

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

091.088 MONREAL-CALAMOCHA



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**

---

**091.088 MONREAL-CALAMOCHA**

---

**ÍNDICE**

<b>1. CARACTERIZACIÓN DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA</b>	<b>1</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	3
1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad	3
1.2.2 Estructura geológica	4
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico	4
<b>2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES</b>	<b>7</b>
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	7
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	7
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	8
<b>3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS</b>	<b>10</b>
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	10
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	12
3.2.1 Análisis de series de aforos	13
3.2.2 Análisis de datos hidrométricos	15
<b>4. MANANTIALES</b>	<b>19</b>
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	19
4.2 RESTO DE MANANTIALES	20
<b>5. ZONAS HÚMEDAS</b>	<b>22</b>
<b>6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES</b>	<b>22</b>
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	22
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	22
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>23</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS</b>	<b>23</b>

**ANEJOS:**

- Anejo 1* Tablas de estaciones de control y medida
- Anejo 2* 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**

---

**091.088 MONREAL-CALAMOCHA**

---

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Esquema hidrogeológico del funcionamiento del tramo Jiloca I.....	11
<b>Figura 2.</b> Análisis del hidrograma de la estación de aforo 42 (río Jiloca) .....	13
<b>Figura 3.</b> Descomposición del hidrograma mensual medio de la estación de aforo 42 (río Jiloca). 14	
<b>Figura 4.</b> Análisis del hidrograma de la estación de aforo 41 (río Pancrudo) .....	14
<b>Figura 5.</b> Descomposición del hidrograma mensual medio de la estación de aforo 41 (río Pancrudo) .....	15
<b>Figura 6.</b> Aforo diferencial en el curso del río Pancrudo .....	16
<b>Figura 7.</b> Aforo diferencial en el curso del río Jiloca .....	16
<b>Figura 8.</b> Análisis del hidrograma del punto 261960013 (Ojos de Caminreal) .....	19

**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**

---

**091.088 MONREAL-CALAMOCHA**

---

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b>	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos .....	7
<b>Tabla 2.</b>	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de control hidrométrico de aguas subterráneas .....	7
<b>Tabla 3.</b>	Datos en estaciones de medida y control hidrométrico .....	8
<b>Tabla 4.</b>	Identificación de los tramos de ríos conectados .....	11
<b>Tabla 5.</b>	Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos .....	12
<b>Tabla 6.</b>	Resumen de la cuantificación río-acuífero .....	17
<b>Tabla 7.</b>	Manantiales principales. MASb Monreal-Calamocho (091.088).....	20

**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**

---

**091.088 MONREAL-CALAMOCHA**

---

**ÍNDICE DE MAPAS**

<b>Mapa 1.</b>	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea .....	2
<b>Mapa 2.</b>	Mapa de permeabilidades .....	6
<b>Mapa 3.</b>	Mapa de estaciones de control y medida de caudales .....	9
<b>Mapa 4.</b>	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero .....	18
<b>Mapa 5.</b>	Mapa de manantiales .....	21

## **1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA**

### *1.1 Identificación, morfología y datos previos*

La MASb Monreal-Calamocha, identificada con el código 091.088, se ubica en la zona suroccidental de la demarcación hidrográfica del Ebro y, dentro de esta, en el Dominio del Alto Jalón-Alto Jiloca. La superficie total de la MASb es de 746 km<sup>2</sup>, distribuidos íntegramente dentro de la Comunidad de Aragón.

En el ámbito geográfico definido por los límites de esta MASb la cota máxima es de 1.490 m.s.n.m y la mínima de 850 m.s.n.m, situándose la cota media en 1.095 m.s.n.m.

El principal cauce de la MASb se corresponde con el río Jiloca, el cual la atraviesa, por su parte central, en sentido Sur-Norte. Además, en el sector Este se encuentra el río Pancrudo, cuyo cauce constituye buena parte del límite oriental y septentrional de la MASb, y cuya confluencia con el río Jiloca se produce en el extremo Norte de la misma. El cauce del Jiloca se encuentra modificado mediante la existencia de una densa red de canales de riego, algunos de los cuales tienen su origen en la MASb anterior (Cella-Ojos de Monreal).

Por último, señalar que en la década de los 80, el IGME realizó un modelo matemático de simulación que incluía a esta MASb y la 091.089 (Cella-Ojos de Monreal).



## 1.2 Contexto Hidrogeológico

### 1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

Las formaciones geológicas presentes en la MASb Monreal-Calamocha abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. Los materiales paleozoicos constituyen buena parte del límite septentrional de la MASb y están constituidos por una serie pizarrosa de muy baja permeabilidad. Sobre esta serie se depositan los materiales del Trías en facies germánicas, dentro de los cuales se encuentran el nivel carbonatado dolomítico del Muschlelkalk, de permeabilidad media-alta, separado de los niveles jurásicos por el nivel arcilloso-yesífero del Keuper. El Jurásico y en menor medida el Cretácico Superior constituyen los acuíferos principales de la MASb, estando en contacto hidráulico y parcialmente recubiertos por los niveles permeables detríticos y carbonatados del Terciario y Cuaternario.

Teniendo en cuenta los niveles permeables existentes y su posible relación río acuífero, se han englobado agrupado los distintos niveles acuíferos en dos formaciones geológicas permeables (FGP) distintas.

- **FGP Jurásico-Cretácico.** Se trata de la principal FGP de la MASb en cuanto a los recursos que posee. Se trata de un importante paquete de materiales carbonatados entre los que se intercalan niveles margo-arenosos impermeables, y que, de base a techo, está constituido por los siguientes niveles acuíferos; **Grupo Renales** (Jurásico Inferior), cuya potencia oscila entre 120-270 m, y que engloba a las formaciones de Dolomías tableadas de Imón, las Carniolas de Cortes de Tajuña y las Calizas y dolomías de Cuevas Labradas, **Dogger-Malm** (190-260 m), que incluye la formación carbonatada de Chelva y las formaciones Loriguillas e Higuieruelas, y **Cretácico Superior** (hasta 300 m), constituido por un paquete de calizas con intercalaciones de niveles margosos.
- **FGP Terciario-Cuaternario.** Se trata del conjunto de materiales del relleno de la fosa del Jiloca e incluye los niveles detríticos y carbonatados continentales del Terciario, así como los niveles permeables cuaternarios, tanto relacionados con los aluviales, como de tipo coluvionar. Estos materiales se encuentran en conexión hidráulica con la FGP Jurásico-Cretácica de la que reciben aportes laterales que, a su vez, son transferidos al río Jiloca. Además, son los únicos responsables de la relación río-acuífero en el caso del río Pancrudo.

Además de las FGP principales definidas aparecen otras formaciones geológicas de menor productividad hidrogeológica, entre las que destacan las Dolomías del Muschelkalk, con una potencia que puede alcanzar los 120 m



El nivel impermeable de base del sector meridional de la MASb se considera que está constituido por los materiales de la facies Keuper (arcillas, margas yesíferas y yesos –a veces masivos- y niveles de areniscas, de aspecto versicolor). Por el contrario, en el sector septentrional se considera que el impermeable está constituido directamente por el zócalo paleozoico.

### 1.2.2 Estructura geológica

La estructura geológica de esta MASb se encuentra relacionada con el sector septentrional de la Fosa del Jiloca, generada por medio de fallas de relevo verticales de gran salto y de dirección NNO-SSE, que a su vez, son cortadas por un sistema de fallas, de dirección típicamente ibérica, dando lugar a una notable compartimentación de la fosa. Dentro del sector más meridional se produce el afloramiento de materiales mesozoicos (principalmente cretácicos) a ambos lados la fosa, dispuestos según una sucesión de pliegues afectados por fracturas y pequeños cabalgamientos que, en ocasiones, rompen con la continuidad física e hidráulica de las formaciones. Además, existen niveles impermeables intercalados que pueden llegar a independizar algunas formaciones, si bien, la intensa fracturación existente, produce una conexión hidráulica entre los distintos niveles permeables considerados. Los afloramientos mesozoicos tienden a desaparecer hacia la zona más septentrional, donde afloran directamente las formaciones paleozoicas.

### 1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

Esta masa de agua subterránea responde a un funcionamiento en el que la recarga principal se realiza por infiltración directa del agua de lluvia a través de los afloramientos permeables mesozoicos circundantes a la Fosa del Jiloca (fundamentalmente cretácicos y, en menor medida jurásicos) y sobre las formaciones permeables de la propia fosa, que a su vez reciben recarga por retornos de riegos. Asimismo también se producen entradas laterales desde los cretácicos de Gallocanta y a través de los materiales mesozoicos de la Sierra de Lidón.

La descarga principal de la MASb se produce a través del río Jiloca, que actúa como colector de la fosa. Además, entre Caminreal y Calamocho, se produce un estrechamiento progresivo del acuífero mesozoico produciéndose un ascenso del flujo subterráneo hacia el río a través de fracturas en el relleno terciario. También se producen descargas de importancia a favor de manantiales, entre los que destaca la surgencia de los Ojos de Caminreal (con un caudal medio en torno a los 200 l/s y cuyo caudal es derivado a acequias de riego), que drenan los recursos de los materiales del Cretácicos Superior del entorno de Gallocanta y por medio de extracciones para regadío, asociadas fundamentalmente con el aluvial del propio Jiloca. Por

último, el río Pancrudo actúa como drenaje del acuífero terciario carbonatado del sector Noreste de la MASb.



## 2. Estaciones de control y medidas de caudales

Dentro de los límites de la MASb Monreal-Calamocha existen 2 estaciones de aforo de la red oficial de control de la CHE. Además, existen puntos de control foronómico de la CHE con registro de caudal puntual, así como puntos de control hidrométrico con medidas aisladas de caudal en algunas de las surgencias más importantes.

### 2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

Las 2 estaciones de aforo de la red oficial de control de la CHE se encuentran ubicadas en el tramo bajo de los ríos Jiloca y Pancrudo. La estación nº41, ubicada en el río Pancrudo, quedará bajo la lámina de agua del embalse de Lechago una vez se termine de construir. La información registrada hace referencia al tramo del río Pancrudo desde su nacimiento, considerándose un tramo de río en régimen natural. Por el contrario, la estación de aforo nº42, ubicada en el tramo bajo del Jiloca antes de salir de la MASb, se considera que aporta una información de un régimen hidrológico natural modificado, ya que el río se encuentra muy antropizado aguas arriba como consecuencia de la existencia de multitud de canales de riego, sobre todo en la MASb anterior (091.089 Cella-Ojos de Monreal), aunque no varía el tipo de relación río-acuífero.

Código estación de control	Nombre de la estación	Estado	Ubicación geográfica			Cauce		Serie de Datos		
			Coordenada UTM Huso 30		Cota (m snm)	Nombre	MAS (codificación CEDEX)	Número de datos disponibles	Amplitud de la serie	Índice de representatividad
			X	Y						
41	Navarrete E.A. 41	Activa	646599	4532775	899	Pancrudo	87	24.588	1931-2002	0.94
42	Calamocha E.A. 42	Activa	643050	4531885	874	Jiloca	322	22.588	1931-2002	0.86

**Tabla 1.** Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos

### 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.

Código estación de control	Organismo	Estado	Ubicación geográfica			Cauce		Serie de Datos		
			Coordenada UTM Huso 30		Cota (m snm)	Nombre	MAS (codificación CEDEX)	Número de datos disponibles	Amplitud de la serie	Índice de representatividad
			X	Y						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla 2.** Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de control hidrométrico de aguas subterráneas

### 2.3 Otra información hidrométrica

Existen diversos puntos de control foronómico no pertenecientes a redes oficiales de control, que disponen de medidas puntuales en puntos de los principales cursos de agua de la MASb. Parte de estos puntos proceden de las antiguas redes de control hidrométrico del IGME que, en gran medida, fueron incluidas en redes de control operadas por la CHE. En otros casos corresponden a secciones de aforo asociadas a estudios específicos realizados por la CHE, con el fin de obtener aforos diferenciales para distintos tramos de río.

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código <sup>(1)</sup>	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
262030058	CHE	Escala limnimétrica en Jiloca	51	abr-78 a nov-96	5	857	3.008
261930026		Coincide con EA 42	7	jun-90 a oct-92	725	1.727	2.416
272020022		Aforo directo en Pancrudo	20	jun-78 a oct-90	18	147	322
261930029		Aforo directo en Pancrudo	37	Abr-78 a oct-90	15	396	990
262030001 <sup>(2)</sup>		Ojos de Monreal	66	oct-96 a mar-08	0	425.19	1.402
262030055 <sup>(2)</sup>		Aforo en Azud	35	feb-02 a ago-06	0	125	558
262030057 <sup>(2)</sup>		Escala limnimétrica	84	may-78 a mar-08	0	270.92	914
262030056 <sup>(2)</sup>		Escala limnimétrica	81	May-77 a mar-08	0	276.97	2.835

<sup>(1)</sup> Código de la CH Ebro

<sup>(2)</sup> Descarga de la MASb contigua 091.089 Cella-Ojos de Monreal

**Tabla 3.** Datos en estaciones de medida y control hidrométrico

Además de esta información foronómica existen diversos puntos de control hidrométrico de los principales manantiales pertenecientes, tanto al inventario de puntos de agua del IGME como al de la CHE. Esta información será analizada en el apartado correspondiente.



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

En la MASb 091.088 Monreal-Calamocha se han definido 2 tramos en los que existe relación río-acuífero. El primero, y más importante de estos tramos, afecta a la totalidad del curso del Jiloca a lo largo de su transcurso por la MASb, y se encuentra en relación con ambas FGP definidas (Jurásico-Cretácico y Terciario-Cuaternario). El otro tramo identificado se encuentra localizado en el tramo medio del Pancrudo, con respecto a su recorrido dentro de la MASb y está fundamentalmente relacionado con la FGP Terciario-Cuaternario.

#### 3.1 Identificación y Modelo Conceptual

Los dos tramos identificados en los que existe relación río-acuífero dentro de la MASb 091.088-Monreal-Calamocha, son los siguientes:

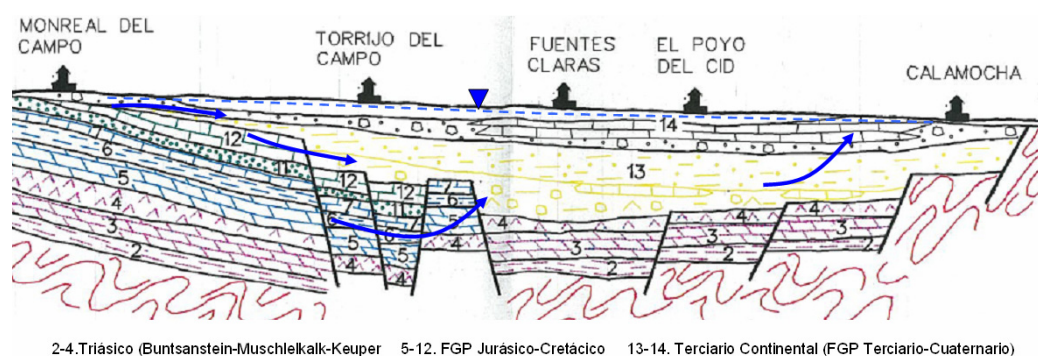
- **Tramo Jiloca I** (091.088.001-tramo conectado con la MAS código 322). Corresponde al tramo alto del río Jiloca desde su entrada en la MASb hasta la confluencia con el río Pancrudo, la cual se produce a la salida del río de la MASb. La MAS relacionada es río Jiloca desde los Ojos de Monreal hasta el río Pancrudo (código 322). Se trata de una MAS en régimen natural modificado, ya que, a pesar de tener multitud de derivaciones y canales de riego, se considera que su funcionamiento global no ha sufrido modificaciones significativas en cuanto a la relación río-acuífero (ni en la tipología ni en la relación de ganancias).
- **Tramo Pancrudo I** (091.088.002-tramo conectado con la MAS código 828). Se trata del tramo del río Pancrudo que discurre junto al contacto con las formaciones terciarias de calizas, calizas margosas y margas, cuyo grado de permeabilidad se considera medio. Este tramo comienza aguas arriba de la población de Torre de Los Negros y finaliza en la cola del Embalse de Lechago. La MAS relacionada es río Pancrudo desde su nacimiento hasta la cola del Embalse de Lechago (código 828). Se trata de una MAS en régimen hidrológico natural.

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	
091.088.001	Río Jiloca	322	Río Jiloca desde los Ojos de Monreal hasta el río Pancrudo.	Río	Río de Montaña Mediterránea calcárea	Masa natural modificada	Jurásico-Cretácico y Terciario-Cuaternario
091.088.002	Río Pancrudo	828	Río Pancrudo desde su nacimiento hasta la cola del Embalse de Lechago	Río	Río de Montaña Mediterránea calcárea	Masa natural	Terciario-Cuaternario

**Tabla 4.** Identificación de los tramos de ríos conectados

A continuación se describe el modelo conceptual de la relación río-acuífero de los tramos identificados en la MASb Monreal-Calamocho.

**Tramo Jiloca I (091.088.001).** En este tramo el río Jiloca intersecta la FGP Terciaria-Cuaternaria, la cual se encuentra conectada hidráulicamente con la FGP Jurásico-Cretácica, constituyendo el drenaje natural de la MASb. A lo largo de todo el tramo se produce una ganancia de caudal de tipo difuso directo, así como a favor de descargas puntuales de manantiales, entre las que destacan las surgencias de los Ojos de Caminreal y los manantiales de Fuentes Claras. Además, hacia la parte baja del tramo se va produciendo un estrechamiento y una disminución del espesor de las formaciones acuíferas que provoca el ascenso de flujos subterráneos a favor de fracturas hacia el río. El modelo conceptual para este tramo corresponde a un río ganador que recibe la descarga directa del acuífero en el propio lecho (conexión difusa directa) y a través de manantiales situados en el mismo cauce o en tributarios (código 471-Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauce efluentes). En este tramo, el río Jiloca dispone de un régimen hidrológico natural modificado, ya que, aunque la relación río-acuífero no parece variar cualitativamente desde la creación de los canales de riego, es más que probable que exista una variación cuantitativa debido a una disminución del caudal de descarga como consecuencia de las derivaciones efectuadas aguas arriba.



**Figura 1.** Esquema hidrogeológico del funcionamiento del tramo Jiloca I.



**Tramo Pancrudo I (091.088.002).** Este tramo se encuentra relacionado con la FGP Terciaria-Cuaternaria, la cual está produciendo una descarga al río a lo largo de todo el tramo. Esta descarga se produce fundamentalmente de forma difusa aunque existen varios manantiales inventariados, aunque en general de caudales bajos, cuyo caudal de descarga es recepcionado también por el río. El modelo conceptual para este tramo corresponde a un río ganador que recibe la descarga directa del acuífero en el propio lecho (conexión difusa directa) y a través de manantiales situados en el mismo cauce o en tributarios (código 471-Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauce efluentes). La diferencia de este tramo con el anterior es la ausencia de flujos profundos de descarga procedentes de los acuíferos mesozoicos. Se considera que este tramo 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)
091.088.001	Río Jiloca	Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes	Natural Modificado	Aluvial bien desarrollado (Gravas y limos)	-	El río corta el nivel freático recibiendo aportes subterráneos (laterales y profundos) y de manantiales próximos al cauce	24.487
091.088.002	Río Pancrudo	Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes	Natural	Aluvial bien desarrollado (Gravas y limos)		El río drena los materiales permeables terciarios en el contacto de estos con otros niveles terciarios de baja permeabilidad	14.962

**Tabla 5.** *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos*

### 3.2 Relación río-acuífero

Los tramos de cauce donde se ha definido conexión río-acuífero en la MASb 091.088 Monreal-Calamocho corresponden a:

- Tramos ganadores con conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes (091.088.001 y 091.088.002).

Ambos tramos definidos disponen de información foronómica suficiente como para poder cuantificar la relación río-acuífero. Para la cuantificación de estas relaciones se ha partido de datos procedentes de la red de control oficial de aforos de la CH Ebro, así como de una serie de medidas puntuales efectuadas por tanto por el IGME (realizadas la elaboración del PIAS e incluidas dentro de las bases de datos de la CHE) como por la CHE, durante la ejecución de estudios específicos en la zona.

### 3.2.1 Análisis de series de aforos

Para cada una de las 2 estaciones de la red oficial de aforos de la CHE se han elaborado los hidrogramas de cuyo análisis se ha obtenido el parámetro de agotamiento y el periodo de semi-agotamiento, representativos del acuífero o acuíferos ubicados aguas arriba del punto de control. Además, para cada estación de aforo, se ha realizado la descomposición del hidrograma medio mensual, según el método de Barnes, obteniéndose el caudal de descarga subterránea frente al caudal superficial.

#### Estación de aforo 42 - río Jiloca en Calamocho

Esta estación de aforo recoge el caudal circulante por el río Jiloca desde su nacimiento en la MASb contigua de Cella-Ojos de Monreal. Así pues los parámetros calculados son representativos tanto del tramo de relación río-acuífero definido en esta MASb como del tramo situado aguas arriba de la misma en la MASb contigua.

El análisis del hidrograma da como resultado un parámetro de agotamiento promedio de  $0,100425 \text{ mes}^{-1}$ , correspondiente a un periodo de semi-agotamiento de 6,9 meses.

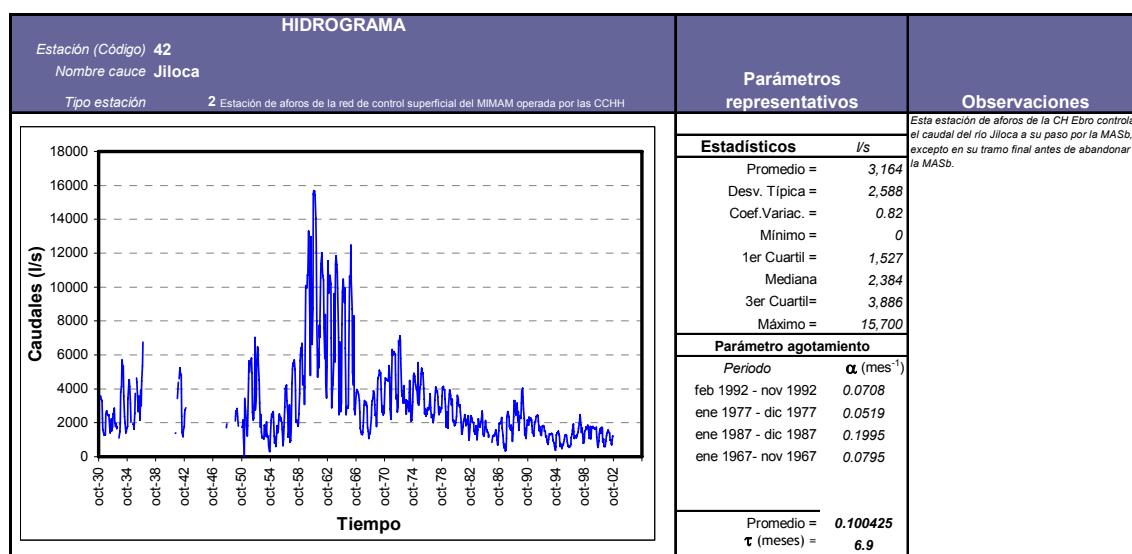


Figura 2. Análisis del hidrograma de la estación de aforo 42 (río Jiloca)

De la descomposición del hidrograma medio mensual se obtiene un caudal medio de drenaje de la FGP de 2.629 l/s, equivalente a un volumen de 82,93 hm<sup>3</sup>/año. La escorrentía subterránea representa un 85,7% de la escorrentía total del Jiloca en este punto.

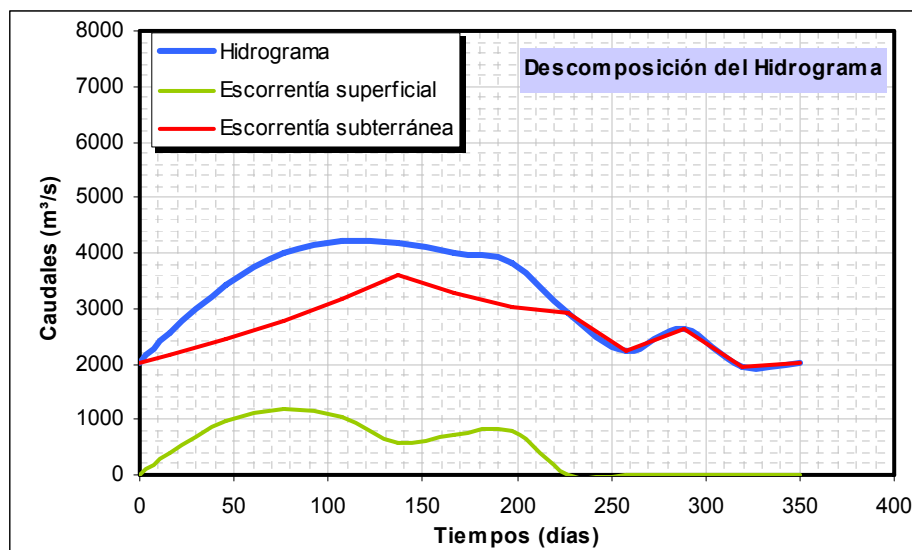


Figura 3. Descomposición del hidrograma mensual medio de la estación de aforo 42 (río Jiloca)

Estación de aforo 41- río Pancrudo en la cola del Embalse de Lechago

Esta estación de aforo controla el caudal circulante por el río Pancrudo desde su nacimiento en la MASb contigua de Aliaga-Calanda. A pesar de que buena parte del río constituye el límite de la MASb en estudio, se puede considerar que los parámetros calculados a partir del análisis del hidrograma son representativos del tramo de relación río-acuífero definido (091.088.002).

El análisis del hidrograma da como resultado un parámetro de agotamiento promedio de  $0,5382 \text{ mes}^{-1}$ , correspondiente a un periodo de semi-agotamiento de 1,3 meses. Este valor se considera representativo del acuífero terciario que drena el río, incluido dentro de la FGP Terciario-Cuaternario definida.

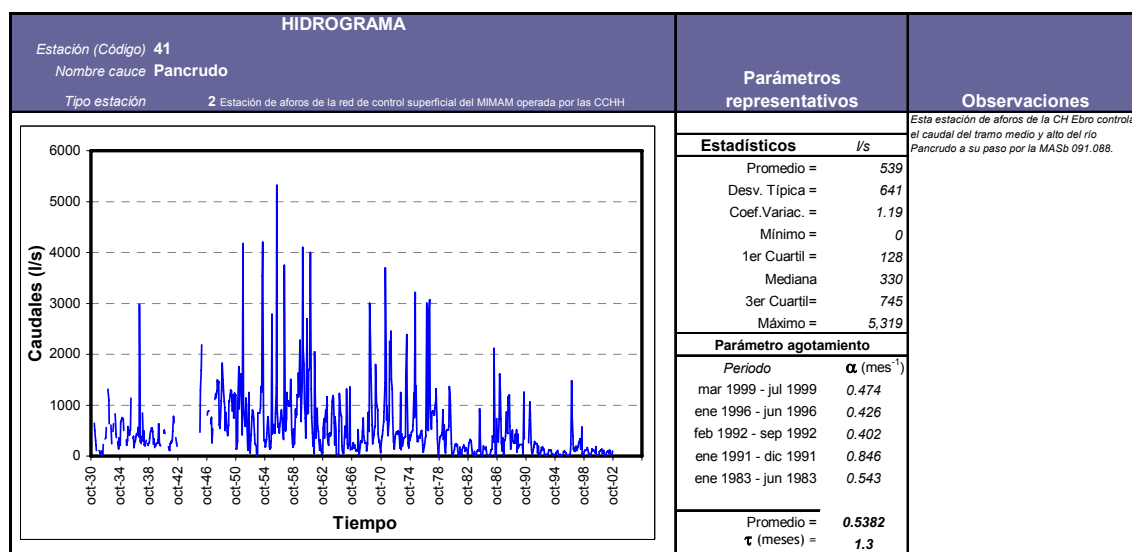


Figura 4. Análisis del hidrograma de la estación de aforo 41 (río Pancrudo)

De la descomposición del hidrograma medio mensual se obtiene un caudal medio de drenaje de la FGP de 370 l/s, equivalente a un volumen de 11,7 hm<sup>3</sup>/año. La escorrentía subterránea representa un 71,1% de la escorrentía total del Pancrudo en este punto. Esta estación de aforos recogería la descarga subterránea del sector oriental de la MASb 091.088/Monreal-Calamocha y del sector occidental de la MASb 091.092/Aliaga-Calanda.

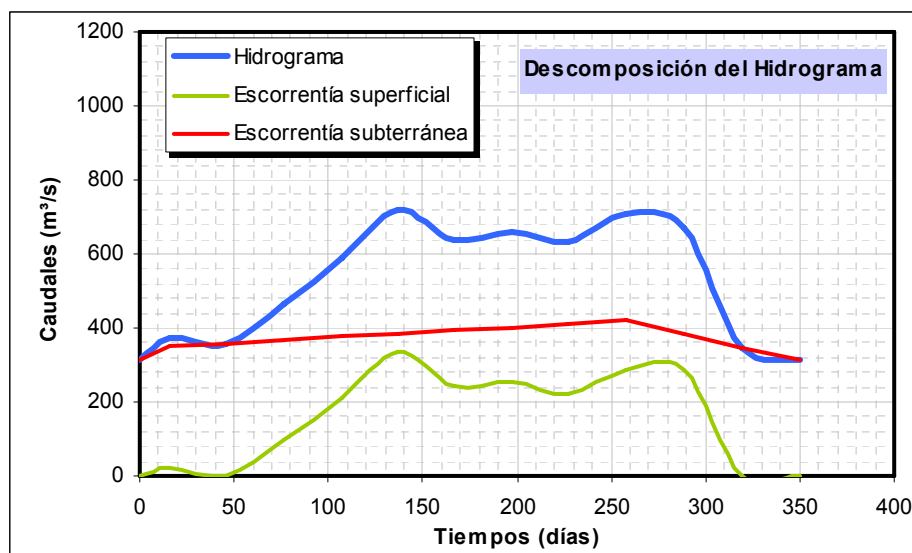


Figura 5. Descomposición del hidrograma mensual medio de la estación de aforo 41 (río Pancrudo)

### 3.2.2 Análisis de datos hidrométricos

Además del análisis de las estaciones de control foronómico de la red oficial de la CHE se ha analizado la información foronómica puntual aportada por diversos puntos de control operados por la IGME, e incluidos dentro de las bases de datos de la CHE, durante la realización de estudios específicos.

En concreto, en el río Pancrudo existen 2 puntos de control foronómico (272020022 y 261930029) situados al inicio del tramo de relación río-acuífero definido y en la confluencia con el río Jiloca, respectivamente. Los volúmenes controlados hacen referencia a medidas de caudal aisladas efectuadas fundamentalmente a finales de la década de los 70 y principios de los 80. El siguiente gráfico muestra la evolución de caudal sufrida en cada uno de los puntos de control apreciándose una ganancia significativa de caudal, con un valor medio de 267 l/s.

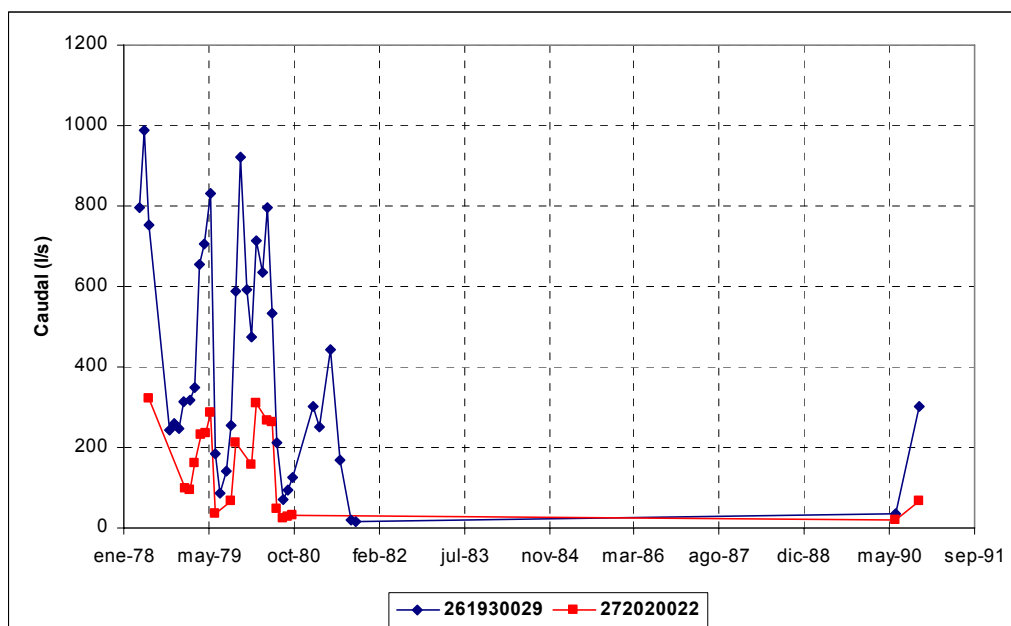


Figura 6. Aforo diferencial en el curso del río Pancrudo

También se ha realizado una comparativa similar entre los puntos 262030058 y 261930026, situados en el curso del Jiloca, aguas arriba de la población de Torrijo del Campo y en Calamocho, respectivamente. Los datos de caudal comparables corresponden a una serie de medidas puntuales efectuadas entre los años 1990 y 1992. Se aprecia una ganancia de caudal media en el tramo de 858 l/s, aunque hay que tener en cuenta que parte de este incremento de caudal se produce por la descarga de manantiales, como es el caso de la surgencia de los Ojos de Caminreal, que tiene un caudal promedio de descarga en torno a los 200 l/s, o de los manantiales de Fuentes Claras que también aportan caudales superiores a los 100 l/s. El siguiente gráfico muestra la evolución de caudal sufrida en ambos puntos.

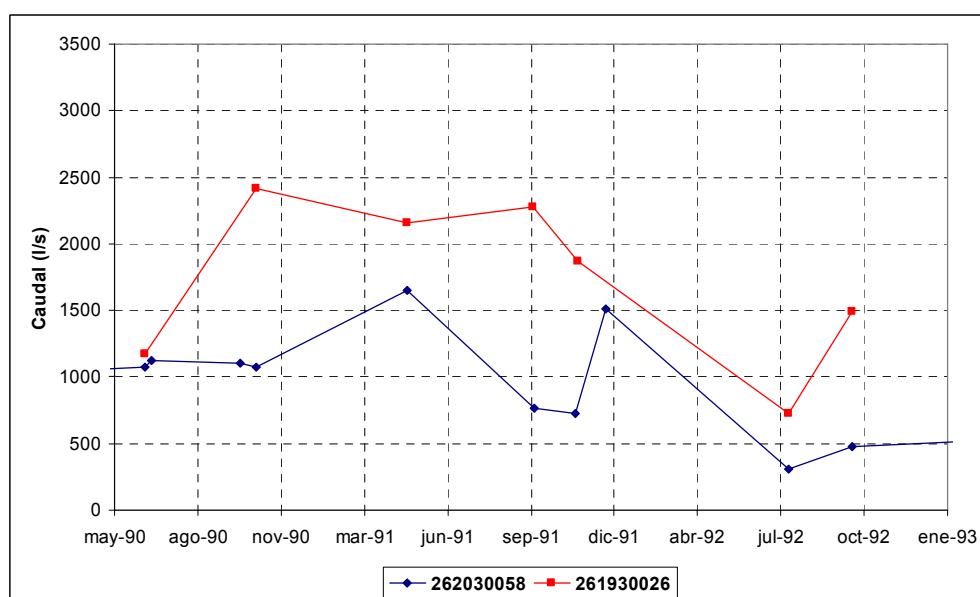


Figura 7. Aforo diferencial en el curso del río Jiloca

La siguiente tabla resume la cuantificación de la relación río-acuífero llevada a cabo en cada uno de los tramos definidos.

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)		
091.088.001		0,0621	Jun 1990 – Oct 1992	7	Natural modificado Datos de aforo de la CHE. Incluye las descargas de los manantiales de Ojos de Caminreal y de Fuentes Claras que se producen en la parte media del tramo.
091.088.002		0,0178	Jun 1978 – Oct 1990	20	Natural Valor calculado por aforo diferencial. La descomposición del hidrograma de la EA 41 da un valor de RUT ligeramente superior (0,0247)

**Tabla 6.** *Resumen de la cuantificación río-acuífero*



## 4. Manantiales

Los manantiales que se describen a continuación, proceden de dos fuentes:

- Base de Datos Aguas del IGME.
- Base de datos IPA facilitado por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

### 4.1 Manantiales principales

Son varios los manantiales que se encuentran en relación directa con los tramos de río definidos. Sin embargo, únicamente se dispone de información hidrométrica con serie histórica suficiente como para ser analizada, de la descarga producida en los Ojos de Caminreal. En este punto, la CHE ha controlado periódicamente el caudal de salida en el punto con código de inventario 261960013, cuyo hidrograma se representa a continuación.

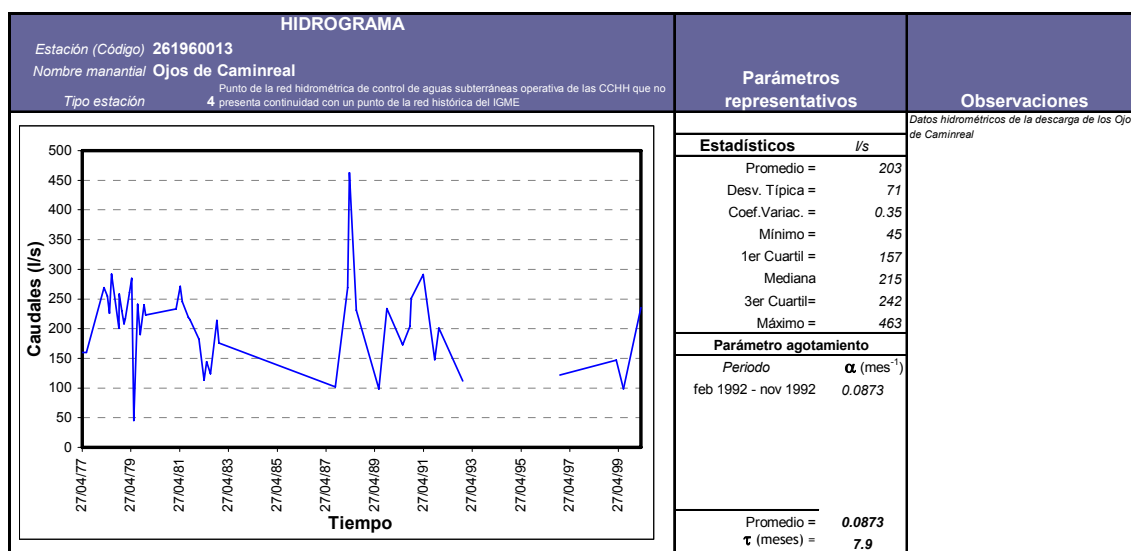


Figura 8. Análisis del hidrograma del punto 261960013 (Ojos de Caminreal)

Dada la discontinuidad que presentan las medidas de caudal, únicamente se ha podido calcular el parámetro de agotamiento y el periodo de semi-agotamiento para un periodo concreto, obteniéndose un valor de 0,0873 mes<sup>-1</sup> y 7,9 meses respectivamente.

Este manantial representa la descarga del Cretácico procedente de la MASb de Gallocanta y se produce por el contacto de la formación acuífera con el nivel impermeable del Keuper.

Además de este manantial existen otros inventariados en el entorno de Fuentes Claras, que tienen medidas de caudal superiores a 100 l/s, aunque se trata de medidas puntuales aisladas. La mayoría de estos manantiales se encuentran inventariados tanto por el IGME como por la propia CHE. La siguiente tabla resume las características principales de estos puntos.



Manantial	Código NIPA (IGME)	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación		Cota (m snm)	FGP relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30			
				X	Y		
Ojos de Caminreal	261960013	Jiloca	091.088.001	638252	4522893	935	Descarga asociada con la FGP Jurásico-Cretácica y más concretamente con los cretácicos de Gallocanta.
Ojos de Caminreal	261960014	Jiloca	091.088.001	638749	4522341	930	Descarga asociada con la FGP Jurásico-Cretácica y más concretamente con los cretácicos de Gallocanta.
Fuentes Claras	261970008	Jiloca	091.088.001	641425	4525634	910	Descarga asociada con la FGP Terciario-Cuaternario. Las surgencias se encuentran asociadas con las formaciones tobáceas cuaternarias
Fuentes Claras	261970009	Jiloca	091.088.001	642280	4526082	915	Descarga asociada con la FGP Terciario-Cuaternario. Las surgencias se encuentran asociadas con las formaciones tobáceas cuaternarias
Fuentes Claras	261970017	Jiloca	091.088.001	641036	4527137	900	Descarga asociada con la FGP Terciario-Cuaternario. Las surgencias se encuentran asociadas con las formaciones tobáceas cuaternarias
Fuentes Claras	261970015	Jiloca	091.088.001	642190	4527857	905	Descarga asociada con la FGP Terciario-Cuaternario. Las surgencias se encuentran asociadas con las formaciones tobáceas cuaternarias

**Tabla 7.** Manantiales principales. MASb Monreal-Calamocho (091.088)

#### 4.2 Resto de manantiales

Además de los manantiales antes comentados, existen otros muchos manantiales inventariados dentro de los límites de esta MASb, muchos de los cuales presentan relación directa con los cauces superficiales existentes (tanto Jiloca como Pancrudo), pero que no se han incluido en el apartado anterior por presentar caudales de descarga bajos, y otros que no presentan relación río-acuífero directa y que tienen caudales variables, aunque en general inferiores a 20 l/s.

La mayor parte de los puntos presentan medidas de caudal aisladas y llevadas a cabo durante inventarios bastante antiguos. En el Anejo 2 se resumen las principales características de estos manantiales.



## **5. Zonas húmedas**

No se han identificado humedales dentro de los límites de la MASb, por lo que no se considera este apartado en el presente informe.

## **6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones**

### *6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos*

Las cuantificaciones de las relaciones río-acuífero efectuadas tienen un alto grado de fiabilidad, ya que se han realizado tomando en consideración datos de estaciones de la red oficial de aforos de la CHE con un registro de información muy amplio, estando además las estaciones ubicadas en las partes finales de los tramos definidos. Además se han utilizado datos puntuales de secciones de aforo que han permitido obtener aforos diferenciales para los tramos definidos.

Únicamente presentan menor fiabilidad los parámetros obtenidos a partir del análisis del hidrograma de la surgencia de los Ojos de Caminreal. Esta surgencia está constituida por dos puntos, de los cuales sólo uno de ellos dispone de un registro suficiente de datos, aunque con una elevada dispersión temporal, lo que dificulta obtener series de agotamiento representativas de la descarga.

### *6.2 Propuesta de actuaciones*

Como única propuesta de actuación se sugiere la posibilidad de efectuar un control más efectivo de las principales surgencias de la MASb relacionadas con los cursos fluviales. En concreto sería necesario el control hidrométrico de los dos puntos de descarga de los Ojos de Caminreal, así como una actualización de la información de los manantiales de Fuentes Claras y control de sus principales puntos de descarga.

Asimismo, sería conveniente la realización de campañas de aforos diferenciales en el río Pancrudo para constatar la descarga que registra este cauce.

## **7. Referencias Bibliográficas**

- (1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991-a): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
- (2) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991-b): Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los Acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja).
- (3) IGME-DGA (1986): Proyecto de actualización de datos en la Cuenca Alta del río Jiloca.
- (4) IGME (1988): Estudio de optimización de la red foronómica de los sistemas acuíferos de la cuenca del Ebro. (Sistemas acuíferos estudiados: 57 Mesozoico Monreal-Gallocanta; 58 Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro; 59 Mesozoico de los Puertos de Beceite).
- (5) IGME (1988): Estudio de optimización del sistema acuífero N 57 Mesozoico de Monreal-Gallocanta. Cuenca del Ebro.
- (6) IGME (1981): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro. Informe Final
- (7) IGME (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 490, 491, 492, 515, 516, 517.
- (8) 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](http://www.chebro.es)
- (3) Web del Instituto Geológico y minero de España: [www.igme.es](http://www.igme.es)

## **Anejo 1. Tabla de estaciones de control y medida**

**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. 091.088-Monreal-Calamocha**

Estación de control y medida			Cauce		Régimen hidrológico		MASb (a)		FGP	Tramo relación río-acuífero (b)			Situación geográfica respecto al tramo
Código	Nombre	Tipo	Código	Nombre	Tipo	Observaciones	Código	Nombre		Código	Cauce	Descripción	
41	Navarrete E.A. 41	02	87	Pancrudo	Natural	Controla el caudal circulante por el río Pancrudo desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Lechago	091.088	Monreal-Calamocha	Terciario-Cuaternario	091.088.002	Pancrudo	Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes	Aguas abajo del tramo
42	Calamocha E.A. 42	02	828	Jiloca	Natural modificado	Controla el caudal del río Jiloca generado dentro de esta MASb y en la MASb contigua (Cella-Ojos de Monreal)	091.088	Monreal-Calamocha	Jurásico-Cretácico y Terciario-Cuaternario	091.088.002	Jiloca	Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes	

## **Anejo 2. 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. 091.088-Monreal-Calamocha**

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)			091.088	Monreal-Calamocha			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	
	261960013	Ojos de Caminreal	091.088.001	Jurásico-Cretácico	638252	4522893	935		152	152	156	160	Agricultura
	261960014	Ojos de Caminreal	091.088.001	Jurásico-Cretácico	638749	4522341	930		157	156	156	157	Agricultura
	261970008	Fuentes Claras	091.088.002	Terciario-Cuaternario	641425	4525634	910		168	168	168	168	Agricultura
	261970009	Fuentes Claras	091.088.002	Terciario-Cuaternario	642280	4526082	915		64	64	64	64	Agricultura
	261970017	Fuentes Claras	091.088.002	Terciario-Cuaternario	641036	4527137	900		28	28	28	28	Agricultura
	261970015	Fuentes Claras	091.088.002	Terciario-Cuaternario	642190	4527857	905		52	52	52	52	Agricultura