

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

091.096 PUERTOS DE BECEITE



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**

091.096 PUERTOS DE BECEITE

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 Litoestratigrafía y permeabilidad	3
1.2.2 Estructura geológica	4
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico	5
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	13
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	15
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	21
3.2.1 Análisis de series de aforos	21
3.2.2 Análisis de datos hidrométricos	26
4. MANANTIALES	28
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	28
4.2 RESTO DE MANANTIALES	31
5. ZONAS HÚMEDAS	34
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	35
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	35
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	35
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	36

**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**

091.096 PUERTOS DE BECEITE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte hidrogeológico del río Matarraña.....	4
Figura 2. Río Matarraña en condiciones normales y en Octubre de 2000 (fotografías cortesía de Javier de Luna Berlanga)	7
Figura 3. Piezómetro de control 312010006	16
Figura 4. Piezómetro de control 311950024	17
Figura 5. Evolución de caudales mensuales en la estación de aforos nº 52	21
Figura 6. Descomposición del hidrograma de la estación de aforos nº 52	22
Figura 7. Evolución de caudales mensuales en la estación de aforos nº 153	23
Figura 8. Descomposición del hidrograma de la estación de aforos nº 153	23
Figura 9. Evolución de caudales en la estación 31192 AEA (IGME)	25
Figura 10. Evolución de caudales en las secciones del río Canaleta.....	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**

091.096 PUERTOS DE BECEITE

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red superficial de aforos de la Confederación Hidrográfica	9
Tabla 2. Estaciones de medida y control correspondientes a la red hidrométrica de control de aguas subterráneas	10
Tabla 3. Datos en las estaciones de medida y control	11
Tabla 4. Identificación de los tramos de ríos conectados. Puertos de Beceite (091.096).....	14
Tabla 5. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos. Nombre Puertos de Beceite (091.096).....	20
Tabla 6. Resumen de la cuantificación río-acuífero. Puertos de Beceite (091.096).....	26
Tabla 7. Manantiales principales. Puertos de Beceite (091.096).....	30

**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**

091.096 PUERTOS DE BECEITE

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	12
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	27
Mapa 5.	Mapa de manantiales	33

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

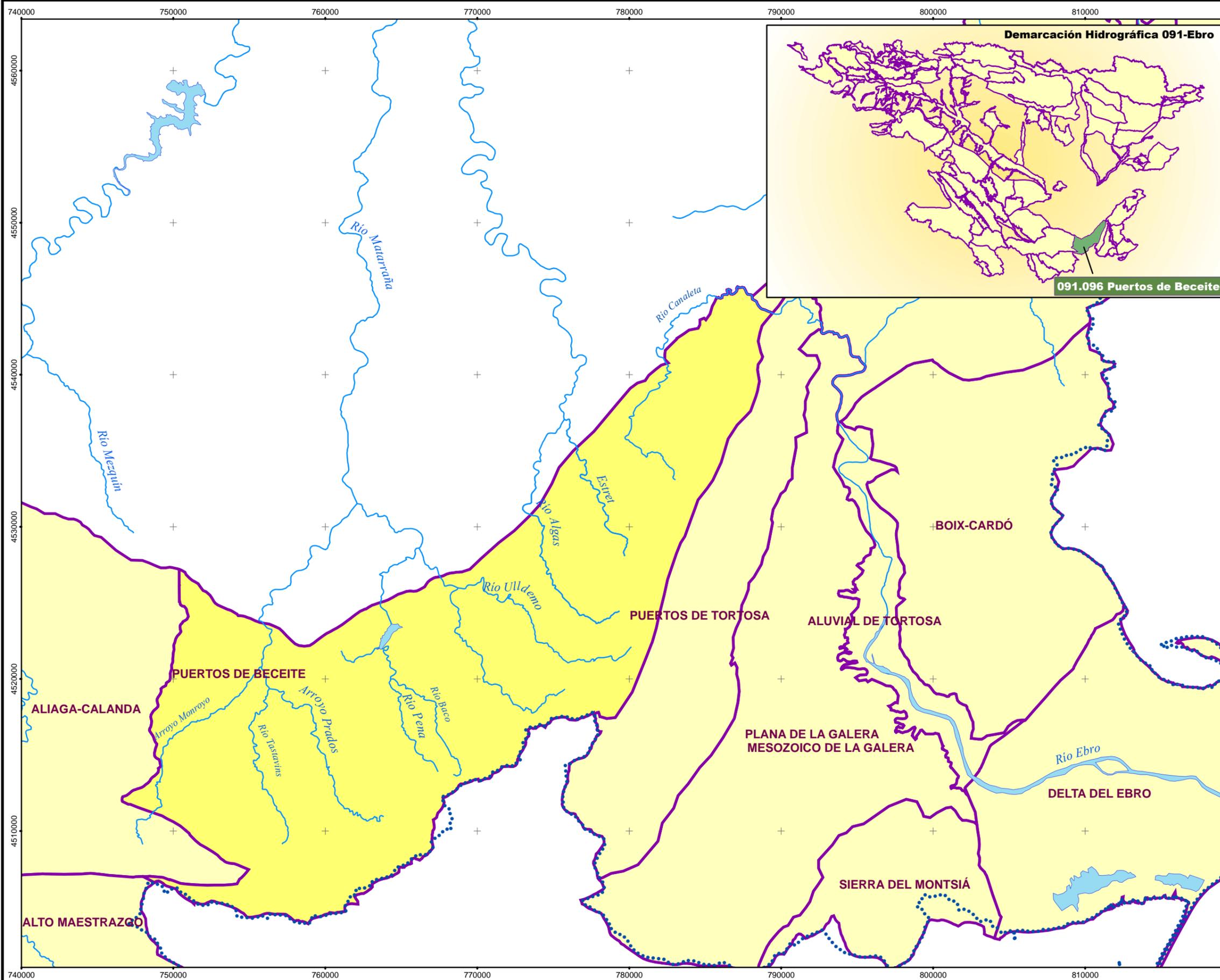
1.1 Identificación, morfología y datos previos

La MASb Puertos de Beceite, identificada con el código 091.096, se ubica en la zona suroriental de la demarcación hidrográfica del Ebro, limitando por su borde Sur con la demarcación hidrográfica del Júcar. Tiene una superficie de 645 km², distribuidos en las provincias de Teruel, Tarragona y Castellón.

Dentro de la MASb, las cotas topográficas oscilan entre los 135 m.s.n.m. y los 1.390 m.s.n.m., siendo la cota media de 858 m.s.n.m, la cual se manifiesta en forma de un conjunto de sierras con orientación NO-SE en el sector más occidental de la zona (dominio Ibérico), que va tomando orientación NE-SO hacia el sector más oriental (dominio catalánide). Se trata pues de una zona cuya orografía está influenciada por el cambio gradual de la Cordillera Ibérica a la Cordillera Prelitoral Catalana.

Los principales cauces presentes en la MASb de los Puertos de Beceite, ordenados de suroeste a noreste, corresponden a los ríos Tastavíns, Pena y Ulldemó (ambos constituyen la cabecera del río Matarraña), Algás y finalmente, el río Canaleta. Todos ellos muestran una orientación variable adaptada a los cambios orográficos adaptativos anteriormente citados, la cual va de S a N en el sector occidental, y cambia a SE-NO en el sector oriental.

No se han desarrollado modelos matemáticos de simulación de las aguas subterráneas en esta MASb. Se ha realizado recientemente (diciembre de 2007) un estudio hidrológico basado en un modelo de simulación Precipitación-Escorrentía, en concreto el modelo matemático HEC-HMS, en la cuenca del río Matarraña (“Estudio hidrológico e hidráulico del río Matarraña a su paso por el casco urbano de Valderrobles”). Aunque la población de Valderrobles se sitúa fuera de la MASb de Puertos de Beceite, la cuenca receptora objeto de simulación se halla dentro la masa, ocupando una importante superficie de la misma.



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Capitales de provincia

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

- Masa de agua subterránea

1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

En esta MASb, los fenómenos de relación río-acuífero se asocian al afloramiento de FGAs de edad jurásica elevadas por la existencia de numerosas escamas cabalgantes y fallas inversas con pliegues asociados. Las FGAs se pueden agrupar de la siguiente manera:

- FGA triásica (litología 137 en el mapa de permeabilidades): se trata de calizas y dolomías de edad Muschelkalk (Triásico medio) que presentan una permeabilidad media por fisuración. No suelen aflorar, debido a que los niveles arcillosos situados por debajo y encima de ellas han actuado como niveles de despegue de los cabalgamientos existentes. Los espesores de esta formación oscilan entre 60 y 80 metros.
- FGA jurásica (litologías 144, 157 y 164): se han agrupado aquí dos importantes formaciones acuíferas, correspondientes a toda la serie de edad jurásica (Lías-Dogger-Malm). Se trata de un potente conjunto de calizas, dolomías y brechas dolomíticas de alta permeabilidad por fisuración, con espesores superiores a 500 metros, dado que algunas de las formaciones geológicas integrantes superan los 200 metros (Lías 220-300 m y Malm 250-300 m). Las principales relaciones río-acuífero tienen lugar en afloramientos la FGA jurásica superior (Malm), debido a la existencia de niveles margosos de edad Toarciense y Bajociense .
- FGA cretácica (litologías 173 y 154c): se trata de las formaciones carbonatadas cretácicas (calizas masivas, dolomías y calizas arenosas), las cuales solo afloran en los núcleos de sinclinales colgados, lo que limita su continuidad hidráulica, a lo que se ha de sumar la existencia de tramos de baja permeabilidad de edades Barremiense-Aptiense y Albiense-Cenomaniense (facies Utrillas). La influencia, por tanto, de esta FGA en las relaciones río-acuífero es muy limitada, dado que supone la aparición de niveles de descarga muy superiores al nivel regional (manantiales colgados), que alimentan los cauces hasta que se produce el vaciado total del compartimento, el cual suele ser muy rápido, dada su elevada permeabilidad. Esta FGA engloba materiales de edad Cretácico inferior (entre 120 y 180 metros de espesor) y materiales de edad Cretácico superior (20-50 metros de espesor), aflorando estas últimas únicamente en el sector Norte.
- FGA terciaria (litologías 351 y 359): se trata de una FGA de permeabilidad media, constituida por materiales detríticos (conglomerados, areniscas y arcillas) de edad Eoceno-Oligoceno, las cuales se hallan depositadas de forma discordante sobre todas las FGAs anteriormente citadas, de forma que reciben los aportes de aguas subterráneas de las mismas y lo transfieren de forma regulada.

Los materiales cuaternarios no han sido considerados como formaciones acuíferas, dado el escaso desarrollo de los mismos, debido a que la mayoría de los cauces corresponden a tramos altos (zona de cabecera), lugares en los que prevalece la erosión sobre la sedimentación.

Como se puede ver, la principal FGA de la MASb de los Puertos de Beceite es la jurásica. El muro impermeable lo constituyen las formaciones arcillosas de edad triásica, las cuales han actuado además, como horizontes de despegue para el importante sistema de escamas existente.

1.2.2 Estructura geológica

La existencia de un importante sistema de escamas (cabalgamientos de pequeña entidad), fallas inversas y pliegues asociados de vergencia NO, ha originado un sistema de bloques que en zonas de cabecera pueden mostrar cierta continuidad o comunicación en las FGA jurásicas, pero a medida que desciende la cota (hacia el NO), debido a la aparición de los términos basales y del muro impermeable, esta comunicación se pierde. En cualquier caso, el sistema de bloques constituye una descarga secuencial en forma de manantiales que incrementan los caudales de los cauces progresivamente.

El siguiente corte, muestra la estructura a lo largo del río Matarraña, y es ilustrativo de las relaciones río-acuífero existentes.

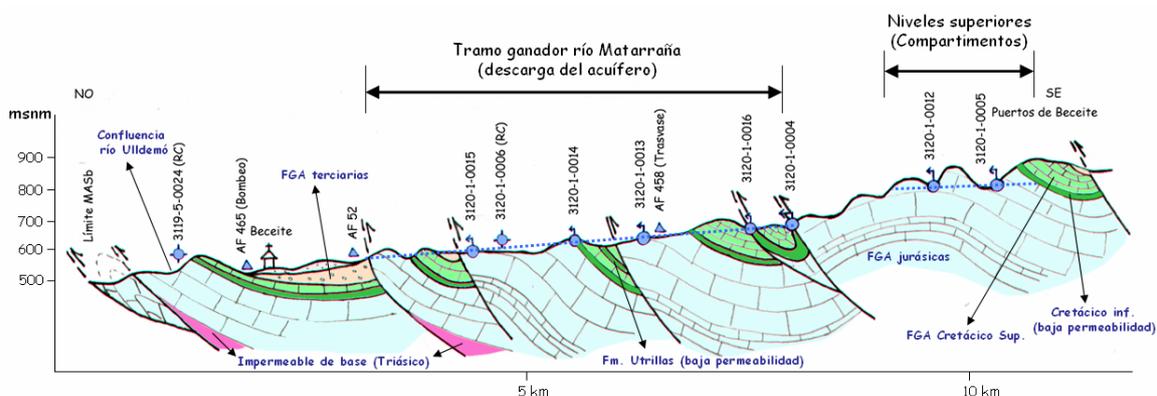


Figura 1. Corte hidrogeológico del río Matarraña

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

La estructura geológica existente facilita la presencia repetitiva de afloramientos permeables, y por lo tanto la superficie de recarga es importante.

La recarga tiene lugar en los afloramientos mesozoicos permeables de las sierras, sobre todo en las FGAs jurásicas debido a su mayor superficie de afloramiento, por infiltración de agua de lluvia en las mismas. Existe también un tramo de río, en concreto el río Canaleta a su paso por materiales mesozoicos, en el que tiene lugar una importante pérdida de caudal.

La descarga principal tiene lugar en la cabecera de los ríos Matarraña y Algás, constituyendo su caudal de base. Esta descarga se produce en forma de manantiales y tramos lineales de descarga difusa en los cauces que drenan las FGAs jurásicas, y se asocian a la ruptura de continuidad por la compleja estructura tectónica existente. Las FGAs cretácicas funcionan como acuíferos colgados de poca importancia.

Las FGAs terciarias constituyen una continuidad hidrogeológica de las formaciones mesozoicas, obteniendo la transferencia de recursos subterráneos y produciéndose la descarga de los mismos en lugares en los que los conglomerados terciarios pasan a materiales de menor permeabilidad correspondientes a facies más distales (manantiales de Arnés). La continuidad de las FGAs mesozoicas hacia el NO, bajo importantes recubrimientos terciarios, se ha demostrado en diferentes estudios y campañas realizados, con objeto de captar recursos en profundidad¹, si bien, estas masas de agua excederían la delimitación actual de la MASb de los Puertos de Beceite, y corresponderían a zonas no contempladas en ninguna delimitación hidrogeológica.

Se citan diversos balances hidrogeológicos según las fuentes. En el "Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la cuenca del Ebro" (ITGE 1981), se cita que *los recursos de agua subterránea del sistema acuífero nº 59 (Mesozoico de los Puertos de Beceite), se estiman en 250 hm³/año, de los que 110 hm³/año son drenados por los ríos, y los 140 hm³/año restantes constituyen la alimentación lateral de la Plana de Galera (UH nº08.21 Bajo Ebro – Montsia).*

En el "Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)" (CHE 1991), se expresa un balance equilibrado en el que las entradas y salidas son de 135,3 hm³/año, de los que 45 hm³/año corresponden a infiltración de agua en cauces (fundamentalmente el río Canaleta), y 100 hm³/año son

¹ "Investigación geofísica en el borde septentrional de los Puertos de Beceite (Cuenca del Ebro)". Confederación Hidrográfica del Ebro, 1991.

descargas por escorrentía superficial en cauces. También se cita la necesidad de analizar las aportaciones de alguna estación de aforo, y mejorar el control hidrométrico de manantiales permanentes, así como el control de la piezometría aguas arriba de los mismos mediante sondeos.

Los datos de los balances se basan en los resultados obtenidos en campañas de aforos diferenciales, sobre todo los realizados en los años 1990-1991 por la CHE, en los que se detectaron:

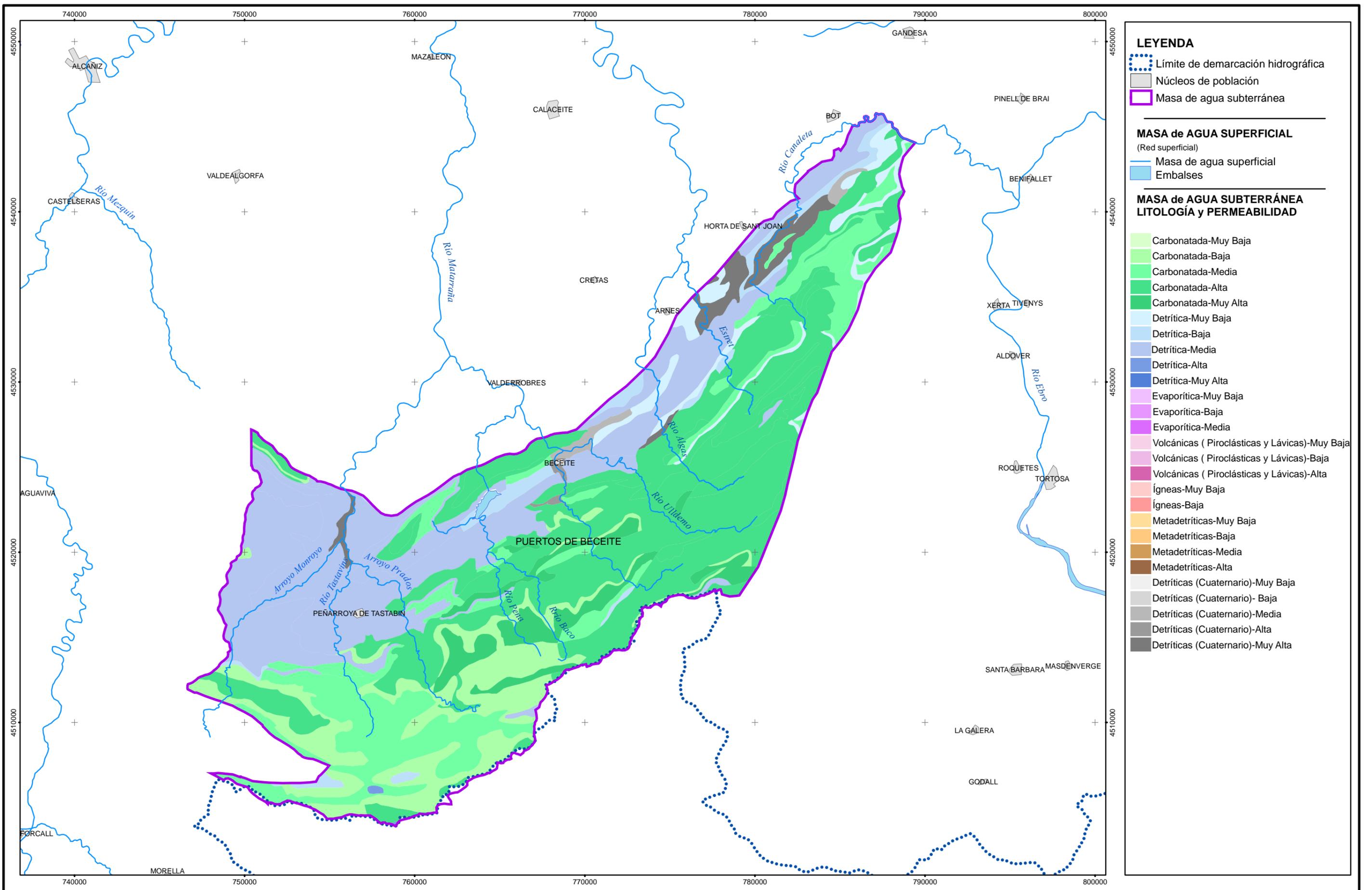
- Tramo ganador en el cauce del río Matarraña.
- Tramo perdedor en el río Ulldemo (cabecera del río Matarraña).
- Tramo ganador en el río Algás.
- Tramo perdedor en el río Canaleta.

Algunos de los tramos en los que se registra relación río-acuífero, se encuentran afectados, o estuvieron afectados históricamente por elementos de regulación, como es el caso del polémico trasvase y bombeo del río Matarraña al embalse de Pena. El bombeo del río Matarraña estuvo operativo en el periodo comprendido entre los años 1998 y 2000, año a partir del cual no se volvió a utilizar.

Históricamente han ocurrido acontecimientos relacionados con fuertes sequías e inundaciones, que han aportado información adicional sobre el funcionamiento hidrogeológico de la MASb. Por ejemplo, en los años 1998-2000 tuvo lugar una importantísima sequía en la cuenca del río Matarraña con volúmenes de 2,90 hm³ en el año 1999 y 2,50 hm³ en el año 2000, volúmenes que sirvieron únicamente para salvar los frutales y garantizar el abastecimiento de la población. Fue la principal causa por la que se llevó a cabo el polémico bombeo al embalse de Pena, el cual apenas funcionó debido a los escasos caudales circulantes, al igual que la ejecución de otras medidas de emergencia (pozos-sequía). En Octubre del año 2000 se pasó de una situación extrema de sequía a una situación de inundación extrema, con caudales registrados de hasta 500 m³/s en el río Ulldemó y 400 m³/s en el Matarraña, antes de su confluencia aguas debajo de Beceite (los caudales medios mensuales circulantes por la estación de aforos E.A.52 del río Matarraña alcanzan valores de 0,35 m³/s).



Figura 2. *Río Matarraña en condiciones normales y en Octubre de 2000 (fotografías cortesía de Javier de Luna Berlanga)*



2. Estaciones de control y medidas de caudales

En la MASb de los Puertos de Beceite se realizan controles periódicos de caudal por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro desde hace muchos años, y aunque no se dispone de una red amplia, los puntos de control se han complementado con aforos directos realizados por el IGME, y por aforos realizados en diversos estudios que han aportado datos de importante valor para la definición de las relaciones río-acuífero.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

En los cauces en los que se ha definido una relación entre el río y el acuífero existen las siguientes estaciones de aforo:

- **Río Matarraña:** la estación de aforos nº 52 controla los caudales circulantes desde el año 1931. La estación se ubica aguas arriba de Beceite (a menos de 1 Km.) y permite cuantificar la mayor parte de la descarga producida en las FGAs jurásicas y cretácicas. Existen otras dos estaciones de control, pero corresponden a un canal de derivación en cabecera para el embalse de Pena (aforo 458 – trasvase Matarraña-Pena-) y a un bombeo aguas abajo de Beceite (aforo 465 – bombeo de elevación del Matarraña al embalse de Pena-), las cuales han sido descartadas debido a funcionamientos anómalos y al corto periodo de funcionamiento de las obras a las que se asocian las mismas.
- **Río Algás y Estret:** ambos cauces quedan controlados por la estación nº 153, la cual se ubica aguas debajo de la confluencia de los mismos. La estación se denomina “Horta de San Juan”, y es objeto de control desde el año 1964.

Código estación de control	Nombre de la estación	Estado	Ubicación geográfica			Cauce		Serie de Datos		
			Coordenada UTM Huso 30		Cota (m snm)	Nombre	MAS (codificación CEDEX)	Número de datos disponibles	Amplitud de la serie	Índice de representatividad
			X	Y						
52	Beceite	Activa	768697	4524248	576	Matarraña	383	22915	ene-1931 a sep-2002	0,86
153	Horta de S. Juan	Activa	775733	4537167	420	Algás (y Estret)	168	13496	nov-1964 a sep-2002	0,97

Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red superficial de aforos de la Confederación Hidrográfica

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

Además los controles citados anteriormente, el IGME ha realizado un control muy detallado desde el año 1990 hasta el año 2002 en el río Estret y Canaleta:

- **Río Estret:** se ha controlado el caudal circulante en la estación 31192 AEA, próxima a Arnés, mediante la realización de 19 aforos directos.
- **Río Canaleta:** se han realizado aforos directos en dos puntos, el Canaleta Alto (31193 C/A con 22 aforos directos) y el Canaleta Bajo (31194 C/B con 19 aforos directos). En estos aforos ha quedado patente el carácter perdedor del tramo considerado, si bien, la infiltración tiene lugar en una parte muy localizada del mismo, y es allí donde el cauce atraviesa materiales de edad mesozoica.

También se dispone de datos foronómicos de manantiales asociados a las relaciones río-acuífero, aunque estos datos son escasos y muy puntuales. Dado que estos manantiales no son objeto de un control periódico, se citan en el apartado correspondiente a manantiales, en donde son objeto de una caracterización detallada.

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						
31192 AEA	IGME	Inactiva	776353	4535479	450	Río Estrets	398	19	ago-1990 a jun-2001	0,16
31193 C/A	IGME	Inactiva	782415	4539907	340	Río Canaleta Alto	178	22	ago-1990 a jun-2001	0,18
31194 C/B	IGME	Inactiva	791632	4544402	100	Río Canaleta Bajo	178	19	ago-1990 a jun-2001	0,16

Tabla 2. Estaciones de medida y control correspondientes a la red hidrométrica de control de aguas subterráneas

2.3 Otra información hidrométrica

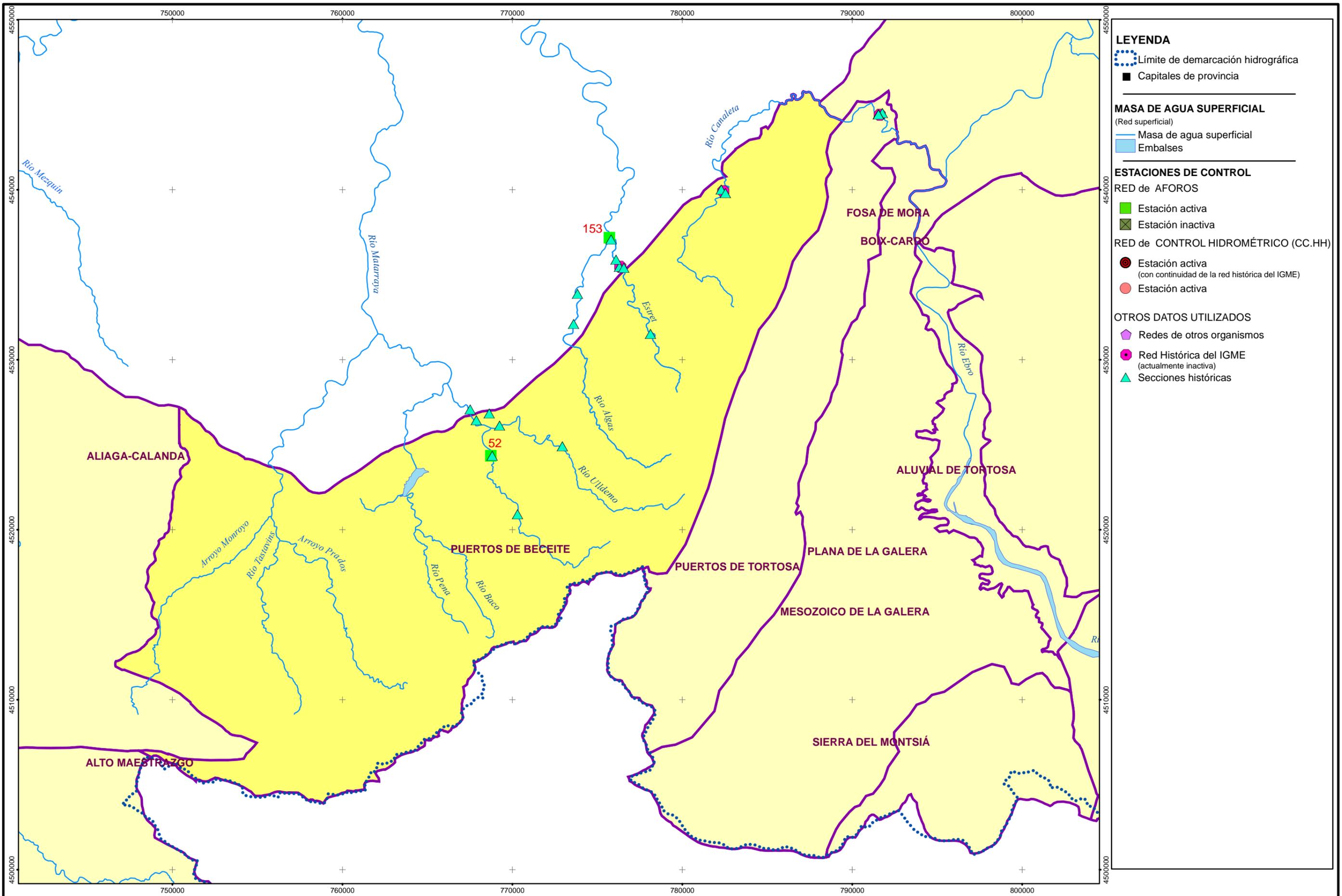
En el año 1991, la Confederación Hidrográfica del Ebro llevó a cabo un estudio denominado “Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)” en el que se controlaron escalas y se realizaron aforos diferenciales que permitieron detectar y cuantificar estas relaciones:

- **Río Matarraña:** se ha controlado en el proyecto una escala de control limnimétrico situada aguas debajo de Beceite (y de la estación nº 52) que controla el caudal procedente de los ríos Matarraña y Ulldemó (se sitúa aguas abajo de su confluencia). Esta estación fue denominada como estación nº 3 de proyecto. Además de esta estación, se realizaron aforos diferenciales en este cauce en febrero de 1990, en concreto 4 aforos que han permitido cuantificar de forma clara el carácter ganador del cauce.
- **Río Ulldemó:** como ya se ha comentado, la estación nº 3 de proyecto permitía controlar el caudal conjunto del río Matarraña y Ulldemó, pero además se llevaron a cabo 2 aforos diferenciales en este cauce en febrero de 1990 que han permitido detectar el carácter perdedor del río en el tramo inmediato situado aguas arriba de la confluencia con el río Matarraña.

- **Río Algás:** este río se ha controlado mediante una escala de control limnimétrico situada aguas arriba de la población de Arnés, denominada estación nº 4 de proyecto. Además se realizaron en febrero de 1990 aforos diferenciales en este cauce y en el Estret (en total 5 aforos) que han permitido caracterizar a ambos ríos como ganadores.
- **Río Estret:** como ya se ha comentado, se realizaron aforos diferenciales en este y en el vecino río Algás, y además se controló una escala denominada estación nº 5. hay que recordar que este cauce y el río Algás, son controlados por la estación nº 153 de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- **Río Canaleta:** este río es conocido por las pérdidas que sufre al atravesar los materiales mesozoicos. En el proyecto fue controlado mediante aforos diferenciales (dos, aunque no se detectó en principio su carácter perdedor) y mediante dos escalas de control limnimétrico denominadas estación nº 6 (alto Canaleta) y nº 7 (bajo Canaleta).

Código estación		Tipo estación	Organismo ejecutor	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)
52	E.A. nº 52	02	CHE	22915	ene-1931 a sep-2002	0	371	50200
153	E.A. nº 153	02	CHE	13496	nov-1964 a sep-2002	0	976	201400
31192 AEA	31192 AEA	06	IGME	19	ago-1990 a jun-2001	0	36,31	188,33
31193 C/A	31193 C/A	06	IGME	22	ago-1990 a jun-2001	6,25	92,34	379,68
31194 C/B	31194 C/B	06	IGME	19	ago-1990 a jun-2001	0	51,98	218,73
CGS 3	E. nº 3 (Matarraña)	07	CHE (CGS)	5	ago-1990 a jun-1991	378	911,4	1982
CGS 4	E. nº 4 (Algás)	07	CHE (CGS)	3	dic-1990 a jun-1991	62	181,33	416
CGS 5	E. nº 5 (Estrets)	07	CHE (CGS)	4	dic-1990 a jun-1991	12	77,5	148
CGS 6	E. nº 6 (Alto Canaleta)	07	CHE (CGS)	5	ago-1990 a jun-1991	33	170,8	328
CGS 7	E. nº 7 (Bajo Canaleta)	07	CHE (CGS)	5	ago-1990 a jun-1991	1	77	181
	Matarraña 1	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		77	
	Matarraña 2	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		251	
	Matarraña 3	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		326	
	Matarraña + Ulldemó	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		343	
	Ulldemó 1	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		384	
	Ulldemó 2	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		233	
	Algás	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		61	
	Estrets 1	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		49	
	Estrets 2	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		69	
	Estrets 3	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		34	
	Estrets + Algás	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		457	
	Canaleta Alto	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		147	
	Canaleta Bajo	07	CHE (CGS)	1	feb-1990		195	

Tabla 3. Datos en las estaciones de medida y control



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

Dentro de las MASb 091.096 Puertos de Beceite, se identifican cinco tramos de relación río-acuífero:

- **Tramo río Matarraña (aguas arriba de Beceite) (091.096.001)**: La relación se define en un tramo de 8 km de longitud sobre el río Matarraña, a lo largo del cual aparecen numerosas surgencias e incrementos del caudal, hasta su confluencia con el río Ulldemó.
- **Tramo río Ulldemó (aguas arriba de Beceite) (091.096.002)**: La relación se define en un tramo de 7 km del río Ulldemó, el cual se comporta como perdedor a su paso sobre FGAs terciarias, hasta su confluencia con el río Matarraña.
- **Tramo río Algás (manantiales de Arnés) (091.096.003)**: Cerca de la población de Arnés y fuera de la delimitación establecida para la MASb de Puertos de Beceite, se produce la descarga en forma de manantiales junto al río Algás, los cuales drenan en principio las FGAs terciarias, las cuales se alimentan directamente de las FGAs jurásicas a través de sus niveles más permeables. Estos manantiales se conocen en la zona como Ullals.
- **Tramo río Estret (aguas arriba de confluencia con río Algás) (091.096.004)**: Se trata de un tramo de 5,9 km de longitud en el que el río Estret circula sobre FGAs terciarias, en el cual el río se comporta como ganador.
- **Tramo río Canaleta (en materiales mesozoicos) (091.096.005)**: Se cita en toda la bibliografía la existencia de pérdidas de caudal en el paso del río Canaleta por materiales permeables de edad mesozoica. El tramo tiene una longitud aproximada de 1,3 km.

En la tabla nº 4 se muestran los tramos con relación río-acuífero de forma resumida.

Código del tramo	Nombre del cauce	MAS relacionadas según codificación CEDEX		Características de la MAS a relacionada			Formación Geológica Acuífera
		Código	Nombre	Categoría	Tipología	Alteración	
091.096.001	Río Matarraña	383	Río Matarraña desde su nacimiento hasta el río Ulldemó y el azud de elevación al embalse de Pena.	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Dolomías y calizas del Jurásico superior (Malm) – Cretácico inferior, y Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) del Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)
091.096.002	Río Ulldemó	384	Río Ulldemó desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Matarraña y el azud de elevación	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Conglomerados, areniscas y lutitas del Palógeno-Neógeno y Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno
091.096.003	Manantiales de Arnés	398	Río Algás desde su nacimiento hasta el río Estret (incluye río Estret).	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Palógeno (aunque las descargas se producen en materiales cuaternarios)
091.096.004	Río Estret	398	Río Algás desde su nacimiento hasta el río Estret (incluye río Estret).	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Palógeno
091.096.005	Río Canaleta	178	Río Canaleta desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Ebro.	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) del Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)

Tabla 4. *Identificación de los tramos de ríos conectados. Puertos de Beceite (091.096)*

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

A continuación se describen los modelos conceptuales correspondientes a los tramos de ríos donde se han declarado conexiones río-acuífero.

- **Tramo río Matarraña (aguas arriba de Beceite) (091.096.001).**

Este tramo del río Matarraña corresponde a un sector en el que el cauce discurre sobre varias escamas tectónicas que hacen aflorar calizas y dolomías jurásicas (Malm), en las que existen niveles margosos que favorecen la descarga de agua subterránea.

Las descargas se producen de forma secuencial en forma de manantiales, algunos de los cuales figuran como parte del inventario histórico del IGME:

NIPA	Nombre	Cota de descarga	Medidas de caudal	Primera medida	Última medida	Caudal mínimo (l/s)	Caudal máximo (l/s)	Caudal medio (l/s)
312010004		750	2	08/11/1979	08/11/1979	5	5	5
312010016		680	2	09/11/1979	09/11/1979	12	12	12
312010002		700	2	08/11/1979	08/11/1979	5	5	5
312010013	El Parrisal	680	2	09/11/1979	09/11/1979	17	17	17
312010014		660	2	09/11/1979	09/11/1979	22	22	22
312010015		620	2	08/11/1979	08/11/1979	25	25	25
312010001		610	6	08/11/1979	21/03/2000	4	9	7

Aguas arriba de la surgencia de todos estos manantiales y del tramo con relación río-acuífero, existen otras surgencias, como el manantial 312010005 (caudal medio 4 l/s) o el 312020004 (caudal medio 1 l/s), pero corresponden a niveles superiores de descarga, relacionados con el sistema de bloques que delimitan las escamas.

Entre los manantiales 312010002 y 312010013 se emplaza la galería que en su día sirvió de trasvase para llevar el agua al embalse de Pena, la cual no ha conseguido el objetivo para el que fue diseñada, debido a la escasez de caudal (cota excesivamente elevada).

También existe un punto de control de la red oficial de control de piezometría, el sondeo 312010006 de la Masía Borrás (SGOP nº3), de 51 metros de profundidad. El sondeo está emplazado a cota 620 m.s.n.m, y en el gráfico siguiente se muestra su evolución piezométrica.

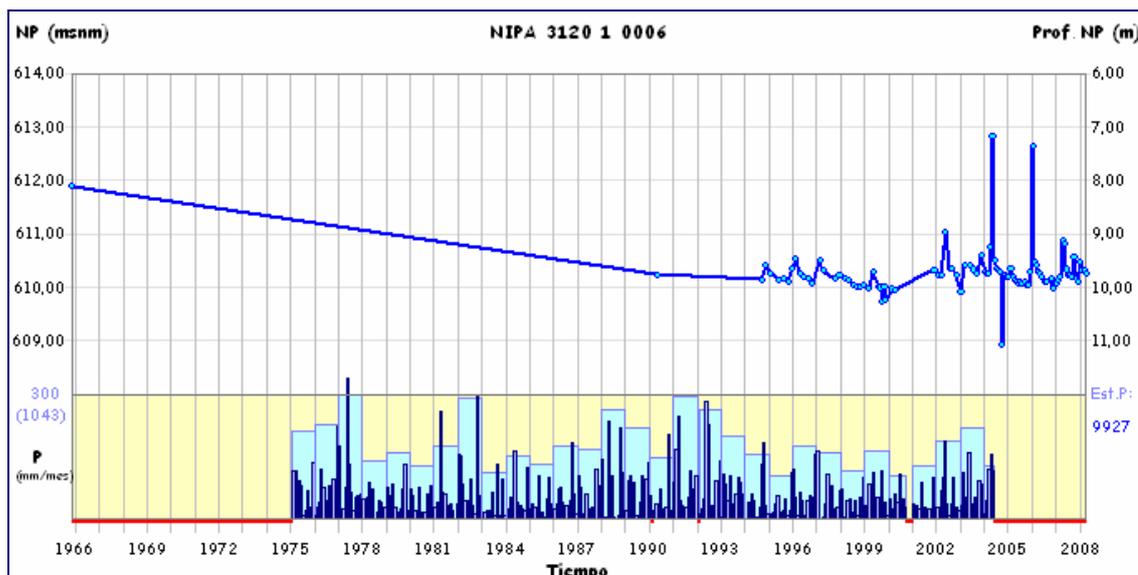


Figura 3. Piezómetro de control 312010006

El conjunto de todo el volumen drenado, queda controlado mediante la estación de Aforos E.A. nº 52 (Beceite), la cual está situada aguas arriba de Beceite, en el lugar en el que el cauce atraviesa las FGAs terciarias.

Hay que destacar que este tramo ha sido objeto de aforos diferenciales en los trabajos realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el “Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro (Zona III. Acuíferos de la zona baja)”, en el año 1991. En concreto se llevaron a cabo 3 aforos en febrero de 1991 a lo largo del tramo, resultando:

Cauce	UTM X	UTM Y	Cota (MDT)	Caudal (l/s)
Matarraña	770.306	4.520.913	674	77
Matarraña	768.815	4.524.356	578	251
Matarraña	768.640	4.525.847	556	326

- **Tramo río Ulldemó (aguas arriba de Beceite) (091.096.002).**

En el estudio citado anteriormente, se llevaron a cabo aforos diferenciales en el río Ulldemó, resultando una pérdida importante de caudal en el paso del río por las FGAs terciarias:

Cauce	UTM X	UTM Y	Cota (MDT)	Caudal (l/s)
Ulldemó	772.938	4.524.926	661	384
Ulldemó	769.254	4.526.132	569	233

Se trata de un tramo en el que el río Ulldemó atraviesa los Conglomerados, areniscas y lutitas del Paleógeno y Neógeno, y los Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y

lutitas también del Paleógeno, todo ello de permeabilidad media y considerado como FGA terciaria.

No existen aguas arriba de este tramo descargas importantes ni tramos conocidos en los que se produzca incremento del caudal de forma notable. Tampoco existen puntos de control o estaciones de aforo, exceptuando un piezómetro de la red oficial de control de piezometría, aunque está situado aguas debajo de la confluencia con el río Matarraña. Se trata del sondeo 311950024 (Beceite MMA, polígono 2, parcela 9002 MMA), de 129 metros de profundidad, enclavado en materiales jurásicos, pero con un historial todavía demasiado corto (las medidas comenzaron en Noviembre de 2006).

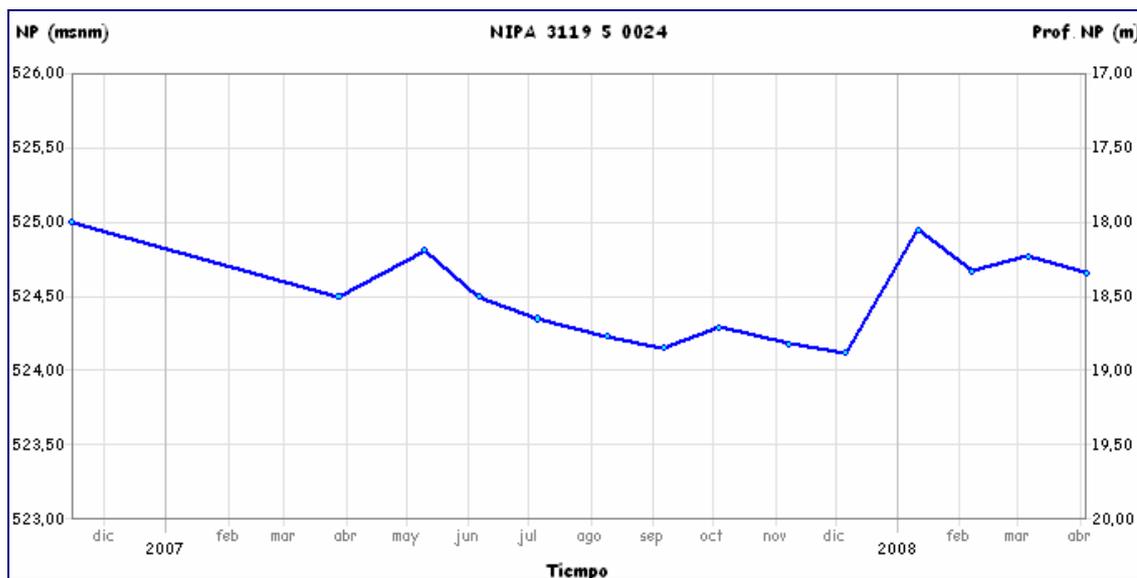


Figura 4. Piezómetro de control 311950024

No se han realizado controles posteriores en este tramo de río y por lo tanto, se cita como registro histórico de relación río-acuífero.

- **Tramo río Algás (manantiales de Arnés) (091.096.003)**

Cerca de la población de Arnés, se produce descargas de importancia junto al río Algás, en materiales aluviales (cuaternarios), procedentes de las FGAs terciarias, aunque su origen ha de buscarse en las FGAs jurásicas que ceden agua a los materiales permeables terciarios, en zonas de cabecera de cuenca.

La mayor parte de los manantiales son descargas puntuales ("Ullals"), las cuales forman parte del inventario histórico de puntos de agua del IGME, y casi todas ellas se hallan en el entorno de la población de Arnés, si exceptuamos un manantial que se sitúa cercano a la confluencia con el río Estret, aguas debajo de Arnés. Estos manantiales son (ordenados por cota de descarga y aparición junto al cauce del río Algás):

NIPA	Cota de descarga	Medidas de caudal	Primera medida	Última medida	Caudal mínimo (l/s)	Caudal máximo (l/s)	Caudal medio (l/s)

311960004	480	2	22/05/1979	22/05/1979	5	5	5
311960002	470	2	22/05/1979	22/05/1979	5	5	5
311960001	460	2	22/05/1979	22/05/1979	10	10	10
311920001	410	2	22/05/1979	22/05/1979	7	7	7

Los caudales de descarga son controlados mediante una estación de aforos, junto con los aportes del río Estret, en la denominada Estación de aforos nº 153 (Horta de San Juan).

- **Tramo río Estret (aguas arriba de confluencia con río Algás) (091.096.004)**

Este tramo del río Estret es un caso de similares características al descrito anteriormente (río Algás). El río Estret, poco antes de su confluencia con el río Algás se comporta como ganador al atravesar *Conglomerados con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno* (FGA terciaria).

Existen algunos manantiales, que forman parte del inventario histórico de puntos de agua del IGME.

NIPA	Cota de descarga	Medidas de caudal	Primera medida	Última medida	Caudal mínimo (l/s)	Caudal máximo (l/s)	Caudal medio (l/s)
311960003	480	2	22/05/1979	22/05/1979	5	5	5
311920002	440	2	22/05/1979	22/05/1979	18	18	18

Como ya se ha comentado anteriormente, aguas debajo de la confluencia de los ríos Estret y Algás existe una estación de aforos denominada Estación de aforos nº 153 (Horta de San Juan). Además de esta estación, el IGME realiza un control periódico desde el año 1990 en un punto intermedio entre los dos manantiales mostrados en la tabla. Se trata de la sección de aforo 31192 AEA, con caudales medios de 36,3 l/s y un caudal máximo histórico de 188,3 l/s.

- **Tramo río Canaleta (en materiales mesozoicos) (091.096.005)**

El río Canaleta es un río que desde su nacimiento en los Puertos de Beceite, discurre por materiales de permeabilidad media-baja de edad terciaria y cuaternaria. Su trazado tiene una trayectoria casi circular, de forma que pasa por el límite NO de la MASb, constituye el límite N con la MASb 091.097 (Fosa de Mora) y termina pasando a la MASb 091.099 (Puertos de Tortosa) situada al E de los Puertos de beceite. Cuando el cauce se pone en

contacto con materiales mesozoicos² con las *dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) de edad Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)* se produce una pérdida de caudal que en algunos trabajos se ha cuantificado en el 75% del agua en origen³.

Históricamente, el río Canaleta ha sido objeto de controles periódicos mediante medidas de escala y aforos diferenciales de contraste (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1991). Estos puntos de control se situaban aguas arriba y aguas abajo del tramo, y en el caso de los aforos diferenciales (realizados en febrero de 1990), no detectaron pérdidas en el cauce:

Cauce	UTM X	UTM Y	Cota (MDT)	Caudal (l/s)
Canaleta	782.541	4.539.812	347	147
Canaleta	791.547	4.544.432	98	195

En cambio, el control de escalas en las estaciones de aforo del MOPU, realizado en diferentes periodos entre los años 1990 y 1991 lo registran claramente:

Cauce	Fecha	Caudal aforo nº6 (aguas arriba) (l/s)	Caudal aforo nº7 (aguas abajo) (l/s)	Diferencia (l/s)
Canaleta	3 ago 1990	33	1	-32
Canaleta	24 dic 1990	82	27	-55
Canaleta	20 feb 1991	268	97	-171
Canaleta	15 abr 1991	328	181	-147
Canaleta	18 jun 1991	143	79	-64

Actualmente el tramo en el que se registra la relación río-acuífero ha sido controlado por el IGME mediante dos aforos en el cauce, situados aproximadamente en el mismo lugar que los aforos anteriores, los cuales se han medido con regularidad desde el año 1990 hasta el 2001:

- Aforo 31193 C/A en el río Canaleta Alto (aguas arriba del tramo), a cota 340 m.s.n.m.
- Aforo 31194 C/B en el río Canaleta Bajo (fuera del ámbito de la MASb Puertos de Beceite, en la MASb contigua de los Puertos de Tortosa, aguas abajo del tramo), a cota 100 m.s.n.m.

Los caudales medios registrados aguas arriba del tramo alcanzan los 92,34 l/s, mientras que aguas abajo del tramo los caudales medios registrados alcanzan los 51,97 l/s.

² Existe una estructura anticlinal que favorece la aparición del muro impermeable (keuper); esta estructura es conocida como el anticlinal de "Font Calda" y en sus flancos afloran materiales mesozoicos.

³ "Investigación geofísica en el borde septentrional de los Puertos de Beceite (Cuenca del Ebro)". Confederación Hidrográfica del Ebro, 1991.

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 (km)
091.096.001	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite)	Conexión difusa directa de un cauce efluente	Natural	Lecho con muy poco desarrollo, en contacto directo con calizas y dolomías	-	Sistema de escamas que independizan bloques y facilitan la descarga	8
091.096.002	Río Ulldemó (aguas arriba de Beceite)	Conexión difusa indirecta de un cauce influente	Natural	Lecho con escaso desarrollo sobre materiales terciarios (conglomerados)	-	-	7
091.096.003	Río Algás (manantiales de Arnés)	Descarga puntual por un grupo de manantiales	Natural	Lecho muy desarrollado	-	Descarga profunda de materiales jurásicos a través de conglomerados terciarios	4,3
091.096.004	Río Estret (aguas arriba de confluencia con río Algás)	Conexiones puntuales (manantiales) con cauce efluente	Natural	Lecho muy desarrollado	-	Descarga profunda de materiales jurásicos a través de conglomerados terciarios	5,9
091.096.005	Río Canaleta (en materiales mesozoicos)	Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes	Natural	Lecho muy escaso, en contacto directo sobre calizas	-	-	1,3

Tabla 5. *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos. Nombre Puertos de Beceite (091.096)*

3.2 Relación río-acuífero

Para la cuantificación de la relación río-acuífero, no ha sido posible utilizar las series históricas de caudales de manantiales controlados por el IGME, debido a la escasez de medidas, aunque en algunos casos la falta de medidas ha podido suplirse con piezómetros de control cercanos. En cambio se dispone de importantes series históricas de aforos de control en cauces, y en algunos casos aforos diferenciales realizados ex profeso.

Cabe destacar el importante trabajo estadístico de análisis de todos los aforos de la cuenca del Ebro, realizado por M.A. García Vera bajo la supervisión de V.Arqued Esquíu en el estudio denominado “Evaluación de los regímenes de compensación en los ríos de la Cuenca del Ebro. Fase II. Modelo Hidráulico” (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1996).

3.2.1 Análisis de series de aforos

En el río Matarraña, la estación de aforo más cercana se sitúa aguas arriba de la población de Beceite, y es la estación nº 52. Esta estación tiene una superficie de cuenca vertiente de 48 km², y se sitúa a cota 580 m.s.n.m.

En la siguiente figura se muestra el gráfico de evolución de los caudales mensuales en la Estación nº 52 entre los años 1931 y 1990.

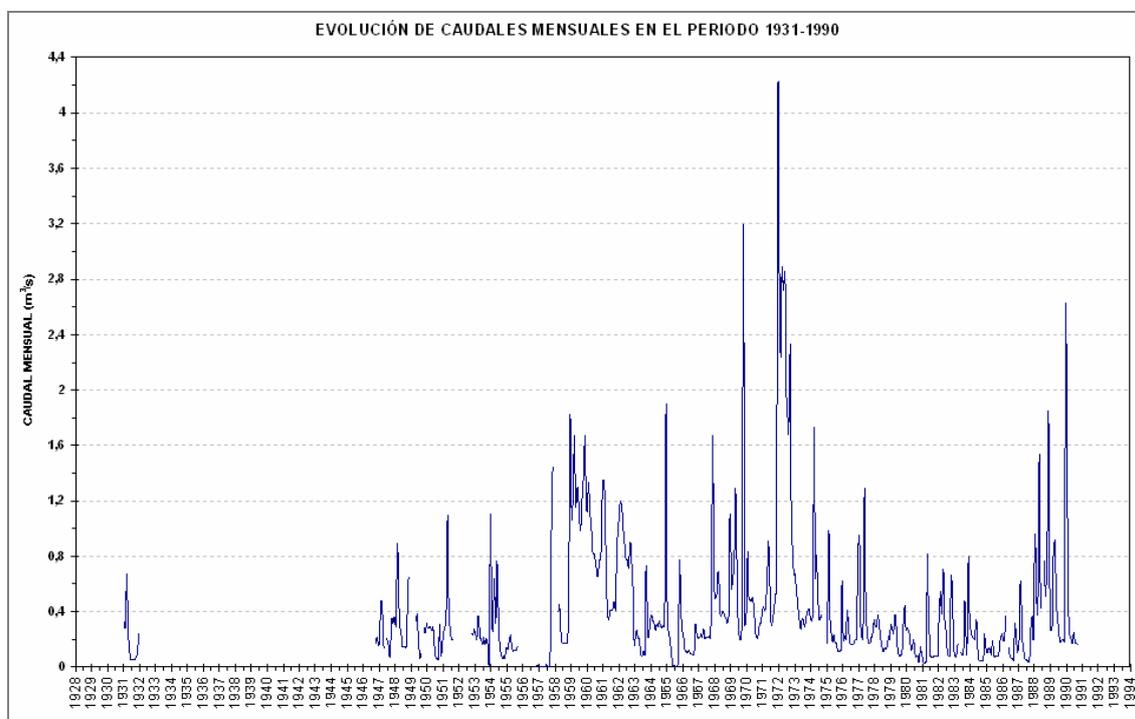


Figura 5. Evolución de caudales mensuales en la estación de aforos nº 52

El caudal medio anual registrado en esta estación es de $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$. De la descomposición del hidrograma de esta estación se obtiene un 13,05 % de régimen de aportación rápida y un 86,95 % de aportación lenta con un periodo de semiagotamiento de 47 días, lo que indica su importante regulación ($\alpha=0,01473 \text{ días}^{-1}$).

En la siguiente figura se muestra el análisis de las aportaciones para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 1971 y 29 de noviembre de 1973:

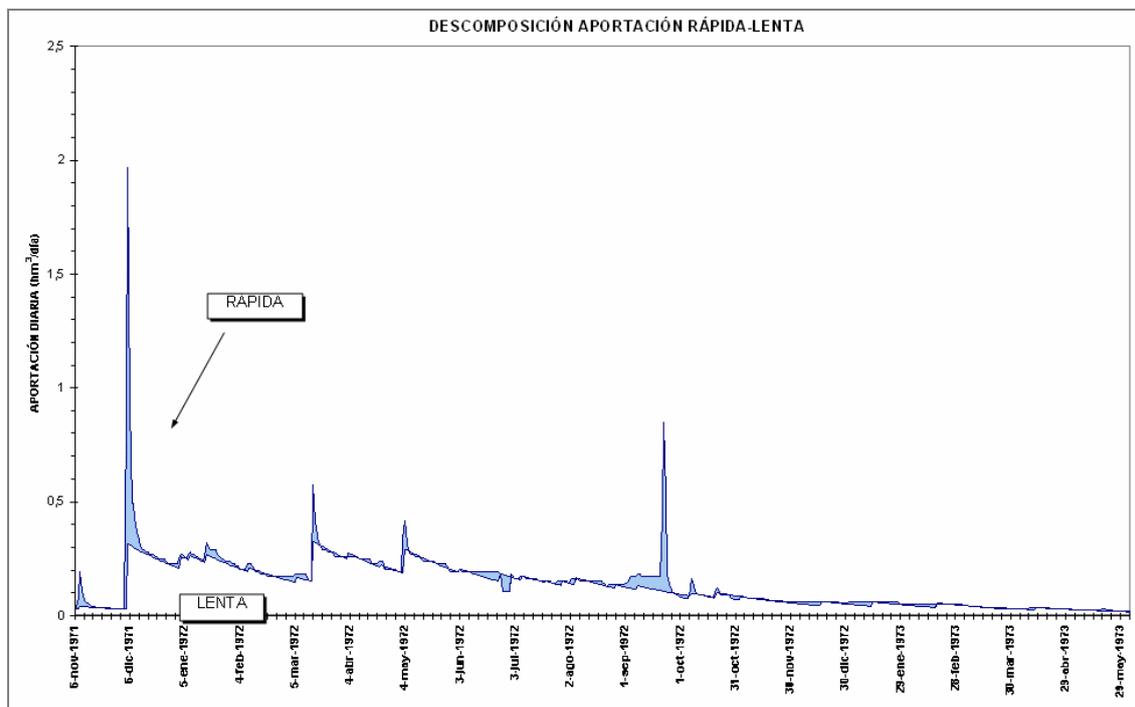


Figura 6. Descomposición del hidrograma de la estación de aforos nº 52

El río Ulldemó, por desgracia, no tiene puntos de control foronómico, y únicamente se dispone de datos históricos de aforos diferenciales en los que no es posible realizar cálculo alguno, salvo detectar la pérdida de caudal.

El río Algás, es controlado junto con el río Estret en la estación de aforos nº 153 (Horta de San Juan), la cual se sitúa a cota 418 m.s.n.m. y recibe las aportaciones de una cuenca vertiente con una superficie de 115 Km^2 . En la siguiente figura se muestran los caudales aforados entre los años 1965 y 1990. El caudal medio anual registrado en esta estación es de $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$.

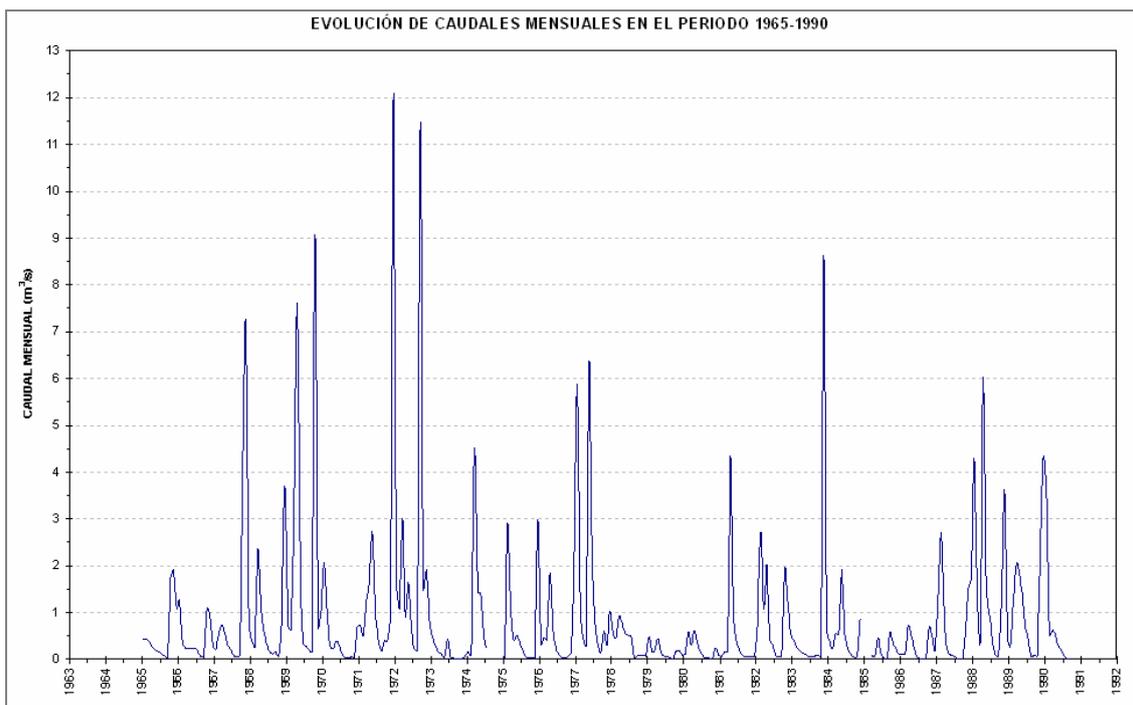


Figura 7. Evolución de caudales mensuales en la estación de aforos nº 153

De la descomposición del hidrograma de esta estación se obtiene un 70,16 % de aportación rápida, 28,62 % de aportación intermedia y un 1,21 % de aportación lenta con un periodo de semiagotamiento de 25 días ($\alpha = 0,02767 \text{ días}^{-1}$) para las aportaciones intermedias y de 255 días ($\alpha = 0,00195 \text{ días}^{-1}$) para las lentas. En la siguiente figura se muestra el análisis realizado para el periodo comprendido entre el 13 de septiembre de 1972 y 7 de diciembre de 1973.

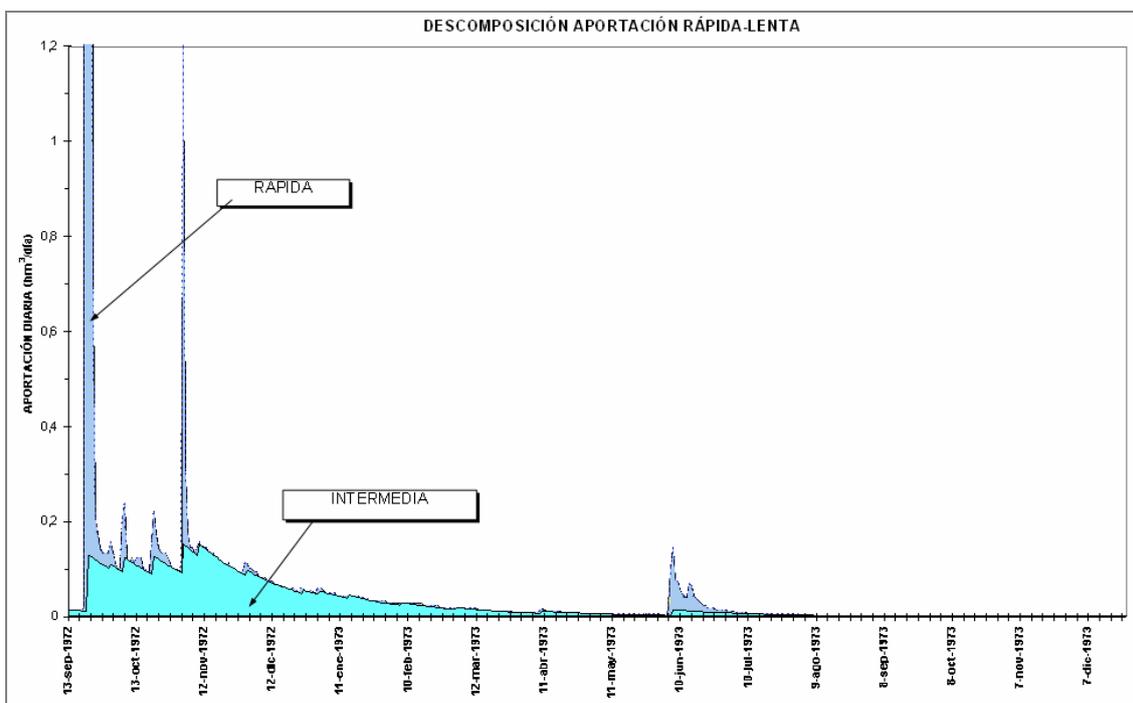


Figura 8. Descomposición del hidrograma de la estación de aforos nº 153

En el estudio ““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 establecieron puntos de aforo de control en ambos cauces (Algás y Estret), y se obtuvieron los siguientes resultados:

Aforos directos y diferenciales:

Cauce	UTM X	UTM Y	Cota (MDT)	Caudal (l/s)
Algás	773.837	4.533.895	476	61
Estret	778.135	4.531.527	505	49
Estret	776.556	4.535.408	461	69
Estret	776.096	4.535.891	438	34
Algás + Estret (Horta de San Juan)	775.811	4.537.075	420	457

Estaciones de control (escalas):

Fecha	Caudal aforo nº4 (río Algás) (l/s)	Caudal aforo nº5 (río Estret) (l/s)
24 dic 1990	66	12
20 feb 1991	416	108
15 abr 1991	-	148
17 jun 1991	62	42

A partir de estos datos, se realizaron análisis de las curvas de agotamiento de los ríos llegando a las siguientes conclusiones:

- Periodo de semiagotamiento de 62 días del río Algás ($\alpha = -0,01119 \text{ días}^{-1}$)
- Periodo de semiagotamiento de 60,2 días del río Estret ($\alpha = -0,01150 \text{ días}^{-1}$)

Además de estas estaciones de aforo y aforos directos, el IGME ha controlado el río Estret en una sección aguas arriba de la Estación de Horta de San Juan, en la denominada estación 31192 AEA. El gráfico de evolución de caudales se muestra en la siguiente figura:

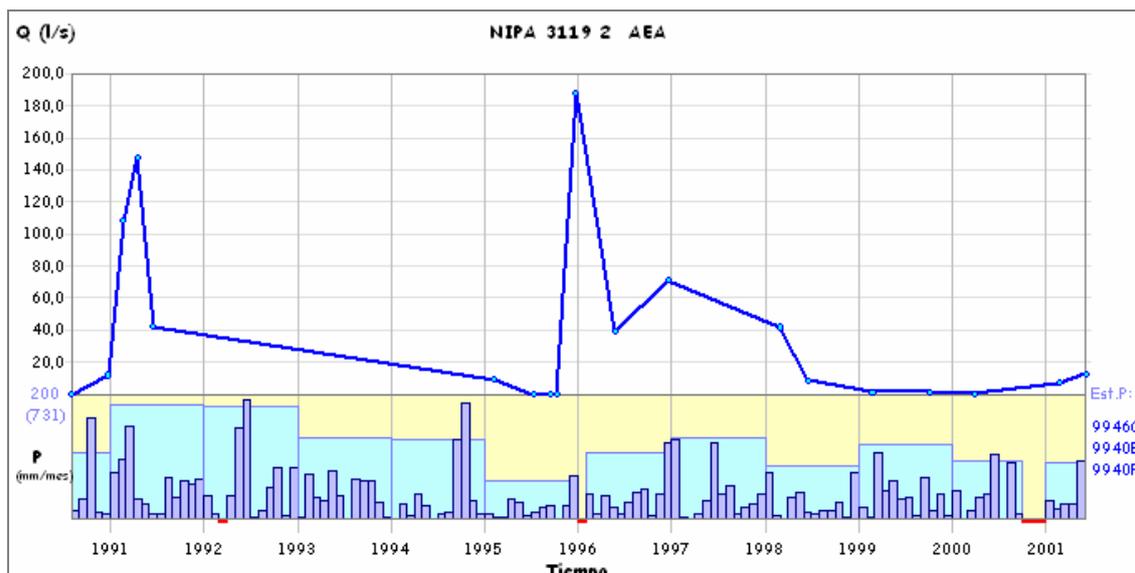


Figura 9. Evolución de caudales en la estación 31192 AEA (IGME)

El caudal medio registrado en esta sección es de 36,3 l/s en el periodo de control comprendido entre el año 1990 y 2001, siendo el máximo registrado de 188,3 l/s.

En cuanto al último de los tramos con relación río-acuífero, el río Canaleta, no dispone de estaciones de aforo oficiales, aunque ha sido objeto de diversos aforos diferenciales realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro en los años 1990-1991 y de controles periódicos en dos secciones por parte del IGME entre los años 1990 y 2001. En el estudio “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 determinó que el coeficiente de agotamiento (α) del río Canaleta en su aforo situado más aguas arriba (alto Canaleta) era de 73,2 días ($\alpha = -0,00946 \text{ días}^{-1}$).

En los controles que ha realizado el IGME entre los años 1990 y 2001, en las secciones de aforo 31193 C/A (Canaleta alto) y 31194 C/B (Canaleta bajo), se detecta claramente una pérdida continua de caudal (aproximadamente el 50% del caudal). En la siguiente figura se muestran las evoluciones de las dos secciones de aforo.

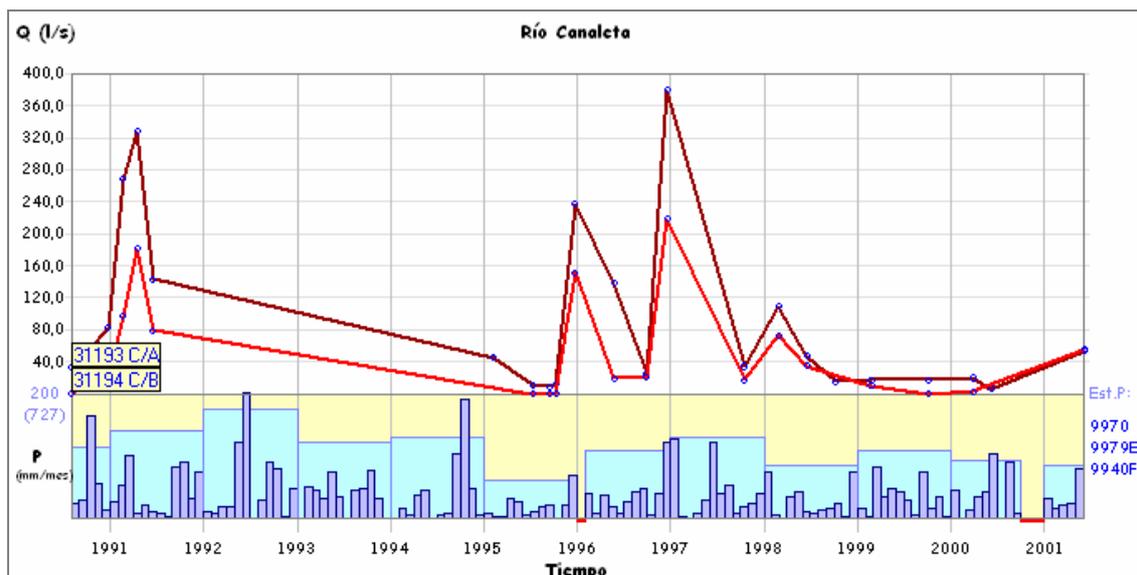


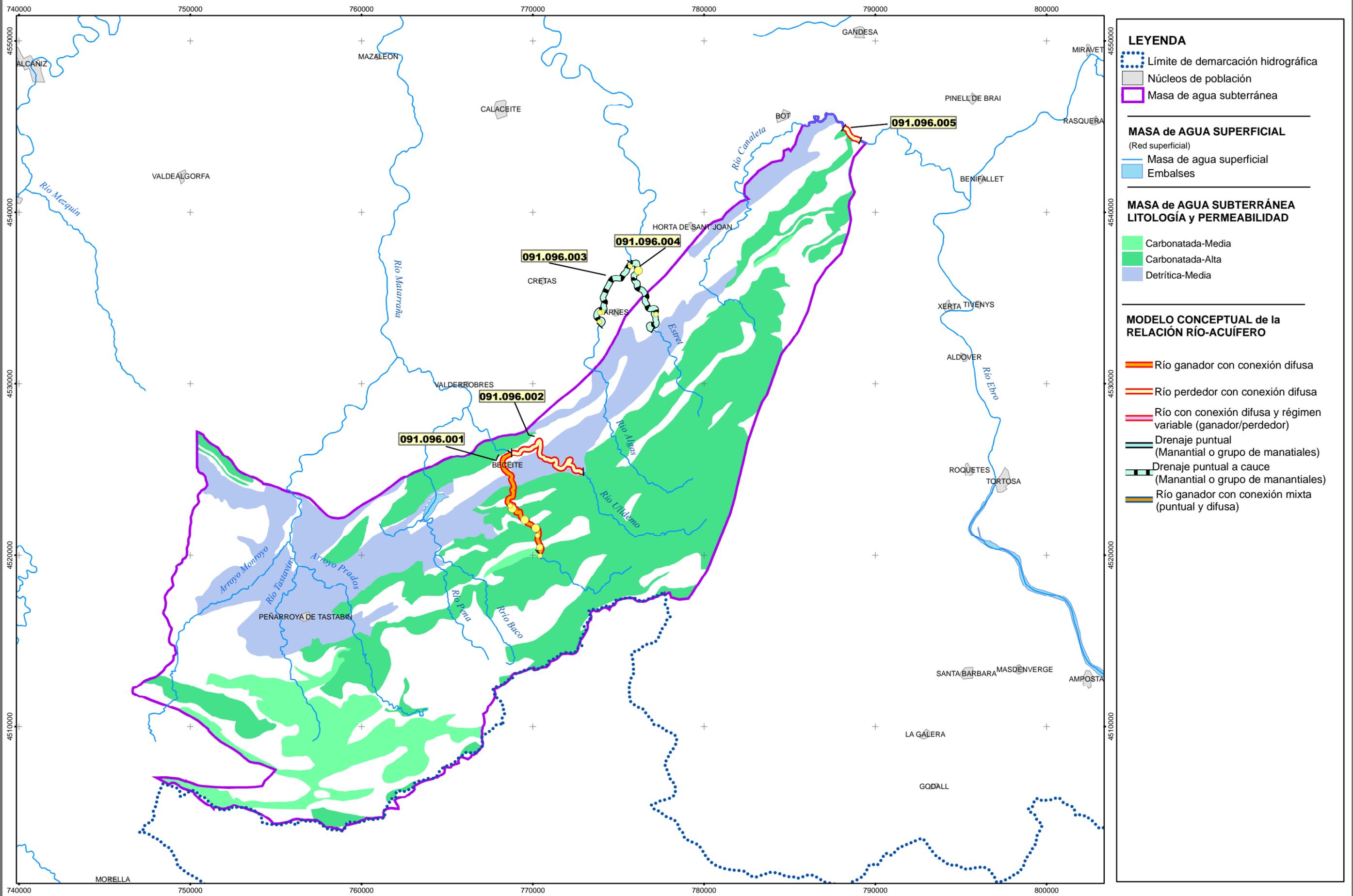
Figura 10. Evolución de caudales en las secciones del río Canaleta

3.2.2 Análisis de datos hidrométricos

No se disponen de suficientes datos para realizar análisis, puesto que la mayoría de las series disponen de 2 medidas como máximo.

Código Tramo	Descripción hidrogeológica	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)		
091.096.001	Conexión difusa directa de un cauce efluente	Sin datos				Natural poco modificado	Es un tramo que funciona en régimen natural
091.096.001	Conexión difusa directa de un cauce efluente	50 ⁽¹⁾	-	-	-	Natural	Existen captaciones en los manantiales para abastecimiento a pequeños núcleos de población
	⁽¹⁾	Referencia bibliográfica o descripción de la procedencia del dato					
	⁽²⁾	Referencia bibliográfica o descripción de la procedencia del dato					

Tabla 6. Resumen de la cuantificación río-acuífero. Puertos de Beceite (091.096)



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-Media
- Carbonatada-Alta
- Detrítica-Media

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

En relación con la MASb de los Puertos de Beceite (091.096) se han diferenciado 13 manantiales que se asocian con los fenómenos de conexión río-acuífero detectados.

4.1 Manantiales principales

Existen numerosos manantiales inventariados que están asociados con las relaciones río-acuífero descritas. El historial de control disponible es demasiado escaso (2 medidas), salvo algún caso puntual. Tampoco se dispone de datos toponímicos relevantes que permitan identificar a cada uno de ellos, salvo por su NIPA. Los manantiales son los siguientes:

Tramo 091.096.001 (río Matarraña)

- **Manantial 312010004**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-2**”, es una descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior* favorecida por la proximidad de una escama de cabalgamiento sobre materiales cretácicos. La descarga se produce a cota 750 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 5 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312010016**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-8**”, es una descarga de la FGA cretácica en *Calizas arrecifales, con rudistas, calizas bioclásticas, dolomías y margas del Cretácico* favorecida por la existencia de materiales cretácicos de base de baja permeabilidad asociados además a una estructura sinclinal ligada a una escama. La descarga se produce a cota 680 m.s.n.m. y el caudal medio registrado es de 12 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312010002**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-1**”, es una descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior*. La descarga se produce a cota 700 m.s.n.m. y los caudales medios registrados son de 5 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312010013 “Parrizal”**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-5**”, es una importante descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior* en un lugar próximo a una escama sobre materiales cretácicos de baja permeabilidad (facies Utrillas). La descarga se produce a cota 680 m.s.n.m. y los caudales medios registrados son de 17 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312010014**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-6**”, es otra importante descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior*

(Malm)-Cretácico inferior. La descarga se produce a cota 660 m.s.n.m. y los caudales medios registrados son de 22 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.

- **Manantial 312010015**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal-7**”, es otra importante descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior*, pero ya en términos intermedios y baja cota (620 m.s.n.m.), de ahí que los caudales medios lleguen a alcanzar los 25 l/s. A partir de este punto, aguas abajo, el río Matarraña atraviesa los términos basales de las FGAs jurásicas y FGAs terciarias discordantes. Aún se producen relaciones río-acuífero hasta llegar a la población de Beceite.
- **Manantial 312010001**, conocido en el IPA de la CHE como “**El Parrizal**”, es un punto de control de calidad de la Confederación Hidrográfica del Ebro y corresponde a la última descarga de la FGA jurásica en *calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior*, antes de que comiencen a aflorar los términos basales del jurásico. El caudal medio registrado es de 7 l/s y se sitúa a cota 610 m.s.n.m. Aguas debajo de este manantial se halla la estación de aforos nº 52 de Beceite, que controla el caudal del río Matarraña.

Tramo 091.096.003 (río Algás)

Los 4 manantiales que se van a describir a continuación, corresponden a descargas de las FGAs terciarias (*Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno*) a través de materiales aluviales cuaternarios. Como ya se ha comentado anteriormente, el agua subterránea de las FGAs terciarias es una transferencia subterránea de las FGAs jurásicas.

- **Manantial 311960004**, conocido en el IPA de la CHE como “**Fuente Torrero**”, es una descarga que se produce a cota 480 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 5 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 311960002**, conocido en el IPA de la CHE como “**Font de Dins**”, es una descarga que se produce a cota 470 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 5 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 311960001**, conocido en el IPA de la CHE como “**Manantiales de Arnés, Font de Sigro**”, es una descarga que se produce a cota 460 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 10 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 311920001**, conocido en el IPA de la CHE como “**Ullal de la Rosa**”, es una descarga que se produce a cota 410 m.s.n.m., a bastante distancia de los tres anteriores (a 3,1 km). Los caudales medios registrados son de 7 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.

Tramo 091.096.004 (río Estret)

Los manantiales relacionados con este tramo tienen afinidad genética con los descritos en el caso del río Algás, también se producen las descargas de las FGAs terciarias a través de depósitos aluviales cuaternarios. Cabe destacar el aumento de caudal hasta llegar a cota aproximada 440-460 m.s.n.m., que es donde se registran los mayores caudales en ambos casos. Los manantiales son los siguientes:

- **Manantial 311960003**, conocido en el IPA de la CHE como “**Font de Perot**”, es una descarga que se produce a cota 480 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 5 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 311960002**, conocido en el IPA de la CHE como “**Font de Dins**”, es una descarga que se produce a cota 440 m.s.n.m. Los caudales medios registrados son de 18 l/s según los datos de inventario de manantiales del IGME.

Manantial	Código NIPA (IGME)	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación			FGA relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30		Cota (msnm)	
				X	Y		
El Parrizal-2	31201004	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	770420	4519970	750	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica favorecida por la tectónica.
El Parrizal-8	312010016	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	770423	4520471	680	Descarga en calizas arrecifales, con rudistas, calizas bioclásticas, dolomías y margas del Cretácico de la FGA cretácica a favor de un eje sinclinal colgado.
El Parrizal-1	312010002	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	770278	4521148	700	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica favorecida por la tectónica.
El Parrizal-5	312010013	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	770180	4521574	680	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica favorecida por la tectónica.
El Parrizal-6	312010014	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	769529	4522067	660	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica.
El Parrizal-7	312010015	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	768808	4522722	620	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica favorecida por la tectónica.
El Parrizal	312010001	Río Matarraña	Río Matarraña (aguas arriba de Beceite) 091.096.001	768684	4522873	610	Descarga en calizas y dolomías del Jurásico Superior (Malm)-Cretácico inferior de la FGA jurásica favorecida por la tectónica.
Fuente Torrero	311960004	Río Algás	Río Algás (manantiales de Arnés) 091.096.003	773895	4533603	480	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.
Font de Dins	311960002	Río Algás	Río Algás (manantiales de Arnés) 091.096.003	773921	4534161	470	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.
Manantiales de Arnés, Font de Sigro	311960001	Río Algás	Río Algás (manantiales de Arnés) 091.096.003	774061	4534167	460	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.
Ullal de la Rosa	311920001	Río Algás	Río Algás (manantiales de Arnés) 091.096.003	775694	4536858	410	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.
Font de Perot	311960003	Río Estret	Río Estret (aguas arriba de confluencia con río Algás) 091.096.004	777205	4534047	480	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.
Font de Dins	311960002	Río Estret	Río Estret (aguas arriba de confluencia con río Algás) 091.096.004	776172	4536599	440	Descarga de la FGA terciaria (conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas del Paleógeno) a través de materiales aluviales cuaternarios.

Tabla 7. Manantiales principales. Puertos de Beceite (091.096)

4.2 Resto de manantiales

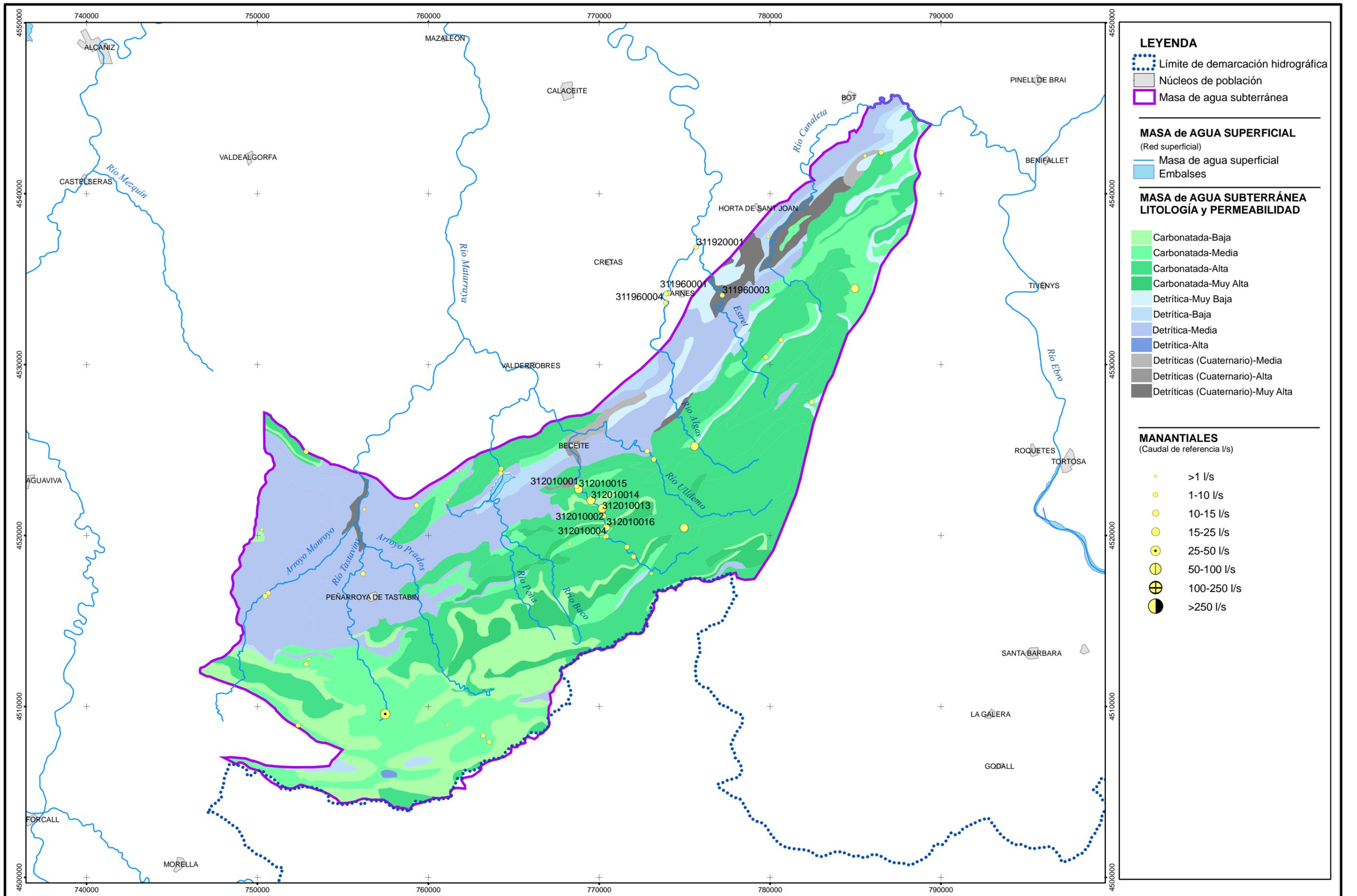
En la MASb de los Puertos de Beceite, existe un número muy importante de manantiales (al menos 53 manantiales registrados en el inventario de manantiales del IGME. La mayoría de los manantiales corresponden a las siguientes tipologías:

- Manantiales aislados que descargan recargas en materiales cretácicos aislados en el interior de estructuras sinclinales independizadas por escamas. Normalmente se produce la descarga en el contacto de materiales cretácicos de baja permeabilidad, en las zonas de cota más baja del sinclinal.
- Descargas puntuales del acuífero jurásico en zonas de cabecera.
- Manantiales asociados a las FGAs terciarias que descargan la transferencia subterránea de las FGAs jurásicas.

Entre los manantiales no asociados a las conexiones río-acuífero descritas, caben destacar por sus caudales:

- **Manantial 302070001 (Fuente la Mascarona):** Descarga *margas, calizas, arcillas y dolomías de edad cretácica* a 900 m.s.n.m. en el río Tastavins. Los caudales medios registrados alcanzan los 50 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 311970001 (Domenge):** Descarga producida en el contacto entre el jurásico basal (*Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) del Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)*) y las facies *Muschelkalk (Dolomías, calizas y margas (F. Muschelkalk))*. La descarga se produce a cota 420 m.s.n.m. y los caudales medios registrados alcanzan los 22 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312020003 (Alto de Carlares):** Descarga en la cuenca del río Ulldemo (alejada del cauce) en el afloramiento de los materiales basales del jurásico (*dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) de edad Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)*) debido a la existencia de una escama. La descarga se produce a cota 930 m.s.n.m. y los caudales medios registrados alcanzan los 22 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 312020001 (Nacimiento del río Algás, Ullal de Mas de Pau):** En este punto a cota 640 m.s.n.m. se produce la descarga con un caudal medio de 20 l/s en materiales jurásicos (*dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña) de edad Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)*) debido a la presencia del muro impermeable (Keuper) asociado a una escama.
- **Manantial 302020002 (Río Escorza):** descarga de FGA Terciaria en el río Monroyo a cota 730 con un caudal medio de 10 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 302030003 (Fuente de la Ermita de la Virgen de la Fuente):** descarga de FGA Terciaria en el río Tastavins a cota 660 con un caudal medio de 10 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.

- **Manantial 302040005 (camino de acceso al embalse de Pena):** descarga de FGA jurásica aislada (pliegue tumbado) al Norte del embalse de Pena, en el río Pena a cota 620 con un caudal medio de 10 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.
- **Manantial 302040004 (junto al cauce y en el propio río, Fuentes de los Baños o del Riñón):** descarga con la misma génesis que el manantial anterior, procedente de FGA jurásica aislada (pliegue tumbado) al Norte del embalse de Pena, en el río Pena a cota 600 con un caudal medio de 9 l/s según los datos del inventario de manantiales del IGME.



5. Zonas húmedas

No existen humedales en la MASb de los Puertos de Beceite.

6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos

En general, la información sobre el río Matarraña es abundante, debido al interés que ha suscitado el mismo, como potencial fuente de recursos. Es por ello que en este tramo existe una importante infraestructura de control. Por este motivo, los análisis realizados en este río se consideran fiables.

En cambio, en el resto de tramos definidos en la MASb, se detecta la ausencia de información, sobre todo en los aspectos relacionados con el seguimiento hidrométrico de los manantiales. Dada la continuidad estructural dentro de la MASb hacia el NE, es probable que en los ríos Ulldemó, Algás, Estret e incluso Canaleta, tengan lugar procesos similares a los que se han controlado en el río Matarraña, pero se dispone de muy poca información sobre las surgencias.

6.2 Propuesta de actuaciones

Dada la importancia de esta masa de agua subterránea, es necesaria la realización de controles periódicos en las principales surgencias en materiales jurásicos, tal y como llevó a cabo en su momento el IGME, en ciertas secciones del río Estret y Matarraña. El control de estos manantiales aporta información muy valiosa sobre el funcionamiento del acuífero.

Las estaciones de control deben de situarse de forma que se puedan controlar las descargas jurásicas, las cuales tienen lugar en esta MASb favorecidas por lineaciones estructurales (frentes de cabalgamiento). Es necesario controlar los ríos Ulldemo, Algás y Estret aguas arriba y aguas abajo de los frentes de cabalgamiento que teóricamente actúan favoreciendo la descarga.

7. Referencias Bibliográficas

- (1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
- (2) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): Investigación geofísica en el borde septentrional de los Puertos de Beceite (Cuenca del Ebro).
- (3) Confederación Hidrográfica del Ebro (1996b): Evaluación de los regímenes de compensación en los ríos de la cuenca del Ebro. Fase III. Modelo Hidrológico. Oficina de Planificación. Informe inédito.
- (4) Confederación Hidrográfica del Ebro (2002): Obras de Emergencia de aporte de recursos hídricos a la cuenca del Matarraña (Teruel).
- (5) IGME (1981): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro. Informe Final.
- (6) IGME (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 520 (Peñarroya de Tastavins), 521 (Beceite), y 496 (Horta de San Juan).
- (7) Dirección General del Agua (2004-2006): Trabajos de apoyo para atender los requerimientos de la Directiva Marco en materia de planificación hidrológica (Cuenca del Ebro).

8. Bibliografía de interés

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