

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

091.049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA



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**

091.049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA

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.....	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	16
4. MANANTIALES	18
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	18
4.2 RESTO DE MANANTIALES.....	18
5. ZONAS HÚMEDAS	20
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	21
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	21
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES.....	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	22

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

091.049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	7
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	12
Tabla 4. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	16

**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**

091.049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA

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	17
Mapa 5.	Mapa de manantiales	19

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 Identificación, morfología y datos previos

La MASb Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela, identificada con el código 091.049, se ubica en el sector centro-occidental del Dominio de la Depresión del Ebro, que se corresponde con la Cuenca Terciaria del Ebro. Su superficie total de la MASb es de 643 km² localizados entre las comunidades de Navarra y La Rioja. Los límites de esta MASb se encuentran asociados con los aluviales del río Ebro entre las poblaciones de Lodosa y Tudela y con sus afluentes; Cidacos y Alhama por la margen derecha, y Ega I, Arga y Aragón por la margen izquierda.

La cota topográfica de la MASb oscila entre los 759 m.s.n.m (que se alcanzan en el extremo Suroccidental) y los 250 m.s.n.m. (cota del río Ebro antes de abandonar la MASb), siendo la cota media de 321 m.s.n.m.

Los cauces principales asociados con esta MASb son los ríos Ebro y Aragón (afluente del Ebro por su margen izquierda). Además se consideran como cursos de agua de importancia los ríos Ega I (afluente del Ebro por su margen izquierda), Cidacos y Alhama (afluentes del Ebro por su margen derecha), y Zidacos y Arga (afluentes del Aragón por su margen derecha).

El gobierno Navarro realizó en los años setenta un modelo matemático de simulación, coincidente a grandes rasgos con la delimitación de esta MASb.

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 a los ríos Ebro y Aragón y a sus afluentes principales. 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 cuaternarias asociadas con los aluviales y las terrazas de los principales ríos y sus afluentes. Los niveles de terrazas presentan un gran desarrollo pudiendo existir hasta 6 u 8 niveles diferenciados, estando conectadas hidráulicamente con los aluviales, y por tanto con los cursos de agua, únicamente los niveles más bajos. La composición litológica de las terrazas y su grado de cementación varían considerablemente, siendo una característica común su mayor cementación cuanto más alto sea el nivel. Tanto los aluviales como los niveles de terrazas inferiores se consideran un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial, con valores altos de transmisividad que oscilan entre 1.000 y 8.000 m²/d y que suelen disminuir hacia los bordes de la terraza por aumento del contenido en finos y/o por la disminución del espesor saturado. Los aluviales, sobre todo los del río Ebro, pueden alcanzar importantes espesores de hasta 35 metros. Las alturas a las que se encuentran las terrazas con respecto a los aluviales son variables; 0-5 metros para la terraza actual o llanura de inundación, 5-10 metros las terrazas bajas y 10-20 las terrazas medias.

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 de los ríos y las terrazas medias y bajas conectadas con estos. La geometría de las formaciones acuíferas es de tipo fusiforme, típica de las formaciones aluviales. Además existen otras formaciones acuíferas de menor interés, como son las terrazas altas y los niveles de glacis que, por lo general, se encuentran desconectadas de los cauces fluviales actuales. Bajo estos niveles acuíferos se sitúan sedimentos terciarios continentales correspondientes al Oligoceno Superior y Mioceno de la Cuenca del Ebro, constituidos por niveles de margas, yesos y arcillas que, en su conjunto, conforman el nivel impermeable de base.

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

El funcionamiento hidrogeológico de esta MASb se encuentra claramente asociada a los aluviales de los principales cursos de agua. La recarga se produce en toda la extensión de los aluviales y de las terrazas bajas, por infiltración del agua de lluvia, por retornos de riego, por almacenamiento de las riberas en periodos de crecida, por la alimentación procedente de barrancos laterales y por aportes subterráneos de los aluviales situados aguas arriba de esta MASb. La descarga se realiza de forma natural a los principales cauces, que actúa como colector general y, en menor medida, por bombeos. También se produce descarga lateral hacia la MASb contigua situada aguas abajo (MASb 091.052 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón). La dirección del flujo de agua subterránea coincide a grandes rasgos con el de agua superficial, si bien, en periodos de crecidas importantes, o en función de las extracciones, se puede dar una inversión en la dirección de flujo general de manera que el río recarga al acuífero.

2. Estaciones de control y medidas de caudales

Existen 11 estaciones de la red oficial de aforos de la CHE dentro de los límites de la MASb y otras 3 emplazadas en las proximidades de esta, sobre cauces superficiales situados aguas arriba y que serán tenidas en cuenta para el análisis de la presente MASb. No obstante, del total de estaciones de aforo, únicamente se dispone de datos en 8 de ellas. Además existen 3 piezómetros de la red de control oficial de piezometría.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

El río Ebro dispone de un total de 4 estaciones de control, 3 de las cuales se encuentran aguas arriba de la MASb (Estaciones 882, 401 y 53) y la otra (Estación 2) aguas abajo, junto al núcleo de población de Castejón. Las estaciones 882 y 401 controlan la toma del canal de Lodosa y el canal de Lodosa aguas abajo de la toma, respectivamente. Por el contrario las estaciones 53 y 2 se controlan el caudal circulante por el río Ebro.

El río Aragón dispone de 2 estaciones de aforo; una situada después de la confluencia del río Zidacos y junto a la población de Caparroso (Estación 5), y la otra situada en el tramo comprendido entre las confluencias con los ríos Arga y Ebro, junto a la población de Milagro (Estación 54). Además, el propio río Arga cuenta con otra estación de aforo (Estación 4), antes de desembocar en el río Aragón.

El río Ega I, cuenta con 2 estaciones de aforo, una de ellas (Estación 239) situada aguas arriba del límite de la MASb, pero muy próximo a esta (de ahí su utilización en el presente informe), y la otra (Estación 3), ubicada junto a la población de Andosilla, antes de confluir al Ebro.

Algo similar ocurre en el río Cidacos, también con 2 estaciones de aforo, una de las cuales se encuentra aguas arriba del límite de la MASb (Estación 242), junto a la población de Autol, y la otra (Estación 213) en Calahorra, antes de confluir con el Ebro.

Por último se han utilizado 3 estaciones de aforo en el río Alhama; una de ellas (Estación 243) situada aguas arriba del límite de la MASb, otra (Estación 185) situada aguas abajo de la confluencia del Barranco de la Nava, y la tercera y última (Estación 214), antes de la confluencia con el Ebro.

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. 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela

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						
882	Toma Canal de Lodosa	Activa	573784	4696890	317	Ebro	413	1.307	2000-2004	0.84
401	Canal de Lodosa	Inactiva	574063	4696873	315	Ebro	413	11.662	1958-1990	0.99
53	Ebro en Lodosa	Inactiva	575963	4696991	313	Ebro	413	3.840	1932-1942	0.97
5	Caparroso E.A. 5	Activa	611191	4689018	298	Aragón	421	31.874	1913-2002	0.97
54	Milagro	Inactiva	602207	4678233	278	Aragón	424	0		
4	Funes E.A. 4	Activa	598868	4685635	278	Arga	423	30.300	1913-2002	0.92
3	Andosilla Coca 3 E.A. 3	Activa	586585	4692127	241	Ega I	414	31.094	1913-2002	0.94
239	Ega en Allo	Inactiva	584085	4712351	235	Ega I	414	0		
242	Cidacos en Autol	Inactiva	581539	4674355	439	Cidacos	288	0		
213	Calahorra E.A. 213	Inactiva	583964	4683435	334	Cidacos	288	0		
243	Alhama en Fitero	Inactiva	593274	4656674	439	Alhama	299	0		
185	Cintruénigo E.A. 185	Activa	5982666	4659343	380	Alhama	299	9.406	1976-2002	0.97
214	Alhama en Alfaro	Inactiva	602431	4669408	299	Alhama	299	0		
2	Castejón E.A. 2	Activa	6078877	4670796	258	Ebro	488	21.382	1929-2002	0.79

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

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

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

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

La MASb en estudio presenta 7 cursos de agua superficial en las que se pueden identificar y caracterizar su relación con las FGP. Estos cursos de agua superficial son los ríos Ebro y Aragón y sus afluentes; Ega I, Cidacos y Alhama, y Zidacos y Arga respectivamente.

3.1 Identificación y Modelo Conceptual

Dentro de la MASb 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela se han definido 14 tramos conexión hidráulica entre las masas de agua superficial y la FGP Cuaternaria.

- **Tramo Ebro I** (091.049.001-tramo conectado con la MAS código 413). Corresponde al tramo alto del río Ebro desde que entra en la MASb 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela hasta su conexión con su afluente por la margen izquierda, el río Ega I. A lo largo de todo este tramo, el río Ebro discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Linares (tramo canalizado) hasta el río Ega I (código 413), clasificada como *Ejes mediterráneo-continenciales poco mineralizados*.
- **Tramo Ebro II** (091.049.002-tramo conectado con la MAS código 415). Corresponde al tramo alto del río Ebro entre los ríos Ega I (afluente por la margen izquierda) y Cidacos (afluente por la margen derecha). A lo largo de todo este tramo, el río Ebro discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Ega I hasta río Cidacos (código 415), clasificada como *Ejes mediterráneo-continenciales poco mineralizados*.
- **Tramo Ebro III** (091.049.003-tramo conectado con la MAS código 416). Corresponde al tramo alto del río Ebro entre los ríos Cidacos (afluente por la margen derecha) y Aragón (afluente por la margen izquierda). A lo largo de todo este tramo, el río Ebro discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Cidacos hasta río Aragón (código 416), clasificada como *Ejes mediterráneo-continenciales poco mineralizados*.
- **Tramo Ebro IV** (091.049.004-tramo conectado con la MAS código 447). Corresponde al tramo alto del río Ebro entre los ríos Aragón (afluente por la margen izquierda) y Alhama (afluente por la margen izquierda). A lo largo de todo este tramo, el río Ebro discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ebro desde el río Aragón hasta el río Alhama (código 447), clasificada como *Ejes mediterráneo-continenciales poco mineralizados*.
- **Tramo Ebro V** (091.049.005-tramo conectado con la MAS código 448). Corresponde al tramo alto del río Ebro entre la confluencia del río Alhama (afluente por la margen

izquierda) y la salida del Ebro de la MASb. A lo largo de todo 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 *Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.

- **Tramo Aragón I** (091.049.006-tramo conectado con la MAS código 420). Corresponde al tramo alto del río Aragón desde su entrada en la MASb, hasta la confluencia con el río Zidacos (afluente por la margen derecha). A lo largo de todo este tramo, el río Aragón discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Aragón desde el río Onsella hasta el río Zidacos (código 420), clasificada como *Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Aragón II** (091.049.007-tramo conectado con la MAS código 421). Corresponde al tramo alto del río Aragón entre la confluencia de los ríos Zidacos y Arga (ambos afluentes por la margen derecha). A lo largo de todo este tramo, el río Aragón discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Aragón desde el río Zidacos hasta el río Arga (código 421), clasificada como *Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Aragón III** (091.049.008-tramo conectado con la MAS código 424). Corresponde al tramo alto del río Aragón entre la confluencia del río Arga (afluente por la margen derecha) y su desembocadura en el río Ebro. A lo largo de todo este tramo, el río Aragón discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Aragón desde el río Arga hasta su desembocadura en el Ebro (código 424), clasificada como *Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Ega I** (091.049.009-tramo conectado con la MAS código 414). Corresponde al tramo alto del río Ega I desde su entrada en la MASb, hasta su desembocadura en el río Ebro. A lo largo de todo este tramo, el río Ega I discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Ega I desde la estación de medidas en la cola del embalse de Oteiza -en proyecto- hasta su desembocadura en el Ebro (código 414), clasificada como *Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados*.
- **Tramo Cidacos I** (091.049.010-tramo conectado con la MAS código 288). Corresponde al tramo alto del río Cidacos desde su entrada en la MASb, hasta su desembocadura en el río Ebro. A lo largo de todo este tramo, el río Cidacos discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el Ebro (código 288), clasificada como *Ríos de montaña mediterránea calcárea*.
- **Tramo Alhama I** (091.049.011-tramo conectado con la MAS código 299). Corresponde al tramo alto del río Alhama desde su entrada en la MASb, hasta el cruce con el Canal de Lodosa. A lo largo de todo este tramo, el río Alhama discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Alhama desde el río Añamaza hasta el cruce con el Canal de Lodosa.(código 299), clasificada como *Ríos de montaña mediterránea calcárea*.

- **Tramo Alhama II** (091.049.012-tramo conectado con la MAS código 97). Corresponde al tramo alto del río Alhama desde el cruce con el Canal de Lodosa hasta su desembocadura al río Ebro. A lo largo de todo este tramo, el río Alhama discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Alhama desde el cruce con el Canal de Lodosa hasta su desembocadura en el Ebro (código 97), clasificada como *Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea*.
- **Tramo Zidacos I** (091.049.013-tramo conectado con la MAS código 94). Corresponde al tramo alto del río Zidacos desde su entrada en la MASb, hasta su desembocadura en el río Aragón. A lo largo de todo este tramo, el río Zidacos discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Zidacos desde el río Cembroain hasta su desembocadura en el río Aragón (código 94), clasificada como *Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea*.
- **Tramo Arga I** (091.049.014-tramo conectado con la MAS código 423). Corresponde al tramo alto del río Arga desde su entrada en la MASb, hasta su desembocadura en el río Aragón. A lo largo de todo este tramo, el río Arga discurre sobre la FGP Cuaternaria. La MAS relacionada es río Arga desde el río Salado hasta su desembocadura en el Aragón (código 423), clasificada como *Ejes mediterráneo-continetales 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	
091.049.001	Río Ebro	413	Río Ebro desde el río Linares (tramo canalizado) hasta el río Ega I	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.002	Río Ebro	415	Río Ebro desde el río Ega I hasta el río Zidacos	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.003	Río Ebro	416	Río Ebro desde el río Zidacos hasta el río Aragón I	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.004	Río Ebro	447	Río Ebro desde el río Aragón hasta el río Alhama	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.005	Río Ebro	448	Río Ebro desde el río Alhama hasta el río Queiles	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.006	Río Aragón	420	Río Aragón desde el río Onsella hasta el río Zidacos	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.007	Río Aragón	421	Río Aragón desde el río Zidacos hasta el río Arga	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.008	Río Aragón	424	Río Aragón desde el río Arga hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ejes mediterráneo-continetales poco mineralizados	Masa modificada	Cuaternaria
091.049.009	Río Ega I	414	Río Ega I desde la estación de medidas en la	Río	Ejes mediterráneo-continetales	Masa Natural	Cuaternaria

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. 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela

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	
			cola del embalse de Oteiza-en proyecto-hasta su desembocadura en el Ebro		poco mineralizados		
091.049.010	Río Cidacos I	288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización del Arnedillo hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ríos de montaña mediterránea calcarea	Masa Natural	Cuaternaria
091.049.011	Río Alhama	299	río Alhama desde el río Añamaza hasta el cruce con el Canal de Lodosa	Río	Ríos de montaña mediterránea calcarea	Masa Natural	Cuaternaria
091.049.012	Río Alhama	97	río Alhama desde el cruce con el Canal de Lodosa hasta su desembocadura en el Ebro	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa Natural	Cuaternaria
091.049.013	Río Zidacos	94	río Cidacos desde el río Cembroain hasta su desembocadura en el río Aragón	Río	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	Masa Natural	Cuaternaria
091.049.014	Río Arga	423	Río Arga desde el río Salado hasta su desembocadura en el Aragón	Río	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa Modificada	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 (091.049.001). Se trata del tramo de río Ebro desde su entrada en la MASb hasta la confluencia con el río Ega I. A lo largo de este tramo el río se comporta como ganador, aunque, según la bibliografía consultada (CHE 1991 y CHE 1998), en determinados periodos de crecida o de reducción en los bombeos o según sectores, se pueden producir inversiones temporales de flujo. 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 con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Ebro presenta un régimen hidrológico modificado, como consecuencia de la existencia de embalses y tomas para canales agua arriba.

Tramo Ebro II (091.049.002). Este tramo, situado entre las confluencias de los ríos Ega I y Cidacos, presenta un comportamiento y unas características similares al anterior por lo que se establece un comportamiento de río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Asimismo se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Ebro III (091.049.003). Continuación de los tramos anteriores y de similar comportamiento según la bibliografía consultada. En este tramo, el río Ebro recibe los aportes de los ríos Ega I y Cidacos. Aunque, al igual que ocurre con los otros tramos, es difícil poder cuantificar la relación río-acuífero, la bibliografía consultada indica que se trata de un tramo en relación directa con la FGP cuaternaria que se comporta como un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Asimismo se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Ebro IV (091.049.004). En este tramo el río Ebro recibe un importante aporte de agua superficial del río Aragón, uno de sus principales afluentes. Al igual que ocurre con los otros tramos del Ebro, con la información disponible no se puede cuantificar la relación río-acuífero, no obstante, la bibliografía consultada indica que se trata de un tramo en relación directa con la FGP cuaternaria que se comporta como un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). Asimismo se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Ebro V (091.049.005). Es el último tramo del río Ebro antes de abandonar la MASb en estudio. En este tramo se produce el aporte de agua superficial proveniente del río Alhama. Como ocurre con los anteriores tramos las estaciones de control existentes no aportan información suficiente como para poder cuantificar la relación río-acuífero. No obstante se considera como un tramo en relación directa con la FGP cuaternaria que se comporta como un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluente). Asimismo se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Aragón I (091.049.006). Se trata del tramo superior del río Aragón desde su entrada en la MASb hasta su confluencia con el río Zidacos. Aunque no es posible cuantificar la relación río-acuífero, existe una relación directa con la FGP cuaternaria. Este tramo se comporta como un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Se considera un tramo con régimen hidrológico modificado como consecuencia de la existencia de embalses aguas arriba del mismo.

Tramo Aragón II (091.049.007). Se trata del tramo del río Aragón entre la confluencia de los ríos Zidacos y Arga. Al igual que ocurre con el anterior tramo, no es posible cuantificar la relación río-acuífero, aunque existe una relación directa con la FGP cuaternaria comportándose como un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código

401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Aragón III (091.049.008). Se trata del tramo del río Aragón entre la confluencia del río Arga y su desembocadura en el Ebro. Al igual que ocurre con el anterior tramo, no es posible cuantificar la relación río-acuífero, aunque existe una relación directa con la FGP cuaternaria. En este tramo se produce un gran ensanchamiento del aluvial por la coalescencia de ambos ríos, que puede provocar una pérdida relativa de caudal, al menos de forma temporal. Por lo tanto se considera un tramo de río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). Se considera un tramo con régimen hidrológico modificado.

Tramo Ega I (091.049.009). Se trata del tramo del río Ega I desde su entrada en la MASb hasta su desembocadura con el Ebro. En este tramo no se ha podido cuantificar la relación río-acuífero, ya que, a pesar de contar con 2 estaciones de aforo, la que se encuentra situada aguas arriba del tramo, no dispone de datos de control. No obstante se considera un tramo con relación directa con la FGP cuaternaria y que se comporta como un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Aunque actualmente se considera como un tramo en régimen hidrológico natural, dejará de serlo ya que está proyectada la construcción del embalse de Oteiza, aguas arriba del tramo.

Tramo Cidacos I (091.049.010). Se trata del tramo del río Cidacos desde su entrada en la MASb hasta su desembocadura con el Ebro. En este tramo no se ha podido cuantificar la relación río-acuífero, ya que, a pesar de contar con 2 estaciones de aforo, ninguna de ellas dispone de datos de control. En este tramo se produce un gran ensanchamiento del aluvial por la coalescencia de ambos ríos, que puede provocar una pérdida relativa de caudal, al menos de forma temporal. Por lo tanto se considera un tramo de río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). Este tramo presenta un régimen hidrológico modificado por la existencia de canalizaciones aguas arriba.

Tramo Alhama I (091.049.011). Se trata del tramo del río Alhama desde su entrada en la MASb hasta el cruce con el Canal de Lodosa. En este tramo no se ha podido cuantificar la relación río-acuífero, ya que, a pesar de contar con 3 estaciones de aforo (una dentro del propio tramo y las otras dos aguas arriba y abajo del mismo), sólo una de ellas dispone de datos de control. No obstante, se considera un tramo con relación directa con la FGP cuaternaria y que se comporta como un río en régimen ganador con conexión

difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Este tramo presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Alhama II (091.049.012). Se trata del tramo del río Alhama desde el cruce con el Canal de Lodosa hasta su desembocadura en el Ebro. En este tramo no se ha podido cuantificar la relación río-acuífero, ya que la estación de aforos situada en el tramo no dispone de datos de control. En este tramo se produce un gran ensanchamiento del aluvial por la coalescencia de los ríos Alhama y Ebro, que puede provocar una pérdida relativa de caudal, al menos de forma temporal. Por lo tanto se considera un tramo con relación directa con la FGP cuaternaria y que se comporta como un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). Este tramo presenta un régimen hidrológico natural.

Tramo Zidacos I (091.049.013). Se trata de un pequeño tramo del río Zidacos desde su entrada en la MASb hasta su desembocadura en el río Aragón. No existe datos para cuantificar la relación río-acuífero aunque, se considera un tramo con relación directa con la FGP cuaternaria. Es posible que en este tramo se produzca pérdida de caudal, al menos en determinados periodos, ya que se produce un ensanchamiento brusco del aluvial como consecuencia de la unión de ambos ríos. Se considera por tanto un tramo de río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). Este tramo presenta un régimen hidrológico modificado por la existencia de tomas directas aguas arriba, canalizadas a través de tuberías forzadas.

Tramo Arga I (091.049.014). Representa el tramo del río Arga desde su entrada en la MASb hasta su desembocadura en el río Aragón. No existe datos para cuantificar la relación río-acuífero aunque, se considera un tramo con relación directa con la FGP cuaternaria, y cuyo funcionamiento responde a un río en régimen ganador con conexión difusa directa (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). Este tramo presenta un régimen hidrológico modificado por la existencia de embalses aguas arriba del mismo.

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)
091.049.001	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	28.364
091.049.002	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	2.091
091.049.003	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	26.867
091.049.004	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	6.934
091.049.005	Río Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	22.316
091.049.006	Río Aragón	Conexión difusa	Influenciado	Aluvial bien	-	Conexión	25.624

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. 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela

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)
		directa en cauces efluentes		desarrollado		hídrica acuífero-río	
091.049.007	Río Aragón	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	21.275
091.049.008	Río Aragón	Conexión difusa directa en cauces variables	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	10.002
091.049.009	Río Ega I	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	34.994
091.049.010	Río Cidacos	Conexión difusa directa en cauces variables	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	19.309
091.049.011	Río Alhama	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	19.986
091.049.012	Río Alhama	Conexión difusa directa en cauces variables	Natural	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	7.614
091.049.013	Río Zidacos	Conexión difusa directa en cauces variables	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	2.694
091.049.014	Río Arga	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Aluvial bien desarrollado	-	Conexión hídrica acuífero-río	18.324

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 091.049 Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela corresponden a:

- Tramos ganadores con conexión difusa directa (091.049.001, 091.049.002, 091.049.003, 091.049.004, 091.049.005, 091.049.006, 091.049.007, 091.049.009, 091.049.011 y 091.049.014)
- Tramos ganadores o perdedores, con conexión difusa directa (091.049.008, 091.049.010, 091.049.012 y 091.049.013)

Con los datos de las estaciones de aforo no es posible cuantificar la relación río-acuífero, ya que parte de las estaciones se encuentran en cauces modificados por la existencia de embalses aguas arriba (ríos Ebro, Aragón y Arga) o bien controlan tramos más amplios que los que se refieren a la MASb en estudio (ríos Ega I, Cidacos y Alhama). Además, tampoco se han podido efectuar aforos diferenciales ya que no existe correlación temporal en las medidas de las estaciones de aforo.

4. Manantiales

Dentro de los límites de esta MASb sólo existen constancia de manantiales de escaso caudal y sin relación directa con los cursos de agua, por lo que se han considerado como 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

Los manantiales existentes son en general de caudal inferior a 5 l/s, existiendo alguno con caudal entre 5 y 20 l/s. Se trata de puntos sin apenas medidas de caudal (no superan las 2 medidas) y que no tienen relación alguna con los cursos de agua existentes.

5. Zonas húmedas

En la MASb Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela 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

Con la información existente se ha optado por no realizar cuantificación alguna ya que la fiabilidad de las mismas y su representatividad es escasa.

6.2 Propuesta de actuaciones

La red de aforos existente se considera bien planificada y suficiente como para establecer y cuantificar las relaciones río-acuífero en los tramos definidos. Sin embargo la falta de medidas en buena parte de ellas impide cuantificar dicha relación. Por tanto se propone controlar la totalidad de los puntos de aforo existentes por un periodo de tiempo común de manera que se puedan realizar aforos diferenciales y cuantificar las relaciones río-acuífero dentro de los límites de esta MASb.

Además se recomienda realizar una nivelación del cauce del río Ebro, así como instalar escalas niveladas a lo largo de su cauce para realizar lecturas periódicas de las mismas. También sería recomendable incrementar el número de piezómetros en el aluvial e instalar dispositivos de control automático de nivel.

Toda esta información será de gran utilidad para la realización de modelos numéricos de simulación.

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 172, 205, 206, 207, 243, 244, 281 y 282.
- (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) Gobierno de Navarra (1982): Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico.
- (5) Gobierno de Navarra (1984): Estudio hidrogeológico de la zona Sur de Navarra. Servicio Geológico.

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. 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela

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 882	Toma Canal de Lodosa	02	413	Ebro	Modificado	Aforo en toma del canal	091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.001	Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas arriba
EA 401	Canal de Lodosa	01	413	Ebro	Modificado	Aforo en canal	091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.001	Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas arriba
EA 53	Ebro en Lodosa	01	413	Ebro	Modificado		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.001	Ebro	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas arriba
EA 5	Caparroso E.A. 5	02	421	Aragón	Modificado		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.007	Aragón	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas arriba
EA 54	Milagro	01	424	Aragón	Modificado		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.008	Aragón	Conexión difusa directa en cauces variables	Aguas abajo
EA 4	Funes E.A. 4	02	423	Arga	Modificado		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.014	Arga	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 3	Andosilla Coca 3 E.A.3	02	414	Ega I	Natural		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.009	Ega I	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas abajo
EA 239	Ega en Allo	01	414	Ega I	Natural	No dispone de ningún registro				091.049.009	Ega I	Conexión difusa directa en cauces variables	Aguas arriba
EA 242	Cidacos en Autol	01	288	Cidacos	Natural	No dispone de ningún registro	091.067	Detrítico de Arnedo		091.049.010	Cidacos	Conexión difusa directa en cauces variables	Aguas arriba
EA 213	Calahorra E.A 213	01	288	Cidacos	Natural	No dispone de ningún registro	091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.010	Cidacos	Conexión difusa directa en cauces variables	Zona intermedia
EA 243	Alhama en Fitero	01	299	Alhama	Natural	No dispone de ningún registro				091.049.011	Alhama	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Aguas arriba
EA 185	Cintruénigo E.A 185	02	299	Alhama	Natural		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.011	Alhama	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Zona intermedia
EA 214	Alhama en Alfaro	01	97	Alhama	Natural	No dispone de ningún registro	091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.012	Alhama	Conexión difusa directa en cauces variables	Aguas arriba
EA 2	Castejón E.A 2	02	448	Ebro	Modificado		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	Aluvial y terrazas bajas del Cuaternario	091.049.005	Ebro	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. 091.049-Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)		091.049	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela		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)	
241070001		585777	4687505	315	4.8	Desconocido
241110002		570223	4682815	660	6.0	Abastecimiento
241110006		571364	4683292	600	7.5	Desconocido
241110007		571591	4683388	600	0.8	Desconocido
241110010		571979	4683578	580	2.0	Desconocido
241110012		572185	4683518	580	1.0	Desconocido
241110019		569584	4682591	700	2.0	Abastecimiento
241120003		574274	4685181	511	2.1	Abastecimiento
241120004		575249	4686119	485	2.6	Desconocido
241120005		576911	4687035	400	1.5	Desconocido
241130004		582799	4680631	387	0.0	Desconocido
241130005		583103	4682117	375	0.0	Desconocido
241170004		582403	4675358	525	1.0	Desconocido
241170005		582526	4675218	420	0.8	Agricultura
251150001		594881	4676768	412	2.3	Abastecimiento
251160001		603200	4670702	388	2.1	Abastecimiento
251230002		608930	4668063	300	10.0	No se utiliza