

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Actividad 4:

Identificación y caracterización de la
interrelación que se presenta entre aguas
subterráneas, cursos fluviales, descargas por
manantiales, zonas húmedas y otros
ecosistemas naturales de especial interés hídrico

Demarcación Hidrográfica del EBRO

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

091.073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO



Instituto Geológico
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERRELACIÓN QUE SE PRESENTA ENTRE
AGUAS SUBTERRÁNEAS, CURSOS FLUVIALES, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS
HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO**

091.073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO

ÍNDICE

1. CARACTERIZACIÓN DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	4
1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad	4
1.2.2 Estructura geológica	5
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico	7
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	9
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	9
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	9
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	9
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	11
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	11
3.2 CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	13
3.2.1 Análisis de series de aforos	13
4. MANANTIALES	17
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	17
4.2 RESTO DE MANANTIALES	18
5. ZONAS HÚMEDAS	21
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	21
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	21
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	24

ANEJOS:

Anejo 1 Listado de manantiales

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERRELACIÓN QUE SE PRESENTA ENTRE
AGUAS SUBTERRÁNEAS, CURSOS FLUVIALES, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS
HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO**

091.073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte representativo de la estructura geológica de la parte central de la MASb 091.073- Borobia-Aranda de Moncayo. Fuente: Hoja MAGNA nº 380	6
Figura 2. Corte representativo de la estructura geológica de la parte suroriental de la MASb 091.073- Borobia-Aranda de Moncayo. Fuente: Hoja MAGNA nº 381	7
Figura 3. Descomposición del hidrograma (método Barnes) de la estación de aforos nº 236 (Aranda en Maidevera)	14
Figura 4. Análisis del hidrograma EA nº 236 (Aranda en Maidevera).....	14
Figura 5. Evolución piezométrica en el punto 241540005 de la red oficial de piezometría de la CHE23	

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERRELACIÓN QUE SE PRESENTA ENTRE
AGUAS SUBTERRÁNEAS, CURSOS FLUVIALES, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS
HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO**

091.073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Identificación de los tramos de ríos conectados	11
Tabla 2.	Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	12
Tabla 3.	Resumen de la cuantificación río-acuífero	15
Tabla 4.	Manantiales principales. Araviana-Vozmediano (091.071).....	17
Tabla 5.	Estaciones de control propuestas relación río-acuífero.....	23

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERRELACIÓN QUE SE PRESENTA ENTRE
AGUAS SUBTERRÁNEAS, CURSOS FLUVIALES, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS
HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO**

091.073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	3
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	8
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	10
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	16
Mapa 5.	Mapa de manantiales	20

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 *Identificación, morfología y datos previos*

La MASb Borobia-Aranda de Moncayo, a la que corresponde el código de identificación 091.073 dentro de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, se integraba anteriormente en la Unidad Hidrogeológica 09.48 denominada “Moncayo-Soria”, que además incluía a la MASb 091.071. Originalmente estaba definida como una unidad intercuenca con código 06.22. Se ubica en los páramos de Ciria-Borobia, en la vertiente S de las Sierras de Tablado, Toranzo y Madero, cuyos drenajes se efectúan principalmente hacia la cabecera del río Aranda.

Presenta una superficie total de 165,7 km², de los cuales 99,5 (58,08%) se integran en la provincia de Soria (Comunidad Autónoma de Castilla y León) y 68,9 (41,92%) lo hacen en la provincia de Zaragoza (Comunidad Autónoma de Aragón). Sus límites están configurados hacia el O y N por la divisoria hidrográfica Ebro-Duero, hacia el E se establece en el contacto entre el Buntsandstein, o en su defecto el Paleozoico, con los materiales suprayacentes, mientras que en la parte meridional el límite se traza en base a condicionamientos estructurales. Desde el cauce del río Rituerto hacia el E se comienza su trazado por la falla de Cardejón, hasta alcanzar el cauce del arroyo de la Vega. Luego se inflexiona hacia el S para trazarse paralelo al cabalgamiento de Carabantes-Reznos. En esta localidad gira hacia el N siguiendo la divisoria Araviana-Manubles hasta alcanzar el cabalgamiento del Bco. de Vallehermoso. Esta estructura pone en contacto materiales del Lías en su bloque meridional con la Fm Arenas de Utrillas en su bloque N. A partir de este punto el límite se continúa en dirección NO-SE por la traza de este cabalgamiento hasta un poco antes de la localidad de Malanquilla, donde sigue el trazado sobre el núcleo Keuper de un anticlinal. El cierre SE hasta la localidad de Aranda de Moncayo se realiza envolviendo los afloramientos Jurásicos, de manera que se traza el límite según los afloramientos del Buntsandstein.

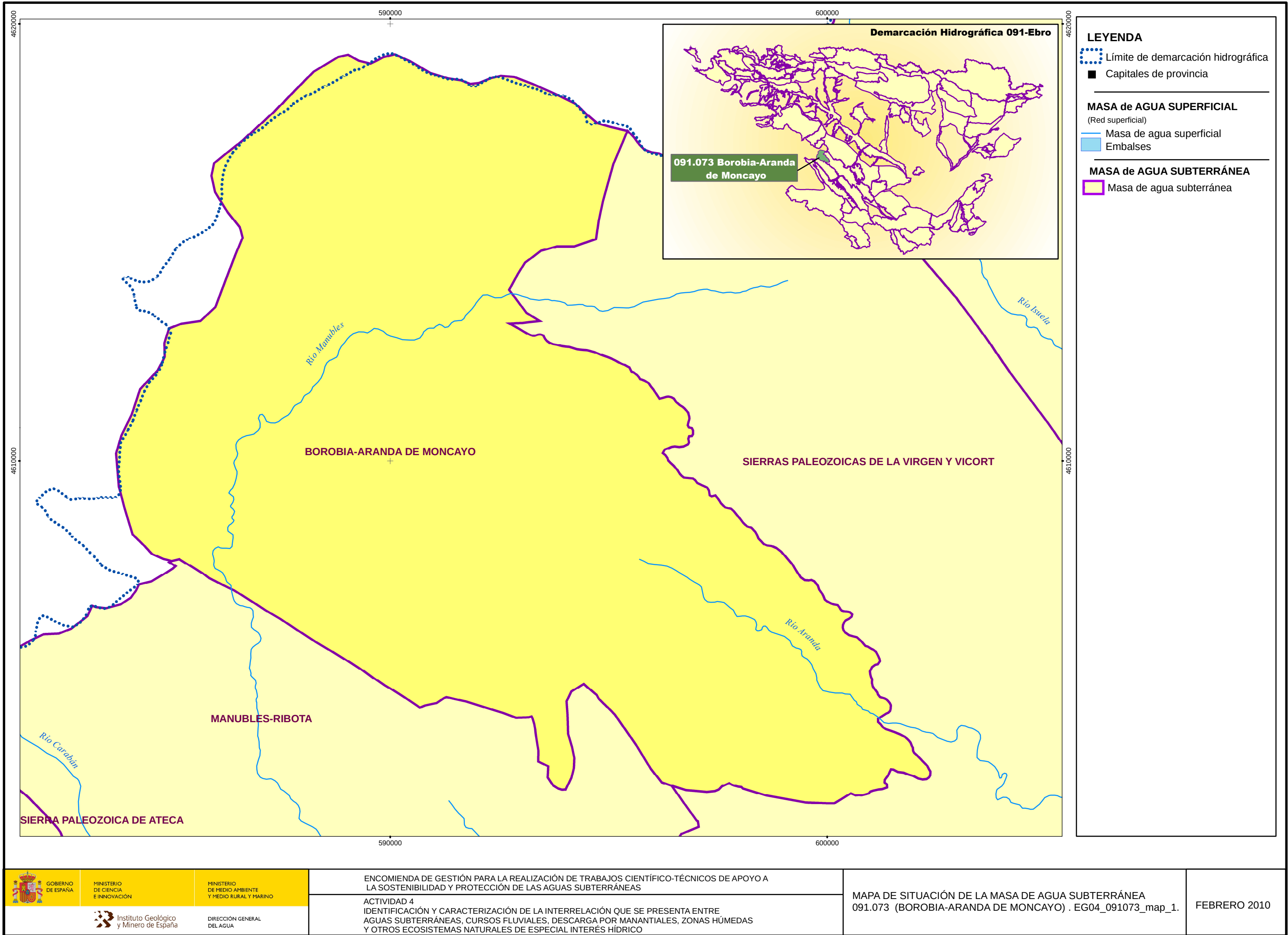
En el ámbito geográfico definido por los límites de esta MASb la cota máxima es de 1.610m snm y la mínima de 811m snm, fijándose la cota media en 1.114m snm, lo que da idea de su carácter serrano. Está integrada por una serie de materiales del Triásico, Jurásico y Cretácico inferior que están dispuestos en dos afloramientos conectados bajo los sedimentos terciarios de la cuenca del Araviana. En el sector septentrional, los materiales se disponen según una estructura sinclinal muy amplia de directriz O-E. Hacia el O, estos materiales se fosilizan bajo sedimentos terciarios y cuaternarios de la cuenca de Araviana. El yacente de baja permeabilidad está formado por las facies margosas del Keuper. En el flanco S aparece una banda muy apretada y tectonizada (cuña de Ciria) que, junto con la presencia de fallas inversas de vergencia opuesta, coincide con un gran accidente de zócalo que condiciona en gran

medida el funcionamiento hidrogeológico de la zona. El impermeable de base en esta zona está constituido por las facies Buntsandstein.

La MASb presenta dos ríos que discurren entre sus límites: el río Manubles, que la atraviesa con dirección NE-SO-S, y el río Aranda, que nace en la zona SE de la MASb a partir del manantial de Aranda del Moncayo.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los principales materiales acuíferos de la MASb son los que forman parte de la cobertera mesozoica, que se encuentran impermeabilizados en su base por el Keuper: Jurásicos carbonatados marinos, tanto el Lías (Grupo Renales), como el Dogger-Malm, con unos 300 y 200m de potencia, respectivamente. Otros acuíferos de menor interés incluyen los escasos Cuaternarios aluviales, sobre todo los situados al N, en las estribaciones de la sierra del Madero.

No existen modelos matemáticos ni se han realizado simulaciones de flujo en la Masa de Agua.



1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

Dentro de la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo los materiales que alcanzan un mayor desarrollo y que constituyen las FGP son los Jurásicos carbonatados marinos. Desde el punto de vista hidrogeológico, e igual que ocurre en toda la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, el Jurásico marino se encuentra impermeabilizado en su base por las facies margo-evaporíticas del Keuper. La unidad regional que forma el Jurásico carbonatado marino está conformada por dos paquetes calcáreos acuíferos: los materiales carbonatados pertenecientes al Lías (incluyendo las dolomías del Muschelkalk) y los pertenecientes al Dogger-Malm. Ambos paquetes están separados por margo-calizas del Grupo Ablanquejo (Fms. Cerro del Pez, Barahona y Turmiel). Así tomado como un acuífero, tiene un comportamiento libre, permeable por fisuración y disolución.

A continuación se describen las dos FGP principales de la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo, por orden de importancia:

- **FGP Lías** (Grupo Renales–Rethiense–Sinemuriense), está constituida por las facies carbonatadas (carniolas, dolomías, brechas dolomíticas y calizas, litologías J₁₇₋₁₈₋₁₉ del MAGNA 1:50.000) que forman un conjunto hidrogeológico que presenta una alta porosidad y, por tanto, elevada permeabilidad, debido a una densa red de fisuración y, sobre todo, a un gran desarrollo de las oquedades interconectadas que favorecen la circulación de las aguas subterráneas. Esta FGP engloba las Fms. Carniolas de Cortes de Tajuña y Dolomías tableadas de Cuevas Labradas. El contacto basal de esta FGP es impermeable y lo constituye el Keuper, mientras que el superior lo forman las margo-calizas del Grupo Ablanquejo.
- **FGP Dogger-Malm**, está representada por un conjunto esencialmente carbonatado (litologías J₂₁₋₂₂₋₂₃ del MAGNA 1:50.000) que incluye las Fms Carbonatada de Chelva y la Fm Higuieruela, que alcanzan una potencia cercana a los 200m. Entre ambas Fms. se encuentran las margocalizas limosas de la Fm. Pozalmuro. Presentan una abundante fisuración por la fracturación que las afecta y tienen un notable desarrollo cárstico, resultado así una FGP de alta difusividad hidráulica (alta permeabilidad y baja porosidad). La carstificación es evidente en una amplia zona al NO, donde aparecen oquedades, conductos y dolinas, como es el caso de las rellenas con arcillas de decalcificación que ocupan las lagunas de Ciria y Borobia. A techo de esta FGP se encuentran discordantes los materiales en facies wealdica (tránsito de plataforma carbonatada marina a sedimentos continentales fluvio-lacustres, litologías J₂₄₋₂₅ del MAGNA 1:50.000) impermeables, mientras que a muro se encuentran margo-calizas del Grupo Ablanquejo.

1.2.2 Estructura geológica

La MASb se sitúa en las estribaciones meridionales del macizo triásico del Moncayo. Está caracterizada por la presencia de una banda de afloramientos mesozoicos, del Jurásico y Cretácico inferior, que la orlan. Su estructura está definida por grandes pliegues con dirección ibérica, NO-SE, afectados por fracturación. Hacia el N, estas estructuras chocan con la falla del Tablado, de gran salto, que pone en contacto materiales Mesozoicos y Paleozoicos.

Los materiales mesozoicos están dispuestos en dos afloramientos conectados bajo los sedimentos terciarios de la cuenca del Araviana. En el sector septentrional, los materiales se disponen según una estructura sinclinal muy amplia de directriz O-E. Hacia el O, estos materiales se fosilizan bajo sedimentos terciarios y cuaternarios de la cuenca de Araviana. El yacente de baja permeabilidad está formado por las facies margosas del Keuper. En el flanco S aparece una banda muy apretada y tectonizada (cuña de Ciria) que, junto con la presencia de fallas inversas de vergencia opuesta, coincide con un gran accidente de zócalo que condiciona en gran medida el funcionamiento hidrogeológico de la zona (Figura 1).

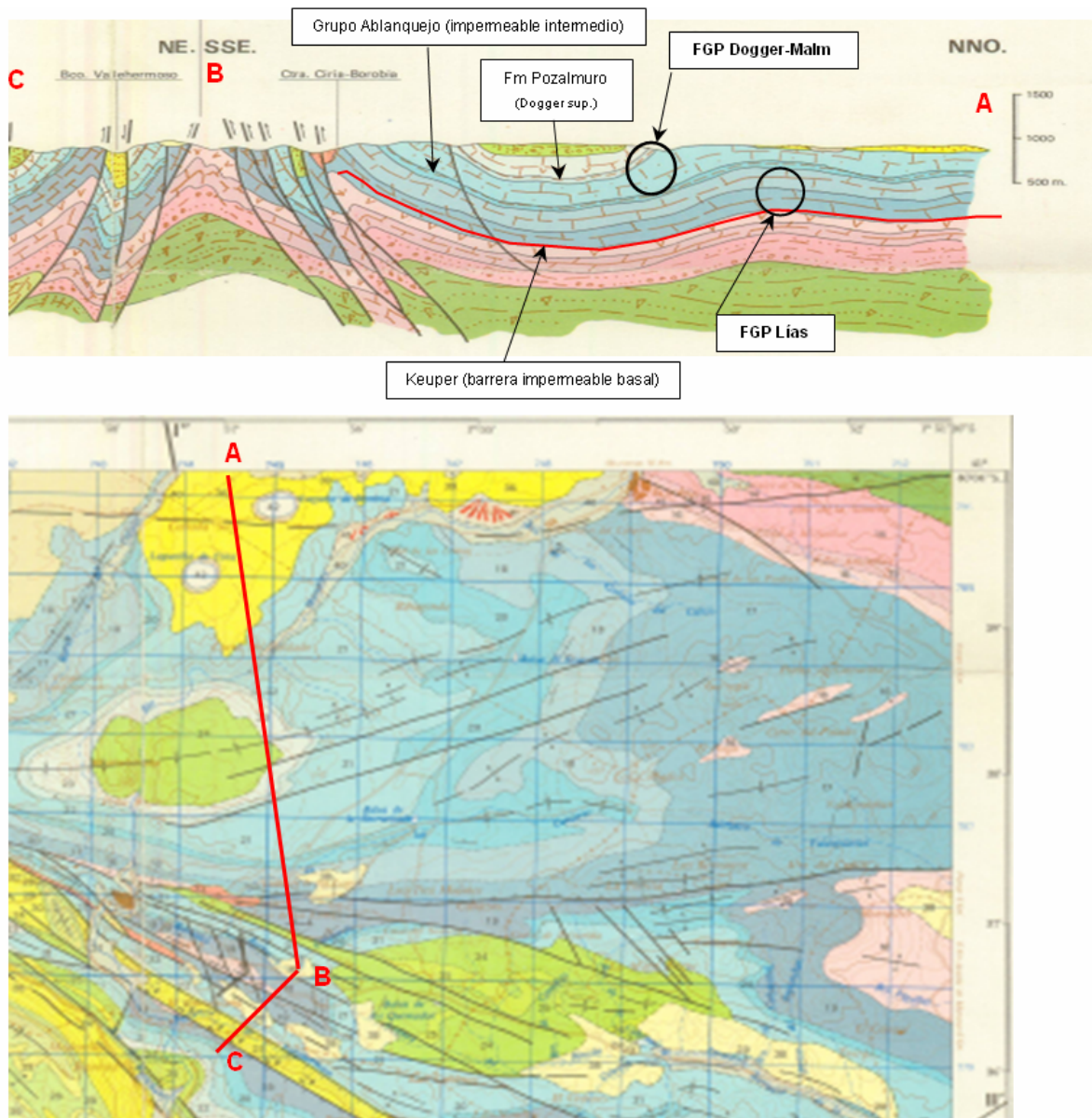


Figura 1. Corte representativo de la estructura geológica de la parte central de la MASb 091.073-Borobia-Aranda de Moncayo. Fuente: Hoja MAGNA nº 380

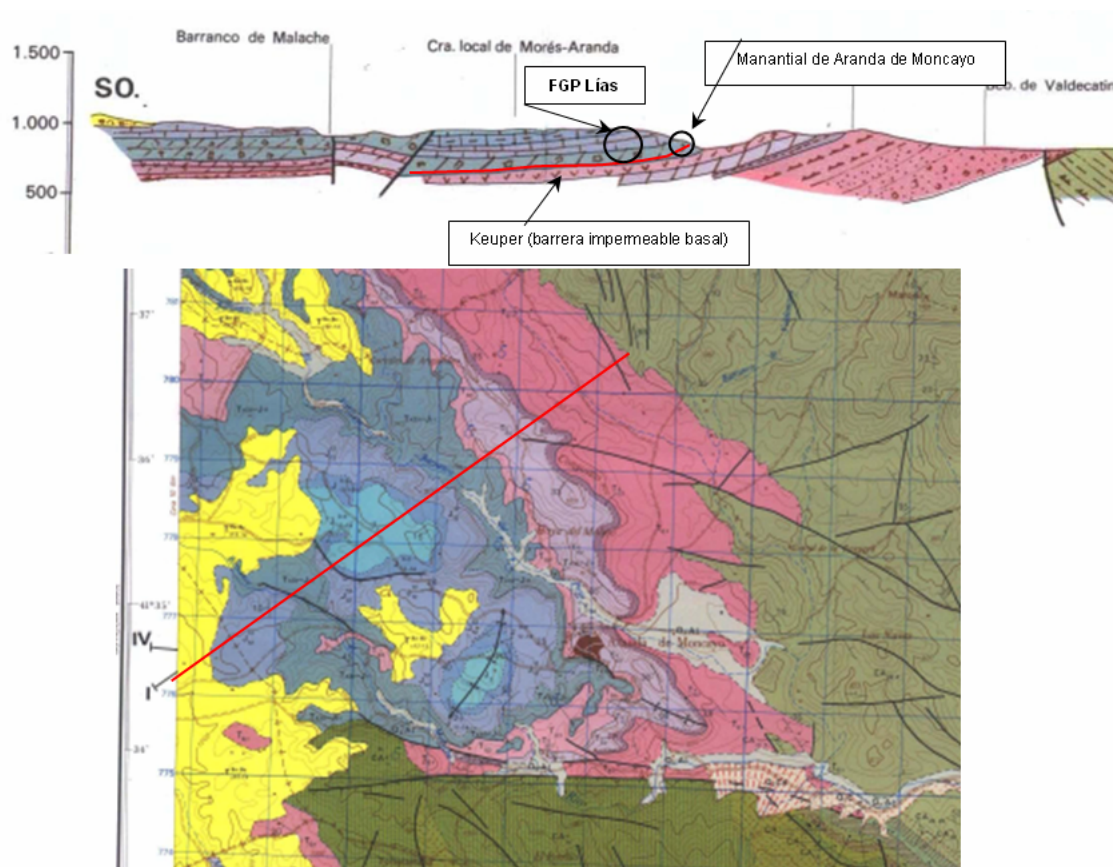


Figura 2. Corte representativo de la estructura geológica de la parte suroriental de la MASb 091.073-Borobia-Aranda de Moncayo. Fuente: Hoja MAGNA nº 381

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

De las dos FGP identificadas en la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo, la principal en cuanto a vínculos con los cauces superficiales es la **FGP Lías**. No obstante, en la literatura hidrogeológica, se suele tomar como un conjunto las FGP Lías y Dogger-Malm, de manera que así tomado se trataría de un acuífero cárstico, de carácter libre, permeable por fisuración y disolución.

En la zona occidental de esta masa de agua subterránea, los flujos de la FGP Lías son de dirección SE, hacia la cabecera del río Aranda, donde se produce el drenaje principal a través del manantial de Aranda de Moncayo (IPA CHE 251510001), que surge al contacto con las facies Keuper (barrera hidrogeológica – Figura 2) y da lugar al nacimiento del río Aranda. La recarga se produce mediante infiltración directa del agua de lluvia y por pérdidas en las cabeceras de los ríos Araviana (cuenca del Duero) al paso por los relieves jurásicos de la sierra del Madero y por los afloramientos mesozoicos de la cabecera del río Manubles (páramos de

2. Estaciones de control y medidas de caudales

No existen dentro de esta MASb estaciones oficiales de aforo, ni tampoco datos foronómicos ni hidrométricos provenientes de las bases de datos de la CHE o de secciones históricas del IGME.

No obstante, en el cauce del río Aranda cerca del límite SE de la MASb, dentro ya de la MASb 091.074 Sierras paleozoicas de La Virgen y Vicort, se encuentra la estación oficial de aforos de la CHE nº 236, que permite emplear sus datos en la Relación río-acuífero identificada en la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo.

2.1 *Estaciones de la red oficial de aforos*

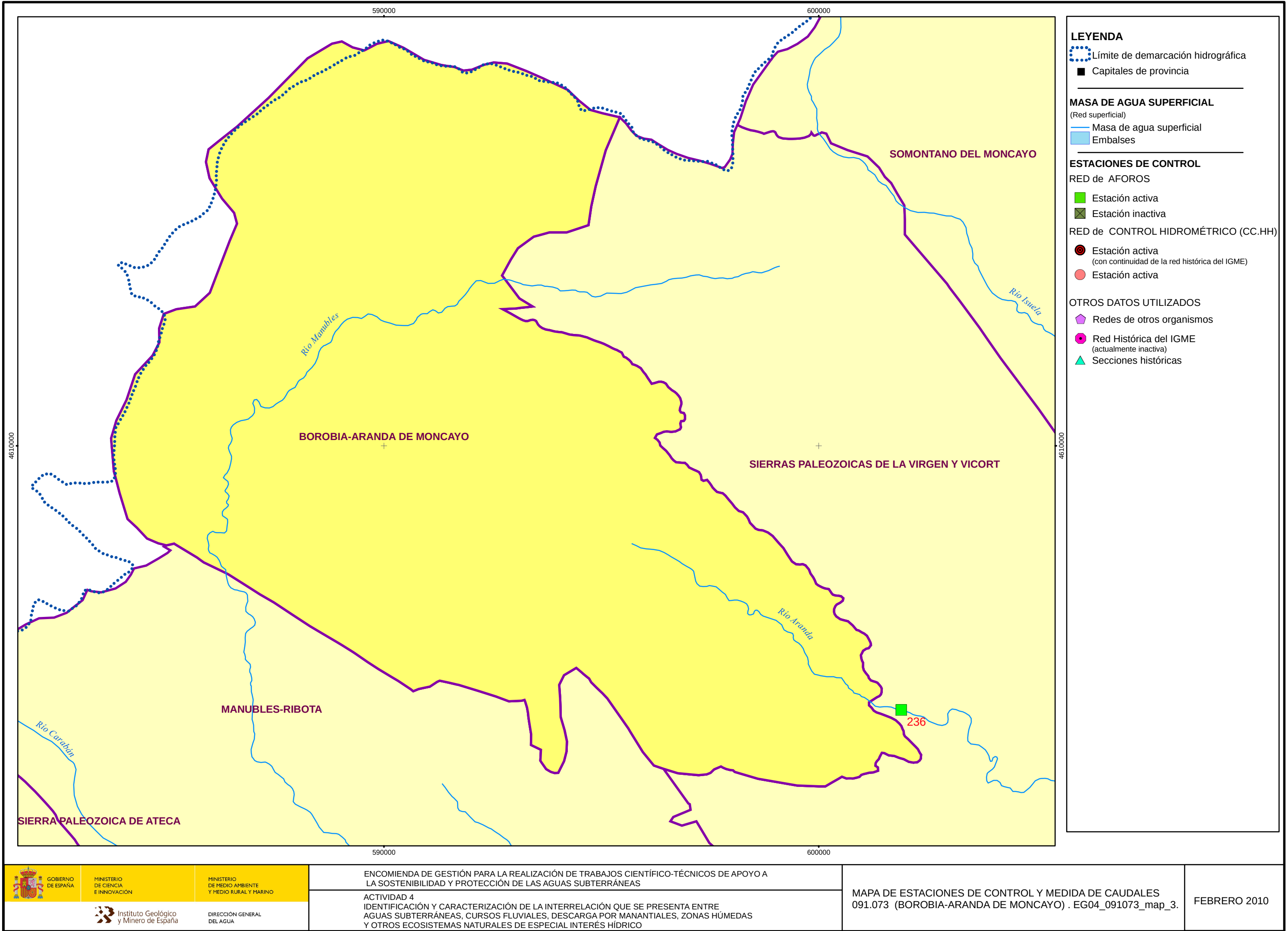
No existen estaciones de la red oficial de aforos dentro de los límites de esta MASb.

2.2 *Estaciones de la red oficial de control hidrométrico*

No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en esta masa de agua subterránea.

2.3 *Otra información hidrométrica*

No se tiene constancia de medidas específicas realizadas en el ámbito geográfico de la MASb, ni por la CHE ni datos de aforos realizados por el IGME ni en trabajos que pudieran haberse llevado a cabo en la MASb.



- LEYENDA**
- Límite de demarcación hidrográfica
 - Capitales de provincia

- MASA DE AGUA SUPERFICIAL**
(Red superficial)
- Masa de agua superficial
 - Embalses

- ESTACIONES DE CONTROL**
- RED de AFOROS
- Estación activa
 - Estación inactiva
- RED de CONTROL HIDROMÉTRICO (CC.HH)
- Estación activa (con continuidad de la red histórica del IGME)
 - Estación activa

- OTROS DATOS UTILIZADOS**
- Redes de otros organismos
 - Red Histórica del IGME (actualmente inactiva)
 - ▲ Secciones históricas

3. Identificación y caracterización de los tramos de río relacionados con acuíferos

En líneas generales, en la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo la única característica destacable es la descarga de la FGP Lías que se produce por un único punto. El punto se localiza en el contacto con las facies Keuper, a una cota de 840m snm en la localidad soriana de Aranda de Moncayo. Se trata del Manantial de Aranda de Moncayo, que constituye el nacedero del río Aranda.

Sin embargo, se han identificado otros tramos potenciales con relación río-acuífero en las cabeceras de los ríos Manubles y Aranda, éste último aguas arriba del manantial homónimo, pero que debido a la ausencia de datos foronómicos o hidrométricos adecuados no es posible cuantificar, de ahí que no se hayan incluido en el epígrafe siguiente. Se trataría de tramos con comportamiento influente con respecto a la FGP Lías. Para una discusión a este respecto, véase punto 6.2.

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

Dentro de la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo se ha definido 1 tramo donde existe conexión hidráulica entre el cauce del río Aranda y la FGP Lías. El tramo identificado es el siguiente:

- **Tramo río Aranda (manantial de Aranda de Moncayo)** (091.073.001-tramo conectado con la MAS código 823). Corresponde al nacimiento del río Aranda en el manantial homónimo, punto en el que se produce la principal descarga de la FGP Lias de toda la MASb. Se trata de 20m de longitud en el que la MAS drena la FGP. La MAS relacionada es el río Aranda desde su nacimiento hasta la población de Brea de Aragón, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.

Código del tramo	Nombre del cauce	MAS relacionada según codificación CEDEX		Características de la MAS a relacionada			Formación Geológica Permeable
		Código	Nombre	Categoría	Tipología	Alteración	
091.073.001	Río Aranda	823	Río Aranda desde su nacimiento hasta la población de Brea de Aragón	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Lías

Tabla 1. Identificación de los tramos de ríos conectados

A continuación se describe el modelo conceptual de la relación río-acuífero del tramo identificado en la MASb Borobia-Aranda de Moncayo.

- **Tramo río Aranda (manantial de Aranda de Moncayo) (091.073.001).** Este tramo o punto constituye el nacedero del río Aranda y es la principal descarga de la FGP Lías de toda la MASb. Se produce al contactar los materiales carbonatados con las facies margoyesíferas del Keuper, a una cota de 840m snm. De acuerdo con los datos disponibles en la base de datos IPA de la CHE y del IGME, en el manantial se realizaron el 25 de abril de 1980 medidas puntuales de la descarga que arrojaron un valor de 1.100 l/s. Son éstos los únicos datos disponibles, ya que no existe un control de la descarga sobre este manantial.

El modelo conceptual para este tramo corresponde a un río ganador con conexión directa puntual a través de un único manantial (código 411-*Descarga puntual por un único manantial*). En este tramo, el río dispone de un régimen hidrológico natural.

Código del tramo	Nombre del cauce	Modelo conceptual relación río-acuífero	Régimen hidrogeológico	Características del lecho del cauce	Hidrogeología del techo	Génesis de la descarga	Longitud del tramo (m)
091.073.001	Río Aranda	Descarga puntual por un único manantial	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-	Barrera hidrogeológica asociada a las facies Keuper	261

Tabla 2. *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos*

3.2 Cuantificación de la relación río-acuífero

El tramo de cauce en el que se ha definido conexión río-acuífero en la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo corresponde a un tramo ganador con descarga a través de un único manantial (091.073.001).

Como ya se ha comentado anteriormente, en la MASb Borobia-Aranda de Moncayo no existe ninguna estación oficial de aforos, ni otro tipo de dato foronómico o hidrométrico que complemente a las mediciones puntuales, pero sí se puede emplear en la cuantificación del único tramo identificado (091.073.001), en el que se produce la descarga en forma de manantial de la FGP Lías, la serie media mensual correspondiente al periodo que va desde octubre de 1984 a septiembre de 2002 en la EA nº 236 (está situada en el río Aranda aguas abajo del manantial de Aranda de Moncayo y al poco de abandonar el río el límite de la MASb 091.073), mediante la descomposición por el método Barnes del hidrograma. Además, se cuenta con el caudal obtenido de mediciones puntuales obtenidas el 25 de abril de 1980, que figuran en las bases de datos de la CHE y en el IGME.

3.2.1 Análisis de series de aforos

Tal y como aparece resumido en la tabla siguiente, se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE (base de datos IPA) y del IGME, que consisten solamente en una medida puntual llevada a cabo el día 25 de abril de 1980, y con la serie media mensual correspondiente al periodo que va desde octubre de 1984 a septiembre de 2002 en la EA nº 236 (Aranda en Maidevera).

El resultado de la descomposición del hidrograma arroja los siguientes resultados:

- Aportación media anual: 286,24 l/s
- Aportación subterránea: 210,90 l/s (73,68%)
- Aportación superficial: 75,34 l/s (26,32%)

Además, según el análisis de las curvas de agotamiento del hidrograma correspondiente a la EA nº 236 se obtiene un parámetro de agotamiento promedio de $0,4986 \text{ mes}^{-1}$, lo que implica un periodo de semi-agotamiento de 1,4 meses (Figura 4).

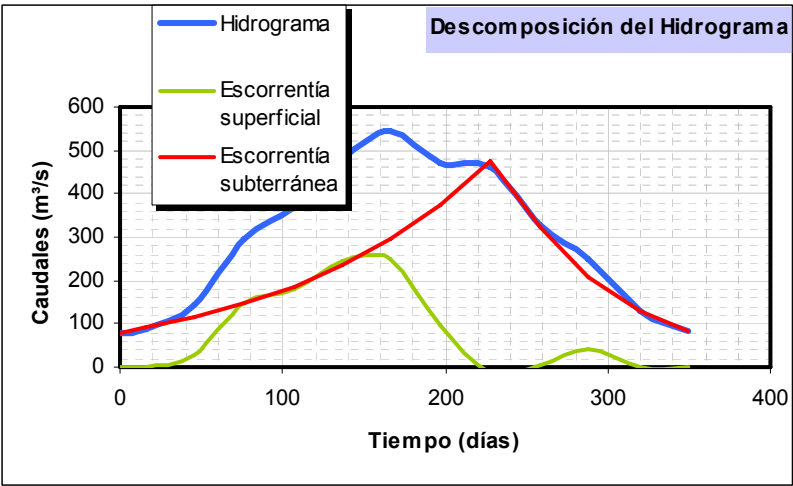


Figura 3. Descomposición del hidrograma (método Barnes) de la estación de aforos nº 236 (Aranda en Maidevera)

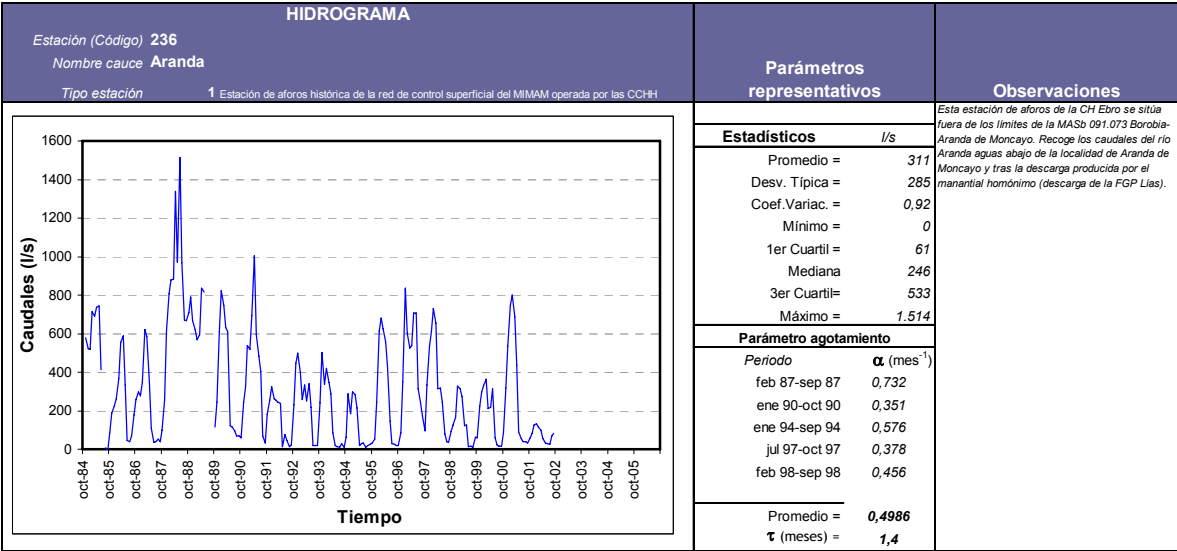


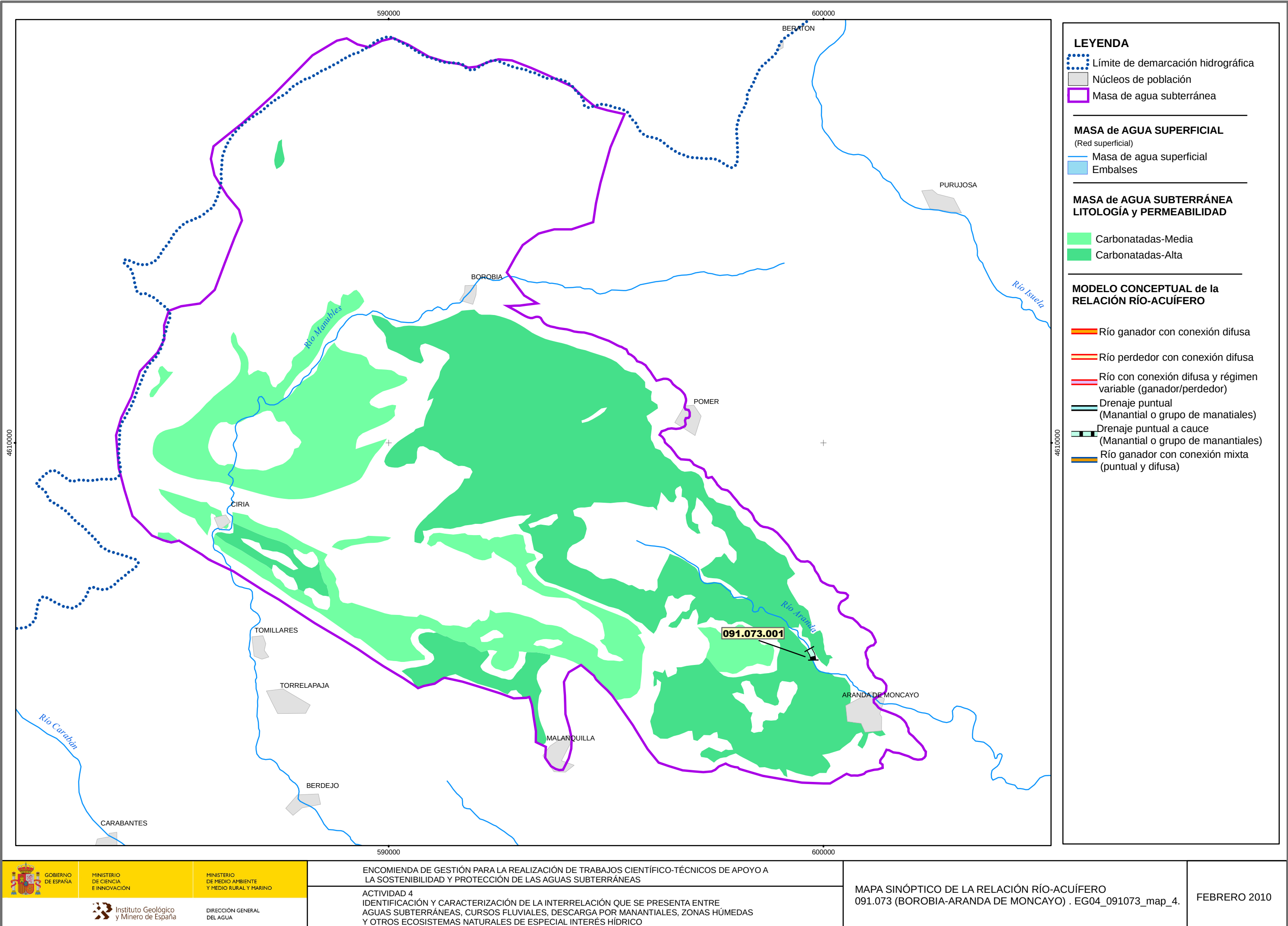
Figura 4. Análisis del hidrograma EA nº 236 (Aranda en Maidevera)

Asimismo, de acuerdo con la información recogida en las bases de datos de la CHE y del IGME, la única medida de la que se dispone es aquella que contabilizó un caudal de descarga del manantial de 1.100 l/s el día 25 de abril de 1980.

Como se deduce, la diferencia obtenida por descomposición del hidrograma y la medida puntual obtenida el 25 de abril es considerable, lo que, atendiendo al hidrograma de la Figura 3, es indicativo de que la medida de 1.100 l/s es una medida puntual cercana a máximos. De ahí que la descarga real promedio se aproxime más a los 210 l/s obtenidos por descomposición del hidrograma.

Código Tramo	Cuantificación			Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual QCD (l/s)	Conexión difusa			
		Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)		
091.073.001	210 ⁽¹⁾ 1.100 ⁽²⁾	-		Natural	Se trata de la descarga del manantial de Aranda de Moncayo, código <u>251510001</u> .
⁽¹⁾ Dato obtenido de la descomposición del hidrograma de la EA nº 263 (Aranda en Maidevera) ⁽²⁾ Dato puntual obtenido el 25 de abril de 1980 que figura en las bases de datos de la CHE y del IGME					

Tabla 3. *Resumen de la cuantificación río-acuífero*



4. Manantiales

A continuación se describen los manantiales existentes en la MASb 091.073 Borobia-Aranda de Moncayo, diferenciando entre manantiales principales, aquellos vinculados a la FGP Jurásico carbonatado definida y que, por tanto, corresponden a los puntos de descarga más significativos del sistema hidrogeológico, de aquellos otros manantiales que están asociados a otras formaciones permeables o que constituyen puntos hidrogeológicos de menor entidad dentro de la FGP definida o que no tienen relación con cauce superficial.

4.1 Manantiales principales

En el ámbito de la MASb Araviana-Vozmediano se ha identificado un único manantial al que le corresponden las descargas principales de la FGP Lías y se encuentra asociado al único tramo de relación río-acuífero identificado en la MASb, el 091.073.001. A continuación se describen las características del manantial principal:

- **Manantial de Aranda de Moncayo:** Se localiza en el extremo SE de la MASb, en la localidad soriana de Aranda de Moncayo y constituye el nacimiento del río Aranda. Corresponde a la descarga de la FGP Lías que se produce en el contacto con la barrera hidrogeológica asociada a las facies margo-yesíferas Keuper, a una cota de 840m snm. Tiene el código IPA CHE 251510001 y según la información recogida en la base de datos de la CHE, su descarga se estima a partir de una medida puntual realizada el 25 de abril de 1980 en 1.100 l/s. Igual caudal histórico de descarga es el que aparece recogido en la base de datos del IGME, que así lo estima a partir de 2 medidas realizadas también el 25 de abril de 1980.

Manantial	Código NIPA (IGME)	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación			FGP relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30		Cota (m snm)	
				X	Y		
Aranda de Moncayo	251510001	Aranda	091.073.001	599662	4605096	840	Corresponde a la descarga de la FGP Lías al contacto con la barrera hidrogeológica de las facies margo-yesíferas del Keuper, al SE de la MASb.

Tabla 4. Manantiales principales. Araviana-Vozmediano (091.071)

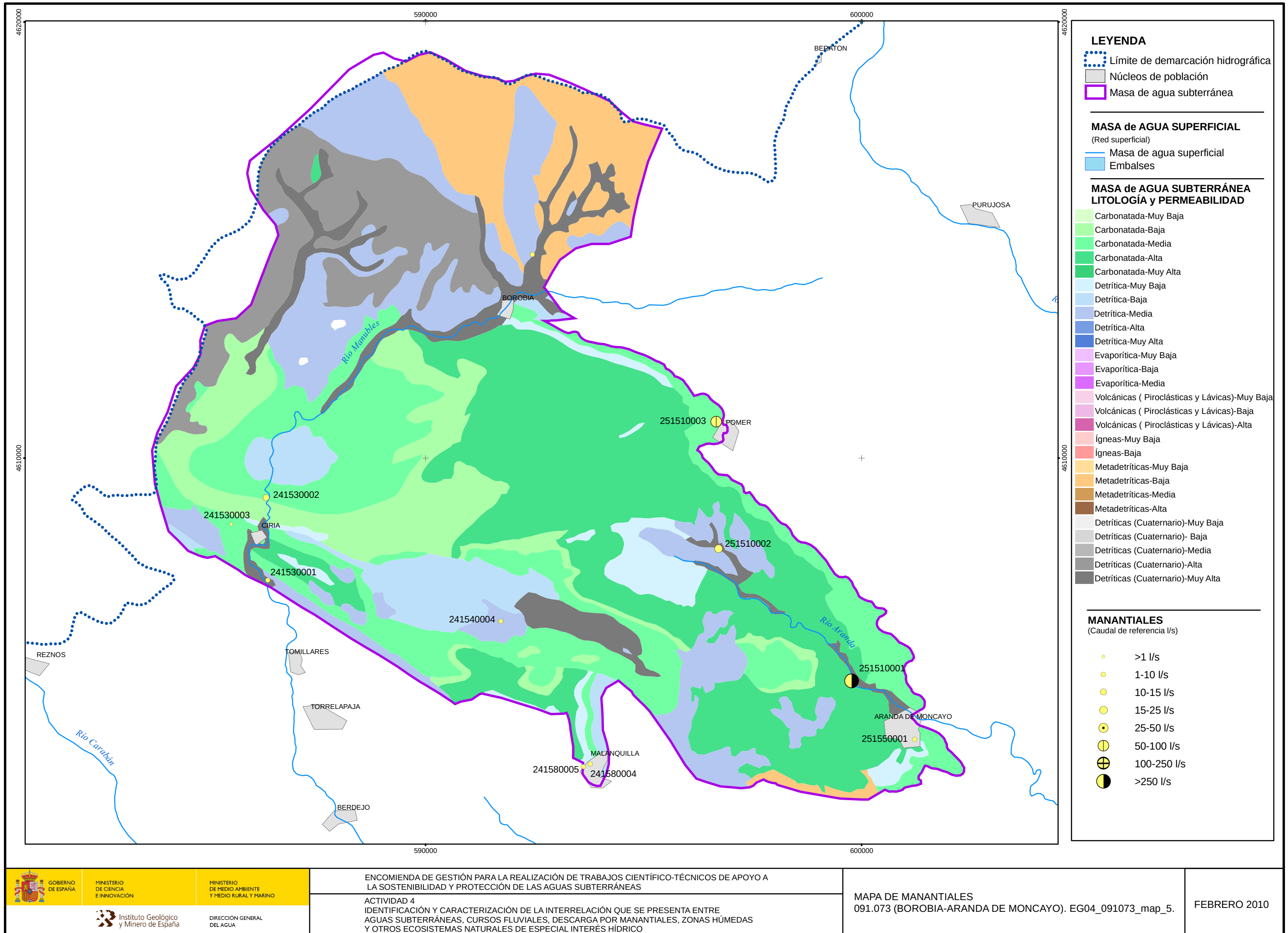
4.2 Resto de manantiales

En la MASb Borobia-Aranda de Moncayo se han inventariado algunos otros manantiales de menor entidad en el contacto entre la FGP Lías y el Keuper (251510002, entre otros), o en el contacto entre la FGP Dogger con las facies margosas de las Fms Cerro del Pez, Barahona y Turmiel (241530002), o bien asociados a materiales de permeabilidad media-baja, como al Bundsandstein (251510003 y 241480004), tal y como a continuación se detallan:

- 251510002, vierte su descarga al río Aranda. Figura con un caudal histórico de 25 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 15 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 90 l/s para la misma fecha.
- 251510003, vierte su descarga en la localidad de Pomer en el Bco. de Valdepuertas, tributario del río Aranda. Figura con un caudal histórico de 60 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 15 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 216 l/s para la misma fecha.
- 241530001, vierte su descarga al río Manubles aguas arriba de Ciria. Figura con un caudal histórico de 3 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 15 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 10,8 l/s para la misma fecha.
- 241530002, vierte su descarga al río Manubles aguas arriba de Ciria. Figura con un caudal histórico de 15 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 13 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 54 l/s para la misma fecha.
- 241530003, vierte su descarga al río Manubles aguas arriba de Ciria. Figura con un caudal histórico de 1 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 13 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 3,6 l/s para la misma fecha.
- 241480004, vierte su pequeña descarga al río Manubles aguas arriba de Borobia, en el contacto entre las cuarcitas del Cámbrico inf. y las facies Bundsandstein. Figura con un caudal histórico de 4 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 20 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 14,4 l/s para la misma fecha.
- 241580004, descarga en la población de Malanquilla por contacto entre la FGP Lías y el Keuper. Figura con un caudal histórico de 3 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 20 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 10,8 l/s para la misma fecha.
- 241580005, descarga en la población de Malanquilla por contacto entre la FGP Lías y el Keuper. Figura con un caudal histórico de 2 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el

20 de mayo de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 7,2 l/s para la misma fecha.

- 241550001, descarga en la población de Aranda de Moncayo por contacto entre la FGP Lías y el Keuper. Figura con un caudal histórico de 3 l/s, obtenido a partir de 2 medidas realizadas el 25 de abril de 1980 por el IGME, mientras que en la base de datos de la CHE aparece recogido un caudal de 3 l/s para la misma fecha.



5. Zonas húmedas

En esta MASb no existe ningún humedal asociado con la relación río-acuífero. No obstante, se localiza un interesante complejo lagunar (laguna de Borobia, Lagunilla de Ciria, Laguna seca, etc), registradas como zonas húmedas por la CHE y relacionadas con dolinas desarrolladas sobre materiales detríticos pliocenos. Se encuentran situadas a una cota de 1.120 m snm y descolgadas del nivel piezométrico regional.

6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos

La información y el dato existente en las bases de datos de la CHE y del IGME de la descarga del manantial de Aranda de Moncayo (tramo 091.073.001) se considera absolutamente insuficiente, ya que se limitan a una medida puntual realizada en abril de 1980 en la que figura un caudal de 1.100 l/s. No obstante, a partir de la descomposición del hidrograma de la EA nº 263, se ha obtenido un caudal de aportación subterráneo del 74% del total circulante en dicho punto, lo que significa un caudal promedio de 210 l/s para la serie analizada. Por tanto, viendo el hidrograma de la Figura 3, se deduce que la única medida obtenida del manantial en abril de 1980 de 1.100 l/s se trata de una medida de máximos, por lo que la descarga real del manantial se aproximaría a 210 l/s.

De este modo, la estimación obtenida de la descarga del manantial de Aranda de Moncayo precisaría de una mayor concreción, de ahí que no se considere que esté razonablemente bien controlada y que, para que se pueda considerar fiable, se precisaría llevar a cabo alguna actuación que cuantifique mejor dicha descarga.

6.2 Propuesta de actuaciones

Dado que se no considera fiable la cuantificación de la descarga de la FGP Lías en el manantial de Aranda de Moncayo (tramo 091.073.001), se propone el establecimiento de un control de la descarga producida mediante la realización de una campaña de aforos de un año de duración y periodicidad quincenal en el manantial, al objeto de cuantificar con mayor rigor y fiabilidad la aportación en dicho punto.

Mención aparte merece el hecho de haber identificado otros tramos de los ríos Manubles y Aranda con potencial relación río-acuífero, pero que debido a la ausencia de datos procedentes de la red de control de aforos de la CHE, medidas de control hidrométrico (bien por la CHE o el IGME) u otros datos foronómicos como aforos diferenciales, no es posible llegar a cuantificar, por lo que no se ha especificado en apartados anteriores. No obstante, se considera conveniente llevar a cabo actuaciones que permitan confirmar este hecho.

Se han identificado 2 potenciales tramos de régimen hidrológico natural en los que se sugiere que las MAS son drenadas por los niveles carbonatados de la FGP Lías, de manera que configurarían tramos de río perdedores con conexión difusa indirecta con efecto ducha (*código 411-Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes*).

- **Tramo río Aranda** (tramo conectado con la MAS código 823 que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea). Corresponde al tramo de cabecera del río Aranda en el que éste discurre por los materiales permeables carbonatados de la FGP Lías, desde que abandona el Keuper hasta alcanzar el manantial de Aranda de Moncayo. En total puede decirse que se trata de unos 3,5km de longitud de tramo en el que la FGP drena la MAS. En este tramo el nivel piezométrico se supone se encuentra por debajo del nivel de base del río Aranda. Esto se ha constatado a partir de la información recogida en las fuentes bibliográficas y la certeza de que el nivel piezométrico se encuentra por debajo de la cota de base del río. En este tramo el río dispone de un régimen hidrológico natural.
- **Tramo río Manubles** (tramo conectado con la MAS código 321 que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea). Corresponde al tramo de cabecera del río Manubles en que la FGP Lías, a través de los depósitos aluviales, drena la MAS en unos 2km de longitud, aguas abajo del núcleo de Borobia. En este tramo la FGP Lías presenta una cota piezométrica superior a la cota del nivel de base del río Manubles aguas abajo de Borobia. Esto se sugiere a partir del dato procedente del sondeo de la red piezométrica de la CHE IPA 241540005 – Ciria Mma. Caña Los Pozos (Figura 5, situado aguas abajo del tramo y perforado a una cota de 1.114m snm hasta la FGP Lías y cuyo nivel piezométrico se encontró con un máximo de 955m snm, lo que lo sitúa por debajo del nivel de base del río Manubles en el tramo considerado (mínimo 1.090m snm). En este tramo el río dispone de un régimen hidrológico natural.

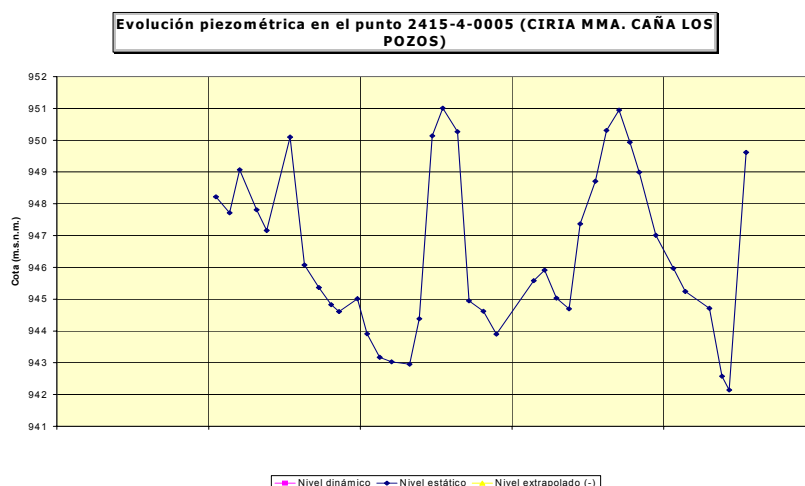


Figura 5. Evolución piezométrica en el punto 241540005 de la red oficial de piezometría de la CHE

Así pues, al objeto de poder confirmar y cuantificar las potenciales relaciones río-acuífero en los tramos descritos, se propone también la realización de una campaña de aforos diferenciales de un año de duración y periodicidad mensual en diferentes puntos de los ríos Aranda y Manubles, tal y como a continuación se describe:

- Potencial tramo río Aranda: el punto de inicio (estación nº 2 de la tabla 6) aguas abajo del manantial 251510002 y el final del tramo (estación nº 3 de la tabla 6) aguas abajo de la población de Aranda de Moncayo.
- Potencial tramo río Manubles: el punto de inicio (estación nº 4 de la tabla 6) aguas arriba de Borobia y el final del tramo (estación nº 5 de la tabla 6) a unos 3 km aguas abajo de Borobia.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
1	599662	4605096	840	Aranda	Determinar el caudal de aportación de la FGP Lías en el manantial de Aranda de Moncayo (tramo 091.073.001)
2	597125	4607112	921	Aranda	Confirmar y cuantificar la potencial relación río-acuífero sugerida (FGP Lías que drena la MAS) al inicio del posible tramo
3	600887	4604289	815	Aranda	Confirmar y cuantificar la potencial relación río-acuífero sugerida (FGP Lías que drena la MAS) al final del posible tramo
4	592755	4613815	1.143	Manubles	Confirmar y cuantificar la potencial relación río-acuífero sugerida (FGP Lías que drena la MAS) al inicio del posible tramo
5	588987	4612720	1.089	Manubles	Confirmar y cuantificar la potencial relación río-acuífero sugerida (FGP Lías que drena la MAS) al final del posible tramo

Tabla 5. Estaciones de control propuestas relación río-acuífero

Además, sería recomendable la instalación de un limnógrafo en el manantial El Estanque de Aranda de Moncayo.

7. Referencias Bibliográficas

- (1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
- (2) IGME (1981): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro. Informe Final.
- (3) IGME (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 351, 352, 380 y 381.
- (4) Dirección General del Agua (2004-2006): Trabajos de apoyo para atender los requerimientos de la Directiva Marco en materia de planificación hidrológica (Cuenca del Ebro).

8. Bibliografía de interés

- (1) Custodio, E. y Llamas, M.R (2001): Hidrología Subterránea. Editorial Omega, Barcelona.
 - (2) Web de la Confederación Hidrográfica del Ebro: www.chebro.es
 - (3) Web del Instituto Geológico y minero de España: www.igme.es
-

Anejo 1. Listado de manantiales

Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. 091.073-Borobia-Aranda de Moncayo

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)			091.073	Borobia-Aranda de Moncayo			LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES						
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)			091	Ebro									
Código del manantial (Cod_mant)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Nombre del manantial (Nombre_mant)	Tramo relación río-acuífero asociado (Codrioacuif_id)	Formación geológica asociada (FGP_mant)	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial (Cotamdt_mant)	Datos de Caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
					Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorY_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)		Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	Mínimo	Promedio	Máximo	
251510001	251510001	Aranda de Moncayo	091.073.001	Lías	597125	4607112	840	838	1.100	-	-	-	-

Masa de aguas subterránea asociada (<i>Codmsbt_def</i>)		091.073	Borobia-Aranda de Moncayo			LISTADO DE OTROS MANANTIALES
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica (<i>Cod_demar_id</i>)		091	Ebro			
Código del manantial (<i>Cod_mant</i>)	Código IGME del manantial (<i>Codigme_mant</i>)	Ubicación geográfica			Datos de Caudales (l/s)	Uso del manantial-IGME (<i>Usoigme_mant</i>) (<i>Uso_mant</i>)
		Coordenadas UTM-Huso 30 (<i>CoorX_mant</i>)	Coordenadas UTM-Huso 30 (<i>CoorY_mant</i>)	Cota del manantial (<i>Cota_mant</i>)	Caudal histórico IGME (<i>Qhistigme_mant</i>)	
251510002	251510002	596719	4607918	950	25	No se utiliza
251510003	251510003	596665	4610835	1.120	60	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
241530001	241530001	586383	4607201	1.000	3	No se utiliza
241530002	241530002	586347	4609092	1.060	15	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
241530003	241530003	585542	4608476	1.060	1	No se utiliza
251550001	251550001	601215	4603546	880	3	Agricultura
241480001	-	593899	4617216	1.255	-	-
241540004	241540004	591729	4606258	1.160	3	Ganadería
241480004	241480004	592453	4614664	1.135	4	Abastecimiento a núcleos urbanos
241540004	241540004	591729	4606258	1.160	3	Ganadería
241580004	241580004	593781	4602980	1.040	3	Ganadería
241580005	241580005	593621	4602921	1.040	2	Abastecimiento a núcleo urbano y otra actividad