

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

091.067 DETRÍTICO DE ARNEDO



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**

091.067 DETRÍTICO DE ARNEDO

ÍNDICE

1. CARACTERIZACIÓN DE MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	4
1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad	4
1.2.2 Estructura geológica	4
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico	5
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	9
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	9
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	9
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	9
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	11
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	11
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	14
4. MANANTIALES	17
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	17
4.2 RESTO DE MANANTIALES	19
5. ZONAS HÚMEDAS	21
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	22
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	22
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES	22
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	25

ANEJOS:

- Anejo 1* Tablas de estaciones de control y medida
- Anejo 2* Listado de manantiales

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

091.067 DETRÍTICO DE ARNEDO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cortes geológicos transversales a la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo. Tomado de Coloma López, P., et al., 1995..... 5

Figura 2. Cortes hidrogeológicos esquemáticos del funcionamiento de la FGP Jurásico marino y las descargas localizadas en la MASb 091.067. El corte superior engloba, de izquierda a derecha, la disposición de los niveles acuíferos del Jurásico marino (pintado en azul celeste) en un contexto regional que incluye las MASb 091.069 Cameros, 091.066 Fitero-Arnedillo (incluyendo la génesis de los manantiales termales de Arnedillo) y, ampliado en el corte inferior, la 091.067 Detrítico de Arnedo. Tomado de Coloma López, P. et al., 1997..... 7

Figura 3. Corte hidrogeológico transversal a la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo que muestra la génesis de los manantiales pseudotermales de “El Juncal” (nº 3). Tomado de Coloma López, P., et al., 1995..... 18

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

091.067 DETRÍTICO DE ARNEDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	9
Tabla 2.	Identificación de los tramos de ríos conectados	12
Tabla 3.	Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	14
Tabla 4.	Resumen de la cuantificación río-acuífero	15
Tabla 5.	Manantiales principales. Detrítico de Arnedo (091.067)	18
Tabla 6.	Estaciones de control propuestas relación río-acuífero	23

**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**

091.067 DETRÍTICO DE ARNEDO

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	3
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	8
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	10
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	16
Mapa 5.	Mapa de manantiales	20

1. Caracterización de MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 *Identificación, morfología y datos previos*

La MASb Detrítico de Arnedo, a la que corresponde el código de identificación 091.067 dentro de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, se integraba en la anteriormente conocida como Unidad Hidrogeológica Fitero-Arnedillo (09.35), que posteriormente fue sustituida por la UH 05.02, de manera que actualmente se considera separadamente a la MASb Fitero-Arnedillo propiamente dicha, que se identifica con el código 091.066, de la que nos ocupa. Ésta se identifica con el relleno terciario de la Depresión del Ebro; concretamente con los conglomerados oligocenos de borde de la Sierra de Cameros, situados en la margen derecha del río Cidacos, así como los depósitos aluviales de este último.

Presenta una geometría en planta en forma de abanico, con el eje meridional con la dirección del frente de cabalgamiento de Cameros (NO-SE) y cuyos límites hidrogeológicos están configurados de la siguiente forma:

- El límite septentrional es curvo, trazándose por el límite del aluvial del río Cidacos en su margen izquierda hasta la localidad de Autol, para continuar por el límite de afloramiento de los conglomerados oligocenos, primero con dirección N-S y después ONO-ESE, hasta el contacto con los afloramientos jurásicos del frente de cabalgamiento de Cameros en las proximidades de la Peña Yerga. Se trata de un límite abierto, hidrogeológicamente hablando.

- El límite meridional es cerrado y se traza sobre los materiales mesozoicos cabalgantes del frente de cabalgamiento de Cameros.

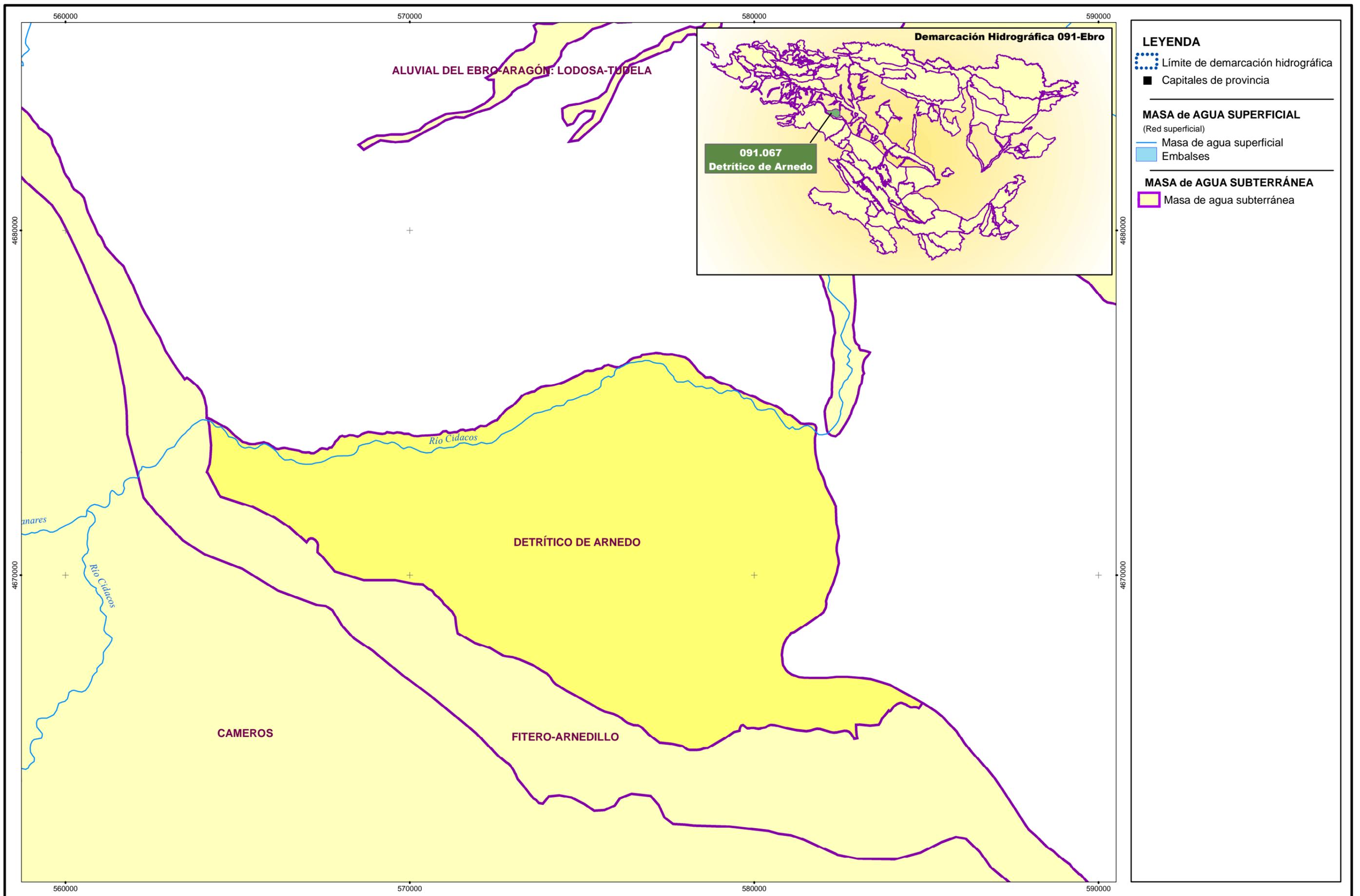
Presenta una superficie total de 124,3 km², pertenecientes en su totalidad a La Rioja (Comunidad Autónoma de La Rioja). En el ámbito geográfico definido por los límites de esta MASb la cota máxima es de 1.161m snm y la mínima de 431m snm, fijándose la cota media en 703m snm. Se trata de una unidad con escaso relieve y estructuralmente sencilla, que incluye la facies de borde del relleno de la Cuenca Terciaria del Ebro (conglomerados oligocenos con una potencia cercana a los 1.000m) dispuesta en discordancia progresiva con respecto al frente de cabalgamiento de Cameros y, por tanto, con un marcado buzamiento que a medida que se aleja del borde se transforma acomodándose a la suave estructura en anticlinal de Arnedo. Sobre estos conglomerados se disponen en la zona de borde otros conglomerados

miocenos poco consolidados y, por el resto de la superficie, gravas, arenas y limos de depósitos de glaciares.

La MASb sólo presenta un río que discurre por ella, el Cidacos, que lo hace desde aguas abajo de Arnedillo hasta Autol, con una dirección más o menos O-E.

Esta MASb involucra exclusivamente materiales acuíferos detríticos y porosos que forman parte del relleno terciario de la Cuenca del Ebro, en su facies de borde (Conglomerados Oligocenos), y un desarrollado Cuaternario aluvial (llanura y terrazas del río Cidacos).

No existen modelos matemáticos ni se han realizado simulaciones de flujo en la Masa de Agua.



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Capitales de provincia

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

- Masa de agua subterránea

1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

Dentro de la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo los materiales que constituyen las FGPs son Terciarios y Cuaternarios de naturaleza detrítica, procedentes del relleno de la Cuenca Terciaria del Ebro (conglomerados oligocenos), Aluvial del río Cidacos y, en menor medida, depósitos de glaciares.

Por tanto, las principales FGPs con características acuíferas susceptibles de tener relaciones río-acuífero en la MASb son los Conglomerados oligocenos y el Cuaternario aluvial.

- **FGP Oligoceno detrítico** está constituida por un potente paquete de unos 1.000m de potencia (en la zona de borde) de conglomerados masivos con niveles de areniscas rojas (litologías T^A_{C33} o nº 26 del MAGNA 1:50.000, Hojas 242 y 243, respectivamente). En ella se han diferenciado dos Unidades Tectosedimentarias (UTS), la UTS1 y la UTS2. En la primera, más antigua, predominan las facies de borde, con mayor representatividad de los conglomerados frente a las areniscas, al contrario de lo que ocurre en la segunda. Esta FGP tiene una permeabilidad media-baja por porosidad, transmisividades entre 300 y 10 m²/día y comportamiento libre.
- **FGP Cuaternario aluvial** está constituido por los depósitos de gravas, arenas, limos y arcillas sin cohesionar, con contacto hidráulico con el río Cidacos. Los depósitos suelen presentar una secuencia granodecreciente con gravas y arenas gruesas sin consolidar a muro y limos y arcillas a techo. Constituye un nivel acuífero de muy alta permeabilidad por porosidad, altas transmisividades y comportamiento libre. Esta FGP alcanza mayor desarrollo desde la localidad de Santa Eulalia Bajera.

1.2.2 Estructura geológica

La MASb comprende los materiales Terciarios de relleno de la Cuenca del Ebro, en su potente facies de borde y el Cuaternario aluvial del río Cidacos. Los conglomerados oligocenos (facies de borde) se disponen en discordancia progresiva con respecto al frente de cabalgamiento de Cameros y, por tanto, con un marcado buzamiento que, a medida que se produce el alejamiento del borde, disminuye acomodándose a la suave estructura en anticlinal de Arnedo, que no es más que la huella de la presencia en profundidad del frente de cabalgamiento de Cameros en forma de rampa.

Esta estructura profunda de la Depresión de Arnedo ha podido conocerse gracias a la sísmica de reflexión y al sondeo ARNEDO I que alcanzó los 1.576m snm después de atravesar el mesozoico y alcanzar el paleozoico. De este modo, se ha interpretado la existencia de un plano de cabalgamiento en cuyo bloque superior se dispondrían, de base a techo y en posición normal, materiales paleozoicos, la serie triásica (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper), así como parte de la serie jurásica y el Terciario continental que aflora en la Depresión de Arnedo. En el bloque inferior aparecerían todavía varios miles de metros de espesor de materiales correspondientes al Terciario continental autóctono de la Cuenca del Ebro, siendo el anticlinal de Arnedo la antiforma desarrollada en el bloque superior de ese cabalgamiento (Figura 1).

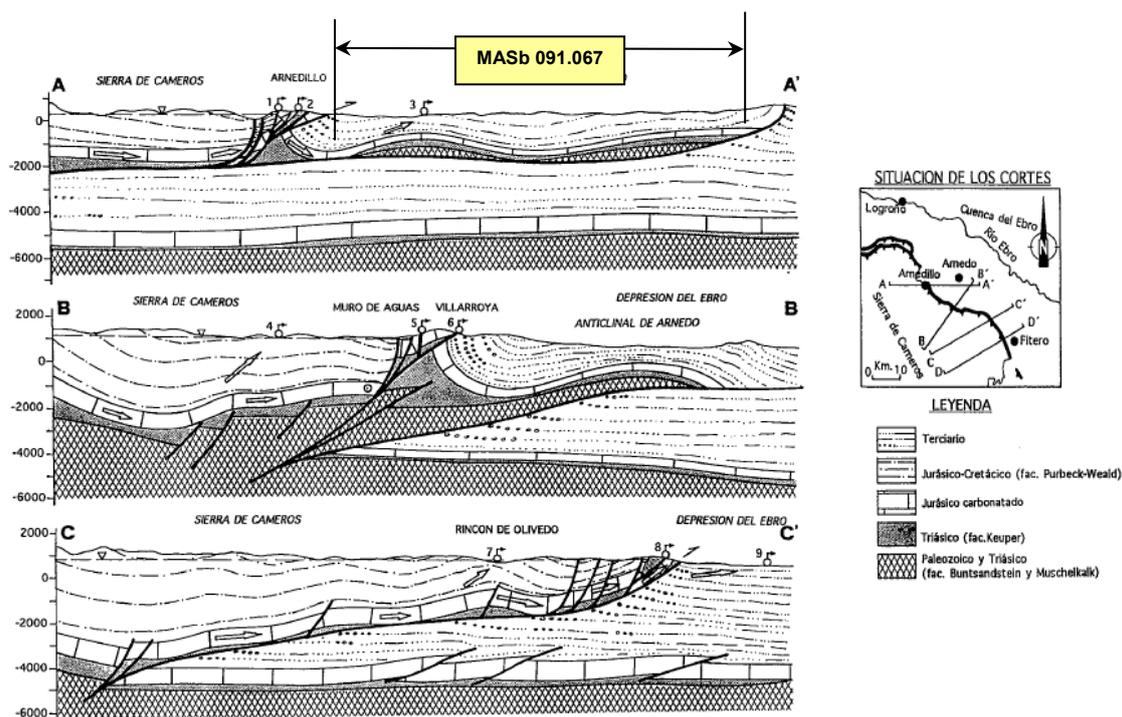


Figura 1. Cortes geológicos transversales a la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo. Tomado de Coloma López, P., et al., 1995.

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

La MASb 091.067 Detrítico de Arnedo sólo cuenta con un río que discurre por ella, el río Cidacos. En líneas generales el río actúa como dren de las FGP recogiendo sus descargas en forma de manantiales en las zonas de Herce-Juncal y Quel, incluyendo la fuente de Encañado¹. Las descargas de Herce-Juncal están originadas porque una parte del flujo general profundo que circula por los materiales de alta permeabilidad del jurásico marino (Lías -Gr. Renales- y Dogger) que descarga en los manantiales termales en Arnedillo escapa a la estructura surgente regional y se canaliza a través de los conglomerados terciarios en el cauce del

¹ Las descargas en forma de pequeños manantiales de Autol quedan fuera de la MASb.

Cidacos (Figura 2), mientras que las de Quel están asociadas a los conglomerados oligocenos, concretamente a la UTS2, más areniscosa y permeable. La recargas se realizan mediante infiltración de las precipitaciones a través de toda la superficie aflorante de la FGP Oligoceno detrítico, los glaciares y la FGP Cuaternaria aluvial, y mediante los trasvases de la FGP regional del Jurásico marino ya comentados.

Además, el río mantiene una conexión hidráulica de carácter variable con la FGP Cuaternario aluvial. La recarga se produce en toda la extensión del aluvial y terrazas bajas por infiltración del agua de lluvia, retornos de riego, almacenamiento en las riberas en periodos de crecida y por alimentación de barrancos y transferencias de otras FGPs. La descarga se realiza de forma natural al río, que actúa como colector general y, en menor medida, por bombeos. La dirección de este flujo es la del propio río.

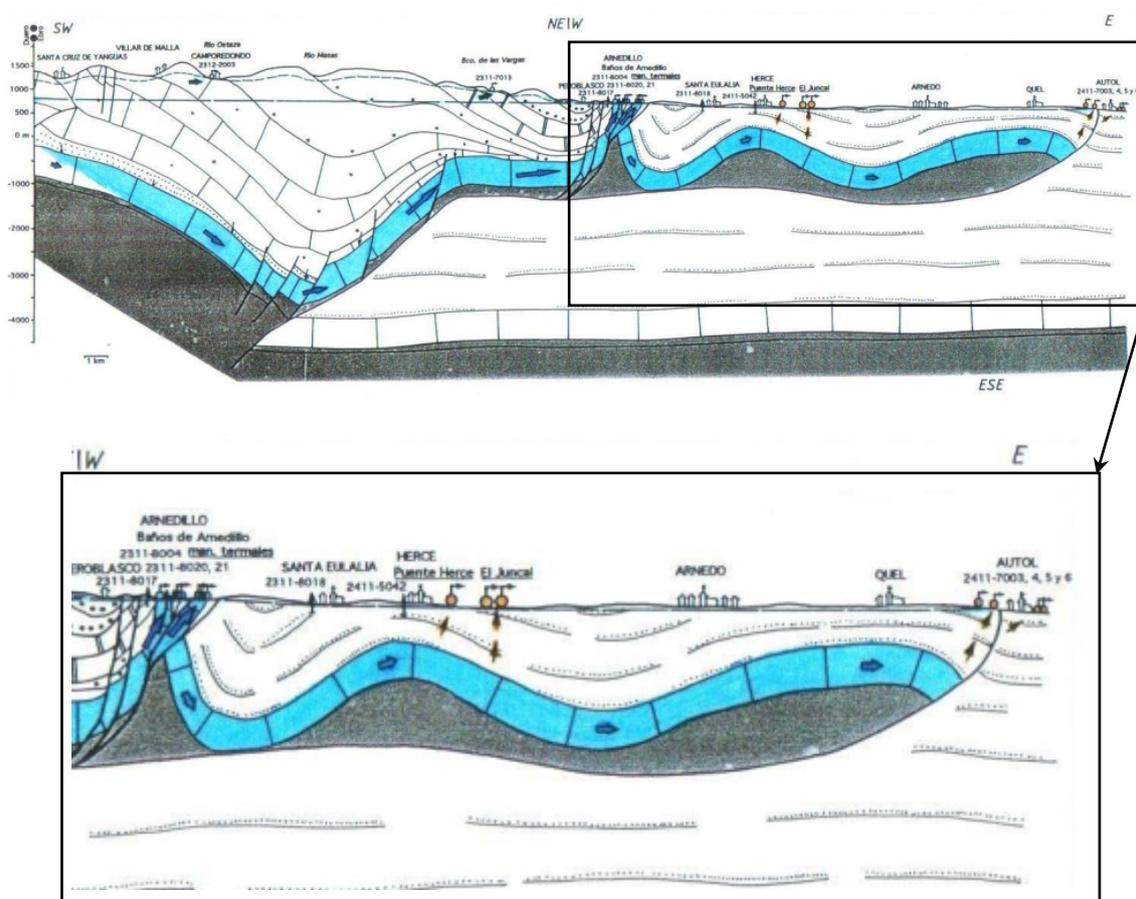
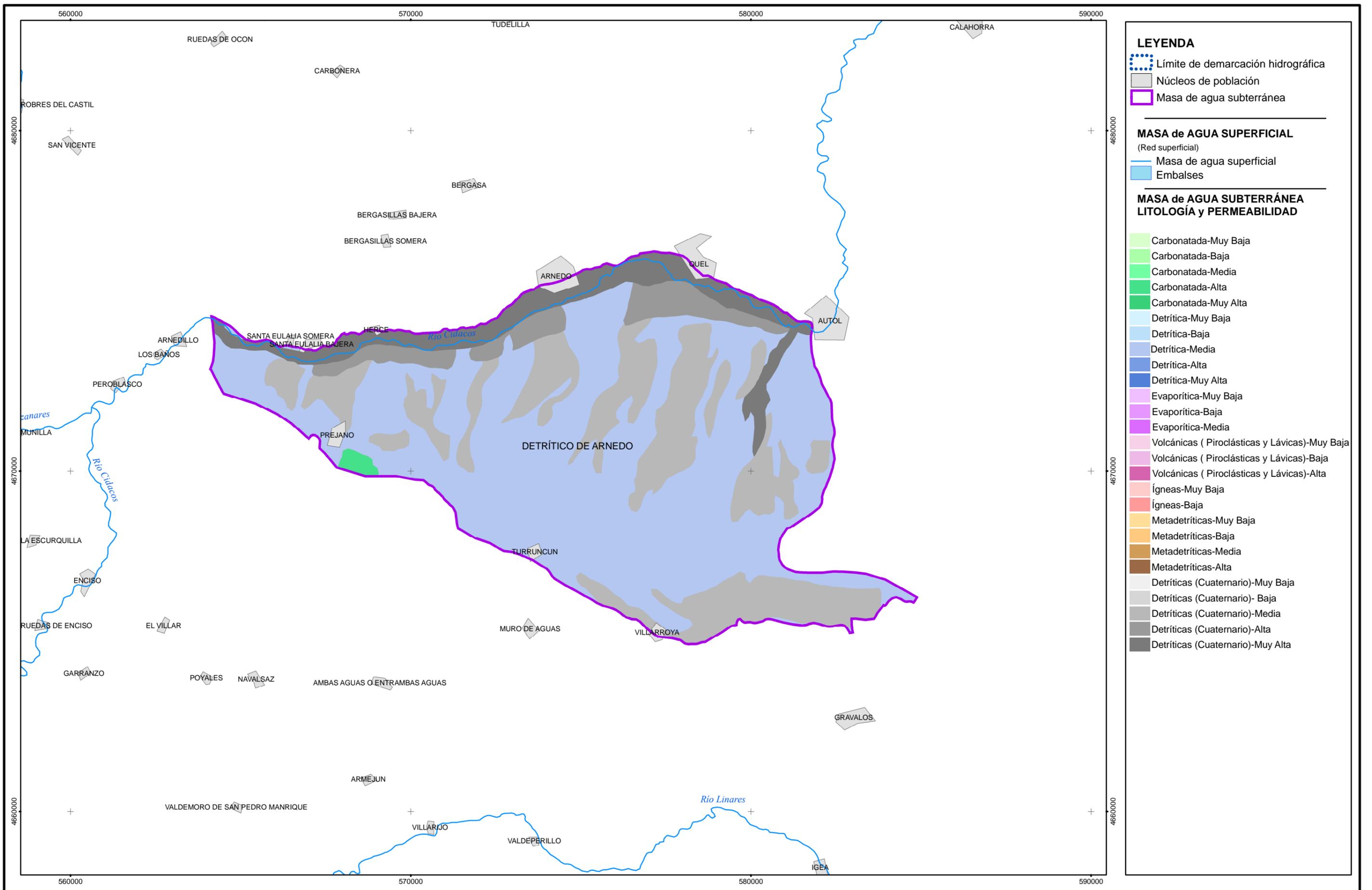


Figura 2. Cortes hidrogeológicos esquemáticos del funcionamiento de la FGP Jurásico marino y las descargas localizadas en la MASb 091.067. El corte superior engloba, de izquierda a derecha, la disposición de los niveles acuíferos del Jurásico marino (pintado en azul celeste) en un contexto regional que incluye las MASb 091.069 Cameros, 091.066 Fitero-Arnedillo (incluyendo la génesis de los manantiales termales de Arnedillo) y, ampliado en el corte inferior, la 091.067 Detrítico de Arnedo. Tomado de Coloma López, P. et al., 1997.



2. Estaciones de control y medidas de caudales

No existe más estación de control y medida en la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo que la estación oficial de aforos de la CHE situada en el río Cidacos en la localidad de Autol (EA nº 242), no habiéndose establecido secciones de control de la red histórica de control de aguas subterráneas del IGME ni datos del inventario de puntos de agua de la CHE en los que se incluyeran puntos de aforo y/o control hidrométrico.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

La red oficial de aforos que la CHE mantiene incluye una estación, la EA nº 242, situada en la localidad de Autol y que controla el caudal del río Cidacos a su paso por la citada localidad y en la confluencia con la Llasa del Soto. Sin embargo, de esta estación de aforos no se dispone de datos.

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						
242	Autol	Activa	581554	4674341	434	Cidacos	288	-	-	-

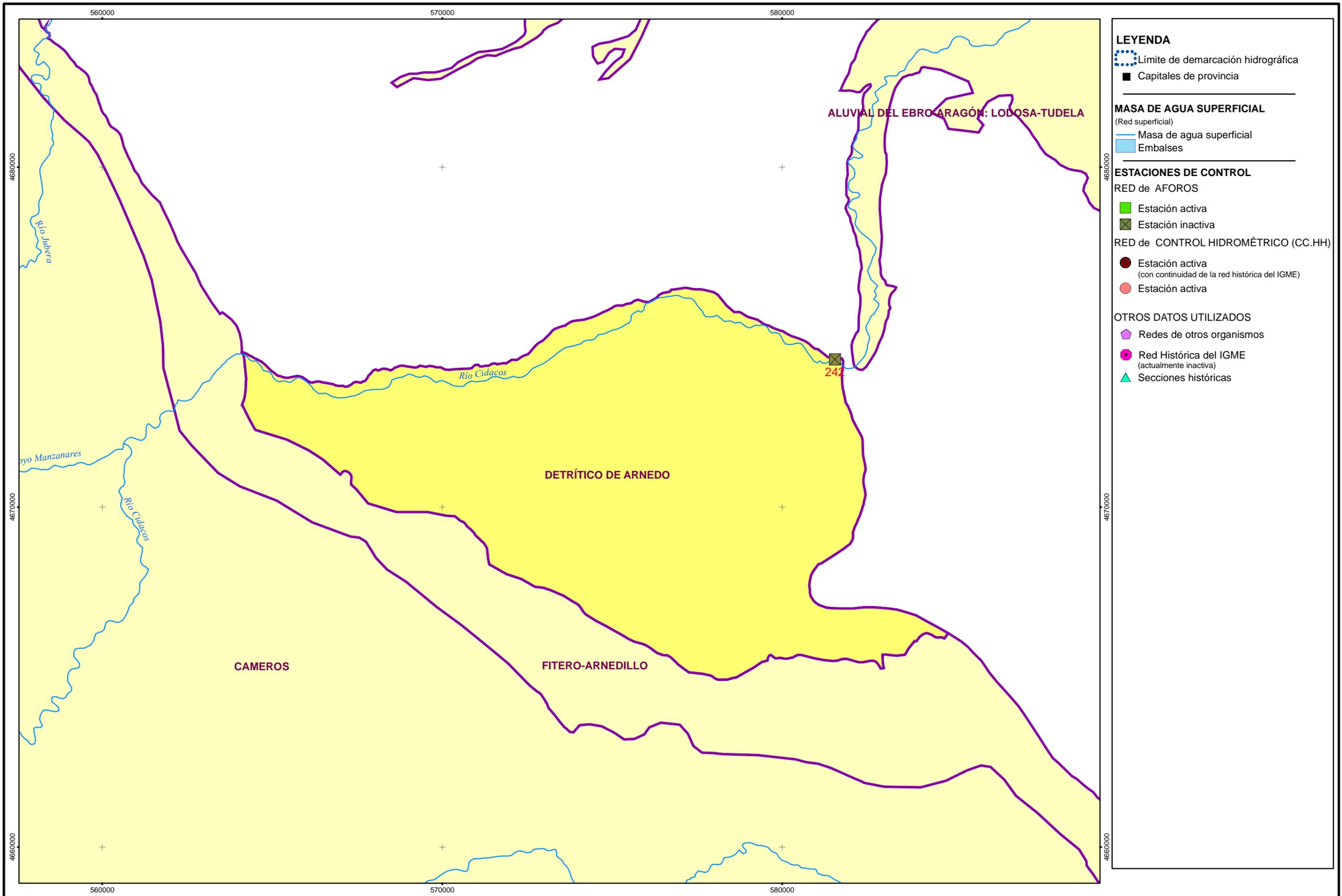
Tabla 1. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

Según la información recopilada, no se dispone de puntos pertenecientes a la red oficial de control hidrométrico en esta MASb.

2.3 Otra información hidrométrica

No existen datos hidrométricos de las redes históricas de control de aguas subterráneas del IGME, ni datos del inventario de puntos de agua de la CHE en los que se incluyeran puntos de aforo y/o control hidrométrico.



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

En líneas generales, en la MASb 091.067 Deutrítico de Arnedo las relaciones río-acuífero están vinculadas por un lado, a las pequeñas descargas en forma de manantiales que, a través de la FGP Oligoceno deutrítico, se producen en dos zonas del río (Herce y Quel) y al contacto hidráulico con la FGP Cuaternario aluvial.

3.1 *Identificación y Modelo Conceptual*

Dentro de la MASb 091.067 Deutrítico de Arnedo se han definido 3 tramos donde existe conexión hidráulica entre los ríos y las FGPs Oligoceno deutrítico y Cuaternario aluvial.

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Cidacos I** (091.067.001- tramo conectado con la MAS código 288). Corresponde al tramo del río Cidacos en el que la FGP Cuaternario aluvial drena la MAS. Se corresponde con el tramo de río desde que se comienza a desarrollar el aluvial cerca del límite de la MASb, aguas arriba de Santa Eulalia Bajera, y hasta la localidad de Herce. Se trata de un tramo de unos 5 km. La MAS relacionada es el río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Cidacos II (manantiales de Herce)** (091.067.002-tramo conectado con la MAS código 288). Corresponde al tramo del río Cidacos en el que éste recibe la descarga difusa indirecta de la FGP Oligoceno deutrítico y directa a través de varios pequeños manantiales ligeramente termales situados aguas abajo de la población de Herce. Se han identificado 2 manantiales que descargan en unos 100m, a cota 560m snm, y otro en la localidad de Herce. En total, se puede considerar el tramo con una longitud de 1.500m. La MAS relacionada es el río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Cidacos III** (091.067.003-tramo conectado con la MAS código 288). Este tramo del río Cidacos comprende desde aguas abajo de las manantiales pseudotermales de “El Juncal” hasta la localidad de Autol. En él, en condiciones normales (no de avenidas ni aguas altas) la MAS recibe la descarga difusa indirecta a través de la FGP Cuaternario aluvial y, en la localidad de Quel, la descarga directa en forma de pequeños manantiales

de la FGP Oligoceno detrítico. El tramo tiene una longitud aproximada de 10 km. La MAS relacionada es el río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.

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	
091.067.001	Río Cidacos	288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Cuaternario aluvial
091.067.002	Río Cidacos	288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa influenciada	Oligoceno detrítico
091.067.003	Río Cidacos	288	Río Cidacos desde el río Manzanares y el inicio de la canalización de Arnedillo hasta su desembocadura en el río Ebro	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa influenciada	Oligoceno detrítico

Tabla 2. *Identificación de los tramos de ríos conectados*

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

- **Tramo Cidacos I (091.067.001).** En este tramo el río Cidacos es drenado por la FGP Cuaternario aluvial durante un tramo de unos 5 km. En este tramo el nivel freático se encuentra por debajo del nivel de base del río Cidacos. Esto se ha podido constatar a partir de los datos procedentes de los pozos existentes en el aluvial, entre ellos, el 241150028 y 241150172. Este último se encuentra situado aguas arriba de Herce en la margen izquierda. Esta perforado a una cota de 580m snm hasta los 22m de profundidad y cuyo nivel piezométrico se encontró a 572m snm en la medición realizadas en may 99, lo que lo sitúa por debajo del nivel de base del río Cidacos en el tramo considerado, que se sitúa a 580m snm.

El modelo conceptual del tramo corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta con efecto ducha (código 411-*Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes*). En este tramo el río dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Cidacos II (manantiales de Herce)** (091.067.002). En este tramo del río Cidacos aguas abajo de la localidad de Herce tiene lugar la descarga difusa indirecta y en la margen derecha, a cota 560m snm, directa en forma de manantiales termales de un flujo profundo proveniente de los materiales permeables del Jurásico marino (Lías –Gr. Renales- y Dogger) que se escapa de la zona de surgencia de Arnedillo y que se canaliza a través de la FGP Oligoceno detrítico debido al escalón que se produce en el frente de cabalgamiento de Cameros que está fosilizado por los materiales del Terciario del relleno de la Depresión del Ebro (Figura 2, corte geológico superior). Obviamente, el termalismo de estas surgencias no es como el de Arnedillo, ya que durante el tránsito a través de los conglomerados y areniscas oligocenas éste se va atenuando. Los manantiales que surgen en Herce son pseudotermales de “El Junca” (códigos IPA CHE: 241150026 y 241150027) y el manantial del puente 241150025.

El modelo conceptual del tramo corresponde a un río ganador que recibe la descarga indirecta del acuífero (flujo profundo) y a través de manantiales situados en el mismo cauce (código 481-Conexión mixta difusa indirecta (flujo profundo) y manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia de canales y acequias en su llanura aluvial.

- **Tramo río Cidacos III** (091.067.003). En condiciones normales (no de avenidas ni aguas altas) la MAS recibe la descarga difusa indirecta a través de la FGP Cuaternario aluvial y, en la localidad de Quel, la descarga directa en forma de pequeños manantiales de la FGP Oligoceno detrítico. El comportamiento efluente se ha visto confirmado por numerosos datos de profundidad del nivel freático en el aluvial en los numerosos pozos existentes. Asimismo, en la margen derecha en la localidad de Herce, y a unas cotas entre 550 y 500m snm, tiene lugar la descarga directa en forma de pequeños manantiales del flujo que circula, principalmente por la UTS2 (predominantemente areniscosa), de la FGP Oligoceno detrítico. Los manantiales que surgen en Quel son: manantial de Quel (código IPA CHE 241160006) y “Fuente de Encañado” (código IPA CHE 241160022).

El modelo conceptual del tramo corresponde a un río ganador que recibe la descarga directa del acuífero en el propio lecho y a través de manantiales (código 471-Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia de canales y acequias en su llanura aluvial.

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)
091.067.001	Cidacos	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Natural	Con depósitos cuaternarios	-	-	4.700
091.067.002	Cidacos	Conexión mixta difusa indirecta (flujo profundo) y manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Con depósitos Cuaternarios	-	Descarga de flujo profundo, favorecida por la estructura geológica. Se realiza a través de la FGP Oligoceno; de forma difusa y directa mediante manantiales.	2.233
091.067.003	Cidacos	Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Con depósitos Cuaternarios	-	Descarga hidráulica en tramo permeable.	12.615

Tabla 3. *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos*

3.2 Relación río-acuífero

Los tramos de cauces en los que se han definido conexión río-acuífero en la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo corresponden a:

- Tramo perdedor mediante conexión difusa indirecta con efecto ducha (091.067.001).
- Tramo ganador mediante descarga puntual a través de varios manantiales (091.066.001).
- Tramo ganador con conexión mixta difusa directa y descarga a través de manantiales en cauces efluentes (091.066.003).

Sin embargo, sólo es posible cuantificar a partir de la información recogida en las bases de datos de la CHE y del IGME, dado que en la MASb no existe otra información foronómica ni hidrométrica (estaciones oficiales de aforos con datos, puntos de control, secciones históricas del IGME, etc.), ni se ha recopilado información bibliográfica.

- Tramo 091.067.002: Manantiales de “El Juncal”. Aforos llevados a cabo por la CHE en los manantiales recogen los siguientes datos:
 - Código IPA CHE 241150026. En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 118 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 33 l/s tomada en oct 83.
 - Código IPA CHE 241150027. En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 108 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 30 l/s tomada en oct 83.
- Tramo 091.067.003: Únicamente los manantiales son susceptibles de cuantificación dado que el tramo se encuentra sin puntos de control y está fuertemente influenciado por

canales y acequias. Los aforos llevados a cabo por la CHE en los manantiales recogen los siguientes datos:

- Manantial de Quel: Código IPA CHE 241160006. En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 61 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 17 l/s tomada en may 68.
- “Fuente del Encañado”: Código IPA CHE 241160022. Dispone de una medida puntual de 6 l/s tomada en ene 96.

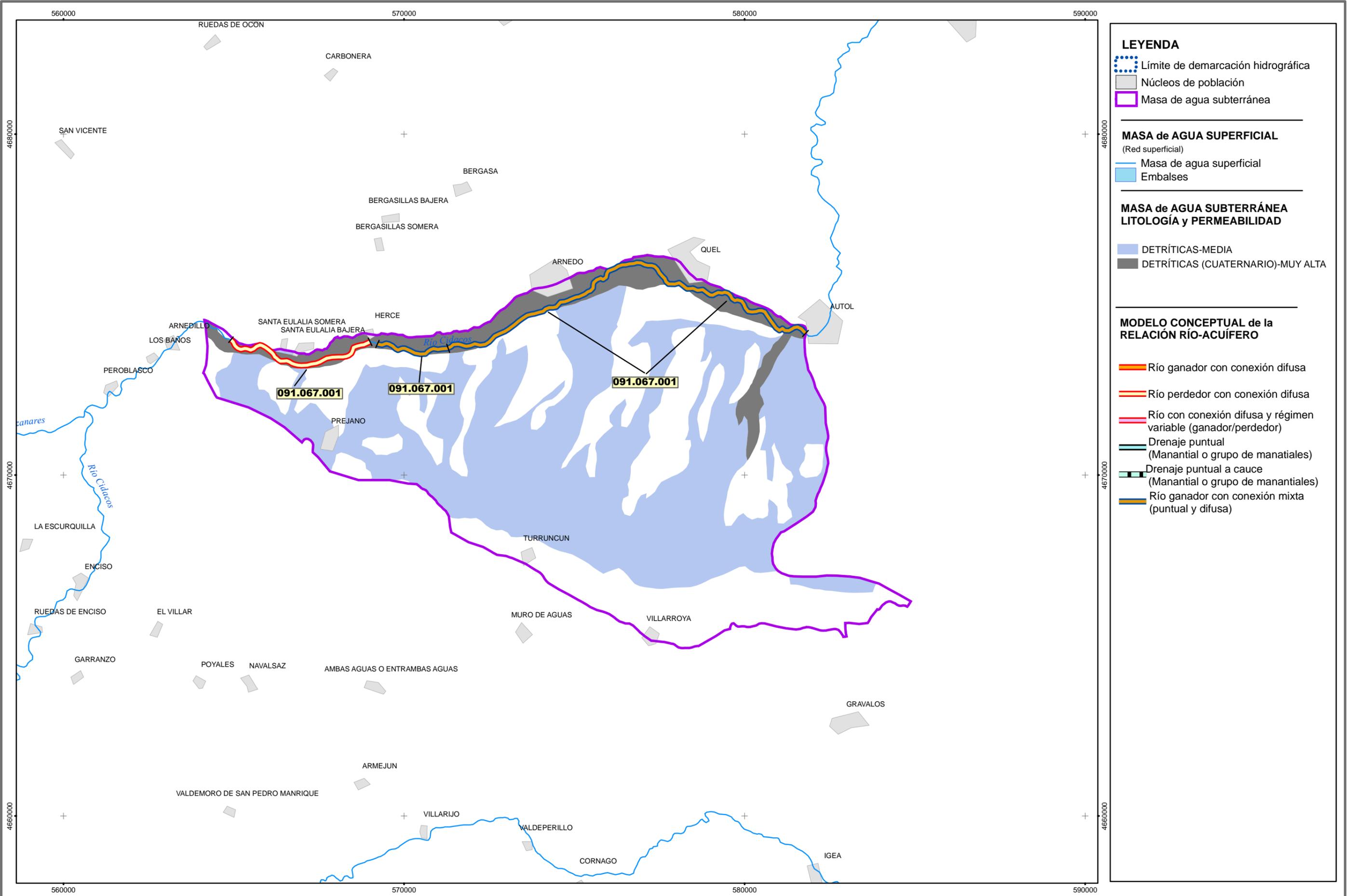
Atendiendo a las fechas en las que las medidas de la CHE e IGME han sido tomadas, mayo y octubre, respectivamente, es probable que el caudal medio anual esté situado entre los valores obtenidos entre ambas bases de datos, tal y como se advierte en la tabla 4.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual QCD (l/s)	Conexión difusa				
		Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.067.001	No existen datos				Natural	Las pérdidas en este tramo del río no han sido controladas.
091.067.002	226 ⁽¹⁾ 63 ⁽²⁾		-		Influenciado	Son aforos de los manantiales de Herce únicamente. Aún así, atendiendo a las fechas en las que las medidas de la CHE e IGME han sido tomadas, mayo y octubre, respectivamente, es probable que el caudal medio anual esté situado entre ambas medidas.
091.067.003	67 ⁽¹⁾ 17 ⁽²⁾		-		Influenciado	Son aforos de los manantiales de Quel. Aún así, atendiendo a las fechas en las que las medidas de la CHE e IGME han sido tomadas, mayo y octubre, respectivamente, es probable que el caudal medio anual esté situado entre ambas medidas.

⁽¹⁾ Dato obtenido de la base de la CHE.

⁽²⁾ Dato de la base del IGME.

Tabla 4. Resumen de la cuantificación río-acuífero



4. Manantiales

A continuación se describen los manantiales existentes en la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo, diferenciando entre manantiales principales, aquellos vinculados a la FGP Oligoceno detrítico, y que por tanto corresponden a los puntos de descarga más significativos del sistema hidrogeológico, de aquellos manantiales que están asociados a otras formaciones permeables o que constituyen puntos hidrogeológicos de menor entidad dentro de la FGP definida.

4.1 Manantiales principales

En el ámbito de la MASb Detrítico de Arnedo se han identificado diferentes manantiales que corresponden con descargas preferenciales de la FGP Oligoceno detrítico. Estos manantiales pueden agruparse o bien presentar un carácter aislado.

- Manantiales de “El Juncal”. Se trata de dos manantiales que se sitúan aguas abajo de la localidad de Herce, en la margen derecha del río Cidacos, y a una cota de 560m snm. Corresponden a la descarga directa de un flujo profundo proveniente de los materiales permeables del Jurásico marino (Lías –Gr. Renales- y Dogger) que se escapa de la zona de surgencia de Arnedillo y que se canaliza a través de la FGP Oligoceno detrítico. Debido al escalón que se produce en el frente de cabalgamiento de Cameros, que está fosilizado por los materiales del Terciario del relleno de la Depresión del Ebro, se produce un flujo ascendente a través de los niveles más areniscosos y permeables (identificado como surgencia nº 3 en la Figura 3). Tienen los códigos y datos foronómicos disponibles siguientes:
 - IPA CHE 241150026: En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 118 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 33 l/s tomada en oct 83.
 - IPA CHE 241150027: En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 108 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 30 l/s tomada en oct 83.

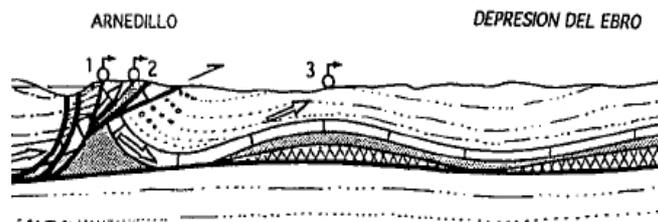


Figura 3. Corte hidrogeológico transversal a la MASb 091.067 Detrítico de Arnedo que muestra la génesis de los manantiales pseudotermales de “El Juncal” (nº 3). Tomado de Coloma López, P., et al., 1995.

- Manantiales de Quel. Se trata de dos manantiales que se sitúan en la localidad de Quel, en la margen derecha del río Cidacos, y a cotas entre 555 y 500m snm. Corresponden a la descarga directa del flujo que circula principalmente por la UTS2 (predominantemente areniscosa) de la FGP Oligoceno detrítico. Tienen los códigos y datos foronómicos disponibles siguientes:
 - IPA CHE 241160006: En la base de datos de la CHE se dispone de una medida puntual de 61 l/s tomada en may 68, y en la base de datos del IGME se dispone de otra medida puntual de 17 l/s tomada en may 68.
 - IPA CHE 241160022. “Fuente del Encañado”: Dispone de una medida puntual de 6 l/s tomada en ene 96.

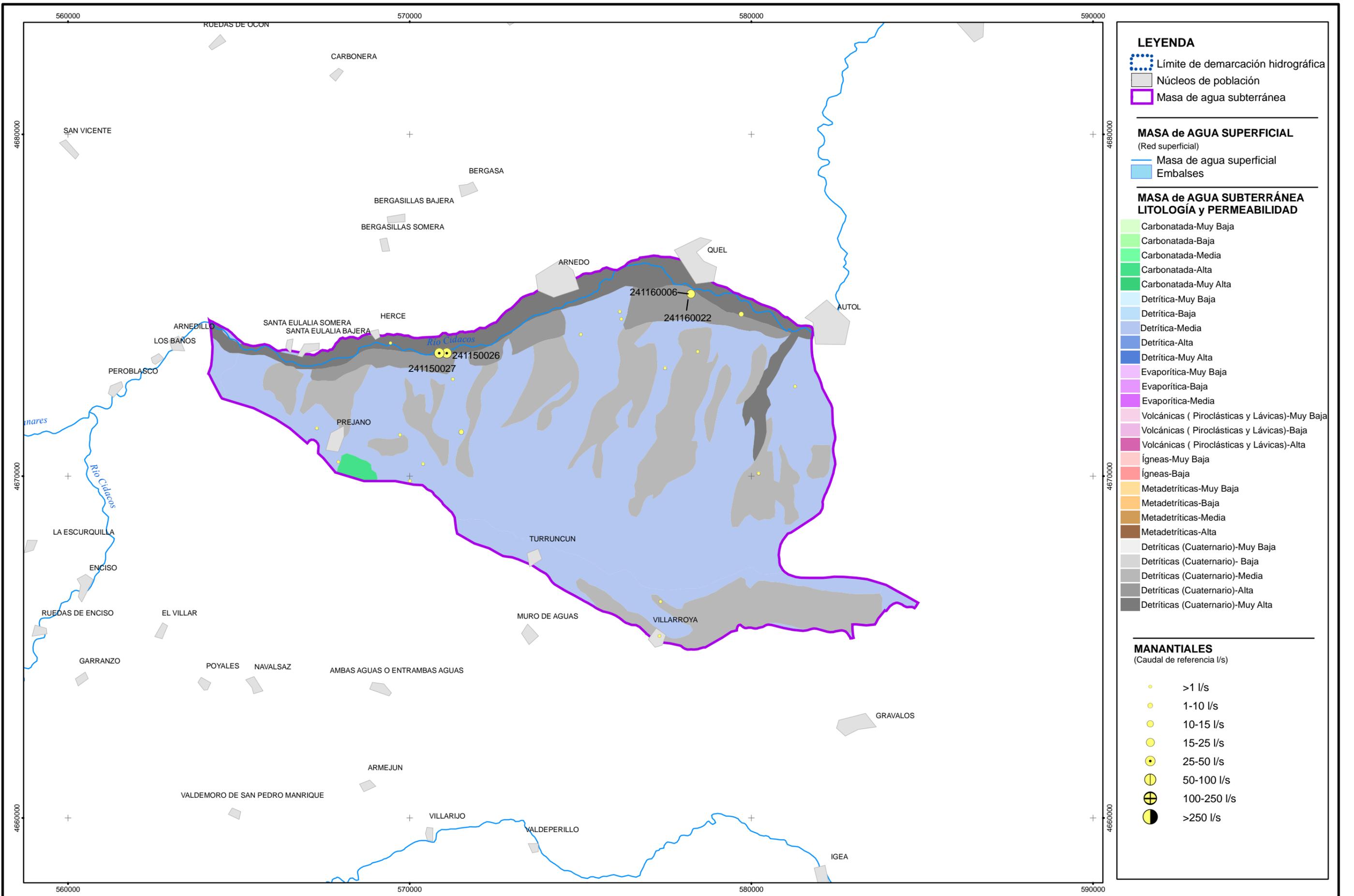
Manantial	Código NIPA (IGME)	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación		Cota (m snm)	FGP relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30			
				X	Y		
“El Juncal”	241150026	Río Cidacos	091.067.002	571088	4673598	560	Transferencia de flujo profundo termal del jurásico carbonatado marino a través de la FGP Oligoceno detrítico por condicionantes estructurales.
	241150027			570856	4673599		
Quel	241160006	Río Cidacos	091.067.003	578231	4675331	555	Descarga de la FGP Oligoceno detrítico
Fuente del Encañado	241160022			578331	4675245		

Tabla 5. Manantiales principales. Detrítico de Arnedo (091.067)

4.2 *Resto de manantiales*

En la MASb Detrítico de Arnedo hay inventariados manantiales de escaso caudal en los depósitos de glaciares, principalmente, y en la FGP Oligoceno detrítico, asociados a flujos locales. La mayor parte de ellos presentan caudales inferiores a los 1 l/s. Entre los manantiales con caudales superiores a 1 l/s se incluyen los siguientes:

- 241150048, presenta un aforo puntual realizado en ene 96 que arroja un caudal de 5 l/s.
- 241160009, dispone de una medida puntual de 1,78 l/s realizada en may 68.
- 241150002, dispone de una medida puntual de 1,26 l/s realizada en may 68.
- 241230018, Fuente Yerga, dispone de una medida puntual de 1 l/s realizada en ene 97.
- 241230019, Fuente Piojo, dispone de una medida puntual de 1 l/s realizada en ene 97.



LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

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

MANANTIALES
(Caudal de referencia l/s)

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

5. Zonas húmedas

En esta MASb no existe ningún humedal.

6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos

En la MASb 091.067 no se han podido llevar a cabo cuantificaciones, sino que únicamente se presentan los datos disponibles en ambas bases de datos: CHE e IGME. Además, estos datos de aforos en los manantiales han resultado ser escasos y fueron tomados con carácter puntual hace muchos años. Además, para la cuantificación presentada para el tramo 091.067.002 las escasas medidas que figuran en las bases de datos se corresponden con meses opuestos hidrológicamente hablando, de manera que los datos ofrecen gran variabilidad. Por lo que una cuantificación más realista del tramo se situaría entre ambos valores presentados: CHE e IGME.

Así pues, se considera que la fiabilidad de los datos presentados como cuantificaciones de ambos tramos es baja por la insuficiente representatividad de los datos disponibles, de ahí que, de cara a poder establecer cuantificaciones más realistas y fiables, se recomienda llevar a cabo actuaciones futuras.

6.2 Propuesta de actuaciones

Considerando que no existen datos con que cuantificar el tramo 091.067.001 y que las cuantificaciones presentadas para los otros dos tramos (091.067.002 y 091.067.003) identificados son parciales al no tener en cuenta las descargas difusas y, por tanto no son representativas ni realistas, se recomienda llevar a cabo actuaciones futuras en los mencionados tramos. Estas actuaciones perseguirían el control de las descargas, tanto difusas como directas a través de manantiales, asociadas a los tres tramos definidos.

Para ello, se recomienda llevar a cabo lo siguiente:

- Una campaña de aforos de un año de duración y periodicidad mensual en los 4 manantiales que definen las descargas de la FGP Oligoceno detrítico en la MASb. Los puntos de control, o códigos de los manantiales, son los siguientes:
 - Tramo 091.067.001 -Manantiales de “El Juncal”, códigos 241150026 y 241150027.
 - Tramo 091.067.002 -Manantiales de Quel, códigos 241160006 y 241160022.

- Una campaña de aforos de un año de duración y periodicidad mensual en tres puntos del río Cidacos, tal y como se detalla en la tabla 6.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
1	565380	4673700	626	Cidacos	Determinar la aportación superficial de la MAS a la FGP Dogger al inicio del tramo 091.070.001
2	569228	4673838	574	Cidacos	Determinar la aportación superficial de la MAS a la FGP Dogger al final del tramo 091.070.001
3	581755	4674194	439	Cidacos	Determinar el caudal de aportación subterránea de la FGP Dogger en dicho punto

Tabla 6. Estaciones de control propuestas relación río-acuífero

Además se propone poner en funcionamiento la EA de Autol de la cual no se dispone ninguna medida de caudal. Además sería interesante disponer de información piezométrica con la que poder contrastar las relaciones río-acuífero definidas. Se propone por tanto la construcción de 2 puntos de control piezométrico, uno de ellos aguas arriba de Herce y otro aguas abajos de Arrendó.

7. Referencias Bibliográficas

- (1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1991): Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
- (2) IGME (1981): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro. Informe Final.
- (3) IGME (1972): Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000 2ª serie. Hojas 242, 243 y 281.
- (4) Coloma López, P., et al. (1995). El drenaje subterráneo de la cordillera ibérica en la depresión terciaria de Ebro (sector riojano). Geogaceta, 17, pp 68-71.
- (5) Coloma López, P. (1996). Zonas húmedas de interés medioambiental relacionadas con la descarga de aguas subterráneas. Cuencas de los ríos Alhama, Cidacos, Leza-Jubera e Iregua. Monográfico: Zubía nº 8, pp 187-204.
- (6) Coloma López, P. (1998a). El agua subterránea en La Rioja. Monográfico: Zubía nº 10, pp 63-132.
- (7) Dirección General del Agua (2004-2006): Trabajos de apoyo para atender los requerimientos de la Directiva Marco en materia de planificación hidrológica (Cuenca del Ebro).

8. Bibliografía de interés

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

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. 091.067-Deitrítico de Arnedo

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 242	Cidacos en Autoj	01	288	Cidacos	Natural	No se dispone de datos	091.067	Deitrítico de Arnedo	FGP Cuaternario aluvial	-	Cidacos	-	-

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. 091.067-Deutrítico de Arnedo

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)			091.067	Deutrítico de Arnedo				LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES					
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)			091	Ebro									
Código del manantial (Cod_mant)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Nombre del manantial (Nombre_mant)	Tramo relación río-acuífero asociado (Codrioacuif_id)	Formación geológica asociada (FGP_mant)	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial (Cotamd_t_mant)	Datos de Caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
					Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (CoorY_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)		Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	Mínimo	Promedio	Máximo	
241150026	241150026	"El Juncal"	091.067.001	Oligoceno detrítico	571088	4673598	560	558	33	-	-	-	Agricultura
241150027	241150027			Oligoceno detrítico	570856	4673599	560	553	30	-	-	-	Agricultura
241160006	241160006	Quel	091.067.002	Oligoceno detrítico	578231	4675331	555	501	17	-	-	-	Abastecimiento que no sea núcleo urbano
241160022	241160022	Fuente del Encañado		Oligoceno detrítico	578331	4675245	500	500	-	-	-	-	-

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. 091.067-Deitrítico de Arnedo

Masa de aguas subterránea asociada (Codmsbt_def)		091.067	Deitrítico de Arnedo			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)	
241150048		569400	4673750	580	-	-
241160009	241160009	579705	4674734	546	1,78	Se desconoce
241150002	241150002	571508	4671294	740	1,28	Se desconoce
241230018		584400	4666500	1.000	-	-
241230019		584050	4666450	920	-	-

Nota: Existen manantiales que surgen dispersos en los depósitos de glacis y en los materiales de la FGP Oligoceno detrítico, asociados a flujos locales e irregulare. No se listan en la tabla al tener caudales inferiores a 1 l/s.