

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

DOMINIO DEL SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA



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.SJ SINCLINAL JACA-PAMPLONA

ÍNDICE

1. CARACTERIZACIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y DATOS PREVIOS.....	1
1.2 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.....	5
1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad.....	5
1.2.2 Estructura geológica.....	8
1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico.....	12
2. ESTACIONES DE CONTROL Y MEDIDAS DE CAUDALES	18
2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS	18
2.2 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE CONTROL HIDROMÉTRICO.....	20
2.3 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA.....	21
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE RÍO RELACIONADOS CON ACUÍFEROS	25
3.1 IDENTIFICACIÓN	26
3.2 MODELO CONCEPTUAL	53
3.3 RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO	84
4. MANANTIALES	116
4.1 MANANTIALES PRINCIPALES	116
4.2 RESTO DE MANANTIALES.....	137
5. ZONAS HÚMEDAS	139
5.1 IDENTIFICACIÓN Y MODELO CONCEPTUAL.....	139
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y PROPUESTA DE ACTUACIONES	146
6.1 VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN UTILIZADA Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	146
6.2 PROPUESTA DE ACTUACIONES.....	148
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149

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.SJ SINCLINAL JACA-PAMPLONA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Unidades estructurales de la cadena pirenaica, en la que se integra el Dominio del Sinclinal de Jaca-Pamplona.....	9
Figura 2. Esquemas estructurales de la unidad de Gavarnie entre la terminación occidental de la Zona Axial y las Sierras Exteriores en Navarra (corte superior) y entre la Sierras Interiores y Exteriores Aragonesas (corte inferior)	11
Figura 3. Corte geológico de las Sierras Interiores del valle de Aragués (Fte: Teixell, 1995).....	11
Figura 4. Corte geológico esquemático de la Sierra de Guara	12
Figura 5. Mapa y cortes geológicos de la MASb Alto Arga – Alto Irati.....	26
Figura 6. Esquema hidráulico de funcionamiento de Larra (López, J., 1986)	31
Figura 7. Corte geológico representativo de la MASb 091.29 Sierra de Alaiz.....	37
Figura 8. Cortes geológicos representativos de la MASb 091.031 Sierra de Leyre	41
Figura 9. Corte geológico esquemático representativo de la MASb 091.032 Sierra Tendeñera–Monte Perdido (orientación S-N).....	43
Figura 10. Cortes geológicos representativos de la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara	49
Figura 11. Esquema de la génesis hidrogeológica de los manantiales de Belagua. Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 118.	57
Figura 12. Contexto geológico de la surgencia del manantial de Los Corralones (tramo 091.027.005). Corte tomado de Teixell, 1995.....	60
Figura 13. Esquema de flujos subterráneos en el batolito granítico de Panticosa (Fte, IGME 1994).....	64
Figura 14. Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Foz de Aspurtz (tramo 091.031.002). Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.	70
Figura 15. Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Foz de Aspurtz (tramo 091.031.002). Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.	71
Figura 16. Imagen del Congosto de las Devotas en estiaje (tramo 091.032.010).....	77
Figura 17. Descomposición por el método Barnes de los hidrogramas de las estaciones de aforos AN532 (izda) y AN531 (dcha).....	85
Figura 18. Análisis del hidrograma EA nº 164 (Ara en Torla).....	103

Figura 19.	Descomposición del hidrograma (método Barnes) de la estación de aforos nº 164 (Ara en Torla).....	104
Figura 20.	Análisis de la curva de agotamiento de la EA 46 (Vero en Lecina).....	112
Figura 21.	Descomposición del hidrograma promedio mensual de la EA 46 (Vero en Lecina) mediante el método de Barnes	112
Figura 22.	Imágenes de la marmita del colector principal (izda.) y meandro principal (dcha.) del nacedero de Mozarre (Abendaño, V., 1999)	117
Figura 23.	Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Fte. del Pastor. Tomado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.	126
Figura 24.	Vista de las aguas del manantial de Tiermas, justo cuando el nivel del embalse de Yesa las alcanza	127
Figura 25.	Funcionamiento hidrogeológico del sistema cárstico Arañonera, que descarga en el Manantial de Sta. Elena	129
Figura 26.	Funcionamiento hidrogeológico del sistema cárstico Fuentes de Escuaín (tomado de Puch, C., 2002).....	131
Figura 27.	Esquema estructural de la génesis del manantial de Fuenmayor (Cuchí, J.A., et al., 2005)	133
Figura 28.	Hidrograma del manantial de Fuenmayor desde 2000 al verano de 2005 (tomado de Cuchí, J.A., 2005).....	135
Figura 29.	Vista de la surgencia del Manantial de Lecina	136
Figura 30.	Vista del embalse de Ip, encuadrado en el circo de Ip (tomado de www.lacdespyrenees.com)	140
Figura 31.	Vista del Embalse de Respomuso	142
Figura 32.	Vista del lago de Marboré, con las calizas arenosas sobre las que se asienta (tomado de Benito Alonso, J.L., 2005).....	143
Figura 33.	Descomposición del hidrograma, por el método Barnes, de la EA nº 80 (Veral en Zuriza)	147

**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.SJ SINCLINAL JACA-PAMPLONA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Masas de Agua Subterránea incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona	3
Tabla 2. Correspondencia entre Masas de Agua Subterránea y Unidades Hidrogeológicas incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal Jaca-Pamplona.....	3
Tabla 3. FGPs principales en las MASb y Unidades Hidrogeológicas incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona.....	8
Tabla 4. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos	19
No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en la Cuenca del Ebro y, por tanto, no existe red de control hidrométrico oficial en esta masa de aguas subterráneas. No obstante, el Gobierno de Navarra (GN) mantiene estaciones de control hidrométrico en cauces y manantiales que tiene interés hidrogeológico.	20
Tabla 5. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de control hidrométrico de aguas subterráneas	20
Tabla 6. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico	23
Tabla 7. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.025 Alto Argá-Alto Irati	30
Tabla 8. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.026 Larra	32
Tabla 9. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera.....	35
Tabla 10. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.028 Alto Gállego.....	36
Tabla 11. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.029 Sierra de Alaiz	38
Tabla 12. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona	40
Tabla 13. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.031 Sierra de Leyre	43

Tabla 14. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido	47
Tabla 15. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara.....	52
Tabla 16. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati	56
Tabla 17. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.026 Larra.....	57
Tabla 18. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera.....	63
Tabla 19. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.028 Alto Gállego	65
Tabla 20. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.029 Sierra de Alaiz	66
Tabla 21. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona	69
Tabla 22. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.031 Sierra de Leyre	73
Tabla 23. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido	78
Tabla 24. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.033 Santo Domingo-Guara.....	84
Tabla 25. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati	87
Tabla 26. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.026 Larra	89
Tabla 27. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera	95
Tabla 28. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.028 Alto Gállego	96
Tabla 29. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.029 Sierra de Alaiz	97
Tabla 30. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona	99
Tabla 31. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.031 Sierra de Leyre	102
Tabla 32. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido.....	106
Tabla 33. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.033 Santo domingo-Guara	114
Tabla 34. Humedales asociados al dominio hidrogeológico Sinclinal de Jaca-Pamplona	144

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.SJ SINCLINAL JACA-PAMPLONA

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de situación de la Masa de Agua Subterránea	4
Mapa 2.	Mapa de permeabilidades	17
Mapa 3.	Mapa de estaciones de control y medida de caudales	24
Mapa 4.	Mapa sinóptico de la relación río-acuífero	115
Mapa 5.	Mapa de manantiales	138
Mapa 6.	Mapa de zonas húmedas	145

1. Caracterización de MASAS de AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 *Identificación, morfología y datos previos*

El Dominio Hidrogeológico Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona corresponde al sector central de la gran estructura pirenaica, delimitada dentro del ámbito territorial de la Cuenca del Ebro por los ríos Arga al O y Cinca al E¹. A grandes rasgos, el dominio se identifica con la Cuenca turbidítica de Jaca-Pamplona, cuya estructura corresponde a un gran sinclinal, y que está limitada al N por las Sierras Interiores Prepirenaicas (Ezcaurri, Telera, Tendeñera y Monte Perdido) y al S por las Sierras Exteriores Prepirenaicas (Santo Domingo, Graba, Gabardiella y Guara). Ocupa una extensión de 9.252 Km², que representa el 10,81% de la superficie total de la demarcación hidrográfica del Ebro. El 11,67% de la superficie definida por el Dominio corresponde a afloramientos de formaciones impermeables, donde no han sido definidas Masas de Aguas Subterráneas. Dentro del Dominio se encuentran definidas algunas masas de aguas subterráneas (MASb) que incluyen las mayores alturas del territorio peninsular, por encima de los 3.000 msnm, con lo que se caracterizan por ser MASb de alta montaña.

El límite septentrional se define con carácter general por la divisoria hidrográfica de la Cuenca del Ebro, ubicada generalmente en los afloramientos hercínicos del pirineo axial, si bien puntualmente se verá modificado por la presencia de las calizas devónicas-carboníferas cuando éstas adquieren relevancia hidrogeológica por su extensión o conexión con los acuíferos mesozoicos. Desde el río Arga el límite se hace coincidir con la divisoria hidrográfica del Ebro hasta la cabecera del río Belagua, donde se emplazan los extensos afloramientos del Cretácico sup. del carst de Larra. En esta zona la divisoria hidrogeológica no coincide con la hidrográfica, de ahí que se haya establecido el límite por la divisoria hidrogeológica, que se adentra en Francia por la garganta de Kakoueta hasta el río Uhaitza y hacia el E se cierra en el contacto Cretácico-Paleozoico inmediatamente al E del pico Auñamendi. Continúa el límite en territorio francés incluyendo los afloramientos de calizas devónicas de Acherito, entre la Gave d'Ansabère y la cabecera del río Subordán, por la divisoria hidrográfica. En la mitad oriental del dominio, el límite septentrional se define por la divisoria hidrográfica, ubicada sobre el paleozoico del pirineo axial, salvo en la zona de Candanchú en el que éste se vuelve a trazar por las calizas devónicas del entorno del ibón de Estanés.

¹ La elección de los ríos como límites laterales obedece a criterios hidrogeológicos y de gestión, así como a geológicos (considerando cambios laterales de facies) y estructurales.

El límite oriental lo constituye el río Cinca, que constituye el curso fluvial que se sitúa a menor cota y, por tanto, configura el nivel de base de las descargas de los acuíferos pirenaicos que atraviesa (manantiales de Puyaruego, Chorros de Fornos, congosto de Las Devotas y congosto de Ólvena).

El límite meridional lo establece, con carácter general, el Cabalgamiento Frontal Surpirenaico (CFS). De O a E y desde el río Cinca lo marca la traza N del anticlinal de Barbastro, formado por un retrocabalgamiento que limita el dominio pirenaico al N con la Depresión del Ebro al S. Hacia el NE se desplaza el límite hasta las proximidades de San Julián de Banzo, en las estribaciones del sector occidental de la Sierra de Guara. En esta zona, el CFS está fosilizado por conglomerados oligocenos, con lo que el límite se desplaza algo hacia el S incluyéndolos y, posteriormente, según una falla intraoligocena que discurre al O de la Sierra de Santo Domingo hasta alcanzar el río Aragón a la altura de la población de Caseda. Posteriormente el río Aragón toma el relevo como límite hasta Sangüesa, donde continúa por el río Iratí hasta la falla de Loiti (o más bien conjunto de fallas más o menos paralelas con dirección E-O). Este accidente marca la separación entre sedimentos marinos paleocenos y eocenos, y los detríticos continentales del Oligoceno. Hacia el O el límite continúa por el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz (continuación de la estructura anterior) para enlazar cerca de la población de Eneriz con la traza del retrocabalgamiento del flanco N del anticlinal de Puente la Reina y su terminación en el río Arga.

El límite occidental lo configura el río Arga², que se comparte con el límite oriental del dominio Vasco-Cantábrico, si bien éste último se define desde un punto de vista estrictamente geológico en la “zona de flexión de Estella”, materializada por la zona de diapiros de Ollo, Salinas de Oro, Alloz y Estella, con intensa fracturación interna.

Conviene aclarar que no se encuentran incorporados en este dominio los aluviales de los grandes ríos pirenaicos cuando discurren sobre materiales poco permeables, aunque se trate de importantes extensiones aluviales que cada vez son más objeto de explotación y, por tanto, van implicando mayor relevancia. Estos tramos se corresponden principalmente con el aluvial del Iratí, en el tramo Aoiz-Lumbier; el aluvial del Aragón, en el tramo Jaca-Yesa y en Sangüesa, y el aluvial del Gállego, en el tramo Biescas-Sabiñánigo.

En la Tabla 1 aparece la relación de MASb que integran el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca–Pamplona y el porcentaje de área de cada MASb dentro del mismo.

² Desde un enfoque hidrogeológico (y de gestión) se ha hecho coincidir el límite con el río Arga, netamente ganador en la práctica totalidad del recorrido.

Masas de Agua Subterránea (MASb)		Superficie (m ²)	% de MASb en el Dominio Hidrogeológico
091.025	ALTO ARGA – ALTO IRATI	158.015,35	18,46
091.026	LARRA	6.270,12	0,73
091.027	EZCAURRE – PEÑA TELERA	37.634,19	4,40
091.028	ALTO GÁLLEGO	29.618,07	3,46
091.029	SIERRA DE ALAIZ	27.854,51	3,25
091.030	SINCLINAL DE JACA – PAMPLONA	406.628,69	47,50
091.031	SIERRA DE LEYRE	49.050,88	5,73
091.032	SIERRA TENDEÑERA – MONTE PERDIDO	57.178,96	6,68
091.033	SANTO DOMINGO - GUARA	83.823,78	9,79
SUMA		856.074,55	

Tabla 1. Masas de Agua Subterránea incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona

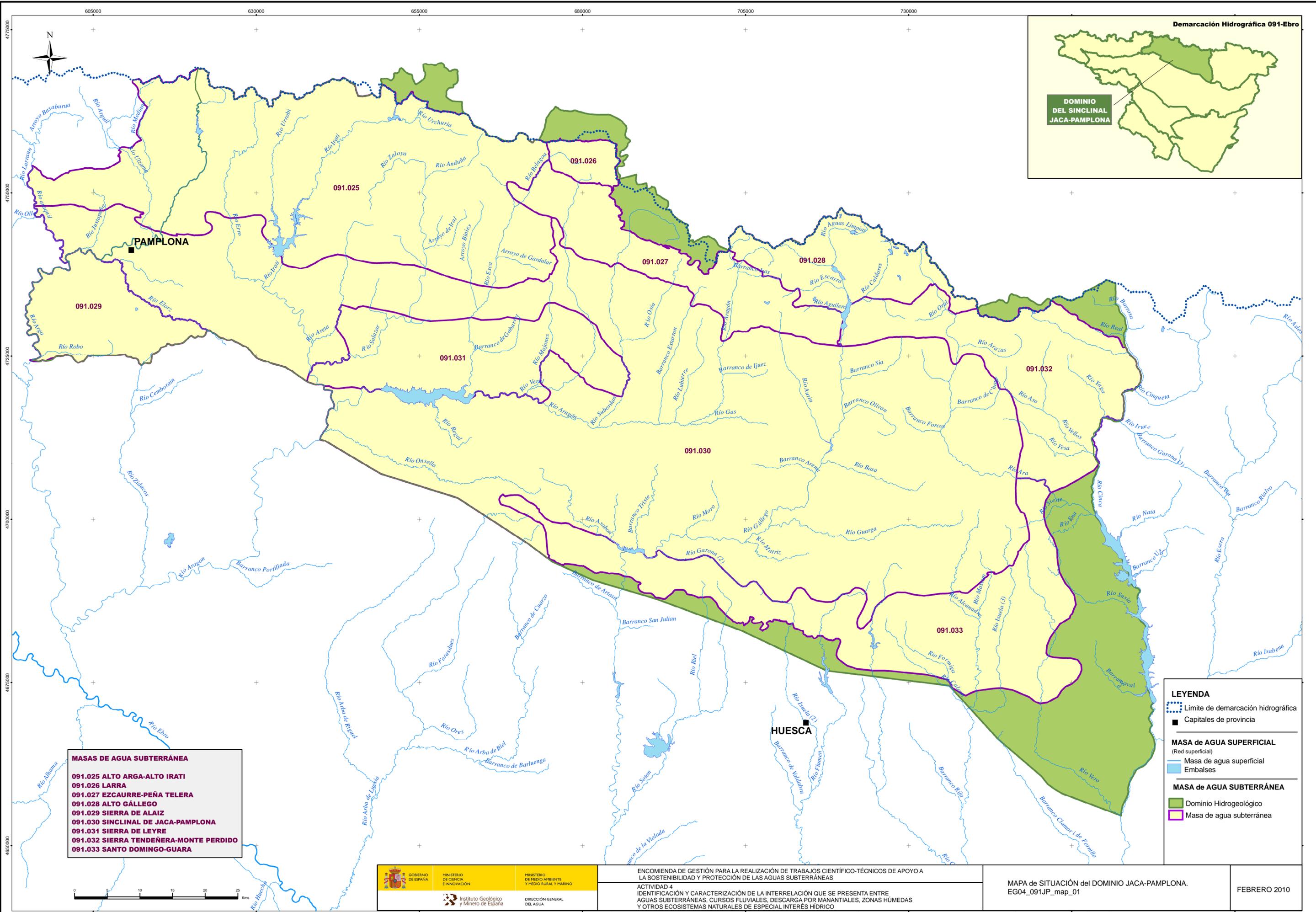
En la Tabla 2 aparece la correspondencia entre las MASb definidas y las Unidades Hidrogeológicas del Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona.

Masas de Agua Subterránea (MASb)		Unidades Hidrogeológicas	
091.025	ALTO ARGA – ALTO IRATI	2.01	Alto Itati
091.026	LARRA	2.21	Larra
091.027	EZCAURRE – PEÑA TELERA	2.04	Ezcaurri - Peña Telera
091.028	ALTO GÁLLEGO		
091.029	SIERRA DE ALAIZ	2.02	Sierra de Alaiz
091.030	SINCLINAL DE JACA – PAMPLONA		
091.031	SIERRA DE LEYRE	2.03	Sierra de Leyre
091.032	SIERRA TENDEÑERA – MONTE PERDIDO	2.05	Sierra Tendeñera – Monte Perdido
091.033	SANTO DOMINGO - GUARA	2.06	Santo Domingo – Guara

Tabla 2. Correspondencia entre Masas de Agua Subterránea y Unidades Hidrogeológicas incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal Jaca-Pamplona

Los principales ríos y cauces relacionados que se encuentran en el Dominio del Sinclinal de Jaca-Pamplona son, de O a E para cada una de las MASb establecidas, los siguientes: Arga, con sus afluentes Elorz y Robo; Irati y sus afluentes Erro, Urrobi, Areta y Salazar; Aragón y sus afluentes Belagua, Osía, Estarrún, Esca, Veral, Subordán y Cidacos; Gállego y su afluente Aurín; Cinca y sus afluentes Arazas, Ara, Vellós y Yesa; Isuela; Flumen; Guatizalema, Alcanadre y sus afluentes Calcón y Formiga; Balcés y Vero.

Además, se hayan situados en el dominio numerosos embalses y 11 humedales con figura de protección, la mayoría de ellos en la MASb 091.028 Alto Gállego, sin que se haya podido definir relación río-acuífero con FGP alguna, salvo el caso del Lago de Marboré en el que se propone como hipótesis de trabajo el potencial vínculo con el tramo definido 091.032.009-Manantiales de Javierre.



- MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**
- 091.025 ALTO ARGA-ALTO IRATI
 - 091.026 LARRA
 - 091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
 - 091.028 ALTO GÁLLEGO
 - 091.029 SIERRA DE ALAIZ
 - 091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
 - 091.031 SIERRA DE LEYRE
 - 091.032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
 - 091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

LEYENDA

- Límite de demarcación hidrográfica
- Capitales de provincia

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA

- Dominio Hidrogeológico
- Masa de agua subterránea



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
INstituto Geológico y Minero de España

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

MAPA de SITUACIÓN del DOMINIO JACA-PAMPLONA.
EG04_091JP_map_01

FEBRERO 2010

1.2 Contexto Hidrogeológico

1.2.1 Litoestratigrafía y permeabilidad

Las formaciones geológicas permeables (FGPs) existentes en el Dominio Hidrogeológico Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, correspondiendo tanto a materiales ígneos de la zona axial como a los depositados durante el Mesozoico y Paleógeno en la Cuenca Pirenaica y posteriormente tectonizados durante la Orogenia Alpina. Son las rocas carbonatadas del Cretácico sup. y, en especial, las del Eoceno, las que dan lugar al establecimiento de las principales FGPs del Dominio.

A continuación se describen, a grandes rasgos, la naturaleza y características de las FGPs que se identifican en el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, tanto las que tienen una relevancia hidrogeológica a escala regional, al encontrarse en numerosas MASb que integran el Dominio, como menor relevancia o carácter local (presentes en una única MASb).

- FGP Batolito de Panticosa, constituido por granitos y granodioritas del Paleozoico presentes en la zona axial pirenaica y que conforma una FGP con importante fisuración en la que se localizan flujos locales, presentes en el manto de alteración y los aluviales y coluviales del circo de Panticosa, y un flujo profundo, que discurre verticalizado por las fracturas del granito unos 3.000 m, de manera que en su punto de descarga aparecen aguas termales con temperaturas cercanas a los 47°C. Tiene relevancia hidrogeológica únicamente en la MASb Alto Gállego (091.028).
- FGP Devónico med.-Carbonífero inf., de naturaleza carbonatada y con comportamiento cárstico *sensu stricto*, se trata de un conjunto acuífero permeable por fisuración y, en menor medida, por carstificación, fuertemente compartimentado y que presenta confinamientos locales. Tiene relevancia hidrogeológica en las MASb Ezcaurre-Peña Telera (091.027), Sierra Tendeñera-Monte Perdido (091.032) y, en menor medida, Alto Gállego (091.028), con lo que se considera un acuífero de complicada tectónica y de alta montaña. En el primer caso, la FGP está definida por los grupos litológicos Calizas del Tobazo, con entre 180 y 280 m; Capas de Lazerque, con entre 40 y 70 m; Calizas Griotte, con entre 30 y 40 m; y Calizas de Chourique, con 50 m. En el segundo, los niveles calcáreos del Devónico sup. incluyen miembros del Gr. Dalle, que incluye unos 200 m de calizas tableadas negras en el valle de Otal, 125 m de calizas masivas arrecifales en la zona del puerto de Bujaruelo y unos 150 m de las calizas del pico de La Canau en la cabecera del valle de Pineta. El impermeable de base lo constituyen los materiales del Devónico inf. de la Fm. Capas de Atxerito.
- FGP Muschelkalk, constituida por dolomías tableadas y calizas, con un espesor medio de 50 a 100 m. Tiene relevancia hidrogeológica en la MASb Santo Domingo-Guara (091.033).

El impermeable de base lo constituyen los materiales del Bundsandstein y a techo lo confinan las facies margoevaporíticas del Keuper.

- FGP Cretácico sup.. Esta FGP tiene un carácter regional y está considerada como suma de niveles de naturaleza calcárea, que se caracteriza por su permeabilidad por fisuración y carstificación, teniendo un comportamiento cárstico *sensu stricto*. Está constituida por unos 150 m de dolomías y calizas masivas del Santoniense en la zona del domo Oroz-Betelu (MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati), unos 300 m de unas calizas y dolomías arenosas en la Sierra de Alaiz (MASb 091.029 Sierra de Alaiz), unos 400 m conformados por calizas con prealveolinas, calizas de Larra (o “Los Cañones”) y calcarenitas en la MASb 091.026 Larra y por calcarenitas y calizas con rudistas que aparecen en las sierras interiores adosadas al pirineo hercínico. Éstas últimas tienen entre 200 y 400 m en la MASb 091.031 Sierra Tendeñera-Monte Perdido. Se identifican con la Fm. Boltaña y Fm. Guara en la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara³ y, en menor medida debido a que está fuertemente individualizado, aparecen en la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera. Esta FGP apenas tiene relevancia hidrogeológica en la MASb 091.031 Sierra de Leyre, ni se encuentra representada en lo que constituye el núcleo del sinclinal de la Cuenca de Jaca-Pamplona (MASb 091.030 Sinclinal Jaca-Pamplona).
- FGP Cretácico sup.-Eoceno med., es exclusiva de la MASb 091.033. Entre las calizas del Cretácico y las del Eoceno se intercala una serie arcillosa poco permeable (Facies Garum), que debido a su escasa potencia y la intensa tectonización, no actúan como nivel impermeable desconectando hidráulicamente ambos niveles, salvo de forma local. EL Cretácico está constituido por calizas y calcarenitas. Aflora en los sectores centrales y occidentales de la MASb con una potencia entre 50 y 100 m, mientras que los niveles permeables del Eoceno incluyen las Fm Boltaña (*Cuisiense*) y Fm Guara (*Luteciense*).
- FGP Paleoceno-Eoceno inf., de naturaleza carbonatada y tiene un comportamiento cárstico *sensu stricto*, tratándose de un conjunto acuífero permeable por fisuración y carstificación. Está formado por calizas y dolomías del Paleoceno sobre las que se asientan importantes sistemas cársticos, sobre todo en la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido, en la que es su principal FGP, y calizas del Eoceno (Fm. Boltaña y Fm. Guara en la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara). En las zonas más montañosas del pirineo oscense su potencia es mayor debido al apilamiento tectónico y la presencia de pliegues apretados. En

³ En esta MASb, entre las calizas del Cretácico y las del Eoceno se intercala una serie arcillosa poco permeable (Facies Garum), aunque debido a su escasa potencia y la intensa tectonización, no actúan como nivel impermeable desconectando hidráulicamente ambos niveles, salvo de forma local. El Cretácico está constituido por calizas y calcarenitas. Aflora en los sectores centrales y occidentales con una potencia entre 50 y 100 m. Los niveles permeables del Eoceno incluyen las formaciones Boltaña (*Cuisiense*) y Guara (*Luteciense*). En esta MASb se considera como FGP.

la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera aparecen representados por las calizas de la Foz de Biniés. No aparece en las MASb Larra (091.026), Alto Gállego (091.028) y Sinclinal de Jaca-Pamplona (091.030).

- FGP Megacapas del Flysch Eoceno, constituye la principal FGP de la MASb 091.030 Sinclinal Jaca-Pamplona, al estar esta cuenca sedimentaria rellena de los materiales del Flysch Eoceno, y tiene relevancia hidrogeológica en la MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati. Dentro de estos depósitos turbidíticos se encuentran unos niveles calcáreos (brechas calcáreas o calcarenitas) con potencias variables, que constituyen niveles acuíferos por fisuración y carstificación y tienen carácter confinado al estar embebidos por los materiales de baja permeabilidad del Flysch. Esta FGP tiene escasa relevancia hidrogeológica en las MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera y 091.031 Sierra de Leyre (donde afloran en el sector más oriental), mientras que no se encuentra representada en las MASb 091.026 Larra, 091.028 Alto Gállego, 091.029 Sierra de Alaiz, o lo hace escasamente en las MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido y 091.033 Santo Domingo-Guara.
- FGP Terciario continental, que aparece representada en las MASb 091.029 Sierra de Alaiz por las areniscas de Galar (edad Paleoceno) y los conglomerados del Perdón (edad Oligoceno-Mioceno) y en la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara por los conglomerados carbonatados Miocenos de la Fm Sariñena.
- FGP Cuaternario, asociada a formaciones aluviales que se encuentran principalmente en el río Irati, en el tramo Aoiz-Lumbier; el río Aragón, en el tramo Jaca-Yesa y en Sangüesa, y el río Gállego, en el tramo Biescas-Sabiñánigo.

MASb		UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS		FGPs principales
091.025	ALTO ARGÁ-ALTO IRATI	2.01	Alto Itati	- Cretácico sup. - Megacapas del Flysch Eoceno
091.026	LARRA	2.21	Larra	- Cretácico sup.
091.027	EZCAURRE-PEÑA TELERA	2.04	Ezcaurri-Peña Telera	- Devónico med.- Carbonífero inf. - Cretácico sup. - Paleoceno- Eoceno inf.
091.028	ALTO GÁLLEGO			- Batolito granítico de Panticosa
091.029	SIERRA DE ALAIZ	2.02	Sierra de Alaiz	- Cretácico sup. - Terciario cont.
091.030	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA			- Megacapas del Flysch Eoceno
091.031	SIERRA DE LEYRE	2.03	Sierra de Leyre	- Paleoceno- Eoceno inf.
091.032	SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	2.05	Sierra Tendeñera-Monte Perdido	- Devónico med.- Carbonífero inf. - Paleoceno- Eoceno inf.
091.033	SANTO DOMINGO-GUARA	2.06	Santo Domingo-Guara	- Muschelkalk - Paleoceno- Eoceno med.

Tabla 3. *FGPs principales en las MASb y Unidades Hidrogeológicas incluidas en el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona*

1.2.2 Estructura geológica

Desde el punto de vista geológico, el Dominio Hidrogeológico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, se encuadra dentro de la Cadena Pirenaica, cordillera de más de 1.000 km de longitud que se extiende en dirección aproximada E-O entre España y Francia. Esta cadena se construyó entre el Cretácico superior y el Mioceno inferior, involucrando rocas que incluyen un basamento paleozoico, una serie mesozoica preorogénica y otra serie mesozoica-cenozoica sinorogénica formada por materiales del Cretácico terminal y Terciario. Dentro de la Cadena Pirenaica, el Dominio se asienta en la vertiente meridional del Pirineo centro-oriental, en el que las estructuras dominantes son de dirección ONO-ESE y de vergencia S. El límite meridional lo

A grandes rasgos, de N a S, en el Pirineo meridional se diferencian varios sectores con una configuración geológica y fisiográfica específica: el Pirineo Axial, las Sierras Interiores, la Depresión intermedia y las Sierras Exteriores.

- El *Pirineo axial* se corresponde con las culminaciones topográficas de la cadena. Está formado esencialmente por rocas paleozoicas. Cuenta con importantes extensiones de rocas ígneas, los afloramientos más significativos son los macizos graníticos de Panticosa y de Madaleta.

- Adosadas al Pirineo Axial, las *Sierras Interiores* configuran una estrecha franja de rocas del Triásico, Cretácico superior, Paleoceno y Eoceno, cuya estructura consiste, de manera simplificada, en pliegues y cabalgamientos de dirección ONO-ESE.
- Al S de las Sierras Interiores se dispone una zona topográficamente deprimida conocida como *Depresión Intermedia*, formada por materiales terrígenos del Eoceno (flysch, margas azules y depósitos de transición) y por molasas del Oligoceno. Se articula en dos zonas separadas por una estructura N-S de escala kilométrica, el anticlinal de Boltaña, que separa la cuenca de Jaca al O (Dominio del Sinclinal Jaca-Pamplona) y la cuenca de Graus-Tremp al E (Dominio Sinclinal Tremp). Ambas cuencas poseen una geometría sinclinal en dirección ONO-ESE.
- Las *Sierras Exteriores* están formadas por materiales del Triásico, Jurásico, Cretácico y Eoceno, que presentan estructuras longitudinales en dirección pirenaica y transversales. Su plegamiento afecta a los materiales de la depresión del Ebro y a veces están fosilizados por éstos.

Por último, el Antepaís plegado meridional está formado por los materiales de la cuenca del Ebro, afectados por una deformación suave, y cuyo límite lo constituye el cabalgamiento frontal surpirenaico (CFS), que se encuentra fosilizado parcialmente.

Recientemente, a la luz de nuevas consideraciones estructurales y tectónicas, se ha realizado una división de la cadena en la que básicamente se identifican dos grandes zonas en función de la vergencia dominante de las estructuras (Figura 1): el Pirineo Vasco-cantábrico, con vergencia dominante norte y el Pirineo centro-oriental con vergencia dominante S, ambos separados por una estructura de primer orden denominada falla de Pamplona.

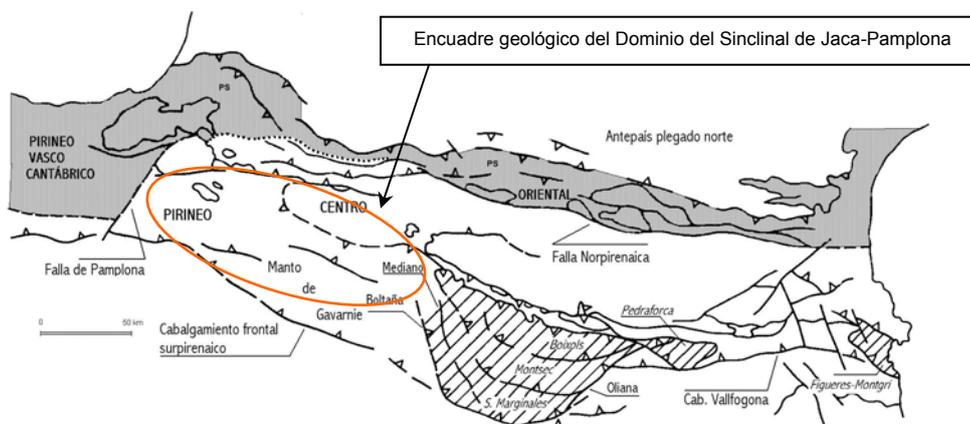


Figura 1. Unidades estructurales de la cadena pirenaica, en la que se integra el Dominio del Sinclinal de Jaca-Pamplona

Dentro del Pirineo centro-oriental (Dominios Hidrogeológicos de los Sinclinales de Jaca-Pamplona y Tremp), se distingue una zona septentrional y otra meridional con vergencias norte y sur respectivamente, separadas por la denominada falla norpirenaica (FNP). En esta división

la zona axial queda englobada dentro de la zona meridional del Pirineo centro-oriental, con una estructura definida por un apilamiento antiformal de mantos con materiales hercínicos de vergencia S. Desde la falla de Pamplona al O hasta la Unidad Surpirenaica Central se extiende el manto de cabalgamiento de Gavarnie, incluyendo las cuencas de Jaca y Ainsa. Involucra materiales del zócalo hercínico, post-silúrico fundamentalmente, y de cobertera, materiales del Cretácico sup. y Paleoceno, que están afectados por numerosos cabalgamientos (Figura 2, cortes a y b). Hacia el S, las láminas de cabalgamiento forman culminaciones y repeticiones de la serie en profundidad, como se observa en la Sierra de Leyre. En la parte interna de la cadena, la estructura alpina está definida por un amplio antiforme con inmersión hacia el O, lo que provoca la terminación periclinal de los afloramientos paleozoicos de la zona Axial. Inmediatamente hacia el S, las Sierras Interiores están constituidas por un conjunto de láminas cabalgantes de secuencia de bloque inferior vergentes al S. Su nivel de despegue se localiza en la serie cretácica (Margas de Zuriza) y dan lugar a superposiciones anormales de los materiales. La transversal del valle de Aragués refleja el aspecto típico de estas sierras, donde se ha identificado un apliamento de, al menos 5 escamas imbricadas (Figura 3), que al S quedan fosilizadas por depósitos turbidíticos, de forma que buena parte de estos cabalgamientos no llegan a aflorar⁴.

⁴ Su prolongación hacia el S, bajo la potente serie turbidítica del Eoceno, se ha puesto de manifiesto en sondeos profundos realizados en la cuenca de Jaca.

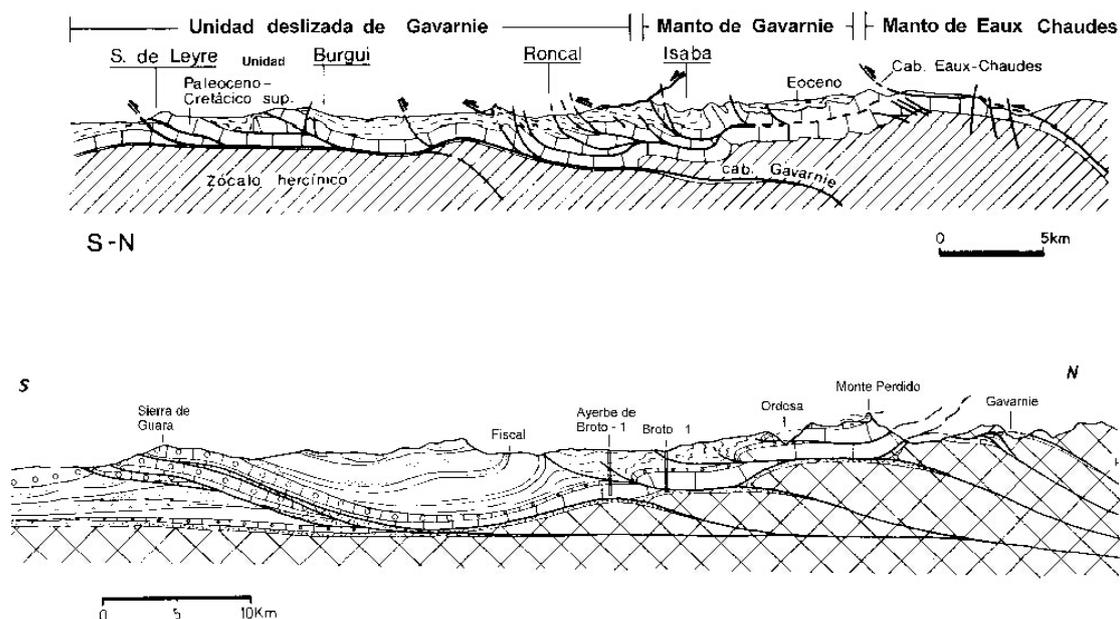


Figura 2. Esquemas estructurales de la unidad de Gavarnie entre la terminación occidental de la Zona Axial y las Sierras Exteriores en Navarra (corte superior) y entre las Sierras Interiores y Exteriores Aragonesas (corte inferior)

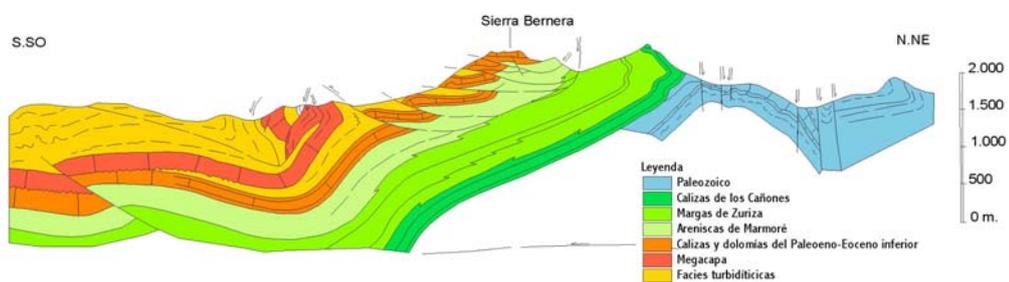


Figura 3. Corte geológico de las Sierras Interiores del valle de Aragués (Fte: Teixell, 1995)

Hacia el S, la característica más relevante en superficie es la cuenca turbidítica, con una compleja deformación de pliegues y cabalgamientos en dirección Pirenaica y vergencia S, con una complejidad y acortamientos notables. Las Sierras Exteriores se localizan sobre el CFS, y están afectadas por dos direcciones de plegamiento: una paralela a la cadena y otra transversa. Esta segunda, generada durante el Eoceno medio y superior, da lugar a importantes variaciones en la potencia de los materiales de esta edad. El CFS es visible en la Sierra de Alaiz, cuya estructura está definida por un anticlinal tumbado, de orientación NE-SO y con el flanco sur invertido y que cabalga sobre los sedimentos detríticos del Oligoceno. Hacia el O, en la sierra de Santo Domingo, muestra una disposición similar según un anticlinal muy apretado de vergencia S. Hacia el E, bajo la sierra de Guara, el cabalgamiento basal se corresponde con una gran rampa de bloque inferior sobre materiales oligocenos (Figura 4).

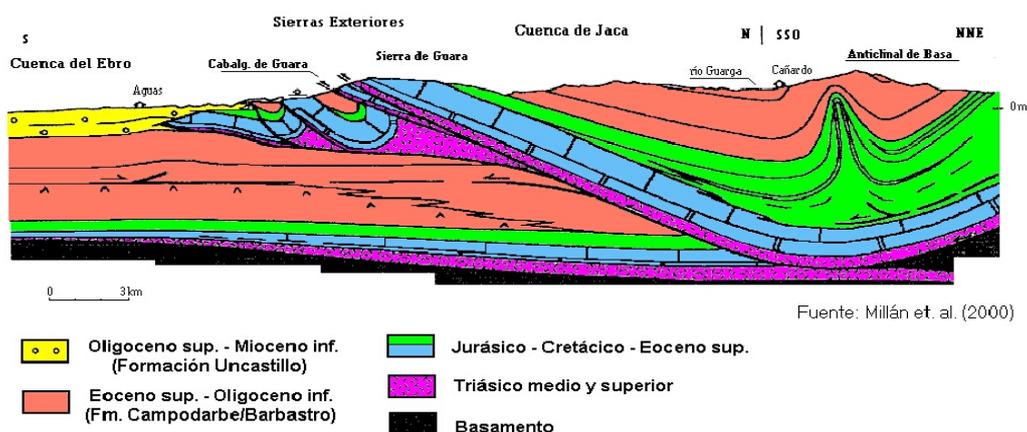


Figura 4. Corte geológico esquemático de la Sierra de Guara

1.2.3 Funcionamiento hidrogeológico

El conjunto de MASb que constituyen el Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona corresponden a sistemas hidrogeológicos que presentan regímenes prácticamente naturales, cuyo régimen piezométrico es, en general, libre, respondiendo a sistemas que se recargan principalmente por infiltración de agua de precipitaciones en forma de lluvia o nieve y, aisladamente, por algún trasvase subterráneo o en algún cauce perdedor; y se descarga a los cauces que atraviesan las FGP o a través de manantiales que se sitúan tanto a nivel del río como colgados, dando lugar en ocasiones a cascadas. Las principales FGP adscritas al Dominio tienen naturaleza carbonatada y comportamiento cárstico, pudiendo considerarse (i) niveles acuíferos regionales, (ii) de alta montaña o bien (iii) sin conexión con la red fluvial. No obstante, existen otras FGP de menor entidad, como es el caso de los (iv) conglomerados carbonatados en los que se desarrollan niveles acuíferos carbonatados o el batolito granítico de Panticosa, desarrollado en una red de fracturas y con carácter hidrotermal y escasa cuantía.

1. Como **acuíferos cársticos regionales** se incluyen las FGP calcáreas del Cretácico sup., Paleoceno y Eoceno que constituyen el almacén de los grandes mantos de corrimiento pirenaico. Su presencia es constante en las unidades hidrogeológicas localizadas sobre las sierras interiores y exteriores. Las prospecciones petrolíferas realizadas durante la década de los años 70 las detectaron a gran profundidad bajo la Cuenca Terciaria de Jaca. Estos acuíferos contribuyen de una manera muy importante al caudal de base de los ríos y a ellos se adscriben las surgencias más importantes que, en general, se realizan de forma difusa a los cauces. Además, constituyen el marco de justificación de los flujos subterráneos a escala regional. A efectos de funcionamiento hidrogeológico, siguiendo la hipótesis formulada en ITGE-DGA (1994), se diferencian dos zonas de comportamiento diferenciado. Una zona dinámica que engloba las áreas de alimentación y descarga asociadas a sus

aflorescimientos en las sierras pirenaicas, con un marcado componente cárstico, importantes desarrollos de la zona no saturada y flujos en dirección a la red fluvial. Bajo las cubetas terciarias de Jaca y Tremp se desarrolla una zona de confinamiento, alimentada por los remanentes no drenados en las surgencias frontales de las Sierras Interiores. Se trata de una zona de progresivo estancamiento del flujo, mineralización y termalismo de las aguas⁵.

En el Dominio del Sinclinal de Jaca, los materiales permeables del Cretácico sup. sólo adquieren cierta relevancia en las Sierras Interiores, especialmente hacia el O, en la unidad de Larra, donde constituye el acuífero más destacado. La poca deformación interna de gran parte de los mantos de corrimientos favorece su desconexión del conjunto Paleoceno–Eoceno suprayacente merced a las formaciones poco permeables de Zuriza y Areniscas de Marboré. No obstante, en las Sierras Interiores aragonesas, la serie mesozoica muestra una mayor deformación y fracturación lo que puede comprometer el aislamiento de las series Cretácica sup. y Eocena. En el resto del dominio, sus afloramientos son muy escasos y se limitan a las Sierras Interiores. Es este sector, los acuíferos más notables pertenecen a la serie Paleoceno-Eoceno, que en virtud de apilamientos tectónicos llega alcanzar grandes potencias (superiores a 1.000 m). En estas zonas albergan aparatos cársticos con extraordinarios desarrollos verticales como el sistema Arañonera o el de Punta de las Olas, a los que se asocian las descargas espectaculares de las “Fuentes de Escuaín” en el río Yaga y el manantial de “Santa Ana” en el río Subordán. Los manantiales "Las Traconeras" en Biescas, asociados al sistema cárstico de La Espelunga desarrollado sobre la falda meridional de Peña Telera, o los manantiales de "Los Batanes", asociados al sistema cárstico de El Mandilar en la Sierra de Tendeñera, son otros ejemplos conocidos. En las Sierras Exteriores se dan dos condicionantes estructurales relacionados entre sí muy importantes para entender su funcionamiento hidrogeológico. En primer lugar, la serie mesozoica se adelgaza de forma notable hacia el S, ocasionando una mayor complejidad y menor continuidad lateral de las escamas de cabalgamiento. En segundo lugar, en estas zonas existen grandes acumulaciones de materiales salinos triásicos, posiblemente en relación con la migración de la sal hacia zonas marginales de la cuenca en donde la cobertera es más delgada. Los materiales salinos, al actuar como niveles de despegue, se emplazan bajo los planos de cabalgamiento, lo que provoca efectos barrera por su baja permeabilidad y desconecta hídricamente las escamas de materiales mesozoicos.

Las propiedades hidráulicas de estos acuíferos son muy variables en función de condicionantes geométricos, estratigráficos o de su posición con respecto a los flujos regionales. En líneas generales, son acuíferos con una marcada componente cárstica,

⁵ Las surgencias termales de Tiermas con una temperatura de emergencia de 38°C y un caudal del orden de 200 l/s son el exponente más notable de estos flujos.

caracterizados por una gran variabilidad estacional y bajos tiempos de residencia. No en vano, las morfologías cársticas son muy frecuentes, tanto en formas de absorción, endocarst y tipologías de las surgencias. Las formas exocársticas son generalizadas sobre los afloramientos carbonatados emplazados a cotas altas. En tales zonas confluyen una menor actividad biológica, suelos poco desarrollados e importantes fenómenos de carstificación que aceleran la infiltración. Los flujos generados sobre estas áreas de recarga tienen un menor contenido en CO₂(g) y generan por tanto aguas menos agresivas que las infiltradas a cotas menores con mayor desarrollo de suelo y cobertura vegetal. Los fuertes gradientes topográficos del Pirineo determinan la coexistencia de distintos tipos de zonas de recarga en los manantiales, lo que da lugar a complicadas relaciones entre caudal y mineralización, de forma que no es infrecuente que incrementos de caudal que responden a la llegada de precipitaciones a cotas bajas estén acompañados de mayores valores de mineralización de las aguas.

Un tipo de surgencia típicamente cárstica son los *Trop plein*. Se trata de drenajes ubicados por encima de la cota regional de descarga activos sólo episódicamente cuando los manantiales de base son incapaces de drenar la gran afluencia de agua del sistema. Este tipo de descarga es muy habitual en todo el ámbito pirenaico, con algunos casos muy espectaculares como el manantial del Ibón en Isaba (valle del Roncal), Los Batanes en Biescas (Gállego) o el Solencio de Bastarás⁶ (Sierra de Guara), todos ellos ligados a las calizas del Eoceno.

Las investigaciones sobre las propiedades hidrogeológicas de estos acuíferos se han centrado fundamentalmente en las sierras exteriores por ser las áreas más próximas a los centros de demanda urbana o agrícola de la depresión del Ebro (Alquézar, Nueno, Ólvena). Las investigaciones realizadas en el entorno del manantial de Fuenmayor (Huesca) y en el frente meridional de la Sierra de Guara han puesto de manifiesto un funcionamiento marcadamente cárstico, con una red de drenaje muy jerarquizada que da lugar a coeficientes de agotamientos muy dispares. Los caudales del manantial muestran escasa persistencia, lo que evidencia la poca memoria del sistema y su elevada evacuabilidad. Los sondeos de investigación que el Servicio Geológico realizó en las inmediaciones muestran cualidades hidráulicas en el acuífero muy distintas.

2. Como **acuíferos cársticos de alta montaña** se incluyen los afloramientos de la FGP Devónico med. y sup. de la zona axial, cuyos afloramientos más extensos se localizan en la cabecera del río Aragón. La complejidad tectónica del Pirineo Axial es responsable de la

⁶ Forma parte de un sistema escalonado de emergencias a cotas entre 550 y 660 m de altitud, cuya descarga de base se realiza de forma difusa en el río Formiga (en los manantiales de Bastarás). Sus caudales varían estacionalmente entre 50 y 400 l/s, si bien cuando el sistema de Trop Plein es activo pueden ser de un orden de magnitud superior.

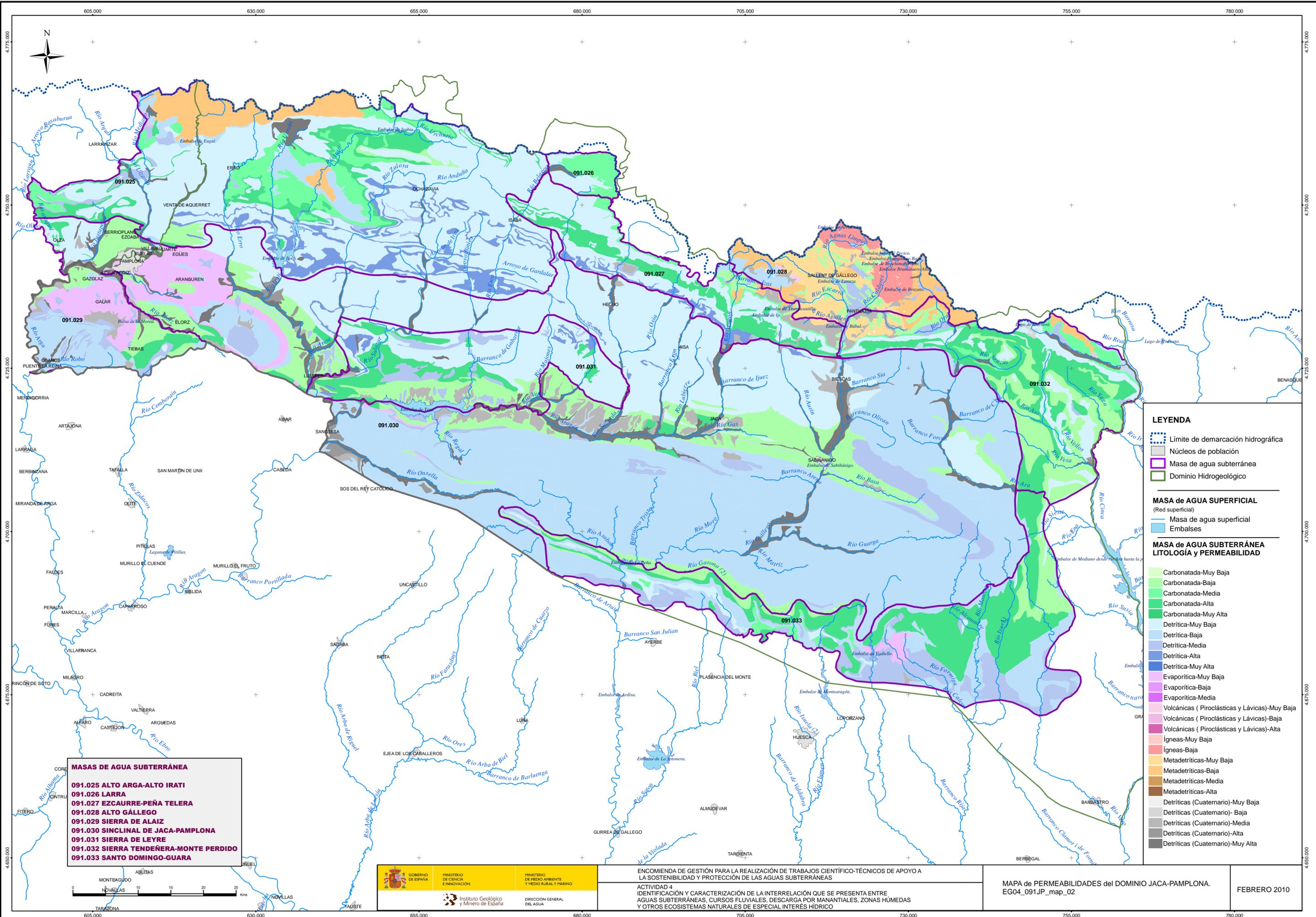
fuerte compartimentación de estos acuíferos, con unas direcciones de flujo condicionadas por los fuertes gradientes topográficos. Son relativamente frecuentes los casos de confinamiento. Habitualmente muestran un comportamiento cárstico sensu stricto, con manantiales que muestran muy fuertes variaciones de caudal y escaso tiempo de residencia⁷.

3. Como **acuíferos cársticos no conectados a la red fluvial** se encuentran las FGPs Cretácico sup. a Eoceno instaladas en las Sierras Interiores a cotas sobreelevadas de la red fluvial y desconectadas de ella merced a litologías poco permeables. Constituyen acuíferos de marcada componente cárstica que drenan de forma centrífuga mediante manantiales en muchos casos muy estacionales. El caso más espectacular se localiza en el sector de Ordesa–Monte Perdido. La serie detrítica del Cretácico terminal desconecta el acuífero Paleoceno-Eoceno inf. de la red de fluvial y las descargas se realizan de manera periférica a altas cotas: manantiales de Escuzana (2.250 msnm), Cotatuero (2.100 msnm), Garcés (2.800 msnm), Brulle (2.700 msnm) y Font Blanca (1.900 msnm). A menor escala, es frecuente encontrar en las Sierras Internas la presencia de sinclinales colgados o *klippes* en materiales del Cretácico y Eoceno, con una morfología característica a la que frecuentemente se asocia el topónimo de "Castillo" (Castillo Mayor en el Cinca, Castillo de Acher en el Subordán). Este tipo de estructuras es muy favorable al desarrollo de notables formas exocársticas. El drenaje se realiza por manantiales periféricos en la zona de contacto con el yacente, con un régimen de funcionamiento vinculado a los episodios de lluvias. En otros casos los acuíferos se desarrollan en escamas emplazadas sobre yacentes poco permeables que dan lugar a manantiales de carácter más o menos estacional. Es el caso de los manantiales de "Los Corralones", sitios a 1.450 msnm y del manantial de Rigüello, a cota 1.620 msnm, en las cuencas del río Osia y Estarrun, respectivamente.

Adosados al frente meridional de las Sierras Exteriores se localizan potentes formaciones de brechas y conglomerados calcáreos, con edad Oligoceno a Mioceno, que representan niveles acuíferos. Estas formaciones son claramente visibles en Agüero, Riglos, Aniés, o Alquézar en el dominio del Sinclinal de Jaca. Estos materiales, muy cementados, pueden adquirir localmente buenas cualidades hidráulicas por fracturación y carstificación. Generalmente su principal papel hidrogeológico es actuar como dren de recursos procedentes de los acuíferos

⁷ Un acuífero relativamente bien conocido es el desarrollado sobre las calizas del Tobazo, en la cuenca alta del Aragón. Su drenaje se realiza hacia el circo de Rioseta, a una cota mínima de 1.470 m s.n.m. y con surgencias sucesivamente más altas que se activan de manera progresiva durante los periodos de aguas altas. Estos manantiales, controlados durante la construcción del túnel carretero del Somport (1994) muestran unos agotamientos muy rápidos y una gran variación estacional de caudal, con valores de estío de apenas 5 l/s y puntas que superan ligeramente 1.000 l/s.

regionales carbonatados a los que están adosados. Así por ejemplo, algunas de las importantes surgencias de las sierras exteriores se verifican a través de estos materiales (manantial de Fuenmayor en el río Flumen, manantiales de Bastarás en el río Formiga). Su permeabilidad se reduce drásticamente en zonas alejadas de estas descargas.



- LEYENDA**
- Límite de demarcación hidrográfica
 - Núcleos de población
 - Masa de agua subterránea
 - Dominio Hidrogeológico

- 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 Lávicas)-Muy Baja
 - Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Baja
 - Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-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

- MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**
- 091.025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI
 - 091.026 LARRA
 - 091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
 - 091.028 ALTO GÁLLEGO
 - 091.029 SIERRA DE ALAIZ
 - 091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
 - 091.031 SIERRA DE LEYRE
 - 091.032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
 - 091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y PLANURIO
 Instituto Geológico y Minero de España
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

MAPA de PERMEABILIDADES del DOMINIO JACA-PAMPLONA.
 EG04_091JP_map_02

FEBRERO 2010

2. Estaciones de control y medidas de caudales

Para cuantificar algunas de las relaciones río-acuífero en las MASb del Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona se han utilizado series de aforos registradas en las estaciones de aforos de la red oficial de la C.H. Ebro, así como aforos directos realizados por la C.H. Ebro. Además se ha contado con los datos hidrométricos de las redes históricas de control de aguas subterráneas del IGME y con las estaciones de aforo del Gobierno de Navarra.

2.1 Estaciones de la red oficial de aforos

La red oficial de aforos que la CH Ebro mantiene en los ríos del Dominio Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona y que permite en algunos casos cuantificar relaciones río-acuífero comprende un total de 61 estaciones repartidas entre los distintos cauces.

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						
69	Arga en Echaúri	Activa	599084	4738396		Arga	422	20.483	Ene 1931-sep 2002	
68	Asiain	Inactiva	598988	4743135	393	Arakil	555	528	ene 1931-sep 1985	0,60
67	Olave	Activa	613868	4749492		Ulzama	544	23.258	Ene 1931-sep 2001	
825	Embalse de Eugui	Activa	621146	4759901		Embalse de Eugui	6	11.080	Oct 1974-oct 2005	
152	Ag. Arriba embalse de Eugui	Activa	621226	4758784		Arga	541	14.010	May 1964-sep 2002	
159	Arga en Huarte	Activa	615391	4744456		Arga	541	12.505	Dic 1965-sep 2002	
270	Pamplona	Inactiva	609132	4739410		Elorz	294	210	Oct 1992-ago 1993	
79	Urroz Villa	Activa	628101	4733883		Erro	535	24.496	Ene 1933-sep 2002	
875	Embalse de Itoiz	Activa	633971	4740239		Embalse de Itoiz	86	441	Oct 2003-ene 2005	
831	Embalse de Irabia	Inactiva	650307	460953		Embalse de Irabia	4	11.658	Oct 1958-oct 1990	
277	Iratí en Aoiz, pie de presa	Activa	633782	4738775		Iratí	534	971	Oct 1998-sep 2001	
76	Orbaiceta	Activa	649956	4760915		Iratí	958	8.880	Oct 1959-sep 2002	
66	Arrive	Activa	642407	4756508		Iratí	532	24.921	Ene 1934-sep 2002	
264	Aos	Activa	632732	4734332		Iratí	536	3.974	Sep 1990-sep 2001	
259	Izalzu	Activa	658845	4756273		Anduña	538	3.863	Dic 1991-jul 2002	
64	Aspurz	Activa	650702	4730926		Salazar	540	23.151	Ene 1931-sep 2002	
65	Liédena	Activa	639939	4720644		Iratí	418	25.950	Ene 1931-sep 2002	
205	Aragón en sangüesa	Inactiva	640960	4714456		Aragón	419	365	Oct 1976-sep 1977	
73	Sangüesa	Activa	643212	4712513		Onsella	291	20.663	Ene 1932-sep 2002	
101	Yesa	Activa	646828	4719928		Aragón	417	32.026	Ene 1913-sep 2002	
407	Canal de Bardenas	Activa	647837	4718939		Canal de Bardenas en embalse de Yesa		13.045	Oct 1959-ene 2005	
829	Embalse de Yesa	Activa	649060	4719862		Embalse de Yesa	37	16.530	Oct 1959-ene 2005	
170	Cola embalse de Yesa	Activa	664262	4719626		Aragón	523	9.371	Oct 1976-sep 2002	

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

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						
63	Sigues	Activa	662935	4721946		Escá	526	24.077	Ene 1931-sep 2002	
268	Isaba	Activa	669319	4747195		Ustarroz	696	3.833	Abr 1992-sep 2002	
77	Belagua en Isaba	Inactiva	669700	4747766		Ustarroz	696	11.529	Ene 1932-sep 1969	
80	Zuriza	Activa	678169	4748074		Veral	694	20.782	Ene 1934-sep 2002	
62	Binies	Activa	681514	4725090		Veral	520	23.594	Ene 1932-sep 2002	
82	El Mallo	Inactiva	693043	4745194		Subordán	693	731	Ene 1932-dic 1934	
81	La Mina	Inactiva	688946	4747290		Subordán	693	731	Ene 1932-dic 1934	
234	Oza	Activa	687136	4743479		Subordán	693	3.588	Nov 1992-sep 2002	
269	Osia en Aragués del Puerto	Activa	687277	4727589		Osia	517	3.624	Nov 1992-sep 2002	
61	Javierregay	Activa	684277	4716229		Subordán	518	12.918	Oct 1955-sep 2002	
275	Bco. Alastey	Inactiva	684821	4712055				343	Oct 2001-sep 2002	
276	Bco. Real	Inactiva	684863	4712048				343	Oct 2001-sep 2002	
18	Jaca	Activa	700817	4717118		Aragón	509	25.790	Ene 1931-sep 2002	
427	Jaca	Inactiva	700311	4720157		Central Hidroeléctrica		6.940	Oct 1970-sep 1990	
271	Canfranc	Activa	702726	4732796		Aragón	692	3.629	Oct 1991-sep 2001	
164	Canfranc	Inactiva	703440	4736154		Aragón	692	7.272	Oct 1971-sep 1991	
433	Canal Roya	Inactiva	703869	4737155		Central Hidroeléctrica		3.287	Oct 1976-sep 1986	
832	Escarra-Sistema 2. Embalse de Escarra	Inactiva	716753	4736208		Escarra	849	12.319	Oct 1959-sep 1993	
833	Aguas Limpias Sistema 2	Inactiva	718728	4740999		Aguas Limpias	847	12.416	Oct 1959-sep 1993	
840	Embalse de Lanuza	Activa	719813	4736580		Embalse de Lanuza	19	8.615	Jul 1981-ene 2005	
834	Alto Caldarés. Sistema 6	Inactiva	726043	4737604		Caldarés	704	12.418	Oct 1959-sep 1993	
160	Panticosa	Inactiva	726148	4737764		Caldarés	704	730	Oct 1960-sep 1963	
835	Embalse de Búbal	Activa	720013	4729060		Embalse de Búbal	25	12.530	Oct 1970-ene 2005	
250	Búbal	Activa	720013	4728979		Gállego	706	5.094	Oct 1988-sep 2002	
455	Biescas	Inactiva	720264	4723331		Central Hidroeléctrica		2.343	Oct 1978-feb 1985	
123	Anzanigo	Activa	693373	4697534		Gállego	807	18.423	Oct 1949-sep 2002	
836	Embalse de La Peña	Activa	686488	4694973		Embalse de La Peña	44	17.360	Oct 1954-ene 2005	
428	Carcavilla	Inactiva	687171	4694336		Central Hidroeléctrica		5.113	Oct 1970-sep 1986	
844	Embalse de Arguis	Inactiva	711920	4686788		Embalse de Arguis		1.458	Oct 1958-sep 1962	
842	Embalse de Santa María de Belsué	Inactiva	718589	4686598		Embalse de Santa María de Belsué		2.988	Jun 1990-sep 2001	
841	Embalse de Vadiello	Activa	724401	4680024		Embalse de Vadiello	51	10.624	Ene 1976-ene 2005	
879	Embalse de Guara	Activa	729219	4679453		Embalse de Guara		489	Oct 2003-ene 2005	
46	Lecina de Barcabo	Activa	751189	4678726		Vero	375	16.847	Ene 1933-sep 2002	
195	Fiscal	Inactiva	736941	4709941		Arazas	761	3.014	Oct 1967-dic 1975	
196	Toria	Inactiva	737180	4723983		Arazas	761	9.497	Oct 1967-sep 1993	
194	Ara en Jánovas	Inactiva	743674	4706614		Ara	667	1.826	Oct 1966-sep 1971	
845	Embalse de Pineta	Inactiva	762608	4725281		Embalse de Pineta		12.784	Oct 1958-sep 1993	
172	Lafortunada	Inactiva	762644	4715248		Cinca	750	10.227	Oct 1965-sep 1993	

Tabla 4. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de aforos

2.2 Estaciones de la red oficial de control hidrométrico

No se han definido redes oficiales de control hidrométrico en la Cuenca del Ebro y, por tanto, no existe red de control hidrométrico oficial en esta masa de aguas subterráneas. No obstante, el Gobierno de Navarra (GN) mantiene estaciones de control hidrométrico en cauces y manantiales que tiene interés hidrogeológico.

Código estación de control	Organismo	Estado	Ubicación geográfica			Cauce		Serie de Datos		
			Coordenada UTM Huso 30		Cota (m snm)	Nombre	MAS (codificación CEDEX)	Número de datos disponibles	Amplitud de la serie	Índice de representatividad
			X	Y						
AN 439	GN	Activa	595014	4752756		Larraun	554	6.318	Oct 1985-oct 2003	
AN 532	GN	Activa	625203	4748402		Erro	535	5.247	Oct 1986-oct 2003	
AN 531	GN	Activa	625502	4753218		Erro	535	2.148	Sep 1997-oct 2002	
AN 533	GN	Activa	634352	4758628		Urrobi	533	5.932	Feb 1987-oct 2002	
AN 520	GN	Activa	655789	4754150		Zatoya	539	4.980	Ene 1990-oct 2003	
AN 530	GN	Activa	642355	4730330		Areta	537	4.634	Nov 1987-oct 2000	

Tabla 5. Estaciones de medida y control correspondientes a la red oficial de control hidrométrico de aguas subterráneas

2.3 Otra información hidrométrica

La información hidrométrica se complementa con los aforos directos realizados por la CH Ebro en diversos puntos de control, tanto periódicos como puntuales, entre los que se incluyen cauces, surgencias y manantiales; así como datos de aforos realizados por el IGME en las secciones de control que conformaron la red histórica de control hidrométrico de este organismo, que, en este caso, se concentran mayoritariamente en la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara.

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
260710004	CH Ebro	Escala río Erro en Erro	12	Jul 1998-jul 2000	0	506	1.963
260710005		EA río Erro en Orondríz	12	Jul 1998-jul 2000	161	1.393	3.568
250830074		Río Erroz en Salinas	puntual	Jun 1999	-	109	-
260760008		Escala río Urrobi en Nagore	11	Jul 1998-jul 2000	181	1.411	4.208
260820008		Escala río Urrobi en Orbaiz	12	Jul 1998-jul 2000	104	1.028	3.144
260820007		Río Itoiz en la Ctra. Itoiz-Artozqui	puntual	Jun 1999	-	1.703	-
270820014		EA Icoiz. Río Salazar Usarres	puntual	Jul 1999	-	479	-
270850008		EA 64. Río Salazar en Aspurz	4	Jul 1998-jul 2000	289	936	2.060
260940007		Escala río Salazar en Usún	7	Jul 1998-jul 2000	593	1.796	3.481
260930035		Río Salazar en Lumbier	puntual	Jul 1999	-	927	-
270780058		Escala río Ustarroz en el pte. del camping Asolaze	12	Jul 1998-jul 2000	149	845	2.539
270780059		Escala río Ustarroz aguas abajo del azud de la Central de Isaba	12	Jul 1998-jul 2000	271	1.391	4.397
280750007		Río Veral en la EA 80 Zuriza	6	Jul 1998-jul 2000	51	350	897
280810002		Escala río Veral en la Borda de Ostias	10	Jul 1998-jul 2000	103	1.392	4.056
280910007		Río Veral en la EA 62 Binies	5	Jun 1999-jul 2000	168	869	1.890
280820004		Río Subordán en la EA 234 Oza	3	Jul 1998-jul 2000	274	453	605
280820003		Escala río Subordán en los llanos de Sta. Ana	4	Jul 1998-jul 2000	850	1.406	2.356
280960007		Río Subordán en la EA 61 Javierregay	6	Nov 1998-jul 2000	1.082	3.048	4.200
290810003		Escala vertedero Manantial de Rioseta	11.103	Mar 1996-nov 1997	0	94	1.129
280880002		Río Aragón en la EA 271 Canfranc	9	Jul 1998-jul 2000	353	495	686
290930023	Escala río Gállego en Biescas	12	Jul 1998-jul 2000	863	1.692	4.999	
300930002	Manantial Cola de Caballo en río Arazas	puntual	Sep 2001	-	200	-	
300930003	Fuen Mochera A en río Arazas	puntual	Sep 2001	-	156	-	
300930004	Fuen Mochera B en río Arazas	puntual	Sep 2001	-	26	-	

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

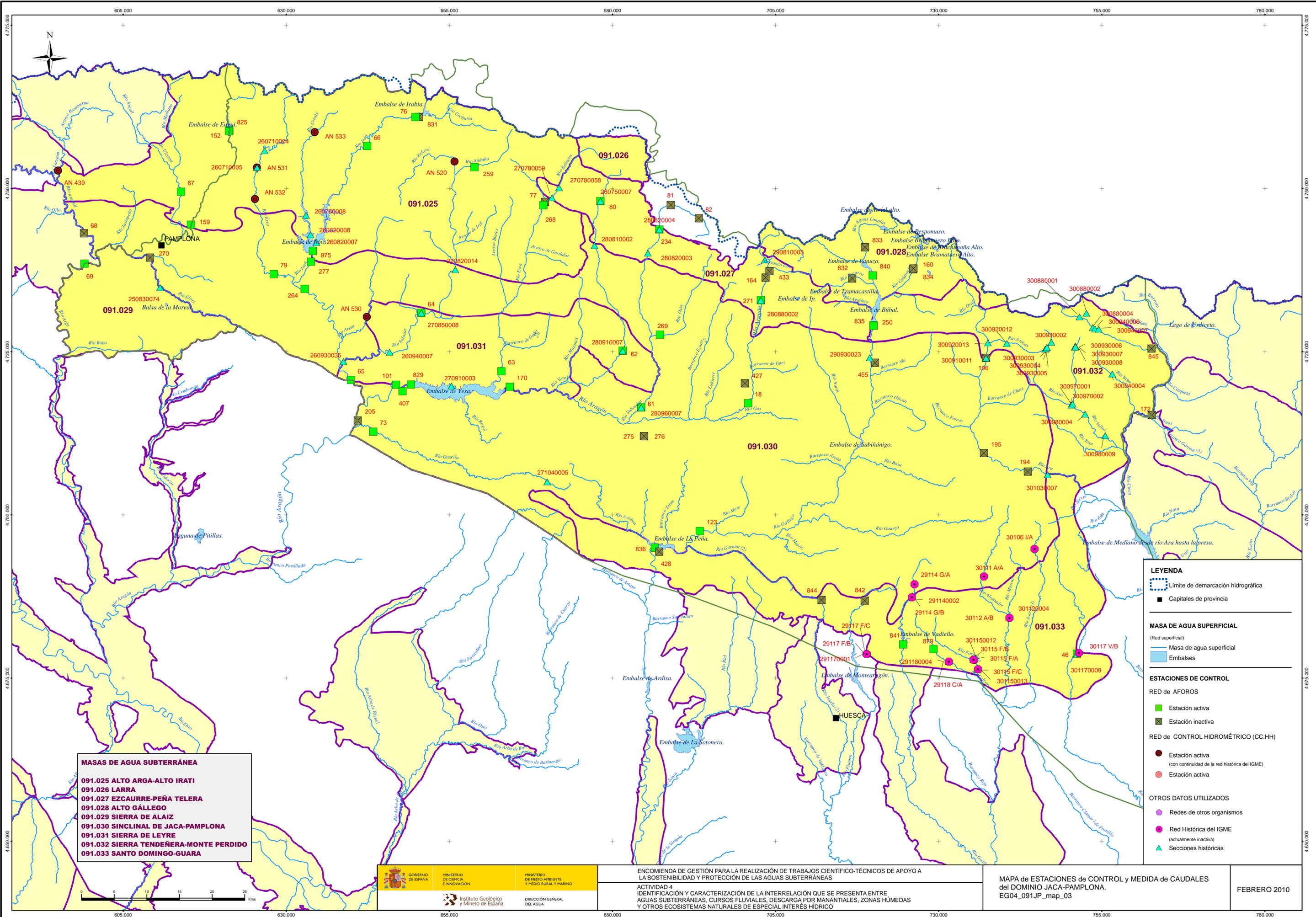
Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
300930005		Río Arazas en Gradas de Soaso	puntual	Sep 2001	-	468	-
300920012		Manantial As Fuens	puntual	Sep 2001	-	227	-
300920013		Escala desembocadura río Arazas	puntual	Sep 2001	-	1.193	-
300910011		Río Ara en la EA 196 en Torla	5	Jul 1998-mar 2000	1.701	2.945	5.300
301030007		Escala río Ara en Jánovas	7	Jul 1998-mar 2000	2.488	3.831	6.246
300930006		Manantial de la Fuen blanca	puntual	Oct 2001	-	79	-
300930007		Río Vellos en Collado	puntual	Oct 2001	-	149	-
300930008		Bco. de Arrato	puntual	Oct 2001	-	12	-
300970002		río Aso	puntual	Oct 2001	-	685	-
300970001		río Aso en san Urbez	puntual	Oct 2001	-	931	-
300980004		Escala EA Vellos	2	Jul 1998-ago 1999	250	428	607
300980009		Río Vellos en Puente campamento	puntual	Oct 2001	-	2.085	-
300880002		Bco. de Lalarrí	puntual	Nov 2001	-	219	-
300880001		Río Cinca	puntual	Nov 2001	-	220	-
300880004		Bco Solano Negro	puntual	Nov 2001	-	25	-
300940006		Bco. Las Fayetas	puntual	Nov 2001	-	101	-
300940007		Río Cinca junto a refugio de la FAM en camino Collado de Arisclo	puntual	Nov 2001	-	570	-
300940004		Río Yaga aguas abajo de Fuente de Escuaín	puntual	Nov 2001	-	126	-
270910003		Escala Manantial de Tiermas	6	Oct 1994-oct 2005	198	246	295
271040005		Sección Molino de Longás	puntual	Ago 1997	-	100	-
301120004		Escala Puente de Pedruel	14	Jul 1998-jul 2000	138	596	1.760
291140002		Escala Bco. Lapillera	12	Feb 1989-oct 1992	13	284	1.002
291170001		Escala Manantial de San Julián de Banzo. Fuenmayor	24	May 1992-may 2005	10	124	457
301150012		Escala río Formiga en Bastarás	24	Abr 1992-jul 2000	0	82	448
301150013		Escala río Formiga en Yaso	34	Abr 1992-jul 2000	0	188	1.024
291180004		Escala río Calcón en Aguas	27	Jul 1992-feb 1996	0	20	163
301170009		Escala río Vero en Lecina de Bércabo	12	Jul 1998-jul 2000	119	304	998
29114 G/A	Base de Datos del IGME	Río Guatzalema 1. Nocito	12	Feb 1989-oct 1992	1,2	103	406
29114 G/B		Río Guatzalema 2. Bco. Lapillera	12	Feb 1989-oct 1992	13	265	1.002
30111 A/A		Río Alcanadre 1. Bara	9	Feb 1989-nov 1994	11	423	1.722
30106 I/A		Río Blaces en Las Bellotas	4	Abr 1989-feb 1990	7,8	282	562
30112 A/B		Río Alcanadre 2. Puente Pedruel	9	Feb 1989-dic 1994	205	1.498	3.900
30117 V/B		Río Vero. Manantial de Lecina	6	Feb 1989.nov 1994	140	677	2.386
29117 F/C		San Julián de Banzo. Vertedero al Bco.	9	Oct 1997-jun 2001	0,54	0,85	1,16
29117 F/B		Manantial de San Julián de Banzo. Fuenmayor. Abastecimiento	11	Feb 1989-ene 1992	2	40	107
29118 C/A		Escala río Calcón en Aguas	5	Feb 1989-feb 1990	6	23	68
30115 F/A		Río Formiga aguas arriba Fte. de Bastarás	8	Feb 1989-mar 1995	31	305	905

Código estación		Observaciones	Datos de Caudal				
Código	Referencia bibliográfica		Número de datos	Amplitud de la serie	Caudal mínimo (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo (l/s)
30115 F/B		Río Formiga aguas abajo Fte. de Bastarás	6	Feb 1989-mar 1995	87	355	905
30115 F/C		Río Formiga en Yaso	4	Abr 1992-nov 1995	154	386	1.024

Correspondencia entre secciones de aforos del IGME y estaciones hidrométricas de la CHE:

Sección aforos IGME	Estación hidrométrica CHE
30112 A/B	301120004
29114 G/B	291140002
30115 F/B	301150012
30115 F/C	301150013
29118 C/A	291180004

Tabla 6. Datos en estaciones de medida y control hidrométrico



MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- 091.025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI
- 091.026 LARRA
- 091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
- 091.028 ALTO GÁLLEGO
- 091.029 SIERRA DE ALAIZ
- 091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
- 091.031 SIERRA DE LEYRE
- 091.032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
- 091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

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



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
INstituto Geológico y Minero de España

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y PESQUERO
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

MAPA de ESTACIONES de CONTROL y MEDIDA de CAUDALES del DOMINIO JACA-PAMPLONA.
EG04_091JP_map_03

FEBRERO 2010

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

Las MASb más significativas que han sido incluidas en el Dominio Hidrogeológico Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona responden a sistemas hidrogeológicos carbonatados por fisuración y carstificación, con comportamiento cárstico *sensu stricto*, alta difusividad y recarga por infiltración de agua de lluvia y nieve por sumideros (formas exocársticas) y, en menor medida, cauces influentes. La descarga se produce principalmente a través de los cauces (efluentes) que atraviesan generalmente de N a S las FGPs o mediante importantes manantiales de funcionamiento muy irregular, con un marcado periodo de estiaje y fuertes puntas en los periodos de lluvias y deshielo. No obstante, existen numerosos pequeños manantiales distribuidos principalmente por las unidades de las Sierras Interiores y Exteriores, que drenan sectores muy compartimentados, pequeño recorrido subterráneo y que no están formando parte de importantes sistemas cársticos. Así pues, los cauces son los drenes naturales del sistema hidrogeológico y condicionan su hidrodinámica en régimen natural. Las FGPs principales que presentan estas características son el Devónico-Carbonífero inf., Cretácico sup., Paleoceno-Eoceno inf. y Megacapas del Flysch Eoceno.

Junto con estas MASb existen otras de menor importancia asociadas a la FGP Batolito de Panticosa (macizo granítico fracturado con circulación profunda de carácter termal), a amplias zonas en las que no hay representación casi de acuíferos carbonáticos y se encuentran otras FGPs como Terciario continental y Cuaternario (aluviales de ríos), cuyo funcionamiento hidrogeológico es sensiblemente diferente, ya que responden a sistemas más inerciales, de menor productividad hidrogeológica y de comportamiento más regular.

En el Dominio Hidrogeológico Pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona se han definido un total de 62 tramos donde existe conexión río-acuífero. La concreción de estos tramos responde a criterios objetivos fundamentados en datos hidrogeológicos, por lo que es factible que existan otros tramos donde exista conexión río-acuífero que no han sido identificados por la ausencia de dichos datos, tanto en lo que respecta a tramos perdedores como a ganadores, sobre todo habida cuenta de que la red hidrográfica circula casi perpendicularmente a las estructuras pirenaicas que mantienen dirección O-E y buena parte de los ríos drenan las FGPs de forma difusa y directa, especialmente en la MASb 091.025 Alto Arga-Alto Iratí y 091.031 Sierra de Leyre, y en menor medida, en la MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona.

3.1 Identificación

Para la identificación y definición del modelo conceptual de los tramos de cauces relacionados con las MASb del Dominio Hidrogeológico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, se ha optado por presentar los tramos identificados para cada una de las MASb que integran el Dominio separadamente.

MASb Alto Arga – Alto Irati (091.025)

Básicamente, la MASb está constituida por materiales del Cretácico sup. y Terciario en facies marinas. Los del Cretácico son fundamentalmente margosos (*Maastrichtiense*) si se exceptúan las calizas y dolomías que bordean el domo de Oroz-Betelu, que afloran también al N de la fábrica de Orbaiceta. Los del Terciario son dolomías y calizas del Paleoceno y del Flysch Eoceno con intercalaciones calcáreas (megacapas) y margaosas. Las alineaciones estructurales son más o menos paralelas y tienen una dirección pirenaica O-E y gran continuidad lateral (Figura 5).

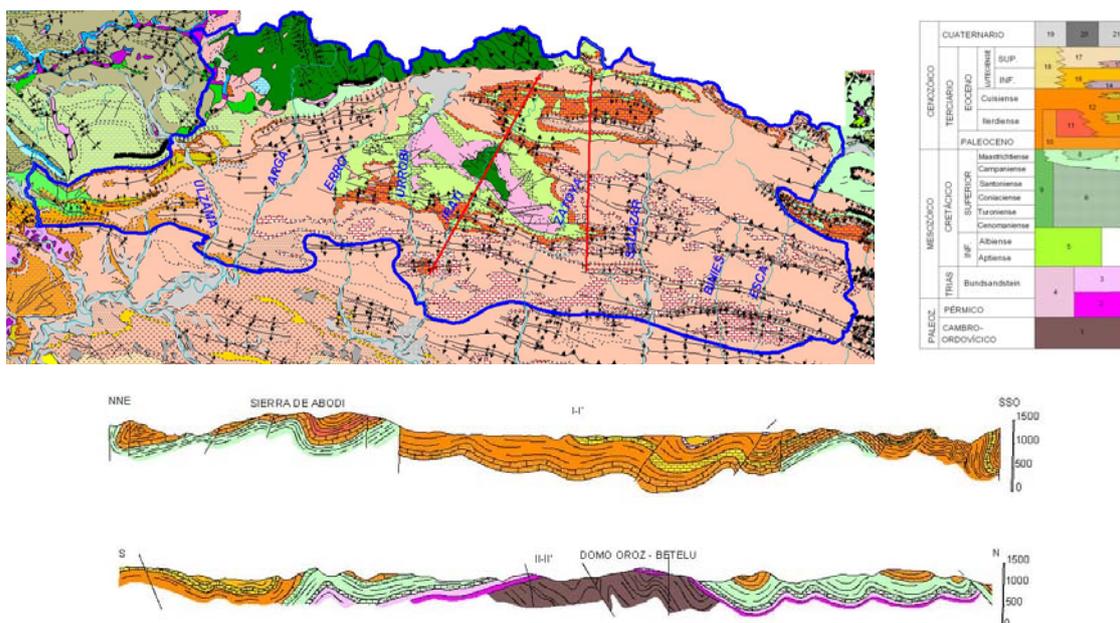


Figura 5. Mapa y cortes geológicos de la MASb Alto Arga – Alto Irati

En el ámbito de esta MASb se reconocen tres FGP's principales:

1. **FGP Cretácico sup** cuenta con unas potencias en torno a los 100 m hasta 220 m de espesor. Está constituida fundamentalmente por calizas y dolomías, generalmente masivas. Las dolomías, arenosas, son bastante más frecuentes en la base de este

tramo. Afloran alrededor del domo de Oroz-Betelu, apoyadas sobre los sedimentos triásicos. Su potencia en Arive es de 100 m. Constituye un acuífero permeable por fisuración y carstificación. Su muro está constituido por los materiales triásicos, poco permeables, y localmente por areniscas del Cretácico inferior como ocurre en las proximidades de Espinal. A techo se emplazan las facies margosas y margocalcáreas del *Maastrichtiense* con una potencia máxima del orden de 200 m. Estos materiales son, en principio, poco permeables y actúan como confinante del acuífero. Hacia techo de esta formación, en determinadas zonas, se dan cambios laterales a calizas y margocalizas que muestran algunas estructuras cársticas.

2. **FGP Paleoceno.** Constituye un acuífero permeable por fisuración y carstificación. Está formado por calizas microcristalinas y dolomías. Afloran en una delgada orla en los sectores meridional y occidental del domo de Oroz-Betelu, en el fondo de los barrancos de Txintxurrenea (río Urrobi) y de Gaztelu (río Irati) y, de forma más extensa, en la parte NE construyendo las elevaciones de la sierra de Abodi. Su potencia es variable: al NE, en la sierra de Abodi alcanza espesores máximos del orden de 250 m; se adelgaza hacia el O para adquirir potencias de 100 m en Garralda y en el valle del Urrobi al S del afloramiento Paleozoico. El adelgazamiento se continúa hacia el O para llegar a desaparecer en el valle de Erro donde el Paleoceno inferior constituye un hiato. Se apoya sobre los materiales poco permeables del Cretácico sup. (margas y margocalizas del *Maastrichtiense*), salvo en el borde sur del domo de Oroz-Betelu, donde descansa sobre unas facies de calizas arenosas de la misma edad relacionadas lateralmente con las anteriores. Sobre él descansa la potente serie turbidítica del Eoceno, que lo confina hacia el S y E del macizo de Oroz-Betelu. En el sector de la sierra de Abodi constituye un bloque elevado de forma que la base del acuífero queda a cota más alta y la erosión ha desmantelado los sedimentos turbidíticos suprayacentes. En este sector el acuífero Paleoceno adquiere un carácter libre, confinándose hacia el E de la cuenca del Salazar.
3. **FGP Megacapas del Flysch Eoceno.** Entre los sedimentos esencialmente terrígenos del Eoceno inferior y medio aparecen unas potentes intercalaciones carbonatadas referenciadas en la bibliografía como “megaturbiditas” o “megacapas”. Estos niveles constituyen acuíferos permeables por fisuración y carstificación dentro del dominio poco permeable que constituye el Flysch Eoceno. Entre sus características distintivas destaca su envergadura, con potencias variables desde unos pocos metros hasta espesores del orden de 200 m, una notable continuidad lateral y una secuencia tipo que consta de una megabrecha inferior (que a su vez consta de un tramo más calcáreo en su base y otro más arcilloso a techo), una calcarenita gradada intermedia y una marga superior. Se han identificado hasta 9 megacapas carbonatadas a gran escala. Por su envergadura destacan en este ámbito las siguientes:

- megacapa de Zalba, ubicada en el borde meridional y con un espesor en torno a 50 m.
- megacapa de Roncal, que aflora extensamente al S de esta localidad, prolongándose lateralmente hacia el O para encontrarse con la anterior y cuyo espesor oscila entre 80 y 100 m.
- megacapa de Espotz, que aflora en la base del Flysch Luteciense y en las foces de Txintxurrenea (Urrobi) y Gaztelu (Irati), con un espesor que alcanza 170 m.
- megacapa de Antxoritz, que aflora entre el Arga y el Urrobi con una potencia del orden de 115 m. Hacia el E del macizo de Oroz-Betelu aparecen otras megacapas de menor entidad con una potencia variable entre 5 y 20 m.

Las principales características geométricas de estas capas están determinadas por su gran extensión lateral frente al escaso desarrollo vertical que presentan. Las de mayor espesor, emplazadas en el sector meridional, se disponen según una orientación E-O, paralela a las directrices de plegamiento, conectando entre sí los diversos valles. Están afectadas por un denso plegamiento, con pliegues asimétricos y frecuentemente invertidos.

Antes de definir los tramos identificados conviene decir que, como consecuencia de la construcción de la presa de Itoiz, algunos tramos en los que se dan claras relaciones río-acuífero, han quedado inundados por el llenado del embalse. Estas zonas en la FGP Paleoceno-Eoceno inf. es la involucrada son las siguientes:

- Tramo influente situado en la foz de Txintxurrenea (río Urrobi) conectado con el tramo efluente de la foz de Gaztelu (río Iratí), de manera que el acuífero sirve como elemento de transferencia de recursos hídricos entre dos cauces, esto es, se produce un trasvase subterráneo entre ambas cuencas.
- Tramo influente del río Irati en el que se produce la descarga difusa y directa a través de manantial aguas arriba de la población de Artozqui.

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Erro I** (091.025.001-tramo conectado con la MAS código 535). Corresponde al tramo alto del río Erro en el que éste es drenado a favor de la FGP Cretácico sup., a su paso por las calizas y dolomías (litología C₂₄ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) que orlan la estructura de domo de Oroz-Betelu, durante unos 800 m, aguas arriba de la población de Erro. La MAS relacionada es río Erro desde la estación de aforos nº AN 532 en Sorogain

hasta su desembocadura en el río Irati, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.

- **Tramo Erro II (Manantial de Olóndriz)** (091.025.002-tramo conectado con la MAS código 535). Corresponde al tramo medio-alto del río Erro que en unos 500 m recibe la descarga difusa al río de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. y directa en forma de manantial de la FGP Cretácico sup., en las cercanías de la población de Olóndriz (código CHE 260710003). De acuerdo con las informaciones bibliográficas consultadas, es posible que el tramo descrito anteriormente y éste se encuentren vinculados. La MAS relacionada es río Erro desde la estación de aforos nº AN 532 en Sorogain hasta su desembocadura en el río Irati, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Irati I** (091.025.003-tramo conectado con la MAS código 532). Corresponde al tramo del río Irati situado aguas arriba del núcleo de Arive, en el que la MAS recibe la descarga de la FGP Paleoceno, ya que durante unos 0,5 km el río atraviesa los afloramientos paleocenos formados por calizas con algas y dolomías (litología T^A₁₁₋₁₃ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) que se disponen en el núcleo de una estructura sinclinal. La MAS relacionada es río Irati desde la central hidroeléctrica de Belotegui hasta la central hidroeléctrica de Irati, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Irati II (Manantial La Balsa)** (091.025.004-tramo conectado con la MAS código 532). Se trata de la descarga que se produce en el Bco. Zorrata, tributario del río Irati. En este punto se drena la FGP Cretácico sup.. La MAS relacionada es río Irati desde la central hidroeléctrica de Belotegui hasta la central hidroeléctrica de Irati, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Areta (Manantial de Mozarre)** (091.025.005-tramo conectado con la MAS código 537). Se trata de la descarga que se produce en el Bco. Mozarre, tributario de cabecera del río Areta. En este punto se drena la FGP Paleoceno, concretamente surge en los afloramientos de calizas paleocenas del *Daniense-Montiense*, que se encuentran alrededor del Domo de Oroz-Betelu. La MAS relacionada es río Areta desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Irati, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Salazar I (Manantial Laurenze)** (091.025.006-tramo conectado con la MAS código 540). Se trata de la descarga que se produce en el Bco. de Zaldaña, tributario del río Salazar. En este punto se drenan las FGPs Cretácico sup., Paleoceno-Eoceno inf. y Megacapas del Flysch Eoceno, al actuar como salida de los flujos comunicados (continuidad piezométrica) como consecuencia del intenso plegamiento y fracturación al que están sometidos los materiales. La MAS relacionada es río Salazar desde el río

Zatoya y río Anduña hasta el Bco. de La Val, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.

- **Tramo Belagua I (Manantial Sículo V)** (091.025.007-tramo conectado con la MAS código 696). Corresponde al tramo de cabecera del río Belagua en el que éste recibe la descarga puntual de la FGP Paleoceno, en forma de manantial a cota de 1.073 msnm. La MAS relacionada es río Ustarroz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá, que corresponde con un río de alta montaña.

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	
091.025.001	Río Erro	535	río Erro desde la estación de aforos nº AN 532 en Sorogain hasta su desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.
091.025.002	Río Erro	535	río Erro desde la estación de aforos nº AN 532 en Sorogain hasta su desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup. Paleoceno-Eoceno inf.
091.025.003	Río Irati	532	río Irati desde la central hidroeléctrica de Belotegui hasta la central hidroeléctrica de Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa influenciada	Paleoceno-Eoceno inf.
091.025.004	Bco. Zotarre (Río Irati)	532	río Irati desde la central hidroeléctrica de Belotegui hasta la central hidroeléctrica de Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.
091.025.005	Bco. Mozarre (Río Areta)	537	río Areta desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.025.006	Bco. Zaldaña (Río Salazar)	540	río Salazar desde el río Zatoya y río Anduña hasta el Bco. de La Val	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Cretácico sup. Paleoceno-Eoceno inf. Megacapas Flysch Eoceno
091.025.007	Río Belagua	696	río Ustarroz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.

Tabla 7. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati

MASb Larra (091.026)

La forman materiales del Cretácico sup., formados esencialmente por unos 350 m de calizas (Fm Calizas de Larra o Los Cañones), que se encuentran dispuestas sobre el zócalo Paleozoico y Triásico. Existe una densa red de fallas y diaclasas que se agrupan en tres sistemas principales (NNE-SSO, ENE-OSO y ESE-ONO) que afectan y compartimentan en bloques todo el macizo. Sobre las mencionadas calizas se desarrolla un carst de notable importancia y espectacularidad, con gran riqueza de formas exocársticas y un complejo

entramado de simas y cavernas en profundidad que condicionan el comportamiento hidrogeológico de la zona (Figura 6). La superficie impermeable subyacente del paleozoico que limita la progración del carst en profundidad, ligeramente basculada por fallas normales, se hunde suavemente hacia el N, encontrándose a unos 200 m por debajo del valle de Santa Engracia (Francia), en la sima "Triu du Renard". El desnivel de la superficie del Paleozoico entre la cebecera del valle de Lescun (1.700 msnm) y el fondo de la sima (400 msnm) es de unos 1.300 m. Estas circunstancias estructurales, unidas a la presencia de la falla del valle de Santa Engracia, que pone en contacto las calizas con las facies margoevaporíticas del Keuper que actúan como barrera impermeable, condicionan la situación del embalse subterráneo a lo largo del borde septentrional de la MASb, íntegramente en el lado francés. La descarga se efectúa por los importantes manantiales franceses de Bentia (442 msnm) e Illamina (438 msnm)⁸ y, en menor medida, por el manantial de Kakoueta⁹ (542 msnm). En la vertiente española sólo existen pequeños manantiales de ladera en el rincón de Belagua y la falda S del pico Lakora.

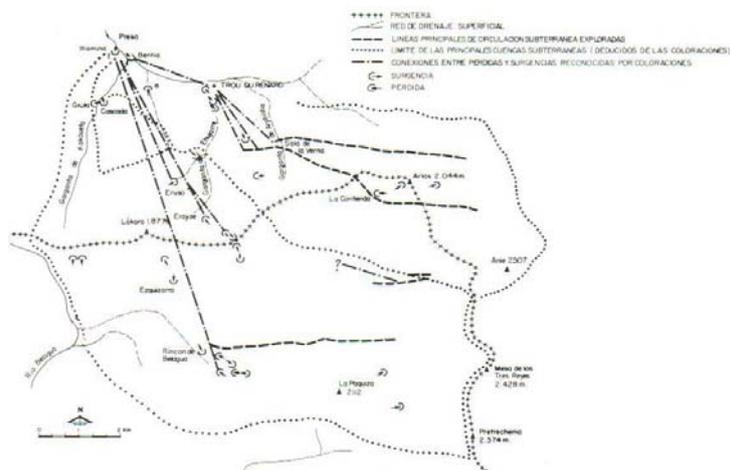


Figura 6. Esquema hidráulico de funcionamiento de Larra (López, J., 1986)

Así pues, el único tramo con relación río-acuífero identificado en territorio español es el siguiente:

- **Tramo Belagua II (Manantiales de Rincón de Belagua)** (091.026.001-tramo conectado con la MAS código 696). Corresponde al tramo de cabecera o nacimiento del río Belagua en el que éste recibe la descarga de la FGP Cretácico sup. (Calizas de Larra – *Coniaciense-Santoniense*) en un tramo de unos 500 m, a cotas comprendidas entre 1.050 y 1.000 msnm, en el que se localizan 3 manantiales de ladera que descargan a través de un recubrimiento Cuaternario. La MAS relacionada es río Ustarroz desde su

⁸ Ambos sumergidos bajo el embalse de Licq

⁹ La compartimentación de las calizas por fallas y el basculamiento de los bloques hace que se diferencien pequeños acuíferos a una cota superior, como el que se drena en este manantial.

nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá, que corresponde con un río de alta montaña.

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	
091.026.001	Río Belagua	696	río Ustarroz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Cretácico sup.

Tabla 8. *Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.026 Larra*

MASb Ezcaurre – Peña Telera (091.027)

La disposición estructural de los acuíferos de esta MASb, con una orientación ONO-ESE, y su intersección subperpendicular por la red de drenaje superficial determina las direcciones de flujo subterráneas paralelas a las directrices estructurales y su drenaje hacia manantiales frontales en la orla meridional de los afloramientos. Esta es la situación de funcionamiento general para los niveles de las FGPs Cretácico sup. y Paleoceno–Eoceno inf¹⁰. Sus principales drenajes muestran un comportamiento cárstico s.s., con variaciones muy fuertes de caudal y escasos tiempos de residencia. Su funcionamiento está muy restringido a la zona dinámica por encima de las cotas de descarga regional impuestas por los ríos, donde se han desarrollado zonas vadosas con varios cientos de metros de desarrollo vertical. Por debajo, la zona saturada muestra una rápida pérdida de permeabilidad por disminución de la carstificación y sellado de las discontinuidades, circunstancia que se ha observado en el caso del acuífero Devónico–Carbonífero inf. Éste cuenta con unas características propias que derivan de su complicada estructura. Adquiere cierta importancia en los casos donde la estructura da lugar importantes acumulaciones verticales de las formaciones calcáreas como en el macizo del Tobazo y en las inmediaciones del ibón de Atxerito. Sus direcciones de flujo y zonas de descarga están muy condicionadas por el gradiente topográfico de cada zona y muestra una elevada compartimentación.

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Belagua III (Manantiales de Isaba)** (091.027.001-tramo conectado con la MAS código 696). Corresponde al tramo de cabecera del río Belagua en el que éste recibe la descarga difusa y directa de la FGP Paleoceno. Esta descarga se produce en el cauce del río en forma difusa y a través de 3 manantiales muy próximos. La MAS relacionada es río Ustarroz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá, que corresponde con un río de alta montaña.

¹⁰ Los niveles permeables del Paleoceno “navarro” pasan a ser Paleoceno-Eoceno inf. hacia Huesca.

- **Tramo Veral I (Manantial de Fte. del Castillo)** (091.027.002-tramo conectado con la MAS código 694). Corresponde al tramo de cabecera del río Veral en el que éste recibe la descarga de la FGP Paleoceno. Esta descarga se produce en el cauce del río en forma difusa y a través del manantial del Castillo, en un tramo de, aproximadamente, 1 km. La MAS relacionada es río Veral desde su nacimiento hasta la población de Ansó, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Subordán I (Manantiales de Oza)** (091.027.003-tramo conectado con la MAS código 693). Corresponde al tramo de cabecera del río Subordán en el que en un tramo de unos 300 m éste recibe la descarga de la FGP Cretácico sup., que se produce en el cauce del río a través de los manantiales San Juan de Dios y Puente Sil. La MAS relacionada es río Subordán desde su nacimiento hasta la población de Hecho, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Subordán II (Manantial de Santa Ana)** (091.027.004-tramo conectado con la MAS código 693). Corresponde al tramo de cabecera del río Subordán en el que éste recibe la descarga de la FGP Paleoceno, que se produce en el cauce del río a través del manantial de Santa Ana. La MAS relacionada es río Subordán desde su nacimiento hasta la población de Hecho, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Osia (Manantial de Los Corralones)** (091.027.005-tramo conectado con la MAS código 517). Corresponde al tramo de cabecera del río Osia en el que éste recibe la descarga de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, que se produce en el cauce del río a través del manantial de Los Corralones. La MAS relacionada es río Osia desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Subordán, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Estarrón (Manantial del Rigüello)** (091.027.006-tramo conectado con la MAS código 514). Corresponde al tramo de cabecera del río Estarrón en el que éste recibe la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., que se produce en el cauce del río a través del manantial del Rigüello. La MAS relacionada es río Estarrón desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Aragón, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Aragón I (Manantiales del Circo de Rioseta)** (091.027.007-tramo conectado con la MAS código 688). Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que en unos 700 m del Circo de Rioseta, el río recibe la descarga de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. que se produce a través de varios manantiales. La MAS relacionada es río Aragón desde su nacimiento hasta el Canal Roya y la toma para las centrales de Canfranc, que corresponde con un río de alta montaña.

- **Tramo Aragón II (Drenaje Túnel de Somport)** (091.027.008-tramo conectado con la MAS código 692). Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que puntualmente se vierte al río los caudales drenados de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. en el túnel del ferrocarril de Somport. La MAS relacionada es río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Aragón III (Central Canal Roya)** (091.027.009-tramo conectado con la MAS código 692). Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que se produce la descarga del manantial de la Central de Canal Roya, que drena la FGP Devónico med.-Carbonífero inf.. La MAS relacionada es río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Aragón IV (Manantial de La Torreta)** (091.027.010-tramo conectado con la MAS código 692). Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que se produce la descarga del manantial de La Torreta, que drena la FGP Cretácico sup.. La MAS relacionada es río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Aragón V (Manantiales de Villanúa)** (091.027.011-tramo conectado con la MAS código 692). Corresponde al tramo alto del río Aragón en el que se produce la descarga difusa directa al río y a través de varios manantiales (“Cuevas Viejas” y “Esjamundo”) de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, en un tramo estimado en unos 500 m. La MAS relacionada es río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Gállego I (Manantiales de Las Traconeras)** (091.027.012-tramo conectado con la MAS código 706). Corresponde al tramo alto del río Gállego sito aguas abajo de la presa del embalse de Búbal en el que se produce la descarga directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a la MAS por su margen derecha a través de varios manantiales denominados “Las Traconeras”. Esto se produce en un tramo estimado en unos 150 m. La MAS relacionada es río Gállego desde la presa de Búbal hasta el río Sía, que corresponde con un río de alta montaña.

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	
091.027.001	Río Belagua	696	río Ustarroz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Escá	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.027.002	Río Veral	694	río Veral desde su nacimiento hasta la población de Ansó	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.

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	
091.027.003	Río Subordán	693	río Subordán desde su nacimiento hasta la población de Hecho	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Cretácico sup.
091.027.004	Río Subordán	693	río Subordán desde su nacimiento hasta la población de Hecho	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.027.005	Río Osia	517	río Osia desde su nacimiento hasta la su desembocadura en el río Subordán	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Megacapas del Flysch Eoceno
091.027.006	Río Estarrón	514	río Estarrón desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Aragón	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.027.007	Circo de Rioseta (río Aragón)	688	río Aragón desde su nacimiento hasta el Canal Roya y la toma para las centrales de Canfranc	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Devónico med.-Carbonífero inf.
091.027.008	Río Aragón	692	río Aragón desde río Izas hasta río Ijeuz	Río	Río de alta montaña	Masa natural	Devónico med.-Carbonífero inf.
091.027.009	Río Aragón	692	río Aragón desde río Izas hasta río Ijeuz	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Devónico med.-Carbonífero inf.
091.027.010	Río Aragón	692	río Aragón desde río Izas hasta río Ijeuz	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Cretácico sup.
091.027.011	Río Aragón	692	río Aragón desde río Izas hasta río Ijeuz	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Megacapas del Flysch Eoceno
091.027.012	Río Gállego	706	río Gállego desde la presa de Búbal hasta el río Sia	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Paleoceno-Eoceno inf.

Tabla 9. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera

MASb Alto Gállego (091.028)

Dada la complicada geometría y la compartimentación de las calizas Devónicas, el elevado gradiente topográfico de la zona y el carácter poco permeable de los materiales lutíticos que conforman la mayor parte de la superficie de la MASb, la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. está compartimentada en multitud de pequeños acuíferos diferenciados que drenan por un rosario de manantiales de escasa cuantía. Las direcciones de flujo en cada caso están determinadas por la topografía, y se dirigen a la red superficial y ésta se recoge en alguno de los numerosos embalses¹¹.

¹¹ Atendiendo a que las descargas de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. está compartimentada en multitud de pequeños acuíferos diferenciados que drenan por un rosario de manantiales de escasa cuantía y que todas sus descargas acaba recogiendo en alguno de los numerosos embalses, unido al objetivo del presente trabajo, se ha optado por no incluir como tramos de relación río-acuífero a alguno de los manantiales inventariados en la MASb, como la Fte. del Furco (290860001), que descarga a Bco. y de ahí al embalse de Formigal, la Fte. Las Neufontanas (290830026), que descarga a Bco. y de ahí al río Aguas Limpias, y la Fte. Arrieles (290830039), que drena el Batolito Granítico de Cauteres y descarga en el río Aguas Limpias.

En la FGP Batolito granítico de Panticosa se identifican tanto flujos someros que circulan merced a un minúsculo acuífero libre albergado en los aluviales y coluviales del circo de Panticosa, como flujos profundos con un recorrido vertical por las fracturas del granito del orden de los 3.000 m. Este tipo de circulación profunda de carácter hidrotermal implica líneas de corriente subverticales ascendentes. Atendiendo a diferentes estudios llevados a cabo en el batolito, la ausencia de Tritio en esta circulación profunda implica tiempos de residencia superiores a 40 años. Los cálculos geotermométricos cifran en 75°C la temperatura máxima alcanzada por estos flujos, lo que supone que el punto más bajo del circuito hidrotermal se encontraría a unos 2.300 m de profundidad (Garrido, E., 2002).

Así pues, el único tramo identificado es el siguiente:

- **Tramo Caldarés (Manantiales de Baños de Panticosa)** (091.028.001-tramo conectado con la MAS código 704). Corresponde al tramo del río Caldares en el que se produce la descarga directa a través de varios manantiales hidrotermales de la FGP Batolito granítico de Panticosa, y cuyas aguas están sujetas a diferentes aprovechamientos (aguas mineromedicinales envasadas, terapéuticos, etc.). La MAS relacionada es río Caldarés desde su nacimiento hasta su entrada en el embalse de Búbal (incluye el Ibón de Baños), que corresponde con un río de alta montaña.

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	
091.028.001	Río Caldarés	704	río Caldares desde su nacimiento hasta su entrada en el embalse de Búbal (incluye el Ibón de Baños de Panticosa)	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Batolito granítico de Panticosa

Tabla 10. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.028 Alto Gállego

MASb Sierra de Alaiz (091.029)

Esta MASb está constituida por un extenso acuífero de naturaleza calcárea que en su mayor parte se comporta como confinado, pasando a ser libre tan sólo en la zona de la Sierra, donde afloran los niveles permeables del acuífero (Figura 7). Estos son las calizas y dolomías del Paleoceno y las calizas y calcarenitas del Eoceno, que presentan interconexión total, por lo que todos forman un mismo acuífero, la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. El resto de los materiales se comportan en conjunto como impermeables, formando la base de la FGP. Las margas de Pamplona recubren confinando la FGP, a excepción de la sierra.

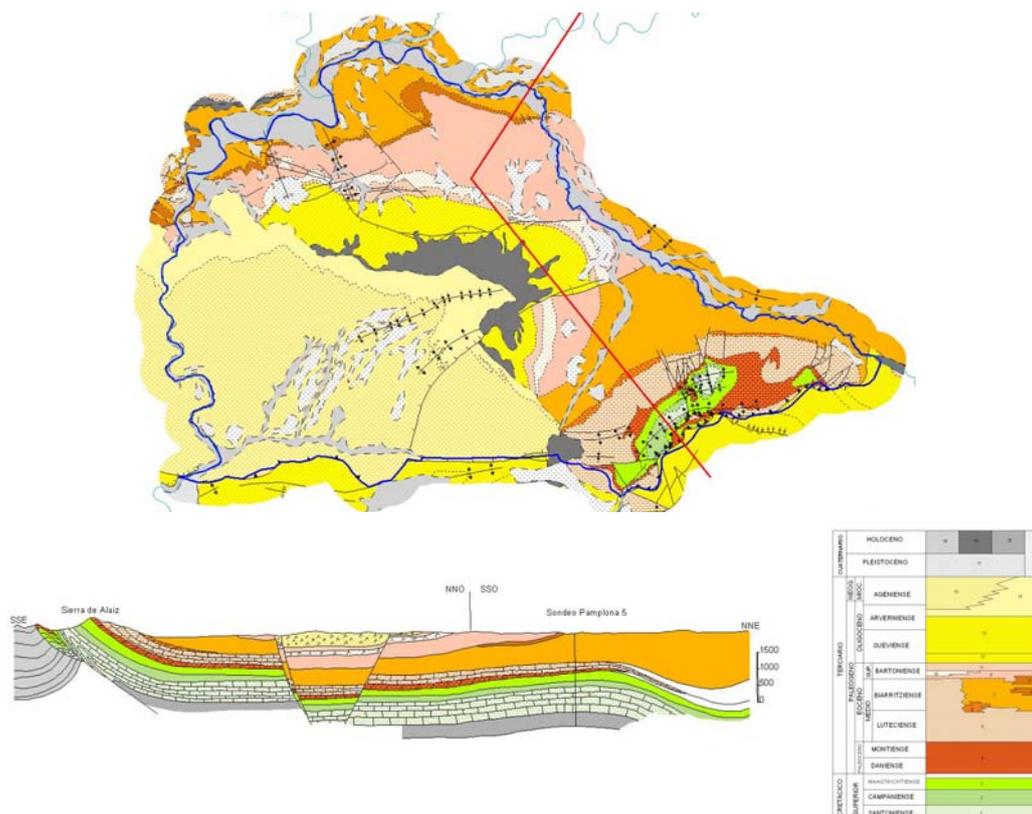


Figura 7. Corte geológico representativo de la MASb 091.29 Sierra de Alaiz

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Arga I** (091.029.001-tramo conectado con las MASs 546 y 548). Corresponde al tramo del río Arga desde que entra en la MASb hasta la localidad de Íbero. En este tramo, que coincide con el límite E de la misma, la longitud del tramo es de, aproximadamente, 7 km. Durante todo este tramo el río Arga discurre por la FGP Cuaternario. Las MASs relacionadas son: río Arga desde río Elortz hasta río Justapeña y río Arga desde Justapeña hasta río Araquil, que corresponden con ríos de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Arga II** (091.029.002 tramo conectado con la MAS 422). Corresponde al tramo del río Arga que va, aproximadamente, desde la población de Íbero hasta un km aguas arriba de Belascoain. En este tramo de unos 8 km, tiene lugar la descarga difusa indirecta y a través de manantiales de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del Cuaternario aluvial. La MAS relacionada es río Arga desde río Araquil hasta el río Salado, que corresponde con ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados.
- **Tramo Elorz** (091.029.003-tramo conectado con la MAS código 294). Corresponde al tramo del río Elorz desde que comienza a desarrollarse el aluvial hasta su desembocadura con el río Arga, esto es, unos 16.000 m. En este tramo el río discurre por la FGP Cuaternario. La MAS relacionada es río Elorz desde su nacimiento hasta su

desembocadura en el río Arga, 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	
091.029.001	Río Arga	546	río Arga desde río Elortz hasta río Justapeña	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Natural	Cuaternario
		548	río Arga desde Justapeña hasta río Araquil				
091.029.002	Río Arga	422	río Arga desde río Araquil hasta el río Salado	Río	ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Natural	Paleoceno-Eoceno inf. Cuaternario
091.029.003	Río Elorz	294	río Elorz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Arga	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Natural	Cuaternario

Tabla 11. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.029 Sierra de Alaiz

MASb Sinclinal de Jaca-Pamplona (091.030)

Su estructura responde a un amplio sinclinal limitado al N por las Sierras Interiores y al S por las Sierras Exteriores. Esta cuenca sedimentaria está rellena por depósitos turbidíticos de edad Eoceno, que se depositan sobre calizas y dolomías paleocenas que afloran al N y al S en las Sierras. Entre los depósitos turbidíticos existen unas megacapas carbonatadas, con potencia y espesor variable y de gran continuidad lateral. Sobre estos depósitos turbidíticos eocenos se dispone una potente serie detrítica que abarca el Eoceno, Oligoceno y Mioceno, y que aflora en la parte meridional. Incluye materiales margas y otros materiales detríticos formados por areniscas y lutitas así como facies lagunares; conglomerados, areniscas, arenas, lutitas y arcillas del Mioceno-Oligoceno. Existen también unos pequeños afloramientos, en el extremo occidental, constituidos por calizas margosas y margas del Cretácico y materiales del Keuper.

El mecanismo principal es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa. En el caso de la megabrechas, sus afloramientos en formas alargadas y de elevada pendiente son poco propicios para la recarga. Posiblemente, un mecanismo de recarga más relevante sea mediante el goteo en sus sectores confinados a partir de acuitardo formado por las turbiditas. A tenor de su geometría planar y de su amplia continuidad espacial, la superficie de contacto entre acuífero y acuitardo es muy importante. Los depósitos aluviales, terrazas y glaciares en acuíferos locales de poco espesor con comportamiento aislado. En líneas generales, la descarga se produce principalmente a la red fluvial y mediante pequeños manantiales.

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Arga III** (091.030.001-tramo conectado con la MAS código 545). Corresponde al tramo del río Arga desde la desembocadura del río Ulzama hasta la desembocadura del río Elorz, esto es, unos 11 km. En este tramo el río discurre por la FGP Cuaternario. La MAS relacionada es río Arga desde el río Ulzama hasta el río Elorz, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Erro-Irati** (091.030.002-tramo conectado con las MASs 535, 536 y 289). Corresponde al tramo de los ríos Erro e Irati que está comprendido entre las poblaciones de Lizoain y Lumbier. Este tramo tiene una longitud de, aproximadamente, 26 km. Durante todo este tramo el río Arga discurre por la FGP Cuaternario. Las MASs relacionadas son: río Erro desde la AN532 en Sorogain hasta la desembocadura en el río Irati, río Irati desde el río Erro hasta el río Areta y río Irati desde el río Areta hasta el río Salazar, que corresponden con ríos de montaña húmeda y mediterránea calcárea.
- **Tramo Aragón VI** (091.030.003-tramo conectado con la MAS código 692). Corresponde al tramo del río Aragón desde su entrada en la MASb hasta el manantial de Juncarral, esto es, unos 1.500 m. En este tramo el la MAS recibe las descargas difusas directas de las FGP Megacapac del Flysch Eoceno a través del Cuaternario aluvial en forma de manantiales (Rigales y Juncarral). La MAS relacionada es río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Gállego III (Manantial de Soto de Oliván)** (091.030.004-tramo conectado con la MAS código 565). Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Soto de Oliván, que drena la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. La MAS relacionada es río Gállego desde el río Sía (inicio tramo canalizado aguas abajo de Biescas) hasta el retorno., que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Gállego IV (Manantial del Vivero)** (091.030.005-tramo conectado con la MAS código 567). Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Vivero, que drena la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. La MAS relacionada es río Gállego desde el río Oliván hasta su entrada en el embalse de Sabiñánigo, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Guatizalema (Bco. Lapillera)** (091.030.006-tramo conectado con la MAS código 686). Corresponde al tramo del Bco de La Pillera (tributario del río Guatizalema aguas abajo de la población de Nocito) en el que se produce la descarga procedente de la Fm Calizas de Guara (FGP Paleoceno-Eoceno med.). La MAS relacionada es río Guatizalema desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Vadiello, que corresponde con un río de montaña húmeda 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	
091.030.001	Río Arga	545	río Arga desde el río Ulzama hasta el río Elorz	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Influenciado canalización de Pamplona	Cuaternario
091.029.002	Río Erro	535	río Erro desde la AN532 en Sorogain hasta la desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Natural	Cuaternario
	Río Irati	536	río Irati desde el río Erro hasta el río Areta			Río de montaña mediterránea calcárea	
		289	río Irati desde el río Areta hasta el río Salazar				
091.030.003	Río Aragón	692	Río Aragón desde río Izas hasta río Ijuez	Río	Río de alta montaña	Natural	Megacapas del Flysch Eoceno
091.030.004	Río Gállego	565	río Gállego desde el río Sía (inicio tramo canalizado aguas debajo de Bisecas) hasta el retorno .	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Influenciado canalización	Paleoceno-Eoceno inf.
091.030.005	Río Gállego	567	río Gállego desde el río Oliván hasta su entrada en el embalse de Sabiñánigo	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Influenciado canalización	Paleoceno-Eoceno inf.
091.030.006	Río Guatzalema	686	río Guatzalema desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Vadiello	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Natural	Paleoceno-Eoceno inf.

Tabla 12. *Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona*

MASb Sierra de Leyre (091.031)

El sistema de flujo subterráneo de la MASb está condicionado por las directrices estructurales E-O (Figura 8) y su intersección subortogonal con la red fluvial. Esto hace que la circulación subterránea se efectúe subparalela a las direcciones tectónicas desde las zonas altas de los interfluvios hacia los valles, donde es drenado por manantiales puntuales de origen estructural o mediante flujo difuso hacia los ríos. El funcionamiento hidrogeológico puede diferenciarse según dos zonas, una zona dinámica por encima del nivel de descarga caracterizada por un marcado carácter cárstico en dirección a los valles y que viene a coincidir con los límites establecidos para esta MASb. Los drenajes de están caracterizados por su gran variabilidad estacional, respuesta rápida a las precipitaciones y mineralizaciones no muy elevadas (entre 300 y 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$) con tiempos de residencia generalmente pequeños. Por debajo de esta zona, y a partir del contacto con el Flysch Eoceno, se desarrolla otra zona de confinamiento de las formaciones calcáreas que recoge los recursos no drenados por los ríos en la que la carstificación es presumiblemente menor, con un progresivo estancamiento del flujo y mineralización de las aguas. El ámbito de esta zona trasciende a los límites de la MASb, extendiéndose bajo el sinclinal de Jaca hasta las estribaciones de las Sierras Interiores Pirenaicas.

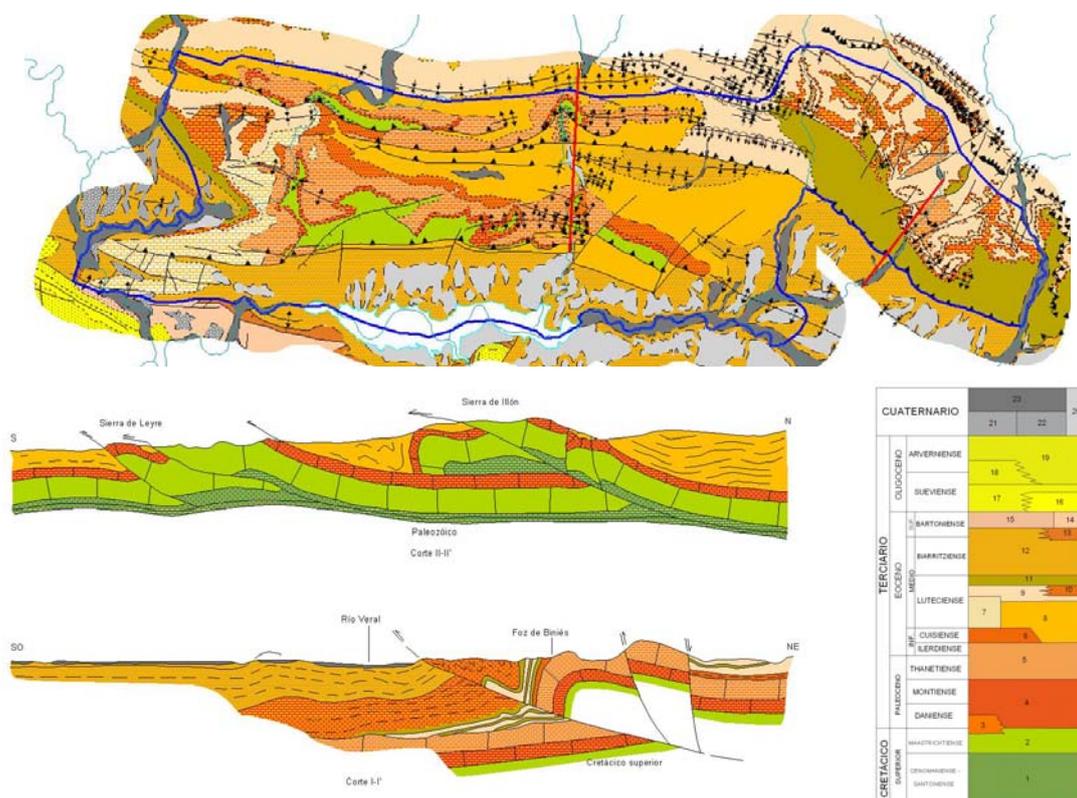


Figura 8. Cortes geológicos representativos de la MASb 091.031 Sierra de Leyre

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Salazar II (Foz de Benasa)** (091.031.001- tramo conectado con la MAS código 540). Corresponde al tramo del Bco. de la Foz de Benasa, tributario del río Salazar aguas abajo de Navascués, en el que se produce la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de Benasa. La MAS relacionada es río Salazar desde el río Zatoya y río Anduña hasta el Bco. de La Val, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Salazar III (Foz de Aspurtz)** (091.031.002- tramo conectado con la MAS código 290). Corresponde al tramo bajo del río Salazar a su paso por la Foz de Aspurtz en el que se produce la descarga difusa directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en este tramo de unos 1.600 m. La MAS relacionada es río Salazar desde el Bco. de La Val hasta su desembocadura en el río Irati, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Salazar IV (Foz de Arbayún)** (091.031.003- tramo conectado con la MAS código 290). Corresponde al tramo bajo del río Salazar a su paso por la Foz de Arbayún en el que se produce la descarga difusa directa y a través del manantial colgado de Arbayún. En este tramo de unos 2.500 m se produce la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno

inf.. La MAS relacionada es río Salazar desde el Bco. de La Val hasta su desembocadura en el río Irati, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.

- **Tramo Irati III (Foz de Lumbier)** (091.031.004-tramo conectado con la MAS código 418). Corresponde al tramo bajo del río Irati a su paso por la Foz de Lumbier en el que se produce la descarga difusa directa y a través del manantial de Lumbier. En este tramo de unos 600 m se produce la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. La MAS relacionada es río Irati desde el río Salazar hasta su desembocadura en el río Aragón, que corresponde con un ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados.
- **Tramo Esca I (Manantial Fte. del Pastor)** (091.031.005-tramo conectado con la MAS código 526). Corresponde al tramo bajo del río Esca situado unos 1.500 m aguas abajo de la población de Burgui en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup. en el manantial de la "Fte. del Pastor". La MAS relacionada es río Esca desde el río Biniés hasta la cola del embalse de Yesa, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Esca II (Manantiales de Salvatierra)** (091.031.006-tramo conectado con la MAS código 526). Corresponde al tramo bajo del río Esca situado en ambos márgenes del río, en las proximidades de la confluencia del Bco. de Gabarri. En este punto se produce la descarga directa de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno en sendos manantiales. La MAS relacionada es río Esca desde el río Biniés hasta la cola del embalse de Yesa, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Veral I** (091.031.007-tramo conectado con la MAS código 520). Corresponde al tramo bajo del río Veral desde que entra en la MASb y hasta la Foz de Biniés, en aquellos tramos en los que el río atraviesa tanto la FGP Megacapas del Flysch Eoceno (sobre todo la nº 33, esto es, la Megacapa Roncal) como, principalmente, la FGP Paleoceno-Eoceno inf., en las calizas aflorantes en la Foz de Biniés (y de las que reciben nombre). En este tramo de unos 3.500 m se produce la recarga difusa indirecta (posiblemente por presencia de exocarst) de ambas FGPs. La MAS relacionada es río Veral desde la población de Ansó hasta el río Veral, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Embalse de Yesa (Manantial de Tiermas)** (091.031.008-tramo conectado con la MAS código 37). Corresponde al tramo del río Aragón embalsado por la presa de Yesa en el que en momentos de aguas bajas, se produce la descarga termal de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en el Manantial de Tiermas. La MAS relacionada es el embalse de Yesa, que corresponde con un río de montaña húmeda 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	
091.031.001	Bco. Foz de Benasa (río Salazar)	540	río Salazar desde el río Zatoya y río Anduña hasta el Bco. de La Val	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.031.002	Río Salazar	290	río Salazar desde el Bco. de La Val hasta su desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf. Cretácico sup.
091.031.003	Río Salazar	290	río Salazar desde el Bco. de La Val hasta su desembocadura en el río Irati	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.031.004	Río Irati	418	río Irati desde el río Salazar hasta su desembocadura en el río Aragón	Río	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	Masa influenciada	Paleoceno-Eoceno inf.
091.031.005	Río Esca	526	río Esca desde el río Biniés hasta la cola del embalse de Yesa	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Cretácico sup.
091.031.006	Río Esca	526	río Esca desde el río Biniés hasta la cola del embalse de Yesa	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Megacapas del Flysch Eoceno
091.031.007	Río Veral	520	río Veral desde la población de Ansó hasta el río Veral	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa natural	Megacapas del Flysch Eoceno Paleoceno-Eoceno inf.
091.031.008	Embalse de Yesa	37	Embalse de Yesa	Embalse	-	-	Megacapas del Flysch Eoceno Paleoceno-Eoceno inf.

Tabla 13. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.031 Sierra de Leyre

MASb Sierra Tendeñera-Monte Perdido (091.032)

Esta MASb se emplaza sobre las Sierras Interiores pirenaicas entre los ríos Gállego y Cinca, en el contexto de los mantos de corrimiento pirenaicos. Participa de dos grandes unidades de corrimiento: la de Gavarnie, al O del Ara y la de Monte Perdido hacia el E. La primera incluye los afloramientos del Cretácico al Eoceno inf. de Sierra Tendeñera y el Paleoceno del fondo del valle de Ordesa, y está caracterizada por la fuerte inmersión de estos materiales hacia el S para sumergirse bajo el Flysch Eoceno. La unidad de Monte Perdido muestra en cambio una escasa deformación interna y los afloramientos eocenos se prolongan hacia el S hasta el Ara (Figura 9).

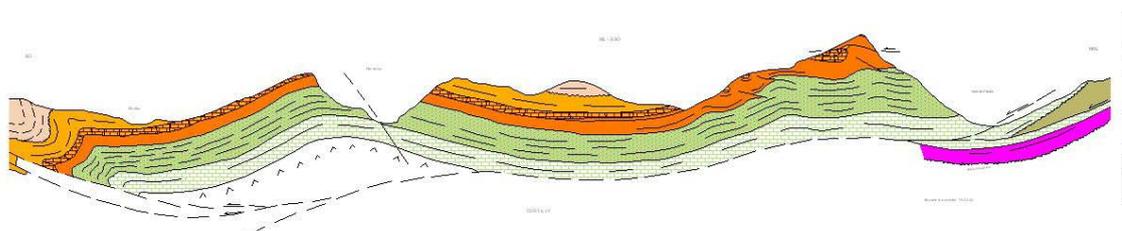


Figura 9. Corte geológico esquemático representativo de la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido (orientación S-N)

A modo de esquema, se puede esbozar el funcionamiento de esta MASb según tres sectores. Por una parte la FGP Devónico, muy compartimentado y con fuerte control topográfico en la parte más septentrional de la unidad. De otra parte, las sierras Interiores (Tendeñera, Ordesa – Monte Perdido y sierra de las Tres Marías) cuyos picos están contruidos por los resaltes que generan los niveles calcáreos del Paleoceno y Eoceno inf., y en cuyo funcionamiento destaca el desarrollo de una importante zona vadosa a favor de grandes aparatos (sistemas) cársticos. Por último, en la mitad meridional cuya máxima expresión superficial está definida por las amplias extensiones de afloramientos margosos y detríticos del Eoceno med. y sup. que conforman un potente serie poco permeable que confina los acuíferos subyacentes. El acuífero Devónico, presente en la parte más septentrional de la unidad, presenta unas características propias que derivan de su compleja estructura en forma de un conjunto de afloramientos desconectados permeables por fisuración y carstificación y con un fuerte control topográfico. Cuentan con numerosos manantiales de pequeña cuantía y a cotas muy variables que drenan niveles colgados.

La FGP Cretácico sup. está presente fundamentalmente en las sierras interiores y adosado al Pirineo Hercínico. En este sector está desconectado de la FGP Paleoceno–Eoceno inf. a causa de la interposición de las areniscas del *Maastrichtiense*. En los valles del Gállego y Ara el flujo subterráneo está condicionado por la directriz estructural E-O para drenar hacia estos ríos en los manantiales de Respumoso y Bujaruelo, respectivamente. En la parte oriental de la unidad dispone de un espesor y una superficie de afloramiento mayores merced al apilamiento de las unidades de Cotiella y Monte Perdido, cuyo cabalgamiento basal discurre paralelo al Cinca en el valle de Pineta. Esta mayor superficie de recarga se corresponde con las importantes descargas puntuales reconocidas en la cola del embalse de Pineta. En este sector los flujos son paralelos a las directrices estructurales NO-SE. Además de los recursos propios del Cretácico, estos drenajes reflejan una impronta hidroquímica de los niveles dolomitizados del acuífero Devónico.

En la FGP Paleoceno–Eoceno inf. de las sierras interiores cabe diferenciar dos áreas con base en su diferente configuración estructural. Al O del Ara, el acuífero aflora a lo largo de una estrecha banda con notable deformación interna que se sumerge hacia el S bajo el Flysch Eoceno, lo que determina la dirección de los flujos subterráneos E-O para drenar hacia los ríos Gállego y Ara (en los Batanes y Sta. Elena, respectivamente). Hacia el E del Ara, el acuífero se enmarca en la unidad de Monte Perdido, con una deformación interna menor cuya característica más notoria es el apilamiento de escamas que genera un importante aumento de espesor del acuífero por causas tectónicas. En esta zona el acuífero se encuentra suspendido sobre la red hidrográfica por las facies arenosas del *Maastrichtiense* de forma que el drenaje se realiza merced a manantiales periféricos, dando lugar a bellas cascadas localizadas en Ordesa y la cabecera del valle del Vello (Escuzana, Cotatuero, Garcés y Brulle en Ordesa, Font Blanca en el Vello). Constituye un acuífero cárstico *sensu stricto* con una zona vadosa que en

el caso de Sierra Arañonera alcanza 1.200 m de desarrollo vertical. Las formas exocársticas de absorción son numerosas y se reparten por las sierras Arañonera, el sector de Ordesa–Monte Perdido y la sierra de las Tres Marías. Estos grandes sistemas cársticos poseen unas características heredadas de episodios de mayor actividad ligada a la fusión de los glaciares cuaternarios y holocenos, como se desprende de la desproporción del endocarst respecto a la pequeña zona de absorción actual, de la presencia de galerías no funcionales y no relacionadas con la topografía actual y de la situación de algunas fuentes sobreelevadas sobre el cauce y cuya situación corresponde a niveles de base atribuibles a la acción glacial, como es el caso del manantial colgado de Sta. Elena en el Ara, o el de Respumoso sobre el Gállego, aparentemente sin control litológico o topográfico y de difícil explicación. Al S de las sierras interiores, entre los ríos Yaga y Arazas hasta el Ara, se desarrolla un sector caracterizado por los extensos afloramientos de materiales poco permeables que incluyen las margas *Cuisienses* y, sobre ellas, el Flysch Eoceno. Este sector, con una geometría antiformal, está diseccionado en su cenit por una profunda garganta que excava el río Vellos hasta alcanzar el techo de las calizas de *Campaniense*. Los afloramientos de la FGP Paleoceno–Eoceno inf. se limitan a una orla suspendida sobre el cauce del río Vellos que lo alcanza en las proximidades de la localidad de Puyaruego. En el resto del área, el acuífero está confinado bajo una potente serie margosa. Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Gállego II (Manantiales de Los Batanes)** (091.032.001-tramo conectado con la MAS código 706). Corresponde al tramo alto del río Gállego, estimado en unos 150 m, sito aguas abajo de la presa del embalse de Búbal. En él se produce la descarga directa al río de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. por su margen izquierda a través de varios manantiales: sendos denominados “Las Traconeras” y La Peller. Este tramo es consecutivo del 091.027.012, que lo hace por la margen derecha a la misma MAS. La MAS relacionada es río Gállego desde la presa de Búbal hasta el río Sía, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Ara I (Bujaruelo)** (091.032.002-tramo conectado con la MAS código 785). Corresponde al tramo del río Aras en el que a la altura de San Nicolás de Bujaruelo recibe la descarga difusa y directa a través del manantial homónimo de la FGP Cretácico sup.. La MAS relacionada es río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido), que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Ara II (Manantial de Santa Elena)** (091.032.003- tramo conectado con la MAS código 785). Corresponde al tramo alto del río Ara, aguas abajo de Bujaruelo y antes de la confluencia con el río Arazas, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial colgado de Santa Elena. La MAS relacionada es río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido), que corresponde con un río de alta montaña.

- **Tramo Arazas (Manantiales de Ordesa)** (091.032.004- tramo conectado con la MAS código 785). Corresponde al tramo del río Arazas antes de la confluencia con el río Ara, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través de unos cuantos manantiales colgados en altura: Escuzana, Cotatuero, Garcés y Brulle. La MAS relacionada es río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido), que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Ara III (Congosto de Jánovas)** (091.032.005- tramo conectado con la MAS código 667). Corresponde al tramo del río Ara desde que entra en la MASb hasta que la abandona, cerca de la población de Boltaña, en el que la MAS recarga la FGP Megacapas Flysch Eoceno durante unos 4 km. La MAS relacionada es río Ara desde la población de Fiscal hasta el río Sieste, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Vellós I (Manantial de Fon Blanca)** (091.032.006- tramo conectado con la MAS código 756). Corresponde al nacimiento del río Vellós en el que la MAS recibe la descarga puntual de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial colgado de Fon Blanca. La MAS relacionada es río Vellós desde su nacimiento hasta el río Aso, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Vellós II (Manantial de Puyarruego)** (091.032.007- tramo conectado con la MAS código 663). Corresponde al tramo del río Vellós, situado a guas arriba de la población de Puyarruego, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de aguas mineromedicinales de Puyarruego, o también conocido como Fte. de los Suspiros. La MAS relacionada es río Vellós desde el río Asó hasta el río Yesa, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Cinca I (Yaga-Fuentes de Escuaín)** (091.032.008-tramo conectado con la MAS código 754). Corresponde al tramo del Bco. de Yaga o Escuaín (tributario del río Cinca) en el que la MAS recibe a cota 1.180 msnm la descarga directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial Fuentes de Escuaín. La MAS relacionada es río Cinca desde el río Irués hasta el río Vellós, aguas arriba de la central de Laspuña, que corresponde con un río de alta montaña.
- **Tramo Cinca II (Manantiales de Javierre)** (091.032.009-tramo conectado con la MAS código 852). Corresponde al tramo de cabecera del río Cinca, aguas arriba de Javierre, en el que la MAS recibe la descarga indirecta a través del Cuaternario aluvial de sendos manantiales, el del Sanatorio de Pineta y el manantial de la Pera, provenientes de la FGP

Cretácico sup.. La MAS relacionada es río Cinca desde su nacimiento hasta el río Barrosa, que corresponde con un río de alta montaña.

- **Tramo Cinca III (Congosto de las Devotas)** (091.032.010-tramo conectado con la MAS código 750). Corresponde al tramo alto del río Cinca de unos 700 m, que se sitúa entre las poblaciones de Salinas y Lafortunada, donde la MAS recarga la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. La MAS relacionada es río Cinca desde el río Cinqueta hasta el río Irués, que corresponde con un río de alta montaña.

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	
091.032.001	Río Gállego	706	río Gállego desde la presa de Búbal hasta el río Sía	Río	Río de alta montaña	Masa Influenciada	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.002	Río Ara	785	río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido)	Río	Río de alta montaña	Masa Natural	Cretácico sup.
091.032.003	Río Ara	785	río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido)	Río	Río de alta montaña	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.004	Río Arazas	785	río Ara desde su nacimiento hasta el río Arazas (éste incluido)	Río	Río de alta montaña	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.005	Río Ara	667	Río Ara desde la población de Fiscal hasta el río Sieste	Río	Ríos de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.006	Río Vellós	756	río Vellós desde su nacimiento hasta el río Aso	Río	Ríos de alta montaña	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.007	Río Vellós	663	río Vellós desde el río Asó hasta el río Yesa	Río	Ríos de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.008	Bco. Yaga (tributario del Cinca)	754	río Cinca desde el río Irués hasta el río Vellós, aguas arriba de la central de Laspuña	Río	Ríos de alta montaña	Masa Natural	Paleoceno-Eoceno inf.
091.032.009	Río Cinca	852	río Cinca desde su nacimiento hasta el río Barrosa	Río	Ríos de alta montaña	Masa Influenciada	Cretácico sup.
091.032.010	Río Cinca	750	río Cinca desde el río Cinqueta hasta el río Irués	Río	Ríos de alta montaña	Masa Influenciada	Paleoceno-Eoceno inf.

Tabla 14. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido

MASb Santo Domingo-Guara (091.033)

Las Sierras Exteriores desde las Peñas de Sto. Domingo a la Sierra de Guara, forman parte de las unidades estructurales despegadas y desplazadas al S, dando lugar al frente pirenaico. El despegue tiene lugar en las evaporitas y arcillas del Trías (Keuper). Las unidades desplazadas al S comprenden materiales del Triásico, Cretácico superior, Eoceno y Oligoceno, conformando estos últimos el Sinclinatorio de Guarga, al N de la MASb. Las Sierras Exteriores constituyen una gran estructura cabalgante hacia el S en la que se distinguen numerosas láminas

imbricadas. Estas láminas están afectadas por un conjunto de pliegues N-S que se han desarrollado simultáneamente a la sedimentación de las formaciones del Eoceno. La vertiente N de las sierras exteriores constituye un gran afloramiento continuo de toda la serie de cobertera, en tanto que su vertiente S es más compleja y se caracteriza por la presencia de numerosas láminas imbricadas de vergencia dominante S y con la parte frontal parcialmente fosilizada por depósitos sintectónicos del margen de la Cuenca del Ebro (Figura 10).

Los condicionantes estructurales determinan un funcionamiento en cuanto a direcciones de flujo y relación entre las zonas de recarga y descarga distinto al E y O del río Guatzalema. Hacia el E de este río, los afloramientos permeables se limitan a dos bandas en sendos flancos de la sierra con una anchura que se reduce notablemente hacia el O. Se trata de un sector con un gran número de manantiales de poca cuantía y a cotas elevadas (las principales descargas de este sector se emplazan a cotas entre 700 y 1020 m s.n.m.). Los flujos, de carácter generalmente muy local, tienen direcciones impuestas por la estructura de la sierra aproximadamente E-O. Al E del Guatzalema domina un afloramiento casi ininterrumpido de materiales permeables que permite la existencia de grandes áreas de recarga cuyos exutorios se localizan en los ríos que la atraviesan en dirección N-S. En este sector existen muy pocos manantiales, aunque de mucha mayor importancia, junto a la red fluvial. Las cotas de drenaje, impuestas por los ríos, oscilan entre 500 y 700 msnm. Las direcciones de flujo están impuestas por los gradientes topográficos. La estructura de esta zona hace que el flanco meridional, cabalgado por el septentrional, está en gran medida fosilizado bajo recubrimientos de conglomerados del Oligoceno. La circulación profunda bajo estas escamas es la responsable de la surgencia moderadamente termal de los baños de Alquézar a través del suprayacente Oligoceno. Las características hidráulicas del principal acuífero (Cretácico–Eoceno) son muy irregulares como corresponde a un acuífero con una importante componente cárstica *sensu stricto*. Su permeabilidad está muy condicionada por la posición de los materiales respecto a los principales sistemas de flujos subterráneo (Fuenmayor, Bastarás, etc). En las zonas alejadas de estos puntos de convergencia de flujos es previsible una reducción muy drástica de la permeabilidad.

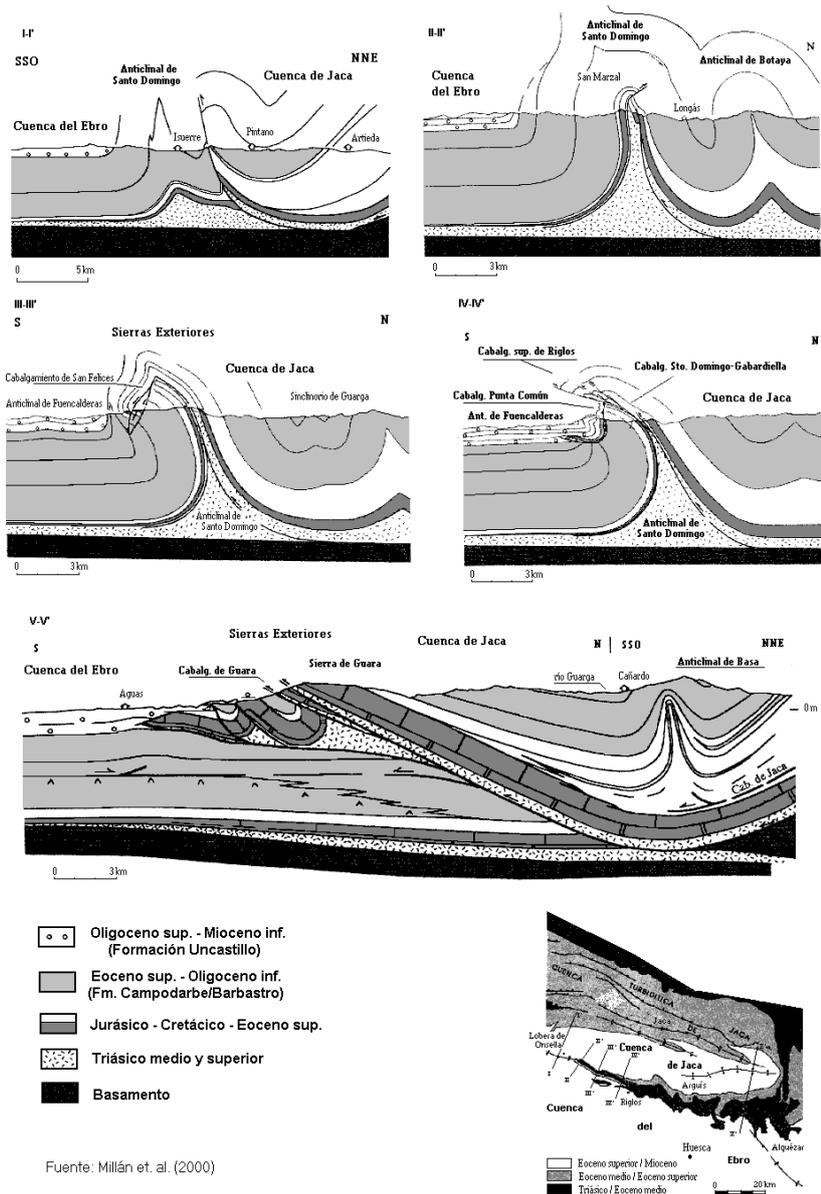


Figura 10. Cortes geológicos representativos de la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara

Los tramos identificados son los siguientes:

- **Tramo Garona (Manantial de la Trinidad)** (091.033.001-tramo conectado con la MAS código 328). Corresponde al tramo medio del río Garona, aguas arriba del embalse de La Peña, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de La Trinidad. La MAS relacionada es río Garona desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Gállego, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Foz de Escaletes** (091.033.001-tramo conectado con la MAS código 44). Corresponde al Bco. de Escaletes en el que se produce la descarga directa de la FGP

Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial homónimo. La MAS relacionada es embalse de La Peña, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.

- **Tramo Isuela I (Manantiales de Arguís)** (091.033.003-tramo conectado con la MAS código 814). Corresponde al tramo del río Isuela en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través de los manantiales de Arguís. La MAS relacionada es río Isuela desde su nacimiento hasta el puente de Nueno y los azudes de la Hoya, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Isuela II (Manantial de Los Baños de Nueno)** (091.033.004-tramo conectado con la MAS código 814). Corresponde al tramo del río Isuela en el que se produce la descarga directa de la FGP Muschelkalk a través del manantial de Los Baños de Nueno. La MAS relacionada es río Isuela desde su nacimiento hasta el puente de Nueno y los azudes de la Hoya, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Flumen I (Manantial de Cienfuens)** (091.033.005-tramo conectado con la MAS código 812). Corresponde al tramo del río Flumen situado aguas abajo de la presa del embalse de Santa M^a de Belsué, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Cienfuens. La MAS relacionada es río Flumen desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Montearagón y el salto de Roldán, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Flumen II (Manantial de Fuenmayor)** (091.033.006-tramo conectado con la MAS código 54). Corresponde al tramo del Bco. (Cuenca del río Flumen) que descarga en el embalse de Montearagón, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. A través de conglomerados carbonatados Miocenos por el manantial de Fuenmayor. La MAS relacionada es el embalse de Montearagón, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Formiga (Fuentes de Bastarás)** (091.033.007-tramo conectado con la MAS código 380). Corresponde al tramo del río Formiga, tributario del Calcón, en el que se produce la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med., a través de conglomerados Miocenos, en forma de surgencias difusas con un sistema de surgencias de tipo “trop plein” asociadas (solencios de Bastarás, Sta. Cilia e Ibones de Anguarer). La MAS relacionada es el río Calcón desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Alcanadre, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Alcanadre I (Manantial de Alcanadre)** (091.033.008-tramo conectado con la MAS código 684). Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial

de Alcanadre. La MAS relacionada es río Alcanadre desde su nacimiento hasta el río Mascún (incluido éste), que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.

- **Tramo Alcanadre II (Bco. Mascún-Cuca de Bellostas)** (091.033.009- tramo conectado con la MAS código 684). Corresponde al tramo del río Mascún que se inicia a partir del Bco. de Maisén y termina en las cercanías del manantial de Mascún. En este tramo la MAS es drenada por la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara) durante unos 3.000 m. La MAS relacionada es río Alcanadre desde su nacimiento hasta el río Mascún (incluido éste), que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Alcanadre III (Manantial Bco. de Mascún)** (091.033.010-tramo conectado con la MAS código 684). Corresponde al tramo del río Mascún en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial del Bco. de Mascún. La MAS relacionada es río Alcanadre desde su nacimiento hasta el río Mascún (incluido éste), que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Alcanadre IV (Manantial La Tamara)** (091.033.0011-tramo conectado con la MAS código 378). Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que, tras los estrechos de Tamara, se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de La Tamara. La MAS relacionada es río Alcanadre desde el río Mascún hasta el río Cascón, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Balces** (091.033.012-tramo conectado con la MAS código 377). Corresponde al tramo en que la MAS drena la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. en forma difusa directa durante unos 10 km que recorre por la Fm Calizas de Guara. La MAS relacionada es río Isuela desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Alcanadre, que corresponde con un río de montaña mediterránea calcárea.
- **Tramo Vero I (Almozarre-Bárcabo)** (091.033.013-tramo conectado con la MAS código 375). Corresponde al tramo del río Vero que se inicia en Almozarre y termina en las cercanías del manantial de Lecina. En este tramo la MAS es drenada por la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara) durante unos 4 km. Es más que probable la existencia de sumideros en el lecho del cauce. La MAS relacionada es río Vero desde su nacimiento hasta el puente junto al camping de Alquézar, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.
- **Tramo Vero II (Manantial de Lecina)** (091.033.014-tramo conectado con la MAS código 375). Corresponde al tramo del río Vero en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Lecina. La MAS

relacionada es río Vero desde su nacimiento hasta el puente junto al camping de Alquézar, que corresponde con un río de montaña húmeda calcárea.

- **Tramo Vero III (Fte. Lecina-Baños de Alquézar)** (091.033.015-tramo conectado con la MAS código 375). Corresponde al tramo del río Vero situado entre el manantial de Lecina y la población de Alquézar. En él se produce la descarga difusa directa en el cauce (calizas de Guara) e indirecta de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través de la FGP de la FGP Terciario continental (Mioceno detrítico) vía surgencia pseudotermal de Baños de Alquézar. La MAS relacionada es río Vero desde su nacimiento hasta el puente junto al camping de Alquézar, que corresponde con un río de montaña húmeda 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	
091.033.001	Río Garona	328	río Garona desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Gállego	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.002	Bco. Escaletes (vierte al embalse de La Peña)	44	Embalse de La Peña	Embalse	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Influenciada	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.003	Río Isuela	814	río Isuela desde su nacimiento hasta el puente de Nueno y los azudes de la Hoya	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Influenciada	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.004							Muschelkalk
091.033.005	Río Flumen	812	río Flumen desde su nacimiento hasta la cola del embalse de Montearagón y el salto de Roldán	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa influenciada	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.006	Bco. (embalse de Montearagón)	54	Embalse de Montearagón	Embalse	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa influenciada	Cretácico sup.-Eoceno med. (a través de Miocenos)
091.033.007	Río Formiga	380	río Calcón desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Alcanadre	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med. (a través de Miocenos)
091.033.008	Río Alcanadre	684	río Alcanadre desde su nacimiento hasta el río Mascún (incluido éste)	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.009 091.033.010	Río Mascún (tributario del Alcanadre)	684	río Alcanadre desde su nacimiento hasta el río Mascún (incluido éste)	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.011	Río Alcanadre	378	río Alcanadre desde el río Mascún hasta el río Cascón	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.012	Río Balces (río Isuela)	377	Río Isuela desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río alcanadre	Río	Río de montaña mediterránea calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.013 091.033.014	Río Vero	375	río Vero desde su nacimiento hasta el puente junto al camping de Alquézar	Río	Río de montaña húmeda calcárea	Masa Natural	Cretácico sup.-Eoceno med.
091.033.015							Paleoceno-Eoceno inf. a través de la FGP Terciario continental

Tabla 15. Identificación de los tramos de relación río-acuífero de la MASb 091.033 Santo Domingo-Guara

3.2 Modelo conceptual

A continuación se describe el modelo conceptual de la relación río-acuífero de los tramos identificados en el Dominio Hidrogeológico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, para cada una de las MASb que lo integran.

Los tramos de cauce donde se ha definido conexión río-acuífero corresponden a:

- 36 tramos ganadores catalogados como conexión puntual por manantiales (en 15 de ellos la descarga se produce directamente a las MAS definidas como tal por el CEDEX –se incluye en este tipo el drenaje del túnel ferroviario de Somport al río Aragón- y en 21 la descarga se sitúa en afluentes de éstas o, en mayor medida, colgados con respecto al nivel de base del río).
- 16 tramos efluentes, de los cuales 5 son catalogados como conexión difusa y 11 definidos como tipología mixta (puntual por manantiales más descarga difusa).
- 6 tramos influentes.
- 4 tramos catalogados como variable (fluctua estacionalmente entre ganador/perdedor).

MASb Alto Arga – Alto Irati (091.025)

- **Tramos Erro I (091.025.001) y Erro II (091.025.002).**

El río Erro, aguas arriba de la localidad de Erro, circula de forma meandriforme y atraviesa la FGP Cretácico sup. (tramo 091.025.001) de afloramiento de calizas y dolomías del *Santoniense* (litología C₂₄ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) que orlan la estructura de domo de Oroz-Betelu. Este afloramiento fallado permite la infiltración de las aguas del Erro al encontrarse el nivel piezométrico por debajo de la cota del río, posiblemente a través de formas exocársticas. A unos pocos kilómetros aguas abajo de la localidad de Erro, en las calizas y dolomías del *Santoniense*, que se encuentran semiconfinadas a techo por arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* y en la base por las facies Buntsandstein sup. (argilitas rojas con pasadas de limolitas y areniscas), se produce un rebose hidrogeológico a cota 650 msnm, posiblemente a través de algún nivel más calcáreo de las arcillas calcáreas (litología C^m₂₆ MAGNA 1:50.000, Hoja 116), en la surgencia de Olondriz – código CHE 260710003 y de manera difusa al río (tramo 091.025.002). De este modo, el río Erro funciona como influente en el tramo primero, recargando la FGP Cretácico sup., la cual, a su vez, se descarga al mismo río a unos 3 kilómetros aguas abajo, en unos 500 m en forma difusa desde la FGP Paleoceno-Eoceno inf..

Por tanto, el modelo conceptual para el tramo 091.025.001 corresponde a un río perdedor con conexión indirecta por sumideros (código 421-Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes). En este tramo el río Erro dispone de un régimen hidrológico natural. El modelo conceptual para el tramo 091.025.002 corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa directa y mediante un manantial (código 471-Conexión mixta difusa directa y manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Erro dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Irati I (091.025.003)**

Corresponde al tramo del río Irati situado aguas arriba del núcleo de Arive, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno, ya que durante unos 0,5 km el río atraviesa los afloramientos paleocenos formados por calizas con algas y dolomías (litología T^A₁₁₋₁₃ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) que se disponen en el núcleo de una estructura sinclinal de orientación ONO-ESE, constituyendo el nivel de base del acuífero.

El modelo conceptual para el tramo 091.025.003 corresponde a un río ganador con conexión difusa directa en cauces efluentes (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Irati dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia del embalse de Irabia aguas arriba.

▪ **Tramo Irati II (Manantial La Balsa) (091.025.004)**

Corresponde a la descarga de la FGP Cretácico sup. en forma directa a través del manantial de La Balsa (código CHE 260740005), que vierte sus aguas en el Bco. Zotarre (TM Abaurrea Baja), tributario del río Irati. La surgencia se localiza a una cota de 830 msnm en los afloramientos de calizas y dolomías del *Santoniense* (litología C₂₄ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) que orlan la estructura de domo de Oroz-Betelu que se encuentran en el flanco N-NE del mismo, donde los materiales buzcan al NE entre 25-30°. Se produce la surgencia por rebose hidrogeológico al contacto brusco de permeabilidad producido por falla, que pone en contacto las calizas y dolomías con las arcillas calcáreas impermeables (litología C^m₂₆ MAGNA 1:50.000, Hoja 116).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador a favor de un único manantial asociado a tributarios (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Irati dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia aguas arriba del embalse de Irabia.

▪ **Tramo Areta (Manantial de Mozarre) (091.025.005)**

Corresponde a la descarga del manantial de Mozarre (coordenadas X: 645.340 e Y: 4.745.912 y código CHE 260780001) en el tramo del Bco. de Mozarre (tributario de

cabecera del río Areta). En él se produce la descarga de la FGP Paleoceno, concretamente la surgencia se localiza en los afloramientos de calizas paleocenas del *Daniense-Montiense*, que se encuentran en el flanco S-SE que rodea el Domo de Oroz-Betelu, donde los materiales buzan al S entre 60-70°. La surgencia se localiza a cota de 819 msnm en diferentes puntos muy cercanos al contacto entre las margas y el Flysch.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador a favor de un único manantial asociado a tributarios (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Areta dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Salazar I (Manantial Laurenze) (091.025.006)**

Se trata de la descarga que se produce en el Bco. de Zaldaña, tributario del río Salazar por su margen derecha, del manantial de Laurenze (270750012), localizado a cota de 820 msnm en las calizas brechoides del Eoceno inf. (FGP Megacapac del Flysch Eoceno), al producirse el contacto con las facies margosas del Paleoceno (barrera impermeable basal) que afloran en el núcleo anticlinal, forzando un rebose hidrogeológico. De acuerdo con la información consultada, en este punto se drenan conjuntamente las FGPs Cretácico sup., Paleoceno y Megacapac del Flysch Eoceno, al actuar como salida de los flujos comunicados (continuidad piezométrica) como consecuencia del cierre periclinal localizado en una zona de intenso plegamiento (pliegues sinclinales-anticlinales de orientación ENE-OSO) y fracturación al que están sometidos los materiales del Terciario marino que se encuentran en la zona E del Domo de Oroz-Betelu.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador a favor de un único manantial asociado a tributarios (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Areta dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Belagua I (Manantial Sículo V) (091.025.007)**

Se trata de la descarga puntual de la FGP Paleoceno que se produce en el río Belagua en forma de manantial (270740002) que se sitúa a cota de 1.073 msnm. Se produce mediante rebose hidrogeológico al ponerse en contacto mediante cabalgamiento las facies carbonatadas permeables de la FGP Paleoceno con las arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* que conforman la barrera impermeable basal (litología C₂₆^m MAGNA 1:50.000, Hoja 116).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador a favor de un único manantial asociado a tributarios (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Belagua dispone de un régimen hidrológico natural.

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)
091.025.001	Río Erro	Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario. Posibles formas exocársticas	-	-	4.867
091.025.002	Río Erro	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	-	-	-	9.866
091.025.003	Río Irati	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Sin recubrimiento Cuaternario. Posibles formas exocársticas	-	-	700
091.025.004	Bco. Zotarre (tributario río Irati)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado	Sin recubrimiento Cuaternario.	-	Rebose hidrogeológico asociado a barrera impermeable	650
091.025.005	Bco. Mozarre (tributario río Areta)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	-	-	Rebose hidrogeológico asociado a barrera impermeable	1.080
091.025.006	Bco. Zaldaña (tributario río Salazar)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	-	-	Forma anticlinal con aparición de base impermeable (Paleoceno margoso)	1.040
091.025.007	Río Belagua	Descarga puntual por un único de manantial en cauces efluentes	Natural	-	-	Rebose hidrogeológico asociado a barrera impermeable	870

Tabla 16. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati

MASb Larra (091.026)

- **Tramo Belagua II (Manantiales de Rincón de Belagua) (091.025.001)**

En este tramo, el río Belagua recibe la descarga de la FGP Cretácico sup., concretamente las calizas de Larra de edad *Coniaciense-Santoniense*, en forma de manantiales de ladera y a través de un escaso recubrimiento Cuaternario aluvial. La descarga se efectúa a través de tres manantiales cercanos (280710005, 280710006 y 280710007), a cotas entre 1.050 y 1.000 msnm, en el contacto entre las Calizas de Larra (sucesivas escamas cabalgantes, Figura 11) y las Margas y Calizas de Zuriza de edad *Campaniense-Maastrichtiense*, que dada la inversión sufrida constituyen el impermeable basal. Estas descargas podrían nutrirse principalmente de las recargas que se infiltran en las vertientes del Txamantxoia y Lapakiza.

El modelo conceptual para el tramo 091.026.001 corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Belagua dispone de un régimen natural.

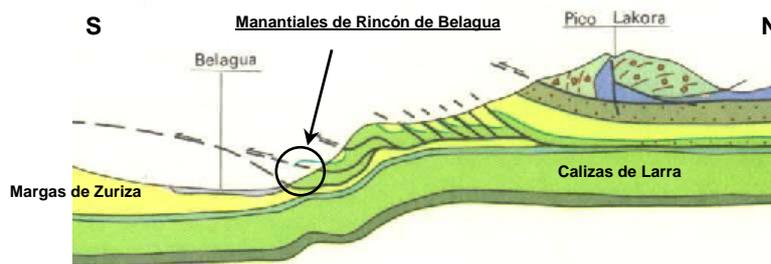


Figura 11. Esquema de la génesis hidrogeológica de los manantiales de Belagua. Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 118.

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)
091.026.001	Río Belagua	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Con recubrimiento Cuaternario aluvial	-	Descarga por manantiales en el contacto con la base impermeable	1.955

Tabla 17. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.026 Larra

MASb Ezcaurre - Peña Telera (091.027)

- **Tramo Belagua III (manantiales de Isaba) (091.027.001)**

En este tramo, el río Belagua recibe la descarga directa de la FGP Paleoceno. La descarga se efectúa a través de varios manantiales que surgen en el cauce del río (270780002 a 270780004) como consecuencia del rebose hidrogeológico producido por el brusco contraste de permeabilidad que se produce en el contacto de los materiales permeables de la FGP Paleoceno con las arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* (litología C^m₂₆ MAGNA 1:50.000, Hoja 116) en una zona con intenso plegamiento (anticlinal-sinclinal dobles tumbados). Las descargas se producen a una cota entre 835 y 825 msnm, siendo el principal manantial el 270780002, cuya descarga se produce a 834 msnm. Los aforos realizados por el Gobierno de Navarra y la CHE en este manantial muestran un caudal muy irregular, con máximos del orden de 2 m³/s y muy fuertes estiajes, que casi agotan el manantial. Este comportamiento tan irregular y con poca memoria sugiere una acuífero con un componente cárstico s.s. muy acusado.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Belagua dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Veral I (Manantial del Castillo) (091.027.002)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Veral en el que éste recibe la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. Esta descarga se produce en el cauce del río en forma difusa directa y a través del manantial del Castillo (280750006). En este tramo existe una compleja estructura de fallas y pequeños mantos cabalgados y plegados que afecta a los materiales acuíferos. El río atraviesa por sus cotas más bajas el acuífero y origina la descarga.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa directa y puntual por un único manantial (código 471-*Conexión mixta difusa directa y puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Veral dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Subordán I (Manantiales de Oza) (091.027.003)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Subordán en el que éste recibe la descarga directa de las FGPs Cretácico sup. (posiblemente descarga del nivel arenoso del *Campaniense*; Areniscas de la Tuca Blanca) y Paleoceno-Eoceno inf. (posiblemente la Fm Salarons), a través manantial de los manantiales de San Juan de Dios (280820010, cota 1.070 msnm) y Puente Sil (280820011, cota 1.060 msnm), ambos separados unos 300 m.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Subordán dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Subordán II (Manantial de Santa Ana) (091.027.004)**

Corresponde al tramo alto del río Subordán en el que éste recibe la descarga directa de la FGP Paleoceno a través manantial de Santa Ana (280820001), sito a 920 msnm. La descarga se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota del acuífero en una zona donde se pone en contacto por estructura anticlinal cabalgada el los niveles carbonatados permeables del Paleoceno-Eoceno inf. con las facies margosas del Flysch Eoceno (impermeable de techo pero en este caso lo es de base al encontrarse la estructura anticlinal cabalgada sobre el Flysch).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Subordán dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Osia (Manantial de Los Corralones) (091.027.005)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Osia en el que éste recibe la descarga de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, que se produce en el cauce del río a través del manantial de Los Corralones (280830001), a una cota de 1.215 msnm. La descarga se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota de la Megacapa de Villanúa (litología nº 29 en MAGNA 1:50.000, Hoja 144), que en esa zona se encuentra fuertemente tectonizada (cabalgamiento fallado y tumbado). Las facies margosas del Flysch en las que se encuentra embebida la Megacapa actúan como impermeable (Figura 12). Parte del caudal descargado en este manantial proviene de las infiltraciones que se producen en el sumidero de Lízara.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Osia dispone de un régimen hidrológico natural.

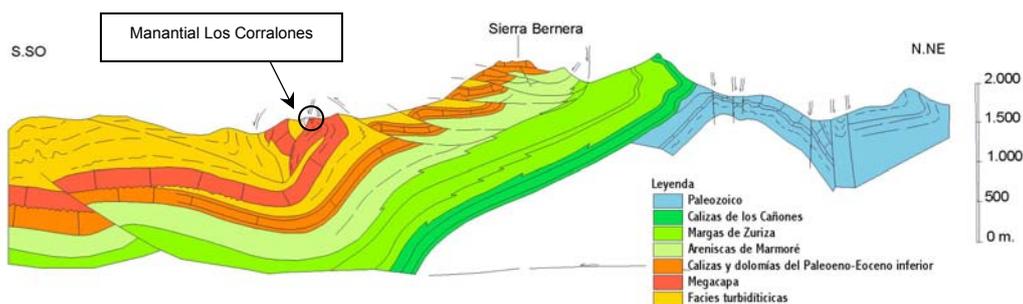


Figura 12. Contexto geológico de la surgencia del manantial de Los Corralones (tramo 091.027.005). Corte tomado de Teixell, 1995

▪ **Tramo Estarrón (Manantial del Rigüello) (091.027.006)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Estarrón en el que éste recibe la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., a través de la surgencia del manantial del Rigüello (280880008), sito a una cota de 1.633 msnm (descolgado con respecto al río). La descarga se produce por rebose hidrogeológico como consecuencia del brusco contraste de permeabilidades que se produce al contacto con las facies margosas del Flysch Eoceno.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Estarrón dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Aragón I (Manantiales del Circo de Rioseta) (091.027.007)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que éste recibe la descarga de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. que se produce en el Circo de Rioseta a través de varios manantiales: Rioseta (280840009) que surge a 1.470 msnm y, en menor medida, el manantial 280840011, que surge a 1.415 msnm, así como la “surgencia elevada de Rioseta” (280840010), que surge a 1.500 msnm. Se produce en el contacto entre los materiales carbonatados Devónicos, debido al contraste de permeabilidad entre las altamente permeables calizas arrecifales del Tobazo (litología nº 3 en MAGNA 1:50.000, Hoja 144), que son las que se descargan, y las menos permeables que constituyen las calizas de “Griotte” (litología nº 5 de MAGNA 1:50.000, Hoja 144) y las capas de Chourique (litología nº 6 de MAGNA 1:50.000, Hoja 144). Este hecho se produce en una zona de contacto cabalgante y altamente fallado del Paleozoico con la cobertera Mesozoico-Terciario.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Aragón II (Drenaje Túnel de Somport) (091.027.008)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que puntualmente se vierte al río el caudal drenado en el túnel del ferrocarril de Somport (290810002), que son desagüados de los materiales permeables de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf..

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico natural.

▪ **Tramo Aragón III (Manantial de la Central Canal Roya) (091.027.009)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que se produce la descarga del manantial de la Central de Canal Roya (290850001), que surge en el flanco S de una estructura sinclinal en la que se ponen en contacto pizarras del Devónico med. (litología nº 14 de MAGNA 1:50.000, hoja 145), que actúan como impermeable basal, y calizas masivas (litología nº 22 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del *Tournaisiense-Viseiense* (Carbonífero inf.), produciendo un rebose hidrogeológico por brusco contraste de permeabilidad. de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf. a una cota de 1.220 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico influenciado por la descarga artificial del desagüe del túnel de Somport.

▪ **Tramo Aragón IV (Manantial de La Torreta) (091.027.010)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Aragón en el que se produce la descarga del manantial de La Torreta (280880006), que drena la FGP Cretácico sup., siendo buena parte del caudal drenado el proveniente de la infiltración en el Ibón de Tortiellas, que se ubica en las calcarenitas ferruginosas y nodulosas del *Coniaciense-Santoniense* (litología nº 15 del MAGNA 1:50.000, hoja 144). El manantial se ubica a una cota de 1.090 msnm, en el contacto entre las calizas mencionadas y las margas de Zuriza, produciéndose, por tanto, por rebose hidrogeológico al brusco contacto de permeabilidad.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico influenciado por la descarga artificial del desagüe del túnel de Somport.

▪ **Tramo Aragón V (Manantiales de Villanúa)** (091.027.011)

Corresponde al tramo alto del río Aragón en el que se produce la descarga de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, concretamente la Megacapa de Villanúa o nº 3, en forma difusa indirecta al río y a través de los manantiales de Cuevas Viejas o Güixas (280880001, cota 950 msnm) y Esjamundo (280880012, 946 msnm), situados en la margen izquierda y derecha del río Aragón, respectivamente. Las descargas se producen por la existencia de dos fallas paralelas que canalizan el flujo subterráneo hasta contactar con las facies margosas del Flysch (impermeable) en las que se encuentra embebida la Megacapa de Villanúa (litología nº 29 en MAGNA 1:50.000, Hoja 144). De manera que la descarga se produce por rebose hidrogeológico. La existencia de dos fallas paralelas favorece la canalización del flujo a su favor y la existencia de ambos manantiales, uno en cada margen del río. La descarga se produce La descarga difusa indirecta (a través de un Cuaternario aluvial) se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota de la Megacapa.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa indirecta y puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 481-Conexión mixta difusa indirecta y directa a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico influenciado.

▪ **Tramo Gállego I (Manantiales de Las Traconeras)** (091.027.012)

Corresponde al tramo alto del río Gállego sito aguas abajo de la presa del embalse de Búbal en el que se produce la descarga difusa directa al río y a través de varios manantiales denominados “Las Traconeras”. Las descargas provienen de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., sobre todo del Paleoceno, y se producen en un tramo estimado en unos 150 m. Se trata de un rebose hidrogeológico que se produce en el flanco S de una estructura anticlinal al brusco contraste de permeabilidades entre los materiales calcáreos Paleocenos (litologías nº 40 y 41 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) y el impermeable de base, la Fm Areniscas de Marboré (litología nº 39 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), de edad *Campaniense-Maastrichtiense*. Los manantiales agrupados son los siguientes:

- La Traconera: 290930016, situado a una cota de 960 msnm.
- “Trop Plein” La Traconera I: 290930018, situado a una cota de 980 msnm.
- “Trop Plein” La Traconera II: 290930019, situado a una cota de 995 msnm.

La descarga difusa directa se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota del Paleoceno.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa indirecta y puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 481-Conexión mixta

difusa indirecta y directa a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia de aguas arriba del embalse de Búbal.

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)
091.027.001	Río Belagua	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	971
091.027.002	Río Veral	Conexión mixta difusa directa y puntual a través de un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Intersección topográfica en el punto de menor cota del muro impermeable	844
091.027.003	Río Subordán	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-		1.318
091.027.004	Río Subordán	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Intersección topográfica en el punto de menor cota del muro impermeable	724
091.027.005	Río Osia	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Intersección topográfica en el punto de menor cota del muro impermeable	764
091.027.006	Río Estarrón	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	917
091.027.007	Circo de Rioseta (río Aragón)	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Con recubrimiento Cuaternario (coluvial)	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	1.208
091.027.008	Río Aragón	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Desagüe del caudal drenado por el túnel de Somport	398
091.027.009	Río Aragón	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado por la descarga del desagüe del túnel de Somport	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	398
091.027.010	Río Aragón	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado por la descarga del desagüe del túnel de Somport	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	420
091.027.011	Río Aragón	Descarga mixta difusa indirecta y puntual a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Con recubrimiento Cuaternario (aluvial) la descarga difusa	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad favorecido por la presencia de fallas	1.634
091.027.012	Río Gállego	Conexión mixta, difusa indirecta y puntual a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado por situarse aguas abajo del embalse de Búbal	Con recubrimiento Cuaternario (aluvial) la descarga difusa	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad favorecido por la presencia de fallas	710

Tabla 18. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera

MASb Alto Gállego (091.028)

- **Tramo Caldares (Manantiales de Baños de Panticosa) (091.028.001).** Corresponde al tramo del río Caldares en el que se produce la descarga directa a través de varios manantiales hidrotermales de la FGP Batolito granítico de Panticosa y difusa directa al río o al ibón de Los Baños. Aparecen en el fondo del valle a través de un recubrimiento Cuaternario (derrubios de ladera) en un tramo de unos 200 m. El plutón de Panticosa presenta una intensa red de fracturación y diques, con direcciones N-S y E-O, que favorece la infiltración profunda a través de una red abierta de diaclasas y fracturas, que atraviesa el macizo granítico y la aureola metamórfica desarrollada sobre las calizas Devónicas. Los flujos termales están propiciados por la gran depresión intraplutónica rodeada de elevadas cumbres montañosas que incrementan notablemente el gradiente hidráulico. Este hecho favorece los flujos convectivos hidrotermales que emergen en el fondo de la cubeta a favor de la red fracturas en granitos monzónicos, a cotas que oscilan entre 1.643 y 1.725 msnm (Figura 13). En el río Caldarés se localizan la Fte. del Escalar (290890001) y el rezume de Sarrios, a 1.400 y 1.375 msnm, respectivamente, que nacen en las calizas Devónicas de la aureola metamórfica.

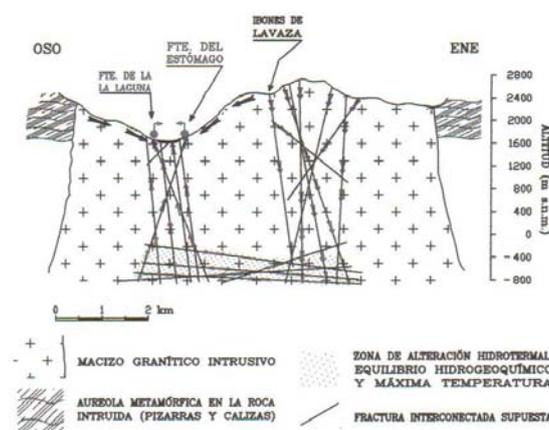


Figura 13. Esquema de flujos subterráneos en el batolito granítico de Panticosa (Fte, IGME 1994)

Atendiendo a la información recogida en la Base de Datos de la CHE y del IGME, los puntos inventariados incluidos en el presente tramo son los siguientes:

- 290840001, “Las Iguales”, situado en la margen derecha a una cota de 1.675 msnm.
- 290840002, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.670 msnm.
- 290840004, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.665 msnm.

- 290840005, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.725 msnm.
- 290840008, Taladro Fte. del Hígado, situado en la margen izquierda a una cota de 1.660 msnm.
- 290840009, Taladro Fte. San Agustín, situado en la margen izquierda a una cota de 1.660 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa directa y puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 471-Conexión mixta difusa directa y a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Caldares dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presencia aguas arriba del embalse de Bachimala.

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)
091.028.001	Río Caldarés	Conexión mixta difusa directa y a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado por la presencia del embalse de Bachimala	Con recubrimiento Cuaternario (coluviones)	-	Hidrotermal a favor de grandes fracturas verticales	950

Tabla 19. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.028 Alto Gállego

MASb Sierra de Alaiz (091.029)

- **Tramo Arga I (091.029.001)**

Corresponde al tramo del río Arga desde que entra en la MASb hasta la localidad de Íbero. Este tramo tiene una longitud de, aproximadamente, 7 km. Durante todo este tramo el río Arga discurre por la FGP Cuaternaria y la MAS se comporta como ganadora en todo el tramo, excepto en periodos de crecida, en los que se puede producir una inversión en la relación río-acuífero.

El modelo conceptual corresponde a un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). En este tramo el río Arga dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Arga II (091.029.002)**

Corresponde al tramo del río Arga desde la localidad de Íbero hasta un km aguas arriba de Belascoain. En este tramo de unos 7 km, tiene lugar la descarga difusa indirecta y directa por manantiales de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del Cuaternario

aluvial, en una zona de retrocabalgamiento y, por tanto, de rebose hidrogeológico. Los manantiales son los de Íbero (250810004, cota 385 msnm) y Echauri (250810005, cota 387 msnm). Hay que decir que ambos manantiales se encuentran encuadrados en las vecinas MASb 091.018 Sierra de Urbasa y 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona, respectivamente, si bien vierten sus aguas a este tramo del río. En este caso, este tramo es compartido con la MASb mencionada, al constituir un límite común.

Hacia el S el flujo subterráneo de las calizas del Paleoceno y Eoceno está limitado por el cabalgamiento basal de la Sierra de Alaiz, que pone en contacto la sierra con las facies poco permeables de la cuenca del Ebro. Estas cuestiones geométricas hacen suponer que la zona de descarga se localice en el entorno del río Arga, donde las calizas del Eoceno marino afloran merced a las deformaciones que el diapiro de Salinas de Oro genera en su entorno. Existen además indicios indirectos de la descarga de este acuífero hacia el Arga como son las progresivas salinizaciones reconocidas en algunos drenajes de este sector (manantiales de Ibero, Echauri y Belascoain).

El modelo conceptual corresponde a un río efluente con conexión mixta difusa indirecta y directa por medio de manantiales (código 481- *Conexión mixta difusa indirecta y directa por medio de manantiales*). En este tramo el río Arga dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Elorz (091.029.003)**

Corresponde al tramo del río Elorz desde que comienza a desarrollarse el aluvial hasta su desembocadura con el río Arga, esto es, unos 16.000 m. Durante todo este tramo la MAS discurre por la FGP Cuaternaria y se comporta como ganadora en todo el tramo, excepto en periodos de crecida, en los que se puede producir una inversión en la relación río-acuífero.

El modelo conceptual corresponde a un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-*Conexión difusa directa en cauces variables*). En este tramo el río Elorz dispone de un régimen hidrológico natural.

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)
091.029.001	Río Arga	Conexión difusa directa en cauces variables	Natural	Cuaternario aluvial	-	-	8.970
091.029.002	Río Arga	Conexión difusa indirecta y por medio de manantiales en cauces efluentes	Natural	Cuaternario aluvial	-	Rebose hidrogeológico por causas tectónicas	14.450
091.029.003	Río Elorz	Conexión difusa directa en cauces variables	Natural	Cuaternario aluvial	-	-	21.435

Tabla 20. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.029 Sierra de Alaiz

MASb Sinclinal de Jaca-Pamplona (091.030)

- **Tramo Arga III (091.030.001)**

Corresponde al tramo del río Arga desde la desembocadura del río Ulzama hasta la desembocadura del río Elorz, esto es, unos 11 km. Durante todo este tramo la MAS discurre por la FGP Cuaternaria y se comporta como ganadora en todo el tramo, excepto en periodos de crecida, en los que se puede producir una inversión en la relación río-acuífero.

El modelo conceptual corresponde a un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). En este tramo el río Arga dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Erro-Irati (091.030.002)**

Corresponde al tramo de los ríos Erro e Irati que está comprendido entre las poblaciones de Lizoain y Lumbier. Este tramo tiene una longitud de, aproximadamente, 26 km. Durante todo este tramo la MAS discurre por la FGP Cuaternaria y se comporta como ganadora en todo el tramo, excepto en periodos de crecida, en los que se puede producir una inversión en la relación río-acuífero.

El modelo conceptual corresponde a un río en régimen variable (ganador-perdedor), pero que mantiene una conexión difusa directa (código 403-Conexión difusa directa en cauces variables). En este tramo los ríos disponen de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Aragón VI (091.030.003)**

Corresponde al tramo del río Aragón desde su entrada en la MASb hasta el manantial de Juncarral, esto es, unos 1.500 m. En este tramo el la MAS recibe las descargas difusas indirectas de la Megacapa 4 o de Garde-Cotefablo (FGP Megacapas del Flysch Eoceno) a través del Cuaternario aluvial en forma de manantiales: Rigales (280880009, situado a cota 925 msnm) y Juncarral (280880010, situado a cota 925 msnm). Las descargas se producen por la existencia de una falla de dirección aproximada N-S y canaliza el flujo subterráneo hasta contactar con las facies margosas del Flysch (impermeable) en las que se encuentra embebida la Megacapa (litología nº 31 en MAGNA 1:50.000, Hoja 144). De manera que la descarga se produce por rebose hidrogeológico y descargando a través del Cuaternario. Este tramo es continuación del 091.027.011.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa indirecta y puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 481-Conexión mixta difusa indirecta y a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Aragón dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Gállego III (Manantial de Soto de Oliván) (091.030.004)**

Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Soto de Oliván (290970026, situado a una cota de 795 msnm), que drena la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en el flanco S de una estructura plegada anticlinal-sinclinal, de manera que se produce un rebose hidrogeológico.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Gállego dispone de un régimen hidrológico influenciado por la existencia de la canalización de Biescas.

- **Tramo Gállego IV (Manantial del Vivero) (091.030.005)**

Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Vivero (290970002, situado a una cota de 790 msnm), que drena la FGP Paleoceno-Eoceno inf. por contraste brusco de permeabilidad originado por el frente de cabalgamiento (fosilizado por el Cuaternario aluvial), de manera que se produce rebose hidrogeológico.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Gállego dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Guatizalema (Bco. Lapillera) (091.030.006)**

Corresponde al tramo del Bco. de La Pillera (tributario del río Guatizalema aguas abajo de la población de Nocito) en el que se produce la descarga procedente de la Fm Calizas de Guara (FGP Paleoceno-Eoceno med.) en el contacto del frente cabalgante de Guara, donde se produce el contraste brusco de permeabilidad entre las calizas y el Keuper, impermeable de base y nivel plástico de despegue de cabalgamientos.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Guatizalema dispone de un régimen hidrológico natural.

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)
091.030.001	Río Arga	Conexión difusa directa en cauces variables	Influenciado	Cuaternario aluvial	-	-	13.700
091.030.002	Ríos Erro e Irati	Conexión difusa directa en cauces variables	Influenciado	Cuaternario aluvial	-	-	33.125
091.030.003	Río Aragón	Conexión mixta difusa indirecta y a través de un grupo	Influenciado	Con recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste	2.420

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)
		de manantiales en cauces efluentes		(aluvial) la descarga de los manantiales		brusco de permeabilidad favorecido por la presencia de fallas	
091.030.004	Río Gállego	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado	Con recubrimiento Cuaternario (aluvial) la descarga del manantiale	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	1.310
091.030.005	Río Gállego	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado	Con recubrimiento Cuaternario (aluvial) la descarga del manantial	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad por causas tectónicas	1.720
091.030.006	Bco. La Pillera (tributario río Guatizalem a)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad por causas tectónicas	1.225

Tabla 21. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona

MASb Sierra de Leyre (091.031)

- **Tramo Bco. Foz de Benasa (Manantiales de Navascués) (091.031.001)**

Corresponde al tramo del Bco. Foz de Benasa, tributario del río Salazar aguas abajo de Navascués, en el que se produce la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través de sendos manantiales conocidos como manantiales de Navascués (270860007 y 270860008). Esta descarga se produce por rebose hidrogeológico provocado por razones estructurales (cabalgamiento) al ponerse en contacto el nivel de calizas y dolomías de la base del *Daniense-Montiense* (litología T^A₁₁₋₁₂, del MAGNA 1:50.000, hoja 142) con las facies margosas del Eoceno inf. (litología T^{Aa}₂₂, del MAGNA 1:50.000, hoja 142).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Salazar dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Salazar II (Foz de Aspurtz) (091.031.002)**

Corresponde al tramo bajo del río Salazar a su paso por la Foz de Aspurtz en el que se produce la descarga difusa directa en este tramo de unos 1.600 m de la FGP Paleoceno-Eoceno med. Esta descarga difusa se produce al constituir el río el nivel de base del acuífero al encajarse en los materiales calcáreos del Paleoceno (Figura 14).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión difusa directa en cauces efluentes (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Salazar dispone de un régimen hidrológico natural.

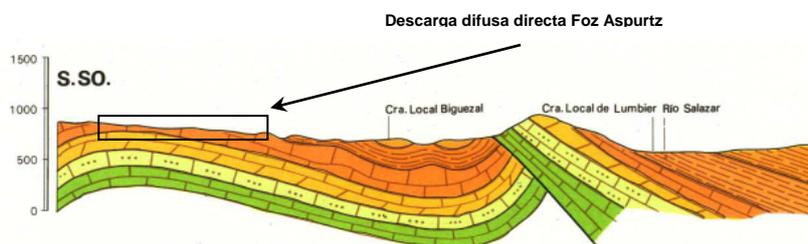


Figura 14. Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Foz de Aspurtz (tramo 091.031.002). Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.

- **Tramo Salazar III (Foz de Arbayún) (091.031.003)**

Corresponde al tramo bajo del río Salazar a su paso por la Foz de Arbayún en el que se produce la descarga directa a través del manantial colgado de Arbayún (270850001), explotado como abastecimiento a la población de Lumbier. Se trata de un manantial de control estructural que aparece en el contacto entre las facies arenosas del *Maastrichtiense* (areniscas calcáreas y dolomías margosas –litología C₂₆ del MAGNA 1:50.000, hoja 142) del Cretácico sup., que conforman la barrera impermeable basal, y el Paleoceno (dolomías y calizas con algas –litología T^A₁₁₋₁₂ del MAGNA 1:50.000, hoja 142) de la base de la FGP. Este manantial drena un importante sector del acuífero descolgado sobre el nivel regional impuesto por los cauces fluviales. En este punto se produce la descarga a cota 550 msnm, al encontrarse los materiales permeables con un anticlinal fallado que bruscamente pone en contacto a dichos materiales y producirse un rebose hidrogeológico. Dada la comprometida accesibilidad del manantial no se dispone de series hidrométricas. Su caudal de explotación es variable entre 20 y 100 l/s y su caudal medio se estima en torno a 80 l/s.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Salazar dispone de un régimen hidrológico influenciado por tomas para abastecimiento.

- **Tramo Irati III (Foz de Lumbier) (091.031.004)**

Corresponde al tramo bajo del río Irati a su paso por la Foz de Lumbier en el que se produce la descarga difusa directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf, concretamente de las calizas del Eoceno inf., en un tramo de unos 600 m, posiblemente al inicio de la Foz (Figura 15). La descarga se produce al constituir el río el nivel de base del acuífero al encajarse en los materiales calcáreos.

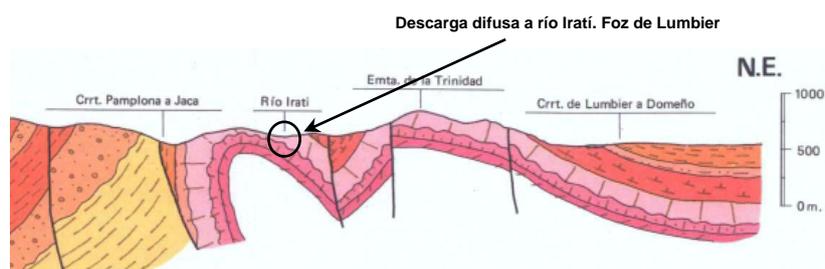


Figura 15. Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Foz de Aspurtz (tramo 091.031.002). Adaptado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión difusa directa en cauces efluentes (código 401-Conexión difusa directa en cauces efluentes). En este tramo el río Iratí dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Esca I (Manantial Fte. del Pastor)** (091.031.005)

Corresponde al tramo bajo del río Esca situado unos 1.500 m aguas abajo de la población de Burgui en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup. en el manantial de la “Fte. del Pastor” (270870007). Esta descarga en forma de manantial se produce por rebose hidrogeológico provocado por razones estructurales (cabalgamiento) al ponerse en contacto el nivel de calizas y dolomías del *Santoniense* (litología C₂₆, del MAGNA 1:50.000, hoja 142) con las facies margosas del Eoceno inf. (litología T^{Aa}₂₂, del MAGNA 1:50.000, hoja 142).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Esca dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Esca II (Manantiales de Salvatierra)** (091.031.006)

Corresponde al tramo bajo del río Esca situado en ambas márgenes del río, en las proximidades de la confluencia del Bco. de Gabarri y asociadas a sector de contacto entre la FGP Paleoceno–Eoceno med. y las margas del Flysch Eoceno. En este punto se produce la descarga directa de la FGP Paleoceno–Eoceno med. y a través de sendos manantiales, “trop plein” La Moraida (270930004) y El Lavadero (270870006), por rebose hidrogeológico dado el contraste de permeabilidades. Este último muestra un comportamiento notablemente cárstico, con un caudal muy irregular que oscila entre mínimos del orden de 1 l/s a puntas por encima de 350 l/s.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales (código 461-Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes). En este tramo el río Esca dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Veral II (091.031.007)**

Corresponde al tramo bajo del río Veral desde que entra en la MASb y hasta la Foz de Biniés, en aquellos tramos en los que el río atraviesa tanto la FGP Megacapac del Flysch Eoceno (sobre todo la nº 33, esto es, la Megacapa Roncal) como, principalmente, la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en las calizas aflorantes en la Foz de Biniés. En este tramo se produce la recarga difusa directa (posiblemente por presencia de exocarst) de ambas FGPs.

El funcionamiento de los afloramientos de calizas del Eoceno de la Foz de Biniés representa una incógnita, si bien ya se ha apuntado anteriormente su posible papel como zona de infiltración de los caudales del Veral y su posible transferencia hacia la cuenca del Subordán. La notable pérdida de recursos que se observa durante épocas de estío en este río entre la estación de aforos de nº80 en Zuriza y nº62 en Biniés (entre 1 y 8 hm³/año), no se justifican con los usos consuntivos en el tramo intermedio, lo que apunta al comportamiento perdedor del río merced a las megacapac inmersas en el flysch y en las calizas eocenas de la foz de Biniés, donde no se localizan manantiales significativos. Se ha apuntado como posible destino de estas infiltraciones la cuenca del Subordán.

El modelo conceptual corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes (código 421-*Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el río Veral dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Embalse de Yesa (Manantial de Tiermas) (091.031.008)**

Corresponde al tramo del río Aragón embalsado por la presa de Yesa en el que en momentos de aguas bajas se produce la descarga termal de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en el Manantial de Tiermas (270910003, situado a una cota de 500 msnm). En función del contenido isotópico registrado en los drenajes de Tiermas, su zona de recarga podría ubicarse en la Sierra de Leyre. Para justificar esta descarga se puede invocar la presencia de una estructura subaflorante, probablemente una escama de cabalgamiento ciego bajo las margas grises del Eoceno med.–sup. y cuya manifestación superficial puede estar constituida por el anticlinal que se refleja en la cartografía al S del embalse de Yesa (Sánchez Navarro, J.A., et al., 2000).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Aragón se encuentra embalsado (embalse de Yesa), disponiendo, por tanto, de un régimen hidrológico influenciado.

Código del tramo	Nombre del cauce	Modelo conceptual relación río-acuífero	Régimen hidrogeológico	Características del lecho del cauce	Hidrogeología del techo	Génesis de la descarga	Longitud del tramo (m)
091.031.001	Bco. Foz de Benasa (río Salazar)	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario.	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad provocado por cabalgamiento	420
091.031.002	Río Salazar	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario.	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad provocado por cabalgamiento	740
091.031.003	Río Salazar	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado	Sin recubrimiento Cuaternario. Margas impermeables	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad provocado por fallas	4.550
091.031.004	Río Irati	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Influenciado	Afloramientos de la FGP	-	Descarga a cauce	1.220
091.031.005	Río Esca	Descarga puntual a través de un único manantial	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad provocado por cabalgamiento	1.680
091.031.006	Río Esca	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sin recubrimiento Cuaternario	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	530
091.031.007	Río Veral	Conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes	Influenciado	Afloramientos de las FGPs	-	-	3.775
091.031.008	Río Aragón (embalse de Yesa)	Descarga puntual a través de un único manantial	Influenciado	-	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad provocado por cabalgamiento	1.010

Tabla 22. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.031 Sierra de Leyre

MASb Tendeñera-Monte Perdido (091.032)

- **Tramo Gállego II (Manantiales de “Los Batanes”) (091.032.001)**

Corresponde al tramo alto del río Gállego sito aguas abajo de la presa del embalse de Búbal. En él se produce la descarga indirecta al río de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. por su margen izquierda a través de varios manantiales: sendos denominados “Las Traconeras” y La Pellerá. Las descargas provienen de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., sobre todo del Paleoceno y lo hacen vía depósitos morrénicos Cuaternarios. Se trata de un rebose hidrogeológico que se produce en el flanco S de una estructura anticlinal al brusco contraste de permeabilidades entre los materiales calcáreos Paleocenos (litologías nº 40 y 41 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) y el impermeable de base, la Fm Areniscas de Marboré (litología nº 39 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), de edad *Campaniense-Maastrichtiense*. Los manantiales agrupados son los siguientes:

- La Peller: 290930015, situado a una cota de 960 msnm.
- Los Batanes: 290930002, situado a una cota de 960 msnm.
- Los Batanes Alto: 290930017, situado a una cota de 980 msnm.

Este tramo es consecutivo del 091.027.012, que lo hace por la margen derecha a la misma MAS.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Gállego dispone de un régimen hidrológico influenciado por la presa de Búbal.

- **Tramo Ara I (Bujaruelo) (091.032.002)**

Corresponde al tramo alto del río Ara situado en San Nicolás de Bujaruelo en el que en unos 100 m la MAS atraviesa las calizas de la FGP Cretácico sup. y recibe la descarga difusa indirecta a través de escaso recubrimiento Cuaternario aluvial al constituir el río el nivel de base del acuífero. Asimismo, de acuerdo con las informaciones recogidas en distintas fuentes bibliográficas, la descarga también se produce a través del manantial de Bujaruelo, sin que exista información al respecto en la Base de Datos de la CHE e IGME. La descarga que se produce en este tramo proviene de las infiltraciones que tienen lugar en los sumideros del Bco. Lapazosa y del Puerto de Bujaruelo.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa directa y a través de un único manantial en cauces efluentes (código 471-*Conexión mixta difusa directa y a través de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Ara dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Ara II (Manantial de Santa Elena) (091.032.003)**

Corresponde al tramo alto del río Ara, aguas abajo de San Nicolás de Bujaruelo y antes de la confluencia con el río Arazas, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de Santa Elena (300850001). Este manantial colgado con respecto al nivel del río Ara es la salida del desarrollado sistema cárstico de Arañonera. La descarga tiene lugar desde las calizas eocenas en una pequeña estructura sinclinal en el frente de cabalgamiento, debido al brusco contraste de permeabilidad producido por contacto con las Areniscas de Marboré, a una cota de 1.290 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Ara dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Arazas (Manantiales de Ordesa)** (091.032.004)

Corresponde al tramo del río Arazas, antes de la confluencia con el río Ara, en el que la MAS recibe la descarga puntual de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través de unos cuantos manantiales colgados por encima del nivel del valle de Ordesa, debido al contraste de permeabilidad que se da en el contacto con las facies terrígenas del *Maastrichtiense* (Fm Areniscas de Marboré – litología 34 en MAGNA 1:50.000 hoja 146), que tiene lugar por encima del nivel de base del río. Estos son los manantiales referidos:

- Escuzana (cota 2.250 msnm),
- Cotatuero (2.100 msnm), recoge los caudales infiltrados en los sumideros de Millaris y Descargador.
- Garcés (2.800 msnm), recoge los caudales infiltrados en el sumidero de la Faja Luenga.
- Brulle (2.700 msnm).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Arazas dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Ara III (Congosto de Jánovas)** (091.032.005)

Corresponde al tramo del río Ara desde que entra en la MASb hasta que la abandona, cerca de la población de Boltaña, en el que la MAS recarga la FGP Megacapas Flysch Eoceno durante unos 8 km. Concretamente, un equivalente en cambio de facies a una megacapa carbonatada como es la Fm Calizas de Boltaña, que aparecen en una estructura anticlinal con dirección N-S y buzamientos casi verticalizados. Es posible que en el cauce exista un exocarst a favor del cual se produzca la infiltración, ya que el nivel de base del río se encuentra por encima del piezométrico del acuífero. En este tramo se produce un trasvase a la Masb 091.033 Santo Domingo-Guara.

El modelo conceptual corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes (código 421-*Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el río Ara dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Vellós I (Manantial de Fon Blanca)** (091.032.006)

Corresponde al nacimiento del río Vellós. En este punto la MAS recibe la descarga puntual de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de Fon Blanca (300930006). Este manantial colgado con respecto al nivel del río es la salida del desarrollado sistema cárstico de Punta de las Olas, y la descarga tiene lugar desde las calizas paleocenas debido al contraste de permeabilidad que se da en el contacto con las facies terrígenas del *Maastrichtiense* (*Fm Areniscas de Marboré – litología 34 en MAGNA 1:50.000 hoja 146*). La surgencia tiene lugar a una cota de 1.900 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Vellós dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Vellós II (Manantial de Puyarruego) (091.032.007)**

Corresponde al tramo del río Vellós, situado aguas arriba de la población de Puyarruego, en el que la MAS recibe a cota 660 msnm la descarga difusa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de aguas mineromedicinales de Puyarruego (300980003), conocido como Fte. de los Suspiros. La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad entre las calizas del Paleoceno-Ilerdiense inf. y las margas del *Ilerdiense med.* (litología T^{Am}₂₁ del MAGNA 1:50.000, hoja 178). Este manantial reúne tanto flujos profundos (de las calizas del Paleoceno) como más superficiales (calizas del *Ilerdiense inf.*).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Vellós dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Yaga (Fuentes de Escuaín) (091.032.008)**

Corresponde al tramo del Bco. de Yaga (tributario del río Cinca) en el que la MAS recibe a cota 1.180 msnm la descarga directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial colgado de Fuentes de Escuaín (300940001). Esta surgencia, cuyas aguas proceden del sumidero de Gurrundué, vence un desnivel de 1.151 m y corresponde a la zona de descarga de un sistema cárstico muy evolucionado, con una gran impronta en las formas del relieve. La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad entre las calizas del Paleoceno-Ilerdiense inf. y las margas del *Ilerdiense med.* (litología T^{Am}₂₁ del MAGNA 1:50.000, hoja 178).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Vellós dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Cinca I (Manantiales de Javierre) (091.032.009)**

Corresponde al tramo de cabecera del río Cinca situado aguas arriba de Javierre, en la cola del embalse de Pineta, en el que la MAS recibe la descarga indirecta a través del Cuaternario aluvial de los manantiales del Sanatorio de Pineta (310910008, cota 1.160 msnm) y de la Pera (310910007, cota 1.156 msnm), provenientes de la FGP Cretácico sup. (y posiblemente del Devónico). Los manantiales surgen en ambas márgenes, y a una distancia de unos 600 m el uno del otro, como consecuencia del rebose hidrogeológico producido en las calizas cretácicas al contacto con las facies margoevaporíticas del Keuper por causas tectónicas (cabalgamiento fosilizado por el Cuaternario aluvial).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga puntual indirecta por un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Cinca dispone de un régimen hidrológico influenciado por el embalse de Pineta.

- **Tramo Cinca II (Congosto de las Devotas) (091.032.010)**

Corresponde al tramo alto del río Cinca de unos 700 m (Figura 16) que se sitúa entre las poblaciones de Salinas y Lafortunada, donde la MAS recarga la FGP Paleoceno-Eoceno inf. (concretamente las calizas Paleocenas de pátina blanca - litología T₁^a del MAGNA 1:50.000, hoja 179).

El modelo conceptual corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes (código 421-*Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el río Cinca dispone de un régimen hidrológico influenciado.



Figura 16. Imagen del Congosto de las Devotas en estiaje (tramo 091.032.010)

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)
091.032.001	Río Gállego	Descarga puntual indirecta por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Depósitos Cuaternario (morrénicos)	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	1.075
091.032.002	Río Ara	Conexión mixta difusa directa y a través de un único manantial en cauces efluentes	Natural	Escaso recubrimiento aluvial	-	MAS constituye el nivel de base del acuífero	1.020
091.032.003	Río Ara	Descarga difusa directa por un manantial en cauces efluentes	Natural	Sin depósitos Cuaternarios	-	Rebose hidrogeológico por la presencia de alguna discontinuidad en el sistema cársico de Arañonera	1.020
091.032.004	Diferentes Bcos. tributarios del río Arazas	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural	Sin depósitos Cuaternarios	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	10.650
091.032.005	Río Ara	Conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes	Natural	Caliza de Boltaña	-	-	5.620
091.032.006	Río Vellós	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin depósitos Cuaternarios	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	1.550
091.032.007	Río Vellós	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin depósitos Cuaternarios	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	690
091.032.008	Bco. Yaga (tributario río Cinca)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Sin depósitos Cuaternarios	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad	2.675
091.032.009	Río Cinca	Descarga puntual indirecta por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Cuaternario aluvial	-	Rebose hidrogeológico por contraste brusco de permeabilidad producido por cabalgamiento (impermeable basal el Keuper)	1.210
091.032.010	Río Cinca	Conexión difusa indirecta (exocarst) en cauces influentes	Influenciado	Calizas de la FGP paleoceno-Eoceno inf.	-	-	2.870

Tabla 23. *Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido*

MASb Santo Domingo-Guara (091.033)

- **Tramo Garona (Manantial de la Trinidad) (091.033.001)**

Corresponde al tramo medio del río Garona, aguas arriba del embalse de La Peña, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de La Trinidad (281080002), situado a una cota de 705 msnm. La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y las facies Garum (impermeable de base), que aparecen en el núcleo de una estructura anticlinal.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Garona dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Foz de Escaletes (091.033.002)**

Corresponde al Bco. de Escaletes en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial Foz de Escaletes (281070001), situado a una cota de 780 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el Bco. dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Isuela (Manantiales de Arguis) (091.033.003)**

Corresponde al tramo de unos 300 m del río Isuela en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Arguis (291120022, cota 923 msnm) y la Cueva de San Clemente (291120006, cota 960 msnm). La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y el Keuper (impermeable de base).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Isuela dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Isuela II (Manantial de Los Baños de Nueno) (091.033.004)**

Corresponde al tramo del río Isuela en el que se produce la descarga directa de la FGP Muscheskalk a través del manantial de Los Baños de Nueno (291120023) o Fte. de La Rayeta, situado a una cota de 870 msnm. Las carnioles confieren al nivel acuífero una gran porosidad y, por tanto, difusividad.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Isuela dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Flumen I (Manantial de Cienfuens) (091.033.005)**

Corresponde al tramo del río Flumen situado aguas abajo de la presa del embalse de Santa M^a de Belsué en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Cienfuens (291120007), situado a una cota de 860 msnm. La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y el Keuper (impermeable de base).

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Isuela dispone de un régimen hidrológico influenciado.

- **Tramo Flumen II (Manantial de Fuenmayor) (091.033.006)**

Corresponde al tramo del Bco. que descarga en el embalse de Montearagón, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Fuenmayor (291170001), situado a una cota de 695 msnm. En esta zona, el acuífero cárstico está confinado por unos conglomerados carbonatados de edad Mioceno (Fm. Sariñena) sobre los que se localizan importantes formas cársticas (polje de Ciano) que infiltran rápidamente la escorrentía superficial cuando la situación hídrica lo permite. Se estima que Fuenmayor drena una escama situada entre los retrocabalgamientos de San Julián y Cuello Bail. El keuper sería su impermeable basal.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes). En este tramo el río Flumen dispone de un régimen hidrológico influenciado por el embalse de Montearagón.

- **Tramo Formiga (Fuentes de Bastarás) (091.033.007)**

Corresponde al tramo del río Formiga, tributario del Calcón, en el que se produce la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara), a través de conglomerados Miocenos, en forma de surgencias difusas tipo “trop plein” asociadas (Solencios de Bastarás -301150005-, Sta. Cilia e Ibones de Anguarer), a una cota en torno a los 550 msnm. Las aportaciones provienen de la infiltración de Tozal de Guara y presentan caudales diferenciales y régimen irregular. Los hoyos de Guara ó llanos de Cupierlo, zona de grandes dolinas que tal vez sea la zona de captación del Solencio de Bastarás y las fuentes de Covacha. La estructura muestra gran número de fallas de NE a SO y abundantes microfallas cuanto más nos acercamos al anticlinal de Boltaña. Todas estas roturas coinciden en dirección con las diferentes galerías del Solencio de Bastarás.

Las estructuras anticlinales y el buzamiento de los estratos hacen coincidir los drenajes subterráneos.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga difusas a través de un grupo de manantiales en cauces efluentes (código 461-*Descarga difusas por un grupo de manantiales en cauces efluentes*). En este tramo el río Formiga dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Alcanadre I (Manantial de Alcanadre)** (091.033.008)

Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Alcanadre (301110002), a una cota de 660 msnm. La génesis tiene que ver con el afloramiento del Keuper en la ventana tectónica que el Alcanadre ha excavado al Este del pico de la Cabeza, entre las Gorgas Negras y la Garganta de Barasil, en el lugar conocido como Chasa de Rodella. Aquí se puede observar el pliegue volcado, constituido por calizas eocénicas, pero en su desmantelada charnela aparecen las formaciones secundarias calizas del cretáceo, con margas y yesos de Keuper. De ahí que el manantial surja por contraste brusco de permeabilidad producido por causas tectónicas.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga directa por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Alcanadre dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Alcanadre II (Mascún-Cuca de Bellostas)** (091.033.009)

Corresponde al tramo del río Mascún que se inicia a partir del Bco. de Maisén y termina en las cercanías del manantial de Máscún. En este tramo la MAS es drenada por la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara) durante unos 3.000 m. Se ha constatado la existencia de sumideros en el lecho del cauce, sobre todo uno que se encuentra entre el inicio de la “costera” y la desembocadura del Andrebot (Buera Olivera, J. et al., 1997).

El modelo conceptual corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes (código 421- *Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el río Mascún dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Alcanadre III (Manantial Bco. de Mascún)** (091.033.010)

Corresponde al tramo del río Mascún en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial del Bco. de Mascún (301120002), a una cota de 700 msnm.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga directa por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Mascún dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Alcanadre IV (Pedruel-Manantial La Tamara) (091.033.0011)**

Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que se produce la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. en forma difusa directa (¿en los estrechos de Tamara?) y puntual a través del manantial de La Tamara (301160002), a una cota de 500 msnm. Sobre las calizas de Guara, que se disponen formando un pliegue anticlinal cabalgante y vergente hacia al S, el río Alcanadre ha labrado un estrecho cañón con varios niveles de marmitas laterales excavadas durante el rápido proceso de encajamiento. Este cabalgamiento se encuentra parcialmente fosilizado por los niveles de arcillas, areniscas y conglomerados que constituyen las molasas sintectónicas del borde de la Depresión del Ebro, sobre los que el río dibuja un meandro muy cerrado. El manantial de Tamara se sitúa allí donde el frente de cabalgamiento corta la topografía.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con conexión mixta difusa directa y a través de un único manantial en cauces efluentes (código 471-*Conexión mixta difusa directa y a través de un manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Alcanadre dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Balces (091.033.012)**

Corresponde al tramo en que la MAS drena la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. en forma difusa directa durante unos 5 km¹² que recorre por la Fm Calizas de Guara, allí donde el nivel de base del río corta en nivel piezométrico.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga difusa directa en cauces efluentes (código 401-*Conexión difusa directa en cauces efluentes*). En este tramo el río Balces dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Vero I (Almozarre-Bárcabo) (091.033.013)**

Corresponde al tramo del río Vero que se inicia en Almozarre y termina en las cercanías del manantial de Lecina. En este tramo la MAS es drenada por la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara) durante unos 4.000 m. Según las fuentes consultadas, es probable la existencia de sumideros en el lecho del cauce.

¹² Dado que se desconoce el nivel piezométrico al no existir sondeos en el entorno, no se puede establecer con rigor la cota a partir de la cual se descarga la FGP. Se ha optado por representar los 5 km de curso más bajo.

El modelo conceptual corresponde a un río perdedor con conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes (código 421- *Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes*). En este tramo el río Mascún dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Vero II (Manantial de Lecina) (091.033.014)**

Corresponde al tramo del río Vero en el que se produce la descarga directa puntual de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial de Lecina (o “La Berrala”), código 301170002, que surge a una cota de 630 msnm y asegura el caudal del río Vero durante todo el año.

El modelo conceptual corresponde a un río ganador con descarga directa a través de un único manantial en cauces efluentes (código 451-*Descarga directa por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Alcanadre dispone de un régimen hidrológico natural.

- **Tramo Vero III (Fte. Lecina-Baños de Alquézar) (091.033.015)**

Corresponde al tramo del río Vero situado aguas abajo del manantial de Lecina y hasta la población de Alquézar. En este tramo tiene lugar la descarga difusa directa al cauce de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. e indirecta vía FGP Terciario continental (Mioceno–Fm Sariñena), a través del manantial pseudotermal de Baños de Alquézar (301230005, situado a una cota de 470 msnm). La descarga pseudotermal se produce por circulación profunda de flujo proveniente de los materiales permeables de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. transferidos, por tanto, de otra MASb vecina y que por presencia del Keuper se produce un rebose hidrogeológico a través del Mioceno.

El modelo conceptual corresponde a un río con conexión mixta difusa directa e indirecta de flujo profundo a través de un único manantial en cauces efluentes (código 471-*Conexión mixta difusa directa y por un único manantial en cauces efluentes*). En este tramo el río Vero dispone de un régimen hidrológico natural.

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)
091.033.001	Río Garona	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Impermeable (facies Garum)	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	2.135
091.033.002	Bco. Escaletes (tributario del embalse de La Peña)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Impermeable (facies Garum)	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	565
091.033.003	Río Isuela	Descarga por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Influenciado	Impermeable (facies Garum)	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	1.025
091.033.004	Río Isuela	Descarga puntual	Influenciado		-	Rebose	1.250

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)
		por un único manantial en cauces efluentes				hidrogeológico por contraste de permeabilidad	
091.033.005	Río Flumen	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado		-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	1.230
091.033.006	Bco. tributario del Río Flumen	Descarga puntual indirecta por un único manantial en cauces efluentes	Influenciado		-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad (Fm Sariñena)	500
091.033.007	Río Formiga	Descargas por un grupo de manantiales en cauces efluentes	Natural		-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad	1.790
091.033.008	Río Alcanadre	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural		-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad (Keuper)	850
091.033.009	Bco. Mascún (tributario río Alcanadre)	Conexión difusa directa con sumideros en cauces influentes	Natural	Calizas de Guara	-	-	3.250
091.033.010	Bco. Mascún (tributario río Alcanadre)	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural		-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad (Keuper)	2.960
091.033.011	Río Alcanadre	Conexión mixta difusa directa y puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural			Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad por causas tectónicas	9.090
091.033.012	Río Balces (tributario río Isuela)	Conexión difusa directa en cauces efluentes	Natural	Calizas de Guara	-	-	6.965
091.033.013	Río Vero	Conexión difusa indirecta con sumideros en cauces influentes	Natural	Calizas de Guara	-	-	3.550
091.033.014	Río Vero	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural			Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad por causas tectónicas	1.085
091.033.015	Río Vero	Conexión mixta difusa directa y puntual por un único manantial en cauces efluentes	Natural	Calizas de Guara y Terciario continental Mioceno	-	Rebose hidrogeológico por contraste de permeabilidad por causas tectónicas	7.125

Tabla 24. Modelo conceptual relación río-acuífero según tramos MASb 091.033 Santo Domingo-Guara

3.3 Relación río-acuífero

Para la cuantificación de la relación río-acuífero en los tramos definidos se han utilizado datos registrados en las estaciones de aforos que opera la CHE y el Gobierno de Navarra (GN), además de datos procedentes de aforos realizados por diferentes organismos (IGME y CHE) u obtenidos de distintas fuentes bibliográficas.

A continuación, se presentan los cálculos efectuados y/o datos existentes para cada uno de los tramos en los que es posible llevar a cabo la cuantificación.

MASb Alto Arga – Alto Irati (091.025)

▪ Tramos Erro I (091.025.001) y Erro II (091.025.002).

El río Erro funciona como influente en el tramo primero, recargando la FGP Cretácico sup., la cual, a su vez, se descarga a unos 3 kilómetros aguas abajo de manera difusa al río como directa a través del manantial de Olondriz. Para la cuantificación de ambos tramos conectados se cuenta con dos estaciones de aforos del Gobierno de Navarra. Se trata de las estaciones AN532 Erro en Sorogain (aguas arriba) y AN531 Erro en Urniza (aguas abajo). Además, en el caso del tramo 091.025.002, existen aforos diferenciales llevados a cabo por la CHE en los puntos de control 260710004 (aguas arriba) y 260710005 (aguas abajo), así como un escaso número de medidas del caudal del propio manantial de Olondriz (260710003).

Se ha procedido a descomponer por el método Barnes el hidrograma de la serie media mensual de ambas estaciones de aforos.

En la AN532 correspondiente al periodo que va desde 1986 a 2008 (Figura 17a) y cuyo resultado arroja los siguientes valores:

- Aportación media anual: 510,23 l/s
- Aportación subterránea: 209,46 l/s (40,8%)
- Aportación superficial: 303,77 l/s (59,2%)

En la AN531 correspondiente al periodo que va desde 1996 a 2008 (Figura 17b) y cuyo resultado arroja los siguientes valores:

- Aportación media anual: 1.621,90 l/s
- Aportación subterránea: 288,93 l/s (17,8%)
- Aportación superficial: 1.332,97 l/s (82,2%)

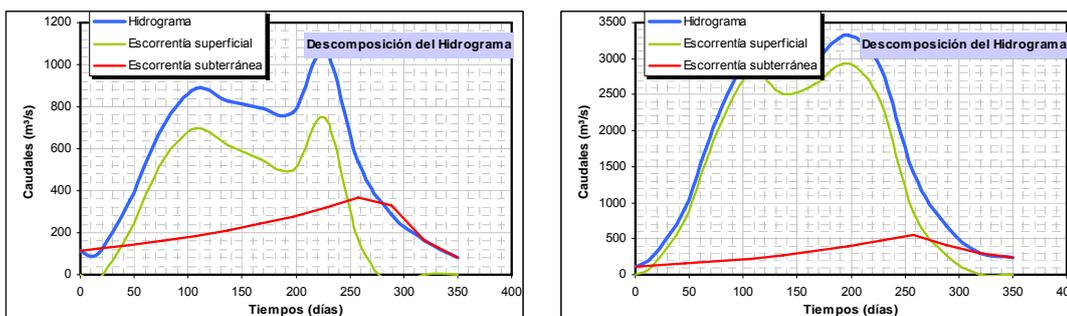


Figura 17. Descomposición por el método Barnes de los hidrogramas de las estaciones de aforos AN532 (izda) y AN531 (dcha)

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 260710004 (aguas arriba): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 506 l/s, con un mínimo de 0 ml/s y máximo de 1.963 l/s.
- 260710003 (manantial de Olondriz): 3 medidas tomadas entre jul 1998 y jun 1999 arrojan un caudal medio de 282,3 l/s, con un mínimo de 150 ml/s y máximo de 380 l/s.
- 260710005 (aguas abajo): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 1.393,5 l/s, con un mínimo de 161 l/s y máximo de 3.568 l/s.

De este modo se concluye lo siguiente:

- tramo 091.025.001: Los cálculos obtenidos no permiten cuantificar las pérdidas sino deducir su existencia al constatar que no existe ganancia de caudal (el caudal medio anual aforado en la AN532 es de 516 l/s y el caudal medio aforado durante la campaña de 2 años realizada en el punto 260710004 es de 506 l/s) y considerar que éstas se producen, en mayor medida, en periodos de aguas bajas.
 - tramo 091.025.002: La ganancia en este tramo se puede estimar a partir de los aforos diferenciales en 890 l/s, que incluyen los, aproximadamente, 282 l/s provenientes del manantial.
- **Tramo Irati I (091.025.003)**
Corresponde al tramo del río Irati situado aguas arriba del núcleo de Arive, en el que la MAS recibe la descarga difusa de la FGP Paleoceno. Este tramo no es posible cuantificarlo a pesar de contar con las EA 66 (Irati en Arive) situada aguas abajo y la EA 76 (Irati en Orbaiceta) situada aguas arriba, dado que ambas están influidas por la presa del embalse de Irabia.
 - **Tramo Irati II (Manantial La Balsa) (091.025.004)**
Corresponde a la descarga del manantial de La Balsa (260740005). Sólo se dispone de una medida puntual en la base de datos de la CHE en la que en jun 2000 se aforó un caudal de 50 l/s.
 - **Tramo Areta (Manantial de Mozarre) (091.025.005)**
Corresponde a la descarga del manantial de Mozarre (260780001) en el tramo del Bco. de Mozarre (tributario de cabecera del río Areta). Carente de estudios hídricos de rigor, el caudal estimado varía entre los 50-75 l/s en estiaje y hasta 2.000 l/s en épocas de carga (Abendaño, V., 1999). No se dispone de información del manantial en las bases de datos de la CHE e IGME.

- **Tramo Salazar I (Manantial Laurence)** (091.025.006)

Se trata de la descarga que se produce en el Bco. de Zaldaña del manantial de Laurence (270750012). Los datos de los aforos disponibles en la base de datos de la CHE indican un caudal medio de 117 l/s, obtenido a partir de 29 medidas tomadas entre sep 1972 y jul 2000, con un mínimo de 13 ml/s y máximo de 817 l/s.

- **Tramo Belagua I (Manantial Sículo V)** (091.025.007)

Se trata de la descarga puntual de la FGP Paleoceno que se produce en el río Belagua en forma de manantial (código CHE 270740002). Los datos de los aforos disponibles indican lo siguiente:

 - CHE: caudal medio de 170 l/s, obtenido a partir de 24 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 8 ml/s y máximo de 1.400 l/s.
 - IGME: caudal medio de 26 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre jul 1976 y sep 1980, con un mínimo de 15 ml/s y máximo de 45 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.025.001	Sin cuantificar				Natural	No es posible calcular las pérdidas en el cauce
091.025.002	283	1,2	jul 1998 – jul 2000	12	Natural	Consta de la descarga del Manantial de Olondriz y difusas al río Erro
091.025.003	Sin cuantificar				Influenciado	No existen datos que permitan cuantificar la pérdida en el río Irati al no ser factible hacerlo a partir de las estaciones de aforo de la CHE en el río Irati. Influenciadas por el embalse de Irabia.
091.025.004	50 ⁽¹⁾				Natural	
091.025.005	50 ⁽³⁾				Natural	Carente de estudios hídricos de rigor, el caudal estimado varía entre los 50-75 l/s en estiaje y hasta 2.000 l/s en épocas de carga.
091.025.006	117 ⁽¹⁾				Natural	Descarga al Bco. Saldaña.
091.025.007	170 ⁽¹⁾ 26 ⁽²⁾				Natural	Descarga del manantial Sículo V, que constituye la principal descarga del entorno.
⁽¹⁾ CHE ⁽²⁾ IGME						

Tabla 25. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati

MASb Larra (091.026)

▪ **Tramo Belagua II (Manantiales de Rincón de Belagua) (091.026.001)**

El río Belagua recibe la descarga en forma de 3 manantiales de ladera y a través de un escaso recubrimiento Cuaternario aluvial. Los manantiales tienen los códigos y datos siguientes en las bases de datos de la CHE e IGME:

- 280710005: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 25 y 92 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:
 - CHE: caudal medio de 92 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 43 l/s y máximo de 144 l/s.
 - IGME: caudal medio de 25 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 12 l/s y máximo de 40 l/s.
- 280710006: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 15 y 55 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:
 - CHE: caudal medio de 55 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre nov 1976 y sep 1980, con un mínimo de 29 l/s y máximo de 72 l/s.
 - IGME: caudal medio de 15 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 8 l/s y máximo de 20 l/s.
- 280710007: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 21 y 75 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:
 - CHE: caudal medio de 75 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 43 l/s y máximo de 101 l/s.
 - IGME: caudal medio de 21 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 12 l/s y máximo de 28 l/s.

A partir de los datos disponibles, la cuantificación arroja caudales conjuntos que oscilan entre 61 l/s (IGME) y 222 l/s (CHE).

Código Tramo	Cuantificación			Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa			
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)		
091.026.001	61 ⁽¹⁾ 222 ⁽²⁾			Natural	Descarga conjunta de los manantiales de ladera de Rincón de Belagua.

⁽¹⁾ CHE
⁽²⁾ IGME

Tabla 26. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.026 Larra

MASb Ezcaurre - Peña Telera (091.027)

- **Tramo Belagua III (Manantiales de Isaba) (091.027.001)**

El río Belagua recibe la descarga directa a través de varios manantiales que surgen en el cauce del río (270780002 a 270780004)¹³. Para la cuantificación de este tramo existen aforos diferenciales llevados a cabo por la CHE en los puntos de control 270780058 (sito aguas arriba, en el puente del camping Asolaze) y 270780059 (sito aguas abajo, en el azud central Isaba), así como un escaso número de medidas del caudales de los manantiales tomados por la CHE e IGME.

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 270780058 (aguas arriba): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 845 l/s, con un mínimo de 149 l/s y máximo de 2.539 l/s.
- 270780059 (aguas abajo): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 1.391 l/s, con un mínimo de 271 l/s y máximo de 4.397 l/s.

De aquí se deduce una ganancia media en el tramo de 436 l/s.

Asimismo, los manantiales disponen de los siguientes datos en las respectivas bases de datos (CHE e IGME):

- 270780002: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 29 y 162 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:

¹³ Los aforos realizados por el Gobierno de Navarra y la CHE en este manantial muestran un caudal muy irregular, con máximos del orden de 2 m³/s y muy fuertes estiajes, que casi agotan el manantial.

- CHE: caudal medio de 162 l/s, obtenido a partir de 20 medidas tomadas entre sep 1972 y jul 1999, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 2.000 l/s.
 - IGME: caudal medio de 29 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 10 l/s y máximo de 60 l/s.
- 270780003: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 19,8 y 26 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:
- CHE: caudal medio de 19,8 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre sep 1972 y sep 1980, con un mínimo de 1,4 l/s y máximo de 45 l/s.
 - IGME: caudal medio de 26 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 13 l/s y máximo de 45 l/s.
- 270780004: De la información recopilada se obtiene un caudal que oscila entre 11,5 y 24,5 l/s, según la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:
- CHE: caudal medio de 24,5 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre oct 1972 y sep 1980, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 55 l/s.
 - IGME: caudal medio de 11,5 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 8 l/s y máximo de 15 l/s.

A partir de los datos disponibles presentados, se obtiene una cuantificación de las descargas por manantiales para el tramo de entre 66,5 l/s (IGME) y 207 l/s (CHE).

- **Tramo Veral I (Manantial del Castillo) (091.027.002)**

El tramo de cabecera del río Veral recibe la descarga en el cauce del río en forma difusa directa y a través del manantial del Castillo (280750006). Para la cuantificación de este tramo se cuenta con una medida puntual realizada por la CHE en mayo 1999, que cifraba la descarga en 175 l/s, y aforos diferenciales llevados a cabo por la CHE en los puntos de control 280750007 (sito aguas arriba, en la EA 80 de Zuriza) y 280810002 (sito aguas abajo, en la borda de ostias).

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 270780058 (aguas arriba): 6 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 350 l/s, con un mínimo de 51 l/s y máximo de 897 l/s.
- 270780059 (aguas abajo): 10 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 1.392 l/s, con un mínimo de 103 l/s y máximo de 4.053 l/s.

De aquí se deduce una ganancia media en el tramo de 1.042 l/s. Si consideramos que la medida de 175 l/s de descarga del manantial fue tomada en mayo (época de deshielo), es razonable pensar que la descarga media anual sea algo inferior. Considerando pues un caudal medio anual de 125 l/s, se deduce que la aportación media anual en forma difusa al río está en torno a los 925 l/s.

- **Tramos Subordán I y II (Manantiales de Oza y Sta. Ana) (091.027.003 y 091.027.004)**

El tramo de cabecera del río Subordán recibe las descargas directas a través de los manantiales de San Juan de Dios (280820010), Puente Sil (280820011) y Sta. Ana (280820001).

Para la cuantificación de ambos tramos se dispone de los datos contenidos en las bases de datos de la CHE e IGME, así como una campaña de aforos diferenciales entre los puntos de control 280820004 (sito aguas arriba, en la EA 234 de Oza) y 280820003 (sito aguas abajo, en los Llanos de Sta. Ana).

- 280820011: medida puntual realizada por la CHE en ago 1993, que cifraba la descarga en 50 l/s.
- 280820010: 2 medidas tomadas entre ago 1993 y may 1999 que arrojan un caudal medio de 15 l/s, con un mínimo de 10 l/s y máximo de 20 l/s.
- 280820001: 2 medidas tomadas entre jul 1980 y oct 1993 que arrojan un caudal medio de 602 l/s, con un mínimo de 374 l/s y máximo de 830 l/s.

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 280820004 (aguas arriba): 3 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 453 l/s, con un mínimo de 274 l/s y máximo de 605 l/s.
- 280820003 (aguas abajo): 4 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 1.406 l/s, con un mínimo de 850 l/s y máximo de 2.356 l/s.

De aquí se deduce una ganancia media en el tramo de 953 l/s. Si tenemos en cuenta que las aportaciones directas de los manantiales del tramo 091.027.003 son unos 75 l/s

y del tramo 091.027.004 unos 602 l/s, lo que hace un total de 677 l/s, quedando unos 300 l/s de diferencia¹⁴.

▪ **Tramo Osia (Manantial de Los Corralones) (091.027.005)**

El tramo de cabecera del río Osia recibe la descarga del manantial de Los Corralones (280830001). La cuantificación del manantial sólo es posible a partir de un único dato tomado en ago 1993 por la CHE, que arrojó un caudal de 15 l/s. Este dato tomado en estiaje hace pensar que el manantial debe drenar caudales medios anuales mayores.

▪ **Tramo Estarrón (Manantial del Rigüello) (091.027.006)**

El tramo de cabecera del río Estarrón recibe la descarga colgada del manantial del Rigüello (280880008). La cuantificación del manantial sólo es posible a partir de dos medidas tomadas por la CHE entre ago 1993 y may 1999, que arrojó un caudal medio de 130 l/s, con un mínimo de 110 l/s y máximo de 150 l/s.

▪ **Tramo Aragón I (Manantiales del Circo de Rioseta) (091.027.007)**

El tramo de cabecera del río Aragón recibe la descarga de varios manantiales que se produce en el Circo de Rioseta: Rioseta (280840009), 280840011 y la "surgencia elevada de Rioseta" (280840010). Para la cuantificación de este tramo se cuenta con medidas puntuales realizadas por la CHE en las distintas surgencias y medidas realizadas entre mar 1996 y nov 1997 en el punto de control 290810003 (vertedero de Rioseta), sito aguas abajo de las descargas.

Las medidas puntuales en las surgencias son las siguientes:

- 280840009: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 300 l/s.
- 280840010: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 120 l/s.
- 280840011: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 10 l/s.

Las medidas disponibles del punto de control 290810003 (vertedero de Rioseta) incluyen 11.103 datos que arrojan un caudal medio de 94,5 l/s, con máximos de 1.129 l/s y un mínimo de 0 l/s.

▪ **Tramo Aragón II (Drenaje Túnel de Somport) (091.027.008)**

¹⁴ Esta diferencia podría proceder de las aportaciones de los Bcos. de Lenito y Aguerri, del manantial de La Selva (280820009) y otras surgencias menores.

El tramo de cabecera del río Aragón en el que se vierte al río el caudal drenado en el túnel del ferrocarril de Somport (290810002). La cuantificación del drenaje es posible a partir de 15 medidas tomadas por la CHE entre jun 1980 y jul 2000, que arrojó un caudal medio de 43,7 l/s, con un mínimo de 8 l/s y máximo de 153 l/s.

▪ **Tramo Aragón III (Manantial de la Central Canal Roya) (091.027.009)**

El tramo de cabecera del río Aragón recibe la descarga del manantial de la Central de Canal Roya (290850001). Para su cuantificación, se dispone de los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME. De la información recopilada se obtiene un caudal puntual en jun 1980 de 27,7 l/s, independiente de la fuente de información, tal y como a continuación se detalla:

- CHE: caudal puntual medido en jun 1980 indicó 27,7 l/s.
- IGME: caudal puntual medido en jul 1980 indicó 27,8 l/s.

▪ **Tramo Aragón IV (Manantial de La Torreta) (091.027.010)**

El tramo de cabecera del río Aragón en el que se produce la descarga del manantial de La Torreta (280880006). La cuantificación de la descarga del manantial es posible únicamente a partir de 2 medidas tomadas por la CHE entre jul 1993 y nov 1998, que arrojó un caudal medio de 370 l/s, con un mínimo de 200 l/s y máximo de 570 l/s.

▪ **Tramo Aragón V (Manantiales de Villanúa) (091.027.011)**

El tramo alto del río Aragón en el que se produce la descarga de la Megacapa de Villanúa en forma difusa al río y a través de los manantiales de Cuevas Viejas o “Guixas” (280880001) y Esjamundo (280880012), situados en la margen izquierda y derecha del río Aragón, respectivamente.

Para la cuantificación de este tramo se cuenta con medidas realizadas por la CHE en las surgencias:

- 280880012: 9 medidas tomadas entre jul 1993 y jul 2000, que cifra la descarga media en 405 l/s, con máximo de 970 l/s y mínimo de 30 l/s.
- 280880001: 15 medidas tomadas entre jun 1980 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 87,4 l/s, con un mínimo de 4,5 l/s y máximo de 254 l/s.

De aquí se deduce una descarga media entre ambos manantiales de 492 l/s.

▪ **Tramo Gállego I (Manantiales de Las Traconeras) (091.027.012)**

El tramo alto del río Gállego sito aguas abajo de la presa del embalse de Búbal, en un tramo estimado en unos 150 m, recibe la descarga difusa directa al río y a través de

varios manantiales denominados en su conjunto como “Las Traconeras”. Para la cuantificación de este tramo se cuenta con medidas realizadas por la CHE en las surgencias:

- La Traconera (290930016): 3 medidas tomadas entre mar 1998 y jun 1999 que arrojan un caudal medio de 93 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 80 l/s.
- “Trop Plein” La Traconera I (290930018): 2 medidas tomadas entre oct 1993 y mar 1998 que arrojan un caudal medio de 50 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 0 l/s.
- “Trop Plein” La Traconera II (290930019): 2 medidas tomadas entre oct 1993 y mar 1998 que arrojan un caudal medio de 500 l/s, con máximo de 1.000 l/s y mínimo de 0 l/s.

De aquí se deduce una descarga media de 643 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.027.001	436 ⁽¹⁾				Natural	Calculado mediante aforos diferenciales realizados por la CHE durante 2 años y aforos bimensuales.
091.027.002	125 ⁽¹⁾	0,92	jul 1998 – jul 2000	10	Natural	Consta de la descarga directa del Manantial del Castillo y difusas al río Veral.
091.027.003	75 ⁽¹⁾				Natural	
091.027.004	602 ⁽¹⁾				Natural	Descarga directa del manantial de Sta. Ana al río Subordán.
091.027.005	15 ⁽¹⁾				Natural	Sólo dispone de una medida puntual tomada en ago 1993.
091.027.006	130 ⁽¹⁾				Natural	Sólo se dispone de 2 medidas tomadas entre ago 1993 y may 1999.
091.027.007	94,5 ⁽¹⁾				Natural	Descarga de las surgencias del Circo de Rioseta controladas por un punto de control de la CHE.
091.027.008	43,8 ⁽¹⁾				Natural	Descarga al río controlada por un punto de control de la CHE.
091.027.009	27,7 ⁽¹⁾ 27,8 ⁽²⁾				Natural	Sólo se dispone de 1 medida puntual en jun 1980.
091.027.010	370 ⁽¹⁾				Natural	Sólo se dispone de 2 medidas tomadas entre jul 1993 y nov 1998.
091.027.011	492 ⁽¹⁾	Sin cuantificar			Influenciado	
091.027.012	643 ⁽¹⁾	Sin cuantificar			Influenciado	Sólo se dispone de escasas medidas que hacen que la fiabilidad sea muy baja. A nuestro juicio la descarga real debe ser inferior.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
⁽¹⁾ CHE ⁽²⁾ IGME						

Tabla 27. *Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera*

MASb Alto Gállego (091.028)

- **Tramo Caldares (Manantiales de Baños de Panticosa) (091.028.001)**

El tramo del río Caldares en el que se produce la descarga directa a través de varios manantiales hidrotermales de la FGP Batolito granítico de Panticosa y difusa directa al río o al ibón de Los Baños. Para la cuantificación del presente tramo se cuenta con la información recogida en la Base de Datos de la CHE y del IGME. Además, únicamente es posible cuantificar las descargas directas por manantiales o drenes, siendo imposible cuantificar las descargas difusas. Los puntos inventariados incluidos en el presente tramo son los siguientes:

- 290840001 “Las Iguales”:
 - CHE: caudal medio de 0,15 l/s, obtenido a partir de 2 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996, con un mínimo de 0,14 l/s y máximo 0,16 l/s.
 - IGME: caudal medio de 0,6 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996, con un mínimo de 0,1 l/s y máximo de 3 l/s.

- 290840002 Baños de Panticosa:
 - CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 3,5 l/s.
 - IGME: caudal medio de 1,8 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.

- 290840004 Baños de Panticosa:
 - CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 0,14 l/s.
 - IGME: caudal medio de 0,8 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.

- 290840005 Baños de Panticosa:

- CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 3,7 l/s.
 - IGME: caudal medio de 0,3 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.
- 290840008 Taladro Fte. del Hígado:
- CHE: medida puntual nov 1996 con un caudal de 0,05 l/s.
- 290840009 Taladro Fte. San Agustín:
- CHE: medida puntual nov 1996 con un caudal de 0,1 l/s.

De lo que se deduce una descarga media inferior a 10 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.028.001	10 ^(1 y 2)				Influenciado	Datos disponibles de todos los puntos inventariados. Dado el aprovechamiento como aguas minero-medicinales es difícil obtener un caudal medio descargado.

⁽¹⁾ CHE
⁽²⁾ IGME

Tabla 28. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.028 Alto Gállego

MASb Sierra de Alaiz (091.029)

- **Tramo Arga I (091.029.001)**
Corresponde al tramo del río Arga desde que entra en la MASb hasta la localidad de Íbero. Este tramo tiene una longitud de, aproximadamente, 7 km. No es posible la cuantificación dado que se trata de un tramo influenciado.
- **Tramo Arga II (091.029.002)**
Corresponde al tramo del río Arga desde la localidad de Íbero hasta un km aguas arriba de Belascoain. En este tramo de unos 7 km, tiene lugar la descarga difusa indirecta y directa por manantiales a través del Cuaternario aluvial. No es posible la cuantificación dado que se trata de un tramo influenciado y los manantiales son los de Íbero (250810004) y Echauri (250810005), integrados en MASb vecinas.

- **Tramo Elorz (091.029.003)**

Corresponde al tramo del río Elorz desde que comienza a desarrollarse el aluvial hasta su desembocadura con el río Arga, esto es, unos 16.000 m. No es posible la cuantificación dada la escasez de datos de la EA 270.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
		QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)		
091.029.001	Sin cuantificar				Influenciado	Tramo influenciado por captaciones y vertidos.
091.029.002	-	Sin cuantificar			Influenciado	Tramo influenciado por captaciones y vertidos. Las descargas de los manantiales de Ibero y Echauri se integran en las MASb vecinas.
091.029.003	Sin cuantificar				Influenciado	Tramo influenciado por captaciones.

⁽¹⁾ CHE
⁽²⁾ IGME

Tabla 29. *Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.029 Sierra de Alaiz*

MASb Sinclinal de Jaca-Pamplona (091.030)

- **Tramo Arga III (091.030.001)**

Corresponde al tramo del río Arga desde la desembocadura del río Ulzama hasta la desembocadura del río Elorz, esto es, unos 11 km. No es posible la cuantificación dado que se trata de un tramo influenciado por canalización, captaciones y vertidos, sobre todo los de la capital navarra.

- **Tramo Erro-Irati (091.030.002)**

Corresponde al tramo de los ríos Erro e Irati que está comprendido entre las poblaciones de Lizoain y Lumbier. Este tramo tiene una longitud de, aproximadamente, 26 km. No es posible la cuantificación de la totalidad del tramo al contar con una estación de aforos (EA 264) que está influida por el embalse de Itoiz y la otra existente (EA 79) se encuentra al inicio del tramo, al entrar en el aluvial.

- **Tramo Aragón VI (091.030.003)¹⁵**

Corresponde al tramo del río Aragón en el que la MAS recibe las descargas indirectas de la Megacapa 4 a través del Cuaternario aluvial de los manantiales Rigales (280880009) y

¹⁵ Este tramo es continuación del 091.027.011.

Juncarral (280880010). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en la base de datos de la CHE:

- Rigales (280880009): 2 medidas tomadas en may 1999 que arrojan un caudal medio de 160 l/s, con máximo de 170 l/s y mínimo de 150 l/s.
- Juncarral (280880010): medida puntual en may 1999 con un caudal de 50 l/s.

Los caudales descargados ascienden a 210 l/s. No obstante, teniendo en cuenta que se trata de mediciones realizadas en época de deshielo, es previsible que la descarga media anual sea inferior.

- **Tramo Gállego III (Manantial de Soto de Oliván) (091.030.004)**

Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Soto de Oliván (290970026). Para la cuantificación sólo se cuenta con una medida puntual en la base de datos de la CHE, tomada en mar 1998 y que indica un caudal de 300 l/s.

- **Tramo Gállego IV (Manantial del Vivero) (091.030.005)**

Corresponde al tramo del río Gállego en el que se produce la descarga a través del Cuaternario aluvial del manantial de Vivero (290970002). Para la cuantificación sólo se cuenta con un par de medidas en la base de datos de la CHE, tomadas entre ago 1993 y mar 1998, que indica un caudal medio de 175 l/s, con máximo de 200 l/s y mínimo de 150 l/s.

- **Tramo Guatizalema (Bco. Lapillera) (091.030.006)**

Corresponde al tramo del Bco de La Pillera (tributario del río Guatizalema aguas abajo de la población de Nocito) en el que se produce la descarga procedente de la Fm Calizas de Guara (no se encuentra inventariado en la base de datos de la CHE).

La cuantificación proviene de un aforo diferencial llevado a cabo entre las secciones históricas del IGME 29114 G/A (situada aguas arriba) y 29114 G/B (situada aguas abajo del Bco. Lapillera) entre feb 1989 y oct 1992. Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 29114 G/A: 12 medidas arrojan un caudal medio de 103,4 l/s, con un mínimo de 1,2 l/s y máximo de 406,7 l/s.
- 29114 G/B (aguas abajo): 12 medidas arrojan un caudal medio de 265 l/s, con un mínimo de 13,4 l/s y máximo de 1.002 l/s.

De este modo, la ganancia del caudal en el tramo asciende a 162 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
		QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)		
091.030.001	Sin cuantificar				Influenciado	Tramo influenciado por canalización, captaciones y vertidos, sobre todo de Pamplona.
091.030.002	Sin cuantificar				Influenciado	Tramo influenciado por el embalse de Itoiz y las captaciones en el aluvial.
091.030.003	210 ⁽¹⁾				Influenciado	Dado que la cuantificación proviene de un escaso número de medidas tomadas en may 1999 (época de deshielo), cabe razonablemente pensar que el valor de las descargas sea inferior al dato indicado.
091.030.004	300 ⁽¹⁾				Influenciado	La cuantificación indicada proviene de una medición puntual.
091.030.005	175 ⁽¹⁾				Influenciado	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.030.006	162 ⁽²⁾				Natural	
⁽¹⁾ CHE						
⁽²⁾ IGME						

Tabla 30. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona

MASb Sierra de Leyre (091.031)

- **Tramo Bco. Foz de Benasa (Manantiales de Navascués) (091.031.001)**
Corresponde al tramo del Bco. Foz de Benasa en el que se produce la descarga de los manantiales de Navascués (270860007 y 270860008). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME:
 - 270860007:
 - IGME: 6 medidas tomadas entre sep 1977 y sep 1980 que arrojan un caudal medio de 33 l/s, con máximo de 46 l/s y mínimo de 20 l/s.
 - CHE: 3 medidas tomadas entre sep 1977 y sep 1980 que arrojan un caudal medio de 120 l/s, con máximo de 168 l/s y mínimo de 72 l/s.
 - 270860008: 3 medidas tomadas entre ene 1969 y jul 1999 que arrojan un caudal medio de 7 l/s, con máximo de 10 l/s y mínimo de 3 l/s.

De este modo, los caudales descargados podrían encontrarse entre 40 y 127 l/s.

- **Tramo Salazar II y III (Foz de Aspurtz y de Arbayún)** (091.031.002 y 091.031.003)
Estos dos tramos pueden considerarse unidos a efectos de cuantificación, dado que existen puntos de control situados aguas arriba del primer tramo (270850008, EA Aspurtz nº 68) y aguas abajo del segundo (260940007). Ambos tramos corresponden al tramo del río Salazar a su paso por las Foces de Aspurtz y Arbayún en el que se produce la descarga difusa directa y a través del manantial colgado de Arbayún (270850001), explotado como abastecimiento a la población de Lumbier, proveniente de la FGP Paleoceno-Eoceno inf.

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 270850008 (aguas arriba): 4 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 936 l/s, con un mínimo de 289 ml/s y máximo de 2.060 l/s.
- 260940007 (aguas abajo): 7 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 1.796 l/s, con un mínimo de 593 l/s y máximo de 3.481 l/s.

De aquí se deduce que la ganancia asignable a ambos tramos es de unos 860 l/s. Esta cantidad no incluye la descarga del manantial dado que se utiliza su caudal para abastecimiento a la población de Lumbier.

Los datos disponibles de las bases de datos de la CHE e IGME del manantial Foz de Arbayún (270850001) son los siguientes:

- CHE: 7 medidas tomadas entre ene 1977 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 75,5 l/s, con un mínimo de 17 l/s y máximo de 220 l/s.
- IGME: 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980 arrojan un caudal medio de 139 l/s, con un mínimo de 78 l/s y máximo de 220 l/s.

Dada la comprometida accesibilidad del manantial no se dispone de series hidrométricas. Su caudal de explotación es variable entre 20 y 100 l/s y su caudal medio se estima en torno a 80 l/s.

- **Tramo Irati III (Foz de Lumbier)** (091.031.004)
Corresponde al tramo bajo del río Irati a su paso por la Foz de Lumbier en el que se produce la descarga difusa directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en un tramo de unos 600 m. En este tramo no es posible cuantificar la ganancia.

- **Tramo Esca I (Manantial Fte. del Pastor) (091.031.005)**

Corresponde al tramo bajo del río Esca, aguas abajo de la población de Burgui, en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup. en el manantial de la “Fte. del Pastor” (270870007). Para su cuantificación sólo se dispone de una medida puntual tomada en abr 1998 que indicaba un caudal de 10 l/s.

- **Tramo Esca II (Manantiales de Salvatierra) (091.031.006)**

Corresponde al tramo bajo del río Esca en el que se produce la descarga directa de la FGP Paleoceno–Eoceno med. a través de sendos manantiales, “trop plein” La Moraida y El Lavadero.

Para su cuantificación se cuenta con los datos disponibles en la base de datos de la CHE:

- “trop plein” La Moraida (270930004): medida puntual tomada en abr 1998 que arroja un caudal de 20 l/s.
- El Lavadero (270870006): 15 medidas tomadas entre mar 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 152 l/s, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 370 l/s.

- **Tramo Veral II (091.031.007)**

Corresponde al tramo del río Veral el río atraviesa tanto la FGP Megacapas del Flysch Eoceno (Megacapa Roncal) como, principalmente, la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en las calizas aflorantes en la Foz de Biniés y se produce la recarga difusa directa (posiblemente por presencia de exocarst) de ambas FGPs.

En este tramo no es posible cuantificar las pérdidas.

- **Tramo Embalse de Yesa (Manantial de Tiermas) (091.031.008)**

Corresponde al tramo del río Aragón embalsado por la presa de Yesa en el que en momentos de aguas bajas se produce la descarga termal de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en el Manantial de Tiermas (270910003).

Para la cuantificación se cuenta con los datos de aforos realizados por la CHE entre oct 1994 y oct 2005 y que arrojan un caudal medio de 246 l/s, con un mínimo de 148 l/s y un máximo de 295 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.031.001	127 ⁽¹⁾ 33 ⁽²⁾				Natural	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.031.002 y 091.031.003	80 ^(1 y 2)	0,358	Jul 1998 – jul 2000	4-7	Natural	La descarga puntual corresponde al manantial de Arbayún. Esta descarga es canalizada hasta la población de Lumbier. La relación unitaria de transferencia se corresponde a la asignable a la suma de los dos tramos, sin poder diferenciar las posibles diferencias en el nivel de descarga difusa que pudiera haber en cada tramo individual.
091.031.004		Sin cuantificar			Influenciado	
091.031.005	10 ⁽¹⁾				Natural	
091.031.006	172 ⁽¹⁾				Natural	Corresponde a la descarga de la Fte. Lavadero (152 l/s) y a la medida puntual del trop plein La Moraída (20 l/s).
091.031.007		No existen datos con que cuantificar			Natural	Corresponde a las pérdidas de la MAS a favor de las FGP's que atraviesa.
091.031.008	246 ⁽¹⁾				Natural	Corresponde a la descarga en aguas bajas en el embalse de Yesa del manantial termal de Tiermas.
⁽¹⁾ CHE ⁽²⁾ IGME						

Tabla 31. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.031 Sierra de Leyre

MASb Tendeñera-Monte Perdido (091.032)

- **Tramo Gállego II (Manantiales de “Los Batanes”) (091.032.001)**

Corresponde al tramo alto del río Gállego en el que se produce la descarga indirecta al río a través de varios manantiales: sendos denominados “Los Batanes” y La Peller. Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en la base de datos de las descargas de los mismos:

- La Peller (290930015): medida puntual tomada en mar 1998 que indica un caudal de 70 l/s.
- Los Batanes (290930002): 7 medidas tomadas entre jun 1980 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 91,5 l/s, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 200 l/s.
- Los Batanes Alto (290930017): 4 medidas tomadas entre oct 1993 y jun 1999 arrojan un caudal medio de 305 l/s, con un mínimo de 50 l/s y máximo de 1.000 l/s.

Así pues, la descarga del tramo asciende, aproximadamente, a unos 450 l/s.

- **Tramo Ara I (Bujaruelo) (091.032.002)**
No existe información con la que cuantificar la descarga en este tramo.
- **Tramo Ara II (Manantial de Santa Elena) (091.032.003)**
Corresponde al tramo en el que la MAS recibe la descarga directa a través del manantial de Sta. Elena (300850001). Para la cuantificación se dispone de las medidas de aforos existentes en la base de datos de la CHE, que indica un caudal medio de 40 l/s, con máximo de 50 l/s y mínimo de 26 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre may 1998 y jun 1999.
- **Tramo Arazas (Manantiales de Ordesa) (091.032.004)**
Corresponde al tramo del río Arazas en el que recibe las descargas puntuales de los manantiales colgados de Escuzana, Cotatuero, Garcés y Brulle. No es posible cuantificar este tramo al no disponer de medidas de aforos de las descargas. No obstante, a partir de los datos disponibles de la serie de la EA nº 196 Ara en Torla, es posible obtener información válida o representativa de los tramos 091.032.002 a 091.032.004.

Según el análisis de las curvas de agotamiento del hidrograma correspondiente a la EA nº 164 (Figura 18) se obtiene un parámetro de agotamiento promedio de $0,3972 \text{ mes}^{-1}$, lo que implica un periodo de semiagotamiento de 1,7 meses, de manera que responde a un tipo de acuífero con mediana difusividad y baja capacidad de regulación.

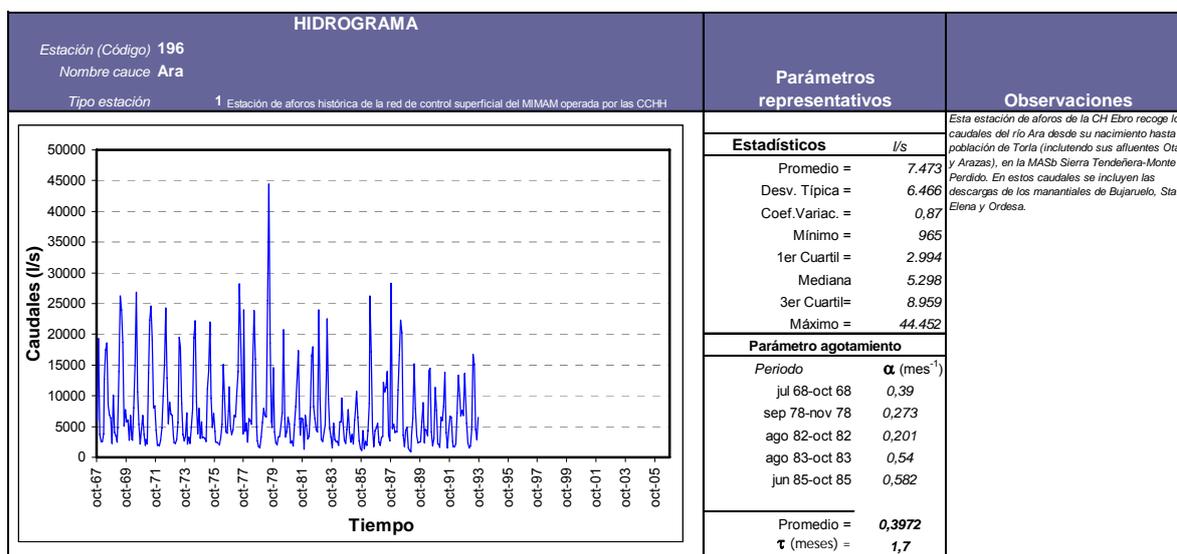


Figura 18. Análisis del hidrograma EA nº 164 (Ara en Torla)

Asimismo, se ha procedido a descomponer por el método Barnes el hidrograma de la serie media mensual correspondiente al periodo que va desde octubre de 1967 a octubre de 1993 en la EA nº 164 (Figura 19) y cuyo resultado arroja los siguientes valores:

- Aportación media anual: 7.142 l/s
- Aportación subterránea: 1.948 l/s (27,3%)
- Aportación superficial: 5.194 l/s (72,7%)

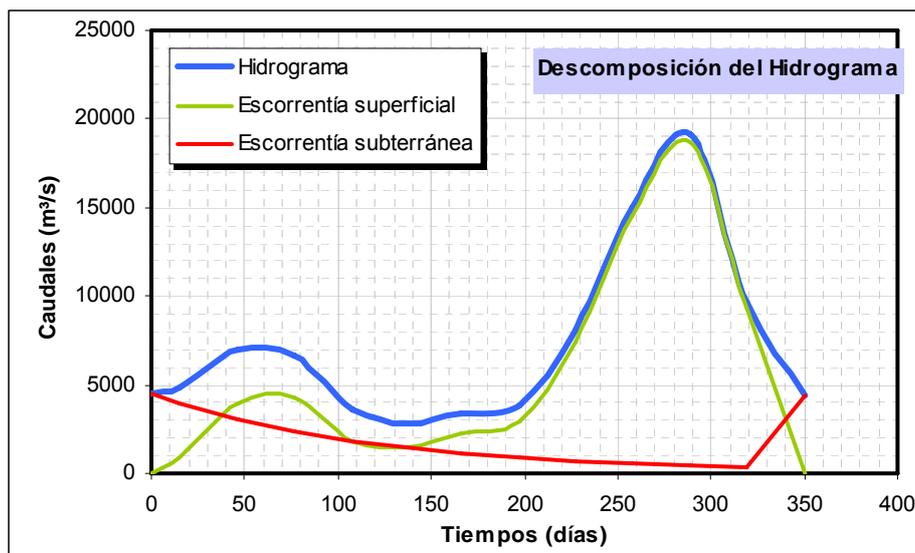


Figura 19. Descomposición del hidrograma (método Barnes) de la estación de aforos nº 164 (Ara en Torla)

De este modo, se puede considerar que la aportación subterránea de los tramos 091.032.002 a 091.032.004, incluyendo todos sus manantiales, puede ser cercana a 2.000 l/s y suponer alrededor del 27% de los caudales circulantes en la EA nº 196.

- **Tramo Ara III (Congosto de Jánovas) (091.032.005)**

Corresponde al tramo del río Ara en el que la MAS recarga la FGP Megacapas Flysch Eoceno durante unos 4 km. Para la cuantificación del tramo influente se dispone de 2 puntos de control en el cauce de la MAS: 301030007, situado aguas arriba, y 301040022, situado aguas abajo en la EA nº 40 (Ara en Boltaña).

Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 301030007 (aguas arriba): 7 medidas tomadas entre jul 1998 y mar 2000 arrojan un caudal medio de 3.831 l/s, con un mínimo de 2.488 l/s y máximo de 6.246 l/s.
- 301040022 (aguas abajo): 5 medidas tomadas entre jul 1998 y mar 2000 arrojan un caudal medio de 3.333 l/s, con un mínimo de 2.004 l/s y máximo de 4.710 l/s.

De aquí se deduce que la pérdida de la MAS asignable al tramo es de unos 500 l/s.

- **Tramo Vellós I (Manantial de Fon Blanca) (091.032.006)**

En este punto la MAS recibe la descarga colgada del manantial de Fon Blanca (300930006). Para la cuantificación únicamente se dispone de una medida puntual tomada en oct 2001 que indicó un caudal de 79 l/s. Dado que está tomada en octubre, es previsible que los caudales medios anuales sean superiores al valor indicado.

- **Tramo Vellós II (Manantial de Puyarruego) (091.032.007)**

Corresponde al tramo del río Vellós en el que la MAS la descarga del manantial de aguas mineromedicinales de Puyarruego (300980003), conocido como Fte. de los Suspiros. Para su cuantificación se cuenta con los datos disponibles en las bases de datos de la CHE e IGME:

- CHE: 4 medidas entre may 1998 y ago 1999 que indican un caudal inferior a 1 l/s.
- IGME: 6 medidas entre sep 1981 y sep 1992 que indican un caudal medio de 1,55 l/s.

- **Tramo Yaga (Fuentes de Escuaín) (091.032.008)**

Corresponde al tramo del Bco. de Yaga en el que la MAS recibe la descarga colgada del manantial Fuentes de Escuaín (300940001). La cuantificación de la descarga se realiza únicamente a partir del dato puntual disponible en la base de datos de la CHE: 100 l/s en ago 1999. Dado que está tomada en agosto, es previsible que los caudales medios anuales sean superiores al valor indicado.

- **Tramo Cinca I (Manantiales de Javierre) (091.032.009)**

Corresponde al tramo de cola del embalse de Pineta, en el que la MAS recibe las descarga indirecta a través del Cuaternario aluvial de los manantiales del Sanatorio de Pineta (310910008) y de la Pera (310910007).

Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en la base de datos de las descargas de los mismos:

- 310910008: 2 medidas tomadas entre oct 1997 y ago 1998 arrojan un caudal medio de 40 l/s, con un mínimo de 5 l/s y máximo de 75 l/s.
- 310910007: 4 medidas tomadas entre oct 1997 y ago 1998 arrojan un caudal medio de 151 l/s, con un mínimo de 75 l/s y máximo de 236 l/s.

Con ello, la descarga conjunta de los manantiales en el tramo asciende, aprox., a 191 l/s.

• **Tramo Cinca II (Congosto de las Devotas) (091.032.010)**

Corresponde al tramo alto del río Cinca donde la MAS recarga la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en unos 700 m. Para la cuantificación del tramo influente se dispone de 2 puntos de control en el cauce de la MAS: 310950013, situado a la entrada del desfiladero, y 310950014, situado a la salida. Los datos de los aforos diferenciales son los siguientes:

- 310950013 (entrada Congosto): 12 medidas tomadas entre mar 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 3.516 l/s, con un mínimo de 2.309 l/s y máximo de 4.829 l/s.
- 310950014 (salida Congosto): 12 medidas tomadas entre mar 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 3.453 l/s, con un mínimo de 2.220 l/s y máximo de 4.682 l/s.

De aquí se deduce que la pérdida de la MAS asignable al tramo es de unos 63 l/s.

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.032.001	450 ⁽¹⁾				Influenciado	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.032.002 a 091.032.004	2.000				Natural	Obtenido de la descomposición del hidrograma de la EA n° 196 (Ara en Torla) que recoge las descargas de las FGPs en los tramos considerados.
091.032.005		0,125	jul 1998 – mar 2000	7	Natural	
091.032.006	79 ⁽¹⁾				Natural	Corresponde a una medida puntual tomada en oct 2001.
091.032.007	<1 ⁽¹⁾ 1,5 ⁽²⁾				Natural	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas. Además el manantial tiene aprovechamiento minero-medical de sus aguas.
091.032.008	100 ⁽¹⁾				Natural	Corresponde a una medida puntual tomada en ago 1999.
091.032.009	191 ⁽¹⁾				Natural	Corresponde a las medidas disponibles de la descarga conjunta de ambos manantiales.
091.032.010		0,078	Mar 1998 – jul 2000	12	Influenciado	

⁽¹⁾ CHE
⁽²⁾ IGME

Tabla 32. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido

MASb Santo Domingo-Guara (091.033)

- **Tramo Garona (Manantial de la Trinidad) (091.033.001)**

Corresponde al tramo medio del río Garona donde se produce la descarga directa del manantial de La Trinidad (281080002). Para su cuantificación se dispone de los datos de aforos realizados por la CHE. En ellos se indica un caudal medio de 62 l/s, con máximo de 139 l/s y un mínimo de 20 l/s. Estos datos provienen de 17 medidas realizadas en un largo espacio de tiempo, entre ene 1954 y jul 2000.
- **Tramo Foz de Escaletes (091.033.002)**

Corresponde al Bco. de Escaletes en el que se produce la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. a través del manantial Foz de Escaletes (281070001). Para su cuantificación se dispone de los datos de aforos realizados por la CHE. En ellos se indica un caudal medio de 54 l/s, con máximo de 70 l/s y un mínimo de 36 l/s. Estos datos provienen de 3 medidas realizadas entre jun 1997 y jun 1999.
- **Tramo Isuela (Manantiales de Arguis) (091.033.003)**

Corresponde al tramo de unos 300 m del río Isuela en el que se produce la descarga directa de los manantiales de Arguis (291120022) y Cueva San Clemente (291120006). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME, aunque todo parece indicar que se trata de los mismos datos los que figuran en las diferentes bases de datos:

 - 291120022:
 - IGME: medida puntual tomada en sep 1990 que arroja un caudal de 5 l/s.
 - CHE: medida puntual tomada en sep 1990 que arroja un caudal de 5 l/s.
 - 291120006:
 - IGME: 4 medidas tomadas en may 1981 que arrojan un caudal medio de 9 l/s, con máximo de 14 l/s y mínimo de 4 l/s.
 - CHE: 2 medidas tomadas en may 1981 que arrojan un caudal medio de 9 l/s, con máximo de 14 l/s y mínimo de 4 l/s.
- **Tramo Isuela II (Manantial de Los Baños de Nueno) (091.033.004)**

Corresponde al tramo del río Isuela en el que se produce la descarga termal directa del manantial de Los Baños de Nueno (291120023) o Fte. de La Rayeta. Para su cuantificación sólo se dispone de los datos de aforos realizados por la CHE. En ellos se indica un caudal medio de 23,5 l/s, con máximo de 52 l/s y un mínimo de 5 l/s. Estos datos provienen de 4 medidas espaciadas realizadas entre nov 1991 y jul 1999.
- **Tramo Flumen I (Manantial de Cienfuens) (091.033.005)**

Corresponde al tramo del río Flumen situado aguas abajo de la presa del embalse de Santa M^a de Belsué en el que se produce la descarga directa del manantial de Cienfuens (291120007). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME, aunque todo parece indicar que se trata de los mismos datos los que figuran en las diferentes bases de datos:

- IGME: medida puntual tomada en jun 1981 que arroja un caudal de 55,5 l/s.
- CHE: 2 medidas puntuales tomadas entre jun 1981 y jul 1989 que arrojan un caudal medio de 77,5 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 55 l/s.

- **Tramo Flumen II (Manantial de Fuenmayor) (091.033.006)**

Corresponde al tramo del Bco. Ayuso, que descarga en el embalse de Montearagón, en el que se produce la descarga directa del manantial de Fuenmayor (291170001). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME (secciones históricas 29117 F/B –abastecimiento a San Julián de Banzo- y 29117 F/C –vertedero al Bco.):

- 29117 F/C: 9 medidas tomadas entre oct 1997 y jun 2001 que arrojan un caudal medio de 0,8 l/s, con máximo de 1,1 l/s y mínimo de 0,5 l/s.
- 29117 F/B: 11 medidas tomadas entre feb 1989 y feb 1992 que arrojan un caudal medio de 40 l/s, con máximo de 107 l/s y mínimo de 2 l/s.
- CHE: 24 medidas tomadas entre may 1992 y may 2005 que arrojan un caudal medio de 124 l/s, con máximo de 457 l/s y mínimo de 10 l/s.

- **Tramo Formiga (Fuentes de Bastarás) (091.033.007)**

Corresponde al tramo del río Formiga en el que se produce la descarga de surgencias tipo “trop plein” conocidas como Solencios de Bastarás: Fuentes de Bastarás (301150005), Sta. Cilia e Ibones de Anguarrer.

Para su cuantificación se dispone de datos de aforos realizados por la CHE en la Fuente de Bastarás y en puntos de control aguas arriba (301150012, Río Formiga en Bastarás) y abajo (301150013, Río Formiga en Yaso) con los que realizar un aforo diferencial. Igualmente ocurre con las secciones históricas del IGME, que controlan los caudales del río Formiga aguas arriba de los Solencios (30115 F/A) y aguas debajo de los mismos (30115 F/B), permitiendo, de este modo, cuantificar la aportación de los Solencios al río Formiga.

Puntos de control de la CHE:

- Fuentes de Bastarás (301150005): 7 medidas espaciadas tomadas entre jun 1980 y jun 1999 que arrojan un caudal medio de 162 l/s, con máximo de 423 l/s y mínimo de 50 l/s.
- 301150012 (aguas arriba): 24 medidas tomadas entre abr 1992 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 82 l/s, con máximo de 448 l/s y mínimo de 0 l/s.
- 301150013 (aguas abajo): 24 medidas tomadas entre abr 1992 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 188 l/s, con máximo de 1.024 l/s y mínimo de 0 l/s.

Secciones históricas IGME:

- 30115 F/A: 8 medidas tomadas entre feb 1989 y mar 1995 que arrojan un caudal medio de 305,5 l/s, con máximo de 905 l/s y mínimo de 31 l/s.
- 29117 F/B: 6 medidas tomadas entre feb 1989 y mar 1995 que arrojan un caudal medio de 355 l/s, con máximo de 905 l/s y mínimo de 87 l/s.

Así pues, el caudal aportado por las Fuentes de Bastarás está entre 106 y 160 l/s, según los datos de la CHE, y 50 l/s, según los datos del IGME. Teniendo en cuenta que las 7 medidas realizadas por la CHE en el manantial se han tomado en un periodo de 20 años (lo que indica claramente su espaciamiento), los datos que podrían ser más reales serían los obtenidos mediante aforo diferencial entre los puntos de control. Ahora bien, podría suceder que entre Bastarás y Yago se pueda producir alguna pérdida a favor de los conglomerados Miocenos.

- **Tramo Alcanadre I (Manantial de Alcanadre) (091.033.008)**

Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que se produce la descarga directa del manantial de Alcanadre (301110002). La cuantificación de la descarga se realiza únicamente a partir del dato puntual disponible en la base de datos de la CHE: 100 l/s en jul 1989. Dado que está tomada en julio, es previsible que los caudales medios anuales sean superiores al valor indicado.

- **Tramo Alcanadre II (Mascún-Cuca de Bellostas) (091.033.009)**

Corresponde al tramo del río Mascún que se inicia a partir del Bco. de Maisén y termina en las cercanías del manantial de Mascún. La MAS es drenada por la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. y no es posible cuantificar las pérdidas en este tramo.

- **Tramo Alcanadre III (Manantial Bco. de Mascún) (091.033.010)**

Corresponde al tramo del río Mascún en el que se produce la descarga del manantial del Bco. de Mascún (301120002). Para la cuantificación se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME:

- IGME: medida puntual tomada en jun 1981 que arroja un caudal de 150 l/s.
- CHE: 5 medidas tomadas entre jun 1980 y ju 1999 que arrojan un caudal medio de 223 l/s, con máximo de 700 l/s y mínimo de 32 l/s.

- **Tramo Alcanadre IV (Pedruel-Manantial La Tamara) (091.033.011)**

Corresponde al tramo del río Alcanadre en el que se produce la descarga directa del manantial de La Tamara (301160002) y difusa durante unos 4.000 m.

Para su cuantificación se dispone de datos de aforos realizados por la CHE en el manantial y en puntos de control aguas arriba (301120004, Río Alcanadre en el puente de Pedruel) y abajo (301160005, Río Alcanadre en el molino de Bierge) con los que realizar un aforo diferencial. No ocurre igual con las secciones históricas del IGME, que controlan los caudales del río Alcanadre aguas arriba (30112 A/B, puente en Pedruel) y aguas abajo (30116 A/C, en Bierge), ya que aparece información contradictoria, con una pérdida de caudal en el tramo, posiblemente debido a un error tipográfico.

Puntos de control de la CHE:

- Manantial La Tamara (301160002): 5 medidas espaciadas tomadas entre may 1989 y jun 1999 que arrojan un caudal medio de 56 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 20 l/s.
- 301120004 (aguas arriba): 14 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 596 l/s, con máximo de 1.760 l/s y mínimo de 138 l/s.
- 301160005 (aguas abajo): 15 medidas tomadas entre abr 1995 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 1.047 l/s, con máximo de 2.466 l/s y mínimo de 0 l/s.

Secciones históricas IGME:

- 30112 A/B: 9 medidas tomadas entre feb 1989 y nov 1994 que arrojan un caudal medio de 1.498 l/s, con máximo de 3.900 l/s y mínimo de 205 l/s.
- 30116 A/C: 25 medidas tomadas entre feb 1989 y jun 2001 que arrojan un caudal medio de 1.058¹⁶ l/s, con máximo de 5.374 l/s y mínimo de 235 l/s.

¹⁶ Se debe tratar de un error tipográfico en la base de datos.

De este modo, la descarga del manantial de La Tamara se cuantifica en unos 56 l/s, mientras que la ganancia en el tramo es de unos 400 l/s, descontada la aportación del manantial.

- **Tramo Balces (091.033.012)**

Para su cuantificación se dispone de datos de aforos de las secciones históricas del IGME, que controlan los caudales del río Isuela aguas arriba (30106 I/A, río Balces en Las Bellostas) y aguas abajo (30116 I/B, río Balces en Aldehuela de Luestos).

Secciones históricas IGME:

- 30106 I/A: 4 medidas tomadas entre abr 1989 y feb 1990 que arrojan un caudal medio de 282 l/s, con máximo de 562 l/s y mínimo de 7,8 l/s.
- 30116 I/B: 26 medidas tomadas entre feb 1989 y jun 2001 que arrojan un caudal medio de 370 l/s, con máximo de 3.042 l/s y mínimo de 21 l/s.

De este modo, la ganancia se cifra en unos 90 l/s.

- **Tramo Vero I (Almozarre-Bárcabo) (091.033.013)**

Corresponde al tramo del río Vero que se inicia en Almozarre y termina en las cercanías del manantial de Lecina. En este tramo la MAS es drenada durante unos 4.000 m.

No se dispone de datos con los que poder llevar a cabo un cuantificación de las pérdidas de este tramo.

- **Tramo Vero II (Manantial de Lecina) (091.033.014)**

Corresponde al tramo del río Vero en el que se produce la descarga directa puntual del manantial de Lecina (o "La Berrala"), código 301170002. Para su cuantificación se cuenta con los aforos realizados en el manantial por la CHE. Son 9 medidas tomadas entre jun 1980 y may 2000 que arrojan un caudal medio de 230 l/s, con máximo de 819 l/s y mínimo de 72 l/s.

A partir de los datos de aforos registrados en la EA 46 (Vero en Lecina) es factible caracterizar la descarga que recibe el río Vero procedente de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med., concretamente de la Fm Calizas de Guara, en el manantial de la Fte. Lecina. Para esta descarga se establece un coeficiente de agotamiento de $0,1335 \text{ mes}^{-1}$, con un periodo de semiagotamiento de 5,4 meses, lo que implica un acuífero con capacidad de regulación natural (Figura 20).

La descomposición del hidrograma promedio mensual de aportaciones correspondiente a la EA 46, mediante el método de Barnes, permite fijar para la escorrentía subterránea un

caudal promedio anual de unos 815 l/s, lo que supone el 45% de la escorrentía total (Figura 21).

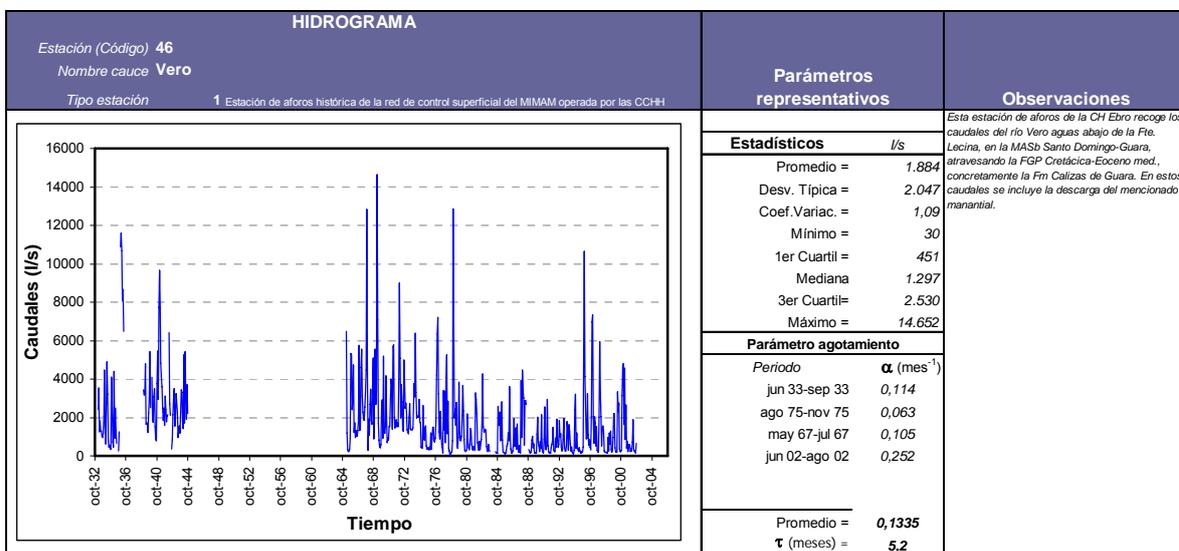


Figura 20. Análisis de la curva de agotamiento de la EA 46 (Vero en Lecina)

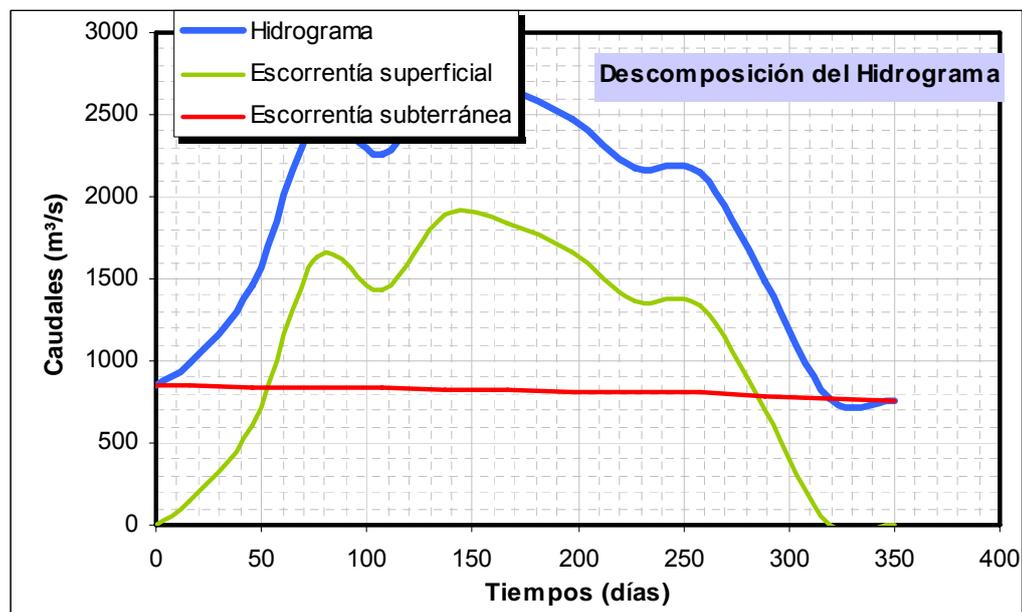


Figura 21. Descomposición del hidrograma promedio mensual de la EA 46 (Vero en Lecina) mediante el método de Barnes

- **Tramo Vero III (Fte. Lecina-Baños de Alquézar) (091.033.015)**

Corresponde al tramo del río Vero en el que se produce la descarga difusa directa en el río e indirecta a través del manantial pseudotermal de Baños de Alquézar (301230005). Para la cuantificación del manantial se cuenta con los aforos realizados en el manantial

por la CHE que cifran la descarga en un caudal medio de 2,7 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre mar 1998 y jun 1999.

Para la cuantificación de la descarga difusa de las calizas de Guara se dispone de datos de aforos realizados por la CHE en puntos de control situados aguas arriba (301170009, EA 46 de Lecina de Bércabo) y abajo (301230004, río Vero en camping Río Vero) con los que realizar un aforo diferencial. Además, se cuenta con las secciones históricas del IGME, que controlan los caudales del río Alcanadre aguas arriba (30117 V/B, río Vero aguas abajo de Fte. Lecina) y aguas abajo (30123 V/C, en río Vero en el camping),

Puntos de control CHE:

- 301170009 (aguas arriba): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 304 l/s, con máximo de 998 l/s y mínimo de 119 l/s.
- 301230004 (aguas abajo): 15 medidas tomadas entre abr 1992 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 434 l/s, con máximo de 1.703 l/s y mínimo de 136 l/s.

Secciones históricas IGME:

- 30117 V/B (aguas arriba): 12 medidas tomadas entre jul 1998 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 677 l/s, con máximo de 2.386 l/s y mínimo de 140 l/s.
- 30123 V/C (aguas abajo): 27 medidas tomadas entre feb 1989 y jun 2001 que arrojan un caudal medio de 602 l/s, con máximo de 2.993 l/s y mínimo de 73 l/s.

De este modo, se cifra la ganancia de caudal en 130 l/s.

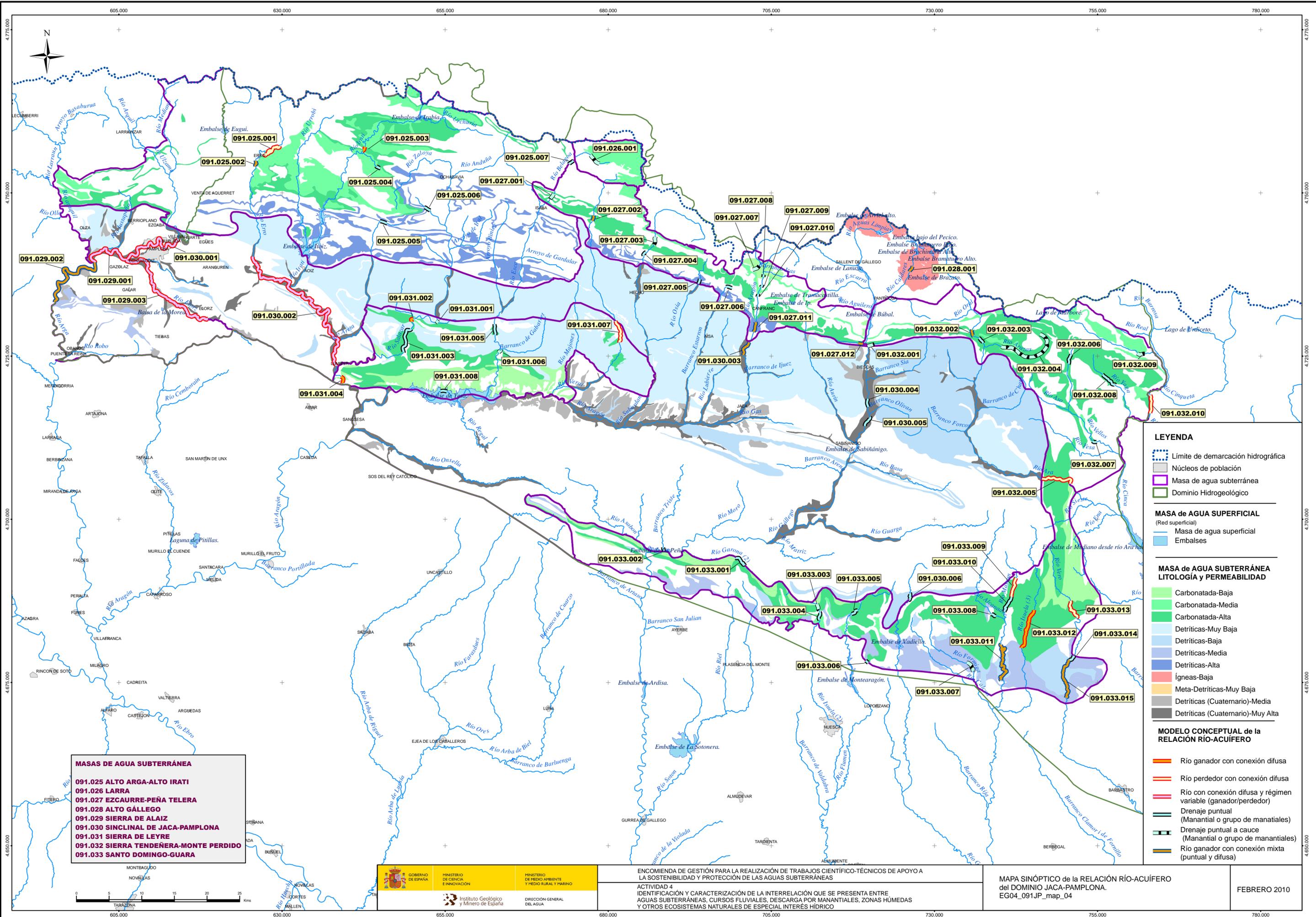
Código Tramo	Cuantificación			Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa			
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)		
091.033.001	62 ⁽¹⁾			Natural	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.033.002	54 ⁽¹⁾			Natural	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.033.003	14 ^(1 y 2)			Influenciado	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.033.004	23,5 ⁽¹⁾			Influenciado	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.033.005	77,5 ⁽¹⁾ 55,5 ⁽²⁾			Influenciado	La cuantificación indicada proviene de un escaso número de medidas.
091.033.006	124 ⁽¹⁾ 41 ⁽²⁾ 150 ⁽³⁾			Influenciado	La cuantificación del IGME está basada en la suma de las medidas de las secciones históricas 29117 F/B y F/C.

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

Código Tramo	Cuantificación				Régimen hidrológico	Observaciones
	Descarga puntual	Conexión difusa				
	QCD (l/s)	Relación Unitaria de Transferencia RUT (l/s/m)	Amplitud de la serie (ASU)	Número de datos (NAE)		
091.033.007	106-160 ⁽¹⁾ 50 ⁽²⁾				Influenciado	Teniendo en cuenta que los 160 l/s se han obtenido de 7 medidas tomadas en el manantial en un periodo de 20 años (lo que indica claramente su espaciamiento), los datos que podrían ser más reales serían los obtenidos mediante aforo diferencial entre los puntos de control. Ahora bien, podría suceder que entre Bastarás y Yago se pueda producir alguna pérdida a favor de los conglomerados Miocenos, a la vista de los resultados del IGME (50 l/s).
091.033.008	100 ⁽¹⁾				Natural	La cuantificación indicada proviene de una medida puntual.
091.033.009		Sin cuantificar las pérdidas			Natural	Pérdidas en el cauce (sumideros) aguas arriba de la Fte. de Mascún.
091.033.010	233 ⁽¹⁾ 150 ⁽²⁾				Natural	
091.033.011	56 ⁽¹⁾	0,066	Abr 1995 – jul 2000	15	Natural	
091.033.012		0,018	feb 1989 - jun 2001	24	Natural	Obtenido mediante aforos diferenciales.
091.033.013		Sin datos con que cuantificar			Natural	
091.033.014	230 ⁽¹⁾				Natural	
091.033.015	2,7 ⁽¹⁾	0,052	Jul 1998 – jul 2000	12	Natural	La descarga puntual corresponde al manantial pseudotermal de Baños de Alquézar.

⁽¹⁾ CHE
⁽²⁾ IGME
⁽³⁾ Fuentes bibliográficas consultadas

Tabla 33. Resumen de la cuantificación río-acuífero en la MASb 091.033 Santo domingo-Guara



MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

091.025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI
 091.026 LARRA
 091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
 091.028 ALTO GÁLLEGO
 091.029 SIERRA DE ALAIZ
 091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
 091.031 SIERRA DE LEYRE
 091.032 SIERRA TENDNERA-MONTE PERDIDO
 091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
 (Red superficial)

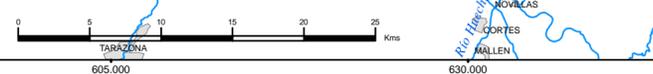
- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA LITOLOGÍA Y PERMEABILIDAD

- Carbonatada-Baja
- Carbonatada-Media
- Carbonatada-Alta
- Detríticas-Muy Baja
- Detríticas-Baja
- Detríticas-Media
- Detríticas-Alta
- Ígneas-Baja
- Meta-Detríticas-Muy Baja
- Detríticas (Cuaternario)-Media
- 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)



GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

MAPA SINÓPTICO de la RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO del DOMINIO JACA-PAMPLONA.
 EG04_091JP_map_04

FEBRERO 2010

4. Manantiales

A continuación se describen las características esenciales de los manantiales principales existentes en el Dominio hidrogeológico pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, así como una serie de datos referentes a los manantiales secundarios.

4.1 Manantiales principales

En el ámbito del dominio hidrogeológico Sinclinal de Jaca-Pamplona se han identificado un total de 48 manantiales principales o agrupaciones de manantiales, que seguidamente se relacionan.

▪ Manantial de Olóndriz

La surgencia de Olóndriz (260710003) se origina en las calizas y dolomías del *Santoniense* (FGP Cretácico sup.) que se encuentran semiconfinadas a techo por arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* y en la base por las facies Buntsandstein (argilitas rojas con pasadas de limolitas y areniscas), al producirse un rebose hidrogeológico a cota 650 msnm. En la base de datos de la CHE sólo se dispone de 3 medidas tomadas entre jul 1998 y jun 1999, que arrojan un caudal medio de 282,3 l/s, con un mínimo de 150 ml/s y máximo de 380 l/s.

▪ Manantial La Balsa

El manantial de La Balsa (260740005) es la descarga de la FGP Cretácico sup. en forma directa en el Bco. Zotarre, tributario del río Irati. La surgencia se localiza a una cota de 830 msnm en los afloramientos de calizas y dolomías del *Santoniense* que orlan la estructura de domo de Oroz-Betelu y que se encuentran en el flanco N-NE del mismo, donde los materiales buzan al NE entre 25-30°. Se produce la surgencia por rebose hidrogeológico al contacto brusco de permeabilidad producido por falla, que pone en contacto las calizas y dolomías con las arcillas calcáreas impermeables del *Maastrichtiense*. Sólo se dispone de una medida puntual en la base de datos de la CHE, que en jun 2000 aforó un caudal de 50 l/s.

▪ Manantial de Mozarre

El manantial de Mozarre (260780001) constituye la descarga en el Bco. de Mozarre (coordenadas X: 645.340 e Y: 4.745.912), tributario de cabecera del río Areta, la descarga de la FGP Paleoceno; concretamente la surgencia se localiza en los afloramientos de calizas paleocenas del *Daniense-Montiense*, que se encuentran en el flanco S-SE que rodea el Domo de Oroz-Betelu, donde los materiales buzan al S entre 60-70°. La surgencia se localiza a cota de 819 msnm en diferentes puntos muy cercanos al contacto entre las

margas y el Flysch Eoceno. No se dispone de información foronómica ni hidrométrica alguna en las bases de datos de la CHE ni del IGME.

Carente de estudios hídricos de rigor, el caudal estimado varía entre los 50-75 l/s en estiaje y hasta 2.000 l/s en épocas de carga. Estas variaciones importantes de caudal aunque de largo periodo sugieren un acuífero de tipo mixto con capacidad de almacenamiento y trasmisividad de tipo medio, en el que junto a la circulación a través de drenes (Figura 22 a y b) se supone una zona vadosa de espesor variable con circulación fisural y un elevado grado no muy elevado de carstificación (Abendaño, V., 1999).

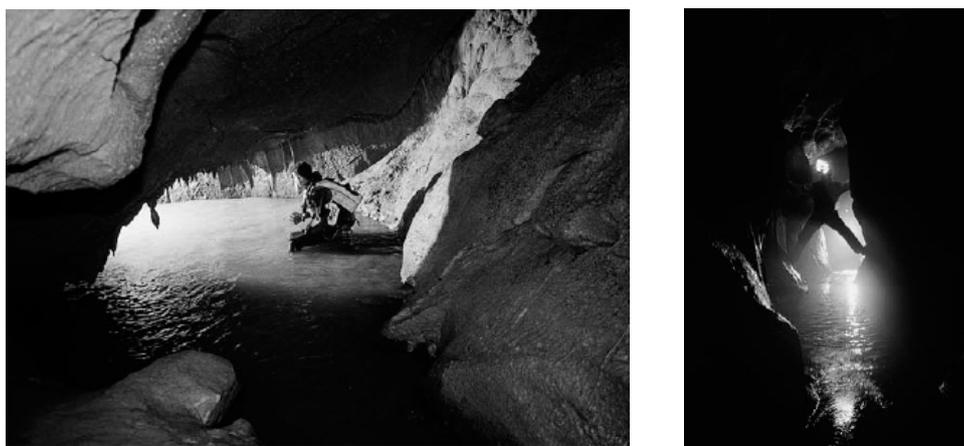


Figura 22. *Imágenes de la marmita del colector principal (izda.) y meandro principal (dcha.) del nacedero de Mozarre (Abendaño, V., 1999)*

▪ **Manantial Laurence**

El manantial de Laurence (270750012) constituye la descarga de las calizas brechoides del Eoceno inf. (FGP Megacapas del Flysch Eoceno). Se produce en el Bco. de Zaldaña, tributario del río Salazar por su margen derecha, a una cota de 820 msnm al producirse el contacto con las facies margosas del Paleoceno (barrera impermeable basal) que afloran en el núcleo anticlinal, forzando un rebose hidrogeológico. De acuerdo con la información consultada, en este punto se drenan conjuntamente las FGP's Cretácico sup., Paleoceno y Megacapas del Flysch Eoceno, al actuar como salida de los flujos comunicados (continuidad piezométrica) como consecuencia del cierre periclinal localizado en una zona de intenso plegamiento (pliegues sinclinales-anticlinales de orientación ENE-OSO) y fracturación al que están sometidos los materiales del Terciario marino que se encuentran en la zona E del Domo de Oroz-Betelu.

Los datos de los aforos disponibles en la base de datos de la CHE indican un caudal medio de 117 l/s, obtenido a partir de 29 medidas tomadas entre sep 1972 y jul 2000, con un mínimo de 13 ml/s y máximo de 817 l/s.

▪ **Manantial Sículo V**

El manantial Sículo V (270740002) constituye la descarga puntual de la FGP Paleoceno en el río Belagua, a cota 1.073 msnm. Se produce mediante rebose hidrogeológico al ponerse en contacto mediante cabalgamiento las facies carbonatadas permeables de la FGP Paleoceno con las arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* que conforman la barrera impermeable basal. Los datos de los aforos disponibles en las bases de datos de la CHE e IGME indican lo siguiente:

- CHE: caudal medio de 170 l/s, obtenido a partir de 24 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 8 ml/s y máximo de 1.400 l/s.
- IGME: caudal medio de 26 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre jul 1976 y sep 1980, con un mínimo de 15 ml/s y máximo de 45 l/s.

▪ **Manantiales de Rincón de Belagua**

El grupo de manantiales de Belagua constituyen la descarga de la FGP Cretácico sup., concretamente de las calizas de Larra de edad *Coniaciense-Santoniense*, en forma de manantiales de ladera, y lo hacen a través de un escaso recubrimiento Cuaternario aluvial. La descarga se efectúa a través de tres manantiales cercanos (280710005, 280710006 y 280710007), a cotas entre 1.050 y 1.000 msnm, en el contacto entre las Calizas de Larra y las Margas y Calizas de Zuriza, de edad *Campaniense-Maastrichtiense*, que dado el apilamiento constituyen el impermeable basal. Estas descargas podrían nutrirse principalmente de las recargas que se infiltran en las vertientes del Txamantxoia y Lapakiza. Del grupo de manantiales se dispone en las bases de datos de la CHE e IGME de los siguientes datos:

- 280710005:
 - CHE: caudal medio de 92 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 43 l/s y máximo de 144 l/s.
 - IGME: caudal medio de 25 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 12 l/s y máximo de 40 l/s.
- 280710006:
 - CHE: caudal medio de 55 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre nov 1976 y sep 1980, con un mínimo de 29 l/s y máximo de 72 l/s.
 - IGME: caudal medio de 15 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 8 l/s y máximo de 20 l/s.
- 280710007:
 - CHE: caudal medio de 75 l/s, obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre oct 1972 y jul 1999, con un mínimo de 43 l/s y máximo de 101 l/s.
 - IGME: caudal medio de 21 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 12 l/s y máximo de 28 l/s.

▪ **Manantiales de Isaba**

El grupo de manantiales de Isaba (270780002 a 270780004) constituyen la descarga directa de la FGP Paleoceno en el cauce del río, como consecuencia del rebose hidrogeológico producido por el brusco contraste de permeabilidad que se produce en el contacto de los materiales permeables de la FGP Paleoceno con las arcillas calcáreas del *Maastrichtiense* en una zona con intenso plegamiento (anticlinal-sinclinal dobles tumbados). Las descargas se producen a una cota entre 835 y 825 msnm, siendo el principal manantial el 270780002, cuya descarga se produce a 834 msnm.

Los aforos realizados por el Gobierno de Navarra y la CHE en este manantial muestran un caudal muy irregular, con máximos del orden de 2 m³/s y muy fuertes estiajes, que casi agotan el manantial. Este comportamiento tan irregular y con poca memoria sugiere una acuífero con un componente cárstico *sensu stricto* muy acusado.

Asimismo, en las bases de datos de la CHE e IGME existe la información foronómica siguiente:

- 270780002:
 - CHE: caudal medio de 162 l/s, obtenido a partir de 20 medidas tomadas entre sep 1972 y jul 1999, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 2.000 l/s.
 - IGME: caudal medio de 29 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 10 l/s y máximo de 60 l/s.
- 270780003:
 - CHE: caudal medio de 19,8 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre sep 1972 y sep 1980, con un mínimo de 1,4 l/s y máximo de 45 l/s.
 - IGME: caudal medio de 26 l/s, obtenido a partir de 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 13 l/s y máximo de 45 l/s.
- 270780004:
 - CHE: caudal medio de 24,5 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre oct 1972 y sep 1980, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 55 l/s.
 - IGME: caudal medio de 11,5 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980, con un mínimo de 8 l/s y máximo de 15 l/s.

▪ **Manantial del Castillo**

El manantial del Castillo (280750006) constituye la descarga directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. en el cauce del río, como consecuencia de la compleja estructura de fallas y pequeños mantos cabalgados y plegados que afectan a los materiales acuíferos. Se dispone de una medida puntual realizada por la CHE en mayo 1999, que cifraba la descarga en 175 l/s.

▪ **Manantiales de Oza**

El grupo de manantiales de Oza constituye la descarga directa de las FGP Cretácico sup. (posiblemente descarga del nivel arenoso del *Campaniense*; Areniscas de la Tuca Blanca) y Paleoceno-Eoceno inf. (posiblemente la Fm Salarons), a través de los manantiales de San Juan de Dios (280820010, cota 1.070 msnm) y Puente Sil (280820011, cota 1.060 msnm), ambos separados unos 300 m.

En la base de datos de la CHE existe la siguiente información foronómica de los manantiales:

- 280820011: medida puntual realizada por la CHE en ago 1993, que cifraba la descarga en 50 l/s.
- 280820010: 2 medidas tomadas entre ago 1993 y may 1999 que arrojan un caudal medio de 15 l/s, con un mínimo de 10 l/s y máximo de 20 l/s.

▪ **Manantial de Sta. Ana**

El manantial de Sta. Ana (280820001) constituye la descarga directa de la FGP Paleoceno a 920 msnm, que se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota del acuífero en una zona donde se pone en contacto por estructura anticlinal cabalgada el los niveles carbonatados permeables del Paleoceno-Eoceno inf. con las facies margosas del Flysch Eoceno (impermeable de techo pero que en este caso lo es de base al encontrarse la estructura anticlinal cabalgada sobre el Flysch). En la base de datos de la CHE se dispone de 2 medidas tomadas entre jul 1980 y oct 1993 que arrojan un caudal medio de 602 l/s, con un mínimo de 374 l/s y máximo de 830 l/s.

▪ **Manantial de Los Corralones**

El manantial de Los Corralones (280830001) constituye la descarga de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, que se produce en el cauce del río a una cota de 1.215 msnm. La descarga se produce por intersección topográfica del río en el punto de menor cota de la Megacapa de Villanúa, que en esa zona se encuentra fuertemente tectonizada (cabalgamiento fallado y tumbado). Las facies margosas del Flysch en las que se encuentra embebida la Megacapa actúan como impermeable. Parte del caudal descargado en este manantial proviene de las infiltraciones que se producen en el sumidero de Lizará. En la base de datos de la CHE sólo se dispone de un único dato tomado en ago 1993, que arrojó un caudal de 15 l/s.

▪ **Manantial del Rigüello**

El manantial del Rigüello (280880008), sito a una cota de 1.633 msnm y colgado con respecto al río, constituye la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., que se produce por rebose hidrogeológico como consecuencia del brusco contraste de permeabilidad que

se da al contacto de las calizas con las facies margosas del Flysch Eoceno. En la base de datos de la CHE se dispone de 2 medidas entre ago 1993 y may 1999, que indican un caudal medio de 130 l/s, con un mínimo de 110 l/s y máximo de 150 l/s.

▪ **Manantiales del Circo de Rioseta**

Las descargas colgadas del Circo de Rioseta incluyen varios manantiales: Rioseta (280840009) que surge a 1.470 msnm y, en menor medida, el manantial (280840011) que surge a 1.415 msnm, así como la “surgencia elevada de Rioseta” (280840010) que surge a 1.500 msnm. Constituyen la descarga de la FGP Devónico med.-Carbonífero inf.. Se produce en el contacto entre los materiales carbonatados Devónicos, debido al contraste de permeabilidad entre las altamente permeables calizas arrecifales del Tobazo, que son las que se descargan, y las menos permeables que constituyen las calizas de “Griotte” y las capas de Chourique. Este hecho se produce en una zona de contacto cabalgante y altamente fallado del Paleozoico con la cobertera Mesozoico-Terciario.

Las medidas puntuales en las surgencias son las siguientes:

- 280840009: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 300 l/s.
- 280840010: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 120 l/s.
- 280840011: medida puntual realizada por la CHE en may 1999, que cifraba la descarga en 10 l/s.

Las medidas disponibles del punto de control 290810003 (vertedero de Rioseta) incluyen 11.103 datos que arrojan un caudal medio de 94,5 l/s, con máximos de 1.129 l/s y un mínimo de 0 l/s.

▪ **Mananatial de la Central Canal Roya**

El manantial de la Central de Canal Roya (290850001) surge en el flanco S de una estructura sinclinal en la que se ponen en contacto pizarras del Devónico med., que actúan como impermeable basal, y calizas masivas del *Tournaisiense-Viseiense* (Carbonífero inf.), produciendo un rebose hidrogeológico por brusco contraste de permeabilidad a una cota de 1.220 msnm. En las bases de datos de la CHE e IGME se dispone únicamente de un aforo puntual realizado en jun 1980 de 27,7 l/s.

▪ **Manantial de La Torreta**

El manantial de La Torreta (280880006) drena la FGP Cretácico sup., siendo buena parte del caudal drenado el proveniente de la infiltración en el Ibón de Tortiellas, que se ubica en las calcarenitas ferruginosas y nodulosas del *Coniaciense-Santoniense*. El manantial se

ubica a una cota de 1.090 msnm, en el contacto entre las calizas mencionadas y las margas de Zuriza, produciéndose, por tanto, por rebose hidrogeológico al brusco contacto de permeabilidad. En la base de datos de la CHE se dispone de 2 medidas tomadas entre jul 1993 y nov 1998, que arrojó un caudal medio de 370 l/s, con un mínimo de 200 l/s y máximo de 570 l/s.

▪ **Manantiales de Villanúa**

Lo constituyen la descarga de la FGP Megacapas del Flysch Eoceno, concretamente la Megacapa de Villanúa o nº 3, en los manantiales de Cuevas Viejas o Güixas (280880001, cota 950 msnm) y Esjamundo (280880012, 946 msnm), situados en la margen izquierda y derecha del río Aragón, respectivamente. Las descargas se producen por la existencia de dos fallas paralelas que canalizan el flujo subterráneo hasta contactar con las facies margosas del Flysch (impermeable) en las que se encuentra embebida la Megacapa de Villanúa, produciéndose un rebose hidrogeológico. La existencia de dos fallas paralelas favorece la canalización del flujo a su favor y la existencia de ambos manantiales, uno en cada margen del río. Se cuenta con medidas realizadas por la CHE en las surgencias:

- 280880012: 9 medidas tomadas entre jul 1993 y jul 2000, que cifra la descarga media en 405 l/s, con máximo de 970 l/s y mínimo de 30 l/s.
- 280880001: 15 medidas tomadas entre jun 1980 y jul 2000 que arrojan un caudal medio de 87,4 l/s, con un mínimo de 4,5 l/s y máximo de 254 l/s.

▪ **Manantiales de “Las Traconeras”**

Constituyen la descarga directa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., concretamente del Paleoceno, que se produce en un tramo estimado en unos 150 m a través de varios manantiales: La Traconera: 290930016, situado a una cota de 960 msnm; “Trop Plein” La Traconera I: 290930018, situado a una cota de 980 msnm; y “Trop Plein” La Traconera II: 290930019, situado a una cota de 995 msnm. Se trata de un rebose hidrogeológico que se produce en el flanco S de una estructura anticlinal al brusco contraste de permeabilidades entre los materiales calcáreos Paleocenos y el impermeable de base, la Fm Areniscas de Marboré, de edad *Campaniense-Maastrichtiense*. Se cuenta con medidas realizadas por la CHE en las surgencias:

- La Traconera (290930016): 3 medidas tomadas entre mar 1998 y jun 1999 que arrojan un caudal medio de 93 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 80 l/s.
- “Trop Plein” La Traconera I (290930018): 2 medidas tomadas entre oct 1993 y mar 1998 que arrojan un caudal medio de 50 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 0 l/s.
- “Trop Plein” La Traconera II (290930019): 2 medidas tomadas entre oct 1993 y mar 1998 que arrojan un caudal medio de 500 l/s, con máximo de 1.000 l/s y mínimo de 0 l/s.

▪ **Manantiales de Baños de Panticosa**

Se trata de los puntos en los que se produce la descarga hidrotermal de la FGP Batolito granítico de Panticosa. Aparecen en el fondo del valle a través de un recubrimiento Cuaternario (derrubios de ladera) en un tramo de unos 200 m. El plutón de Panticosa presenta una intensa red de fracturación y diques, con direcciones N-S y E-O, que favorece la infiltración profunda a través de una red abierta de diaclasas y fracturas, que atraviesa el macizo granítico y la aureola metamórfica desarrollada sobre las calizas Devónicas. Los flujos termales están propiciados por la gran depresión intraplutónica rodeada de elevadas cumbres montañosas que incrementan notablemente el gradiente hidráulico. Este hecho favorece los flujos convectivos hidrotermales que emergen en el fondo de la cubeta a favor de la red fracturas en granitos monzónicos, a cotas que oscilan entre 1.643 y 1.725 msnm. En el río Caldarés se localizan la Fte. del Escalar (290890001) y el rezume de Sarrios, a 1.400 y 1.375 msnm, respectivamente, que nacen en las calizas Devónicas de la aureola metamórfica.

Existen un total de 7 puntos que drenan aguas a distintas temperaturas, con nombres que hacen referencia por lo general al nombre de las dolencias para las cuales tradicionalmente han sido recomendadas sus aguas como tratamiento. Cuatro son manantiales: Pozo de Tiberio, Fuente de La Belleza (o del Estómago), Fuente de la Laguna (o del Estreñimiento) y Fuente de El Escalar (o de la Jaqueca); tres más son el resultado de otras tantas obras de captación para mejor aprovechamiento de los manantiales que les dan su nombre: sondeo del Carmen, taladro horizontal del Hígado y taladro horizontal de San Agustín. Sólo la mitad se explotan comercialmente en la balneoterapia o bebida envasada, mientras que las tres fuentes y el taladro del Hígado no se utilizan (Garrido, E, 1994).

Atendiendo a la información recogida en la Base de Datos de la CHE y del IGME, los puntos inventariados incluidos en el presente tramo son los siguientes:

- 290840001, “Las Iguales”, situado en la margen derecha a una cota de 1.675 msnm. Según la CHE: caudal medio de 0,15 l/s, obtenido a partir de 2 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996, con un mínimo de 0,14 l/s y máximo 0,16 l/s. Según IGME: caudal medio de 0,6 l/s, obtenido a partir de 4 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996, con un mínimo de 0,1 l/s y máximo de 3 l/s.
- 290840002, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.670 msnm. Según CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 3,5 l/s. Según IGME: caudal medio de 1,8 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.
- 290840004, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.665 msnm. Según CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 0,14 l/s. Según IGME:

caudal medio de 0,8 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.

- 290840005, Baños de Panticosa, situado en la margen izquierda a una cota de 1.725 msnm. Según CHE: medida puntual jun 1980 con un caudal de 3,7 l/s. Según IGME: caudal medio de 0,3 l/s, obtenido a partir de 8 medidas tomadas entre jun 1980 y nov 1996.
- 290840008, Taladro Fte. del Hígado, situado en la margen izquierda a una cota de 1.660 msnm. Según CHE: medida puntual nov 1996 con un caudal de 0,05 l/s.
- 290840009, Taladro Fte. San Agustín, situado en la margen izquierda a una cota de 1.660 msnm. Según CHE: medida puntual nov 1996 con un caudal de 0,1 l/s.

- **Manantial de Subiza**

El manantial de Subiza (250870022) constituye la descarga de la FGP Terciario continental que tienen lugar a una cota de 650 msnm. A través del manantial se descargan los flujos que se han infiltrado por conglomerados los Oligo-Miocénicos (litología T^{ab}₂₃₋₁₁ MAGNA 1:50.000, hoja 141) de la Sierra del Perdón y las Areniscas del Galar, que debido a la presencia de una falla hunde el bloque oriental y provoca el brusco contraste de permeabilidad que se produce con los materiales impermeables (margas grises del Eoceno sup.). Se cuenta con 2 medidas en la base de datos de la CHE tomadas entre nov 1998 y jun 1999, que arrojan un caudal medio de 6,4 l/s, con máximo de 8,3 l/s y mínimo de 4,5 l/s.

- **Manantial de Rigales y Juncarral**

Se trata de la descargas indirectas de la Megacapa 4 o de Garde-Cotefablo (FGP Megacapas del Flysch Eoceno) a través del Cuaternario aluvial en forma de manantiales: Rigales (280880009), situado a cota 925 msnm y Juncarral (280880010), situado a cota 925 msnm. La descarga se produce por la existencia de una falla de dirección aproximada N-S que canaliza el flujo subterráneo hasta contactar con las facies margosas del Flysch (impermeable) en las que se encuentra embebida la Megacapa, de manera que la descarga se produce por rebose hidrogeológico. Se cuenta con los datos existentes en la base de datos de la CHE:

- Rigales (280880009): 2 medidas tomadas en may 1999 que arrojan un caudal medio de 160 l/s, con máximo de 170 l/s y mínimo de 150 l/s.
- Juncarral (280880010): medida puntual en may 1999 con un caudal de 50 l/s.

- **Manantial de Soto de Oliván**

El manantial de Soto de Oliván (290970026) descarga a una cota de 795 msnm de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. y lo hace a través del Cuaternario aluvial en el flanco S de una estructura plegada anticlinal-sinclinal, de manera que se produce un rebose

hidrogeológico. En la base de datos de la CHE se cuenta con una medida puntual tomada en mar 1998 y que indica un caudal de 300 l/s.

- **Manantial del Vivero**

El manantial de Vivero (290970002) se sitúa a una cota de 790 msnm y constituye la descarga, a través del Cuaternario aluvial, de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. por contraste brusco de permeabilidad originado por el frente de cabalgamiento (fosilizado por el Cuaternario), de manera que se produce rebose hidrogeológico. Se cuenta con un par de medidas en la base de datos de la CHE, tomadas entre ago 1993 y mar 1998, que indica un caudal medio de 175 l/s, con máximo de 200 l/s y mínimo de 150 l/s.

- **Manantial del Bco. Lapillera**

Se trata de la descarga procedente de la Fm Calizas de Guara (FGP Paleoceno-Eoceno med.) que se produce en el contacto del frente cabalgante de Guara, donde se produce el contraste brusco de permeabilidad entre las calizas y el Keuper, impermeable de base y nivel plástico de despegue de cabalgamientos.

- **Manantiales de Navascués**

Se ha denominado como manantiales de Navascués (270860007 y 270860008) a la descarga en el Bco. de la Foz de Benasa de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través de sendos manantiales. Esta descarga se produce por rebose hidrogeológico provocado por razones estructurales (cabalgamiento) al ponerse en contacto el nivel de calizas y dolomías de la base del *Daniense-Montiense* con las facies margosas del Eoceno inf.. Se cuenta con los datos foronómicos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME:

- 270860007:
 - IGME: 6 medidas tomadas entre sep 1977 y sep 1980 que arrojan un caudal medio de 33 l/s, con máximo de 46 l/s y mínimo de 20 l/s.
 - CHE: 3 medidas tomadas entre sep 1977 y sep 1980 que arrojan un caudal medio de 120 l/s, con máximo de 168 l/s y mínimo de 72 l/s.
- 270860008: 3 medidas tomadas entre ene 1969 y jul 1999 que arrojan un caudal medio de 7 l/s, con máximo de 10 l/s y mínimo de 3 l/s.

- **Manantial de Arbayún**

El manantial de Arbayún (270850001) constituye la descarga colgada de la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. Se trata de un manantial de control estructural que aparece en el contacto entre las facies arenosas del *Maastrichtiense* (areniscas calcáreas y dolomías margosas) que conforman la barrera impermeable basal, y el Paleoceno (dolomías y calizas con algas) de la base de la FGP. Este manantial drena un importante sector del acuífero descolgado sobre el nivel regional impuesto por los cauces fluviales. En este punto

se produce la descarga a cota 550 msnm, al encontrarse los materiales permeables con un anticlinal fallado que bruscamente pone en contacto a dichos materiales y producirse un rebose hidrogeológico. En 1928 se tuvo que abrió un camino de 300 m en la misma pared vertical de la foz para encajar la "Canaleta" de la conducción de agua y transportarla a una distancia de 11 Km, al objeto de abastecer a Lumbier.

Los datos foronómicos disponibles de las bases de datos de la CHE e IGME del manantial son los siguientes:

- CHE: 7 medidas tomadas entre ene 1977 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 75,5 l/s, con un mínimo de 17 l/s y máximo de 220 l/s.
- IGME: 6 medidas tomadas entre ene 1977 y sep 1980 arrojan un caudal medio de 139 l/s, con un mínimo de 78 l/s y máximo de 220 l/s.

Dada la comprometida accesibilidad del manantial no se dispone de series hidrométricas. Su caudal de explotación es variable entre 20 y 100 l/s y su caudal medio se estima en torno a 80 l/s.

• Manantial Fte. del Pastor

El manantial de la "Fte. del Pastor" (270870007) constituye la descarga de la FGP Cretácico sup. que se produce por rebose hidrogeológico provocado por razones estructurales (cabalgamiento) al ponerse en contacto el nivel de calizas y dolomías del *Santoniense* (color verde en la Figura 23) con las facies margosas del Eoceno inf..

Sólo se dispone de una medida puntual tomada en abr 1998 que indicaba un caudal de 10 l/s.

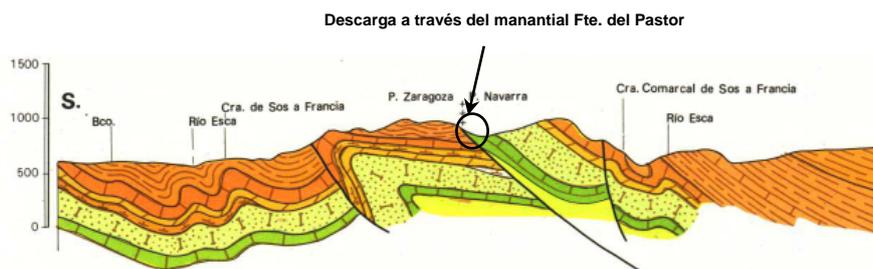


Figura 23. Esquema de la génesis hidrogeológica de la descarga de la Fte. del Pastor. Tomado del MAGNA 1:50.000, Hoja 142.

• Manantiales de Salvatierra

Se trata de los manantiales que descargan a ambos lados del río Esca en las proximidades de la confluencia del Bco. de Gabarri y que están asociadas al contacto entre la FGP Paleoceno–Eoceno med. y las margas del Flysch Eoceno (impermeable). En este punto se produce la descarga a través de sendos manantiales por rebose hidrogeológico dado el

contraste de permeabilidades: “trop plein” La Moraida (270930004) y El Lavadero (270870006). Se dispone de los datos foronómicos de la base de datos de la CHE:

- “trop plein” La Moraida (270930004): medida puntual tomada en abr 1998 que arroja un caudal de 20 l/s.
- El Lavadero (270870006): 15 medidas tomadas entre mar 1998 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 152 l/s, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 370 l/s. Según otras fuentes, éste muestra un comportamiento notablemente cárstico, con un caudal muy irregular que oscila entre mínimos del orden de 1 l/s a puntas por encima de 350 l/s.

- **Manantial de Tiermas**

El Manantial de Tiermas (270910003), situado a una cota de 500 msnm, constituye la descarga termal de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., teniendo su zona de recarga situada en la Sierra de Leire. Esta descarga se justificaría invocando la presencia de una estructura subaflorante, probablemente una escama de cabalgamiento ciego bajo las margas grises del Eoceno med.–sup. y cuya manifestación superficial puede estar constituida por el anticlinal que se refleja en la cartografía al S del embalse de Yesa (Sánchez Navarro, J.A., et al., 2000).



Figura 24. *Vista de las aguas del manantial de Tiermas, justo cuando el nivel del embalse de Yesa las alcanza*

Se cuenta con los datos de aforos realizados por la CHE entre oct 1994 y oct 2005 y que arrojan un caudal medio de 246 l/s, con un mínimo de 148 l/s y un máximo de 295 l/s.

- **Manantiales de “Los Batanes”**

La agrupación de manantiales Batanes (290930015, situado a una cota de 960 msnm), Batanes Alto (290930002, situado a una cota de 980 msnm) y La Pelleria (290930015, situado a una cota de 960 msnm) constituye la descarga al río vía depósitos morrénicos

Cuaternarios de la FGP Paleoceno-Eoceno inf., sobre todo del Paleoceno, por su margen izquierda. Se trata de un rebose hidrogeológico que se produce en el flanco S de una estructura anticlinal por brusco contraste de permeabilidades entre los materiales calcáreos Paleocenos y el impermeable de base, Fm Areniscas de Marboré de edad *Campaniense-Maastrichtiense*. Se cuenta con datos en la base de datos de las descargas de los mismos:

- La Pellerá: medida puntual tomada en mar 1998 que indica un caudal de 70 l/s.
- Los Batanes: 7 medidas tomadas entre jun 1980 y jul 2000 arrojan un caudal medio de 91,5 l/s, con un mínimo de 0 l/s y máximo de 200 l/s.
- Los Batanes Alto: 4 medidas tomadas entre oct 1993 y jun 1999 arrojan un caudal medio de 305 l/s, con un mínimo de 50 l/s y máximo de 1.000 l/s.

- **Manantial de Bujaruelo**

Se tiene constancia de la existencia de la descarga del manantial de Bujaruelo, pero no existe información al respecto en la Base de Datos de la CHE e IGME. La descarga que se produce proviene de las infiltraciones que tienen lugar en los sumideros del Bco. Lapazosa y del Puerto de Bujaruelo.

- **Manantial de Sta. Elena**

El manantial colgado de Santa Elena (300850001), situado a una cota de 1.290 msnm constituye la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf.. Es la salida del desarrollado sistema cárstico de Arañonera (Figura 24). La descarga tiene lugar desde las calizas eocenas en una pequeña estructura sinclinal del frente de cabalgamiento, debido al brusco contraste de permeabilidad producido por contacto con las Areniscas de Marboré. Se dispone de medidas de aforos de la CHE, que indican un caudal medio de 40 l/s, con máximo de 50 l/s y mínimo de 26 l/s. Este valor se ha obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre may 1998 y jun 1999.

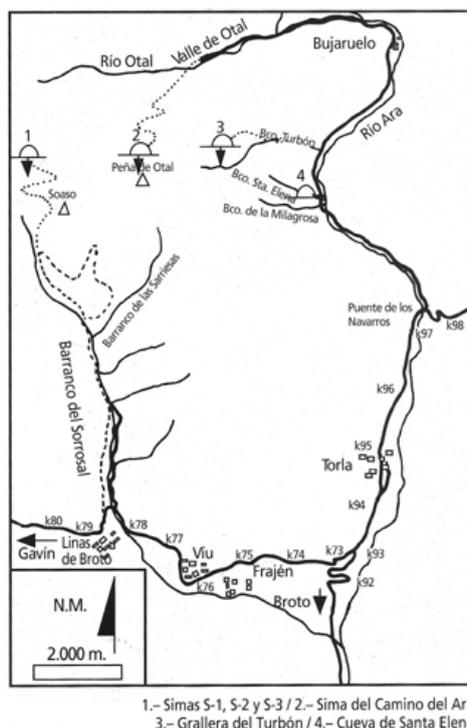


Figura 25. Funcionamiento hidrogeológico del sistema cárstico Arañonera, que descarga en el Manantial de Sta. Elena

- **Manantiales de Ordesa**

Este agrupamiento de manantiales constituyen descargas colgadas de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. debido al contraste de permeabilidad que se da en el contacto con las facies terrígenas del *Maastrichtiense* (Fm Areniscas de Marboré). Los manantiales son: Escuzana (surje a cota 2.250 msnm), Cotatuero (surje a 2.100 msnm y recoge los caudales infiltrados en los sumideros de Millaris y Descargador), Garcés (surje a 2.800 msnm y recoge los caudales infiltrados en el sumidero de la Faja Luenga, y Brulle (surje a 2.700 msnm). De estos manantiales no se dispone de medidas de aforos.

- **Manantial de Fon Blanca**

descarga puntual de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. a través del manantial de Fon Blanca (300930006). Este manantial colgado con respecto al nivel del río es la salida del desarrollado sistema cárstico de Punta de las Olas, y la descarga tiene lugar desde las calizas paleocenas debido al contraste de permeabilidad que se da en el contacto con las facies terrígenas del *Maastrichtiense* (Fm Areniscas de Marboré – litología 34 en MAGNA 1:50.000 hoja 146). La surgencia tiene lugar a una cota de 1.900 msnm.

Se dispone de una medida puntual tomada por la CHE en oct 2001 que indicó un caudal de 79 l/s.

- **Manantial de Puyarruego**

El manantial de aguas mineromedicinales de Puyarruego (300980003), conocido como Fte. de los Suspiros. es la descarga de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. que se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad entre las calizas del Paleoceno-Ilerdiense inf. y las margas del Ilerdiense med.. Este manantial reúne tanto flujos profundos de las calizas del Paleoceno, como más superficiales de las calizas del Ilerdiense inf..

Se cuenta con datos de aforos en las bases de datos de la CHE e IGME:

- CHE: 4 medidas entre may 1998 y ago 1999 que indican un caudal inferior a 1 l/s.
- IGME: 6 medidas entre sep 1981 y sep 1992 que indican un caudal medio de 1,55 l/s.

- **Fuentes de Escuaín**

Las Fuentes de Escuaín (300940001) constituye la descarga colgada (abre su boca unos 40 m por encima del cauce del río Yaga, en su margen izquierda, a una cota de 1.151 msnm) de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. de un sistema cárstico muy evolucionado, con una gran impronta en las formas del relieve. La cavidad se desarrolla en calizas del Eoceno inferior, con intercalaciones de margas y calco-esquistos, formando, de N a S, una sucesión de pliegues. Junto con algunas otras cavidades del macizo, cuyo drenaje se encamina hacia la Fuente de Escuaín, *resurgencia* del conjunto, forma un importante sistema hidrogeológico. Sus aguas proceden del sumidero de Gurrundué (Figura 25). La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad entre las calizas del Paleoceno-Ilerdiense inf. y las margas del Ilerdiense med.

Sólo se dispone de un dato puntual en la base de datos de la CHE que indica un caudal de 100 l/s en ago 1999.



Figura 26. Funcionamiento hidrogeológico del sistema cárstico Fuentes de Escuaín (tomado de Puch, C., 2002)

- **Manantiales de Javierre**

Esta agrupación constituye la descarga indirecta, a través del Cuaternario aluvial, de los manantiales del Sanatorio de Pineta (310910008, surge a cota 1.160 msnm) y de la Pera (310910007, surge a cota 1.156 msnm), provenientes de la FGP Cretácico sup. (y posiblemente del Devónico). Los manantiales surgen en ambos márgenes, y a una distancia de unos 600 m el uno del otro, como consecuencia del rebose hidrogeológico producido en las calizas cretácicas al contacto con las facies margoevaporíticas del Keuper por causas tectónicas (cabalgamiento fosilizado por el Cuaternario aluvial).

Se cuenta con los datos existentes en la base de datos de la CHE de las descargas:

- Sanatorio de Pineta: 2 medidas tomadas entre oct 1997 y ago 1998 arrojan un caudal medio de 40 l/s, con un mínimo de 5 l/s y máximo de 75 l/s.
- Manantial de La Pera: 4 medidas tomadas entre oct 1997 y ago 1998 arrojan un caudal medio de 151 l/s, con un mínimo de 75 l/s y máximo de 236 l/s.

- **Manantial de la Trinidad**

El manantial de La Trinidad (281080002), situado a una cota de 705 msnm, constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med.. La descarga se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y las facies Garum (impermeable de base), que aparecen en el núcleo de una estructura anticlinal.

Se dispone de los datos de aforos realizados por la CHE en los que se indica un caudal medio de 62 l/s, con máximo de 139 l/s y un mínimo de 20 l/s. Estos datos provienen de 17 medidas realizadas en un largo espacio de tiempo, entre ene 1954 y jul 2000.

- **Manantial Foz de Escaletes**

El manantial de la Foz de Escaletes (281070001), situado a una cota de 780 msnm, constituye la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. que se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y las facies Garum (impermeable de base).

Se dispone de datos de aforos realizados por la CHE en los que figura un caudal medio de 54 l/s, con máximo de 70 l/s y un mínimo de 36 l/s. Estos datos provienen de 3 medidas realizadas entre jun 1997 y jun 1999.

- **Manantiales de Arguis**

Esta agrupación constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. que se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y el Keuper (impermeable de base). Los manantiales son: Manantial de Arguis (291120022, surge a cota 923 msnm) y la Cueva de San Clemente (291120006, cota 960 msnm).

Se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME, aunque todo parece indicar que se trata de los mismos datos los que figuran en las diferentes bases de datos:

- 291120022:
 - IGME: medida puntual tomada en sep 1990 que arroja un caudal de 5 l/s.
 - CHE: medida puntual tomada en sep 1990 que arroja un caudal de 5 l/s.
- 291120006:
 - IGME: 4 medidas tomadas en may 1981 que arrojan un caudal medio de 9 l/s, con máximo de 14 l/s y mínimo de 4 l/s.
 - CHE: 2 medidas tomadas en may 1981 que arrojan un caudal medio de 9 l/s, con máximo de 14 l/s y mínimo de 4 l/s.

- **Manantial de Los Baños de Nueno**

El manantial de Los Baños de Nueno (291120023) o Fte. de La Rayeta, situado a una cota de 870 msnm, constituye la descarga de la FGP Muschelskalk. Las carnioles confieren al nivel acuífero una gran porosidad y, por tanto, difusividad.

Se dispone de los datos de aforos realizados por la CHE en los que figura un caudal medio de 23,5 l/s, con máximo de 52 l/s y un mínimo de 5 l/s. Estos datos provienen de 4 medidas espaciadas realizadas entre nov 1991 y jul 1999

- **Manantial de Cienfuens**

El manantial de Cienfuens (291120007), situado a una cota de 860 msnm, constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med., que se produce por rebose hidrogeológico debido al contraste de permeabilidad que se produce en el contacto entre las calizas de Boltana (Eoceno) y el Keuper (impermeable de base).

Se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME, aunque todo parece indicar que se trata de los mismos datos que figuran en ambas bases de datos:

- IGME: medida puntual tomada en jun 1981 que arroja un caudal de 55,5 l/s.
- CHE: 2 medidas puntuales tomadas entre jun 1981 y jul 1989 que arrojan un caudal medio de 77,5 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 55 l/s.

- **Manantial de Fuenmayor**

El manantial de Fuenmayor (291170001), situado a una cota de 695 msnm, constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med.. En este punto, el acuífero cárstico está confinado por unos conglomerados carbonatados de edad Mioceno (Fm. Sariñena), sobre los que se localizan importantes formas cársticas (polje de Ciano) que infiltran rápidamente la escorrentía superficial cuando la situación hídrica lo permite. Se estima que el manantial drena una escama situada entre los retrocabalgamientos de San Julián y Cuello Bail. El keuper sería su impermeable basal (Figura 27).

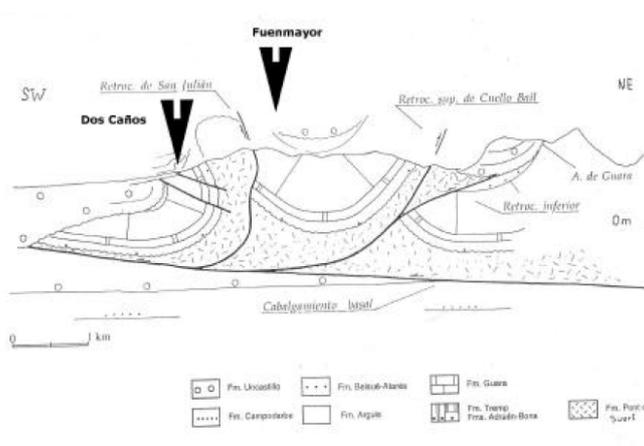


Figura 27. Esquema estructural de la génesis del manantial de Fuenmayor (Cuchí, J.A., et al., 2005)

Las perforaciones realizadas por el SGOP muestran un complejo funcionamiento en este sector. El sondeo de investigación (291170012) realizado unos 330 m aguas arriba del manantial, atravesando la Fm Sariñena, muestra una cota piezométrica a 35 m por encima de aquel (gradiente del 10%). En este sondeo se realizó un ensayo con trazadores que mostró su conexión con el manantial. El pozo de preexplotación, a 930 msnm muestra una

cota 11 m por encima del manantial (gradiente del 1%). En este sondeo, las calizas de Guara sólo aparecen en los primeros 16 m, el resto de la serie atravesada es de edad Oligoceno. El elevado caudal obtenido en el ensayo de bombeo indica una notable carstificación de los conglomerados oligocenos o bien la presencia de una escama las calizas de Guara no aflorante que transfiera sus recursos a las formaciones detríticas. Ambos muestran una evolución piezométrica idéntica, si bien en el sondeo de investigación las oscilaciones están muy amortiguadas. Esta diferencia de comportamiento sugiere unas cualidades hidráulicas muy dispares, pudiendo actuar como confinante poco permeable o desarrollar una notable carstificación asociada a las escamas frontales de las Calizas de Guara y en perfecta continuidad hidráulica con aquellas.

Se cuenta con los datos existentes en las bases de datos de la CHE e IGME (secciones históricas 29117 F/B –abastecimiento a San Julián de Banzo- y 29117 F/C –vertedero al Bco.):

- 29117 F/C: 9 medidas tomadas entre oct 1997 y jun 2001 que arrojan un caudal medio de 0,8 l/s, con máximo de 1,1 l/s y mínimo de 0,5 l/s.
- 29117 F/B: 11 medidas tomadas entre feb 1989 y feb 1992 que arrojan un caudal medio de 40 l/s, con máximo de 107 l/s y mínimo de 2 l/s.
- CHE: 24 medidas tomadas entre may 1992 y may 2005 que arrojan un caudal medio de 124 l/s, con máximo de 457 l/s y mínimo de 10 l/s.

Asimismo, se dispone de otros datos de caudal que apuntan a caudales punta de 1.500 l/s, mientras que en los estiajes, que son prolongados, está en torno a los 20 l/s (Cuchí, J.A., 2005), pudiéndose considerar un caudal medio anual de 0,15 m³/s para ese periodo (Figura 28). Según la misma fuente, no se conoce ningún “trop plein” en esta surgencia cárstica y tiene un comportamiento hidrológico en el que se ha propuesto, a partir de una modelización de la relación lluvia-caudal, una función de transferencia en un modelo de 2º orden con un cero y un retraso de 7 días. Esto pone de manifiesto una carstificación elevada. Ahora bien, analizando el efecto memoria, se obtiene un valor de 80 días.

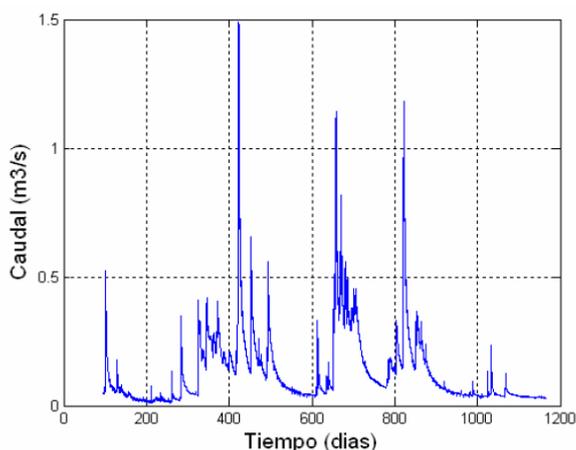


Figura 28. Hidrograma del manantial de Fuenmayor desde 2000 al verano de 2005 (tomado de Cuchí, J.A., 2005)

- **Fuentes de Bastarás**

Las surgencias difusas tipo “trop plein” conocidas como Ftes. De Bastarás (Solencios de Bastarás -301150005-, Sta. Cilia e Ibones de Anguarer), surgen a una cota en torno a los 550 msnm y constituyen la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (calizas de Guara) a través de conglomerados Miocenos (Fm Sariñena). Las aportaciones provienen de la infiltración de Tozal de Guara y presentan caudales diferenciales y régimen irregular. Los hoyos de Guara ó llanos de Cupierlo, zona de grandes dolinas que tal vez sea la zona de captación del Solencio de Bastarás y las fuentes de Covacha. La estructura muestra gran número de fallas de NE a SO y abundantes microfallas cuanto más nos acercamos al anticlinal de Boltaña. Todas estas roturas coinciden en dirección con las diferentes galerías del Solencio de Bastarás. Las estructuras anticlinales y el buzamiento de los estratos hacen coincidir los drenajes subterráneos.

Se dispone de 7 medidas foronómicas tomadas por la CHE entre jun 1980 y jun 1999, que arrojan un caudal medio de 162 l/s, con máximo de 423 l/s y mínimo de 50 l/s.

- **Manantial de Alcanadre**

El manantial de Alcanadre (301110002), cota de 660 msnm, constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. debido al afloramiento del Keuper en la ventana tectónica que el Alcanadre ha excavado al E del pico de la Cabeza, entre las Gorgas Negras y la Garganta de Barasil, en el lugar conocido como Chasa de Rodella. Aquí se puede observar el pliegue volcado, constituido por calizas eocenas, pero en su desmantelada charnela aparecen las formaciones secundarias calizas del Cretácico, con margas y yesos de Keuper. De ahí que el manantial surja por contraste brusco de permeabilidad producido por causas tectónicas. Sólo se dispone de una medida de caudal tomada en jul 1989 por la CHE que indica 100 l/s.

- **Manantial Bco. de Mascún**

El manantial del Bco. de Mascún (301120002) surge a una cota de 700 msnm y constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med.. Se cuenta con datos foronómicos de la CHE e IGME:

- IGME: medida puntual tomada en jun 1981 que arroja un caudal de 150 l/s.
- CHE: 5 medidas tomadas entre jun 1980 y ju 1999 que arrojan un caudal medio de 223 l/s, con máximo de 700 l/s y mínimo de 32 l/s.

- **Manantial La Tamara**

El manantial de La Tamara (301160002) surge a una cota de 500 msnm y constituye la descarga de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med.. Sobre las calizas de Guara, que se disponen formando un pliegue anticlinal cabalgante y vergente hacia al S, el río Alcanadre ha labrado un estrecho cañón con varios niveles de marmitas laterales excavadas durante el rápido proceso de encajamiento. Este cabalgamiento se encuentra parcialmente fosilizado por los niveles de arcillas, areniscas y conglomerados que constituyen las molasas sintectónicas del borde de la Depresión del Ebro, sobre los que el río dibuja un meandro muy cerrado. El manantial se sitúa allí donde el frente de cabalgamiento corta la topografía.

La base de datos de la CHE dispone de 5 medidas foronómicas tomadas entre may 1989 y jun 1999 que arrojan un caudal medio de 56 l/s, con máximo de 100 l/s y mínimo de 20 l/s.

- **Manantial de Lecina**

El manantial de Lecina (o "La Berrala"), código 301170002, surge a una cota de 630 msnm y constituye la descarga directa de la FGP Cretácico sup.-Eoceno med. (Figura 29). Esta descarga es la que asegura que en el río Vero exista caudal circulante durante todo el año.



Figura 29. *Vista de la surgencia del Manantial de Lecina*

La CHE dispone de 9 datos foronómicos tomados entre jun 1980 y may 2000 que arrojan un caudal medio de 230 l/s, con máximo de 819 l/s y mínimo de 72 l/s.

- **Manantial de Baños de Alquézar**

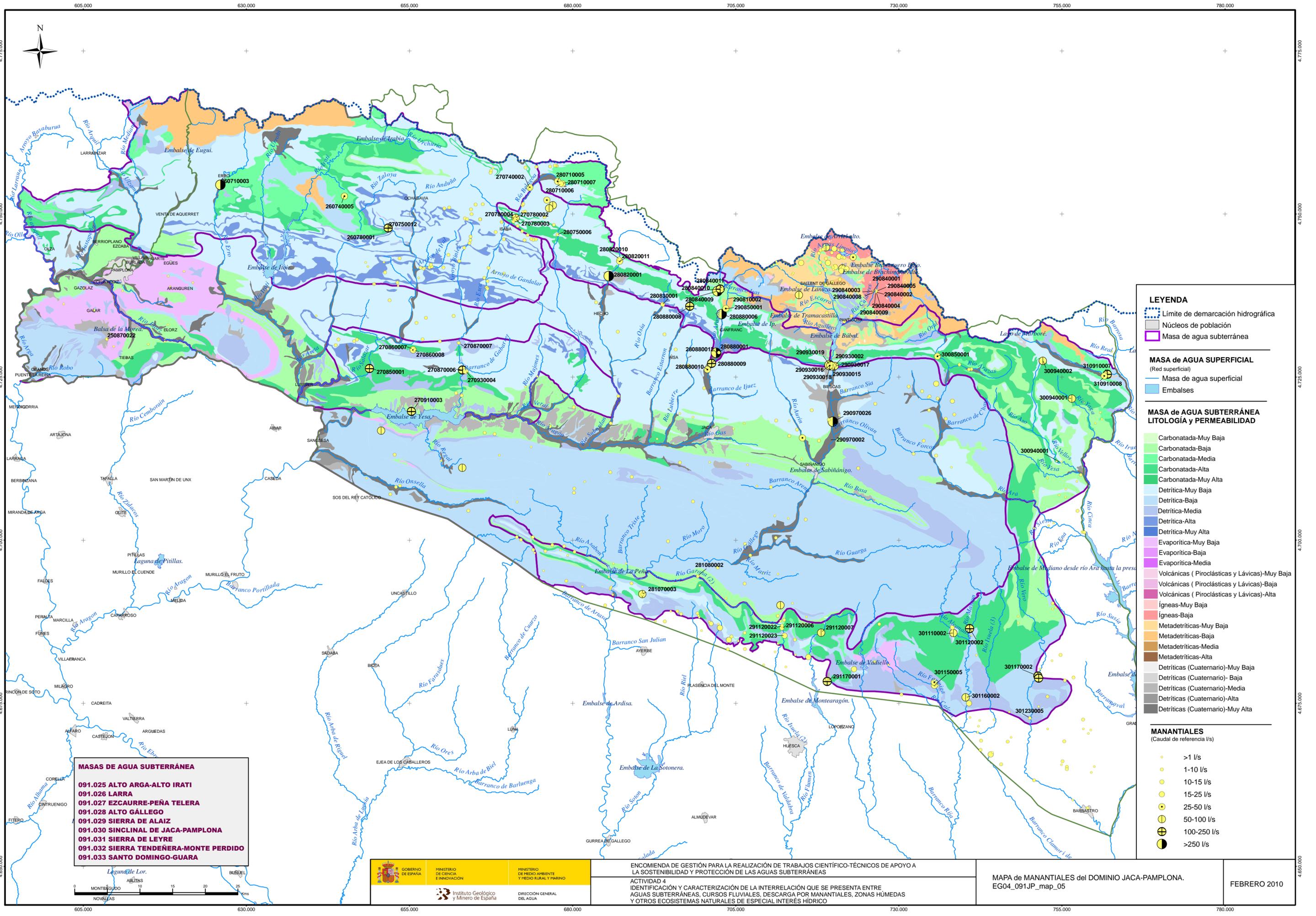
El manantial pseudotermal de Baños de Alquézar (301230005), situado a una cota de 470 msnm, constituye la descarga vía FGP Terciario continental (Mioceno – Fm Sariñena) que se produce por circulación profunda de flujo proveniente de los materiales permeables de la FGP Paleoceno-Eoceno inf. transferidos de la MASb vecina 091.031 Sierra de Leire y que por la presencia del Keuper se produce un rebose hidrogeológico.

Aforos realizados en el manantial por la CHE cifran la descarga en un caudal medio de 2,7 l/s. Este valor se ha obtenido a partir de 3 medidas tomadas entre mar 1998 y jun 1999.

4.2 *Resto de manantiales*

Junto a los manantiales principales existen multitud de pequeños manantiales. EL IGME tiene inventariados un total de 460 manantiales asociados a las MASb del dominio hidrogeológico pirenaico del Sinclinal de Jaca-Pamplona, si bien la mayor parte de ellas corresponden a surgencias de limitado caudal. Mientras que la CHE tiene inventariados 548, la mayoría de ellos coincidentes con los inventariados por el IGME.

Estos manantiales se encuentran asociados en algunos casos al drenaje puntual de algunas de las FGP definidas o bien a acuíferos-acuitados de menor importancia. Por lo general presentan caudales bajos, siendo el caudal promedio de 4,18 l/s.



MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

091.025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI
 091.026 LARRA
 091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
 091.028 ALTO GÁLLEGO
 091.029 SIERRA DE ALAIZ
 091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
 091.031 SIERRA DE LEYRE
 091.032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
 091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL
(Red superficial)

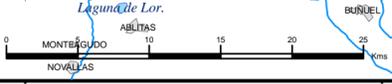
- Masa de agua superficial
- Embalses

MASA de AGUA SUBTERRÁNEA LITOLÓGIA 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 Lávicas)-Muy Baja
- Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Baja
- Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-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



GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

MAPA de MANANTIALES del DOMINIO JACA-PAMPLONA.
 EG04_091JP_map_05

FEBRERO 2010

5. Zonas húmedas

En el ámbito del dominio hidrogeológico Sinclinal de Jaca-Pamplona se han identificado un total de 11 humedales con figura de protección, sin que se haya podido definir relación río-acuífero con FGP relacionada, salvo el caso del Lago de Marboré en el que se propone como hipótesis de trabajo el potencial vínculo con el tramo definido 091.032.009-Manantiales de Javierre.

Estas zonas de humedales son las siguientes:

- Embalse de Ip, incluido en la MASb 091.027 Ezcaurre-Peña Telera.
- Embalse bajo del Pecico, Embalses de Bramatuero Alto y Bajo, Embalse de Bachimaña Alto, Embalse de Brazato, Embalse de Ariel Alto, Embalse de Respomuso y Embalse de Tramacastilla, incluidos en la MASb 091.028 Alto Gállego.
- Balsa de La Morea, incluida en la MASb 091.029 Sierra de Alaiz.
- Lago de Marboré, incluido en la MASb 091.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido.

5.1 Identificación y Modelo Conceptual

Como se ha comentado anteriormente, entre los humedales integrados en el dominio hidrogeológico no se ha definido relación río-acuífero y la FGP con la que se relaciona, aunque no es descartable que algunos de ellos supongan áreas de recarga de las FGPs con las que están en contacto (se apoya el vaso).

Los humedales identificados y su modelo conceptual son los siguientes:

- Embalse de Ip (código 20783). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, parte sobre las calizas arenosas (litología nº 36 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del *Santoniense* (FGP Cretácico sup.) y, en mayor medida, sobre areniscas margosas (litologías nº 37 y 38 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del *Campaniense-Maastrichtiense*, quizá las aguas del embalse recargan la FGP Cretácico sup., sin que se pueda llegar a estimar esa posible cesión. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,1 Km² (Figura 30). Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000277 Collarada-Ibón de Ip) y LIC (ES2410023 Collarada y Canal de Ip).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.



Figura 30. Vista del embalse de Ip, encuadrado en el circo de Ip (tomado de www.lacdespyrenees.com)

- Embalse Bachimaña Alto (código 20288). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, granodiorita (litología nº 7 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del batolito de Panticosa, quizá las aguas del embalse recargan la FGP Batolito de Panticosa a través de las fracturas y diaclasas, de manera que el flujo aparezca en los manantiales termales de baños de Panticosa. La superficie estimada es, aproximadamente, de 5 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000278 Viñamala) y LIC (ES2410040 Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse Bramatuero Bajo (código 20307). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, parte en la granodiorita (litología nº 7 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) y parte en la tonalita (litología nº 8 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del batolito de Panticosa, quizá las aguas del embalse recargan la FGP Batolito de Panticosa a través de las fracturas y diaclasas, de manera que el flujo aparezca en los manantiales termales de baños de Panticosa. La superficie estimada es, aproximadamente, de 5 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000278 Viñamala) y LIC (ES2410040 Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse Bramatuero Alto (código 20284). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, parte en la granodiorita (litología nº 7 del

MAGNA 1:50.000, hoja 145) y parte en la tonalita (litología nº 8 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del batolito de Panticosa, quizá las aguas del embalse recargan la FGP Batolito de Panticosa a través de las fracturas y diaclasas, de manera que el flujo aparezca en los manantiales termales de baños de Panticosa. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,6 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000278 Viñamala) y LIC (ES2410040 Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse bajo del Pecico (código 20299). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, parte sobre las calizas del Gabiedu (litología nº 18 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), FGP Devónico med.-Carbonífero inf., y sobre cuarcitas y pizarras de la serie La Sía (litología nº 56 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del *Devónico sup*, quizá las aguas del embalse recargan en pequeña cuantía la FGP. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,1 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000278 Viñamala) y LIC (ES2410023 Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse de Brazato (código 20800). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, granodiorita (litología nº 7 del MAGNA 1:50.000, hoja 145) del batolito de Panticosa, quizá las aguas del embalse recargan la FGP Batolito de Panticosa a través de las fracturas y diaclasas, de manera que el flujo aparezca en los manantiales termales de baños de Panticosa. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,9 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000278 Viñamala) y LIC (ES2410023 Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse de Arriel Alto (código 20781). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, granito monzónico del batolito de Cauteurs o Balaitus (litología nº 4 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), quizá las aguas del embalse se infiltren y aparezcan en algún pequeño manantial de cabecera del río Aguas Limpias. La superficie estimada es, aproximadamente, de 1 Km². Se trata de un humedal clasificado

como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como LIC (ES2410011 Cabecera del río Aguas Limpias).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Embalse de Respomuso (código 20796). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, granodiorita del batolito de Cauteurs o Balaitus (litología nº 3 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), quizá las aguas del embalse se infiltren y aparezcan en algún pequeño manantial de cabecera del río Aguas Limpias. La superficie estimada es, aproximadamente, de 3,7 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. Está clasificado como LIC (ES2410011 Cabecera del río Aguas Limpias). Figura 31.

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.



Figura 31. Vista del Embalse de Respomuso

- Embalse de Tramacastilla (código 20300). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el vaso del embalse, pizarras del Devónico med. (litología nº 12 del MAGNA 1:50.000, hoja 145), quizá las aguas del embalse recargan la FGP Devónico med.-Carbonífero inf., sin que se pueda llegar a estimar esa posible cesión ni su destino. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,9 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas*. No tiene ninguna figura de protección.

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.

- Lago de Marboré (código 20302). Se trata de un lago de alta montaña represado para embalsar agua en 1925. Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta el lago (Figura 32), calizas arenosas y areniscas –Fm Marboré– y, considerando la existencia de continuas filtraciones que inutilizan el embalse (Benito Alonso, J.L., 2005), se puede considerar que sus filtraciones recargan la FGP Cretácico sup., sin que se pueda llegar a estimar esa posible cesión, pero quizá sí su destino: el manantial del Sanatorio de Pineta, que surge a través del aluvial del río Cinca (tramo 091.032.009)¹⁷. La superficie estimada de inundación es, aproximadamente, de 16 Ha. Se trata de un humedal clasificado como *lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas alcalinas*. Está clasificado como ZEPA (ES0000016 Ordesa y Monte Perdido) y LIC (ES0000016 Ordesa y Monte Perdido).

Su modelo conceptual responde a un flujo vertical estricto negativo indiferenciado (código 402), tratándose de un humedal hipogénico perdedor.



Figura 32. Vista del lago de Marboré, con las calizas arenosas sobre las que se asienta (tomado de Benito Alonso, J.L., 2005)

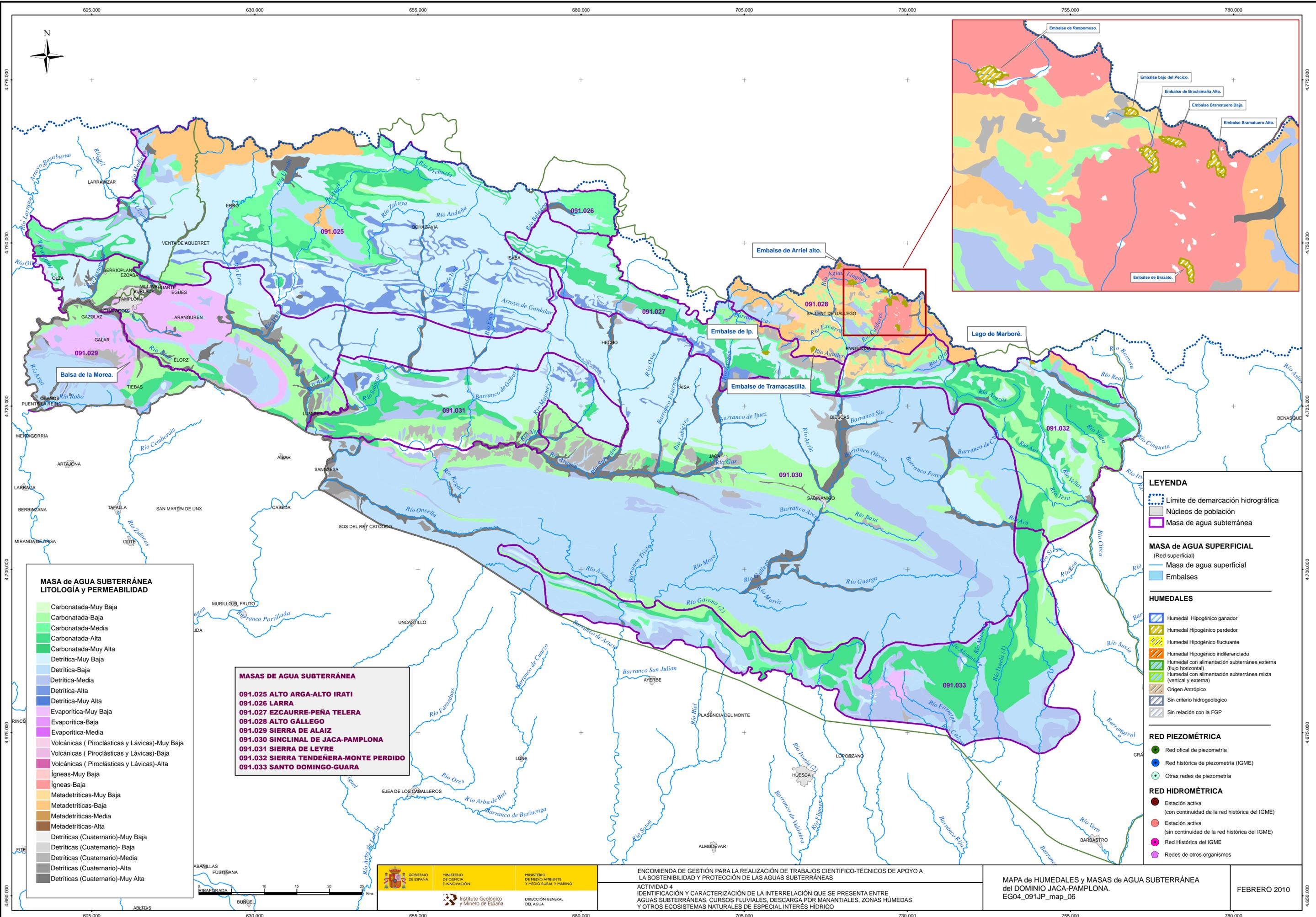
- Balsa de La Morea (código 20794). Atendiendo a las características geológicas sobre las que se asienta la balsa, arenisca con cemento calizo del Eoceno sup. (litología T^{ac}k₂ del MAGNA 1:50.000, hoja 141), que por falla se pone en contacto con unas margo-calizas del Eoceno med. (litología T^{ab}m₂₂ del MAGNA 1:50.000, hoja 141), ésta se considera impermeable y, por consiguiente, sin vínculo con FGP. La superficie estimada es, aproximadamente, de 2,9 Km². Se trata de un humedal clasificado como *lago interior en cuenca de sedimentación, no cárstico, permanente, profundo, no salino*. No tiene ninguna figura de protección.

¹⁷ Se trata de una hipótesis de trabajo que tiene en cuenta las filtraciones del lago de Marboré en las calizas arenosas del Cretácico sup. y el carácter pseudo termal del manantial del Sanatorio de Pineta (310910008), que supone la descarga de la misma FGP en las cercanías de Javierre, a través del aluvial.

Su modelo conceptual responde a un humedal sin relación con FGP.

Masa de agua subterránea		MASb		Categoría		
Humedal	Código (MMA 2006)	Nombre	Código		Código Oficial	Nombre LIC, ZEPA, RAMSAR
Embalse de Ip	20783	Ezcaurre-Peña Telera	091.027	Lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas	ES0000277 ES2410023	ZEPA Collarada-Ibón de Ip LIC Collarada y Canal de Ip
Embalse Bachimaña Alto	20288	Alto Gállego	091.028	Lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas ácidas	ES0000278	ZEPA Viñamala
Embalse Bramatuero Bajo	20307				ES2410040	LIC Puertos de Panticosa, Bramatuero y Brazatos
Embalse Bramatuero Alto	20284					
Embalse de Brazato	20800					
Embalse bajo del Pecico	20299					
Embalse de Arriel Alto	20781					
Embalse de Respomuso	20796				ES2410011	LIC Cabecera del río Aguas Limpias
Embalse de Tramacastilla	20300					
Lago de Marboré	20302	Sierra Tendeñera -Monte Perdido	091.032	Lago de alta montaña septentrional, dimíctico y aguas alcalinas	ES0000016	ZEPA y LIC Ordesa y Monte Perdido
Balsa de La Morea	20794	Sierra de Alaiz	091.029	Lago interior en cuenca de sedimentación, no cárstico, permanente, profundo, no salino		

Tabla 34. *Humedales asociados al dominio hidrogeológico Sinclinal de Jaca-Pamplona*



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 Lávicas)-Muy Baja
Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-Baja
Volcánicas (Piroclásticas y Lávicas)-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

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

091.025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI
091.026 LARRA
091.027 EZCAURRE-PEÑA TELERA
091.028 ALTO GÁLLEGO
091.029 SIERRA DE ALAIZ
091.030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA
091.031 SIERRA DE LEYRE
091.032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
091.033 SANTO DOMINGO-GUARA

LEYENDA

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

MASA de AGUA SUPERFICIAL (Red superficial)

- 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 (sin continuidad de la red histórica del IGME)
- Red Histórica del IGME
- Redes de otros organismos

GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO
 DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

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, DESCARGA POR MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y OTROS ECOSISTEMAS NATURALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO

6. Análisis de la información utilizada y propuesta de actuaciones

6.1 Valoración de la información utilizada y de los resultados obtenidos

Considerando al dominio hidrogeológico en su conjunto, se puede decir que si bien existen datos foronómicos e hidrométricos en numerosos puntos y estaciones, éstos son escasos y se encuentran muy distanciados, con lo que la fiabilidad de los mismos queda claramente en entredicho y, por tanto, en numerosas cuantificaciones presentadas, sobre todo aquellas que controlan los manantiales, los valores presentados sólo pueden ser considerados como lo que son: medidas puntuales. Asimismo, en algunos tramos cuantificados mediante aforos diferenciales no existe una clara correlación de fechas entre las diferentes medidas efectuadas en los puntos de control, lo que dificulta notablemente la interpretación.

Las series históricas de mayor continuidad corresponden a estaciones de aforo, las cuales en escasas ocasiones se han empleado para cuantificar relaciones río-acuífero, aunque sí permiten obtener parámetros característicos del acuífero, como el periodo de agotamiento.

Asimismo, los caudales descargados por los numerosos manantiales principales que existen en el dominio no son objeto de controles hidrométricos periódicos, de ahí que las cuantificaciones presentadas en los numerosos tramos de descargas por manantiales no sean más que orientativas habida cuenta de los datos disponibles.

A modo de resumen a continuación se exponen, para cada una de las MASb, los tramos en los que o bien no ha sido posible realizar cuantificación alguna, o bien la cuantificación presentada sólo se considera orientativa y no suficientemente fiable.

- MASb 091.025 Alto Arga-Alto Iratí: Tramos 001, 003, 004, 005, 006 y 007.
- MASb 091.026 Larra: Tramo 001.
- MASb 091.027 Ezcaurri-Peña Telera: Tramos 003, 005, 006, 008, 009, 010 y 012.
- MASb 091.028 Alto Gállego: Tramo 001.
- MASb 091.029 Sierra de Alaiz: Tramos 001, 002 y 003.
- MASb 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona: Tramos 001, 002, 003, 004 y 005.
- MASb 091.031 Sierra de Leyre: Tramos 001, 004, 005, 006, 007 y 008.
- MASb 091.032 Sierra Tedeñera-Monte Perdido: Tramos 001, 006, 007, 008 y 009.
- MASb 091.033 Santo Domingo-Guara: Tramos 001, 002, 003, 004, 005, 008 y 009.

Mención aparte merece el hecho de haber identificado un potencial tramo efluente en la MASB 091.026 Larra por el que se podrían descargarse las calizas de Larra (FGP Cretácico sup.), y y

quizás conjuntamente con las calizas de Chourique (FGP Devónico med.-Carbonífero inf.), al verse favorecido por la presencia de una falla de dirección O-E (que condiciona el curso del tramo de cabecera). Este hecho podría justificarse a tenor de los datos de aportación subterránea que se obtienen de la descomposición por el método Barnes del hidrograma de la EA nº 80¹⁸ (río Veral en Zuriza), en la que la aportación subterránea es de casi el 70% del total, con un caudal de 3.175 l/s (Figura 33). Se trataría, en este caso, de un tramo de unos 2.000 m en el que la MAS drenaría dichas FGPs mediante *conexión difusa directa en cauces efluentes* (código 401).

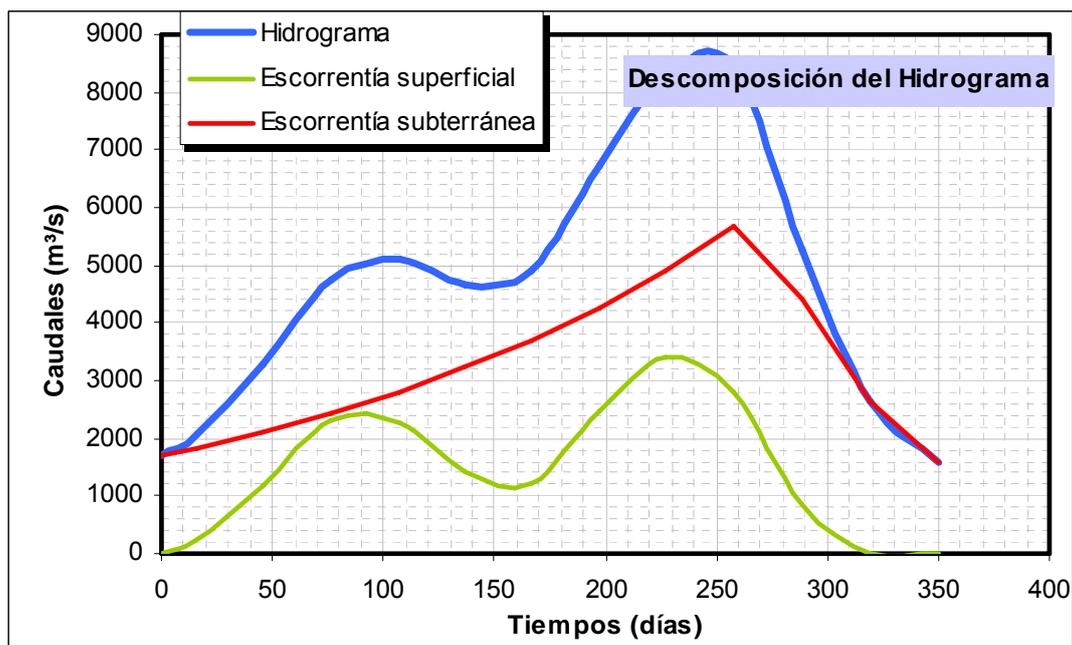


Figura 33. Descomposición del hidrograma, por el método Barnes, de la EA nº 80 (Veral en Zuriza)

¹⁸ La serie analizada es una serie continua que abarca desde 1951 a 1991.

6.2 Propuesta de actuaciones

Conscientes de que buena parte de los tramos de relación río-acuífero identificados en el dominio hidrogeológico corresponden a descargas a través de manantiales y de que éstos tienen mayoritariamente un comportamiento cárstico *sensu stricto*, se encuadran en áreas de montaña, con sus implicaciones en el régimen de precipitaciones (tormentas, deshielo, etc.), algunas de ellas se encuentran colgadas respecto a los niveles de base de los cursos de agua, y de que buena parte de la red fluvial tiene un régimen hidrológico influenciado por la abundante presencia de obras de regulación, se aconseja llevar a cabo trabajos generales encaminados a:

- Disponer de un mayor control de las surgencias más importantes (en los cauces receptores si los manantiales no lo permiten), lo que, a su vez, permitiría tener un mayor conocimiento del caudal descargado y su régimen y caracterizar la respuesta hidrodinámica de diferentes sectores de las principales FGP identificadas (Cretácico sup., Paleoceno-Eoceno inf., Megacapas del Flysch Eoceno) y/o sistemas cársticos en las diferentes MASb.
- Establecer aforos diferenciales de, al menos 1 año de duración, en aquellos tramos en los que las MAS crucen perpendicularmente las FGPs, cosa que sucede de manera predominante en las MASb 091.025 Alto Arga-Alto Irati, 091.027 Ezcaurre-Peña Telera y 091.030 Sinclinal de Jaca-Pamplona.

7. Referencias Bibliográficas

- (1) Abendaño, V., 1999. Investigación espeleológica e inmersión subacuática en el nacedero del Mozarre, Elkoaz (Navarra). Karaitza, 8. pp. 42-49.
 - (2) Benito Alonso, J.L., 2005. Flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
 - (3) Buera Olivera, J. et al., 1997. Hidroquímica de las aguas naturales de los sectores occidental y central de la Sierra de Guara (Huesca). Lucas Mallada, 9 – pp 35-63.
 - (4) Cuchí, J.A., 1998. Esquema general de las unidades hidrogeológicas del Alto Aragón. Lucas Mallada, 10 – pp 87-105.
 - (5) Cuchí, J.A. et al., 2007. Comportamiento del manantial de Fuenmayor (San Julián de Banzo, Huesca) durante la sequía de 2005. Inédito.
 - (6) Diputación Foral de Navarra (1982): Las Aguas Subterráneas en Navarra. Proyecto Hidrogeológico. Diputación Foral de Navarra. Dirección de Obras Hidráulicas. Servicio Geológico.
 - (7) Dirección General de Obras Hidráulicas (1991): Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen izquierda de la Cuenca del Ebro. Zona Oriental.
 - (8) Garrido, E., 2002. El termalismo del batolito de Panticosa (Huesca). Caracterización hidroquímica y relación con el sistema hidrotermal del macizo plutónico de Cauterets-Panticosa).
 - (9) Gobierno de Navarra (1978): Mapa geológico de Navarra E, 1:200.000.
 - (10) López, J. (1986): Geomorfología del macizo cárstico de la Piedra de San Martín. Pirineo Occidental. Tesis Doc. Univ. Zaragoza.
 - (11) Puch, C. (2002). Subterránea nº 17. Federación Española de Espeleología.
 - (12) Sánchez Navarro, J.A., et al., 2000. Evaluación del flujo geotérmico en manantiales de Aragón. Geogaceta, 27 – pp 155-158.
 - (13) Teixell, A. et al., 1995. "Estructura del sector central de la Cuenca de Jaca (Pirineo central)". Revista de la Sociedad Geológica de España, 8: 207-220.
-

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

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	
AN532	Erro en Sorogain	01	535	Erro	Natural	Incluye la descarga del manantial de Olóndriz	091.025	Alto Arga-Alto Irati	Cretácico sup. Paleoceno-Eoceno inf.	025.002	Erro	Conexión mixta difusa y directa a través de un manantial	Aguas arriba
AN531	Erro en Urniza	01											Aguas abajo
EA 164	Ara en Torla	01	785	Ara	Natural	Se trata de las descargas de ambas FGPs en forma difusa y a través de los manantiales de Bujaruelo, Ordena y Sta. Ana	091.032	Sierra Tendeñera-Monte Perdido	Cretácico sup. Paleoceno-Eoceno inf.	032.002	Ara	Conexión mixta difusa y directa a través de un manantial	Aguas abajo
										032.003		Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	
										032.004	Arazas	Descarga puntual por un grupo de manantiales en cauces efluentes	
EA 46	Vero en Lecina de Bércabo	01	375	Vero	Natural	Se trata de la descarga puntual del manantial de Lecina	091.033	Santo Domingo-Guara	Pcretácico sup.-Eoceno med.	033.014	Vero	Descarga puntual por un único manantial en cauces efluentes	Aguas abajo

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

Dominio Sinclinal Jaca-Pamplona													
Código de demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)			091	Ebro				LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES					
Código del manantial (Cod_manat)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Nombre del manantial (Nombre_mant)	MASb relacionada (CODMSBT)	Formación geológica asociada (FGP_mant)	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial (Cotamdt_mant)	Datos de caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
					Coordenadas UTM-Huso 30 (CoordX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (Coordy_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)		Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	Mínimo	Máximo	Promedio	
260710003	260710003	Olondriz	091.025	Cretácico sup.	626031	4754489	650		-	150	380	282	-
260740005	260740005	La Balsa	091.025	Cretácico sup.	645040	4752730	830		-	-	-	50	-
260780001	260780001	Mozarre	091.025	Paleoceno-Eoceno inf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
270750012	270750012	Laurence	091.025	Megacapas Flysch Eoceno	651741	4747859	820		-	13	817	117	-
270740002	270740002	Sáculo V	091.025	Paleoceno-Eoceno inf.	673434	4754067	1073	963	45	8	1400	170	Desconocido
280710005	280710005	Rincón de Belagua	091.026	Cretácico sup.	677715	4755018	1050	1037	40	43	144	92	Desconocido
280710006	280710006				678193	4754676	1045	1049	20	29	72	55	Desconocido
280710007	280710007				678432	4754655	1000	1065	28	43	101	75	Desconocido
270780002	270780002	Isaba	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	671283	4749358	834	836	60	0	2000	162	Desconocido
270780004	270780004				671171	4749283	828	832	15	0	54	24	Desconocido
280750006	280750006	Fte. del Castillo	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	677439	4745700	1080	1120	7	-	-	175	Abastecimiento a núcleos urbanos
280820010		Oza	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	687140	4743130	1070	1123	-	-	50	-	-
280820011					687230	4742780	1060	1075	-	10	20	15	-
280820001	280820001	Sta. Ana	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	685490	4740680	905	936	373	374	830	602	Abastecimiento a núcleos urbanos
280830001	280830001	Los Corralones	091.027	Megacapas Flysch Eoceno	693820	4736150	1215	1257	-	-	-	15	-
280880008		Rigüello	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	697960	4735860	1633	1633	-	110	150	130	-
280840009		Circo de Rioseta	091.027	Devónico med.-Carbonífero inf.	702200	4738180	1470	1480	-	-	-	300	-
280840011					702910	4738550	1415	1402	-	-	-	10	-
280840010					702630	4738510	1500	1477	-	-	-	120	-
290810002		Drenaje túnel de Somport	091.027	Devónico med.-Carbonífero inf.	703608	4736869	1220	1180	-	8	153	43	-
290850001	290850001	Central de Canal Roya	091.027	Devónico med.-Carbonífero inf.	703479	4735534	1220	1158	27,7	-	-	27,7	Abastecimiento a núcleos urbanos
280880006		La Torreta	091.027	Cretácico sup.	702854	4734672	1090	1185	-	200	540	270	-
280880001	280880001	Villanúa	091.027	Megacapas Flysch Eoceno	702277	4728737	950	960	4,4	4,5	254	87	Abastecimiento a núcleos urbanos
280880012					702000	4728750	946	960	-	30	970	405	-
290930016		Las Traconeras	091.027	Paleoceno-Eoceno inf.	719490	4726810	960	985	-	80	100	93	-
290930018					719410	4726760	980	980	-	0	100	50	-
290930019					719400	4726840	995	996	-	0	1000	500	-
290840001	290840001	Baños de Panticosa	091.028	Batolito de Panticosa	726075	4738200	1675	1646	0,17	0,14	0,16	0,15	Aguas minero-medicinales (no de bebida)
290840002	290840002				726555	4738050	1670	1639	0,14	-	-	3,5	Aguas de bebida envasada y uso balneario
290840003					726575	4738275	1655	1655	-	1,6	2	1,8	-

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

Dominio Sinclinal Jaca-Pamplona													
Código de demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)			091	Ebro			LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES						
Código del manantial (Cod_manat)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Nombre del manantial (Nombre_mant)	MASb relacionada (CODMSBT)	Formación geológica asociada (FGP_mant)	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial (Cotamdt_mant)	Datos de caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
					Coordenadas UTM-Huso 30 (CoordX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (Coordy_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)		Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	Mínimo	Máximo	Promedio	
290840004	290840004				726575	4738075	1665	1680	0,14	-	-	0,14	Aguas mineromedicinales (no de bebida)
290840005	290840005				726725	4738225	1725	1701	0,31	-	-	3,27	Aguas mineromedicinales (no de bebida)
290840008					726575	4738075	1660	1680	-	-	-	0,05	-
290840009					726555	4738053	1660	1639	-	0,08	0,11	0,09	-
250870022		Subiza	091.029	Terciario continental	608631	4730824	650	670	-	4,5	8,3	6,4	-
280880009		Rigales	091.030	Megacapas Flysch Eoceno	701320	4727140	925	940	-	150	170	160	-
280880010		Juncarral			700584	4726084	925	920	-	-	-	50	-
290970026		Soto de Oliván	091.030	Paleoceno-Eoceno inf.	719900	4718160	795	793	-	-	-	300	-
290970002	290970002	Vivero	091.030	Paleoceno-Eoceno inf.	719411	4715416	790	774	-	150	200	175	No se utiliza
270860007		Navacué	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	655551	4729189	700	712	33,3	72	168	120	Desconocido
270860008					655517	4729117	730	712	-	3,1	10	7	-
270850001	270850001	Arbayún	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	648872	4726335	550	510	120	17	220	75	Abastecimiento a núcleos urbanos
270870007		Fte. del Pastor	091.031	Cretácico sup.	662554	4730230	610	617	-	-	-	10	-
270930005	270930005	Salvatierra	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	663150	4726090	560	590	-	-	-	2,5	Abastecimiento a núcleos urbanos
270870006					663133	4726108	570	590	-	1	370	152	-
270910003	270910002	Tiermas	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	655310	4719742	500	489	-	198	295	246	No se utiliza
290930015		Los Batanes	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	719920	4726620	960	967	-	-	-	70	-
290930002	290930002				720163	4726738	960	1091	7	7	200	91	Abastecimiento a núcleos urbanos
290930017					720175	4726720	980	1005	-	50	1000	305	-
300850001		Santa Elena			735932	4728194	1290	1295	-	26	50	40	-
		Ordesa	091.032	Paleoceno-Eoceno inf.									
300930006		Fon Blanca	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	750910	4725881	1700	1714	-	-	-	79	-
300980003		Puyarruego	091.031	Paleoceno-Eoceno inf.	755100	4711914	660	704	-	-	-	0,7	-
300940001		Fuentes de Escuaín	091.032	Paleoceno-Eoceno inf.	756529	4721696	1180	1180	-	-	-	100	-

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.SJ-Sinclinal Jaca-Pamplona

Dominio Sinclinal Jaca-Pamplona													
Código de demarcación hidrográfica donde se ubica (Cod_demar_id)			091	Ebro			LISTADO DE MANANTIALES PRINCIPALES						
Código del manantial (Cod_manat)	Código IGME del manantial (Codigme_mant)	Nombre del manantial (Nombre_mant)	MASb relacionada (CODMSBT)	Formación geológica asociada (FGP_mant)	Ubicación geográfica			Cota MDT del manantial (Cotamdt_mant)	Datos de caudales (l/s)				Uso del manantial-IGME (Usoigme_mant) (Uso_mant)
					Coordenadas UTM-Huso 30 (CoordX_mant)	Coordenadas UTM-Huso 30 (Coordy_mant)	Cota del manantial (Cota_mant)		Caudal histórico IGME (Qhistigme_mant)	Mínimo	Máximo	Promedio	
310910008		Javierre	091.032	Paleoceno-Eoceno inf. (y Devónico med.-Carbonífero inf.)	761485	4725180	1160	1157	-	5	75	40	-
310910007					761960	4725439	1156	1167	-	75	236	151	-
281080002		La Trinidad	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.									
281070003	281070001	Foz de Escalete	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	690684	4691742	780	801	10	36	70	54	Abastecimiento y ganadería
291120022	291120022	Arguis	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	712098	4686886	923	960	5	-	-	5	No se utiliza
291120006	291120006	Cueva S. Clemente			712091	4686536	960	997	13,9	4	14	9	No se utiliza
291120023	291120023	Baños de Nuevo	091.033	Muschelkalk	712450	4685400	870	903	20	5	52	23,5	Desconocido
291120007	291120007	Cienfuens	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	717990	4685950	860	860	55,5	55	100	77,5	No se utiliza
291170001		Fuenmayor	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.									
301150005		Solencios de Bastarás	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	735424	4677764	550	557	-	50	423	162	-
301110002		Alcanadre – La Chasa	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	738375	4685780	660	665	-	-	-	100	-
301120002		Fte. Mascún	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	740822	4686297	700	685	150	32,5	700	223	No se utiliza
301160002	301160001	La Tamara	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	740240	4675900	500	499	20	20	100	56	No se utiliza
301170002	30117 V/B	Lecina	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med.	751282	4679038	630	653	140	72	819	322	Desconocido
301230005		Baños de Alquézar	091.033	Cretácico sup.-Eoceno med. (vía Terciario continental)	750093	4672726	470	474	-	0,5	7	2,7	-