



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE LA RED FORON
DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA
EBRO. NOVIEMBRE 1988.

EXPEDIENTE Nº

ORGANICA Nº	PROGRAMA Nº	CONCEPTO Nº	



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

34152

I N D I C E

1. INTRODUCCION

2. METODOLOGIA Y, ENUMERACION Y DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS

3. CONTEXTO HIDROGEOLOGICO, Y ANALISIS Y ENUMERACION DE LAS REDES HISTORICAS Y DE LAS REDES OPTIMIZADAS.

3.1. SISTEMA ACUIFERO N° 57 "MESOZOICO MONREAL-GALLOCANTA"

3.1.1. Contexto hidrogeológico

3.1.1.1. Descripción del Sistema

3.1.1.2. Subsistema Cella-Molina de Aragón

3.1.1.3. Subsistema Acuífero Piedra-Gallocanta

3.1.1.4. Subsistema Acuífero. Sierra del Solorio

3.1.1.5. Subsistema Acuífero Valle del Jiloca

3.1.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.2. SISTEMA ACUIFERO N° 58 "MESOZOICO IBERICO DE LA DEPRESION DEL EBRO"

3.2.1. Contexto hidrogeológico

3.2.1.1. Descripción del Sistema

3.2.1.2. Zona Queiles-Jalón

3.2.1.3. Zona Jalón-Aguas Vivas

3.2.1.4. Cubeta de Oliete

3.2.1.5. Depresión Calatayud-Montalban

3.2.1.6. Zona de Cabalgamiento

3.2.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.3. SISTEMA ACUIFERO N° 59 "MOSOZOICO DE LOS PUERTOS DE BECEITE"

3.3.1. Contexto hidrogeológico

3.3.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.4. SISTEMA ACUIFERO N° 60 "CURSO BAJO Y DELTA DEL EBRO"

3.4.1. Contexto hidrogeológico

3.4.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.5. SISTEMA ACUIFERO N° 62 "TERRAZAS ALUVIALES DEL EBRO Y AFLUENTES"

3.5.1. Contexto hidrogeológico

3.5.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.6. SISTEMA ACUIFERO N° 63 "BORDE MESOZOICO DE LA SIERRA DE LA DEMANDA Y CAMEROS"

3.6.1. Contexto hidrogeológico

3.6.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.7. SISTEMA ACUIFERO N° 64 "CRETACICO DE LA LORA Y SINCLINAL DE VI-

LLARCAYO''

3.7.1. Contexto hidrogeológico

3.7.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada.

3.8. SISTEMA ACUIFERO N° 65 "PALEOCENO DEL CONDADO DE TREVIÑO Y CRETACICO DE LA SIERRA DE CANTABRIA"

3.8.1. Contexto hidrogeológico

3.8.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada.

3.9. SISTEMA ACUIFERO N° 66 "PALEOCENO DE LA SIERRA DE URBASA"

3.9.1. Contexto hidrogeológico

3.9.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.10. SISTEMA ACUIFERO 07 "CALIZAS MESOZOICAS DE LA SIERRA DE ARALAR"

3.10.1 Contexto hidrogeológico

3.10.2 Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.11. SISTEMA ACUIFERO N° 67 "SINCLINAL DE JACA"

3.11.1 Contexto hidrogeológico

3.11.2 Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

3.12. SISTEMA ACUIFERO N° 68 "SINCLINAL DE TREMP"

3.12.1. Contexto hidrogeológico

3.12.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

4. ESTIMACION DE LA FRECUENCIA DE MEDIDAS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INDICE DE PLANOS

- Plano nº 1. Plano de situación de los Sistemas Acuíferos de la Cuenca del Ebro.
- Plano nº 2. Plano esquemático del sistema acuífero nº 57. "Mesozoico - de Monreal-Gallocanta".
- Plano nº 3. Plano esquemático del sistema acuífero nº 57. Red Foronómica optimizada.
- Plano nº 4. Plano esquemático del sistema acuífero nº 58. "Mesozoico - Ibérico de la depresión del Ebro".
- Plano nº 5. Plano esquemático del sistema acuífero nº 59. "Mesozoico - de los puertos de Beceite".
- Plano nº 6. Plano esquemático del sistema acuífero nº 60. "Curso bajo y delta del Ebro".
- Plano nº 7. Plano esquemático del sistema acuífero nº 63. "Borde Mesozoico de la Sierra de la Demanda y Cameros".
- Plano nº 8. Plano esquemático del sistema acuífero nº 67. "Sinclinal - de Jaca".
- Plano nº 9. Plano de situación de las escalas en el sistema acuífero - nº 67.

1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) desarrolla a a nivel nacional un programa de estudios para la adecuada gestión y conservación de acuíferos, definidos durante la realización de la infraes- - tructura hidrogeológica llevada a cabo dentro del Plan de Investigación - de Aguas Subterráneas, (PIAS), que iniciado en el año 1970 ha finalizado en todas las Cuencas Hidrogeológicas o Unidades Insulares.

En el año 1977-78 se iniciaron los estudios de infraestructura - hidrogeológica en la Cuenca del Ebro, y paralelamente se llevaron a cabo los programas de gestión y conservación de acuíferos. Finalizado en el -- año 1981 el estudio de infraestructura, se continúa en la actualidad el - Plan de Gestión y Conservación (PGCA) realizándose el mismo dentro de Pro yectos anuales.

El objetivo de estos Proyectos es el desarrollo y perfecciona- - miento de los conocimientos adquiridos en etapas anteriores, con el obje to de que los datos de comportamiento de los acuíferos, estado de la cali dad de las aguas, etc. ... se enriquezcan y mantengan al día, y puedan -- ser integrados en cada momento en el marco general de planificación, ges tión y protección de los recursos hidráulicos totales.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME), persiguiendo - mejorar la información obtenida en los proyectos anuales de Gestión y Con servación, se ha planteado la necesidad de realizar una revisión y análi sis del estado actual de las redes de control, mediante un tratamiento -- que será uniforme tanto para la red piezométrica como para la de calidad e intrusión. La red hidrométrica será tratada de manera particular en ba se a sus propias particularidades.

En esta evaluación, se analizarán todos los sistemas acuíferos, incluyendo aquellos que actualmente no tengan ningún control, con el fin de estimar la conveniencia o no de establecerlos. Asimismo, está previsto, que en casos concretos la optimización de las redes se efectue por métodos geoestadísticos.

Por tanto, el estudio que se presenta en este informe se engloba dentro de los objetivos expuestos anteriormente, y constituye el análisis, revisión y optimización de la red de control foronómico de los Sistemas Acuíferos de la cuenca del Ebro.

- Nº 57 "MESOZOICO DE MONREAL-GALLOCANTA"
- Nº 58 "MESOZOICO IBERICO DE LA DEPRESION DEL EBRO"
- Nº 59 "MESOZOICO DE LOS PUERTOS DE BECEITE"
- Nº 60 "CURSO BAJO Y DELTA DEL EBRO"
- Nº 62 "TERRAZAS ALUVIALES DEL EBRO Y AFLUENTES"
- Nº 63 "BORDE MESOZOICO DE LA SIERRA DE LA DEMANDA Y CAMEROS"
- Nº 64 "CRETACICO DE LA LORA Y SINCLINAL DE VILLARCAYO"
- Nº 65 "PALEOCENO DEL CONDADO DE TREVIÑO Y CRETACICO DE LA SIERRA DE CANTABRIA"
- Nº 66 "PALEOCENO DE LA SIERRA DE URBASA"
- Nº 07 "CALIZAS MESOZOICAS DE LA SIERRA DE ARALAR"
- Nº 67 "SINCLINAL DE JACA"

Nº 68 "SINCLINAL DE TREMP"

La realización del estudio ha sido efectuada por J. M. Murillo
Técnico Superior del Instituto Geológico y Minero de España.

2. METODOLOGIA Y, ENUMERACION Y DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS

Los trabajos que se han efectuado durante la realización de este estudio se pueden subdividir en cuatro fases. De estas, tres corresponden a trabajos de gabinete, y una a trabajos de campo. (Fig. nº 1).

1ª Fase

Los trabajos que se han efectuado durante esta fase son los que a continuación se detallan:

- Recopilación de la información existente.

- Elaboración para cada punto de control de una ficha, donde figuran para cada año y cada mes transcurrido desde que se comenzaron a -- realizar campañas de aforo, todos los valores de caudal (en m^3/s) obteni-- dos en los distintos aforos realizados por el IGME.

La confección de esta ficha tiene el siguiente doble objetivo.

1) Facilitar la introducción, y coordinación de entrada de datos a los procesos de cálculo que se especifican en la 2ª fase.

2) Disponer de un conjunto de datos ordenados en el espacio y en el tiempo, que permitan en un momento determinado, una rápida actualiza-- ción de la base de datos foronómica del IGME.

- Estudio de las características hidrogeológicas y de las rela-- ciones río-acuífero en cada subsistema de los sistemas acuíferos de la -- cuenca del Ebro.

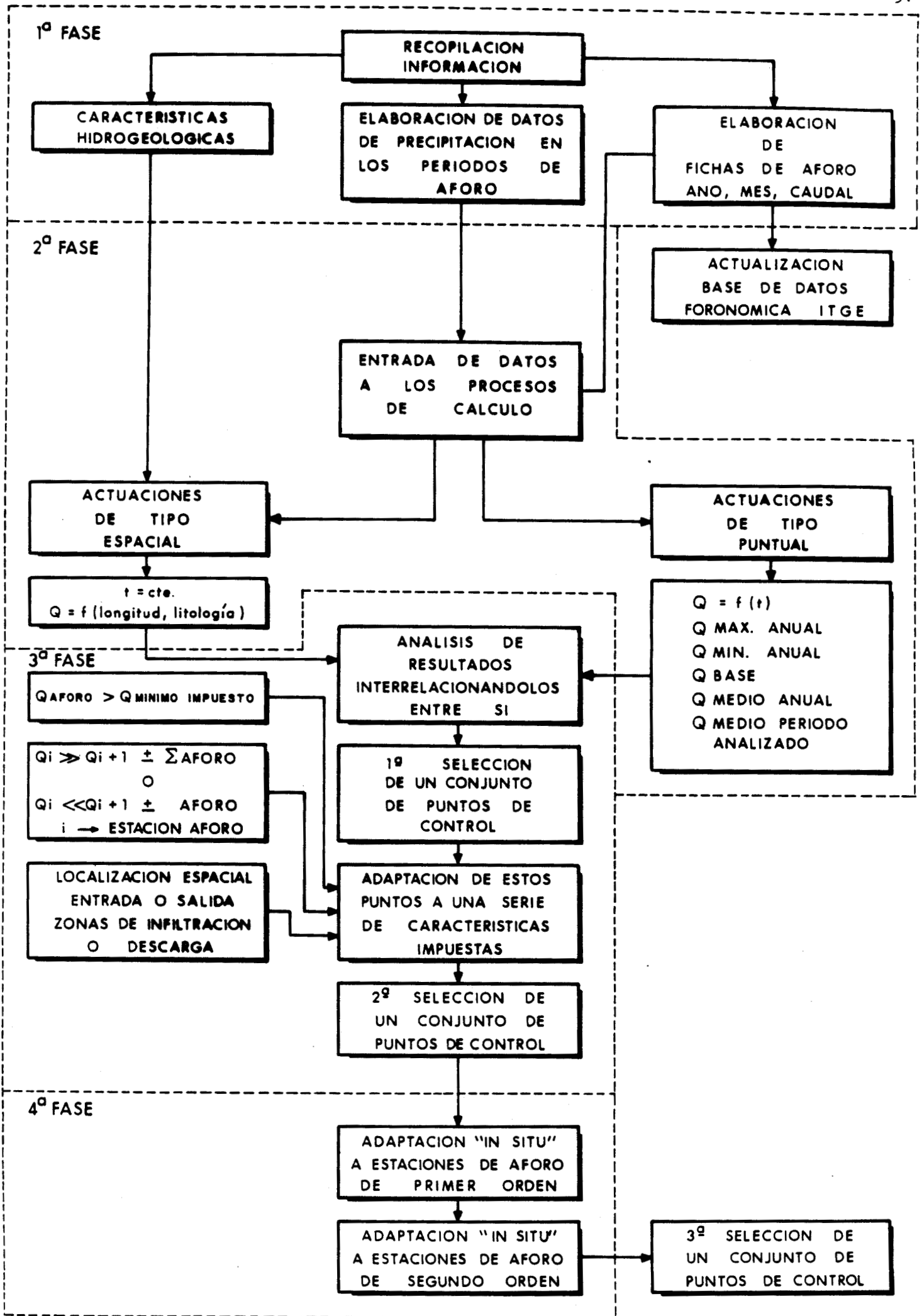


Fig. nº 1

2ª Fase

Los trabajos que se han desarrollado en esta segunda fase se han centrado fundamentalmente en dos tipos de actuaciones. Una de tipo puntual y otra de tipo espacial.

a) Las actuaciones efectuadas en cada punto de control han sido las que a continuación se detallan:

- Determinación y análisis gráfico de la variación y evolución de caudales con el tiempo.
- Determinación del caudal máximo anual y mes en que se produce.
- Determinación del caudal mínimo anual y mes en que se produce.
- Determinación del caudal de base.
- Determinación de la media anual.
- Determinación de la media total del período analizado.

b) Las actuaciones efectuadas a lo largo del perfil longitudinal de un río, han consistido fundamentalmente, en la realización de análisis para un mismo período de tiempo, de la variación de los caudales aforados a lo largo de las distintas estaciones de control existentes en el mismo. - Estos análisis se han realizado, teniendo en cuenta la litología de los diferentes materiales que atraviesa el río a lo largo de su recorrido. Así como, las principales características hidrogeológicas que poseen dichos materiales.

3ª Fase

Ha consistido en realizar un análisis de los distintos resultados obtenidos en la 2ª fase interrelacionándolos entre sí. De esta forma se han seleccionado un conjunto de puntos de control, que a su vez se han adaptado a una serie de características impuestas, entre las que cabe mencionar.

1) En los manantiales, el caudal mínimo en el periodo de estiaje debe ser del orden de 100 l/s.

2) En los ríos, los puntos de control deben estar localizados a la entrada o salida de una zona de infiltración, o de un area de descarga - cumpliéndose además, que entre dos estaciones de aforo exista una considerable disminución o aumento de caudal. Dicha disminución o aumento debe ser mayor que el posible error de aforo que se pueda cometer.

4ª Fase

Generalmente, tanto los estudios hidrogeológicos locales como regionales, dado el erróneo carácter temporal que se le ha asignado en nuestro país, han estado normalmente mal dotados en cuanto a presupuesto de estaciones de aforo, obligando a que las mismas tuvieran un carácter no permanente (estaciones de tercer orden). Esto ha obligado a que en un número muy elevado de ocasiones, los aforos se hayan realizado en secciones, que no cumplieran todas las condiciones idóneas necesarias para obtener resultados que presentaran un mínimo error. Asimismo, dichas secciones han carecido normalmente de un "control estable", escala limnimétrica o limnigráfo que recogiera un registro continuo de niveles suficientemente amplio. Normalmente, los registros que se poseen se limitan a controles con una periodicidad de medidas de tipo mensual, bimensual e incluso a veces semestral.

Dado el objetivo especial de este estudio, consistente en optimizar una gran red foronómica que tenga una garantía de continuidad, se planteó, que era esencial dentro del mismo, el introducir una fase de trabajo

que contemplara la posibilidad de realizar una primera campaña de estudios - "in situ", cuyo objetivo primordial fuera la viabilidad de instalación de estaciones de control hidrométrico, que pudieran ofrecer características de estabilidad.

Por tanto, esta última fase del estudio, ha consistido en una adaptación "in situ" de la localización de la sección de los puntos de control - seleccionados, de tal forma que:

1) Se puedan aprovechar aquellas estaciones de primer orden de la red primaria o de base del país, que se ajusten en su situación espacial a - puntos de control seleccionados en este estudio.

2) El resto de puntos de control, se deben establecer en áreas donde sea factible ubicar estaciones de segundo orden, es decir, que posean un registro de tipo escala limnimétrica. Pudiéndose acondicionar en ocasiones - mediante obras de pequeña envergadura.

3. CONTEXTO HIDROGEOLOGICO, Y ANALISIS Y ENMUERACION DE LAS REDES HISTORICAS Y DE LAS REDES OPTIMIZADAS

3.1. SISTEMA ACUIFERO N° 57 "MOSOZOICO MONREAL-GALLOCANTA"

3.1.1. Contexto hidrogeológico

3.1.1.1. Descripción del sistema

El Sistema acuífero n° 57 "MOSOZOICO MONREAL-GALLOCANTA" ocupa una superficie de 7.400 km², correspondiendo en su mayor parte a las provincias - de Teruel (44%), Guadalajara (28%) y Zaragoza (22%); y comprendiendo una pequeña parte de la provincia de Soria, con tan sólo 476 km² (6%).

Los núcleos de población se concentran en unas determinadas zonas; Valle del Jiloca (18.779 habitantes), Valle alto del Jalón (14.837 habitantes) y Cuenca del Gallocanta (9.881 habitantes), estando el resto de la zona escasamente poblada.

El relieve de la zona se presenta en general de forma aplanada y - poco enérgica, a excepción de las sierras Paleozoicas que la limitan en sus - bordes Oriental, Sur y Occidental, situándose entre ellas extensas parameras calcáreas con altitudes que oscilan entre 1.000-1.200 m.s.n.m. y estando excavadas en ellas la actual red fluvial.

La climatología y pluviometría determinan un clima de tipo continental semiárido, con temperaturas medias de 10-11°C, máximas de 29-30°C y - mínimas por debajo de 0°C (-2,5°C). La precipitación media anual es de unos 550 mm, con mínimos inferiores a 400 mm en el Valle alto del Jalón y máximas superiores a 700 mm en la Sierra de Albarracín.

La lluvia media anual caída sobre los materiales permeables está -
cifrada en $815 \text{ hm}^3/\text{año}$ de los cuales, el 44 por ciento ($360 \text{ hm}^3/\text{año}$) corres-
ponden a aguas de superficie y el 56 por ciento restantes ($455 \text{ hm}^3/\text{año}$) cons-
tituyen los recursos de agua subterránea que circulan por los acuíferos.

El Sistema acuífero 57 se ha dividido en 5 unidades o Subsistemas -
acuíferos, representados en el Plano nº 2, y que corresponden a las siguien-
tes denominaciones:

- Subsistema acuífero Cella-Molina de Aragón
- Subsistema acuífero Lidón-Palomera-Celadas.
- Subsistema acuífero Piedra-Gallocanta.
- Subsistema acuífero Sierra de Solorio.
- Subsistema acuífero Valle del Jiloca.

3.1.1.2. Subsistema Cella-Molina de Aragón

El Subsistema acuífero Cella-Molina de Aragón ocupa una superficie
de aproximadamente 1.800 km^2 , y está situado en las provincias de Teruel y -
Guadalajara. En él se ubican las divisorias de las cuencas hidrográficas del
Ebro, Tajo y Júcar, estando atravesado por los ríos Guadalaviar (Júcar) y -
Gallo (Tajo).

Del total de la superficie, únicamente 950 km^2 están ocupados por
los materiales permeables que dan lugar al acuífero de la zona (calizas y do-
lomías jurásicas). El resto de la superficie (850 km^2) lo constituyen los ma-
teriales impermeables que individualizan el acuífero.

La alimentación del acuífero es exclusivamente procedente de la in-
filtración del agua de lluvia caída sobre su superficie y está estimada en -
 $155 \text{ hm}^3/\text{año}$ (coeficiente de infiltración del 25%).

Las salidas del acuífero se realizan a los ríos Guadalaviar ($65 \text{ hm}^3/\text{año}$), Gallo ($45 \text{ hm}^3/\text{año}$), descarga lateral subterránea al acuífero del Valle -

del Jiloca ($5 \text{ hm}^3/\text{año}$), y al río Jiloca a través de la Fuente de Cella, que para el período 1974-1980, y según aforos realizados, su caudal medio es de $40 \text{ hm}^3/\text{año}$.

3.1.1.3. Subsistema acuífero Piedra-Gallocanta

El Subsistema acuífero Piedra-Gallocanta ocupa una superficie de 830 km^2 y está ubicado en las provincias de Teruel, Guadalajara y Zaragoza.

Del total de la superficie, 460 km^2 tienen una permeabilidad alta, y constituyen los acuíferos del Subsistema, siendo el resto (370 km^2) materiales con permeabilidad baja o nula y constituyen los límites impermeables de los acuíferos.

Litológicamente, 360 km^2 son calizas y dolomías cretácicas y 100 km^2 son materiales detríticos permeables.

El acuífero calizo tiene un espesor de 100-200 metros, siendo el impermeable de base margas y arenas del cretácico inferior. El acuífero detrítico está compuesto por gravas y conglomerados con potencias de 20 a 50 metros, siendo el impermeable de base arcillas y margas del Mioceno. El nivel piezométrico se encuentra próximo al techo del acuífero y está relacionado con la lámina de agua de La Laguna de Gallocanta, situándose entre 0 y 8 metros y se presenta en estado libre.

Los sondeos y pozos de explotación se encuentran en el centro del acuífero detrítico próximos a los alrededores de La Laguna y sus aguas son utilizadas para el regadío y abastecimiento de poblaciones.

La alimentación de los acuíferos es la procedente de la infiltración del agua de lluvia, estimada en un valor medio de $45 \text{ hm}^3/\text{año}$. (Coeficiente de infiltración del 20%).

Las salidas de los acuíferos se producen de forma natural a los ríos Piedra y Ortiz ($8 \text{ hm}^3/\text{año}$), y de forma subterránea al acuífero detrítico del Valle del Jiloca ($7 \text{ hm}^3/\text{año}$). Los acuíferos tienen un drenaje hacia la Laguna donde el agua se evapora en una cantidad media anual de $17 \text{ hm}^3/\text{año}$.

3.1.1.4. Subsistema acuífero Sierra de Solorio

El Subsistema acuífero Sierra de Solorio ocupa una superficie de 2.500 km^2 y está ubicado en las provincias de Zaragoza, Guadalajara y Soria, situándose en él parte de las divisorias hidrográficas del Ebro y Tajo. Del total de la superficie, 1.050 km^2 están constituidos por materiales calizos y dolomíticos de permeabilidad alta, donde se instalan los acuíferos del Subsistema. El resto de la superficie lo constituyen materiales de carácter impermeable que delimitan las unidades acuíferas.

El conjunto calizo-dolomítico, queda dividido en dos unidades acuíferas diferenciadas; un primer acuífero constituido por calizas y dolomías Jurásicas de 750 km^2 de superficie, con un espesor de 120 a 200 metros, cuya base impermeable son arcillas y yesos triásicos. La segunda unidad acuíferta está constituida por calizas y dolomías cretácicas que ocupan 300 km^2 de superficie, con una potencia de 150-200 metros y cuya base está constituida por margas y arenas del Cretácico Inferior.

Debido a las características topográficas y climáticas del Subsistema, la explotación con sondeos y pozos de sus acuíferos es nula, reduciéndose únicamente a sus salidas naturales, que efectúan pequeños regadíos en sus zonas próximas.

La alimentación de los acuíferos es la procedente de la infiltración del agua de lluvia caída sobre su superficie estimada en un valor medio de $180 \text{ hm}^3/\text{año}$ (coeficiente de infiltración del 30%).

Las salidas del acuífero se producen de forma natural y subterránea a los ríos Jalón ($40 \text{ hm}^3/\text{año}$), Mesa ($63 \text{ hm}^3/\text{año}$), Piedra ($47 \text{ hm}^3/\text{año}$) y

Tajuña ($10 \text{ hm}^3/\text{año}$).

3.1.1.5. Subsistema acuífero Valle del Jiloca

El Subsistema acuífero Valle del Jiloca ocupa una superficie de 500 km^2 perteneciendo por completo a la provincia de Teruel. Dentro de esta provincia, es la comarca "Cuenca alta del Jiloca" una de las zonas más importantes desde el punto de vista demográfico y económico, encontrándose en ella las principales áreas de regadíos y núcleos de población. Dentro del Sistema acuífero 57, es la única zona en la que su régimen de funcionamiento natural se ha visto alterado por la acción del hombre.

El Subsistema acuífero está formado por un acuífero detrítico de permeabilidad media-alta, constituido por un conjunto de gravas y conglomerados, con potencias que oscilan entre 20 y 120 metros. El conjunto de estos materiales está atravesado por el río Jiloca en dirección Sur a Norte y conectados ambos hidráulicamente, siendo el río el que determina en la mayoría de las zonas el nivel piezométrico del acuífero. La relación río-acuífero determina zonas de recarga y descarga del acuífero por medio del río.

El acuífero detrítico está apoyado en algunas zonas sobre un sustrato de naturaleza calcárea que constituye un excelente acuífero, y que en algunos puntos se eleva y aflora en superficie, siendo dichos materiales la prolongación de los acuíferos calizos adyacentes al Valle del Jiloca y que tienen su continuidad por debajo del relleno. Existe una comunicación hidráulica en algunas zonas entre el acuífero y el río que determinan zonas de recarga y descarga del acuífero calizo por medio del río.

Por consiguiente el Subsistema acuífero Valle del Jiloca puede considerarse como una unidad hídrica constituida por el río Jiloca y los distintos acuíferos con él relacionados. El río Jiloca tiene su nacimiento en la Fuente de Cella, que es la descarga natural del Subsistema acuífero - Cella-Molina de Aragón, recorre el acuífero detrítico recargándolo y drenán

dolo para terminar su recorrido por el acuífero en Calamocha.

3.1.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema Acuífero n° 57 se comenzó a controlar de una manera -- sistemática en el año 1978, ampliándose la red en los años siguientes de acuerdo a las necesidades de los estudios que se iban realizando, y alcanzándose un máximo de puntos de control en Octubre de 1980. Durante los años 1978, 1979, 1980 y 1981 se puede considerar que ha existido una red de control que ha abarcado de una forma prácticamente general a todo el Sistema 57. A partir del último año mencionado anteriormente, únicamente se ha controlado anualmente con distinta periodicidad mensual la red del Subsistema Valle del Jiloca.

En el Plano n° 3, se muestra la distribución de los puntos de control hidrométrico para la red del período 1978-1981, la red del año 1987, y la red general propuesta en este estudio, una vez realizados los análisis de optimización cuyos resultados se recogen en esta memoria. Dicha red estaría constituida por los siguientes puntos:

a) Subsistema Valle del Jiloca.

1.- Manantial de Cella

Constituye el principal drenaje del acuífero calcáreo que se extiende desde Cella a Molina de Aragón.

2.- Manantial Ojos de Monreal

Las aportaciones de este manantial proceden en parte de descargas de acuíferos calizos adyacentes, y en parte de retornos de regadío realizados en el Valle del Jiloca.

3.- Manantial Ojos de Caminreal.

Estos manantiales drenan la zona Sur del Subsistema acuífero Piedra-Gallocanta.

4.- Manantial del Lavadero de Fuentes Claras.

Por dicho manantial, se produce la descarga de una parte importante de los aportes que proceden de los acuíferos situados en los bordes del Valle.

5.- Río Jiloca en Calamocho.

Este punto de control determina el caudal de agua que sale del acuífero a través del río Jiloca que lo drena.

b) Subsistema Piedra-Gallocanta.

1.- Río Ortiz en Nuevalos. C.A.E.-129.

Mediante este punto se pueden tener controladas las descargas del borde oriental del Subsistema Piedra-Gallocanta al río Ortiz.

2.- Río Piedra aguas arriba de Cimballa.

3.- Río Piedra aguas abajo de Cimballa.

Estos dos puntos determinarían la descarga del acuífero cretácico -- (Zona oriental) del Subsistema Sierra del Solorio.

c) Subsistema Sierra del Solorio.

1.- Río Blanco en Velilla de Medina.

Este punto de control determinaría todo el caudal que el Subsistema acuífero Sierra del Solorio aporta al río Jalón a través del río -- Blanco.

2.- Río Mesa aguas abajo de Anquela.

3.- Río Mesa aguas abajo de Monchales.

Estos dos puntos de control permiten determinar los aportes del -- acuífero Jurásico al río Mesa en el tramo comprendido entre dichas -- localidades.

4.- Río Mesa aguas arriba de Jaraba.

5.- Río Mesa aguas abajo de Jaraba.

El punto de control n° 4 tendrá la siguiente doble misión.

. Con el punto de control n° 3 determinaría el caudal que el río Me sa infiltra en el acuífero Cretácico existente entre Monchales y Jaraba.

. Con el punto de control n° 5 determinara la descarga que se produ ce al río Mesa en el entorno de Jaraba. Asimismo, el punto de con trol n° 5 también determinara el caudal de agua que sale del Sub sistema Sierra del Solorio a través del río Mesa.

6.- Manantiales de Saguides.

7.- Manantiales de Chaorna.

Estos manantiales constituyen descargas puntuales del acuífero liásico (carniolas y dolomías) del Subsistema Sierra del Solorio.

8.- Río Jalón aguas abajo de Esteras de Medina y del arroyo de la Mentirosa.

9.- Río Jalón entre JUBERA-SOMAEN C.A.E. 58.

Mediante estos dos puntos de control, se pueden determinar las descargas subterráneas que tienen lugar al río Jalón procedentes del - acuífero Jurásico existente en esta zona.

10.- Río Jalón aguas arriba de Alhama de Aragón (Contamina).

11.- Río Jalón aguas abajo de Alhama de Aragón.

Mediante estos aforos se pueden controlar las descargas del acuífero cretácico. Estas descargas tienen lugar a través de los manantiales de Alhama de Aragón, y en menor cuantía de forma directa en el río.

12.- Río Tajuña en Anguita.

Mediante este punto se pueden controlar las salidas del Subsistema - sierra del Solorio a través del río Tajuña (Cuenca del Tajo) que recibe los aportes procedentes del borde Sur-Occidental de dicho subsistema acuífero.

d) Subsistema CELLA-MOLINA DE ARAGON.

1.- Río Gallo en Ventosa. C.A.T. 30.

Este punto controlaría las aportaciones del Subsistema Cella-Molina de Aragón al río Gallo desde su nacimiento en las proximidades de - la Sierra de Albarracín hasta Ventosa donde se produce su salida -- del Sistema 57.

2.- Río Guadalaviar (Cuenca del Júcar) en la entrada al embalse de Arquillos de San Blas.

Este punto controlaría las aportaciones del Subsistema Cella-Molina de Aragón al río Guadalaviar desde su nacimiento en la Sierra de Albarracín hasta el embalse de Arquillos de San Blas donde se produce su salida del Sistema 57.

3.2. SISTEMA ACUIFERO N° 58 "MESOZOICO IBERICO DE LA DEPRESION DEL EBRO"

3.2.1. Contexto hidrogeológico

3.2.1.1. Descripción del sistema

El Sistema n° 58, "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro", comprende el conjunto de acuíferos situados entre el Macizo del Moncayo y la divisoria Guadalupe-Matarraña, que constituyen el borde septentrional de la Cordillera Ibérica con la Depresión del Ebro.

Estos límites pueden ser y de hecho han sido interpretados "por exclusión" y así el área donde se asienta el sistema 58 comprende la superficie de las cuencas hidrográficas de la margen derecha del Ebro, que se extienden desde el río Queiles al río Guadalupe, no comprendida en otros sistemas (n° 63, 55, 57, 59 y 62). "A grosso modo", los límites son: al Norte el río Ebro entre Tudela y Caspe; al Sur la alineación formada por los ríos Manubles, Jiloca, Pancrudo y Guadalupe (hasta el embalse de Santo Ilea); al Oeste por los ríos Queiles y Araviana (Cuenca del Duero); y al Este por el río Guadalupe. Plano n° 4.

La superficie comprendida entre estos límites es de unos 10.000-12.500 km², que no corresponde íntegramente a materiales permeables; éstos constituyen únicamente el 30% de dicha superficie.

La intensidad del relieve es, tal vez, la característica geomor-

fológica dominante, de Norte a Sur se puede distinguir: la depresión del -- Ebro, con cotas comprendidas entre 200 metros y 600 metros en su parte más alta; la zona externa o "aragonesa" de la Cordillera Ibérica, formada por -- una sucesión de sierras de dirección NW-SE: Moncayo (2.316 m), Tablado -- (1.749 m), Virgen (1.433 m), Vicort (1.478 m), Algairén (1.152 m), Peco -- (1.297 m), Herrera (1.348 m), Cucalón (1.478 m) y Arcos (836 m); y la depre -- sión Calatayud-Montalbán, con una dirección también NW-SE, tiene una cota -- comprendida entre 600 metros en su punto más bajo -Calatayud-, y más de -- 1.200 metros en su extremo Sureste.

La red hidrográfica principal está constituida por los ríos Quei -- les, Huecha, Jalón, Huerva, Aguasvivas, Martín y Guadalope, que se abren pa -- so a través de la Cordillera Ibérica perpendicularmente a su alineación, en -- valles profundamente excavados, que alcanzan desniveles superiores a los -- 300 metros en el caso del río Martín o de 500 metros en el Jalón. La red -- fluvial de segundo orden se establece paralela a la directriz Ibérica (ríos -- Manubles, Isuela, Jiloca, etc.).

Desde el punto de vista geológico se distinguen las siguientes -- unidades:

- La depresión terciaria del Ebro, ocupada por terrenos miocenos -- y cuaternarios.
- La Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica compuesta por el zó -- calo Paleozoico y la cobertera mesozoica triásica, jurásica y cretácica.
- La depresión de Calatayud-Montalbán, compleja fosa tectónica re -- llena por materiales terciarios y una cobertera pliocuaternaria.

El Sistema 58 administrativamente ocupa las provincias de Zarago -- za (6.000 km²), Teruel (5.000 km²), Soria (1.000 km²) y Castellón (500 km²).

La zona está escasamente industrializada. La fuente principal de riqueza es la agricultura, que se concentran en las riberas del Jalón y -- sus afluentes, y Guadalope.

El sistema acuífero n° 58 se ha dividido por razones prácticas, - dada su complejidad, en cinco zonas en las que se estima una aportación to tal de aguas subterráneas de 300-435 hm³/año. Las zonas son:

- Zona Queiles-Jalón
- Zona Jalón-Aguasvivas
- Cubeta de Oliete
- Depresión Calatayud-Montalbán
- Zona de Cabalgamiento Portalrubio-Calanda

3.2.1.2. Zona Queiles-Jalón

El área geográfica de este subsistema hidrogeológico corresponde al macizo del Moncayo y su prolongación, la Sierra de la Nava Alta.

Los límites quedan marcados al Oeste por el río Queiles entre Olvega Tarazona, al Sur por el río Isuela y las sierras paleozoicas del Toranzo Tablado, al Este por el río Jalón entre Morata y Bárboles y al Norte por el Valle del Ebro, entre Tarazona y la anterior localidad. La superfi cie es de unos 2.500 km².

La región se encuentra en el límite Norte de la Cadena Ibérica, - en el borde con la depresión del Ebro. Desde el punto de vista geológico - es un conjunto de "Horts" de alineación NW-SE, que constituyen anticlina-- les de núcleo paleozoico, limitados por fallas normales e inversas que dan lugar a un conjunto de bloques en descenso hacia el centro de la depresión del Ebro.

El rasgo morfológico más relevante lo constituye la Sierra del - Moncayo (2.316 m.s.n.m.) y sus estribaciones: Sierra de la Nava Alta --

(1.131 m.s.n.m.) y del Tablado (1.749 m.s.n.m.). Los ríos que la atraviesan son el Queiles, Huecha y Jalón en sentido NE-SW; en sentido NW-SE, lo hace el río Isuela, afluente del Jalón. La cota media es de unos 600 metros, oscilando entre menos de 400 metros en la ribera del Jalón, y unos 800 metros en el Somontano del Moncayo.

Se sitúa la zona prácticamente en su totalidad en la provincia de Zaragoza y en menor medida en la de Soria. Los núcleos de población -- más importantes son: Agreda, Tarazona y Borja. La actividad fundamental de la región es la agricultura, que se ve condicionada por el clima, la orografía y la disponibilidad de agua y las industrias derivadas de ésta.

3.2.1.3. Zona Jalón-Aguasvivas.

El área geográfica de esta unidad hidrogeológica queda limitada al Sur por el anticlinal del núcleo paleozoico de las sierras de Vicort, Herrera y Cucalón, al Este por el río Aguasvivas, al Norte por la alineación de afloramientos mesozoicos comprendidos entre Muel y Belchite, y al Oeste por el río Jalón entre Ricla y Muel. La superficie comprendida entre estos límites es de unos 2.000 km².

Se encuentra en la zona de transición entre la rama castellana de la cordillera Ibérica y la depresión del Ebro. Los ríos que drenan el área, excepto el Huerva, son torrenteras que solo llevan agua después de lluvias intensas. Los ríos Jalón y Aguasvivas, constituyen límites, como ya se ha indicado anteriormente.

La actividad fundamental de la región es la agricultura y las industrias derivadas de la misma.

Dentro de la zona Jalón-Aguasvivas se pueden distinguir dos -- subsistemas acuíferos.

- El cuaternario de Alfamen
- Las calizas de Muel-Belchite

El cuaternario de Alfamen es un conjunto de materiales plio-cuaternarios y miocenos, compuesto por rañas, conglomerados, gravas, arenas y arcillas que se extienden entre Cariñena y la Almunia de Doña Godina en una longitud de 25 km con un ancho bastante regular del orden de 10 km.

Las calizas de Muel-Belchite están constituidas por las calizas jurásicas que afloran en las cuencas de los ríos Huerva, Ginel y Aguasvivas, de una forma bastante discontinua, en una superficie de 150 km².

3.2.1.4. Subsistema Cubeta de Oliete

La zona de la Cubeta de Oliete se localiza en el "Bajo Aragón".- Los límites quedan marcados al Norte por la Sierra de Arcos y sus estribaciones (alineación Belchite-Andorra), al Oeste por el río Aguasvivas, al Sur por el macizo paleozoico de Montalbán y al Este por el frente de cabalgamiento Portalrubio-Calanda, que coincide aproximadamente con el curso del río Guadalopillo. La superficie comprendida entre estos límites es de unos 2.500 km².

Desde el punto de vista geológico se distinguen tres zonas: Las sierras paleozoicas, la cobertera mesozoica y la depresión terciaria del Ebro.

El rasgo morfológico más interesante lo constituye la Sierra de Arcos (987 m) y las estribaciones del macizo de Montalbán (1.300 m). Los ríos que la atraviesan en sentido S-N son: el Aguasvivas, Martín y Guadalopillo. La cota media es de 800 m.s.n.m., oscilando entre 400 metros en la depresión del Ebro y 1.200 en las sierras del Sur de la región.

Prácticamente en su totalidad pertenece a la provincia de Teruel,

y en menor medida a la de Zaragoza. Los núcleos de población más importantes son: Andorra y Albalate del Arzobispo. La actividad fundamental de la región es la minería del lignito en la cuenca de Andorra-Ariño, seguida de la agricultura.

3.2.1.5. Depresión Calatayud-Montalbán

Esta zona corresponde a lo que en términos geológicos se denomina "Depresión Calatayud-Montalbán". Se sitúa en el sector central de la Cadena Ibérica, entre las llamadas rama externa o "Aragonesa" y rama interna o "Castellana", siguiendo la dirección NW-SE y ocupa una superficie de -- 4.500 km².

Se encaja entre las sierras del Tablado (1.718 m.s.n.m.) de la Virgen (1.433 m.s.n.m.), Vicort (1.420 m.s.n.m.), Modorra (1.299 m.s.n.m.) y Cucalón (1.478 m.s.n.m.) al Norte; y Miñana (1.313 m.s.n.m.), Pardos -- (1.269 m.s.n.m.) y Santa Cruz (1.423 m.s.n.m.) al Sur. Está atravesada en sentido NW-SE, por los ríos Riborta, Peregiles y Jiloca, afluentes del Jalón y por el río Martín en su sector más oriental; el río Jalón la atraviesa en sentido NE-SW. La cota media es de unos 800 m en el sector central - variando entre unos 600 en la ribera del Jalón, (la zona más baja), y valores superiores a 1.000 m en el extremo SE (la zona más alta).

Desde el punto de vista geológico, se trata de una fosa tectónica de alineación NW-SE, rellena de materiales terciarios encajada entre macizos paleozoicos. Al norte de Calatayud aparece el mesozoico, discordante entre el paleozoico de las sierras marginales y el terciario de la depresión. En el extremo Sur, en las inmediaciones de Montalbán el terciario -- ocupa el núcleo de un sinclinal complejo.

Se sitúa en las provincias de Zaragoza (2.700 km²) y Teruel -- (1.500 km²) y en menor medida, Soria. Los núcleos de población más importantes son Calatayud, Daroca y Montalbán. La actividad fundamental de la región es la agricultura (frutales en las riberas de los ríos y cereal en

el resto), viéndose bastante condicionada por el clima, la orografía y la disponibilidad de agua.

3.2.1.6. Zona de Cabalgamiento

Esta zona corresponde al área comprendida entre el frente de cabalgamiento Portalrubio-Calanda y el cauce del río Guadaloque, que le sirve de divisoria con el sistema acuífero n° 55 "Maestrazgo".

El acuífero comprendido entre estos límites es de unos 800 km², de los que únicamente la mitad, unos 400 km² son de materiales permeables.

Se trata de una zona abrupta y poco poblada, donde la demanda de agua subterránea es pequeña.

3.2.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema Acuífero n° 58 se ha controlado de una forma prácticamente general durante los años 1980 y 1981. A partir de dicho año únicamente se ha controlado anualmente con distinta periodicidad mensual la red del río Huecha.

En el plano n° 4, se muestra la distribución de los puntos de control hidrométrico para la red general propuesta en este estudio, una vez realizados los análisis de optimización cuyos resultados se recogen en esta memoria. Dicha red estaría constituida por los siguientes puntos:

a) Zona Queiles-Jalón

- 1.- Río Queiles. Manantial de Vozmediano
- 2.- Río Queiles. Ojo de San Juan

En estos dos puntos se producen de forma puntual las principales descargas al río Queiles de los acuíferos del borde occidental del Sistema 58.

- 3.- Río Huecha aguas abajo de la central de Morana
- 4.- Río Huecha. Manantial del Prado
- 5.- Río Huecha. Fuente del Rey
- 6.- Río Huecha. Fuente de las Cuevas
- 7.- Río Huecha. Acequia Vera Moncayo
- 8.- Río Huecha. Central de Morca
- 9.- Río Huecha. Fuenueva
- 10.- Río Huecha. Acequia Valdemanzano
- 11.- Río Huecha. Acequia Sopez
- 12.- Río Huecha. Acequia Ribas
- 13.- Río Huecha. Manantial Las Cazuelas
- 14.- Río Huecha. Manantial de Vargas
- 15.- Río Huecha. Manantial La Balseta
- 16.- Río Huecha. Manantial El Cerezo
- 17.- Río Huecha. Manantial Torre Alta o Luchan
- 18.- Río Huecha. Acequia Marreques
- 19.- Río Huecha en Añon y Fte. Las Cuevas

El río Huecha recibe los aportes de los acuíferos del borde occidental del Sistema 58 a través de numerosos manantiales situados en Añon, Malejan y Bulbiente. En este área existe una complicada red de acequias de riego que se ha esquematizado en la Fig. nº 2 donde se indican también los puntos de aforo periódico.

b) Zona Jalón-Aguasvivas

- 1.- Río Huerva. Manantial de Muel
- 2.- Río Aguasvivas en Almonacid de la Cuba
- 3.- Río Aguasvivas en Belchite
- 4.- Río Ginel. Manantial de Mediana

RED DE AFOROS DEL RIO HUECHA

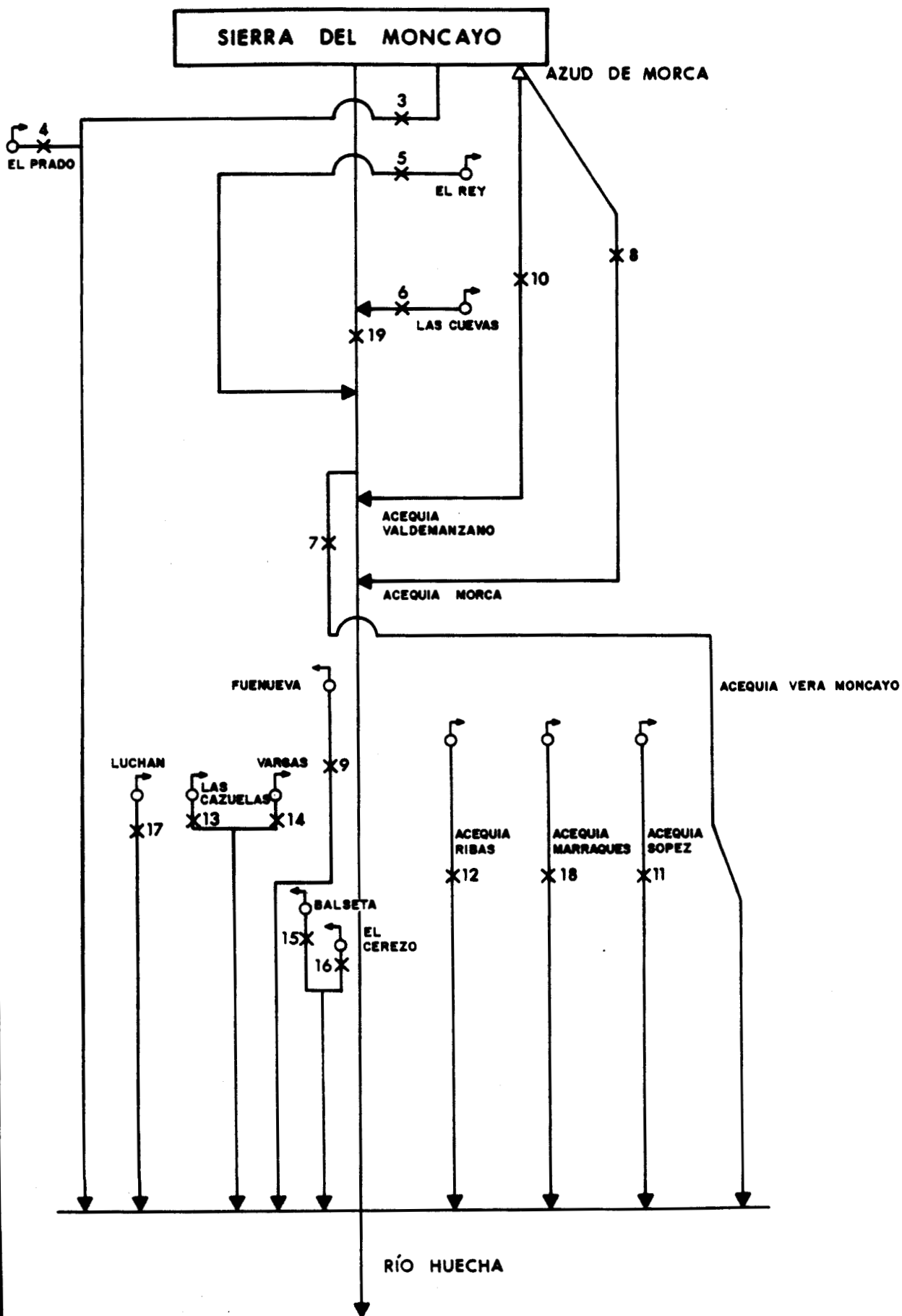


Fig. nº 2

Con estos puntos se estima que se pueden controlar las principales descargas del subsistema Mesozoico de calizas Jurásicas Muel-Belchite.

c) Cubeta de Oliete

- 1.- Río Martín. Aguas arriba de los manantiales de Alcaine
- 2.- Río Martín. Aguas abajo de los manantiales de Alcaine
- 3.- Río Martín. Aguas arriba de los manantiales de los Baños de Ariño
- 4.- Río Martín. Aguas abajo de los manantiales de los Baños de Ariño

Mediante estos puntos se pueden controlar las principales descargas de los subsistemas:

- Sinclinal de Obór-Alcaine
- Sinclinal Oliete-Sierra de Arcos

d) Depresión Calatayud-Montalbán

- 1.- Río Jiloca en Daroca
- 2.- Río Jiloca en Calatayud

e) Zona de Cabalgamientos

- 1.- Río Guadalope. Entrada Embalse de Santolea C.A.E. 30
- 2.- Río Bergantes en su unión al Guadalope
- 3.- Río Guadalope. Manantiales de la Ginebrosa

El punto de control nº 1 determinará las aportaciones al río Guadalope del Sistema Acuífero 55 "Maestrazgo".

El punto de control nº 2 determinará los aportes procedentes del Sistema acuífero nº 59 "Puertos de Beceite" a través del río Bergantes.

El punto de control n° 3 determinará las descargas que realizan los manantiales de la Ginebrosa, que proceden en su mayor parte (90%) del sistema acuífero n° 59 y el resto (10%) del Subsistema Cabalgamiento Portalrubio-Calanda.

3.3. SISTEMA ACUIFERO N° 59 "MESOZOICO DE LOS PUERTOS DE BECEITE"

3.3.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema acuífero n° 59 ocupa una superficie de 4.500 km², y comprende un conjunto de acuíferos situados en el macizo mesozoico de Beceite, que constituye el nudo donde se unen las cordilleras prelitoral Catalana y la Ibérica, y los acuíferos de naturaleza detrítica, situados al pie del macizo y en ambas vertientes.

El relieve de la zona está claramente diferenciado. Un relieve enérgico y abrupto en el macizo calcáreo con elevaciones de 1.000 a 1.400 m.s.n.m. y un relieve aplanado y a veces muy horizontal en las depresiones situadas en los bordes, con altitudes que oscilan entre los 400 metros en la zona Septentrional (Valle del Ebro) y los 100 metros en la zona Meridional (Barranco de la Galera y zona de Tortosa).

En el Sistema 59 se ubican las divisorias del Ebro y tramo alto del Júcar, ocupando mayor extensión la cuenca del Ebro.

Desde el punto de vista geográfico, comprende el extremo Suroccidental del Bajo Aragón, los Puertos de Beceite y Tortosa, el extremo Noroccidental del Maestrazgo y los límites septentrionales del Delta del Ebro y Valle de la Galera.

Al Norte y Este, queda limitado por el río Ebro en el tramo comprendido entre Mequinenza y Tortosa, al Sur por el Valle de la Galera y los cursos altos de los ríos Cenja y Servol, y al Oeste por el río Bergantes y la divisoria Guadalope-Matarraña. Plano n° 5.

Los núcleos de población se concentran en las zonas situadas al pie del macizo mesozoico de "Los Puertos" (depresión del Ebro y plana de Cenia-Tortosa), siendo los núcleos más importantes: Gandesa (2.827 habitantes), Batea (2.130), Valderrobres (2.021), Fatarella (1.546). El resto de las poblaciones no superan los 1.500 habitantes, correspondiendo el mayor porcentaje a las poblaciones de menos de 700 habitantes.

La economía regional se basa en la agricultura y ganadería, concentrándose dichas actividades en las zonas de mayor población. Destacan por su importancia, los cultivos de la vid en la comarca de Gandesa, que lleva consigo una importante industria vinícola y las zonas agrícolas de Mora de Ebro y de la plana Cenia-Tortosa.

La actividad industrial es escasa, destacando además de la ya mencionada vinícola en Gandesa, la industria química de Flix y la nuclear de Ascó. Existen además centros industriales de carácter familiar y manual en determinadas poblaciones, (curtidos, cárnicas, etc.).

3.3.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

En septiembre de 1979 se realizó una primera campaña de aforos en los principales ríos que drenan el Sistema Acuífero nº 59, con el objeto de conocer las relaciones río-acuífero, y poder cuantificar la aportación de dicho sistema acuífero.

La red específica de control superficial en el Sistema 59, se estableció de una forma general, en junio de 1980, manteniéndose su control hasta diciembre de 1981. Ambos años han sido secos, en especial el año 1981. Por consiguiente, los datos analizados en este estudio se deben de considerar correspondientes a aportaciones subterráneas mínimas.

En el Plano nº 5 se muestra la distribución de los puntos de con

trol hidrométrico para la red general propuesta en este estudio, una vez - realizados los análisis de optimización cuyos resultados se recogen en esta memoria. Dicha red estaría constituida por los siguientes puntos:

- 1.- Río Ulldemo en el contacto de los materiales jurásicos con - los terciarios, aguas arriba del paraje denominado Ricón de Sant Anton.
- 2.- Río Matarrañas a la altura de los manantiales de "El Parri--ssal" C.A.E.-52
- 3.- Río Algas en el contacto de los materiales jurásicos con los materiales terciarios.
- 4.- Río Estrets en el contacto de los materiales Jurásicos con - los materiales terciarios.
- 5.- Río Algas en Lledo C.A.E.-153
- 6.- Río Bergantes aguas arriba de los manantiales de Font Calent. Zorita del Maestrazgo.
- 7.- Río Bergantes en la estación E-31. Zorita del Maestrazgo.

Mediante el control de estos puntos, se pueden tener controladas las descargas a los ríos Ulldemo, Matarrañas, Algas, Estrets y Bergantes - de los acuíferos calizos de cabecera del área occidental de los Puertos de Beceite.

- 8.- Manantiales de Pauls
- 9.- Manantiales de Alfara
- 10.- Río Cenia en Masia del Rector. J-9.

11.- Río Cenia. Bco. Corruscas. Masia del Vidrio. J-10.

12.- Río Cenia. Embalse de Ulldecona. J-99.

Con estos puntos se pueden controlar las principales descargas del borde Oriental del Sistema Acuífero 59. Es importante indicar, que el río Cenia tiene su principal aporte de agua subterránea en el vaso del Embalse de Ulldecona, no siendo posible el control del mismo mediante aforos directos. Dicho control se puede realizar contabilizando las entradas y salidas al embalse, y las variaciones de volumen de agua embalsada.

3.4. SISTEMA ACUIFERO Nº 60. "CURSO BAJO Y DELTA DEL EBRO"

3.4.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema 60 engloba las terrazas aluviales del río Ebro aguas -- abajo del embalse de Flix. Se corresponde con la cuenca inferior del río -- Ebro desde su entrada en el Sistema Costero Catalán hasta su desembocadura - en el Mar Mediterráneo.

Las tierras bajas de un lado y otro del río, incluyendo, constituyen las comarcas naturales de "Ribera d'Ebre" y "Baix Ebre", que están flanqueadas por fuertes relieves calcáreos con una clara morfología kárstica y - considerable altitud.

La extensión del propio acuífero aluvial es pequeña pero se halla - perfectamente interrelacionada con los sistemas adyacentes, el 59 "Mesozoico de los Puertos de Beceite" y 61, "Cretácico de Perelló-Vandellós".

La zona se halla íntegramente en la provincia de Tarragona y el re - gadío es la actividad económica principal de las zonas bajas donde la densi - dad de población es de 93 hab./km². En la zona montañosa, de muy baja densi - dad de población, sólo cabe hablar de ganadería, y en la intermedia, de oli -

vos, viñas y almendros, típicas del secano mediterráneo, con una densidad de población de unos 25 hab./km². También existen algunos núcleos industriales como el complejo electroquímico de Flix, y los polígonos industriales de Tortosa y Amposta.

El clima es mediterráneo de montaña media. La pluviometría media es del orden de 500 mm en las zonas bajas y crece en los bordes montañosos y hacia el delta.

Este sistema es de reducidas dimensiones si lo independizamos de los acuíferos adyacentes. Se trata de un acuífero aluvial, de gravas y arenas, cuya potencia crece desde Benifallet a Amposta, desde unos 20-30 m a más de 100.

En principio tiene carácter libre, pero aguas abajo de Tortosa se intercala una serie de limos y arcillas de 20-40 m que separa un acuífero libre superficial, más pobre, y uno cautivo de alta transmisividad.

La unidad hidrogeológica del aluvial del curso bajo del Ebro exclusivamente tiene una extensión que coincide únicamente con la terraza reciente del río, de poco más de 140 km². Este acuífero efectúa el drenaje de los adyacentes, y es por ello que no tiene demasiado interés cuantificar su potencialidad, íntimamente ligada con los sistemas vecinos.

Hay que añadir también, que el Delta, propiamente dicho se ha desechado como acuífero, ya que se halla salinizado. Se trata de acuíferos multicapa, con salinidad congénita, surgentes en ocasiones, pero que precisamente por la calidad del agua, no permite ninguna actuación.

Los recursos propios de este sistema son pequeños del orden de 10 hm³/año tan sólo, pero como ya se ha apuntado hacia él convergen buena parte de los recursos de los subsistemas adyacentes que totalizan 115 hm³/año - por la margen izquierda, procedentes del Sistema 61 y un mínimo de 140 hm³/

año por la margen derecha, del Sistema 59.

Según estas cifras no parece aventurado establecer para la zona del Bajo Ebro unos recursos hídricos subterráneos globales de unos 200 hm³/año, a los que ha bría que añadir las posibilidades prácticamente ilimitadas del acuífero aluvial del Bajo Ebro, conectado con el río. Plano n° 6.

3.4.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema Acuífero n° 60 únicamente se ha controlado durante la realización del Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Ebro, Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

En dicho estudio, con el fin de acotar en lo posible las salidas de agua subterránea en los acuíferos del Sistema, se programó una red inicial de aforos a realizar durante el estiaje. Los puntos seleccionados respondían a dos planteamientos. De un lado se pretendía aforar las salidas localizadas puntuales, es decir, los principales manantiales, y de otro, el caudal de base o caudal de estiaje de los principales arroyos vertientes al Ebro, en una y otra margen.

El resultado de dicha campaña fue bastante desolador pues, la fuerte sequía que asoló esta región durante los años 1980 y 1981, hizo que los manantiales tuvieran un acusadísimo estiaje, y que la totalidad de los barrancos se encontraran absolutamente secos durante la mayor parte del periodo de control.

En el Plano n° 6 se muestra la localización del único punto de control de este Sistema para la red general propuesta en este estudio, una vez realizados los análisis de optimización. Dicho punto es el correspondiente al manantial de La Carroba, donde para el periodo octubre 1980-Mayo 1981 se midieron caudales comprendidos entre 100 l/s y 380 l/s.

3.5. SISTEMA ACUIFERO N° 62. "TERRAZAS ALUVIALES DEL EBRO Y AFLUENTES"

3.5.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema 62 engloba las terrazas aluviales del río Ebro y de sus afluentes y tiene por tanto una disposición paralela a los cursos de agua. Se extiende a lo largo de 1.670 km², desde Miranda a Mequinenza, correspondientes a 6 provincias: Burgos, Rioja, Navarra, Huesca, Lérida y Zaragoza. Como es propio de estos terrenos la topografía es llana destacando los escalones entre las terrazas.

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. Los regadíos ocupan la mayor parte de las zonas aluviales próximas a los ríos y en general una amplia zona dominada por los canales de riego. En los alrededores de los núcleos principales: Miranda, Logroño, Tudela, Zaragoza y Lérida se disponen no sólo las industrias de transformación del campo sino verdaderos polos industriales de muy diversa producción.

La precipitación en la zona es baja descendiendo desde 600 mm en Miranda hasta menos de 400 en Zaragoza y Lérida.

Los materiales acuíferos son las típicas sucesiones de arenas y gravas con intercalaciones de limos y arcillas, más o menos potentes. El espesor total del acuífero varía en los distintos ríos según los tramos. La media es del orden de 15 m, si bien los extremos varían entre unos pocos metros y más de 50 m.

Los recursos propios del sistema se han calculado en 660 hm³ de los que casi el 90 por ciento proceden del retorno de los regadíos. El drenaje se establece a través de los diferentes ríos. La conexión perfecta en-

tre el acuífero y los distintos ríos permite la afección de éstos con lo - que los recursos reales son mucho mayores.

3.5.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

La red de control hidrométrico propuesta en el sistema acuífero - nº 62 se ha limitado exclusivamente al Aluvial del río Oja dada la confic- tividad que presenta este acuífero. Dicha red estaría constituida por los siguientes puntos:

- 1.- Río Oja en Santurde
- 2.- Fte. de Turres
- 3.- Fte. del Prado
- 4.- Río Oja en Sto. Domingo de la Calzada
- 5.- Manantial de Pata de Gallina
- 6.- Río Oja en Villalobar
- 7.- Río Oja en Baños
- 8.- Manantial Piscifactoria de Castañares
- 9.- Río Oja en Casalarreina

3.6. SISTEMA ACUIFERO Nº 63 "BORDE MESOZOICO DE LA SIERRA DE LA DEMANDA Y CAMEROS"

3.6.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema acuífero nº 63 está localizado en las regiones ocupa- das por las Sierras de la Demanda y Cameros, perteneciendo en su mayor par- te a la provincia de la Rioja y en pequeña proporción a las de Navarra, So- ria y Burgos.

Las Sierras de la Demanda y Cameros en su borde meridional cons- tituyen la divisoria de las Cuencas Ebro-Duero, y corresponden a macizos - paleozoicos la primera, y a sedimentos terígenos continentales la segunda,

las dos están rodeadas de sedimentos carbonatados. Estas Sierras tienen una topografía abrupta y están recorridas por los ríos afluentes del Ebro en dirección Sur-Norte, quedando la actual red fluvial encajada en profundos y abruptos valles. Los principales ríos de esta red son: Tirón y su afluente el Glera o Oja, Najerilla, Iregua, Leza y su afluente el Jubera, Cidacos y Alhama.

La agricultura y ganadería son las principales actividades económicas de la región.

3.6.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema acuífero nº 63 se controló de una manera sistemática - durante el año 1983 dentro del estudio hidrogeológico básico de este Sistema.

En el plano nº 7 se muestra la distribución de los puntos de control hidrométrico para la red general propuesta en este estudio, una vez -- realizados los análisis de optimización cuyos resultados se recogen en esta memoria. Dicha red estaría constituida por los siguientes puntos:

- 1.- Río Oja en Ezcaray
- 2.- Río Oja en Ojacastro
- 3.- Río Najerilla aguas arriba de Anguiano
- 4.- Río Najerilla aguas abajo de Anguiano
- 5.- Río Iregua en Villanueva de Cameros. C.A.E.-35
- 6.- Río Iregua en Islallana. C.A.E.-36
- 7.- Río Alhama aguas arriba de Fitero
- 8.- Río Alhama aguas abajo de Fitero

Con estos puntos, se estima, que se pueden controlar las principales descargas de los acuíferos calizos de las Sierras de la Demanda y Cameros a los ríos que las cruzan en dirección Sur-Norte.

3.7. SISTEMA ACUIFERO N° 64 "CRETACICO DE LA LORA Y DEL SINCLINAL DE VILLARCAYO"

3.7.1. Contexto hidrogeológico

Se extiende a lo largo de 5.481 km² que coinciden con la cuenca de cabecera del río Ebro hasta Miranda. Comprende una pequeña parte del sur de la provincia de Santander, el tercio norte de la provincia de Burgos y el sector occidental de la de Alava.

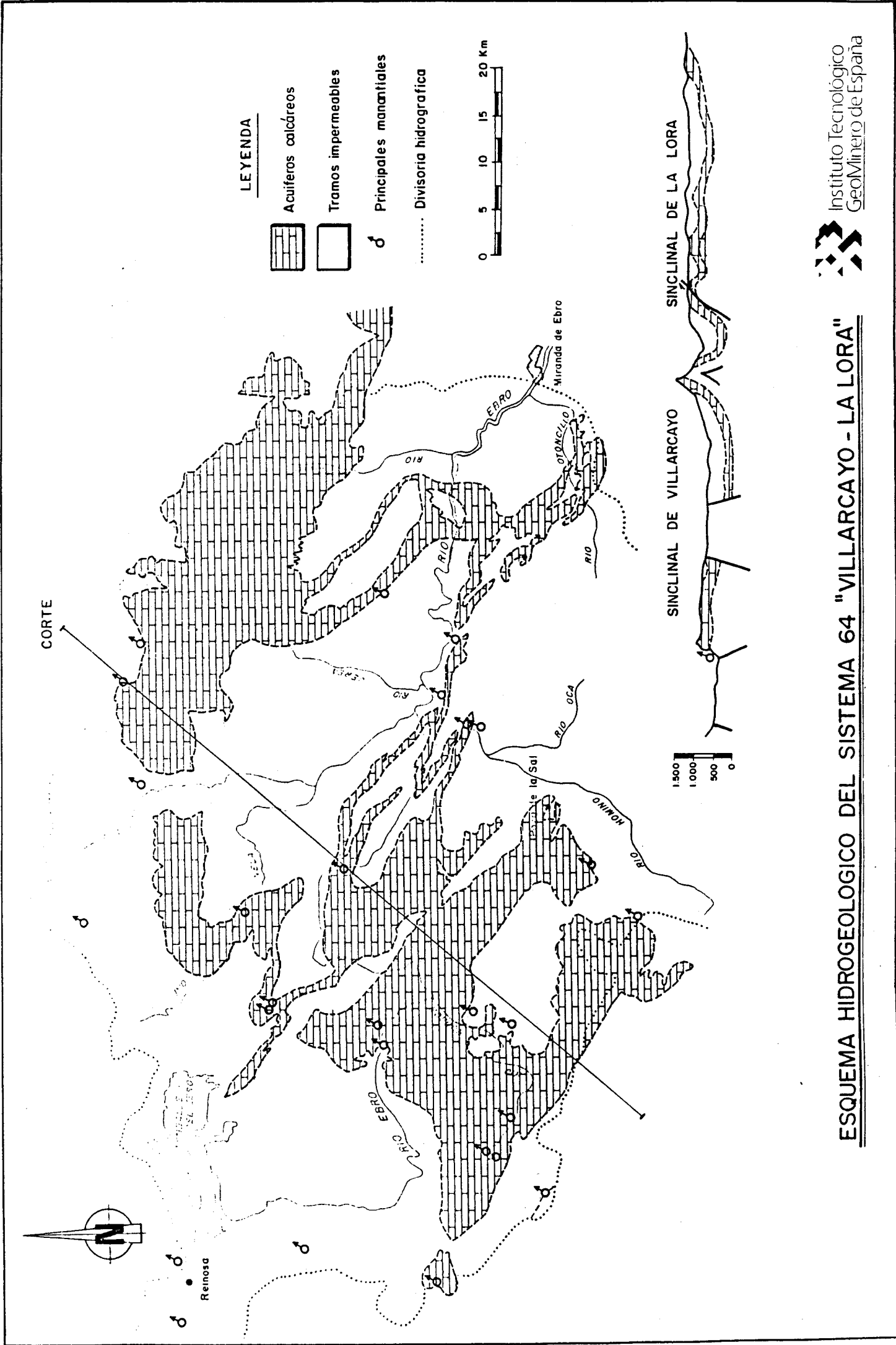
La economía regional se basa en la agricultura y ganadería y en menor medida la explotación forestal. La industria se concentra únicamente en Miranda y Reinosa. Los regadíos abarcan únicamente el 2 por ciento de las tierras labradas.

La pluviometría anual media es del orden de 800 mm, si bien merecen destacarse los fuertes gradientes del sector montañoso septentrional y el espaciamiento progresivo en sentido Sur, desde 1.400 mm en Santa María de Aguayo a 500 mm en Miranda.

Los materiales acuíferos cubren alrededor de 3.000 km² y corresponden fundamentalmente a las calizas dolomíticas y calcarenitas del Cretácico Superior. En la unidad de Fontibre el acuífero corresponde al Lias Inferior dolomítico.

Los recursos subterráneos del sistema se han cifrado en un mínimo de 327 hm³/año de los que 17 drenan hacia la cuenca Norte y 2 hacia la Cuenca del Duero. La aportación subterránea a la Cuenca del Ebro corresponde a 3 subsistemas: Fontibre (22 hm³/año), Villarcayo (147 hm³/año) y Sedano-La Lora (139 hm³/año).

La utilización del agua subterránea es actualmente escasa. No existen prácticamente sondeos ni pozos y la explotación se centra en el aprovechamiento de manantiales para la mayor parte de los abastecimientos



LEYENDA



Acuíferos calcáreos



Tramos impermeables



Principales mantos

..... Divisoria hidrográfica



Instituto Tecnológico
Geomínero de España

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA 64 "VILLARCAYO - LA LORA"

y pequeños regadíos familiares.

3.7.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema acuífero n° 64 se ha controlado de una manera sistemática durante 1980 y 1981 dentro del estudio hidrogeológico básico de este Sistema. Para la realización de dicho estudio, se estableció una red mínima de aforos, cuyo objetivo principal era el de mejorar el conocimiento del funcionamiento de las distintas unidades hidrogeológicas desde un punto de vista cuantitativo, de forma que a la vez que se confirmaban algunas hipótesis respecto a los mecanismos de recarga y descarga, y a las relaciones entre los acuíferos y los ríos, se empezaba a disponer de los datos cuantitativos para acotar mejor los recursos de los subsistemas.

Los criterios que se tuvieron en cuenta a la hora de seleccionar los puntos de aforo fueron los siguientes:

Unidad de Fontibre. Se trata de evaluar los caudales de salida del embalse subterráneo a través de los manantiales de Fontibre, y los que originan los ríos Polla y Besaya (Cuenca del Norte).

Unidad de Villarcayo. Los aforos respondían a tres modelos. De un lado contabilizar los caudales que se infiltran al llegar al embalse subterráneo, bien por sumideros (Ojo Guareña), bien por pérdidas notables de caudal de forma difusa (río Cornejo). De otro, las emergencias como el caso del manantial que da origen al río Cadagua (Cuenca del Norte), y por último, realizar aforos diferenciales para constatar las ganancias o pérdidas de caudal al atravesar las calizas cretácicas (caso del río Nela).

Unidad de Sedano-La Lora. Los aforos respondían a los mismos objetivos de la unidad anterior. Se aforaron sumideros y emergencias co-

mo las del río Hurón, manantiales importantes (Pozo azul, Covanera, La -- Fuentona, Cuevaluenga) y aforos diferenciales en el propio Ebro.

En general, se puede admitir, que el grado de explotación actual de este sistema es ínfimo, reduciéndose a abastecimientos urbanos y a pequeñas áreas de regadío. Por esta razón, se estima, que en dicha unidad no es preciso establecer una red foronómica de carácter permanente. El establecimiento de la misma implicaría, dado el elevado caudal que circula -- por algunos ríos del sistema, la necesidad de instalar importantes estacio -- nes de aforo en el río Ebro y en algunos de sus afluentes, cuya construc -- ción conllevaría un elevado desembolso económico no justificable con el pe -- queño grado de explotación del sistema.

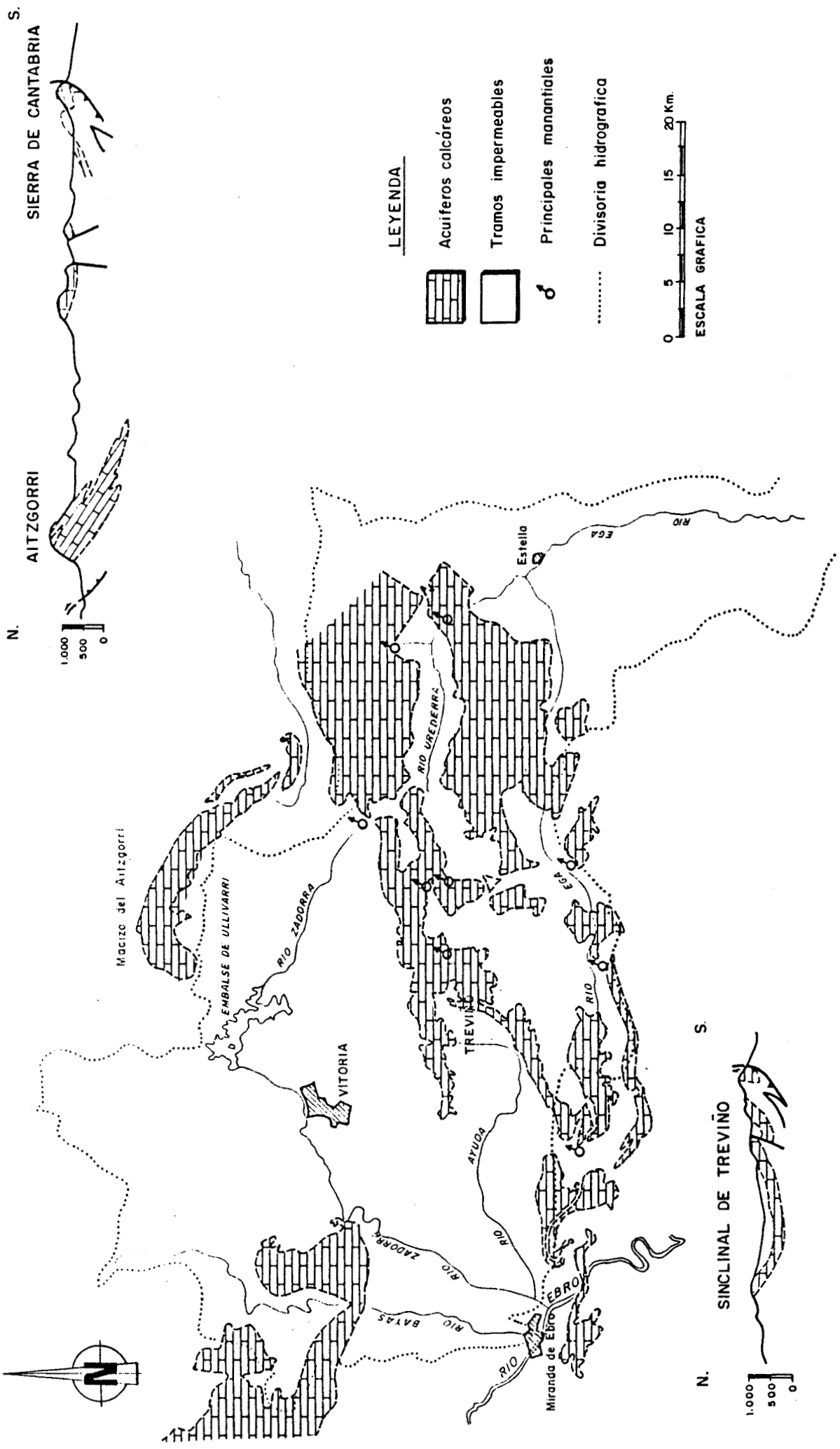
3.8. SISTEMA ACUIFERO N° 65 "PALEOCENO DEL CONDADO DE TREVIÑO Y MESO -- ZOICO DE LA SIERRA DE CANTABRIA

3.8.1. Contexto hidrogeológico

Engloba una serie de unidades hidrogeológicas de entidad reduci -- da y características heterogéneas. Sin embargo reviste interés porque si -- bien la potencialidad es baja, constituyen las únicas posibilidades de ex -- tracción de aguas subterráneas en una amplia zona de las provincias de Ala -- va y Burgos en las que dominan los terrenos impermeables.

La extensión es de algo menos de 2.000 km² de los que tan sólo -- 500 km² corresponden al área de recarga de los acuíferos.

La zona se halla escasamente poblada. La agricultura y ganadería, junto a la explotación forestal son las actividades económicas principales en la región y la industria se localiza en Vitoria. La utilización del -- agua es muy reducida puesto que los cultivos son de secano. El abasteci -- miento de Vitoria y su entorno industrial es a base de aguas superficiales del Zadorra, regulado en los embalses de Ullivari y Urrunaga. Por el con -- trario los abastecimientos de los pueblos son en base a manantiales, pozos



ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA 65. "TREVINO Y SIERRA DE CANTABRIA"

y sondeos, generalmente de muy escaso caudal.

La pluviometría anual media es del orden de 800 mm a excepción de las zonas montañosas donde se superan los 900 mm (Sierra de Cantabria) o los 1.100 mm (Sierra de Urbasa). Por el contrario en el valle del Ebro las precipitaciones son inferiores a los 500 mm.

Los niveles acuíferos son de tres tipos: en la Sierra de Cantabria calizas, dolomías y calcarenitas del Cretácico Superior, en el Aitzgorri las facies arrecifales urgonianas y en Treviño la serie carbonatada -calizas y dolomías- de la base del Terciario Marino. Estos últimos materiales se sumergen por debajo del Terciario Continental de la Cuenca de Miranda dando lugar a una cuenca artesiana.

Los recursos del Sistema asciende a 187 hm³/año correspondientes a los siguientes subsistemas. La Unidad del Aitzgorri (20 hm³/año) se drena por el río Arakil, afluente del Arga. La Unidad de Nanclores (12 hm³/año) vierte al río Bayas, afluente del Ebro. El drenaje de la Unidad de Treviño (62 hm³/año) tiene 3 direcciones: el Zadorra (10 hm³/año), el río Ayuda (29 hm³/año) y el Ega (23 hm³/año). La Unidad de Santiago Lóquiz (77 hm³/año) vierte directamente al río Ega (25 hm³/año) a través del Urrederra (30 hm³/año) y del Arroyo de Sabando (22 hm³/año). La Unidad de Peñacerrada (4 hm³/año) es drenada hacia el río Inglares. El resto de unidades se drenan directamente por el río Ega y son las siguientes: Lagrán (5 hm³/año), Cantabria (3 hm³/año), Angostina (2 hm³/año) y Genevilla (2 hm³/año).

El grado de explotación actual de las aguas subterráneas es muy pequeño reduciéndose a los abastecimientos urbanos y en muy escasa proporción a los regadíos.

3.8.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El sistema acuífero n° 65 se ha controlado de una manera sistemática durante el periodo Sept.-79-Feb.-81, dentro del estudio hidrogeológico básico que contemplaba el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Para la realización de dicho estudio se estableció una red mínima de aforos que completaba las establecidas por D.F. de Alava y Navarra. Dicha red se estableció en los ríos que atraviesan el Sistema (Arakil, Bayas, Arga, Ega, Zadorra), así como en los principales manantiales (El Nacadero, Urdán, Igoroy, Virgala Mayos, Contrasta Zudaire, Itxaco, Alborón, Peñacerrada, Bernedo y Genevilla).

En general se puede establecer que el grado de explotación actual en este sistema es muy pequeño. Se reduce a abastecimientos urbanos y en muy escasa proporción a regadíos. Por consiguiente, se estima que en dicha unidad no es preciso establecer una red foronómica de carácter permanente.

3.9. SISTEMA ACUIFERO N° 66 "PALEOCENO DE LA SIERRA DE URBASA"

3.9.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema Acuífero n° 66 URBASA-ANDIA se extiende a lo largo de 420 km² a caballo entre las provincias de Alava y Navarra y comprende una serie de sierras elevadas entre las que destacan las de Urbasa, Andía y Peña Echaurren.

La precipitación en la zona es muy alta e incluso de carácter nival. La media oscila entre 1.100 y 1.600 mm.

Los materiales acuíferos son dolomías, calizas y calcarenitas del Paleoceno y Eoceno con algunos tramos margosos. La disposición es apa

rentemente subhorizontal y viene rota por la intrusión de una serie de diapiros de Keuper.

Desde el punto hidrogeológico y en función del drenaje se pueden establecer dos subunidades separadas por la falla de Lizárraga, que coinciden con las sierras de Urbasa al Oeste y de Andía-Peña Echaury al Este.

La descarga de la subunidad de Urbasa tiene lugar preferentemente por el manantial de Baquedano ($90 \text{ hm}^3/\text{año}$) y el conjunto de Belascoain, Ibero, Echaury y otros ($40 \text{ hm}^3/\text{año}$), todos ellos vertientes a la cuenca del río Arga (afluente del Aragón).

Según estas descargas los recursos del Sistema ascienden a $250 \text{ hm}^3/\text{año}$ y las reservas se han estimado entre 1.100 y 1.650 hm^3 .

La utilización actual es escasa a excepción de los $16 \text{ hm}^3/\text{año}$ de rívidos para abastecimientos y de algunos saltos de producción de energía eléctrica ($60 \text{ hm}^3/\text{año}$ de uso no consuntivo).

3.9.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema acuífero nº 66 únicamente se ha controlado de una manera sistemática durante el estudio hidrogeológico básico que contemplaba el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

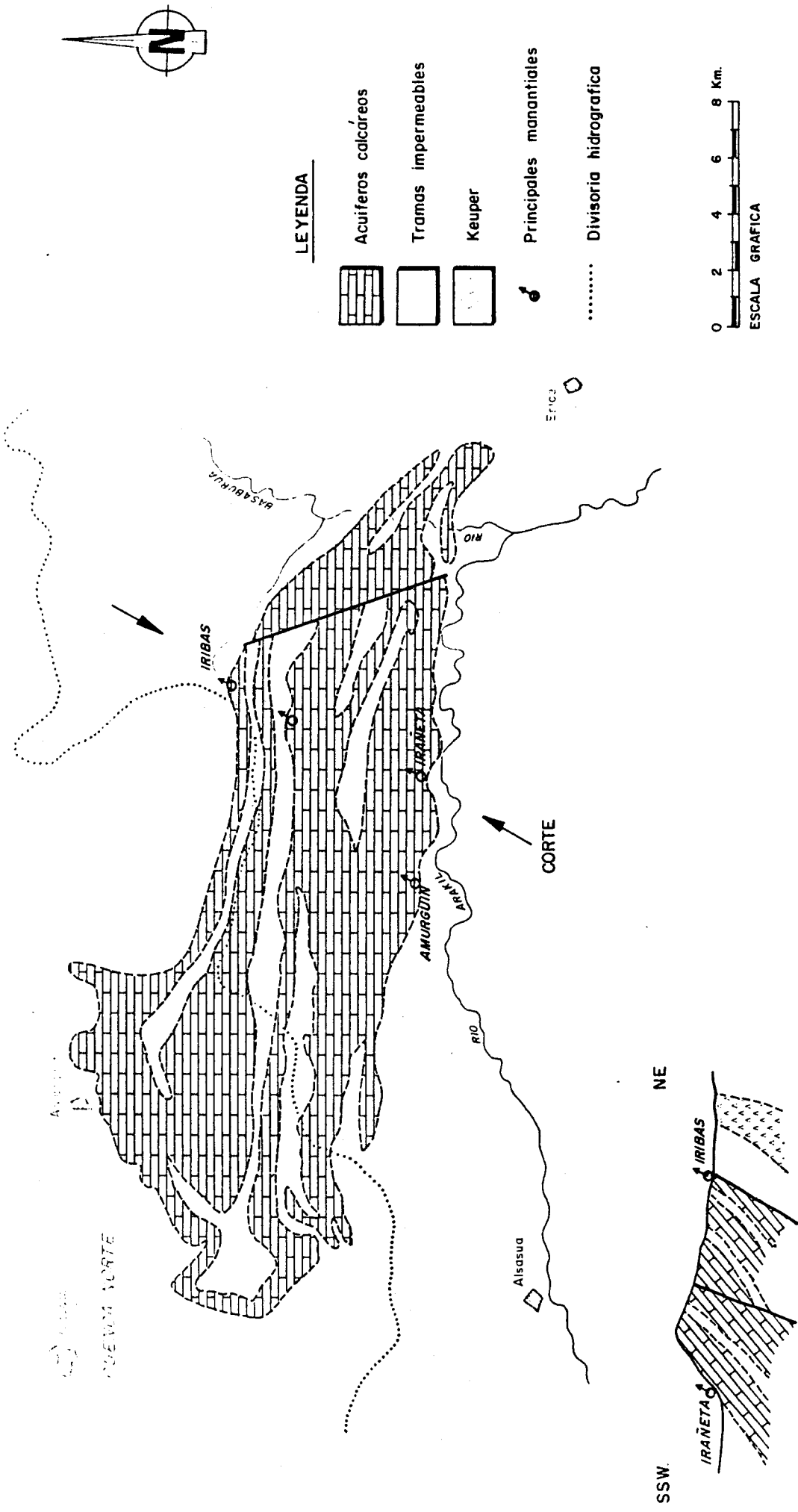
En general se puede establecer que el grado de explotación actual de este sistema es muy reducido, por lo que se estima que en dicha unidad no es preciso establecer una red foronómica de carácter permanente.

3.10. SISTEMA ACUIFERO Nº 7 "CALIZAS MESOZOICAS DE LA SIERRA DE ARALAR"






3.10.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema Acuífero 07 ARALAR se extiende a lo largo de 800 km^2

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL SUBSISTEMA 07a. ARALAR - ULZAMA



LEYENDA

-  Acuíferos calcáreos
-  Tramas impermeables
-  Keuper
-  Principales manantiales
-  Divisoria hidrográfica



en la parte septentrional de la provincia de Navarra. La mitad Norte se drena hacia el Cantábrico mientras que la parte Sur, el subsistema ARALAR-ULZAMA descarga en su mayor parte a la Cuenca del Ebro y es la que únicamente -- consideraremos.

La precipitación en la zona es muy alta siendo la media del orden de 1.500 mm.

Los acuíferos importantes están formados por calizas y dolomías jurásicas y por calizas arrecifales del Cretácico. Los afloramientos permeables cubren alrededor de 164 km².

Los recursos del Subsistema se han cifrado en 116 hm³/año de los que 13 vierten a la cuenca norte en la zona de Amezqueta. El drenaje hacia el Ebro (103 hm³/año) se efectúa a base de los ríos Larraun (83 hm³/año) y Arakil (20 hm³/año), que pasan a engrosar los recursos del río Arga, aguas abajo de Pamplona. Las reservas se han estimado en un mínimo de 500 hm³.

Los recursos evaluados son muy superiores a las demandas actuales y a los de su previsible futuro.

3.10.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema acuífero n° 07 únicamente se ha controlado de una manera sistemática durante el estudio hidrogeológico básico que contemplaba el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

En general se puede establecer que el grado de explotación actual de este sistema es muy reducido, por lo que se estima, que en dicha unidad no es preciso establecer una red foronómica de carácter permanente.

3.11. SISTEMA ACUIFERO N° 67 "SINCLINAL DE JACA"

3.11.1. Contexto hidrogeológico

El Sistema 67 se corresponde con el denominado genéricamente "Sinclinal de Jaca" aunque incluya estructuras mucho más complejas. Se extiende a lo largo de una vasta extensión de más de 6.000 km² pero en la que los afloramientos permeables se distribuyen en dos bandas que coinciden con las Sierras Interiores y Exteriores Pirenaicas. La mayor parte corresponde a la provincia de Huesca y en menor medida a las de Navarra y Zaragoza. Plano n° 8.

La economía es fundamentalmente agraria predominando los cereales de secano y la explotación forestal y ganadera. Los abastecimientos son fundamentalmente a base de manantiales sin regular y en las vegas se deriva directamente agua de los ríos para el regadío de huertas familiares.

La precipitación es decreciente en sentido Sur desde los 1.854 mm de Candanchú a los 451 mm del Embalse de la Sotenera.

Los niveles acuíferos corresponden a las facies arrecifales del Cretácico Medio, las calcarenitas y calizas arenosas del Cretácico Inferior, las facies carbonatadas del complejo Eoceno y en menor medida los conglomerados miocenos del borde la Depresión del Ebro. Los afloramientos permeables cubren alrededor de 1.000 km² es decir tan sólo una sexta parte de la extensión del Sistema.

Los recursos del Sistema se han cifrado en 667 hm³/año de los que 240 hm³/año vierten al Atlántico y 427 hm³/año a la Cuenca del Ebro. Desde el punto de vista hidrogeológico se pueden establecer 5 Subsistemas, alguno de los cuales englobando varias unidades diferenciadas. El subsistema de Larra se drena íntegramente hacia la cuenca atlántica exclusivamente a través de manantiales (240 hm³/año). El subsistema Peña Ezkauri-Ordesa -

engloba dos unidades: la Unidad del Alto Gallego y Alto Aragón es drenada por estos ríos y sus afluentes ($75 \text{ hm}^3/\text{año}$) y por manantiales ($25 \text{ hm}^3/\text{año}$); la Unidad de Ordesa-Monte Perdido ($160 \text{ hm}^3/\text{año}$) drena por el río Cinca. - el subsistema de Leyre se drena por los ríos Irati, Salazar y Eska ($28 \text{ hm}^3/\text{año}$), afluentes del río Aragón. El subsistema del Alto Sobrarbe ($18 \text{ hm}^3/\text{año}$) vierte al río Ara, afluente del Cinca. En el subsistema de las Sierras Exteriores se han definido dos unidades. El sector occidental, Sierras de Santo Domingo y Loarre se drena por los ríos Gállego ($1 \text{ hm}^3/\text{año}$), Isuela ($1,5 \text{ hm}^3/\text{año}$), Flumen ($15 \text{ hm}^3/\text{año}$) y Guatizalema ($9,5 \text{ hm}^3/\text{año}$). El sector oriental "Sierra de Guara" constituye la unidad con mejores posibilidades dada su situación en una zona de demanda potencial. El drenaje se establece a través de manantiales ($15 \text{ hm}^3/\text{año}$) y por los ríos Alcanadre ($55 \text{ hm}^3/\text{año}$) y Vero ($24 \text{ hm}^3/\text{año}$), ambos afluentes de la margen derecha del Cinca. Las reservas estimadas para la totalidad de los sistemas acuíferos drenados por el Ebro son del orden de 2.100 hm^3 .

3.11.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada.

El Sistema acuífero nº 67 se ha controlado de una manera sistemática durante el año 1981 dentro del estudio hidrogeológico básico que contemplaba el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Para la realización de dicho estudio se estableció una red mínima de aforos con el fin de controlar los caudales en los puntos de mayor interés hidrogeológico.

El objetivo fundamental que persiguió esta red fué el de mejorar el conocimiento del funcionamiento de las distintas unidades hidrogeológicas desde un punto de vista cuantitativo, de forma que a la vez que se confirmaban algunas hipótesis respecto a la recarga y descarga, y a las relaciones acuífero-río se empezaba a disponer de datos para acotar mejor los recursos de los subsistemas.

Los criterios que se siguieron a la hora de seleccionar los puntos de aforo fueron los siguientes. De un lado se trató de realizar -- aforos diferenciales antes y después de que los ríos atravesasen las unidades hidrogeológicas. De otro aforar las principales surgencias.

En el plano nº 9 se muestra la distribución de los puntos de control hidrométrico para la red del año 1981. Esta red se limita al sector oriental "Sierra de Guara" que constituye la unidad con mejores posibilidades dada su situación en una zona de demanda potencial.

La red general propuesta en este estudio, una vez realizados los análisis de optimización cuyos resultados se recogen en esta memoria coincide prácticamente con la del año 1981 y podría estar constituida por los siguientes puntos:

Río Isuela, inmediatamente aguas abajo del pantano de Arguis y en Nueno a la salida de las estructuras calcáreas.

Río Flumen, aguas abajo del Salto de Roldán, que es el afloramiento más meridional de conglomerados miocenos.

Río Guatizalema, inmediatamente aguas abajo del pantano de Vardillo y en Sipan.

Río Calcón en Labata, a la salida del acuífero calcáreo.

Río Alcanadre, entre Pedruel y Bierge, tramo en que aumenta el caudal de forma evidente.

Río Balces e Isuala, a la salida del subsistema.

Río Vero, en tres tramos: Pariles, Almazora y Alquezar.

Asimismo también sería conveniente aforar algunas de las principales fuentes: Lecina, Bastarán, La Tamara, etc.

3.12. SISTEMA ACUIFERO N° 68 "SINCLINAL DE TREMP"

3.12.1. Contexto hidrogeológico

Corresponde a las Sierras Pirenaicas Mesoterciarias adosadas al Paleozoico de la zona axial. Abarca las cuencas de cabecera de los afluentes del Ebro: Segre, Noguera-Pallaresa, Noguera-Ribagorzana, Isábena, Esera, y en parte el Cinca. Administrativamente comprende parte de las provincias de Huesca y Lérida.

La economía es fundamentalmente agraria y propia de la montaña media: cereales de secano, ganadería y explotación forestal. Hay que citar asimismo los aprovechamientos hidroeléctricos que han hecho que se llenen en regresión los regadíos de los cursos fluviales.

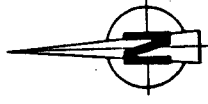
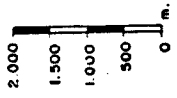
Los abastecimientos de los núcleos de población son casi exclusivamente a base de manantiales y los regadíos aprovechan la escorrentía básica de los ríos.

La pluviometría aumenta hacia el Norte en función de la topografía. En las zonas montañosas se superan los 1.000 mm, se llega los 1.500 en las altas cimas, mientras en la Depresión Terciaria se desciende a menos de 500 mm.

Los niveles acuíferos son bastante heterogéneos teniendo en cuenta los 5.000 km² del sistema. El más interesante lo constituyen las facies arrecifales "urgonianas" del Cretácico Medio. Asimismo el resto de facies carbonatadas del Cretácico Superior (Coniaciense y Campaniense), del Cretácico Inferior (neocomiense a Albiense) y del Jurásico (Lías Inferior). Hay que citar también a las facies de "calizas de alveolinas" del -

CORTE SEGUN EL N. RIBAGORZANA

MONTSEC



LEYENDA

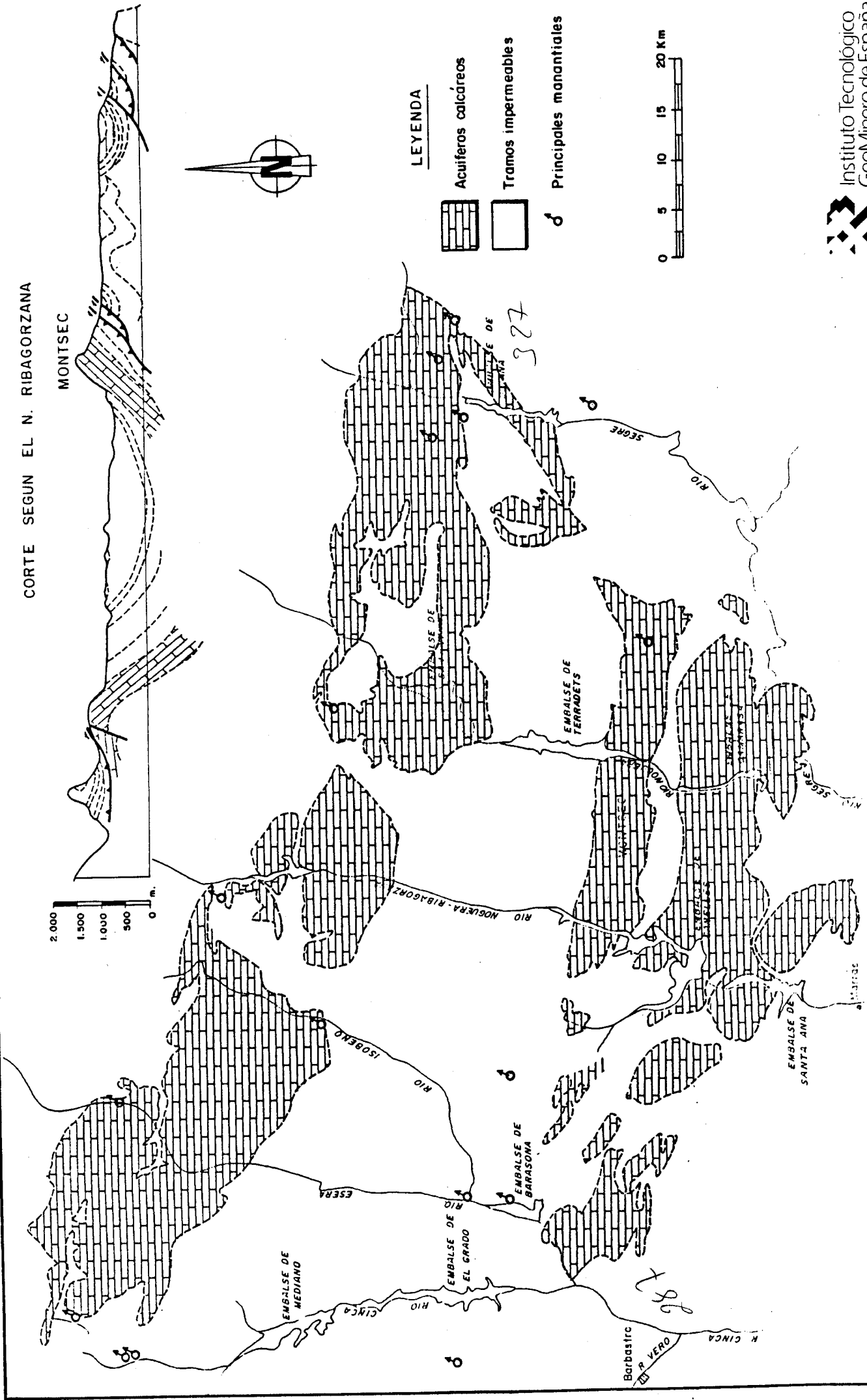


Acuíferos calcáreos



Tramos impermeables

♂ Principales manantiales



Instituto Tecnológico Geomínero de España

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA 68 " SINCLINAL DE TREMP "

Paleoceno y en menor medida los conglomerados postectónicos del Eoceno - Superior-Oligoceno. La extensión de los afloramientos permeables es del orden de 2.400 km^2 repartidos en tres grandes alineaciones o subsistemas.

Los recursos del Subsistema Septentrional son de 406-915 $\text{hm}^3/\text{año}$. Está drenado por los ríos Esera (0-60 $\text{hm}^3/\text{año}$) y su afluente el Isábena (49 $\text{hm}^3/\text{año}$).

El drenaje del Noguera-Ribagorzana se ha cifrado entre 73 y 160 $\text{hm}^3/\text{año}$ y el del Noguera Pallaresa entre 150 y 335 $\text{hm}^3/\text{año}$. El Subsistema del Montsec está drenado por ambos Nogueras en un total de 47-78 $\text{hm}^3/\text{año}$. El drenaje del Subsistema Meridional (75-126 $\text{hm}^3/\text{año}$) se establece al río Esera en la zona de Barasonay a los Nogueras.

3.11.2. Análisis y enumeración de la red histórica y de la nueva red optimizada

El Sistema acuífero n° 68 se ha controlado de una manera sistemática durante el año 1981 dentro del estudio hidrogeológico básico que contemplaba el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Para la realización de dicho estudio se estableció una red mínima de aforos -- con el fin de controlar los caudales en los puntos de mayor interés hidrogeológico.

El objetivo principal que persiguió esta red fue el de mejorar el conocimiento del funcionamiento de las distintas unidades hidrogeológicas desde un punto de vista cuantitativo, de forma que a la vez que se confirmaban algunas hipótesis respecto a la recarga y descarga y a las relaciones acuífero-río se empezaba a disponer de datos para acotar mejor los recursos de los subsistemas.

La principal dificultad que se encontró en el establecimiento de la red estribó en los elevados caudales de los cursos de agua, lo que imposibilitó la realización de una buena parte de las medidas con los me-

dios convencionales. Realizándose únicamente medidas en los ríos menos caudalosos (Isabena, Flamisell).

Actualmente se puede establecer que el grado de explotación en este sistema es muy reducido. Por consiguiente, se estima, que en dicha -- unidad no es preciso establecer una red foronómica de carácter permanente.

4. ESTIMACION DE LA FRECUENCIA DE MEDIDAS

Una red de control superficial con una cadencia de mediciones de tipo mensual, bimensual, trimestral o cuatrimestral, ofrece una información prácticamente de tipo puntual.

Es evidente, que un buen control hidrométrico de un acuífero, no se puede reducir a un número pequeño de medidas limitadas en el espacio y el tiempo, sino que requiere un conocimiento continuo de la evolución de caudales, que permita en todo momento conocer su situación.

Por esta razón, se estima, que las estaciones de aforo que se recomiendan en este estudio deben corresponder a las denominadas de segundo orden, es decir, que posean un registro de tipo escala limnimétrica -- que permitan una lectura diaria de caudales.

Esto conlleva, que la frecuencia de medidas durante el primer año sea mensual, para así definir con la mayor precisión posible la curva de gastos. Una vez definida la misma, la frecuencia de medidas se puede estimar en un orden de tres al año, con el objetivo de verificar periódicamente la relación definida entre caudal y altura de escala.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos del análisis efectuado en este estudio, se estima que es conveniente el establecimiento de la siguiente red foronómica:

Sistema n° 57 "MESOZOICO DE MONREAL-GALLOCANTA"

a) Subsistema Valle del Jiloca

- . Manantial de Cella
- . Ojos de Monreal
- . Ojos de Caminreal
- . Manantial lavadero de Fuentes Claras
- . Rio Jiloca en Calamocho

b) Subsistema Piedra-Gallocanta

- . Rio Ortiz en Nuevalos
- . Rio Piedra aguas arriba de Cimballa
- . Rio Piedra aguas abajo de Cimballa

c) Subsistema Sierra del Solorio

- . Rio Blanco en Velilla de Medina
- . Rio Mesa aguas abajo de Anquela
- . Rio Mesa aguas abajo de Monchales
- . Rio Mesa aguas arriba de Jaraba
- . Rio Mesa aguas abajo de Jaraba
- . Manantiales de Saguides
- . Manantiales de Chaorna
- . Rio Jalón a la altura de Fuencaliente de Mediona

- . Rio Jalón entre Jubera-Somaen C.A.E.- 58
- . Rio Jalón en Contamina
- . Rio Jalón aguas abajo de Alhama
- . Rio Tajuña en Anguita

d) Subsistema Cella-Molina de Aragón

- . Rio Gallo en Ventosa
- . Rio Guadalaviar entrada al embalse de Arquillos de San Blas

Sistema nº 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro"

a) Zona Queiles-Jalón

- . Rio Queiles. Manantial de Vozmediano
- . Rio Queiles. Ojo de San Juan
- . Rio Huecha aguas abajo de la central de Morana
- . Rio Huecha. Manantial del Prado
- . Rio Huecha. Fuente del Rey
- . Rio Huecha. Fuente las Cuevas
- . Rio Huecha. Acequia Vera Moncayo
- . Rio Huecha. Central de Morca
- . Rio Huecha. Fuenueva
- . Rio Huecha. Acequia Valdemanzano
- . Rio Huecha. Acequia Sopez
- . Rio Huecha. Acequia Ribas
- . Rio Huecha. Manantial Las Cazuelas
- . Rio Huecha. Manantial de Vargas
- . Rio Huecha. Manantial La Balseta
- . Rio Huecha. Manantial El Cerezo
- . Rio Huecha. Manantial Torre Alta ó Luchan
- . Rio Huecha. Acequia Marreques
- . Rio Huecha en Añon y Fte. Las Cuevas.

b) Zona Jalón-Aguasvivas

- . Rio Huerva. Manantial de Muel
- . Rio Aguasvivas en Almonacid de la Cuba
- . Rio Aguasvivas en Belchite
- . Rio Ginel. Manantial de Mediana

c) Cubeta de Oliete

- . Rio Martín, Aguas arriba de los manantiales de Alcaine.
- . Rio Martín. Aguas abajo de los manantiales de Alcaine
- . Rio Martín. Aguas arriba de los manantiales de los Baños de Ariño.
- . Rio Martín. Aguas abajo de los manantiales de los Baños de Ariño

d) Depresión Calatayud-Montalban

- . Rio Jiloca en Daroca
- . Rio Jiloca en Calatayud

e) Zona de Cabalgamientos

- . Rio Guadalope. Entrada embalse de Santolea C.A.E.-30
- . Rio Bergantes en su unión al Guadalope
- . Rio Guadalope. Manantiales de la Ginebrosa

Sistema n° 59. "Mesozoico de los Puertos de Beceite"

- . Rio Ulldemo en el contacto de los materiales Jurásicos con los Terciarios, aguas arriba del paraje denominado Rincón de Sant Anton.
 - . Rio Matarraña a la altura de los manantiales de "El Parrissal". C.A.E.
- 52.

- . Rio Algas en el contacto de los materiales Jurásicos con los materiales Terciarios.
- . Rio Estrets en el contacto de los materiales Jurásicos con los materiales del terciario.
- . Rio Algas en el contacto de los materiales Jurásicos con los materiales Terciarios.
- . Rio Estrets en el contacto de los materiales Jurásicos con los materiales Terciarios.
- . Rio Algas en Lledo C.A.E.-153
- . Rio Bergantes aguas arriba de los manantiales de Font Calent. Zorita del Maestrazgo.
- . Rio Bergantes en la estación E-31. Zorita del Maestrazgo.
- . Manantiales de Pauls
- . Manantiales de Alfara
- . Rio Cenia en Masia del Rector J-9.
- . Rio Cenia. Bco. Corruscas - Masia del Vidrio J-10
- . Rio Cenia. Embalse de Uildecona. J-99

Sistema nº 60. "Curso Bajo y Delta del Ebro"

- . Manantial de la Carroba

Sistema n° 62. "Terrazas Aluviales del Ebro y Afluentes"

- . Rio Oja en Santurde
- Rio Oja. Fte. de Turre
- . Rio Oja. Fte. del Prado
- . Rio Oja en Sto. Domingo de la Calzada
- . Rio Oja. Manantial de Pata de Gallina
- . Rio Oja en Villalobar.
- . Rio Oja en Baños
- . Rio Oja. Manantial Piscifactoria de Castañares
- . Rio Oja en Casalarreina

Sistema n° 63. "Borde Mesozoico de la Sierra de la Demanda y Cameros".

- . Rio Oja en Ezcaray
- . Rio Oja en Ojacastro
- . Rio Najerilla aguas arriba de Anguiano
- . Rio Najerilla aguas abajo de Anguiano
- . Rio Iregua en Villanueva de Cameros C.A.E.-35
- . Rio Iregua en Islallana C.A.E.-36
- . Rio Alhama aguas arriba de Fitero
- . Rio Alhama aguas abajo de Fitero

Sistema n° 67. "Sinclinal de Jaca"

- . Rio Isuela aguas abajo del Pantano de Arguis
- . Rio Isuela en Nuevo
- . Rio Flumen aguas abajo del Salto de Roldan
- . Rio Guatizalema aguas abajo del Pantano de Valdiello
- . Rio Guatizalema en Sipan.
- . Rio Calcon en Labata
- . Rio Alcanadre entre Pedruel y Bierge
- . Rios Balces e Isuala a la salida del subsistema
- . Rio Vero en Pariles

- . Rio Vero en Almazora
- . Rio Vera en Alquezair
- . Manantial de S. Julián de Banzo
- . Fte. de Bastaran

Los sistemas acuíferos nº 64 "Cretácico de la Lora y del Sinclinal de Villarcayo", nº 65 "Paleoceno del Condado de Treviño y Mesozoico de la Sierra de Cantabria", nº 66 "Paleoceno de la Sierra de Urbasa", nº 67 - "Calizas Mesozoicas de la Sierra de Aralar" y nº 68 "Sinclinal de Tremp", dado su reducido grado de explotación actual, se estima que no es preciso establecer una red foronómica de carácter general y permanente.

La red descrita anteriormente precisa de 97 puntos de control - que se reparten de la forma que se indica a continuación:

Sistema nº 57	22 puntos
Sistema nº 58	32 puntos
Sistema nº 59	12 puntos
Sistema nº 60	1 punto
Sistema nº 62	9 puntos
Sistema nº 63	8 puntos
Sistema nº 67	13 puntos

TOTAL 97 puntos

Es evidente, que el número de aforos puntuales será mayor que el de puntos de control indicado anteriormente, puesto que en numerosos casos, un punto de control va a estar constituido por varias secciones (cauce del rio y una o varias acequias laterales). Por lo que se estima que el número de aforos totales que será necesario realizar será considerablemente mayor que el indicado anteriormente.

Por otro lado, un buen control hidrométrico de un acuífero, no se puede reducir a un número pequeño de medidas limitadas en el espacio y

el tiempo, sino que requiere un conocimiento continuo de la evolución de caudales, que permita en todo momento conocer su situación.

Por esta razón, se estima que las estaciones de aforo que se recomiendan en este estudio deben corresponder a las denominadas de segundo orden, es decir, que posean un registro de tipo escala limnimétrica que permita una lectura diaria de caudales.

Esto conlleva, que la frecuencia de medidas durante el primer año sea mensual, para así definir con la mayor precisión posible la curva de gastos. Una vez definida la misma, la frecuencia de medidas se puede estimar en un orden de tres al año, con el objetivo de verificar periódicamente la relación definida entre caudal y altura de escala.

Los principales objetivos que se han perseguido en la política general de esta optimización, son los que se detallan a continuación:

- Seguimiento y control de aquellos acuíferos, que por su grado o gestión de explotación, presentan conflictividad de cualquier orden.
- Disponer de series históricas suficientemente largas y representativas, que permitan planificar actuaciones futuras, en base a criterios, en los que el tratamiento matemático-estadístico de los datos hidrológicos, ofrezcan una mayor fiabilidad que la obtenida hasta el momento, debido fundamentalmente a la carencia de una continuidad y periodicidad en la toma de los mismos.

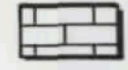

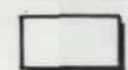


Por último, es importante indicar que el establecimiento de una red general de estas características, no deja de implicar, la posible necesidad, de que en estudios específicos, tanto regionales como locales, puedan establecerse redes más amplias que cubran un mayor número de objetivos. Ahora bien, su existencia, permitirá en numerosos casos, establecer correlaciones entre los datos generales suministrados por la misma, y aquellos otros obtenidos para un periodo de tiempo limitado de un estudio concreto.

EL AUTOR DEL ESTUDIO

Jose Manuel Murillo Diaz



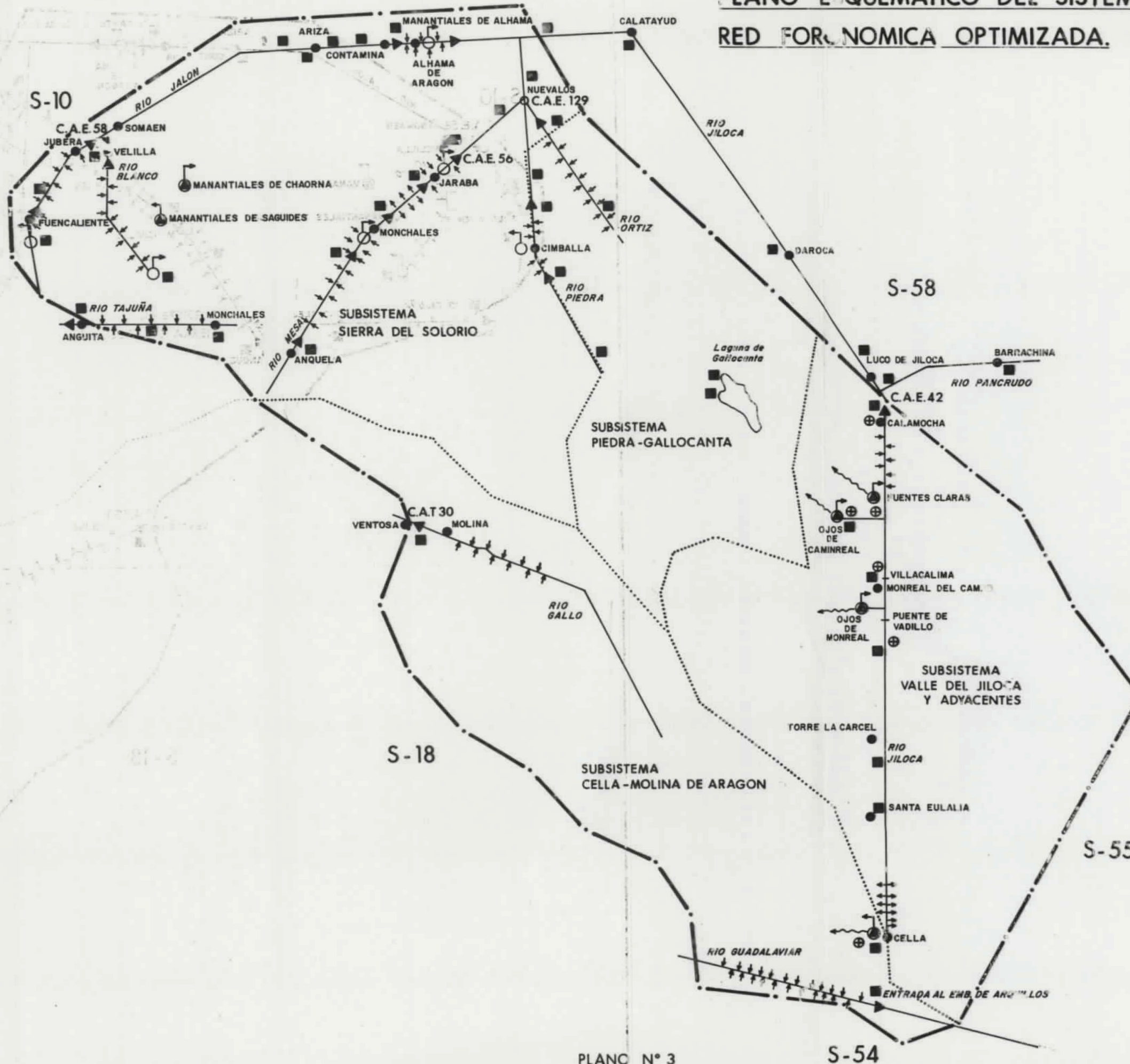
LEYENDA

-  Sistemas en los que predominan acuíferos calcareos
-  Sistemas en los que predominan acuíferos detríticos
-  Zonas prácticamente sin acuíferos
-  Número de orden del sistema acuifero
-  Límite de cuenca hidrográfica

 Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**PLANO DE SITUACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS
DE LA CUENCA DEL EBRO**

PLANO ESQUEMATICO DEL SISTEMA ACUIFERO N° 57 RED FORONOMICA OPTIMIZADA.



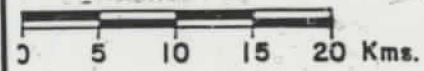
LEYENDA

- MANANTIALES CON DESCARGAS SUPERIORES A 100 l/s
- PRINCIPALES ZONAS DE INFILTRACION
- PRINCIPALES AREAS DE DESCARGA
- PUNTO DE AFORO RED OPTIMIZADA
- SALIDAS REGADIOS
- PUNTO DE AFORO RED PERIODO 1978 - 1981
- PUNTO DE AFORO RED 1987

PLANO ESQUEMATICO DEL SISTEMA ACUIFERO Nº 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro"



ESCALA GRAFICA



LEYENDA



Acuíferos calizos mesozoicos



Acuíferos detriticos, Mio-Cuaternario



Principales manantiales



Punto de Aforo red optimizada



Limite de sistema acuífero



Limite de subsistema acuífero



Divisoria hidrografica

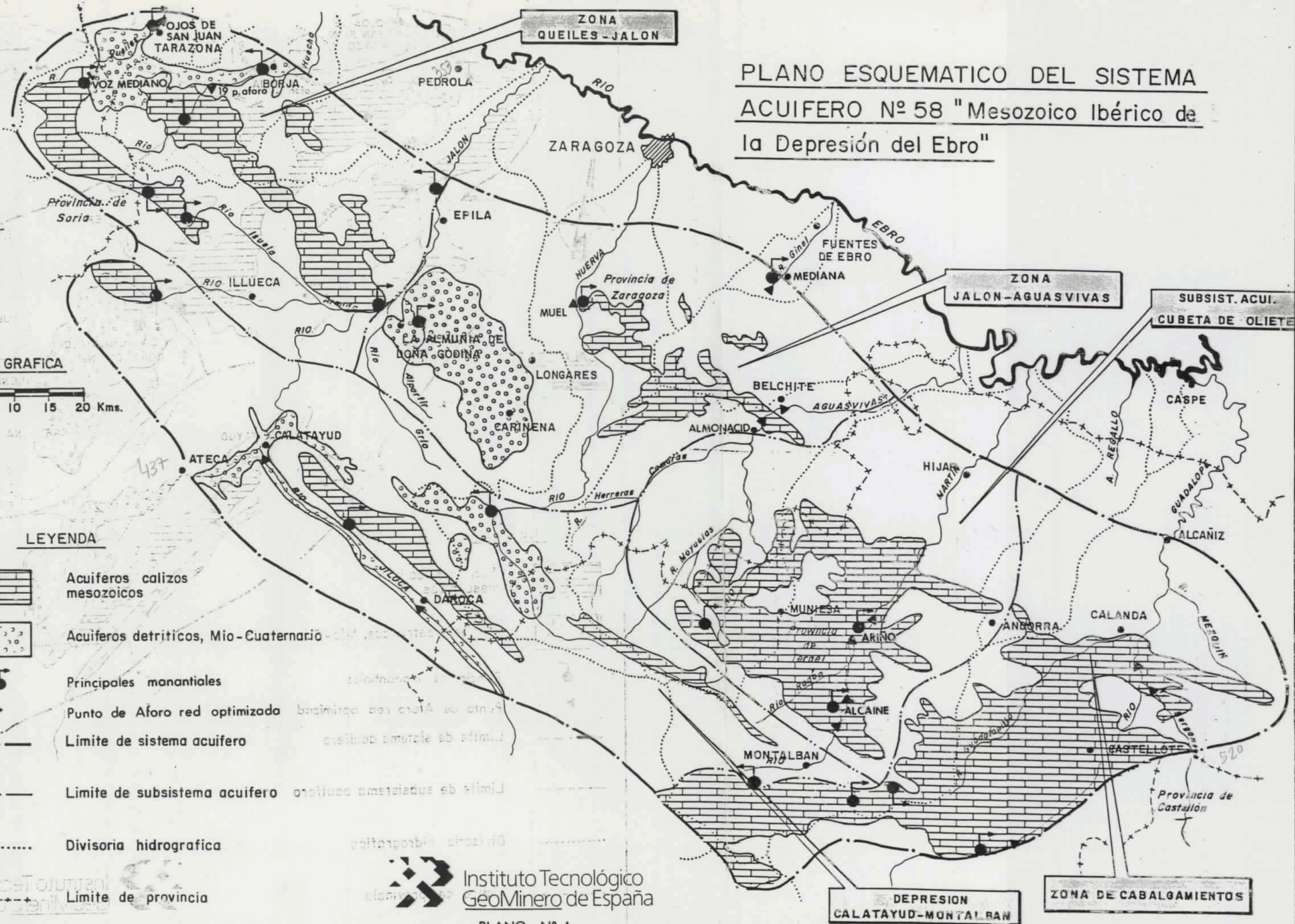


Limite de provincia



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

PLANO Nº 4



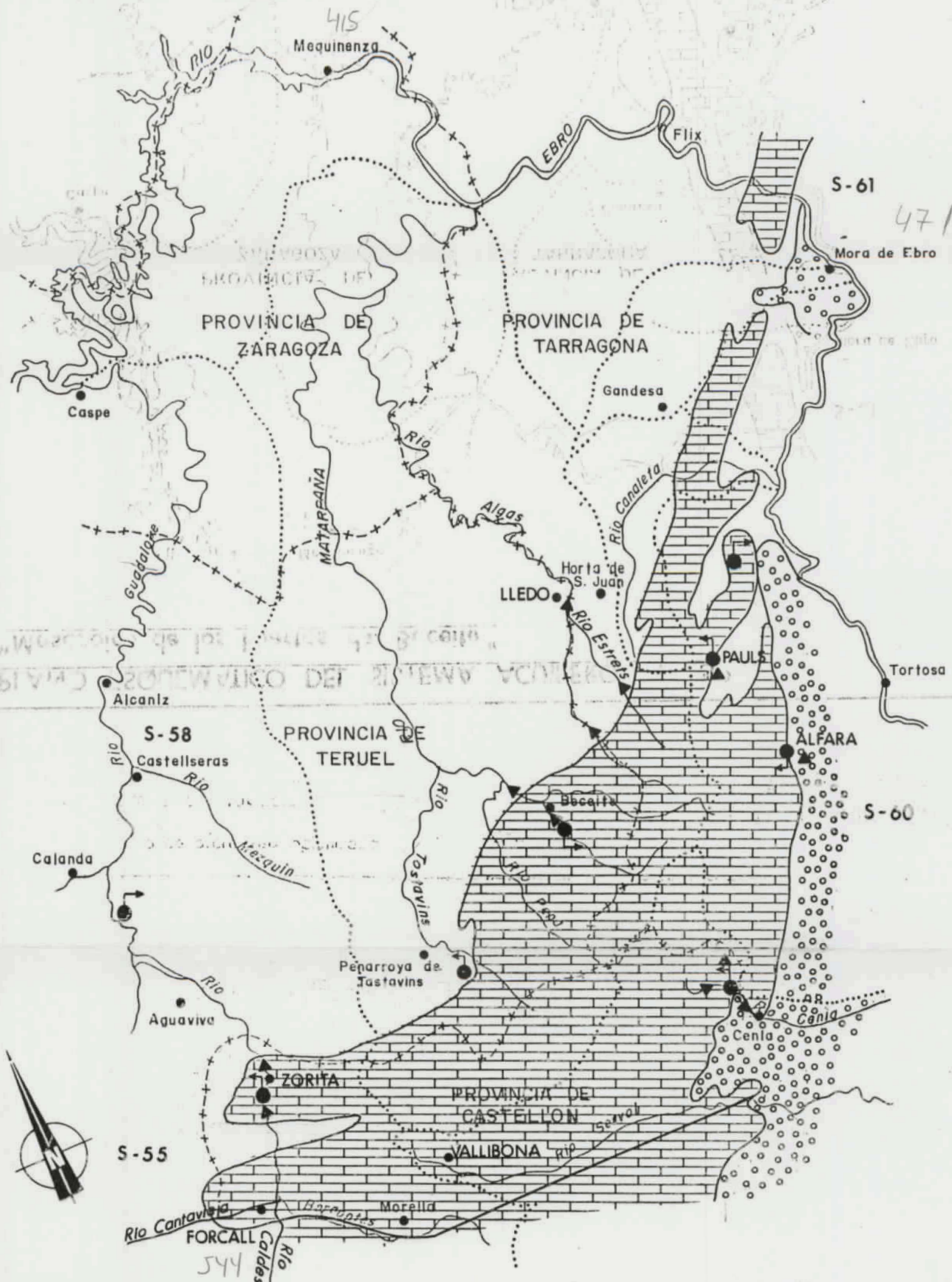
DEPRESION CALATAYUD-MONTALBAN

ZONA DE CABALGAMIENTOS


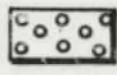

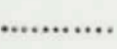
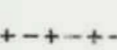

SUBSIST. ACUI. CUBETA DE OLIETE

PLANO ESQUEMATICO DEL SISTEMA ACUIFERO Nº 59

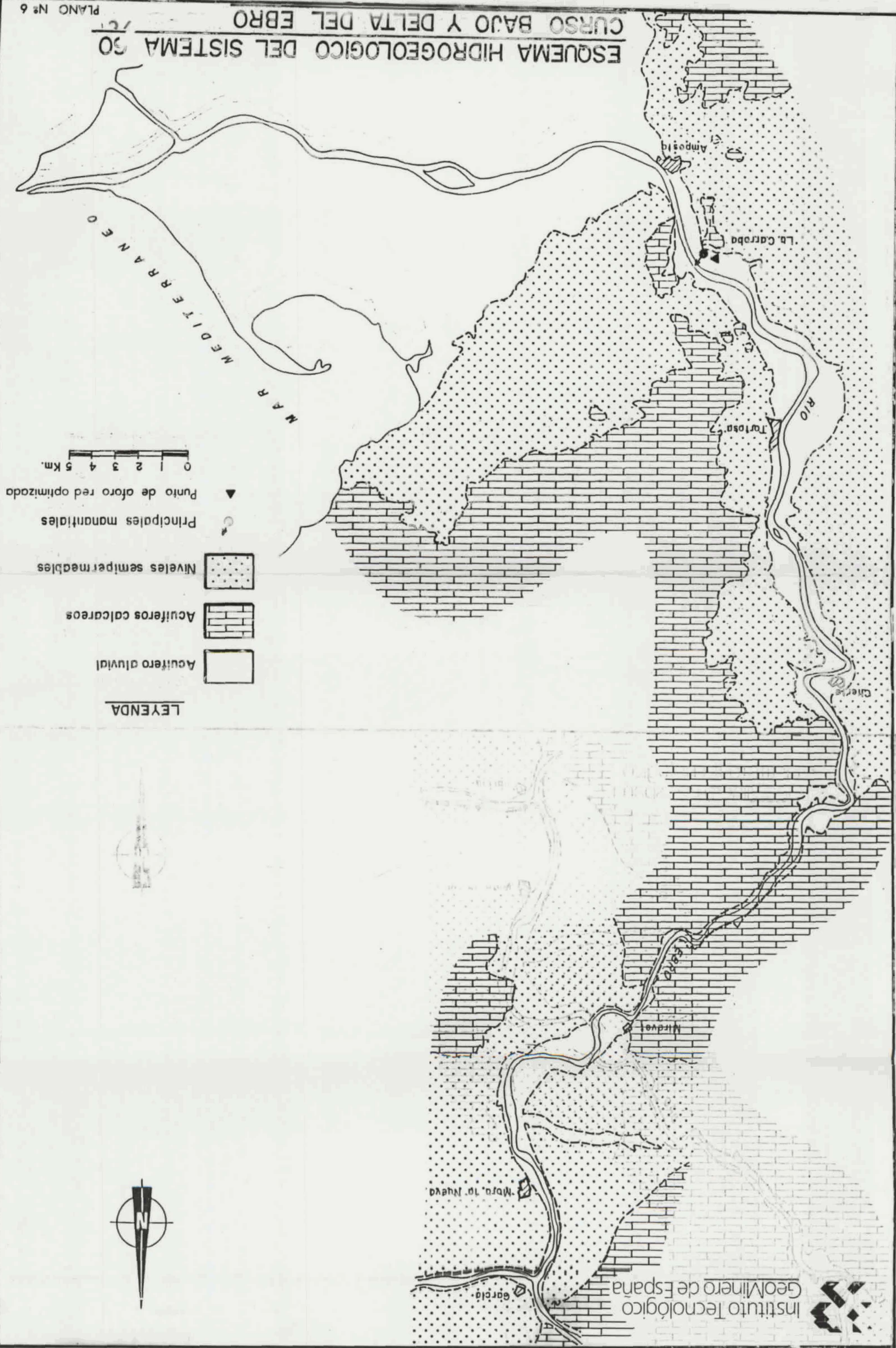
"Mesozoico de los Puertos de Beceite"



LEYENDA

-  Acuíferos calizos mesozoicos
-  Acuíferos detríticos mio-cuaternarios
-  Descargas superiores a 100 Li/sg.
-  Divisoria hidrográfica
-  Límite de provincia
-  Punto de aforo red optimizada

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA 50 CURSO BAJO Y DELTA DEL EBRO



▲ Punto de aforo red optimizada

● Principales manantiales

■ Niveles semipermeables

■ Acuíferos calcareos

□ Acuífero aluvial

LEYENDA

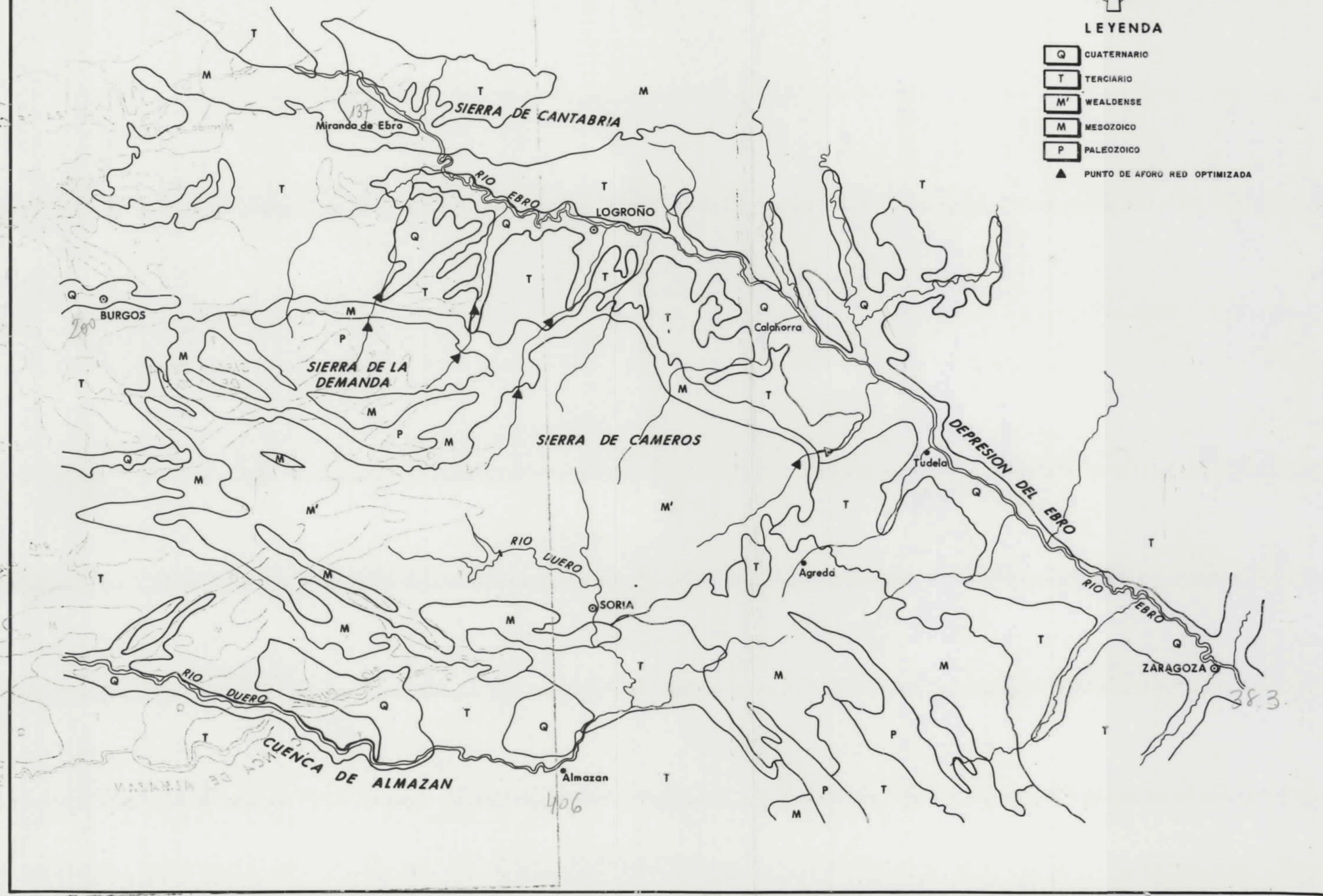


PLANO ESQUEMATICO DEL SISTEMA ACUIFERO N° 63

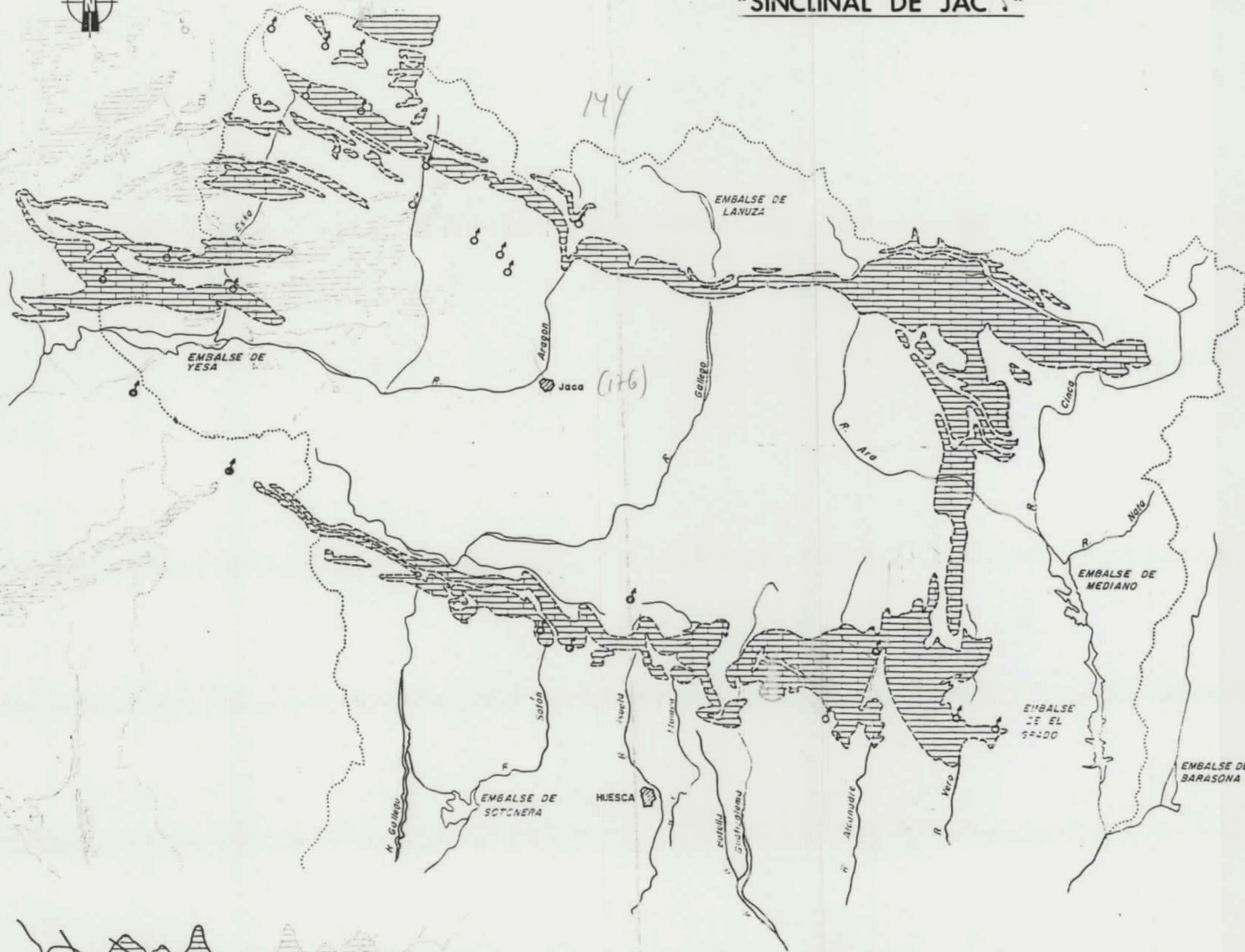






LEYENDA

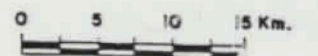
- Q CUATERNARIO
- T TERCIARIO
- M' WEALDENSE
- M MESOZOICO
- P PALEOZOICO
- PUNTO DE AFORO RED OPTIMIZADA



PLANO ESQUEMATICO DEL SISTEMA ACUIFERO N° 67
 "SINCLINAL DE JACA"



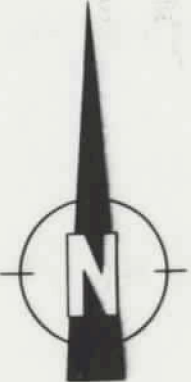
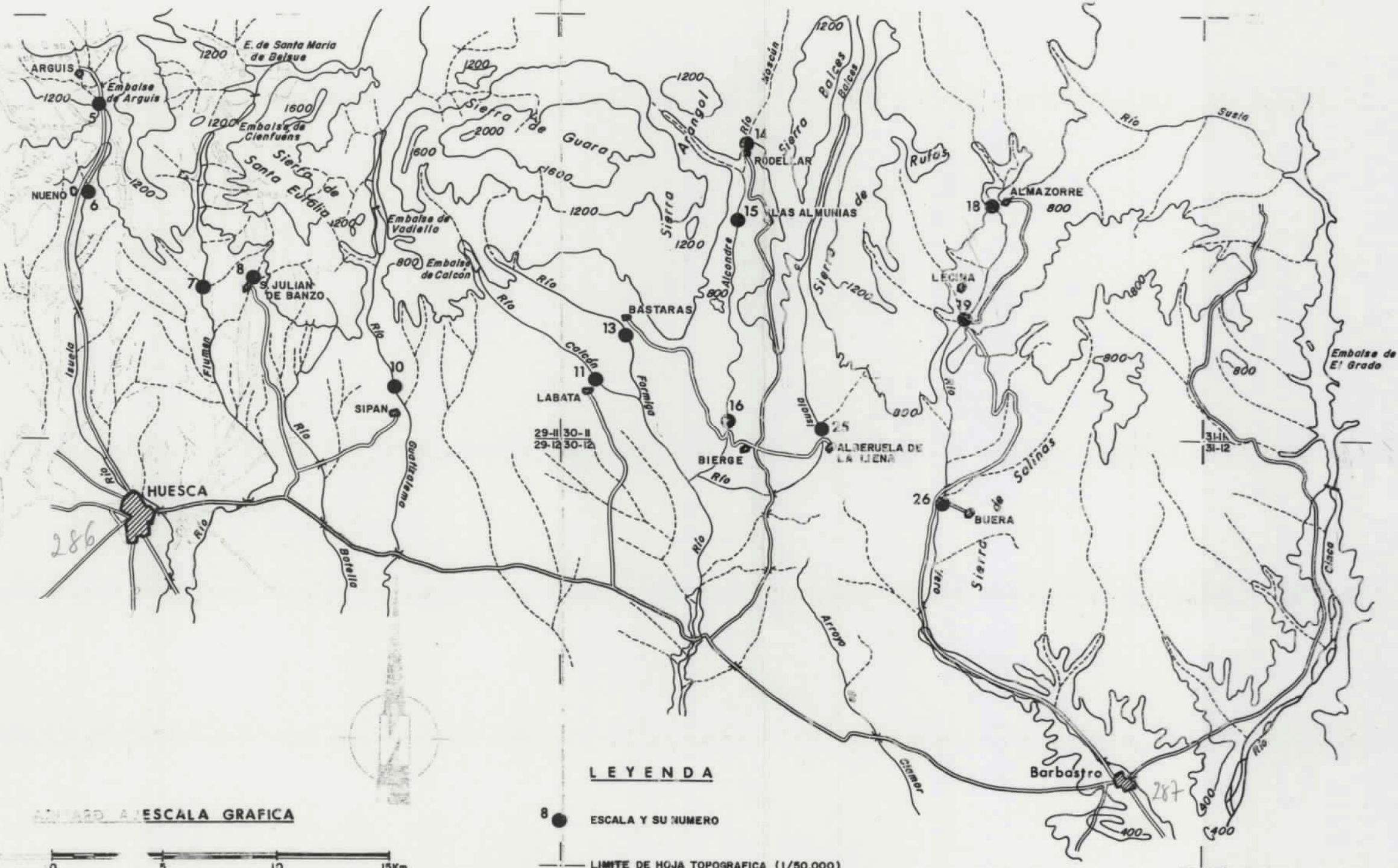
-  Acuíferos calcáreos
-  Tramos impermeables
-  Principales manantiales
-  Divisoria hidrográfica



PLANO N° 8

PLANO DE SITUACION DE LAS ESCALAS EN EL SISTEMA ACUIFERO N° 67

248



ESCALA GRAFICA



LEYENDA

- ESCALA Y SU NUMERO
- LIMITE DE HGJA TOPOGRAFICA (1/50.000)

PLANO N° 9