

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 091.052 ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA- ALAGÓN



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**

091.052 ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN

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	4
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	14
3.2.1 Análisis de series de aforos y piezométricas	14
4. MANANTIALES	30
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	30
4.2 RESTO DE MANANTIALES	30
5. ZONAS HÚMEDAS	32
5.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	32
5.2 RELACIÓN HIDROGEOLÓGICA ZONA HÚMEDA-MASb	32
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	37
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	37

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**

091.052 ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Análisis del hidrograma EA-175 (río Queiles).....	15
Figura 2.	Hidrograma de las estaciones de aforo EA-174 y EA-175 (río Queiles)	16
Figura 3.	Situación y área de cálculo del piezómetro 261320044	17
Figura 4.	Análisis de la evolución piezométrica en el punto de control 261320044 (río Ebro)	17
Figura 5.	Análisis descarga en el punto de control 261320044 (río Ebro).....	18
Figura 6.	Tabla de parámetros utilizados para la cuantificación de la cesión a partir de los datos del piezómetro 261320044	19
Figura 7.	Tabla de resultados obtenidos de la cuantificación de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Ebro a partir de los datos del piezómetro 261320044	19
Figura 8.	Situación de Estaciones de aforo y sector del tramo analizado.	20
Figura 9.	Gráfica del aforo diferencial entre las EEAA 60 y 260.....	21
Figura 10.	Tabla de resultados obtenidos de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Arba de Luesia a partir del aforo diferencial entre las estaciones 60 y 260.....	21
Figura 11.	Gráficas de aforo de las EEAA 60 y 260 tomando diferentes periodos.	22
Figura 12.	Análisis del hidrograma diferencial entre las EEA-60 y 260 (río Arba de Luesia).....	23
Figura 13.	Situación y área de cálculo del piezómetro 261440045	24
Figura 14.	Análisis de la evolución piezométrica en carga hidráulica en el punto de control 261440045	24
Figura 15.	Tabla de parámetros utilizados para la cuantificación de la cesión a partir de los datos del piezómetro 261440045.....	25
Figura 16.	Análisis descarga en el punto de control 261440045 (río Ebro).....	26
Figura 17.	Tabla de resultados obtenidos de la cuantificación de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Ebro a partir de los datos del piezómetro 261440045	26
Figura 18.	Mapa de Situación de la Estación de Aforo 87 (río Jalón)	27
Figura 19.	Análisis del hidrograma EA-87 (río Jalón)	28

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA INTERRELACIÓN QUE SE PRESENTA ENTRE
AGUAS SUBTERRÁNEAS, CURSOS FLUVIALES, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS
HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO**

091.052 ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	6
	No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en esta masa de aguas subterráneas.....	7
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	14
Tabla 5.	Humedales asociados a las MASb 091.052 (Aluvial del Ebro : Tudela-Alagón)	32
Tabla 6.	Relación humedal-acuífero en la MASb 091.052 (Aluvial del Ebro : Tudela-Alagón)	33
Tabla 7.	Estaciones de control de aforo propuestas.....	36
Tabla 8.	Piezómetros de control propuestas.....	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**

091.052 ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN

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	29
Mapa 5.	Mapa de manantiales	31
Mapa 6.	Mapa de zonas húmedas.....	34

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 *Identificación, morfología y datos previos*

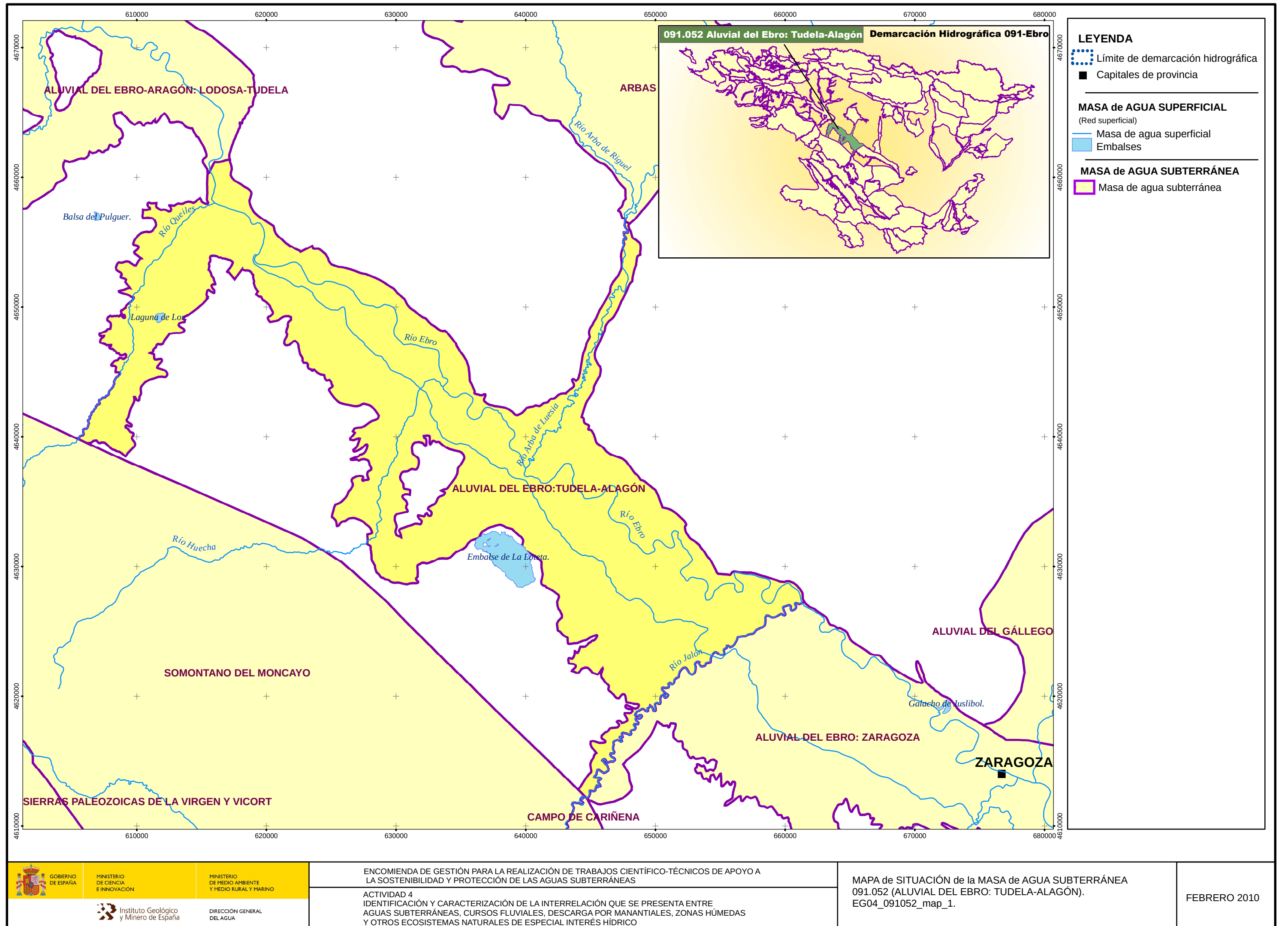
La MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, a la que corresponde el código de identificación 091.052, se ubica en la zona central de la demarcación hidrográfica del Ebro y más concretamente en su curso medio, entre las afluencias de los ríos Queiles y Jalón. Presenta una superficie total de 641,88 km².

En el ámbito geográfico definido por los límites de esta MASb la cota máxima es de 529 m snm y la mínima de 208 m snm, fijándose la cota media en 294 m snm.

El principal cauce de la MASb se corresponde con el río Ebro, presentado además como tributarios significativos los ríos, Queiles, Huechas y Jalón por su margen derecha y el río Arba de Luesia por su margen izquierda.

El cauce del Ebro se encuentra modificado en este tramo mediante la desviación de parte de su caudal al Canal Imperial de Aragón.

Modelo matemático realizado para la Fundación de Recursos Ambientales de Navarra en el proyecto “Situación en Navarra de la contaminación de las aguas por nitratos y pesticidas” documento diagnóstico –Junio 2008-.



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 aluviales asociados con el propio río Ebro y sus afluentes principales. Puntualmente, dichos materiales se ven acompañados además de glaciares y coluviales también cuaternarios.

Localmente afloran materiales terciarios de naturaleza detrítica y de baja permeabilidad media, que pueden ser localmente mas permeables.

La secuencia estratigráfica comienza con una base impermeable neógena, constituida por arenas, arcillas limolitas y yesos, sobre la que se sitúan, pertenecientes los terciarios y cuaternarios continentales, materiales detríticos compuestos por conglomerados, arenas, areniscas y limos.

Las FGP definidas son las que a continuación se describen:

- **FGP Terciaria:** Compuesto por conglomerados, arenas, areniscas y limos de origen continental, constituyen un conjunto de permeabilidad media y alta y con importantes cambios de facies laterales que condicionan su comportamiento de forma notoria.
- **FGP Cuaternaria:** Compuesta por dos niveles geológicos, pero que presentan un funcionamiento hidrogeológico único.
 - Aluvial: se trata de un conjunto de formaciones detríticas asociadas con el aluvial del Ebro y sus afluentes principales (terrazas y aluvial actual). Se considera un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial y suele presentar una secuencia típica granodecreciente, con gravas y arenas gruesas poco o nada consolidadas a muro y limos y arcillas en la parte superior, siendo frecuentes los cambios de facies, tanto laterales como horizontales.

La potencia de esta FGP varía entre 23 y 33 metros en el aluvial del Ebro, llegando a alcanzar los 50 metros en algunas zonas de la desembocadura del río Jalón.
 - Coluvial: Compuesta por un conjunto de materiales provenientes de tipo coluvión, abanicos y derrubios, se considera un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial y espesores muy variables.

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 granodecrecientes, conectadas con los niveles de terrazas bajas. El límite Norte de la MASb se sitúa junto a la población de Tudela, junto a la desembocadura del Queiles. El límite Sur se sitúa en la desembocadura de río Jalón en el Ebro, y junto a la población de Alagón.

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

El funcionamiento hidrogeológico de esta MASb se encuentra claramente asociado al propio río Ebro. La recarga se produce en toda la extensión del aluvial y de las terrazas bajas, principalmente por infiltración del agua de lluvia y por retornos de riego, a los que hay que añadir la producida por la alimentación procedente de ríos y barrancos laterales y por las transferencias de aluviales situados aguas arriba. La descarga se realiza de forma natural al propio río, que actúa como colector general, hacia los aluviales situados aguas abajo (MASb 091.058 Aluvial del Ebro: Zaragoza) y, en menor medida, por bombeos.

La dirección del flujo de agua subterránea coincide a grandes rasgos con el de agua superficial, de forma convergente desde los bordes del aluvial hacia el cauce del río Ebro, con sentido general NO-SE, si bien, en periodos de crecidas importantes, se puede dar una inversión en la dirección de flujo en las zonas de ribera, dando lugar a zonas de almacenamiento de ribera temporales.

2. Estaciones de control y medidas de caudales

Existen 8 estaciones de la red oficial de aforos de la CHE. Estas estaciones controlan el caudal circulante por los ríos Queiles, Ebro, Arba de Luesia y Jalón y por el Canal Imperial de Aragón y el Canal de Tauste.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

De las 8 estaciones de la red oficial de aforos, 2 están situada en el río Queiles, una en el río Ebro, 2 en el río Arba de Luesia, una en el río Jalón, una en el canal de Tauste y una en el Canal Imperial de Aragón.

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 representación
			X	Y						
174	Los Fallos.	Inactiva	601202	4637434	554	Queiles	91	3851	1989-2000	1.00
175	Tudela	Inactiva	614798	4657598	265	Queiles	98	5936	1971-1990	0.86
162	Pignatelli	Inactiva	619613	4653288	249	Ebro	449	9405	1963-1988	1.00
260	Arba,	Inactiva	642743	4641752	249	Arba de Luesia	106	10938	1990-2001	0.33
60	Gallur Coca	Activa	640687	4638693	232	Arba de Luesia	106	11156	1973-2004	0.99
87	Grisen	Inactiva	703113	4500242	250	Jalón	446	12281	1935-2002	0.50
402	Canal de Tauste	Activa	620069	4656040	256	Canal de Tauste	-	9183	1965-2005	0.64
403	Canal Imperial de Aragón	Activa	619840	4652822	259	Canal Imperial de Aragón	886	12304	1958-2004	0.73

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

Las estaciones 60 y 260 están situadas en tramos de río sin regulación por embalses superficiales situados aguas arriba, sin embargo se desconoce si el funcionamiento es natural debido a la mas que posible presencia de canales de derivación para el abastecimiento de los numerosos regadíos existentes en todo el área y por los bombeos existentes en el entorno del aluvial. Las demás estaciones se ven influenciadas además por la presencia de embalses situados aguas arriba de las mismas.

La estación de aforo 174 se encuentra situada fuera de los límites de la Masa de Agua subterránea 091.052 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, sin embargo, se ha tomado en consideración para su análisis por su proximidad al límite de ésta y por marcar el inicio de un tramo del río Queiles que finaliza en la estación 175 (previa a su desembocadura en el Ebro).

Con las estaciones 60 y 260 se ha cuantificado la relación río-acuífero del Arba de Luesia a lo largo de un tramo bajo, próximo a su desembocadura en el Ebro, siendo representativa de la descarga de la FPG cuaternaria de las terrazas asociadas al Ebro.

Las estaciones de aforo 174 y 175 no han podido utilizarse para la realización de un aforo diferencial por no haber coincidencia en las fechas correspondientes a valores válidos entre ambas estaciones, sin embargo, y pese a la escasa representatividad del análisis, se ha realizado una comparativa de medias mensuales entre ambas estaciones por situarse sus series de datos próximas en el tiempo. Las conclusiones extraídas de este análisis aportan información acerca del comportamiento del río Queiles antes de la finalización de la presa del Val, por lo que, siendo representativas de la FGP Cuaternaria en lo que respecta al aluvial propio del río Queiles, no presentan la actual relación río acuífero.

También ha realizado un análisis de las curvas de agotamiento registradas en la estación 175, que serán representativas de la descarga del acuífero constituido por el aluvial y las terrazas bajas del Ebro (FGP Cuaternaria), si bien, al tratarse de un tramo de río regulado por el embalse de El Val, la representatividad está muy condicionada.

Finalmente, la Estación de Aforo 87 ha sido utilizada también para analizar la curva de agotamiento del acuífero cuaternario en el entorno del Jalón, pero se debe tener en cuenta que se sitúa en un tramo influenciado por sistemas de regulación, y de riego, por lo que los datos extraídos tendrán una representatividad nuevamente muy condicionada.

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

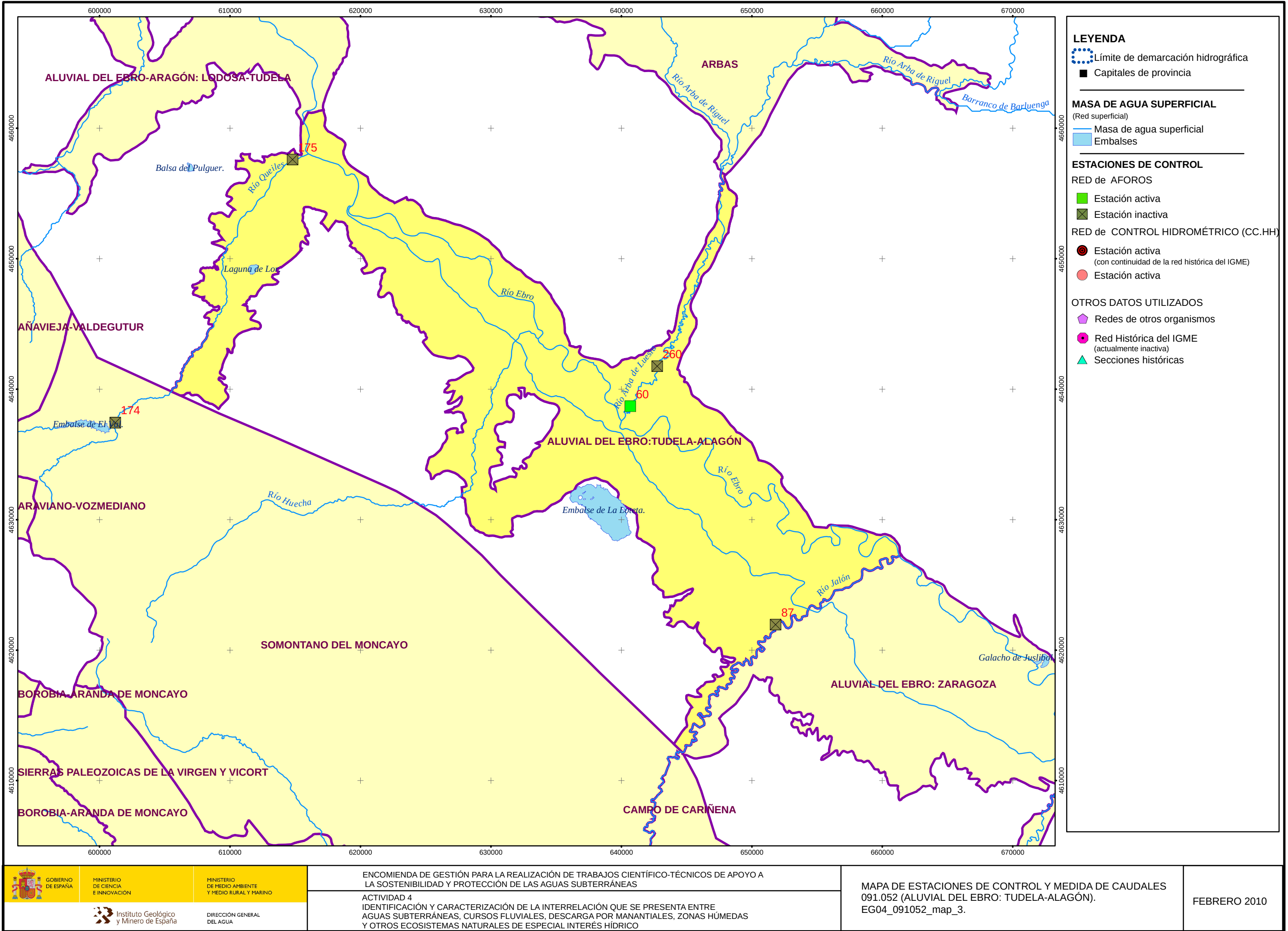
No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en esta masa de aguas subterráneas.

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



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 cuatro masas de agua superficial en las que se pueden identificar y caracterizar su relación con las FGP. Estas masas de agua superficial son el río Ebro, el río Queiles, el Arba de Luesia y el Jalón, en los que se han definido 4 tramos en el Ebro, y uno en cada una de las masas restantes, tal y como a continuación se describe.

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

Dentro de la MASb 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela Alagón, se han definido 8 tramos conexión hidráulica entre las masas de agua superficial y la FGP Cuaternaria.

- **Tramo río Ebro I.** (091.052.001-Tramos conectado con la MAS 448). Corresponde al tramo del río Ebro que va desde su entrada en la MASb, hasta su confluencia con el río Queiles. A lo largo de este tramo, el río Ebro discurre sobre la FGP cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Alhama hasta el río Queiles. (código 448), clasificada como *grandes ejes en ambiente mediterráneo*.
- **Tramo Queiles.** (091.052.002-tramo conectado con la MAS código 98). Corresponde al tramo bajo del río Queiles, desde que entra en la MASb 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón hasta su desembocadura en el Canal de Lodosa (margen derecha del río Ebro). A lo largo de todo este tramo, el río Queiles discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Queiles desde la población de Novallas hasta su desembocadura en el Ebro. (código 98), clasificada como *Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea*.
- **Tramo río Ebro II.** (091.052.003-tramo conectado con la MAS código 449). Corresponde al tramo del río Ebro desde su confluencia con el río Queiles hasta su salida confluencia con el río Huecha. En este tramo el río Ebro se encuentra en relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Queiles hasta el río Huecha (código 449), clasificada como *grandes ejes en ambiente mediterráneo*.
- **Tramo río Huecha.** (091.052.004-tramo conectado con la MAS código 99). Corresponde con el tramo del río Huecha desde su entrada en la MASb, hasta su confluencia con el río Ebro. Este tramo guarda relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Huecha desde la población de Maleján hasta su desembocadura en río Ebro (código 99), clasificada como *Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea*.

- **Tramo río Ebro III.** (091.052.005-tramo conectado con las MAS código 450). Corresponde con el tramo del río Ebro entre la confluencia con el río Huecha hasta la confluencia con el Arba de Luesia. Este tramo guarda relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Huecha hasta el río Arba de Luesia (código 450), clasificada como *Grandes ejes en ambiente mediterráneo*.
- **Tramo río Arba de Luesia.** (091.052.006-tramo conectado con la MAS código 106). Corresponde con el tramo del río Arba de Luesia desde su entrada en la MASb, en la confluencia con el río Arba de Riguel, hasta su confluencia con el río Ebro. Este tramo guarda relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Arba de Luesia desde el río Arba de Riguel hasta su desembocadura en el Ebro (código 106), clasificada como *Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea*.
- **Tramo río Ebro IV.** (091.052.007-tramo conectado con la MAS código 451). Corresponde con el tramo del río Ebro entre la confluencia con el río Arba de Luesia hasta la confluencia con el Jalón. Este tramo guarda relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Arba de Luesia hasta el río Jalón (código 451), clasificada como *Grandes ejes en ambiente mediterráneo*.
- **Tramo río Jalón.** (091.052.008-tramo conectado con la MAS código 446). Corresponde con el tramo del río Jalón, desde su entrada en la MASb, hasta su confluencia con el río Ebro. Este tramo guarda relación con la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Jalón desde el río Grío hasta su desembocadura en el Ebro (código 446), clasificada como *Ríos del eje mediterráneo-continentales mineralizados*.

Código del tramo	Nombre del cauce	MAS relacionadas según codificación CEDEX		Características de la MAS a relacionada			Formación Geológica Permeable
		Código	Nombre	Categoría	Tipología	Alteración	
091.052.001	Río Ebro	448	río Ebro desde el río Alhama hasta el río Queiles.	Río	Grandes ejes de ambiente mediterráneo	Masa natural	Cuaternaria
091.052.002	Río Queiles	98	río Queiles desde la población de Novallas hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Cuaternaria
091.052.003	Río Ebro	449	río Ebro desde el río Queiles hasta el río Huecha	Río	Grandes ejes de ambiente mediterráneo	Masa natural	Cuaternaria
091.052.004	Río Huecha	99	río Huecha desde la población de Maleján hasta su desembocadura en río Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Cuaternaria
091.052.005	Río Ebro	450	río Ebro desde el río Huecha hasta el río Arba de Luesia	Río	Grandes ejes de ambiente mediterráneo	Masa natural	Cuaternaria
091.052.006	Río Arba de Luesia	106	Río7Arba de Luesia desde el río Arba de Riguel hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa natural	Cuaternaria
091.052.007	Río Ebro	451	río Ebro desde el río Arba de Luesia hasta el río Jalón	Río	Grandes ejes de ambiente mediterráneo	Masa natural	Cuaternaria
091.052.008	Río Jalón	446	río Jalón desde el río Grio hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ríos del eje mediterráneo-continental mineralizados	Masa natural	Cuaternaria

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 Ebro I (091.052.001). Se trata del tramo del río comprendido desde su entrada en la MASb hasta su confluencia con el río Queiles y se considera influenciado por la presencia de sistemas de regulación y de captaciones aguas arriba del mismo. A lo largo de este tramo, el río se comporta como ganador, aunque en determinados periodos de avenida puede producirse una inversión temporal que de como consecuencia almacenamiento de ribera. 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 difusa directa. (*Código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes*)

Tramo Queiles (091.052.002). Se trata del tramo de río comprendido desde entrada en la MASb, hasta su desembocadura en el río Ebro, tratándose además de un tramo de régimen influenciado por la presencia aguas arriba del embalse de El Val y por las tomas existentes a lo largo del mismo. Los datos disponibles de las Estaciones de Aforo 174 y 175 corresponden casi en su totalidad a los años previos a la construcción de la Presa del Val, por lo que no se han podido utilizar para su caracterización. En base a las

aportaciones del IGME y a la bibliografía consultada, este tramo de río se comporta como ganador y 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, que mantiene una conexión difusa directa. (Código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes)

Tramo Ebro II (091.052.003) Este tramo presenta un comportamiento y unas características similares al tramo Ebro I, viéndose igualmente influenciado aunque en esta ocasión, no solo por la presencia de sistemas de regulación aguas arriba, sino por la presencia dentro del tramo del embalse de Pignatelli, en el que además nace el Canal Imperial de Aragón. A pesar de esta condición, se ha tratado de cuantificar la relación río-acuífero a través de la información piezométrica disponible en la red de piezometría oficial de la CHE. Este tramo de río se comporta como ganador, aunque en determinados periodos de avenida puede producirse una inversión temporal que de como consecuencia almacenamiento de rivera. 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 difusa directa. (Código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes)

Tramo Huecha (091.052.004) Se trata del tramo de río comprendido entre la entrada en la MASb y su desembocadura en el Ebro, Tratándose además de un tramo en régimen influenciado. Este tramo de río se comporta como ganador, existiendo la posibilidad de que la relación se vea modificada a partir de la población de Mallén y hasta las proximidades del río Ebro, coincidiendo con el mayor desarrollo del aluvial del Ebro. 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 ganador, pero que mantiene una conexión difusa directa. (Código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes)

Tramo Ebro III (091.052.005) Este tramo presenta un comportamiento y unas características similares al tramo Ebro I y Ebro II, viéndose igualmente influenciado, por los sistemas de regulación mencionados. A pesar de esta condición, al igual que en el tramo Ebro II y con la misma información de base, se ha tratado de cuantificar la relación río-acuífero a través de los valores piezométricos disponibles en la red de piezometría oficial de la CHE. Este tramo de río se comporta como ganador, aunque en determinados periodos de avenida puede producirse una inversión temporal que de como consecuencia almacenamiento de rivera. 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 difusa directa. (Código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes)

Tramo Arba de Luesia (091.052.006) En este tramo de río existe información como para poder definir y cuantificar la relación río acuífero, ya que la CHE dispone de dos estaciones de control foronómico con registro suficiente. El tramo de río analizado presenta régimen natural, por lo que la cuantificación realizada debe de ser representativa de las condiciones reales. Este tramo de río se comporta como ganador, mostrando sólo recientemente una tendencia hacia el régimen ganador-perdedor, en función de la estacionalidad, que apenas se refleja en las medias mensuales de coincidencia y que desaparece cuando esta cálculo se realiza para las series completas. 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 difusa directa. (Código 401-*Conexión difusa directa en cauces efluentes*).

Tramo Ebro IV (091.052.007) Este tramo presenta un comportamiento y unas características similares a los anteriores tramos del Ebro. A pesar de su régimen influenciado, nuevamente se ha tratado de cuantificar la relación río-acuífero a través de los valores piezométricos disponibles en la red de piezometría oficial de la CHE. Este tramo de río se comporta como ganador, aunque en determinados periodos de avenida puede producirse una inversión temporal que de como consecuencia almacenamiento de rivera. 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 difusa directa. (Código 401-*Conexión difusa directa en cauces efluentes*).

Tramo Jalón (091.052.008) Este tramo de río presenta un comportamiento similar a los tramos descritos en el río Ebro, posiblemente debido a la extensión del FGP cuaternaria asociada al aluvial del Ebro en esta zona. Se trata de un cauce en régimen influenciado de funcionamiento, a pesar de lo cual se ha analizado y tratado de cuantificar la relación río acuífero a través de las información foronómica de una estación de la red oficial de la CHE situada en la zona baja del cauce. Este tramo de río se comporta como ganador, aunque en determinados periodos de avenida puede producirse una inversión temporal que de como consecuencia almacenamiento de rivera. No se descarta que aguas arriba, en las zonas de influencia del aluvial del Jalón, la relación río-acuífero pueda variar ligeramente en función de los periodos de estiaje prolongados o de la variación en las tomas. 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 difusa directa. (Código 401-*Conexión difusa directa en cauces efluentes*).

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)
091.052.001	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Ebro	-	Conexión hídrica acuífero-río	2.720,81
091.052.002	Río Queiles	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Queiles	-	Conexión hídrica acuífero-río	24.489,8
091.052.003	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Ebro	-	Conexión hídrica acuífero-río	29.236,17
091.052.004	Río Huechas	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Huechas	-	Conexión hídrica acuífero-río	16.742,58
091.052.005	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Ebro	-	Conexión hídrica acuífero-río	13.066,81
091.052.006	Río Arba de Luesia	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Aluvial del Ebro	-	Conexión hídrica acuífero-río	32.618,57
091.052.007	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Ebro	-	Conexión hídrica acuífero-río	45.962,1
091.052.008	RíoJalón	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial del Ebro-Jalón	-	Conexión hídrica acuífero-río	52.407,29

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

3.2 Relación río-acuífero

Los tramos de cauce donde se ha definido conexión río-acuífero en la MASb 091.052 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón corresponden a tramos ganadores con conexión difusa directa.

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 y de la que aporta la red oficial de piezometría de la CHE.

3.2.1 Análisis de series de aforos y piezométricas

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 los tramos 091.052.002, 091.052.006 y 091.052.008 de los ríos Queiles, Arba de Luesia y Jalón. Los tramos 091.052.002 y 091.052.008 presentan regímenes influenciados, por lo que su análisis deberá ser tenido en cuenta bajo esta premisa.

El análisis de la relación río acuífero en el tramo 091.052.001 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, Considerando la bibliografía consultada se trata de un tramo ganador en régimen influenciado, no existiendo estaciones de aforo ni puntos de control piezométricos que permitan hacer aproximaciones cuantitativas.

Para analizar la relación río-acuífero en el tramo 091.052.002 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, perteneciente al tramo del río Queiles comprendido dentro de los límites de la MASb, se ha

utilizado información bibliográfica y referencias del IGME, ya que se trata de un cauce en régimen influenciado, bajo la influencia del pantano del Val y los datos disponibles son previos a su construcción, sin embargo, se han utilizado los datos foronómicos de las estaciones 174 y 175, para aportar información acerca del funcionamiento previo, en condiciones mas cercanas a las naturales.

Individualmente se ha analizando la serie de datos únicamente de la 175, puesto que la 174 se halla ligeramente fuera de los límites de la MASb y las series de datos no son coincidentes en el tiempo. Este tramo se considera que presenta un funcionamiento influenciado.

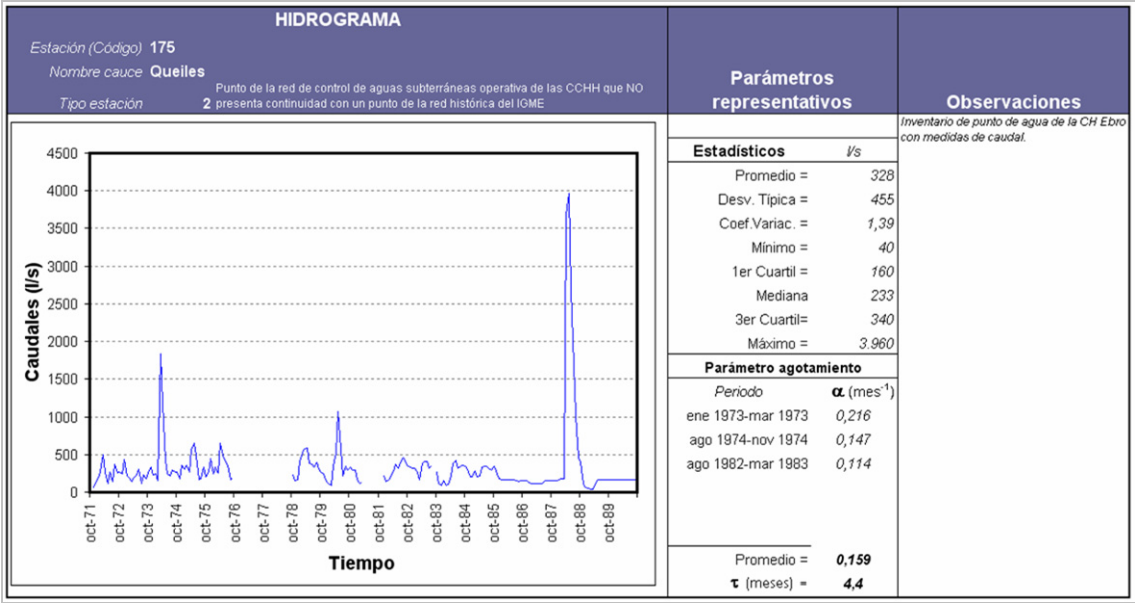


Figura 1. Análisis del hidrograma EA-175 (río Queiles)

Según el análisis efectuado sobre las curvas de agotamiento del hidrograma correspondiente a la EA-175 (Figura 1) se obtiene un parámetro de agotamiento promedio de $0,159 \text{ mes}^{-1}$, lo que implica un periodo de semi-agotamiento de 4,4 meses, aplicable a la FGP Cuaternaria de la MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón. El dato obtenido debe tomarse con las precauciones derivadas del carácter influenciado del tramo de río analizado y referirse sólo a la zona del bajo Queiles, cercano a la desembocadura de éste en el Ebro.

A partir de la comparativa entre EA175 y la EA174, se deduce que existía una pérdida de caudal entre los meses de septiembre a Abril, si bien, las series de ambas estaciones no son coincidentes en el tiempo (EA174 de Octubre 1989 a Septiembre 2000; EA175 de Octubre 1971 a Septiembre 1990), por lo que esta relación se ha analizado únicamente en función de medias mensuales y de forma cualitativa, debiendo tomar aún así el resultado con suma precaución y no se habiéndose considerado representativa para el análisis cuantitativo.

La curva representada para la EA 175 presenta los mayores descensos fuera del periodo de estiaje por motivos que se desconocen, pero que deben de estar ligados a los sistemas de regulación y de riegos existentes a los largo del tramo.

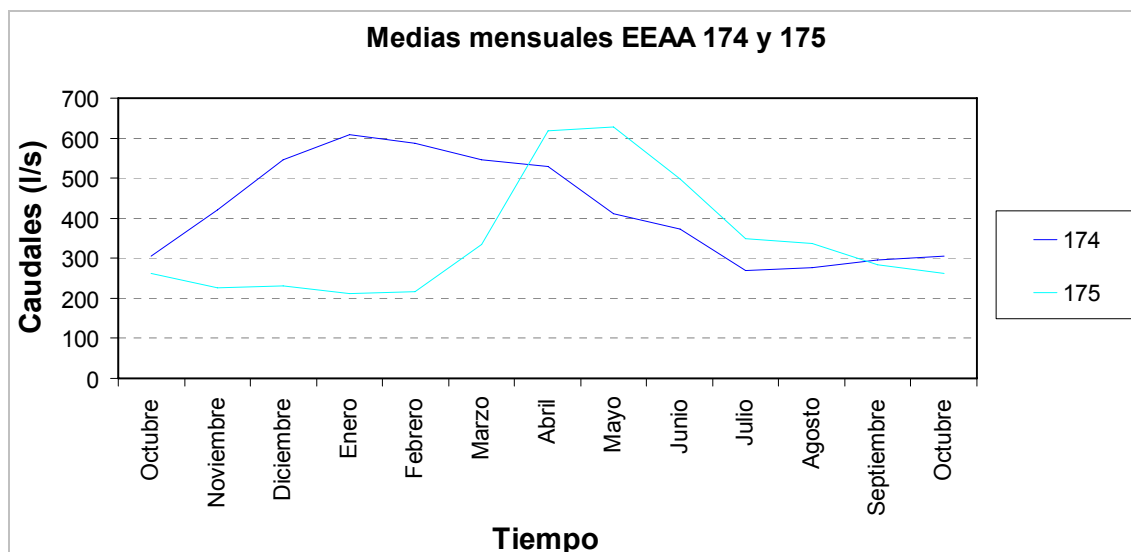


Figura 2. Hidrograma de las estaciones de aforo EA-174 y EA-175 (río Queiles)

En lo que respecta a la relación río-acuífero en el tramo 091.052.003 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, correspondiente al tramo del río Ebro situado entre las afluencias del Queiles y del Huecha, a pesar de que existen dos estaciones de aforos, una en el río Ebro y otra en el Canal Imperial de Aragón, se considera que controlan unos tramos influenciados por la existencia de tomas de agua que no han podido ser cuantificadas, y por el embalse de Pignatelli, situado aguas arriba del cauce y desde el que sale el mencionado canal. Al estar situados en cauces diferentes, el análisis diferencial es imposible. El análisis conjunto no se ha realizado como consecuencia de las importantes modificaciones en el régimen de funcionamiento y regulación existentes entre ambos cauces, motivados por su distinta naturaleza y función, así como por estar regulados de forma independiente el uno del otro.

Ante la necesidad de ofrecer datos cuantitativos orientativos, se ha efectuado el análisis sobre las curvas de evolución piezométrica del punto de control P_261320044, en relación al río y a su carga hidráulica. La información adicional necesaria para la realización de los cálculos, son estimaciones extraídas de la bibliografía consultada y ajustadas en relación a la experiencia.

En la imagen siguiente se sitúa el piezómetro analizado y se señala el área para el que se ha realizado el cálculo.

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. 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón

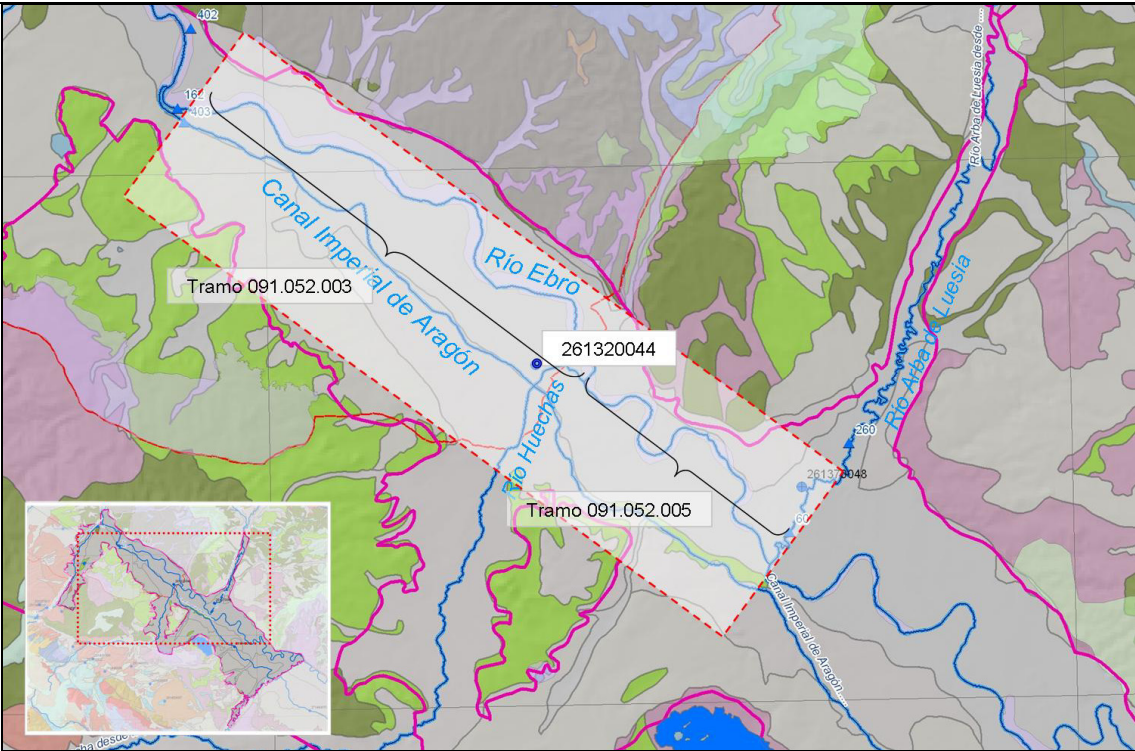


Figura 3. Situación y área de cálculo del piezómetro 261320044

Del análisis de la curva de evolución del nivel se ha extraído el coeficiente de agotamiento, tomando los tramos de curva descendentes.

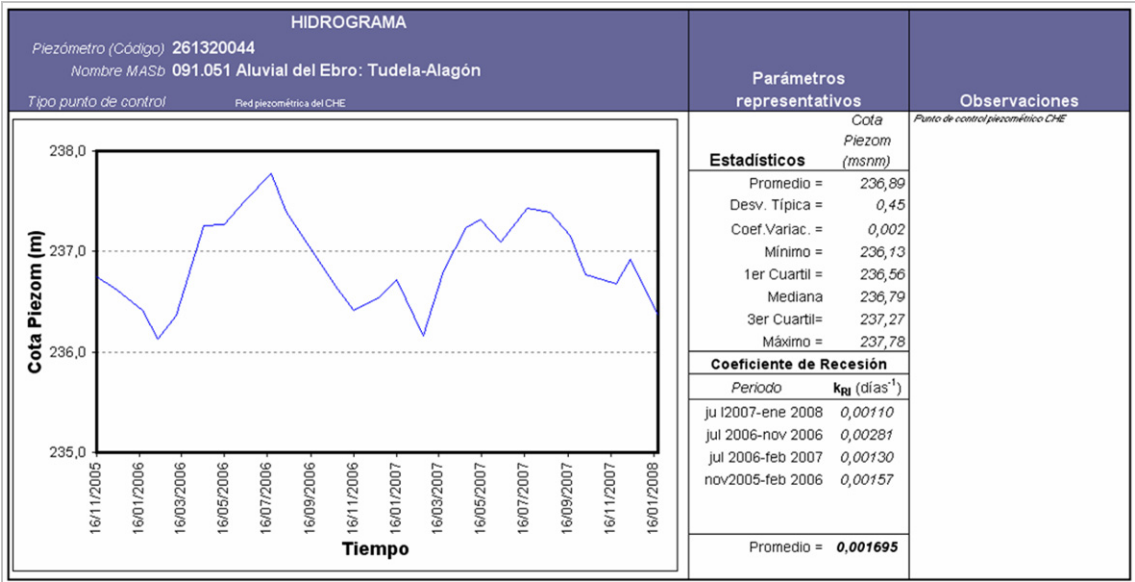


Figura 4. Análisis de la evolución piezométrica en el punto de control 261320044 (río Ebro)

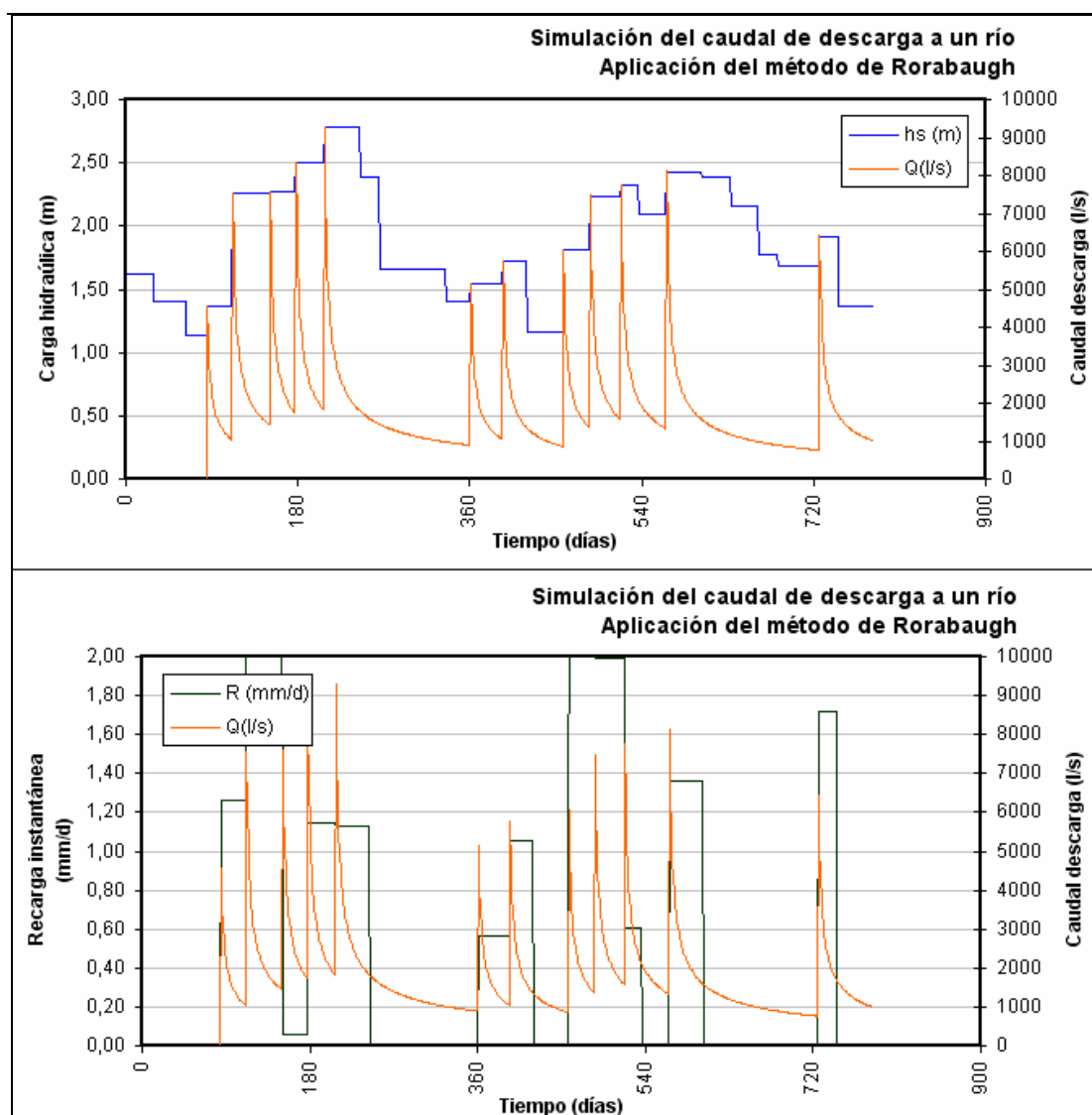


Figura 5. Análisis descarga en el punto de control 261320044 (río Ebro)

El parámetro de agotamiento medio obtenido es de $0,001695 \text{ días}^{-1}$ ($0,05085 \text{ mes}^{-1}$), si bien, se debe de tener en cuenta que la serie de datos no es muy larga (de noviembre de 2005 a enero de 2008) y que los parámetros hidráulicos introducidos son bibliográficos y generales para toda la MASb. Los parámetros utilizados para el cálculo se presentan en la tabla siguiente:

Transmisividad (T)	1.250	m ² /d	Transmisividad: Representa la capacidad del acuífero para transmitir el agua. Coeficiente de Almacenamiento: Volumen de agua liberado por una columna de base unidad y de altura todo el espesor del acuífero cuando el nivel piezométrico desciende una unidad. Difusividad: T/s (s=Coeficiente de almacenamiento) Semi-anchura del aluvial: Distancia desde el límite de la FGP hasta el cauce. Coef. de Recesión: Recesión Calculada: Coeficiente de recesión extraído del análisis de la curva de evolución piezométrica. Superficie MASb: Área de la MASb para la que se realiza el cálculo Longitud del tramo: Longitud tomada en línea recta del tramo para el que se realizan los cálculos tc: Tiempo de control. Cota del lecho del cauce: Altura sobre el nivel del mar a la que se sitúa el cauce del río. Factor de amortiguación de Carga hidráulica: Variable que permite rebajar o incrementar la carga hidráulica existente entre el sistema hidrogeológico y el río receptor de la descarga. Número de riveras: Variable entre 1 y 2 dependiente de la situación del río respecto al área de estudio (1 si está en un extremo, 2 si está en el centro de la MASb)
Coef. Almacenam. (ne)	0,15		
Difusividad (Df)	8.333		
Semi-anchura del aluvial (a)	1.400	m	
Coef. Recesión (KRI) =	580,3	días	
	0,00172	días ⁻¹	
Recesión calculada	0,00170		
Coef. Recesión (KRI) =	589,97	días	
Superficie MASb (A) =	164	km ²	
Longitud de tramo (L)	18.000	m	
tc =	121,9	d	
Cota del lecho del cauce (Zs)	230,00	m snm	
Factor amort.carga hidráulica	1,00		
Número de riveras	1		

Figura 6. Tabla de parámetros utilizados para la cuantificación de la cesión a partir de los datos del piezómetro 261320044

A partir de los datos introducidos se ha calculado la media y la mediana anual de aporte del acuífero al río, y dividiendo por la longitud del tramo (de forma lineal) se obtiene la medida por unidad de longitud tomada, que en este caso es el metro.

En la tabla siguiente se presentan los datos resultantes del análisis. Si bien la medida utilizada habitualmente es la media, se ha incluido el valor de mediana por considerarse más representativo y como forma de estimación de la variabilidad de los resultados obtenidos.

Medida estadística anual	Caudal Cedido (l/s)	Longitud del tramo ensayado (m)	Caudal cedido por unidad de longitud (l/s/m)
Media	1.698	18.000	0,094
Mediana	1.394		0,077

Figura 7. Tabla de resultados obtenidos de la cuantificación de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Ebro a partir de los datos del piezómetro 261320044

Los resultados deben tomarse como orientativos debido a los condicionamientos mencionados y, sobre todo, al carácter influenciado que presenta el río Ebro en todo el tramo analizado.

En lo que respecta a la relación río-acuífero en el tramo 091.052.005 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, correspondiente al tramo del Ebro comprendido entre los ríos Huechas y Arba de Luesia, se sabe ganador y la cuantificación realizada, por falta de medidas de foronómicas, es la realizada a partir del Piezómetro 261340044, analizado anteriormente (Figura 3).

La relación río-acuífero en el tramo 091.052.006 Arba de Luesia, correspondiente al tramo del río Arba de Luesia incluido en la MASb, es la única analizada a través de datos de dos estaciones de aforo con datos solapados, pudiendo realizarse un análisis diferencial completo.

El tramo en el que se realiza el aforo diferencial se presenta en la siguiente figura.

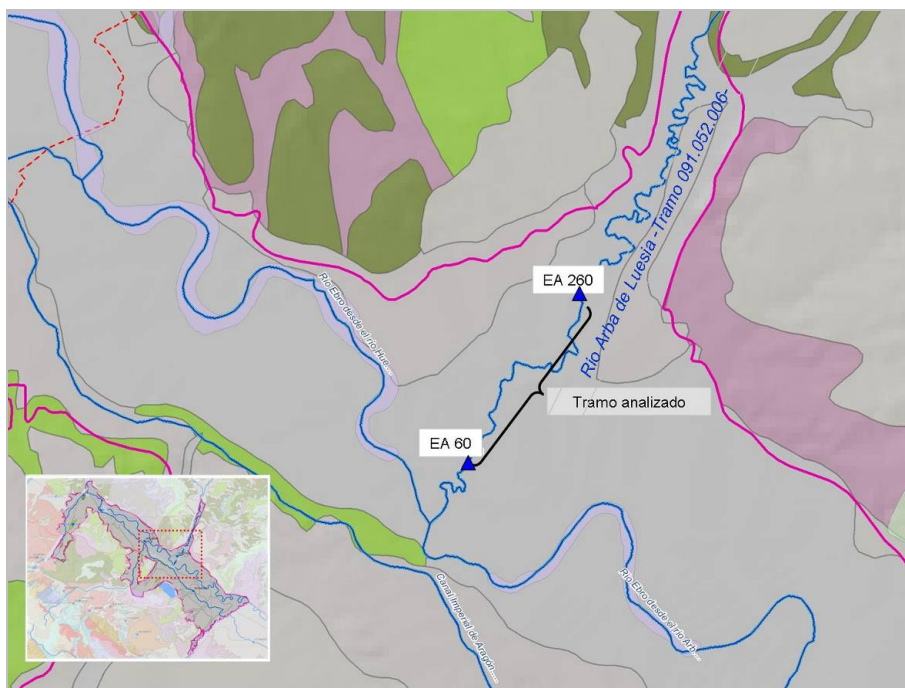


Figura 8. Situación de Estaciones de aforo y sector del tramo analizado.

No se conocen embalses u otros tipos de sistemas de regulación aguas arriba del tramo analizado, por lo que el tramo se toma como en régimen natural, sin embargo, la importante actividad agrícola presente en todo el entorno, produce una clara influencia en el régimen de flujo, tanto de forma directa como indirecta, por lo que los resultados deberán de ser tomados con las precauciones que ello demanda.

Para la cuantificación, el primer paso ha sido hallar el caudal diferencial, observando además para el cálculo del volumen de cesión, tanto la media como la mediana de los caudales medios mensuales registrados durante el periodo comprendido entre julio de 1990 y septiembre de 2004 (periodo de solape en las series de datos disponibles de ambas estaciones de aforo).

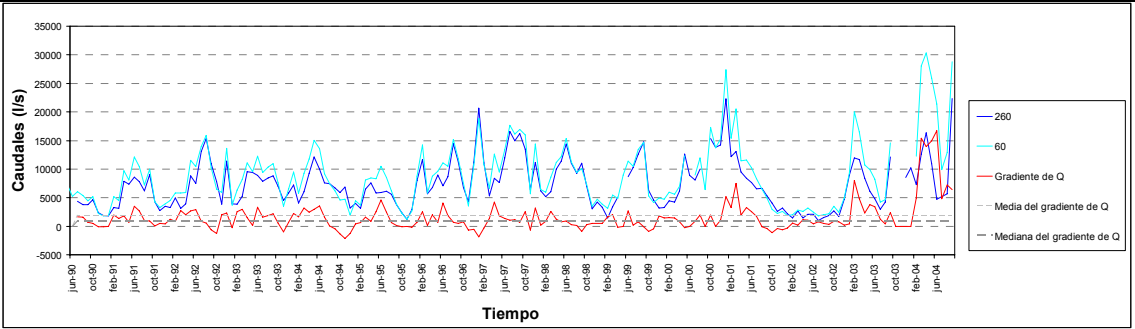


Figura 9. Gráfica del aforo diferencial entre las EEAA 60 y 260.

En la tabla siguiente se presentan los datos resultantes de este primer análisis.

Medida estadística anual	Caudal Cedido (l/s)	Longitud del tramo ensayado (m)	Caudal cedido por unidad de longitud (L/s/m)
Media	1.934,22	3.600	0,54
Mediana	905,5		0,25

Figura 10. Tabla de resultados obtenidos de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Arba de Luesia a partir del aforo diferencial entre las estaciones 60 y 260.

La relación existente se analiza a través de las medias mensuales para varios periodos en ambas estaciones de aforo. De dicha comparación se extrae el carácter ganador del tramo, presentándose la duda tan sólo al hacer el análisis sobre el periodo de tiempo en el que coinciden las series de datos en ambas estaciones (la mas corta), en el que se detecta un pequeño periodo de dos meses en el que el río se comporta, aparentemente, como ligeramente perdedor en las medias mensuales (Figura 11).

En líneas generales, se observa una disminución del caudal coincidente con los meses inmediatamente posteriores al periodo de estiaje, desconociéndose el motivo de este desfase, aunque posiblemente esté ligado a los sistemas de captación y regulación y a los usos de territorio del entorno.

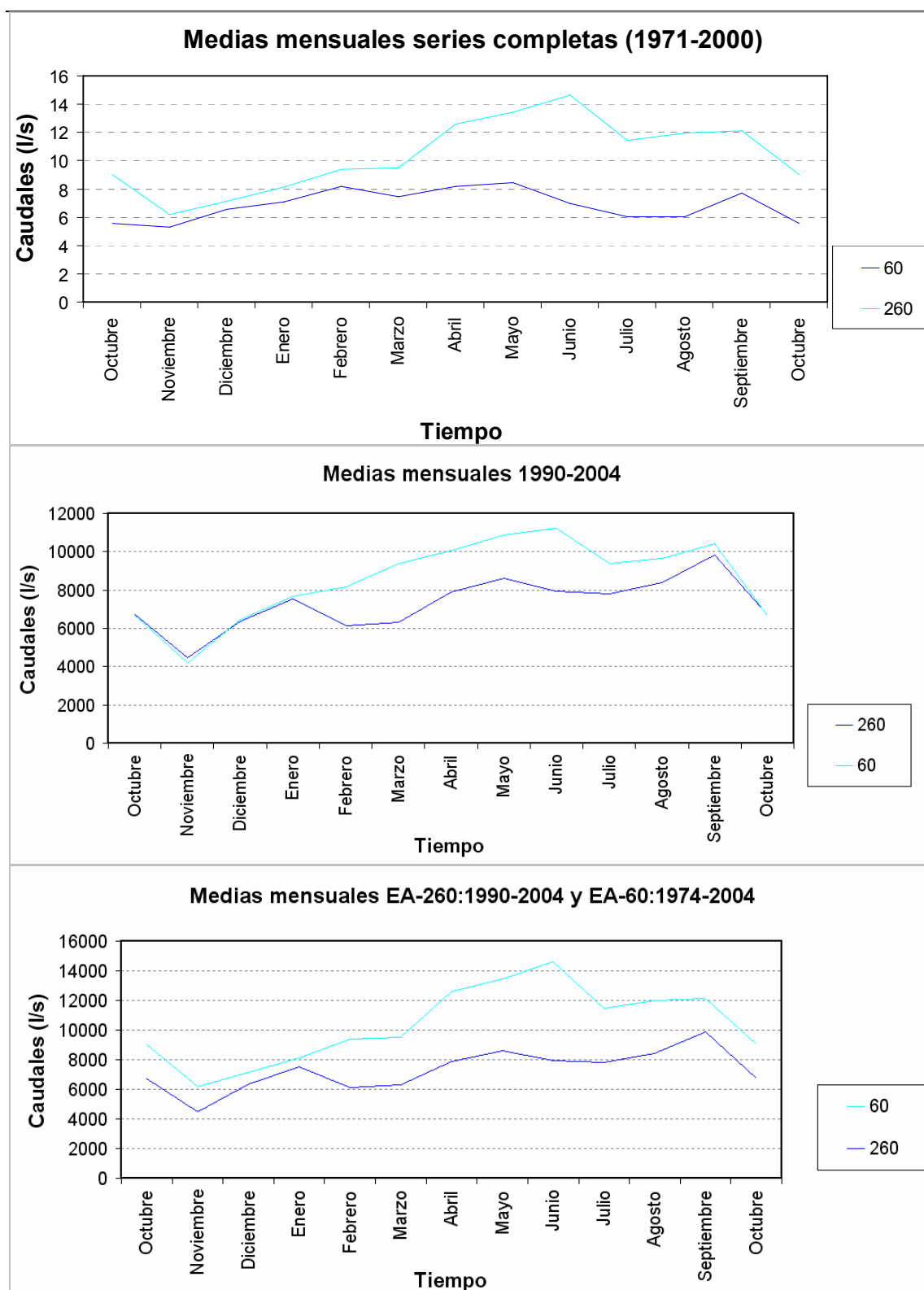


Figura 11. Gráficas de aforo de las EEAA 60 y 260 tomando diferentes periodos.

El análisis del índice de agotamiento y del tiempo de semiagotamiento se ha realizado a partir de los datos del aforo diferencial por ser más representativo del aporte del acuífero al río que su análisis por separado.

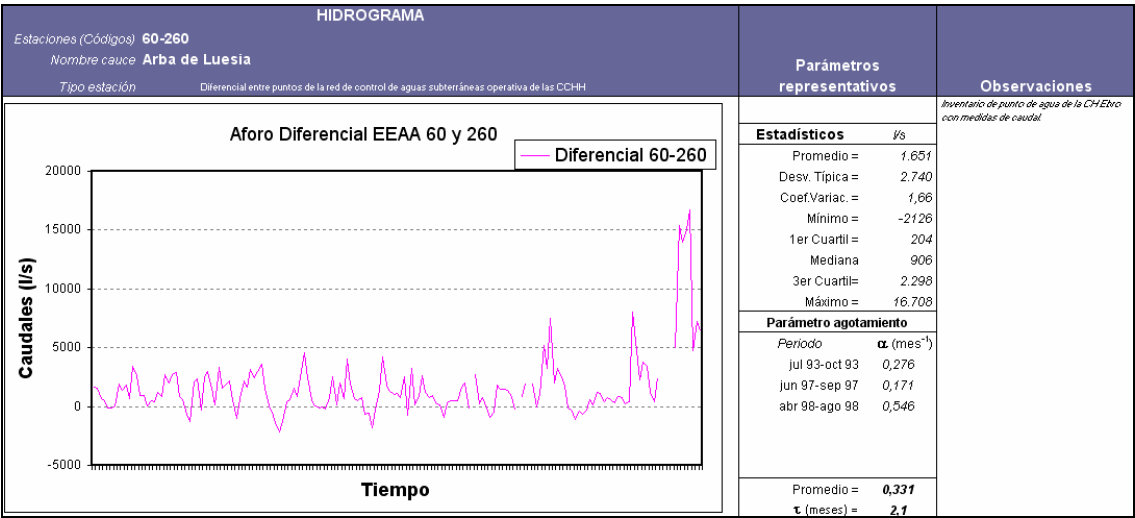


Figura 12. Análisis del hidrograma diferencial entre las EEA-60 y260 (río Arba de Luesia)

Como se presenta en la Figura anterior, el tiempo de semiagotamiento es de 2,1 meses, con un coeficiente de agotamiento promedio de 0,331 mes⁻¹. Esta caracterización es aplicable a la FGP Cuaternaria asociada al aluvial del río Ebro, de la MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón.

Los datos arrojados por este análisis deben tomarse con las precauciones que se consideren debido a la falta de conocimiento sobre derivaciones y retornos. Debe tomarse además como medida válida en el entorno inmediato al tramo analizado y asociado al río Ebro pero no al resto del aluvial del Arba de Luesia, ya que el funcionamiento hidrogeológico en este punto abarca principalmente a las terrazas aluviales asociadas al Ebro y no debe considerarse representativo del funcionamiento de los aluviales ubicados aguas arriba, ligados únicamente al Arba de Luesia.

En cuanto al cuarto tramo del río Ebro, y ante la inexistencia de estaciones de aforo, se ha utilizado nuevamente la información piezométrica de un punto de la red de piezometría oficial de la CHE, permitiendo cuantificar de forma orientativa la relación río-acuífero en el tramo 091.052.007.

En la imagen siguiente se sitúa el piezómetro analizado y se señala el área para el que se ha realizado el cálculo.

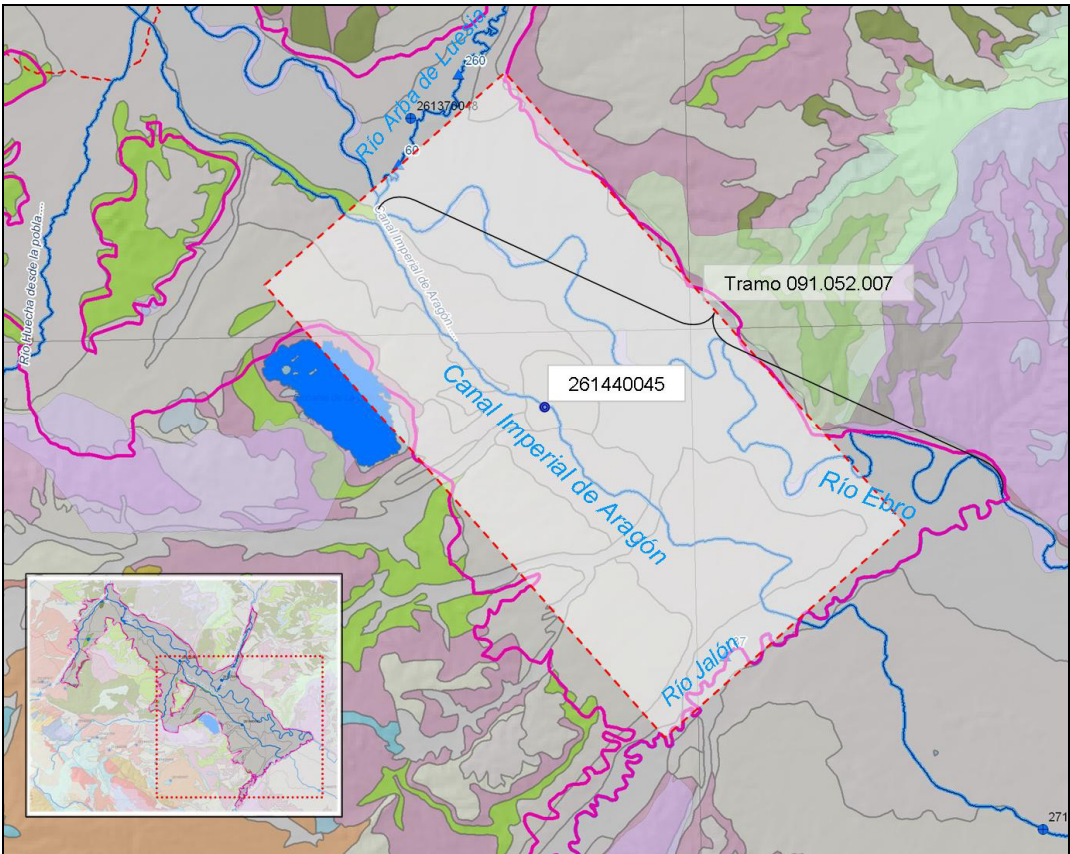


Figura 13. Situación y área de cálculo del piezómetro 261440045

Del análisis de la curva de evolución del nivel se ha extraído el coeficiente de agotamiento.

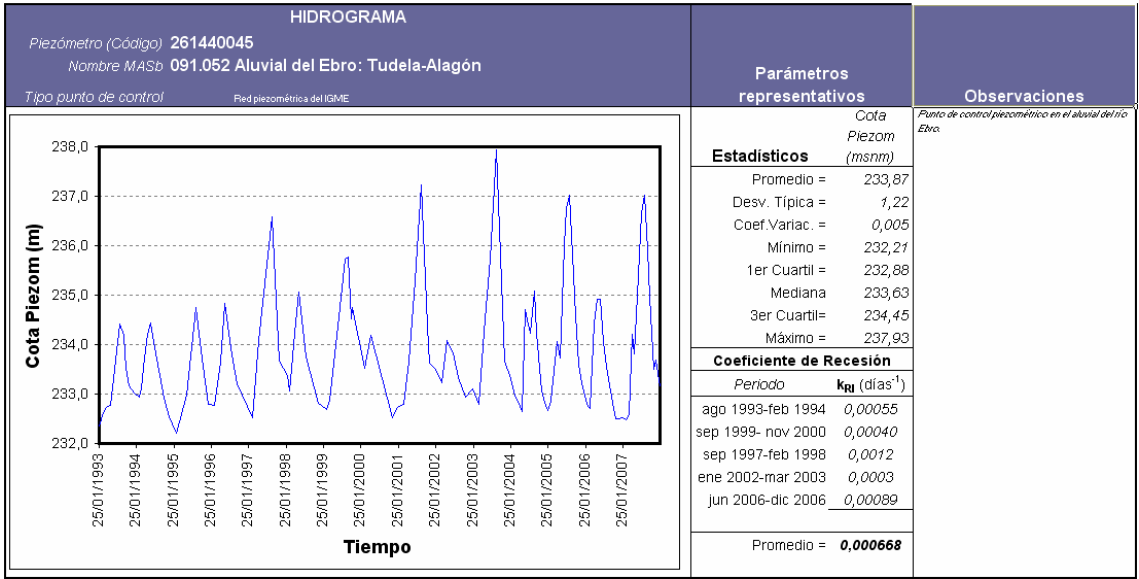


Figura 14. Análisis de la evolución piezométrica en carga hidráulica en el punto de control 261440045

El parámetro de agotamiento medio obtenido es de $0,0006 \text{ días}^{-1}$ ($0,018 \text{ mes}^{-1}$). Los parámetros hidráulicos introducidos son bibliográficos y generales para toda la MASb. Los parámetros utilizados para el cálculo se presentan en la tabla siguiente:

Transmisividad (T)	750	m ² /d	Transmisividad: Representa la capacidad del acuífero para transmitir el agua. Coeficiente de Almacenamiento: Volumen de agua liberado por una columna de base unidad y de altura todo el espesor del acuífero cuando el nivel piezométrico desciende una unidad. Difusividad: T/s (s=Coeficiente de almacenamiento) Semi-anchura del aluvial: Distancia desde el límite de la FGP hasta el cauce. Coef. de Recesión: Recesión Calculada: Coeficiente de recesión extraído del análisis de la curva de evolución piezométrica. Superficie MASb: Área de la MASb para la que se realiza el cálculo Longitud del tramo: Longitud tomada en línea recta del tramo para el que se realizan los cálculos t_c: Tiempo de control. Cota del lecho del cauce: Altura sobre el nivel del mar a la que se sitúa el cauce del río. Factor de amortiguación de Carga hidráulica: Variable que permite rebajar o incrementar la carga hidráulica existente entre el sistema hidrogeológico y el río receptor de la descarga. Número de riveras: Variable entre 1 y 2 dependiente de la situación del río respecto al área de estudio (1 si está en un extremo, 2 si está en el centro de la MASb)
Coef. Almacenam. (n_e)	0,10		
Difusividad (Df)	7.500		
Semi-anchura del aluvial (a)	2.100	m	
Coef. Recesión (KRI) =	1450,8	días	
	0,00069	días ⁻¹	
Recesión calculada	0,00067		
Coef. Recesión (KRI) =	1497,01	días	
Superficie MASb (A) =	255,00	km ²	
Longitud de tramo (L)	19.000	m	
t _c =	304,7	d	
Cota del lecho del cauce (Zs)	225	m snm	
Factor amort.carga hidráulica	0,85		
Número de riveras	1		

Figura 15. Tabla de parámetros utilizados para la cuantificación de la cesión a partir de los datos del piezómetro 261440045

Las gráficas de evolución de descarga al río, dan una idea del volumen de ésta.

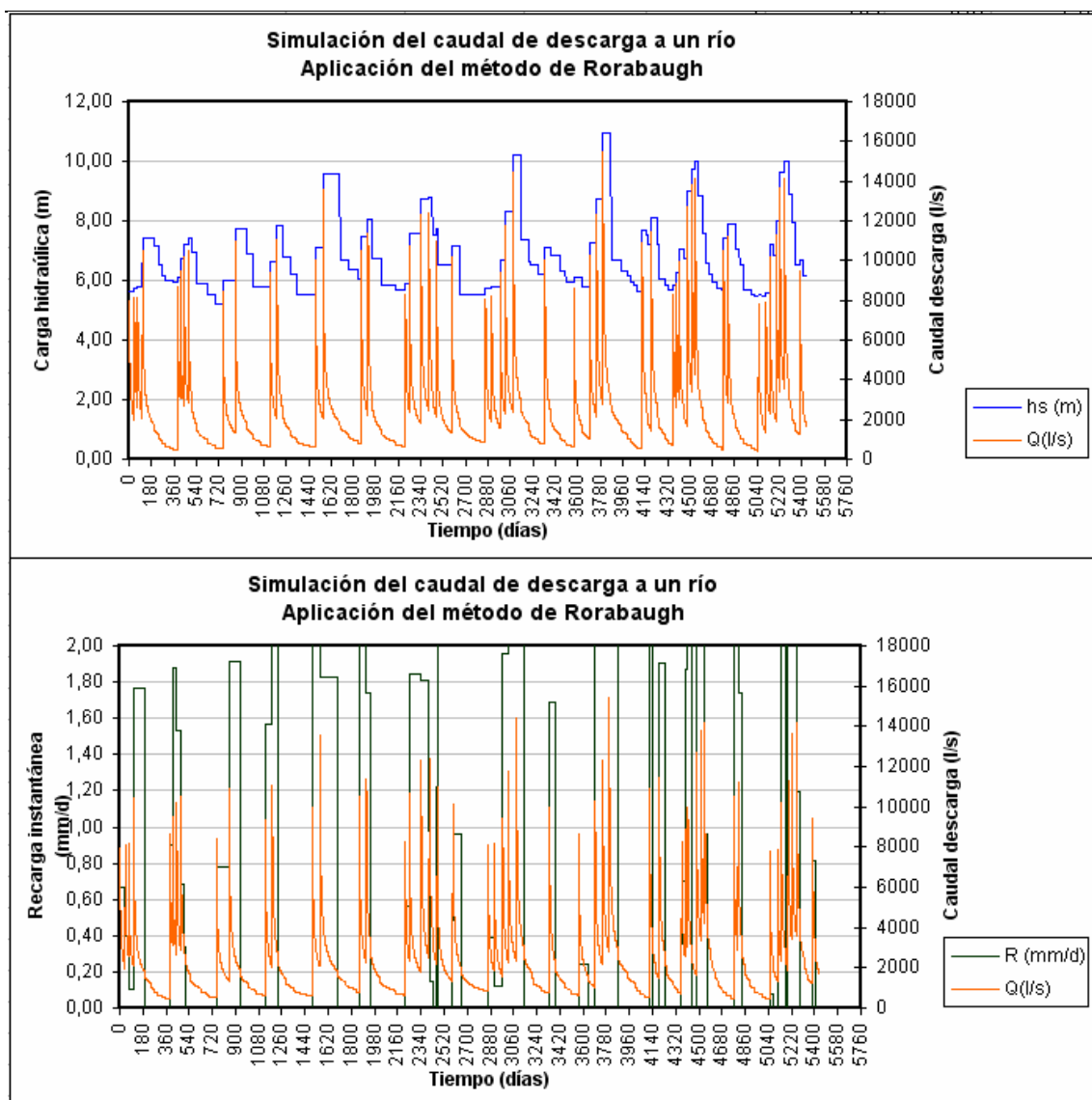


Figura 16. Análisis descarga en el punto de control 261440045 (río Ebro)

A partir de los datos introducidos se ha calculado la media y la mediana anual de aporte del acuífero al río, y dividiendo por la longitud del tramo se obtiene la medida por unidad de área tomada, que en este caso es el metro. En la tabla siguiente se presentan los datos resultantes del análisis.

Medida estadística anual	Caudal Cedido (l/s)	Longitud del tramo ensayado (m)	Caudal cedido por unidad de longitud (L/s/m)
Media	2.431	19.000	0,128
Mediana	1.832		0,096

Figura 17. Tabla de resultados obtenidos de la cuantificación de caudal de cesión del aluvial del Ebro al río Ebro a partir de los datos del piezómetro 261440045

Si bien, la medida utilizada habitualmente es la media, se ha incluido el valor de mediana por considerarse más representativo y como forma de estimación de la variabilidad de los

resultados obtenidos. En cualquier caso, los resultados obtenidos deben tomarse como orientativos debido a los condicionamientos mencionados y, sobre todo, al carácter influenciado que presenta el río Ebro en todo el tramo analizado.

Para analizar la relación río-acuífero en el tramo 091.052.008 Aluvial del Jalón, se han utilizado los datos foronómicos de la estación 87. Este tramo se considera que presenta un funcionamiento en régimen influenciado, por lo que los datos obtenidos deben de tomarse con la máxima prudencia y como mera orientación.

El tramo de río ensayado pertenece al Jalón, sin embargo, es representativo de la FGP cuaternaria aluvial asociada al Ebro, por estar comprendida entre las terrazas de este río.

Dado que el punto utilizado para el análisis está situado en el cauce del río que marca el límite de la MASb, y por tanto, sólo uno de los márgenes pertenece a esta.

En la figura siguiente se presenta la ubicación de la estación de aforo.

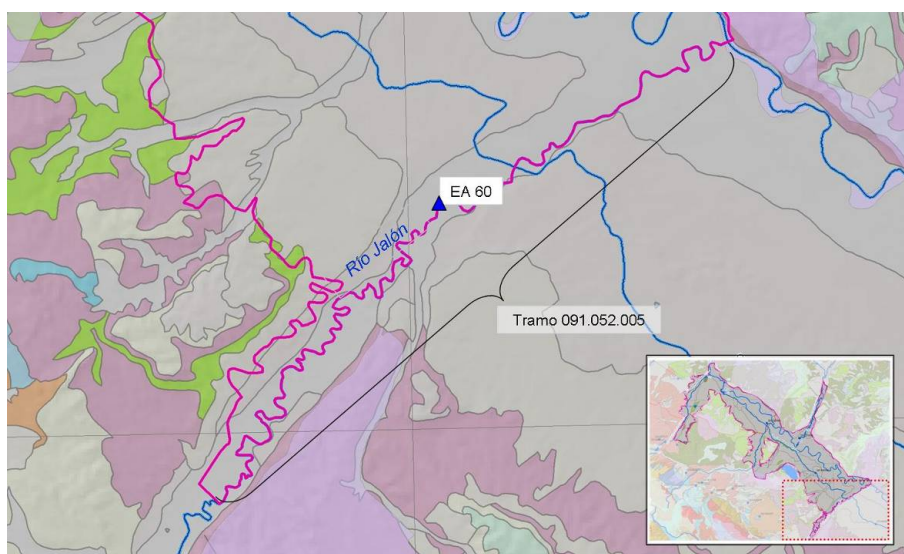


Figura 18. Mapa de Situación de la Estación de Aforo 87 (río Jalón)

En la figura siguiente se presenta el análisis realizado sobre el hidrograma.

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. 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón

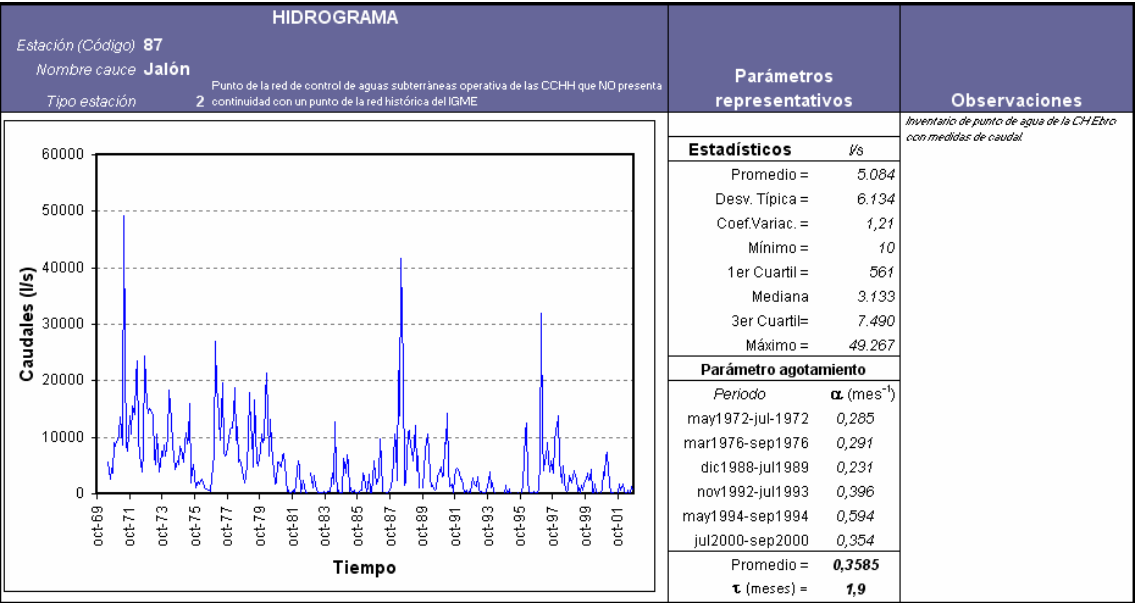


Figura 19. Análisis del hidrograma EA-87 (río Jalón)

Según el análisis efectuado sobre las curvas de agotamiento del hidrograma correspondiente a la EA87 (Figura 18) se obtiene un parámetro de agotamiento promedio de 0,3585 mes⁻¹, lo que implica un periodo de semi-agotamiento de 1,9 meses, aplicable a la FGP Cuaternaria de la MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón. El dato Arrojado debe tomarse con las precauciones derivadas del carácter influenciado del tramo de río analizado y referirse sólo a la zona del bajo Jalón, cercano a la desembocadura de éste en el Ebro.

4. Manantiales

Dentro de los límites de esta MASb existe constancia de numerosos manantiales, inventariados por la CHE. Debido al escaso caudal aforado en la práctica totalidad de ellos y a que su origen más probable está ligado a los retornos de regadío y no al funcionamiento natural del acuífero, se consideran secundarios y de escasa importancia para el funcionamiento de la MASb en relación a su relación con las aguas superficiales.

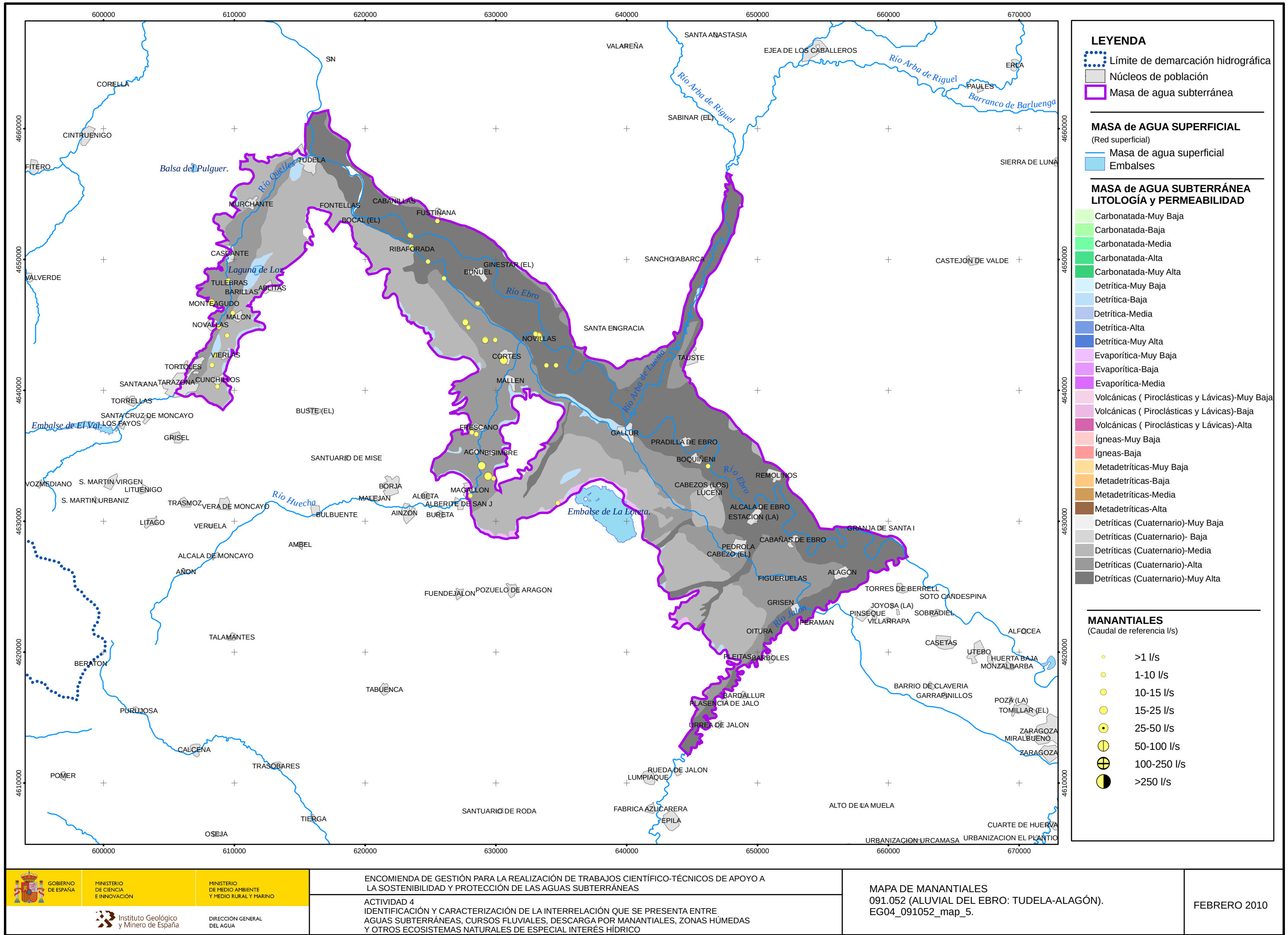
4.1 *Manantiales principales*

Dentro de los límites de esta MASb no existen manantiales de importancia con respecto a su funcionamiento hidrogeológico ni con la relación río-acuífero.

4.2 *Resto de manantiales*

Existen multitud de manantiales en el contexto de la MASb en estudio, sin embargo, la mayoría de ellos no presentan relación con el funcionamiento natural de la misma, sino que son ocasionados por la escorrentía subterránea de los grandes retornos ocasionados por los regadíos de la zona. Por otro lado y debido a su naturaleza, los caudales son bajos y, en muchos casos estacionarios.

Los caudales históricos varían entre los 0 y los 25 l/s con una media inferior a los 5 l/s.



5. Zonas húmedas

En la MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón sólo existe un humedal catalogado, sin embargo, no existen datos cuantitativos que permitan realizar cálculos. Este humedal es la llamada Laguna de Lor, cuyo código de identificación es 20785 y no está asociado a ningún espacio protegido. Se clasifica como lago interior en cuenca de sedimentación, no Kárstico, permanente, profundo, no salino.

5.1 Identificación y Modelo Conceptual

En función de la geología y la geomorfología de la zona, la laguna de Lor se trata de una laguna endorreica, utilizada aún como reserva para el riego. Se sitúa sobre materiales terciarios de muy baja permeabilidad en el que dominan las arcillas calcáreas y los limos rojos, con algunas delgadas intercalaciones de areniscas, en principio con escasa continuidad, lo que convierte el emplazamiento en una cubeta prácticamente impermeable y, por tanto, sin conexión significativa con las FGP presentes en la MASb Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón.

La laguna de Lor presenta una superficie aproximada en torno a los 0,36 Km², siendo por tanto muy reducida. En la actualidad, el drenaje de la laguna es artificial y controlado para la regulación de los riegos.

No hay puntos de control piezométrico de la CHE que controles el nivel de aguas subterráneas en el entorno más inmediato, por lo que es posible realizar análisis comparativos.

Masa de agua subterránea		091.052	Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón	
Humedal	Código (MMA 2006)	Categoría	Código Oficial	Nombre LIC, ZEPA, RAMSAR
Laguna de Lor	20785	-	-	-

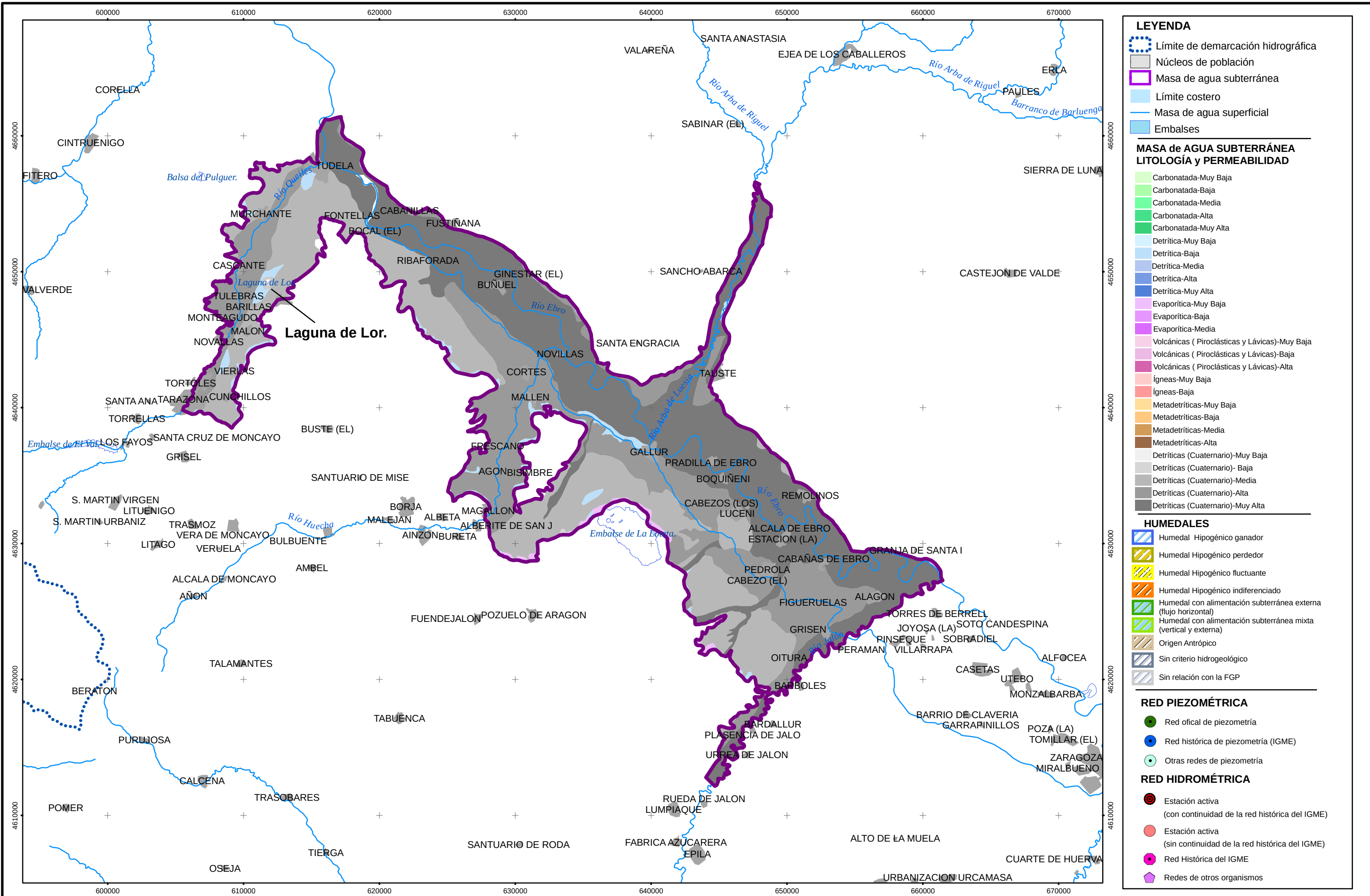
Tabla 5. Humedales asociados a las MASb 091.052 (Aluvial del Ebro : Tudela-Alagón)

5.2 Relación hidrogeológica zona húmeda-MASb

No existen datos para realizar una cuantificación de la relación humedal-acuífero en esta MASb. Asimismo, considerando la información geológica consultada, no hay relación aparente o significativa, entre ambas. Si bien, la ausencia de datos piezométricos impiden verificar o descartar taxativamente una posible conexión con el acuífero Cuaternario o con el Terciario continental.

Humedal (Nombre)	Código	Modo alimentación	Tipología de drenaje	Hidroperiodo	Modelo conceptual relación humedal-MASb	Cuantificación relación humedal-acuífero	Observaciones
Laguna de Lor	20803	Epigénico	Dreneje influenciado	Sin información	Sin relación con la MASb	No existen datos concretos sobre la recarga del humedal hacia la MASb aunque se supone sin relación	Este humedal se encuentra en régimen influenciado por la existencia de un sistema de regulación para el riego.

Tabla 6. *Relación humedal-acuífero en la MASb 091.052 (Aluvial del Ebro : Tudela-Alagón)*



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 muy poco fiables excepto para el tramo 091.052.006, en el que se han utilizado los datos de dos estaciones de aforos EA-60 y EA-260 para la realización de un análisis de aforo diferencial, sin embargo, y a pesar de la falta de embalses aguas arriba de los puntos de medida, el río se considera influenciado por la mas que posible existencia de tomas directas (aguas arriba de la estación de aforos) y por la intensificación de los bombeos, en este tramo de río, sobre el propio aluvial del río.

Los análisis realizados sobre información piezométrica son también de muy baja fiabilidad por la ausencia de datos sobre parámetros hidrogeológicos, hidrogeología local etc.

6.2 Propuesta de actuaciones

De forma general, se propone cuantificar y controlar las tomas directas efectuadas sobre el río Ebro y los afluentes a este, utilizados también para el riego, especialmente en aquellos libres de otros sistemas de regulación, así como los volúmenes de aguas desembalsados por las presas que regulan estos cauces. Por otra parte, la inclusión de estaciones de aforo adicionales a las existentes en los tramos identificados, permitirían el análisis de aforos de forma diferencias, disminuyendo la incidencia de los sistemas de regulación.

Sería importante también incluir 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.

Por último entre las propuestas más genéricas, se debe procurar una mayor continuidad en los datos registrados, ya que la falta de continuidad dificulta enormemente los análisis comparativos, y las series demasiado cortas no presentan suficiente fiabilidad.

En la siguiente tabla se muestra de forma más específica las principales propuestas para la ubicación de puntos de control de aforo.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
1	631574	4643281	253	Río Huechas	Controlar el caudal del río Huechas a su salida de la MASb (campaña de aforos directos y medidas de control)
2	627765	4631898	352	Río Huechas	Controlar el caudal del río Huechas a su entrada a la MASb (campaña de aforos directos y medidas de control)
3	661288	4627205	212	Río Ebro	Controlar el caudal del río Ebro a su salida de la MASb y a la entrada de la contigua
4	654329	4623118	236	Canal Imperial de Aragón	Controlar el caudal del Canal Imperial de Aragón a su salida de la MASb y a la entrada de la contigua
5	644367	4658977	255	Río Jalón	Controlar el caudal del río Jalón a su salida de la MASb

Tabla 7. *Estaciones de control de aforo propuestas*

Los puntos sugeridos se consideran mínimos para poder realizar aproximaciones cuantitativas de cierta fiabilidad y siempre tendrían que apoyarse en otros datos como son los de los aforos ya existentes y los de regulación de los embalses existentes.

A los puntos de control especificados cabría añadir la nivelación del río y la implantación de una red de escalas que incluyan en control a la entrada y la salida de la MASb.

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

Nº Piezómetro	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Objetivo
Pz-1	656057	4626933	226	Control piezométrico entre el Canal Imperial de Aragón y el río Ebro a la salida de la MASb
Pz-2	617173	4658977	255	Control piezométrico en el Aluvial del Ebro a la entrada del río en la MASb

Tabla 8. *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.

En cualquier caso, el aporte de una red mas completa de control piezométrico, sería de suma importancia para complementar la información foronómica, ya que una piezometría detallada permitiría definir mejor tramos y detectar posibles cambios en la relación río acuífero como el mencionado en el apartado 3.1 del río Huechas a partir de la localidad de Mallén.

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 282, 283, 320, 321, 322, 353, 354.
- (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) Fundación de Recursos Ambientales de Navarra (2008) "Situación en Navarra de la contaminación de las aguas por nitratos y pesticidas" documento diagnóstico -Junio 2008-.
- (5) SGOP (1976). Estudio hidrogeológico de las terrazas del Ebro-Gallego en el entono de Zaragoza.
- (6) 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
 - (4) Web del gobierno foral de Navarra
-

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. 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón

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 260	Arba, PC 15	02	106	Arba Luesia	de Natural	Probable existencia de tomas sobre el río y existencia de captaciones en el acuífero Aluvial aguas arriba y en el entorno de la estación	091.052	Aluvial del Ebro	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.052.006	Arba de Luesia	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 60	Gallur Coca	02	106	Arba Luesia	de Natural	Probable existencia de tomas sobre el río y existencia de captaciones en el acuífero Aluvial aguas arriba y en el entorno de la estación	091.052	Aluvial del Ebro	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.052.006	Arba de Luesia	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 174	Los Fallos	02	98	Queiles	Influen ciado	Existencia de sistemas de regulación, captaciones directas y bombeos sobre el aluvial	091.072	Aluvial del Queiles	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.052.002	Queiles	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Zona media
EA 175	Tudela	02	98	Queiles	Influen ciado	Existencia de sistemas de regulación, captaciones directas y bombeos sobre el aluvial	091.052	Aluvial del Queiles-Ebro	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.052.002	Queiles	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 87	Grisen	02	446	Jalón	Influen ciado	Existencia de sistemas de regulación, captaciones directas y bombeos sobre el aluvial	091.052	Aluvial del Ebro	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.052.008	Jalón	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo

Anejo 2. Listado de manantiales

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)		091.052	Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón		LISTADO DE OTROS MANANTIALES	
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)		091	Ebro			
Código del manantial (Cod_mant)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Ubicación geográfica			Datos de Caudales (l/s)	Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
		Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorY_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)	Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	
271410025		654212	4624112	240	0,000	NO SE UTILIZA
271410063		654500	4626400	230	0,000	NO SE UTILIZA
271410011		655178	4626460	225	0,000	desconocido
271410022		652957	4626469	230	0,000	desconocido
261440048		650650	4626550	217	0,000	ganadeía
271410010		657619	4627701	225	0,000	desconocido
271410008		651547	4628026	225	0,000	desconocido
261440038		647596	4628135	240	0,000	abastecimiento y
261440013		648841	4628153	235	0,000	NO SE UTILIZA
261440034		648817	4628217	239	0,000	abastecimiento a
261440033		648417	4628310	239	0,000	abastecimiento a
261440035		648389	4628530	238	0,000	abastecimiento (
261420007		634732	4631395	345	4,000	ganadería
261440027		643951	4631960	236	0,000	abastecimiento a
261410012		628057	4631969	360	3,000	abastecimiento (
261360012		629838	4633270	330	5,000	agricultura
261350009		629396	4633447	330	25,000	agricultura
261380033		646232	4634222	220	10,000	abastecimiento a
261350008		628921	4634240	330	25,000	agricultura

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. 091.052-Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón

261370011		641140	4635792	239	0,000	agricultura
261350004		627296	4636060	300	0,000	desconocido
261350005		628508	4636669	305	10,000	agricultura
261350006		628160	4636786	310	5,000	agricultura
261360018		630089	4638470	288	0,000	agricultura
261360024		630855	4639226	282	0,000	abastecimiento a
261360019		630826	4639396	281	0,000	abastecimiento y
251360008		608708	4640279	480	6,000	abastecimiento a
261360022		634605	4641901	237	10,000	agricultura
261360023		633865	4641904	237	10,000	desconocido
251320004		608294	4641932	450	1,500	abastecimiento a
261320009		630595	4642294	252	21,940	desconocido
251320003		608575	4642706	445	4,000	agricultura
261310013		629185	4643840	253	13,060	desconocido
261320008		629945	4643855	256	8,000	desconocido
261320012		633398	4643906	239	5,000	desconocido
261320014		633270	4644177	239	15,000	desconocido
251330003		609461	4644202	420	4,000	abastecimiento (
261320013		633031	4644308	239	10,000	abastecimiento (
261310012		627900	4644803	256	6,110	desconocido
251320002		608840	4644856	430	2,000	NO SE UTILIZA
261310011		627663	4645200	249	11,390	desconocido
251330002		609898	4645925	405	3,000	agricultura
261310010		628604	4646637	244	2,780	desconocido

251320001		608278	4646735	390	15,000	agricultura
261310021		629950	4647750	238	0,000	NO SE UTILIZA
251330001		609541	4648403	370	3,000	agricultura
261310009		626037	4648562	248	2,780	desconocido
261310008		624818	4649836	248	7,220	desconocido
261310014		623579	4650923	250	7,500	desconocido
261310007		623531	4650984	250	1,670	desconocido
261250006		623520	4651805	244	2,500	NO SE UTILIZA
261250007		623420	4651856	244	1,890	NO SE UTILIZA
251280020		620700	4652200	254	0,000	agricultura
261250005		625529	4652944	243	3,810	NO SE UTILIZA
251280025		621375	4654750	250	0,000	desconocido