

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
021 DUERO

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN
021.04 CARRIÓN



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**

021.04 CARRIÓN

ÍNDICE

1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	1
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	4
1.2.1 <i>Litoestratigrafía y permeabilidad</i>	4
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDA DE CAUDALES	12
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	12
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO	14
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	16
3.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL	16
3.2 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	23
3.2.1 <i>Análisis de series de aforos</i>	23
4. MANANTIALES	28
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	28
4.2 RESTO DE MANANTIALES	29
5. ZONAS HÚMEDAS	31
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	39
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
8. BIBLIOGRAFÍA DE INTERÉS	43

ANEJOS:

- Anejo 1* Tablas de estaciones de control
- 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**

021.04 CARRIÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte geológico del sistema de explotación Carrión. Sector septentrional	5
Figura 2. Corte hidrogeológico del sistema de explotación Carrión. Sector suroccidental.....	8
Figura 3. Corte geológico del sistema de explotación Carrión. Sector central	10
Figura 4. Descomposición del hidrograma en la estación 2041 (promedio del periodo 1943-2006).....	25

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

021.04 CARRIÓN

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	12
Tabla 2.	Identificación de los tramos de ríos conectados	21
Tabla 3.	Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos	22
Tabla 4.	Resumen de la cuantificación río-acuífero	26
Tabla 5.	Manantiales principales. Sistema de explotación Carrión (021.04).....	29
Tabla 6.	Estaciones de control propuestas	40

**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**

021.04 CARRIÓN

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	3
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	11
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	15
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	27
Mapa 5.	Mapa de manantiales	30
Mapa 6A	Mapa de zonas húmedas y Masas de Agua Subterránea	37
Mapa 6B	Mapa de zonas húmedas y Masas de Agua Subterránea	38

1. Caracterización del sistema de explotación

1.1 Identificación, morfología y datos previos

El sistema de explotación o subzona Carrión está incluido en la zona B de la parte española del Duero, según la zonificación territorial que figura en el Plan Hidrológico de cuenca (CHD, 1998). Esta zona cubre el sector nordeste de la cuenca con una superficie de 17.297 km² y abarca las cuencas de los ríos Carrión, Pisuerga y Arlanza. Incluye parte de las provincias de Valladolid, Palencia, León y Zamora.

En el siguiente cuadro se puede observar la relación de masas de agua subterránea (MASb) que incluye el sistema de explotación 021.04 Carrión y el porcentaje de la superficie de cada MASb que queda comprendido dentro de su ámbito territorial.

MASb		% de MASb en el sistema de explotación
021.010	Carrión	97,14%
021.009	Tierra de Campos	49,96%
021.003	Cervera de Pisuerga	39,94%
021.025	Páramo de Astudillo	35,73%
021.006	Valdavia	32,95%
021.020	Aluviales del Pisuerga-Arlanzón	23,64%
021.032	Páramo de Torozos	22,30%
021.038	Tordesillas	10,20%

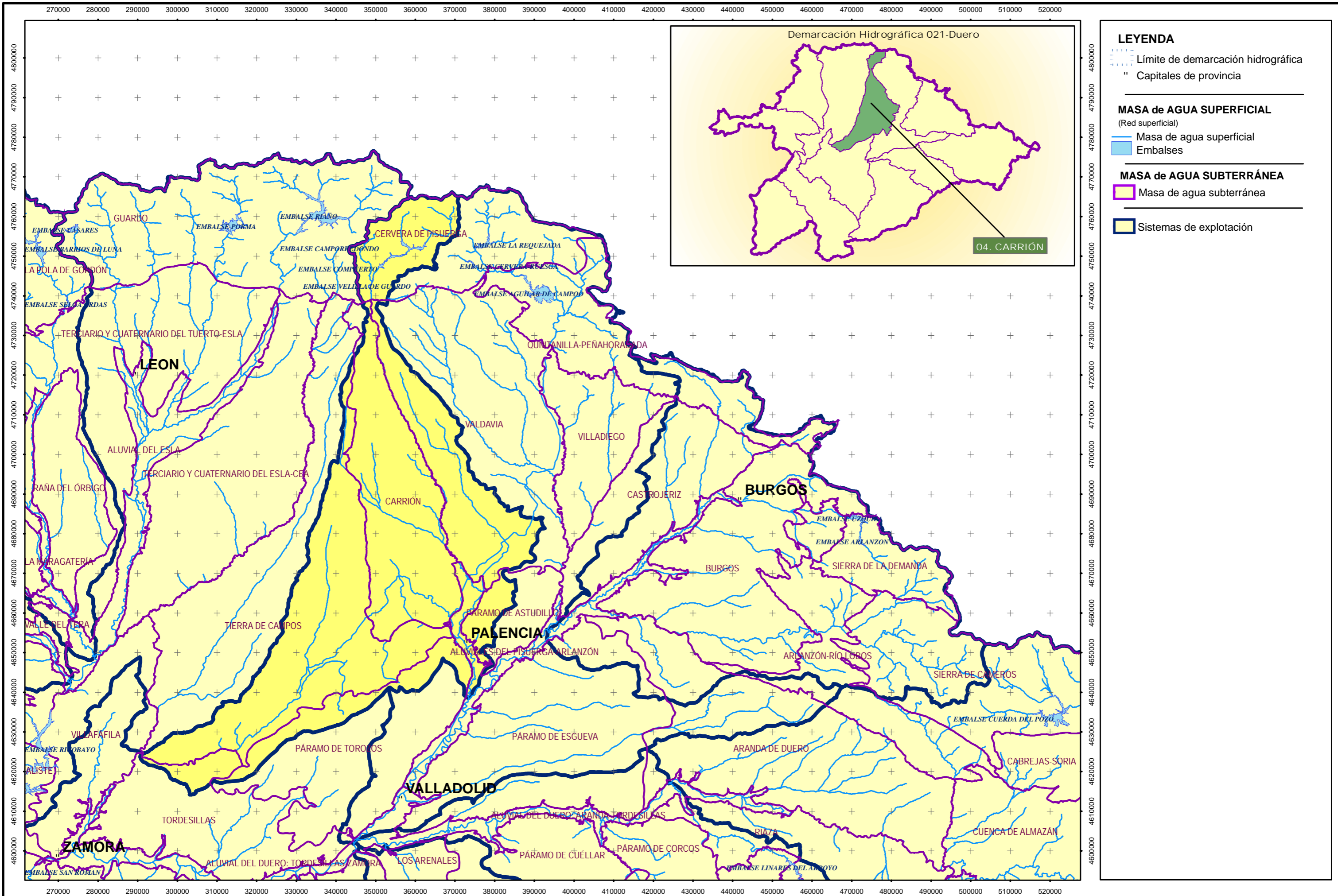
Cabe destacar que bajo la masa de agua subterránea 021.032 Páramo de Torozos, subyace la MASb 021.067 Terciario detrítico bajo los páramos.

Los principales cauces presentes en el sistema de explotación son los ríos Carrión; Ucieza (afluente de Carrión por su margen izquierda); Besandino, Cueza, Nava (afluentes del Carrión por su margen derecha); y Sequillo. El río Carrión es a su vez afluente del Pisuerga por su margen derecha, mientras que el río Sequillo es afluente del Valderaduey por su margen izquierda. Además cabe indicar que un sector del Canal de Castilla atraviesa este sistema, concretamente el Canal de Castilla – Campos, el final del Canal de Castilla – Norte y el inicio del Canal de Castilla - Sur.

El río Carrión está regulado por los embalses de Camporredondo y Compuerto, ambos en cabecera, que se aprovechan para abastecimiento, riego y producción de energía. En la confluencia de los ríos Carrión y Besandino se halla situado un pequeño embalse, denominado embalse de Velilla de Guardo, que se utiliza para la refrigeración de la central térmica de Guardo.

Entre los trabajos principales para la obtención de datos en este sistema de explotación destaca el siguiente estudio.

El estudio de “Integración de las masas de agua subterráneas en el modelo de gestión de la Cuenca Hidrográfica del Duero. Determinación de los parámetros de simulación (Coeficientes de agotamiento)” realizado en el marco de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Duero y el IGME (IGME-CH Duero 2008) se utilizan, en una primera fase para toda la cuenca del Duero, dos de los modelos de simulación de sistemas hidrogeológicos que dispone la herramienta SIMGES: Modelos agregados (unicelulares) y modelos distribuidos de parámetros agregados (pluricelulares).



1.2 Contexto hidrogeológico

El contexto hidrogeológico del sistema de explotación 021.04 Carrión se ha descrito tomando como referencia la información bibliográfica consultada, que procede fundamentalmente de los estudios de síntesis hidrogeológica desarrollados en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Duero por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME 1979, 1980, 1981 y 1982; IGME-DGA 2006; ITGE 2000) y por la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD 2009 e IGME-CH Duero 2008).

A partir de esta información se han definido la litoestratigrafía y la permeabilidad, la estructura geológica y el funcionamiento hidrogeológico de las formaciones geológicas permeables (FGPs) en las que se ha caracterizado la interrelación río-acuífero existente en este sistema de explotación, conforme se describe en los siguientes apartados.

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

En el sistema de explotación 021.04 Carrión existen diversos tipos de materiales permeables que pueden ser agrupados en las siguientes FGPs:

FGP 1 Carbonatos Paleozoicos¹. Está constituida fundamentalmente por calizas, dolomías, y por los conglomerados de la formación Curavacas, con permeabilidades variables entre medias y altas, que están afectadas por estructuras tectónicas complejas, conformadas por intensos pliegues y abundantes fallas y frentes de cabalgamientos. Estas formaciones corresponden cronoestratigráficamente con el Paleozoico, y abarcan desde el Cámbrico medio hasta el Carbonífero medio. Pueden llegar a alcanzar espesores superiores a 500 metros.

Estos materiales se comportan como acuíferos libres colgados, que se recargan directamente por medio de la infiltración de las aguas de lluvias, y por la escorrentía de los relieves adyacentes. Las descargas se producen a través de los ríos y arroyos que atraviesan el acuífero, mediante los numerosos

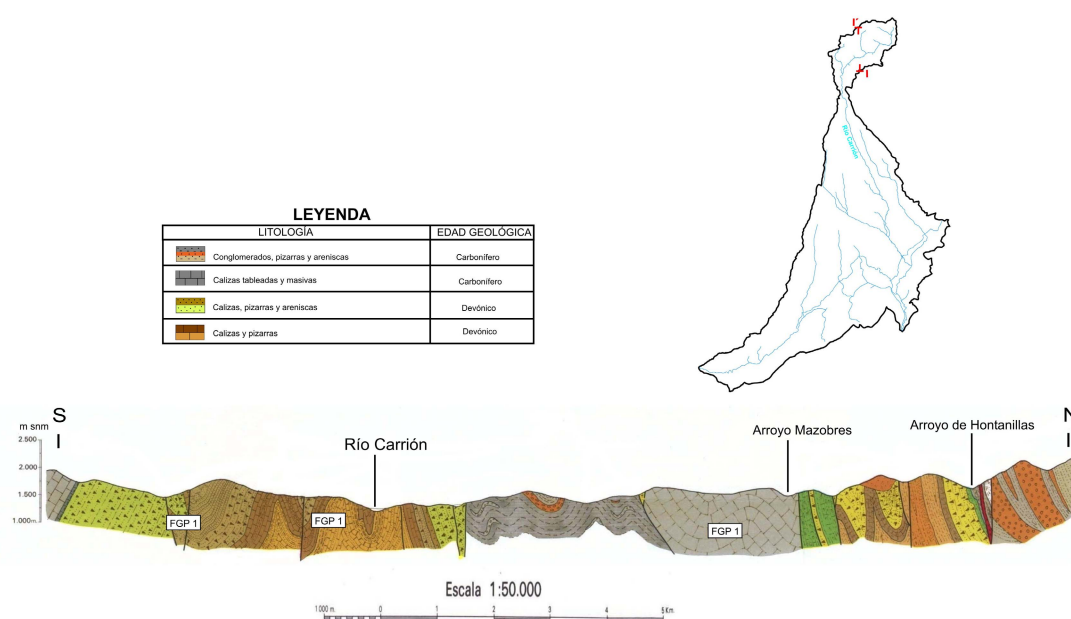
¹ Los materiales que componen la FGP 1 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

- FH 89: Calizas, dolomías y lutitas (Devónico inferior)
- FH 90: Calizas arrecifales (Devónico inferior-medio)
- FH 92: Calizas. Calizas de Portilla y de Candás (Devónico medio)
- FH 94: Calizas y lutitas rojas (Devónico superior – Carbonífero medio)
- FH 98: Conglomerados. Fm. Curavacas (Carbonífero medio)

manantiales que se localizan en el contacto con formaciones paleozoicas de permeabilidad baja, y por transferencia lateral profunda hacia las facies del Terciario detrítico de la Cuenca del Duero.

Esta FGP aflora únicamente en la MASb 021.002 La Pola de Gordón, en el sector septentrional del sistema de explotación 021.04 Carrión.

El corte geológico que se representa en la figura 1 muestra la FGP1 descrita en el sistema de explotación Carrión, así como el resto de formaciones paleozoicas de permeabilidad baja.



Modificado de la hoja MAGNA a escala 1: 50.000 n° 106 – Camporredondo de Alba

Figura 1. Corte geológico del sistema de explotación Carrión. Sector septentrional

FGP 2 Carbonatos Mesozoicos². Está constituida fundamentalmente por calizas y dolomías, frecuentemente karstificadas, con permeabilidad muy alta, que están afectadas por unas estructuras tectónicas complejas, conformadas por intensos pliegues y abundantes fallas. Estas formaciones corresponden cronoestratigráficamente con el Cretácico superior, y pueden llegar a alcanzar espesores de entre 200 y 300 metros. Además, se debe mencionar que la formación detrítica de las facies Utrillas (Cretácico inferior-superior) suele aparecer subyacente a la FGP-2.

² Los materiales que componen la FGP 2 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

- FH 1541: Calizas y dolomías (Cretácico superior)

Los materiales de la FGP 2 actúan hidráulicamente como acuíferos libres, que se recargan directamente por medio de la infiltración de las aguas de lluvias, y por la escorrentía de los relieves adyacentes. En algunos sectores también reciben transferencias laterales desde los materiales paleozoicos de mayor permeabilidad, mayormente calizas carboníferas. Las descargas se producen a través de los ríos y arroyos que atraviesan el acuífero, así como a través de los numerosos manantiales que se producen en el contacto con las formaciones Paleozoicas de permeabilidad baja, y también por transferencia lateral profunda hacia las facies del Terciario detrítico de la Cuenca del Duero.

Esta FGP aflora únicamente en el extremo meridional de la MASb MASb 021.002 La Pola de Gordón, en el sector septentrional del sistema de explotación Carrión.

FGP 3 Detríticas Terciarias³. Se trata de materiales detríticos de relleno de una gran cubeta de origen tectónico que se depositaron durante el Terciario. En el presente estudio sólo se han considerado los materiales detríticos con interés hidrogeológico dentro del sistema de explotación, ya que muchos de los materiales detríticos aflorantes están compuestos por facies de baja permeabilidad. Desde el borde hacia el centro del sistema de explotación afloran únicamente las facies centrales detríticas, que presentan extensos afloramientos en la zona central. Están formadas por arcillas arenosas de color rojizo en las que se intercalan lentejones de arenas y areniscas.

Estas facies corresponden cronoestratigráficamente con el Mioceno, y presenta mayores espesores en sentido sur-norte hasta alcanzar los 2.000 metros de espesor en el sector septentrional del sistema de explotación.

En general, se trata de materiales que actúan como acuíferos libres que reciben la recarga en las áreas de interfluvios y sobre los depósitos superficiales de rañas situados en la franja norte del sistema de explotación, mediante infiltración de las aguas de lluvias y los retornos de riego y, de forma subterránea, a través de las calizas y cuarcitas fracturadas del borde septentrional. Las descargas de la FGP 3 se producen hacia los cauces de la red de drenaje superficial.

Esta FGP aflora fundamentalmente en las MASb 021.006 Valdavia, MASb 021.009 Tierra de Campos y MASb 021.010 Carrión.

³ Los materiales que componen la FGP 3 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

- FH 316: Areniscas, limos y conglomerados (Eoceno superior-Oligoceno)
- FH 328: Limos y arenas, con niveles conglomeráticos y costras (Mioceno)

FGP 4 Calizas del Páramo⁴. Están constituidas por calizas y margocalizas, con un gran desarrollo kárstico y que presentan permeabilidades medias. Esta formación se sitúa coronando, en posición subhorizontal, los materiales miocenos margo-yesíferos de baja permeabilidad (facies Cuesta).

Las Calizas del Páramo corresponden cronoestratigráficamente con el Mioceno superior, y alcanzan espesores medios de unos 6-8 metros, con máximos de hasta 15 metros.

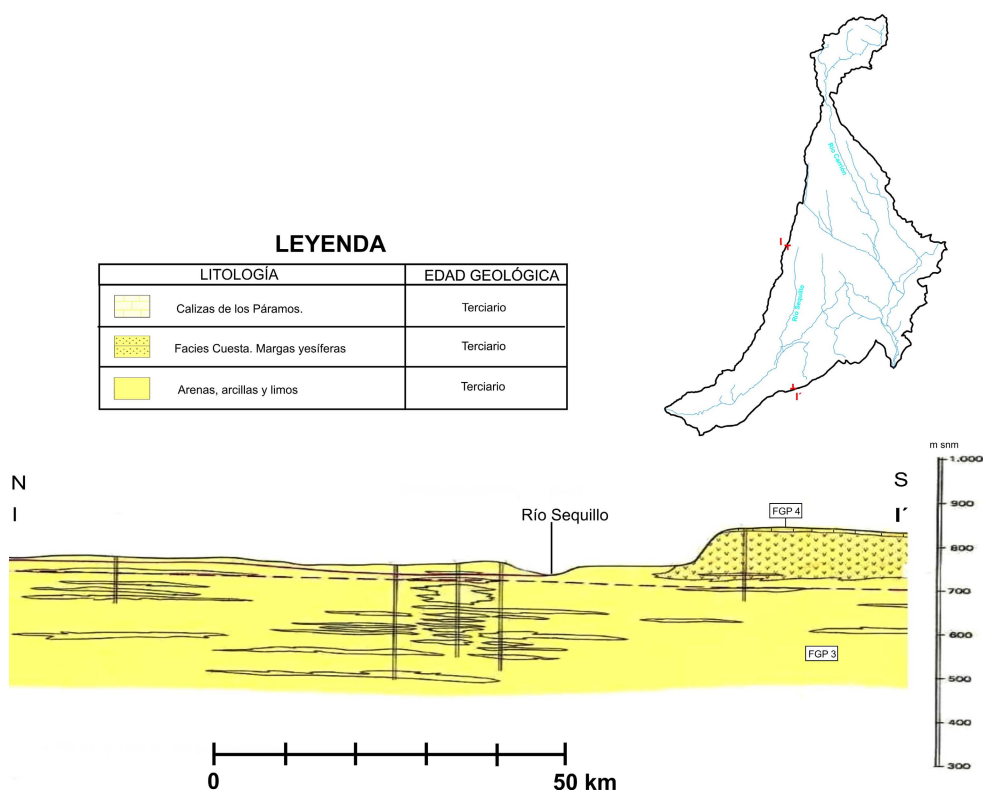
Se trata de formaciones que actúan como acuíferos libres, separados de los acuíferos adyacentes por la erosión provocada por los sistemas fluviales, y de los acuíferos subyacentes por un paquete de margas de permeabilidad baja. La recarga hídrica se produce por la infiltración directa de las aguas de lluvias. Las descargas se realizan a través de los manantiales perimetrales situados en los puntos de menor cota a lo largo del contacto con las margas de las facies Cuesta, y también por bombeos de aguas subterráneas. El río Carrión es uno de los principales cauces receptores de las descargas procedentes de los manantiales periféricos.

La FGP 4 aflora en el sector occidental de la MASb 021.025 Páramo de Astudillo, y en el sector septentrional de la MASb 021.032 Páramo de Torozos, todo ello en la zona sur-suroriental del sistema de explotación 021.04 Carrión.

El corte hidrogeológico que se representa en la figura 2 muestra las FGPs 3 y 4 descritas en este sistema de explotación, así como los materiales miocenos impermeables de las facies Cuesta.

⁴ Los materiales que componen la FGP 4 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

- FH 335: Calizas y margas (Mioceno)
- FH 338: Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas (Mioceno)



Modificado del mapa hidrogeológico a escala 1: 200.000 nº 19 – León

Figura 2. Corte hidrogeológico del sistema de explotación Carrión. Sector suroccidental

FGP 5 Rañas Pliocuaternarias⁵. Se trata de materiales detríticos, de permeabilidad variable entre media y alta, que se apoyan y mantienen relación hidráulica sobre los depósitos detríticos terciarios (FGP 3). Dentro de esta FGP se han considerado dos formaciones de diferente edad cronoestratigráfica:

- Rañas del Plioceno, formadas por conglomerados y gravas cuarcíticas, englobadas en una matriz arcillo-arenosa de color rojizo.
- Depósitos de terrazas altas del Cuaternario, formados por gravas y arenas, con matriz arcillosa de color rojizo.

Estas formaciones, en conjunto, pueden llegar a alcanzar espesores variables entre 5 y 30 metros.

⁵ Los materiales que componen la FGP 5 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

- FH 339: Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Plioceno)
- FH 701: Gravas cuarcíticas, arenas silíceas y arcillas (Pleistoceno)
- FH 704: Gravas, arenas, limos y arcillas (Pleistoceno-Holoceno)

Estos materiales forman acuíferos libres, que suelen presentar relación hidráulica directa con las facies detríticas terciarias (FGP 3). Se recargan directamente en las zonas de interfluvios por la infiltración de las aguas de lluvias y por los retornos de riego. Las descargas se producen hacia la red de drenaje superficial de los ríos principales, y hacia las formaciones detríticas terciarias subyacentes (FGP 3).

Los principales materiales de la FGP 5 están presentes fundamentalmente en el sector centro-septentrional de la MASb 021.010 Carrión, situada en la zona central del sistema de explotación Carrión.

FGP 6 Aluvial⁶. Está constituida fundamentalmente por los depósitos de aluviales, fondos de valles y terrazas bajas y medias, cuyo máximo desarrollo se alcanza en el valle del río Carrión. Estos depósitos de edad cuaternaria están formados por gravas, arenas y limos, que presentan permeabilidad muy alta, y espesores que no suelen rebasar los 10-12 metros.

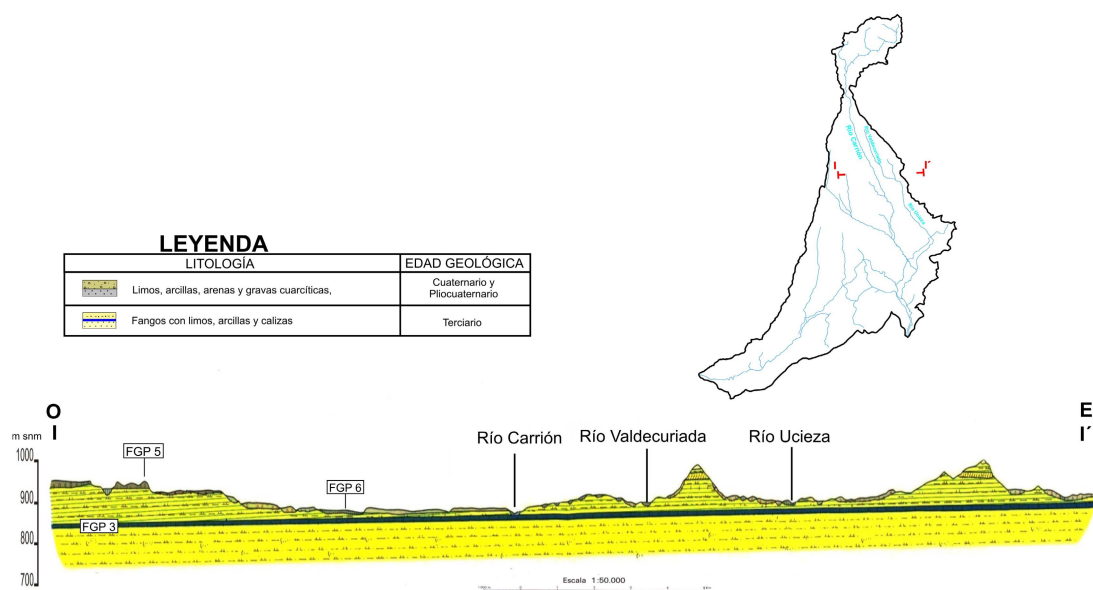
Hidrogeológicamente estas formaciones funcionan como acuíferos en régimen libre que se recargan a lo largo de todo el aluvial por infiltración directa del agua de lluvia y de los retornos de regadío, así como por la descarga desde los materiales del Terciario detrítico subyacente (FGP 3) en las zonas en que ambas formaciones se encuentran en contacto. La descarga se produce por drenaje hacia los principales cauces fluviales, y también por bombeos.

Esta FGP está presente fundamentalmente en las MASb 021.010 Carrión y, en menor cuantía, en las MASb 021.009 Tierras de Campos y MASb 021.006 Valdavia.

El corte geológico que se representa en la figura 3 muestra las FGPs 3, 5 y 6 descritas en el sistema de explotación Carrión.

⁶ Los materiales que componen la FGP 6 son los correspondientes a las siguientes FH del mapa de síntesis litoestratigráfica a escala 1/200.000 del IGME-DGA:

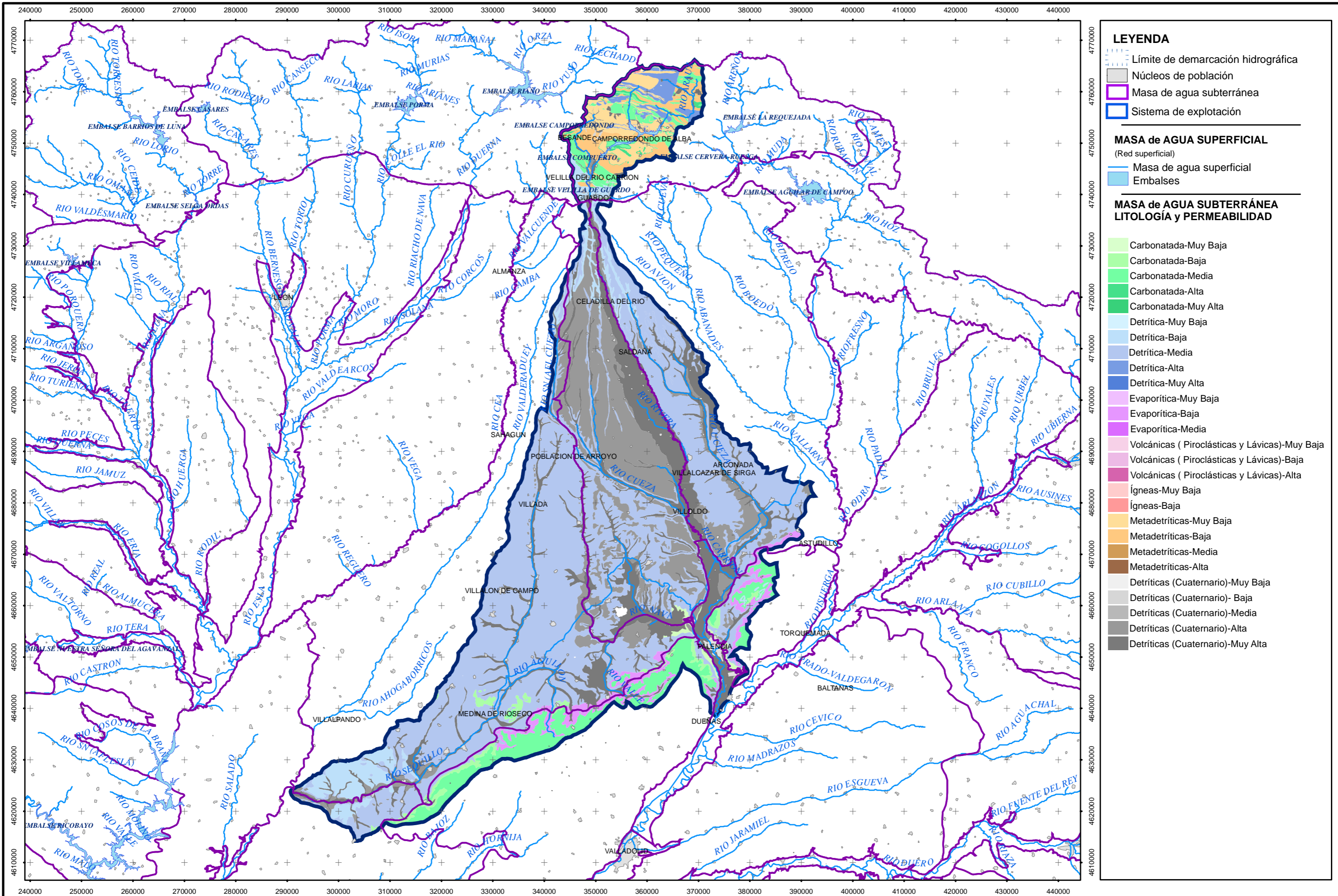
- FH 706: Gravas, arenas y limos (Pleistoceno-Holoceno)



Modificado de la hoja MAGNA a escala 1: 50.000 n° 104 – Boñar

Figura 3. Corte geológico del sistema de explotación Carrión. Sector central

El sistema de explotación 021.04 Carrión se encuentra enmarcado en las siguientes hojas del mapa geológico MAGNA (IGME) a escala 1:50.000: Potes (81), Camporredondo de Alba (106), Almanza (163), Saldaña (164), Sahagún (196), Carrión (197), Villada (234), San Cebrián (235), Astudillo (236), Villalón de Campo (272), Palencia (273), Torquemada (274), Villalpando (309), Medina de Rioseco (310), Dueñas (311), Baltanas (312), San Pedro Latarece (341) y Villabragima (342). Además, el sistema de explotación queda cubierto, prácticamente en su totalidad, por las hojas del mapa geológico de España a escala 1:200.000 (IGME) de Mieres (10), León (19) y Valladolid (29).



2. Estaciones de control y medida de caudales

Existen 12 estaciones de aforos de la Confederación Hidrográfica del Duero en los ríos que surcan el sistema de explotación de Carrión, nueve de las cuales se encuentran actualmente activas: ocho estaciones sobre cauces fluviales y una estación en el Canal de Castilla.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

Las características de las estaciones de la red foronómica de la Confederación Hidrográfica del Duero son las siguientes:

Código estación de control	Nombre de la estación	Estado	Ubicación geográfica			Cauce		Serie de Datos		
			Coordenadas UTM Huso 30		Cota (msnm)	Nombre	MAS (codificación CEDEX)	Número de datos disponibles	Amplitud de la serie	Índice de representatividad
			X	Y						
2023	Río Carrión en Celadilla del Río	Activa	352580	4719140	960	Carrión	02RI1744	96	Oct-1998 / sep-2006	1
2034	Río Besandino en Besande	Activa	346170	4751290	1285	Besandino	02RI1160	537	Oct-1961 / sep-2006	0,99
2035	Río Besandino en Otero de Guardo	Activa	348920	4743795	1120	Besandino	02RI1160	535	Oct-1961 / sep-2006	0,99
2037	Río Carrión en Compuerto (embalse)	Inactiva	350410	4746505	1137	Carrión	02HM1191	384	Oct-1963 / sep-1995	1
2038	Río Carrión en Azud de Veladilla	Inactiva	348815	4741560	1112	Carrión	02HM1191	934	Ene-1913 / sep-2000	0,89
2039	Río Cuezca en Castrillejo de la Olma	Inactiva	366550	4677965	790	Cuezca	02RI1851	36	Oct-1964 / sep-1967	1
2040	Río Carrión en Villoldo	Activa	368190	4678680	787	Carrión	02RI1764	877	Oct-1930 / sep-2006	0,96
2041	Río Ucieza en Villalcázar de Sirga	Activa	374545	4686925	794	Ucieza	02RI1686	702	Oct-1942 / sept-2006	0,89
2042	Río Carrión en Palencia	Activa	371410	4656795	736	Carrión	02RI1764	985	Ene-1913 / sep-2006	0,88
2108	Río Carrión en el embalse de Camporredondo	Activa	357645	4750890	1250	Carrión	02HM1093	870	Ago-1930 / sep-2006	0,95
2124	Río Sequillo en Medina de Rioseco	Activa	330905	4639605	730	Sequillo	02RI1442	408	Oct-1972 / sep-2006	1
2134	Río Carrión en Guardo	Activa	348880	4739380	1086	Carrión	02RI1744	751	Ene-1929 / sep-2006	0,8
2401	Rioseco - Desagüe	Activa	330780	4639460	734	Canal de Castilla	02AR0101	435	Oct-1969 / sep-2006	0,98

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

La estación 2023 se localiza en el río Carrión a su paso por el núcleo poblacional de Celadilla del Río. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1998 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 100%.

La estación 2034 se sitúa en el río Besandino o Grande a su paso por el núcleo urbano de Besande. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1961 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 99%.

La estación 2035 se localiza en el río Besandino o Grande, aguas arriba del embalse de Velilla de Guardo, y se encuentra cercana a la población de Velilla del Río. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1961 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 99%.

La estación 2037 (inactiva) se localiza en el río Carrión, entre los embalses Compuerto y Velilla de Guardo. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1963 y finaliza en septiembre de 1995, con un índice de representatividad del 100%.

La estación 2038 (inactiva) se ubica en el embalse de Velilla de Guardo, en el término municipal de Azud de Veladilla. El periodo de medidas de la estación comienza en enero de 1913 y finaliza en septiembre del 2000, con un índice de representatividad del 89%. Además de la discontinuidad en los datos que se produce durante los primeros años hasta 1930, se observa que no existen medidas durante los años hidrológicos 1964/1965 y 1965/1966.

La estación 2039 (inactiva) se encuentra en el río Cueva, aguas abajo de su paso cercano a la población de Castrillejo de la Olma y aguas arriba de su desembocadura en el río Carrión. Las medidas disponibles corresponden al periodo comprendido entre octubre de 1964 y septiembre de 1967, con un índice de representatividad del 100%.

La estación 2040 se localiza en el río Carrión a su paso por el núcleo poblacional de Villoldo. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1930 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 96%. La serie de datos de esta estación es bastante completa salvo el periodo comprendido entre los años 1935 y 1939 en el que presenta irregularidad.

La estación 2041 se encuentra en el río Ucieza, a su paso entre las poblaciones de Villalcázar de Sirga y Arconada. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1942 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 89%, ocasionado por el vacío de datos entre los años hidrológicos 1965/1966 y 1971/1972, ambos incluidos.

La estación 2042 se localiza en el río Carrión, en el término municipal de Palencia. El periodo de medidas de la estación comienza en enero de 1913 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 88%. Se observa una baja periodicidad de datos registrados entre noviembre de 1913 y noviembre de 1940.

La estación 2108 se localiza en la cola del embalse de Compuerto, cerca de la población de Camporredondo de Alba. El periodo de medidas de la estación comienza en agosto de 1930 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 95%. Durante los años naturales de 1932 y 1933 no hay datos de medidas en esta estación.

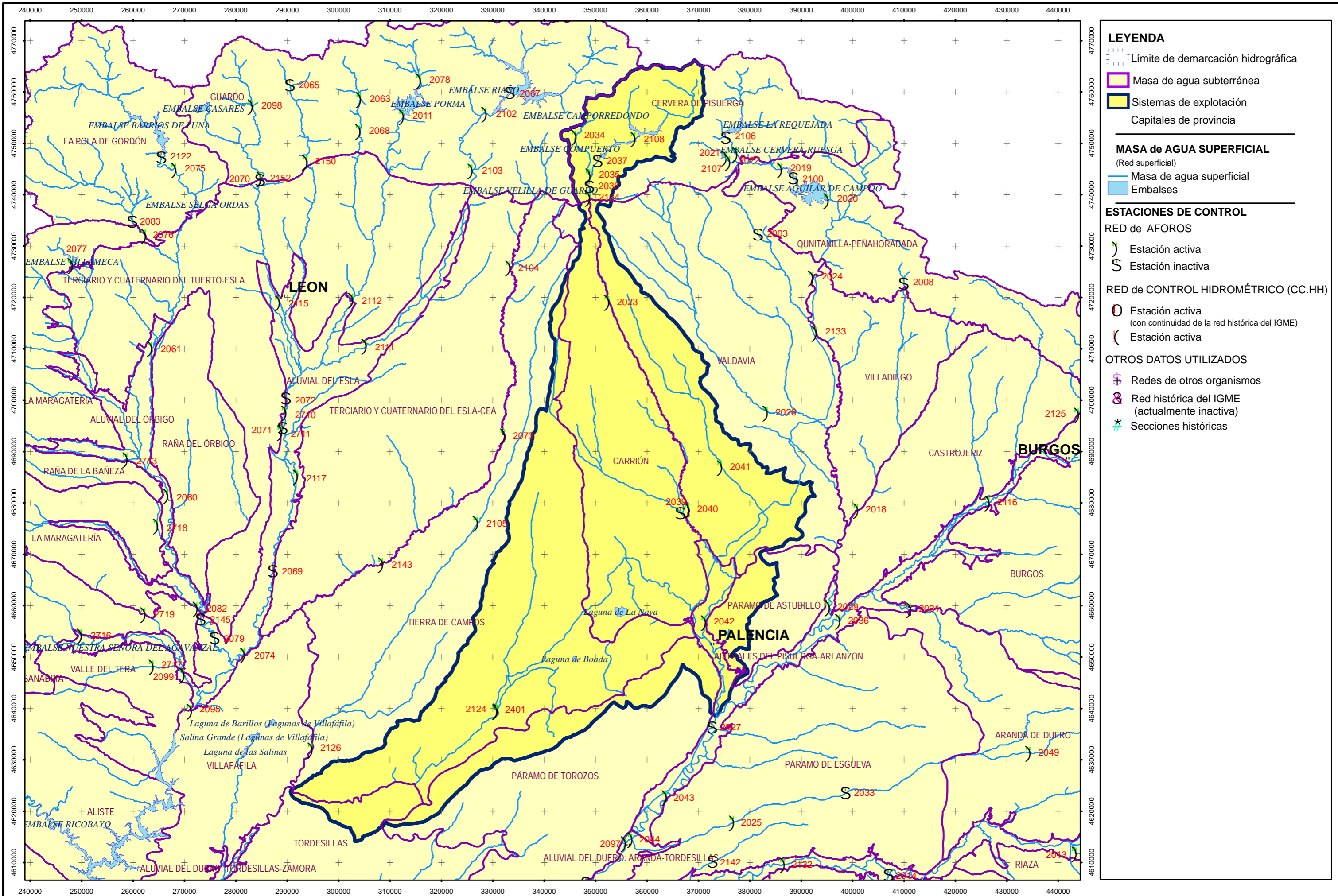
La estación 2124 se localiza en el río Sequillo, aguas arriba de su paso por la población de Medina de Rioseco. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1972 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 100%.

La estación 2134 se localiza en el río Carrión, donde el cauce fluvial pasa cerca de la población de Guardo. El periodo de medidas de la estación comienza en enero de 1929 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 80%, ocasionado por el vacío de información correspondiente al periodo comprendido entre octubre de 1962 y marzo de 1976.

También corresponde al ámbito de este sistema de explotación la estación en canal 2401, situada sobre el Canal de Castilla, en las inmediaciones de la población de Medina de Rioseco. El periodo de medidas de la estación comienza en octubre de 1969 y finaliza en septiembre de 2006, con un índice de representatividad del 98%.

2.2 *Estaciones de la red oficial de control hidrométrico*

Según la información disponible, hasta la fecha ningún organismo ha establecido redes de control hidrométrico en este sistema de explotación.



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Masa de agua subterránea
- Sistemas de explotación
- 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

3.1 Identificación y modelo conceptual

En el del sistema de explotación 021.04 Carrión se ha identificado un total de 9 tramos conectados hidráulicamente con las FGPs. A continuación se describen las características de los tramos de río identificados (véase el mapa sinóptico de la relación río-acuífero).

- **Tramo en el curso medio-alto del río Carrión – MAS 02RI1744 (021.04.001)**

El tramo definido, de 52.819 m de longitud, está situado en el curso medio-alto del río Carrión, desde la población de Guardo hasta las proximidades de su confluencia con el río Rivera (afluente por su margen derecha).

En este tramo el río se relaciona directamente con la FGP 6 mediante una conexión difusa indirecta, que recibe drenajes subterráneos procedentes de las FGPs 2, 3 y 5.

El río Carrión atraviesa en este tramo los sedimentos aluviales que forman parte de la FGP 6, y que influyen en la relación río-acuífero por drenaje difuso hacia el cauce fluvial.

Se trata de un tramo con conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes o ganadores. Se ha considerado que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen influenciado, ya que se halla aguas abajo del embalse Velilla del Guardo existente en la zona de cabecera, y por los diferentes canales y acequias que toman agua en este tramo.

El tramo se ha definido en la masa de agua superficial (MAS) 02RI1744 (Río Carrión desde el embalse de Velilla de Guardo hasta casi la desembocadura del río Rivera). Se trata de una MAS natural con tipología de río de montaña húmeda silíceo.

- **Tramo en el curso medio del río Carrión – MAS 02RI1764 (021.04.002)**

El tramo definido, de 46.837 m de longitud, está situado en el curso medio del río Carrión, desde aguas arriba de la desembocadura del río Rivera hasta la desembocadura del río Ucieza.

En este tramo el río se relaciona directamente con la FGP 6 mediante una conexión difusa indirecta.

El río discurre en este tramo sobre los sedimentos aluviales que forman parte de la FGP 6, y que influyen en la relación río-acuífero.

Se ha asignado a este tramo un modelo conceptual de la relación río-acuífero mediante conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables (estacionales o hiperanuales). También se ha considerado que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen influenciado por las derivaciones de caudales de los diversos canales y acequias que toman agua en este tramo. Con la información disponible se puede suponer que en régimen natural este tramo era efluente o ganador con respecto al acuífero.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1764 (Río Carrión desde poco antes de la desembocadura del río de la Rivera hasta su desembocadura en el río Pisuerga). Se trata de una MAS natural con tipología de eje mediterráneo-continental poco mineralizado.

- **Tramo en el curso bajo del río Carrión – MAS 02RI1764 (021.04.003)**

El tramo definido, de 36.960 m de longitud, está situado en el curso bajo del río Carrión, desde la confluencia con el río Ucieza (afluente por la margen izquierda) hasta su desembocadura en el río Pisuerga.

En este tramo el río se relaciona directamente con la FGP 6. La relación río-acuífero se produce mediante conexiones puntuales por un grupo de pequeños manantiales no inventariados (aunque citados en la bibliografía), que drenan la FGP 4 en el contacto con los materiales impermeables de las facies Cuesta.

El río discurre en este tramo sobre los sedimentos aluviales que forman parte de la FGP 6, y que influyen en la relación río-acuífero.

Se ha asignado a este tramo un modelo conceptual de la relación río-acuífero de conexión puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes o ganadores. Se ha considerado que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen influenciado por las derivaciones de caudales de los diversos canales o acequias que toman agua en este tramo.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1764 (Río Carrión desde poco antes de la desembocadura del río de la Rivera hasta su desembocadura en el río Pisuerga). Se trata de una MAS natural con tipología de eje mediterráneo-continental poco mineralizado.

- **Tramo en el curso alto del Afluente del río Cueva – MAS 02RI1851 (021.04.004)**

El tramo definido, de 26.995 m de longitud, está situado en el curso alto del cauce denominado “Afluente del río Cueva”, desde su cabecera hasta población de Arro.

El afluente de Cueva fluye sobre los sedimentos aluviales que forman parte de la FGP 6, y que reciben las descargas de forma difusa procedentes de las FGPs 3 y 5.

Se ha asignado a este tramo un modelo conceptual de conexión mixta difusa indirecta y manantiales en cauces efluentes o ganadores. Se ha considerado que la relación río-acuífero en el tramo se encuentra en régimen natural.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1851 (Río de la Cueva desde el arroyo del Corco hasta su desembocadura en el río Carrión, y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la Meseta Norte.

- **Tramo de cabecera del río Nava – MAS 02RI2162 (021.04.005)**

El tramo definido, de 23.394 m de longitud, está situado en la cuenca alta del río Nava, desde su cabecera hasta su cruce con el canal de Castilla.

El río Nava fluye sobre los sedimentos aluviales que forman parte de la FGP 6, y que reciben las descargas de forma difusa procedentes de las FGPs 3 y 5.

El modelo conceptual que se ha asignado es de conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes o ganadores. Se considera que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen natural.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI2162 (Río Valdeginete desde San Román de la Cuba hasta su desembocadura en el río Carrión, y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la Meseta Norte.

- **Tramo de cabecera del río Sequillo – MAS 02RI1442 (021.04.006)**

El tramo definido, de 10.034 m de longitud, está situado en el río Sequillo, desde su cabecera hasta la población de Boadilla de Riosequillo.

En este tramo el río se relaciona directamente con la FGP 6. La relación río-acuífero se produce por medio de una conexión puntual por un grupo de pequeños manantiales, que drenan la FGP 3.

El río fluye sobre los sedimentos aluviales incluidos en la FGP 6, que influyen en la relación río-acuífero.

Se trata de un tramo con conexión puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes. Se considera que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen natural.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1442 (Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la meseta norte.

- **Tramo en el curso del río Sequillo entre el río Aguijón y el río Puercas – MAS 02RI1442 (021.04.007)**

El tramo definido, de 28.973 m de longitud, está situado en el río Sequillo, entre las confluencias con el río Aguijón (afluente por la margen izquierda) y el río Puercas (afluente por la margen derecha).

El río Sequillo fluye en este tramo sobre los sedimentos aluviales incluidos en la FGP 6, que se encuentran en conexión hidráulica con la FGP 3 subyacente.

El modelo conceptual que se ha asignado es de conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables (estacionales o hiperanuales). Se ha considerado que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen influenciado teniendo en cuenta que el Canal de Castilla-Campos vierte en el mismo, y que la piezometría indica la existencia de una desconexión del nivel piezométrico con respecto al cauce del río. Se han tenido en cuenta los piezómetros de la red histórica del IGME con códigos 151410001 y 141440003, y el piezómetro de la red oficial con código 02.06.103. En régimen natural este tramo tendría un comportamiento de cauce efluente o ganador según el estudio de IGME-CH Duero (2008).

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1442 (Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero, y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la Meseta Norte.

- **Tramo en el curso bajo del río Sequillo – MAS 02RI1442 (021.04.008)**

El tramo definido, de 31.152 m de longitud, está situado en el río Sequillo, desde la confluencia del río Puercas (afluente por su margen derecha), hasta su desembocadura en el río Valderaduey.

En este tramo el río fluye directamente sobre los materiales aluviales de la FGP 6, desde los que se produce una infiltración hasta los materiales subyacentes de la FGP 3.

El modelo conceptual que se ha asignado a este tramo es de conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes o perdedores según la bibliografía consultada (IGME 1982). Se ha considerado que la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen influenciado (ya que el cauce fluvial recibe las aportaciones de los canales y acequias aguas arriba).

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1442 (Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero, y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la Meseta Norte.

- **Tramo en el curso alto del río Ucieza y Valdecuriada – MAS 02RI1686 (021.04.009)**

El tramo definido, de 55.390 m de longitud, corresponde con el río Ucieza y su afluente por margen derecha, el río Valdecuriada, desde su cabecera hasta la población de Arconada.

En este tramo los ríos Ucieza y Valdecuriada fluyen sobre los sedimentos aluviales de la FGP 6, que reciben las descargas mediante una conexión indirecta, de los aportes subterráneos procedentes de la FGP 3.

Se trata de un tramo con un modelo conceptual río-acuífero de conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes o ganadores. Se ha considerado la relación río-acuífero en este tramo se encuentra en régimen natural.

El tramo se relaciona con la masa de agua superficial (MAS) 02RI1686 (Río Ucieza desde Vega de Doña Olimpa hasta su desembocadura en río Carrión, y afluentes). Se trata de una MAS natural con tipología de río mineralizado de la Meseta Norte.

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. 021.04 Carrión

Código del tramo	Nombre del cauce	MAS relacionada según codificación CEDEX		Características de la MAS relacionada			Formación Geológica Permeable
		Código	Nombre	Categoría	Tipología	Alteración	
021.04.001	Río Carrión	02RI1744	Río Carrión desde el embalse de Vellilla de Guardo hasta casi la desembocadura del río de la Rivera	Río	Ríos de montaña húmeda silíceo	Natural	Carbonatos mesozoicos
							Detríticas terciarias
							Raías pliocuaternarias
							Aluvial
021.04.002	Río Carrión	02RI1764	Río Carrión desde poco antes de la desembocadura del río de la Rivera hasta su desembocadura en el río Pisuerga	Río	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Natural	Aluvial
021.04.003	Río Carrión	02RI1764	Río Carrión desde poco antes de la desembocadura del río de la Rivera hasta su desembocadura en el río Pisuerga	Río	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Natural	Calizas del Páramo
							Aluvial
021.04.004	Río Cueva	02RI1851	Río de la Cueva desde Aº del Corco hasta su desembocadura en el río Carrión y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Raías pliocuaternarias
							Aluvial
021.04.005	Río Nava	02RI2162	Río Valdeginete desde San Román de la Cuba hasta su desembocadura en el río Carrión y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Raías pliocuaternarias
							Aluvial
021.04.006	Río Sequillo	02RI1442	Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Aluvial
021.04.007	Río Sequillo	02RI1442	Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Aluvial
021.04.008	Río Sequillo	02RI1442	Río Valderaduey desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Duero y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Aluvial
021.04.009	Río Ucieza	02RI1686	Río Ucieza desde Vega de Doña Olimpa hasta su desembocadura en el río Carrión y afluentes	Río	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	Natural	Detríticas terciarias
							Aluvial

Tabla 2. Identificación de los tramos de ríos conectados

En la tabla 3 se muestra la correspondencia entre los tramos de río y el modelo conceptual de la relación río – acuífero.

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)
021.04.001	Río Carrión	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes	Influenciado	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje lateral de formaciones carbonatadas y detríticas	52.819
021.04.002	Río Carrión	Conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables	Influenciado	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Variación estacional entre infiltración y drenaje de las formaciones detríticas	46.837
021.04.003	Río Carrión	Conexión puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje puntual de las Calizas del Páramo	36.960
021.04.004	Río Cueva	Conexión mixta difusa indirecta y manantiales en cauces efluentes	Natural	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje lateral y puntual de formaciones detríticas	26.995
021.04.005	Río Nava	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes	Natural	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje lateral de formaciones detríticas	23.394
021.04.006	Río Sequillo	Conexión puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje puntual de formaciones detríticas	10.034
021.04.007	Río Sequillo	Conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables	Influenciado	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Variación estacional entre infiltración y drenaje de las formaciones detríticas	28.973
021.04.008	Río Sequillo	Conexión difusa indirecta con efecto ducha en cauces influentes	Influenciado	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Infiltración de agua del río hacia los sedimentos fluviales	31.152
021.04.009	Río Ucieza	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes	Natural	Sedimentos detríticos fluviales de permeabilidad muy alta	-	Drenaje lateral de formaciones detríticas	55.390

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

3.2 Relación río-acuífero

3.2.1 Análisis de series de aforos

- **Tramo en el curso medio-alto del río Carrión – MAS 02RI1744 (021.04.001)**

Con los datos foronómicos disponibles, no ha sido posible efectuar una cuantificación de la relación río-acuífero en este tramo de río ya que el cauce del río Carrión se halla en este sector muy influenciado por un gran número de canales. Según el estudio IGME-CH duero (2008), el drenaje en régimen natural de la MASb 021.006 Valdavia y 08.010 Carrión hacia el cauce fluvial del río Carrión es de 3,22 y 32,40 hm³/año respectivamente. A partir de estos cálculos se ha estimado que la ganancia del caudal del río Carrión en el tramo 021.04.001 de hasta 35,62 hm³/año, ya que se trata del único tramo del río Carrión que se ha considerado con carácter efluente o ganador definido en el ámbito de ambas MASb.

- **Tramo en el curso medio del río Carrión – MAS 02RI1764 (021.04.002)**

Los datos foronómicos disponibles no han permitido efectuar una cuantificación de la relación río-acuífero en este tramo de río ya que en este sector el cauce del río Carrión se halla muy influenciado por un gran número de canales. Teniendo en cuenta que en este tramo el cauce presenta un comportamiento variable según la piezometría de la zona, podría ser receptor estacionalmente de una parte de las descargas que el estudio de IGME-CH Duero (2008) identifica en el río Carrión para el funcionamiento en régimen natural.

- **Tramo en el curso medio del río Carrión – MAS 02RI1764 (021.04.003)**

Con los datos foronómicos disponibles no resulta posible efectuar una cuantificación de la relación río-acuífero en este tramo de río. Este tramo se ha caracterizado como ganador por manantiales según las fuentes bibliográficas consultadas, pero no se dispone de manantiales inventariados en la zona que permitan su ubicación y la cuantificación de los caudales drenados.

- **Tramo en el curso alto del afluente del río Cueva – MAS 02RI1851 (021.04.004)**

La descarga subterránea en este tramo se produce de manera puntual, y se efectúa a través de un grupo de 18 manantiales inventariados por el IGME con códigos NIPA 150980009, 150980010, 151040001, 151040002, 151040003, 151040004, 151040005, 151040006, 151040007, 151040008, 151040009, 151040010, 151080002, 151080003, 151080004, 151080006, 151080007 y 151080011. La descarga conjunta se ha calculado en 13,04 l/s en virtud de un único dato por manantial registrado entre mayo de 1969 y septiembre de 1971, que equivaldría a una aportación media de 0,41 hm³/año suponiendo caudal constante. No obstante, es posible que existan otros manantiales no inventariados en el tramo, con lo que el caudal podría ser mayor que el estimado.

- **Tramo de cabecera del río Nava – MAS 02RI2162 (021.04.005)**

No ha sido posible cuantificar la descarga en el tramo debido a la escasez de datos de aforos disponibles.

- **Tramo de cabecera del río Sequillo – MAS 02RI1442 (021.04.006)**

La descarga subterránea que se produce de forma puntual, y se efectúa a través de un grupo de siete manantiales inventariados por el IGME con códigos NIPA 151070018, 151070024, 151070025, 151070026, 151070027, 151080009 y 151080010 que suman 3,91 l/s en virtud de un único dato por manantial registrado entre mayo de 1969 y septiembre de 1971. La descarga conjunta representaría una aportación media de 0,123 hm³/año, suponiendo caudal constante. No obstante, es posible que existan otros manantiales no inventariados en el tramo, con lo que el caudal podría ser mayor que el estimado.

- **Tramo en el curso del río Sequillo entre el río Aguijón y el río Puercas – MAS 02RI1442 (021.04.007)**

Con los datos foronómicos disponibles, no se ha podido efectuar una cuantificación de la relación río-acuífero en este tramo de río. En régimen natural, según las fuentes bibliográficas consultadas, el tramo presenta una ganancia de 10,7 hm³/año.

- **Tramo en el curso bajo del río Sequillo – MAS 02RI1442 (021.04.008)**

No ha sido posible cuantificar las posibles infiltraciones o pérdidas en este tramo debido a la escasez de datos de aforos disponibles.

- **Tramo en el curso alto del río Ucieza y Valdecuriada – MAS 02RI1686 (021.04.009)**

Se ha trazado el hidrograma de la estación 2041, situada al final del tramo 021.04.009, calculando el promedio mensual entre los años 1943 y 2006, mediante un ajuste de la curva de agotamiento por el método de Barnes, con el fin de calcular la escorrentía superficial y subterránea en la estación. El parámetro de agotamiento $-\alpha$ obtenido es de $0,01477 \text{ mes}^{-1}$, lo que se traduce en un periodo de semi-agotamiento de 1,56 meses. El hidrograma y la descomposición del flujo superficial y subterráneo obtenido puede observarse en la Figura 4.

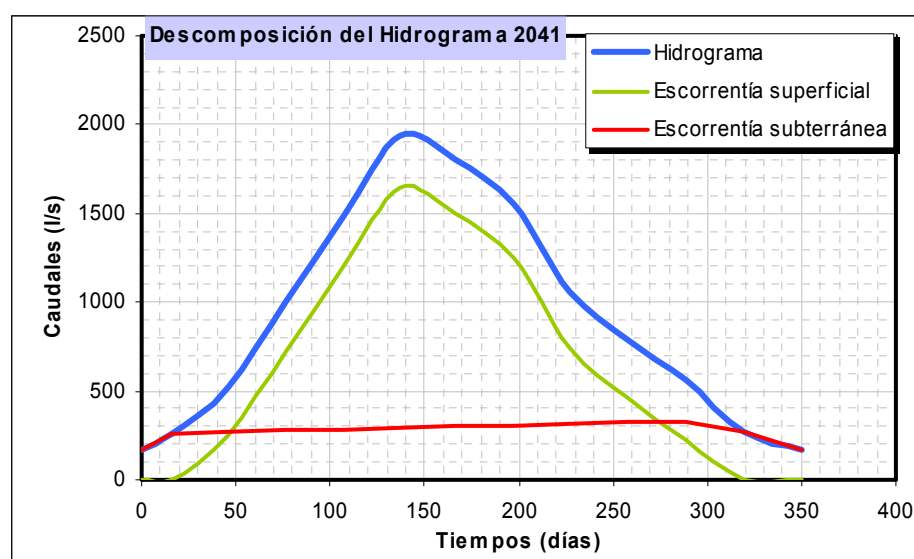


Figura 4. Descomposición del hidrograma en la estación 2041 (promedio del periodo 1943-2006).

Las aportaciones medias totales a la estación resultan ser de $28,36 \text{ hm}^3/\text{año}$, descomponiéndose en $19,42 \text{ hm}^3/\text{año}$ de escorrentía superficial y $8,94 \text{ hm}^3/\text{año}$ de escorrentía subterránea, lo que significaría que aproximadamente el 32% de las aportaciones totales a la estación son de origen subterráneo.

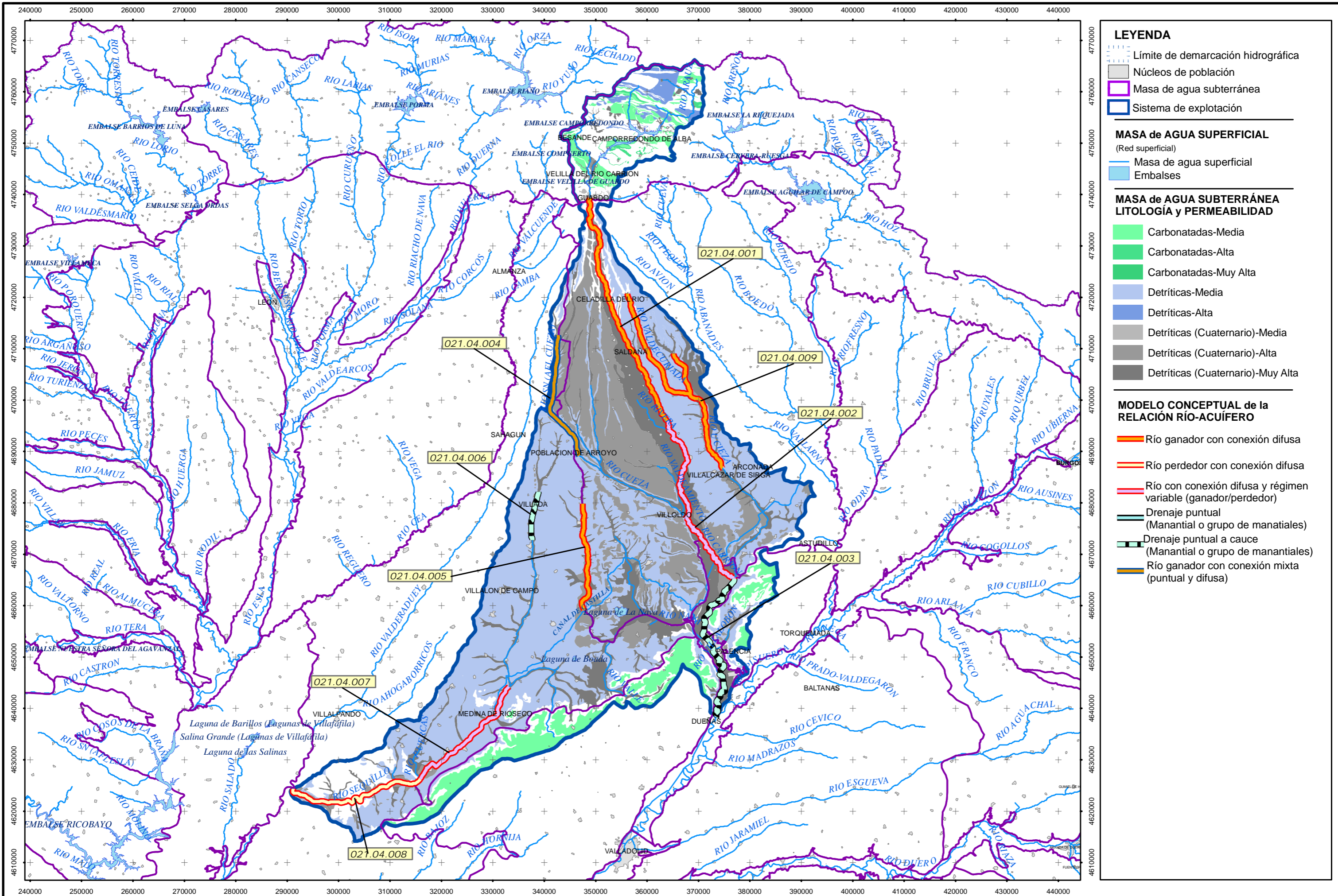
La aportación subterránea obtenida corresponde con la escorrentía subterránea del tramo de río situado aguas arriba de la estación, que coincide con el tramo de río 021.04.009, por lo que los resultados obtenidos en el presente estudio han permitido cuantificar la descarga subterránea según la aportación media estimada de $8,94 \text{ hm}^3/\text{año}$ (periodo 1943-2006).

En cuanto a la cuantificación según las fuentes bibliográficas consultadas, cabe indicar que el estudio de IGME-CH Duero (2008) hace referencia a los datos aportados por el PIAS, en el que se señala que en el conjunto del río Sequillo, en el que han definido los

tramos 021.04.006 (ganador), 021.04.007 (variable) y 021.04.008 (perdedor), se produce un drenaje total de 8 hm³/año.

Código Tramo	Cuantificación		Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual QCD (lhm ³ /año)	Conexión difusa (hm ³ /año)		
021.04.001		Hasta 35,62 hm ³ /año (IGME-CH Duero, 2008)	Influenciado	Datos obtenidos de estudios en régimen natural
021.04.002			Influenciado	No se puede cuantificar. Este tramo podría ser receptor, en parte, de las descargas calculadas para el río Carrión en IGME-CH Duero (2008)
021.04.003			Influenciado	No se puede cuantificar
021.04.004	0,41 hm ³ /año		Natural	Dato obtenido a partir de la suma de un dato puntual de los manantiales principales
021.04.005			Natural	No se puede cuantificar
021.04.006	0,123 hm ³ /año		Natural	No se puede cuantificar
021.04.007		10,7 hm ³ /año (IGME-CH Duero, 2008)	Influenciado	Datos obtenidos de estudios previos
021.04.008			Influenciado	No se puede cuantificar
021.04.009		8,94 hm ³ /año (estudio de afloros)	Natural	Los datos de afloros provienen de la descomposición del hidrograma de la estación 2041 entre 1943-2006

Tabla 4. *Resumen de la cuantificación río-acuífero*



LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA
LITOLOGÍA y PERMEABILIDAD

- Carbonatadas-Media
- Carbonatadas-Alta
- Carbonatadas-Muy Alta
- Detríticas-Media
- Detríticas-Alta
- Detríticas (Cuaternario)-Media
- Detríticas (Cuaternario)-Alta
- Detríticas (Cuaternario)-Muy Alta

MODELO CONCEPTUAL de la RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO

- Río ganador con conexión difusa
- Río perdedor con conexión difusa
- Río con conexión difusa y régimen variable (ganador/perdedor)
- Drenaje puntual (Manantial o grupo de manantiales)
- Drenaje puntual a cauce (Manantial o grupo de manantiales)
- Río ganador con conexión mixta (puntual y difusa)

4. Manantiales

En el sistema de explotación 021.04 Carrión se ha identificado un total de 48 manantiales, 25 de los cuales se han considerado manantiales principales por encontrarse asociados a un tramo de cauce fluvial en el que se ha establecido una conexión río-acuífero con descarga puntual de aguas subterráneas.

4.1 Manantiales principales

Los manantiales que se han considerado principales en este sistema de explotación se presentan en la tabla 5, en la que se indican sus características y las FGP relacionadas con estas surgencias.

Manantial	Código IGME - CHD	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación			FGP relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30		Cota (m snm)	
				X	Y		
-	150980009	Cueza (afluente)	021.04.004	343054	4709184	975	Rañas pliocuaternarias
-	150980010	Cueza (afluente)	021.04.004	342288	4707958	978	Rañas pliocuaternarias
-	151040001	Cueza (afluente)	021.04.004	341162	4699972	915	Rañas pliocuaternarias
-	151040002	Cueza (afluente)	021.04.004	341264	4700146	915	Rañas pliocuaternarias
-	151040003	Cueza (afluente)	021.04.004	341411	4699771	885	Rañas pliocuaternarias
-	151040004	Cueza (afluente)	021.04.004	341306	4699271	885	Rañas pliocuaternarias
-	151040005	Cueza (afluente)	021.04.004	341707	4699319	886	Rañas pliocuaternarias
-	151040006	Cueza (afluente)	021.04.004	342056	4704868	955	Rañas pliocuaternarias
-	151040007	Cueza (afluente)	021.04.004	342501	4704316	935	Rañas pliocuaternarias
-	151040008	Cueza (afluente)	021.04.004	342649	4704115	950	Rañas pliocuaternarias
-	151040009	Cueza (afluente)	021.04.004	342393	4703416	955	Rañas pliocuaternarias
-	151040010	Cueza (afluente)	021.04.004	342426	4707217	950	Rañas pliocuaternarias
-	151080002	Cueza (afluente)	021.04.004	341835	4696898	888	Rañas pliocuaternarias
-	151080003	Cueza (afluente)	021.04.004	342199	4697866	925	Rañas pliocuaternarias
-	151080004	Cueza (afluente)	021.04.004	340934	4696772	900	Rañas pliocuaternarias
-	151080006	Cueza (afluente)	021.04.004	341146	4697556	820	Rañas pliocuaternarias
-	151080007	Cueza (afluente)	021.04.004	343438	4697160	911	Rañas pliocuaternarias
-	151080011	Cueza (afluente)	021.04.004	345869	4689140	855	Rañas pliocuaternarias

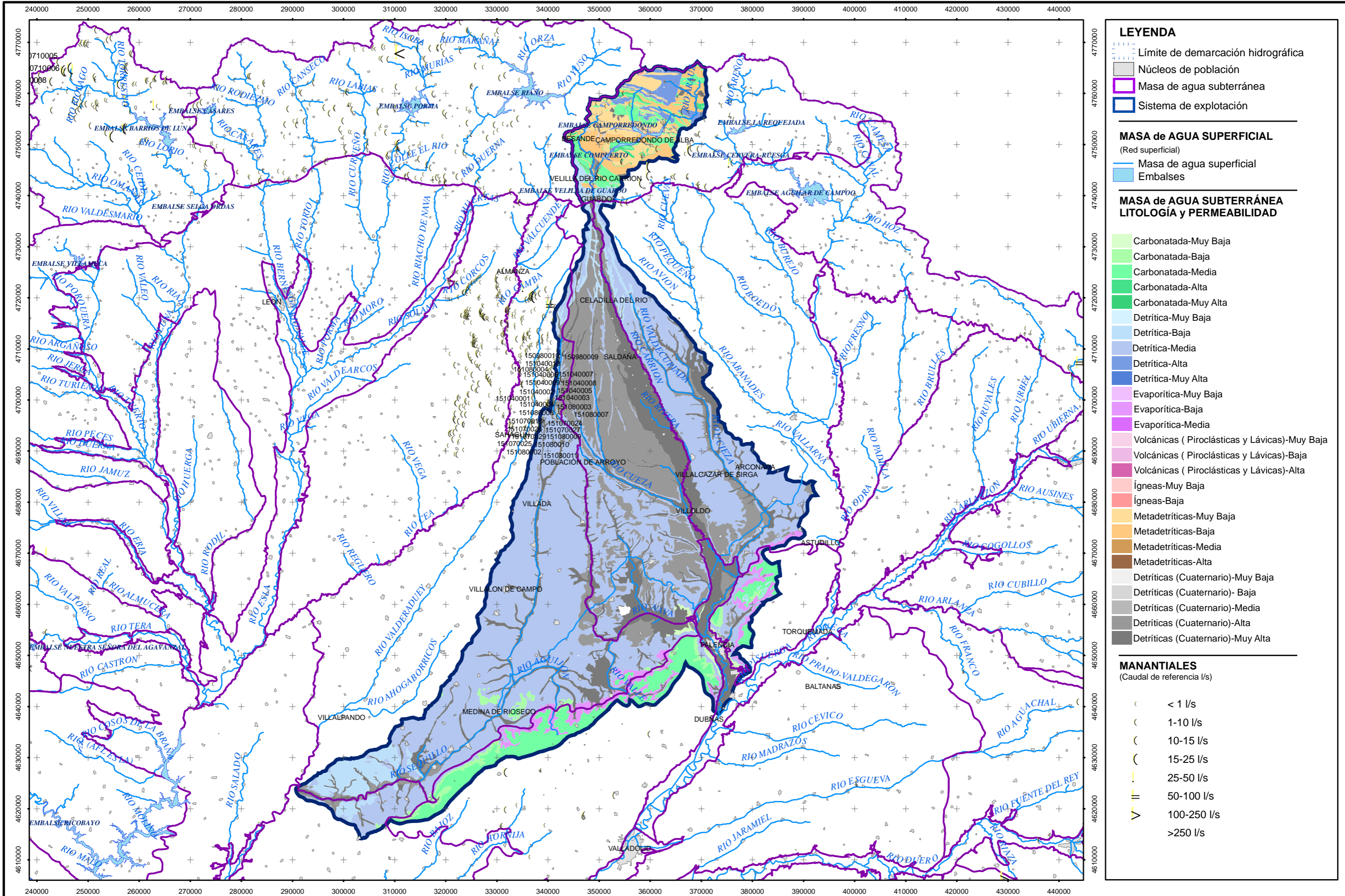
Manantial	Código IGME - CHD	Cauce receptor de la descarga	Tramo conexión río-acuífero	Ubicación			FGP relacionada y Génesis Hidrogeológica
				Coordenadas UTM Huso 30		Cota (m snm)	
				X	Y		
-	151070018	Sequillo	021.04.006	339021	4695382	855	Detríticas terciarias
-	151070024	Sequillo	021.04.006	339056	4696482	870	Detríticas terciarias
-	151070025	Sequillo	021.04.006	339280	4696381	870	Detríticas terciarias
-	151070026	Sequillo	021.04.006	338859	4693982	855	Detríticas terciarias
-	151070027	Sequillo	021.04.006	339759	4693978	855	Detríticas terciarias
-	151080009	Sequillo	021.04.006	341093	4692071	855	Detríticas terciarias
-	151080010	Sequillo	021.04.006	344192	4691853	882	Detríticas terciarias

Tabla 5. *Manantiales principales. Sistema de explotación Carrión (021.04).*

4.2 Resto de manantiales

El resto de manantiales inventariados en el sistema de explotación 021.04 Carrión se concentran en dos agrupaciones. La primera de ellas se sitúa en la cabecera de los ríos Carrión y Besandino, y se halla asociada al contacto entre las formaciones de origen metamórfico de baja permeabilidad y las formaciones detríticas y carbonatadas de permeabilidades media y alta. Su descarga se produce, fundamentalmente, hacia los embalses de Camporredondo y Compuerto.

La segunda agrupación de manantiales identificada en este sistema de explotación se sitúa en su extremo oriental, en la zona de cabecera del río Cueva, y se halla asociada fundamentalmente al contacto entre los materiales detríticos del Neógeno, de permeabilidad media, y los depósitos cuaternarios de permeabilidades alta y muy alta. En conjunto su drenaje puede ser importante, por lo que sería interesante actualizar el inventario de manantiales y controlar posteriormente los que presenten mayores caudales o las principales descargas.



5. Zonas húmedas

Para el estudio de la relación hidrogeológica zona húmeda – MASb en la demarcación hidrográfica se han considerado las siguientes zonas húmedas:

- Zonas húmedas de la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar.
- Zonas húmedas correspondientes a las masas de agua superficial de las categorías “lagos” o “de transición” con aportación de aguas continentales (aguas dulces), que pueden estar asociadas a Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) o a Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs) de la Red Natura 2000.
- Zonas húmedas peninsulares que estén conectadas con unidades hidrogeológicas y que presenten una superficie máxima igual o superior a las 10 hectáreas, conforme a la relación incluida en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA-MINER 1994).

Conforme a estos criterios se ha estudiado la relación hidrogeológica zona húmeda – MASb que se presenta en la Laguna de La Nava, con código 414020; y en la Laguna de Fuentes de Nava, con código 414023 (MMA 2006), situadas ambas en el sector meridional del sistema de explotación 021.04 Carrión.

Según DGOH (1990), la Laguna de la Nava, situada entre las MASb 021.009 Tierra de Campos y MASb 021.010 Carrión, presentaba en estado natural una superficie de 2.231,46 hectáreas, y una profundidad máxima de 1,80 metros. Este humedal era una gran laguna de inundación temporal relacionada con el endorreísmo de la red de drenaje de la zona, y con la descarga de las aguas subterráneas procedentes de las formaciones detríticas terciarias. Esta laguna fue totalmente desecada en el año 1968 para usos agrícolas.

La Laguna de Fuentes de Nava, situada en la MASb 021.010 Carrión, es un humedal artificial originado como parte de la restauración parcial de la Laguna de la Nava, llevado a cabo por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León a partir de 1990. Este humedal fue incorporado el 20 de noviembre de 2002 a la lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar con el nombre de Lagunas de la Nava de Fuentes. En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en el LIC ES4140136 Laguna de la Nava, y en la ZEPA ES4140036 La Nava-Campos Norte.

La actual Laguna de la Nava de Fuentes, que es como se denomina el humedal recuperado, presenta una superficie de 307 hectáreas, y una profundidad media de unos 0,35 metros. Según la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, este humedal es de carácter estepario, con un régimen hidrológico anual controlado de forma artificial, debido a que el aporte de precipitaciones es insuficiente, y se mantiene con agua desde el otoño hasta que se seca durante el verano. En Durán et al. (2003) se indica que este humedal es de naturaleza Continental-Fluvial, y con una cierta dependencia, aunque baja, de las aguas subterráneas.

En función de estos datos, se puede considerar que los humedales considerados no presentan actualmente ningún tipo de relación con las aguas subterráneas y, por tanto, quedaría fuera de este estudio.

En este sistema de explotación también se debe hacer mención de otros 20 humedales catalogados en la “Base Documental de los Humedales Españoles” (MMA 2006), que se localizan en las MASbs 021.003 Cervera de Pisuerga (5 humedales), 021.006 Valdavia (3 humedales), 021.009 Tierra de Campo (7 humedales), 021.010 Carrión (4 humedales) y 021.020 Aluviales del Pisuerga-Arlanzón (1 humedal), y que se describen a continuación:

- Laguna de Fuentes Carrionas (código 414001): Se localiza en la MASb 021.003 Cervera de Pisuerga, con una superficie de 3,78 hectáreas, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES4140011 Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina. La cuenca del humedal está formada por pizarras y conglomerados de permeabilidad baja. La laguna se alimenta por los aportes de escorrentía e innivación de la cuenca vertiente.
- Laguna de las Lomas (código 414002): Se localiza en la MASb 021.003 Cervera de Pisuerga, con una superficie de 2,34 hectáreas, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES4140011 Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina. La cuenca del humedal está formada por pizarras y conglomerados de permeabilidad baja. La laguna se alimenta por los aportes de escorrentía e innivación de la cuenca vertiente.
- Pozo Curavacas (código 414003): se localiza en la MASb 021.003 Cervera de Pisuerga, con una superficie de 2,71 hectáreas, se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de

protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES4140011 Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina. La cuenca del humedal está formada por conglomerados de permeabilidad media. La laguna se alimenta por los aportes de escorrentía e innivación de la cuenca vertiente.

- Pozo Oscuro (código 414004): Se localiza en la MASb 021.003 Cervera de Pisuegra, con una superficie de 0,25 hectáreas, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES4140011 Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina. La cuenca del humedal está formada por conglomerados de baja permeabilidad. La laguna se alimenta por los aportes de escorrentía e innivación de la cuenca vertiente.
- Lagunas del Ves (código 414005): Se localiza en la MASb 021.003 Cervera de Pisuegra, con una superficie máxima de 2 hectáreas (MMA 2006). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES4140011 Fuentes Carrionas y fuente cobre-montaña Palentina. La cuenca del humedal está formada por conglomerados de permeabilidad media. La laguna se alimenta por los aportes de escorrentía e innivación de la cuenca vertiente.
- Laguna Díez (código 414010): Se localiza en la MASb 021.010 Carrión, con una superficie de 0,65 hectáreas y una profundidad máxima de 1 metro, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada depósitos de Rañas (conglomerados y arenas). La laguna se alimenta por los aportes del acuífero superficial de las formaciones arenosas de la raña.
- Laguna Grande de Renedo (código 414011): Se localiza en la MASb 021.006 Valdavia, con una superficie de 1,42 hectáreas y una profundidad máxima de 0,50 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada depósitos de Rañas (conglomerados y arenas). La laguna se alimenta por los aportes del acuífero superficial de las formaciones detríticas de las rañas, así como por los aportes de la escorrentía superficial.

- Laguna El Páramo (código 414012): Se localiza en la MASb 021.010 Carrión, con una superficie de 0,91 hectáreas y una profundidad máxima de 1,25 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por gravas, arenas y limos (terraza fluvial). La laguna se alimenta principalmente por los aportes del acuífero superficial (terraza fluvial).
- Laguna de Hontanar (código 414017): Se localiza en la MASb 021.010 Carrión, con una superficie de 0,62 hectáreas y una profundidad máxima de 0,75 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por gravas, arenas y limos (terraza fluvial). La laguna se alimenta principalmente por los aportes del acuífero superficial (terraza fluvial) a través de manantiales.
- La Toja de Ribas (código 414018): Se localiza en la MASb 021.006 Valdavia, con una superficie de 9,75 hectáreas, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES0000205 Lagunas del Canal de Castilla. La cuenca del humedal está formada por fangos, arenas y gravas, rodeados de materiales aluviales de la terraza. Se trata de una laguna artificial creada por una represa que forman los terraplenes del Canal de Castilla, y se alimenta por el sistema de riego local asociado.
- Charca de Besana (código 414019): Se localiza en la MASb 021.006 Valdavia. En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES0000205 Lagunas del Canal de Castilla. La cuenca del humedal está formada por fangos, arenas y gravas, rodeados de materiales aluviales de la terraza. Se trata de un humedal artificial originado por la construcción del Canal de Castilla, que se alimenta del sistema de riego local.
- Laguna del Deseo (código 414021): Se localiza en la MASb 021.010 Carrión. En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en la ZEPA ES4140036 La Nava-Campos Norte. Se trata de un humedal artificial originado por la construcción del Canal de Castilla.
- Charca de Valdemudo (código 414022): Se localiza en la MASb 021.020 Aluviales del Pisuerga-Alarzón. En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en los LIC y ZEPA ES0000205 Lagunas

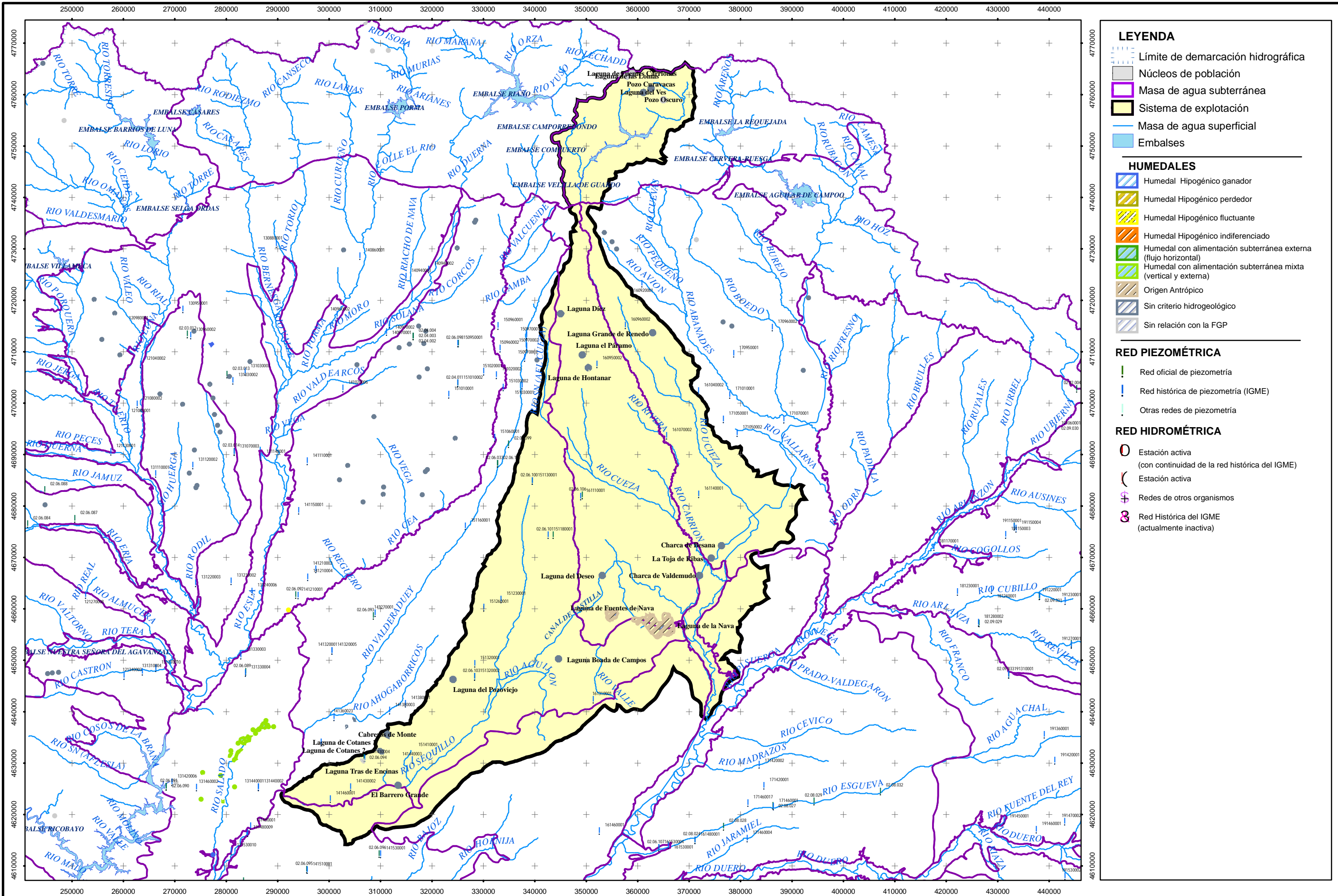
del Canal de Castilla. La cuenca del humedal está formada por fangos, arenas y gravas, rodeados de materiales aluviales de la terraza. Se trata de un humedal artificial originado por la construcción del Canal de Castilla, que se alimenta del sistema de riego local, recogiendo el agua sobrante del Canal del Bajo Carrión.

- Laguna de Boada de Campos (código 414024): Se localiza en la MASb 021.009 Tierras de Campos, con una superficie de 2,59 hectáreas y una profundidad máxima de 0,50 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). En cuanto a las figuras de protección de la Red Natura 2000, este humedal está incluido en la ZEPA ES0000216 La Nava-Campos Sur. La cuenca del humedal está formada por arcillas margosas y arenas del Terciario, que presentan una permeabilidad media. La laguna se alimenta por los aportes de la escorrentía superficial y por descarga subterránea.
- Cabrereros del Monte (código 418003): Se localiza en la MASb 021.009 Tierras de Campos, con una superficie de 1,17 hectáreas y una profundidad máxima de 1,50 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por arcillas arenas, areniscas y conglomerados del Terciario, que presentan una permeabilidad media. La laguna se alimenta principalmente por los aportes subterráneos de los depósitos detríticos terciarios.
- Laguna del Pozoviejo (código 418004): Se localiza en la MASb 021.009 Tierra de Campos, con una superficie de 0,65 hectáreas, y se caracteriza por presentar una lámina de agua permanente fluctuante (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por arcillas, arenas, areniscas y conglomerados del Terciario, que presentan una permeabilidad media. La laguna se alimenta principalmente por descarga subterránea de los depósitos detríticos terciarios, y en menor cuantía por la escorrentía superficial.
- El Barrero Grande (código 418005): Se localiza en la MASb 021.009 Tierra de Campos, con una superficie de 0,58 hectáreas y una profundidad máxima de 1 metro, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por conglomerados cuarcíticos de matriz areno-arcillosa (terrazas aluviales). La laguna se alimenta por los aportes de la escorrentía superficial y por descarga subterránea.

- Laguna de Tras de Encinas (código 419056): Se localiza en la MASb 021.009 Tierra de Campos, con una superficie de 0,53 hectáreas y una profundidad máxima de 1,50 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua temporal (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por conglomerados del Terciario, que presentan una permeabilidad baja. La laguna se alimenta por ligeros aportes subterráneos de flujo lateral de algún nivel más permeable.

- Lagunas de Cotanes 1 (código 419057): Se localiza en la MASb 021.009 Tierra de Campos, con una superficie de 0,81 hectáreas y una profundidad máxima de 1,50 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua semi-permanente (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por conglomerados, margas, arcillas y limos del Terciario, que presentan una permeabilidad media. Se trata de una laguna artificial que aprovecha una salida de agua subterránea por flujo lateral en el contacto entre formaciones de distinta permeabilidad.

- Lagunas de Cotanes 2 (código 419058): Se localiza en la MASb 021.009 Tierra de Campos, con una superficie de 1,06 hectáreas y una profundidad máxima de 1,20 metros, y se caracteriza por presentar una lámina de agua semi-permanente (DGOH 1990). La cuenca del humedal está formada por conglomerados, margas, arcillas y limos del Terciario, que presentan una permeabilidad media. Se trata de una laguna artificial que aprovecha una salida de agua subterránea por flujo lateral en el contacto entre formaciones de distinta permeabilidad.



LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Núcleos de población
- Masa de agua subterránea
- Sistema de explotación
- Masa de agua superficial
- Embalses

HUMEDALES

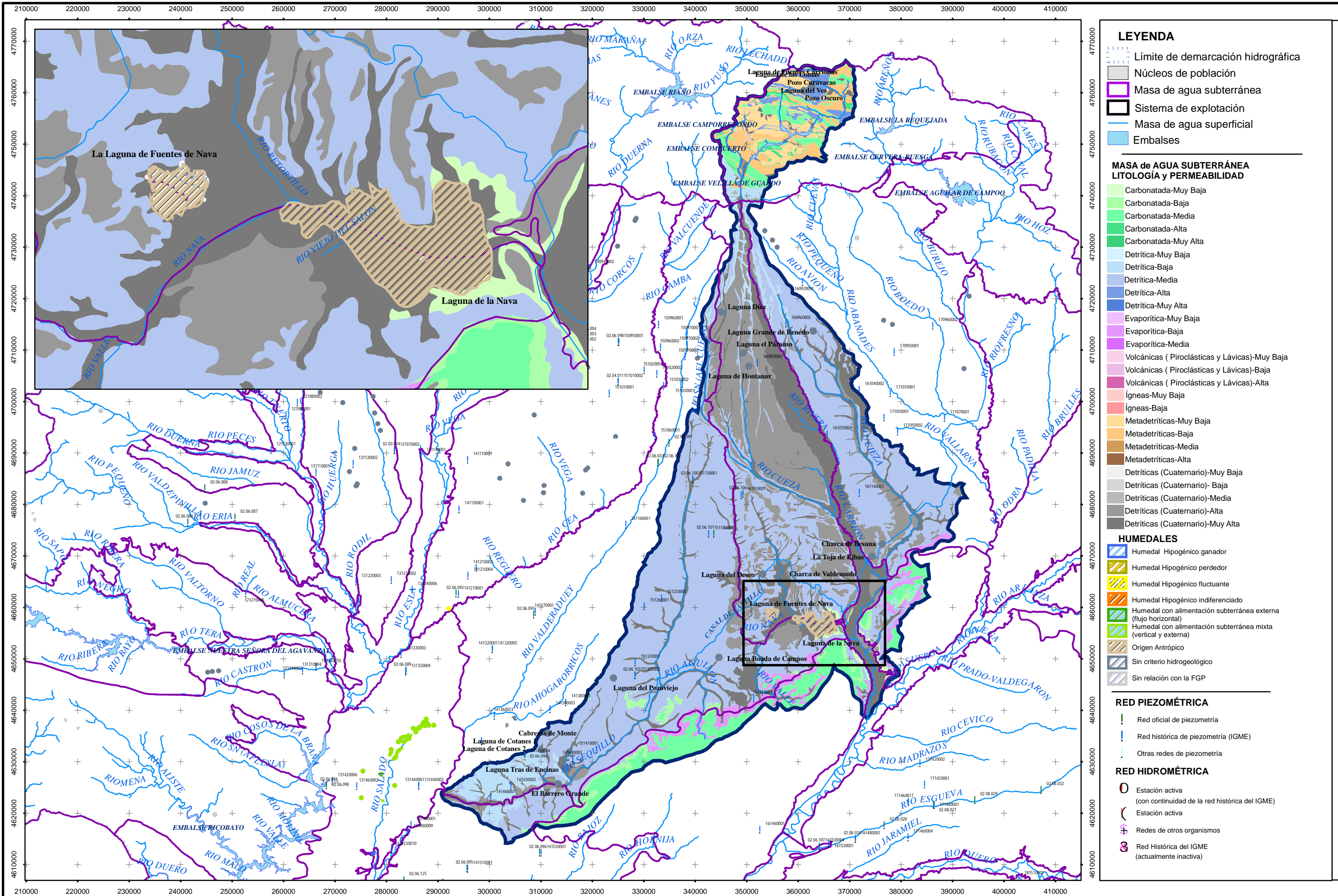
- ▨ Humedal Hipogénico ganador
- ▨ Humedal Hipogénico perdedor
- ▨ Humedal Hipogénico fluctuante
- ▨ Humedal Hipogénico indiferenciado
- ▨ Humedal con alimentación subterránea externa (flujo horizontal)
- ▨ Humedal con alimentación subterránea mixta (vertical y externa)
- ▨ Origen Antrópico
- ▨ Sin criterio hidrogeológico
- ▨ Sin relación con la FGP

RED PIEZOMÉTRICA

- Red oficial de piezometría
- Red histórica de piezometría (IGME)
- Otras redes de piezometría

RED HIDROMÉTRICA

- Estación activa (con continuidad de la red histórica del IGME)
- Estación activa
- ⊕ Redes de otros organismos
- ⊗ Red Histórica del IGME (actualmente inactiva)



6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

La información utilizada para la elaboración del estudio se ha basado en los datos foronómicos de la red oficial de aforos y de los inventarios de manantiales; en la bibliografía de estudios previos (balances y modelos); y en los datos de las redes piezométricas disponibles en la página web de la Confederación Hidrográfica del Duero (www.chduero.es).

Con objeto de cumplimentar la información existente sobre el sistema de explotación 021.04 Carrión, y a fin de aclarar las cuestiones en las que se ha detectado cierto grado de incertidumbre, se propone la realización de los siguientes estudios:

- Actualizar y revisar el inventario de manantiales y efectuar mediciones periódicas de caudal en los puntos más importantes (manantiales principales al menos) ya que únicamente existe un dato de caudal en cada surgencia, obtenido en el momento en que se inventariaron.
- Efectuar una campaña de aforos a lo largo de, al menos, un año hidrológico para controlar los ríos Sequillo, Nava y Cueva, así como la cabecera del Carrión. Con esta campaña se podrá cuantificar la relación río-acuífero en los tramos de río sobre estos cauces, y decidir si es interesante definir más tramos de conexión río-acuífero con las seis FGP's declaradas.
- Mantener un registro de los caudales derivados y vertidos por los canales y acequias principales del sistema de explotación Carrión, con el objeto de eliminar la interferencia que estas infraestructuras producen en los caudales registrados en las estaciones de aforo de la red oficial de estaciones de aforos (ROEA), especialmente en los cursos bajos de los ríos estudiados.

Con objeto de mejorar y complementar la información foronómica actual se propone la realización de aforos en 5 puntos situados en los cauces de los ríos Cueva, Sequillo y Nava. Las características de los puntos propuestos se muestran en la siguiente tabla.

Nº estación	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Cauce	Objetivo
EH021.04.01	347105	4689008	851	Cueza (afluente)	Controlar el caudal procedente de la cuenca alta del afluente del río Cueza
EH021.04.02	351169	4686405	854	Cueza	Controlar el caudal procedente de la cuenca alta del río Cueza
EH021.04.03	337945	4671557	768	Sequillo	Controlar el caudal procedente de la cuenca alta del río Sequillo
EH021.04.04	291151	4624073	679	Sequillo	Controlar el caudal del río Sequillo en su confluencia con el Valderaduey
EH021.04.05	348595	4658273	755	Nava	Controlar el caudal procedente de la cuenca alta del río Nava

Tabla 6. *Estaciones de control propuestas*

7. Referencias bibliográficas

- (1) CHD (1998): Plan Hidrológico de la Cuenca del Duero. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente. 15/02/2010. <http://www.chduero.es/Inicio/Planificación/Planhidrológico1998/DescargadelPlan>
- (2) CHD (2009): Sistema de Información del Duero (Portal Mírame), versión 20090730. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 15/02/2010. http://www.mirame.chduero.es/DMA Duero_09/index.faces
- (3) DGOH (1990): Estudio de las zonas húmedas de la España peninsular: Inventario y tipificación. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 435 p.
- (4) Durán J.J., García de Domingo A., López-Geta, J.A. (2003): Hydrogeological characterization of the Spanish wetlands included in the Ramsar Convention. Mapa 1:2.500.000. Instituto Geológico y Minero.
- (5) IGME (1979): Investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero. Sistemas números 8 y 12. Tomos 1-9. Instituto Geológico y Minero de España.
- (6) IGME (1980): Investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero. Sistemas números 8 y 12. Instituto Geológico y Minero de España.
- (7) IGME (1981): Estudio hidrogeológico del sistema acuífero número 9. Cuenca del Duero. Estudio hidrogeológico y planos. Instituto Geológico y Minero de España.
- (8) IGME (1982): Plan Hidrológico Nacional. Cuenca del Duero. Recursos subterráneos. Instituto Geológico y Minero de España.
- (9) IGME (1984): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 104 Boñar. Instituto Geológico y Minero de España.
- (10) IGME (1985): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 106 Camporredondo de Alba. Instituto Geológico y Minero de España.

- (11) IGME-CH Duero (2008): Integración de las masas de aguas subterráneas en el modelo de gestión de la cuenca hidrográfica del Duero. Determinación de los parámetros de simulación (Coeficientes de agotamiento). Memoria y apéndices.
- (12) IGME-DGA (2006): Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España a escala 1/200.000. Instituto Geológico y Minero de España y Dirección General del Agua. Convenio para la realización de trabajos técnicos en relación con la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de agua subterránea. Formato CD-ROM.
- (13) ITGE (1989): Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Industria y Energía. Segunda edición. Madrid, 1993. 600 p.
- (14) ITGE (1991): Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja 19 (4-3) León. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- (15) ITGE (2000): Unidades Unidades hidrogeológicas de España. Mapa a escala 1:1.000.000 y datos básicos. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid, 2000. Memoria y CD-ROM.
- (163) MMA (2006): Base documental de los humedales españoles (BDHE, Versión 4, abril 2006). Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Formato digital.
- (17) MOPTMA-MINER (1994): Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Dirección General de Calidad de las Aguas (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente) e Instituto Tecnológico Geominero de España (Ministerio de Industria y Energía), Madrid, 135 p.

8. Bibliografía de interés

CEDEX (2004): Caracterización de los tipos de ríos y lagos. Análisis de las características de las demarcaciones. Julio de 2004. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Fomento.

CHD (2005): Informe Resumen de los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Demarcación Hidrográfica del Duero. Versión 7.1. Marzo de 2005. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente. 15/02/2010. <http://www.chduero.es/Inicio/Planificación/Planhidrológico2009/Informe2005>

CHD (2007): Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente. Valladolid, marzo de 2007. <http://www.chduero.es/Inicio/Planificación/Plandesequías2007/Versiónfinal>

IGME (1975): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 236 Astudillo. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1975): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 274 Torquemada. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1980): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 341 San Pedro de Latarce. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1980): Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero con fines de ubicación de posibles captaciones para abastecimientos urbanos. Modelo de simulación del flujo subterráneo en la cuenca del Esla. Tomo I: Memorias y Anejos. Tomo II: Planos. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1981): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 309 Villalpando. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 164 Saldaña. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 197 Carrión de los Condes. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 235 San Cebrián de Campos. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 273 Palencia. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 311 Dueñas. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1985): Actualización de la síntesis del terciario continental de la cuenca del Duero. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1994): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 81 Potes. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1997): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 312 Baltanas. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2004): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 196 Sahagún. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2004): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 234 Villada. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2005): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 163 Almanza. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2007): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 272 Villalón de Campos. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2007): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 310 Medina de Rioseco. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (2007): Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja 342 Villabrágina. Instituto Geológico y Minero de España.

ITGE (1989): Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja 29 Valladolid. Instituto Tecnológico Geominero de España.

MMA (2007): Anuario de aforos 2005-2006. Dirección General del Agua (Ministerio de Medio Ambiente) y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento). Formato CD-ROM. 15/02/2010. <http://hercules.cedex.es/anuarioaforos>

Anejo 1. Tabla de estaciones de control

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. 021.04 Carrión

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	
2023	Río Carrión en Celadilla del Río	2	02RI1744	Carrión	Influenciado	Situada aguas abajo de los embalses del Carrión	021.04	Carrión	Carbonatos mesozoicos	021.04.001	Río Carrión	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes	Interior
									Detríticas terciarias				
									Rañas pliocuaternarias				
									Aluvial				
2034	Río Besandino en Besande	2	02RI1160	Besandino	Natural		021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2035	Río Besandino en Otero de Guardo	2	02RI1160	Besandino	Natural		021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2037	Río Carrión en Compuerto (embalse)	1	02HM1191	Carrión	Influenciado	Situada aguas abajo de los embalses del Carrión	021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2038	Río Carrión en Azud de Veladilla	1	02HM1191	Carrión	Influenciado	Situada aguas abajo de los embalses del Carrión	021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2039	Río Cueva en Castrillejo de la Olma	1	02RI1851	Cueva	Influenciado	Se encuentra influenciada por tomas	021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2040	Río Carrión en Villoldo	2	02RI1764	Carrión	Influenciado	Se encuentra influenciada por tomas	021.04	Carrión	Aluvial	021.04.002	Río Carrión	Conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables	Interior
2041	Río Ucieza en Villalcázar de Sirga	2	02RI1686	Ucieza	Natural		021.04	Carrión	Detríticas terciarias	021.04.009	Río Ucieza	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efluentes	Final
									Aluvial				
2042	Río Carrión en Palencia	2	02RI1764	Carrión	Influenciado	Se encuentra influenciada por tomas	021.04	Carrión	Calizas del Páramo	021.04.003	Río Carrión	Conexión puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Interior
									Aluvial				
2108	Río Carrión en el embalse de Camporredondo	2	02HM1093	Carrión	Influenciado	Situada aguas abajo del embalse de Camporredondo	021.04	Carrión	-	-	-	-	-
2124	Río Sequillo en Medina de Rioseco	2	02RI1442	Sequillo	Influenciado	Se encuentra influenciada por tomas	021.04	Carrión	Aluvial	021.04.007	Río Sequillo	Conexión difusa indirecta por efecto ducha en cauces variables	Interior

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. 021.04 Carrión

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	
2134	Río Carrión en Guardo	2	02RI1744	Carrión	Influenciado	Situada aguas abajo de los embalses del Carrión	021.04	Carrión	Carbonatos mesozoicos	021.04.001	Río Carrión	Conexión difusa indirecta por flujo profundo en cauces efuentes	Origen
									Detríticas terciarias				
									Rañas pliocuaternarias				
									Aluvial				
2401	Río seco - Desagüe	2	02AR0101	Canal de Castilla	Influenciado	Estación de aforo situada en el Canal de Castilla	021.04	Carrión	-	-	-	-	

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. 021.04 Carrión

Sistema de Explotación			021.04	Carrión	LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES								
Código de la demarcación hidrográfica			021	Duero									
Código del manantial	Código del manantial IGME - CHD	Nombre del manantial	Tramo relación río-acuífero asociado	Formación geológica asociada	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial	Datos de Caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME
					Coordenadas UTM-Huso 30	Coordenadas UTM-Huso 30	Cota del manantial		Caudal histórico IGME	Mínimo	Promedio	Máximo	
	150980009	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	343054	4709184	975		1,94	-	-	-	Desconocido
	150980010	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342288	4707958	978		0,50	-	-	-	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
	151040001	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341162	4699972	915		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040002	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341264	4700146	915		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040003	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341411	4699771	885		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040004	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341306	4699271	885		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040005	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341707	4699319	886		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040006	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342056	4704868	955		1,11	-	-	-	Desconocido
	151040007	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342501	4704316	935		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040008	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342649	4704115	950		1,11	-	-	-	Desconocido
	151040009	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342393	4703416	955		0,56	-	-	-	Desconocido
	151040010	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342426	4707217	950		0,56	-	-	-	Desconocido

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. 021.04 Carrión

Sistema de Explotación			021.04	Carrión	LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES								
Código de la demarcación hidrográfica			021	Duero									
Código del manantial	Código del manantial IGME - CHD	Nombre del manantial	Tramo relación río-acuífero asociado	Formación geológica asociada	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial	Datos de Caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME
					Coordenadas UTM-Huso 30	Coordenadas UTM-Huso 30	Cota del manantial		Caudal histórico IGME	Mínimo	Promedio	Máximo	
	151080002	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341835	4696898	888		1,11	-	-	-	Desconocido
	151080003	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	342199	4697866	925		1,11	-	-	-	Desconocido
	151080004	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	340934	4696772	900		0,56	-	-	-	Desconocido
	151080006	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	341146	4697556	820		0,56	-	-	-	Desconocido
	151080007	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	343438	4697160	911		0,28	-	-	-	Abastecimiento a núcleos urbanos
	151080011	-	021.04.004	Rañas pliocuaternarias	345869	4689140	855		0,28	-	-	-	Desconocido
	151070018	-	021.04.006	Detríticas terciarias	339021	4695382	855		1,11	-	-	-	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
	151070024	-	021.04.006	Detríticas terciarias	339056	4696482	870		0,56	-	-	-	Desconocido
	151070025	-	021.04.006	Detríticas terciarias	339280	4696381	870		0,56	-	-	-	Desconocido
	151070026	-	021.04.006	Detríticas terciarias	338859	4693982	855		0,56	-	-	-	Desconocido
	151070027	-	021.04.006	Detríticas terciarias	339759	4693978	855		0,56	-	-	-	Desconocido
	151080009	-	021.04.006	Detríticas terciarias	341093	4692071	855		0,28	-	-	-	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)

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. 021.04 Carrión

Sistema de Explotación			021.04	Carrión	LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES								
Código de la demarcación hidrográfica			021	Duero									
Código del manantial	Código del manantial IGME - CHD	Nombre del manantial	Tramo relación río-acuífero asociado	Formación geológica asociada	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial	Datos de Caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME
					Coordenadas UTM-Huso 30	Coordenadas UTM-Huso 30	Cota del manantial		Caudal histórico IGME	Mínimo	Promedio	Máximo	
	151080010	-	021.04.006	Detríticas terciarias	344192	4691853	882		0,28	-	-	-	Abastecimiento a núcleos urbanos

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. 021.04 Carrión

Sistema de Explotación		021.04		Carrión		LISTADO DE OTROS MANANTIALES
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica		021		Duero		
Código del manantial	Código IGME del manantial	Ubicación geográfica			Datos de Caudales (l/s)	Uso del manantial-IGME
		Coordenadas UTM-Huso 30	Coordenadas UTM-Huso 30	Cota del manantial	Caudal histórico IGME	
	150780001	344630	4752030	1410	1,67	Ganadería
	151070029	339694	4692228	850	0,00	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
	160710001	349460	4758080	1725	1,00	Abastecimiento a núcleos urbanos
	160710002	351280	4757600	1560	1,00	Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)
	160710003	352180	4755870	1760	0,03	No se utiliza
	160710004	354730	4760070	1750	0,11	No se utiliza
	160710005	354680	4760070	1760	0,11	No se utiliza
	160720001	356000	4758010	1470	0,06	No se utiliza
	160720002	356710	4758100	1420	0,00	No se utiliza
	160730001	363090	4754730	1390	1,00	No se utiliza
	160730002	367350	4756780	1640	1,00	Desconocido
	160730003	367600	4756410	1560	0,50	Desconocido
	160730004	366240	4756490	1500	2,00	Desconocido
	160740002	370000	4756110	1520	0,50	Desconocido
	160750001	353380	4752950	1510	0,11	Ganadería
	160750002	351760	4750550	1425	0,17	Ganadería
	160750003	348650	4746400	1200	0,00	No se utiliza
	160750004	349720	4744390	1160	2,50	No se utiliza

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. 021.04 Carrión

Sistema de Explotación		021.04		Carrión		LISTADO DE OTROS MANANTIALES
Código de la demarcación hidrográfica donde se ubica		021		Duero		
Código del manantial	Código IGME del manantial	Ubicación geográfica			Datos de Caudales (l/s)	Uso del manantial-IGME
		Coordenadas UTM- Huso 30	Coordenadas UTM- Huso 30	Cota del manantial	Caudal histórico IGME	
	160750005	354380	4746730	1315	4,00	Abastecimiento y agricultura
	160750006	354400	4746800	1322	0,33	Abastecimiento a núcleos urbanos
	160760001	358350	4747890	1550	0,22	No se utiliza
	160760002	358380	4747590	1500	0,19	Desconocido
	160760003	361300	4749240	1490	4,00	Ganadería