

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT040 - SINCLINAL DE GRAUS

CONTENIDO

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

- 1.1 Identificación y ámbito administrativo
- 1.2 Caracterización funcional y territorial
- 1.3 Población asentada
- 1.4 Mapa de localización y topográfico

2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

- 2.1 Presiones significativas en la MSBT
- 2.2 Impactos en la MSBT
- 2.3 Riesgo de la MSBT

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

- 3.1 Ámbito geoestructural
- 3.2 Mapa geológico
- 3.3 Naturaleza y extensión de los afloramientos
- 3.4 Columna litológica tipo
- 3.5 Cortes geológicos
- 3.6 Descripción geológica

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

- 4.1 Zona no saturada (Z.N.S.)
- 4.2 Suelos edáficos
- 4.3 Mapa de suelos
- 4.4 Vulnerabilidad intrínseca
- 4.5 Mapa de vulnerabilidad intrínseca

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

- 5.1 Límites hidrogeológicos de la MSBT
- 5.2 Formaciones geológicas permeables
- 5.3 Acuíferos
- 5.4 Parámetros hidráulicos
- 5.5 Funcionamiento hidrogeológico
- 5.6 Recintos hidrogeológicos

6.- ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

- 6.1 Ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas (EDAS)
- 6.2 Zonas protegidas relacionadas con las aguas subterráneas

7.- EVALUACIÓN DE RECURSOS

- 7.1 Balance hídrico
- 7.2 Recurso disponible (RD) e índice de explotación (IE)
- 7.3 Recarga artificial

8.- PIEZOMETRÍA

- 8.1 Programa de seguimiento del estado cuantitativo
- 8.2 Mapas de localización de puntos de control
- 8.3 Evolución temporal de la piezometría
- 8.4 Evaluación de tendencias

9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

- 9.1 Programa de seguimiento del estado químico
- 9.2 Indicadores de la calidad química de la MSBT
- 9.3 Facies hidrogeoquímicas representativas
- 9.4 Sustancias o indicadores del riesgo en la MSBT
- 9.5 Análisis de parámetros y sustancias causantes del riesgo

10.- CONCLUSIONES

11.- PLAN DE ACCIÓN

12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

1.1 IDENTIFICACIÓN Y ÁMBITO ADMINISTRATIVO

Código EU MSBT ES091MSBT040 Nombre MSBT SINCLINAL DE GRAUS

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea ES091MSBT040 Sinclinal de Graus con 1055 km² de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma de Aragón (90,7%) y el resto se integra en las C.C.A.A de Cataluña. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Sinclinal de Tremp en la zona nororiental de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se sitúa entre las poblaciones de Laspuña al oeste y Claramunt al este. El municipio con mayor porcentaje y población sobre la MSBT es la población de Graus.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Huesca	22117	Graus	62,50	17,79
Aragón	Huesca	22113	Fueva, La	64,60	13,42
Cataluña	Lleida	25234	Tremp	26,23	7,53
Aragón	Huesca	22129	Isábena	66,92	7,53
Aragón	Huesca	22155	Monesma y Cajigar	100,00	5,94
Aragón	Huesca	22080	Capella	80,58	4,64
Aragón	Huesca	22188	Puente de Montañana	100,00	4,60
Aragón	Huesca	22190	Pueyo de Araguás, El	75,29	4,42
Aragón	Huesca	22907	Aínsa-Sobrarbe	13,89	3,75
Aragón	Huesca	22111	Foradada del Toscar	36,46	3,68
Aragón	Huesca	22144	Laspuña	81,66	3,51
Aragón	Huesca	22035	Arén	28,50	3,23
Aragón	Huesca	22229	Tolva	56,74	3,18
Aragón	Huesca	22247	Viacamp y Litera	29,85	3,07
Aragón	Huesca	22142	Lascuarre	99,18	3,00
Aragón	Huesca	22177	Perarrúa	100,00	2,85
Aragón	Huesca	22087	Castigaleu	100,00	2,52
Aragón	Huesca	22212	Santaliestra y San Quílez	100,00	2,22
Cataluña	Lleida	25196	Sant Esteve de la Sarga	10,47	0,92
Cataluña	Lleida	25904	Castell de Mur	13,53	0,81
Aragón	Huesca	22053	Benabarre	4,35	0,65
Aragón	Huesca	22168	Palo	30,32	0,41
Aragón	Huesca	22227	Tella-Sin	2,49	0,21
Aragón	Huesca	22182	Plan	0,46	0,04
Aragón	Huesca	22133	Labuerda	1,91	0,03
Aragón	Huesca	22189	Puértolas	0,26	0,02

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	784.874	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.686.213
Longitud (CENTROIDE)	0,45404	Latitud (CENTROIDE)			42,27616
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			1.851
Altitud mínima (m s.n.m.)	443	Altitud máxima (m s.n.m.)			2.294
Área total de la MSBT (km ²)	1.055				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

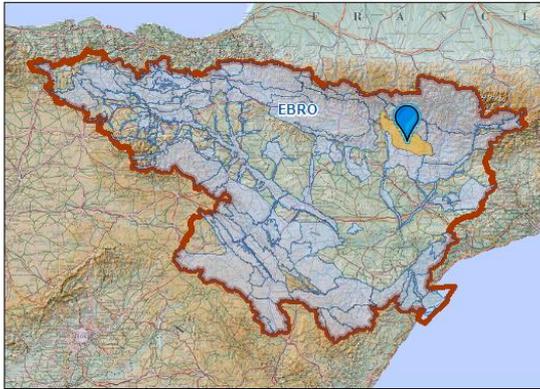
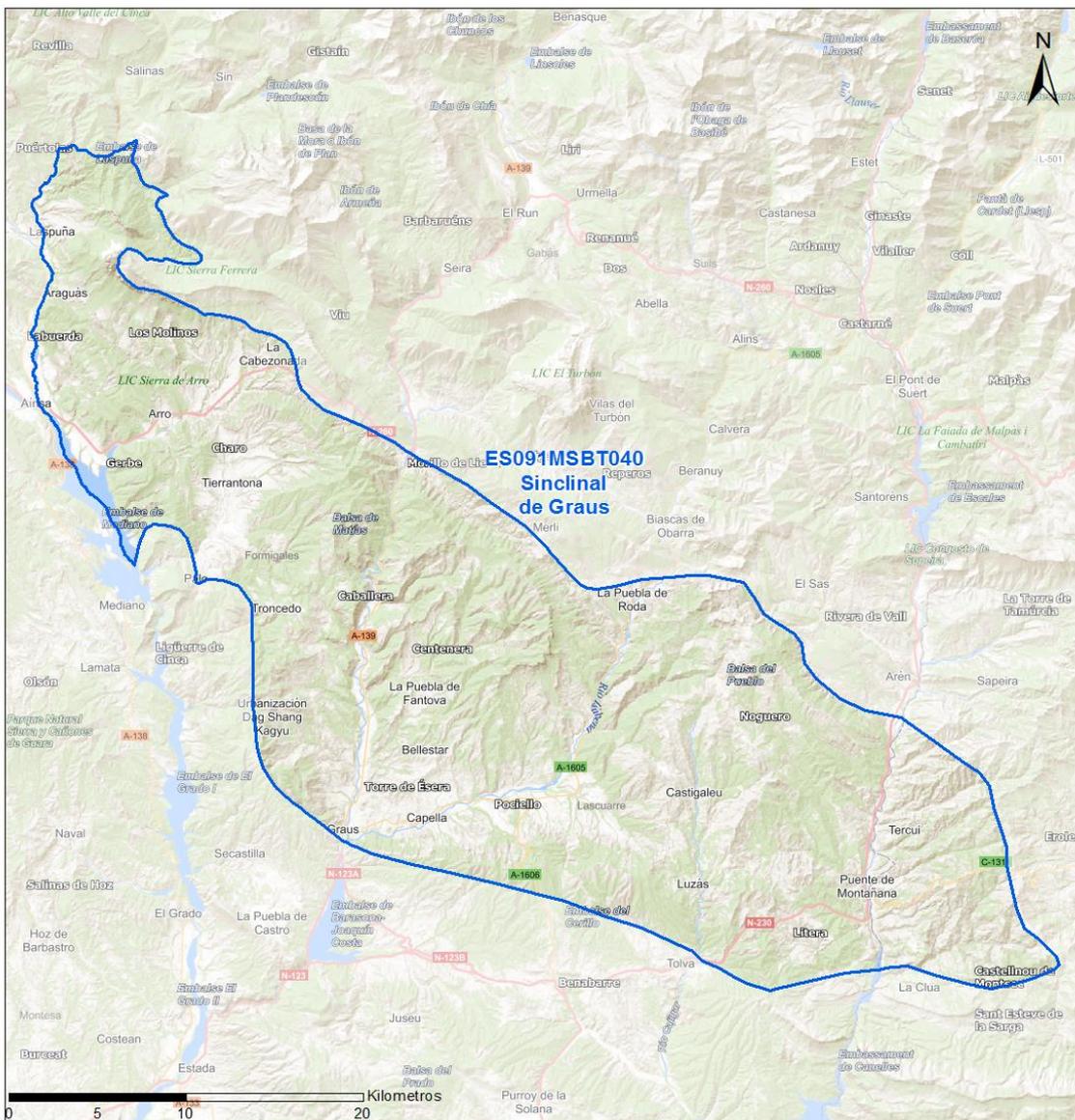
6.052

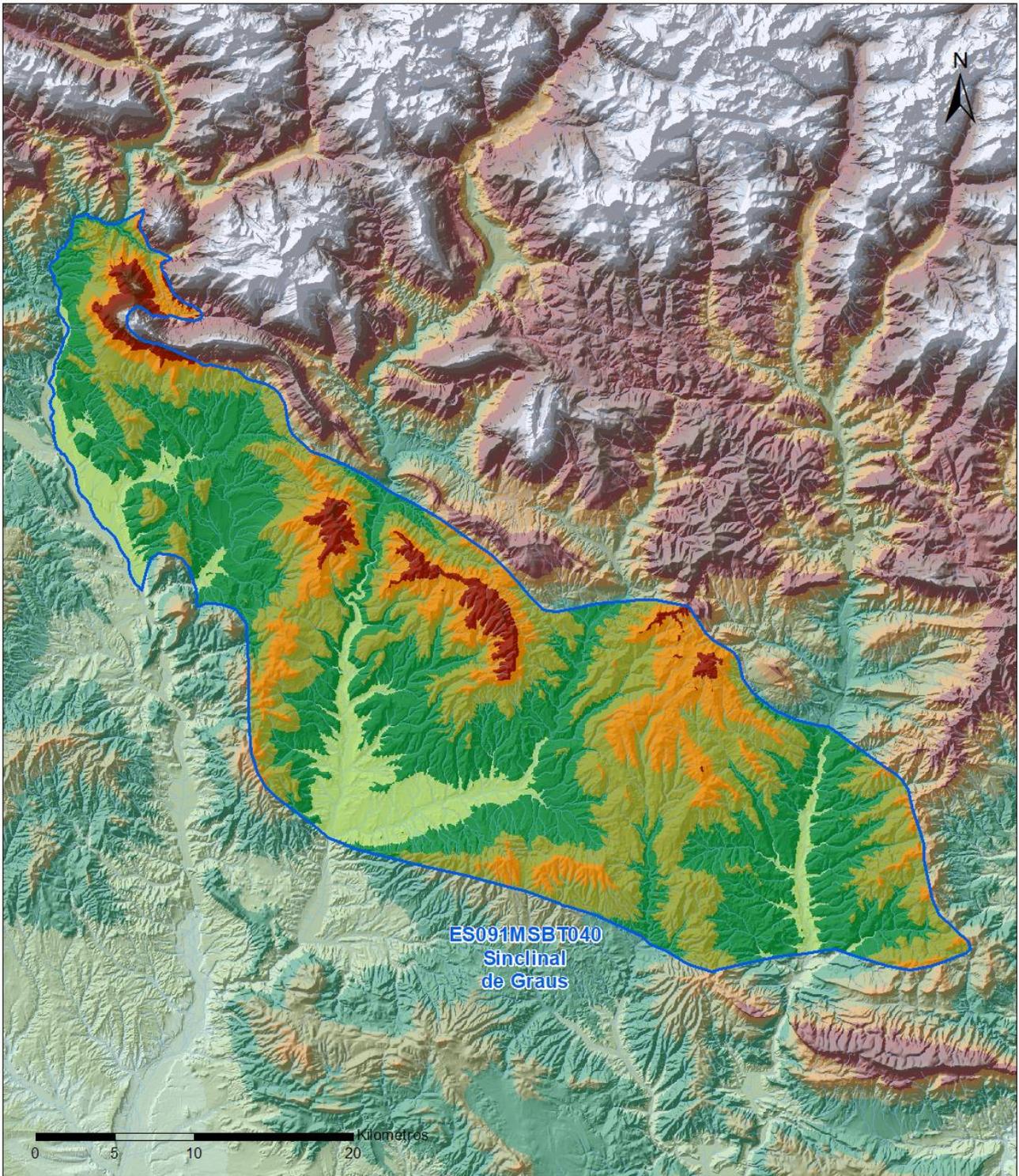
Año

2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización





MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

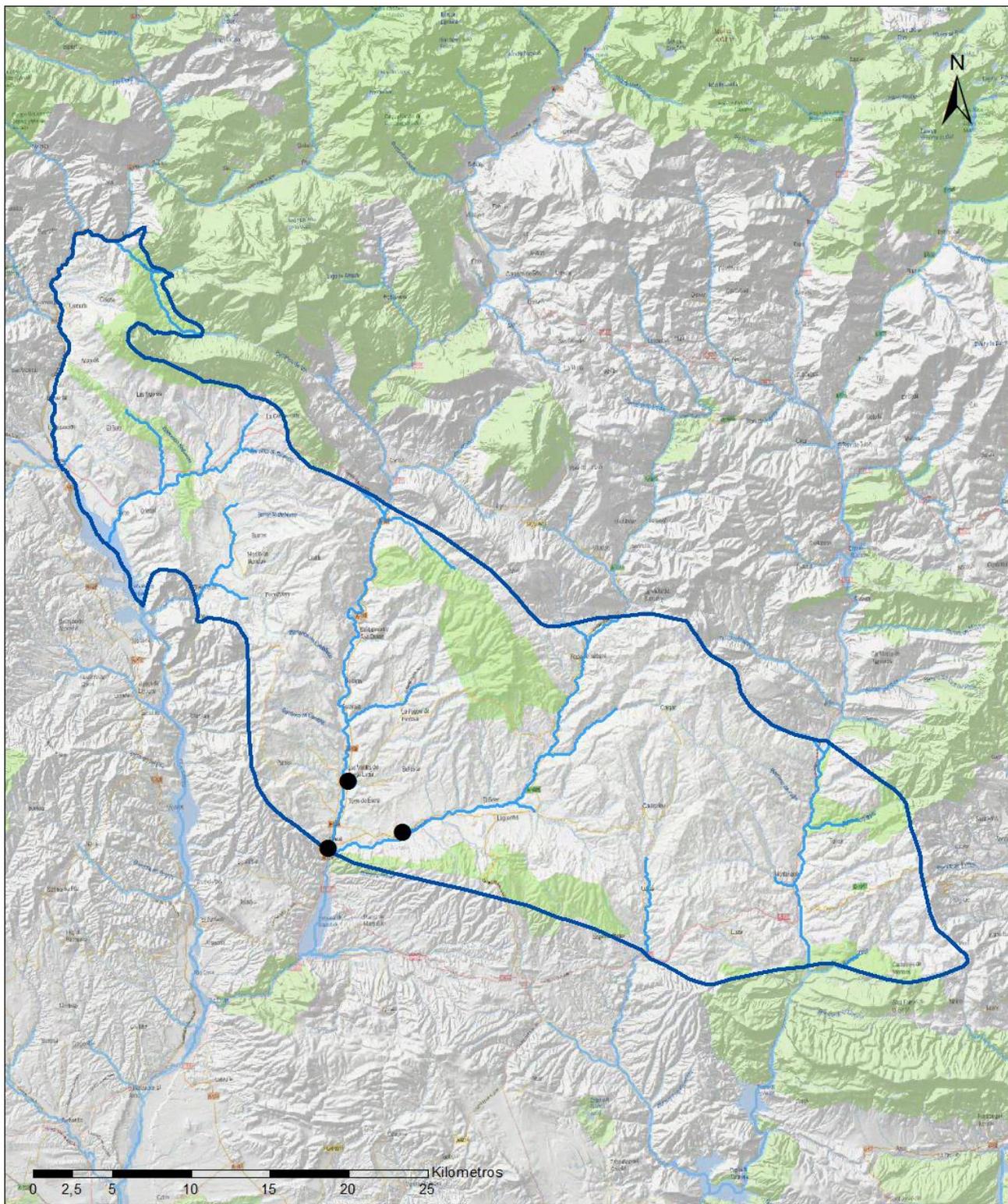


2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.5	Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	<input checked="" type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.2	Agricultura	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.4	Transporte	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.5	Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.8	Minería	<input type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.1	Agricultura	<input type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.2	Abastecimiento	<input type="checkbox"/>
Extracción / Desvío de agua	3.3	Industria	<input type="checkbox"/>

Mapa de localización de presiones
Fuentes puntuales



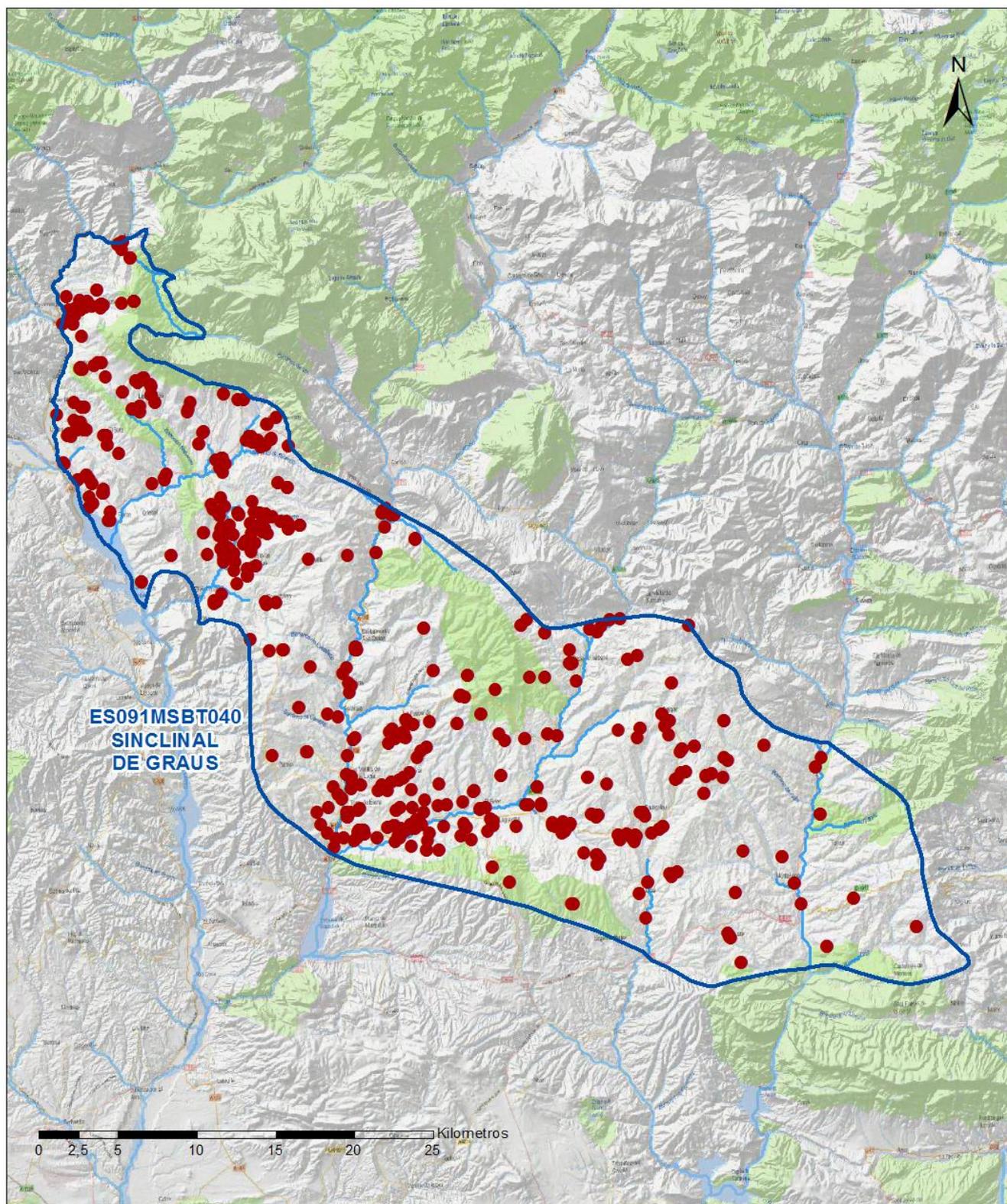
LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrogràfica
- ES091MSBT040
- SINCLINAL DE GRAUS

Tipo de Presi3n Puntual (significativa):

-  1.5 Gasolineras
-  1.5 Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas

Fuentes difusas



LEYENDA

-  Red hidrogràfica
-  MSBT:
- ES091MSBT040
- SINCLINAL DE GRAUS

Tipo de Presi3n Difusa (significativa):

-  2.10 Otras fuentes difusas. Cabaña Ganadera.

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
NUTR	Contaminación por nutrientes	Probable
CHEM	Contaminación química	Probable

2.3 RIESGO DE LA MSBT

Riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo	SIN RIESGO CUANTITATIVO
Motivo	Justificación / Observación

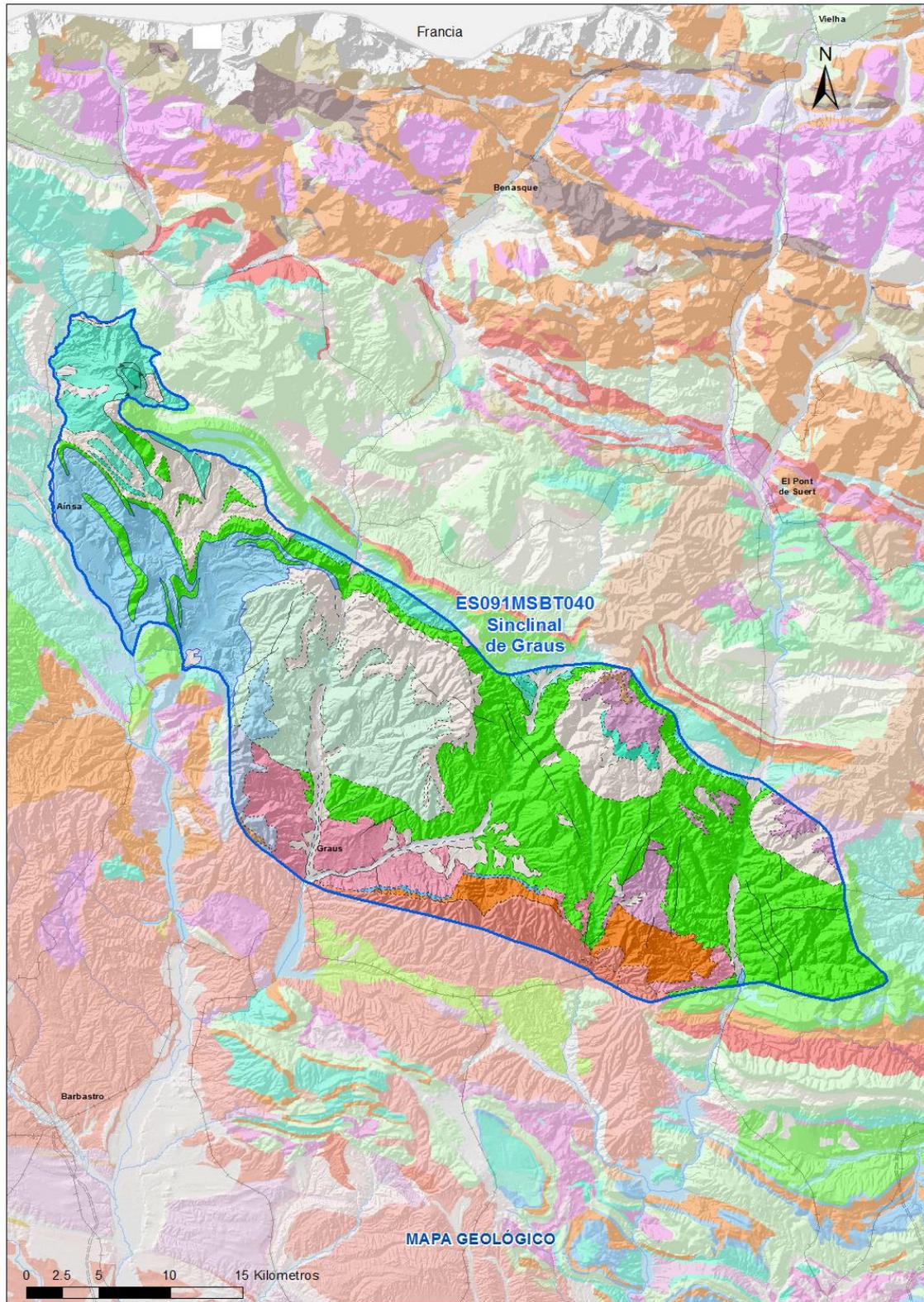
Riesgo de no alcanzar el buen estado químico		RIESGO QUÍMICO
Contaminante	Justificación / Observación	
TPH	TPH	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
NO ₃ ⁻	Nitrato	Masas en riesgo de afección por nitratos (valores medios o máximos entre 40 y 50 mg/l en los últimos 4 años en más del 20% masa o valores máximos o medios superiores a 50 mg/l en menos del 20% masa)

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Pirineos-Vascocantábrica

3.2 MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA



Estructuras

- ⊥ Anticinal
- ⊥ - Anticinal supuesto
- ⊥ Sinclinal
- ⊥ - Sinclinal supuesto

Contactos y fallas

- Contacto concordante
- --- Contacto concordante supuesto
- - - - Contacto discordante
- - - - Contacto discordante supuesto
- Contacto intrusivo
- Contacto intrusivo
- Masas de agua
- - - Límite político
- Falla conocida
- Falla supuesta
- ▲▲ Cabalgamiento conocido
- ▲ - Cabalgamiento supuesto

LITOLOGÍAS

Código	Descripción Litología
5000	Masa de agua superficial
706	Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
704	Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacia, piedemonte y superficies)
377	Calizas, localmente con lutitas
371	Calizas, localmente con lutitas
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas
357	Calizas, localmente con lutitas
353	Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados
352	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso
351	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas
349	Calizas, localmente con lutitas
348	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
346	Margas y margocalizas
344	Areniscas y lutitas. Areniscas de
342	Lutitas y areniscas (Flysch)
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas
177	Lutitas y areniscas (Facies Flysch)
154c	Calizas, margas y calcarenitas

3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

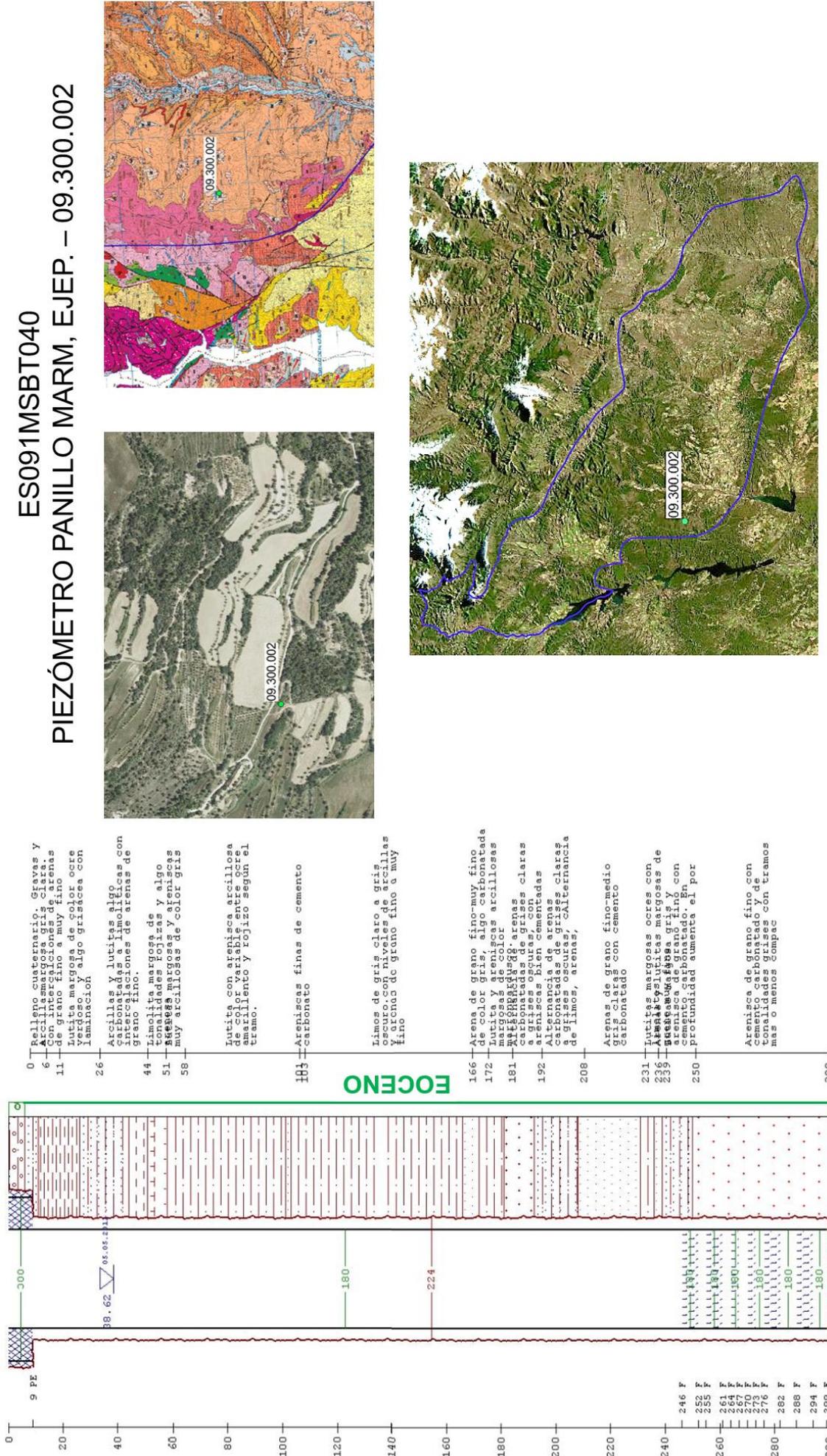
Litología	Edad geológica		Extensión (km ²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Masa de agua superficial	-	-	107,38	Masa de agua superficial	10,18
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	8,89	Detrítica	0,84
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	7,54	Detrítica	0,72
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glaciares, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	44,83	Detrítica	4,25
Calizas, localmente con lutitas	Neógeno	Mioceno-Plioceno	117,27	Carbonatada	11,12
Calizas, localmente con lutitas	Neógeno	Mioceno	8,00	Carbonatada	0,76
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	Neógeno	Mioceno	38,04	Detrítica	3,61
Calizas, localmente con lutitas	Paleógeno	Oligoceno	11,10	Carbonatada	1,05
Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados	Paleógeno	Oligoceno	38,42	Detrítica	3,64
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas y lutitas	Paleógeno	Eoceno	34,63	Detrítica	3,28
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	67,02	Detrítica	6,36
Margas y margocalizas	Paleógeno	Eoceno	65,71	Carbonatada	6,23
Areniscas y lutitas. Areniscas de Gongolaz	Paleógeno	Eoceno	341,36	Detrítica	32,37
Lutitas y areniscas (Flysch)	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	149,22	Detrítica	14,15
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	7,53	Carbonatada	0,71

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m)
	Sistema	Serie	valor menor-mayor
Gravas, arenas, arcillas y limos	Cuaternario	Pleistoceno -Holoceno	1-7
Calizas, localmente lutitas	Neógeno	Mioceno-Plioceno	
Conglomerados con intercalaciones de areniscas y lutitas	Paleógeno	Eoceno	
Margas y margocalizas	Paleógeno	Eoceno	
Areniscas y lutitas. Areniscas de Gonzolaz	Paleógeno	Eoceno	
Calizas, margas y calcarenitas	Cretácico	Superior	800

3.5 CORTES GEOLÓGICOS

ES091MSBT040
PIEZÓMETRO PANILLO MARM, EJEP. – 09.300.002



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Sinclinal de Graus se ubica en el ámbito geoestructural Pirineos Vasco Cantábrico, y localmente en la cuenca de Tremp-Graus, y pertenece al Dominio Hidrogeológico Pirenaico del Sinclinal de Tremp. Se caracteriza por un sistema imbricado de cabalgamientos en dirección E-O y vergencia S, las láminas de cabalgamiento corresponden a las formaciones calcáreas del Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno inferior. EL nivel de despegue regional se instala sobre las facies margo evaporíticas del Keuper, constituye el sustrato impermeable y en ocasiones aflora en el NO de la MSBT. Dentro de la cuenca Graus-Sinclinal de Tremp, la sedimentación de los surcos turbidíticos del Eoceno (Ilerdiense inferior) y sus coetáneos marinos someros y continentales, así como la distribución de las facies dentro de ellos, está controlada por la geometría de las láminas de cabalgamiento que provocó la división de la cuenca en diferentes depocentros. La MSBT del Sinclinal de Graús se encuentra en el depocentro de Graús separado por el Anticlinal de Mediano del de Ainsa, al oeste de la MSBT. Su estructura consiste en un gran sinclinal con inmersión hacia el O. Junto al río Cinca, el anticlinal de Mediano limita estos materiales con el flysch de la cuenca de Jaca. Los materiales que afloran en la MSBT corresponden a la serie turbidítica eocena que fosiliza el sistema de cabalgamientos de las Sierras Marginales, constituida por margas y depósitos de arenas con intercalaciones de conglomerados, areniscas y arcillas. En menor medida aparecen areniscas, conglomerados, lutitas y margas del Oligoceno y depósitos cuaternarios de deyección, coluviales y fluvio-glaciares. La red fluvial principal está la constituyen río principal y sus afluentes: el río Cinca con sus afluentes por la margen izquierda Cinqueta, Irués y Nata, Ésera y sus afluentes Villacarlí y Ceguera, y el río Isábena y Noguera. Los depósitos cuaternarios están asociados a esta red fluvial, en forma de aluviales y coluviales, están constituidos por gravas, arenas y limos.

La serie estratigráfica de muro a techo es la siguiente:

- Cretácico Superior- Paleógeno inf, formado principalmente por calizas, margas y calcarenitas, y las facies Flysch (lutitas y areniscas).
- Terciario (Paleógeno y Neógeno), comprende una serie de depósitos marinos y continentales, en las que se producen cambios de facies en la cuenca de sedimentación. Los depósitos terciarios pueden alcanzar centenares de metros de potencia, siendo las principales litologías las areniscas y lutitas que alternar con conglomerados y margo calizas, predominando las calizas, localmente con lutitas en algunas zonas de la MSBT.
- Cuaternario, comprende los depósitos de aluviales y coluviales asociados a la red fluvial, formados por gravas, arenas y limos.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

4.1 ZONA NO SATURADA (Z.N.S.)

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	73	72
Espesor Medio Z.N.S. (m)	73	

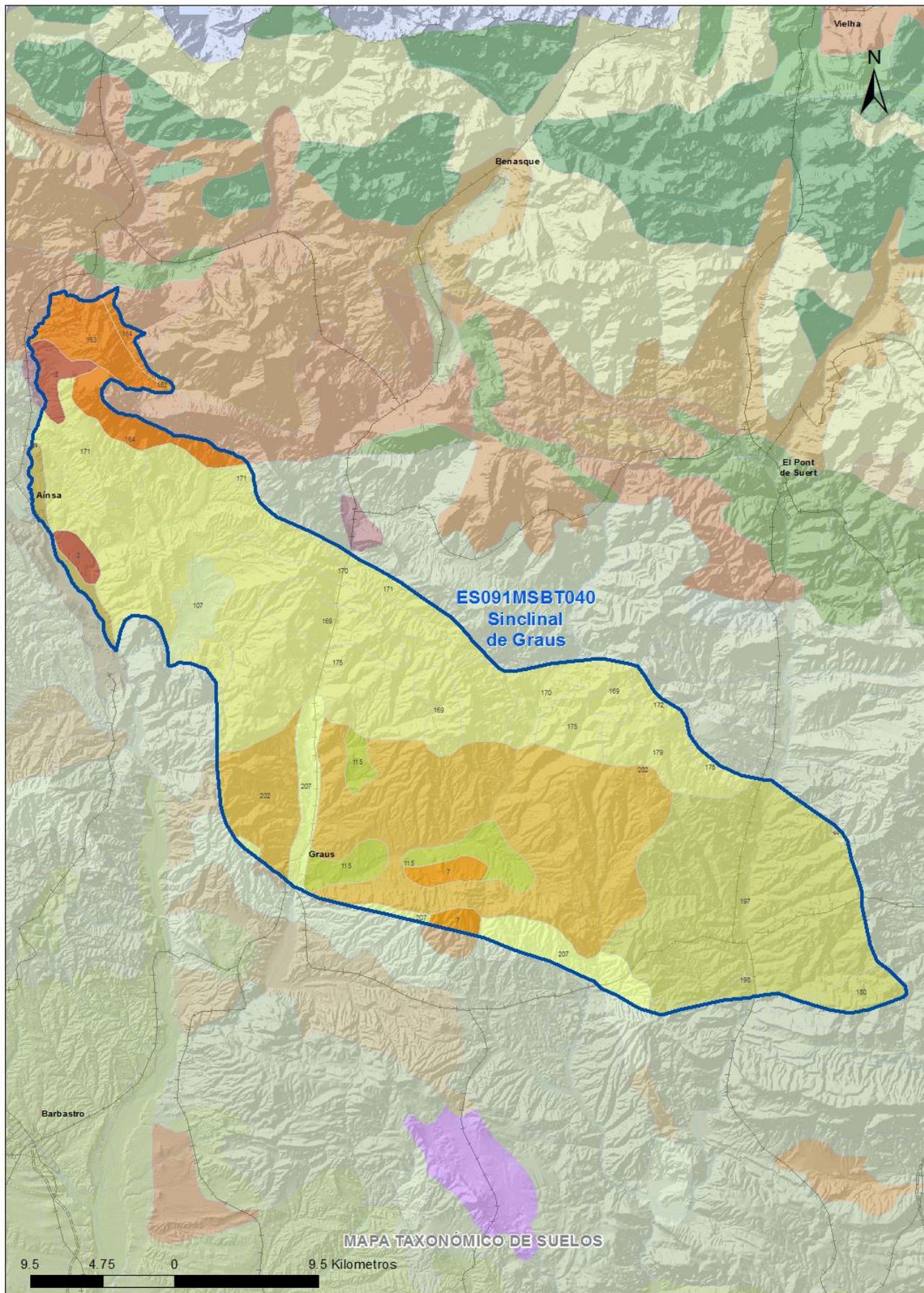
Litología Z.N.S. Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, USTALF, HAPLUSTALF	16	1,48
ALFISOL, XERALF, HAPLOXERALF	12	1,13
ENTISOL, FLUVENT, USTIFLUVENT	9	0,87
ENTISOL, ORTHENT, USTORTHENT	16	1,47
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	34	3,21
INCEPTISOL, CRYEPT, EUTROCRYEPT	0	0,05
INCEPTISOL, UDEPT, EUTRUDEPT	48	4,56
INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT	420	39,86
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	456	43,22
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	44	4,14

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

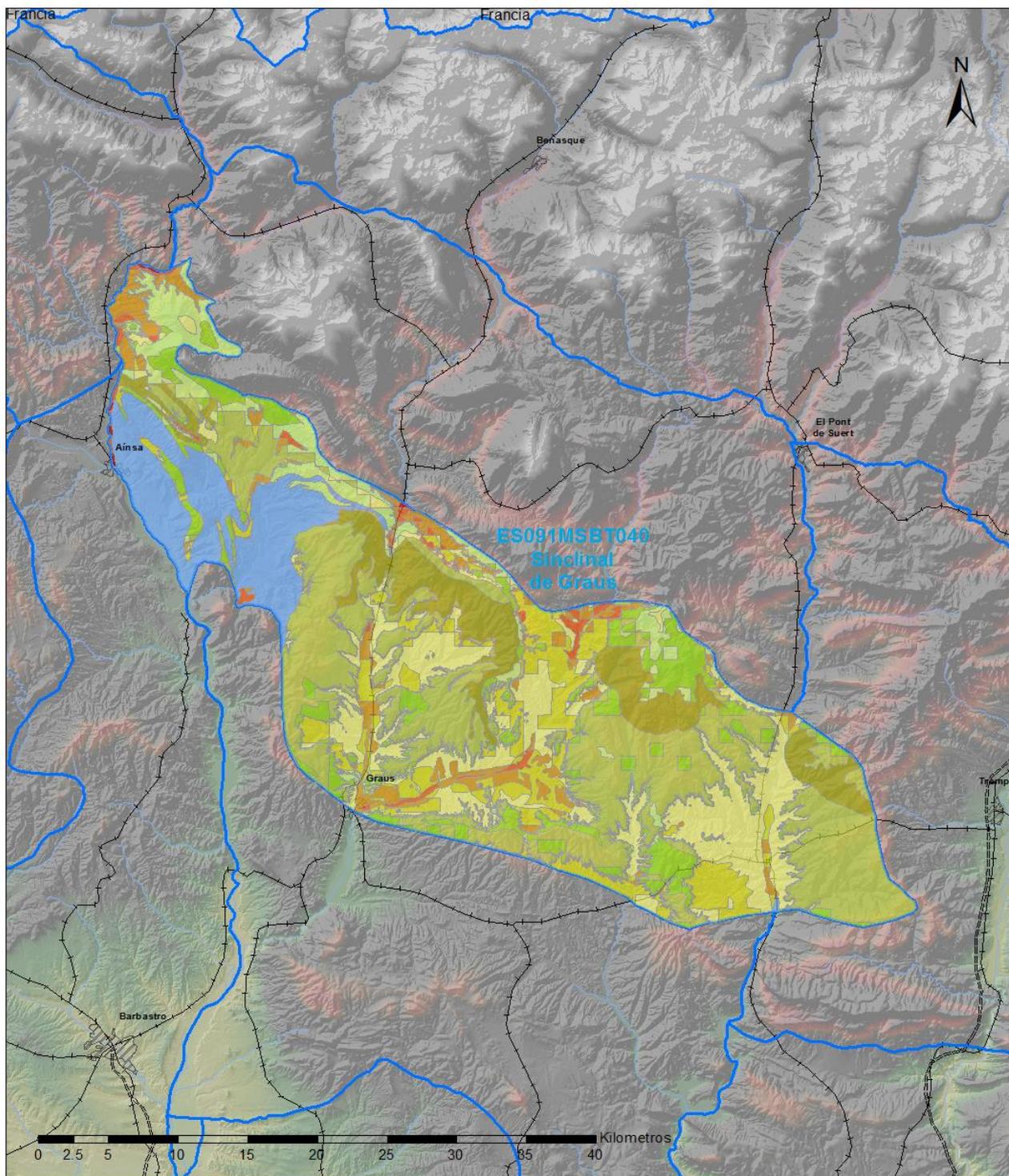
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
2	ALFISOL, USTALF, HAPLUSTALF, NO GRUPO2, HAPLUSTEPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
7	ALFISOL, XERALF, HAPLOXERalf, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
69	ENTISOL, FLUVENT, USTIFLUVENT, NO GRUPO2, FLUVAQUENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
107	ENTISOL, ORTHENT, USTORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplustept, NO INCLUSION2
115	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, (Haploxerept), NO INCLUSION2
152	INCEPTISOL, CRYEPT, EUTROCRYEPT, NO GRUPO2, RENDOLL, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
163	INCEPTISOL, UDEPT, EUTRUDEPT, NO GRUPO2, HAPLUDALF, NO ASOCIA2, Hapludoll, NO INCLUSION2
164	INCEPTISOL, UDEPT, EUTRUDEPT, NO GRUPO2, RENDOLL, NO ASOCIA2, Hapludalf, NO INCLUSION2
169	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplustoll, Ustorthent
170	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, HAPLOXERERT, USTORTHENT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
171	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, HAPLUSTALF, NO ASOCIA2, Haplustoll, NO INCLUSION2
172	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, HAPLUSTOLL, NO ASOCIA2, Rhodusstalf, NO INCLUSION2
175	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, USTORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
179	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, USTORTHENT, DYSTRUSTEPT, Haplustalf, NO INCLUSION2
180	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
181	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeralf, NO INCLUSION2
197	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, NO ASOCIA2, Haploxeralf, NO INCLUSION2
198	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, NO ASOCIA2, Xerofluvent, NO INCLUSION2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
207	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Xerorthent

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
0	Masas de agua superficial	10,18	
1 (Muy Baja)	16 - 30	9,65	
2 (Muy Baja)	30 - 44	28,79	
3 (Baja)	44 - 58	11,61	
4 (Baja)	58 - 72	7,68	
5 (Moderada)	72 - 86	15,02	
6 (Moderada)	86 - 100	10,40	
7 (Alta)	100 - 114	5,05	
8 (Alta)	114 - 128	1,49	
9 (Muy Alta)	128 - 142	0,09	
10 (Muy Alta)	142 - 156	0,04	

4.5 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA



LEYENDA

Método DRASTIC Reducido

Grado de Vulnerabilidad, Rango de Valores

	Muy Baja, 16 - 30		Moderada, 72 - 86		Muy Alta, 128 - 142
	Muy Baja, 30 - 44		Moderada, 86 - 100		Muy Alta, 142 - 156
	Baja, 44 - 58		Alta, 100 - 114		Masas de agua superficial
	Baja, 58 - 72		Alta, 114 - 128		MSBT

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

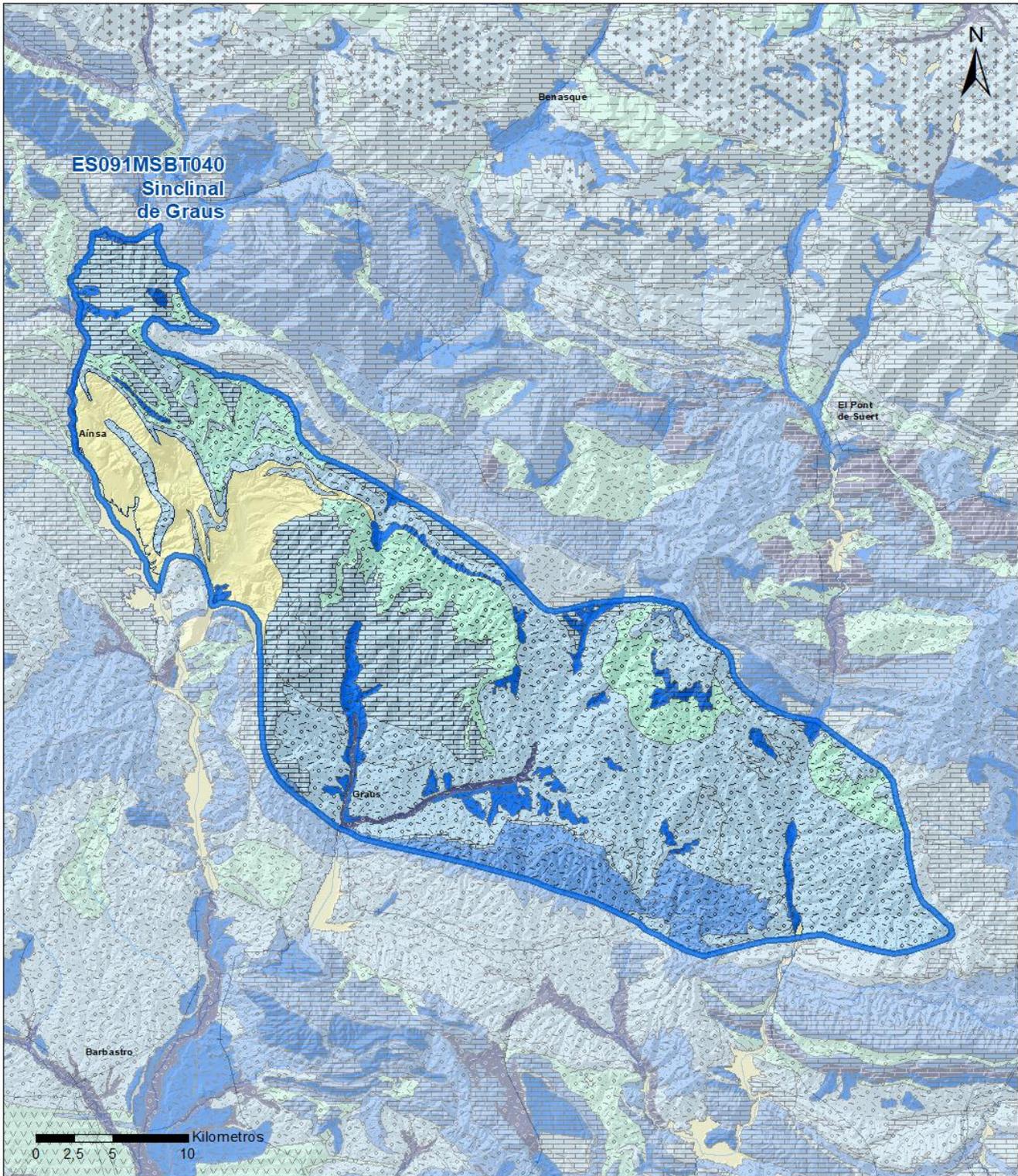
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste				SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO
Este	Abierto	Salida	Permeable	TREMP-ISONA
Sur	Abierto	Salida	Permeable	LITERA ALTA
Norte	Abierto	Salida	Permeable	COTIELLA-TURBÓN

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT de Sinclinal de Graus comparte límites principalmente con las MSBT Cotiella-Turbón (ES091MSBT037) al norte y al sur con la MSBT Litera Alta (ES091MSBT041) y al este con la MSBT Tremp-Isona (ES091MSBT038). La información sobre la naturaleza de los límites se ha consultado en las fuentes bibliográficas, ya que no se dispone de piezometría y caracterización geológica detallada para contrastar dicha información. La compleja geometría tectónica de los límites de las MSBT puede controlar la naturaleza abierta o cerrada a lo largo del límite entre las MSBT contiguas.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA

MSBT

PERMEABILIDAD

Masa de agua superficial
 MUY ALTA, DETRÍTICAS
 ALTA, DETRÍTICAS

ALTA, CARBONATADAS
 MEDIA, DETRÍTICAS
 MEDIA, CARBONATADAS

BAJA, DETRÍTICAS
 BAJA, CARBONATADAS
 MUY BAJA, DETRÍTICAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Areniscas Eoceno	Areniscas y limolitas	Baja	Paleógeno	Eoceno	200-300	341
Calizas Oligoceno	Calizas, localmente con lutitas	Baja	Paleógeno	Oligoceno		117
Cuaternario Aluvial	Gravas, arenas y limos	Media-Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	6	169

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Areniscas Eoceno	341	32,40	Libre		Fisuración	Eoceno
Calizas del Oligoceno	117	11,10	Libre		Fisuración	Calizas Oligoceno
Cuaternario Aluvial	169	16,00	Libre		Intergranular	Cuaternario

Descripción general:

La mayor parte de la extensión de esta masa de agua está cubierta materiales del Terciario de baja permeabilidad, correspondientes al Eoceno y Oligoceno y tiene 3 acuífero identificados. El principal acuífero es el Ac. Areniscas del Eoceno, formado por areniscas de grano fino-medio que se alternan con niveles de lutitas margosas y limolitas y ocupa 32,4 % de la superficie de la MSBT. Estos materiales pueden adquirir localmente mejores cualidades hidrodinámicas debido a la alteración superficial, constituyendo en este caso un acuífero epitelial de carácter libre y con una permeabilidad media por porosidad secundaria. En el sector más occidental, en la zona del anticlinal de Mediano, afloran unas calizas de edad Oligoceno que pueden tener cierto interés en la medida de su grado de fisuración o carstificación (Ac. Calizas del Oligoceno). Los depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario ocupan el 16% de la MST, su desarrollo es en general muy pequeño, y se limitan a los aluviales del Ésera, Isábena y Noguera. Constituyen acuíferos de media – alta permeabilidad por porosidad intergranular.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Ac.Areniscas Eoceno	Areniscas Eoceno	Ensayo de bombeo	0,00	0,92		

Descripción general:

El número de datos sobre hidráulicos para caracterizar los diferentes acuíferos son escasos o inexistentes. Solo se dispone del ensayo de bombeo realizado en el piezómetro ubicado en Panillo-Ejep (Código IPA: 2108-4-0073), dentro del término municipal de Graus. Este piezómetro controla el Ac. Areniscas del Eoceno, formado por la alternancia de areniscas de grano fino-medio, lutitas y limolitas (Fm Capella). Los tramos aportantes se encuentran entre 248 a 297 m de profundidad, y transmisividad estimada por el método de Theis entre 0,0023 y 0,92 m²/día.

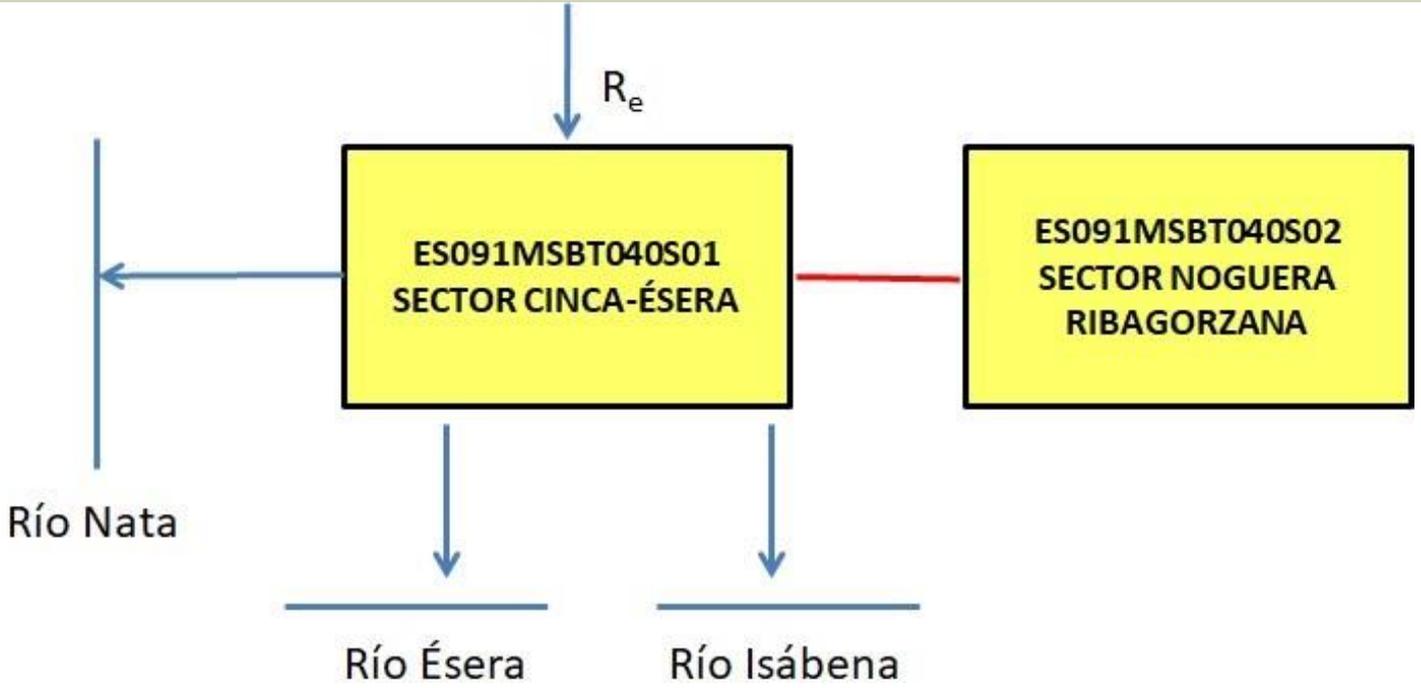
5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La mayor parte del flujo de agua subterránea está limitado a la zona de alteración superficial de los materiales de media – baja permeabilidad (Eoceno y Oligoceno) que componen esta masa de agua subterránea. Se trata por tanto de flujos subsuperficiales, cuyas direcciones están condicionadas por la topografía local, y en dirección a la red de drenaje superficial. Los exiguos aluviales presentes en el Ésera, Isábena y Noguera, tendrán una situación piezométrica ligada a la dinámica fluvial, con una dirección convergente hacia los cauces, receptores de los recursos subterráneos de esta región. La recarga se realiza por infiltración de las precipitaciones y la descarga se realiza hacia la red de drenaje superficial.

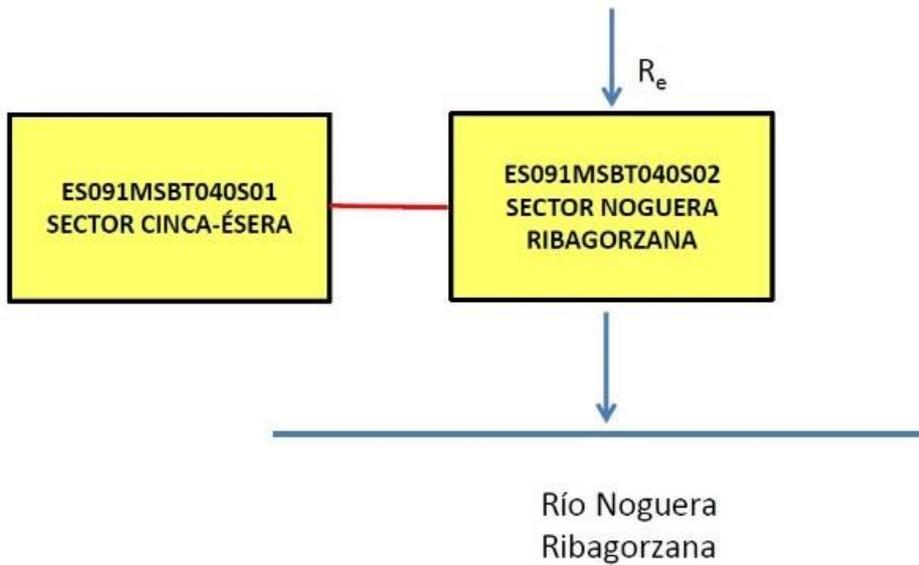
5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT040S01	Sector Cinca-Ésera
Esquema: ES091MSBT040S01	



Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT040S02	Sector Nogiera Ribagorzana
Esquema: ES091MSBT040S02	

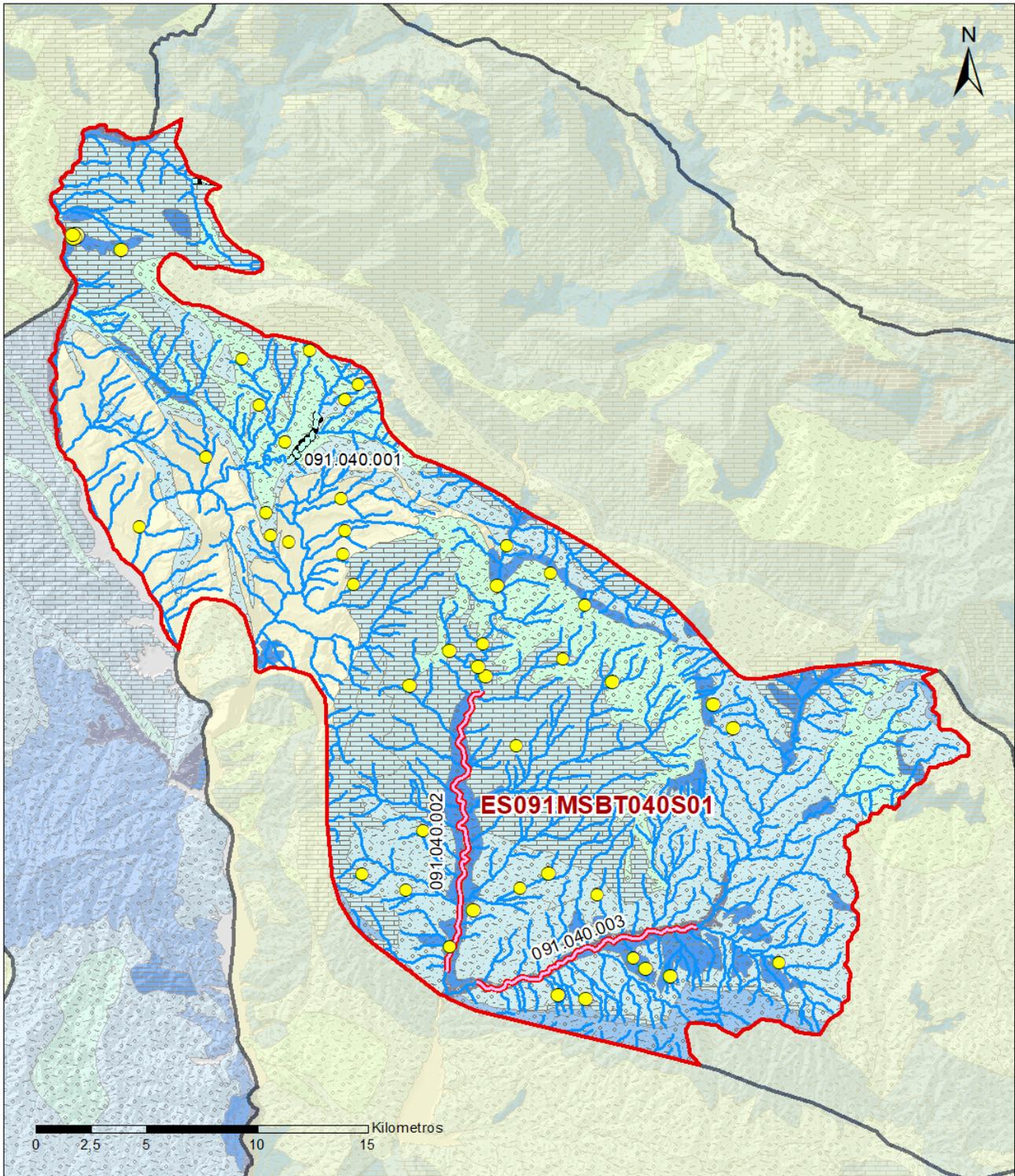


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT040S01	ES091MSPF372	Río Isábena desde el río Ceguera hasta su desembocadura en el río Ésera.	Descarga a cauce	091.040.003
ES091MSBT040S01	ES091MSPF672	Río Nata desde su nacimiento hasta la cola del Embalse de Mediano.	Descarga a manantial	091.040.001
ES091MSBT040S01	ES091MSPF679	Río Ésera desde el puente de la carretera a Aínsa hasta la estación de aforos número 13 en Graus.	Descarga a cauce	091.040.002
ES091MSBT040S02	ES091MSPF367	Río Noguera Ribagorzana desde el puente de la carretera hasta la cola del Embalse de Canelles y el retorno de la central del Puente de Montañana.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.040.004

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. α del manantial (días -1)	Caudal medio (hm ³ /año)	Rango (hm ³ /año)	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT040S01	091.040.001	830			8,01 4,86 a 11,16	10	
ES091MSBT040S01	091.040.002		0,05720			50	
ES091MSBT040S01	091.040.003		0,04920			40	
ES091MSBT040S02	091.040.004	540	0,04170	0,63		100	



LEYENDA

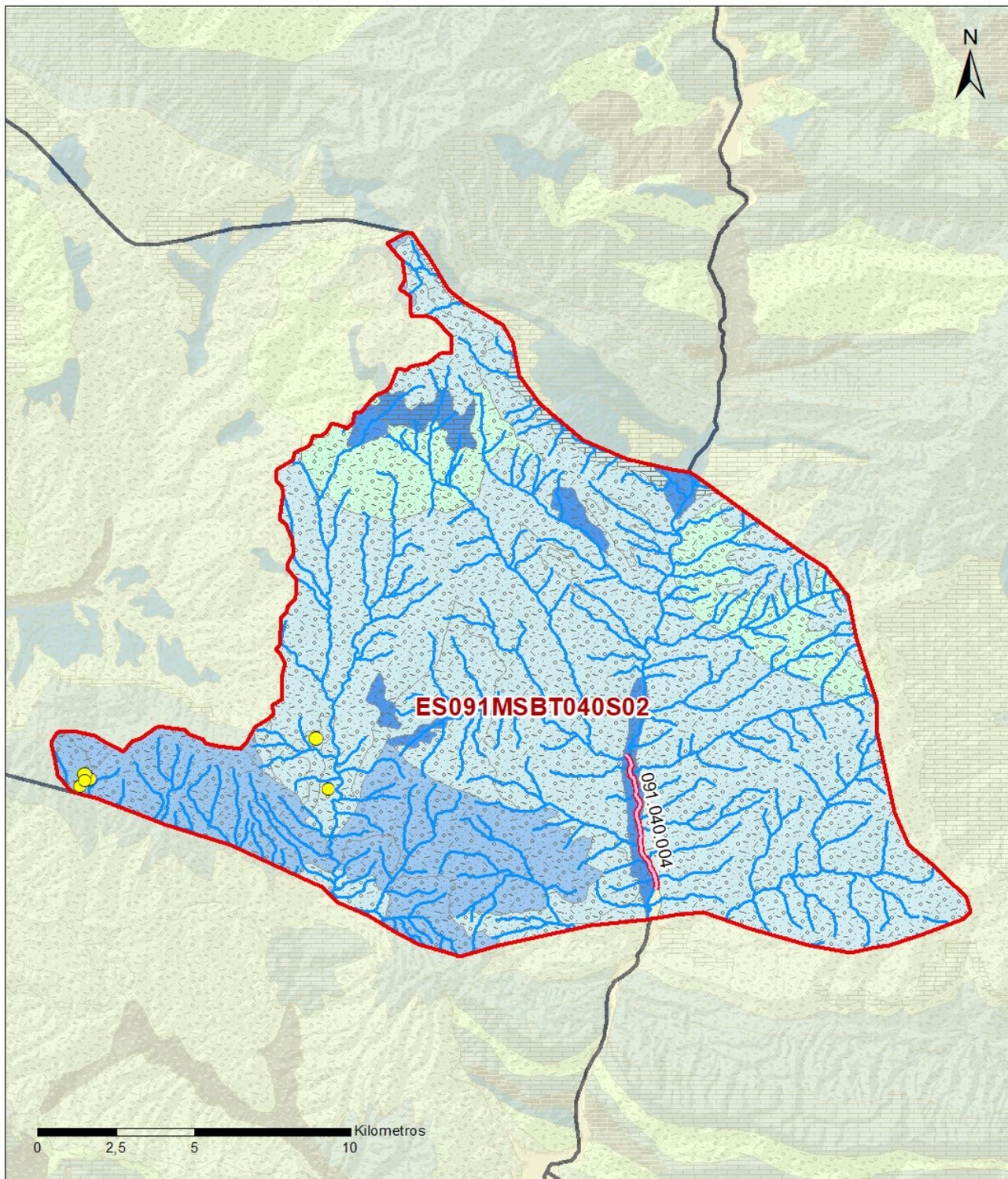
-  Recintos Hidrogeológicos
-  MSBT
-  Red hidrográfica

Manantiales

-  <math><1\text{ l/s}</math>
-  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

Relación Río-Acuífero

-  Río de régimen variable (ganador-perdedor) pero que mantiene una conexión difusa directa
-  Río ganador a favor de un grupo de manantiales asociados al cauce o a tributarios



LEYENDA

-  Recintos Hidrogeológicos
-  MSBT
-  Red hidrográfica

Manantiales

-  <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

Relación Río-Acuifero

-  Río de régimen variable (ganador-perdedor) pero que mantiene una conexión difusa directa

6.- ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

6.1 ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

6.1.1 NOMBRE, DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EDAS

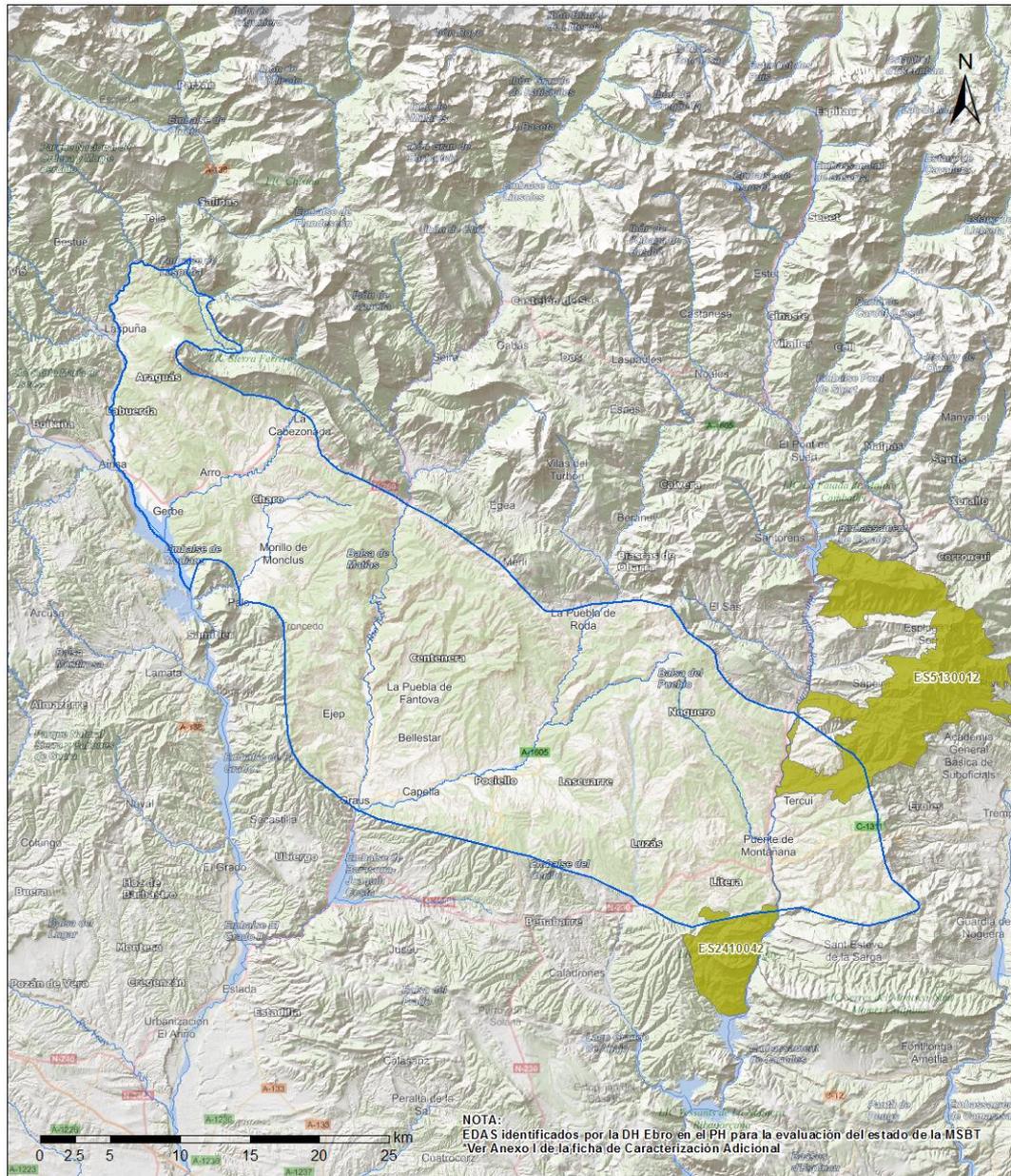
Ver Anexo 1.

6.1.2 RESUMEN DE LOS EDAS

EDAS	Nº de EDAS	Tipo y Nº de EDAS												
		T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10	T. 11	T. 12	T. 13
EAAS														
ETDAS														
EAAS/ETDAS														

6.1.3 MAPA DE EDAS

Mapa de EDAS



LEYENDA

Red Hidrográfica



MSBT ES091MSBT040
Sinclinal de Graus

SITES RN2000 (ZEC/LIC/ZEPA) con ETDAS en Mal Estado

Código SITE - Código Hábitat - Nombre Hábitat

ES2410042 | 6420 | Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion

ES5130012 | 6420 | Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion

NOTA:
EDAS identificados por la DH Ebro en el PH para la evaluación del estado de la MSBT
Ver Anexo I de la ficha de Caracterización Adicional

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

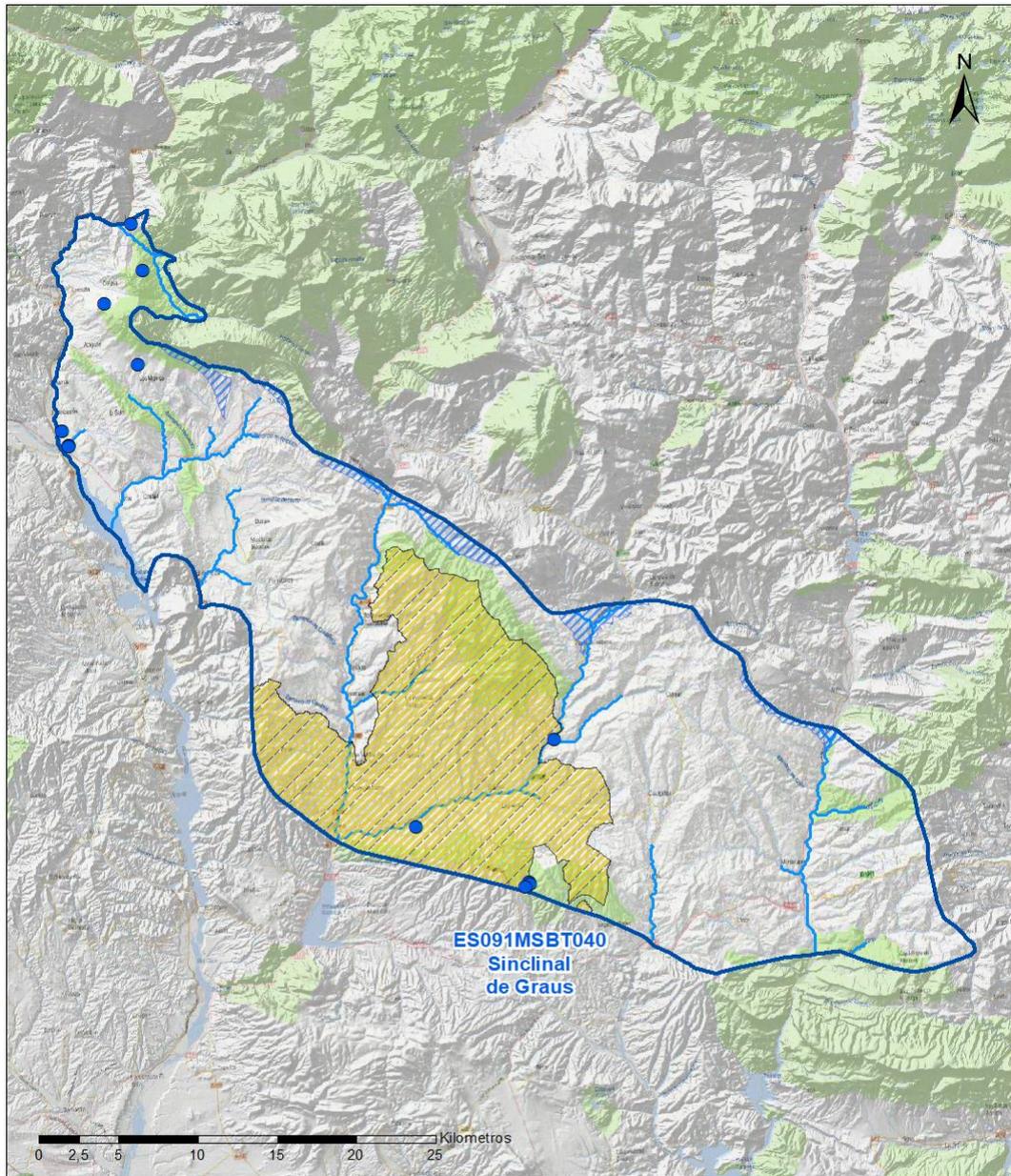
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Tipo de Zona Protegida	Nº	Geometría		Superficie total (km²)	% de la MSBT
		Punto	Polígono		
Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)	12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,04
Zonas de futura captación de agua para consumo humano	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	25	2,39
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	267	25,35
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Información más detallada acerca de las ZZPP relacionadas con las aguas subterránea se puede consultar en el Anejo 4 del Plan Hidrológico de la DH

6.2.2 MAPA DE ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mapa de Zonas protegidas



Leyenda

- Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)
- ⬭ Perímetros de protección de ZPAC
- ⬭ Zonas de Salvaguarda
- ⬭ Zonas de futura captación de agua de consumo humano
- ⬭ Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)
- ⬭ Perímetros de protección de aguas minerales y termales
- ⬭ MSBT
- ⬭ Red hidrográfica

7.- EVALUACIÓN DE RECURSOS

7.1 BALANCE HÍDRICO

7.1.1 RÉGIMEN NATURAL (RN)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm ³ /año)	Componente	Volumen (hm ³ /año)
Infiltración lluvia		Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Transf. lateral otras MSBT	
Transf. lateral otras MSBT			
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	0,00	Salidas Totales	0,00
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RN)		0,00	

7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm ³ /año)	Componente	Volumen (hm ³ /año)
Infiltración lluvia	8,49	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	1,37
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,06		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	8,55	Salidas Totales	1,37
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		7,18	

7.2 RECURSO DISPONIBLE (RD) E ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (IE)

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm ³ /año)	8,45
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	1,27
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	1,80
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	7,75
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,16

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	8,49
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	1,37
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	1,70
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	6,85
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,20

“Recurso Renovable” (RR)= Entradas (Infiltración + Recarga desde MSPF + Transf lateral a otras MSBT+ Otras entradas) - Salida (Transf lateral a otras MSBT)
 “Recurso Disponible” (RD)= Recurso Renovable (RR)-Necesidad Ambiental (NA)+ Retorno de Riego

7.3 RECARGA ARTIFICIAL

7.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La masa no cuenta con ninguna instalación para la recarga artificial de acuíferos

7.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RECARGA ARTIFICIAL

8.- PIEZOMETRÍA

8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

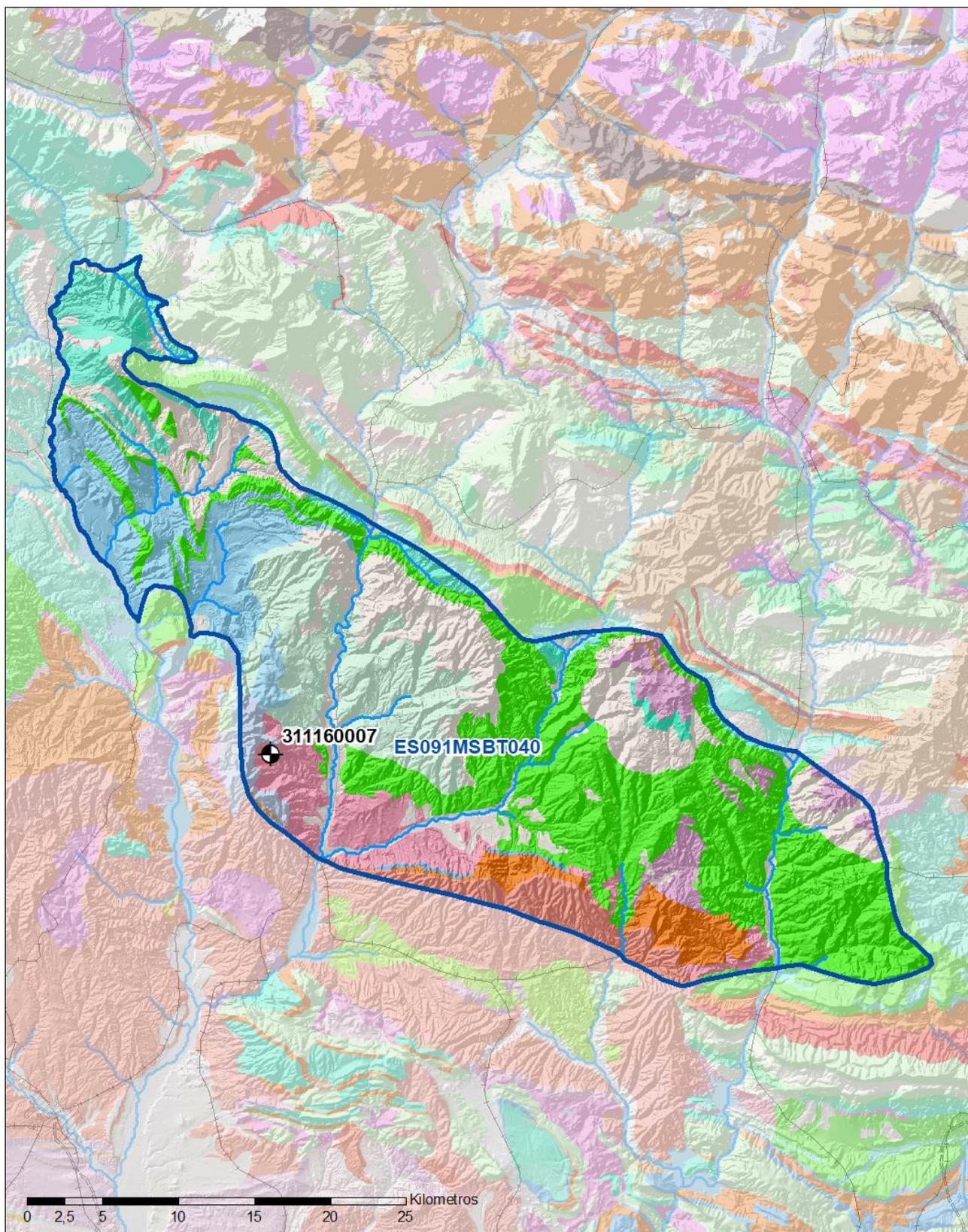
Código punto	Tipo	UTM (ETRS89-H30)		FGP/Acuífero	Inicio muestreo	Nivel de Ref. (m s.n.m.)	Nivel Umbral (m s.n.m.)	Prof. (m)	Cota (m s.n.m.)	Programa de control		
		X	Y							NP	CM	MT
311160007	Piezometría	772.589	4.682.737		03/07/2010			300,0	818	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.1.1 AMPLIACIÓN DE LA RED DE CONTROL (Piezómetros en ejecución y manantiales)

Código punto	Tipo	UTM (ETRS89-H30)		Cota (m s.n.m.)	Prof. (m)	FGP/Acuífero	Plazo de Ejecución	Programa de control		
		X	Y					NP	CM	MT
090.300.002a	Piezómetro	780.245	4.679.909	624	200,0	Conglomerados y areniscas en paleocanales y lutitas	2021-2023	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.2 MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Localización de puntos de control



LEYENDA

-  MSBT
-  Red hidrográfica

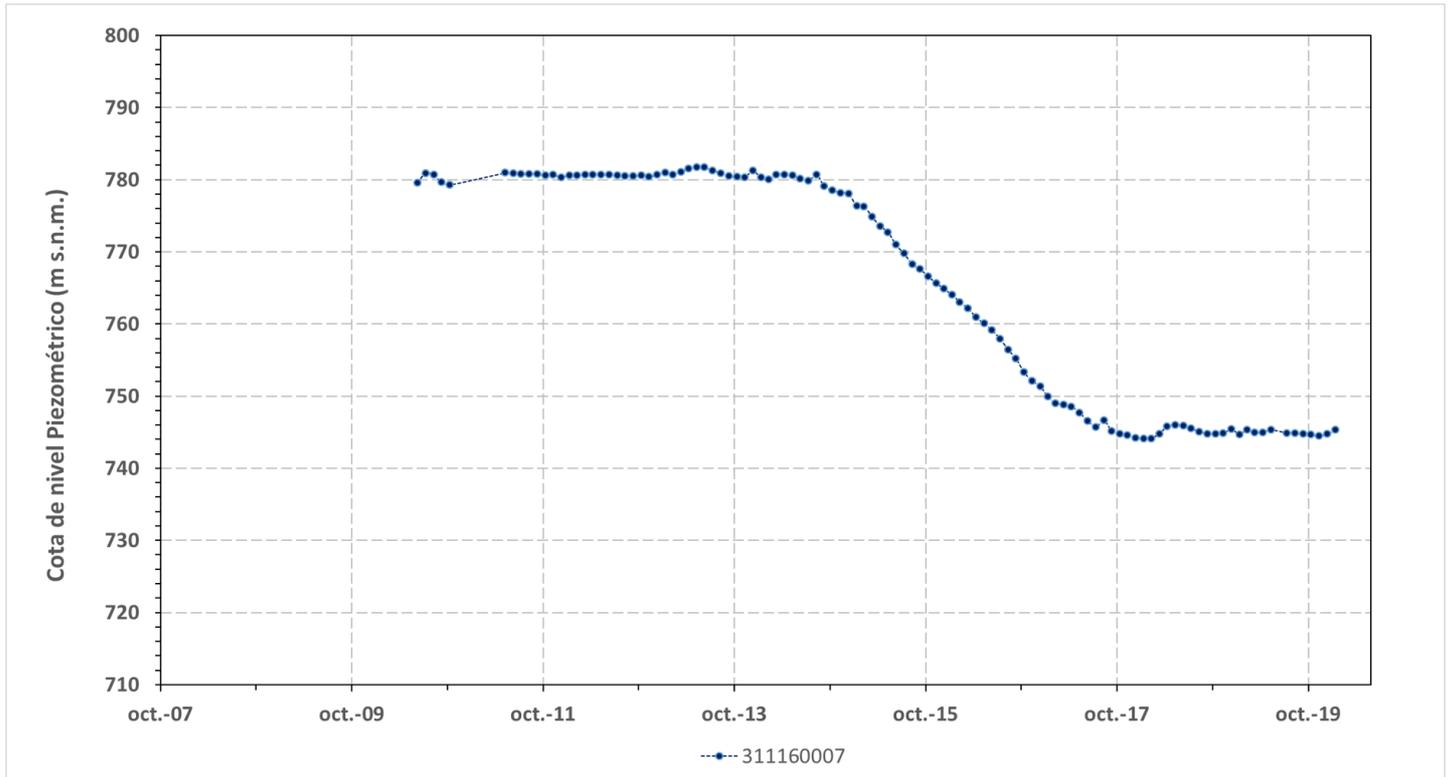
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

-  Piezometría
-  Hidrometría

8.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PIEZOMETRÍA

8.3.1. EVOLUCIÓN GENERAL DE LA PIEZOMETRÍA/HIDROMETRÍA DE LA MSBT

Gráfico de la evolución piezométrica en los puntos de control



Observaciones a la evolución general de la piezometría / hidrometría

La red de control piezométrico está constituida por un solo punto de control en el Ac. Areniscas del Eoceno (IPA 311160007), con mediciones continuas del nivel piezométrico (NP) desde el año 2010 hasta 2020 y alguna interrupción menor en la medición. En el año 2014, que hasta entonces se había mantenido estable entorno a los 780 msnm, se observa un cambio brusco, descendiendo 37 m en los siguientes cuatros años (feb-2018) y posteriormente estabilizándose entre los 742 y 746 msnm (feb-2020).

Datos Históricos de piezometría del Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo (piezómetros)

Código punto	Año inicio	Año fin	Número de datos	NP Máx. (m s.n.m.)	NP Mín. (m s.n.m.)	NP Medio (m s.n.m.)	Variación de NP	Vel. de variación NP (m/año)	FGP/Acuífero	Seleccionado
311160007	2010	2020	109	781,7	744,1	765,4	37,6	-3,43		No

8.4 EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

8.4.1 JUSTIFICACIÓN DE SELECCIÓN DE LOS PUNTOS PARA LA EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS PIEZÓMETROS SELECCIONADOS

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS MANANTIALES SELECCIONADOS

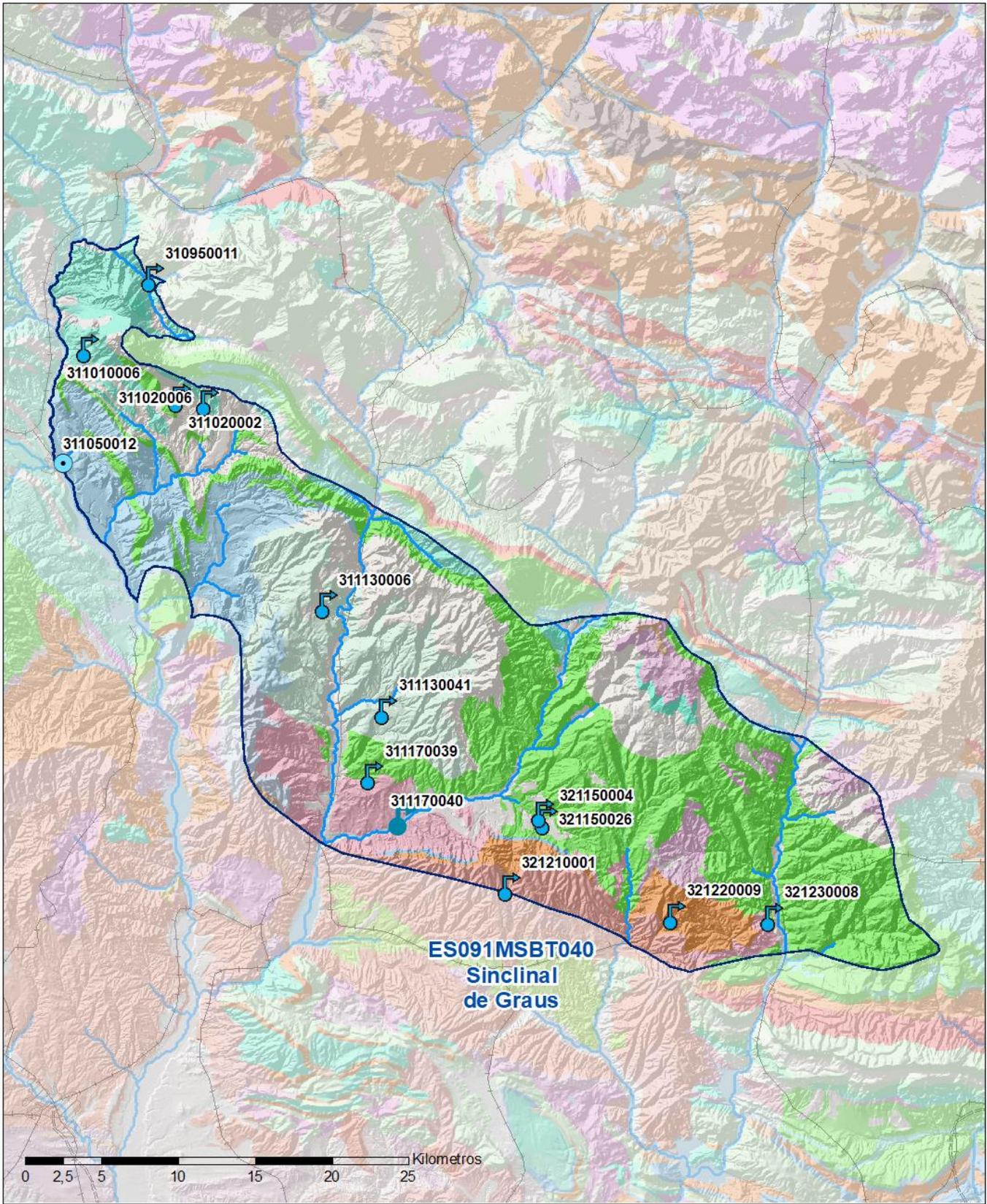
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

9.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO

Puntos de Muestreo		UTM (ETRS89-H30)		Cota (m s.n.m)	Prof. (m)	Tipo Captación	Acuífero/FGP	Fecha inicio muestreo
Código	Nombre	X	Y					
310950011	MANANTIAL DE FORNOS	764.847	4.712.979	815		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior	08/07/2002
311010006	FUENSANTA	760.632	4.708.361	857		MANANTIAL		11/09/2012
311020002	FUENTE DE MOLINIAS	766.617	4.705.116	884		MANANTIAL		12/12/2012
311020006	FUENTE DE LA SORDA	768.408	4.704.837	839		MANANTIAL		07/09/2010
311050012	SUDIERA	758.996	4.700.808	531		POZO		16/04/2007
311130006	M. BARRANCO DE LAS TRAVESERAS	776.132	4.691.539	672	0,0	MANANTIAL		13/09/2012
311130041	FUENTE DE ABAJO	780.046	4.684.603	654		MANANTIAL		08/12/2015
311170039	FUENTE DE LOS TORRENTILLOS	779.140	4.680.287	555		MANANTIAL		08/12/2015
311170040	Resume junto a la estación de aforos del Isábena	780.352	4.676.903	486		SURGENCIA		
321150004	FUENTE DEL PORTAL	790.491	4.677.348	651		MANANTIAL		29/02/2012
321150026	Fuente Santini	790.223	4.677.864	628		MANANTIAL		18/12/2013
321210001	FUENTE DEL CAMINO	788.031	4.672.979	935		MANANTIAL		13/12/2007
321220009	MANANTIAL BCO DE LAS ARTIGAS	798.804	4.671.123	827		MANANTIAL		29/02/2012
321230008	FUENTE DE LLASERA	805.131	4.671.017	528		MANANTIAL		29/02/2012

Puntos de Muestreo Código	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS		
310950011	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311010006	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Abastecimientos urbanos
311020002	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311020006	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311050012	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311130006	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311130041	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311170039	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
311170040	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
321150004	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
321150026	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
321210001	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Abastecimientos urbanos
321220009	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
321230008	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SURGENCIA

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

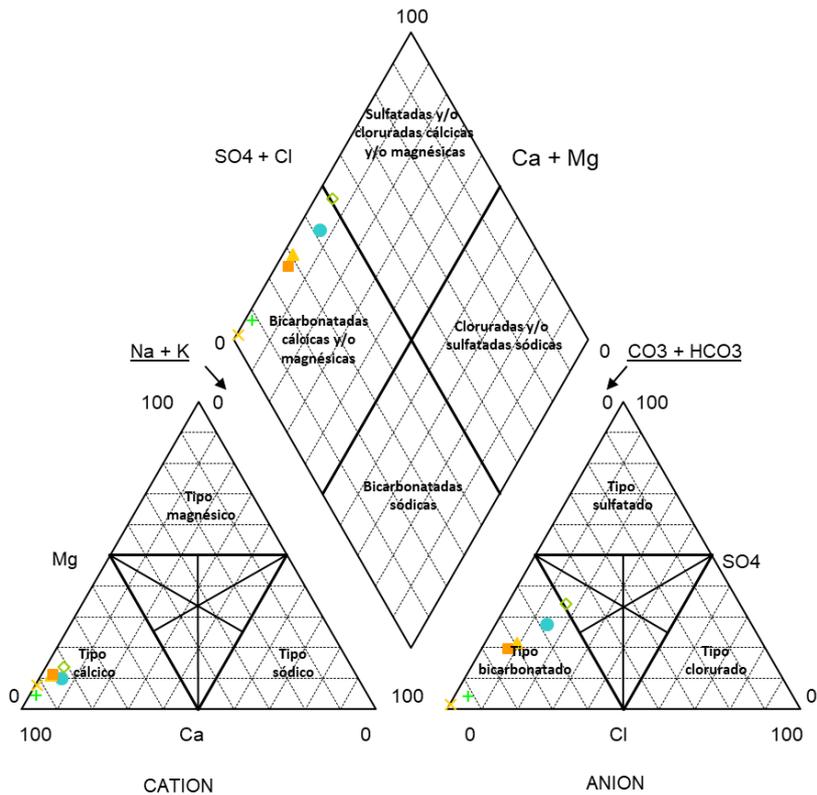
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facie Hidrogeoquímica
311010006	Manantial en gravas, arenas y arcillas(Ac Cuaternario Aluvial)	Bicarbonatada cálcica
311050012	Gravas, arenas y arcillas (Ac. Cuaternario Aluvial)	Bicarbonatada cálcica
311170039	Manantial en areniscas y lutitas (Ac. Areniscas Eoceno)	Bicarbonatada sulfatada cálcica
321150026	Manantial en areniscas y lutitas (Ac. Areniscas Eoceno)	Bicarbonatada sulfatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Sinclinal de Graus (2019)



● 311130041	◇ 311170039	▲ 321150004
■ 321150026	× 311020006(2017)	+ 321210001(2017)

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 311010006

Sinclinal de Graus_311010006 (2016)

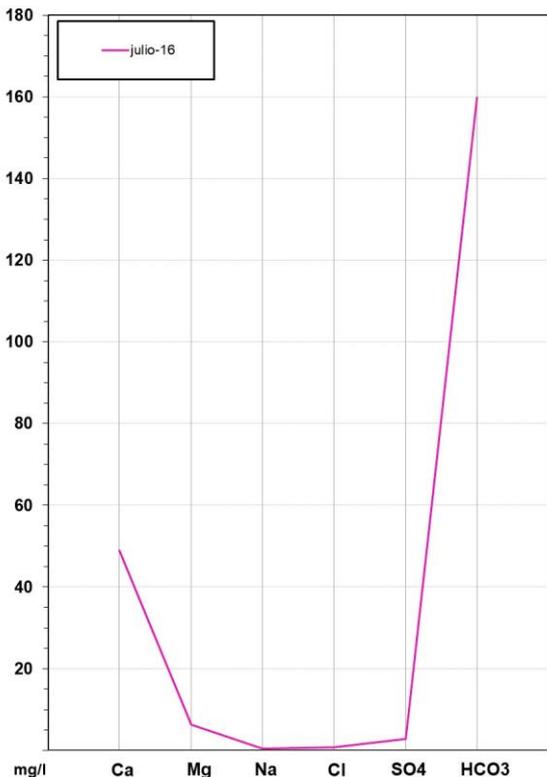


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 311050012

Sinclinal de Graus_311050012 (2015-2016)

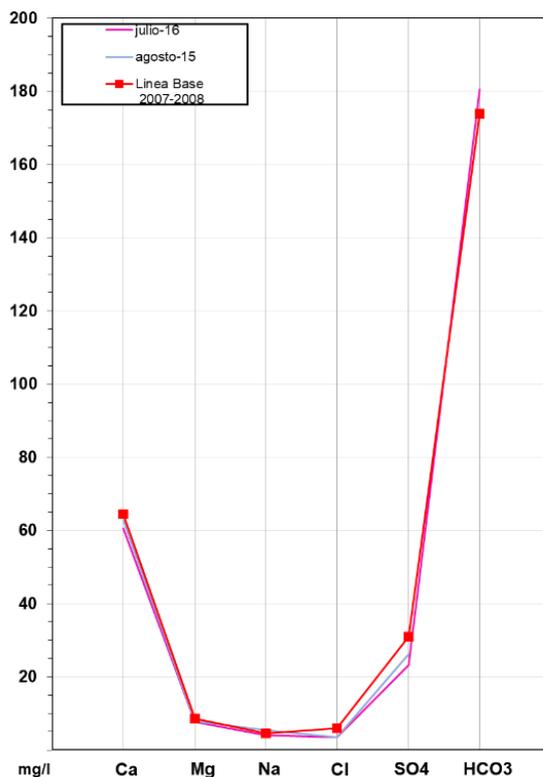


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 311170039

Sinclinal de Graus_311170039 (2015-2019)

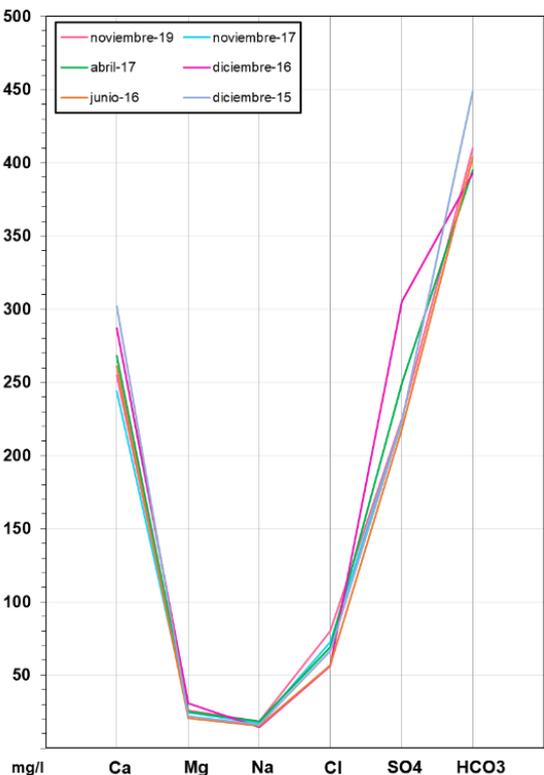
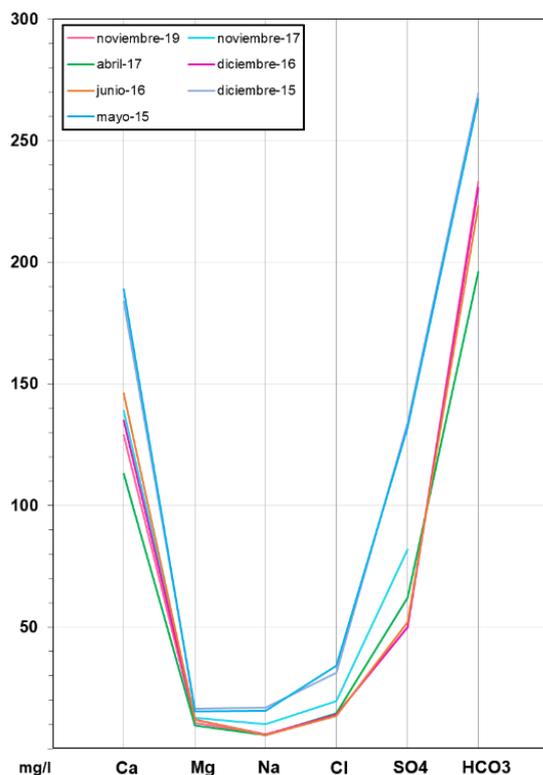


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 321150026

Sinclinal de Graus_321150026 (2015-2019)

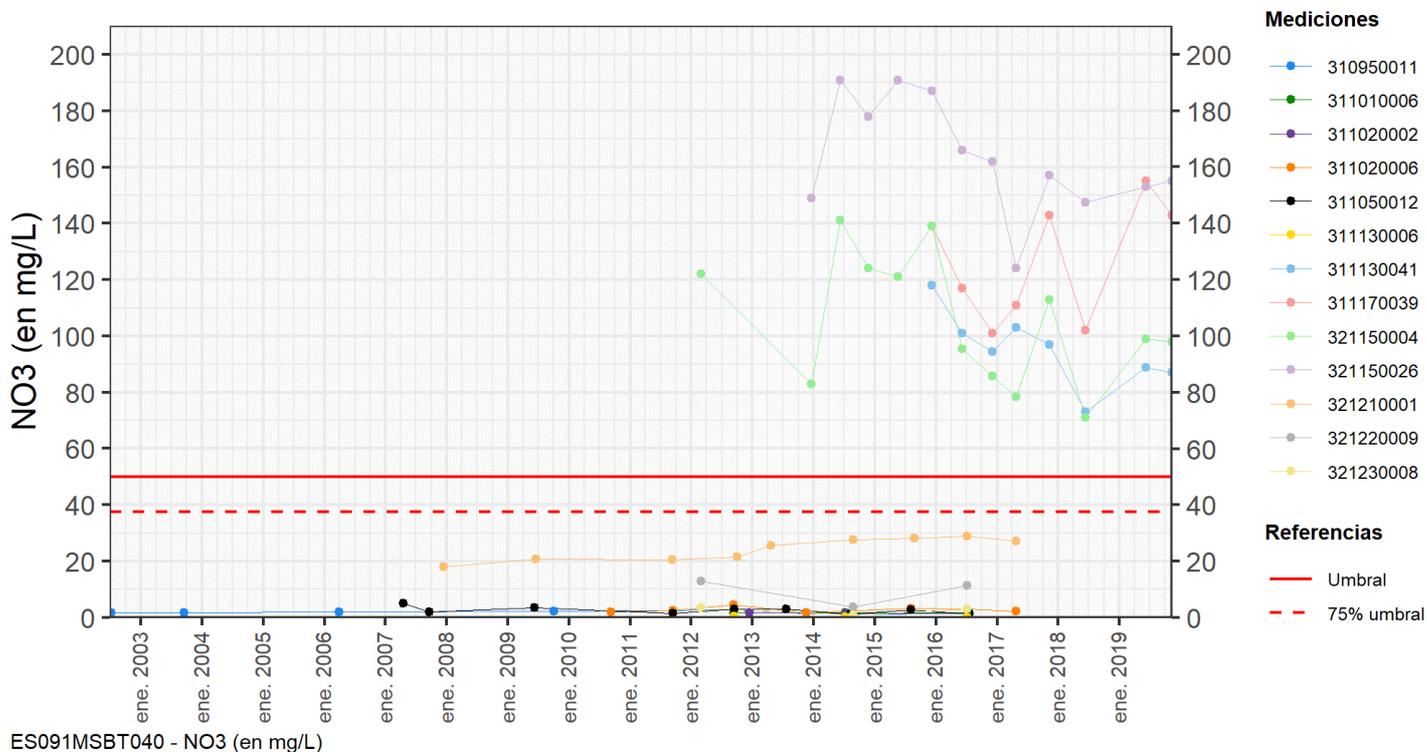


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

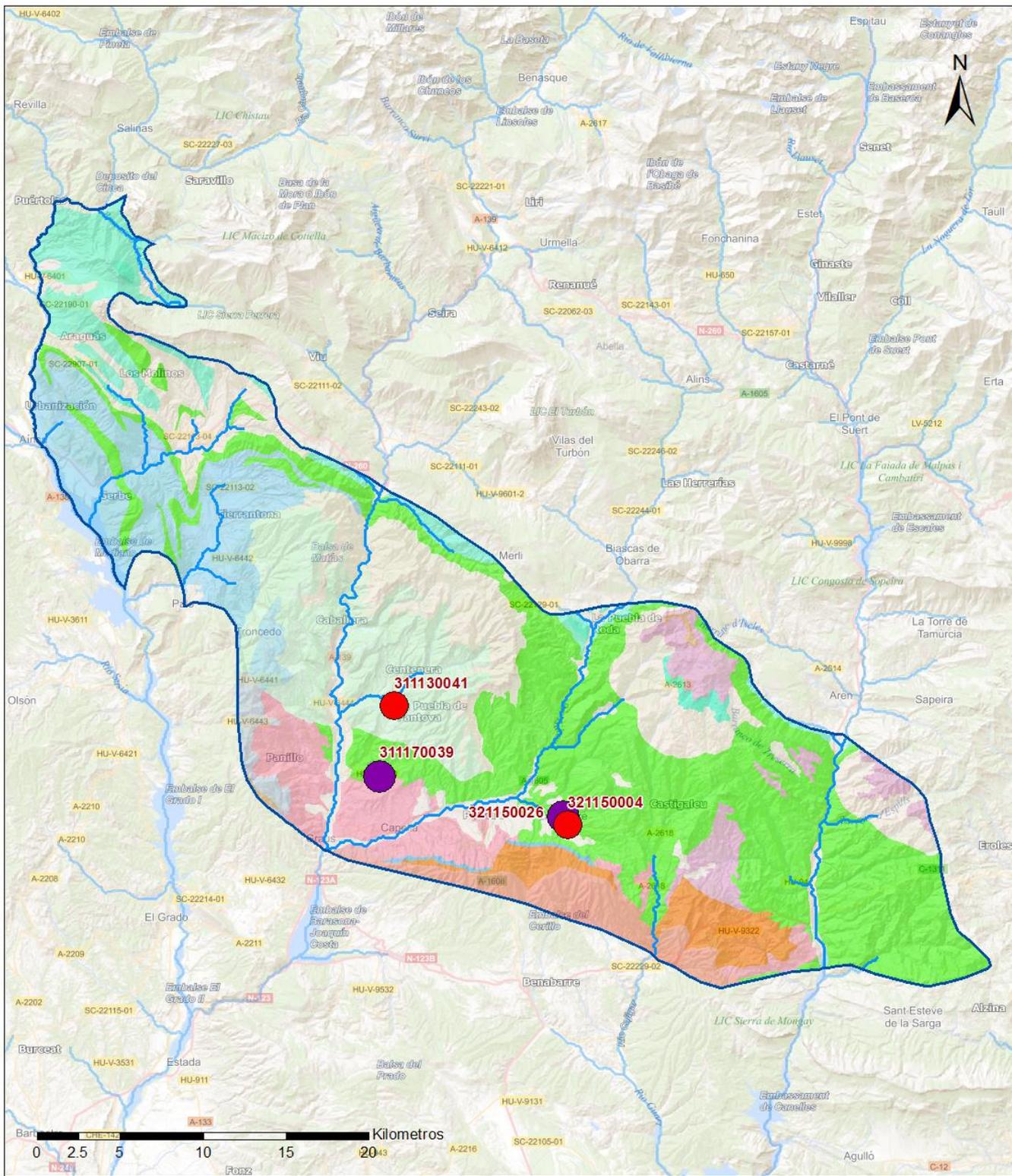
Parámetro	Unidad	Nivel Referencia (NR)	Uso/Receptor	Valor criterio	Valor umbral/Norma de calidad
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L				50,00

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº	Nitrato (NO ₃ ⁻)
Gráficas de Evolución		



Mapa de distribución actual



LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrogràfica
- ES091MSBT040
- Sinclinal de Graus

NITRATOS (mg/l) 2019

-  0 - 10
-  10 - 25
-  25 - 50
-  50 - 100
-  > 100

Norma de Calidad: 50 mg/l

Concentraci3n Natural de Nitratos en las Aguas Subterràneas < 10 mg/l

EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

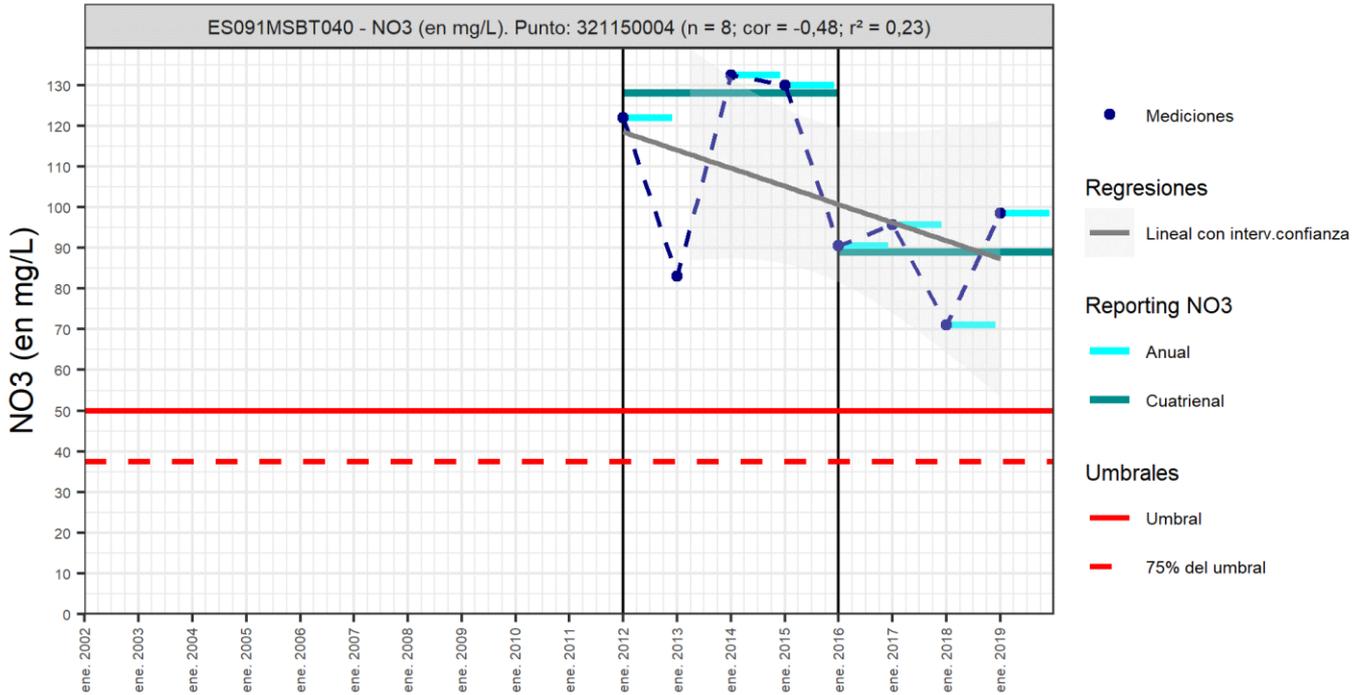
Selección de puntos para evaluación de tendencias

Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitrato corresponden a los reportados en el informe cuatrienal 2016-2019 y forman parte de la red de nitratos. Todos los puntos tienen una serie histórica con un número mayor de 8 datos anuales para evaluar la tendencia por método básico de regresión lineal y avanzado de Test-Mann Kendall. Los puntos seleccionados corresponden a 3 manantiales (IPA_321150004, IPA_321150026, IPA_321210001) y ubicados en el acuífero formado por las areniscas del Eoceno y calizas margosas del Oligoceno.

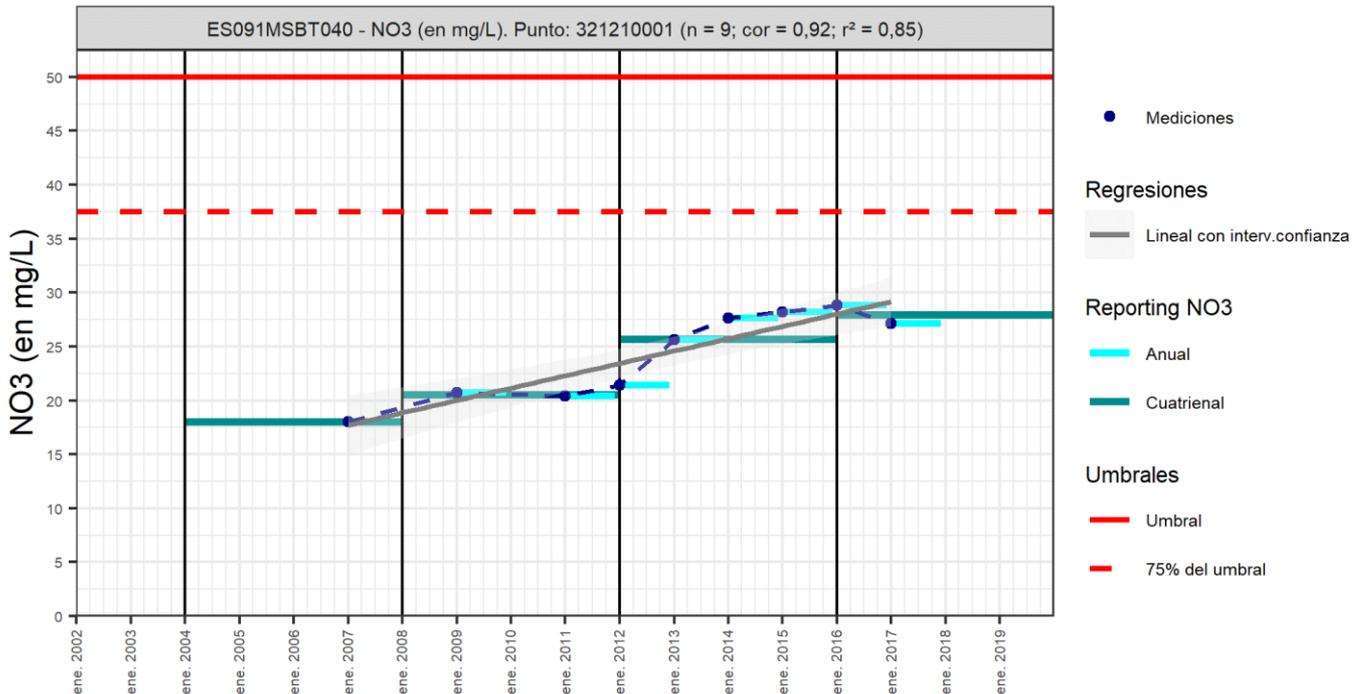
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO₃⁻)

Código Punto 321150004



Código Punto 321210001



Análisis de tendencias

El análisis de tendencia en la concentración de nitrato se ha realizado en dos puntos seleccionados de la red control, mediante el método de regresión simple y el estadístico avanzado de Mann-Kendall. La serie histórica de medición, en algunos puntos se inicia en 2002 y es a partir de 2007 cuando se incrementan las mediciones de NO₃ en la red de control, obteniéndose series de datos anuales con una longitud > 8 datos anuales. Excepto el punto IPA_321150026, cuya serie de datos no cumple la longitud mínima de 8 datos anuales, pero sí tiene valores de tercer (2012-2015) y cuarto cuatrienio (2016-2019). Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal con valores de R² > 0,6 muestran que la correlación es alta (IPA_321210001), cuando R² < 0,3 indica que la correlación es baja (IPA_321150004, IPA_321150026), debido a la heterogeneidad de los datos, por lo que es necesario el análisis según el test de Mann-Kendall y pendiente de Sen (Sen's Slope). El análisis estadístico de las series históricas

anuales permite identificar una tendencia química en el nitrato de evolución creciente y estadísticamente significativa con un valor 99,5% (clasificación muy buena) en el punto IPA_321210001. En el punto IPA_321150004, aunque se observa una disminución en la concentración en nitrato (Sen's Slope), no puede identificarse una tendencia decreciente significativa aceptable siendo su valor GS< de 90% (tendencia dudosa). Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son significativas en los puntos IPA_321150000, IPA_321150026), con disminución en la concentración de 39,2 y 35, 2 mg/L respectivamente y en el punto IPA_321210001 un ligero aumento de 2,3 mg/L.

Resultados del análisis de tendencias						Nitrato (NO ₃ ⁻)					
Código Punto	Unidad	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	N test	Valor Mín.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC./ V.Umbral
321150004	mg/L	Histórica	2012	2019	Anual	8	9	71,10	132,50		37,50
321210001	mg/L	Histórica	2007	2016		9	9	18,00	28,80		37,50

Resultados del análisis de tendencias							
Código Punto	Método estadístico						
	Regresión Lineal Simple				Test de Mann-Kendall		
	R2	Tendencia	NCF Cualitativa	Tend.	p-value	GS (%)	NCF Cuantitativa
321150004	0,23000	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	5,40E-01	46,40	MEDIO
321210001	0,85000	Ascendente	ALTO	Ascendente	4,80E-03	99,50	ALTO

Resultado análisis de tendencias Informe Cuatrienal: Nitratos (NO ₃ ⁼) en mg/L													
Código Punto	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	Valor Min.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC (mg/L)	3º	4º	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
										Cuatrenio (2012-2015)	Cuatrenio (2016-2019)		
321150004	Histórica	2012	2019	Cuatrenial	2	89,00	128,20		37,50	128,00	89,00	-39,20	Descendente
321210001	Histórica	2004	2019	Cuatrenial	4	18,00	28,00		37,50	28,00	26,00	2,30	Ascendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea ES091MSBT040 Sinclinal de Graus con 1.055 km² de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma de Aragón (90,7%) y el resto se integra en las C.C.A.A de Cataluña. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Sinclinal de Tremp en la zona nororiental de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se sitúa entre las poblaciones de Laspuña al oeste y Claramunt al este, siendo Graus el municipio con mayor porcentaje y población sobre la MSBT.

La MSBT Sinclinal de Graus se ubica en el ámbito geoestructural Pirineos Vasco Cantábrico, y localmente en la cuenca de Tremp-Graus. Se caracteriza por un sistema imbricado de cabalgamientos en dirección E-O y vergencia S, las láminas de cabalgamiento corresponden a las formaciones calcáreas del Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno inferior. El nivel de despegue regional se instala sobre las facies margo evaporíticas del Keuper, constituye el sustrato impermeable y en ocasiones aflora en el NO de la MSBT.

Dentro de la cuenca Graus-Sinclinal de Tremp, la sedimentación de los surcos turbidíticos del Eoceno (Ilerdiense inferior) y sus coetáneos marinos someros y continentales, así como la distribución de las facies dentro de ellos, está controlada por la geometría de las láminas de cabalgamiento que provocó la división de la cuenca en diferentes depocentros. La MSBT del Sinclinal de Graus se encuentra en el depocentro de Graús separado por el Anticlinal de Mediano del de Ainsa. Su estructura consiste en un gran sinclinal con inmersión hacia el O. Junto al río Cinca, el anticlinal de Mediano limita estos materiales con el flysch de la cuenca de Jaca.

Los materiales que afloran en la MSBT corresponden a la serie turbidítica eocena que fosiliza el sistema de cabalgamientos de las Sierras Marginales, constituida por margas y depósitos de arenas con intercalaciones de conglomerados, areniscas y arcillas. En menor medida aparecen areniscas, conglomerados, lutitas y margas del Oligoceno y depósitos cuaternarios de deyección, coluviales y fluvio-glaciares.

La red fluvial la constituyen ríos principales y sus afluentes: el río Cinca con sus afluentes por la margen izquierda Cinqueta, Irués y Nata, Ésera y sus afluentes Villacarlí y Ceguera, y el río Isábena y Noguera. Los depósitos cuaternarios están asociados a esta red fluvial, en forma de aluviales y coluviales, están constituidos por gravas, arenas y limos.

Las características hidrogeológicas y edafológicas del acuífero, clasificado como detrítico-mixto, le confieren grado de vulnerabilidad intrínseco a la contaminación según el método DRASTIC reducido (Min= Grado 1; Max= Grado 10) grado muy bajo - bajo al 57,2 % y moderado-alto al 31,9 % de la superficie de la MSBT Sinclinal de Graus.

La MSBT de Sinclinal de Graus comparte límites principalmente con las MSBT Cotiella-Turbón (ES091MSBT037) al norte, con la MSBT Litera Alta (ES091MSBT041) al sur, y al este con la MSBT Tremp-Isona (ES091MSBT038). La información sobre la naturaleza de los límites se ha consultado en las fuentes bibliográficas, ya que no se dispone de piezometría y caracterización geológica detallada para contrastar dicha información. La compleja geometría tectónica de los límites de las MSBT puede controlar la naturaleza abierta o cerrada a lo largo del límite entre las MSBT contiguas.

La mayor parte de la extensión de la MSBT de agua está cubierta por materiales del Terciario de baja permeabilidad, correspondientes al Eoceno y Oligoceno y los depósitos cuaternarios asociados a la red fluvial. El número de acuíferos definidos en estos materiales son tres que se describen a continuación. El principal acuífero es el *Ac. Areniscas del Eoceno*, formado por areniscas de grano fino-medio que se alternan con niveles de lutitas margosas y limolitas, ocupa 32,4 % de la superficie de la MSBT. Estos materiales pueden adquirir localmente mejores cualidades hidrodinámicas debido a la alteración superficial, constituyendo en este caso un acuífero epitelial de carácter libre y con una permeabilidad media por porosidad secundaria. En el sector más occidental, en la zona del anticlinal de Mediano, afloran las calizas de edad Oligoceno, que pueden tener cierto interés en la medida de su grado de fisuración o carstificación formando el *Ac. Calizas del Oligoceno*. Los depósitos aluviales y coluviales forman el *Ac. Cuaternario Aluvial* ocupan el 16% de la MSTB, su desarrollo es en general muy pequeño, y se limitan a los aluviales del Ésera, Isábena y Noguera. Constituyen acuíferos de media – alta permeabilidad por porosidad intergranular.

El número de datos sobre hidráulicos para caracterizar los diferentes acuíferos son escasos o inexistentes. Solo se dispone del ensayo de bombeo realizado en el piezómetro ubicado en Panillo-Ejep (Código IPA: 2108-4-0073), dentro del término municipal de Graus. Este piezómetro controla el *Ac. Areniscas del Eoceno*, formado por la alternancia de areniscas de grano fino-medio, lutitas y limolitas (Fm Capella). Los tramos aportantes se encuentran entre 248 a 297 m de profundidad, y transmisividad estimada por el método de Theis entre 0,0023 y 0,92 m²/día.

La mayor parte del flujo de agua subterránea en la MSBT está limitado a la zona de alteración superficial de los materiales de media – baja permeabilidad (Eoceno y Oligoceno) que componen esta masa de agua subterránea. Se trata por tanto de flujos subsuperficiales, cuyas direcciones están condicionadas por la topografía local, y en dirección a la red de drenaje superficial. Los exiguos aluviales presentes en el Ésera, Isábena y Noguera, tendrán una situación piezométrica ligada a la dinámica fluvial, con una dirección convergente hacia los cauces, receptores de los recursos subterráneos de esta región. La recarga se realiza por infiltración de las precipitaciones y la descarga se realiza hacia la red de drenaje superficial.

En la MSBT se han identificado dos recintos hidrogeológicos correspondientes al Sector Cinca-Ésera (ES091MSBT040S01) en el que las masas de agua superficial asociadas son río Nata, Ésera e Isábena; y el recinto ES091MSBT040S02 con las MSPF asociadas del río Noguera Ribagorzana.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron, para la MSBT Sinclinal de Graus, unos recursos disponibles de 6,85 hm³/año, sobre unos recursos renovables de 8,5 hm³/año. La salida de agua subterránea más importante se corresponde con las extracciones por bombeo que se estimaron en 1,37 hm³/año, lo que tiene como consecuencia que el índice de explotación de esta masa sea de 0,20.

La red de control piezométrico está constituida por cuatro piezómetros (IPA_210980095, IPA_211030368, IPA_211040344, IPA_211040542) ubicados en el Ac. Cuaternario Aluvial, presenta medidas de profundidad del nivel piezométrico desde el año 1985 a 2019, con un valor de NP medio que varían entre 502,1 a 643,4 msnm. En general, la piezometría se muestra estable en todos los puntos de control, no se observan variaciones interanuales importantes, el rango de variación del NP entre máximos y mínimos varía entre 1,7 a 8,3 m.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene 14 puntos de control: 13 manantiales y 1 pozo. Las características generales físico-químicas de la MSBT corresponden a un agua ligeramente ácida a básica, con valores pH que varía entre 6,2 a 8,2. Los valores de conductividad eléctrica varían entre 160 y 1.540 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 567 µS/cm, se consideran aguas naturales poco mineralizadas y dulces (< 2000 µS/cm Custodio y Llamas, 1983). La concentración en mg/L de Ca CO₃ varía entre 81,3 y 883 mg/L, por lo que la dureza del agua puede ser variable entre blanda a muy dura, dependiendo del sector en la masa.

La facie hidrogeoquímica dominante es el tipo Ca-HCO₃ representativa en manantiales y pozo del acuífero Cuaternario Aluvial (IPA_311010006, IPA_311050012), y que evoluciona al tipo mixto Ca-HCO₃-SO₄ en el acuífero de las Areniscas del Eoceno, debido a la presencia de sulfato en concentraciones elevadas en algunos puntos (IPA_311170039, IPA_32115002) entre 140 y 300 mg/L (Diagramas de columnas). La frecuencia de muestreo durante el periodo 2015-2019 fue irregular, algunos puntos tienen muestreo semestral pero no todos, se observa que no hay evolución química significativa, excepto las debidas a los muestreos de invierno y verano por efecto de la recarga, ni respecto a la Línea Base 2007-2008 (IPA_311050012).

La masa de agua subterránea está en riesgo químico probable de no alcanzar los objetivos medioambientales por la concentración en nitrato, debido principalmente a la contaminación difusa por la actividad ganaderas. Otros componentes de tipo orgánico, que tienen un impacto químico probable en la MSBT, son hidrocarburo de petróleo cuyo origen se encuentra en emplazamientos puntuales con suelos contaminados.

La contaminación difusa por la actividad ganadera se manifiesta con concentraciones elevadas de nitrato en algunos puntos de las MSBT, afectando a una parte de los manantiales que forman parte de la red de control. La concentración de nitrato en la serie histórica varía en un rango entre 1 y 194 mg/L, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 44,4 mg/L que no supera los 50 mg/L establecidos en la Norma de Calidad. La gráfica de evolución, en la que se representa la red de control químico, muestra la heterogeneidad en la distribución, puntos con elevadas concentraciones en nitrato entre 80 y 190 mg/L y otros con valores < a 10 mg/L.

El análisis de tendencia en la concentración de nitrato se ha realizado en dos puntos seleccionados de la red control, mediante el método de regresión simple y el estadístico avanzando de Mann –Kendall. La serie histórica de medición, en algunos puntos se inicia en 2002 y es a partir de 2007 cuando se incrementan las mediciones de nitrato en la red de control, obteniéndose series de datos anuales con una longitud > 8 datos anuales. Excepto el punto IPA_321150026, cuya serie de datos no cumple la longitud mínima de 8 datos anuales, pero sí tiene valores de tercer (2012-2015) y cuarto cuatrienio (2016-2019).

Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal con valores de R² >0,6 muestran que la correlación es alta (IPA_321210001), cuando R² < 0,3 indica que la correlación es baja (IPA_321150004, IPA_321150026), debido a la heterogeneidad de los datos, por lo que es necesario el análisis según el test de Mann-Kendall y pendiente de *Sen* (*Sen's Slope*).

El análisis estadístico de las series históricas anuales permite identificar una tendencia química en el nitrato de evolución creciente y estadísticamente significativa con un valor 99,5% (clasificación muy buena) en el punto IPA_321210001. En el punto IPA_321150004, aunque se observa una disminución en la concentración en nitrato (*Sen's Slope*), no puede identificarse una tendencia decreciente significativa aceptable siendo su valor GS< de 90% (tendencia dudosa).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son significativas en los puntos IPA_32115000, IPA_321150026), con disminución en la concentración de 39,2 y 35, 2 mg/L respectivamente y en el punto IPA_321210001 un ligero aumento de 2,3 mg/L.

11.- PLAN DE ACCIÓN

El objeto del Plan de Acción en las fichas de Caracterización Adicional pretende orientar los trabajos necesarios para impulsar las necesidades de mejora del conocimiento en materia de aguas subterráneas que han sido detectadas. La Ley de Cambio Climático y Transición Energética, bajo el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), señala la necesidad de abordar desde la planificación hidrológica estudios específicos de adaptación a los efectos del cambio climático a escala de cada demarcación hidrográfica. También, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia contempla, como uno de sus ejes, el impulso a la modelización numérica y digital del ciclo hidrológico.

Resultado del trabajo de Caracterización Adicional en las MSBT en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales, y detectadas las necesidades en cada una de ellas, se propone una serie de actuaciones prioritarias de acuerdo a sus características hidrogeológicas y tipología de presiones e impactos.

Actividad	
A01	TRATAMIENTO DE DATOS E INFORMACIÓN DE CARACTERIZACIÓN
	Subactividad/Herramienta
	S01 Recopilación y análisis de antecedentes <input checked="" type="checkbox"/>
	S02 Diseño y creación del sistema de almacenamiento de la información <input checked="" type="checkbox"/>
	S03 Inventario de puntos de agua en gabinete y diseño de campañas de campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S04 Inventario de puntos de agua en campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S05 Recopilación y/o Generación de coberturas y Creación de proyecto SIG y Base de Datos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A02	ESTUDIOS GEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S06 Prospección geofísica (diseño, realización e interpretación) <input type="checkbox"/>
	S07 Realización de sondeos de reconocimiento <input checked="" type="checkbox"/>
	S08 Cartografía Geológica <input type="checkbox"/>
	S09 Generación de cortes geológicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S10 Estudios estructurales <input checked="" type="checkbox"/>
	S11 Informe geológico <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A03	ESTUDIO DE LA ZONA NO SATURADA
	Subactividad/Herramienta
	S12 Diseño de estrategia de investigación de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S13 Ensayos y recogida de muestras en campo y análisis en laboratorio. Aplicación de métodos de investigación directos. <input checked="" type="checkbox"/>
	S14 Estimación de parámetros de la ZNS a través de métodos indirectos. <input checked="" type="checkbox"/>
	S15 Modelización de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S16 Diseño y creación de un sistema de almacenamiento de la información de los parámetros de la ZNS <input checked="" type="checkbox"/>
	S17 Planteamiento de los estudios de vulnerabilidad <input checked="" type="checkbox"/>
	S18 Métodos de estimación de la vulnerabilidad <input checked="" type="checkbox"/>
	S19 Generación de mapas de vulnerabilidad y análisis de datos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A04	ESTUDIO DE LA PIEZOMETRÍA
	Subactividad/Herramienta
	S20 Diseño de campañas de piezometría e hidrometría <input checked="" type="checkbox"/>
	S21 Realización de campañas de piezometría e hidrometría. Interpretación de resultados (Isopiezas). <input checked="" type="checkbox"/>
	S22 Análisis de series termopluviométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S23 Análisis de tendencias piezométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S24 Situación piezométrica en condiciones naturales <input checked="" type="checkbox"/>
	S25 Informe de situación piezométrica <input checked="" type="checkbox"/>
	S26 Estudio de los flujos profundos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos <input checked="" type="checkbox"/>

Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S28 Realización de sondeos hidrogeológicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S29 Análisis granulométricos <input checked="" type="checkbox"/>
	S30 Ejecución e interpretación de ensayos de bombeo <input checked="" type="checkbox"/>
	S31 Diseño, ejecución e interpretación de ensayos de permeabilidad en sondeos <input checked="" type="checkbox"/>
	S32 Análisis y definición de detalle de las FGP y los acuíferos dentro de las MSBT <input type="checkbox"/>
Actividad	
A06	ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA
	Subactividad/Herramienta
	S33 Diseño de campañas de muestreo y solicitud de permisos <input checked="" type="checkbox"/>
	S34 Realización de campañas de muestreo <input checked="" type="checkbox"/>
	S35 Analíticas hidrogeoquímicas <input checked="" type="checkbox"/>
	S36 Analíticas isotópicas <input checked="" type="checkbox"/>
	S37 Análisis, interpretación y caracterización hidrogeoquímica <input checked="" type="checkbox"/>
	S38 Análisis de tendencias hidrogeoquímicas <input checked="" type="checkbox"/>
	S39 Determinación del Nivel de Referencia o Nivel de Fondo <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A07	ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN PUNTUAL
	Subactividad/Herramienta
	S40 Diseño del plan de actuaciones <input type="checkbox"/>
	S41 Trabajos de campo y análisis de muestras en emplazamientos contaminados <input type="checkbox"/>
	S42 Elaboración de perfiles geológicos e hidrogeológicos a escala de emplazamiento <input type="checkbox"/>
	S43 Análisis de la contaminación vs oscilación del nivel freático <input type="checkbox"/>
	S44 Análisis de tendencia de contaminantes <input type="checkbox"/>
	S45 Modelo conceptual del emplazamiento contaminado <input type="checkbox"/>
	S46 Estudio de viabilidad y remediación de acuíferos <input type="checkbox"/>
Actividad	
A08	ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA
	Subactividad/Herramienta
	S47 Campañas de muestreo <input checked="" type="checkbox"/>
	S48 Construcción de puntos de control <input checked="" type="checkbox"/>
	S49 Análisis hidroquímicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S50 Análisis isotópicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S51 Interpretación de resultados <input checked="" type="checkbox"/>
	S52 Análisis de tendencias de nitrato <input checked="" type="checkbox"/>
	S53 Estudios de atenuación natural de la contaminación difusa dentro del acuífero <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A09	ESTIMACIÓN DE LA RECARGA
	Subactividad/Herramienta
	S54 Estimación de la recarga por métodos directos: instalación de lisímetros o infiltrómetros <input type="checkbox"/>
	S55 Estimación de la recarga por métodos de balance hídrico <input type="checkbox"/>
	S56 Estimación de la recarga por Métodos Hidrodinámicos (Ley de Darcy) <input type="checkbox"/>
	S57 Estimación de la recarga por métodos hidroquímicos o de trazadores <input type="checkbox"/>
	S58 Estimación de la recarga por otros métodos <input type="checkbox"/>
Actividad	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
	Subactividad/Herramienta
	S59 Cuantificación de la relación río-acuífero. Tratamiento y análisis de datos hidrométricos y foronómicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S60 Identificación y validación de EDAS <input checked="" type="checkbox"/>
	S61 Diseño y realización de campañas campo en EDAS <input checked="" type="checkbox"/>

Actividad	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
Subactividad/Herramienta	
S62	Caracterización hidrodinámica de EDAS <input checked="" type="checkbox"/>
S63	Caracterización hidrogeoquímica de EDAS <input checked="" type="checkbox"/>
S64	Estudios de contaminación de EDAS <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A11	ANÁLISIS Y DIAGNOSIS DE LAS REDES DE MONITOREO. PROPUESTAS DE MEJORA
Subactividad/Herramienta	
S65	Análisis y Diagnóstico de las redes de estado cuantitativo <input checked="" type="checkbox"/>
S66	Análisis y Diagnóstico de las redes de estado químico <input checked="" type="checkbox"/>
S67	Propuestas de mejora y ampliación de las redes. Proyectos constructivos/condicionamiento/rehabilitación <input checked="" type="checkbox"/>
S68	Determinación del peso de los puntos de muestreo de los PDS para la mejora en la aplicación de la evaluación de estado <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A12	MODELIZACIÓN GEOLÓGICA 3D
Subactividad/Herramienta	
S69	Procesado y Parametrización de la información geológica: modelo conceptual geológico <input checked="" type="checkbox"/>
S70	Elaboración Modelo Geológico 3D <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A13	MODELIZACIÓN DE FLUJO SUBTERRÁNEO
Subactividad/Herramienta	
S71	Procesado y Parametrización de la información hidrogeológica: modelo conceptual hidrogeológico <input checked="" type="checkbox"/>
S72	Elaboración del Modelo de Flujo <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A14	MODELIZACIÓN DE TRANSPORTE DE REACTIVOS Y SOLUTOS
Subactividad/Herramienta	
S73	Procesado y Parametrización de la información hidrogeoquímica: modelo conceptual hidrogeoquímico <input checked="" type="checkbox"/>
S74	Elaboración del Modelo hidrogeoquímico <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A15	MODELOS DE GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)
Subactividad/Herramienta	
S75	Procesado y Parametrización de la información <input type="checkbox"/>
S76	Elaboración Modelo Uso Conjunto <input type="checkbox"/>
Actividad	
A16	EVALUACIÓN DEL RECURSO DISPONIBLE Y RESERVAS
Subactividad/Herramienta	
S77	Situación actual RD y Reservas <input checked="" type="checkbox"/>
S78	Evolución RD y Reservas según diferentes escenarios de recarga <input checked="" type="checkbox"/>
S79	Evolución RD y Reservas según diferentes escenarios de presiones <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A17	GEOTERMIA E HIDROTHERMALISMO
Subactividad/Herramienta	
S80	Geotermia <input type="checkbox"/>
S81	Hidrotermalismo <input type="checkbox"/>
Actividad	
A18	IDENTIFICACIÓN DE INTRUSIÓN MARINA
Subactividad/Herramienta	
<input type="checkbox"/>	
Actividad	
A19	ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO
Subactividad/Herramienta	
S82	Diseño específico de estrategias de seguimiento y análisis hidrogeológico para evaluación de medidas o repercusiones del cambio climático <input type="checkbox"/>

Actividad	
A19	ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO
Subactividad/Herramienta	
S83	Diseño específico de estrategias de análisis de respuesta de los sistemas acuíferos ante diversas alternativas de gestión <input type="checkbox"/>

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la ES091MSBT040 Sinclinal de Graús:

Tratamiento de datos e información de caracterización: se consideran trabajos necesarios para valorar el alcance final, planificación y ejecución de cada una de las distintas actividades propuestas.

Estudios geológicos: se plantea la generación de cortes geológicos que se ajusten a los límites y geometría de la MSBT, fundamentales para abordar los modelos conceptuales y el desarrollo de modelos 3D. En algunas zonas puede ser necesario la perforación de algún sondeo de reconocimiento geológico y estudio estructural.

Zona no saturada y vulnerabilidad: los estudios de mejora del conocimiento de la zona no saturada definen los principales parámetros que condicionan la entrada y transporte de contaminantes hasta alcanzar el nivel freático. Se trata de una MSBT en la que se ha identificado contaminación difusa por nitrato. La realización de estos trabajos va a permitir conocer el volumen y dispersión de estos contaminantes en la ZNS, cuantificar la capacidad de atenuación natural que presenta esta zona. Además, en estas MSBT se plantean estudios de vulnerabilidad.

Estudios piezométricos: corresponden a uno de los aspectos hidrogeológicos básicos para comprender el funcionamiento hidrodinámico de esta MSBT. La generación de isopiezas de forma generalizada y continuada en el tiempo a escala de MSBT se considera una actividad prioritaria de cara a la consecución de los siguientes objetivos: conocer la situación piezométrica actual y comprobar periódicamente su evolución, lo que refleja si existe o no la necesidad de adoptar medidas de protección, y su ubicación; constituir un instrumento de calibración para las propias redes oficiales, facilitando la toma de decisiones (puntos de la red representativos, se captan niveles localizados o colgados, etc.), así como mejorar el nivel de confianza en la evaluación del estado cuantitativo; y proporcionar información básica para la calibración de modelos numéricos y su correcta implementación de forma que se puedan abordar escenarios predictivos.

Definición de acuíferos y parámetros hidrogeológicos: en esta MSBT se detecta falta de información respecto a la determinación de los parámetros hidráulicos en los dos acuíferos identificados, por lo que se propone mejorar la obtención de los parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Estos trabajos constituyen uno de las principales entradas en el desarrollo de modelos numéricos, tanto el número de datos como su distribución en el espacio influyen directamente en una mejor y más fiable aproximación a la realidad.

Estudios de caracterización hidrogeoquímica: se efectuarán analíticas distribuidas y posterior interpretación de datos para la mejora del modelo conceptual en las MSBT. También la realización de "barridos" para identificar impactos previamente no detectados. Además, como apoyo a los trabajos de planificación hidrológica, se pretende desarrollar un sistema estandarizado para la mejora del análisis de tendencias en todas las MSBT, así como su vinculación automatizada con NABIA. Por último, en aquellas MSBT con carencias de información, se efectuarán estudios para la determinación de niveles de fondo.

Estudios de contaminación difusa: la MSBT se encuentra en riesgo químico por contaminación difusa por nitrato que afecta a manantiales en la Puebla de Fantova, Bellestar y Lascuarre. Se trata de una contaminación que suele afectar amplias zonas donde, en ocasiones, resulta difícil determinar su origen y alcance. En este sentido se plantea, como mejora del conocimiento, estudios específicos que permitan determinar la tridimensionalidad de la dinámica de progreso de esta contaminación y su evolución en el tiempo. Para ello se plantean campañas específicas de muestreo, la construcción de puntos de control específicos en caso de ser necesarios, estudios isotópicos y estudios de atenuación natural.

Relación río acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS: se han establecido unos candidatos a EDAS y se proponen trabajos para su identificación/validación (incluyendo trabajos de campo), así como trabajos para su caracterización y estimación de sus necesidades ambientales. Se han identificado dos ETDAS de la RN2000 (Sierra de Mongay y Vall Alta de Serradell - Serra de Sant Gervàs) en mal estado de conservación, por lo que sería conveniente el estudio de su afección y su relación con las aguas subterráneas (cantidad y calidad).

Análisis y diagnóstico de las redes de monitoreo. Propuestas de mejora: Con el fin de mejorar la evaluación del estado de las MSBT e incrementar el nivel de confianza (NCF), se considera imprescindible el análisis y diagnóstico de las redes de muestreo. Estos trabajos permiten conocer el grado de representatividad que tienen tanto los puntos de control, como las propias redes. En base a los resultados de este análisis y diagnóstico de las redes y sus puntos, se podrán efectuar propuestas de mejora para el cumplimiento de los objetivos específicos de cada una de estas redes.

Modelización geológica 3D: Dado el interés, y con el objetivo de impulsar la modelización numérica como herramienta para la gestión del recurso hídrico, se propone como prioritario en todas las MSBT la mejora del modelo geológico 3D que sirva como base para la generación o mejora de modelos de flujo subterráneo, en el caso de que hubiera antecedentes de modelación numérica.

Modelización de flujo subterráneo: en esta MSBT se plantea crear un modelo de flujo subterráneo que permita establecer reglas y escenarios de gestión y evaluar con mayor exactitud los recursos disponibles a medio y largo plazo, y frente al cambio climático.

Modelización de transporte de reactivos y solutos: se propone crear un modelo de transporte que permita comprender el origen y la causa de las variaciones espaciales y temporales, así como definir la dimensión de la contaminación detectada en el o los acuíferos, así como plantear escenarios para la mejora de la gestión y facilitar la toma de decisiones (reducir presiones en zonas concretas, etc.).

Evaluación del recurso disponible y reservas: Con el apoyo de trabajos previos o actividades planteadas previamente (cálculo de necesidades ambientales en EDAS, mejora de valores obtenidos de recarga, determinación de reservas a partir de modelos geológicos, etc.) se cuantificará el recurso disponible y reservas de la MSBT. Una vez calibrados los modelos numéricos se podrán efectuar simulaciones y análisis según distintos escenarios, tanto de recarga como de presiones y mejorar la planificación y gestión de los recursos hídricos subterráneos en la MSBT.

El conocimiento adquirido en cada una de las actividades aquí propuestas irá acompañada de divulgación social, con el objetivo de desarrollar la formación y la cultura en materia de aguas subterráneas. Para ello se realizarán, acorde a la naturaleza de la actividad y público receptor, jornadas formativas, publicaciones de artículos científicos, difusión en redes sociales, conferencias, exposiciones etc.

12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHE(1998) Delimitación de Unidades Hidrogeológicas del Ebro(www.chebro.es).
- CHE (1999) Base de datos IPA. Oficina de Planificación Hidrológica del Ebro
- CHE() Fichas de caracterización de las masas de agua subterránea en Información de Planificación Hidrológica de la CHE (www.chebro.es).
- CHE (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Segundo ciclo de planificación: 2015 – 2021. Memoria y anejos.
- CHE (2019). Documentos iniciales: programa, calendario, estudio general sobre la demarcación y fórmulas de consulta. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Revisión de tercer ciclo de planificación (2021-2027). Memoria y anejos.
- DGA (2012). Diagnóstico de las estaciones de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias, construidas y operativas antes del año 2.002. Apoyo Técnico a la Confederación Hidrográfica del Ebro. Memoria y anejos.
- DGA (2020). Guía metodológica para la determinación de las necesidades ambientales asociadas a los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas. En: *Actuaciones para gestión de las aguas subterráneas y los ecosistemas asociados ante el impacto del cambio climático*. Plan PIMA ADAPTA 2017.
- DGA (2020). Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas. Secretaría de estado de medio ambiente, Dirección General del Agua. Versión 2, julio 2020.
- DGA (2010). 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 091 Ebro, Dominio del Sinclinal de Tremp, Masa de agua subterránea 090.040 Sinclinal de Graus. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.
- IGME, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias masas detríticas y mixtas. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Madrid
- IGME, DGA (2019). Fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de la demarcación hidrográfica del Ebro para su implementación en el modelo simpa. En: Encomienda de gestión para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre demarcaciones hidrográficas.
- MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número229, Gobierno de España.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT040 - SINCLINAL DE GRAUS

Código espacio RN2000	Nombre espacio RN2000	Tipo RN2000	Código hábitat	Nombre hábitat dependiente de aguas subterráneas	Grado conservación
ES5130012	Vall Alta de Serradell - Serra de Sant Gervàs	ZEC/ZEPA	6420	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion	C
ES2410042	Sierra de Mongay	LIC	6420	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion	C

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT040 - SINCLINAL DE GRAUS

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O ₂ (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	µS/cm	mg/L	mg/L O ₂	mg/L CaCO ₃	mg/L CaCO ₃
Código Punto	310950011						
Valor							
Máx.	12,9	8	193	11,80	<LQ	<LQ	114,0
Mín.	7,0	7	160	9,40	<LQ	<LQ	107,0
P50	8,3	8	166	9,70	<LQ	<LQ	110,5
N reg.	6	6	5	7	3		2
Código Punto	311010006						
Valor							
Máx.	13,7	8	242	10,10	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	12,6	8	226	9,30	<LQ	<LQ	<LQ
P50	13,1	8	234	9,30	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		
Código Punto	311020002						
Valor							
Máx.	13,4	7	344	9,70	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	10,3	7	286	9,00	<LQ	<LQ	<LQ
P50	11,9	7	315	9,20	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		
Código Punto	311020006						
Valor							
Máx.	12,4	8	281	10,40	0,9	<LQ	144,0
Mín.	9,2	8	201	8,10	<LQ	<LQ	142,0
P50	11,9	8	235	9,10	<LQ	<LQ	143,0
N reg.	5	5	6	7	4		2
Código Punto	311050012						
Valor							
Máx.	15,8	8	392	10,60	0,7	<LQ	167,0
Mín.	13,0	6	314	5,30	<LQ	<LQ	162,0
P50	14,4	7	331	7,60	<LQ	<LQ	164,5
N reg.	7	8	6	9	6		2
Código Punto	311130006						
Valor							
Máx.	19,2	8	387	9,10	2,1	<LQ	<LQ
Mín.	16,4	8	328	7,20	1,5	<LQ	<LQ
P50	17,8	8	358	7,70	1,8	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		
Código Punto	311130041						
Valor							
Máx.	15,2	8	1.340	10,60	0,8	<LQ	278,0
Mín.	8,3	7	935	4,80	<LQ	<LQ	278,0
P50	13,4	8	1.098	7,45	0,6	<LQ	278,0
N reg.	5	3	8	8	5		1
Código Punto	311170039						
Valor							
Máx.	14,2	7	1.540	10,20	1,0	<LQ	321,0
Mín.	10,9	7	1.128	7,40	<LQ	<LQ	321,0
P50	13,9	7	1.312	8,80	0,6	<LQ	321,0
N reg.	5	3	8	8	5		1
Código Punto	311170040						
Valor							

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O ₂ (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	μS/cm	mg/L	mg/L O ₂	mg/L CaCO ₃	mg/L CaCO ₃
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.							
Código Punto	321150004						
Valor							
Máx.	18,4	7	1.143	14,40	0,6	<LQ	284,0
Mín.	7,0	7	752	4,80	<LQ	<LQ	284,0
P50	12,6	7	958	9,50	<LQ	<LQ	284,0
N reg.	8	6	11	13	8		1
Código Punto	321150026						
Valor							
Máx.	17,2	8	1.167	10,60	1,1	<LQ	198,0
Mín.	11,2	8	653	6,90	<LQ	<LQ	198,0
P50	13,9	8	844	9,70	<LQ	<LQ	198,0
N reg.	6	5	10	11	7		1
Código Punto	321210001						
Valor							
Máx.	14,6	7	513	11,00	0,6	<LQ	225,0
Mín.	8,5	7	408	6,80	<LQ	<LQ	220,0
P50	13,5	7	461	8,30	<LQ	<LQ	222,5
N reg.	7	7	7	9	6		2
Código Punto	321220009						
Valor							
Máx.	17,9	8	483	11,80	0,7	<LQ	<LQ
Mín.	8,6	7	391	4,40	0,6	<LQ	<LQ
P50	13,3	7	437	6,90	0,7	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		
Código Punto	321230008						
Valor							
Máx.	21,8	7	674	8,40	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	11,2	7	598	6,30	<LQ	<LQ	<LQ
P50	16,5	7	636	7,30	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		

Nota: Los valores <LQ corresponden a valores por debajo Límite Cuantificación (LQ).

Parámetro	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	310950011								
Valor									
Máx.	139,1	<LQ	0,64	10,0	2,7	<LQ	<LQ	0,6	0,3
Mín.	88,0	<LQ	<LQ	3,0	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	108,6	<LQ	<LQ	4,8	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,1
N reg.	7	6	7	7	7	2	2	7	7
Código Punto	311010006								
Valor									
Máx.	163,5	<LQ	0,77	3,0	1,8	<LQ	<LQ	0,4	0,2
Mín.	127,0	<LQ	0,65	2,8	1,7	<LQ	<LQ	0,3	<LQ
P50	159,8	<LQ	0,71	2,9	1,7	<LQ	<LQ	0,4	0,1
N reg.	3	3	3	3	3			3	3
Código Punto	311020002								
Valor									

Parámetro	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	311020002								
Valor									
Máx.	215,9	<LQ	1,09	4,9	1,6	<LQ	<LQ	1,0	0,6
Mín.	173,0	<LQ	0,57	4,1	1,4	<LQ	<LQ	0,5	0,1
P50	211,1	<LQ	0,96	4,8	1,4	<LQ	<LQ	0,7	0,2
N reg.	3	3	3	3	3			3	3
Código Punto	311020006								
Valor									
Máx.	166,1	<LQ	0,74	4,0	4,6	0,00	<LQ	0,5	0,3
Mín.	146,0	<LQ	<LQ	2,1	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	159,0	<LQ	0,52	3,1	2,5	<LQ	<LQ	0,4	<LQ
N reg.	5	5	7	7	7	6	5	7	7
Código Punto	311050012								
Valor									
Máx.	212,3	<LQ	7,25	34,0	5,0	0,01	0,40	6,0	1,0
Mín.	142,0	<LQ	<LQ	19,6	1,1	<LQ	<LQ	3,0	<LQ
P50	181,3	<LQ	5,49	28,0	2,6	<LQ	<LQ	4,9	0,6
N reg.	8	6	8	9	9	9	7	9	9
Código Punto	311130006								
Valor									
Máx.	219,6	<LQ	2,13	30,9	0,3	<LQ	<LQ	5,4	2,3
Mín.	167,0	<LQ	1,56	19,1	<LQ	<LQ	<LQ	3,5	1,4
P50	208,6	<LQ	1,68	22,6	<LQ	<LQ	<LQ	4,6	1,9
N reg.	3	3	3	3	3			3	3
Código Punto	311130041								
Valor									
Máx.	406,3	<LQ	58,80	212,0	118,0	0,08	0,08	19,6	11,1
Mín.	334,3	<LQ	50,10	145,0	73,1	<LQ	<LQ	17,5	6,3
P50	384,0	<LQ	54,40	184,5	95,8	<LQ	<LQ	18,0	8,6
N reg.	5	5	6	6	8	6	6	6	6
Código Punto	311170039								
Valor									
Máx.	449,0	<LQ	80,00	305,0	155,0	<LQ	<LQ	18,5	3,8
Mín.	392,8	<LQ	56,20	218,0	101,0	<LQ	<LQ	14,5	3,0
P50	403,8	<LQ	67,85	224,0	128,0	<LQ	<LQ	16,8	3,4
N reg.	5	5	6	6	8	6	6	6	6
Código Punto	311170040								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	321150004								
Valor									
Máx.	407,5	<LQ	31,90	115,0	141,0	<LQ	<LQ	7,5	1,1
Mín.	297,0	<LQ	20,40	85,2	71,1	<LQ	<LQ	5,6	<LQ
P50	364,8	<LQ	28,15	98,1	99,0	<LQ	<LQ	6,8	0,8
N reg.	9	9	10	10	13	9	9	10	10
Código Punto	321150026								
Valor									
Máx.	269,6	<LQ	39,70	156,0	191,0	0,09	0,09	19,5	16,8
Mín.	196,0	<LQ	13,40	49,9	124,0	<LQ	<LQ	5,4	2,9
P50	231,8	<LQ	19,50	81,9	159,5	0,01	<LQ	9,9	9,8
N reg.	8	8	9	9	12	9	9	9	9

Parámetro	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	321210001								
Valor									
Máx.	274,5	<LQ	11,00	12,0	28,8	0,00	0,09	2,8	0,5
Mín.	212,0	<LQ	<LQ	7,6	18,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	267,2	<LQ	7,05	9,5	25,6	<LQ	<LQ	2,4	0,4
N reg.	8	7	9	9	9	8	7	9	9

Código Punto	321220009								
Valor									
Máx.	248,9	<LQ	25,30	33,1	12,8	<LQ	<LQ	10,6	1,2
Mín.	200,1	<LQ	15,10	21,6	3,8	<LQ	<LQ	2,3	0,6
P50	244,0	<LQ	23,60	31,0	11,3	<LQ	<LQ	7,5	1,0
N reg.	3	3	3	3	3			3	3

Código Punto	321230008								
Valor									
Máx.	241,1	<LQ	33,00	88,8	3,4	<LQ	<LQ	19,9	1,9
Mín.	166,0	<LQ	27,40	69,6	0,9	<LQ	<LQ	12,6	1,7
P50	203,5	<LQ	30,20	88,1	3,0	<LQ	<LQ	18,4	1,8
N reg.	2	3	2	3	3			3	3

Nota: Los valores <LQ corresponden a valores por debajo Límite Cuantificación (LQ).

Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	∑ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	310950011								
Valor									
Máx.	45,7	5,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	29,2	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	36,7	2,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	7	7	1	2		5			

Código Punto	311010006								
Valor									
Máx.	48,9	6,2	<LQ						
Mín.	44,5	5,8	<LQ						
P50	46,8	5,8	<LQ						
N reg.	3	3				3			

Código Punto	311020002								
Valor									
Máx.	70,3	4,5	<LQ						
Mín.	67,8	4,1	<LQ						
P50	70,2	4,3	<LQ						
N reg.	3	3				3			

Código Punto	311020006								
Valor									
Máx.	55,1	4,1	0,1520	0,0200	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	43,3	2,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	54,0	4,0	0,1115	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	7	7	6	6	6	7	6	6	6

Código Punto	311050012								
Valor									
Máx.	70,0	9,1	1,2200	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	54,0	6,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	62,5	8,0	0,1750	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9	8	9	9	9	6	7	7

Código Punto	311130006								
Valor									

Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	∑ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	311130006								
Valor									
Máx.	64,8	11,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	61,4	8,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	63,9	9,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3			
Código Punto	311130041								
Valor									
Máx.	246,0	17,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	191,0	15,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	210,0	17,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	6				6			
Código Punto	311170039								
Valor									
Máx.	302,0	30,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	244,0	20,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	264,5	24,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	6				6			
Código Punto	311170040								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	321150004								
Valor									
Máx.	210,0	16,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	169,0	13,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	193,0	15,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	10	10				10			
Código Punto	321150026								
Valor									
Máx.	201,0	17,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	113,0	9,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	146,0	12,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9				9			
Código Punto	321210001								
Valor									
Máx.	106,0	3,0	0,3870	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	94,0	2,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	100,0	2,8	0,1700	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	9	9	9	9	9	9	7	8	8
Código Punto	321220009								
Valor									
Máx.	96,0	15,1	<LQ	<LQ	<LQ	0,12	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	67,8	12,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	83,3	15,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3			
Código Punto	321230008								
Valor									
Máx.	110,0	17,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	75,2	13,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	91,2	16,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3			

Nota: Los valores <LQ corresponden a valores por debajo Límite Cuantificación (LQ).