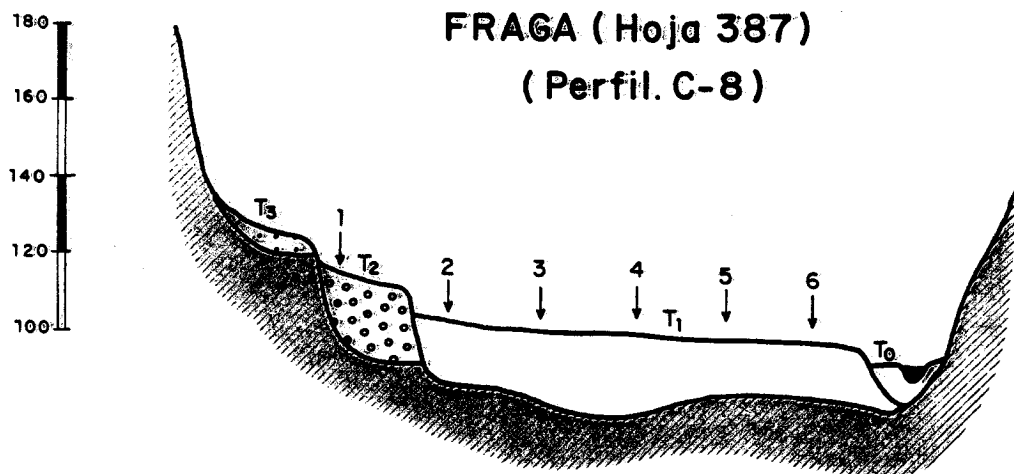
BALLOBAR (Hoja 387)  
(Perfil. C-2)



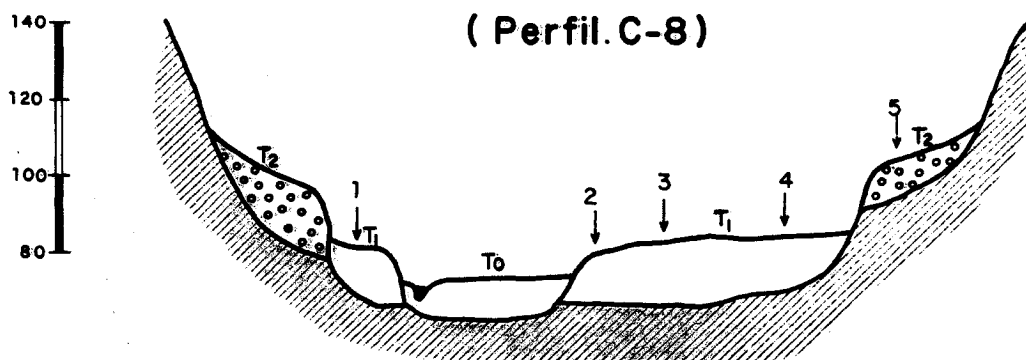
ZAIDIN (Hoja 387)  
( Perfil.C-4)



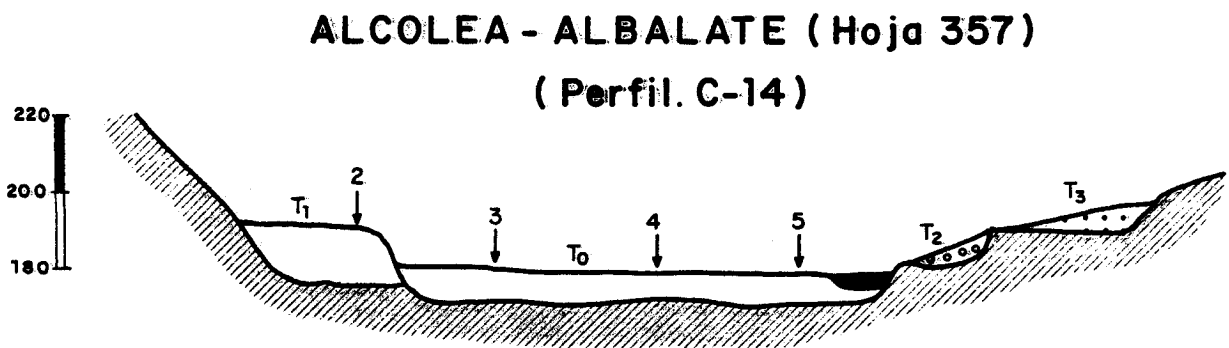
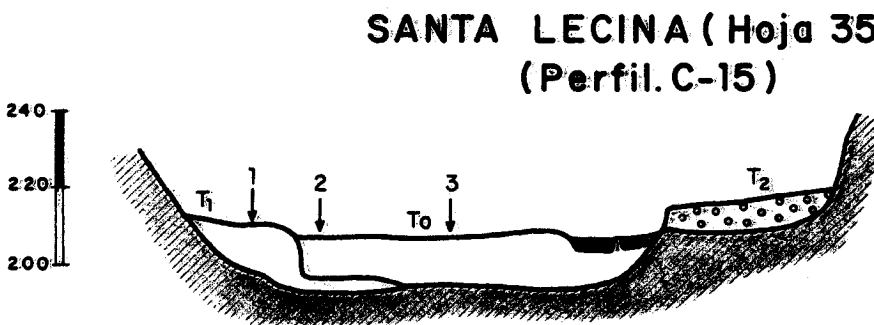
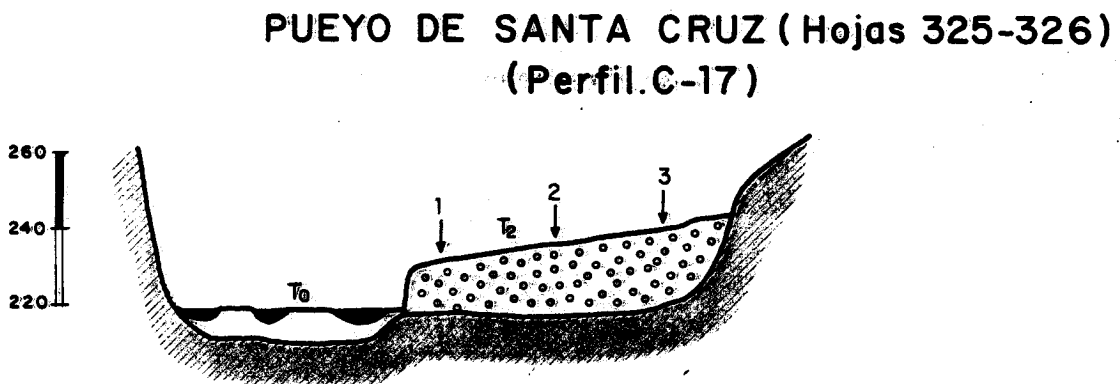
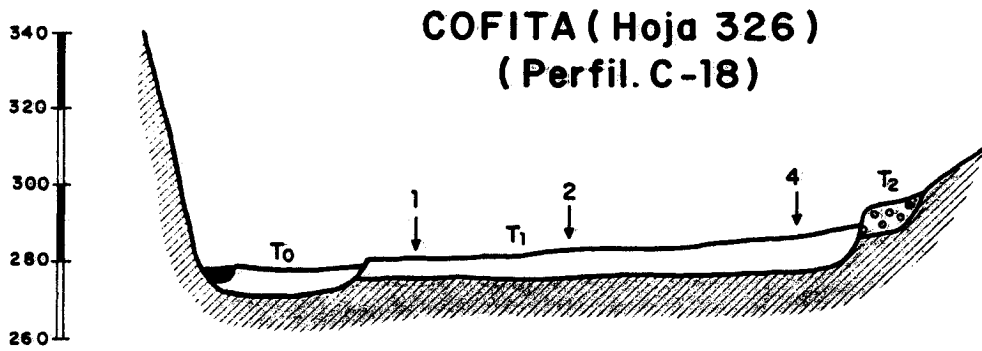
FRAGA (Hoja 387)  
( Perfil. C-8)



TORRENTE DE CINCA (Hoja 415)  
( Perfil.C-8)



CORTES RIO CINCA



de 2 Km. a la altura de Bellver, y menos de 1 Km. en buena parte de sus afloramientos. Su altura relativa sobre el río es de 5-10 m. Ni siquiera esta terraza está conectada con el río en algunas zonas, tal como ocurre aguas abajo y arriba de Monzón en que la terraza actual del río va encajada en el Terciario - por ambas márgenes. Ello da ya idea del poco espesor de la terraza. Sin embargo su composición: gravas de tamaño grande, - muy redondeadas y limpias, calcáreas fundamentalmente, induce a pensar en una alta permeabilidad.

Lamentablemente al no existir datos de perforaciones nos hemos basado en la Campaña de Geofísica, para delimitar con mayor precisión la geometría en profundidad de esta terraza, que constituye el embalse subterráneo fundamental (Ver cortes geológicos en Fig. 3 y 4).

La terraza media  $T_2$  se desarrolla aproximadamente desde Albalate de Cinca, por la margen izquierda y desde la confluencia del R. Alcanadre por la margen derecha. Se ha representado en la cartografía pero en la mayor parte de los casos se halla aislada del río por emergencia del zócalo mioceno impermeable. Su altura relativa sobre el cauce es de 15-20 m. y la composición similar a la de la Terraza baja, es decir cantos de los materiales pirenaicos: calizas, areniscas, granito - etc.

Esta terraza sólo pudiera tener interés en la zona dominada ya por la Acequia de la Huerta de Zaidín (margen izquierda) o en la margen derecha en el curso más bajo del río, entre Miralsot y Torrente de Cinca.

#### 2.3.4. Las terrazas del Segre y Noguera- Ribagorzana

Se han distinguido 3 niveles de terrazas como máximo, aparte de la llanura de inundación actual. Tal como acontecía en el Cinca el estudio de los niveles en el terreno se hace muy difícil por la topografía tan llana y ausencia, por el momento, de técnicas auxiliares. Por ello los datos que se presentan deben tomarse como únicamente estimativos.

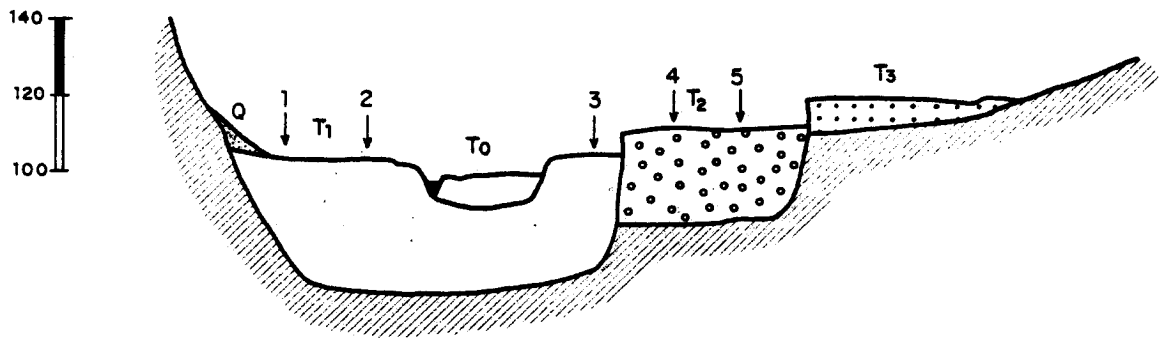
La geometría previsible se ha intentado plasmar en los cortes esquemáticos que se adjuntan. En ellos se ha exagerado mucho la escala vertical con el fin de explicitar la posible conexión hidráulica entre las terrazas. (Fig. 5 a 7).

Puede asegurarse que el embalse subterráneo fundamental se reduce a la Terraza Baja  $T_1$  e incluye como es lógico a la llanura actual de inundación. Está constituida por gravas heterométricas, limpias, bien rodadas y poco consolidadas. Sus componentes esenciales son silíceos y calcáreos. La matriz es de elementos finos: arcilla, limos, arenas finas. Se pueden distinguir dos tramos: el inferior en que predominan las gravas y el superior donde se depositaron los elementos finos y donde se asientan los cultivos. Esta sucesión típica se ve alterada, tanto en sentido vertical como horizontal, por distintas concentraciones de materiales arcillosos que comunican al terreno una fuerte anisotropía y heterogeneidad que se traduce previsiblemente en una amplia gama de valores para la transmisividad.

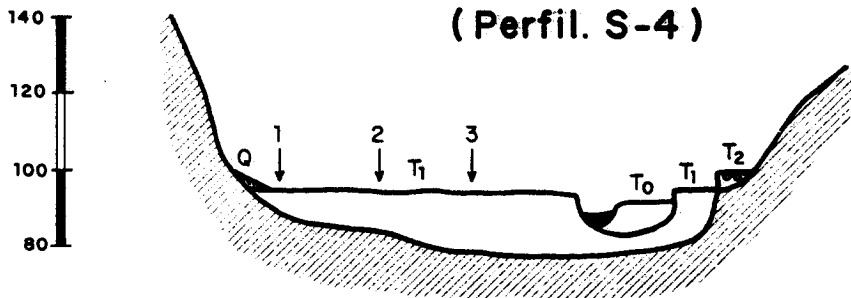
La altura de esta terraza sobre el río es de 5-10 m. y su espesor desconocido, aunque se intuye no muy alto.

CORTES RIO SEGRE

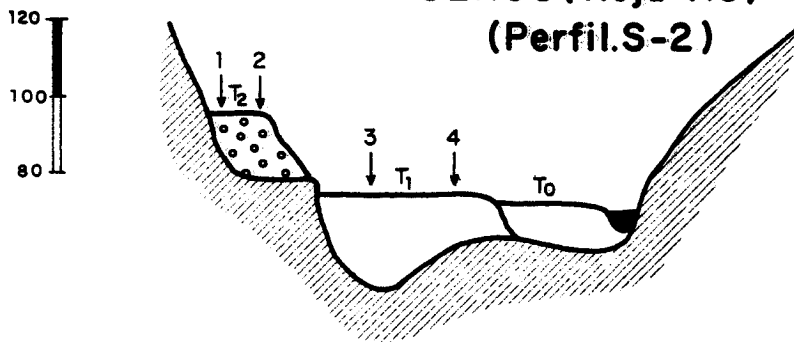
**SOSSES ( Hoja 388 )  
( Perfil. S-6 )**



**CENTRAL DE SEROS ( Hoja 415 )  
( Perfil. S-4 )**

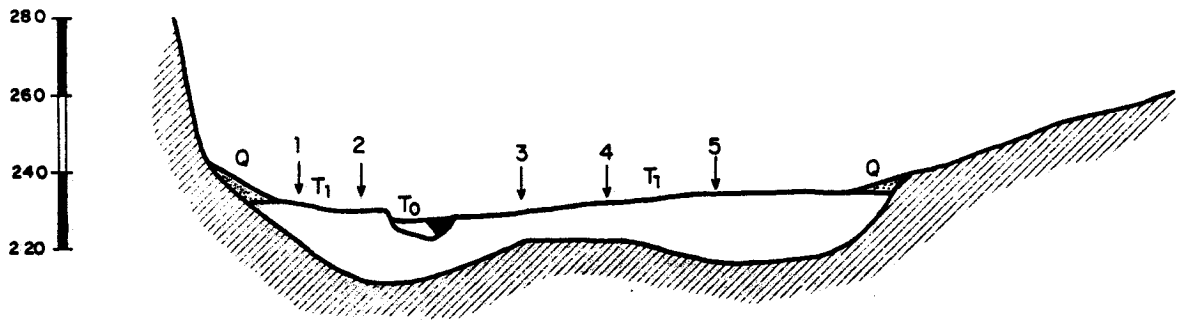


**SEROS ( Hoja 415 )  
( Perfil. S-2 )**

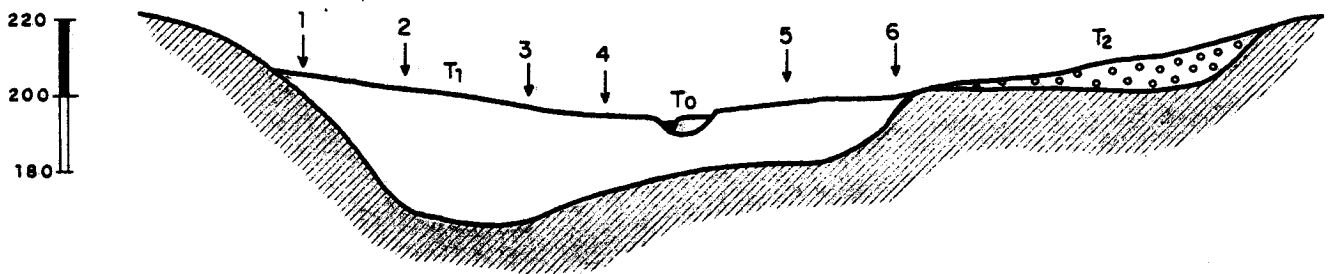


# CORTES RIO SEGRE

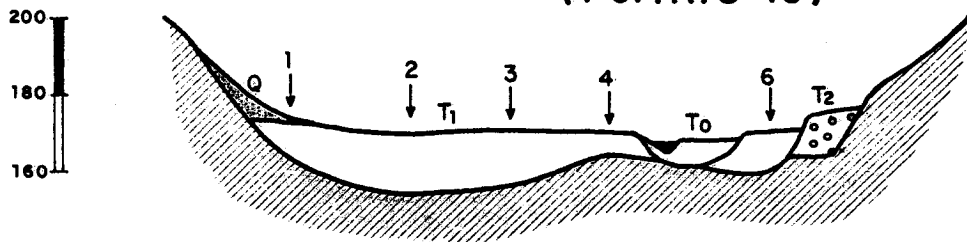
**BALAGUER (Hojas 359-360)**  
(Perfil. S-14)



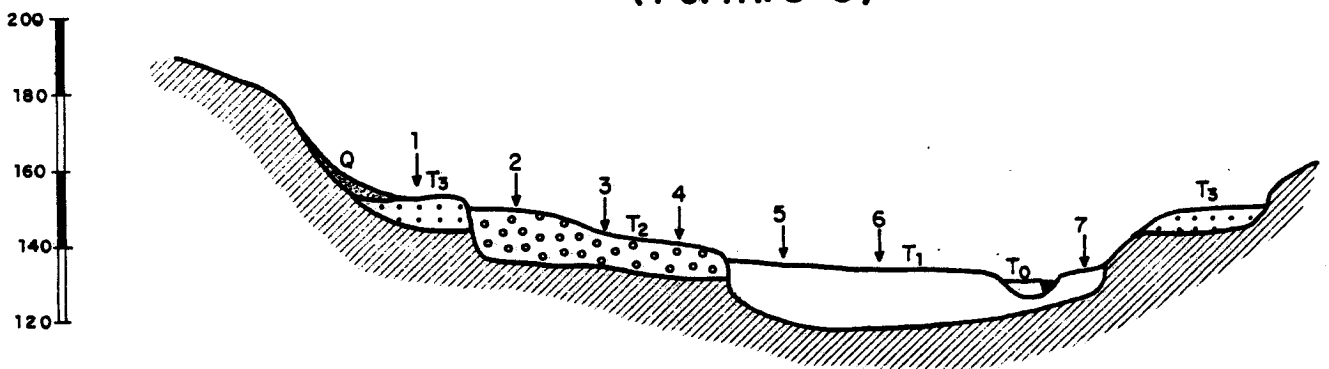
**MENARGUENS (Hoja 359)**  
(Perfil. S-12)



**CORBINS (Hojas 359-388)**  
(Perfil. S-10)



**ALBATARRECH (Hoja 388)**  
(Perfil. S-8)



Su anchura raras veces supera 1 Km. excepto la zona comprendida entre Balaguer y Vilanova de la Barca en que como máximo pueden alcanzar los 2 Km. Aguas abajo de Lérida la zona más ancha se sitúa entre Alcarrás y Serós con una amplitud media aproximada de 1.5 Km.

La Terraza Media  $T_2$  alcanza su mayor extensión en la margen izquierda aguas abajo de Vilanova de la Barca hasta Torres de Segre. Sin embargo ya en muchos puntos se ve aflorar el zócalo mioceno en el contacto con la terraza baja. La zona más favorable para la explotación de esta terraza debe ser el afloramiento en que se sitúa la Ermita de Granyena.

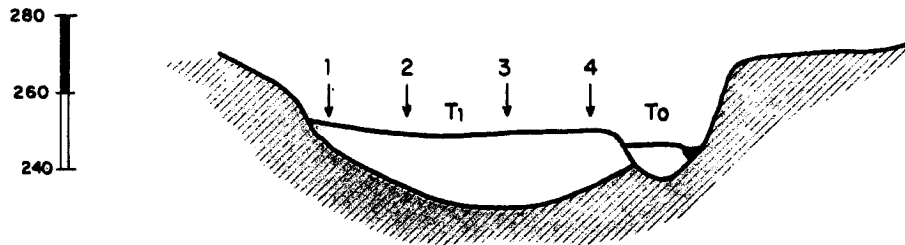
Sus materiales son similares a los de la terraza baja pero se observa una mayor cementación. Dadas las zonas en que aflora el zócalo el espesor no creemos supere los 15 m. Su altura relativa sobre el actual río es de 15-20 m.

La terraza alta  $T_3$ , que se ha cartografiado en algunas zonas, y la superior  $T_4$  están claramente colgadas con respecto al río, por lo que su interés hidrogeológico es nulo. Sus niveles relativos son +55+60 y +80+85 según SOLE SABARIS (1953).

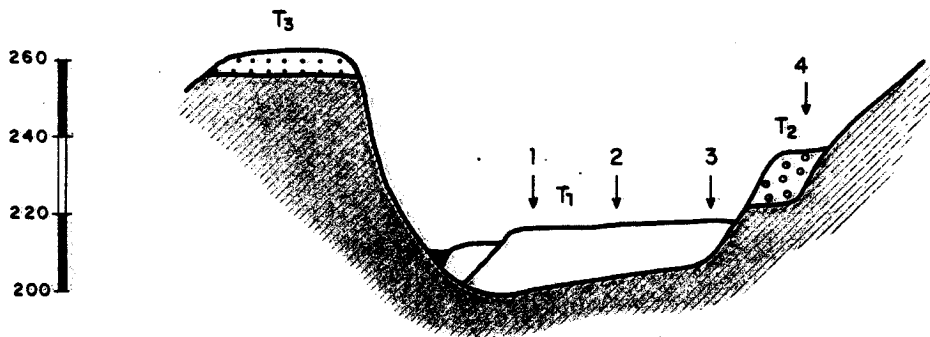
En el río Noguera-Ribagorzana se han cartografiado las terrazas bajas desde la Cerrada del Embalse de Santa Anta, aguas arriba de Alfarrás, hasta su desembocadura en el Segre en Corbins. En realidad el embalse subterráneo coincide únicamente con la baja  $T_1$ , puesto que incluso la terraza media cuando aparece lo hace colgada por encima de afloramientos del mioceno impermeable. La amplitud máxima queda reducida a poco

# CORTES NOGUERA - RIBAGORZANA

## ALMENAR (Hoja 359) (Perfil. N-1)



## ALBESA (Hoja 359) (Perfil. N-2)



T <sub>0</sub>	TERRAZA ACTUAL
T <sub>1</sub>	5-10m. TERRAZA BAJA
T <sub>2</sub>	15-20m. TERRAZA MEDIA
T <sub>3</sub>	55-60m. TERRAZA ALTA

GRAVAS, ARENAS Y LIMOS  
MAS O MENOS CEMENTADOS  
LENTEJONES ARCILLOSOS

más de 1 Km. en Almenar y Albesa. Aguas arriba de esta zona se da un fenómeno, corriente por otra parte en toda la cuenca del Ebro, que consiste en la intercalación entre los niveles de las terrazas (de origen longitudinal) de materiales coluviales, producto de erosión de los sucesivos escarpes (tipo glacis). El carácter arcilloso de estas cuñas hace que disminuya considerablemente la permeabilidad vertical y por tanto la transmisividad. (Fig. 7).

#### 2.3.5. Los glacis y otros depósitos cuaternarios

Los desniveles provocados por la erosión diferencial han originado la formación de diversos glacis. Están constituidos por amplios mantos detríticos que forman extensas llanuras con mayor o menor pendiente.

La composición litológica de estos glacis se diferencia de las terrazas por la mayor heterometría de los cantos, su escasa ordenación y un importante contenido arcilloso-limoso-yesífero producto de la denudación de materiales blandos, que les confiere un carácter impermeable que hace que no los tengamos en consideración.

Como ya hemos visto, los glacis y en general -- los conos de deyección se indentan entre los niveles de terrazas de aporte longitudinal, disminuyendo su permeabilidad vertical.

Tanto las terrazas como los glacis se hallan recubiertos de modo discontinuo de limos eólicos, muchas veces de naturaleza yesífera, que asimismo revisten el fondo de los arroyos.

En el Sector Oriental, el contraste de los terrenos llanos de la Depresión del Ebro con el relieve de las estribaciones pirenaicas ha provocado la formación de extensos depósitos detríticos de piedemonte en forma de amplios mantos que coronan las plataformas interfluviarias de los ríos Cinca, Segre y Noguera - Ribagorzana. Ello constituye el Somontano -- de Huesca y las llanuras de La Litera y Urgell. El carácter -- tan superficial de estos cuaternarios, sobre los que se desa-- rrollan importantes regadíos, hace que su interés hidrogeoló-- gico sea nulo.

### 3.- CLIMATOLOGIA

### 3.- CLIMATOLOGIA

#### 3.1. GENERALIDADES. DATOS DE BASE

No se ha tratado de hacer un estudio climático en profundidad sino únicamente de poner de manifiesto aquellas facetas que tengan aplicación en el campo de la Hidrogeología. Así se han tenido en cuenta fundamentalmente los valores pluviométricos y en menor medida los termométricos y los de evapotranspiración potencial obtenidos por métodos teóricos.

Lo primero que hay que destacar es una cierta heterogeneidad en los datos de base en lo que se refiere a los periodos considerados. En cualquier caso se han procesado siempre series de 20 años con lo que pensamos se ha obtenido una precisión suficiente para la escala del estudio y el margen de error lógico en los balances de aguas subterráneas.

Los datos se han obtenido en el Servicio Meteorológico Nacional directamente, y en el caso de las evapotranspiraciones potenciales de Elías Castillo y Jiménez Ortiz 1965 y - Elías Castillo y Rufz Beltrán, 1977\*.

Se dispone de los datos termométricos y pluviométricos del período comprendido entre 1950-51 y 1969-70 que son los que se han tenido en cuenta para las evapotranspiraciones reales.

---

\* "Evapotranspiraciones Potenciales y Balances de Agua en España" Dirección General de Agricultura. Madrid.

"Agroclimatología de España". Instituto de Investigaciones Agrarias. Cuaderno nº 7. Ministerio de Agricultura. Madrid.

El carácter dominante del clima viene definido por su déficit de agua en verano, producido por unos mínimos pluviométricos y unas máximas térmicas que se acentúan por el viento seco del NW (dirección del Valle del Ebro) que activa la evaporación.

El índice de aridez de los meses veraniegos es típico de un clima estepario sobre todo en la comarca de las Bardenas y Zaragoza que se encuentran entre las de mayor aridez de España.

### 3.2. TEMPERATURAS

Para los datos referentes a temperaturas mensuales y anuales medias se han considerado 6 estaciones en el sector del Valle del Ebro y otras 6 en el Sector del Bajo Cinca y Segre (Cuadro nº 2). El período considerado ha sido el comprendido entre los años meteorológicos 1950-51 y 1969-70 (20 años).

Los valores de las temperaturas mensuales medias oscilan, para el sector del Ebro, entre los 5.0°C en Alagón en el mes de Diciembre y los 24.4°C en las estaciones de Alagón y Zuera (El Vedado) en el mes de Julio. Las temperaturas anuales medias más elevadas en los meses de invierno alcanzan la cifra de 7.7°C en el mes de Febrero en la estación de Zuera (El Vedado).

CUADRO Nº 2 - TEMPERATURAS MENSUALES Y ANUALES MEDIAS

SECTOR EBRO

<u>ESTACION</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Agt.</u>	<u>Sbr.</u>	<u>MEDIA ANUAL</u>
Alagón	15.6	8.4	5.0	5.8	6.4	9.0	12.6	16.9	21.2	24.4	23.4	20.0	14.0
Alagón (Gasolin)	16.0	8.6	6.1	6.1	6.6	9.4	12.5	17.0	21.1	24.1	23.4	19.8	14.2
Andorra	13.2	8.6	6.6	5.1	5.9	9.5	11.3	15.5	20.0	21.8	22.5	19.3	12.5
Gallur	14.6	9.2	6.6	5.5	6.8	10.6	13.0	17.4	20.9	23.3	23.0	20.1	14.2
Zuera (El Veda <u>do</u> )	17.4	10.3	7.5	7.3	7.7	9.5	12.2	16.1	20.8	24.4.	23.9	21.2	14.8
Zaragoza (Obs)	15.7	10.1	7.2	6.4	7.5	11.2	13.5	17.8	21.2	24.3	23.9	20.7	14.9

CUADRO Nº 2 - TEMPERATURAS MENSUALES Y ANUALES MEDIAS

SECTOR CINCA-SEGRE

<u>ESTACION</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Marz.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Agt.</u>	<u>Sptb.</u>	<u>MEDIA ANUAL</u>
Balaguer	14,5	9,7	7	3,8	6,7	11,5	13,1	18,5	21,7	24,3	23,3	21,2	14,6
Castillonroy	14,8	8,1	5,8	4,9	7,3	10,2	12,3	18	21,1	23,5	23,2	20,7	14,1
Fraga	16,2	10,6	6,6	4,9	6,8	10,8	14,1	17,8	21,2	25,2	25,2	20,9	15
Lérida	15,7	9,5	6,8	5,9	7,3	12	13,6	19	22	25	25	21,5	15,2
Monzón	15,4	10	6,4	5,6	5,6	11,2	13,4	17,9	21,2	24,2	23,8	20,6	14,6
Soses	16,3	10,4	7,4	5,7	7,5	12,6	15	20,1	23,5	26,3	25,7	22,7	16,1

En el Cinca y Segre bajos las temperaturas son si cabe más rigurosas. Las temperaturas mensuales medias van desde 4.1°C en Enero a 25.9°C en Julio en la estación de Fraga que es donde se acusan las mayores variaciones. En Lérida oscilan entre 5.8 y 25.0 y en Monzón entre 5.1 y 24.3°C.

Los valores de las temperaturas anuales medias vienen indicados en el mismo cuadro nº 2. Oscilan muy poco, entre los 14.9 de Alagón y los 14.9 de Zaragoza en el sector del Ebro y entre los 14.1 (Castillonroy) y 16.1 (Soses) en el Sector del Cinca-Segre.

### 3.3. PLUVIOMETRIA

Se recogen en este apartado los datos referentes a las precipitaciones mensuales y anuales medias.

Los datos de base, al igual que en el caso de los datos termométricos, se obtuvieron en el Servicio Meteorológico Nacional, así como de la publicación antes citada.

El número total de estaciones pluviométricas consideradas es de 18 dentro del sector del Ebro y de 5 en el Cinca-Segre, lo cual supone una densidad media de, aproximadamente, una estación pluviométrica cada 250 Km<sup>2</sup>, densidad que no debe considerarse baja, ya que ha de tenerse en cuenta que se trata de una zona bastante homogénea desde el punto de vista pluviométrico.

Los valores de las pluviometrías mensuales medias

CUADRO Nº 3 - PLUVIOMETRIAS MENSUALES Y ANUALES MEDIAS (SECTOR EBRO)

(PERIODO 1950-51 a 1969-70)

ESTACION	O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S	TOTAL
Alcañiz	54.0	34.5	37.6	24.5	23.0	27.5	26.4	45.0	37.0	16.9	25.4	47.7	399.5
Bujaraloz	57.5	39.4	33.4	27.8	25.4	29.6	28.8	38.8	41.7	21.1	24.7	41.8	410.0
Calanda	66.2	28.4	31.7	22.8	18.8	22.3	21.4	42.0	36.2	30.1	18.8	50.5	389.2
Mequinenza	53.8	40.2	35.2	21.6	19.7	29.0	30.4	38.5	31.4	19.3	14.8	43.4	377,7
Monegrillo	46.8	33.2	28.3	24.2	27.5	32.7	29.9	39.8	32.6	23.9	23.7	37.5	379.9
Pina de Ebro	48.6	32.0	29.0	22.9	20.5	30.9	23.6	36.2	36.6	20.2	13.1	33.1	346.7
San Jurjo	39.5	31.7	29.2	22.1	20.7	31.4	30.0	32.6	39.1	11.7	11.7	26.2	325.9
Villanueva de Gállego	34.9	30.5	25.5	19.8	20.8	29.6	22.8	29.7	37.6	14.8	11.8	31.3	309.1
Zaragoza obs.	44.4	34.1	27.3	23.3	24.9	34.0	34.1	35.7	39.8	12.7	18.1	31.9	360.3
Zuera	46.6	61.7	21.8	24.6	44.4	28.7	43.1	34.2	33.3	18.2	20.5	44.2	412.3
Andorra	41.9	38.2	45.5	15.5	19.9	35.4	37.7	60.3	52.5	30.3	20.2	44.2	441.6
Alagón (Azucarera)	44.3	45.3	24.9	20.6	26.0	31.7	34.5	38.3	33.8	9.0	18.1	31.8	358.3
Gallur	45.1	31.1	29.3	25.5	21.6	25.7	24.1	32.1	49.9	17.3	16.9	41.1	359.7
Magallón	48.1	84.1	20.2	15.3	32.0	31.7	40.0	23.9	25.4	13.4	19.8	18.7	372.6
Tauste	40.2	56.3	29.9	29.1	15.9	26.0	32.3	40.4	45.5	14.9	18.7	36.6	385.6

PLUVIOMETRIAS MENSUALES Y ANUALES MEDIAS (SECTOR CINCA-SEGRE)														
Num. Estación	Cota	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	TOTAL
CAMARASA	287	48,7	50,8	33,4	24,1	31,1	42,5	51,3	54,6	68,1	17,8	31,6	60,1	527,2
BALAGUER	233	45,0	37,3	32,5	25,0	25,1	35,1	39,6	50,0	36,9	17,4	29,2	40,8	365,5
PUENTE MONTAÑANA	528	45,0	65,0	32,5	38,9	32,6	55,2	79,1	75,0	65,2	44,1	61,5	84,0	633,9
TARREGA	392	51,0	38,6	33,1	25,6	27,8	36,4	40,0	53,0	43,6	21,8	37,0	49,7	457,6
AGRAMUNT	376	45,1	39,4	35,8	30,8	27,1	42,3	43,5	57,6	45,3	22,4	37,2	62,8	489,2

figuran en el cuadro nº 3. De la observación de este, se deduce que las pluviometrías mensuales presentan máximos en el mes de octubre. Estos máximos oscilan entre los 34.9 mm. correspondientes a la estación de Villanueva de Gállego, y los 66.2 mm de la estación de Calanda.

Las pluviometrías estivales alcanzan sus valores mínimos en el mes de julio, presentandose una media mensual de 12.7 mm. en la estación de Zaragoza, y de 21.8 mm. en Tárrega, como indicativos de cada sector.

Los valores de las precipitaciones anuales medias correspondientes a cada estación, figuran también en el cuadro nº 3. Dichos valores oscilan entre los 301.9 mm (Villanueva de Gállego) y los 410 mm. de Bujaraloz, en el sector del Ebro. En Balaguer la media anual es de 365.5 mm:

Se trata pues de una zona con precipitaciones bajas, en la que podría considerarse una pluviometría uniforme del orden de los 350-375 mm. anuales.

Dado el desigual grado de fiabilidad de los datos existentes, se han elegido para el cálculo de la variabilidad en el tiempo los más precisos de entre los correspondientes a las diferentes estaciones, teniendose asimismo en cuenta la representatividad desde el punto de vista de su distribución espacial. En estas estaciones pluviométricas se han considerado únicamente las pluviometrías anuales, en aquellos años con datos completos, obteniéndose así una serie de valores para ca da estación.

CUADRO Nº 4. AÑOS SECOS, MEDIOS Y HUMEDOS

(Sector Ebro)

AÑOS	Estación					
	Alagón (Az.)	Gallur	Villanueva de Gállego.	Zaragoza (Obs)	Pina de Ebro	Escatrón
Muy Secos	230	253	210	260	234	250
Secos	230 - 306	253-308	210-248	260 -318	234-294	250-340
Medios	306 - 401	308-378	248-300	318 -390	300-350	340-440
Húmedos	401 - 490	378-443	300-348	390 -453	350-436	440-526
Muy húmedos	490	443	348	453	436	526

CUADRO Nº 4 - AÑOS SECOS, MEDIOS Y HUMEDOS

SECTOR CINCA-SEGRE

<u>MEQUINENZA</u>	<u>BALAGUER</u>	<u>TORRES DESEGRE</u>	<u>FRAGA</u>
< 166	< 267	< 305	< 323
166 - 318	267 - 328	305 - 384	323 - 382
318 - 423	328 - 377	384 - 523	382 - 455
423 - 512	377 - 429	523 - 678	455 - 514
> 512	> 429	> 678	> 514

A cada una de estas series se pueden ajustar - una ley de distribución, en función de la cual, y mediante la descomposición de intervalos de frecuencia, pueden deducirse - los intervalos de las pluviometrías anuales correspondientes a años secos, medios y húmedos.

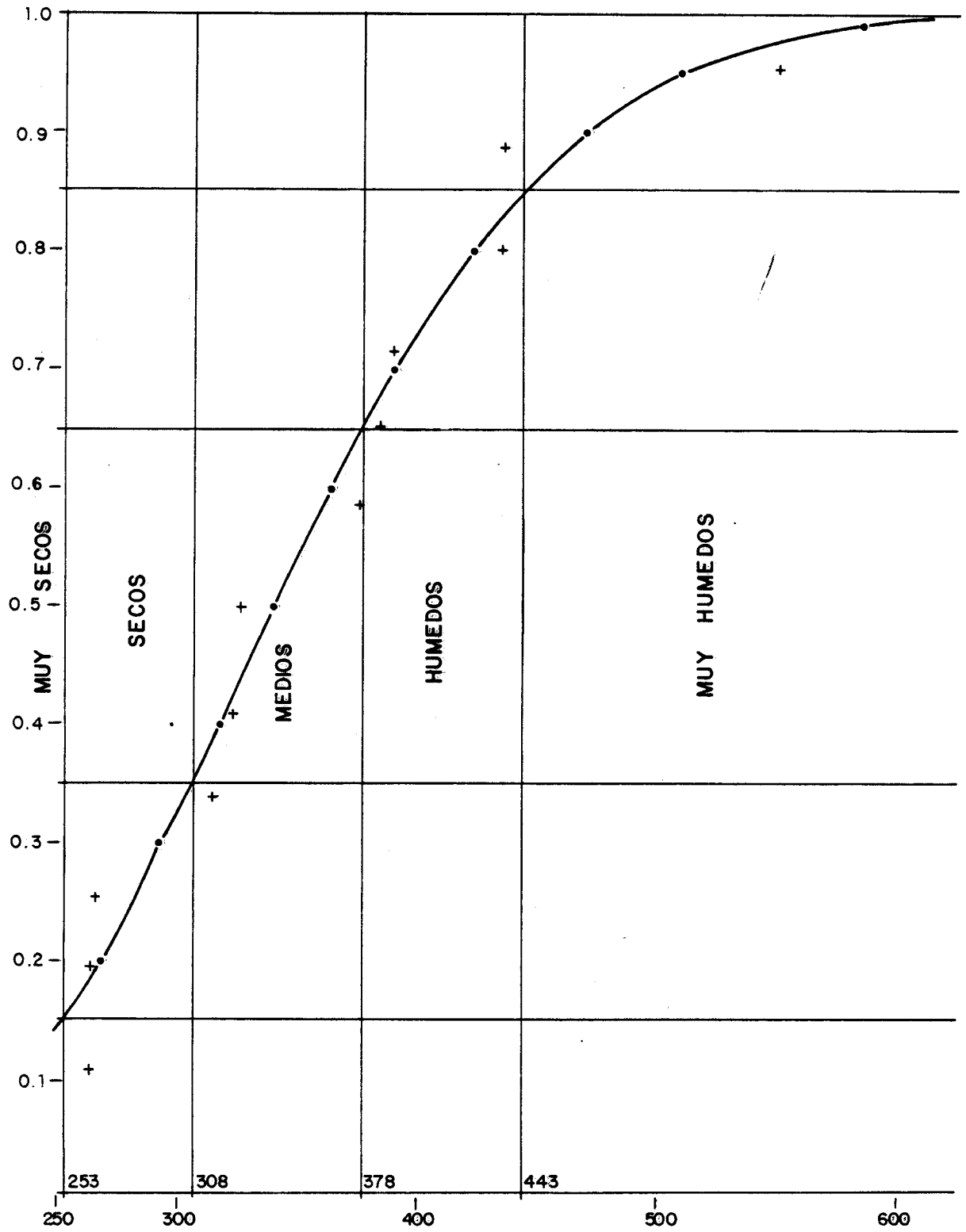
Por tratarse de valores medios, se ha estimado como ajuste más adecuado, el método de Goodrich. Con los valores obtenidos se han llevado a cabo las representaciones gráficas de las leyes de distribución correspondientes a las pluviometrías anuales, para cada una de las estaciones (Gráficos - nº 8 a 15).

En el cuadro nº 4 se indican los intervalos de las pluviometrías anuales correspondientes a años muy secos, - secos medios, húmedos y muy húmedos, deducidos gráficamente en función de las figuras antes citadas.

Los intervalos de precipitaciones anuales correspondientes a años medios, se indican a continuación:

Estación	Intervalo de pluviometría anual correspondiente a - años medios
Alagón (Azucarera)	306 - 401 mm
Gallur	308-- 378 mm
Villanueva de Gállego	248 - 300 mm
Zaragoza (Observatorio)	318 - 390 mm
Pina de Ebro	300 - 350 mm
Escatrón	340 - 440 mm
Fraga	382 - 455 mm
Torres de Segre	384 - 523 mm

Ley de distribución de las pluviometrias anuales.  
Estacion = Gallur



Ley de distribución de las pluviometrias anuales.  
 Estacion = Alagón (Azucarera)

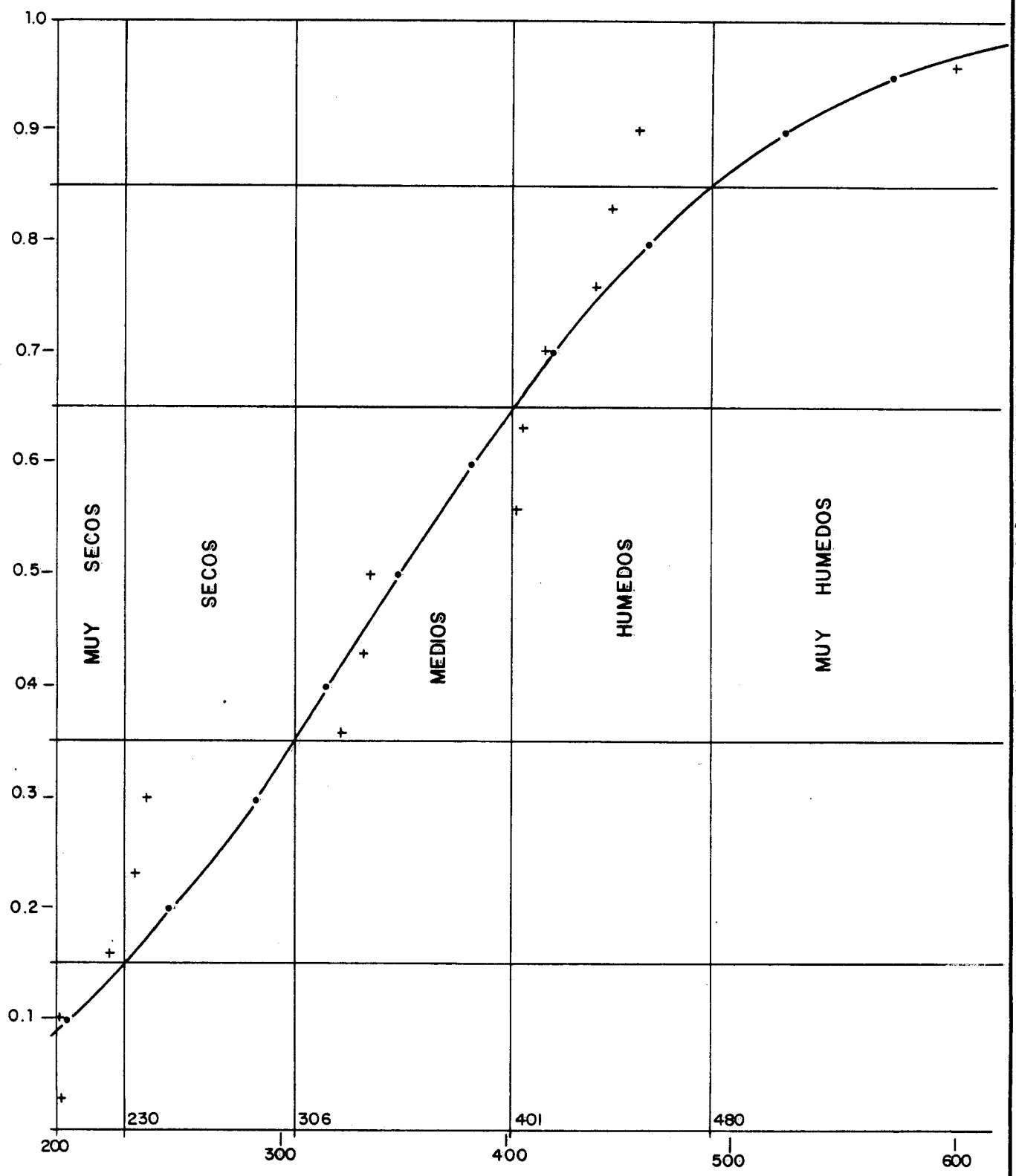


Fig-9

Ley de distribución de las pluviometrias anuales.

Estacion = Villanueva de Gállego

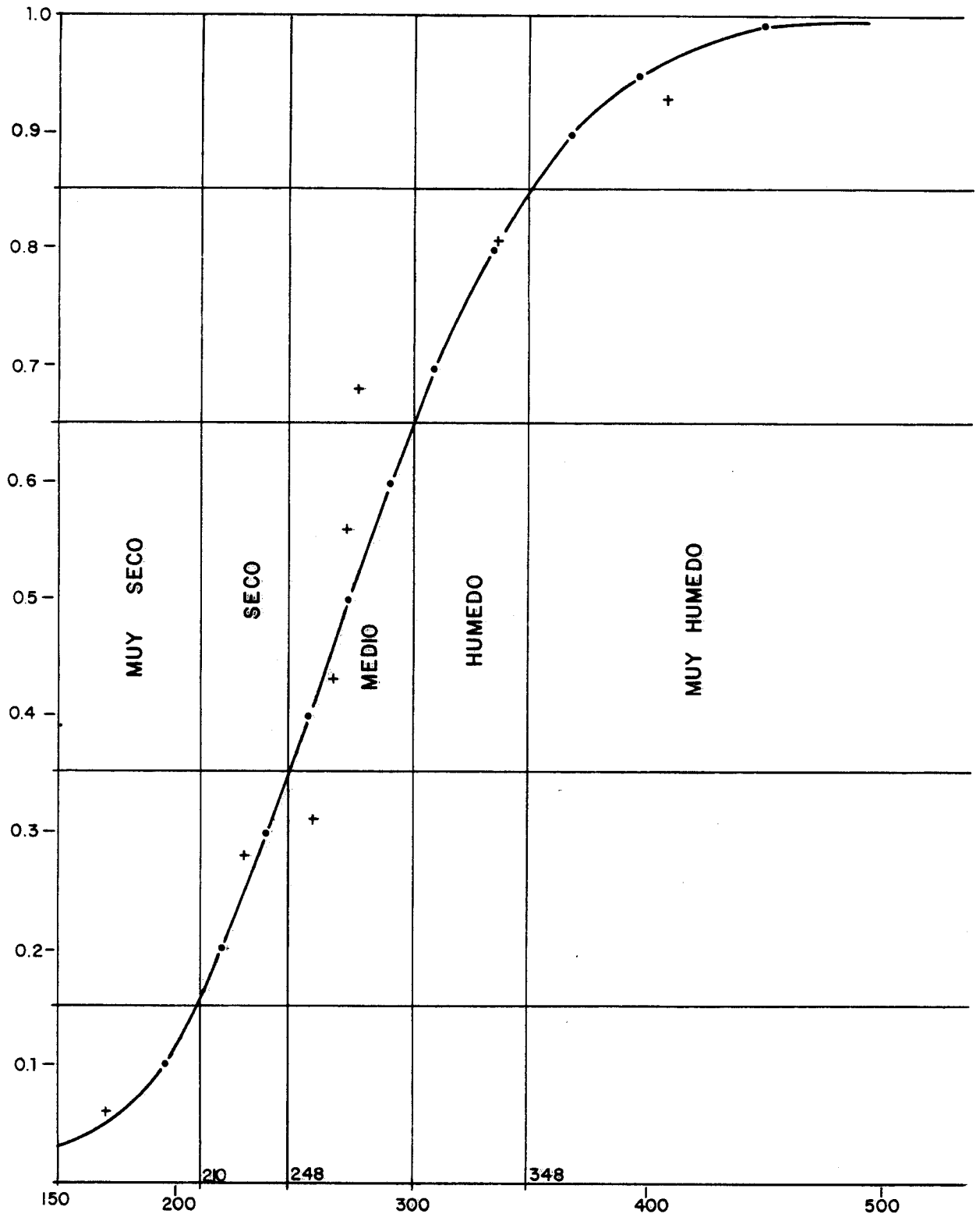
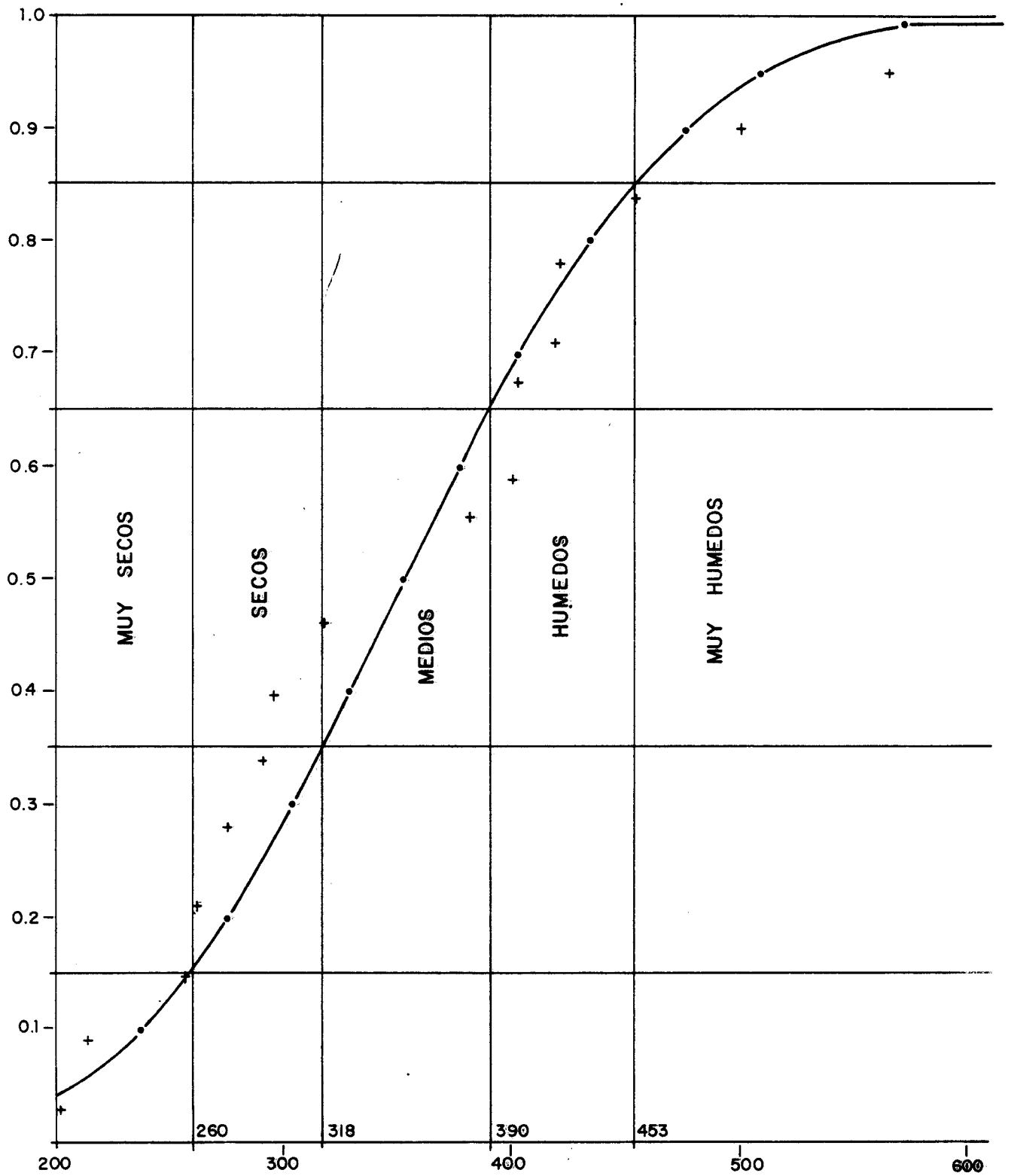


Fig-10

**Ley de distribución de las pluviometrias anuales.**  
**Estacion = Zaragoza ( Observatorio )**



# LEY DE DISTRIBUCION DE LAS PLUVIOMETRIAS

ESTACION- PINA DE EBRO

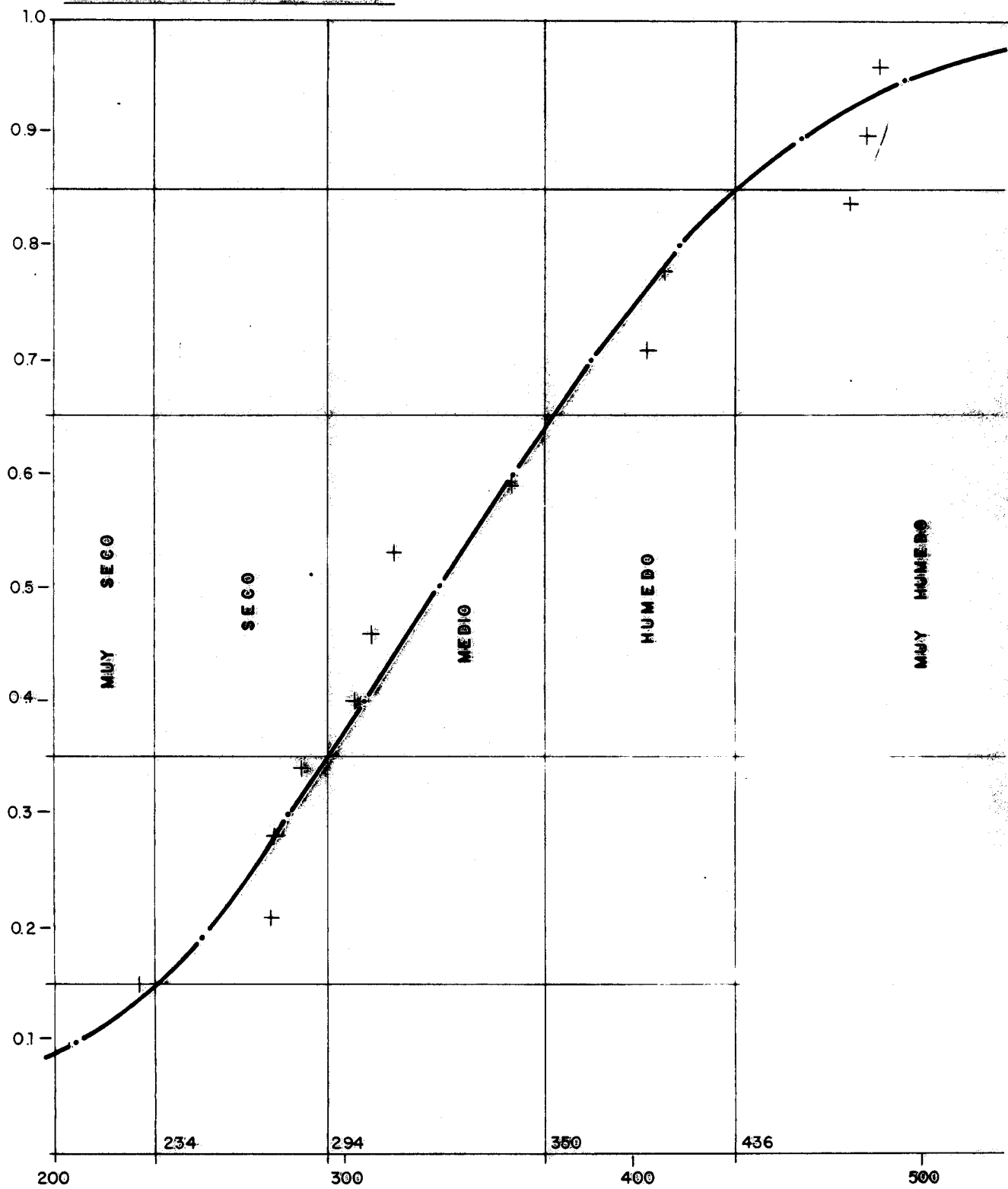
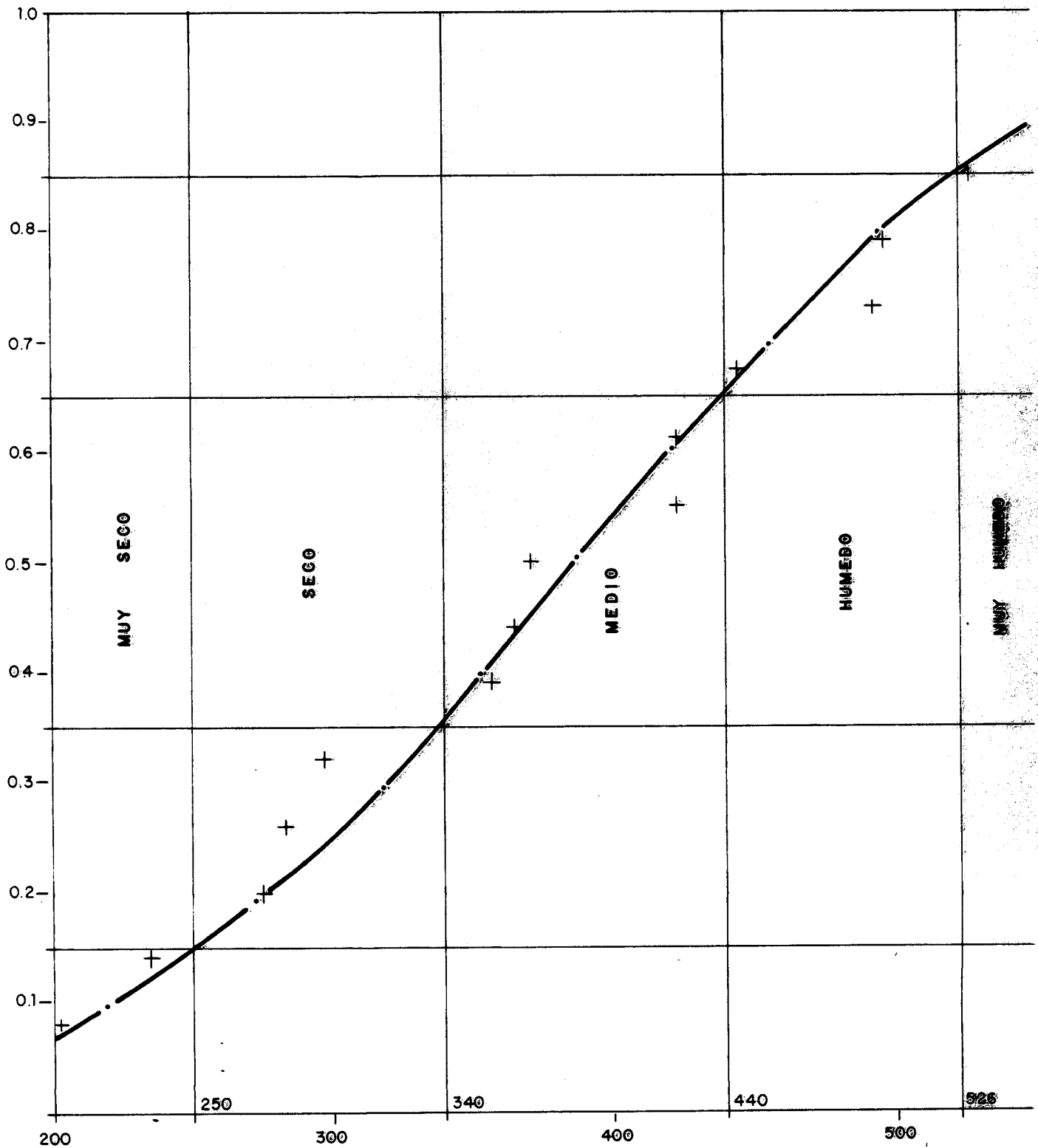


Fig. 12

# LEY DE DISTRIBUCION DE LAS PLUVIOMETRIAS

ESTACION- ESCATRON



# PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES

## AJUSTE DE GOODRICH

### ESTACION N° 924.- FRAGA

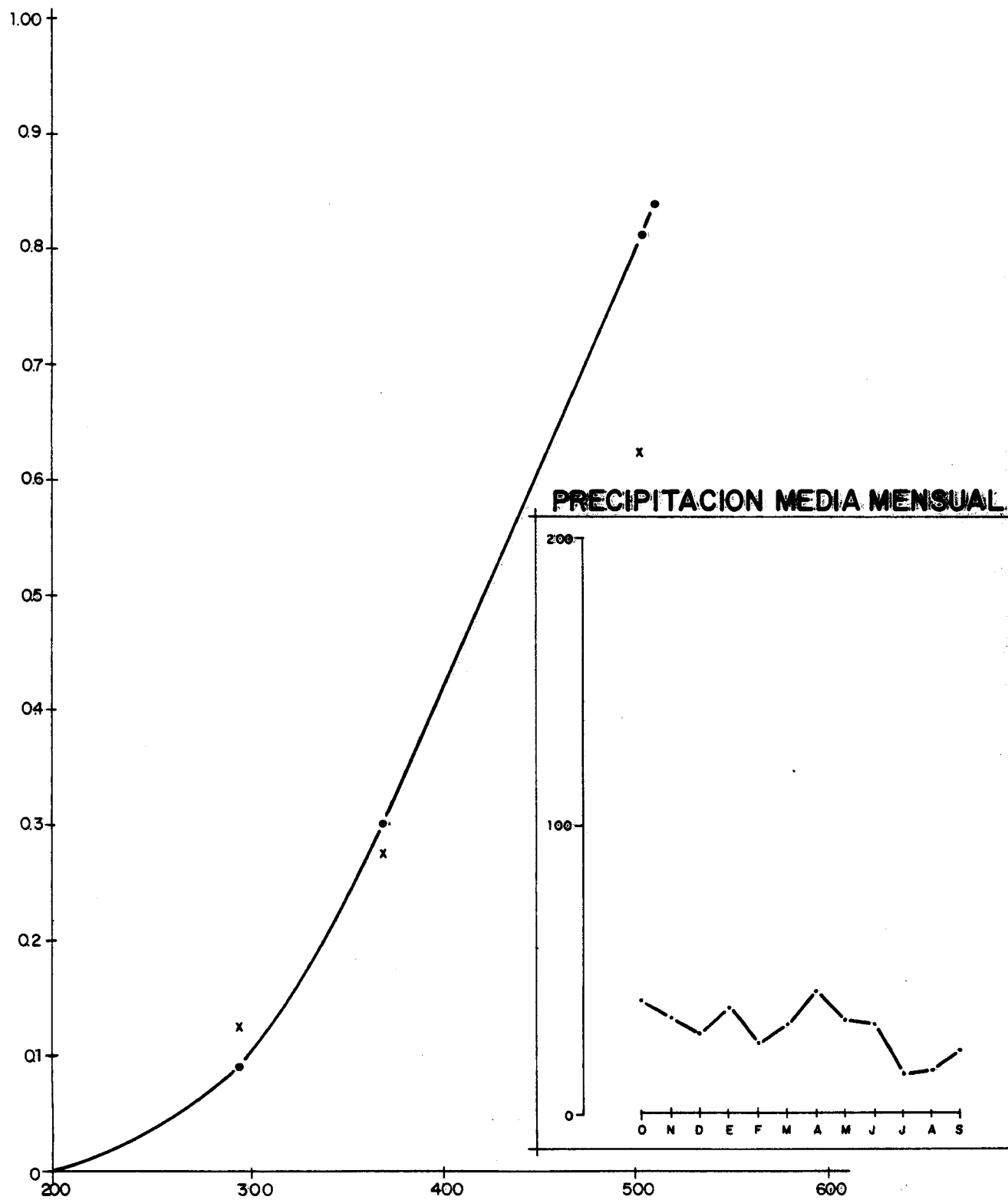


Fig-14

# PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES

## AJUSTE DE GOODRICH

### ESTACION N° 778.- TORRES DE SEGRE

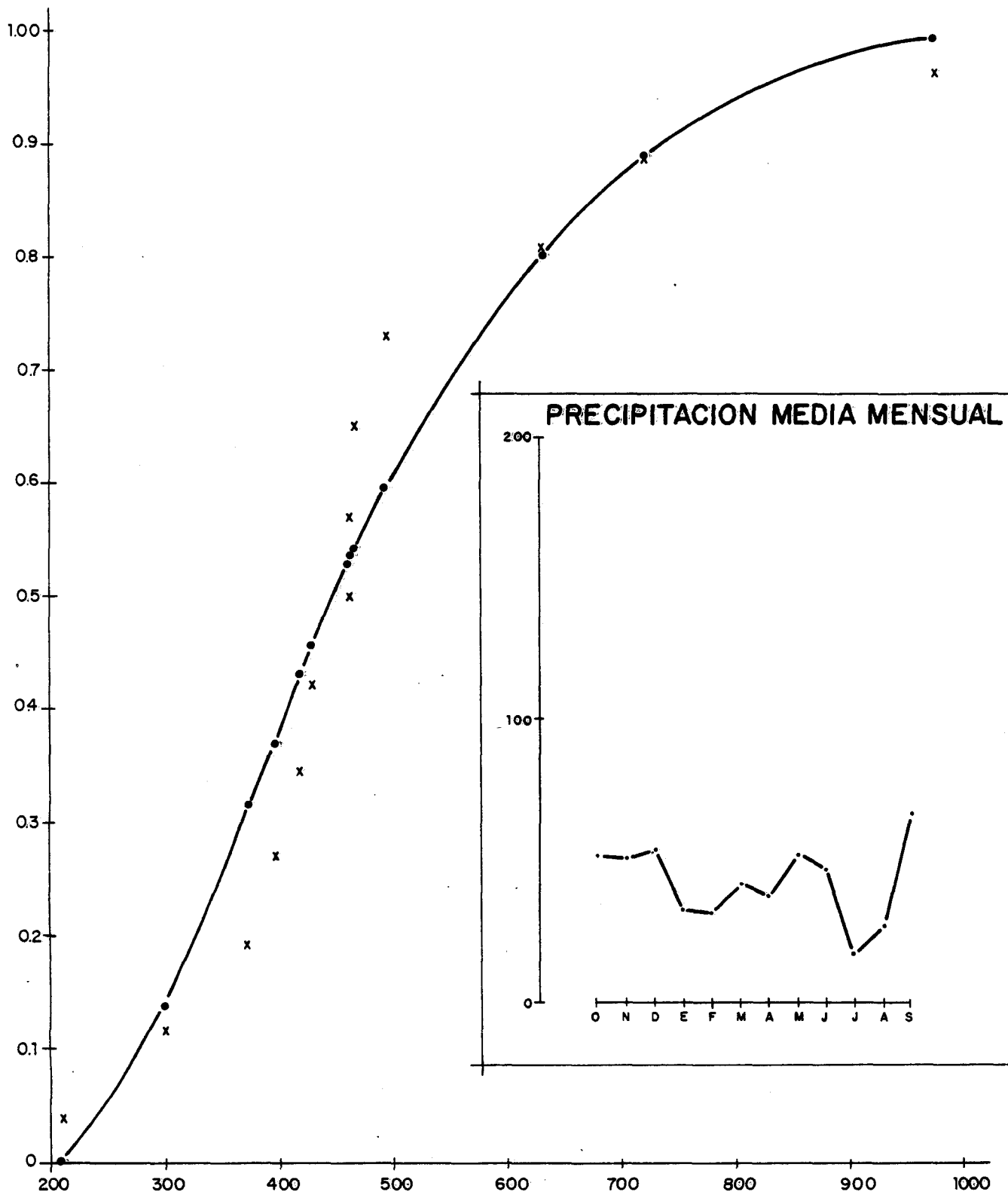


Fig-15

Con relación a estas cifras cabe destacar que en algún caso concreto (observatorio de Villanueva de Gállego) el valor de la pluviometría anual media sale ligeramente de su intervalo deducido del ajuste de Goodrich (309.1 mm frente al intervalo 248. - 300 mm), aunque por ser la diferencia tan pequeña pueden ser considerados como consistentes ambos datos. - Esta diferencia se debe al hecho de que para el cálculo de pluviometrías medias mensuales y anuales se han considerado todos los datos existentes, es decir, se han tomado años completos - e incompletos, y en cambio, en el ajuste de Goodrich solamente se han considerado aquellos años en los que se dispone de datos a lo largo de todos los meses.

El mapa de isoyetas anuales medias se ha elaborado en función de los datos del cuadro nº 3 y mediante extrapolaciones de carácter geográfico y topográfico, con una equidistancia de 25 mm, (Plano nº 6).

#### 3.4. EVAPOTRANSPIRACION REAL

Esta claro que dadas las elevadas temperaturas de la zona la evapotranspiración potencial es enorme y generalmente superior a los 700-800 mm. es decir, el doble de la precipitación.

Los valores obtenidos según los diferentes métodos teóricos son los siguientes, para la estación de Zaragoza:

Thorntwaite	795.7 mm
Turc	1018.0
Penman	1082.3

Tomando el índice conservador (Thorntwaite) los valores obtenidos para estas zonas serían de 735.4 mm. en Binéfar; 840.7 mm. en Fraga, 798.2 mm. en Monzón, 844.4 mm. en Lérida y 728.1 mm. en Andorra.

Por métodos convencionales se ha calculado la - evapotranspiración real a partir de los datos de evapotranspiración potencial, mes por mes, tomados del Libro de Elías Castillo y Giménez Ortiz "Evapotranspiraciones potenciales y Balances de Agua en España" y los resultados se reflejan en el Cuadro Nº 5.

Según ello resultan unos valores de evapotranspiración real en la mayor parte de las estaciones y para retenciones del suelo de tan solo 50 mm, que llegan al 100% de la precipitación.

Únicamente en las estaciones de Calatayud, Veruela y Andorra habría unos recursos brutos de agua del 1.4%, 6.3% y 2% respectivamente y hay que hacer notar que estas estaciones están muy alejadas de la región estudiada.

Por ello, y dados los coeficientes de escorrentía total que existen en la zona, no parecen ser válidos estos métodos. A lo largo del estudio se tendrán por tanto en cuenta preferentemente para el cálculo de la lluvia útil los valores basados en datos hidrológicos, mucho más contrastados o con un orden de error inferior.

CUADRO Nº 5

EVAPOTRANSPIRACIONES REALES (Thorntwhaite)

ESTACION	P mm	RETENCION			
		50 mm.		100 mm.	
		EVTR. mm	%	EVTR. mm	%
ZARAGOZA	324.5	324.5	100	324.5	100
ANDORRA	441.6	432.9	98	441.6	100
GALLUR	354.4	354.4	100	354.4	100
CALATAYUD	429.1	423.3	98.6	429.1	100
VERUELA	481.7	451.6	93.7	481.7	100
BALAGUER	419	419	100	419	100
LERIDA	385	385	100	385	100

4.- HIDROLOGIA

#### 4.- HIDROLOGIA

##### 4.1. HIDROGRAFIA

La Hidrografía de la zona viene caracterizada - por el río Ebro al discurrir por los terrenos blandos del Terciario Continental que confieren una suave topografía.

El régimen del río se caracteriza por el predominio de aguas altas desde Noviembre hasta Mayo y en Octubre. Los estiajes son muy acusados y el riesgo de crecidas muy importante dado el carácter impermeable de buena parte de la cuenca.

La energía del río se manifiesta sobremanera en las épocas de aguas altas provocando continuas variaciones en el cauce y desplazamiento de los meandros aguas abajo, con las consiguientes inundaciones, a veces sumamente desastrosas. El resto del año la energía se emplea en el transporte de una importante cantidad de residuos sólidos finos en suspensión que dan una gran turbidez a las aguas.

El carácter caprichoso del Ebro se traduce por la multiplicación de los meandros, la amplitud del cauce y las islas que determinan la circulación por diversos brazos. Por ejemplo, entre Zaragoza y Sástago, cuya distancia en línea recta son 55 Km. el Ebro alcanza una longitud de 90 Km.

Las pendientes del valle medio del Ebro son las siguientes:

	<u>Altitud</u>	<u>Desnivel</u>	<u>Distancia</u>	<u>Pendiente %</u>
Tramo Haro-Logroño	440-372	368 m.	62 Km.	1.1
" Logroño-Zaragoza	372-194	178	245.5	0.72
" Zaragoza-Sástago	194-132	62	91.5	0.67
" Haro-Sástago	440-132	308	399	0.77

donde se observa que lógicamente la pendiente - del río va decreciendo aguas abajo, siendo la media del tramo medio del 0.77 por mil.

El río Gállego es típicamente de régimen pirenaico, pero en su curso más bajo acusa fuertes estiajes en verano y discurre interrelacionado en un extenso aluvial.

Idéntico régimen presentan el resto de afluentes pirenaicos, el Aragón y el conjunto del Segre y el Cinca. Estos últimos discurren encajados dentro de los sedimentos terciarios que en este caso son ya facies fluviátiles de baja energía (areniscas y lutitas) frente a las evaporitas de toda la zona central de la Depresión Central.

#### 4.2. DATOS DE BASE

Los datos precisos para la realización de este estudio hidrológico pueden clasificarse, según su procedencia, en dos grupos. El primero estaría integrado por las cifras - referentes a temperaturas y pluviometrías medias mensuales y anuales que figuran en los cuadros números 1,2 y 3 del estudio climático. El segundo grupo abarcaría los datos recogidos de Anuarios de Aforo del M.O.P.U., referentes a pluviometrías, -- aportaciones y déficits de escorrentía registrados en estacio--

CUADRO Nº 6  
ESTACIONES DE AFORO  
Y APORTACIONES

ESTACION	AÑOS	PLUVIOMETRIA (Hm <sup>3</sup> )	APORTACION (Hm <sup>3</sup> )	DEFICIT DE ES-- CORRENTIA(Hm <sup>3</sup> )
EBRO (P.PIGNATE LLI) Nº 162	1965-66	24.809	9.640	15.169
	66-67	20.076	8.087	11.989
	67-68	25.115	9.452	15.663
	68-69	22.664	7.054	15.610
	69-70	18.257	8.324	9.933
EBRO (ZARAGOZA) Nº 11	1965-66	31.687	10.186	21.501
	66-67	24.787	8.508	16.279
	67-68	32.431	9.998	22.433+
	68-69	31.205	8.103	23.102
	69-70	22.589	9.718	12.871
JALON (HUERMEDA) Nº 9	1965-66	3.887	457	3.430
	66-67	2.538	317	2.221
	67-68	3.251	300	2.951
	68-69	4.284	444	3.840
	69-70	2.156	497	1.659
EBRO (SASTAGO) Nº 112	1965-66	36.989	11.203	25.786
	66-67	28.160	9.316	18.844
	67-68	37.393	10.716	26.677
	68-69	37.931	9.304	28.627
	69-70	26.256	9.732	16.524

CUADRO Nº 7APORTACIONESCANALES

A Ñ O S	C A N A L			
	IMPERIAL (Hm <sup>3</sup> )	BARDENAS (Hm <sup>3</sup> )	LODOSA (Hm <sup>3</sup> )	TAUSTE (Hm <sup>3</sup> )
1965-66	791	466	348	251
1966-67	835	595	354	248
1967-68	821	534	303	240
1968-69	806	511	285	235
1969-70	790	616	339	247

EMBALSES

YESA	1965-66	1966-67	1967-68	1968-69	1969-70
	Sali Entradas	Sali Entradas	Sali Entradas	Sali Entradas	Sali Entradas
	2235 2137	1869 1868	1446 1505	1824 1835	1613 1483

nes de aforo, así como las cifras referentes a canales y embalses que puedan afectar al balance de aguas superficiales en la zona de este estudio.

En el sector del Ebro los datos recogidos de Anuarios de Aforos abarcan el período comprendido entre los años 1965-66 y 1969-70 ambos inclusive. La razón de haber considerado este período se debe al hecho de que únicamente en estos años se presentan datos comunes a todas las estaciones de aforo, canales y embalses relacionados hidrológicamente en la zona.

Los valores que se han considerado como punto de partida de este estudio, tomados de Anuarios de Aforo, figuran en la tabla adjunta.

Interesa destacar que los datos referentes a aportaciones en la estación nº 112 (Ebro en Sástago) corresponden a aforos deducidos de aprovechamientos en explotación, por lo que estimamos menos preciso el balance resultante de aguas superficiales.

#### 4.3. BALANCE DE AGUAS SUPERFICIALES.

Trataremos a continuación de determinar las aportaciones y déficits de esorrentía en función de los valores registrados en las estaciones de aforo del MOPU situados en diversas secciones del río Ebro, del Jalón y de los canales que afectan la zona de cuenca estudiada.

Como es lógico por la presencia de estos canales los caudales reales medidos en las estaciones de aforo del río

no son representativos y para el cálculo del déficit de esco-  
rrentía y la evapotranspiración real tendremos que restituir -  
los caudales naturales prescindiendo de los canales y de cual-  
quier obra de regulación.

Refiriéndonos a Pluviometría los promedios anua-  
les para las zonas de cuenca de cada una de las estaciones de  
aforo serían los siguientes:

<u>Cuenca</u>	<u>Superficie (Km<sup>2</sup>)</u>	<u>Pluviometría (Hm<sup>3</sup>)</u>
Ebro (P.Pignatelli) nº 162	26427	22184
Ebro (Zaragoza) Nº 11	40434	28540
Jalón (Huermeda) Nº 9	7164	3223

Si consideramos la zona de cuenca del río Ebro,  
comprendida entre las estaciones de aforo nºs 162 y 11, se ob-  
tienen los siguientes valores:

Superficie.....	6843 Km <sup>2</sup>
Pluviometría anual media..	3133 Hm <sup>3</sup>

lo cual supone una pluviometría anual media uniformemente re-  
partida por toda la zona de cuenca de 457 mm. Por otra parte,  
de los valores deducidos del estudio climático, así como de -  
otras fuentes pueden darse como pluviometrías anuales medias -  
de los observatorios situados en la zona, los siguientes valo-  
res:

- Zaragoza (observatorio):	360.3 mm
- Tauste.....:	385.6 mm
- Gallur.....:	359.7 mm
- Yesa .....	682.9 mm
- Calatayud.....:	429.1 mm

Observando estos valores y teniendo en cuenta -- otros factores geográficos y topográficos, puede ser considerada como consistente con éstas la cifra de la pluviometría - anual media antes citada de 457 mm para toda la zona de Cuenca.

En lo concerniente a datos sobre aportaciones y déficits de escorrentía su consistencia será objeto de consideración en los siguientes apartados.

Las aportaciones medias anuales se han determinado promediando las correspondientes al período comprendido -- entre los años 1965-66 a 1969-70, ambos inclusive.

Dado que existen canales de riego que modifican sustancialmente los caudales que circulan por el río Ebro el valor de las aportaciones aquí consignadas no es válido para el cálculo de evapotranspiraciones reales y déficit de escorrentía. Se consigna únicamente porque representa la parte de caudales todavía sin regular que transcurren por la zona.

El promedio del período antes citado, arroja - para las aportaciones reales en las diversas estaciones de - aforo, los siguientes valores anuales medios:

<u>Estación de aforos</u>	<u>Aportaciones (Hm<sup>3</sup>)</u>
Ebro (P.Pignatelli) N <sup>o</sup> 162	8511
Ebro (Zaragoza) N <sup>o</sup> 11	9303
Jalón (Huermeda) N <sup>o</sup> 9	403

Por consiguiente, para la zona de Cuenca comprendida entre las cuencas de estaciones de aforo N<sup>os</sup> 11, 162 y 9 es decir, para aquellas superficie de cuenca de la cual forma parte la zona objeto de estudio, la aportación anual media -- real sería:

$$A = 9303 - 8511 - 403 = 389 \text{ Hm}^3$$

y la pluviometría en la misma superficie será:

$$P = 28.540 - 22.184 - 3.223 = 3.133 \text{ Hm}^3$$

lo cual supondría un valor porcentual de la aportación del - 12.4%, a todas luces inferior a los coeficientes de escorrentía total propios de la zona.

De todas formas en el área estudiada, que corresponde a una fracción pequeña de la cuenca en que la pluviometría es muy baja, la evapotranspiración real debe ser muy alta, tal como hemos visto en el capítulo 3. No obstante, su -- cálculo resultaría excesivamente complejo, y por otra parte, no tendría sentido una excesiva precisión, dado que los datos de la E-112 no reúnen suficientes condiciones de fiabilidad.

Para la zona de Cuenca comprendida entre Zaragoza y Sástago como aproximación, y a título orientativo, pueden considerarse como válidas las cifras indicadas en el cuadro - N<sup>o</sup> 6. De estas cifras se deducen unos valores porcentuales de

$$- E \ 11 = 32,5\%$$

$$- E-112 = 30,1\%$$

La aportación en la zona de Cuenca estudiada - se calcularía por consiguiente de este modo:

$$32,5 \times 40434 + A \times 8540 = 30,1 \times 48974$$

de donde

$$A = 16\%$$

lo cual equivaldría a 751 Hm<sup>3</sup> anuales.

A continuación se trata de calcular los valores concernientes a la aportación, déficit de escorrentía en -- cada una de las estaciones prescindiendo de los efectos de las obras de regulación. Los datos de base se han tomado como siempre de cada una de las estaciones de aforo.

Los valores anuales medios de los volúmenes de agua que circulan por los diferentes canales serían los siguientes:

<u>Canal</u>	<u>Volumen de agua (Hm<sup>3</sup>)</u>
Imperial	809
Bardenas	544
Lodosa	326
Tauste	244

Los embalses en explotación se hallan todos muy alejados de la zona por lo que su efecto regulador no se ha tenido en cuenta, sobre todo tratándose de cifras anuales medias.

El más próximo es el de Yesa cuyas entradas y salidas de agua en el período considerado (1965-66 a 1969-70) han sido las siguientes:

<u>Entradas (Hm<sup>3</sup>)</u>	<u>Salidas (Hm<sup>3</sup>)</u>
1.766	1.797

Otra causa que sin duda modificará los valores de aportaciones y déficit de esorrentía son los riegos exis--tentes en la zona a partir de las aguas de los canales. Sin embargo como aquí se trata únicamente de realizar un balance previo de aguas superficiales, la infiltración de regadíos y en general el drenaje que el río realiza de los diferentes acuiferos se estudiará más adelante.

El volumen de agua transportado por el canal de las Bardenas (aforado en las inmediaciones del embalse de Ye--sa), supone aproximadamente un 6% del correspondiente a las -aportaciones del río Ebro registradas a su paso por Zaragoza. Esto, unido al hecho de la gran distancia existente entre am--bos puntos de aforo, hace, que con objeto de simplificar el -planteamiento, pueda eliminarse de los cálculos sin cometer -gran error, el volumen que circula por dicho canal.

Análogo razonamiento, en el punto referente a -distancias existentes, podría aducirse en torno al efecto regulador del embalse de Yesa.

Los razonamientos anteriores, en principio, no pueden considerarse válidos en el caso de los canales Imperial y Tauste, y esto, por tres principales razones:

1ª.- Las aportaciones anuales medias correspondientes a estos canales alcanzan, respectivamente, las cifras de 809 Hm<sup>3</sup> y 244 Hm<sup>3</sup>.

2ª.- Estos canales toman el agua de zonas muy próximas a la superficie que se está estudiando, y circulan en tramos importantes de su recorrido a lo largo de esta.

3ª.- El incremento de aportación registrado en la estación de aforos ubicada en Zaragoza (Nº 11), frente al conjunto de las aportaciones registradas en los ríos Ebro, en Presa Pignatelli y Jalón en Huermeda (Núm. 162 y 9, respectivamente) es de 389 Hm<sup>3</sup> existiendo en esta zona grandes superficies de riego, cuyo agua proviene precisamente de los tres canales antes citados.

Del gráfico nº 16, y en función de los datos obtenidos anteriormente, referentes a pluviometrías, aportaciones y déficit de escorrentía, puede establecerse el siguiente balance (que en este caso será natural), de las aguas superficiales:

- Estación de aforos Nº 162

- Pluviometría.....	=22.184 Hm <sup>3</sup>
- Aportación.....	=8511+244=8755 Hm <sup>3</sup> (40.9%)
- Déficit de escorrentía.....	=22.184-8755=13.429 Hm <sup>3</sup> -
	(59.1%)

- Estación de aforos Nº 11

- Pluviometría.....= 28.540 Hm<sup>3</sup>
- Aportación.....= 9303 + 809 = 10.112 Hm<sup>3</sup> -  
(36.6%)
- Déficit de escorrentía.....= 28.540-10.112=18.428 Hm<sup>3</sup> -  
(63.4%)

- Estación de aforos Nº 9

- Pluviometría.....= 3223 Hm<sup>3</sup>
- Aportación.....= 403 Hm<sup>3</sup> (12.5%)
- Déficit de escorrentía.....= 3223 - 403 = 2820 (87,5%)

Por consiguiente, para la zona de cuenca comprendida entre estas tres estaciones de aforo, y en la cual se encuentra ubicada la superficie objeto del presente estudio, se tendrá el siguiente balance natural de aguas superficiales:


- Pluviometría: 28.540-22.184-3223 = 3133 Hm<sup>3</sup>
- Aportación: 10.112-8755-403 = 954 Hm<sup>3</sup> (30.4%)
- Déficit de escorrentía: 3133-954 = 2179 Hm<sup>3</sup> (69.6%)

valores que se resumen en el siguiente cuadro

BALANCE NATURAL				
Pluviometría (Hm <sup>3</sup> )	Aportación		Déficit de escorrentía	
	Hm <sup>3</sup>	%	Hm <sup>3</sup>	%
3133	954	30.4	2179	69.6

En el gráfico nº16 vienen reflejados la situación de las diferentes estaciones de aforo y las aportaciones en cada punto antes y después de restituir los caudales naturales del río.

APORTACIONES EN LAS ESTACIONES DE AFORO

 Aportación media natural

 Aportación media real

 Estaciones de aforo

ESCALA : 1 cm. = 1.000 Hm.<sup>3</sup>/a

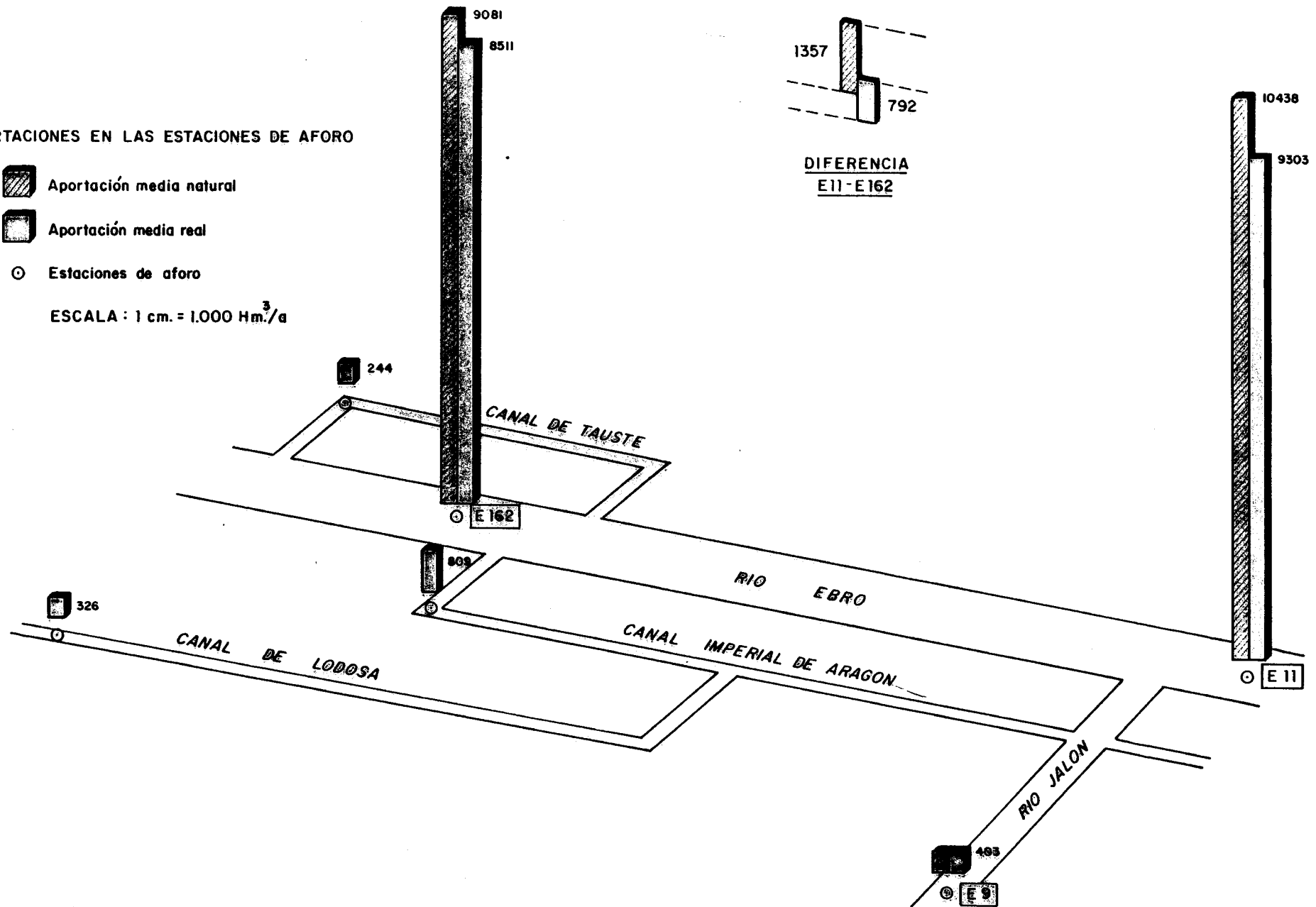


Fig-16

De la observación de estos datos se deduce la fuerte influencia que ejerce sobre todo la derivación del Canal Imperial en esta pequeña cuenca.

En los cursos bajos de los ríos Cinca y Segre contrasta un fuerte índice de aridez con los elevados caudales de los ríos que surcan la zona, originados en las cumbres pirenaicas y con el deshielo como fundamental en las aportaciones.

Así las aportaciones totales naturales de los ríos Cinca y Segre, según datos del Inventario de Recursos Hidráulicos (MOP 1971) es decir, restituyendo los caudales naturales, serían las siguientes:

E-17	Río Cinca en Fraga	3311 Hm <sup>3</sup> /a
E-25	Río Segre en Serós	4244 Hm <sup>3</sup> /a

es decir, un total de 7555 Hm<sup>3</sup>/a de aportación media (período 51 años). Si comparamos estas cifras con los datos realmente medidos en las estaciones de aforos (Anuario de Aforos MOP):

E-17	2626	TOTAL 5744
E-25	3148	

vemos que hay una diferencia de 1771 Hm<sup>3</sup>/año debidos a los Planes de regadíos puestos en marcha en la zona, principalmente a partir del Canal de Aragón y Cataluña (772 Hm<sup>3</sup>/año) y del Canal del Segre (537 Hm<sup>3</sup>/año de media). Según ello el aprovechamiento se sitúa alrededor de un 23% del total de la aportación de los ríos.

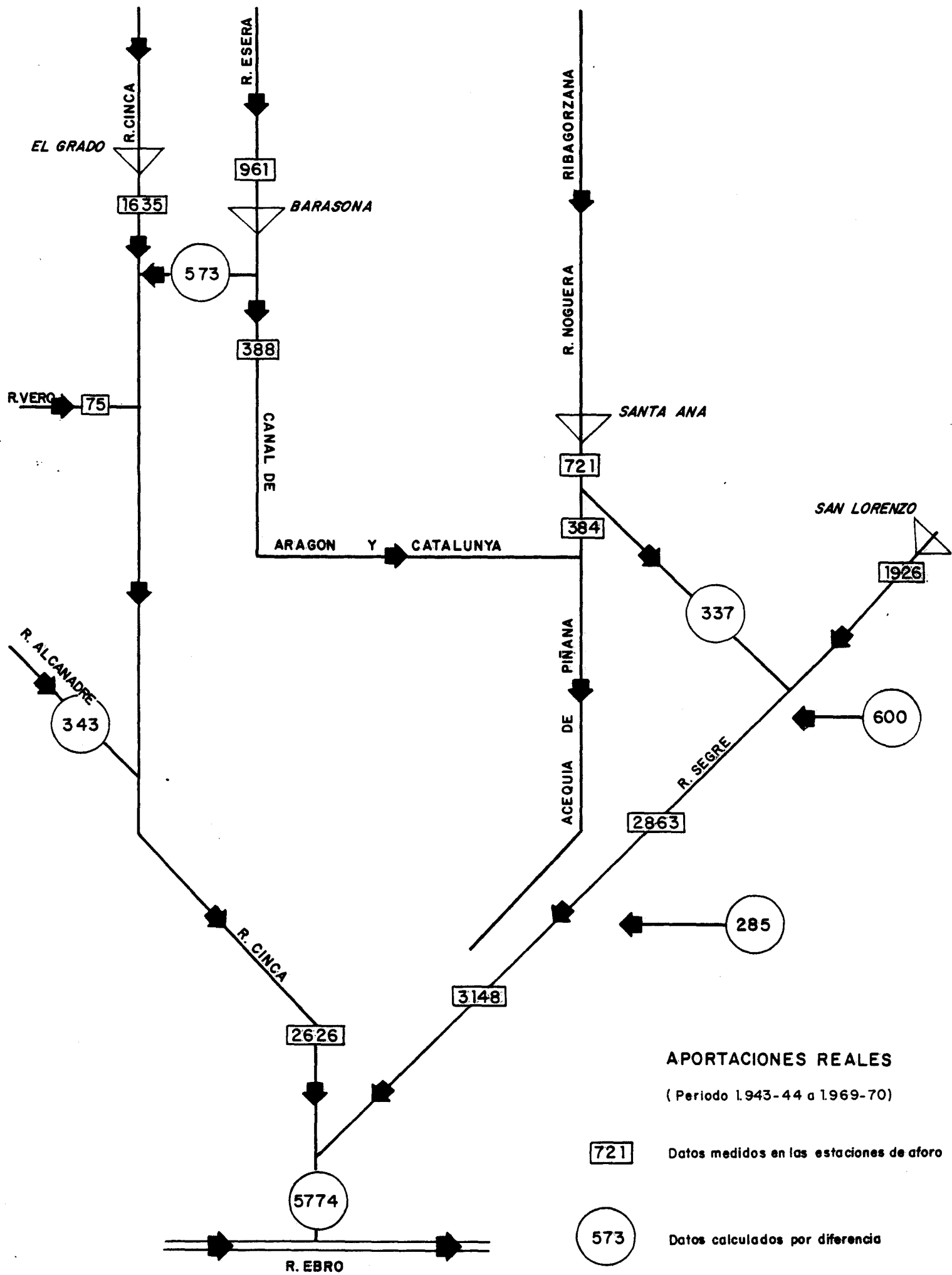


Fig.-17

APORTACIONES DE LOS RIOS (Hm<sup>3</sup>/año)

	<u>NATURAL</u>	<u>REAL</u>	<u>USO CONSUNTIVO %</u>	
CINCA	3311	2626	685	20%
SEGRE	4244	3148	1096	25%
TOTAL	7555	5774	1771	23%

La componente de escorrentía subterránea de las aportaciones de estos ríos procede, fundamentalmente, de los acuíferos kársticos pirenaicos de sus cabeceras. En general, a la vista de la estructura geológica y de la pluviometría puede adelantarse que los recursos originados en las propias comarcas son muy limitados.

Si comparamos los datos de aforos entre la entrada en el Terciario y la desembocadura en el Ebro vemos que no debe existir aportación subterránea apreciable en este tramo.

Los datos se refieren al Anuario de Aforos del MOPU y corresponden al periodo 43-44 a 69-70 (Ver gráfico n 17)

En el río Cinca puede establecerse el siguiente balance de aguas superficiales:

<u>ENTRADAS</u>		
E-16	Río Cinca en el Grado	1635 Hm <sup>3</sup> /año
E-128	" Esera en Barasona	961 "
E-95	" Vero en Barbastro	<u>75 "</u>
TOTAL		2671 "

SALIDAS

Canal de Aragón y Catalunya	388	Hm <sup>3</sup> /año
E-17 Río Cinca en Fraga	2626	"
	<hr/>	
TOTAL	3014	"

La diferencia, 343 Hm<sup>3</sup>/a, debe corresponder a los ríos de la zona, fundamentalmente a la cuenca del Flumen Alcanadre. Solo se dispone de datos del Alcanadre y Guatizalema en Peralta de Alcofea que totalizan 238 Hm<sup>3</sup>/a. El resto es perfectamente coherente que corresponde a la Cuenca del Flumen por lo que se confirma que por lo menos en el Cinca la aportación subterránea directa al río debe ser inapreciable en esta zona.

En el caso del Segre, la diferencia entre la aportación en Serós (3184 Hm<sup>3</sup>/a) y Balaguer (1926 Hm<sup>3</sup>/a) es de 1258 Hm<sup>3</sup>/a. Si descontamos la aportación media del Noguera-Ribagorzana (337 Hm<sup>3</sup>/a) una vez descontados los 383 Hm<sup>3</sup>/a del Canal de Piñana nos quedan 885 Hm<sup>3</sup>/a que deberían corresponder al resto de ríos que totalizan una cuenca vertiente de 3229 Km<sup>2</sup>. Ello representaría una aportación específica de 275 l/m<sup>2</sup> que pensamos es desproporcionada dada la baja pluviometría de la zona. Ello nos hace suponer que en esta zona sí son importantes los retornos de regadíos posibilitados principalmente por el Canal y subcanal de Urgell por la margen izquierda y la Acequia de Piñana por la margen derecha que totalizan una derivación de cerca de 900 Hm<sup>3</sup>/a.

Todas estas consideraciones deben tenerse muy en cuenta para la valorización del estudio. En la mayor parte de -

las zonas los objetivos quedarán reducidos a una optimización de las explotaciones o sustitución de algunos abastecimientos en función de la mejora de la calidad que pueda obtenerse por los alumbramientos de agua subterránea.

## 5.- HIDROGEOLOGIA

## 5.- HIDROGEOLOGIA

### 5.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

#### 5.1.1. Introducción

De acuerdo con la normativa empleada para el estudio hidrogeológico, una de las labores básicas e imprescindible es esta del inventario de los puntos de agua que nos permite llegar al mejor conocimiento de los recursos hídricos y su correspondiente balance.

Así pues se llevó a efecto el correspondiente trabajo de campo y de recopilación de datos de la zona de estudio en tres fases sucesivas que respondieran a una mejor distribución del trabajo y adecuada racionalización.

En una primera fase se hizo el inventario del aluvial del Ebro comprendido entre los límites administrativos de la provincia de Zaragoza con Navarra desde Cortes, siguiendo el río Ebro hasta llegar al Término de Alfajarín, a unos 15 kilómetros de Zaragoza, aguas abajo, lo que supone una extensión total de unos 70 Km. a lo largo del Ebro por ambos márgenes siendo la anchura variable, (pudiendo alcanzar hasta 15 kms. aguas arriba de Zaragoza) de alrededor de 5 Km., siendo la superficie inventariada de unos 1000 Km<sup>2</sup>.

En esta fase se inventariaron 626 puntos de agua, que se especifican más detalladamente en el cuadro-resumen que se acompaña, siguiendose un criterio de carácter exhaustivo en aquellas áreas donde la densidad de puntos era pequeña y selec

tivo en aquella otras cuya abundancia así lo aconsejaba.

Sin embargo, y a la vista de los resultados obtenidos, se observa una distribución territorial de puntos de agua más bien irregular, dados los condicionamientos particulares de la zona, en donde se ubica una ciudad densamente poblada y dotada de un nivel de industrialización muy notable, como es Zaragoza. En éste área concreta se concentran la mayoría de los sondeos perforados en toda la zona de estudio que abastecen de agua a los polígonos industriales del entorno, donde la demanda es, lógicamente, más fuerte.

Por el contrario, existen áreas donde la inexistencia de núcleos de población y la escasa demanda de la agricultura, hacen que la densidad de puntos sea mínima; tal es el caso de las terrazas más altas y más próximas por consiguiente al borde terciario, del aluvial de la margen derecha del río Ebro en la zona central del área objeto de estudio. O también la parte correspondiente al tercio occidental de ese mismo área comprendida entre Cortes de Navarra y Gallur (margen derecha del Ebro) y entre Gallur y Cabañas de Ebro (margen izquierda). En estas zonas, aunque la agricultura es floreciente, la demanda está cubierta por una amplia red de canales y acequias de riego que excluyen la necesidad de excavar pozos o perforar sondeos para explotación de caudales de agua destinados al riego.

En una segunda fase y como continuación de la anterior, se abordó la zona comprendida entre Alfajarín y Gelsa de una extensión aproximada a los 250 Km<sup>2</sup>, comprendidos dentro de una franja a ambos lados del río Ebro de unos 40 Kms. de

longitud y cuya anchura disminuye progresivamente aguas abajo, pasando de cerca de 7 Km. en Alfajarín a poco más de 2 Km. en las proximidades de Gelsa, donde el desarrollo del acuífero es mínimo.

En este tramo, la densidad de puntos es mucho menor que el anterior, principalmente en la margen izquierda, - habiéndose obtenido 46 puntos de agua.

La tercera fase del inventario se refiere concretamente a los aluviales de los cursos bajos de los ríos Segre, Cinca y Noguera-Ribagorzana. Este inventario se desarrolló a su vez, en dos etapas, la primera tuvo por finalidad entrar en contacto con una zona en donde se desconocía la importancia de la explotación del acuífero y su interés hidrogeológico. El resultado de esta primera aproximación fué de escasos resultados prácticos, pues se inventariaron un total de 36 puntos, lo cual nos dió idea del nivel de explotación, y de la importancia global del acuífero. Dada la baja densidad de puntos obtenida (un punto cada 20 Km<sup>2</sup> aproximadamente) no permitía establecer una piezometría y un control adecuado y mínimamente fiable, por lo que, al cabo de dos años se volvió a la zona en una segunda -- etapa y un segundo intento de completar los datos que se habían obtenido en un principio. En esta segunda ocasión, estableciendo una prospección más rigurosa y unos criterios exhaustivos se llegó a la obtención de 75 puntos acuíferos a añadir a los que ya disponíamos, pudiéndose alcanzar más de 100 puntos en la zona que nos ocupa y que nos permiten la implantación de las redes de piezometría y de control de calidad necesarios para conseguir el seguimiento adecuado del acuífero.

La economía eminentemente agrícola de estas comarcas se basa en regadíos a partir de dos grandes obras hidráulicas: el Canal de Aragón y Catalunya y el Canal del Segre, que riegan tanto los terrenos miocenos impermeables de los llanos de La Litera y L'Urgell como las terrazas de los ríos Segre, Cinca y Noguera Ribagorzana, ricas en aguas subterráneas para su aprovechamiento "in situ".

La industria que existe además, fundamentalmente de derivados de los productos de campo, se concentra en las proximidades de las poblaciones por lo que se surte de los propios abastecimientos urbanos, la totalidad de los cuales tienen su fuente en los mismos ríos o en alguno de los innumerables canales de derivación.

No existe en esta tercera zona ni un solo sondeo mecánico. Se trata de excavaciones o pozos abiertos de diferente diámetro y con una profundidad máxima de 12 m. Todos finalizan al llegar al nivel piezométrico, por lo que no sabemos a la profundidad a la que se encuentra el zócalo impermeable, aunque se intuye que el espesor de los acuíferos no debe ser muy grande.

Los resultados totales obtenidos, tanto del inventario del acuífero aluvial del Ebro en los dos tramos indicados, como de los cursos bajos de los ríos Segre, Cinca y Noguera-Ribagorzana se detallan en un cuadro-resumen página 84, para mejor claridad.

### 5.1.2. Origen de los datos

Dada la importancia que en el orden económico y de comunicaciones concurren en éste área de estudio, se han recabado datos de organismos y empresas que, con diversos fines, han actuado con anterioridad al presente trabajo, en una labor de síntesis, que ha permitido aprovechar información muy valiosa.

Así, se ha tenido en cuenta el "Estudio Hidrogeológico de las terrazas de los ríos Ebro y Gállego en la zona de influencia de Zaragoza" del Servicio Geológico de Obras Públicas y de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

También se han analizado los datos procedentes de la investigación geotécnica que llevó a cabo Autopistas Vasco-Aragonesas y que ofrecen información muy interesante sobre la naturaleza y espesor de los materiales que forman el acuífero, ya que son datos de sondeos de reconocimiento que atraviesan toda la formación aluvial permeable precisamente porque tratan de llegar al zócalo terciario impermeable susceptible de ofrecer un basamento adecuado a las obras de cimentación de la autopista.

Por último, debemos hacer expresa referencia al "Proyecto Hidrogeológico de Navarra" en su Informe Técnico nº 13 que se refiere a la Unidad Hidrogeológica aluvial del Ebro y afluentes, realizado por la Excm. Diputación Foral de Navarra con la colaboración como consultora de la Compañía General de Sondeos, S.A.

Todos estos datos, unidos a los obtenidos directamente en el campo en las sucesivas fases de estudio, forman la base del inventario sobre el que se apoyan en gran medida - las labores de investigación posteriores.

### 5.1.3. Metodología. Desarrollo del trabajo de campo

El método empleado en la ejecución del inventario ha sido el convencional para éste tipo de trabajo.

Una vez en el término municipal correspondiente, se recoge una primera impresión verbal de los puntos de agua en cuanto a cantidad y calidad, y en función de estos factores se visitan aquellos que ofrecen mayor interés cuando la abundancia de ellos así lo aconseja, y en el caso de que los puntos escaseen, se visitan y se toman todos para poder cubrir de información la mayor superficie posible y así disponer del número de puntos suficientes para elegir convenientemente la red de piezómetros o de calidad química.

Para ésta labor se procura siempre contar con la estimable colaboración de una persona conocedora del término municipal que acompaña al inventariador lo que facilita su tarea en gran medida.

Después de elegido el punto, se sitúa en la hoja topográfica escala 1:50.000 y se instruye la correspondiente ficha que es la utilizada por el I.G.M.E., donde está prevista la correspondiente codificación para transferir los datos recogidos en el campo a ordenador, aprovechando así las posibilidades que este tipo de tratamiento de datos ofrece.

Los niveles piezométricos se han medido con sondas eléctricas adecuadas que aprecian hasta el medio centímetro.

Todas las medidas de nivel de agua y de profundidad de la obra se dan con respecto a un punto de referencia lo más seguro y fijo posible; en general se elige el brocal del pozo o el borde superior del tubo si es un sondeo.

Asimismo se ha medido la altura de la referencia altimétrica sobre el suelo, para evitar de ésta forma, que pase desapercibida cualquier modificación de la misma que podría crear error al comparar distintas medidas.

Las medidas de la lámina de agua se han obtenido en casi todos los casos con el pozo en reposo, en aquellos otros en los que estaban bombeando se midió el nivel dinámico como mal menor, haciéndolo así constar en la ficha mediante la oportuna llamada.

Los caudales se han estimado a partir de los datos proporcionados por los dueños o usuarios de la obra, o bien calculándolos sencillamente en función de otros elementos de juicio indirectos, como son la superficie regada y tipo de cultivo o número de aspersores, si su uso es para agricultura; tiempo que se tarda en llenar un depósito de capacidad conocida, o el número de habitantes, si es para abastecimiento; capacidad de la bomba y tiempo de funcionamiento para la industria, etc.

Los datos del corte geológico o de columnas litoestratigráficas se han obtenido del perforador generalmente; - cuando ello no ha sido posible, se ha aprovechado la información del dueño o usuario, haciendolo constar así en la ficha - a efectos de fiabilidad del dato.

#### 5.1.4. Comentarios sobre las características fundamentales de los puntos de agua

A lo largo de la ejecución del inventario se ha ido adquiriendo un volumen de información que posibilita la exposición de una serie de aspectos acerca de las diferentes obras de captación de agua que creemos interesante para poder conocer mejor el acuífero sobre el que se asientan.

##### a) MANANTIALES

Los manantiales en las formaciones aluviales no suelen ofrecer interés de cara a su explotación, no sólo por lo reducido de sus caudales, sino por el carácter estacional y transitorio de muchos de ellos, que responden a los regímenes de precipitaciones o a épocas de riego, dadas las frecuentes fugas que tienen lugar en los canales y acequias para riego sin revestir, que surcan la zona, y el propio efecto de reciclaje de las aguas de estos canales una vez utilizadas en las tierras.

Estos manantiales surgen, generalmente a lo largo de los escarpes producidos por diferentes niveles de terrazas cuya diferente estructura y materiales favorecen su aparición.

##### b) POZOS PUNTUALES "WELLPOINTS"

Los pozos puntuales abundan en el aluvial del Ebro

Se trata de pequeños tubos introducidos en el terreno por el procedimiento de hinca, sistema en el que se da el golpeo o la percusión y una pequeña rotación simultánea que favorece su penetración; son de forma cilíndrica terminados en punta cónica perforada, por donde se filtra el agua. Tienen un diámetro que oscila entre 40 a 60 m/m y una profundidad de 5 a 8 m. Su equipamiento se reduce a una bomba manual o de jarra, lo que da idea de sus reducidas posibilidades en cuanto a explotación se refiere.

Su distribución en el campo es irregular, ya que no tienen más utilidad que su uso para abastecimiento esporádico o para abreviar el ganado. Tuvieron su importancia en cuanto a abastecimiento de los núcleos de población, en épocas en que no se disponía de otro sistema que cubriera tal necesidad. En la actualidad, las captaciones en los ríos o en los canales para estos menesteres han relegado éste tipo de pozo a nivel de lo anecdótico en la mayoría de los casos.

En el estudio que nos ocupa ofrecen un interés relativo. Constituyen un dato puntual acerca de la existencia del acuífero y de su nivel piezométrico en el caso de que se pueda apreciar, y de la calidad del agua, una vez analizada.

### c) POZOS ABIERTOS

El pozo abierto es la obra clásica de captación de agua. Sin embargo en el tramo Cortes-Gelsa, representa el 37% de los puntos de agua, debido, entre otras cosas, al gran auge de los sondeos para satisfacer la demanda de la industria que se asienta en la zona.

En este tramo aluvial estudiado podríamos, a grandes rasgos establecer una distribución de obras para captación de aguas que nos daría al Oeste un predominio de los pozos sobre los sondeos, en el centro un equilibrio y en el Este y en el aluvial del Gállego en su confluencia con el Ebro, un claro dominio de los sondeos sobre los pozos. Esta distribución es el reflejo de la demanda. Al Oeste la economía es agrícola y la industria eminentemente transformadora de productos agrarios (conservas, azucareras, etc). Los pozos surten este tipo de industrias y también granjas, graveras, etc.

En la actualidad la agricultura casi no emplea los pozos y se van abandonando, tapando o usando como escombrera, ocurriendo lo mismo con los pozos que, en los pueblos, servían de abastecimiento.

En la demanda de tipo industrial, los sondeos constituyen la obra casi exclusiva de captación de agua, que, además, está en constante expansión. Sin embargo, en los aluviales de los cursos bajos de los ríos Segre, Cinca, Noguera-Ribagorzana, los pozos abiertos constituyen casi en su totalidad la única y exclusiva obra de captación de aguas subterráneas, no habiéndose perforado sondeo alguno.

Los pozos excavados rara vez atraviesan toda la formación aluvial. Esto viene condicionado de una parte, por la propia forma de excavación. Una vez que se alcanza el nivel del agua, ésta y la naturaleza suelta de los materiales que constituyen el acuífero, que se derrumba constantemente, hacen que se interrumpa la perforación. Por otra parte, la creencia de que es suficiente alcanzar el agua para obtener caudales estimables

también disuade al agricultor de seguir excavando, con lo que las profundidades suelen oscilar entre los 5 y 10 m. Los diámetros van desde el metro en los más pequeños, hasta los 5 en los mayores; siendo lo normal de 2 a 4 m.

En cuanto a su distribución por niveles de terrazas, podemos decir que los pozos abiertos se dan con más abundancia en las terrazas bajas, en las medias hay muchos menos - y en las terrazas altas son escasos.

También se dan aquí diferentes formas de pozos - abiertos con otro tipo de captaciones que refuerzan considerablemente el caudal de los primeros; hay pozos con drenes radiales horizontales, otros con galería, y algunos más con drenes verticales (pozos con sondeo).

#### d) SONDEOS

Los sondeos y pozos entubados son la obra de captación que más se viene empleando en el Tramo aluvial Cortes-Gelsa en la actualidad. Son de rápida perforación (con máquinas que trabajan a percusión generalmente y obtienen unos rendimientos muy estimables en relación a la inversión. Es una obra más perfecta, que puede atravesar la totalidad de la formación aluvial, explotando así todo el espesor máximo saturado de las terrazas.

Los sondeos representan el 60% de los puntos de agua inventariados en este tramo, y la mayoría de ellos se concentran en los polígonos industriales de los alrededores de Zaragoza.

## CUADRO Nº 8

## CUADRO-RESUMEN DE INVENTARIO

SISTEMA 62 a y b

HOJA Nº	TOPOGRAFICA NOMBRE	MANAN- TIALES	POZOS	SONDEOS	OTROS	Nº TOTAL PUN- TOS DE AGUA
321	TAUSTE	11	47	12	5	75
322	REMOLINOS		1			1
325	PERALTA DE A.		1			1
326	MONZON	1	5		1	7
328	ARTESA DE S.	3	8			11
353	PEDROLA	2	11	15		28
354	ALAGON	12	89	125		226
355	LECIÑENA		35	61		96
357	SARIÑENA	1	3			4
358	ALMACELLAS	1	7			8
359	BALAGUER	1	20		1	22
360	BELLVIS		1			1
383	ZARAGOZA		21	109		130
384	FUENTES DE E.	2	52	79		133
387	FRAGA		11	2		13
388	LERIDA	4	30		1	35
412	PINA DE E.	1		5		6
413	GELSA		2	2		4
415	MEQUINENZA	1	8			9
416	MAYALS			3		3
TOTAL GENERAL: 20		40	352	413	8	813

La profundidad de los sondeos alcanza hasta los 80 m. siendo lo normal de 20 a 40 m. La progresión viene condicionada por el nivel de la terraza; cuanto más alta es ésta, más profundo es el sondeo que la explota.

Los diámetros oscilan entre 200 y 500 m/m, siendo lo normal 400 m/m; todos ellos suficientes para albergar - equipos sumergidos de bombeo. Más del 80% de los sondeos tienen equipos de este tipo.

## 5.2. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

A lo largo de un tramo superior a los 400 Kms. y en una superficie del orden de los 40.000 Km<sup>2</sup> no existen otros acuíferos de importancia que las terrazas aluviales del Ebro y sus principales afluentes.

El conjunto de los aluviales se disponen en una superficie de unos 1600 Km<sup>2</sup> y su espesor saturado oscila entre los 5 y los 50 m, salvo situaciones muy especiales.

El espesor de la capa acuífera y las relaciones de las terrazas entre sí y de sus niveles hidrodinámicos en relación al río se han ido indicando en la descripción geológica (capítulo 2).

Los espesores se han obtenido, fundamentalmente, a partir del inventario, de campañas de geofísica (sondeos eléctricos verticales) y también con una serie de sondeos mecánicos realizados en el marco del Proyecto.

En la parte correspondiente a las provincias de Navarra y Logroño se ha contado con una valiosa información - aportada por el Estudio Hidrogeológico de la Prov. de Navarra realizado por la D.Foral, que incluye inventario, geofísica y la realización de algunos sondeos mecánicos.

Durante el Proyecto se han realizado sendas campañas de Geofísica en los tramos aluviales. En la zona comprendida entre la Provincia de Navarra y Zaragoza se han efectuado 17 perfiles con un total de 215 SEV sobre el río Gállego, 4 perfiles y 48 SEV, sobre el Jalón 2 perfiles (17 SEV) y sobre el Arba de Luesia 10 SEV repartidos en dos perfiles. El estudio - se completó con otros 63 SEV en el área de Figueruelas.

En el río Cinca se han realizado 79 SEV, en el río Segre 73 y 11 SEV en el Noguera-Ribagorzana.

A partir de los datos de la geofísica se han realizado 18 sondeos mecánicos de preexplotación con profundidades variables entre 9 y 70 m.

Por el propio proceso de sedimentación fluvial que las han conformado, las capas no tienen continuidad lateral ni vertical, siendo de tipo lentejónar y la potencia de los distintos tramos variable. Responden a la estructura típica de las formaciones con sucesivas alternancias de niveles de gravas y arenas, que corresponden a los aportes de grandes avenidas y encima de estas capas los materiales finos: limos y arcillas depositados en las decrecidas.

El espesor de la capa acuífera depende como es lógico de la forma del substrato que a su vez es función de la

erosión fluvial y de los movimientos halocinéticos de los yesos del zócalo. Este llega a aflorar en los contactos de las terrazas altas e incluso entre las bajas  $T_1$  y  $T_2$  en algunas zonas: Lógroño, Alagón, Bajos Cinca y Segre, etc. Ello y la aparición de algunos manantiales a lo largo de los contactos entre ambas constriñe la extensión de la capa aluvial de interés a únicamente la terraza de inundación  $T_0$  y a la más reciente  $T_1$ .

### 5.2.1. Aluvial del río Ebro

El curso medio del río Ebro, entre Lógroño y la cola del embalse de Mequinenza, con cerca de  $1000 \text{ Km}^2$  de superficie aluvionar constituye el embalse subterráneo con mayor potencial. Si a él unimos los  $280 \text{ Km}^2$  del Bajo Aragón y los  $90 \text{ Km}^2$  del Bajo Gállego hacen que la zona comprendida entre las desembocaduras de estos dos ríos sea la más interesante.

Aunque existen en el Ebro hasta 6 niveles de terrazas, los dos más antiguos, dada la pequeña y discontinua extensión de sus afloramientos, se han despreciado y se ha centrado el estudio sobre los más modernos que probablemente han estado conectados con el río. De esta manera aparte de la terraza actual, inferior, o llanura de inundación,  $T_0$ , se han distinguido hasta 4 niveles de terrazas. Baja, Media, Alta y Superior, así como dos subniveles en la terraza Baja y Media, cuya composición es similar, distinguiéndose dos tramos. Uno inferior formado por gravas rodadas y bastante sueltas compuestas por materiales silíceos o calcáreos con matriz de elementos finos y otro superior formado por limos y arcillas con arenas terrenos éstos sobre los que se asientan los cultivos. La terraza baja ( $T_1$ ) tiene una altura sobre el río de unos 8 ó 10 m, y un espesor muy variable que puede oscilar entre los 15 y 30 m.

La terraza media ( $T_2$ ) en la provincia de Zaragoza se desarrolla casi exclusivamente en la margen derecha del Ebro, su composición ya hemos dicho que es similar a la baja - si bien las gravas aquí están más cementadas. Su máxima potencia la alcanza al Sur de Gallur con un espesor de cerca de 30 m y se va reduciendo aguas abajo hasta tener unos pocos metros en Casetas.

Las terrazas altas ( $T_3$  y  $T_4$ ) se presentan suspendidas, dando acuíferos colgados que tienen menor importancia hidrogeológica. Tienen una composición similar a la baja, si bien son muy frecuentes los niveles cementados. La altura media de esta terraza es de 25 a 35 m. para la  $T_3$  y puede llegar a una potencia de 50 m.

Por último la terraza más alta y antigua la  $T_4$  tiene una altura media sobre el nivel del Ebro de 60 a 80 m. y una potencia máxima de 50 m., las gravas en ella se hallan también bastante cementadas y como caracter diferencial presenta abundantes intercalaciones de aportes laterales, procedentes de glaciares y conos de deyección, de litología mucho más fina, lo que rebaja sustancialmente su transmisividad.

El embalse subterráneo propiamente dicho corresponde únicamente a la terraza actual  $T_0$  y a la inferior  $T_1$ . La extensión de la superficie aluvionar es de 450 Km<sup>2</sup> entre Logroño y Tudela, 350 Km<sup>2</sup> entre Tudela y Zaragoza y 170 Km<sup>2</sup> entre Zaragoza y Mequinenza.

Los materiales encajantes que a su vez forman el muro del acuífero son entre Logroño y Recajo, arcillas rojas

con areniscas y calizas del Mioceno de nuevo. En la provincia de Zaragoza dominan las facies evaporíticas excepto en la parte situada aguas abajo de Pina de Ebro, donde se inician alter<sub>n</sub>ancias de arcillas y areniscas del Mioceno.

Los espesores medios saturados son distintos según las zonas. Entre Logroño y Azagra la potencia media es de 15 a 20 m. Entre Azagra y Castejón se encuentran los mayores espesores, entre 20 y 35 m. para decrecer de nuevo entre Castejón y Zaragoza desde 15 y 20 m a 5 y 10 m. aguas abajo de Tauste. Entre Zaragoza y Mequinenza el espesor medio se reduce todavía más siendo del orden de 6 m.

Existe un punto singular en que el espesor de las terrazas alcanza los 50 m. cerca de la desembocadura del río Aragón. Ello puede ser debido a un fenómeno de subsidencia favorecido por la sobrecarga de los materiales acarreados por el río Aragón sobre un substrato de gran plasticidad (yesos).

La anchura media de este acuífero es de 3-4 Km aunque en algun caso se llegue a los 10 Km.

#### 5.2.2. Aluvial del Aragón inferior, Ega y Cidacos

Los depósitos aluviales asociados al río Aragón se encajan entre Sangüesa y Caparroso en arcillas con areniscas y calizas y a partir de Caparroso en facies evaporíticas.

La superficie de este acuífero es de 155 Km<sup>2</sup> y la anchura media es de 2-3.5 Km.

El espesor medio oscila entre 10-15 m y 15-20 m habiéndose encontrado un punto singular antes de la confluencia con el Arga, con un espesor de 40-50 m. debido posiblemente a un fenómeno similar al descrito en el apartado 5.2.1.

Aguas abajo de Lerín, el acuífero aluvial del río Ega va encajado en las facies evaporíticas. La extensión es de unos 30 Km<sup>2</sup> y el espesor saturado entre 5 y 15 m.

El río Cidacos entre Tafalla y Traibuená presenta una superficie de alrededor de 35 Km<sup>2</sup>. El espesor es de 5-15 m. y la anchura media no supera los 1000 m. Va encajado en las facies evaporíticas del Oligoceno.

### 5.2.3. Aluviales de los ríos de la margen derecha

Las terrazas inferiores de los ríos de la margen derecha se encajan principalmente en las arcillas con areniscas que constituyen las facies del borde de la Depresión del Ebro y en la parte más próxima al río en las facies evaporíticas. En el estudio solo se han considerado los cursos más inferiores de los ríos Alhama, Queiles, Huecha, Jalón y Huerva.

En todos los casos el espesor no sobrepasa los 10 m. de los que saturados no hay más de 5 y la anchura por lo general es inferior a 1 Km.

La superficie de estos aluviales es en conjunto del orden de 150 Km<sup>2</sup>.

#### 5.2.4. Aluvial de los ríos Gállego, Cinca y Segre

En el río Gállego, al igual que en los otros -- afluentes pirenaicos, la terraza baja tiene un desarrollo longitudinal limitado que alcanza una máxima potencia y extensión en la zona de confluencia con el Ebro donde el espesor es de 50-60 m. Aguas arriba la potencia se reduce considerablemente hasta unos 10 m.

La superficie total es de unos 90 Km<sup>2</sup> y el espesor saturado medio de 30 m.

Los ríos Cinca y Segre por el contrario presentan un aluvial mucho menos desarrollado. La extensión es de unos 70 Km<sup>2</sup> en el Cinca y 110 en el Segre, comprendido el curso bajo del Noguera-Ribagorzana. Los espesores saturados son por término medio de 10 m en el Segre y de tan solo 6 m en el Bajo Cinca.

#### 5.3. PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS

A fin de conocer los parámetros hidrogeológicos se han realizado una serie de ensayos de bombeo en los sondeos mecánicos realizados a lo largo del Proyecto. Estos datos completan los aportados por informes anteriores del IGME, SCOP y D.F. Navarra.

Dado que los aforos se han realizado únicamente en las zonas "a priori" preferentes hay que hacer notar una cierta disparidad en la distribución de los datos y desde luego una densidad general francamente baja.

En el sector de Navarra se cuenta con los datos de 25 ensayos de bombeo y de recuperación (Cuadro nº 9 ). En el sector de Cabañas de Ebro se han realizado 7 ensayos y 3 en el Gállego (Cuadro nº 10). Además se cuenta con los de los de 3 ensayos de bombeo en las proximidades de Zaragoza (Datos del SGOP).

El orden de magnitud de la permeabilidad es de  $10^2$  m/día, si bien en gravas particularmente limpias alcanza - los  $10^3$  m/día. En las zonas con mayor cantidad de arenas finas y limos desciende hasta unos pocos m/día, tal como ocurre en las terrazas de los ríos de la margen derecha.

La transmisividad es muy variable pero en los aluviales más desarrollados que es donde lógicamente se pretende intensificar la explotación, la transmisividad supera siempre los  $1000 \text{ m}^2/\text{día}$ .

En el Sector de Navarra el acuífero de la terraza inferior del Ebro presenta, por el método de Jacob transmisividades medias comprendidas entre 1115 y  $2110 \text{ m}^2/\text{día}$  con un mínimo de  $100 \text{ m}^2/\text{día}$  y un máximo de  $7300 \text{ m}^2/\text{día}$ . Según el método de Papadópulos los valores son más altos y las medias se sitúan entre  $2650$  y  $3400 \text{ m}^2/\text{día}$ . Por el contrario con el método de Theis aplicado a las recuperaciones los valores medios descienden a  $935-1800 \text{ m}^2/\text{día}$ .

El acuífero de la terraza inferior del Aragón presenta en base a los distintos métodos transmisividades entre  $300$  y  $3200 \text{ m}^2/\text{día}$  (Jacob); entre  $460$  y  $3020 \text{ m}^2/\text{día}$  (Papadópulos) y entre  $450$  y  $2930 \text{ m}^2/\text{día}$  (Theis).

CUADRO Nº 9

ENSAYOS DE BOMBEO SECTOR LOGROÑO - CORTES

Sistema	Acuifero Nº	Registro	Pozo de observ.	Nivel esta. (m.)	B O M B E O					RECUPERACION			T (m <sup>2</sup> /dfa) adoptada	OBSERVACIONES
					caudal (m <sup>3</sup> /h)	tiempo (min.)	descenso de nivel max. (m)	T (m <sup>2</sup> /dfa)		Tiempo (min.)	Descenso residual min. (m)	T (m <sup>2</sup> /dfa) THEIS		
								JACOB	PAPADOPULOS					
Huecha	Terraz.	If 2613.2.007	Id	2,52	50	45	0,88	360	560	90	0	280	400	
Ebro	"	" 2613.1.002	Id.	1,24	114	225	0,875	1.500	---	130	0,065	1.400	1.500	
"	"	" 2511.8.005	Id.	2,81	25	120	1,585	100	140	60	0	105	100	
"	"	" 2511.7.003	Id.	3,63	531	18	1,99	2.100	2.670	60	0	1.460	2.000	
"	"	" 2511.6.028	Id.	4,21	396	30	2,00	1.115	950	20	0	935	1.000	
"	"	Sp 2511.6.031	Id.	12,68	5	12	2,12	--	--	187	0,96	10	10	Valvuleo.
"	"	If 2511.6.027	Id	3,165	100	12	0,375	1.155	750	20	0	4.000	3.000	Caudal no constante.
"	"	" 2511.6.004	Id.	2,605	110	200	1,040	710	---	65	0,10	780	700	Fallo de la bomba.
"	"	" 2511.5.009	Id.	2,64	125	22	0,195	3.330	2.650	30	0	3.520	3.000	
"	"	" 2411.4.004	Id.	3,815	72	160	0,345	1.500	3.400	100	0	1.440	1.500	
"	"	" 2411.4.005	Id.	4,345	150	220	0,625	2.000	3.180	145	00	1.800	2.000	
"	"	" 2410.6.002	Id.	2,575	36	60	0,725	200	--	70	0	350	300	
"	"	" 2410.2.001	Id.	3,010	57	20	0,10	7.300	7.260	20	0	7.150	7.300	
"	"	" 2310.4.005	Id.	10,010	82	240	1,09	1.330	1.045	210	0,025	4.500	1.500	Efecto de drenaje diferido. La recuperación no es fiable.
Arga	"	" 2511.1.003	Id.	3,10	108	80	1,175	600	900	70	0,07	470	500	
"	"	" 2511.1.001	Id.	4,780	14	60	0,225	575	860	130	0	630	600	
"	"	" 2510.5.003	Id.	4,370	108	180	2,23	300	790	80	0	230	300	
Aragón	"	" 2511.2.007	Id.	4,48	212	60	1,135	1.240	1.850	92	0,045	1.250	1.250	
"	"	" 2511.2.012	Id:	5,35	60	90	0,21	3.200	3.020	140	0	2.930	3.000	
"	"	" 2510.6.002	Id.	3,48	14	60	0,213	560	460	20	0	520	500	
"	"	" 2510.7.001	Id.	4,735	70	100	0,120	3.510	7.000	50	0,005	5.000	3.000	Las características del pozo, hacen poco fiables los resultados
"	"	" 2609.4.001	Id.	4,630	9	20	0,12	300	--	10	0	450	400	
Cidacos	"	" 2510.7.010	Id.	1,32	3	180	4,32	2	--	240	2,81	2	2	
"	"	" 2509.7.009	Id.	2,34	32	60	2,32	45	--	360	0,81	20	20	Tiempo de bombeo escaso
"	"	" 2509.7.020	Id.	5,18	15	240	0,925	105	--	1.170	0,09	75	80	

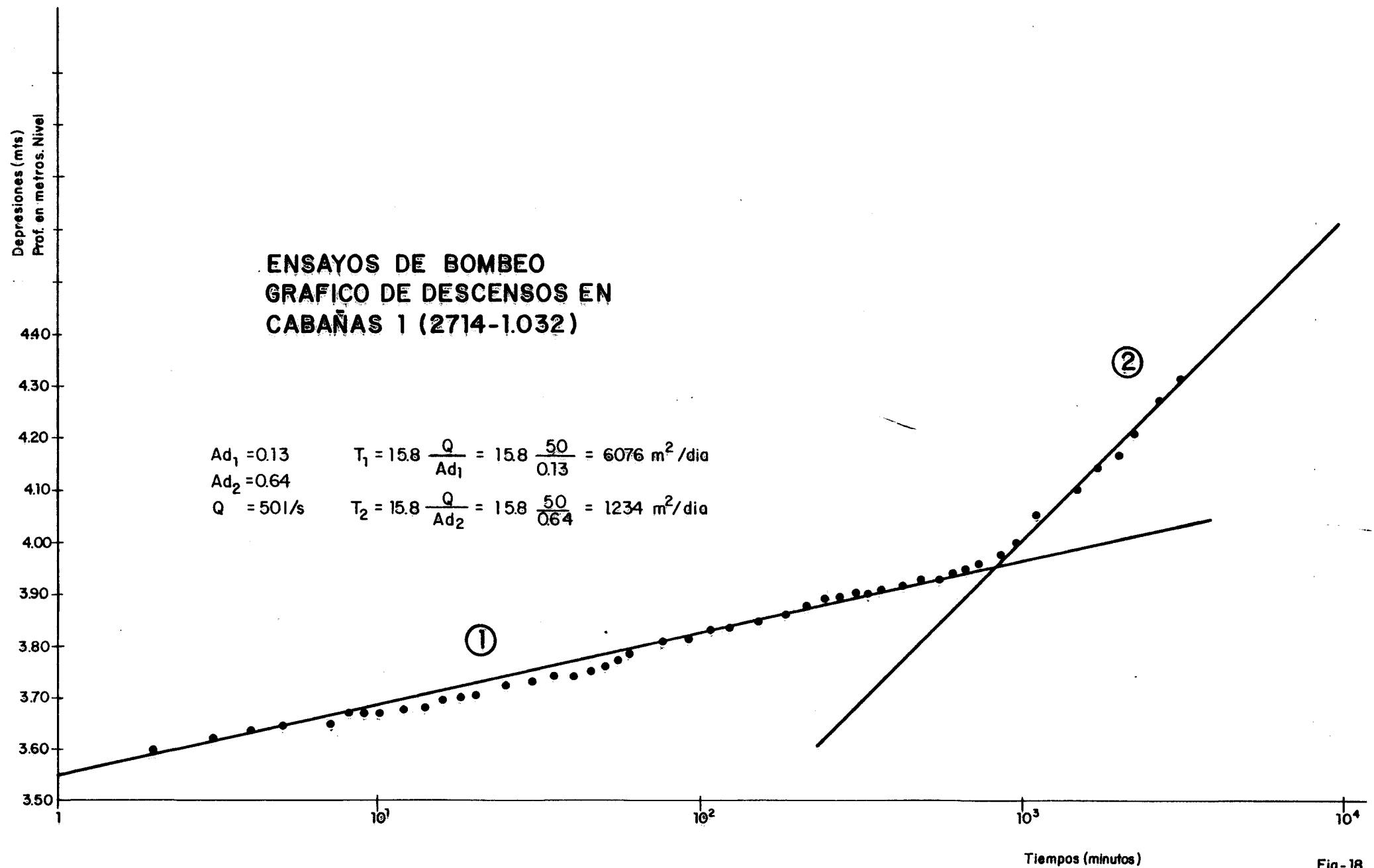
El acuífero del Cidacos presenta valores notablemente inferiores, entre 75 y 100 m<sup>2</sup>/día en los pozos productivos.

En el sector de Figueruelas-Cabañas se han realizado ensayos de bombeo y recuperación interpretados por los métodos de Jacob y Theis. Los valores extremos de la Transmisividad son 1200 y 9480 m<sup>2</sup>/día con una media de 4400 m<sup>2</sup>/día. (Fig. 18 a 23).

En el Bajo Gállego los ensayos realizados han arrojado valores de la transmisividad muy inferiores a los que serían lógicos a la vista del espesor de gravas cortado por los sondeos. Ello lo achacamos a que el aforo fué realizado cerca de dos años después de la terminación de los pozos y sin apenas ningún proceso de desarrollo y limpieza. (Fig. 24-25).

En los casos de los sondeos Cabañas II-Cabañas IV y Figueruelas III, con unos caudales de 5,5 y 7 litros por segundo, respectivamente, no se han considerado en las pruebas de bombeo al ser calificados como negativos a efecto de una explotación rentable. El sondeo Cabañas III, al tener defectos de construcción y perforar otro al lado se utilizó como piezómetro.

Analizando los resultados obtenidos vemos que con caudales del orden de los 30 a 50 l/sg. tenemos unos descensos de nivel que van de 0.65 a 2.96 m. cifras que dan unos caudales específicos muy estimables, lo mismo que las transmisividades que van para la terraza baja T<sub>1</sub> desde 1200 m<sup>2</sup>/día, para el caso más desfavorable, a 6 312 m<sup>2</sup>/día, siendo las de este orden las más normales. En cuanto a la terraza alta, T<sub>3</sub> se ha obtenido un valor muy semejante también, de 6 770 m<sup>2</sup>/día, si



# BOMBEO REALIZADO EN EL SONDEO CABAÑAS N° 3(bis) (2714-1.035)

NIVEL DE AGUA (m)

1.40  
1.60  
1.80  
2.00  
2.20  
2.40  
2.60  
2.80  
3.00  
3.20  
3.40  
3.60  
3.80  
4.00  
4.20  
4.40

## DESCENSO

POZO DE BOMBEO

$$i = 0.4 \text{ m.}$$

$$Q = 108 \text{ m}^3/\text{h.}$$

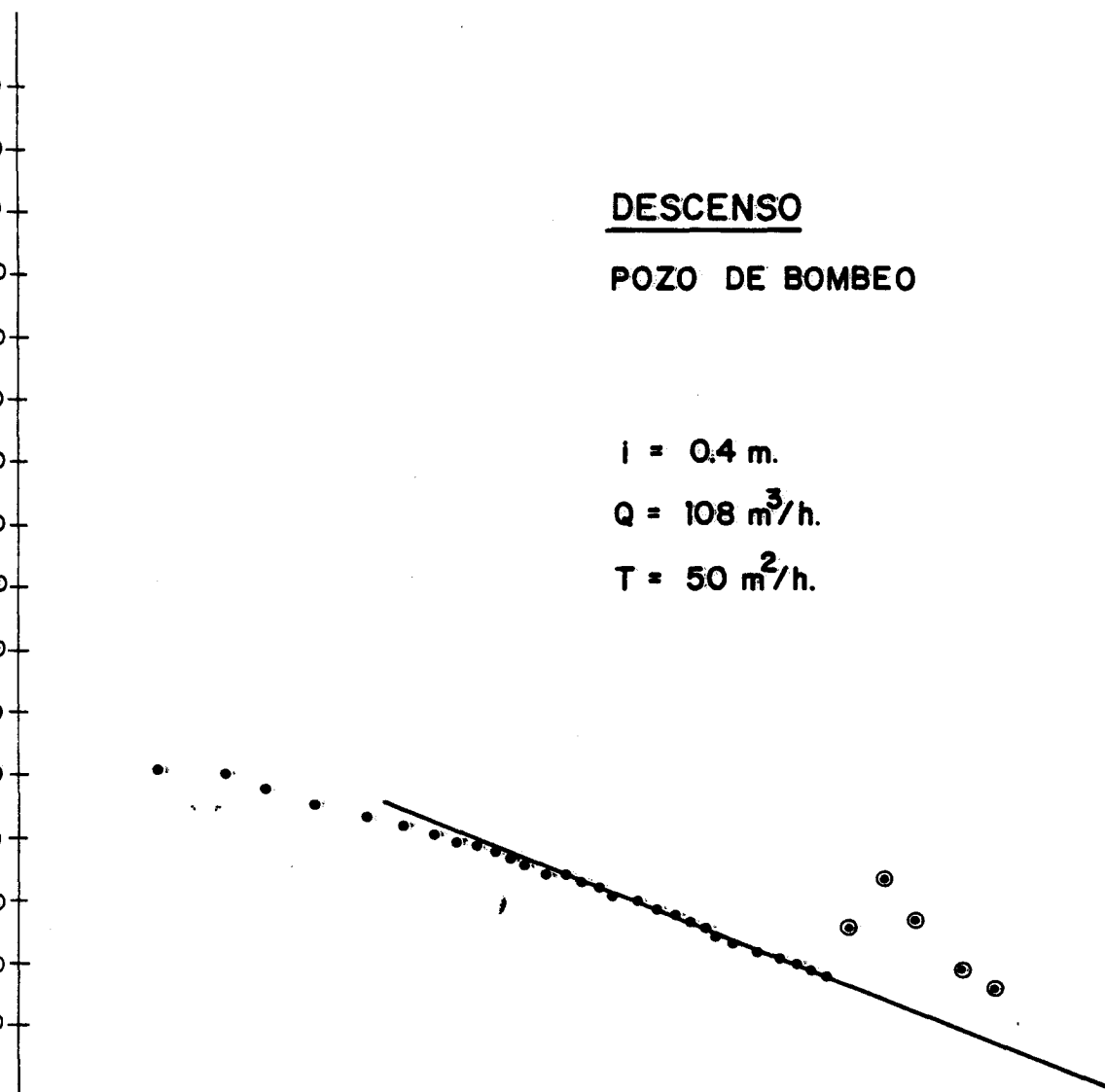
$$T = 50 \text{ m}^2/\text{h.}$$

● ZONA INFLUENCIADA POR EFECTO DEL RIEGO

1                      10<sup>1</sup>                      10<sup>2</sup>                      10<sup>3</sup>                      10<sup>4</sup>

t minutos

Fig-19



# BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO "CABAÑAS 5" (2714-1.037)

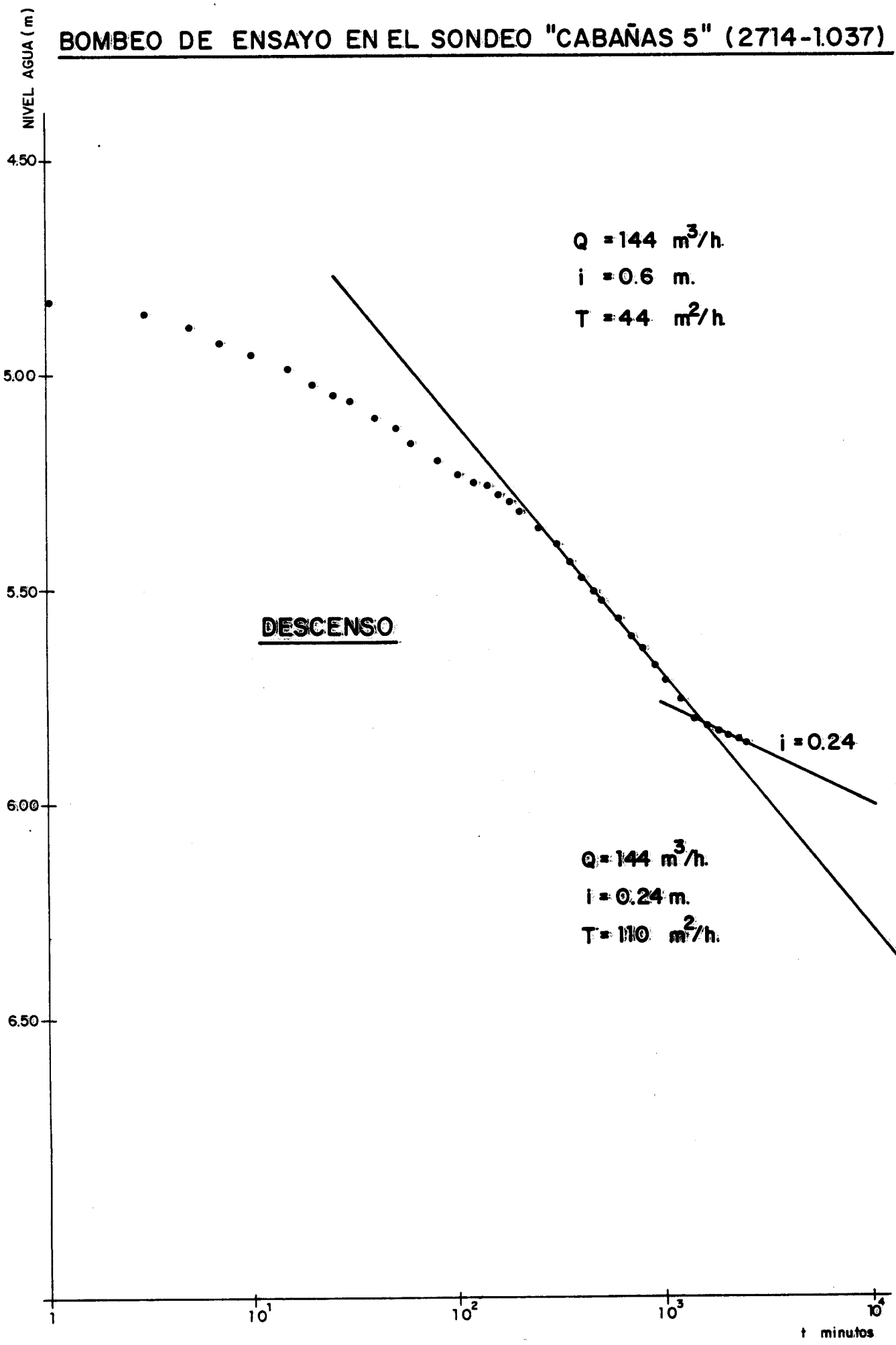
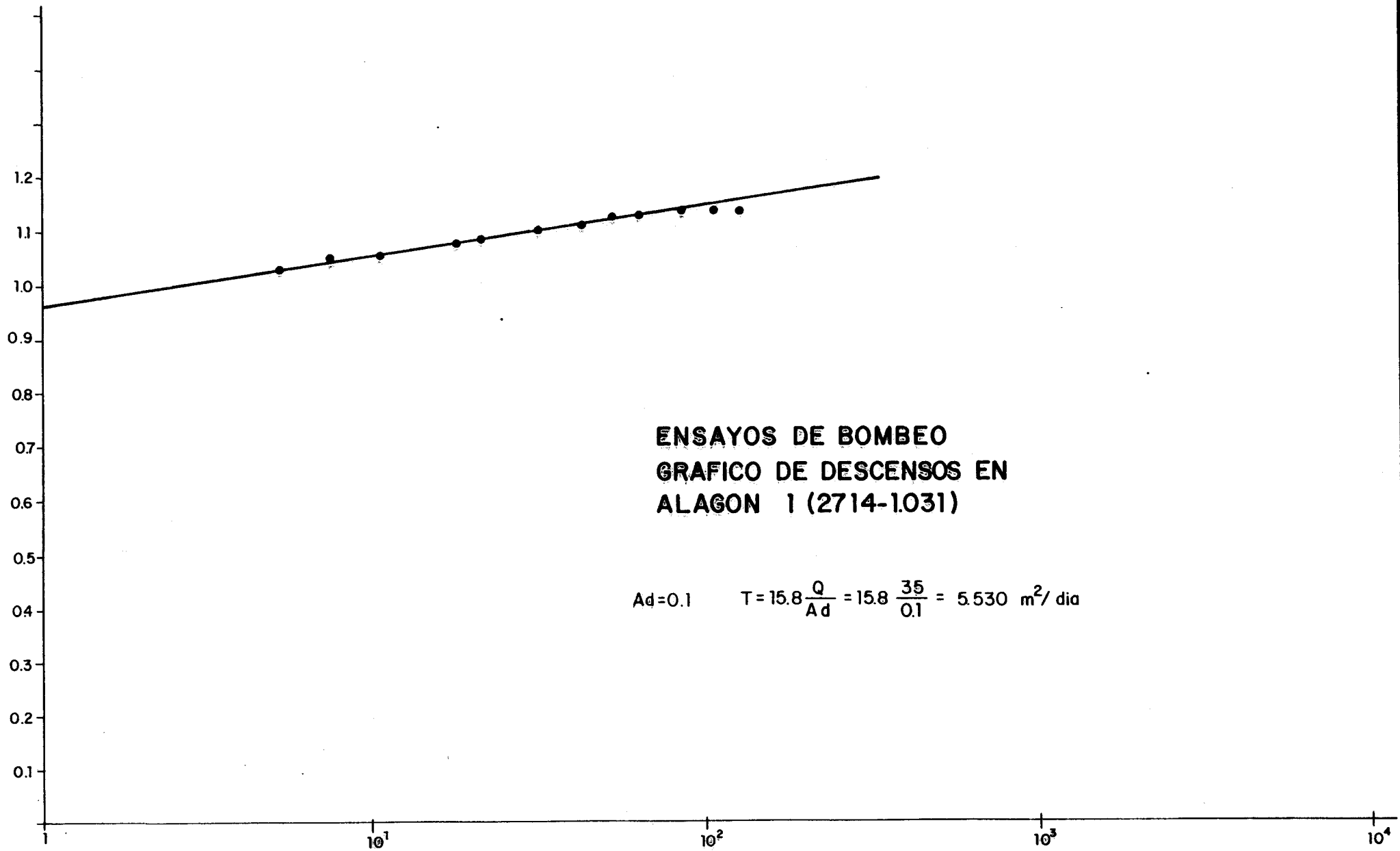


Fig. 20

DEPRESIONES (mts)



**ENSAYOS DE BOMBEO  
GRAFICO DE DESCENSOS EN  
ALAGON 1 (2714-1.031)**

$Ad=0.1 \quad T=15.8 \frac{Q}{Ad} = 15.8 \frac{35}{0.1} = 5.530 \text{ m}^2/\text{dia}$

Tiempos (minutos)

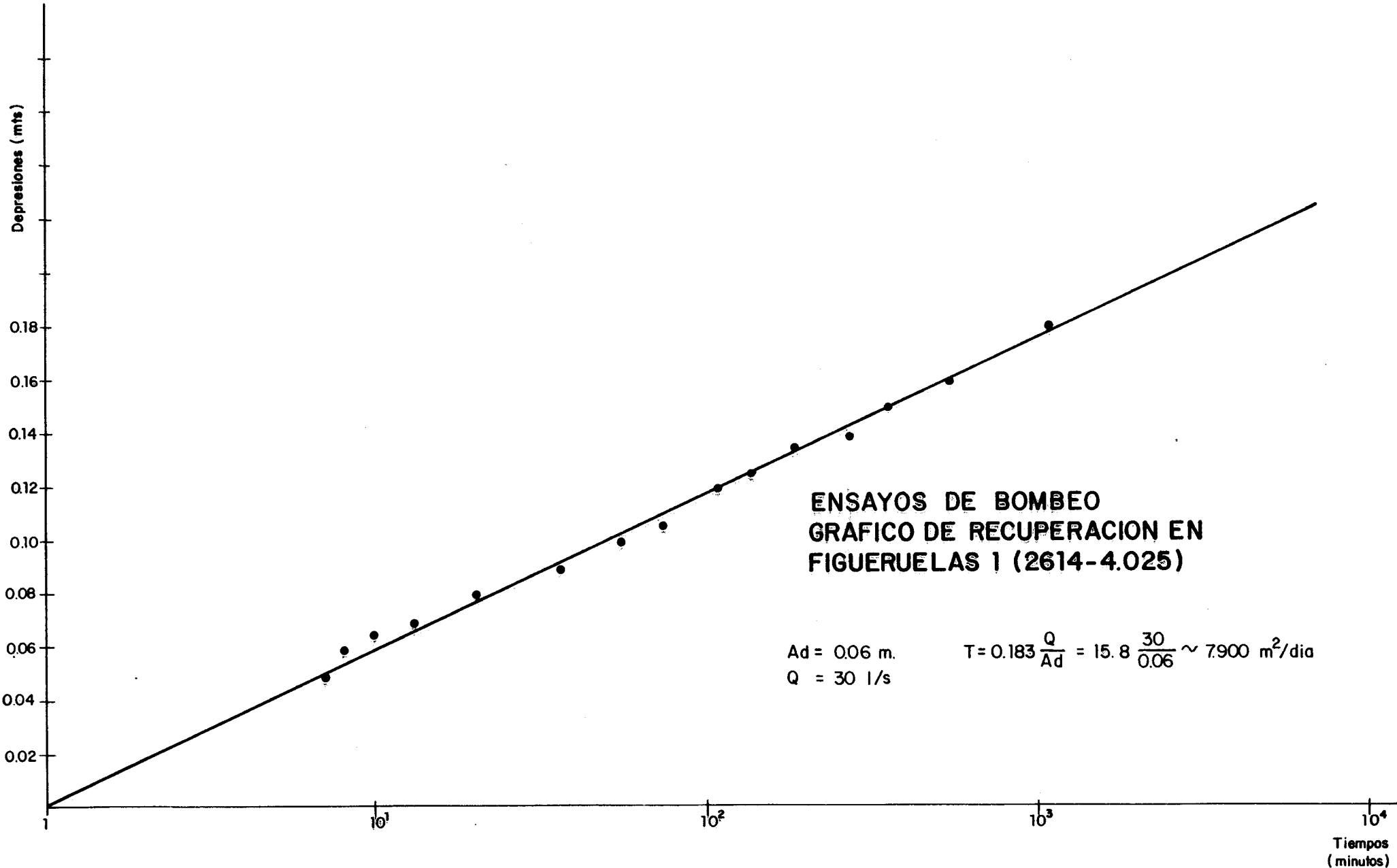


Fig-22

**BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO FIGUERUELAS N° 2(2714 -1.038)**

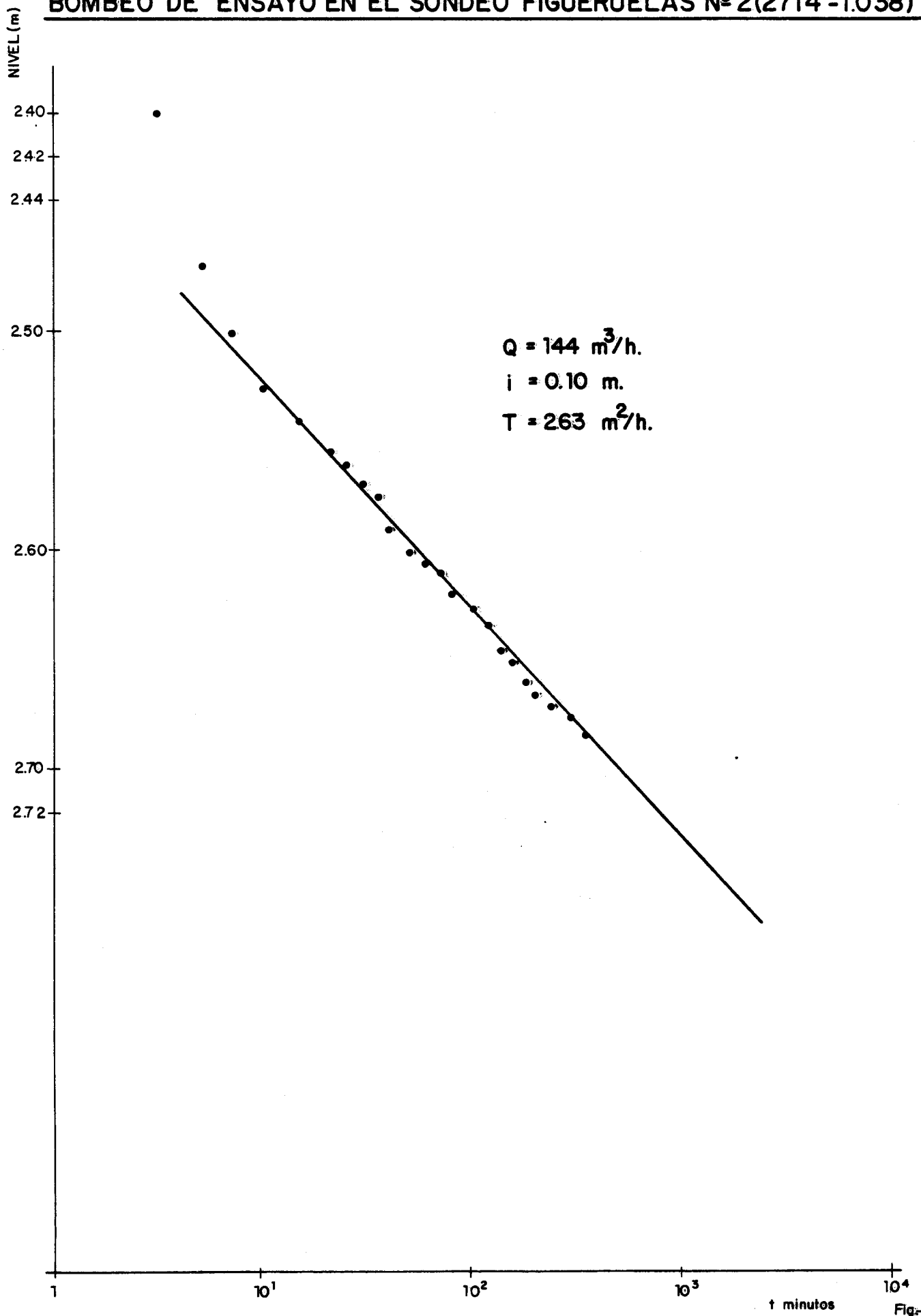


Fig-23

BOMBEO EN EL SONDEO GALLEGO N°1 (2814-5.068)

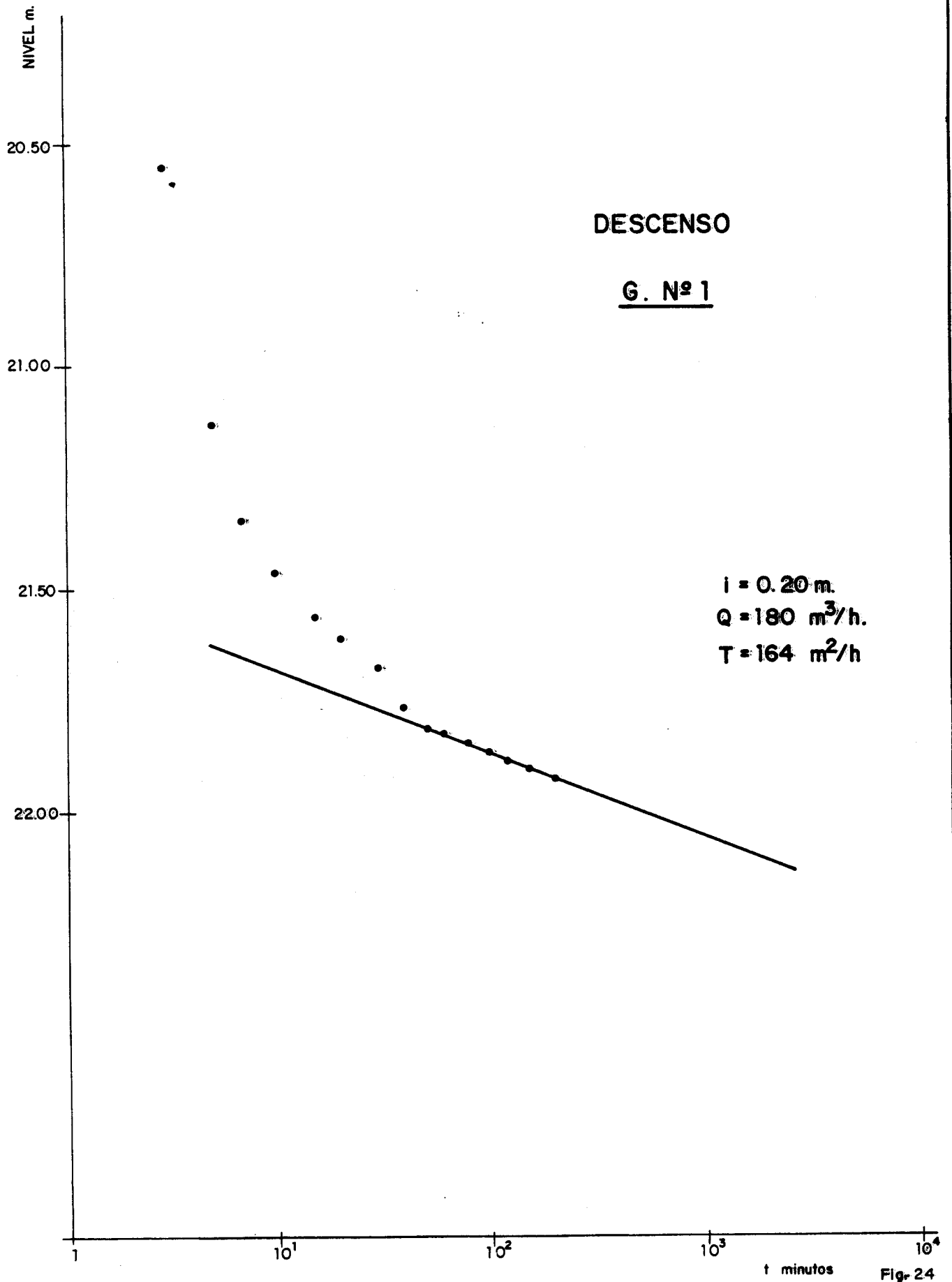


Fig-24

# BOMBEO EN "GALLEGO Nº 1" (2814-5.068)

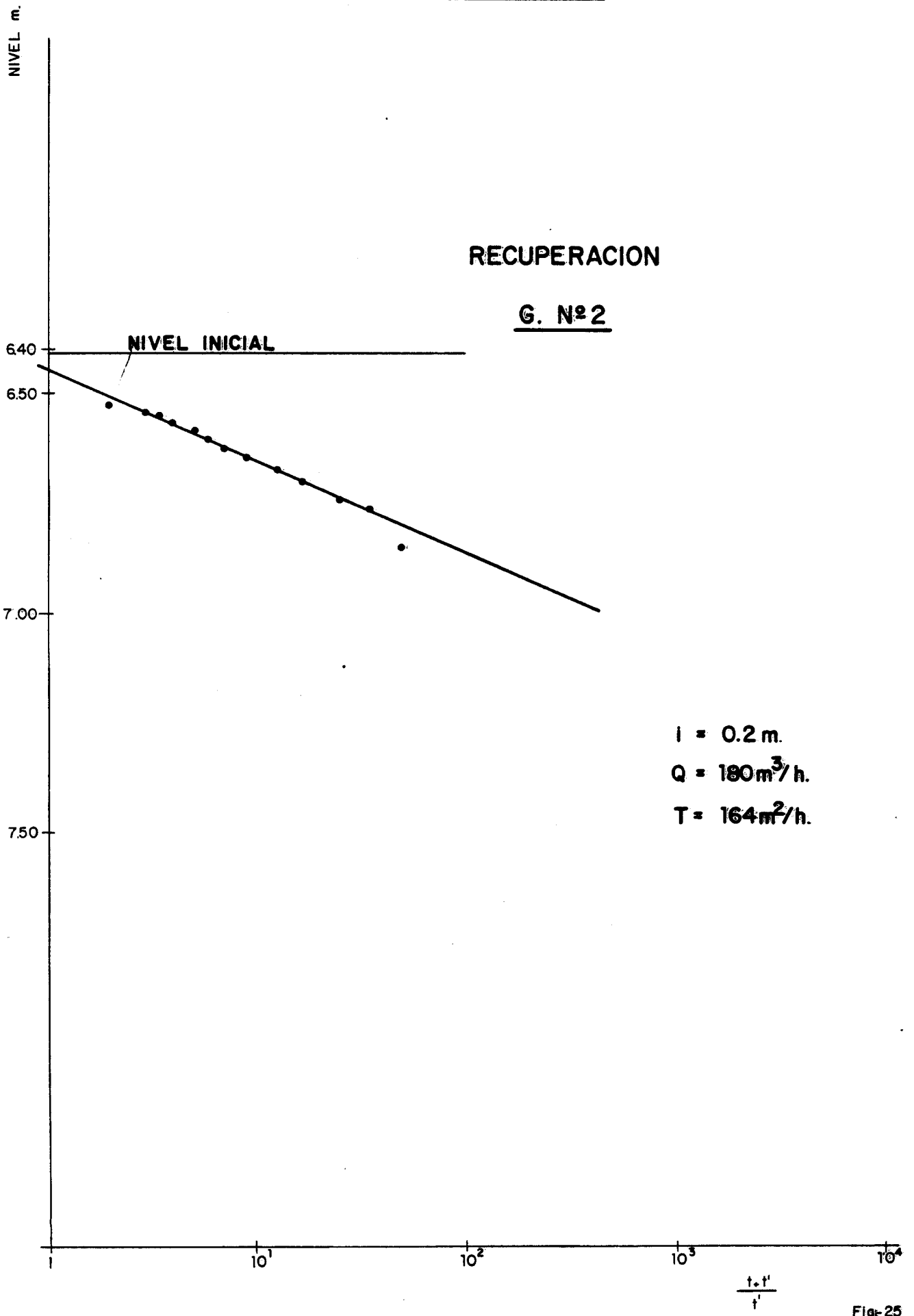


Fig-25

bien en ella se han hecho menos ensayos dada la menor recarga que tiene, y ser menos interesante para su explotación.

En los ensayos realizados por el SGOP (1976) en las proximidades de Zaragoza los valores de la Transmisividad obtenidos oscilan entre 396 y 2820 m<sup>2</sup>/día.

De los ensayos se deduce que las transmisividades obtenidas por el método de Theis (recuperación) y de Jacob son bastante similares y los valores obtenidos por el método de Papadópulos, por lo general, sensiblemente superiores.

Atendiendo a los ensayos, a la fiabilidad de los datos y a los caudales específicos aportados por el inventario se pueden resumir los valores de la transmisividad de la siguiente forma:

Acuífero del Ebro: Transmisividades entre 500 y 10 000 m<sup>2</sup>/día siendo las más frecuentes las comprendidas entre 1500 y 2500 m<sup>2</sup>/día.

Acuífero del Aragón: Transmisividades entre 400 y 3000 m<sup>2</sup>/día

Acuífero del Cidacos: Transmisividades inferiores a 100 m<sup>2</sup>/día

Acuífero del Gállego: Transmisividades entre 5000 y 10.000 m<sup>2</sup>/día.

Acuíferos del Cinca y Segre: Transmisividades entre 100 y 500 m<sup>2</sup>/día.

Acuíferos de los ríos de la margen izquierda: Transmisividades entre 10 y 100 m<sup>2</sup>/día.

Conviene resaltar que los valores obtenidos en los ensayos son por defecto, ya que los pozos son solo parcialmente

CUADRO Nº 10

SONDEOS DEL IGME.

SISTEMA 62a

SONDEO Nº	PROFUNDIDAD m.	NIVEL m.	CAUDAL L/Seg	DESCENSO m.	TRANSMISIVIDAD m <sup>2</sup> /día
2614.4.025 "FIGUERUELAS.1"	33	9,45	30	0,65	6.770-9.480
2714.5.010 "JALON-1"	20	6.51			--
2714.1.031 "ALAGON-1"	23	2,20	35	1,125	2.000
2714.1.032 "CABAÑAS-1"	15	2,06	50	1,74	6.076
2714.1.033 "CABAÑAS-2"	11	1,55	5	Se agota.	--
2714.1.034 "CABAÑAS-3"	17	1,47			
2714.1.035 "CABAÑAS-3.bis"	14	1,10	30	2,86	1.200
2714.1.036 "CABAÑAS-4"	11	2,07	3,6	Se agota.	
2714.1.037 "CABAÑAS-5"	15	4,16	40	2,96	1.440
2714.1.038 "FIGUERUELAS-2"	15	1,91	40	0,78	6.312
2714.1.039 "FIGUERUELAS-3"	9	2,12	3,6	Se agota.	--
2814.5.068 "GALLEGO-1"	70	5,10			
2814.1.027 "GALLEGO-2"	56	16,10			
2814.1.028 "GALLEGO-3"	58	8,80			
2815.7.012 FUENTES-2	13	1,20			
2815.8.002 FUENTES-1	12	3,80			
2816.4.005 "PINA-2"	12	2,90			
2916.1.003 "PINA-1"	13	2,89			

penetrantes a excepción de los realizados recientemente.

Ello se puso de manifiesto claramente con la realización de un modelo matemático de simulación, en la parte central del acuífero del Ebro en su confluencia con el Aragón, pues para ajustarlo hubo que aumentar los valores de la transmisividad.

El modelo permite obtener un esquema de funcionamiento hidráulico en base a unos datos de recarga-descarga y a una hipótesis de transmisividad. Si los datos son coherentes y reproducen de forma correctamente aproximada la piezometría observada puede considerarse que el orden de magnitud adoptado para las transmisividades es aceptable. Ello ha permitido en esa zona obtener una carta de transmisividades en base a los órdenes de magnitud que se exponen a continuación.

La zona más transmisiva corresponde a los márgenes izquierdas del Ebro y Aragón en su confluencia, donde oscilan entre 2000 y 10.000 m<sup>2</sup>/día. Las transmisividades medias obtenidas en los ensayos de bombeo serían pues algo bajas.

La terraza inferior del Arga funciona con unos 500 m<sup>2</sup>/día en la margen izquierda y más variable en la media: desde 100-200 hasta 1000 m<sup>2</sup>/día con lo que el valor obtenido en los ensayos sería bastante adecuado.

En la confluencia del Aragón las transmisividades de la margen izquierda oscilan entre 500 y 1000 m<sup>2</sup>/día, mientras que las de la margen derecha llegan a los 3000 m<sup>2</sup>/día. Los valores obtenidos en los ensayos de bombeo son también aceptables.

CUADRO Nº 11

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS ACUIFEROS

	Ext.Sup. Km <sup>2</sup>	Espesor saturado m.	Volumen Hm <sup>3</sup>	Porosidad	Capacidad Hm <sup>3</sup>	Transmisividad m <sup>2</sup> /día
<b>EBRO</b>						
Tramo Logroño-Cortes	450	20	9.000	0.1	900	1000-10000
" Cortes-Zaragoza	350	8	2800	0.1	280	1000-5000
" Zaragoza-Gelsa	170	6	1020	0.1	102	500-2000
ARAGON INFERIOR	280	12	3360	0.1	336	50-1000
GALLEGO INFERIOR	90	30	2700	0.1	270	5000-10000
CINCA INFERIOR	70	6	420	0.1	42	100- 200
SEGRE INFERIOR (comprendido el N.Ribagorzana)	110	10	1100	0.05	55	100- 500
RIOS DE MARGEN DERECHA	150	5	750	0.05	37	10- 100
<b>T O T A L</b>	<b>1670</b>	<b>12*</b>	<b>20430</b>	<b>0.5-1*</b>	<b>2022</b>	<b>1000- 2000*</b>

\* Datos medios.

El coeficiente de almacenamiento es más problemático de obtener, pues no se ha dispuesto de piezómetros en los ensayos de bombeo realizados. Únicamente en el sondeo Cabañas 3 bis se obtuvo el valor de 0.05.

Los valores de 0.1 y 0.05 para la porosidad eficaz se han tomado de forma un tanto estimativa por comparación con valores obtenidos en acuíferos de características similares y mejor conocidos. En el informe del SGOP de la zona próxima a Zaragoza, se estima el coeficiente de almacenamiento entre 0.1 y 0.2, pero no se aporta ningún dato concreto.

#### 5.4. RENDIMIENTO DE LOS POZOS

A partir de los datos de inventario de puntos acuíferos (813 fichas) se puede llegar a una aproximación de los datos de caudales que puede suministrar este acuífero, si bien como ya hemos visto los ensayos de bombeo son escasos. Se ha contado además con otros 80 pozos aportados por el estudio de la D.F.N. en el ámbito de las provincias de Navarra y Logroño.

La media de caudales extraídos del Ebro es superior a la de sus afluentes. En general los rendimientos son superiores a los deducidos en los parámetros hidrogeológicos, debido a la presencia de barreras positivas que estabilizan el nivel dinámico.

En el caso de los ensayos de bombeo realizados en Cabañas se llega a la conclusión de que con depresiones en los pozos de unos 4 m. se podrían obtener caudales del orden de los 80 l/seg. en la terraza alta  $T_3$ , mientras que en la baja -

con depresiones de 2.5 m. se alcanzarían caudales de 30 l/seg. La probabilidad de obras de por lo menos similar rendimiento es muy alta a lo largo de todo el acuífero.

Utilizando el inventario de pozos actual, los caudales medios de los pozos oscilan entre 10 y 25 l/seg. Pero hay que destacar que los caudales bombeados lo son en función de la demanda que no es excesiva. En los ensayos de bombeo efectuados en los pozos experimentales recientes, los caudales son notablemente superiores con caudales específicos que oscilan entre 30 y 200 l/seg. por metro de descenso.

Se han realizado algunos pozos radiales entre los que destacan los abastecimientos de Tudela (20000 habitantes) y Gallur (4500 habitantes) pero no se explotan al límite de sus posibilidades.

Considerando el valor de las medianas, es decir el caudal cuya probabilidad de ser superado al construir un pozo nuevo es del 50%, se tienen los siguientes valores en cada zona.

MEDIANAS DE CAUDAL

	<u>Q (l/seg.)</u>
Ebro	18
Aragón	12
Arga	28
Ega	2
Cidacos	6
Gállego	30
Cinca	8
Segre	12
M.Derecha	4

El valor de las medianas aumenta siempre en dirección a los núcleos de la demanda: Tudela, Zaragoza, Lérida lo que prueba una vez más que los caudales de explotación vienen impuestos no por las posibilidades del acuífero sinó por las necesidades. Debido a ello no existe preocupación en la zona por la eficiencia de los pozos pues pueden obtenerse los caudales necesarios con sondeos incompletos y no siempre bien construídos.

#### 5.5. REGIMEN DEL ACUIFERO. PIEZOMETRIA.

A partir de los datos del inventario se ha realizado un mapa de isopiezas del sector Cortes-Gelsa (Plano - nº 7 ).Debido a la falta de nivelación topográfica los errores en los niveles pueden llegar a los 10 m., diferencia muy superior a las variaciones de nivel que se producen en ellos.

De la observación del mapa sin embargo se deducen una serie de características generales. El río Ebro drena al acuífero (carácter efluente) a lo largo de todo su curso. También el Jalón y el Aragón presentan este caracter.

El Arba y el Gállego se comportan igual, excepto en los tramos más bajos de su curso, invirtiéndose el régimen - desde Tauste y Zuera respectivamente, hasta su desembocadura en el Ebro. En el Gállego el gradiente entre el río y el acuífero oscila entre el 3 y 4<sup>o</sup>/100.

Asimismo y aunque los datos son inferiores el Huecha y el Huerva se manifiestan "influyentes" en sus tramos finales.

Los gradientes del acuífero son variables a lo largo de todo el recorrido. En las proximidades de Gallur supera el  $7^{\circ}/_{00}$ , disminuyendo paulatinamente, aguas abajo hasta con seguir menos del  $3^{\circ}/_{00}$  al sur de Zaragoza.

En el Bajo Gállego el gradiente oscila entre el 2.5 y el  $3.5^{\circ}/_{00}$ .

Teniendo en cuenta que la transmisividad es inversamente proporcional al gradiente hidráulico, los mayores valores de aquélla se localizarán en las siguientes zonas:

- margen derecha del Ebro desde las proximidades de Casetas hasta Zaragoza.
- margen izquierda del Ebro, desde Zaragoza a Pastriz.
- zona del bajo Gállego.

No se aprecian en toda la zona conos de depresión importantes, lo que demuestra que las zonas de mayor explotación se encuentran ubicadas precisamente en terrenos de alta transmisividad. En cualquier caso la equidistancia de las isopiezas, trazadas de 10 en 10 m, no permite apreciar este fenómeno con suficiente garantía.

A lo largo de las sucesivas campañas no se han apreciado variaciones notables en las relaciones río-acuífero. Sin embargo, los gradientes hidráulicos, y por tanto el caudal circulante se reducen en invierno, en función del aumento de niveles de la zona recargada por el río en avenidas y del descenso de niveles en la mayor parte del acuífero al cesar los regadíos.

En los aluviales de los cursos bajos del Cinca y Segre, la escasa densidad de los datos aportados por el inventario no han permitido la elaboración de un mapa isopiezométrico, pero los niveles parecen indicar que el drenaje se establece por los ríos. Así la dirección del agua subterránea tiene dos componentes, uno en sentido hacia el río y otro, paralelo al mismo en sentido aguas abajo. El bajo gradiente, alrededor de  $1-2^{\circ}/_{00}$  debe ser más bien producto de un caudal circulante pequeño que de una alta Transmisividad.

En estos ríos, asimismo y si tenemos en cuenta los datos hidrológicos (capítulo 4), el orden de magnitud de la escorrentía subterránea debe ser muy pequeño o en cualquier caso inferior al orden de error de las estaciones de aforo o a parámetros desechables en principio, tal como pudiera ser la evaporación directa de las superficies de agua libre.

Desde el inicio de la investigación hidrogeológica de la terraza del Ebro y una vez en posesión de 813 puntos acuíferos inventariados en los tramos considerados, se han venido realizando campañas de medidas periódicas de la piezometría, que nos ayudaba en el conocimiento del acuífero y de su funcionamiento, así como de las interrelaciones acuífero-río.

Aunque en el principio de los estudios (1978-79) solo se hacían dos campañas anuales de medidas piezométricas - una antes de los riegos y otra después, luego se pensó que era interesante escoger una serie de puntos en los que el seguimiento de su oscilación fuera de cadencia mensual. Así y durante los años 1980 y 1981, 38 piezómetros del sector del Ebro (correspondientes todos a la provincia de Zaragoza), fueron controlados todos los meses, poniéndose bien de manifiesto el efecto -

# EVOLUCION PIEZOMETRICA- HOJA DE TAUSTE

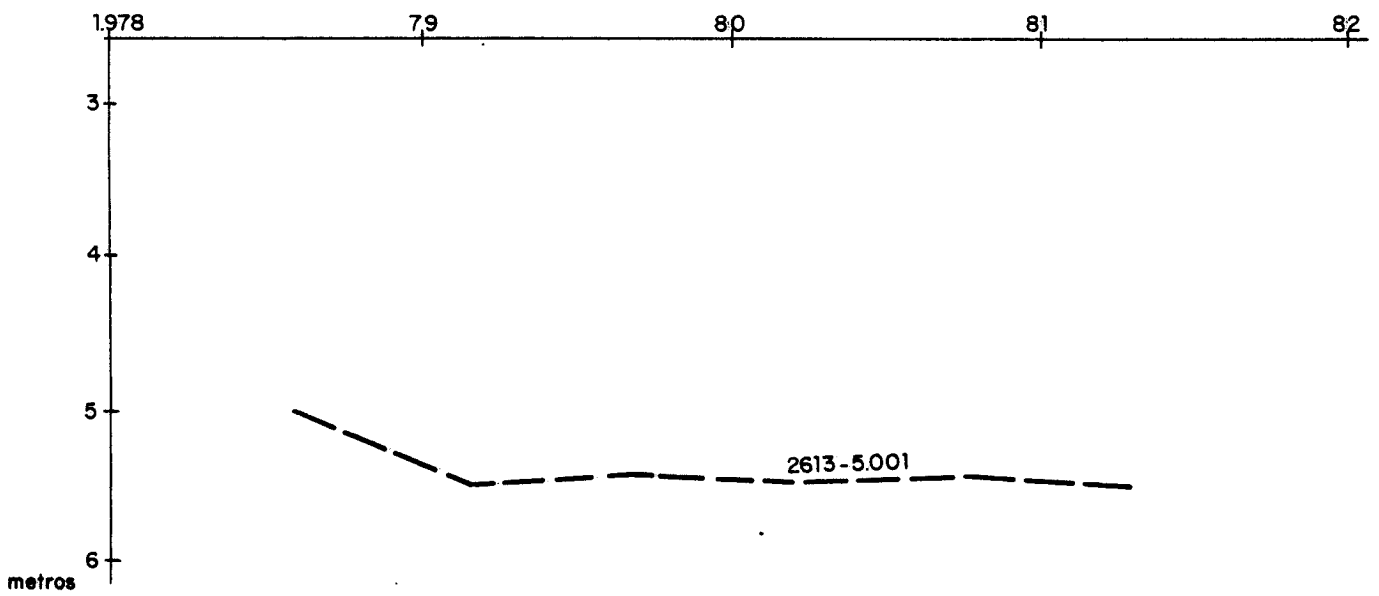
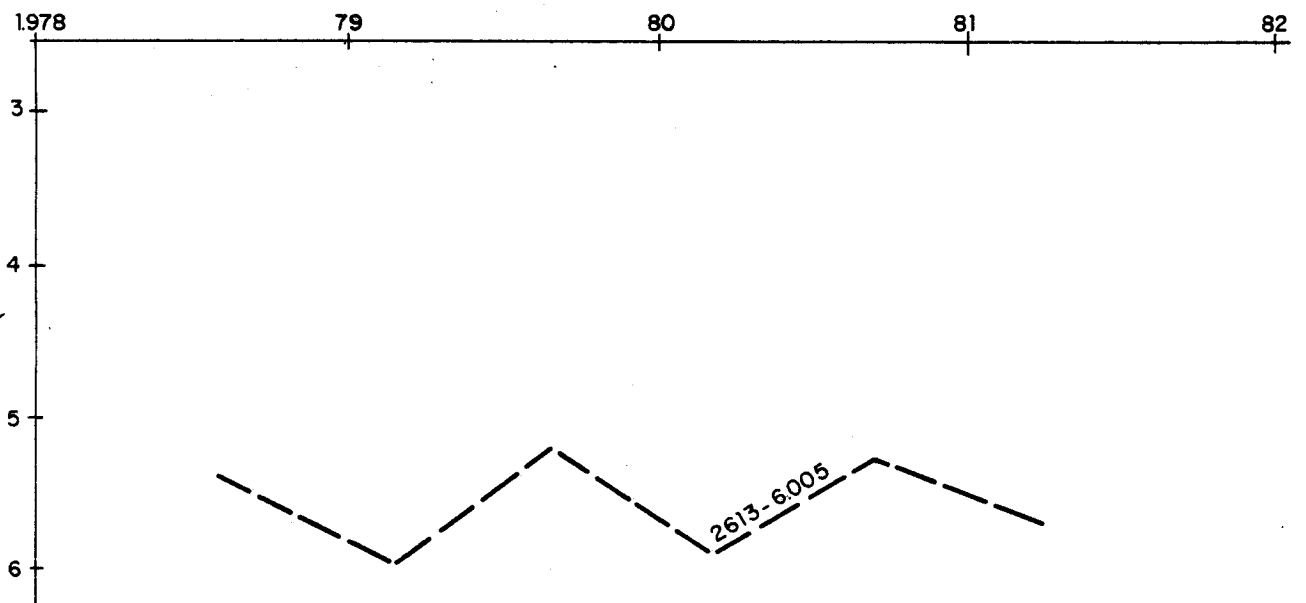
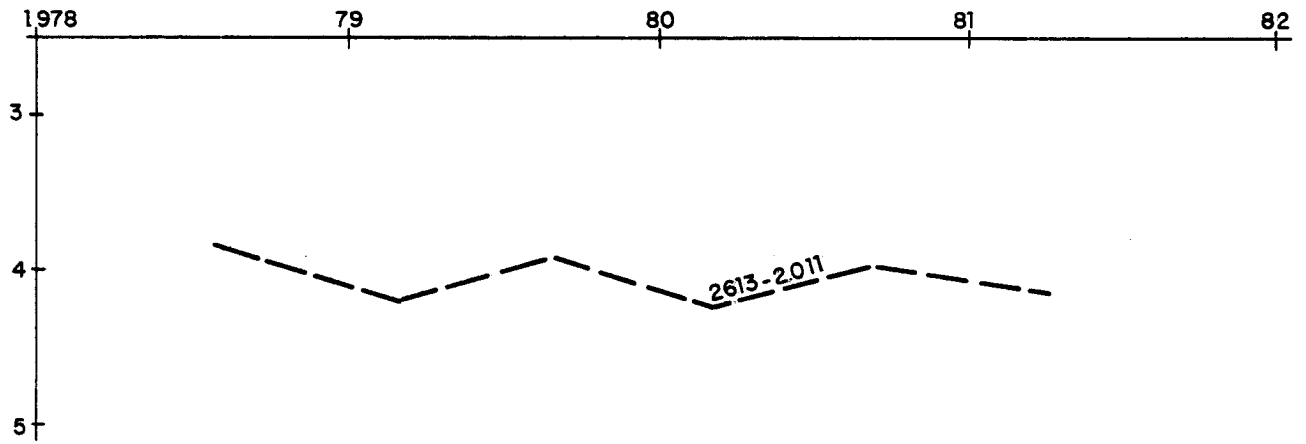
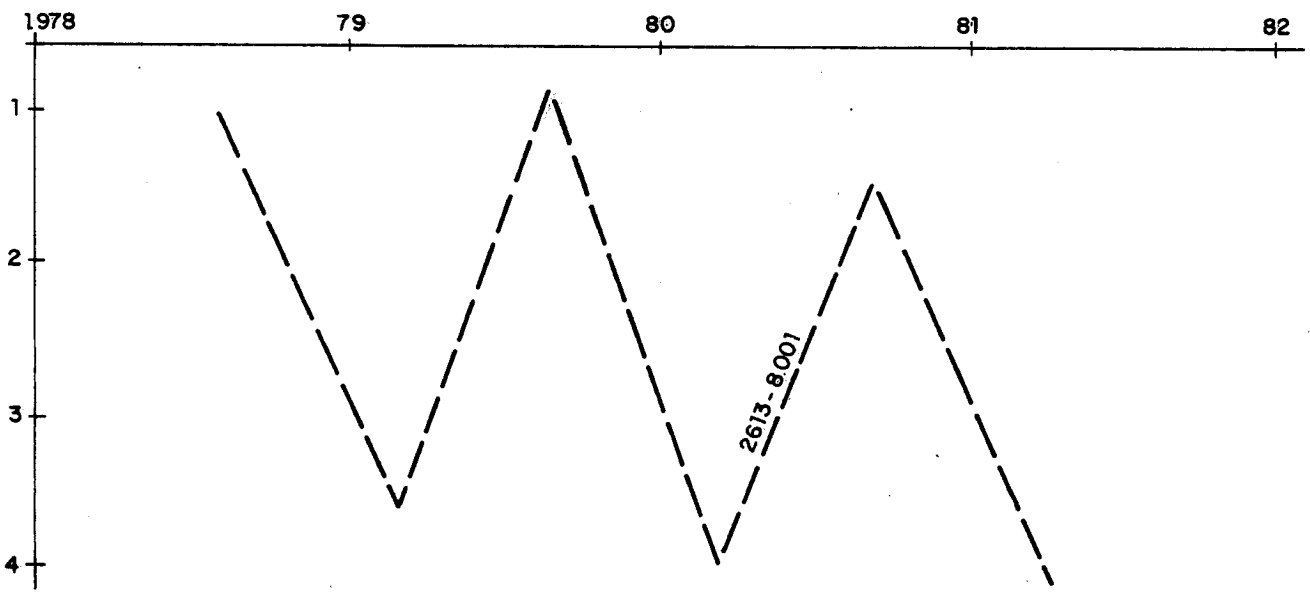
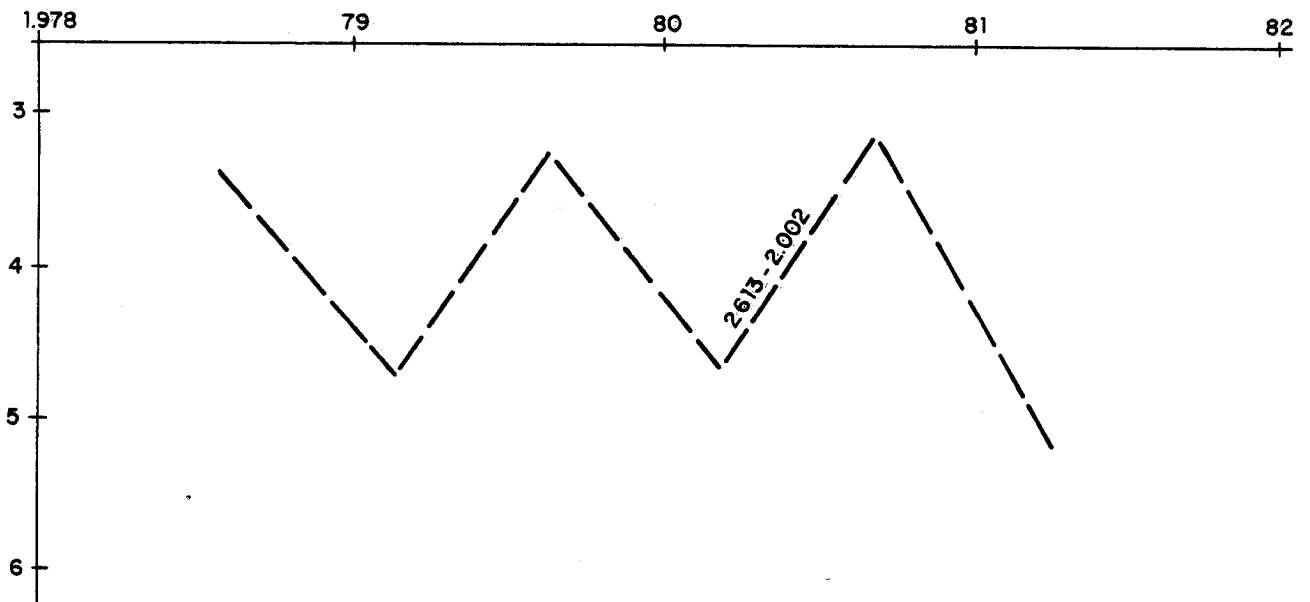
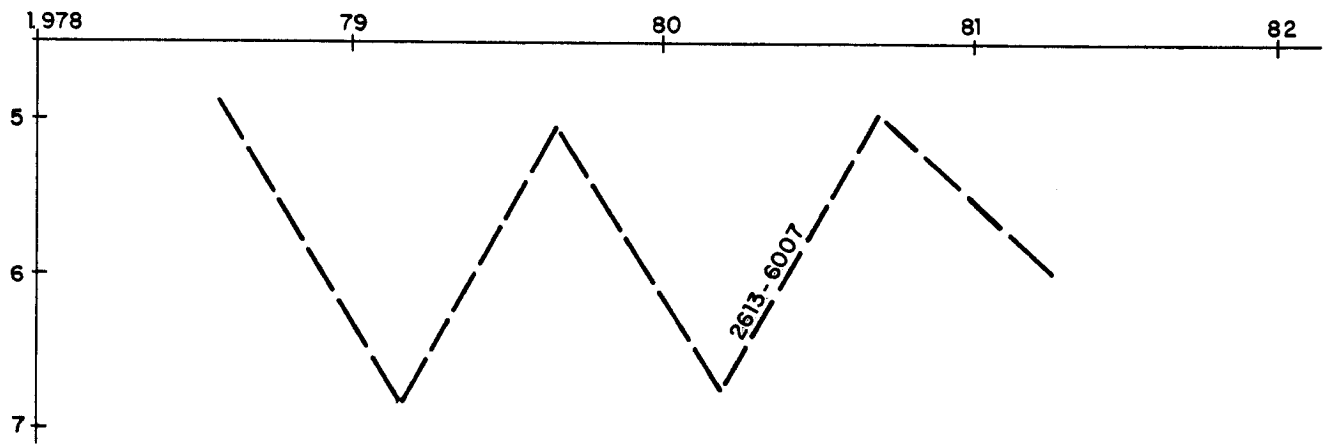


Fig-26

# EVOLUCION PIEZOMETRICA- HOJA DE TAUSTE



metros

Fig-27

**EVOLUCION PIEZOMETRICA: HOJAS DE ALAGON Y ZARAGOZA**

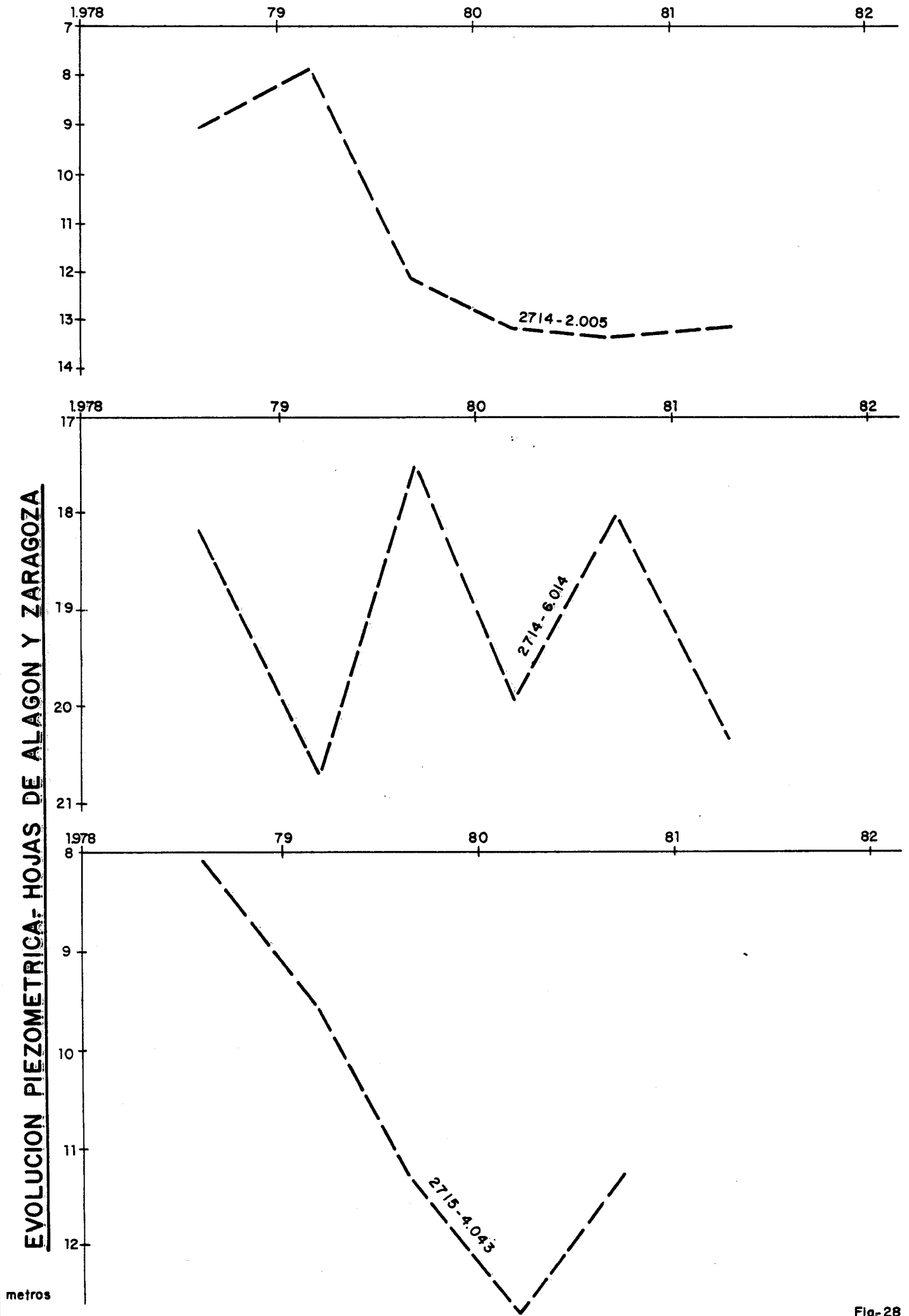
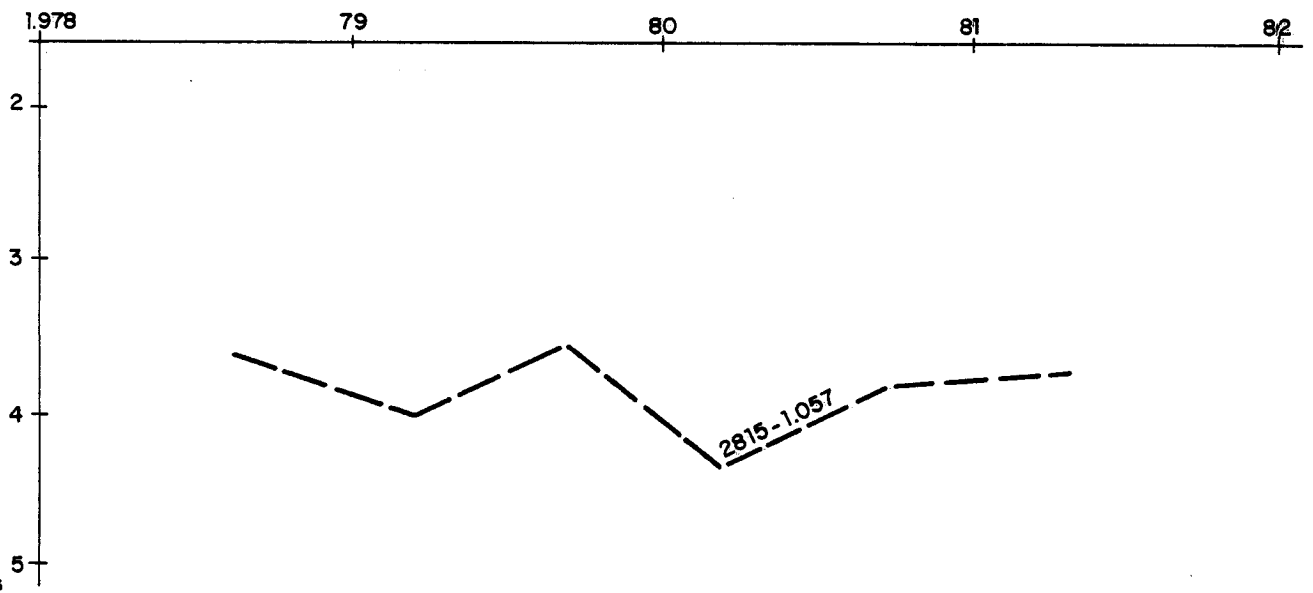
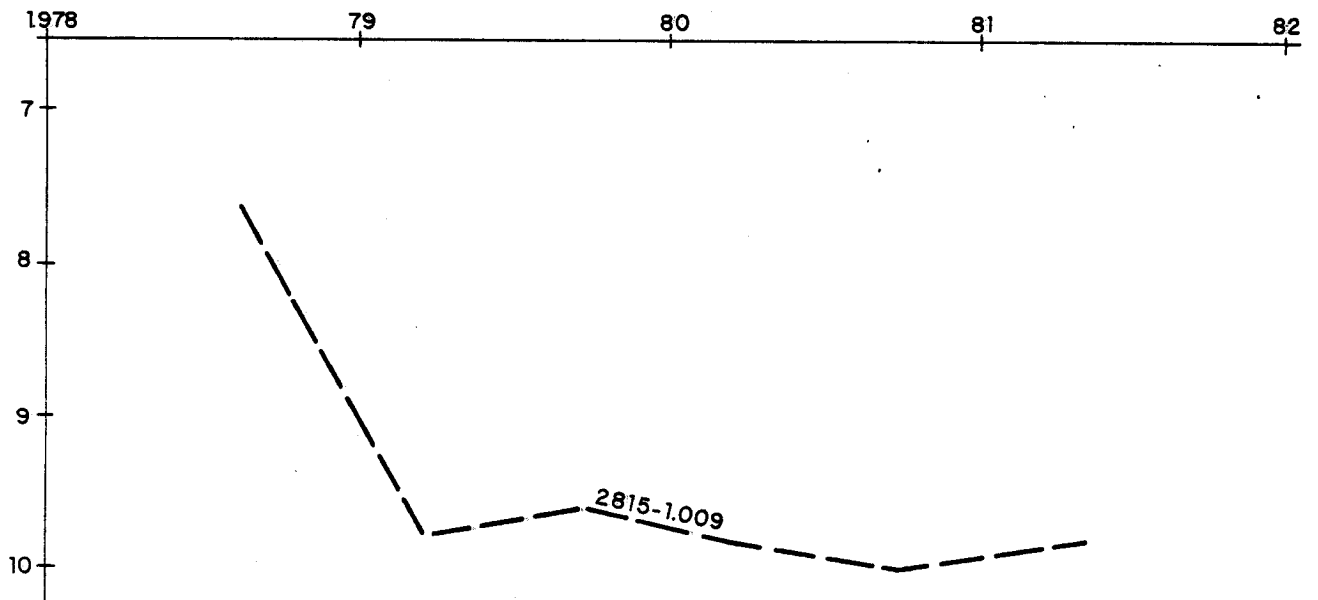
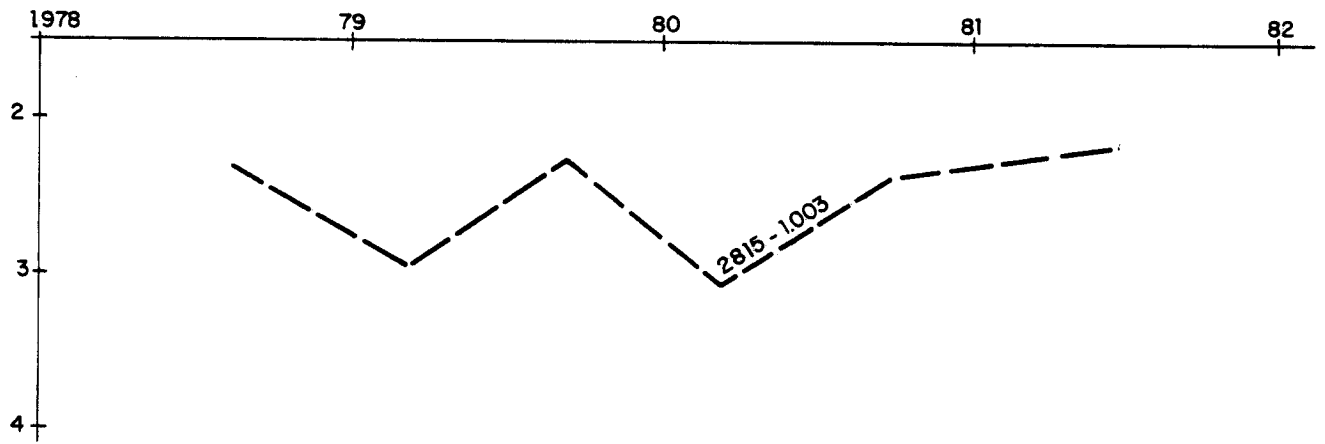


Fig-28

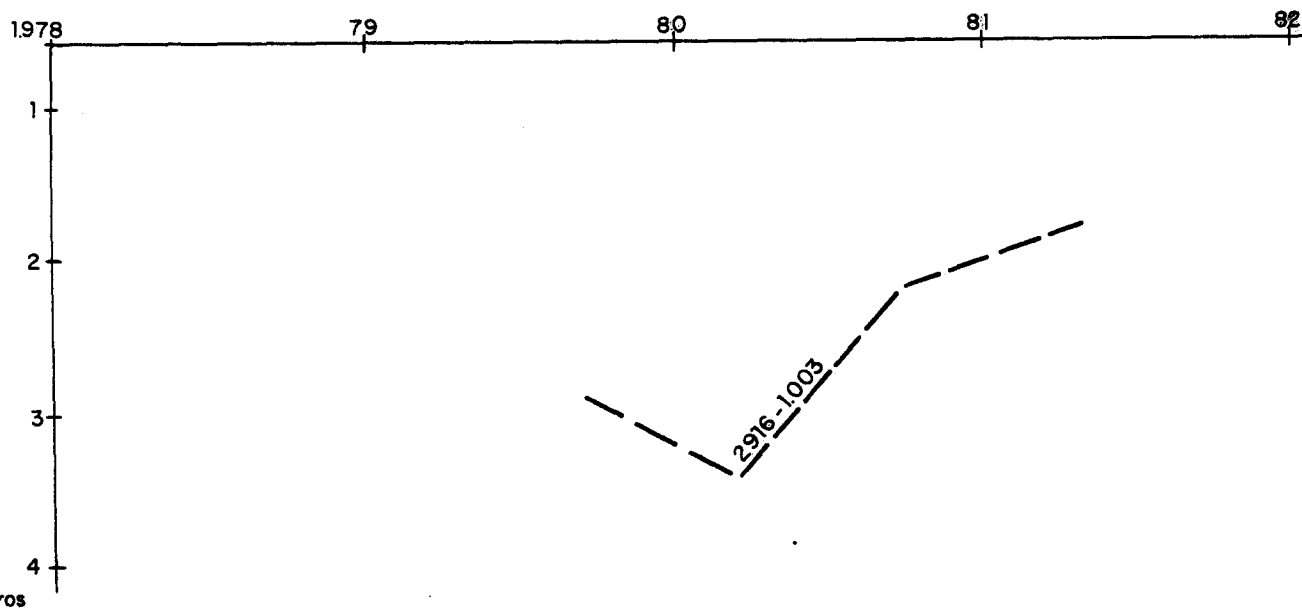
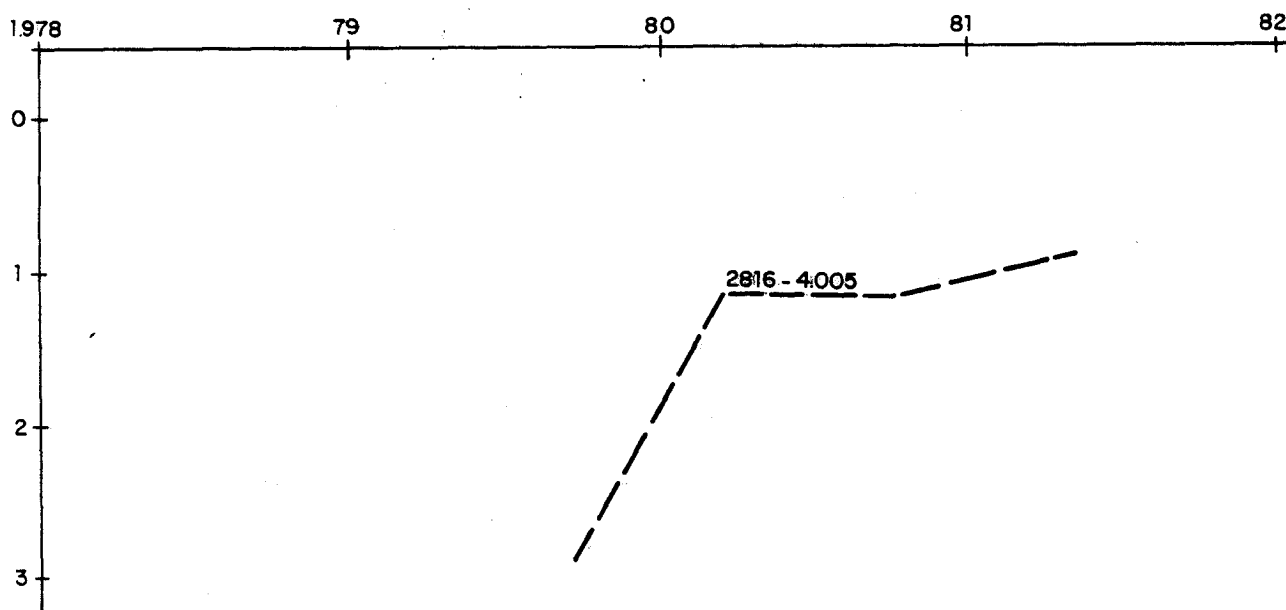
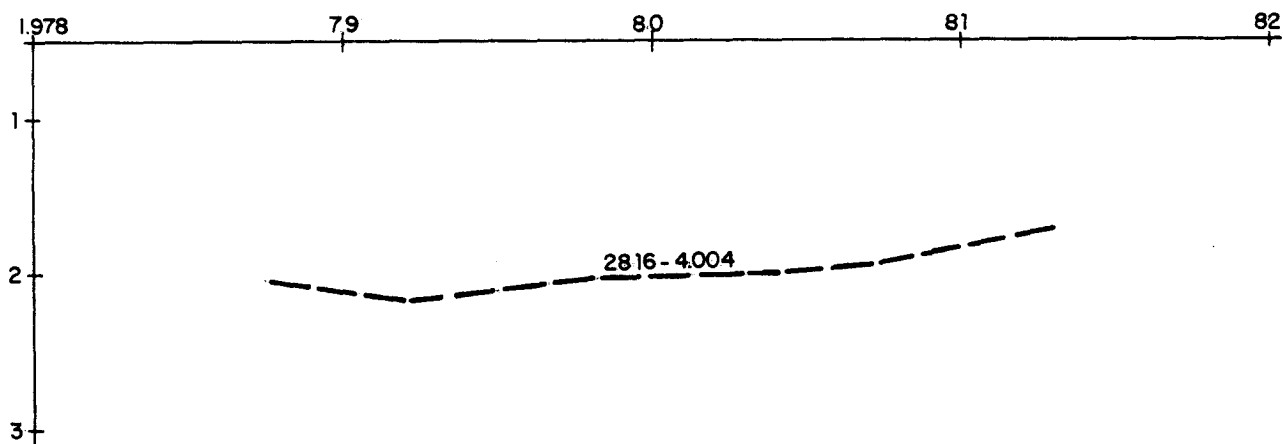
# EVOLUCION PIEZOMETRICA - HOJA FUENTES DE EBRO



metros

Fig-29

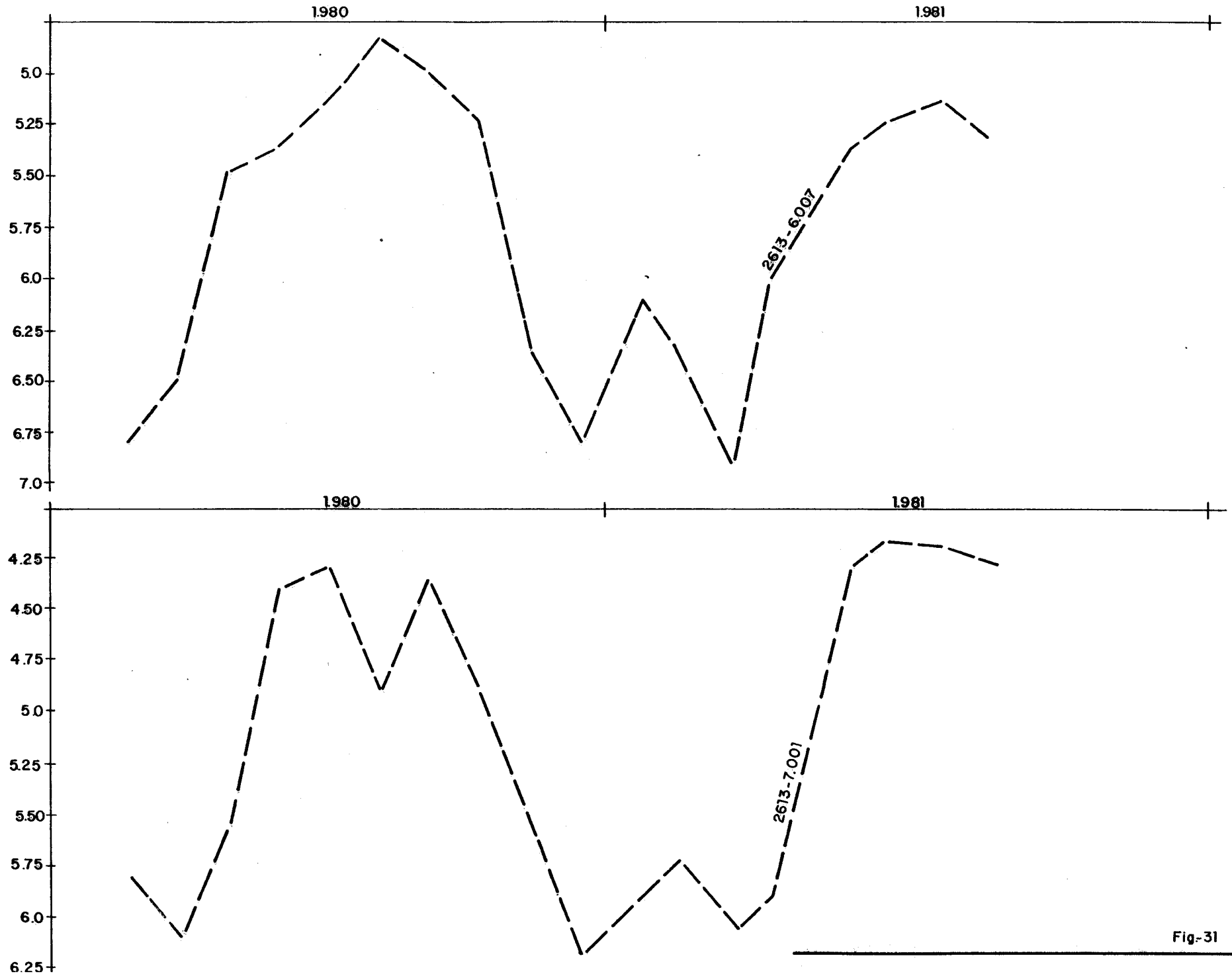
# EVOLUCION PIEZOMETRICA.- HOJA DE PINA DE EBRO



metros

Fig-30

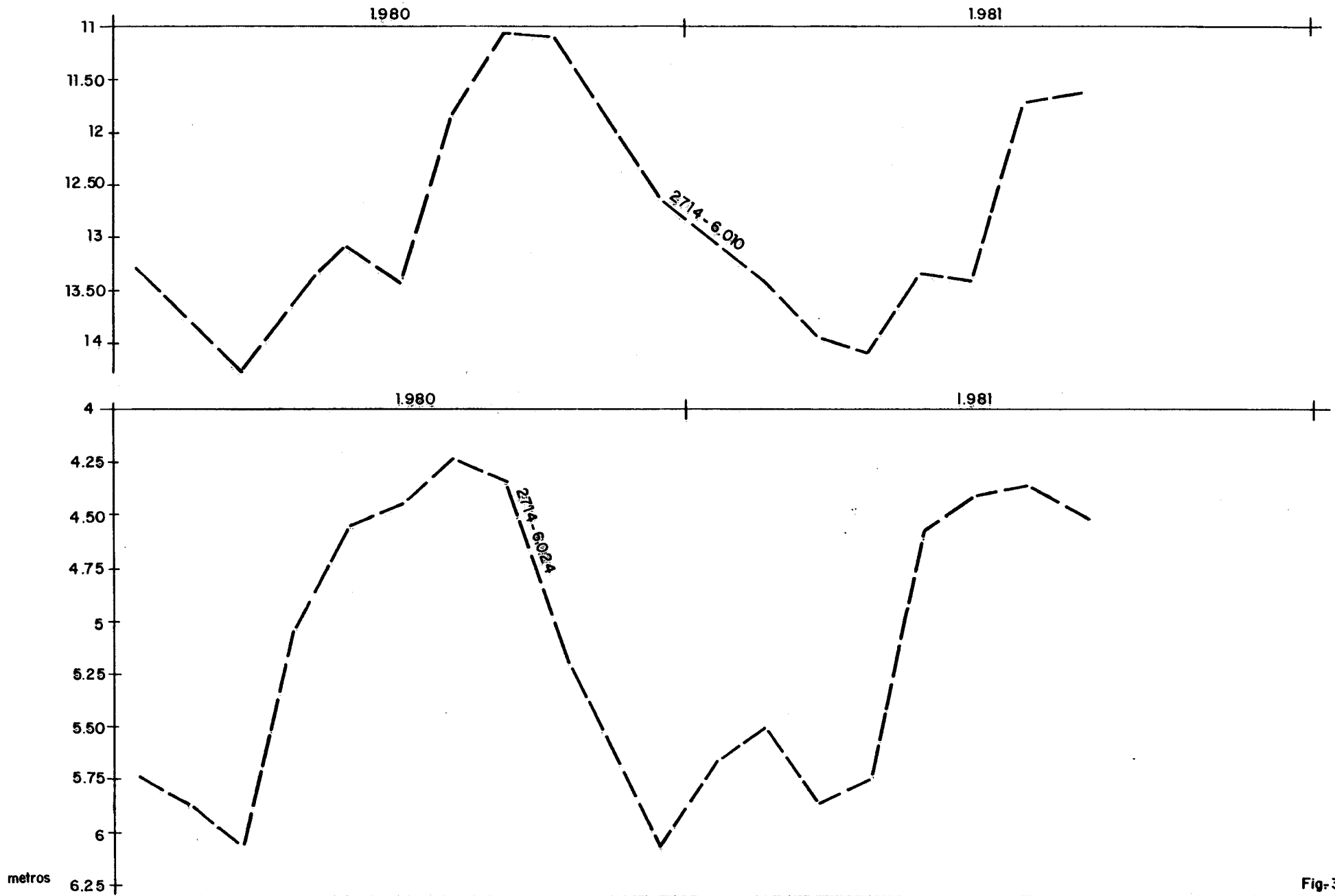
EVOLUCION PIEZOMETRICA (MEDIDAS MENSUALES)-HOJA DE TAUSTE



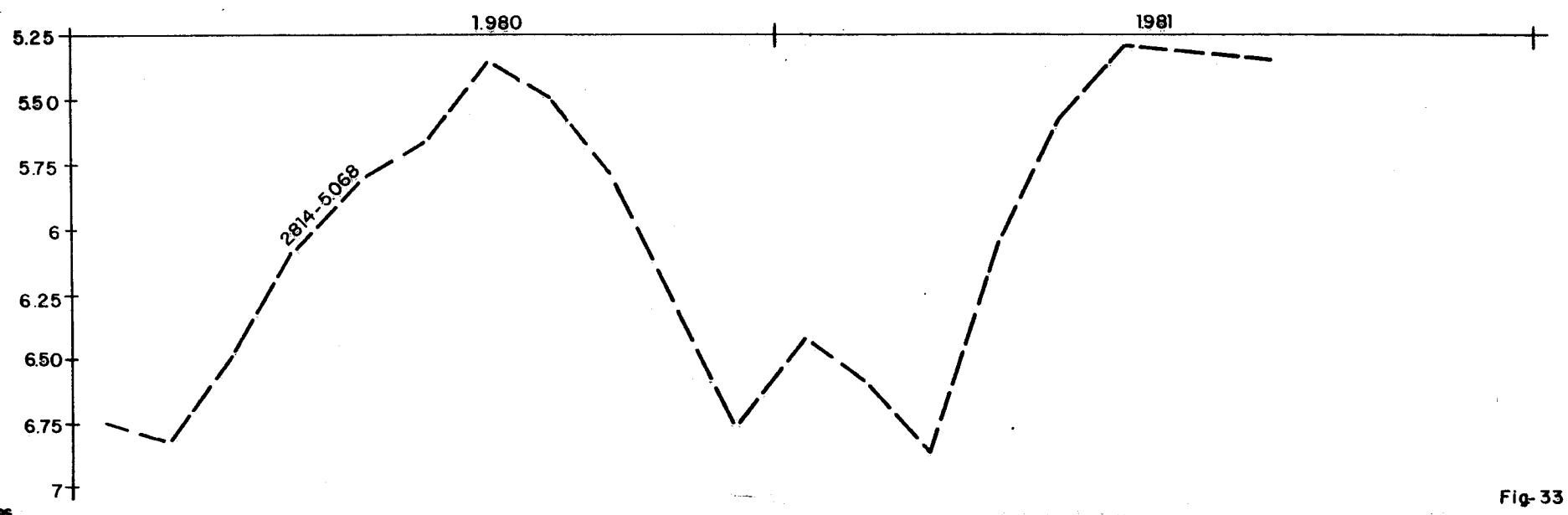
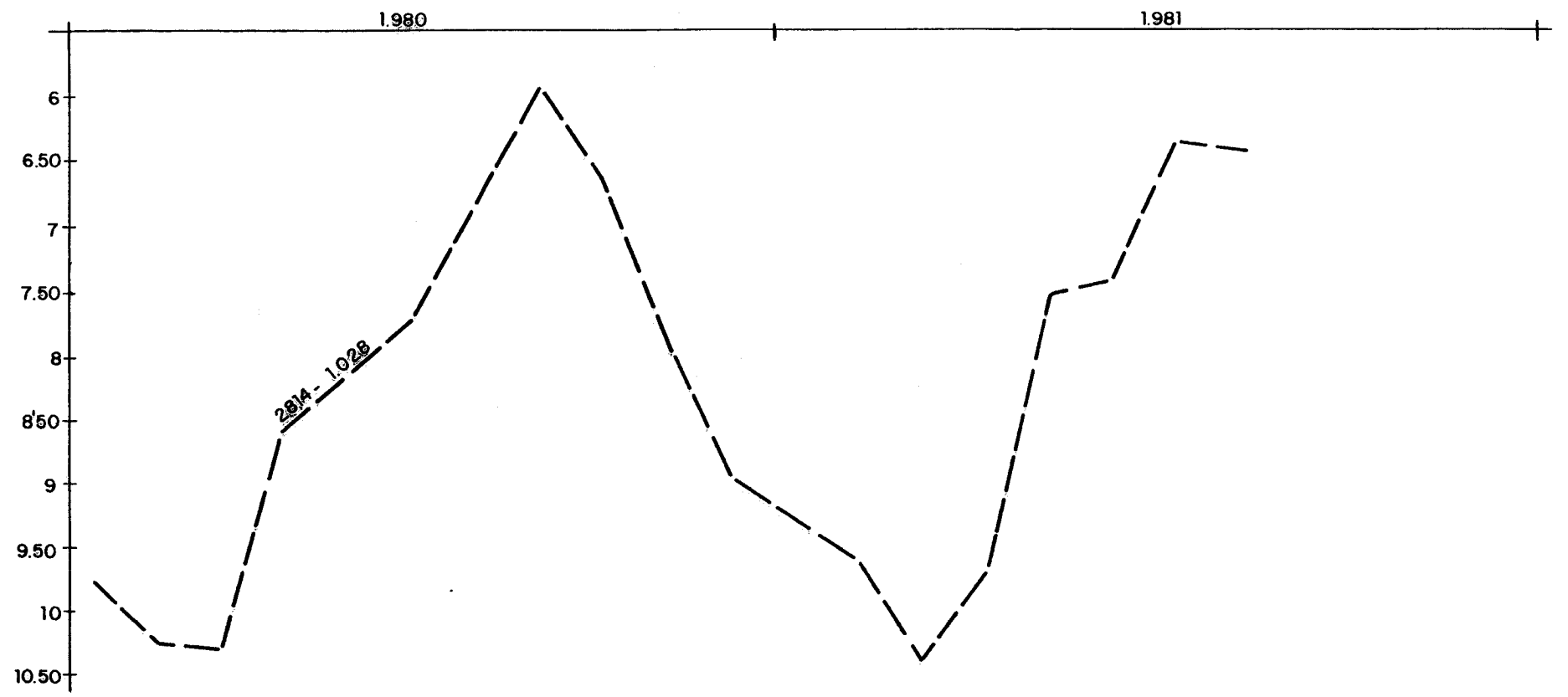
Metros

Fig-31

# EVOLUCION PIEZOMETRICA (MEDIDAS MENSUALES)- HOJA DE ALAGON

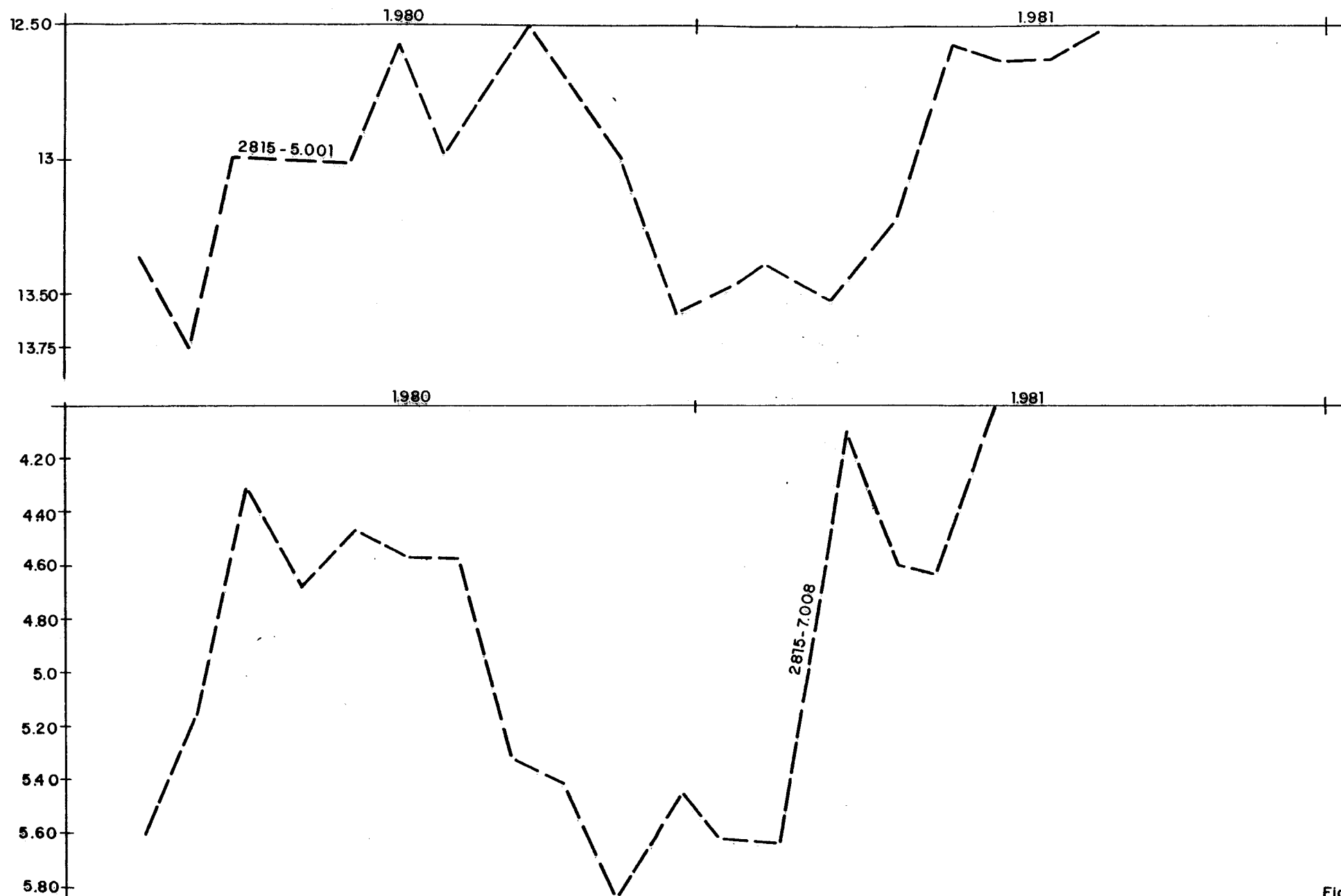


**EVOLUCION PIEZOMETRICA (MEDIDAS MENSUALES)-HOJA DE LECIÑENA**



Metres

# EVOLUCION PIEZOMETRICA ( MEDIDAS MENSUALES)- HOJA FUENTES DE EBRO



Metros

de la infiltración de regadíos, en el ascenso casi general de los niveles piezométricos.

La evolución de algunos de los piezómetros más significativos se refleja en los gráficos n<sup>os</sup>.26 a 30 con medidas semestrales y 31 a 34 con medidas mensuales.

La casi totalidad de los piezómetros considerados sufrieron una considerable elevación de su nivel piezométrico, en los meses de verano que coinciden, naturalmente, con las épocas de regadíos superficiales. Este aumento de nivel en relación con los meses de invierno fué, de 1-2 metros, llegandose en algunos casos excepcionales a los 3 y 4 metros. De hecho de invierno a verano se produce el fenómeno de que el estiaje desciende el nivel de base, al río y asciende el nivel piezométrico de la capa y en época de aguas altas ocurre al contrario, produciéndose una disminución del gradiente, y por tanto del caudal circulante.

#### 5.6. RELACIONES ACUIFERO-RIO

En los apartados precedentes, y en función de la forma de las isopiezas se han comentado las relaciones entre los acuíferos y los distintos tramos de los ríos.

En las líneas que siguen queremos significar únicamente el fenómeno en que debe basarse la explotación de estos acuíferos aluviales que es la posibilidad de la recarga inducida de los cursos de agua que actualmente los drenan. En este supuesto aumentarán considerablemente los volúmenes explotables respecto a la recarga "natural" de los acuíferos y en determinadas condiciones se podrá aprovechar el desfase entre el inicio de la explotación de agua subterránea y el principio de la afección a los ríos como una nueva posibilidad de regulación.

Para centrar el problema se han hecho una serie de tanteos dentro de la banda de parámetros hidrogeológicos conocidos y con los datos medios de los sondeos de la zona, y admitiendo las siguientes hipótesis:

- el río es rectilíneo
- no hay pérdidas de carga en la infiltración, es decir el borde del cono coincide exactamente con la orilla del río.
- no existen barreras negativas.
- la transmisividad es constante.

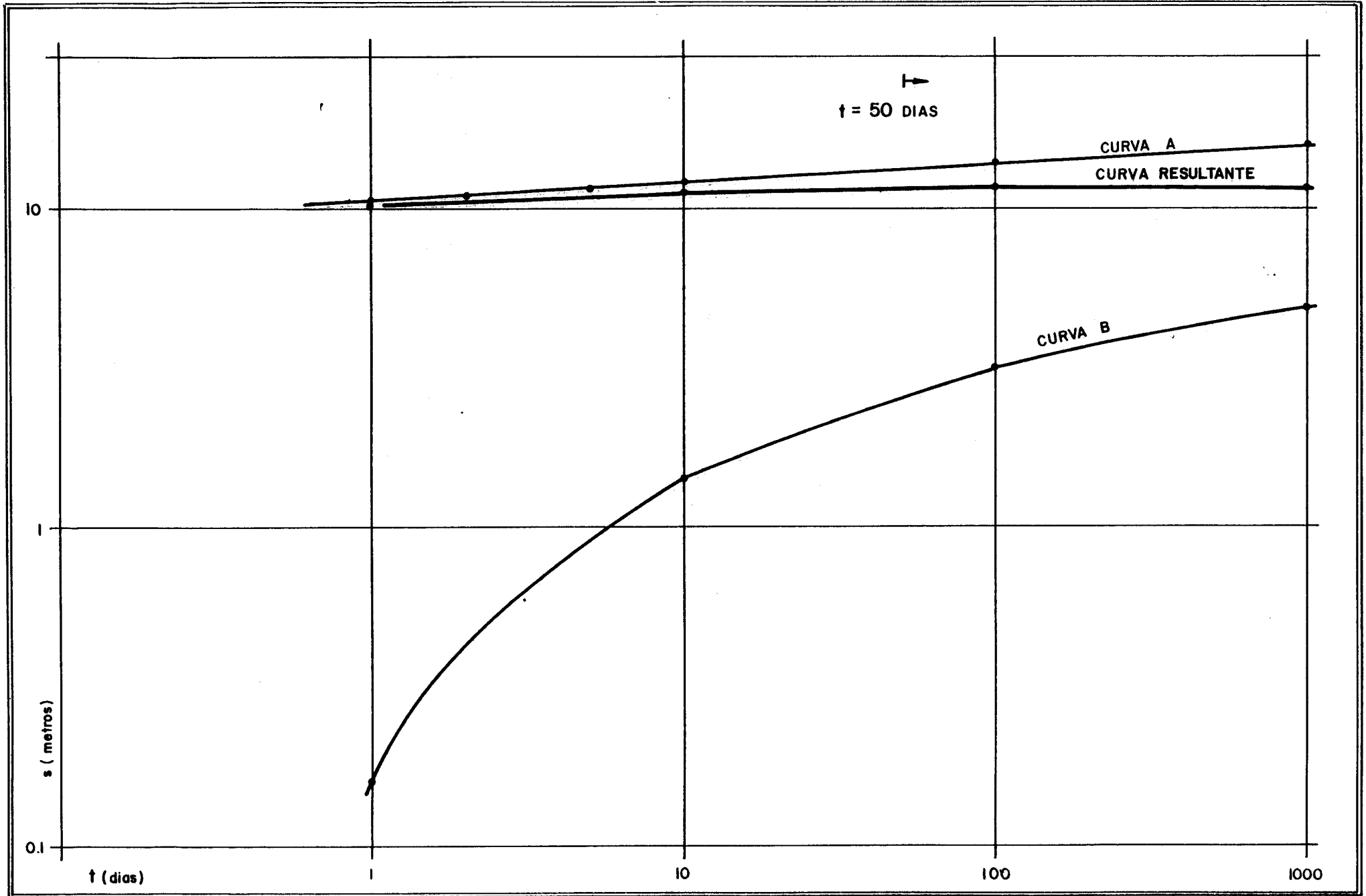
En estas condiciones se ha obtenido que el tiempo necesario para alcanzar el régimen permanente, es decir que toda el agua extraída procede del río, oscila entre 50 y 150 días (Ejemplo en el gráfico nº 35).

Se han comparado estos resultados con los obtenidos por el SGOP (1976) a partir de la fórmula de JENKINS que deduce el porcentaje de caudal inducido del río ( $Q_1$ ) respecto al total bombeado ( $Q$ ) según la siguiente ecuación:

$$\frac{Q_i}{Q} = \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{x_o^2 S}{4 T t}} \right)$$

y se han obtenido valores semejantes.

CURVAS LOG s - LOG t



Con una transmisividad de  $1500 \text{ m}^2/\text{día}$  y un coeficiente de almacenamiento de 0.1 se obtienen los siguientes valores.

<u>Distancia del pozo al río</u>	<u>Recarga inducida del río.(Porcentaje)</u>	<u>Tiempo de Bombeo (días)</u>
100 m.	50	0.6
	80	5.5
500 m.	50	15
	80	140
1 Km.	50	62
	80	560
2 Km.	50	250
	80	2200

Es decir que a la distancia de 100 m. el 80% del agua bombeada procede del río a los 5 días y medio, a los 140 días a la distancia de 500 m. y ya a los 560 días a la distancia de 1 Km.

En las zonas con transmisividades superiores los tiempos de bombeo para lograr las recargas inducidas señaladas se reducirán proporcionalmente al aumento de la transmisividad. Por el contrario, todas éstas consideraciones teóricas se verán reducidas en la realidad porque los descensos serán mayores debido a las pérdidas de carga, al efecto de las barreras negativas y a la disminución de la transmisividad dado el carácter libre del acuífero.

## 5.7. CALIDAD DEL AGUA Y VULNERABILIDAD

El contexto geológico condiciona la mala calidad de las aguas subterráneas y la gran vulnerabilidad a la contaminación que presenta la capa.

En efecto, en toda la zona evaporítica central el zócalo del acuífero corresponde a una potente formación - de yesos y además los torrentes de las pequeñas cuencas adyacentes corresponden a aguas muy sulfatadas que se infiltran invariablemente al llegar al acuífero.

El resultado son unas aguas subterráneas con un elevado grado mineralización. La conductividad sobrepasa con frecuencia los  $2000 \mu\text{mhos/cm}$ , y la dureza media los  $65^{\circ}\text{F}$ . El ión sulfato es el principal responsable de la mineralización seguido de cloruros, bicarbonatos, sodio, calcio y magnesio.

La mayor parte de los datos corresponden al tramo aluvial entre Cortes y Gelsa donde se tiene instalada una red de control de calidad de 80 puntos (Cuadro nº 12) que se analizan con carácter semestral. En el aluvial del Cinca y Segre se ha iniciado en 1981 una red más reducida de 30 puntos.

En el Mapa de Conductividades (Plano nº 8) pueden observarse las diferentes zonas de calidad.

Los tramos aluviales con mejor calidad de agua subterránea son generalmente los más próximos a los ríos. La zona por debajo de  $1500 \mu\text{mhos/cm}$  se disponen en el tramo del Gállego inferior y en el Ebro en los alrededores de Sobradiel

y aguas arriba y abajo de la desembocadura del río Arba de Luesia incluido el aluvial de este río. Este fenómeno parece extenderse a todos los ríos de origen pirenaico y sobre todo en los de carácter "influyente". Por el contrario en los afluentes y en los de la margen derecha se produce un aumento de la conductividad.

Idéntico fenómeno, y todavía más acusado, se produce con los torrentes que cargados de sales, producto de la lixiviación sobre los yesos y los glaciares, se infiltran al llegar a los terrenos permeables del aluvial.

En algunos casos se infiltran en el acuífero sin ningún control los líquidos residuales de factorías de diversa índole.

El mayor contenido de sales disueltas corresponde, como ya hemos dicho, a los sulfatos seguido del calcio y magnesio.

Los sulfatos superan en muchas ocasiones 1 gr/litros, siendo muy infrecuente que bajen de los 200 mg/l. Los contenidos más frecuentes del ión Calcio se sitúan entre 200 y 500 mg/l y los del ión Magnesio entre 50 y 150 mg/l.

Cabe destacar también altos contenidos en nitratos como consecuencia de la infiltración de las aguas de riego cargadas con abonos nitrogenados.

Desde el punto de vista de su empleo en abasteci

miento doméstico, prácticamente ninguna de ellas se encuentra dentro de los límites definidos por el Código Alimentario Español como "potables", no obstante son aguas que, tras una comprobación de su contenido microbiológico, podrían ser calificadas como "sanitariamente tolerables" y ser utilizadas, a falta de otras mejores, para bebida y usos domésticos, aunque con inconvenientes derivados de su elevada dureza y exceso de sulfatos, circunstancia esta última que podría ocasionar, en personas sensibles, algunos procesos diarreicos en los primeros días de utilización. Dado que el contenido en nitratos es también elevado, solo podrían utilizarse aguas o mezclas de aguas que se mantuviese por debajo de los 50 mg/l en  $\text{NO}_3^-$ .

Desde el punto de vista de su empleo en procesos industriales, hay que tener en cuenta que los altos contenidos en Ca y Mg pueden ocasionar la formación de precipitados e incrustaciones en depósitos y tuberías, inconvenientes en operaciones de lavado con detergentes y en operaciones de electroplataado.

El contenido en sulfatos podría afectar por corrosión a los depósitos y conducciones de cemento, aunque en este proceso hay otros varios factores que influyen.

Desde el punto de vista de posibles tratamientos para mejora de su calidad, el único aspecto positivo es que cabe esperar una composición bastante constante en los pozos a lo largo del tiempo.

Alguna de las muestras presenta síntomas de contaminación por vertido próximo de residuos orgánicos, posiblemente-

te animales, con cantidades muy elevadas de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ , por lo cual conviene no utilizar los pozos de donde proceden hasta no haber eliminado las causas de contaminación.

En conclusión, se trata de aguas de mala calidad química, tanto para usos domésticos como para ciertos procesos industriales, aunque en ausencia de otras fuentes de abastecimiento pueden ser utilizadas para los primeros si cumplen las condiciones microbiológicas exigidas por el Código Alimentario.

En los aluviales del Cinca y Segre la calidad del agua es notablemente mejor, así como en el curso bajo del Gállego entre Zuera y la desembocadura, donde la contaminación principal procede de los abonos nitrogenados superando los Nitratos los 50 mg/l demasiadas veces.

Por otro lado la elevada permeabilidad de la capa acuífera y su carácter libre hace que el riesgo de contaminación sea muy elevado. No existe ningún control de vertidos, líquidos ni sólidos. Los basureros, cementerios, pozos negros se disponen indiscriminadamente sobre las capas permeables.

La explotación de los aluviones como áridos determina la proliferación de emergencias de la superficie de agua libre que se traduce, además de un deterioro del paisaje, en un aumento de la vulnerabilidad. Muchas graveras abandonadas se han convertido en basureros.

Sólo se está en la fase de constatar la contaminación. No hay legislación concreta y la lucha contra la contaminación no ha empezado siquiera, y no cabe duda que la calidad es el principal problema de este acuífero de cara a su explotación.

CUADRO Nº 12  
RED DE CONTROL DE CALIDAD  
SISTEMA -62a - ALUVIAL DEL EBRO

<u>NUMERO</u>	<u>CONDUCTIVIDAD EN MICROMHOS/cm</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>FECHA</u>
2613 - 2008	2.500	22°C	7- 4-81
2613 - 7004	4.500	22°C	7-4--81
2613 - 6003	1.500	22°C	7- 4-81
2613 - 7012	5.000	22°C	7- 4-81
2613 - 2001	3.000	22°C	7- 4-81
2613 - 2009	2.600	22°C	7- 4-81
2613 -, 7011	1.260	22°C	7- 4-81
2613 - 7008	1.075	22°C	8- 4-81
2614 - 4013	1.610	"	"
2614 - 4006	1.750	"	"
2614 - 4011	4.500	"	"
2614 - 4002	3.000	"	"
2614 - 4007	2.200	"	"
2614 - 4010	1.625	"	"
2614 - 4012	1.300	"	"
2714 - 1021	1.750	23°C	9- 4-81
2714 - 1018	3.500	"	"
2714 - 1011	1.550	"	"
2714 - 6029	3.400	23°C	10- 4-81
2714 - 6036	1.600	24°C	"
2714 - 6012	1.250	"	"
2714 - 6015	3.000	"	"
2714 - 2006	1.800	"	"
2714 - 2002	1.700	"	"
2714 - 6017	2.500	"	"
2714 - 6031	1.925	"	"

<u>NUMERO</u>	<u>CONDUCTIVIDAD EN MICROMHOS/cm</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>FECHA</u>
2714 - 7040	1.675	23°C	13- 4-81
2714 - 7012	1.500	"	"
2614 - 7048	1.700	"	"
2714 - 6033	4.400	"	"
2714 - 7052	1.850	"	"
2714 - 6026	1.325	"	"
2714 - 7035	1.700	"	"
2714 - 7050	1.615	"	"
2714 - 7041	1.500	"	"
2715 - 3032	1.710	24°C	14- 4-81
2715 - 4013	1.570	"	"
2715 - 4054	3.500	"	"
2715 - 4047	1.570	"	"
2715 - 3037	1.700	"	"
2715 - 3029	1.050	"	"
2715 - 4028	1.610	"	"
2715 - 4004	4.250	"	"
2613 - 8013	3.400	24°C	15- 4-81
2613 - 6007	2.800	"	"
2714 - 7030	2.500	"	"
2814 - 5060	1.400	21°C	21- 4-81
2814 - 5025	1.240	"	"
2814 - 1001	5.500	"	"
2814 - 5013	1.500	"	"
2814 - 1014	1.200	"	"
2814 - 5056	1.900	"	"
2814 - 1019	1.250	"	"

<u>NUMERO</u>	<u>CONDUCTIVIDAD EN MICROMHOS/cm</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>FECHA</u>
2814 - 5002	1.240	21°C	24- 4-81
2815 - 1024	1.240	"	"
2814 - 5041	2.500	"	"
2815 - 2003	4.000	"	"
2815 - 1022	4.900	"	"
2815 - 1003	2.400	"	"
2815 - 2006	5.650	"	"
2815 - 1031	1.900	"	"
2815 - 1053	2.400	"	"
2815 - 1051	2.500	"	"
2815 - 1037	1.950	"	"
2815 - 2016	4.600	"	"
2815 - 7001	5.750	22°C	27- 4-81
2816 - 4004	16.250	"	"
2815 - 6013	3.100	"	"
2815 - 1084	1.720	"	"
2816 - 4001	2.200	"	"
2815 - 7008	4.200	"	"
2815 - 1001	2.200	20°C	28- 4-81
2815 - 1059	3.100	"	"

## 6.- USOS DEL AGUA

## 6.- USOS DEL AGUA

### 6.1. INTRODUCCION

El planteamiento general del estudio hidrogeológico de la Cuenca del Ebro, y muy concretamente el de su zona aluvial, viene muy condicionado por las obras ya efectuadas para posibilitar el uso actual del agua.

La principal de ellas es el Canal Imperial de Aragón, obra casi bicentenaria, siguiendo trazas concebidas muy - anteriormente en tiempos del Emperador Carlos V al que debe su nombre. Pero hay otra serie de canales importantes: Lodosa, Tauste, Acequia de Rabal, Urdana, etc.

Como es lógico, en su concepción, realización y uso no se tuvieron en cuenta las posibilidades que hoy día nos presenta la captación y elevación de caudales subterráneos. Pero lo que era justificable en una época, actualmente deja de serlo. Por ello y ante las alternativas que para el mejoramiento de la zona regada se presentan: ampliación, canales paralelos o revestimiento, cuyo coste es cuantioso, se pretende ofrecer las bases para una alternativa de utilización conjunta de agua superficiales y subterráneas.

No hay que olvidar que en su mayor parte las tierras regadas con estos canales corresponden a las terrazas aluviales del Ebro o de sus afluentes en las que las posibilidades de obtención de agua subterráneas son muy grandes.

A la vez se pretende, que dado que las posibilidades de regulación del Ebro, con obras superficiales, son nu--

las en la amplia zona que ocupa la Depresión Terciaria, desde Miranda a Sástago, la explotación de aguas subterráneas en ve ra no, con el consiguiente desfase hasta su influencia en el río, aporta un elemento de regulación nuevo que permite un me no r de tr ai me nto de los caudales de estiaje ya muy mermados por los regadíos tradicionales.

En este capítulo por tanto se trata de analizar la situación actual de los regadíos de la zona, singularmente a partir del Canal Imperial. En este contexto y como veremos no es en absoluto despreciable el porcentaje de infiltración del agua de riego dadas las elevadas dotaciones y el sistema usual de riego.

Asimismo trataremos de evaluar la posibilidad, preferentemente desde un punto de vista puramente hídrico de la ampliación de los riegos actuales. Como es lógico hay que super poner a este estudio el contexto agronómico, económico y de via bi li dad política para con todos los datos en la mano proponer - una alternativa futura.

## 6.2. USOS ACTUALES DEL AGUA

A lo largo del acuífero aluvial deben diferenciar se las áreas correspondientes a los ríos Gállego, Cinca y Segre, aparte de las del propio río Ebro.

En éste el agua empleada tanto en regadíos como en abastecimientos urbanos e industriales, proviene principalmente del Canal Imperial de Aragón de los de Lodosa y Taus te, y en proporción inferior de muchas otras obras.

En la parte del Gállego predominan los regadíos tradicionales a base de antiguas acequias que derivan agua directamente del río.

En los Bajos Cinca y Segre hay derivaciones tradicionales y asimismo importantes canales que riegan también terrenos aluviales: Canal de Aragón y Cataluña, Canal de Zaf--din, Acequia de Piñana y Canal de Urgel.

En conjunto cabe decir que la totalidad de los regadíos se realizan a partir de aguas superficiales sin regular. El abastecimiento principal, la población de Zaragoza, tiene - este mismo origen y solo tienen lugar explotaciones importantes de agua subterránea en el entorno industrial de la ciudad.

A continuación estudiaremos las características de las principales obras, fundamentalmente el Canal Imperial - de Aragón.

#### 6.2.1. Canal Imperial de Aragón

Constituye por su longitud y caudal el Canal más importante de este tramo de cuenca. Se inicia en El Bocal (Pre--sa Pignatelli), atraviesa la zona en el sentido de su máxima - longitud, discurriendo en dirección sensiblemente paralela al río Ebro por su margen derecha.

Tanto el canal como sus aguas son propiedad del Estado, constituyendo una entidad autónoma regentada por una - Junta Administrativa.

La concesión de aguas al Canal es de  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  continuos, según Resolución de la D.G.O.H. de fecha 22 de Agosto de 1939, que se descomponen de la siguiente forma:

Abastecimiento de poblaciones: 1.300 l/seg.

" " ferrocarriles: 10 "

Riego de 25.518 Ha: 21.900 l/seg.

Fuerza motriz, sin utilización posterior del -  
agua: 4.910 l/seg.

Normalización de la navegación: 1.870 l/seg.

Los principales usos consuntivos son por tanto, el regadío que en la actualidad se cifra ya en cerca de 27.000 Ha y el abastecimiento de Zaragoza que ha aumentado hasta -  
 $4 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Los principales cultivos regados por este canal són los cereales de invierno, maíz, alfalfa, huerta, frutales, remolacha, etc.

Debido a que, por una parte, el sistema de riego más comunmente aplicado en la zona es el de pie, y por otra, a que en numerosas ocasiones los terrenos no presentan la nivelación adecuada, el consumo de agua en estos regadíos es, en general, elevado lo cual origina una infiltración del agua sobrante que recarga el acuífero subyacente que a su vez está conectado con el río Ebro por el que descarga.

Los diversos organismos especializados consultados han coincidido en señalar que la dotación de riego puede cifrarse, en promedio para toda la zona, en  $10.000 \text{ m}^3$  por hectárea y año.

Por otro lado y para acotar esta cifra con datos reales se ha dispuesto de datos facilitados por el Canal Imperial de Aragón y referidos al año agrícola 1977-78.

En el cuadro de la página siguiente, y para cada uno de los sindicatos que se indican, se reflejan los valores de superficie regada, caudales normales derivados y volúmenes anuales de agua.

La cifra de la tercera columna, volumen anual de agua derivada está obtenida teniendo en cuenta que las cifras referentes a caudales normales derivados corresponden a una duración diaria de 12 horas. Por la propia reglamentación del Canal todas las boqueras de suministro permanecen cerradas durante la noche. Asimismo la duración estimada del período de riegos es de 7 meses al año.

El agua excedente se vierte al Ebro mediante acequias de desagüe ubicadas en los siguientes sindicatos:

- . Fontellas
- . Ribaforada
- . Cortes
- . Gallur
- . Pedrola
- . Grisén
- . Miralbueno
- . Miraflores

CUADRO Nº 13

SINDICATO	SUPERFICIE (Has)	CAUDAL NORMAL DE RIVADO(1/seg).	VOLUMEN DE AGUA (m <sup>3</sup> /año)
Fontellas	60	140	1.270.080
Ribaforada	587	1.329	12.056.688
Buñuel	1.483	2.314	20.992.608
Cortes	627	2.206	20.012.832
Mallén-Novillas	1.624	2.123	19.259.856
Gallur	1.436	2.360	21.409.920
Boquiñeni	715	1.205	10.931.760
Luceni	857	1.291	11.711.952
Pédrola	1.071	2.154	19.541.088
Alcalá de Ebro	470	376	3.411.072
Cabañas de Ebro	445	742	6.731.424
Figueruelas	637	556	5.044.032
Grisén	174	538	4.880.736
Jalón	1.899	2.478	22.480.416
Torres de Berrellén.	725	1.130	10.251.360
Madrizcentén	1.013	778	7.058.016
Almozara	1.750	1.381	12.528.432
Centén de Utebo	750	811	7.357.392
Pinseque	707	969	8.790.768
Garrapinillos	3.919	6.664	60.455.808
Miralbueno	2.170	5.337	48.417.264
Miraflores	2.211	4.005	36.333.360
El Burgo	1.367	1.824	16.547.328
<b>TOTALES</b>	<b>26.697</b>	<b>42.711</b>	<b>387.474.192</b>

CAUDALES DERIVADOS DURANTE EL AÑO 1977-78.

Fuente: Canal Imperial de Aragón.

De la observación de los datos expuestos en el cuadro nº 13 se deducen para aquellos sindicatos sin excedentes de agua, los siguientes valores correspondientes a consumos de agua por hectárea y año (cuadro nº 14).

CUADRO Nº 14.

## CONSUMO DE AGUA EN LOS SINDICATOS SIN EXCEDENTE DE AGUA

SINDICATO	AGUA DERIVADA (m <sup>3</sup> /Ha)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /Ha) <u>corre</u> <u>gido</u>
Buñuel	15.155	11.324
Mallen-Novillas	11.860	9.488
Boquiñeni	15.289	12.231
Luceni	13.666	10.933
Alcalá de Ebro	7.258	5.806
Cabañas de Ebro	15.127	12.101
Figueruelas	7.918	6.335
Jalón	11.838	9.470
Torres de Berrellen	14.140	11.312
Madrizcentén	6.967	5.574
Almozara	7.159	5.727
Centén de Utebo	9.810	7.848
Pinseque	12.434	9.947
Garrapinillos	15.426	12.341
El Burgo	12.105	9.684
<b>MEDIA</b>	<b>11.676</b>	<b>9.341</b>

En la columna del centro se han calculado los volúmenes de agua derivados en las almenaras de cabecera mientras

que en la columna de la derecha se han corregido estos valores estimando que las pérdidas por evaporación e infiltración durante el recorrido por la red de acequias son del orden del 20%.

En los sindicatos en que existen excedentes de agua, estas cifras son más difíciles de establecer, por lo que en estos casos se consideran valores de 10.000 m<sup>3</sup> sin que pensemos que por ello se cometa gran error.

Los consumos teóricos se han obtenido de la publicación titulada "Necesidades hídricas de los cultivos en los planes de regadío integrados en la cuenca del Ebro". M.O.P. Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid Diciembre 1.967.

En dicha publicación y en la parte de Planes en Proyecto y Estudio se contemplan los referidos a la Ampliación y Mejora del Canal Imperial, de donde se han tomado los valores correspondientes a los consumos teóricos en dos puntos que pueden considerarse representativos, a estos efectos, de toda la zona: Sanjurjo y Valenzuela ambos en el término municipal de Zaragoza.

El método de cálculo utilizado ha sido el mixto (Thorntwaite y Blaney-Criddle) y la alternativa de cultivo la siguiente, que puede considerarse común en la zona.

Trigo: 15%

Alfalfa: 25%

Frutal: 20%

Maíz: 20%

Remolacha Az:20%

Las cifras obtenidas son las siguientes:

Sanjurjo: 5890 m<sup>3</sup>/ha año.

Valenzuela: 6082 "

lo cual supone un promedio de cerca de 6000 m<sup>3</sup> por hectárea y año. Suponiendo una eficiencia de riego del 60%, esta cifra se incrementaría hasta los 8000 m<sup>3</sup>/ha año.

Como ya hemos visto, el agua inicialmente destinada a abastecimiento urbano era de 1300 l/seg. en 1939. En la actualidad la toma del Canal Imperial para el abastecimiento de Zaragoza supone un caudal permanente de 4 m<sup>3</sup>/seg. A este caudal hay que añadirle otros 300 l/seg que se destinan a usos industriales, lo cual arroja un total de 4300 l/seg, equivalentes a 134 Hm<sup>3</sup>/año.

#### 6.2.2. Canal de Tauste

Tiene su origen en el río Ebro en el término municipal de Fontellas (Navarra) discurriendo paralelamente al río por su margen izquierda en un recorrido de 44 Kms.

Suministra agua para el abastecimiento urbano de los siguientes pueblos: Cabanillas, Fustiñana, Tauste, Pradillo y Remolinos y riega un total de 8100 has. en terrenos de cultivo intensivo de cereales, remolacha, maíz, alfalfa, huerta y frutales.

Las aportaciones registradas en cabecera del canal han sido de  $244.4 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , de media con muy escasas variaciones en el periodo 1965-1970. Si consideramos un caudal de riego de  $1 \text{ l/seg/Ha}$  el agua aplicada en la superficie regada por el Canal de Tauste sería de unos  $74 \text{ Hm}^3/\text{a}$  cifra muy inferior al caudal derivado, por lo que pensamos que las dotaciones son muy superiores.

### 6.2.3. Canal de Lodosa

Deriva sus aguas del río Ebro en la presa de Lodosa discurriendo paralelamente a este río hasta el Huecha, donde finaliza. La zona actualmente regada supone  $12785 \text{ Has.}$  que se distribuyen en tres provincias.

Logroño 5106  
Navarra 4895  
Zaragoza 2783

Está prevista la ampliación hasta Gallur, lo que supondría  $1083 \text{ Ha.}$  nuevas.

En la misma hipótesis que en el Canal de Tauste,  $1 \text{ l/seg/Ha}$  la demanda sería de  $116 \text{ Hm}^3/\text{anuales}$ , mientras que el agua derivada según los anuarios de aforos representa una derivación media de  $335 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

#### 6.2.4. Otros regadíos del Ebro

A lo largo del río Ebro existen otros regadíos de menor cuantía que se disponen sobre las terrazas aluviales y cuyos excedentes pasan a engrosar el acuífero.

La cuantificación de estos regadíos es difícil pues no existe ningún estudio completo. En base a diversas fuentes se puede establecer la siguiente relación:

<u>Regadíos</u>	<u>Has.</u>	
Entre Miranda y Logroño	1115	} Tramo Logroño-Cortes
Entre Logroño y el Canal de Lodosa	2224	
Entre Lodosa y Sartaguda	1396	
Regadíos de Pradejón y Calahorra	1834	
"    "    Alfaro y Rincón de Soto	1803	
"    "    Azagra y Milagro	1003	
"    "    Tudela	2970	
Elevación de Arguedas	1057	
Elevación de Pina	6531	
"    "    Osera	554	
Acequia de Velilla	115	
Riegos diversos	6867	
	<u>13042</u>	
	<u>14067</u>	
<b>T O T A L.</b>	<b>27469</b>	

#### 6.2.5. Regadíos del bajo Gállego

En la zona comprendida entre Zuera y su desembocadura en el Ebro, del río Gállego se deriva agua para regar fértiles tierras instaladas en las terrazas bajas del río en las que el cultivo hegemónico es el maíz.

El sistema de regadío es tradicional y las primeras acequias datan de 1263, por lo que han sufrido múltiples vicisitudes. Actualmente las acequias principales son la de Camarena, por la margen izquierda y la de Canderanía por la derecha, ambas utilizando un azud común situado a unos 8 Km al N - de Zuera. Aguas abajo ya muy cerca de Zaragoza parten también del Gállego las acequias de Rabal (margen derecha) y Urdán -- margen izquierda).

Sobre los caudales derivados y extensión de las zonas regadas no existen datos completos. Los que aquí se presentan se han tomado del libro de J.A. Bolea "Los Riegos de - Aragón" editado por el Sindicato Central de Riegos del Alto - Aragón (Zaragoza 1978). Según ello con el Establecimiento de - Camarena se riegan 4.513 Ha derivando un volumen de agua de - 4.400 l/seg. La Zona regable comprende a los siguientes térmi nos municipales:

Zuera	: 435 Ha
San Mateo de Gállego:	454 "
Peñaflor	: 833 "
Villamayor	:1593 "
Mambles	:1198 "

Aguas abajo y también por la margen izquierda se deriva agua por la Acequia de la Comunidad de Regantes de Urdán. La zona regable es de 6492 Ha y el caudal derivado de 6600 l/seg. La región, dominada por una red de 40 Km de acequias - que llegan hasta Pina, corresponden fundamentalmente a las terrazas de la margen izquierda del Ebro, fuera ya del ámbito -- del tramo estudiado.

Por la margen derecha del Bajo Gállego las acequias de Candevanía y Rabal riegan aproximadamente unas 5.000 Ha, por lo que suponemos que el caudal derivado es del orden de  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

En conjunto pues los regadíos tradicionales del Bajo Gállego sustraen del río un volumen de agua de unos  $15 \text{ m}^3/\text{seg}$ , fundamentalmente en verano que contribuyen a que el estiaje del río sea sumamente acusado.

En la región del Bajo Gállego el número de hectáreas regadas es de unas 17.000 a partir de derivaciones superficiales. Utilizando la dotación media de  $10.000 \text{ m}^3/\text{Ha}$  y año - y suponiendo, como en el caso de los regadíos del Canal Imperial, una infiltración de un 30%, nos daría un volumen anual de agua recargando el acuífero de  $50 \text{ Hm}^3$ .

#### 6.2.6. Regadíos del Cinca y Segre

Toda una vasta zona comprendida entre los ríos - Cinca, Noguera-Ribagorzana y Segre está regada por la trascendental obra del Canal de Aragón y Cataluña y de las acequias derivadas: Canal de Zaidín, el Canal de Enlace y la Acequia de Piñana.

Las aguas proceden de los ríos Esera y Noguera - Ribagorzana regulados por los pantanos de Joaquín Costa (Barasona) y Santa Ana respectivamente. La zona regada asciende ya a 95.000 Ha., sobre unas posibilidades totales de 104.850 Ha, de los que 57.500 Ha están ubicadas en la provincia de Huesca y 37.500 en la de Lérida.

En la margen izquierda del Segre la obra fundamental la constituye el Canal de Urgell (478 Hm<sup>3</sup>/a) y Auziliar de Urgell (145 Hm<sup>3</sup>/a). Otras obras en proyecto, como el Plan de Cinca (integrado en el Plan de Monegros para riego de la margen derecha del Cinca) o el Canal de Balaguer que enlaza esta población con el Noguera-Ribagorzana, asegurarán el regadío de vastas extensiones de terreno.

Todas estas obras, algunas sin finalizar, responden a ideas del pasado siglo, que se han puesto en marcha en los inicios de éste, con planteamientos irreprochables. Sin embargo los propios aluviales de los ríos de la región están regados mediante obras mucho más antiguas, con origen en la dominación musulmana e incluso desde el tiempo romano. Consisten en una vasta y complicada red de acequias que derivando agua del propio río, sin ninguna regulación, riegan los terrenos situados aguas abajo. En este contexto, donde a veces las dotaciones son escasas o el poco caudal que circula por el río, aumentando su grado de contaminación, no aconseja mayores sangrías, se plantearía la utilización del embalse subterráneo aluvial. En cualquier caso esta utilización tendría un carácter muy local y tan sólo de complemento a las grandes realizaciones regionales que, evidentemente sólo pueden garantizar mediante la regulación de los recursos superficiales.

La cuantificación del agua derivada se hace imposible dada la atomización y distribución de las tomas. En cualquier caso su orden de magnitud es pequeño comparado con las aportaciones medias de los ríos. Sin embargo dado que prácticamente la totalidad de los aluviales se riegan a partir de derivaciones superficiales, se puede estimar que la extensión regada es del orden de 18060 Ha.

Las principales derivaciones de aguas superficiales son las siguientes según los datos del último Anuario de Aforos (MOPU) publicado, correspondiente al año hidráulico 1969-1970.

DERIVACIONES

<u>Número</u>	<u>Denominación</u>	<u>Río</u>	<u>Caudal derivado Hm<sup>3</sup>/año</u>
<u>USO CONSUNTIVO</u>			
411	Canal de Urgell	Segre	375
412	Auxiliar de Urgell	"	140
414	Aragón y Catalunya	Esera	363
415	Piñana	Noguera-Ribagorzana	<u>383</u>
			1261
<u>USO NO CONSUNTIVO</u>			
413	Serós	Segre	1952
416	Balaguer	"	1153
417	Lérida	"	1241
418	Térmens	"	1178
	TOTAL		<u>5524</u>

En resumen pues la utilización actual del agua - con destino a regadíos a lo largo de toda la franja aluvial, se resume en el siguiente cuadro:

Canal Imperial	27.000 Ha.
" de Tauste	8.100 "
" de Lodosa	12.785 "
Otros riegos del Ebro	27.469 "
Riegos del Bajo Gállego	17.000 "
" " Cinca y Segre	<u>18.000 "</u>
TOTAL	<u>110.354 Has.</u>

Ello representa suponiendo una dotación media de 10.000 m<sup>3</sup>/Ha/año una demanda actual del orden de 1100 Hm<sup>3</sup>/año.

#### 6.2.7. Uso industrial y urbano

Dado que, desde hace tiempo, los núcleos de población se abastecen de aguas superficiales, así como la agricultura en su mayor parte, al disponer de una amplia red de canales y acequias para el riego, podemos decir que el consumo de agua subterránea es eminentemente industrial.

La extracción anual para este tipo de uso viene a ser del orden del 95% del volumen total extraído; repartiéndose el resto entre la agricultura, y en menor proporción aún para el abastecimiento.

Las extracciones más fuertes se concentran en las zonas ocupadas por los polígonos industriales del entorno de Zaragoza, como son Montañana, Cogullada y Malpica, en la zona de confluencia del Gállego con el río Ebro, y en las zonas industriales de Logroño, Calahorra y Tudela.

También son importantes las extracciones de la franja comprendida a ambos lados de la carretera de Logroño, desde Zaragoza capital, hasta Casetas, dadas las numerosas industrias que jalonan la carretera y que se abastecen por sondeos.

A partir de los respectivos inventarios de pozos y sondeos de las distintas zonas, se llega a una cifra de extracción de agua subterránea de 68 Hm<sup>3</sup>/año de uso preferentemente industrial repartido de la siguiente forma:

Prov.de Logroño y Navarra	25
" Zaragoza	41
" Huesca y Lérida	<u>4</u>
TOTAL	<u>70</u>

Del análisis de los datos disponibles se deduce que el volumen de agua subterránea utilizada en la industria es pequeño frente a los recursos existentes si bien este volumen representa la mitad de la demanda total de agua por la industria en la cuenca según lo concluido en la ponencia de Usos Industriales del CESIE.

Respecto a la evolución de la demanda de aguas subterráneas cabe citar comparativamente las cifras citadas por el CESIE en 1971, y las disponibles en la actualidad. Según ello el incremento medio es del 400%, valor muy alto que se debe seguramente no sólo al aumento real de la demanda, sino al mejor conocimiento que de la misma se tiene actualmente.

En cualquier caso cabe concluir que este acuífero está ciertamente infrautilizado, y en condiciones de satisfacer cumplidamente un probable aumento de la demanda tanto procedente de la industria si, como cabe esperar, se produce un relanzamiento de la economía en un futuro a medio plazo, como procedente del aumento de la demanda por parte de núcleos urbanos y zonas residenciales en los alrededores de los núcleos urbanos que se hallan en fase expansiva.

## EXTRACCION ANUAL MEDIA

De las consideraciones anteriores es fácil concluir que la evaluación de la descarga del acuífero-bombes y manantiales-presenta grandes limitaciones, y sólo ha podido realizarse en la zona Cortes-Gelsa en que se dispone de un inventario muy completo.

En el cuadro nº 15 se presenta una estimación de la cantidad anual media que pudiera representar, octante por octante, a fin de poner de manifiesto los distintos órdenes de magnitud del agua extraída en las diferentes zonas.

Según el referido cuadro, la extracción anual media por bombeo es de unos  $41 \text{ Hm}^3$ . Hay que tener en cuenta que, por su propia elaboración, a partir de un inventario que no ha sido exhaustivo, esta cifra debe considerarse como un mínimo.

La descarga debida a manantiales es algo superior a  $8 \text{ Hm}^3$ , por lo que en conjunto se puede hablar de una descarga "controlada" de unos  $50 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

La extrapolación de estos datos a otros tramos aluviales se hace difícil. En el Bajo Cinca y Segre los resultados del inventario sólo indican extracciones que como mucho alcanzarían los  $4 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

Por el contrario en las Provincias de Navarra y Logroño las industrias, principalmente las de transformación agrícola, y en particular las conserveras, bombean unos  $25 \text{ Hm}^3/\text{año}$  (Datos de la D.F.N.).

CUADRO Nº 15DESCARGA ANUAL SISTEMA 62a (BOMBEO Y MANANTIALES)

<u>HOJA</u>	<u>OCTANTE</u>	<u>Dm<sup>3</sup> / Año</u>
321	1	5783
	2	1287
	4	0
	5	1
	6	1263
	7	94,5
	8	116
TOTAL .....		<b>8545</b>
322	5	0
TOTAL .....		<b>0</b>
353	3	0
	4	966,5
TOTAL.....		<b>966,5</b>
354	1	651
	2	127,5
	5	31
	6	824,1
	7	2245,5
	8	8901
TOTAL.....		<b>12780</b>
355	1	379,5
	5	18298
TOTAL.....		<b>18667,5</b>

<u>HOJA</u>	<u>OCTANTE</u>	<u>Dm<sup>3</sup>/año</u>
383	3	172
	4	3034
TOTAL .....		<span style="border: 1px solid black;">3206</span>
384	1	4364
	2	543
	5	80
	6	8
	7	60
	8	0
TOTAL.....		<span style="border: 1px solid black;">5055</span>
TOTAL DEL SISTEMA 62a.....		<u><u>49.219 Dm<sup>3</sup>/año</u></u>

DESCARGA POR BOMBEO	41055
" " MANANTIALES	8164

### 6.3. USOS FUTUROS DEL AGUA

La evolución de la demanda futura del agua es muy difícil de preveer. Según los datos barajados más comunmente - se trata de una cuenca excedentaria, con unos recursos "per cápita" de  $7290 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{año}$ , muy superiores a cualquier otra cuenca española.

Los regadíos potenciales en la cuenca ascienden a cerca de 1 millón y medio de Has. con una demanda teórica de  $12590 \text{ Hm}^3/\text{a}$ . Aún en este supuesto y contabilizando únicamente el uso consuntivo, el MOPU considera que existe un excedente - en la cuenca de  $6211 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

Sin entrar en la validez de estas cifras es claro que la opinión pública de la cuenca y sus representantes, están muy sensibilizados por los planes de regadíos que existen en la cuenca, algunos de ellos de realización permanentemente aplazada. En este sentido existe una demanda potencial muy poco concreta y un interés en que el Estado contribuya a la puesta en riego de numerosas Has. con la esperanza de que ello represente una canalización de recursos hasta estas tierras.

En este sentido debe considerarse como válida la demanda de 1.5 millones de Has. de nuevos regadíos hecha en base a las aguas superficiales, pero pensamos que dada la dificultad histórica de estas obras serían interesantes realizaciones menos ambiciosas en base a las aguas subterráneas en las zonas que se describen en el capítulo 8.

En cuanto a la demanda actual de aguas subterráneas se centra normalmente en el abastecimiento industrial. - Hemos visto que la demanda actual es de unos 70 Hm<sup>3</sup>/año, pero es difícil de establecer su proyección futura por lo menos a corto plazo, dadas las circunstancias actuales de crisis.

7.- FUNCIONAMIENTO DEL ACUIFERO. BALANCE  
Y RECURSOS.

## 7.- FUNCIONAMIENTO DEL ACUIFERO. BALANCE Y RECURSOS

### 7.1. REGIMEN DEL ACUIFERO

El acuífero corresponde a una sola capa de carácter libre. En cada uno de los cursos de agua puede hablarse de una unidad hidrogeológica que engloba los depósitos aluvionares y que presenta un funcionamiento de carácter común:

#### 7.1.1. Recarga

La recarga del acuífero se produce en función de 4 factores:

- 1º.- Infiltración debida a los regadíos, es decir con agua importada aguas arriba de origen superficial.
- 2º.- Infiltración directa de la lluvia.
- 3º.- Infiltración de los pequeños afluentes laterales al llegar a los materiales permeables de las terrazas.
- 4º.- Infiltración de los ríos que recargan el acuífero.

La infiltración de los torrentes es cuantitativamente de poco interés, y totalmente negativa, pues contribuye únicamente a aumentar la concentración en sulfatos de las aguas de las terrazas.

La infiltración de los ríos que recargan el acuífero (Gállego, Arba, Aragón y algún otro) es difícil de cuantificar. Suponiendo para el conjunto de todos ellos una superficie de cauce del orden de  $2 \text{ Km}^2$ , y un gradiente de un  $5^{\circ}/_{00}$ , con una permeabilidad vertical de 10 m/día, la recarga sería del orden de  $40 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

Las precipitaciones no son importantes y la evapotranspiración muy elevada (ver capítulo 3). La infiltración de la precipitación se ha estimado que es del orden de 40 mm año en la zona central y llega hasta 120 en algunos afluentes tal como se refleja en el cuadro adjunto, bien entendido que los valores están promediados para cada aluvial.

#### INFILTRACION DE LA PRECIPITACION

<u>Río</u>	<u>Sup. Km<sup>2</sup></u>	<u>Pluv. Hm<sup>3</sup>/a</u>	<u>Inf. mm.</u>	<u>Recarga Hm<sup>3</sup>/a</u>
EBRO (Lo-Tu)	450	157	40 (10%)	15.7
EBRO (Tu-Za)	350	140	40 (10%)	14.
EBRO (Za-Me)	170	68	40 (10%)	7.
ARAGON INF.	280	146	110 (20%)	29.2
GALLEGO INF.	90	36	40 (10%)	3.6
CINCA INF.	70	28	40 (10%)	2.8
SEGRE INF.	110	44	40 (10%)	4.4
MARGEN DCHA.	150	60	40 (10%)	6.
<b>TOTAL</b>	<b>1670</b>	<b>679</b>	<b>12%</b>	<b>82.7</b>

Por el contrario es fundamental el retorno de regadíos y ello se debe a que el anticuado régimen de canales y los precios políticos del agua hacen que se riegue con dotaciones exageradas que superan frecuentemente los 10.000 m<sup>3</sup>/Ha/año cuando el consumo se ha cifrado en unos 6.000 m<sup>3</sup>/Ha/año. Ello representa una recarga adicional de 4.000 m<sup>3</sup> por Ha y año, es decir 0,4 Hm<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>. A partir de los datos de la evolución de la piezometría a lo largo del tiempo (Gráficos nºs 26 a 34) se ha comprobado hasta que punto influyen los riegos con aguas superficiales en la recarga del acuífero (ver apartado 5.5).

Si consideramos las extensiones regadas en el aluvial reflejadas en el capítulo 6 y pensamos que el retorno de --

riegos es el mencionado de  $0.4 \text{ Hm}^3/\text{Km}^2$ , la recarga de cada zona regada en el aluvial será la siguiente:

RECARGA DE REGADIOS

<u>ZONA</u>	<u>SUP. REGADA <math>\text{KM}^2</math></u>	<u>RECARGA <math>\text{Hm}^3/\text{año}</math></u>
<u>Tramo Logroño-Cortes</u>		
Canal de Lodosa	128	51.2
Otros regadíos	130	52.
Bajo Aragón	224	89.6
<u>Tramo Cortes-Zaragoza</u>		
Canal de Tauste	81	32.4
Canal Imperial	270	108.
Bajo Gállego	170	68.
Tramo Zaragoza-Gelsa	140	56.
Bajo Cinca	70	28.
Bajo Segre	110	44.
Margen Derecha	120	48.
T O T A L	1443	577.2

Según este cuadro la recarga por retorno de riegos en todo el aluvial es del orden de  $580 \text{ Hm}^3/\text{año}$ . Esta cifra creemos que es conservadora, puesto que de un lado no se ha tenido en cuenta la infiltración directa de los canales y de otro en muchas ocasiones, y por el suelo muy permeable, las dotaciones superan en bastante los  $10000 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{año}$ .

La extensión de la superficie regada, por el contrario representa alrededor del 85% de la superficie total del aluvial, y pensamos que se ajusta bastante a la realidad.

### 7.1.2. Descarga

La descarga de los acuíferos se realiza no sólo a través de los ríos sino también por las extracciones de sondeos y pozos y por algunas surgencias naturales que jalonan los contactos de algunas terrazas. La magnitud de esta descarga es difícil de establecer.

La mayor parte de las extracciones del acuífero se realizan por bombeo de la industria ubicada en los alrededores de Zaragoza, no sólo a lo largo de la carretera de Logroño, sino, y muy principalmente; en los polígonos industriales de Cogullada, Malpica y Santa Isabel - Montañana, estos últimos en la confluencia del río Gállego con el Ebro. A partir de los datos del inventario deducimos una extracción para el acuífero en la provincia de Zaragoza, de unos  $41 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , y de otros  $25 \text{ Hm}^3/\text{año}$  en el sector Logroño-Navarra. De ellos un 10% aproximadamente corresponden a la agricultura y el resto a la industria. En concepto de emergencias naturales hemos calculado una descarga de unos  $8 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , lo que hace un total de  $74 \text{ Hm}^3/\text{año}$  de descarga para el acuífero, sin contar el volumen drenado directamente por los ríos.

En los aluviales de la margen derecha, así como en el Bajo Cinca y Segre la explotación actual es muy inferior y se ha estimado en unos  $2 \text{ Hm}^3/\text{año}$  en cada caso.

## 7.2. BALANCE HIDRICO

### 7.2.1. Balance correspondiente al Canal Imperial de Aragón

La realización de un balance hídrico en un acuífero de las características, discontinuidad y extensión del aluvial del Ebro y sus afluentes, es tarea poco menos que imposible. Sin embargo sí se puede hacer una estimación de la recarga y descar-

ga, tal como hemos hecho en el apartado 7.1, y un balance en un sector con todas sus limitaciones y en el convencimiento de que se pueden extrapolar sus conclusiones a otros tramos del acuífero aluvial.

En este sentido se ha hecho un balance en la zona dominada por el Canal Imperial de Aragón con el fin fundamental de ajustar las cifras de la recarga por regadíos, ya que éstas se basan en los datos más fiables y ya hemos dicho que constituyen el factor fundamental de la recarga del acuífero.

En el apartado 6.2.1. se han calculado los volúmenes de agua destinados a usos agrícolas y a usos urbanos e industriales. El agua destinada al abastecimiento de ferrocarriles - (10 l/seg) y a algunas urbanizaciones la consideramos despreciable a efectos del balance.

A estas cifras es preciso añadir el volumen de agua que circula por el Canal Imperial de Aragón en los meses de otoño e invierno, teniendo en cuenta que el consumo urbano e industrial prosigue en estas estaciones, mientras que el agua destinada en verano a regadíos se vierte otra vez al río Ebro.

Se trata por consiguiente en este apartado de calcular el volumen de agua correspondiente a cada concepto, así como de evaluar o estimar las pérdidas producidas en los canales debidas a evaporación o infiltración.

En primer lugar se va a determinar el volumen de agua del Canal Imperial de Aragón que se destina a regadíos, para lo cual se ha partido de las siguientes hipótesis:

1ª.-El caudal normal derivado coincide con el de riego, únicamente en aquellos casos en que no hay excedentes de agua.

CUADRO Nº 16- APROVECHAMIENTOS AGRICOLA Y URBANO E INDUSTRIAL DEL CANAL IMPERIAL DE ARAGON .-

TRAMO	R E G A D I O S							APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL Y URBANO.
	PERDIDAS		RIEGOS	AGUA SOBRANTE				
	INFILTRACION	EVAPORACION		VERTIDA AL EBRO	INFILTRADA	EVAPORADA	TOTAL	
Fontellas	25.402	228.614	600.000	332.851	8.321	74.892	416.064	
Ribaforada	241.134	2.411.338	5.870.000	3.020.281	75.507	679.563	3.775.352	
Buñuel	419.852	3.778.669	16.794.087					
Cortes	400.257	3.602.310	6.270.000	7.792.211	194.805	1.753.248	9.740.264	
Mallén-Novillas	385.197	3.466.774	15.407.885					
Gallur	428.198	3.853.786	17.127.936					
Boquiñeni	218.635	1.967.717	8.745.408					
Luceni	234.239	2.108.151	9.369.562					
Pédrola	390.822	3.517.396	10.710.000	3.938.296	98.457	886.117	4.922.871	
Alcalá de Ebro	68.221	613.993	2.728.858					
Cabañas de Ebro	134.628	1.211.656	5.385.139					
Figueruelas	100.881	907.926	4.035.226					
Grisén	97.615	878.532	1.740.000	1.731.671	43.292	389.626	2.164.588	
Jalón	449.609	4.046.475	17.984.333					
Torres de Berre.	205.026	1.845.245	8.201.088					
Madrizcenten	141.160	1.270.443	5.646.413					
Almozara	250.569	2.255.118	10.022.746					
Centen de Utebo	147.148	1.324.331	5.885.914					
Pinseque	175.815	1.582.338	7.032.614					
Garrapinillos	1.209.116	10.882.045	48.364.646					
Miralbueno	968.345	8.715.108	21.700.000	13.627.049	340.676	3.066.086	17.033.812	
Miraflores	726.667	6.540.005	29.066.688					
El Burgo	330.947	2.978.519	13.237.862					
TOTALES.....	7.749.483	69.986.489	271.926.405	30.442.359	761.058	6.849.532	38.052.951	134

2a.- En aquellos casos en que existe excedente de agua, se ha fijado el consumo real en  $10.000 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{año}$ . El resto de agua se considera sobrante.

3a.- Una parte del agua sobrante se emplea en -- abastecimientos urbanos e industriales, y otra se vierte al río Ebro.

4a.- En el recorrido del agua a lo largo de los canales, se han supuesto unas pérdidas globales del 20%, de las que un 1-3% se ha estimado corresponden a la infiltración, y el resto a la evapotranspiración.

Bajo estas hipótesis y teniendo en cuenta que se destinan a aprovechamientos urbanos e industriales  $134 \text{ Hm}^3$  al año, se ha elaborado el cuadro nº 16 del que se han resumido las siguientes cifras:

REGADIOS ( $\text{Hm}^3$ )		AGUA SOBRANTE ( $\text{Hm}^3$ )					APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL Y URBANO
RIEGOS. ( $\text{Hm}^3$ )	PERDIDAS CANALES		VERTIDA AL RIO EBRO ( $\text{Hm}^3$ )	INFILTRADA ( $\text{Hm}^3$ )	EVAPORADA ( $\text{Hm}^3$ )	TOTAL ( $\text{Hm}^3$ )	134 $\text{Hm}^3$
	EVAPORACION ( $\text{Hm}^3$ )	INFILTRACION ( $\text{Hm}^3$ )					
272	70	8	30	0,7	7	37,7	

CUADRO Nº 17.- VOLUMEN DE AGUA QUE CIRCULA EN MESES DE OTOÑO E INVIERNO POR EL CANAL IMPERIAL DE ARAGON.

AÑO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
1964-65	68.031.360	62.985.600	63.478.080	62.406.720	40.884.480
1965-66	53.964.760	54.406.080	63.531.648	65.058.336	40.255.488
1966-67	67.629.600	65.162.880	69.049.152	68.620.608	41.997.312
1967-68	69.558.048	55.883.520	67.281.408	70.843.680	56.801.952
1968-69	71.352.576	67.573.440	66.451.104	70.629.408	51.093.504
1969-70	67.281.408	64.644.480	65.130.688	64.576.224	45.698.688
<b>MEDIAS</b>	<b>66.302.959</b>	<b>61.776.000</b>	<b>65.820.347</b>	<b>67.022.496</b>	<b>46.121.904</b>

Volumen medio en los meses de otoño e invierno: 307.043.706 m<sup>3</sup>

Fuente: Anuarios de Aforos del MOPU.

Para determinar el agua que circula por el canal Imperial de Aragón en los meses de otoño e invierno, se han tomado datos registrados en los Anuarios de Aforos del M.O.P. correspondientes al período 1964-65 a 1969-70, ambos inclusive. De dichos Anuarios se han obtenido las cifras reflejadas en el cuadro nº 17 cuyos promedios mensuales se resumen a continuación

<u>Octubre</u>	<u>Noviembre</u>	<u>Diciembre</u>	<u>Enero</u>	<u>Febrero</u>	<u>TOTAL</u>
66	62	66	67	46	307 Hm <sup>3</sup>

Por consiguiente, el balance global para el canal Imperial de Aragón, quedaría de la siguiente forma:

- Regadíos.....	349 Hm <sup>3</sup>
- Agua sobrante.....	38 "
- Aprovechamiento Ur.Ind.....	134 "
- Meses de otoño e invierno.....	307 "
<u>T O T A L.....</u>	<u>828 Hm<sup>3</sup></u>

cifra que puede considerarse consistente con los 809 Hm<sup>3</sup> anuales medios registrados en cabecera, ya que la variación es muy pequeña, y además puede deberse al hecho de haber considerado para los meses de riego, el año 1.977-78, y para los de otoño invierno, el promedio del período 1964-65 a 1969-70.

A efectos de unificación de datos, se considerará la cifra de 809 Hm<sup>3</sup> anuales, procediéndose a distribuir la diferencia proporcionalmente entre los diferentes elementos constitutivos del balance, con lo cual quedaría éste de la siguiente forma:

- Volumen de agua en cabecera..... 809 Hm<sup>3</sup>
- Regadíos..... 341 Hm<sup>3</sup>
- Agua sobrante..... 37 Hm<sup>3</sup>
- Aprovechamiento urbano e indust.. 131 Hm<sup>3</sup>
- Meses de otoño e invierno..... 300 Hm<sup>3</sup>

Para evaluar la recarga por infiltración previamente, es preciso estimar la infiltración debida al riego. - Su evaluación es compleja, pero en todo caso, puede afirmarse que es superior a la diferencia entre el consumo real y el consumo teórico, que representa un valor porcentual del 20%. Teniendo en cuenta la permeabilidad del terreno que rebaja la eficiencia del riego, y la alta dotación 10.000 m<sup>3</sup>/Ha/año, - puede considerarse como válida la cifra del 40% adoptada en el apartado 7.1.

Por lo que respecta a la infiltración en los caudales se estimó anteriormente en un 1-3%. Con estos porcentajes se obtienen los siguientes valores correspondientes al agua infiltrada sobre una superficie regada de unos 270 Km<sup>2</sup>.

Regadíos	272 x 0.4	= 108.8 Hm <sup>3</sup> /año.
Agua Sobrante	37 x 0.02	= 0.7
Otoño e Invierno	300 x 0.02	= 6.0
<b>TOTAL</b>		<b>115.5 Hm<sup>3</sup>/a</b>

Si tratamos ahora de calcular la infiltración en la zona comprendida entre las estaciones de aforos 162 y 11, - es decir aguas arriba de Zaragoza, había que deducir de la cifra anterior la infiltración correspondiente a los regadíos y excedente de agua de los siguientes sindicatos: Fontella, -

Ribaforada, Buñuel, Cortes, Miraflores, y El Burgo. Para el conjunto de ellos se obtiene una superficie regada de 6335. - Por consiguiente les correspondería una infiltración de unos  $25.5 \text{ Hm}^3$ , lo que supone para el resto de la cuenca una recarga por infiltración de  $90 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

A esta cantidad habría que añadir la cantidad correspondiente a la infiltración del agua de lluvia. Estimando que se infiltran 40 mm. sobre una superficie de cerca de  $800 \text{ Km}^2$  el agua correspondiente a este concepto será

$$40 \text{ l/m}^2 \times 800 \times 10^6 \text{ m}^2 = 32 \text{ Hm}^3/\text{a}.$$

Es decir que para toda la zona comprendida entre las estaciones de aforo E-162 y E-11 se tendrá una infiltración anual mínima de  $122 \text{ Hm}^3/\text{a}$ .

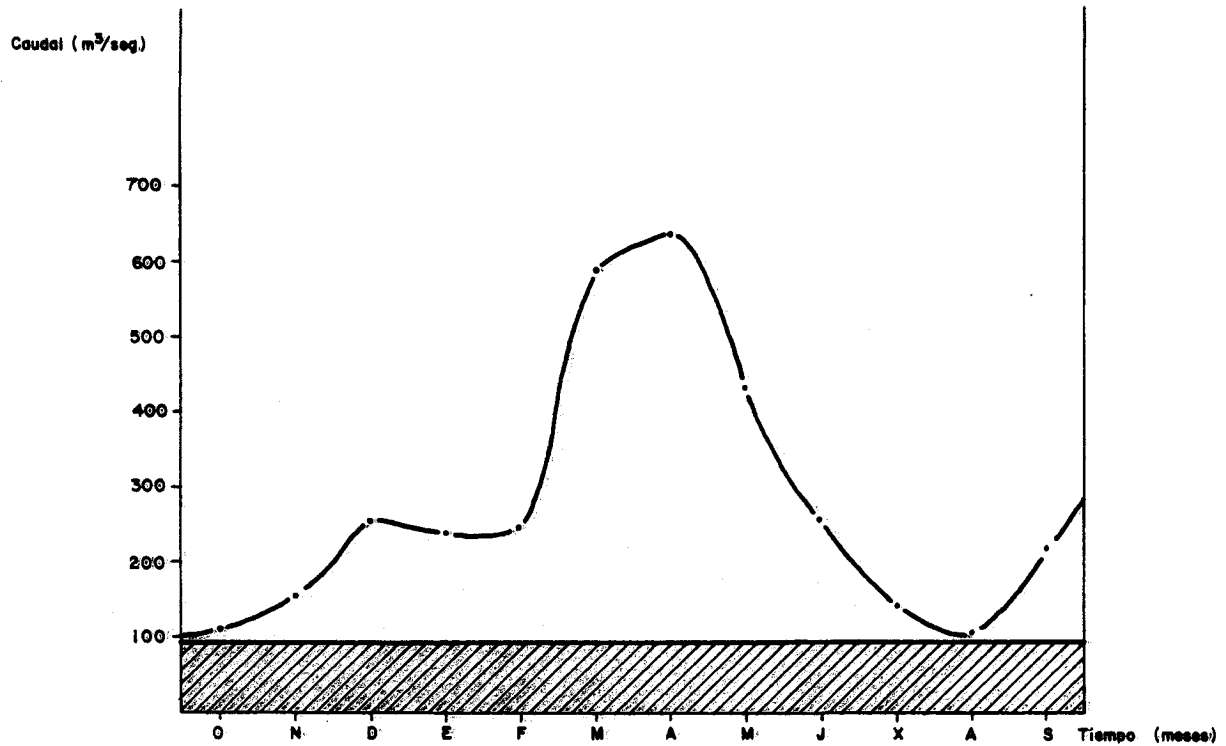
Por métodos geométricos se han determinado los valores correspondientes a escorrentía subterránea y superficial en la zona de cuenca comprendida entre las estaciones de aforo núm. 162, 11 y 9. Para esto, se partirá de los datos registrados en los Anuarios de Aforos del M.O.P. correspondientes a un año hidráulico representativo (1968-69). Estos datos una vez restituidos los caudales naturales serían:

Cuenca	Superficie ( $\text{km}^2$ )	Precipitación (mm)	Aportación (%)
162	26.427	22.664	32.16
9	7.164	4.284	10.36
11	40.434	31.205	28.54

Por consiguiente, el valor porcentual de la escorrentía total en la zona de cuenca limitada por estas estaciones de aforo sería:


# CALCULO DE ESCORRENTIAS SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Estacion N° 11.- Año 1.968 - 1.969



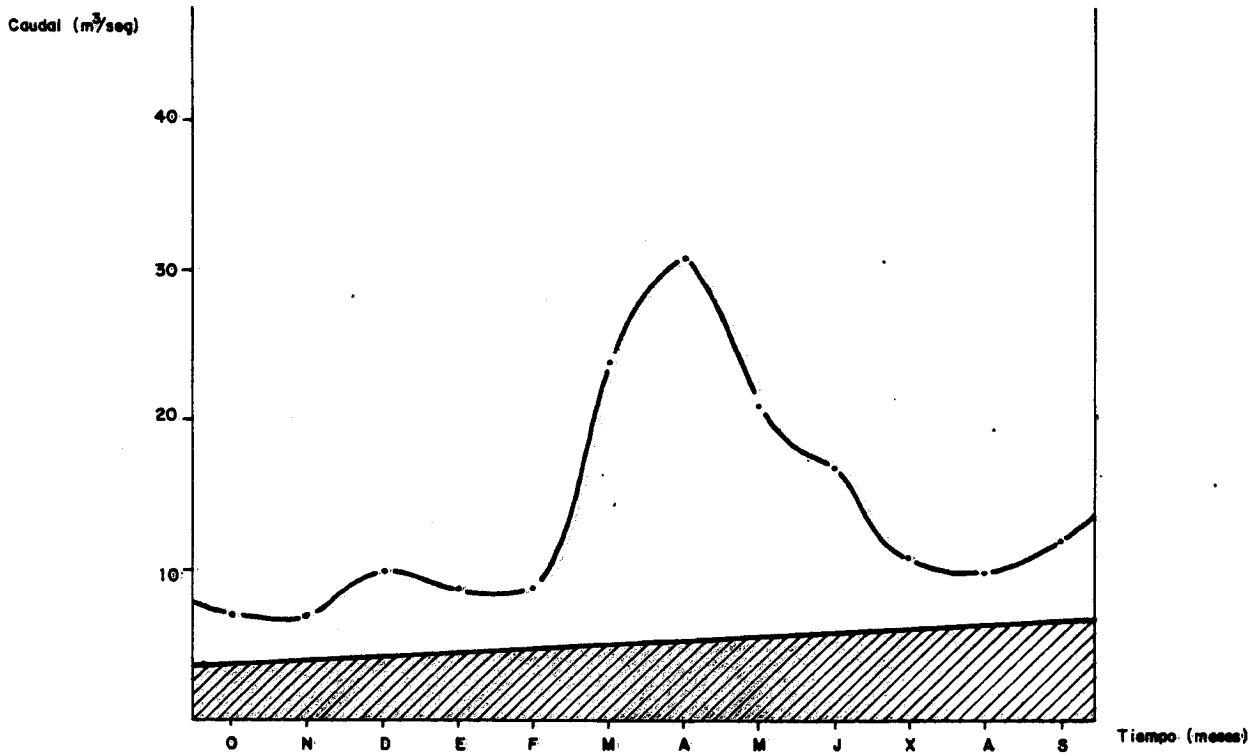
Caudales naturales(m<sup>3</sup>/seg)

O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S
87	126	234	216	225	571	612	403	232	110	73	194
27	26	25	26	21	18	25	27	27	29	29	26
114	152	259	242	246	589	637	430	257	137	102	220

 Escorrentia superficial  
 " " subterranea



# CALCULO DE ESCORRENTIAS SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Estacion N°9.-Año 1.968 - 1.969



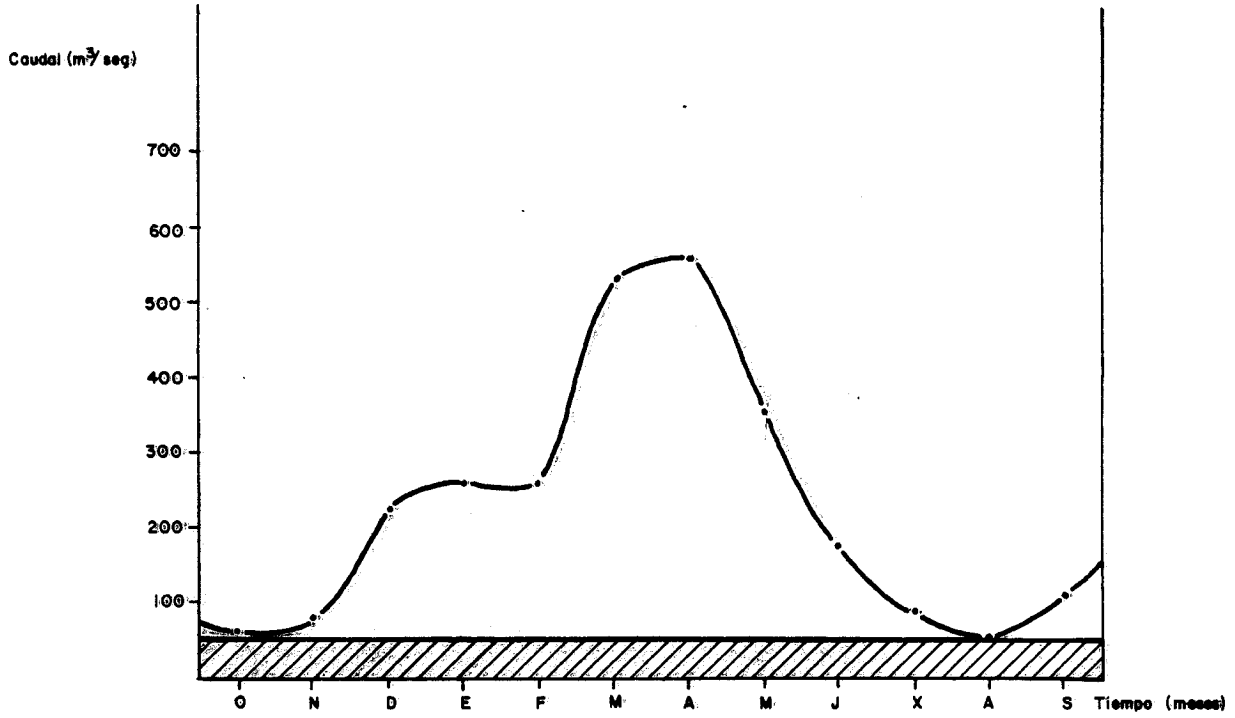
Caudales naturales (m³/seg)

O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S
7	7	10	9	9	24	31	21	17	11	10	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7	10	9	9	24	31	21	17	11	10	12

 Escorrentia superficial  
 " subterránea

# CALCULO DE ESCORRENTIAS SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Estacion N° 162.- Año 1.968 - 1.969



Caudales naturales (m<sup>3</sup>/seg)

O	N	D	E	F	M	A	M	J	X	A	S
56	71	221	250	253	530	565	348	163	77	44	109
9	7	7	7	5	0	5	9	10	10	10	9
65	78	228	257	258	530	560	357	173	87	54	118



$$32.16 \times 26427 + 10.36 \times 7164 + A \times 6843 = 40.434 \times 28.54$$

De donde  $A = 33.59\%$

Por otra parte, de la descomposición de los hidrogramas, se obtuvieron los siguientes valores, calculados por defecto:

<u>Cuenca</u>	<u>Infiltración(%)</u>
Nº 162	6.86
Nº 9	3.45
Nº 11	6.47

Lo cual, para la zona de cuenca donde se ubica este estudio, supone una infiltración de:

$$6.86 \times 26427 + 3.45 \times 7164 + I \times 6843 = 40.434 \times 6.47$$

De donde  $I = 8.12 \%$

Como resumen, en esta zona de cuenca, se tendrán los siguientes valores:

<u>Precipitación</u> (Hm <sup>3</sup> )	<u>Escorrentía superf.</u> (Hm <sup>3</sup> )	<u>Escorrentía sub.</u> (Hm <sup>3</sup> )
4.257	1.084	346

Interesa destacar que los valores de pluviometrías y aportaciones correspondientes a un año hidráulico medio son algo más elevados en este caso que los valores medios obtenidos en el capítulo 4 (4257 y 1430 Hm<sup>3</sup>/año frente a 3133 y 954 Hm<sup>3</sup>/año respectivamente).

Considerando válidos los valores porcentuales co

rrespondientes a la escorrentía superficial y subterránea, y - dentro de los márgenes de error previsibles en estos procesos de cálculo, en la zona de cuenca comprendida entre las estaciones de aforo n<sup>os</sup> 162, 9 y 11, pueden establecerse las siguientes cifras medias anuales:

- Pluviometría.....	3.133 Hm <sup>3</sup>
- Aportación.....	1.034 Hm <sup>3</sup> (33%)
- Escorrentía superficial.....	783 Hm <sup>3</sup> (25%)
- Escorrentía subterránea.....	251 Hm <sup>3</sup> (8%)

A partir de todos los datos hasta aquí expuestos se puede establecer el siguiente balance, para la zona de Cuenca comprendida entre las estaciones E-162 y E-11, y estimando las cifras referentes a la infiltración y al agua vertida al Ebro, correspondiente a los canales de Lodosa y Tauste en un 20 y un 30% respectivamente.

<u>ENTRADAS (Hm<sup>3</sup>/año)</u>		<u>SALIDAS (Hm<sup>3</sup>/año)</u>	
Aportación media			
en E-162	8.511		
Ap.media en E-9	403	Aport.media	
Vertido al Ebro C.I.	240	en E-11	9303
Infiltración del Canal		Descarga por	
Imperial	90	Bombes y man-	49
Infiltración y vertidos		nantiales	
del Canal de Lodosa	65	Canal Imperial	809
Infiltración y vertidos			
del Canal de Tauste	73		
<b>TOTAL</b>	<b>9.382</b>		<b>10.161</b>

De este balance se deduce que existen unas aportaciones exteriores en esta zona de cuenca de  $779 \text{ Hm}^3/\text{año}$ . Si tenemos en cuenta que la infiltración debida a la lluvia es de  $32 \text{ Hm}^3/\text{año}$  se deduce para la aportación superficial en esta zona de cuenca un valor de  $747 \text{ Hm}^3/\text{a}$ , cifra muy coherente con los  $783 \text{ Hm}^3/\text{a}$  deducidos del trazado de los hidrogramas, teniendo en cuenta que como se indicó anteriormente este valor es ligeramente superior al real al haberse calculado la infiltración por defecto.

Según ello la aportación subterránea  $251 \text{ Hm}^3/\text{a}$  es también coherente con la cifra correspondiente a la infiltración de regadíos de los 3 canales y la infiltración del agua de lluvia, lo que totaliza para este tramo de cuenca.

$$90 + 65 + 73 + 32 = 260 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

Esta cifra representa a su vez el drenaje efectuado por el río Ebro y es perfectamente compatible con las características hidrogeológicas del acuífero. En efecto si suponemos una superficie filtrante de  $8 \text{ Km}^2$  y un gradiente medio del  $5\text{‰}$ , la permeabilidad media sería de  $22 \text{ m/día}$ , cifra perfectamente coherente con los datos que se tienen del acuífero.

#### 7.2.2. Balance Hídrico general. Recursos Subterráneos

Tal como ya se ha indicado no es posible realizar un balance hídrico global de estos acuíferos pero sí pueden establecerse los recursos subterráneos mínimos en base a las estimaciones anteriores.

Según éstas los recursos subterráneos serían - para el conjunto de los acuíferos de por lo menos  $660 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , correspondientes respectivamente  $577.2 \text{ Hm}^3/\text{año}$  a retorno de riegos y  $82.7 \text{ Hm}^3/\text{año}$  a la infiltración de las precipitaciones (que serían los recursos propios del Sistema en su régimen natural).

De la forma en que se han deducido los cálculos queda claro que esta cantidad representa un mínimo al que habría que sumar la infiltración de los canales, la escorrentía de los torrentes que llega a los aluviales y los vertidos y pérdidas de muchos abastecimientos urbanos e industriales.

La descarga se realiza por bombeos y algunos pocos manantiales, cifrándose en unos  $80 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , por lo que -- existe un volumen de agua que vuelve a los ríos que actualmente puede cifrarse en por lo menos  $580 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

Está claro que esta cifra representa un umbral mínimo desde el punto de vista de la explotación, puesto que el interés de ésta estriba, como ya se ha indicado repetidamente, en la afección a los ríos para derivar caudales superficiales aprovechando la distribución espacial del acuífero y el efecto diferido sobre la regulación de las aportaciones.

En este sentido cabe decir que el régimen de la descarga al río no se conoce por el momento, pero se puede -- aventurar que sucede principalmente en los meses del verano - (de Mayo a Octubre) al revés de lo que ocurre con las aportaciones superficiales.

### 7.2.3. Reservas

Las reservas de este tipo de acuíferos tienen un interés relativo, pues la explotación trata de basarse en los caudales inducidos de las barreras positivas y se estima - que se alcanzan éstas mucho antes de que se bombeen los "recursos" anuales.

En cualquier caso las reservas de los acuíferos que integran este sistema han quedado sintetizados en el cuadro nº 11. (Capítulo 5).

Se ha estimado según las zonas una porosidad -- eficaz comprendida entre el 0.05 y 0.1. Por consiguiente las - reservas totales del acuífero definido por los depósitos aluviales que integran la terraza inferior del río Ebro y sus afluentes se han cifrado en unos 2000 Hm<sup>3</sup>, es decir, cerca de 4 veces más que los recursos mínimos calculados.

En el Cuadro nº 18 se resume el balance hídrico de cada uno de los subsistemas considerados.

CUADRO Nº 18

BALANCE HIDRICO DE LOS ACUIFEROS

<u>ACUIFERO</u>	<u>EXTENSION (Km<sup>2</sup>)</u>	<u>RECARGA (Hm<sup>3</sup>/año)</u>		<u>DESCARGA (Hm<sup>3</sup>/año)</u>			<u>RESERVAS (Hm<sup>3</sup>)</u>
		<u>Precip.</u>	<u>Regadíos</u>	<u>Bombeo</u>	<u>Manant.</u>	<u>Ríos</u>	
EBRO (Logroño-Cortes)	450	15.7	103.2	20	--	98.9	900
BAJO ARAGON Y ARGA	280	29.2	89.6	5	--	113.8	336
EBRO (Cortes-Zaragoza)	350	14.	140.4	14.2	8	132.2	280
BAJO GALLEGO	90	3.6	68.	18.6	--	53.0	270
EBRO (Zaragoza-Gelsa)	170	7.	56.	8.2	--	54.8	102
BAJO CINCA	70	2.8	28.	2.	--	28.8	42
BAJO SEGRE	110	4.4	44.	2.	--	46.4	55
MARGEN DERECHA	150	6.	48.	2.	--	52.	37
<b>T O T A L</b>	<b>1670</b>	<b>82.7</b>	<b>577.2</b>	<b>72.</b>	<b>8</b>	<b>579.9</b>	<b>2022</b>

## 8.- DISPONIBILIDADES DE AGUA SUBTERRANEA

## 8.- DISPONIBILIDADES DE AGUA SUBTERRANEA

### 8.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

Los estudios realizados han tenido como objetivo prioritario conocer las posibilidades de aumentar la explotación del acuífero aluvial.

Dados los elevados recursos,  $660 \text{ Hm}^3/\text{año}$  como mínimo, y un techo prácticamente ilimitado si se considera la afección a los ríos, y las altas transmisividades, trataremos de sentar las bases de la integración de la explotación de las aguas subterráneas en el marco más amplio de la Planificación Hidrológica. Bien entendido que por su interés relativo, y salvo en contadas zonas, sólo pueden realizar una función de complemento de los aprovechamientos superficiales en el caso del regadío, mientras por el contrario están llamados a jugar un importante papel en el abastecimiento urbano e industrial, como ya se ha puesto de manifiesto en los últimos años con iniciativas particulares.

Los problemas principales planteados vienen del hecho de que la calidad en algunas zonas no es suficientemente apta, por lo que en el futuro deberá prestarse más atención a este extremo, con el fin de seleccionar las zonas más aptas, y también de que están sin cuantificar adecuadamente las relaciones acuífero-río, lo que no podrá establecerse más que con ensayos de bombeo muy prolongado o bien tras el seguimiento de la explotación.

Las dos direcciones fundamentales en que debe ba

sarse la explotación futura, deben ser las siguientes:

1º.- Suplementar las dotaciones deficitarias, y en el límite sustituirlas, de los pequeños canales y acequias que toman agua directamente de los ríos, precisamente durante los estiajes, contribuyendo con ello a la mejora de los índices de contaminación aguas abajo, y aunque sea en un mímo porcentaje a su regulación.

2º.- Garantizar a todos los plazos los abastecimientos urbanos e industriales, e incluso sustituir los actuales en base a aguas superficiales, siempre que lo permita la calidad. En este contexto, y en aquellas zonas en que existan posibilidades, las industrias podrán obtener con pozos - propios un coste del agua inferior al servicio por las redes urbanas.

3º.- Implantación de nuevos regadíos en las terrazas altas, actualmente no dominadas por los canales, mediante bombeos de las terrazas inferiores, siempre y cuando el coste resultante de las elevaciones resulte competitivo frente al coste de planes alternativos con agua superficial.

Todo este planteamiento general que debe ser - matizado por los trabajos de control y gestión que siguen realizándose, y cuya incidencia en la economía regional no podemos aún calibrar, no cabe duda de que debe ser impulsada más que por la Administración Central, por los Entes Regionales y Locales y por los sectores directamente interesados: municipios, comunidades de regantes, sindicatos de usuarios, etc.

El estudio del abastecimiento a la nueva factoría de General Motors a partir de aguas subterráneas, nos ha permitido disponer de unos datos sumamente útiles, puesto que las obras no corresponden a una zona particularmente favorable.

Así en una terraza del Ebro de 10-12 m. de potencia de los que tan solo 4-7 m. corresponden a gravas saturadas se han obtenido transmisividades de  $6.000 \text{ m}^2/\text{día}$  y caudales de explotación de 50 l/seg. con descensos de menos de 2 m.

En base a los datos de estos y otros ensayos de bombeo se han hecho extrapolaciones teóricas que permiten asegurar que con sondeos similares a los construídos podrían obtenerse por cada  $20 \text{ Km}^2$  de acuífero caudales de  $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$  con la realización de 10 a 20 pozos. Es decir la puesta en riego de unas 1000 Has.

En las líneas que siguen, y a partir de los recursos subterráneos y de consideraciones únicamente topográficas, se establecen las zonas más favorables para la ubicación de nuevos regadíos o el reforzamiento de las dotaciones en los ya existentes.

## 8.2. OFERTA DE AGUA SUBTERRANEA

A la vista de los datos del apartado 7.2.2. - existe repartida en el aluvial una oferta de agua de  $580 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , descontando la utilización actual que se ha cifrado en  $80 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

Suponiendo que la totalidad de estos  $580 \text{ Hm}^3/\text{año}$  se destinen a regadíos y teniendo en cuenta las pérdidas previ-

sibles, con dotaciones de  $10.000 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$ , se podrían poner en regadío unas 50000 Has. Tal como ya hemos dicho esta cifra se considera un mínimo, pues la recarga inducida de los cursos de agua produciría unos recursos considerablemente superiores.

Si bien no es objeto de este trabajo describir de forma detallada la ubicación de los nuevos regadíos, así como la de aquellos que podrían mejorarse o reforzarse, se indican a continuación las características generales que deberán reunir estos.

#### Margen derecha del Ebro

1ª.- Los nuevos regadíos estarían ubicados en las zonas de las terrazas del río Ebro situadas al sur del canal Imperial de Aragón y las alturas máximas a que habrá de elevarse el agua de riego no superará los 40-50 m. El número total de Has regadas asciende a 14440 .

2ª.- Los regadíos susceptibles de mejora o reforzamiento se encuentran principalmente en los sindicatos de riego de Alcalá de Ebro, Figueruelas, Madrizcentén y Almozara, donde en la actualidad las dotaciones son inferiores. Las cifras referentes a superficies regadas y consumos por Ha en cada uno de estos se resumen a continuación:

<u>Sindicato de riego</u>	<u>Has.regadas</u>	<u>Consumo por Ha</u>
Alcalá de Ebro	470	5800
Figueruelas	637	6300
Madrizcentén	1013	5600
Almozara	1750	5700

Por consiguiente, el reforzamiento de estos regadíos hasta las  $10000 \text{ m}^3/\text{Ha}$  supondría los siguientes volúmenes de agua:

Alcalá de Ebro.....	470x	4200 = 1.97 $\text{Hm}^3$
Figueruelas.....	637x	2700 = 1.71 $\text{Hm}^3$
Madrizcentén.....	1013x	4400 = 4.45 $\text{Hm}^3$
Almozara.....	1750x	4300 = 7.52 $\text{Hm}^3$

Lo cual, contando pérdidas, supondría aproximadamente unos  $17 \text{ Hm}^3$ .

De lo anteriormente expuesto, se deducen para los nuevos regadíos y para los riegos mejorados, las siguientes cifras:

- Nuevos regadíos :  $170 \text{ Hm}^3$  equivalentes a 15.000 Ha
- Riegos mejorados:  $17 \text{ Hm}^3$  equivalentes a 3.800 Has

Para la ubicación de los nuevos regadíos sería preciso realizar detenidos estudios agronómicos, edafológicos, climáticos, etc. Los factores limitativos, aparte del principal que representa la altura de elevación, serían las pendientes y salinidad del suelo en cuanto presentaran valores elevados.

A este respecto se ha podido contar con el reciente estudio agronómico de la zona regable del Gran Canal del Ebro 3ª fase, realizado por el IRYDA que si bien no cubre enteramente la zona propuesta sí permite desechar ya a priori algunas zonas.

Los límites del mencionado estudio se han reflejado en el Plano nº 11 donde se señalan las zonas, donde, una vez obtenidos los caudales necesarios, podrían instalarse los regadíos nuevos.

### Bajo Gállego

El problema en la cuenca baja del Gállego es radicalmente distinto. Según manifestaciones de los técnicos interesados en el tema podría ser de gran utilidad el desplazamiento de los regadíos actuales, a partir de aguas superficiales derivadas en el estiaje, hacia formas de explotación del agua subterránea con lo que los caudales del río Gállego utilizados corresponderían a la aportación de invierno, aprovechando el efecto regulador del embalse subterráneo, garantizando, aún por simples razones ecológicas, un caudal mínimo durante el verano.

De todas formas, a nuestro entender y a la espera de más detallados estudios, el agua subterránea representaría una alternativa que cuanto menos debería ser contrastada con el actual Proyecto de Bardenas 2ª parte que pretende regar con aguas procedentes del Pantano de Yesa las terrazas altas de la margen derecha del Gállego.

La extensión a regar consta de una zona prioritaria, con elevaciones de solo 30 m, que abarca 2337 Ha. Con elevaciones de 50 m. se podrían regar otras 3.475 Ha. Con una dotación de  $10.000 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{año}$  el agua necesaria sería del orden de  $60 \text{ Hm}^3/\text{año}$ . (Plano nº 12).

### 8.3. CONSIDERACIONES SOBRE EL PRECIO DEL AGUA

Es éste un capítulo trascendental en la consideración de los problemas que puede plantear la explotación del acuífero aluvial, máxime si tenemos en cuenta el encarecimiento de la energía que viene siendo en los últimos años una constante en la economía a todos los niveles.

Cabe distinguir el precio del agua según qué uso y destino se le vaya a dar. Así, dado que en la zona de estudio el regadío se efectúa a partir de aguas superficiales y que éstas tienen para el agricultor un precio "político" o subvencionado, no admite comparaciones con el gasto que supondría poner en regadío, con pozos o sondeos las extensiones que ahora están irrigadas por canales y acequias que están construídas desde hace más de 100 años. Los numerosos pozos que, sin embargo, hay diseminados sobre todo en la terraza baja y que, normalmente no se utilizan, otorgan al agricultor un factor de seguridad e independencia sobre todo en años extremadamente secos.

No obstante se debe pensar en la explotación de este acuífero a la hora de promocionar vastas regiones sin otras posibilidades de captación o como alternativa a corto plazo de futuros y más costosos proyectos de aguas superficiales.

La industria, más atenta a consideraciones de tipo económico, ha comprendido mejor que otros sectores las ventajas que supone la utilización del agua subterránea de este acuífero, con caudales muy superficiales, abundantes y depurados naturalmente por los mismos materiales que constituyen el acuífero.

Las numerosas fábricas que se asientan sobre las terrazas aluviales, disponen en su gran mayoría del correspondiente pozo o sondeo de captación de agua para satisfacer sus propias necesidades, aún contando con que hasta muchas de ellas llegan las redes de abastecimiento general de las poblaciones. Estudios realizados dan un costo de hasta cuatro veces menor del agua procedente de pozo o sondeo comparado con el precio del agua suministrada por la red general, lo cual explica claramente su generalizada utilización.

Conviene para reforzar estas consideraciones hacer números, de tal forma que, siguiendo las directrices de la publicación "Coste del Agua Subterránea" de Fernández Sánchez (1.977) se ha llegado a los siguientes valores actualizados (precios de Enero de 1.981) para el coste del m<sup>3</sup> de agua a pie de sondeo en las siguientes condiciones que creemos se ajustan al modelo más normal dentro del acuífero considerado.

- Se supone la posibilidad de sondeos de 40 m. de profundidad, totalmente entubados con tubería de 400 m/m  $\phi$ .
- Grupo electrobomba sumergido.
- Nivel dinámico a 10 m. del suelo.
- Riego por aspersión (presión en boquilla de 50 m).
- Período de riego de 12 horas/día durante 6 meses (2.000 horas/año).
- Se considera 1 Km. de tendido eléctrico de alta tensión.

Teniendo en cuenta la posibilidad de elevar el agua a cotas de 20, 40 y 60 m. por encima de la ubicación del sondeo, las alturas menométricas de elevación para el grupo su mergido serían de 80, 100 y 120 m. respectivamente (no se considera pérdida de carga); con estos supuestos los precios resultantes serían los siguientes:

COSTE DEL  $m^3$  DE AGUA EN BOCA DE SONDEO EN RIEGO POR ASPERSION  
PTAS. ENERO 1.981

H. MANO- METRICA	CAUDAL		
	50 li/sg.	100 li/sg.	150 li/sg
80 m.	2,50	1,93	1,70
100 m.	2,80	2,25	2,39
120 m.	2,99	2,61	2,70

Con una dotación media para los cultivos que se emplean en estas zonas contando con el sistema de riego por aspersión, de unos  $6.000 m^3$ /Ha y año, tendremos los precios del coste del agua aplicando el cuadro anterior.

Otra de las posibilidades que se contemplan sería la sustitución de regadíos tradicionales que derivan actualmente agua de los ríos sin regular y precisamente en la época de estiajes. A este fin se podrían bombear agua de las terrazas y seguir utilizando la red actual de acequias.

En este supuesto el coste del agua corresponda -

exclusivamente al precio a pie de sondeo sin ninguna obra adicional, la elevación es muy inferior y el precio resultante disminuye.

Se han considerado también 3 caudales de explotación 50, 100 y 150 Li/seg. y las siguientes condiciones:

- Sondeos a percusión de 50 m. de profundidad - totalmente entubados a 400 m/m.  $\emptyset$ .
- Grupo electrobomba sumergido.
- Nivel dinámico a 10, 20 y 30 m.
- Riego a pie aprovechando la red de acequias ya existente.
- Períodos de riego de 2.000 horas/años
- 1 Km. de tendido eléctrico de alta tensión

Los precios resultantes con pesetas actuales serían:

COSTE DEL m<sup>3</sup>. DE AGUA A PIE DE SONDEO APROVECHANDO ACEQUIAS  
PTAS. ENERO 1.981

H. MANO- METRICA	CAUDAL		
	50 Li/seg	100 Li/sg.	150 Li/seg
10 m.	1,27	0,81	0,64
20 m.	1,42	0,95	0,77
30 m.	1,65	1,12	0,93

BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

AUTOPISTA VASCO-ARAGONESA C.E.S.A. - Estudio Geotectónico de los tramos 09 Gallur-Alagón, 10 Alagón-Zaragoza y 11 Ronda Norte de Zaragoza. 1977

DIPUTACION FORAL DE NAVARRA-C.G.S., S.A.- "Proyecto Hidrogeológico de Navarra" Informe técnico nº 13. "Unidad hidrogeológica Aluvial del Ebro y afluentes"

IGME.- Mapa Geológico de España. Síntesis de la cartografía existente. Escala 1:200.000. Memoria explicativa de la Hoja nº 32 Zaragoza. 1971.

MENSUA, Salvador e IBAÑEZ, Ma Jesús.- "Mapa de terrazas fluviales y glaciales del sector central de la Depresión del Ebro" 1977.

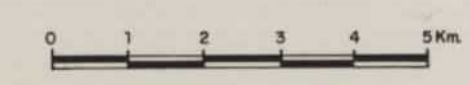
SGOP - CHE.- "Estudio hidrogeológico de las terrazas de los ríos Ebro y Gállego en la zona de influencia de Zaragoza". 1976



**LEYENDA**

- FORMACIONES PERMEABLES**
- INFERENCIADO COLUVIAL, CONOS DE DEYECCION, LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS.
  - TERRAZA SUPERIOR
  - TERRAZA ALTA
  - TERRAZA MEDIA
  - TERRAZA BAJA Y ACTUAL
- GRAVELS, ARENAS Y LIMOS MAS O MENOS CEMENTADOS  
LENTEJONES ARCILLOSOS
- ZOCALO IMPERMEABLE**
- ▨ ARCILLAS, MARGAS Y YESOS

A O B PUNTOS DE LA RED PIEZOMETRICA  
 A: PROFUNDIDAD DE LA OBRA  
 B: Nº DEL REGISTRO  
 C: COTA TOPOGRAFICA



DISEÑADO M. URQUIZA FECHA DICIEMBRE 1978 COMPROBADO A. BATLLE - A. IGLESIAS AUTOR A. BATLLE - E. HERNANDEZ ESCALA 1/100.000 CONSULTOR CGS	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b> PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 62 <b>PLANO GEOLOGICO</b> (SECTOR CORTES - GELSA)	 INFORME TECNICO Nº 6 PLANO Nº 6-1
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------



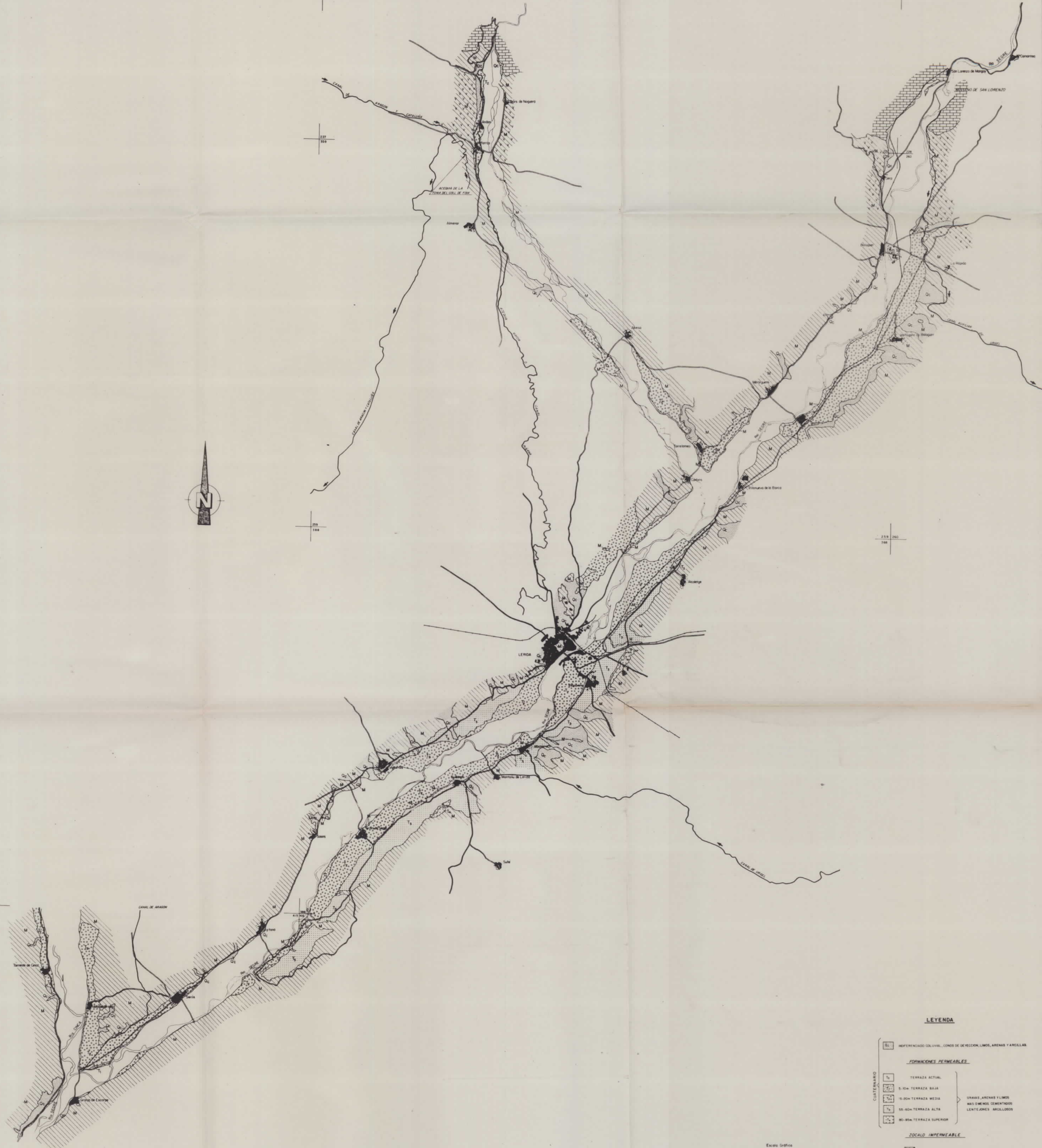
**LEYENDA**

[Symbol] IMPERMEABILIDAD COLUVIAL, ZONAS DE DEFECCION, LIMOS, ARENAS Y ARCILLAS  
**FORMACIONES PERMEABLES**  
 [Symbol] CUATERNARIO  
 [Symbol] TERRAZA ACTUAL  
 [Symbol] 1-10m TERRAZA BAJA  
 [Symbol] 10-20m TERRAZA MEDIA  
 [Symbol] 20-30m TERRAZA ALTA  
 [Symbol] ZOCALO IMPERMEABLE  
 [Symbol] ARCILLAS, MARGAS Y YESOS

[Symbol] GRAVAS, ARENAS Y LIMOS  
 [Symbol] MASAS CEMENTADAS  
 [Symbol] LENTIS JONAS ARCILLOSAS

[Symbol] ESCALA 1:200.000  
 0 1 2 3 4 5 Km

DIBUJADO M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA SEPTIEMBRE-1978	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
COMPROBADO A. BATLLE - A. IGLESIAS	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO		INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR A. BATLLE	SISTEMA Nº 62		PLANO Nº
ESCALA 1/200.000	MAPA GEOLOGICO TERRAZAS DEL RIO CINCA		6-2
CONSULTOR 			



**LEYENDA**

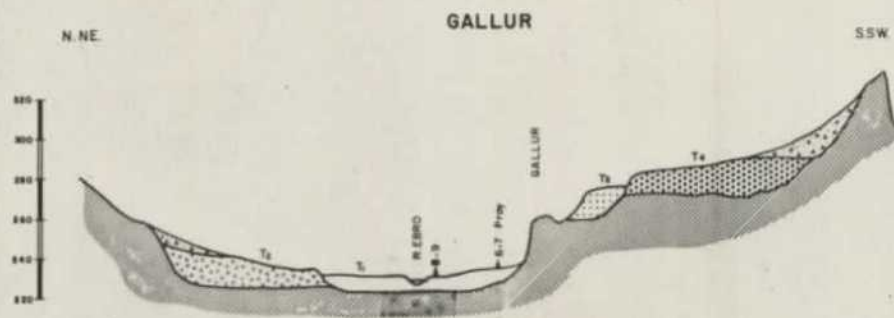
- SI IMPERMEABILIZADO COLUVIAL, CONOS DE DEYECCION, LIMOS, ARENAS Y ARCILLAS
- FORMACIONES PERMEABLES**
- T<sub>1</sub> TERRAZA ACTUAL
- T<sub>2</sub> 5-10m TERRAZA BAJA
- T<sub>3</sub> 15-20m TERRAZA MEDIA
- T<sub>4</sub> 55-60m TERRAZA ALTA
- T<sub>5</sub> 80-95m TERRAZA SUPERIOR
- ZOCALO IMPERMEABLE**
- M MESOZOICO
- S SECUNDARIO

DIBUJADO	M. UROQUIZA	<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA</b>	
FECHA	SEPTIEMBRE-1979	<b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b>	
COMPROBADO	A. BATLLE - A. IGLESIAS	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO	
AUTOR	A. BATLLE	SISTEMA Nº 62	INFORME TECNICO Nº 6
ESCALA	1/100.000	<b>MAPA GEOLOGICO TERRAZAS DE LOS RIOS SEGRE Y NOGUERA-RIBAGORZANA</b>	
CONSULTOR	CGS	PLANO Nº 6-3	

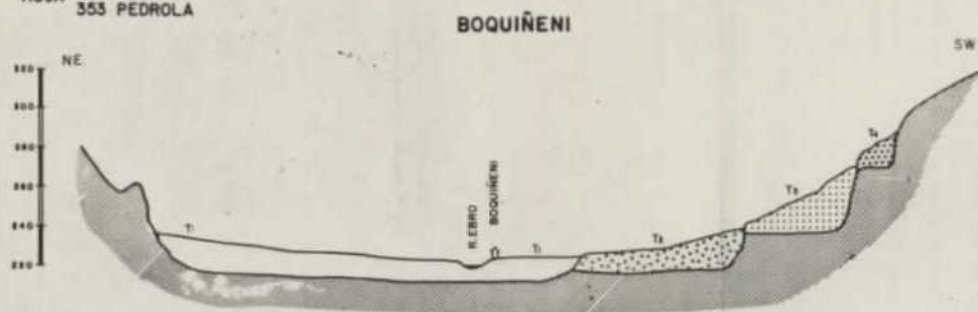
# RIO EBRO

# RIO GALLEGO

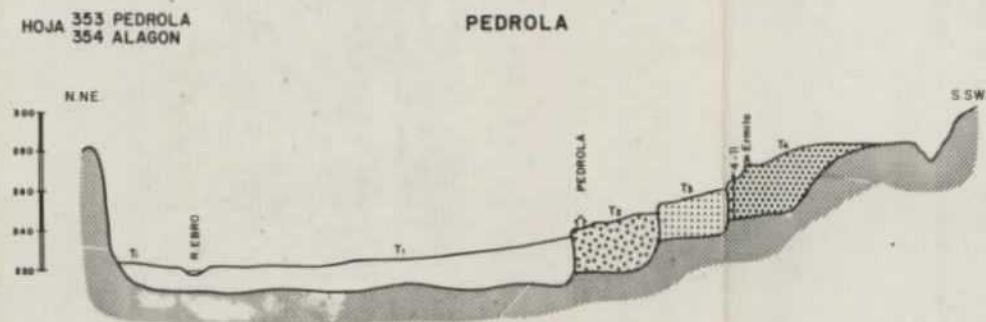
HOJA 321 TAUSTE



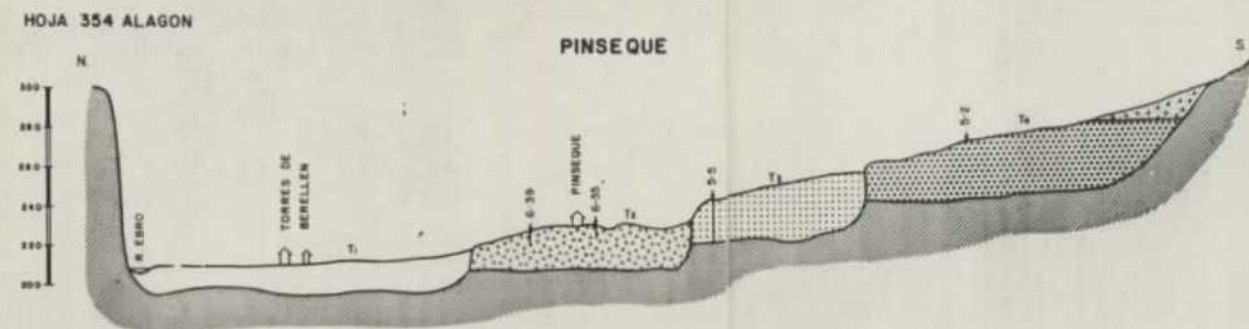
HOJA 321 TAUSTE  
353 PEDROLA



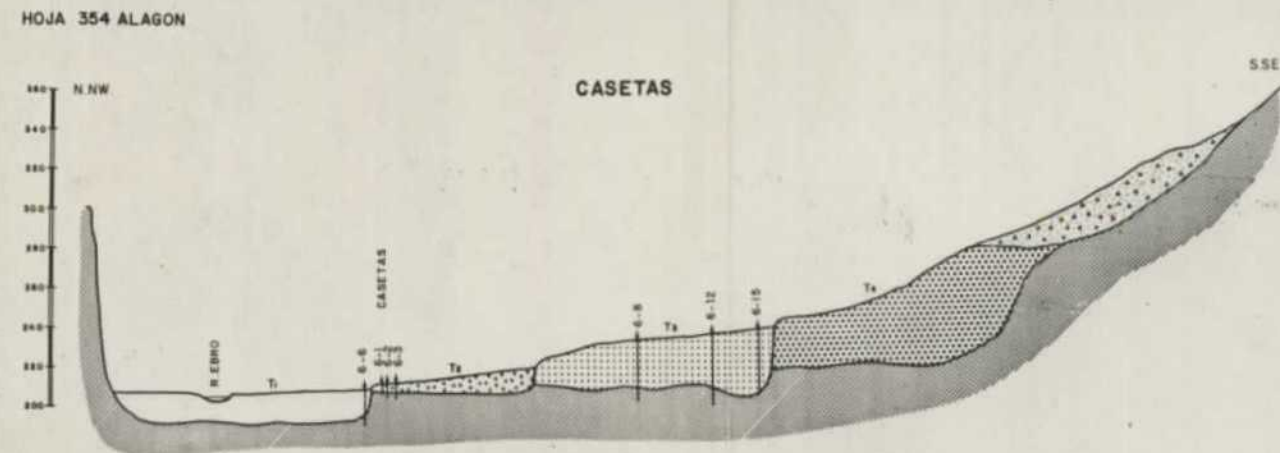
HOJA 353 PEDROLA  
354 ALAGON



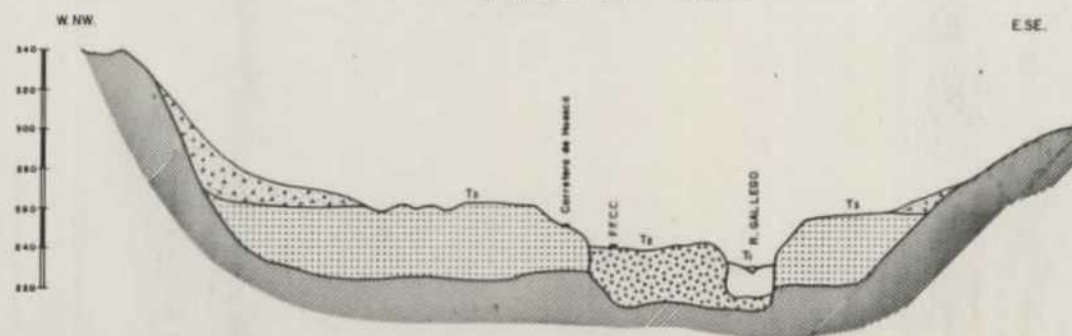
HOJA 354 ALAGON



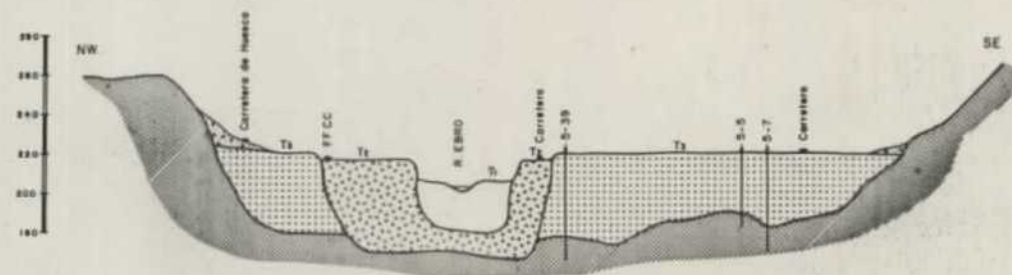
HOJA 354 ALAGON



HOJA 354 ALAGON  
355 LECIÑENA

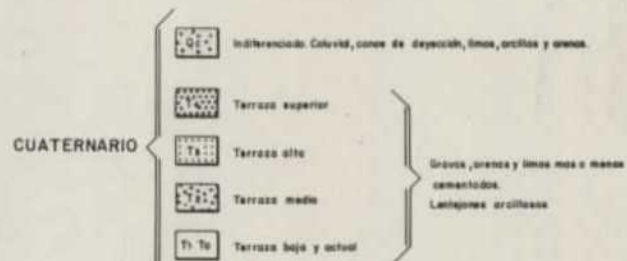


VILLAMAYOR DE GALLEGO



## LEYENDA

### FORMACIONES PERMEABLES

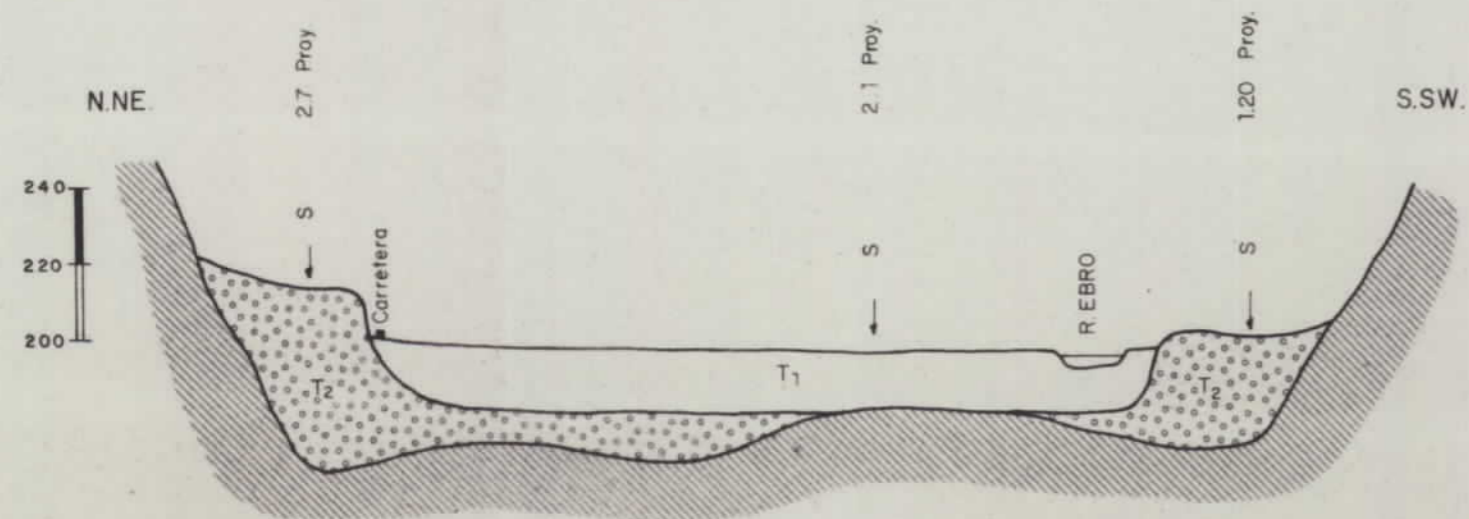


### ZOCALO IMPERMEABLE

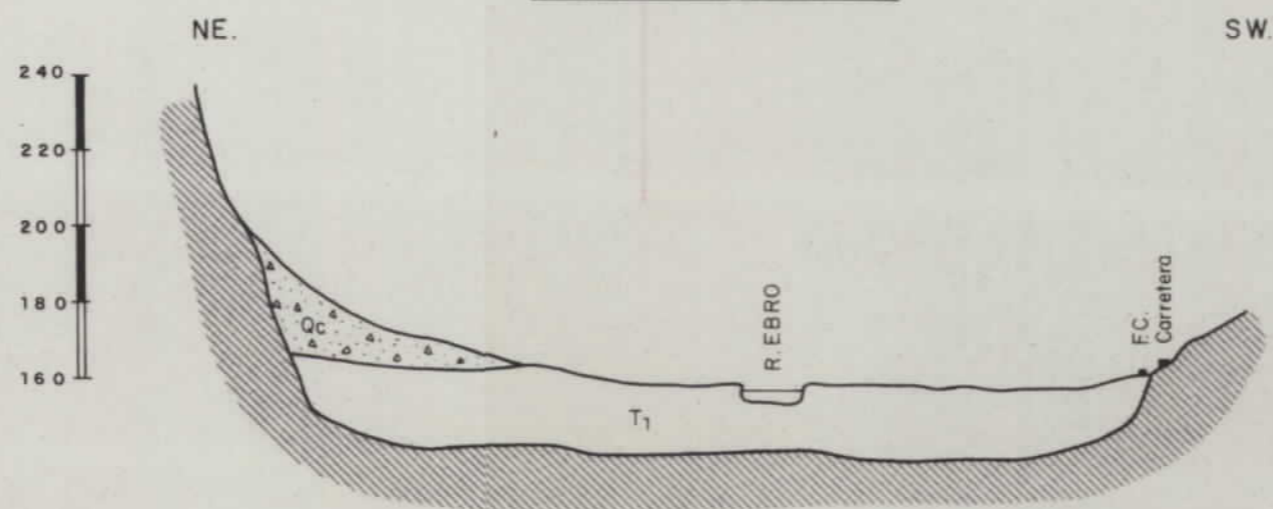
MIOCENO Arcillas, margas y yesos

DISEÑADO	A. BARRERA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
FECHA	JUNIO-1978		
COMPROBADO	A. BARRERA	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 82	INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR	A. BARRERA		
ESCALA	HORIZONTAL: 1:50.000	CORTES GEOLOGICOS SECTOR EBRO. TRAMO CORTES-ZARAGOZA	PLANO Nº 6-4
CONSULTOR	CGS		

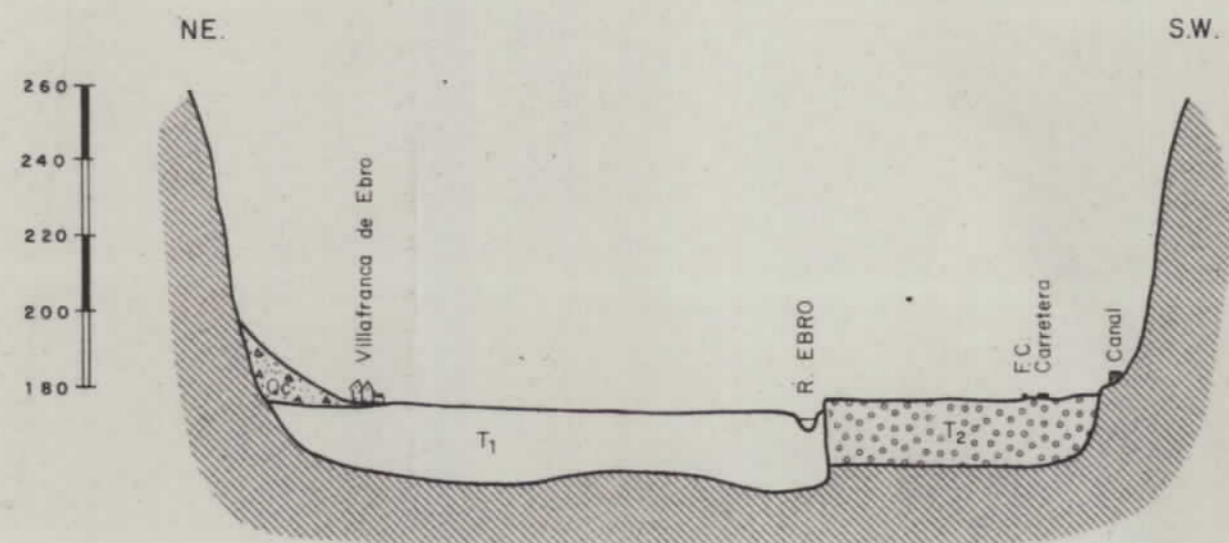
**CORTE 1 PUEBLA DE ALFINDEN**



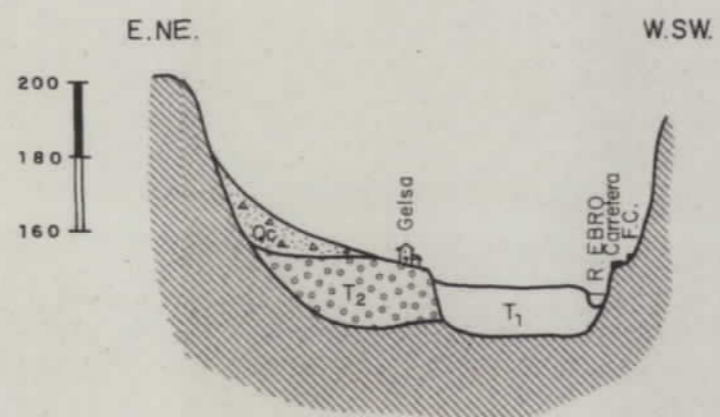
**CORTE 4 QUINTO**



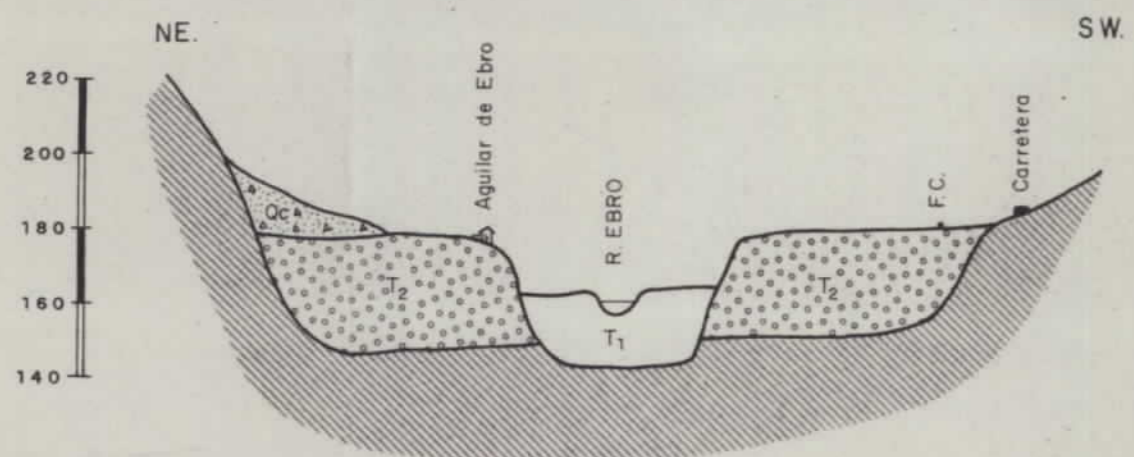
**CORTE 2 VILLAFRANCA DE EBRO**



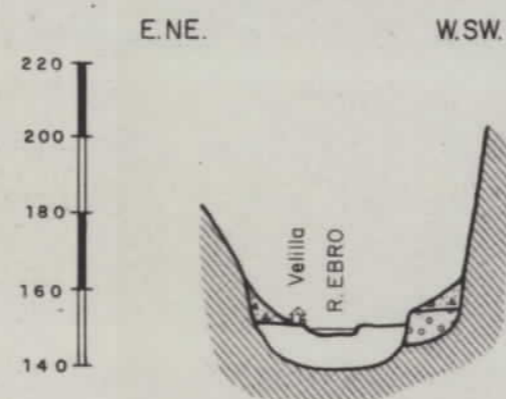
**CORTE 5 GELSA**



**CORTE 3 OSERA**



**CORTE 6 VELILLA**



**LEYENDA**

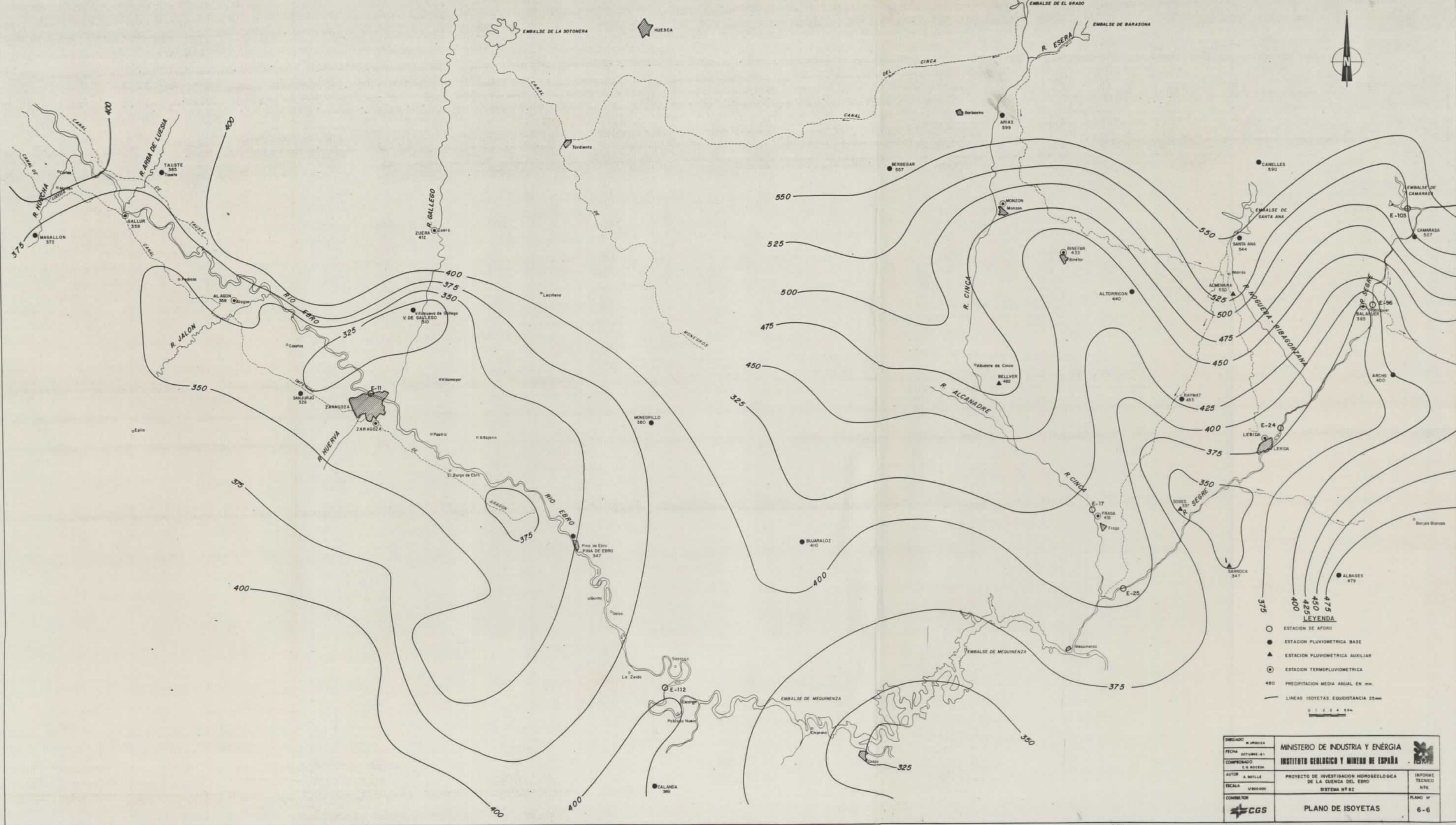
**FORMACIONES PERMEABLES**

- CUATERNARIO**
- Qc** Indiferenciado Caluval, conos de deyección, limos, arcillas, arenas y limos yesosos
  - T2** Terraza media
  - T1 To** Terraza baja y actual
- } Gravas, arenas y limos mas o menos cementados.  
Lentejones arcillosos

**ZOCALO IMPERMEABLE**

- MIOCENO**
- M** Arcillas, margas y yesos

DIBUJADO M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b>		
FECHA			
COMPROBADO A. BATLLE, A. IGLESIAS	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 62		INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR A. BATLLE			PLANO Nº 6-5
ESCALA HORIZONTAL 1:50.000	CORTES GEOLOGICOS SECTOR EBRO. TRAMO ZARAGOZA-GELSA		
CONSULTOR 			



**LEYENDA**

- ESTACION DE AFORO
- ESTACION PLUVIOMETRICA BASE
- ▲ ESTACION PLUVIOMETRICA AUXILIAR
- ⊙ ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA
- 480 PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm
- LINEAS ISOYETAS EQUIDISTANCIA 25mm

ELABORADO M. JORDA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	INFORME TECNICO Nº 6
FECHA OCTUBRE 61		
COMPROBADO E. G. MORA	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 82	PLANO Nº 6-6
AUTOR A. BATLLÉ		
ESCALA 1:50000	CGS	



**LEYENDA**

**FORMACIONES PERMEABLES**

- FORMACIONES CUATERNARIAS DE DEPOSICION: LIMO, ARCILLAS Y ARENAS
- TERRAZA SUPERIOR
- TERRAZA ALTA
- TERRAZA MEDIA
- TERRAZA BAJA Y ACTUAL
- SOCALO IMPERMEABLE
- ARCILLAS, ARENAS Y YESO
- BRUÑOS, ARENAS LIMOSAS O MUELOS
- CEMENTADOS
- LEVANTAJES ANDALUZZOS



ENCARGO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA	MARZO 1980	
COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRU SISTEMA Nº 62
AUTORES	A. BALLEGAARD, J. HERRERA	
ESCALA	1/500.000	INFORME TÉCNICO Nº 6
CONSEJEROS	MAPA PIEZOMETRICO MARZO 1980	PLANO Nº 6-7
	CGS	

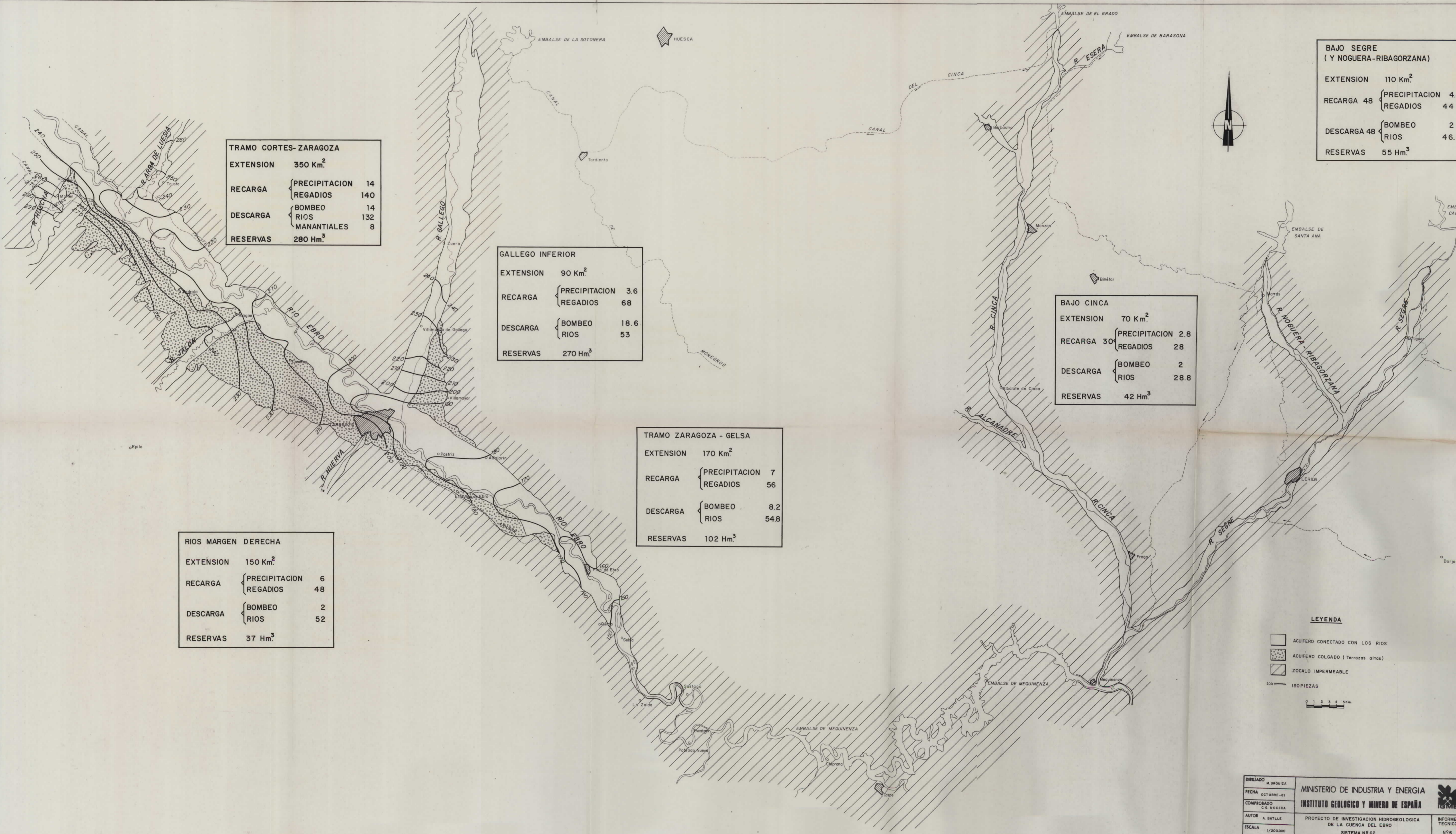


**LEYENDA**

- TICALO IMPERMEABLE
- MICENO
- ANILLAS, MANANES Y TEBOS
- PUNTOS ACUÍFEROS
- P. - P. 500
- A. - A. 1000
- B. - B. 1500
- M. - M. 2000
- V. - V. 2500
- 2200 CONDUCTIVIDAD EN  $\mu\text{mhos/cm}$
- 1500 CONDUCTIVIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES
- CURVAS DE IGUAL VALOR A LA CONDUCTIVIDAD EXISTENTE EN  $\mu\text{mhos/cm}$
- ZONAS DE CONDUCTIVIDAD MENOR DE 2000  $\mu\text{mhos/cm}$



DISEÑADO: M. GARCÍA FECHA: SEPTIEMBRE 1961 COMPROBADO: L. BARRAL (D. G. M. M. M.) AUTOR: E. HERRANDEZ ESCALA: 1/500.000 CONSULTA: CGS	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b> PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 62 <b>PLANO DE ISOCONDUCTIVIDADES ABRIL-1961</b>	 INFORME TÉCNICO Nº 6 PLANO Nº 6-8
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------



**TRAMO CORTES-ZARAGOZA**

EXTENSION	350 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 14 REGADIOS 140
DESCARGA	{ BOMBEO 14 RIOS 132 MANANTIALES 8
RESERVAS	280 Hm <sup>3</sup>

**GALLEGO INFERIOR**

EXTENSION	90 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 3.6 REGADIOS 68
DESCARGA	{ BOMBEO 18.6 RIOS 53
RESERVAS	270 Hm <sup>3</sup>

**TRAMO ZARAGOZA - GELSA**

EXTENSION	170 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 7 REGADIOS 56
DESCARGA	{ BOMBEO 8.2 RIOS 54.8
RESERVAS	102 Hm <sup>3</sup>

**BAJO CINCA**

EXTENSION	70 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 2.8 REGADIOS 28
DESCARGA	{ BOMBEO 2 RIOS 28.8
RESERVAS	42 Hm <sup>3</sup>

**BAJO SEGRE (Y NOGUERA-RIBAGORZANA)**

EXTENSION	110 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 4.4 REGADIOS 44
DESCARGA	{ BOMBEO 2 RIOS 46.4
RESERVAS	55 Hm <sup>3</sup>

**RIOS MARGEN DERECHA**

EXTENSION	150 Km <sup>2</sup>
RECARGA	{ PRECIPITACION 6 REGADIOS 48
DESCARGA	{ BOMBEO 2 RIOS 52
RESERVAS	37 Hm <sup>3</sup>



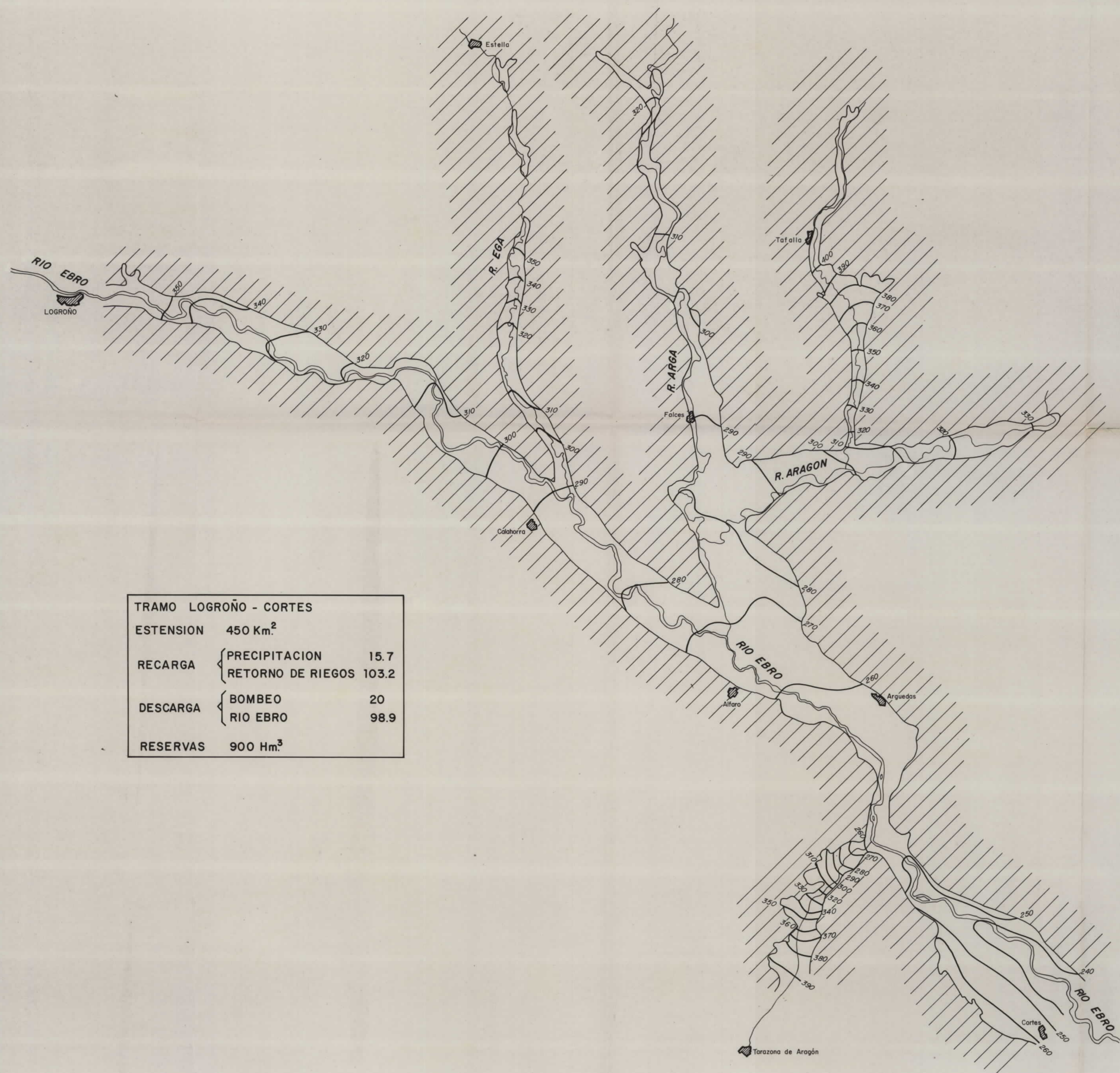
**LEYENDA**

- ACUIFERO CONECTADO CON LOS RIOS
- ACUIFERO COLGADO (Terrazas altas)
- ZOCALO IMPERMEABLE
- ISOPIEZAS

200

0 1 2 3 4 5 Km

DIRECCIONADO	M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA	OCTUBRE-81		
COMPROBADO	C. G. NOCEDA	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
AUTOR	A. BATLLE	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO	INFORME TECNICO
ESCALA	1/200.000	SISTEMA N° 62	N° 6
CONSULTOR	CGS	PLANO HIDROGEOLOGICO	PLANO N°
		SECTOR EBRO, GALLEGO, CINCA Y SEGRE	6-9



<b>ARAGON Y ARGONA</b>			
EXTENSION	280 Km <sup>2</sup>		
RECARGA	PRECIPITACION	29.2	
	RETORNO DE RIEGOS	89.6	
DESCARGA	BOMBEO	5	
	RIOS	113.8	
RESERVAS	336 Hm <sup>3</sup>		



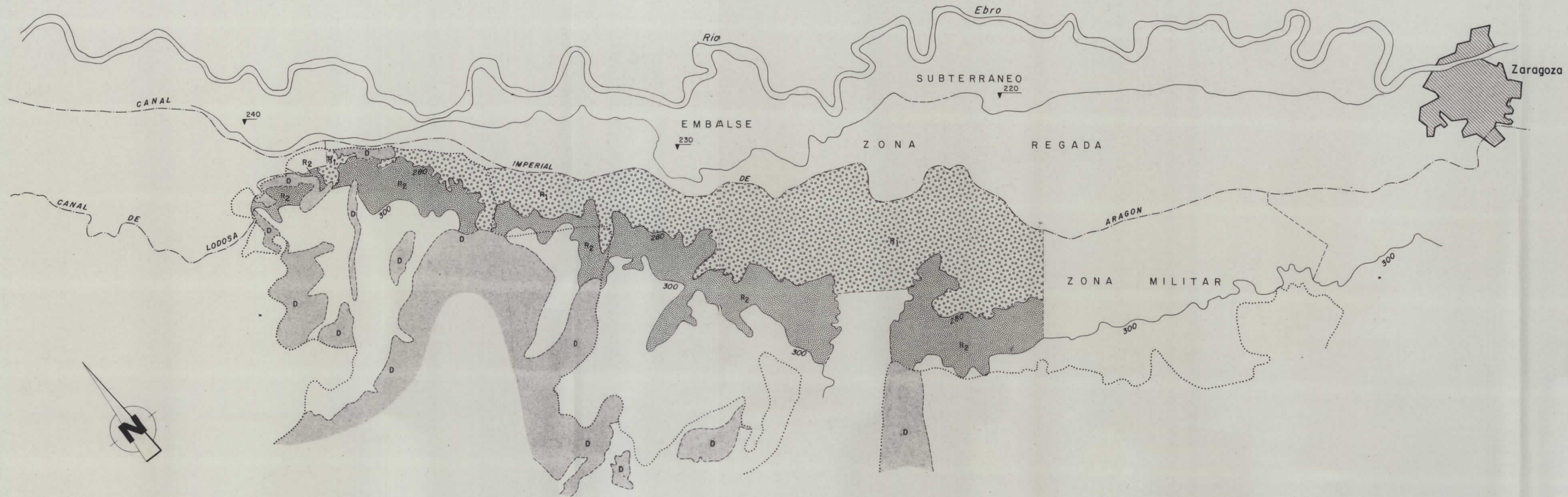
<b>TRAMO LOGROÑO - CORTES</b>			
ESTENSION	450 Km <sup>2</sup>		
RECARGA	PRECIPITACION	15.7	
	RETORNO DE RIEGOS	103.2	
DESCARGA	BOMBEO	20	
	RIO EBRO	98.9	
RESERVAS	900 Hm <sup>3</sup>		

**LEYENDA**

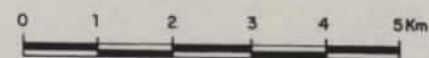
- ACUIFERO CONECTADO CON LOS RIOS
- ZOCALO IMPERMEABLE
- 300 — ISOPIEZAS

0 1 2 3 4 5 Km

DIBUJADO M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA <b>INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA</b>	
FECHA OCTUBRE - 81		
COMPROBADO C. G. NOCEDA	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO SISTEMA Nº 62	INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR A. BATLLE		
ESCALA 1/200.000	<b>PLANO HIDROGEOLOGICO</b> SECTOR EBRO - ARAGON	PLANO Nº 6-10
CONSULTOR 		

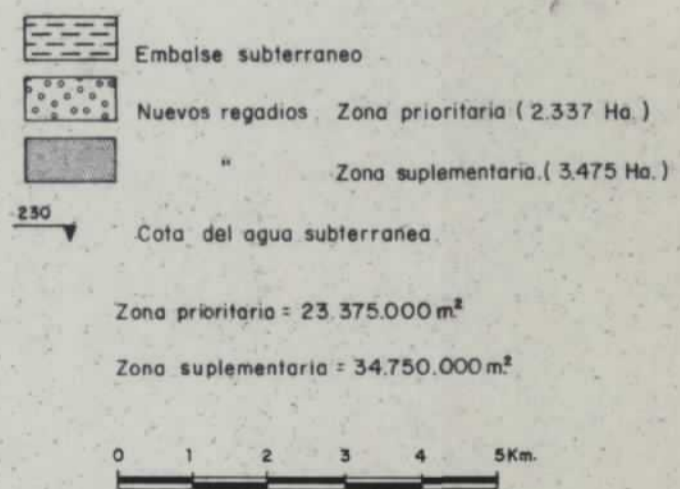
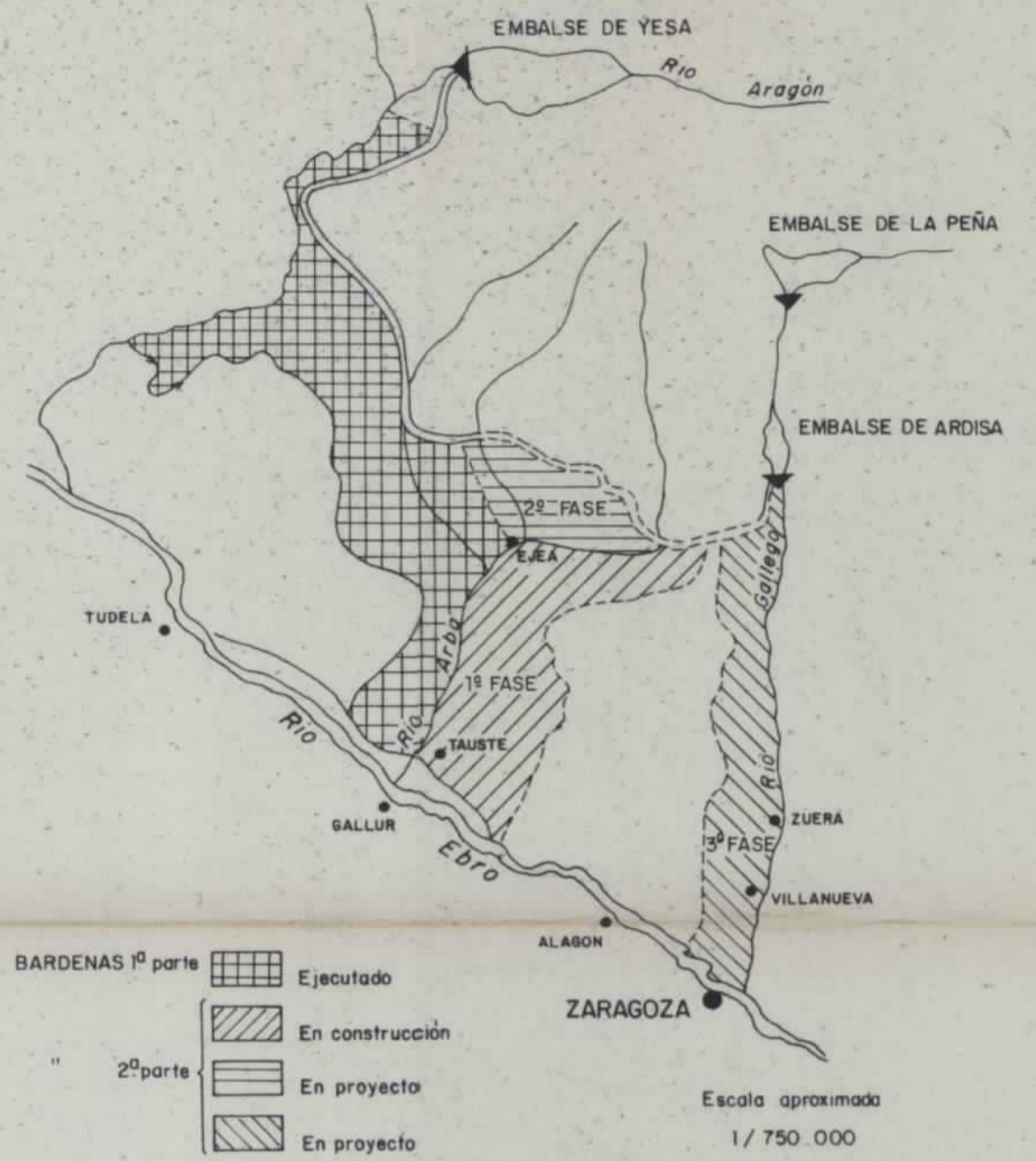



Zona prioritaria. Elevaciones inferiores a 50 mts. (8.475 Ha.)  
 Zona adicional. Elevaciones incrementadas en 20 mts. (5.962 Ha.)  
 Zonas desechables según estudio IRYDA.  
 Limite superior del estudio agronómico de IRYDA.  
 Cota aproximada del agua subterránea.  
 $R_1 = 84.750.000 \text{ m}^2$   
 $R_2 = 59.625.000 \text{ m}^2$



DIBUJADO M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA SEPTIEMBRE-1978	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO A. BATLLE - A. IGLESIAS	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO	INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR A. BATLLE	SISTEMA Nº 62	PLANO Nº
ESCALA 1/100.000	POSIBILIDADES DE NUEVOS REGADIOS A PARTIR DE AGUAS SUBTERRANEAS	6-11
CONSULTOR 	ZONA MARGEN DERECHA DEL EBRO	

REGADIOS CON AGUAS SUPERFICIALES



DIBUJADO M. URQUIZA	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA SEPTIEMBRE-1978	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
COMPROBADO A. BATLLE-A. IGLESIAS	PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL EBRO		INFORME TECNICO Nº 6
AUTOR A. BATLLE	SISTEMA Nº 62		PLANO Nº 6-12
ESCALA 1/100.000	<b>POSIBILIDADES DE NUEVOS REGADIOS A PARTIR DE AGUAS SUBTERRANEAS ZONA DEL BAJO GALLEGO</b>		
CONSULTOR 