

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

091.061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE



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**

091.061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE

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	3
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico	3
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	6
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	6
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	7
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	7
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	9
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	9
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	13
3.2.1 Análisis de series de aforos	14
4. MANANTIALES	19
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	19
4.2 RESTO DE MANANTIALES	19
5. ZONAS HÚMEDAS	21
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	22
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	22
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	22
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	25

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

091.061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Análisis del Aforo diferencial entre las EA 96 (aguas abajo), EA861 (aguas arriba) del río Segre, y EA412 (derivación a canal), junto con la E.A.182 del río Sió entre ambas..... 15
- Figura 2.** Análisis del Aforo diferencial entre las EA 25 (aguas abajo), EA24 (aguas arriba) en el río Segre.16
- Figura 3.** Análisis del Aforo diferencial entre las EA 25 (aguas abajo) y EA 24 (aguas arriba) del río Segre.17

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

091.061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	6
Tabla 2. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de control hidrométrico de aguas subterráneas	7
Tabla 3. Identificación de los tramos de ríos conectados	11
Tabla 4. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	13
Tabla 5. Piezómetros de control propuestas.....	24

**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**

091.061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	2
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	5
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	8
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	18
Mapa 5.	Mapa de manantiales	20

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

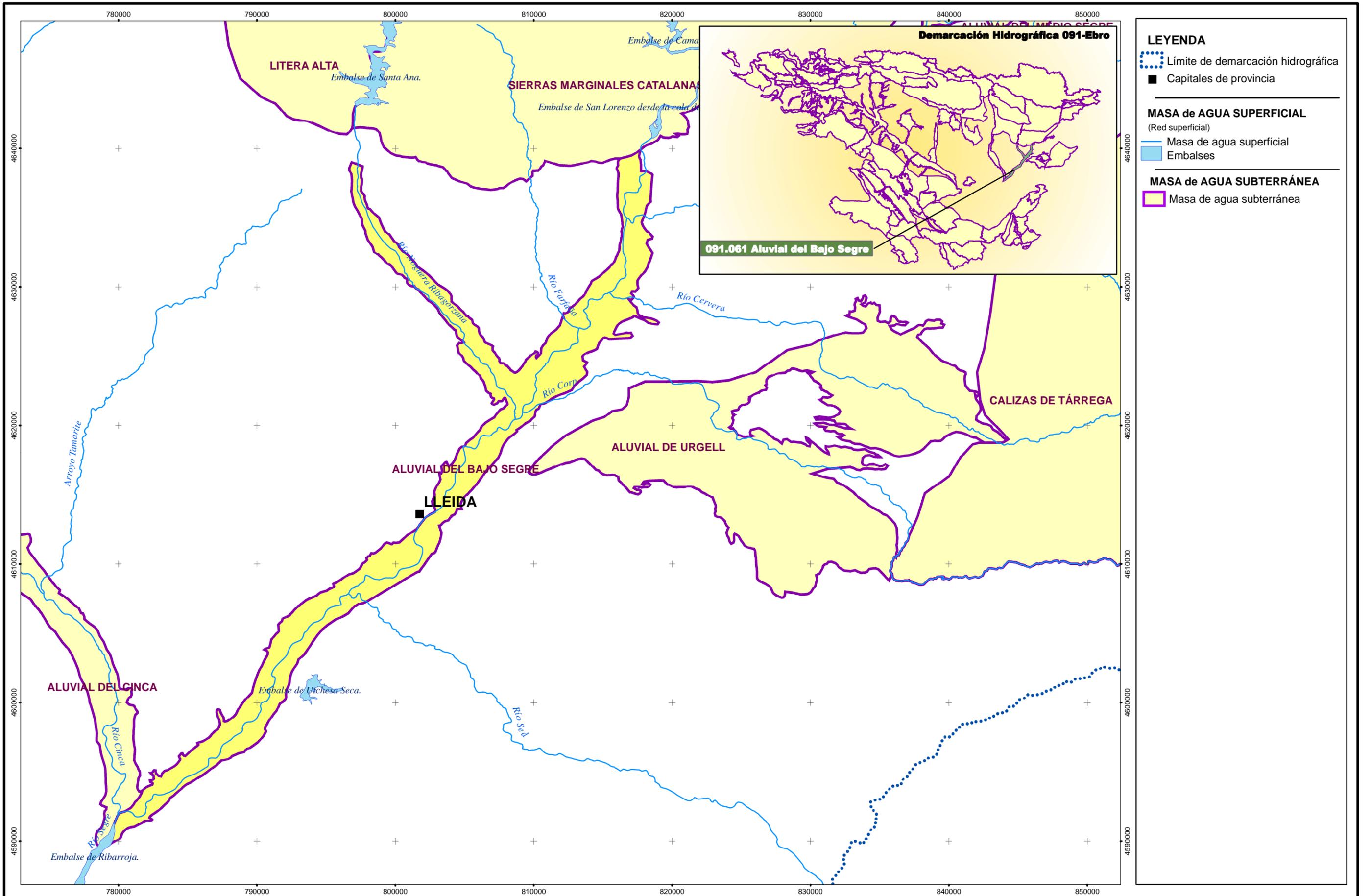
1.1 Identificación, morfología y datos previos

La MASb Aluvial del bajo Segre, identificada con el código 091.061, se ubica en el sector oriental del Dominio de la Depresión del Ebro, que se corresponde con la Cuenca Terciaria del Ebro. La superficie total de la MASb es de 181,66 km² localizados íntegramente en la comunidad autónoma de Cataluña. Los límites de esta MASb coinciden con las extensiones aluviales de las cuencas bajas del Noguera de Ribagorzana y del Segre (siendo el primero afluente del segundo por la derecha), desde aguas abajo de las localidades de Alfarrás y Balaguer, hasta la desembocadura del Segre en el río Ebro.

La topográfica de la MASb varía en cotas que oscilan entre 70 m.s.n.m. y 320 m.s.n.m., siendo la cota media de 170 m.s.n.m.

El cauce principal asociado a la MASb es el propio río Segre, al que hay que añadir el río Noguera de Ribagorzana como cauce de interés específico en la MASb. Otros ríos de menor importancia en la MASb que incluyen algún tramo en la MASb son los siguientes afluentes del Segre: Por su margen izquierda, los ríos, Sió, Cervera, Corp y Sed, y por su margen derecha, el Fargaña y el Noguera de Ribagorzana. El río Cinca es afluente del Segre en su tramo final, pero no incluye ningún tramo dentro de la MASb por coincidir su desembocadura en éste con el límite de la misma.

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



1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

Prácticamente la totalidad de los afloramientos existentes dentro de los límites de esta MASb son materiales cuaternarios detríticos asociados con el río Segre y con el río Noguera de Ribagorzana. El resto de los afloramientos se corresponden con formaciones detríticas terciarias de baja permeabilidad. La única FGP definida es la que a continuación se describe:

- FGP Cuaternaria: se trata de un conjunto de formaciones detríticas asociadas con el aluvial del Segre y del Noguera de Ribagorzana, constituidas principalmente por las facies de la llanura de inundación y de la terraza baja. Se considera un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial. La composición dominante en estos depósitos es de gravas limpias, poco consolidadas, y con algo de matriz de elementos más finos.

El espesor saturado medio de las FGP se estima en torno a los 10 metros y presenta una transmisividad que varía entre 100 y 500 m²/día con una porosidad eficaz de 0,05.

Esta FGP se sitúa sobre formaciones terciarias de permeabilidad baja a muy baja, consideradas como el nivel impermeable de base.

1.2.2 Estructura geológica

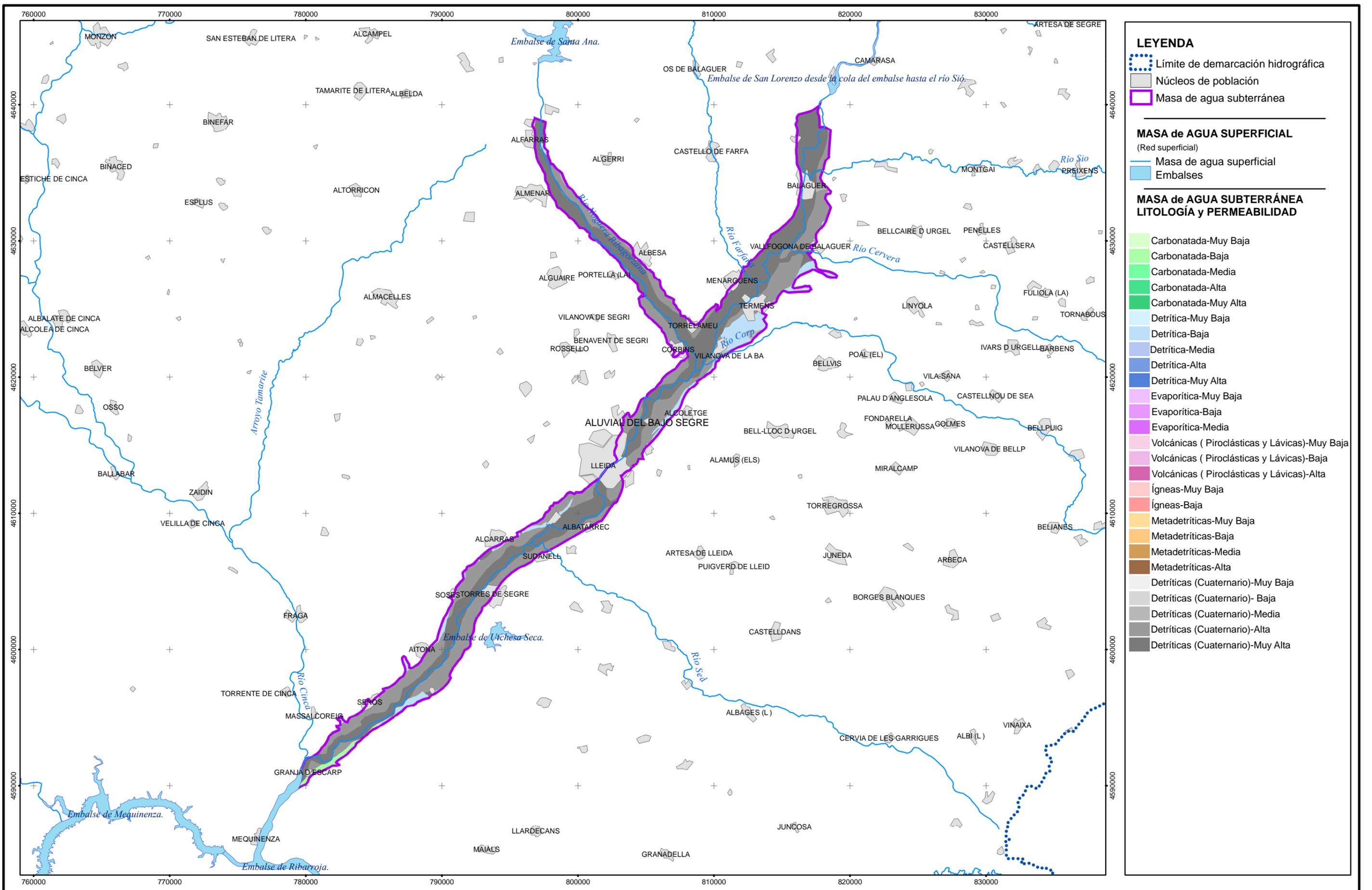
La estructura geológica de esta MASb viene definida por la propia extensión de los aluviales actuales del río y las terrazas bajas conectadas con este. Se trata de secuencia típicas con formas tabulares y conectadas con los niveles de terrazas bajas. El límite Norte de la MASb se sitúa junto a la población de Balaguer, aproximadamente 1,2 Km., aguas abajo del embalse de San Lorenzo (medidos por el cauce). El límite Sur se sitúa en prácticamente en la desembocadura del río Segre en el Ebro.

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

El funcionamiento hidrogeológico de esta MASb se encuentra claramente asociada al propio río Segre. La recarga se produce en toda la extensión del aluvial y de las terrazas bajas, por infiltración del agua de lluvia y de los retornos de riego principalmente. La descarga se realiza de forma natural al propio río, que actúa como colector general y, en menor medida, por bombeos.

El flujo subterráneo presenta direcciones subparalelas al cauce del río hacia el que se producen las principales descargas.

La relación río-acuífero está muy condicionada por la dinámica fluvial, la climatología y por el desarrollo agrícola presente en toda la zona.



LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

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

2. Estaciones de control y medidas de caudales

Existen 5 estaciones de la red oficial de aforos de la CHE. Estas estaciones controlan el caudal circulante por los ríos Segre y Sió.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

De las 6 estaciones de la red oficial de aforos, 4 están situadas en el río Segre (una de ellas fuera de la MASb, cercana a su límite Norte), una en el río Sió (previo a la desembocadura de éste en el Segre) y una en cabecera del Canal auxiliar de Urgell.

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						
861	Embalse de San Lorenzo	Activa	818545	4640773	246	Segre	67	16337	1958-2005	0,97
412	Canal Auxiliar de Urgell	Inactiva	818219	463881	252	Canal auxiliar de Urgell	-	11710	1958-2005	0,69
182	Sió en Balaguer	No activa	817801	4635182	235	Sió	148	8583	1965-1992	0,87
96	Balaguer Coca E.A.96	Activa	816451	4634016	235	Segre	957	20415	1945-2002	0,98
25	Seros E.A.25	Activa	785454	4594800	78	Segre	433	21999	1925-2002	0,78
24	Lérida E.A.24	No activa	803594	4614488	142	Segre	432	26027	1913-1992	0,89

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

Las estaciones 96, 182 y 861 están situadas en tramos de río que permiten la realización de un aforo diferencial entre ellas junto con la 412, que aporta el dato del caudal derivado al Canal Auxiliar de Urgell, permitiendo a su vez la caracterización de la relación río-acuífero de un tramo del río Segre.

Las estaciones 24 y 25 permiten realizar una aproximación a la relación río acuífero pero debido a la ausencia de información sobre el aporte del río sed (afluente del Segre en el tramo comprendido entre ambas estaciones) no es posible cuantificar ni sacar conclusiones definitivas sobre la dinámica de funcionamiento río-acuífero.

Existen otras estaciones de aforos en la MASb, pero debido a su situación o a la falta de registros en las mismas no se han podido utilizar para el análisis de la relación río acuífero en ningún tramo.

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

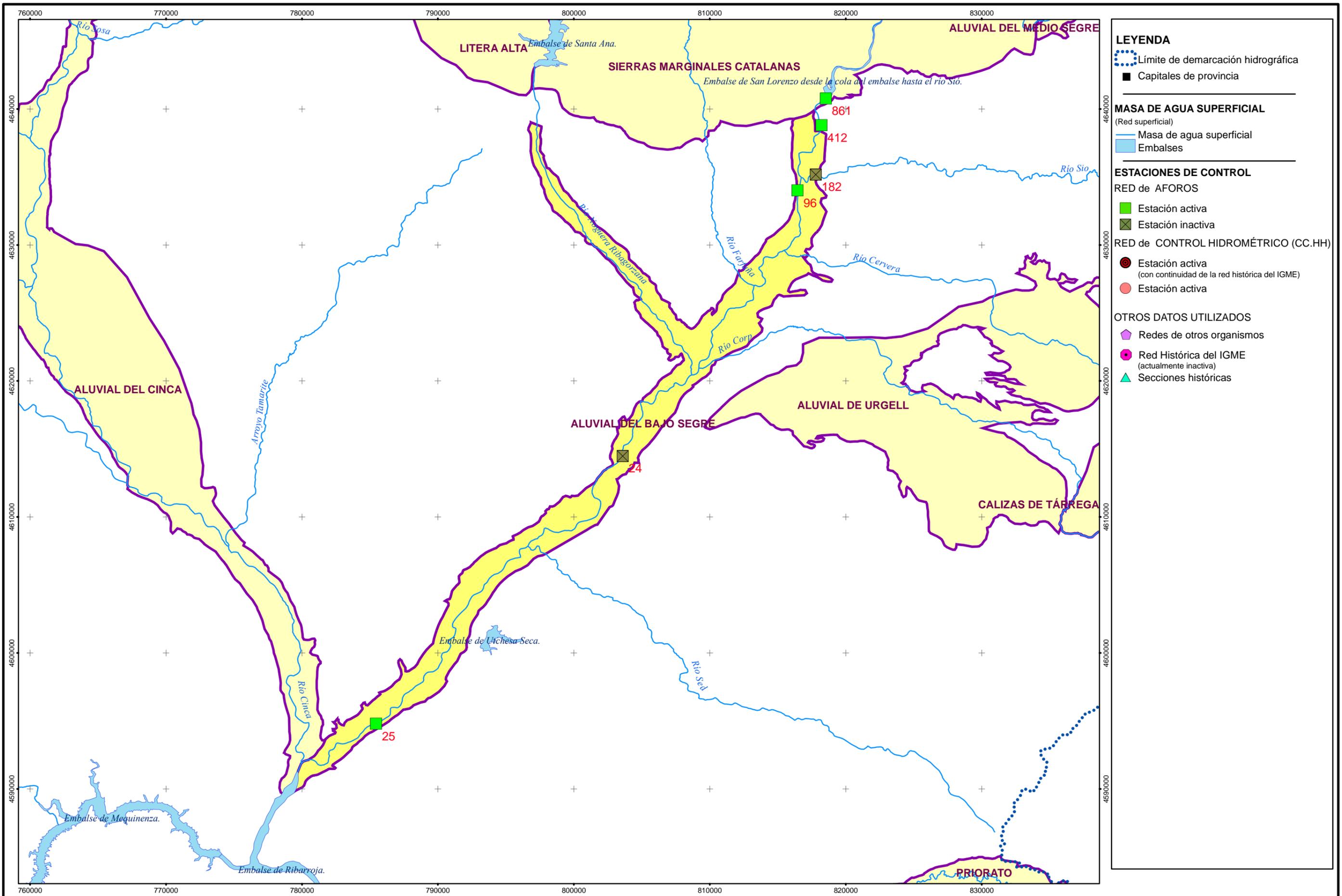
No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en esta masa de aguas subterráneas.

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

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

2.3 Otra información hidrométrica

No existe otra información hidrométrica de interés para su utilización en la cuantificación de la relación río acuífero.



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Capitales de provincia

MASA DE AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

ESTACIONES DE CONTROL

RED de AFOROS

- Estación activa
- Estación inactiva

RED de CONTROL HIDROMÉTRICO (CC.HH)

- Estación activa (con continuidad de la red histórica del IGME)
- Estación activa

OTROS DATOS UTILIZADOS

- Redes de otros organismos
- Red Histórica del IGME (actualmente inactiva)
- Secciones históricas

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

La MASb en estudio presenta una masa de agua superficial en las que se pueden identificar y caracterizar su relación con las FGP. Esta masa de agua superficial es el río Segre, en el que se han definido 2 tramos, tal y como a continuación se describe.

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

Dentro de la MASb 091.061-Aluvial del Bajo Segre se han definido 2 tramos de conexión hidráulica entre las masas de agua superficiales y la FGP Cuaternaria.

- **Tramo Segre I** (091.061.001-tramo conectado con la MAS código 67). Corresponde al tramo del río Segre que va desde la entrada de éste en la MASb hasta la confluencia con el río Sió, justo antes de la entrada del cauce en la población de Balaguer. La MAS relacionada es Embalse de San Lorenzo desde la cola del embalse hasta el río Sió. (código 67), clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Segre II** (091.061.002-tramo conectado con la MAS 957). Corresponde al tramo de río Segre que va desde la confluencia con el río Sió, hasta la E.A. 96, situada a la entrada de la población de Balaguer. Las MAS relacionada es Río Segre desde el río Sió hasta el río Cervera (código 957), clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Segre III** (091.061.003-tramo conectado con la MAS 957). Corresponde al tramo de río Segre que va desde la E.A 96, hasta la confluencia con el río Cervera (o D´Ondara). Las MAS relacionada es Río Segre desde el río Sió hasta el río Cervera. (código 957) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Segre IV** /091.061.004-tramo conectado con la MAS 428) Corresponde al tramo de río Segre que va desde la confluencia con el río Cervera (o D´Ondara) hasta el río Crob. Las MAS relacionada es Río Segre desde el río Cervera hasta el río Corb. (código 428) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Segre V** /091.061.005-tramo conectado con la MAS 431) Corresponde al tramo de río Segre que va desde la confluencia con el río Cervera (o D´Ondara) hasta el río

Crob. La MAS relacionada es Río Noguera Ribagorzana desde la toma de canales en Alfarrás hasta su desembocadura en el Segre (incluido el tramo del Segre desde el río Corb hasta el río Noguera Ribagorzana). (código 431) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.

- **Tramo Segre VI** (091.061.006-tramo conectado con la MAS 432) Corresponde al tramo del río Segre entre las confluencias con los ríos Noguera de Ribagorzana y el Sed. LA MAS relacionada es Río Segre desde el río Noguera Ribagorzana hasta el río Sed (código 432) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Segre VII** (091.061.007-tramo conectado con la MAS 433) Corresponde al tramo del río Segre que va desde la confluencia con el río Sed hasta su confluencia con el Cinca (en la cola del embalse de Ribarroja). LA MAS relacionada es Río Segre desde el río Sed hasta la cola del embalse de Ribarroja. (código 433) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Noguera de Ribagorzana** (091.061.008-tramo conectado con la MAS 431) Corresponde al tramo de río Noguera de Ribagorzana incluido en la MASb. La MAS relacionada es Río Noguera Ribagorzana desde la toma de canales en Alfarrás hasta su desembocadura en el Segre (incluido el tramo del Segre desde el río Corb hasta el río Noguera Ribagorzana). (código 431) clasificada como *ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.

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	
091.061.001	Río Segre	67	Embalse de San Lorenzo desde la cola del embalse hasta el río Sió.	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
091.061.002	Río Segre	957	Río Segre desde el río Sió hasta el municipio de Balaguer en la EA 96	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
091.061.003	Río Segre	957	Río Segre desde el municipio de Balaguer en la EA 96 hasta el río Cervera	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
091.061.004	Río Segre	428	Río Segre desde el río Cervera hasta el río Corb	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
091.061.005	Río Segre	431	Río Segre desde el río Corb hasta el río Noguera de Ribagorzana.	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
091.061.006	Río Segre	432	Río Segre desde el río Noguera de Ribagorzana hasta el río Sed.	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial
0.91.061.007	Río Segre	433	Río Segre desde el río Sed hasta el río Cinca	Río	ejes mediterráneo-continentales poco	Masa influenciada	Cuaternario aluvial

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	
					mineralizados		
091.061.008	Río Noguera de Ribagorzana	431	Río Noguera de Ribagorzana desde su entrada en la MASb hasta su desembocadura en el Segre	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Cuaternario aluvial

Tabla 3. *Identificación de los tramos de ríos conectados.*

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

Tramo Segre I (091.061.001). Se trata del tramo de río comprendido desde su entrada en la MASb hasta la confluencia con el río Sió. A lo largo de este tramo el río se comporta como perdedor, aunque debido a la escasez de datos complementarios no es posible conocer el tipo de conexión, pudiendo ser directa o indirecta. En cualquier caso se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen perdedor, pero que mantiene una conexión indiferenciada (código 441-Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre II (091.061.002). Se trata del tramo de río comprendido desde la confluencia con el río Sió hasta la E.A.96, situada en la localidad de Balaguer. A lo largo de este tramo el río se comporta como perdedor, aunque debido a la escasez de datos complementarios no es posible conocer el tipo de conexión, pudiendo ser directa o indirecta. En cualquier caso se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen perdedor, pero que mantiene una conexión indiferenciada (código 441-Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre III (091.061.003). Se trata del tramo de río comprendido desde la E.A.96 hasta la confluencia con el río Cervera (o D´Ondara). El tramo se ha analizado de forma conjunta con el resto de constituyentes que forman el Segre desde la localidad de Balaguer hasta la cola del pantano de Ribarroja, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (código 401-Conexión

difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre IV (091.061.004). Se trata del tramo de río comprendido entre los ríos Cervera (o D'Ondara) y el Corb. El tramo se ha analizado de forma conjunta con el resto de tramos que constituyen el Segre desde la localidad de Balaguer hasta la cola del pantano de Ribarroja, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre V (091.061.005). Se trata del tramo de río comprendido entre el río Corb y el río Noguera de Ribagorzana. El tramo se ha analizado de forma conjunta con el resto de tramos que constituyen el Segre desde la localidad de Balaguer hasta la cola del pantano de Ribarroja, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre VI (091.061.006). Se trata del tramo de río comprendido desde la confluencia con el río Noguera de Ribagorzana hasta la confluencia con el río Sed. El tramo se ha analizado de forma conjunta con el resto de tramos que constituyen el Segre desde la localidad de Balaguer hasta la cola del pantano de Ribarroja, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Segre VII (091.061.007). Se trata del tramo de río comprendido desde la confluencia con el río Sed hasta la cola del Pantano de Ribarroja. El tramo se ha analizado de forma conjunta con el resto de tramos que constituyen el Segre desde la localidad de Balaguer hasta la cola del pantano de Ribarroja, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (*código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

Tramo Noguera de Ribagorzana (091.061.008). Se trata del tramo de río comprendido en la MASb. El tramo se ha analizado de forma cualitativa en función de la geología e hidrogeología de la zona, definiéndose su comportamiento como ganador. Se considera que existe una conexión hídrica total entre las aguas superficiales y las subterráneas de la FGP Cuaternaria. Así pues, el modelo conceptual para este tramo corresponde a un río en régimen ganador, con conexión directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Segre presenta un régimen hidrológico influenciado.

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)
091.061.001	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	4.734
091.061.002	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces influentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	985
091.061.003	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	
091.061.004	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	
091.061.005	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	
091.061.006	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	
0.91.061.007	Río Segre	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Segre	-	Conexión hídrica acuífero-río	
091.061.008	Río Noguera de Ribagorzana	Conexión difusa indiferenciada en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Río Noguera Ribagorzana	-	Conexión hídrica acuífero-río	

Tabla 4. *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos*

En régimen natural de funcionamiento, el río Segre se comportaría como ganador en toda su longitud dentro de la MASb.

3.2 Relación río-acuífero

Se han identificado ocho tramos donde se puede definir la conexión río acuífero, codificados como 091.061.001, 091.061.002; 091.061.003, 091.061.004, 091.061.005, 091.061.006, 091.061.007 y 091.061.008 y se han clasificado de la siguiente manera:

- Tramos perdedores con conexión difusa indiferenciada: 091.061.001 y 091.061.002
- Tramos ganadores con conexión difusa directa: 091.061.003, 091.061.004, 091.061.005, 091.061.006, 091.061.007 y 091.061.008.

Para la cuantificación de las relaciones río-acuífero de esta MASb se ha partido de la información que aportan las estaciones de control foronómico que la CHE opera regularmente. Dados los fuertes condicionamientos generados por el carácter fuertemente influenciado de la MASb, dicha cuantificación se ha realizado sólo como apoyo a la interpretación y en ningún momento se han tomado como válidos los valores arrojados por el análisis.

3.2.1 Análisis de series de aforos

Los datos de series de aforos generadas en las redes de control que opera la CH Ebro han servido para analizar la relación río-acuífero en dos grandes sectores, el definido por los tramos 091.061.001 y 091.061.002 y el definido por los tramos del 091.061.003 al 091.061.007, si bien, las conclusiones extraídas se extrapolan a los tramos de forma individual.

Para analizar la relación río-acuífero en los tramos 091.061.001 y 091.061.002 del río Segre se han utilizado los datos foronómicos de la estación 96, de la 861, de la 182 y de la 412, restituidas y sin restituir. Las dos primeras se ubican en el cauce del río Segre, la tercera controla el caudal que aporta el río Sió (único afluente entre las mencionadas estaciones del Segre), y la cuarta se sitúa en el canal auxiliar de Urgell, permitiendo la realización de un aforo diferencial.

La cuantificación se realiza de manera conjunta para los dos tramos. El espacio comprendido entre las estaciones es algo mayor que el que agrupa los dos tramos diferenciados, sin embargo, de forma práctica, la representatividad corresponde a la sección del río que circula por la MASb por ser este sector el que presenta conexión con la FGP.

Se debe tener en cuenta que el análisis se realiza bajo condiciones de régimen influenciado y sin datos concretos respecto a la cuantía tomas y/o vertidos realizados sobre el cauce, por lo que los datos obtenidos deben de ser tomados con las debidas precauciones y sólo como aproximaciones.

Para la realización del aforo diferencial se ha reducido la serie de datos a los años en los que se solapan las tres series, yendo desde 1965 hasta 1992, lo cual es también un factor condicionante añadido a la hora de la utilización de los datos resultantes.

A continuación se presenta el cálculo diferencial realizado sobre las medias mensuales.

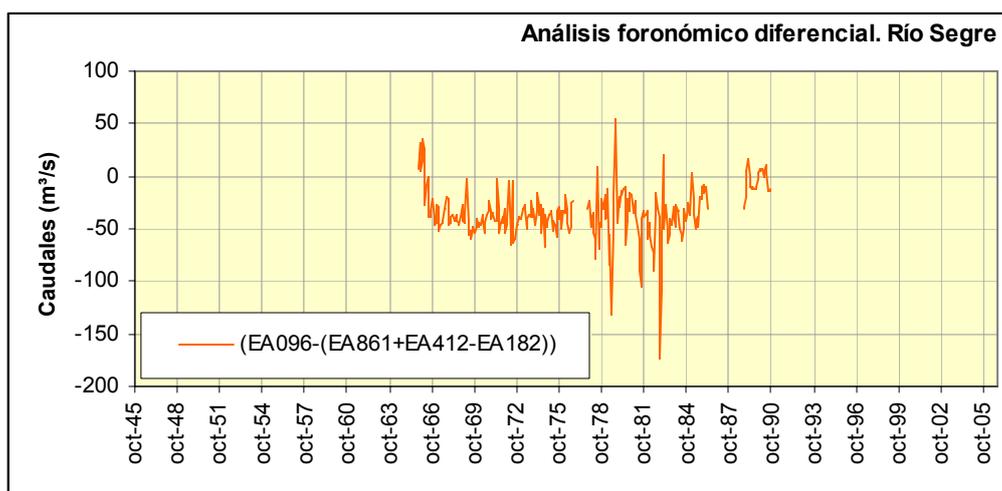


Figura 1. Análisis del Aforo diferencial entre las EA 96 (aguas abajo), EA861 (aguas arriba) del río Segre, y EA412 (derivación a canal), junto con la E.A.182 del río Sió entre ambas.

Las medias mensuales presentan un tramo netamente perdedor, y el volumen de pérdidas según estos datos supone en torno a los $38,4 \text{ m}^3/\text{s}$ de media (en torno a los $4,2 \text{ l/s/m}$) sin descontar las tomas directas, lo que resulta extremadamente alto e induce a pensar que existen extracciones no cuantificadas a lo largo del tramo y/o pérdidas no cuantificadas de las infraestructuras de derivación sin embargo, este hecho difícilmente explicaría pérdidas tan elevadas. La relativa continuidad en las pérdidas de caudal reflejadas en la gráfica, así como lo exagerado de los volúmenes reflejados exigiría un estudio mas detallado.

El carácter extremadamente perdedor resultante del análisis realizado puede estar derivado de la presencia del embalse de derivación ligado al Canal Auxiliar de Urgell situado sobre materiales de alta permeabilidad y que puede llegar a producir pérdidas muy importantes.

En régimen natural, el río en este tramo probablemente se comportaría como ganador, con posibles variaciones puntuales, sin embargo, el actual régimen de flujo ha podido variar esta condición.

El análisis de los datos de aforos restituidos, representado en la gráfica siguiente, muestra el carácter ganador lógico que este río mantendría en estado natural.

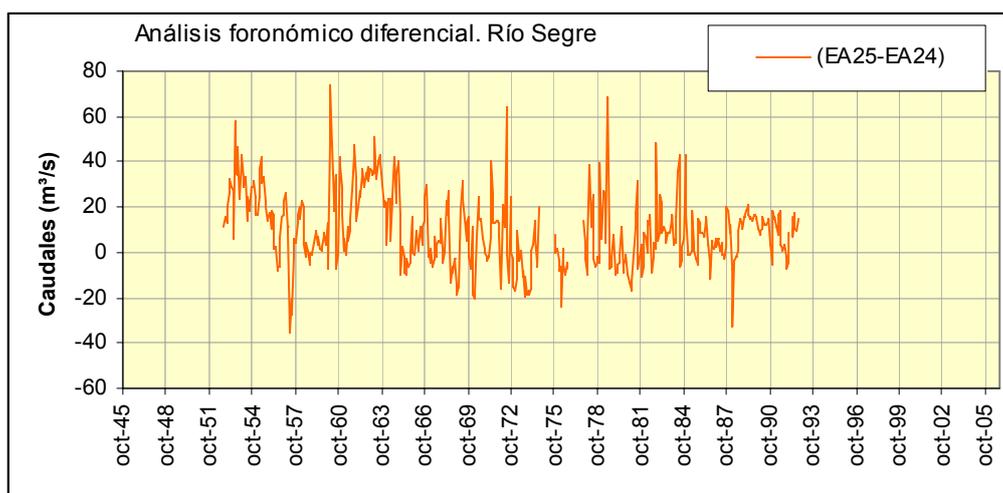


Figura 2. Análisis del Aforo diferencial entre las EA 25 (aguas abajo), EA24 (aguas arriba) en el río Segre.

La media de volumen de agua ganado en el tramo es de unos 21 Hm³/mes (unos 8000 l/s), lo que implica que, en un tramo unos 6 km., el volumen cedido por metro se de unos 1,3 l/s/m, considerándose un valor muy elevado.

A efectos de la clasificación del tramo se ha tomado el resultante del análisis en el estado actual, en régimen influenciado, aunque se apunta aquí la cuantificación en régimen natural como aporte para la planificación de actuaciones.

Para analizar la relación río-acuífero en los tramos 091.061.003 a 091.061.007 (ambas inclusive) del río Segre se han utilizado los datos foronómicos de las estaciones 24 y 25, ambas ubicadas en el caudal del río Segre.

La estaciones de aforo 24 y 25 señalan un tramo de unos 28 kilómetros de largo (medidos en línea recta) en el que tan sólo hay un cauce afluente al Segre, el Sed, y del que no se dispone de datos, si bien se estima de escaso caudal. De forma orientativa y bajo la premisa de una fiabilidad muy baja por tratarse además de un tramo en régimen influenciado y con tomas y vertidos desconocidos en cuantía, se ha realizado un análisis diferencial entre ambas estaciones con lo siguiente resultado.

El resultado del análisis, en régimen influenciado, presenta al sector Sur del río Segre como ganador, con un caudal anual medio de aproximadamente 10,2 m³/s, si bien, el régimen del río y la falta de datos de aporte de río Sed impiden una cuantificación que presente fiabilidad. Por otra parte, el tramo es lo suficientemente largo para que puedan existir sectores donde el comportamiento varíe.

El paralelismo en las curvas medias de ambas estaciones induce a relativizar la importancia de las posibles tomas o derivaciones en el cauce, ya que los usos a los que suelen estar dedicadas no son constantes en el tiempo, lo que llevaría a observarse variaciones mayores en función de la época del año. El análisis de las series restituídas se presenta en la siguiente gráfica.

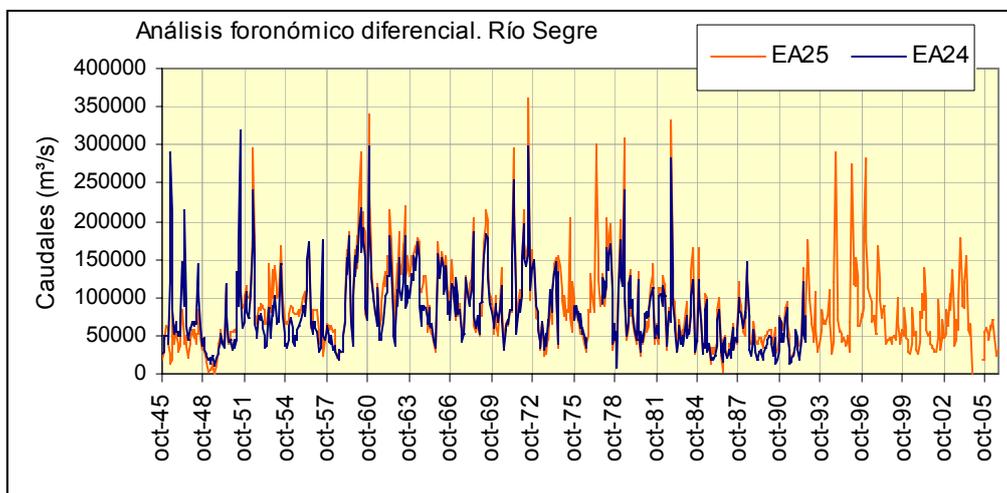
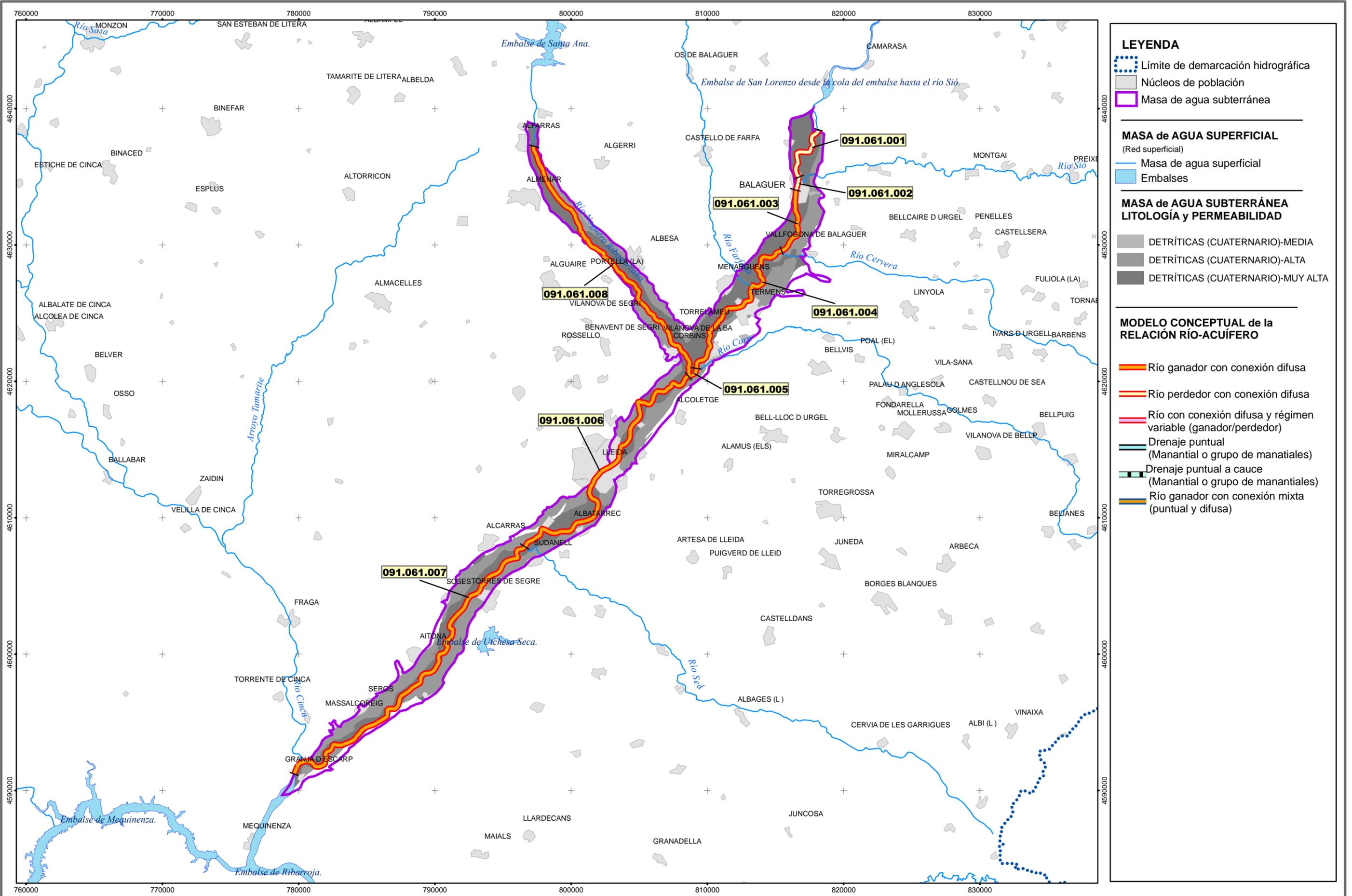


Figura 3. *Análisis del Aforo diferencial entre las EA 25 (aguas abajo) y EA 24 (aguas arriba) del río Segre.*



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

- DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-MEDIA
- DETRÍTICAS (CUATERNARIO)-ALTA
- 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

Dentro de los límites de esta MASb sólo existe constancia de 3 manantiales inventariados por la CHE. Debido a su escaso caudal aforado se consideran secundarios y de escasa importancia en el funcionamiento de la MASb.

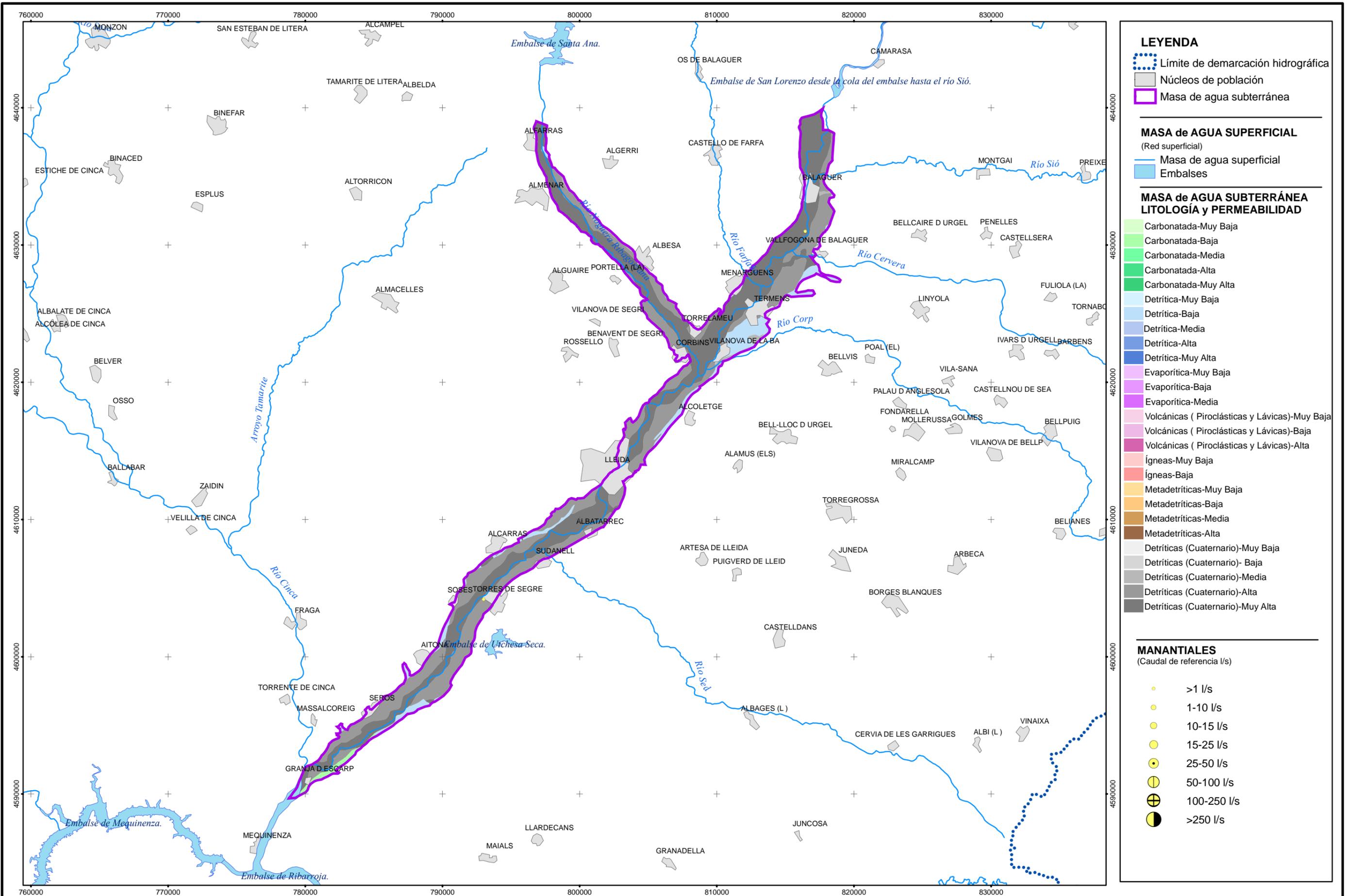
4.1 Manantiales principales

No existen manantiales de importancia con respecto al funcionamiento hidrogeológico de la MASb ni con relación río-acuífero dentro de los límites de esta MASb.

4.2 Resto de manantiales

Existen algunos manantiales en el contexto de la MASb en estudio, sin embargo, se trata de un número de ellos muy bajo y de caudales de escasa relevancia.

Se dispone tan solo de tres medidas de caudal histórico que va, de 0 a 0,5 l/s, obteniéndose una media de 0,297 l/s.



LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

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

MANANTIALES
(Caudal de referencia l/s)

- >1 l/s
- 1-10 l/s
- 10-15 l/s
- 15-25 l/s
- 25-50 l/s
- 50-100 l/s
- 100-250 l/s
- >250 l/s

5. Zonas húmedas

En la MASb Aluvial del Aluvial del bajo Segre no existe 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

Las cuantificaciones efectuadas se consideran de escasa fiabilidad, tanto por los valores hallados, excesivamente altos en varios casos, como por las condiciones de contorno que determinan el régimen de funcionamiento y variaciones en el caudal no cuantificadas. Por otra parte, el hecho de trabajar con medias mensuales resulta limitante y lleva un error implícito que acumulado puede llegar a ser porcentualmente muy elevado. Estos factores unidos a los errores de método y a la indeterminación de la homogeneidad real de los materiales confieren a los análisis realizados una fiabilidad baja que confieren a los datos resultantes un valor meramente orientativo y de base para estudios mas detallados.

6.2 Propuesta de actuaciones

De forma general, se propone recuperar el funcionamiento de algunas estaciones ya existentes pero sin control de datos, permitiendo así el seguimiento tanto del caudal del Segre como la de los aportes que recibe desde los afluentes que recibe.

También se debe cuantificar y controlar las tomas directas efectuadas sobre el río y los, así como los volúmenes de aguas desembalsados en los cauces (aguas residuales y otros).

De la complementación de las estaciones de aforo existentes con otros puntos de control y la información piezométrica se podría establecer la relación río acuífero con fiabilidad en más tramos de los establecidos, pudiendo además conocerse las variaciones en la evolución aguas abajo y después de los aportes de los afluentes, ya que, según se ha visto, si bien el conjunto de las MAS presentan un funcionamiento tipo ganador-perdedor, existe una diferencia en la relación de la MAS con la FGP en la zona mas alta y la zona mas baja, produciéndose un tránsito de perdedor a ganador respectivamente si bien este cambio debe de estar relacionado con las modificaciones realizadas en el cauce y en su funcionamiento.

Sería importante también incluir datos piezométricos que apoyen las cuantificaciones realizadas en los cauces y que permitan estimar el tipo de conexión cuando la relación es de pérdida (directa o indirecta), así como la propia relación río-acuífero de una forma mucho mas exacta. Además, habría que complementarlos con datos precisos de cotas en los

cauces principales, así como de su geometría, ya que permitiría aumentar la fiabilidad de las cuantificaciones realizadas a partir de la información piezométrica.

De forma general, se podría añadir una red de medidas niveladas con lecturas periódicas, añadido a la nivelación de los cauces, con algunos puntos estratégicos con medidas automáticas.

Para completar la información sobre la MASb y para complementar las cuantificaciones que se realizan, se considera necesario añadir al menos dieciséis puntos de control piezométricos.

Nº Piezómetro	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Objetivo
Pz-1	817291	4637167	233	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-2	817130	4635138	235	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-3	816415	4631981	225	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Sió.
Pz-4	813995	4628223	204	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-5	812935	4626840	193	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-6	810422	4623586	179	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-7	809008	4621527	174	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre y Noguera de Ribagorçana.
Pz-8	804429	4615442	149	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-9	800833	4610063	130	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-10	798405	4607297	154	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Sed.
Pz-11	793426	4605423	112	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-12	789615	4597893	108	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.
Pz-13	784575	4594881	70	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Segre.

Nº Piezómetro	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Objetivo
Pz-14	800417	4631297	238	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Noguera Ribagorzana.
Pz-15	805242	4626288	193	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Noguera Ribagorzana.
Pz-16	797497	4635784	261	Incremento del conocimiento de la piezometría, su evolución estacional y la relación con el río en el aluvial asociado al río Noguera Ribagorzana.

Tabla 5. *Piezómetros de control propuestas*

La información piezométrica debe estar bien apoyada por la información de la obra, la cota, la distancia a los cauces y la cota exacta de estos. Por otra parte, en los puntos sugeridos se debería instalar sistemas de medición automática para un seguimiento mas detallado que permita establecer mejor los modelos de funcionamiento.

7. Referencias Bibliográficas

- (1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
- (2) IGME (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 328, 359, 360, 387, 388, 415, 416.
- (3) 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).
- (4) IGME (1982). Proyecto de Investigación hidrogeológica en la Cuenca del Ebro (PIAS).

8. Bibliografía de interés

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

Anejo 1. 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. 091.061-Aluvial del Bajo Segre

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	
EA 861	Embalse de San Lorenzo	02	67	Segre	Influenciado		091.042	Sierras marginales Catalanas	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.001 091.061.002	Segre	Conexión difusa indirecta en cauces influentes	Aguas arriba
EA 412	Canal auxiliar de Urgell	02		Segre	Artificial		091.061	Aluvial del Bajo Segre	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.001 091.061.002	Canal Auxiliar de Urgell	Sin conexión	DERivación
EA 182	Sió en Balaguer	01	148	Sió	Influenciado		091.061	Aluvial del Bajo Segre	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.001 091.061.002	Segre	Conexión difusa indirecta en cauces influentes	Zona media (afluente)
EA 96	Balaguer Coca	02	957	Segre	Influenciado		091.061	Aluvial del Bajo Segre	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.001 091.061.002	Segre	Conexión difusa indirecta en cauces influentes	Aguas abajo
EA 25	Seros E.A. 25	02	433	Segre	Influenciado		091.061	Aluvial del Bajo Segre	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.006 091.061.007	Segre	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 24	Lérida E.A. 24	01	432	Segre	Influenciado		091.061	Aluvial del Bajo Segre	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.051.006 091.061.007	Segre	Conexión difusa directa en cauces efluentes	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. 091.061-Aluvial del Bajo Segre

Masa de aguas subterránea asociada (<i>Codmsbt_def</i>)		091.061		Aluvial del Bajo Segre		LISTADO DE OTROS MANANTIALES
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica (<i>Cod_demar_id</i>)		091		Ebro		
Código del manantial (<i>Cod_mant</i>)	Código IGME del manantial (<i>Codigme_mant</i>)	Ubicación geográfica			Datos de Caudales (l/s)	Uso del manantial-IGME (<i>Usoigme_mant</i>) (<i>Uso_mant</i>)
		Coordenadas UTM-Huso 30 (<i>CoorX_mant</i>)	Coordenadas UTM-Huso 30 (<i>CoorY_mant</i>)	Cota del manantial (<i>Cota_mant</i>)	Caudal histórico IGME (<i>Qhistigme_mant</i>)	
321550005		793002	4604173	120	0,39000	abastecimiento
321520003		801432	4611190	135	0,00000	desconocido
321440007		816456	4630981	220	0,50000	NO SE UTILIZA