

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

091.102 y 091.103 PLANA y MESOZOICO DE LA GALERA



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**

091.102 PLANA DE LA GALERA y 091.103 MESOZOICO DE LA GALERA

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>	5
1.2.3 <i>Funcionamiento hidrogeológico</i>	6
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	9
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	9
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	9
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	10
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	14
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	14
3.2 CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	17
3.2.1 <i>Análisis de series de aforos</i>	20
3.2.2 <i>Análisis de datos hidrométricos</i>	21
4. MANANTIALES	24
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	24
4.2 RESTO DE MANANTIALES	25
4.3 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	26
4.4 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	26
5. ZONAS HÚMEDAS	27
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	27
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	27
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	27
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	29

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

091.102 PLANA DE LA GALERA y 091.103 MESOZOICO DE LA GALERA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis del hidrograma 32205 (Manantial de La Carroba)..... 21

**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**

091.102 PLANA DE LA GALERA y 091.103 MESOZOICO DE LA GALERA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	9
No se ha definido ningún punto de la red oficial de control hidrométrico en esta MASb.....	9
Tabla 2. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico	12
Tabla 3. Identificación de los tramos de ríos conectados. Plana de la Galera (091.102) y Mesozoico de la Galera (091.103).	16
Tabla 4. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos. Plana de la Galera (091.102) y Mesozoico de la Galera (091.103).....	17
Tabla 5. Resumen de la cuantificación río-acuífero.....	22
Tabla 6. Manantiales principales de la MASb Plana de la Galera (091.102) y la MASb Mesozoico de la Galera (091.103)	25
Tabla 7. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial hidrométrica de control de aguas subterráneas	26
Tabla 8. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico	26
Tabla 9. Estaciones de control propuestas.....	28

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

091.102 PLANA DE LA GALERA y 091.103 MESOZOICO DE LA GALERA

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	2
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	8
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	13
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	23

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 Identificación, morfología y datos previos

La MASb Plana de La Galera (091.102) cuenta con una extensión de 358 km². Localizada en la provincia de Tarragona, incluye las comarcas de Montsià, Baix Ebre, Terra Alta y Ribera d'Ebre. Al igual que la MASb 091.099 (Puertos de Tortosa), esta MASb procede de una subdivisión de la antigua UH 8.21 (Bajo Ebro-Montsià) a la que se le ha eliminando un pequeño sector de la cuenca del río Cenja por no pertenecer a la cuenca del Ebro.

En cuanto a la orografía, el área presenta un relieve en cuesta con pendiente suave y descendente hacia el este y noreste, surcada en esa misma dirección por diversos barrancos que buscan la desembocadura al río Ebro en la MASb Aluvial de Tortosa. La cota topográfica se encuentra entre los 10 y los 549 m.s.n.m., con una altitud media de 159 m.s.n.m..

El cauce más importante es el río Canaleta, que delimita la MASb en la zona septentrional. Por otra parte, como ya se apuntaba líneas arriba, cruzando de oeste a este la MASb discurren diversos barrancos, como el de Xalamera, el de las Fuentes, el de Cunca y el de Lloret. Son citados de norte a sur y, al igual que el barranco de la Galera, todos ellos son tributarios del río Ebro, cuyo aluvial recibe gran parte del flujo de agua subterránea de la MASb Plana de la Galera.

No se tiene conocimiento del desarrollo de ningún modelo matemático de transporte ni de flujo que se centrara en la región de la Plana de la Galera.

1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

La Plana de la Galera es una fosa tectónica interpuesta entre los Puertos de Tortosa y las sierras de Godall y Montsiá que se rellenó progresivamente, a partir del Mioceno, con los materiales detríticos de los abanicos aluviales, piedemontes y conos de deyección. De tal modo que la zona se convirtió en una zona de estuario-bahía, con depósitos en los que predominan las gravas calcáreas con alternancia de arcillas rojas.

Interdentado con los piedemontes, se ha detectado mediante sondeos desde Xerta hasta Amposta el depósito conocido como "aluvial interno del Ebro". Muy pocos sondeos lo atraviesan en su totalidad y ninguno en la zona donde adquiere mayor espesor y donde se localiza su menor cota de techo (entre el Arrabal de Jesús y Tortosa). Las investigaciones geofísicas realizadas en este sector, señalan una cota de su muro de hasta 250 m de profundidad.

La mayor abundancia de material detrítico grueso se localiza en la parte inferior de la serie detrítica, en contacto directo con los depósitos del "aluvial interno".

El espesor de las formaciones detríticas es menor en la zona norte, donde alcanza espesores entre 100 y 200 metros, aumentando hacia el Sur hasta valores del orden de 300 metros.

El conjunto de depósitos detríticos del Terciario y Cuaternario de la Plana de la Galera presenta un funcionamiento hidrogeológico único.

Considerando la relación río-acuífero, se pueden distinguir dos FGP:

- **FGP detrítica:** Esta formación incluye los piedemontes y conos de deyección miocenos y pliocenos que ocupan toda la Plana de La Galera y la base de los relieves montañosos y el aluvial interno del Ebro. Esta formación la constituyen conglomerados calcáreos con matriz arcillosa. A techo se localiza un nivel de costras calcáreas, que localmente puede adquirir un aspecto de caliza lacustre, con potencias máximas del orden de 2 m, aunque generalmente no superan el metro de espesor.

En la Plana de la Galera constituyen el relleno de la fosa tectónica y pueden alcanzar espesores del orden de los 200 – 300 m, con una permeabilidad media-alta y de naturaleza porosa.

Señalar que, los cauces actuales y las terrazas bajas, presentan gravas, arenas y limos de fondo de valle y que tienen una permeabilidad porosa muy alta.

En profundidad aparece la formación conocida como “aluvial interno del Ebro”. Sondeos mecánicos entre el pueblo del Arrabal de Jesús y Masdenverge han reconocido la existencia de gravas poligénicas que aparecen a profundidades del orden de los 100 – 150 m y que corresponden a un paleocauce excavado en materiales del Plioceno. Su espesor oscila entre valores próximos a los 20 m, en las zonas más alejadas del Ebro, y cifras del orden del centenar de metros bajo el aluvial actual.

Además, a muro de la serie detrítica se sitúa el conjunto carbonatado mesozoico en referencia al que se define la MASb Mesozoico de la Galera.

- **FGP carbonatada:** Margas, calizas y dolomías, petrológicamente “wackstone” y “packstone”, con bioturbaciones. La serie es de edad mesozoica y la sedimentación comienza en el Muschelkalk superior con dolomías que hacia techo pasan a calizas y margocalizas, conformando un paquete de unos 100 metros y de permeabilidad media, que afloran en la zona septentrional de la Plana de la Galera, entre Xerta y Els Reguers.

En los sondeos profundos del área de La Cenia, se observa que a muro de las gravas se emplaza una potente serie arcillosa pliocena de baja permeabilidad. Estas arcillas constituyen el nivel de base e individualizan la FGP detrítica del paquete mesozoico subyacente que conforma la MASb Mesozoico de la Galera (091.103). En la zona septentrional y en el tramo final del barranco de la Galera, esta serie arcillosa puede estar ausente. Por esta falta de constancia en su distribución y por lo irregular de su espesor, el límite inferior de la MASb Plana de la Galera queda establecido por el paquete calcáreo mesozoico que constituye la MASb Mesozoico de la Galera. Ambas masas de agua subterránea funcionan como un sistema hidrogeológico único donde la serie arcillosa anteriormente citada está ausente, es decir, en la mitad septentrional.

Por otro lado, se desconoce en gran medida las condiciones geométricas internas de la MASb Mesozoico de la Galera, si bien es de esperar que esté afectada por una directriz tectónica semejante a la observada en las sierras de Puertos de Tortosa y Montsiá-Godall.

El límite inferior de la MASb Mesozoico de la Galera se identifica con las facies margosas del Muschelkalk medio, a gran profundidad bajo la fosa. No se dispone de datos sobre la potencia del acuífero. Considerando los datos de espesor de la serie estratigráfica en áreas adyacentes, su potencia se estima en 1.000 - 1.500 m.

Los datos procedentes de sondeos localizan el techo del acuífero a profundidades variables entre 100 y 300 m. En la cuenca del Cenia, si bien no se dispone de datos, el acuífero es subflorante en el cauce del Cenia.

Presenta permeabilidad por karstificación, cuya heterogeneidad y anisotropía tienen su reflejo en la gran variación de sus propiedades hidrodinámicas. Dentro de la serie se reconocen tres niveles muy permeables: el Malm-Neocomiense, las calizas de la serie Aptiense y Albiense inferior, y las calizas del Cenomaniense. Los dos últimos separados por un potente tramo muy margoso de baja permeabilidad. De esta forma, el acuífero se puede categorizar como un acuífero kárstico multicapa y su relación río-acuífero queda supeditada a los materiales detríticos que presenta a techo.

1.2.2 Estructura geológica

La MASb se localiza en una fosa tectónica (Plana de la Galera) limitada por dos regiones montañosas, ambas con una alineación estructural y paralelas al litoral mediterráneo. La zona montañosa occidental incluye los Puertos de Beceite-Tortosa y la oriental las sierras de Godall y de Montsià.

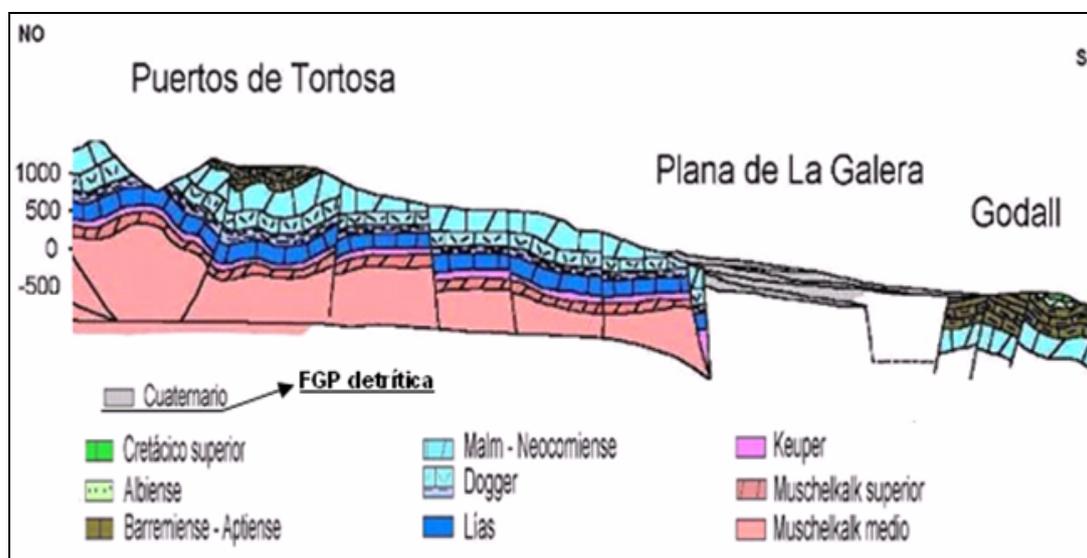


Figura 1. Corte estructural de la Plana de la Galera (Fte.: CHE, 1991)

Los cauces que se emplazan en la MASb Plana de la Galera quedan condicionados por la disposición geográfica de estos macizos montañosos.

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

La MASb Plana de la Galera recibe una importante alimentación del acuífero carbonatado mesozoico situado al oeste (MASb Puertos de Tortosa), estimada en 27,5 hm³/año.

En régimen natural, la recarga de la MASb se da en toda su extensión por infiltración de agua de lluvia y por infiltración en cauces perdedores (Barrancos de Lloret y de la Galera), mientras en el flanco oeste y suroeste hay recarga lateral desde la MASb de Puertos de Tortosa (091.099). La descarga se produce hacia la MASb Aluvial de Tortosa (091.101) y hacia la MASb Delta del Ebro (091.105), siendo la dirección de flujo predominante hacia el este en la región norte, con una componente noreste en la región sur. La componente noreste, orientada hacia la MASb Aluvial de Tortosa, tiene como resultado un grupo de surgencias en esta MASb, cuyo principal exponente es el manantial de La Carroba.

Además, por la proximidad a la superficie del nivel piezométrico de la MASb Mesozoico de la Galera (091.103) en la zona del oeste de Amposta, el barranco de la Galera es efluente en ese tramo. Concretamente, en sus 2 kilómetros finales, se midió una ganancia de 496 l/s mediante el aforo diferencial realizado en febrero de 1990¹.

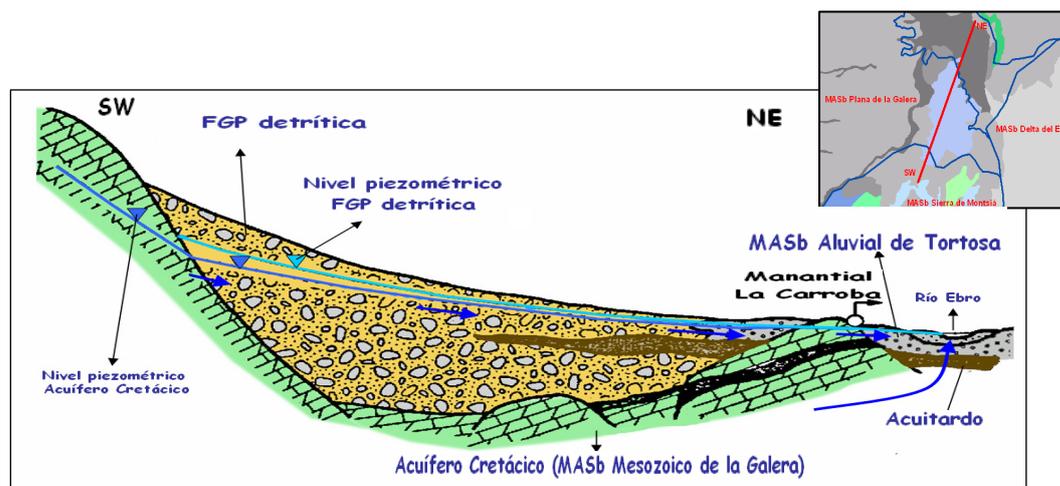


Figura 2. Esquema de funcionamiento hidrogeológico en el área de La Carroba

Es dicha proximidad del nivel piezométrico a la superficie la que favorece la descarga a favor de un afloramiento de carbonatos cretácicos, concretamente el cerro Barranconfondo, situado en el área de Santa Bárbara, al noroeste de la MASb Sierra de Montsià. Aquí La Carroba actúa como un dren de las calizas porque están en contacto directo con los abanicos aluviales antiguos y los cursos antiguos del Valle del Ebro, los cuales presentan elevadas conductividades hidráulicas. En última instancia, esta transferencia hidráulica termina en el

¹ Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. Unidad Hidrogeológica Plana de la Galera (CHE, 1991).

cauce del río Ebro por medio de surgencias en forma de manantiales en la MASb Aluvial de Tortosa.

El otro punto de descarga se sitúa en el extremo norte de la MASb, donde en los 6.500 metros finales del río Canaleta se produce una ganancia de caudal de 20 l/s.

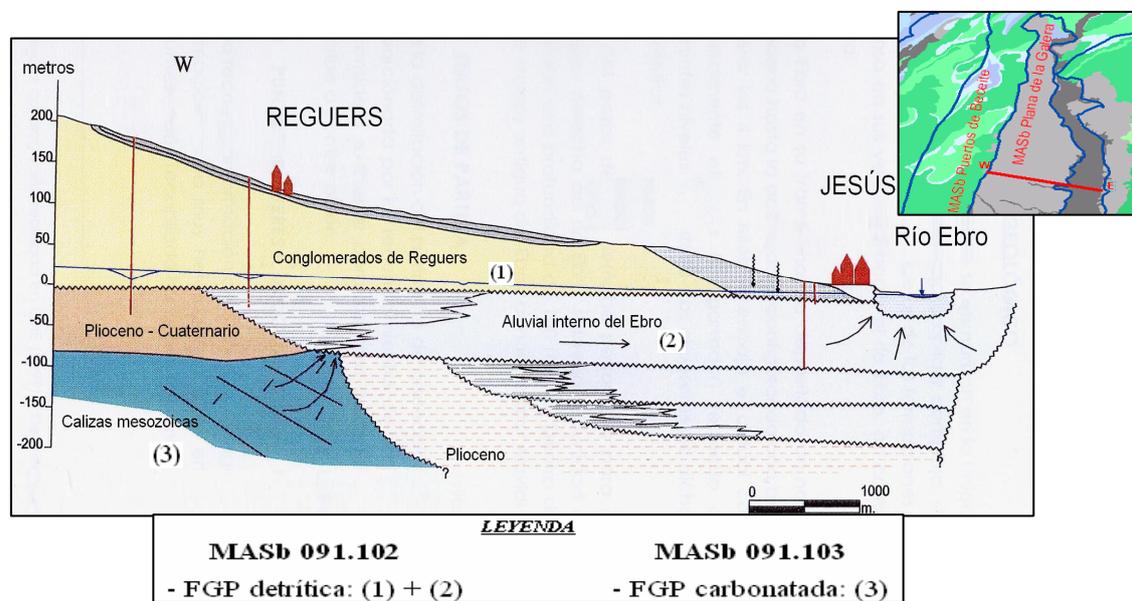
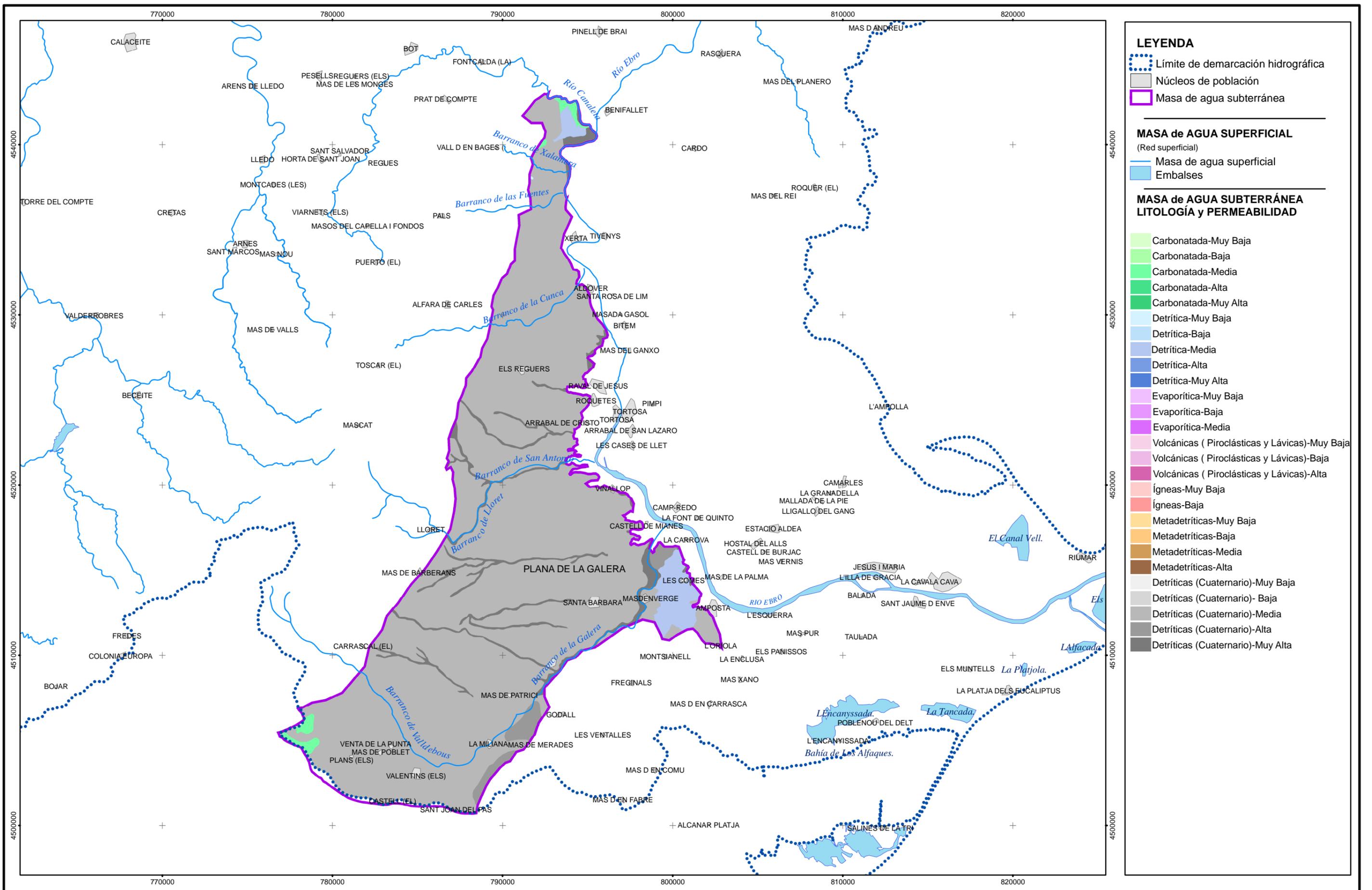


Figura 3. Esquema de funcionamiento hidrogeológico en la zona de Tortosa (Fte.: CHE, 1999). Se ilustra la relación entre los depósitos de cuaternarios de piedemonte y el “aluvial interno” del Ebro

La explotación del acuífero se cifra en un volumen anual de 14,4 hm³ (ACA, 2005). El uso más importante es el regadío que, con un volumen concesional de 12,9 hm³/año, supone el 90% de la explotación de agua subterránea en el acuífero. La zona comprendida entre Roquetes y Tortosa soporta el 78% de la extracción total que se realiza en el acuífero. No obstante, el efecto de esta concentración de la demanda está atenuado por los mejores parámetros hidrodinámicos del “aluvial interno del Ebro”.

Por último, parte de los recursos bombeados constituyen una recarga adicional por retorno de riegos.



2. Estaciones de control y medidas de caudales

En la MASb Plana de la Galera, los cauces más importantes son de pequeña entidad y no cuentan con ninguna estación de medida y control que se inscriba en la Red Superficial de Aforos de la Confederación Hidrográfica del Ebro. La Confederación Hidrográfica del Ebro realizó el “Estudio de los recursos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)” (CHE, 1991), en el que se controlaron escalas limnimétricas y se realizaron aforos directos en puntos estratégicos para monitorizar la evolución de los caudales en los cauces principales. De este modo, mediante aforos diferenciales, se constataron las pérdidas o ganancias de caudal de los ríos y barrancos.

La particularidad de la MASb Mesozoico de la Galera radica en que en sus límites no presenta un cauce importante y la relación río-acuífero tiene lugar con el río Ebro. Debido a que el río Ebro es muy caudaloso, el caudal que puede ganar o perder en la relación río-acuífero es mínimo en relación con el caudal fluyente. Por ello, la información que pueden aportarnos estos aforos queda enmascarada por el lógico error de las mediciones, de ahí que las diferencias que se pudiesen obtener entre las diversas estaciones no serían significativas y la relación río-acuífero no se puede definir mediante el análisis de datos foronómicos.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

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	Inace de representatividad
			X	Y						
322050013	IGME	Inactiva	800887	4516533	9	Manantial de La Carroba	891	7	Oct-1980 a jun-2002	0,05
32205 C/A	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-1	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/B	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-2	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/C	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-3	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/D	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-4	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/E	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-5	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/F	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-6	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/G	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carrobas-7	891	29	ago-1990 a jun-2001	0,22

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 ha definido ningún punto de la red oficial de control hidrométrico en esta MASb.

2.3 Otra información hidrométrica

A continuación se detallan los tramos de río en los que se ha definido relación río-acuífero y las secciones de medida que han ayudado a ello, partiendo del estudio, citado anteriormente, que en 1991 llevó a cabo la CHE:

Río Canaleta: Para el “Estudio de los recursos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)” (CHE, 1991) se realizaron aforos diferenciales con el objetivo de controlar la evolución del caudal del Canaleta. Se instaló una sección de aforo situada en la desembocadura del río Canaleta en el río Ebro y otra aguas arriba, a unos seis kilómetros y ya en la MASb Mesozoico de la Galera.

Río Xalamera: Resulta funcional un aforo diferencial pero, al igual que en el caso del río Canaleta, se da la problemática de que, tras el aforo situado aguas arriba, el caudal recorre parte de los materiales mesozoicos, concretamente unos dos kilómetros. El hecho de que el tramo aforado atraviese parte de dichos materiales, hace que el valor resultante del aforo diferencial no se restrinja a las MASb objeto de estudio de este documento. Por ello, dicho valor debe ser manejado con cautela, así como el del río Canaleta, y el barranco de Lloret.

Barranco de las fuentes: De nuevo se da el caso de que la estación que se encuentra aguas arriba mide un caudal que, tras ser aforado, recorre más de un kilómetro en materiales mesozoicos hasta entrar en la MASb Plana de la Galera. Además, junto a este aforo se mide la derivación a una acequia de riego para que el aforo diferencial no resulte erróneo.

Barranco de la Cunca: Se realiza un aforo diferencial que abarca la MASb Plana de la Galera en su mitad norte y con un recorrido de este a oeste prácticamente completo. En este caso se realiza un aforo complementario en el Canal de la Cunca para que en la medida final pueda sustraerse el caudal que se deriva a este canal de riego.

Barranco de Lloret: Tributario del Barranco de Sant Antoni y éste, a su vez, del río Ebro. Es el segmento controlado más corto en la MASb plana de la Galera, apenas quinientos metros. En cambio, por la piezometría y la cota topográfica se pudo inferir el carácter perdedor de ambos barrancos.

Barranco de la Galera: Se controlan los dos últimos kilómetros de este barranco mediante un aforo diferencial, como en los casos anteriores. Se trata de un punto de interés puesto que la proximidad de los materiales del Mesozoico, por los afloramientos de Montsià, provoca surgencias en forma de manantiales y aportes directos al caudal del barranco.

Río Ebro: La piezometría deja claro que el tramo de río Ebro en el extremo sur de la MASb Aluvial de Tortosa (091.101) es ganador, tanto en épocas de agua alta como

en épocas de estiaje. Este tramo recibe agua proveniente de la MASb Plana de la Galera y de la MASb Mesozoico de la Galera. Aunque no se puede definir con precisión el tramo en el que tiene lugar dicha ganancia, el volumen de agua medido mediante escalas limnimétricas en el área de La Carroba, entre agosto de 1990 y junio de 1991 (5 medidas en 7 puntos de medida), resulta evidente que hay un gran aporte por medio del manantial de La Carroba. En la citada campaña se midió un aporte de 29,9 hm³/año.

Los puntos de control para estos cauces se detallan en la tabla que sigue:

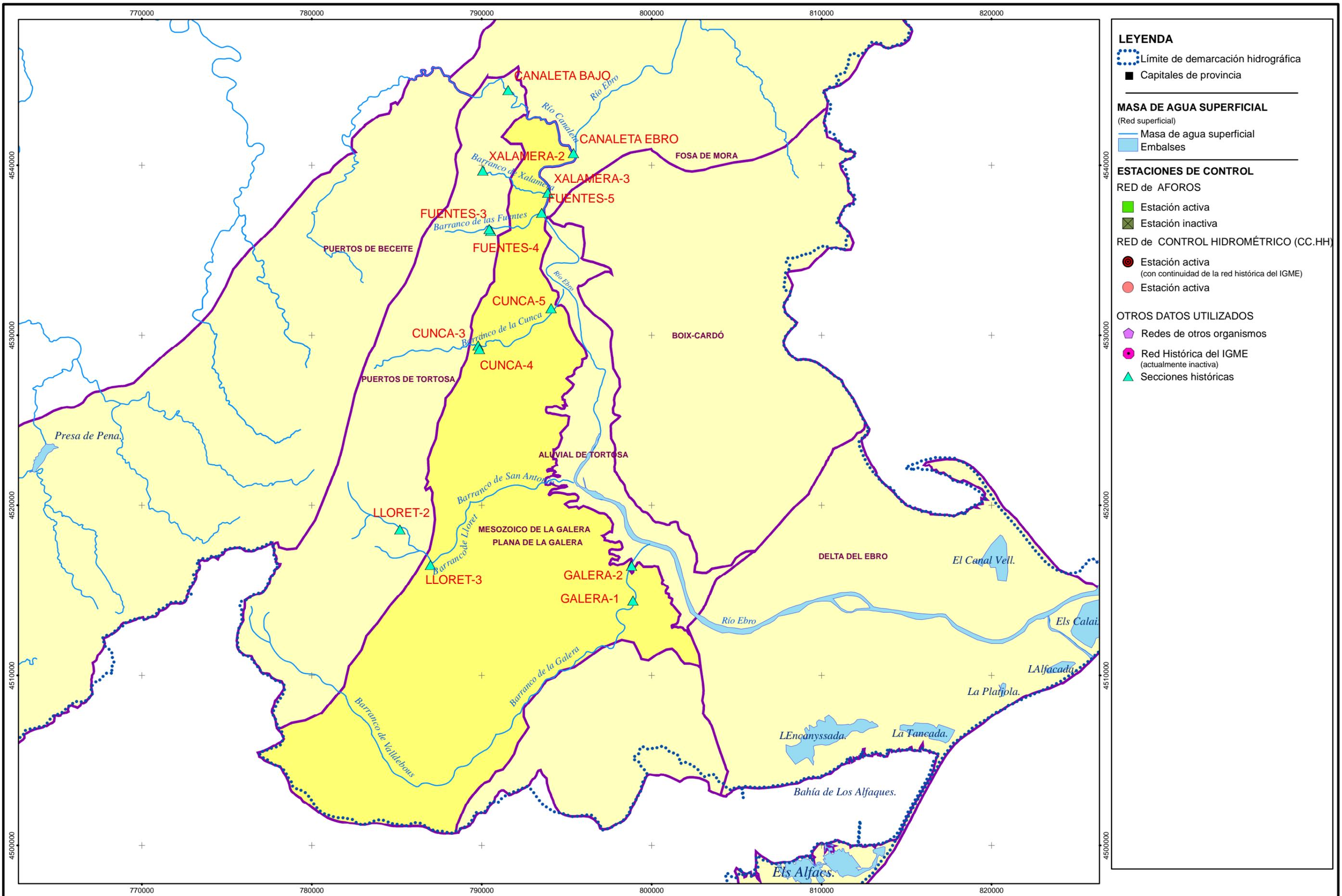
Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código (1)	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
322050013	IGME		7	Oct-1980 a jun-2002	2	12,2	38
Canaleta Bajo	(2)	Campaña de aforos diferenciales realizada por la CHE (CGS)	1	feb-1990	-	195	-
Canaleta Ebro	(2)		1	feb-1990	-	215	-
Xalamera 2	(2)		1	feb-1990	-	8	-
Xalamera 3	(2)		1	feb-1990	-	0	-
Fuentes 3	(2)		1	feb-1990	-	413	-
Fuentes 4	(2)		1	feb-1990	-	74	-
Fuentes 5	(2)		1	feb-1990	-	121	-
Cunca 3	(2)		1	feb-1990	-	273	-
Cunca 5	(2)		1	feb-1990	-	121	-
Cunca 4	(2)		1	feb-1990	-	15	-
Lloret 2	(2)		1	feb-1990	-	269	-
Lloret 3	(2)		1	feb-1990	-	169	-
Galera 1	(2)		1	feb-1990	-	55	-
Galera 2	(2)		1	feb-1990	-	510	-
32205 C/A	IGME		25	ago-1990 a jun-2001	0	12,5	33
32205 C/B		25	ago-1990 a jun-2001	0	22,9	67	
32205 C/C		25	ago-1990 a jun-2001	0	67,64	121	
32205 C/D		25	ago-1990 a jun-2001	0,79	61,5	135	
32205 C/E		25	ago-1990 a jun-2001	0,95	110,8	256	

² Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. Unidad Hidrogeológica Plana de la Galera (CHE, 1991).

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. 091.102- Plana de la Galera y 091.103- Mesozoico de la Galera

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código (1)	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
32205 C/F			25	ago-1990 a jun-2001	0,59	102,8	307
32205 C/G			29	ago-1990 a jun-2001	33,4	313,56	822
CGS 21	E. nº 21 (Carroba-1)		5	ago-1990 a jun-1991	11	19,4	33
CGS 22	E. nº 22 (Carroba-2)		5	ago-1990 a jun-1991	10	31,8	67
CGS 24	E. nº 24 (Carroba-4)		5	ago-1990 a jun-1991	99	112,8	135
CGS 26	E. nº 26 (Carroba-6)		5	ago-1990 a jun-1991	167	213,6	306
CGS 27	E. nº 27 (Carroba-7)		5	ago-1990 a jun-1991	396	570	822
322060080			16	Feb 1990- oct 1999	76,77	368,08	822
322060079			11	Ag- 1990- oct 1999	0,59	119,39	307
322060078			12	Feb 1990- oct 1999	14,09	146,14	314
322060077			11	Ag- 1990- oct 1999	1,34	69,74	135
322060076			11	Ag- 1990- oct 1999	0	72,54	121
322060075			11	Ag- 1990- oct 1999	0	22,8	67
322060074			11	Ag- 1990- oct 1999	0	13,2	33

Tabla 2. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico



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

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

A continuación se describe el modelo conceptual correspondiente a los tramos de río donde se han podido constatar conexiones río-acuífero.

- **Tramo Bajo Canaleta** (091.102.001-tramo conectado con la MAS código 178).
Se define la relación río-acuífero para un tramo de 9268,93 metros del río Canaleta en la MASb. Se trata del tramo que acaba desembocando en el río Ebro y que se comporta como ganador, de acuerdo con la campaña de aforos diferenciales llevada a cabo por CGS en febrero de 1990.
El modelo conceptual para este tramo corresponde a un río ganador con conexión difusa directa (código 101-conexión difusa directa en cauces efluentes).
- **Tramo Xalamera** (091.102.002 - tramo conectado con la MAS barranco de Xalamera (MAS sin código asignado)).
En este caso, los 2703,09 metros del barranco de Xalamera que se definen se corresponden con el carácter perdedor de este cauce.
- **Tramo Fuentes** (091.102.003 - tramo conectado con la MAS barranco de las Fuentes (MAS sin código asignado)).
Se define un tramo perdedor de 2367,7 metros, que es la totalidad del recorrido del barranco de las Fuentes en la MASb Plana de la Galera.
- **Tramo Cunca** (091.102.004 - tramo conectado con la MAS barranco de Cunca (MAS sin código asignado)).
Siguiendo la tónica general, el barranco de Cunca se convierte en perdedor al atravesar esta MASb. Fue medido así en un tramo de 5788,68 metros.
- **Tramo Lloret-Sant Antoni** (091.102.005 - tramo conectado con la MAS barranco de Lloret y la MAS Barranco de Sant Antoni (sin código asignado)).
Se define un tramo de 10.108,15 metros en el barranco de Lloret. Este tramo se encuentra en el límite oeste de la MASb, pero se podría extrapolar el comportamiento

al resto del cauce, aun faltando medidas, teniendo en cuenta la piezometría de la zona³ y la dinámica general que se ha descrito en los otros cauces.

- **Tramo Valdebous** (091.102.006- tramo conectado con la MAS Barranco de Valdebous (MAS sin código asignado)).

Se define un tramo de 24.982,42 en el barranco de Valdebous. Este tramo se encuentra en el límite oeste de la MASb, pero se podría extrapolar el comportamiento al resto del cauce, aun faltando medidas, teniendo en cuenta la piezometría de la zona⁴ y la dinámica general que se ha descrito en los otros cauces.

- **Tramo Galera Bajo** (091.102.007 - tramo conectado con la MAS barranco de la Galera (MAS sin código asignado)).

Se realizó un aforo diferencial en la campaña de 1990 en el tramo final del barranco de la Galera. En esta campaña quedó patente el carácter ganador del cauce en un tramo de 2057,25 metros y responde a la proximidad de la superficie piezométricas correspondiente a los materiales mesozoicos de la MASb Mesozoico de la Galera.

A continuación se describe el modelo conceptual correspondiente al tramo de río Ebro donde se ha declarado conexión río-acuífero. Merece mención aparte debido a que el cauce se encuentra incluido en la MASb Aluvial de Tortosa y no en las MASb objeto de este informe.

- **Tramo Ebro-Tortosa:** (091.101.003 - tramo conectado con la MAS 891)

Este tramo de río no se encuentra incluido en los límites de la MASb Mesozoico de la Galera, pero se ha podido comprobar que recibe las aguas de esta MASb. Debido al afloramiento de materiales cretácicos y su nivel piezométrico en el cerro de Barrancofondo, se producen descargas en forma de manantiales, habiendo sido agrupados bajo el nombre de La Carroba.

Este tramo se define entre las poblaciones de La Carroba y Amposta, con una longitud de 4082,29 m. Se caracteriza por presentar una conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes, además de un régimen hidrogeológico natural poco modificado con un flujo vertical principalmente ascendente a través de materiales permeables. Además de la presencia de FGPs cuaternarias modernas y antiguas procedentes del aluvial y terrazas creadas por el Río Ebro durante su evolución, la

³ Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. Unidad Hidrogeológica Plana de la Galera (CHE, 1991).

⁴ Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. Unidad Hidrogeológica Plana de la Galera (CHE, 1991).

bibliografía consultada afirma que los manantiales se deben a la descarga en superficie del acuífero carbonatado que conforma la MASb Mesozoico de la Galera.

La mayor parte de los manantiales son descargas puntuales, “ullals”, situados en un radio inferior a 4 Km de la población de Amposta, relacionados entre sí por tener la misma génesis y descargar el mismo acuífero. De los manantiales existentes, el de La Carroba (NIPA 322050013) es uno de los más importantes y forma parte del inventario histórico de puntos de agua del IGME.

En la tabla nº 2 se esquematizan y resumen los tramos de cauce en los que se ha definido relación río-acuífero.

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	
091.102.001	Río Canaleta	178	Río Canaleta desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Ebro.	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Carbonatada
091.102.002	Bco. de Xalamera	Sin código asignado	Barranco de Xalamera desde su entrada en la MASb hasta la desembocadura en el río Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Detrítica
091.102.003	Bco. de las Fuentes	Sin código asignado	Barranco de las Fuentes desde su entrada en la MASb hasta la desembocadura en el río Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Canal artificial de transporte	Detrítica
091.102.004	Bco. de Cunca	Sin código asignado	Barranco de Cunca desde su entrada en la MASb hasta la desembocadura en el río Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Canal artificial de transporte	Detrítica
091.102.005	Bco. de Lloret y bco. de Sant Antoni	Sin código asignado	Barranco de Lloret y bco. de Sant Antoni	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Detrítica
091.102.006	Bco. de Valdebous	Sin código asignado	Bco. de Valdebous	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Detrítica
091.102.007	Bco. de la Galera	Sin código asignado	Bco. de la Galera	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Detrítica
091.101.003	Río Ebro	891	Río Ebro desde Tortosa hasta desembocadura (aguas transición)	Río	Sin definir	Masa natural	Mesozoica

Tabla 3. *Identificación de los tramos de ríos conectados. Plana de la Galera (091.102) y Mesozoico de la Galera (091.103).*

A continuación se detallan los datos empleados para la Relación río-acuífero de los tramos definidos:

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)
091.102.001	Río Canaleta	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Lecho muy escaso; en contacto directo con las calizas.	-	-	9268,93
091.102.002	Bco. de Xalamera	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural modificado	Conexión difusa indirecta.	-	-	2703,09
091.102.003	Bco. de las Fuentes	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural modificado	Conexión difusa indirecta.	-	-	2367,7
091.102.004	Bco. de Cunca	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural modificado	Conexión difusa indirecta.	-	-	5788,68
091.102.005	Bco. de Lloret y bco. de Sant Antoni	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural modificado	Conexión difusa indirecta.	-	-	10.108,15
091.102.006	Bco. de Valdebus	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural	Conexión difusa indirecta.	-	-	24.982,42
091.102.007	Bco. de la Galera	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Lecho con abundante grava. Conexión difusa directa.	-	-	2057,25
091.101.003	Río Ebro desde Tortosa hasta desembocadura (aguas transición)	Conexión mixta difusa indirecta y manantiales	Natural	Sin sedimentos fluviales	-	A favor de un afloramiento de carbonatos cretácicos con el nivel piezométrico en superficie.	4082,29

Tabla 4. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos. Plana de la Galera (091.102) y Mesozoico de la Galera (091.103)

3.2 Cuantificación de la relación río-acuífero

En las líneas que siguen se detalla el modelo conceptual para cada tramo en el que se haya definido relación río-acuífero.

- **Tramo Bajo Canaleta (091.102.001) - MAS 178:** En la región norte es donde el espesor de la MASb Plana de la Galera tiene menor entidad (100 metros, frente a los cerca de 300 que alcanza en el sur). Además, en los sondeos profundos del área de La Cenia, se observa que por debajo de las gravas se emplaza una potente serie arcillosa pliocena de baja permeabilidad. Estas arcillas individualizan la FGP detrítica del Mesozoico subyacente (identificado con la masa de agua subterránea 091.103) en gran parte de la extensión de la fosa tectónica donde se alojan las formaciones sedimentarias que constituyen la FGP detrítica. En cambio, en la zona septentrional, esta serie arcillosa

puede estar ausente, incluso el tramo final del río Canaleta llega a quedar en conexión hidráulica directa con las dolomías, calizas y margas de F. Muschelkalk (FGP Carbonatada), de permeabilidad media.

El río Canaleta ha sido objeto de control mediante un aforo diferenciales (CHE, 1991). Basado en dos puntos de control ejecutados durante la campaña de febrero de 1990, se detectó una ganancia en el cauce de 20 l/s.

- **Tramo Xalamera (091.102.002)**: Manejando el aforo diferencial de la campaña de 1990, queda patente el comportamiento que predomina en los barrancos que cruzan de este a oeste la MASb. La diferencia considerable existente entre el gradiente topográfico y el gradiente hidráulico de la FGP detrítica, favorece que el cauce pierda caudal mediante una conexión difusa indirecta con “efecto ducha”.
- **Tramo Fuentes (091.102.003)**: El caudal de este barranco es abundante en su entrada a la Plana de de la Galera, lo que permite que no se agote por la cesión por conexión difusa indirecta hacia el acuífero. La medición de caudal de la campaña de febrero de 1990, antes de desembocar en el río Ebro, dio un resultado de 121 l/s a pesar de que aguas arriba se derivan 74 l/s a una canalización de riego. Por tanto, el caudal de pérdidas calculado para este tramo es de 366 l/s.
- **Tramo Cunca (091.102.004)**: Responde al patrón de comportamiento general de los barrancos en esta MASb. En este caso los aforos han sido realizados en el extremo oeste y el este y ponen de manifiesto la pérdida de caudal en el cauce por conexión difusa indirecta de 167 l/s. También en este caso, se debe tener en cuenta el caudal derivado a un canal de riego.
- **Tramo Lloret-Sant Antoni (091.102.005)**: En este barranco sólo se controlaron 600 metros de cauce mediante la campaña de aforos diferenciales de 1990. Lo que estos datos aportan es la corroboración de que el carácter perdedor de los cauces se mantiene en la mitad sur, con una pérdida de caudal de 100 l/s.
En la zona comprendida entre Roquetes y Tortosa supone el 78% de la extracción total (14,3 hm³/año, de una estimación de 98,5 hm³/año de recursos totales), lo que no influye en la relación río-acuífero puesto que se produce el “efecto ducha”.
- **Tramo Valldebous (091.102.006)**: De la misma forma que en el caso anterior, en este caso no es posible realizar una cuantificación, pero los mapas piezométricos de trabajos previos ilustran la diferencia considerable de cotas entre el nivel piezométrico del acuífero detrítico y el barranco.

- **Tramo Galera Bajo (091.102.007):** Mediante un aforo diferencial queda patente una de las zonas de descarga de esta MASb. El área de recarga del acuífero está constituida por toda su extensión de afloramiento. Además, este acuífero recibe una importante alimentación de la MASb Puertos de Tortosa, estimada en 27,5 hm³/año. En cambio, la mayor parte de su descarga se realiza de forma subterránea hacia acuíferos fuera del ámbito de esta área hidrogeológica: hacia la MASb Aluvial de Tortosa y hacia la MASb Delta del Ebro.

Aguas arriba de este tramo, el barranco de la Galera se comporta como perdedor, como lo son todos los barrancos que atraviesan la Plana de La Galera (ss) ya que el nivel piezométrico del acuífero detrítico está a cota sensiblemente inferior a la de los barrancos.

En el tramo final del barranco de la Galera, la proximidad a la superficie del nivel piezométrico del mesozoico subyacente se traduce en una ganancia de caudal en el cauce de 455 l/s. Tal ganancia procede, en gran medida, de la MASb Mesozoico de la Galera.

Para la cuantificación de la relación río-acuífero en el caso de la MASb Mesozoico de la Galera (091.103), no ha sido posible utilizar las series históricas de caudales de manantiales controlados por el IGME, debido a que la información que aportan para el manantial 322050013 es muy escasa. Por ello, a la hora de tratar esta surgencia se empleará la información de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

- **Tramo Ebro-Tortosa (091.101.003):** Este tramo de río no se encuentra incluido en la MASb Plana de la Galera ni en la MASb Mesozoico de la Galera, pero se ha podido comprobar que recibe las aguas de ambas masas. Esto se debe al afloramiento de materiales cretácicos y su nivel piezométrico en el cerro de Barrancofondo. Se producen descargas en forma de manantiales, habiendo sido agrupados bajo el nombre de La Carroba.

Como ya se ha dicho, en el “*Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha de Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)*” realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1991, se llevó a cabo la creación de 8 estaciones de aforo en este tramo para controlar el caudal de agua descargada por las distintas surgencias entre agosto de 1990 y junio de 1991, siendo cada una de ellas: E. nº21 (Carroba-1), E. nº22 (Carroba-2), E. nº24 (Carroba-4), E. nº26 (Carroba-6) y E. nº27 (Carroba-7), en las que se midieron unos caudales medios de 19,4 l/s; 31,8 l/s; 112,8 l/s; 213,69 l/s y 570 l/s respectivamente (29,9 hm³/a en total).

3.2.1 Análisis de series de aforos

Las series de aforos generadas en un punto de la red de control hidrométrico histórica del IGME han servido para analizar la relación río-acuífero en el tramo 091.102.007 del río Ebro. El punto en cuestión es el manantial de La Carroba.

En La Carroba se construyó una captación que deriva una parte al cauce del río Ebro y la otra parte se destina al abastecimiento de cultivos regadío del municipio de Amposta. El conjunto de surgencias de La Carroba aportan 37,5 hm³/año⁵ al río Ebro. En este punto es necesario aclarar que la cifra real sería 29,9 hm³/a, ya que en la bibliografía se suman los caudales de las estaciones E. n°23 (Carroba-3) y E. n°25 (Carroba-5) y esas medidas recogen aguas que no son del ámbito de las masas de este documento.

El aporte se debe al vertido directo al cauce y al retorno de riego, que, en última instancia, también alimenta al Ebro. Precisamente esto último, dificulta la concreción del caudal que llega de forma efectiva al cauce del Ebro.

Por otro lado, se precisó el origen del agua de las surgencias mediante la aplicación de un balance de cloruros a una muestra de agua tomada del manantial de La Carroba. Se concluyó que el agua procede de una mezcla isométrica de un 39 % de agua de la MASb Mesozoico de la Galera y un 61% de la MASb Plana de la Galera⁶.

Para analizar la relación río-acuífero en el tramo 091.102.007 del río Ebro, se han utilizado los datos foronómicos de las estaciones 32205 C/A, 32205 C/B, 32205 C/C, 32205 C/D, 32205 C/E, 32205 C/F y 32205 C/G. Estas estaciones miden, en las mismas fechas, diferentes surgencias en un área reducida, por lo que se ha realizado un único hidrograma mediante la suma de los caudales de los siete puntos de medida.

⁵ “Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. 09.803.201. Unidad hidrogeológica 09.031.02, Plana de la Galera” (CHE, 1991).

⁶ “Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. 09.803.201. Unidad hidrogeológica 09.031.02, Plana de la Galera” (CHE, 1991)

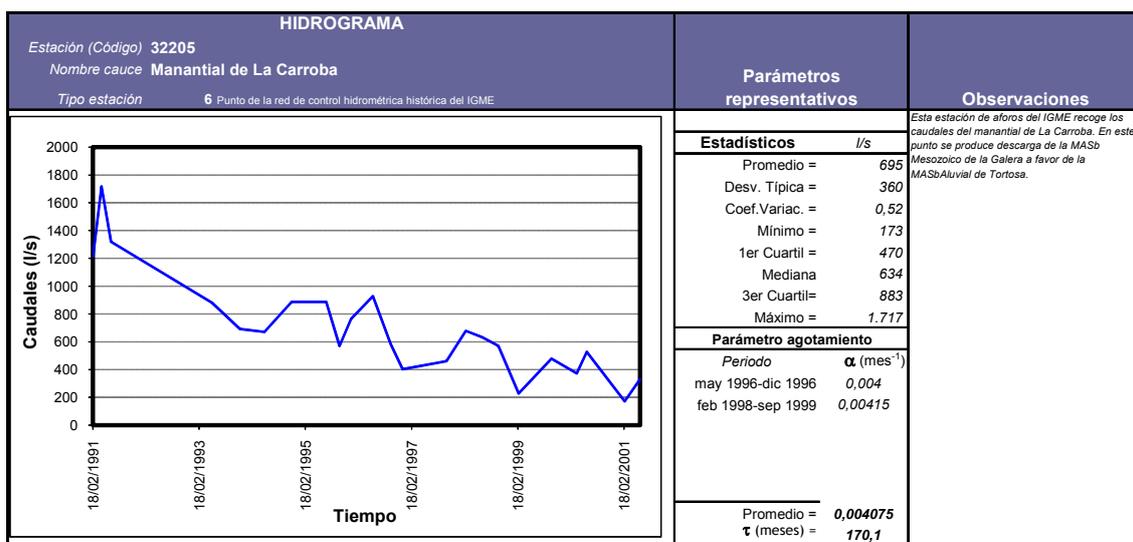


Figura 1. Análisis del hidrograma 32205 (Manantial de La Carroba)

Según el análisis efectuado sobre las curvas de agotamiento del hidrograma correspondiente a los puntos 32205 C/A, 32205 C/B, 32205 C/C, 32205 C/D, 32205 C/E, 32205 C/F y 32205 C/G (Figura 4), se obtiene un parámetro de agotamiento promedio de $0,0041 \text{ mes}^{-1}$, lo que implica un periodo de semi-agotamiento de 170,1 meses.

3.2.2 Análisis de datos hidrométricos

No se cuenta con datos hidrométricos, por lo que no se puede realizar un análisis.

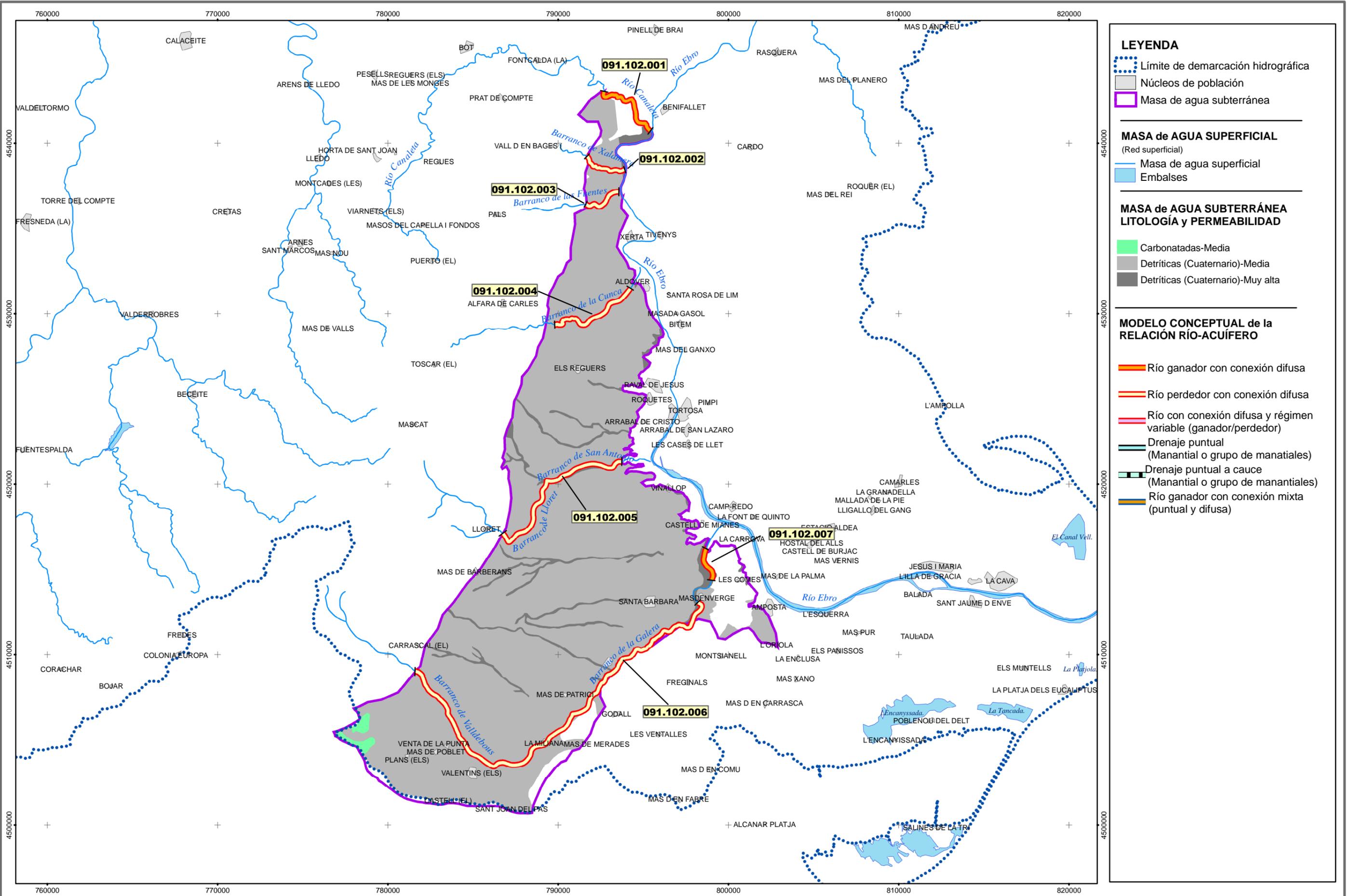
A continuación se muestra la tabla que expone de forma esquematizada la cuantificación de la relación río-acuífero.

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)		
091.102.001	20 ⁽¹⁾	0,00258	-	1	Natural poco modificado	Es un tramo que circula directamente sobre los carbonatos triásicos (Muschelkalk)
091.102.002	-8 ⁽¹⁾	-0,00296	-	1	Natural poco modificado	-

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. 091.102- Plana de la Galera y 091.103- Mesozoico de la Galera

091.102.003	-366 ⁽¹⁾	-0,15458	-	1	Influenciado	Medida adicional para poder corregir los resultados con el caudal desviado a la Acequia del Túnel de la Peña
091.102.004	-167 ⁽¹⁾	-0,02885	-	1	Influenciado	Medida adicional para poder corregir los resultados con el caudal desviado al Canal de Cunca
091.102.005	-100 ⁽¹⁾	-0,17685	-	1	Natural poco modificado	Tramo controlado menor a 1 km y situado en el margen oriental. El resto del tramo, de acuerdo a piezometrías de 1991.
091.102.006	-	-	-	-	Natural poco modificado	Tramo definido de acuerdo a mapas piezométricos de 1991.
091.102.007	455 ⁽¹⁾	-0,22117	-	1	Natural poco modificado	Superficie piezométrica de la MASb Mesozoico de la Galera próxima a la superficie
091.101.003		0,47982	Ago 1990 a jun 2001	25	Natural poco modificado	Las salidas de los manantiales de La Carroba (1-7) se hace mediante el vertido directo al río y la captación para cultivos de regadío del municipio de Amposta. Las estaciones de aforo ⁽¹⁾ se realizaron por debajo de las cotas de riego.
⁽¹⁾ Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. Unidad Hidrogeológica Plana de la Galera (CHE, 1991).						

Tabla 5. 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
- Embasements

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

- Carbonatadas-Media
- Detríticas (Cuaternario)-Media
- Detríticas (Cuaternario)-Muy alta

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

Se ha diferenciado un conjunto de manantiales que se asocian con los fenómenos de conexión río-acuífero detectados. Este conjunto es agrupado bajo el nombre de La Carroba.

4.1 Manantiales principales

Dentro del área de estudio no hay manantiales reseñables. En cambio, cabe destacar por su caudal el Manantial 322050013 (La Carroba) que, sin encontrarse dentro de los límites de las MASb, vincula la MASb Mesozoico de la Galera y la MASb Plana de la Galera con el río Ebro.

- **Manantial 322050013 (La Carroba):** Se trata de un conjunto de manantiales situados en el noroeste de la población de Amposta (al sur de la MASb 091.101 Aluvial de Tortosa). Son muy conocidos por el gran caudal que presentan como consecuencia del afloramiento de los materiales mesozoicos. La descarga se produce sobre las terrazas con conglomerados poligénicos de edad cuaternaria, estando su origen en los materiales carbonatados de edad Aptiense (Cretácico) que, por transferencia subterránea, ha originado este manantial. La descarga se produce a distintas cotas, llegando a registrarse en un punto hasta 822 l/s (32205 C/G).

Las estaciones de aforo que permiten cuantificar el caudal que es aportado al Ebro, son las siguientes: 32205 C/A, 32205 C/B, 32205 C/C, 32205 C/D, 32205 C/E, 32205 C/F, 32205 C/G. En todas ellas, se realizaron 25 medidas directas, salvo en la estación 32205 C/G en la que hay 29 medidas directas, lo que ha permitido determinar el carácter ganador del río Ebro.

Además de estos controles, en el *“Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los Acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)”* realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en el año 1991, se efectuó una campaña de aforos diferenciales en febrero de 1990 que permite cuantificar el caudal medio que aportan algunos de los barrancos que desembocan en el Río Ebro. Junto a esta campaña de aforos, durante la realización del estudio citado, también se dispusieron un conjunto de 9 escalas de control limnimétrico (estaciones nº21, nº22, nº24, nº26, nº27) todas ellas situadas en el mismo área que el manantial de La Carroba. En estas estaciones de control se realizaron un total de 5 aforos directos/estación entre Agosto 1990-Junio 1999, lo cual permite corroborar el carácter ganador del río Ebro.

Junto a los datos aportados por las estaciones de medida y control, también se dispone de datos foronómicos de manantiales asociados a las relaciones río-acuífero, aunque estos datos son escasos y de carácter puntual.

Se muestran los puntos de control, en lo que a manantiales se refiere, en las siguientes tablas:

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		
Manantial de La Carroba	322050013	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	800887	4516517	9	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
AGCA	322050013	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	800295	4516589	20	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba1	322060074	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba2	322060075	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba3	322060076	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba4	322060077	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba5	322060078	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba6	322060079	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.
La Carroba7	322060080	Río Ebro	Tramo Ebro-Tortosa (091.102.007)	801066	4516567	8	Descarga de la FGP carbonatada a favor de un afloramiento en la MAS Aluvial de Tortosa (091.101) localizada en diversos puntos. Aquí la piezometría intersecta la superficie.

Tabla 6. *Manantiales principales de la MASb Plana de la Galera (091.102) y la MASb Mesozoico de la Galera (091.103)*

4.2 Resto de manantiales

Aparecen múltiples puntos de surgencia de agua en el área de La Carroba y algunos son de pequeña entidad. Uno de estos puntos de poca relevancia consta en la red de aforos por presentar escala limnimétrica y es el punto 322050013. Presenta dos medidas en octubre de 1980 cuyo resultado en ambas fue de 1,5 l/s.

4.3 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

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						
32205 C/A	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-1	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/B	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-2	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/C	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-3	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/D	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-4	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/E	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-5	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/F	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-6	891	25	ago-1990 a jun-2001	0,19
32205 C/G	IGME	Inactiva	801066	4516567	8	Carroba-7	891	29	ago-1990 a jun-2001	0,22

Tabla 7. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial hidrométrica de control de aguas subterráneas

4.4 Otra información hidrométrica

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código (1)	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
32205 C/A	32205 C/A		25	ago-1990 a jun-2001	0	12,5	33
32205 C/B	32205 C/B		25	ago-1990 a jun-2001	0	22,9	67
32205 C/C	32205 C/C		25	ago-1990 a jun-2001	0	67,64	121
32205 C/D	32205 C/D		25	ago-1990 a jun-2001	0,79	61,5	135
32205 C/E	32205 C/E		25	ago-1990 a jun-2001	0,95	110,8	256
32205 C/F	32205 C/F		25	ago-1990 a jun-2001	0,59	102,8	307
32205 C/G	32205 C/G		29	ago-1990 a jun-2001	33,4	313,56	822
CGS 21	E. nº 21 (Carroba-1)		5	ago-1990 a jun-1991	11	19,4	33
CGS 22	E. nº 22 (Carroba-2)		5	ago-1990 a jun-1991	10	31,8	67
CGS 24	E. nº 24 (Carroba-4)		5	ago-1990 a jun-1991	99	112,8	135
CGS 26	E. nº 26 (Carroba-6)		5	ago-1990 a jun-1991	167	213,6	306
CGS 27	E. nº 27 (Carroba-7)		5	ago-1990 a jun-1991	396	570	822

Tabla 8. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico

5. Zonas húmedas

En la MASb Plana de la Galera 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

En el presente trabajo se ha manejado información puntual, concretamente una serie de aforos diferenciales llevados a cabo por la CHE en el año 1990. El carácter puntual de estos datos condiciona notablemente las conclusiones obtenidas respecto a la relación río acuífero.

Por otro lado, a la hora de realizar el hidrograma resultante de los aforos en el manantial de La Carroba, se ha contado con una serie poco detallada. Con esta carestía de datos, la obtención del coeficiente de agotamiento y del periodo de semi-agotamiento resulta forzada. El contar con una serie de aforos con más medidas permitiría ajustar con más precisión el valor de los citados parámetros.

6.2 Propuesta de actuaciones

Los barrancos que surcan la Plana de la Galera nacen en la MASb Puertos de Tortosa. Dicha MASb es la contigua por el oeste, por lo que cualquier planificación de control debe involucrar la citada MASb. Como propuesta principal de actuación en la MASb Puertos de Tortosa se propone establecer dos secciones de aforo, a la entrada y a la salida del río Canaleta de la MASb. Esto, junto con el punto de control ya existente (31194/CB), permitirían 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 Plana de la Galera. Esto, junto con una estación de aforo para cuantificar la descarga de una serie de manantiales al barranco y unido a un control del caudal de los barrancos a su salida de la MASb Plana de la Galera mediante estaciones foronómicas, completaría la red de observación de esos barrancos.

Por otro lado, a continuación se proponen una serie de actuaciones complementarias.

- Mayor énfasis en estudios que busquen discernir los niveles a los que pertenece la piezometría que se obtiene de los distintos pozos y sondeos. Esto unido a una profundización en la definición de la geometría y disposición de los materiales, ayudará a concretar aspectos tales como el carácter confinado del “antiguo aluvial del Ebro”, las relaciones de transferencia que se dan entre la MASb Plana de la Galera y la MASb Mesozoico de la Galera por la falta de constancia del nivel arcilloso que las separa, etc. Señalar que la CHE ha propuesto la construcción de un piezómetro de observación del acuífero detrítico en las inmediaciones de la población de Santa Bárbara.
- Medidas encaminadas a la determinación del caudal que circula por el río Ebro a su paso por la MASb Aluvial de Tortosa. De este modo, conociendo el caudal en diversos puntos, se podría cuantificar la cantidad de agua que recibe o descarga el río y cuál es la MASb origen o destino de dicha agua.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
1	798.823	4.516.445	13	Barranco de la Galera	Medir la descarga en el barranco por parte del piedemonte y de los carbonatos mesozoicos
2	793754	4.521.268	29	Barranco de Sant Antoni	Medir la descarga en el barranco por parte del piedemonte y de los carbonatos mesozoicos
3	794.079	4.531.594	38	Barranco de la Cunca	Medir la descarga en el barranco por parte del piedemonte y de los carbonatos mesozoicos
4	793.533	4.537.213	16	Barranco de las Fuentes	Medir la descarga en el barranco por parte del piedemonte y de los carbonatos mesozoicos
5	793.883	4.5382.393	16	Barranco de Xalamera	Medir la descarga en el barranco por parte del piedemonte y de los carbonatos mesozoicos
6	795.396	4.540.718	20	Río Canaleta	Cuantificar la relación río-acuífero

Tabla 9. Estaciones de control propuestas

Complementariamente a actuaciones de control foronómico se contempla la posibilidad de construir un piezómetro de observación del acuífero detrítico a la altura de Santa Bárbara.

7. Referencias Bibliográficas

- Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): **Estudio de los recursos hídricos subterráneos de la margen derecha del río Ebro. Zona III- acuíferos de la zona baja. 09.803.201. Unidad hidrogeológica 09.031.02, Plana de la Galera.**
- Garrido Schneider, Eduardo A. (2003): **Estado actual y evolución de la intrusión marina en los acuíferos costeros del litoral meridional de Tarragona (España).** Tecnología de la intrusión del agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos. Instituto Geológico y Minero de España).

8. Bibliografía de interés

- 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).**
-

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. 091.102- Plana de la Galera y 091.103-Mesozoico de la Galera

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	
32205 C/A	Carrobas-1	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.102	Plana de la Galera	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa indirecta, río efluente	Aguas arriba
32205 C/B	Carrobas-2	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.102	Plana de la Galera	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río efluente	Aguas abajo
32205 C/C	Carrobas-3	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.099	Puertos de Beceite	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río influente	Aguas arriba
32205 C/D	Carrobas-4	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.102	Plana de la Galera	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río influente	Aguas abajo
32205 C/E	Carrobas-5	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.099	Puertos de Beceite	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río influente	Aguas arriba
32205 C/F	Carrobas-6	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.102	Plana de la Galera	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río influente	Aguas abajo
32205 C/G	Carrobas-7	06	20882	Ebro	Natural	Se trata de un manantial con captación para regadío	091.102	Plana de la Galera	Detrítica	091.102.007	Ebro	Conexión difusa directa, río influente	Aguas arriba

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. 091.102- Plana de la Galera y 091.103-Mesozoico de la Galera

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)			091.102	Plana de la Galera				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	
322050013	322050013	Manantial de La Carroba	091.101.003	Detrítica y carbonatada	800887	4516517	9	11		2	12,2	38	Abastecimiento a regadíos
322060074	322060074	CARROBA I (GASOLINE-RA)	091.101.003	Detrítica y carbonatada	802097	4513672	9	12		0	13,23	33	Abastecimiento a regadíos
322060075	322060075	CARROBA II	091.101.003	Detrítica y carbonatada	801922	4514319	8	11		0	22,75	67	Abastecimiento a regadíos
322060076	322060076	CARROBA-3	091.101.003	Detrítica y carbonatada	801857	4514458	8	13		0	72,54	121	Abastecimiento a regadíos
322060077	322060077	CARROBA-4	091.101.003	Detrítica y carbonatada	801818	4514775	5	15		1,34	69,74	135	Abastecimiento a regadíos
322060078	322060078	CARROBA-5	091.101.003	Detrítica y carbonatada	801818	4514775	5	14		14,09	146,14	314	Abastecimiento a regadíos
322060079	322060079	CARROBA-6	091.101.003	Detrítica y carbonatada	801430	4515639	8	14		0,59	119,39	307	Abastecimiento a regadíos
322060080	322060080	LA CARROBA-7	091.101.003	Detrítica y carbonatada	530721	4614031	6	12		76,77	368,08	822	Abastecimiento a regadíos