

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

091.099 PUERTOS DE TORTOSA



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**

091.099 PUERTOS DE TORTOSA

ÍNDICE

1. CARACTERIZACIÓN DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	3
1.2.1 <i>Litoestratigrafía y permeabilidad</i>	3
1.2.2 <i>Estructura geológica</i>	4
1.2.3 <i>Funcionamiento hidrogeológico</i>	4
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	7
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	8
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	12
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	12
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	16
3.2.1 <i>Análisis de series de aforos</i>	17
3.2.2 <i>Análisis de datos hidrométricos</i>	17
4. MANANTIALES	22
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	22
4.2 RESTO DE MANANTIALES	23
5. ZONAS HÚMEDAS	25
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	25
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	25
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	25
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	27

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

091.099 PUERTOS DE TORTOSA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de funcionamiento del manantial de Paúls	18
Figura 2. Análisis del hidrograma del manantial de Pauls 311940003 (Punto de control 31194/PA)	22

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

091.099 PUERTOS DE TORTOSA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	8
Tabla 2.	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial hidrométrica de control de aguas subterráneas	9
Tabla 3.	Datos en estaciones de medida y control hidrométrico	10
Tabla 4.	Identificación de los tramos de ríos conectados	14
Tabla 5.	Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	16
Tabla 6.	Resumen de la cuantificación río-acuífero	20
Tabla 7.	Manantiales principales. Pueros de Tortosa (091.099)	23
Tabla 8.	Estaciones de control propuestas	26

**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**

091.099 PUERTOS DE TORTOSA

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	2
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	6
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	11
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	21
Mapa 5.	Mapa de manantiales	24

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 Identificación, morfología y datos previos

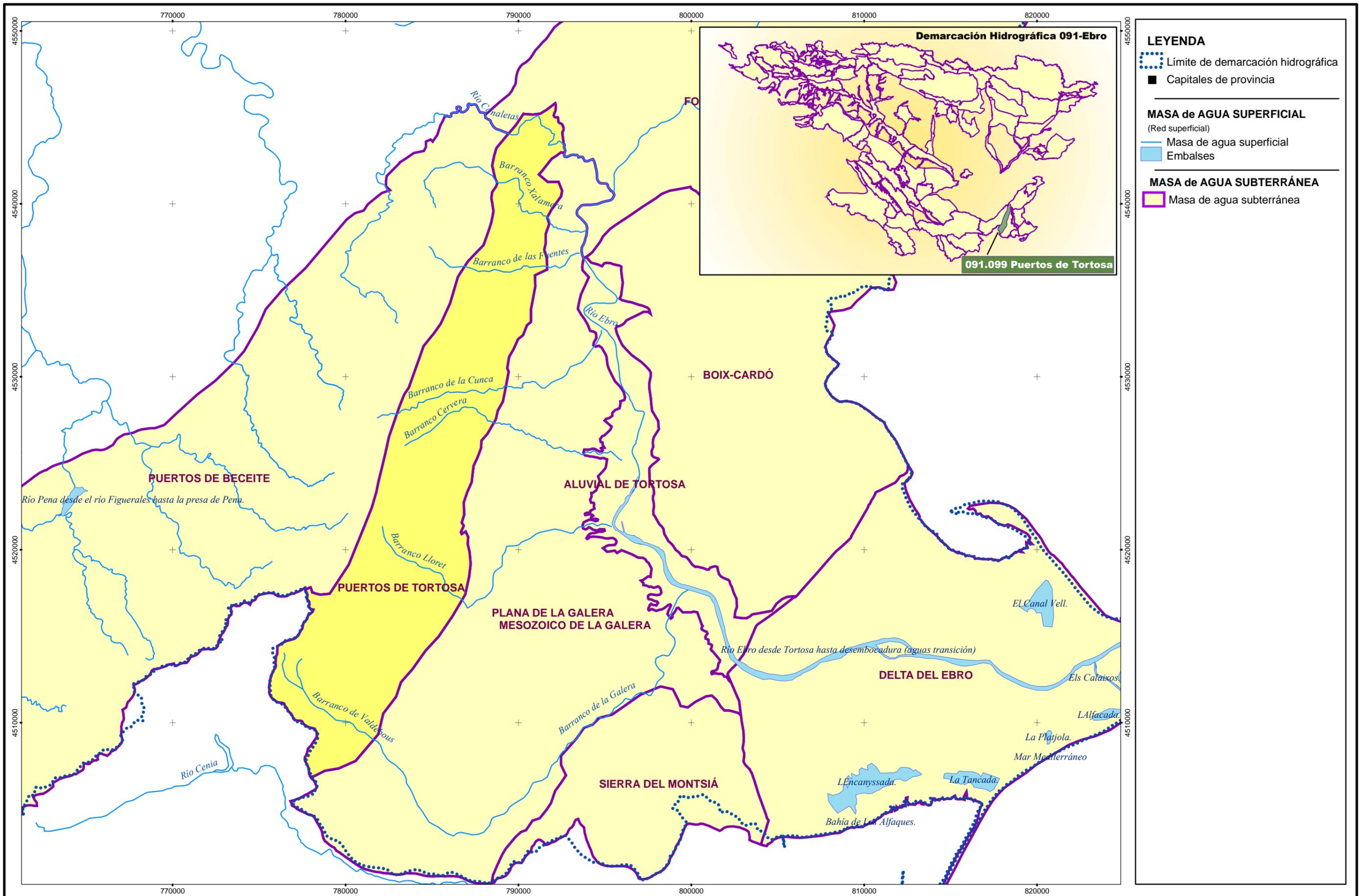
La MASb Puertos de Tortosa, identificada con el código 091.099, se ubica en la zona suroriental de la demarcación hidrográfica del Ebro, limitado por su borde suroeste con la demarcación hidrográfica del Júcar. Tiene una superficie de 203,47km² distribuido íntegramente en la provincia de Tarragona.

Dentro de la MASb, las cotas topográficas oscilan entre los 54 m.s.n.m y los 1.416 m.s.n.m., siendo la cota media de 525 m.s.n.m.. Las cotas inferiores se dan en el sector oriental al aproximarse a la llanura deltaica del Río Ebro, mientras que las superiores se encuentran en el núcleo central.

La única masa de agua superficial presente en la MASb de los Puertos de Tortosa, corresponde con un tramo del río Canaleta en su borde nororiental, que muestra una orientación O-E, transcurriendo desde la MASb 091.096 Puertos de Beceite, en la cual nace, para continuar atravesando la MASb objeto del presente estudio y terminar desembocando, al oeste de los Puertos de Tortosa, en el Río Ebro, del cual es afluente. El resto de la red fluvial está compuesta por una serie de barrancos que recogen la descarga de los niveles acuíferos vinculados, tanto a la MASb 091.099 (Puertos de Beceite), como a la MASb de Puertos de Tortosa, que desembocan sobre la MASb 091.102 (Plana de la Galera), antes de alcanzar el cauce del río Ebro.

Esta MASb procede de la subdivisión de la antigua UH 8.21 (Bajo Ebro-Montsiá), cuyo límite sur occidental coincidía con el cauce del río Cenia, principal receptor de la escorrentía subterránea de la unidad, pero fuera de la cuenca del Ebro apenas 2 km. Para evitar problemas de competencia con otras cuencas el límite suroccidental actual se hizo coincidir con el límite hidrográfico de la cuenca del Ebro, que pasa a ser un límite convencional, abierto, pero que excluye al río que mas relación tiene con el funcionamiento hidrogeológico de esta MASb.

En esta MASb no se ha desarrollado ningún modelo matemático de simulación.



1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

De todas las formaciones geológicas presentes en la MASb 091.099 Puertos de Tortosa, se consideran como FGP vinculadas en la relación río-acuífero al conjunto de formaciones geológicas de comportamiento acuífero presentes en el Jurásico-Triásico Superior y en el Triásico Medio de la zona, quedando agrupadas de la siguiente manera:

- FGP triásica: se trata de calizas y dolomías de edad Muschelkalk (triásico medio) que presentan una permeabilidad media por fisuración y karstificación. El acuífero triásico en facies Muschelkalk inferior aflora en el anticlinal de Paúls, que da nombre a los manantiales de Paúls, siendo su espesor total de unos 120 m; mientras que los materiales correspondientes a las facies del Muschelkalk superior afloran en superficie al noroeste de los Puertos de Tortosa, como consecuencia del juego tectónico de las escamas existentes en la región, y cabalgan junto al Keuper, el cual actúa como nivel impermeable a techo de dichas formaciones, produciéndose su drenaje a través de manantiales y barrancos a partir del acuífero liásico¹.

- FGP Jurásico: es la FGP principal de la MASb 091.099. Se trata de un potente conjunto de calizas, dolomías y brechas dolomíticas de alta permeabilidad por fisuración y en algunos casos karstificación, que presenta un espesor cercano a 400 metros. En esta FGP se han agrupado dos importantes formaciones acuíferas de edad jurásica: una de edad liásica y que constituyen el denominado Grupo Renales, cuyo conjunto puede llegar a tener un espesor de 160 metros, y que engloba a las dolomías tableadas de Imón del Noriense (10-15 m), y las Carniolas de Cortes de Tajuña (80 m) y las Calizas y Dolomías de la formación Cuevas Labradas (60-70 m); y otra de edad Malm que presenta espesores del orden de 250-300m de potencia.

La base impermeable de la FGP principal corresponde a la facies Keuper (arcilla, margas yesíferas y yesos –a veces masivos- y niveles de areniscas, de aspecto versicolor), cuyos afloramientos se asocian a cabalgamientos (constituye el nivel de despegue en la Orogenia Alpina) y núcleo de anticlinales.

Además de la FGP principal, existen dentro de la MASb otras formaciones permeables, aunque de menor importancia en cuanto a la relación río-acuífero como son:

¹ “Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los Acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)”. Confederación Hidrográfica del Ebro, 1991.

- FGP cretácica: aunque esta formación sólo aflora en el tramo noreste y suroeste de la MASb 091.099, presenta cierta importancia en el tramo que atraviesa el río Canaleta puesto que presenta relaciones río-acuífero. Se trata de una formación con una permeabilidad media, compuesta por margas, calizas y calcarenitas que presentan una potencia aproximada de 225m en este sector, encontrándose en contacto con las formaciones jurásicas, principal acuífero existente en los Puertos de Tortosa.

1.2.2 Estructura geológica

La geometría de esta MASb, está definida por una compleja tectónica de pliegues y escamas de cabalgamiento de orientación NE-SO y de vergencia norte. El despegue de los planos de cabalgamiento se realiza fundamentalmente en los materiales arcillosos del Muschelkalk medio. Esto hace que el Muschelkalk inferior se localice a gran profundidad bajo el plano de despegue basal, y sólo se reconocen pequeños afloramientos en el núcleo del anticlinal de Paüls, en la zona septentrional.

El espesor de este acuífero está muy condicionado por repeticiones tectónicas que multiplican la potencia de la serie mesozoica. En la zona más meridional, la potencia de la serie mesozoica alcanza valores máximos del orden de los 1.700 m.

Hacia el Norte, el sustrato se eleva reduciéndose el espesor de la cobertera mesozoica y provocando el afloramiento de niveles estratigráficamente inferiores. En este sector, el espesor del acuífero no suele superar los 500 m.

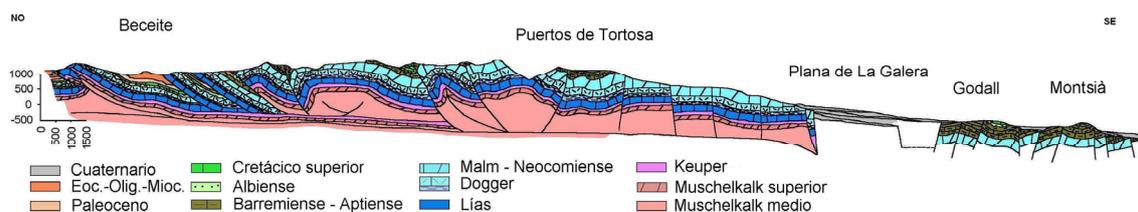


Figura 1. Corte geológico del sector Beceite - Montsià (Fte. CHE 1991)

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

Los acuíferos presentes en Puertos de Tortosa, se identifican con una serie eminentemente calcárea que abarca Triásico, Jurásico y Cretácico (Mesozoico). Aunque existen tramos margosos de baja permeabilidad intercalados, especialmente en la serie del Triásico y del Dogger, la compleja fracturación tectónica pone en contacto los diferentes niveles permeables,

de forma que cabe considerarlo como un solo acuífero kárstico de elevada heterogeneidad y anisotropía. La karstificación tiene un desarrollo muy diferente en función de su localización en la serie estratigráfica y de su posición con respecto a los flujos regionales.

Los niveles más permeables corresponden con el Muschelkalk, Lías y la serie del Malm-Neocomiense. Los depósitos terciarios y cuaternarios tienen una presencia testimonial y apenas tienen importancia hidrogeológica.

La recarga del acuífero se realiza por la infiltración directa del agua de lluvia, produciéndose la descarga, mayoritariamente, por transferencia profunda hacia los acuíferos del ámbito de La Plana de la Galera situados en el borde suroriental. Otras descargas relevantes suceden hacia el río Ebro en el sector septentrional y hacia la depresión terciaria del Ebro en la zona occidental de los Puertos de Tortosa.

La complejidad geométrica del acuífero determina la existencia de otros flujos de carácter local merced a la interposición de barreras de baja permeabilidad. Estas obedecen fundamentalmente a los afloramientos triásicos que tapizan los planos de cabalgamiento y provocan la presencia de niveles permeables colgados respecto al flujo regional. Se justifica así la presencia de manantiales como el de Paüls, entre los más relevantes, que originan torrentes que terminan por infiltrarse una vez que entran en la MASb de la Plana de la Galera.

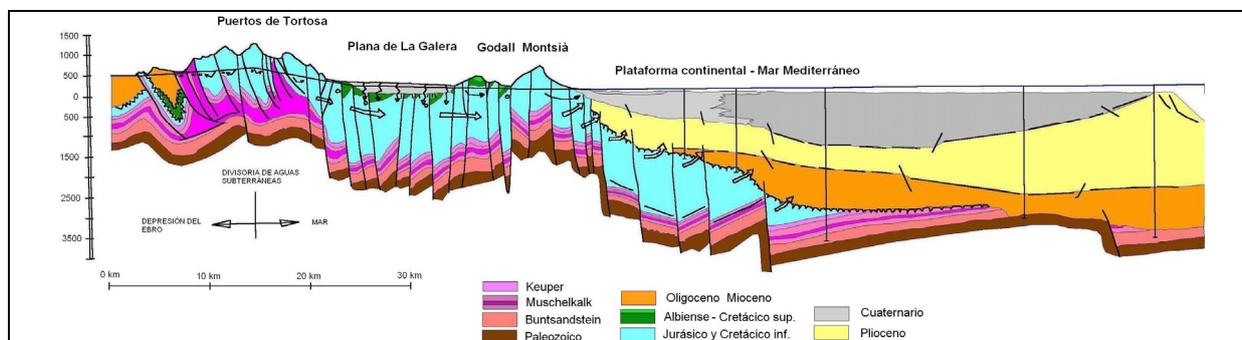
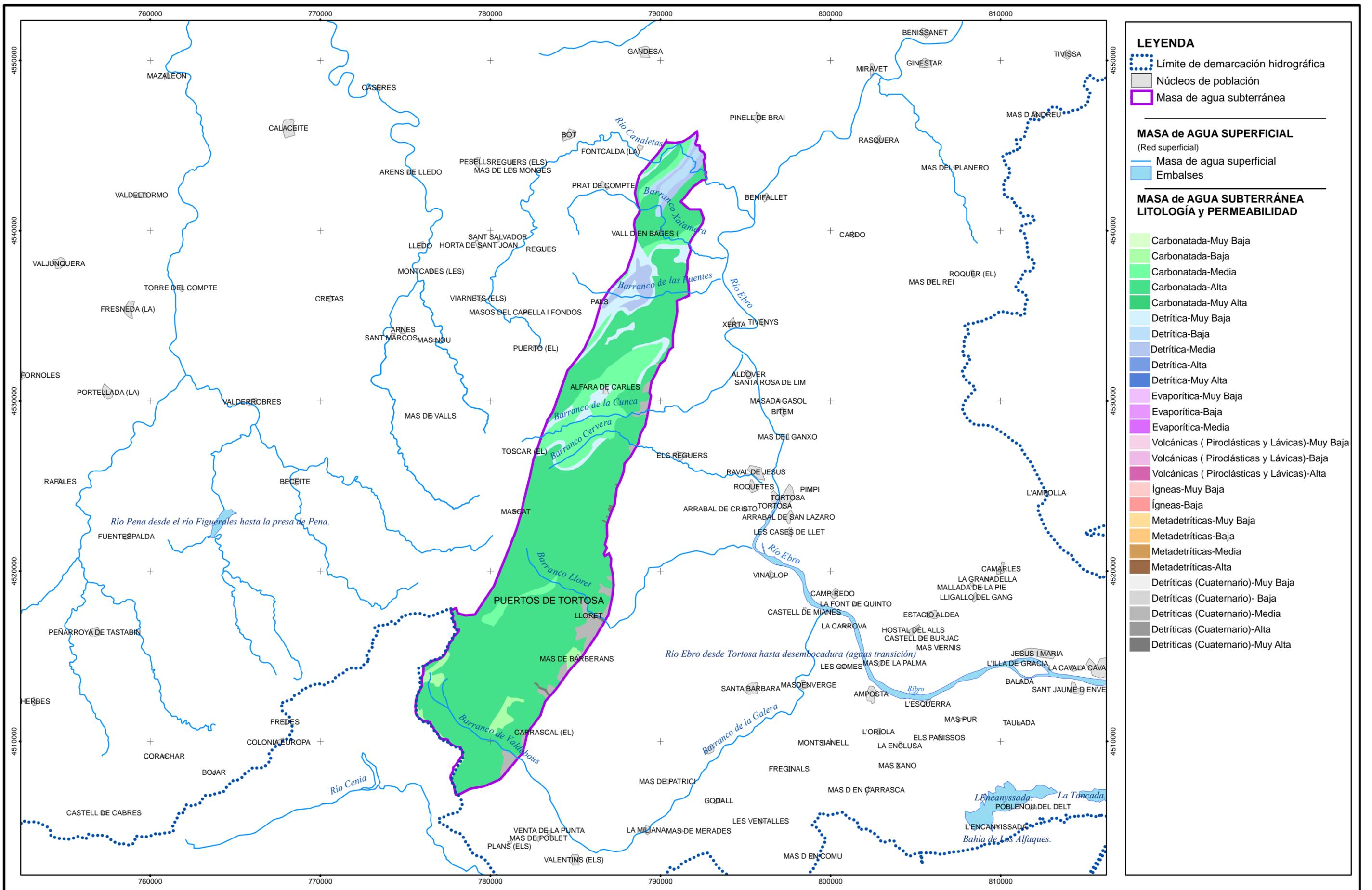


Figura 2. Esquema de funcionamiento hidrogeológico (Fte. Bayó et. al., 1990)



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Núcleos de población
- Masa de agua subterránea

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

- Carbonatada-Muy Baja
- Carbonatada-Baja
- Carbonatada-Media
- Carbonatada-Alta
- Carbonatada-Muy Alta
- Detrítica-Muy Baja
- Detrítica-Baja
- Detrítica-Media
- Detrítica-Alta
- Detrítica-Muy Alta
- Evaporítica-Muy Baja
- Evaporítica-Baja
- Evaporítica-Media
- Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Muy Baja
- Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Baja
- Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Alta
- Ígneas-Muy Baja
- Ígneas-Baja
- Metadetríticas-Muy Baja
- Metadetríticas-Baja
- Metadetríticas-Media
- Metadetríticas-Alta
- Detríticas (Cuaternario)-Muy Baja
- Detríticas (Cuaternario)- Baja
- Detríticas (Cuaternario)-Media
- Detríticas (Cuaternario)-Alta
- Detríticas (Cuaternario)-Muy Alta

2. Estaciones de control y medidas de caudales

No existen estaciones de aforo oficiales con las que cuantificar la relación río-acuífero de la MASb Puertos de Tortosa. La única información referente al control hidrológico proviene de aforos realizados por el IGME, así como medidas puntuales de caudal realizadas por la CHE en una misma sección del río Canaleta a su paso por la MASb.

A excepción del Río Canaleta que circula al norte de la MASb, el resto de relaciones río-acuífero se han establecido en sucesivos barrancos existentes en Puertos de Tortosa que dan origen a manantiales de cierta importancia que dan lugar a arroyos y torrentes.

Con la información aportada por el IGME y por la CHE en estudios específicos realizados en esta MASb se dispone de una serie de controles hidrométricos realizados entre los años 1990 y 1999 que permiten realizar una valoración de la relación río-acuífero en los siguientes cauces (enumerados de Norte a Sur):

- **Río Canaleta:** se ha controlado el caudal circulante mediante 19 aforos directos realizados en la estación 31194 C/B. Además, durante la realización del *“Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)”* efectuado por CGS se controló una escala limnimétrica (estación nº 7 en el proyecto) y se realizaron dos aforos diferenciales durante febrero de 1990 situándose uno próximo a la estación nº 7 y el otro aguas abajo, próximo a la desembocadura del río Canaleta con el Río Ebro.
- **Barranco Xalamera:** dispone de tres aforos diferenciales realizados durante la campaña de 1990, que han permitido cuantificar el carácter perdedor del cauce que atraviesa el Barranco Xalamera a su paso por esta MASb.
- **Barranco de las Fuentes o de Pauls:** se ha controlado el caudal circulante por este barranco mediante la realización de 27 aforos directos en la estación 31194 P/A. Además existe una escala de control limnimétrico, denominada estación nº 8 y, en una campaña de Febrero de 1990, en la que se llevaron a cabo cinco aforos diferenciales para caracterizar el flujo que circula por este barranco, uno situado aguas arriba próximo a la población de Pauls, tres aguas abajo de la estación de control nº 8 y un quinto aforo en las proximidades de la desembocadura del cauce procedente de este barranco con el río Ebro, lo que ha permitido cuantificar el carácter ganador de este cauce en un primer tramo y el carácter perdedor del cauce aguas abajo del barranco.

- **Barranco de la Cunca:** se han realizado aforos directos en dos estaciones del mismo (una sobre el cauce y la otra sobre un canal), el 31198 CUA mediante 18 aforos directos y 31198 CUB con 17 aforos directos respectivamente. Además, durante el proyecto antes mencionado, se controlaron dos escalas limnimétricas que se denominaron estación nº 9 y nº 10 y se realizaron 4 aforos diferenciales durante febrero de 1990, situándose dos aguas arriba de ambas estaciones y otras dos aguas abajo del barranco, fuera de la MASb que se está estudiando, próximos al Canal Francisco Franco o Cerca-Calig, dependiendo si se tiene como referencia la hoja 496 de la serie MAGNA 1:50.000 o el estudio realizado por CGS para Confederación.
- **Barranco de Cervera:** próximo a la población de Alfara de Carles, se realizaron una serie de aforos directos, 18 exactamente, en la estación 31198 CEA. También existe información de la estación nº 11 del estudio elaborado por CGS, así como información puntual del inventario de puntos de agua del IGME.
- **Barranco Lloret:** este barranco ha sido controlado mediante la realización de tres aforos diferenciales durante la campaña realizada por CGS en el mes de febrero de 1990, que han permitido cuantificar el carácter perdedor del cauce.
- **Barranco de La Galera:** Apenas cuenta con datos puntuales de medida de caudal del IGME y de la CHE, así como de una medida realizada por CGS en la campaña de aforos efectuada en febrero de 1990.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

En el área de estudio comprendido dentro de la MASb 091.099, no existe ninguna estación de medida y control correspondiente a la red oficial de aforos.

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

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 hidrométrica de control de aguas subterráneas

2.3 Otra información hidrométrica

La información hidrométrica disponible es la de los aforos directos realizados por la CH Ebro durante la investigación hidrogeológica realizada en el periodo feb-1990 a jul-1991, así como una serie de medidas posteriores realizadas en dichas secciones de control.

También han sido utilizados los datos de aforos realizados por el IGME en las secciones de control histórico que conformaron la red histórica de control hidrométrico de este organismo.

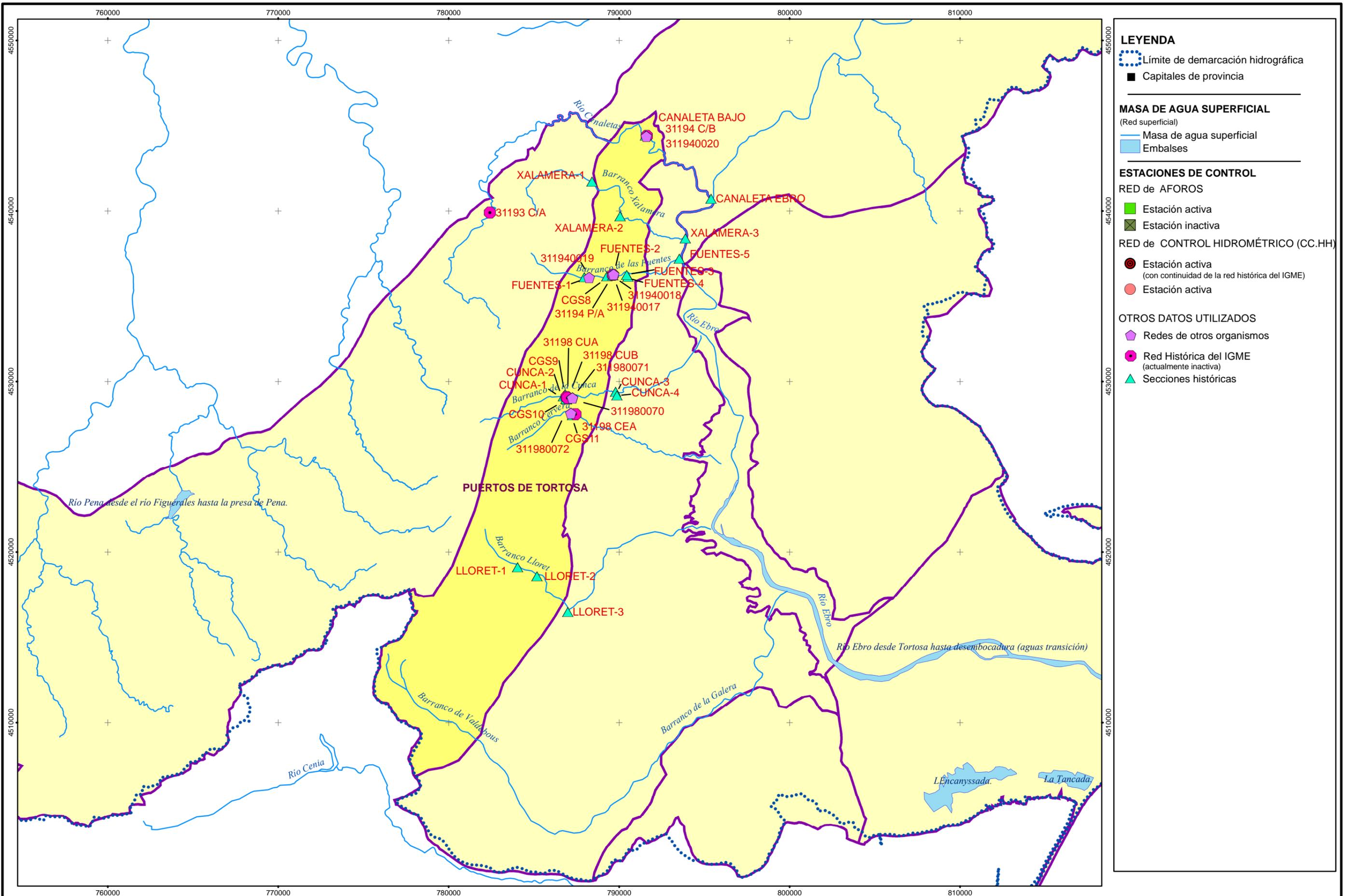
Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
31194 C/B	Base de Datos del IGME	Escala linimétrica en cauce	19	Ago-1990 a jun-2001	0	51,98	218,73
31193 C/A ⁽¹⁾		Escala linimétrica en cauce	22	Ago-1990 a jun-2001	6.25	92.3	379.6
31198 CUA		Escala linimétrica en cauce	18	Ago-1990 a Oct-1999	1.55	81.06	373
31198 CUB		Escala linimétrica en canal	17	Ago-1990 a Oct-1999	2.4	16.16	46.92
31198 CEA		Escala linimétrica en cauce	18	Ago-1990 a Oct-1999	1.86	33.34	215
31194 P/A		Escala linimétrica en manantial	27	Mar-1981 a oct-1999	2.33	84.74	369.3
311940020	CHE	Punto de control	6	oct-1997 a oct 19999	0	22.3	72.85
311940017		Escala linimétrica en cauce	21	Mar-1981 a oct 1999	21.18	83.92	235
311940018		Escala linimétrica en cauce	2	Mar-1981 a oct 1984	8	81	154
311940019		Escala linimétrica en cauce	4	Jul-1981 a ene 1996	0	2	8
311980070		Escala linimétrica en cauce	12	Ago-1990 a oct 1999	0	85.48	373
311980071		Escala linimétrica en cauce	12	Ago-1990 a oct 1999	0	13.49	36.5
311980072		Escala linimétrica en cauce	6	Oct-1997 a oct 1999	3.47	13.53	40.25
CGS 8	E. nº 8 (Barranco de Paúls)		5	Ago-1990 a jun-1991	23	46,6	83
CGS 9	E. nº 9 (Barranco de la Cunca)		5	Ago-1990 a jun-1991	19	138,2	373
CGS 10	E. nº10 (Canal de la Cunca)		4	Ago-1990 a jun-1991	15	21	29
CGS 11	E. nº11 (Barranco de Cervera)		5	Ago-1990 a jun-1991	22	85,8	215
Canaleta Bajo	Canaleta Bajo	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		195	
Canaleta-Ebro	Canaleta-Ebro	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		215	
Xalamera-1	Xalamera-1	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		28	
Xalamera-2	Xalamera-2	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		8	
Xalamera-3	Xalamera-3	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		0	
Fuentes-1	Fuentes-1	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		74	
Fuentes-2	Fuentes-2	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		464	
Fuentes-3	Fuentes-3	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		413	

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. 091.099-Puertos de Tortosa

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
Fuentes-4	Fuentes-4	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		74	
Fuentes-5	Fuentes-5	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		121	
Cunca-1	Cunca-1	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		271	
Cunca-2	Cunca-2	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		51	
Cunca-3	Cunca-3	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		273	
Cunca-4	Cunca-4	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		15	
Lloret-1	Lloret-1	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		320	
Lloret-2	Lloret-2	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		269	
Lloret-3	Lloret-3	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		169	
La Galera	La Galera	Realizado por CHE (CGS)	1	Feb-1990		29	

⁽¹⁾ Punto situado a la salida de la MASb Puertos de Beceite

Tabla 3. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico



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

La única masa de agua superficial definida dentro de esta MASb es un tramo del río Canaleta que discurre por el sector Norte de la misma. La información foronómica existente en este tramo de río responde a un único punto de control (del que existe información del IGME y de la CHE). Este punto de control sirve para definir el comportamiento perdedor de un tramo del río Canaleta muy amplio (desde su salida de la MASb de Puertos de Beceite). Supuestamente esta pérdida se produce sobre todo en el tramo del río Canaleta que discurre por el extremo Norte de la MASb de Puertos de Beceite y, a favor del acuífero Mesozoico aunque también es cuantiosa en los afloramientos del Lías existentes al Norte de la MASb, aguas abajo de la Font Calda. Además, existe un aforo diferencial puntual realizado antes de la confluencia del río Canaleta con el río Ebro, que indica una ligera ganancia del río en este tramo, aunque ésta parece producirse dentro de la MASb de la Plana de la Galera como consecuencia de la descarga del acuífero Triásico.

El resto de relaciones río-acuífero han sido establecidas en una serie de arroyos y torrentes (Barranco de Xalamera, Barranco de las Fuente o Paúls, Barranco de la Cunca, Barranco Cervera y Barranco de Lloret) alimentados por manantiales asociados con las FGP's definidas, que descargan a cotas elevadas, y cuya característica común es su comportamiento perdedor una vez entran en la MASb contigua de la Plana de la Galera. Estos manantiales se generan como consecuencia de las escamas de Keuper asociadas a los planos de cabalgamiento que generan la existencia de niveles colgados respecto al flujo regional. Además de los barrancos contemplados en este análisis existen otros de características similares en los cuales no se ha podido establecer relación río-acuífero alguna por carecer de información suficiente como es el caso del Barranco de La Galera.

3.1 *Identificación y Modelo Conceptual*

Dentro de la MASb 091.099 Puertos de Tortosa, se identifican 7 tramos de relación río-acuífero, 6 de los cuales han sido definidos sobre barrancos que drenan los acuíferos colgados. En cuanto al tramo del río Canaleta que atraviesa la MASb, sólo se dispone de la información bibliográfica en la que se cuantifica una pérdida de caudal cuantiosa a favor de los afloramientos liásicos que atraviesa aguas abajo de la Font Calda.

- **Tramo barranco de Xalamera** (091.099.001-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco de Xalamera). Corresponde al tramo del barranco de Xalamera a lo largo desde su entrada en la MASb hasta su confluencia con el barranco Valldembalges. No

existen datos para poder determinar la relación río-acuífero en el tramo restante del barranco hasta su salida de la MASb.

- **Tramo barranco de las Fuentes o de Paúls** (091.099.002-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco de Las Fuentes o de Paúls). Corresponde con el tramo del Barranco de Las Fuentes que circula por los afloramientos Triásicos permeables del Muschlelkalk hasta el manantial de Paúls.
- **Tramo barranco de las Fuentes o de Paúls** (091.099.003-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco de Las Fuentes o de Paúls). Corresponde con el tramo del Barranco de Las Fuentes que va desde el manantial de Paúls hasta las salida del barranco de la MASb.
- **Tramo barranco de la Cunca** (091.099.004-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco de la Cunca). Corresponde con el primer tramo del Barranco de la Cunca hasta que alcanza el nivel impermeable del Keuper.
- **Tramo barranco Cervera** (091.099.005-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco Cervera). Corresponde con el primer tramo del barranco hasta su salida de los afloramientos Triásicos. La falta de datos aguas abajo de este punto impide cuantificar la relación río acuífero del resto del barranco hasta su salida de la MASb.
- **Tramo barranco de Lloret** (091.099.006-Tramo conectado con la MAS que constituye el Barranco de Lloret). Corresponde al tramo que discurre entre los afloramientos triásicos y la salida del barranco fuera de la MASb.
- **Tramo Canaleta** (091.099.007-Tramo conectado con la MAS código 178). Corresponde con el tramo del río Canaleta a su paso por los afloramientos liásicos situados al Norte de la MASb.

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	
091.099.001	Barranco de Xalamera			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.002	Barranco de Las Fuentes o de Paúls			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.003	Barranco de Las Fuentes o de Paúls			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.004	Barranco de la Cunca			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.005	Barranco Cervera			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.006	Barranco de Lloret			Barranco	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Triásico Medio y Jurásico
091.099.007	Canaleta	178	Río Canaleta desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Río mineralizado de baja montaña mediterránea	Masa Natural	Jurásico

Tabla 4. Identificación de los tramos de ríos conectados

A continuación se describe el modelo conceptual de la relación río-acuífero de los tramos identificado en la MASb Puertos de Tortosa.

Tramo Barranco de Xalamera (091.099.001). Este tramo atraviesa las FGP del Triásico y del Jurásico a una cota superior a la del nivel piezométrico de dichas FGP, lo que permite una recarga de las mismas. El caudal que discurre por el barranco es generado en la MASb contigua de Puertos de Beceite. La única información que permite determinar que se trata de un tramo perdedor proviene de un único aforo diferencial. Se desconoce el tipo de conexión entre el tramo y la FGP por lo que el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río perdedor con conexión difusa indiferenciada (código 441-Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes). En este tramo el barranco Xalamera presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Barranco de Las Fuentes o de Paúls (091.099.002). Este tramo atraviesa la FGP del Triásico, la cual acaba siendo drenada a través del manantial de Paúls, situado en el flanco oriental del anticlinal de Paúls, en el contacto con los niveles margosos impermeables del keuper, lo que provoca una descarga de la FGP hacia el curso de agua. Así pues, el modelo conceptual para este tramo se corresponde con una descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el barranco de Las Fuentes presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Barranco de Las Fuentes o de Paúls (091.099.003). Este tramo atraviesa la FGP del Jurásica a una cota superior a la del nivel piezométrico lo que provoca una

recarga de la misma. La relación río-acuífero ha sido establecida en base a aforos diferenciales puntuales que permiten establecer un modelo conceptual de tipo cauce perdedor con conexión difusa indirecta por sumideros (*código 421-Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el barranco de Las Fuentes presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Barranco de la Cunca (091.099.004). Este tramo atraviesa la FGP del Triásico a una cota inferior a la del nivel piezométrico lo que provoca la descarga de la FGP hacia el curso de agua. Este barranco cuenta con un canal paralelo al curso del mismo al cual se deriva parte del caudal circulante. Así pues, el modelo conceptual para este tramo se corresponde con un cauce ganador que recibe la descarga difusa del acuífero (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el barranco de la Cunca presenta un régimen hidrológico natural modificado.

Tramo Barranco Cervera (091.099.005). Este tramo atraviesa la FGP del Triásico a una cota inferior a la del nivel piezométrico lo que provoca la descarga de la FGP hacia el curso de agua. No existen aforos diferenciales que permitan cuantificar la relación dicha relación quedando establecida en base a la información bibliográfica. Así pues, el modelo conceptual para este tramo se corresponde con un cauce ganador que recibe la descarga difusa del acuífero (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). Este tramo presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Barranco de Lloret (091.099.006). Se trata del tramo del barranco que discurre desde el final de los afloramientos triásicos hasta la salida de la MASb. Este tramo atraviesa la FGP Jurásica a una cota superior a la del nivel piezométrico lo que provoca la recarga de la FGP desde el curso de agua. La relación río-acuífero ha sido definida en base a tres puntos de aforo diferencial, en los que se aprecia una disminución progresiva de caudal. Así pues, el modelo conceptual para este tramo se corresponde con un cauce perdedor con conexión difusa directa (*código 402-Conexión difusa directa en cauces influentes*). Este tramo presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Canaleta (091.099.007). Se trata del tramo del río Canaleta que discurre sobre los afloramientos carbonatados del Lías. Este tramo atraviesa la FGP Jurásica a una cota superior a la del nivel piezométrico lo que provoca la recarga de la FGP desde el curso de agua. La relación río-acuífero ha sido definida en base a la bibliografía consultada que estima una pérdida media de caudal de 6,5 hm³/año. Así pues, el modelo conceptual para este tramo se corresponde con un cauce perdedor con conexión difusa indirecta por sumideros (*código 421-Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). Este tramo presenta 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)
091.099.001	Barranco de Xalamera	Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-		3.605
091.099.002	Barranco de las Fuentes o de Pauls	Descarga puntual por un único manantial	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-	Barrera hidrogeológica asociada a niveles margosos triásicos-	262
091.099.003	Barranco de las Fuentes o de Pauls	Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-	-	2.169
091.099.004	Barranco de la Cunca	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural Modificado	Aluvial poco desarrollado (arenas y gravas con matriz limo-arcillosa)	-	Drenaje difuso del acuífero Triásico	5.467
091.099.005	Barranco Cervera	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-	Drenaje difuso del acuífero Triásico	4.160
091.099.006	Barranco de Lloret	Conexión difusa directa en cauces influentes	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-		4.095
091.099.007	Canaleta	Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes	Natural	Sin lecho o de muy limitado desarrollo	-		992

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 091.099 Puertos de Tortosa corresponden a:

- Tramo perdedor mediante conexión difusa indiferenciada (091.099.001).
- Tramo ganador a favor de un manantial asociado al cauce o un tributario (091.099.002).
- Tramo perdedor mediante conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes (091.099.003).
- Tramos ganadores con conexión difusa directa en cauces efluentes (091.099.004 y 091.099.005).
- Tramo perdedor con conexión difusa directa en cauces influentes (091.099.006).
- Tramo perdedor con conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes (091.099.007).

Para la cuantificación de estas relaciones se ha partido de datos procedentes de medidas de control hidrométrico realizadas por la CH Ebro y el IGME, así como de una serie de datos de aforos diferenciales que fueron realizados durante la ejecución de un estudio hidrogeológico desarrollado por la CH Ebro entre 1990-1991.

3.2.1 Análisis de series de aforos

No existen dentro de esta MASb series de aforos de la red oficial de control de la CHE, con las que poder cuantificar relaciones río-acuífero. Únicamente existen datos históricos de puntos de control de la CHE y del IGME que serán comentados en el siguiente apartado.

3.2.2 Análisis de datos hidrométricos

Tanto la CHE como el IGME disponen de datos de control foronómico en determinadas secciones de control en los principales barrancos (Xalamera, de las Fuentes, de la Cunca, Cervera y de Lloret) que surcan la MASb en dirección Oeste-Este. Estas secciones o puntos de control foronómico suelen estar ubicadas en puntos estratégicos, que con el objeto de establecer la relación río-acuífero. Además, existe información de una campaña de aforos diferenciales efectuada en algunos de estos barrancos que permiten realizar una valoración cualitativa de la relación río-acuífero. A continuación se desglosan las conclusiones que se obtienen del análisis de los datos hidrométricos disponibles.

- **Barranco Xalamera**. En este barranco únicamente existe información de una campaña de aforos diferenciales realizada en 1990 por la CHE (CHE, 1991-b). En dicho estudio se controló el caudal que circulaba por el barranco en 3 puntos distintos (Xalamera-1, Xalamera-2 y Xalamera-3) apreciándose una disminución progresiva de caudal de 28, 8 y 0 l/s respectivamente. Mediante la comparación entre los puntos 1 y 2 se define el tramo de barranco desde su entrada en la MASb hasta la confluencia con el barranco de Valdembalges. El tramo siguiente corresponde con el resto del barranco hasta su confluencia con el río Ebro. En este tramo se produce una pérdida de caudal, aunque se desconoce si dicha pérdida se produce dentro de la MASb en estudio o en la MASb contigua (Plana de la Galera).
- **Barranco de las Fuentes o Paúls**. Este barranco cuenta con información de control hidrométrico aguas abajo del manantial de Las Fuentes, controlado tanto por el IGME como por la CHE. Este manantial constituye una importante descarga de la FGP Triásica. El IGME dispone de una escala limnimétrica (31194 P/A) con datos desde 1981 a 1999, con oscilaciones de caudal de entre 2,3 y 369,3 l/s. Asimismo la CHE ha controlado a su vez otra escala limnimétrica (código 311940017) para el mismo periodo de tiempo con caudales variables entre 21,18 y 235 l/s. A pesar de que el periodo de control es 18 años, el número de datos de caudal existente en cada uno de los puntos es muy reducido (27 y 21 datos de caudal respectivamente). Aun así se ha realizado el cálculo del parámetro de agotamiento (α) correspondiente a la descarga de este manantial, obteniendo un valor de $0,123 \text{ mes}^{-1}$. Además, existe información de la campaña de aforos diferenciales efectuada por la CHE,

en la que se midió el caudal circulante por este barranco en 5 puntos, 4 de ellos situados dentro de los límites de la MASb de Puertos de Tortosa (Fuentes-1, Fuentes-2, Fuentes-3 y Fuentes-4), y 1 (Fuentes-5), en la MASb contigua de la Plana de la Galera. El dato de caudal obtenido en cada uno de estos puntos (de aguas arriba a aguas abajo) es de 74, 464, 413, 74 y 121 l/s respectivamente. Con estos valores se ha establecido un primer tramo ganador a favor del manantial de las Fuentes, y un segundo tramo perdedor, desde éste manantial hasta el límite de la MASb, en el que el agua circulante por el cauce se infiltra a favor de materiales de la FGP Jurásica.

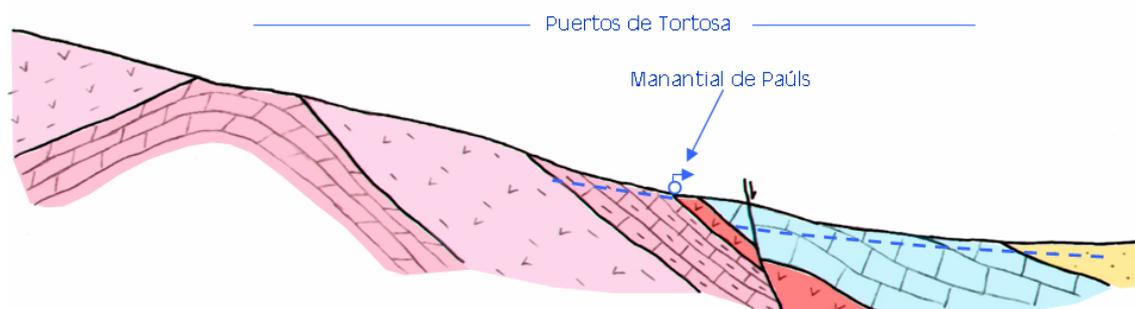


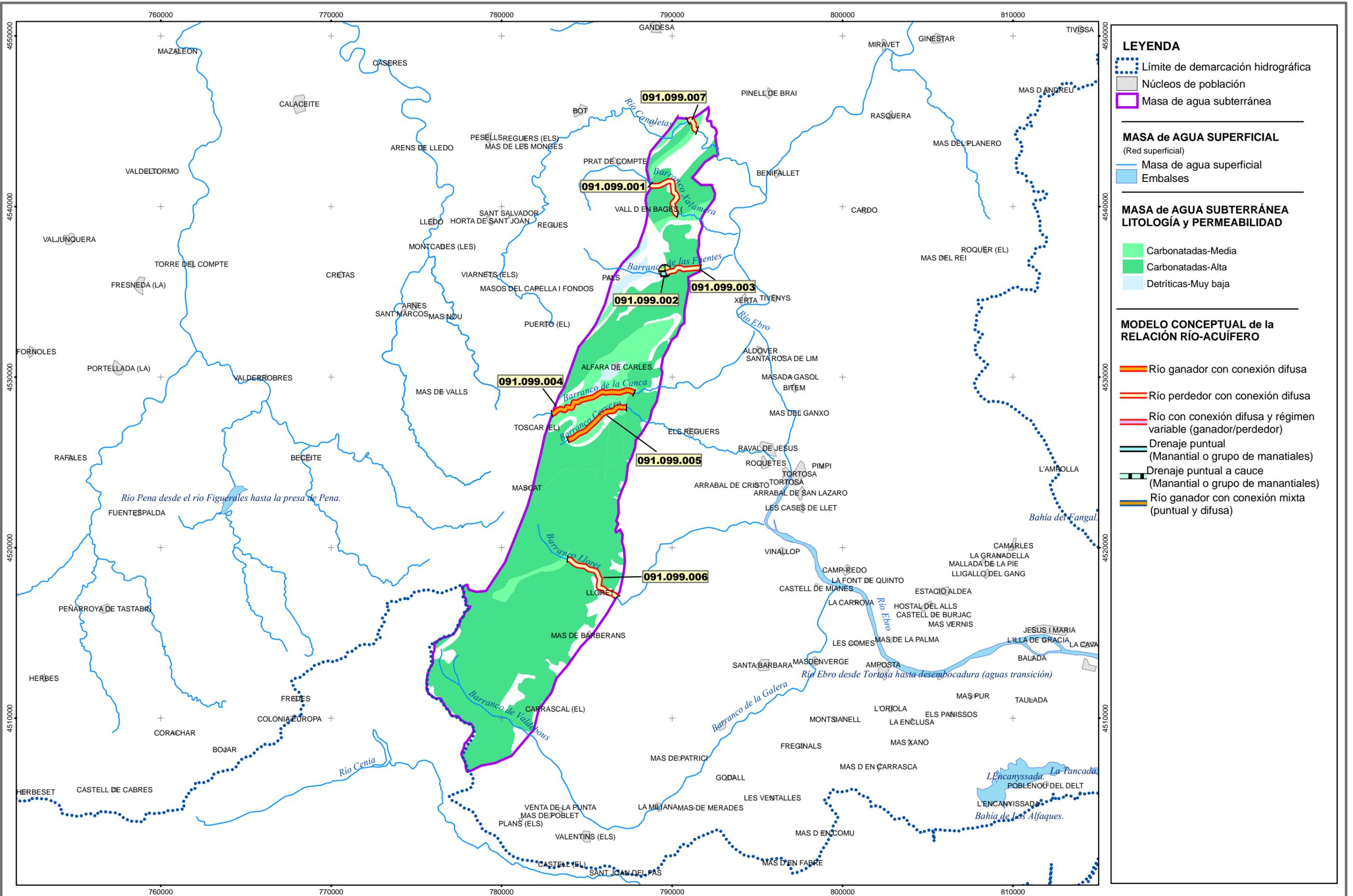
Figura 1. Esquema de funcionamiento del manantial de Paúls

- **Barranco de la Cunca.** En este barranco existe información de control hidrométrico en dos secciones distintas, una en el propio barranco y otra en el canal que discurre paralelo a este, que han sido controladas tanto por el IGME como por la CHE. Las secciones que controló el IGME son escalas limnimétricas (31198 CUA y 31198 CUB, situadas en el propio barranco y en canal respectivamente). El periodo de control de ambas escalas es de 1990 a 1999, con variaciones de caudal que oscilan entre 1,55 y 369,3 l/s en el barranco y entre 2,4 y 46,9 l/s en el canal. Los datos que aporta la CHE también hacen referencia a dos secciones de aforo directo (en el barranco y en el canal), con un total de 12 medidas ejecutadas entre 1990 y 1999, con caudales que oscilan entre 0 y 373 l/s y 0 y 36,5 l/s respectivamente. En base a esta información y a la bibliografía consultada se ha considerado que el barranco se comporta como ganador, drenando la FPG Triásica. Además de los puntos antes comentados, también existen datos de la campaña de aforos diferenciales realizada por la CHE en 1990. Se efectuaron aforos en 2 puntos con objeto de establecer la relación río-acuífero del tramo que discurre a través de las formaciones jurásicas antes de abandonar la MASb. Los aforos se realizaron tanto en el cauce del barranco, como en el canal paralelo a éste. Estos aforos no permiten cuantificar relación río-acuífero puesto que el caudal medido en el cauce permanece invariable en las dos secciones controladas, variando únicamente en los aforos realizados en el canal (con una reducción aguas abajo).

- **Barranco Cervera**. La información existente en este barranco es escasa. El IGME ha controlado una escala limnimétrica (31198 CEA) entre 1990 y 1999, con variaciones de caudal entre 215 y 1,8 l/s. El resto de la información hidrométrica disponible tiene escasos registros y no aportan información en cuanto al funcionamiento hidrogeológico de la relación río-acuífero. Al igual que ocurre con el barranco de Pauls, se considera que el barranco de Cervera drena la FGP Triásica a lo largo de su transcurso a través de esta.
- **Barranco de Lloret**. En este barranco únicamente existe información de la campaña de aforos diferenciales realizada en 1990 para un estudio de la CHE. En dicho estudio se controló el caudal que circulaba por el barranco en 3 puntos distintos (Lloret-1, Lloret-2 y Lloret-3) apreciándose una disminución progresiva de caudal habiéndose aforado 320, 269 y 169 l/s respectivamente. Además existe un punto de la red de control piezométrico oficial (312030009) situado en el propio barranco a una cota de 300 m snm y aguas arriba del punto de aforo Lloret-1, en el que el nivel piezométrico se sitúa a cotas de entre 297 y 273 m snm. Se desconoce si entre el piezómetro y el punto Lloret-1 se produce un aporte de caudal a favor de una escama triásica, o si por el contrario, el origen del caudal de este barranco se produce aguas arriba del punto de control piezométrico y todo el tramo se comporta como perdedor. Esta incertidumbre provoca que únicamente se haya establecido la relación río-acuífero en el tramo controlado por los aforos diferenciales, es decir, aguas abajo de la escama triásica, considerándose como un tramo perdedor que recarga la FGP Jurásica.

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)	Número de datos (NAE)		
091.099.001		-0,0051 ⁽¹⁾	-	1	Natural	Se desconoce el tramo o tramos en los que se produce la descarga, por lo que la RUT se ha calculado para la longitud total del tramo que comprende los 2 afloros diferenciales.
091.099.002	84,7 ⁽²⁾				Natural	Se trata de una descarga puntual al cauce asociada con barrera hidrogeológica triásica.
091.099.003 ¹		-0,34 ⁽¹⁾		1	Natural	Dato calculado en base a 3 afloros diferenciales. La mayor pérdida se produce entre el 2º y 3º punto de aforo.
091.099.004 ¹		0,02 ⁽²⁾	1990-1999	18	Natural poco modificado	El dato de RUT se ha obtenido teniendo en cuenta que la relación se produzca por igual a lo largo del tramo definido
091.099.005		0,0076 ⁽²⁾	1990-1999	18	Natural	El dato de RUT se ha obtenido teniendo en cuenta que la relación se produzca por igual a lo largo del tramo definido
091.099.006		-0,034 ⁽¹⁾		1	Natural	Dato calculado en base a 3 afloros diferenciales, en los que se produce una pérdida progresiva de caudal.
091.099.007		-0,21		1	Natural	Dato c calculado considerando el volumen de pérdida establecido en la bibliografía para este tramo.
(1)	Dato calculado en base a los afloros diferenciales realizados por la CHE en 1990					
(2)	Dato calculado a partir de puntos de control del IGME (Escala limnimétrica en cauces)					

Tabla 6. Resumen de la cuantificación río-acuífero



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Núcleos de población
- Masa de agua subterránea

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

- Carbonatadas-Media
- Carbonatadas-Alta
- Detríticas-Muy baja

MODELO CONCEPTUAL de la RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO

- Río ganador con conexión difusa
- Río perdedor con conexión difusa
- Río con conexión difusa y régimen variable (ganador/perdedor)
- Drenaje puntual (Manantial o grupo de manantiales)
- Drenaje puntual a cauce (Manantial o grupo de manantiales)
- Río ganador con conexión mixta (puntual y difusa)

4. Manantiales

Dentro de los límites de esta MASb se han considerado un total de 9 manantiales inventariados por el IGME, de los cuales sólo 1 se considera como principal, siendo el resto secundarios.

4.1 Manantiales principales

El único manantial de importancia y con relación río-acuífero dentro de los límites de la MASb, es el manantial de Pauls, situado en el propio barranco de las Fuentes o Pauls. Este manantial ha sido inventariado tanto por el IGME como por la CHE (código 311940003). El caudal de salida del manantial ha sido controlado, mediante escala limnométrica en el punto de control 31194/PA, entre 1981 y 1999, por el IGME, existiendo, para este periodo, un total de 27 medidas de caudal, que oscilan entre 2,33 l/s, de mínima, y 369,3 l/s, de máxima. El siguiente gráfico muestra el parámetro de agotamiento calculado en base a la información existente. Únicamente se ha calculado en base a un periodo puntual, ya que el resto de datos presentan gran dispersión en el tiempo. El análisis efectuado muestra un parámetro de agotamiento de $0,123 \text{ mes}^{-1}$, lo que implica un periodo de semi-agotamiento de 5,6 meses, que sería aplicable a la descarga de la FGP Triásica.

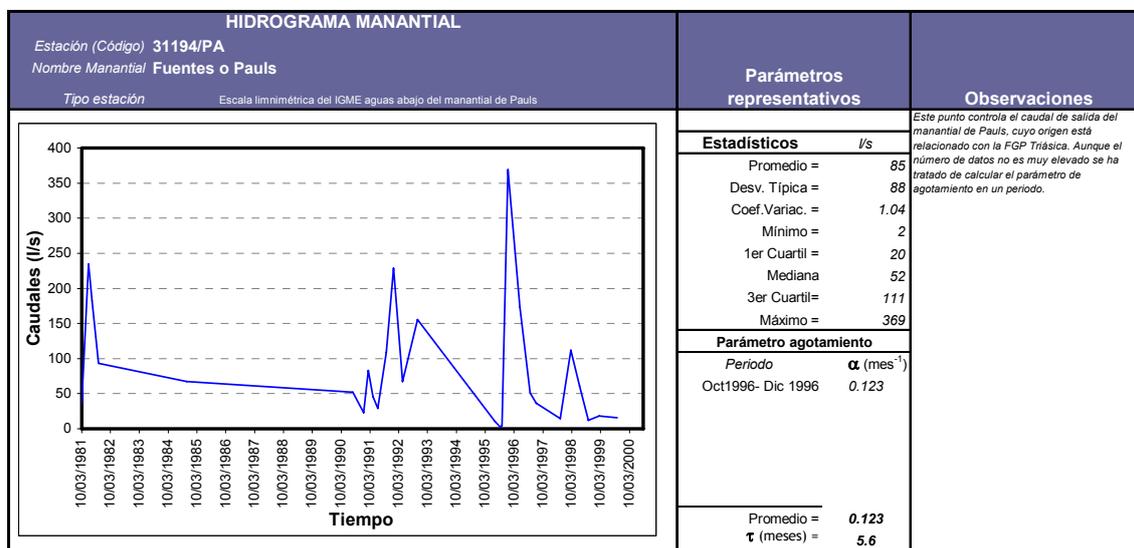


Figura 2. Análisis del hidrograma del manantial de Pauls 311940003 (Punto de control 31194/PA)

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		
Pauls	311940003	Barranco de las Fuentes o Pauls	091.099.002	789587	4536240	130	Corresponde a la descarga de la FGP Triásica, en el contacto con los tramos más margosos del Triás Superior

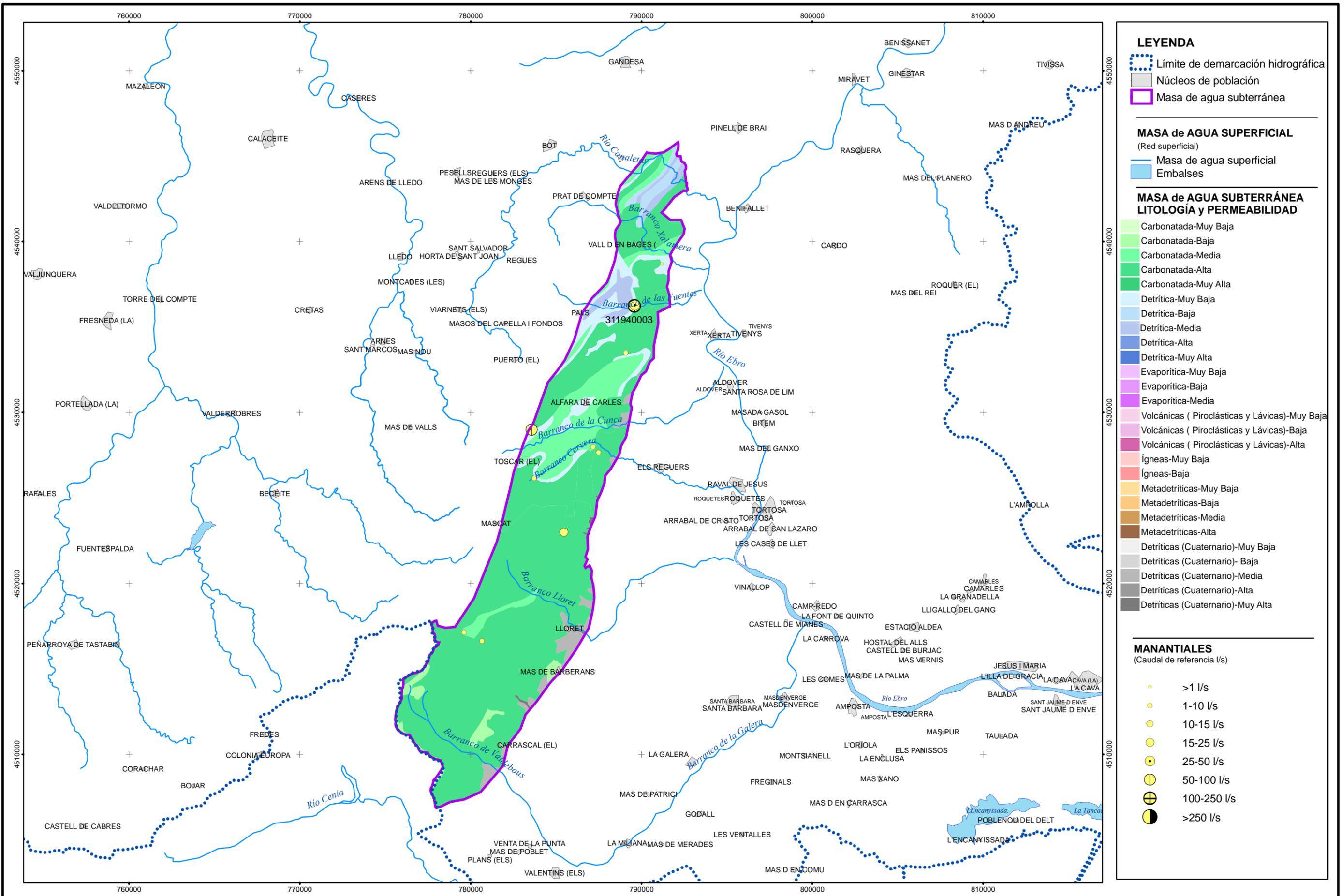
Tabla 7. *Manantiales principales. Puertos de Tortosa (091.099)*

4.2 Resto de manantiales

Existen otros manantiales de menor importancia situados dentro de los límites de la MASb de Puertos de Tortosa, aunque no todos ellos tienen relación directa con esta MASb, sino que están relacionados con la MASb contigua de Puertos de Beceite, como es el caso del manantial con código 311970004, situado en el límite Oeste de la MASb y al Norte del núcleo poblacional de El Toscar.

Con respecto a las FGP principales, el IGME tiene inventariados 5 manantiales relacionados con la descarga de la FGP Jurásica (311940002, 311980006, 311980007, 311970006 y 312030001) y otros 3 relacionados con la FGP Triásica (311980008, 312020002 y 312030002). Se trata de manantiales de caudal escaso (inferior a 20 l/s), en los que apenas existen 1 ó 2 medidas de caudal.

Estos manantiales están relacionados con los depósitos margo-yesíferos del keuper, que actúan como impermeable de base de la FGP Jurásica y como impermeable de techo de la FGP Triásica.



5. Zonas húmedas

En la MASb Puertos de Tortosa no hay ningún humedal catalogado, por lo que no se desarrolla el presente apartado.

6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos

La información existente en referencia al principal curso de agua (río Canaleta) asociado con esta MASb es muy escasa, por lo que no se puede establecer una cuantificación (caso de existir) de la relación río-acuífero a su paso por esta MASb. El único punto de control foronómico existente en este cauce se encuentra situado entre dos tramos que atraviesan las FGP Jurásica y Triásica.

Por otro lado, las relaciones río-acuífero establecidas hacen referencia a los principales barrancos relacionados con las FGP definidas. La definición de estas relaciones se han basado, fundamentalmente, en una campaña de aforos diferenciales realizada en 1990 para un estudio de la CHE.

Además se ha calculado el coeficiente de semi-agotamiento del manantial de Pauls. Únicamente se ha podido calcular para un periodo de agotamiento ya que la serie de datos tiene poca continuidad, por lo que su representatividad se considera baja.

6.2 Propuesta de actuaciones

Como propuesta principal de actuación se propone establecer dos secciones de aforo, a la entrada y a la salida del río Canaleta de la MASb, que junto con el punto de control ya existente (31194/CB), permitan establecer la relación río-acuífero del Canaleta a su paso por la MASb. Por comparación entre el aforo propuesto a la entrada y el punto de control existente, se podrá cuantificar la relación río-acuífero del primer tramo del Canaleta a su paso por las FGP Triásica y Jurásica. A su vez, por comparación entre el punto de aforo existente y el propuesto a la salida de la MASb se podrá establecer la relación río-acuífero con el afloramiento de la FGP Jurásica.

Además se propone instalar una sección de aforo a la salida del barranco de La Galera hacia la MASb contigua de la Plana de la Galera, que junto con la estación de aforo que propone la

CHE para cuantificar la descarga de una serie de manantiales al barranco, servirá para cuantificar la relación barranco-acuífero en este tramo. También existe una propuesta de la CHE cuyo objetivo es controlar el caudal de salida del manantial de Paüls, de manera que se podrán determinar su coeficiente de semi-agotamiento y periodo de agotamiento de forma más fidedigna.

La siguiente tabla incluye la situación geográfica de los 3 puntos de aforo propuestos.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
1	789082	4544193	137	Río Canaleta	Controlar el caudal del río Canaleta a su entrada en la MASb para poder establecer la relación río-acuífero con los primeros afloramientos de las FGP Triásicas y Jurásicas.
2	792663	4542765	57	Río Canaleta	Controlar el caudal del río Canaleta a su salida de la MASb para poder establecer la relación río-acuífero con el segundo afloramiento de la FGP Jurásica.
3	781470	4508950	410	Barranco de La Galera	Controlar el caudal del barranco La Galera a su salida de la MASb

Tabla 8. *Estaciones de control propuestas*

Complementariamente sería interesante realizar un control diferencial en el Bco. de Lloret y controlar las descargas del manantial de Pauls.

Por último, sería interesante construir piezómetros de control en las proximidades de los principales barrancos que faciliten la comprensión de la relación de éstos con los acuíferos. La ubicación de dichos puntos habrá de ser estudiada con mayor detenimiento en campo debido a la dificultad de acceso a dichos barrancos.

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 (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 496 y 521.
- (4) Zeta Amaltea (1998): Actualización hidrogeológica de la 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. 091.099-Puertos de Tortosa

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)			091.099	Puertos de Tortosa				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	
311940003	311940003	Las Fuentes	091.099.002	Triásica	789587	4536240	130	129	110	110	110	110	Abastecimiento