

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT029 - SIERRA DE ALAIZ

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 ES091MSBT029 Nombre MSBT SIERRA DE ALAIZ

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea ES091MSBT029- Sierra de Leyre, se ubica de manera íntegra en la Comunidad Foral de Navarra, en la comarca de la Navarra Media. Se encuentra en el límite entre la Cuenca de Pamplona y la depresión del Ebro, en el Dominio Hidrogeológico del Sinclinal Jaca-Pamplona. Tiene una extensión total de 278,54 km² y ocupa de forma total o parcial, un total de 30 municipios. Esta zona abarca la Sierra de Alaiz y se extiende hacia el O hasta el Arga. La sierra constituye una alineación montañosa NE-SO, de relieves escarpados con cotas que parten desde 600 m en sus estribaciones hasta 1289 m en el pico más alto (La Higa de Monreal).

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31076	Cizur	99,88	18,82
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31109	Galar	83,62	12,36
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31206	Puente la Reina/Gares	70,86	10,10
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31088	Noáin (Valle de Elorz)/Noain (Elortzibar)	52,45	9,06
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31228	Tiebas-Muruarte de Reta	85,76	6,57
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31262	Zabalza/Zabaltza	99,89	5,03
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31234	Ucar	93,92	3,99
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31056	Biurrun-Olcoz	62,15	3,50
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31238	Unzué/Untzue	48,59	3,29
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31172	Monreal/Elo	38,47	3,12
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31246	Uterga	100,00	3,10
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31147	Legarda	100,00	2,98
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31007	Adiós	100,00	2,77
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31183	Obanos	38,65	2,75
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31193	Cendea de Olza/Oltza Zendea	18,18	2,69
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31180	Muruzábal	99,13	2,11
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31905	Beriáin	100,00	1,95
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31089	Enériz/Eneritz	50,22	1,72
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31907	Zizur Mayor/Zizur Nagusia	91,73	1,66
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31052	Belascoáin	67,69	1,48
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31085	Etxauri	11,28	0,57
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31201	Pamplona/Iruña	2,48	0,22
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31083	Echarri/Etxarri	4,60	0,04
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31121	Guirguillano	0,39	0,03
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31253	Bidaurreta	1,63	0,03
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31075	Ciriza/Ziritza	1,64	0,03
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31039	Artazu	0,88	0,02
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31192	Olóriz/Oloritz	0,05	0,01
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31124	Ibargoiti	0,02	0,01
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31901	Barañáin/Barañain	0,32	0,01

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	605.699	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.731.166
Longitud (CENTROIDE)	-1,70897	Latitud (CENTROIDE)			42,72572
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			958
Altitud mínima (m s.n.m.)	329	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.287
Área total de la MSBT (km²)	279				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

38.001

Año

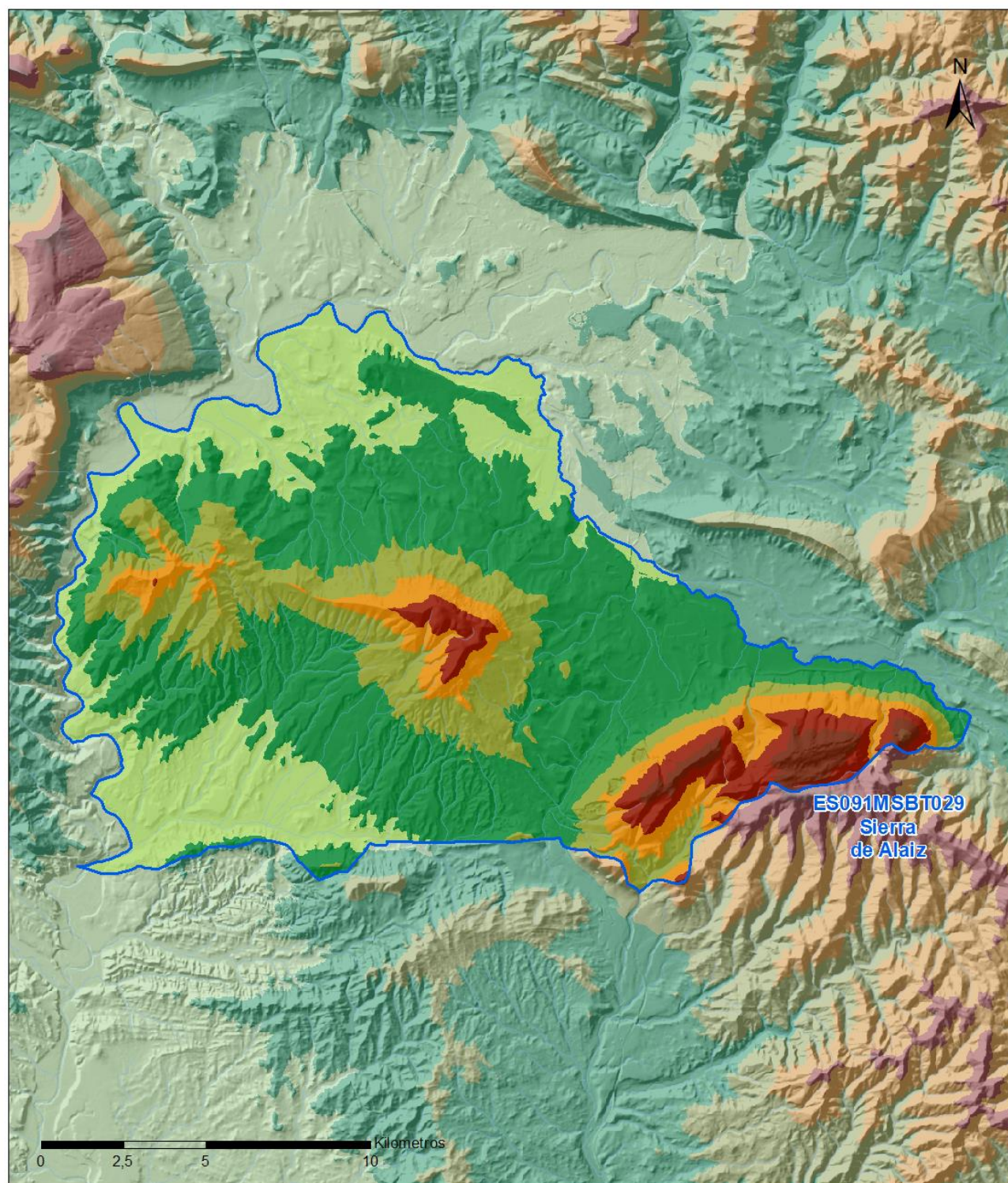
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)



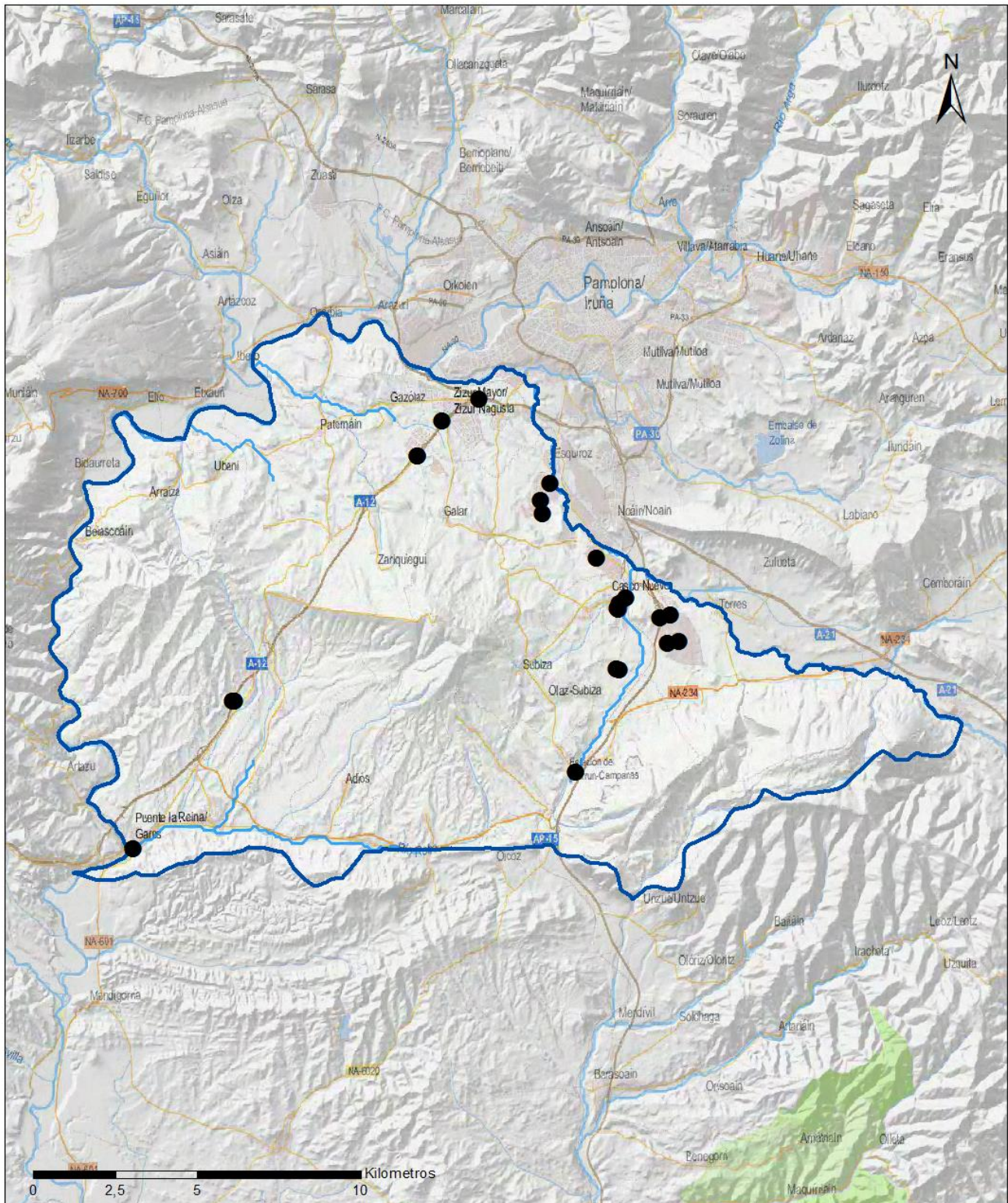
2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	☐
Fuentes puntuales	1.2	Desbordamientos de sistemas de saneamiento en episodios de lluvia	☐
Fuentes puntuales	1.3	Vertidos industriales de plantas IED	☐
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	☐
Fuentes puntuales	1.5	Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	☒
Fuentes puntuales	1.6	Vertederos	☐
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	☐
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	☐
Fuentes difusas	2.2	Agricultura	☐
Fuentes difusas	2.4	Transporte	☐
Fuentes difusas	2.8	Minería	☐
Extracción / Desvío de agua	3.1	Agricultura	☐
Extracción / Desvío de agua	3.2	Abastecimiento	☐
Extracción / Desvío de agua	3.3	Industria	☐
Extracción / Desvío de agua	3.7	Otros	☐

Mapa de localización de presiones

Fuentes puntuales



LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrográfica
- ES091MSBT029
- SIERRA DE ALAIZ

Tipo de Presión Puntual (significativa):

-  1.5 Gasolineras

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
SALI	Contaminación salina / intrusión	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

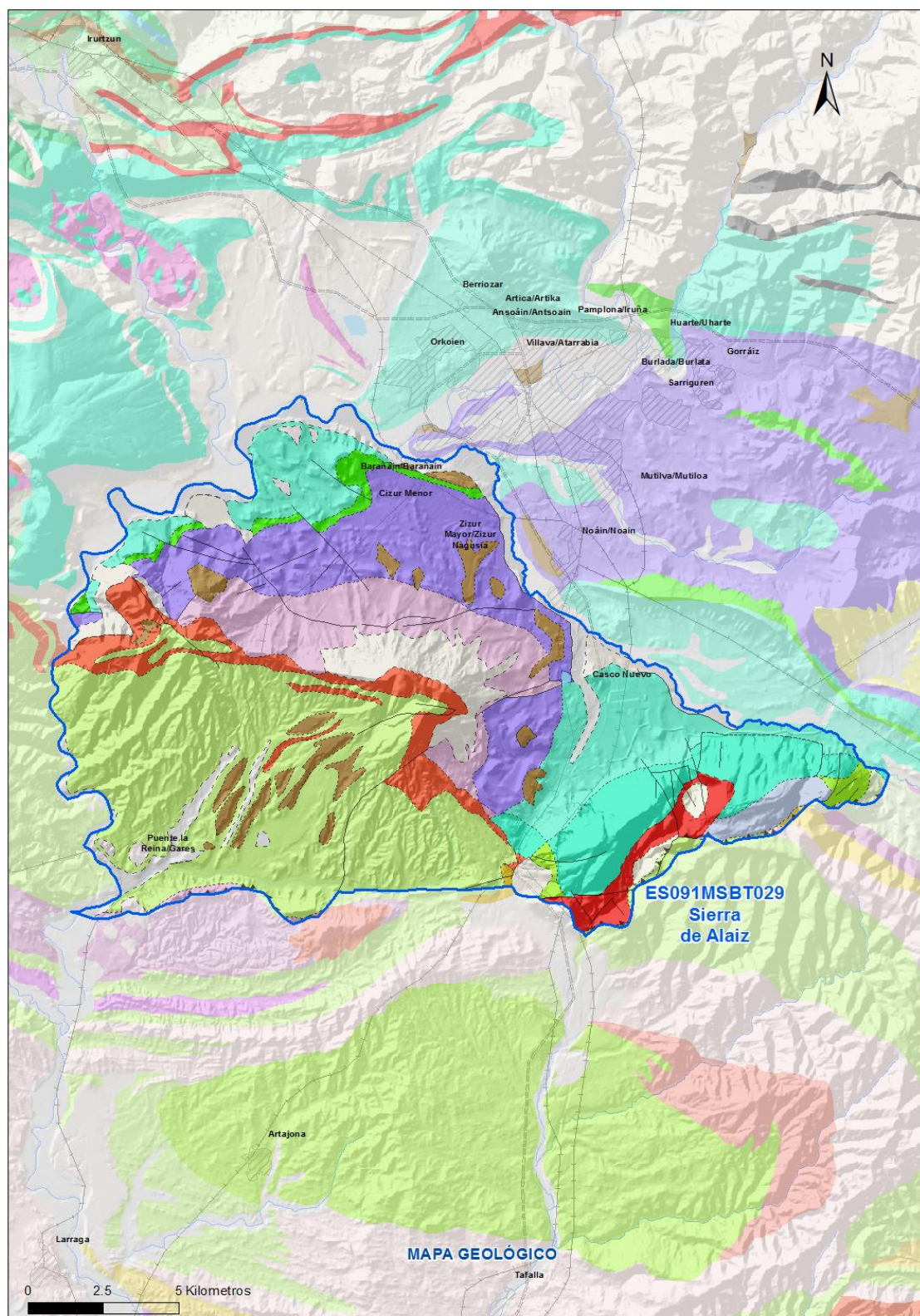
Riesgo de no alcanzar el buen estado químico		RIESGO QUÍMICO
Contaminante		Justificación / Observación
TPH	TPH	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Terbutrina	Terbutrina	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Terbutilazina	Terbutilazina	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Suma p,p'-DDD + o,p'-DDT	Suma p,p'-DDD + o,p'-DDT	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Prometrina	Prometrina	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: naftaleno	PAH: naftaleno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: criseno	PAH: criseno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: acenafteno	PAH: acenafteno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH	PAH	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Na ⁺	Sodio	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
METOLACLORO	Metolacoloro	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Cl ⁻	Cloruro	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
BTEX: benceno	BTEX: benceno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
BTEX	BTEX	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Ametrina	Ametrina	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Pirineos-Vascocantábrica

3.2 MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA



Estructuras

- Anticlinal
- Anticlinal 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)
378	Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo
370	Yesos con intercalaciones de lutitas
368	Lutitas, con intercalaciones de areniscas
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas
363	Lutitas y margas, con intercalaciones de calizas y yesos
362	Lutitas y areniscas, a veces con yesos y calizas
361	Lutitas con intercalaciones de areniscas
360	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
359	Conglomerados, areniscas y lutitas
357	Calizas, localmente con lutitas
355	Yesos y arcillas, con alguna intercalación de halita
354	Arcillas y margas, con intercalaciones de areniscas y calizas
347	Salas potásicas
346	Margas y margocalizas
344	Areniscas y lutitas. Areniscas de
342	Lutitas y areniscas (Flysch)
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas
179	Areniscas y conglomerados
177	Lutitas y areniscas (Facies Flysch)

3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	17,63	Detrítica	6,33
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glaciares, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	16,04	Detrítica	5,76
Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo	Neógeno	Plioceno	11,11	Detrítica	3,99
Lutitas, con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno	2,21	Detrítica	0,79
Lutitas y areniscas, a veces con yesos y calizas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	81,72	Detrítica	29,34
Conglomerados, areniscas y lutitas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	15,63	Detrítica	5,61
Calizas, localmente con lutitas	Paleógeno	Oligoceno	3,82	Carbonatada	1,37
Yesos y arcillas, con alguna intercalación de halita	Paleógeno	Oligoceno	24,51	Evaporítica	8,80
Sales potásicas	Paleógeno	Eoceno	39,61	Evaporítica	14,22
Margas y margocalizas	Paleógeno	Eoceno	31,41	Carbonatada	11,28
Areniscas y lutitas. Areniscas de Gongolaz	Paleógeno	Eoceno	3,98	Detrítica	1,43
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	20,32	Carbonatada	7,30
Areniscas y conglomerados	Cretácico	Superior	6,13	Detrítica	2,20
Lutitas y areniscas (Facies Flysch)	Cretácico	Superior	1,55	Detrítica	0,56

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Gravas, arenas, arcillas y limos	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	0-5
Conglomerados, areniscas y lutitas con costras a techo	Neógeno	Mioceno-Plioceno	25-300
Conglomerados, lutitas y margas con intercalaciones de calizas y yesos	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	
Sales potásicas, margocalizas y Areniscas de Gonzolaz y Galar	Paleógeno	Eoceno	
Lutitas, areniscas de formación Flysch con megabrechas	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	30-130
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	Cretácicos Superior-Paleógeno	Senoniense-Eoceno	350

[illegible]

3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La estratigrafía de la masa subterránea de Sierra de Alaiz, se compone, a grandes rasgos, por materiales cenozoicos, de tipo carbonatado a muro, seguidos por depósitos turbidíticos y lagunares eocenos, series detríticas del Oligoceno y Mioceno, todo ello coronado por sedimentos cuaternarios de tipo aluvial y coluvial. El principal rasgo tectónico está determinado por su emplazamiento sobre el cabalgamiento frontal surpirenaico, que define su límite meridional. Los materiales de la Sierra de Alaiz presentan una disposición general según 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, el cabalgamiento se fosiliza por una potente terraza cuaternaria de la que no vuelve a emerger. Toda la serie del terciario marino se sumerge hacia el N bajo la potente serie de las margas de Pamplona. En la margen derecha del Arga, en el límite occidental, vuelven a aflorar las calizas del Eoceno merced a las deformaciones del diapiro de Salinas de Oro. El sector central está cubierto por un conjunto de materiales que forman parte del dominio plegado de la cuenca del Ebro, con una suave disposición sinclinal de orientación ENE-OSO. Las principales estructuras visibles en este sector son un conjunto de fallas normales (de edad post-aquitaniense pues afectan a los conglomerados del Perdón) que determinan la aparición de fosas, algunas con un salto que alcanza 800 m. Se ha apuntado que la existencia de una tupida red de fracturas paralelas que afectan a la fosa delimitada por las fallas normales de Salinas de Pamplona y Subiza podría deberse al colapso del núcleo salino del hipotético anticlinal que forma el bloque hundido, por migración hacia el diapiro de Salinas de Oro.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	153	148
Espesor Medio Z.N.S. (m)	151	

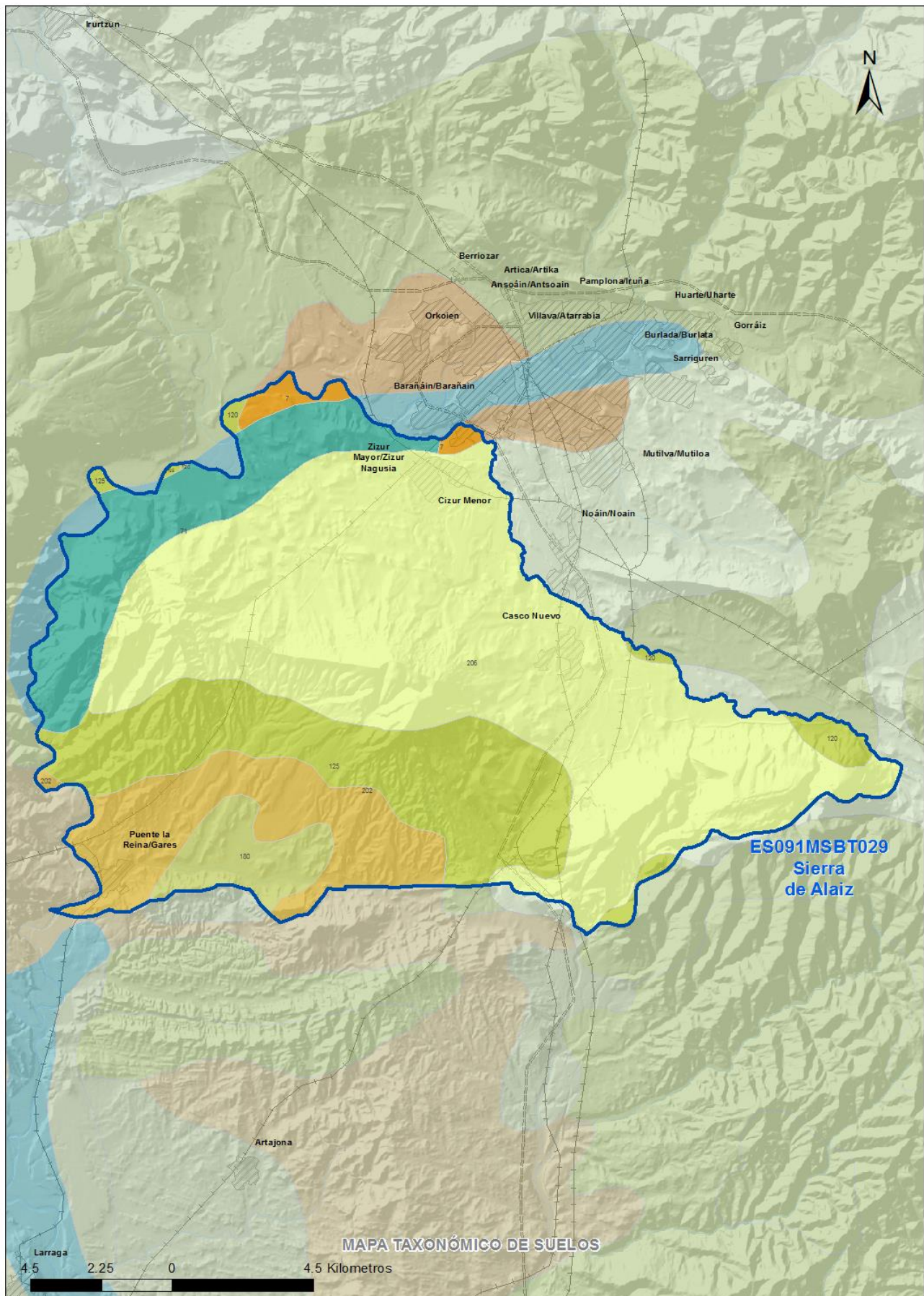
Litología Z.N.S. Margas y margocalizas

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF	3	1,17
ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT	30	10,75
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	54	19,24
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	43	15,35
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	149	53,49

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

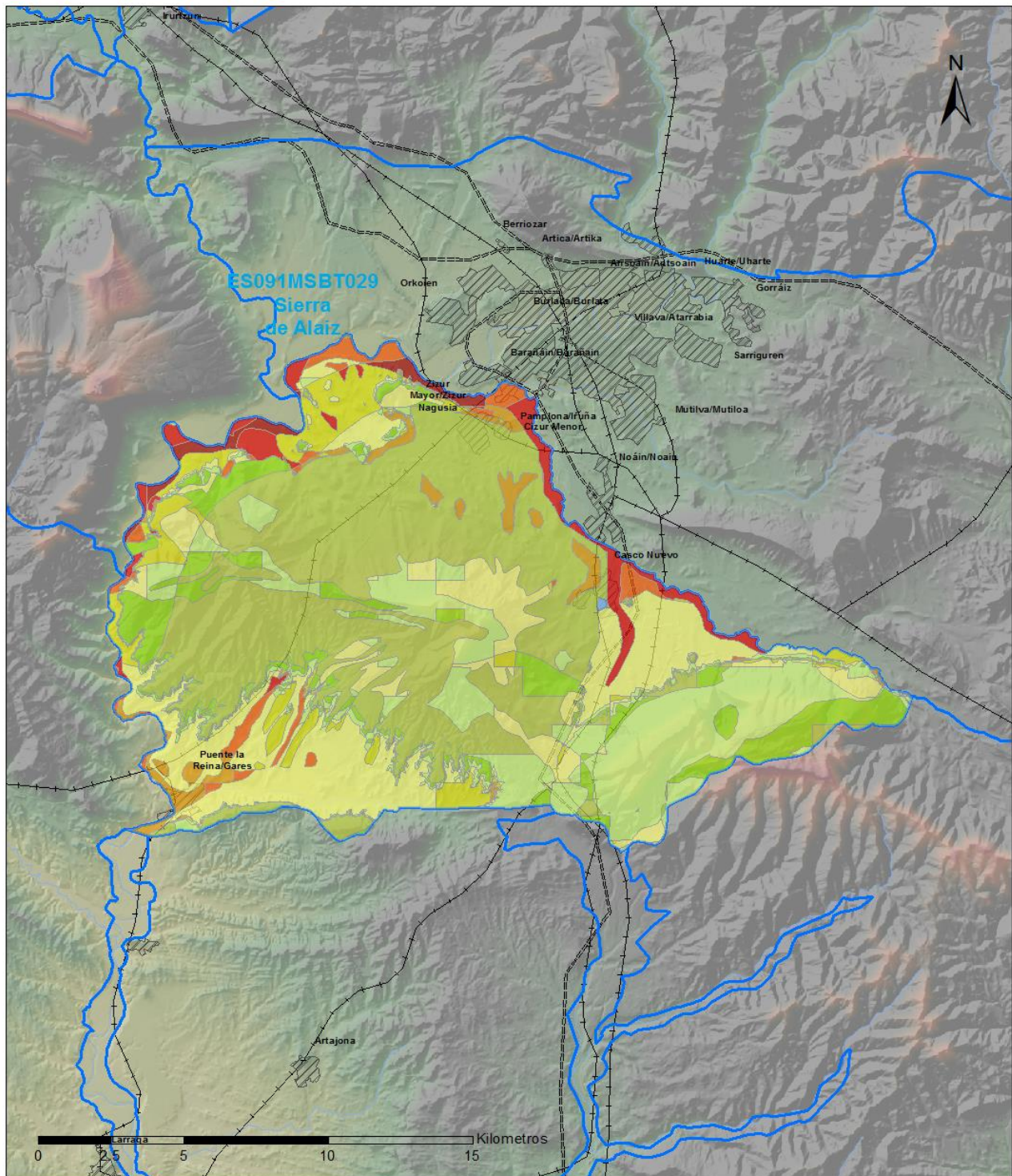
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
7	ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
71	ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
120	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Haploxerept
125	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
180	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
206	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxerert, NO INCLUSION2

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
0	Masas de agua superficial	0,05	
1 (Muy Baja)	16 - 30	0,01	
2 (Muy Baja)	30 - 44	36,24	
3 (Baja)	44 - 58	9,79	
4 (Baja)	58 - 72	17,77	
5 (Moderada)	72 - 86	20,57	
6 (Moderada)	86 - 100	5,79	
7 (Alta)	100 - 114	2,83	
8 (Alta)	114 - 128	2,43	
9 (Muy Alta)	128 - 142	3,34	
10 (Muy Alta)	142 - 156	1,18	

4.5 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

**LEYENDA****Método DRASTIC Reducido****Grado de Vulnerabilidad, Rango de Valores**

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

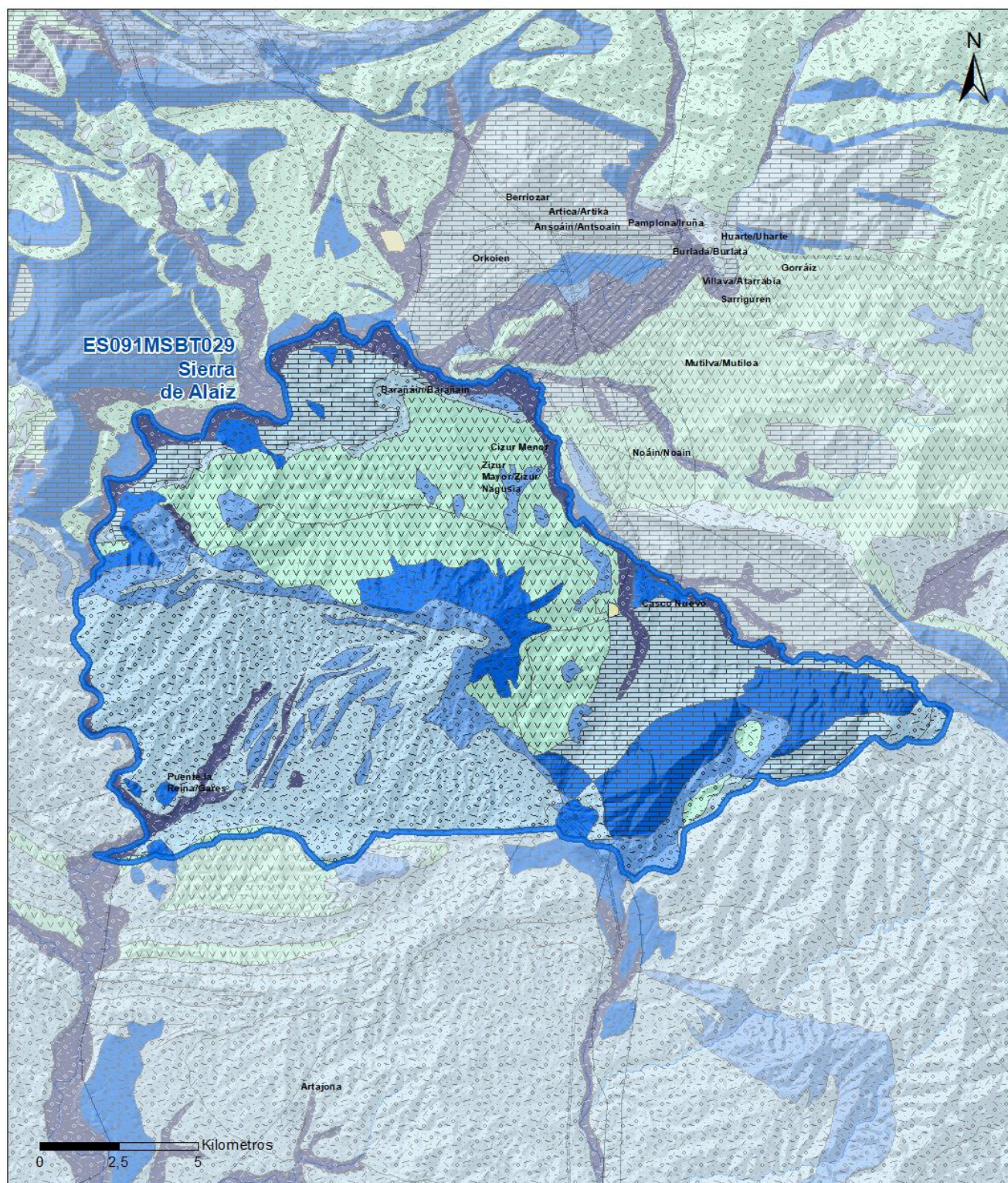
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Abierto	Salida	Semipermeable	SIERRA DE ANDÍA
Sur	Abierto	Flujo nulo	Semipermeable	ALUVIAL DEL CIDACOS
Sur	Abierto	Flujo nulo	Semipermeable	ALUVIAL DEL ARGAS MEDIO
Noreste	Cerrado	Flujo nulo	Permeable	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT de Sierra de Alaiz (ES091MSBT029) limita al Noreste con el Río Elorz desde su desembocadura en el Argas hasta el retrocabalgamiento de Alaiz. Éste límite se considera abierto, ya que transcurre por los aluviales del Cidacos y parte del Argas. No obstante, se estima que no existe intercambio de flujos con la MSBT Sinclinal JACA-PAMPLONA (EM091MSBT030). El límite Oeste transcurre por el lecho del Río Argas, hasta conectar con el Límite Sur en su intersección con el cabalgamiento de los materiales Mesozoicos de Alaiz sobre el Oligoceno. El extremo Oeste del Límite Sur se encuentra abierto, con flujo de salida a través del cuaternario del Río Argas, que fluye hacia el Sur.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



MSBT

PERMEABILIDAD



Masa de agua superficial



MUY ALTA, DETRÍTICAS



ALTA, DETRÍTICAS



ALTA, CARBONATADAS



MEDIA, DETRÍTICAS



BAJA, DETRÍTICAS



BAJA, CARBONATADAS



MUY BAJA, DETRÍTICAS



MUY BAJA, EVAPORÍTICAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km²)
			Sistema	Serie		
Cretácico Superior	Calizas, dolomías y areniscas	Alta	Cretácico	Cretácico Superior	300 (máx.)	5
Terciario Marino	Calizas	media	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	150 (máx.)	7
Terciario Continental (Areniscas de Galar)	Areniscas, lutitas, limos y niveles de conglomerados	Baja	Paleógeno	Paleoceno	30-130	60
Terciario Continental (Conglomerados del Perdón)	Conglomerados	Baja	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	30-400	40
Cuaternario Coluvial	Detrítico Coluvial	Muy Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	0-5	20
Cuaternario Aluvial	Detrítico Aluvial	Muy Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	0-5	86

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Niveles carbonatados del Cretácico Superior, Paleoceno Inferior y Eoceno Medio	12	4,31	Semiconfinado	450	Intergranular	Cretácico Superior y Terciario Marino
Areniscas del Galar	60	21,54	Libre	30-130	Intergranular	Terciario Continental (Areniscas del Galar)
Conglomerados del Perdón	40	14,36	Libre	30-400	Intergranular	Terciario Continental (Conglomerados del Perdón)
Acuíferos Cuaternarios	106	38,05	Libre	0-5	Intergranular	Cuaternario aluvial y Cuaternario Coluvial

Descripción general:

En la MSBT Sierra de Alaiz se distinguen 4 acuíferos, acorde a lo presentado a la tabla 5.3. A continuación se indican las características generales de los mismos:

- **Acuíferos cuaternarios** Los acuíferos cuaternarios se componen de los aluviales del Arga y los depósitos coluviales. Por un lado, los aluviales del Arga constituyen, por su extensión y conexión con el río, el acuífero cuaternario de más relevancia. Por otro lado, en las estribaciones norte y sur de la sierra del Perdón se han desarrollado extensos depósitos de ladera y glacis, productos de la erosión de los conglomerados.
- **Conglomerados del Perdón:** Están constituidos por conglomerados de matriz calcárea con intercalaciones de arenisca y arcilla. Hacia el S evolucionan a facies más distales formadas por paleocanales de arenisca en una masa limolítica. Su potencia es muy variable y muestran cambios laterales muy frecuentes. Los mayores espesores se localizan en la zona del Arga donde disponen de más de 400 m. Hacia el E reducen su potencia de forma que en la zona próxima a la sierra de Alaiz apenas cuentan con 30 m. Muestran una deformación laxa en pliegues de orientación NO-SO con una ligera inmersión hacia el SO, hacia donde quedan fosilizados por un conjunto de arcillas, areniscas y limos de edad Aquitaniense con quien muestran relación vertical y horizontal. Su base es erosiva y se apoya sobre distintas formaciones del Eoceno y Oligoceno basal: los yesos de Puente la Reina, las areniscas de Galar, margas biarriztenses e incluso el paquete calcáreo Eoceno. Son fácilmente meteorizables y sus restos de erosión han formado los extensos glacis de la vertiente sur de la sierra del Perdón. Los procesos de meteorización han producido una descalcificación de la matriz de los conglomerados, aumentando, en consecuencia, su permeabilidad; esto aumenta la capacidad de infiltración a expensas de la escorrentía superficial que se manifiesta por una tenue red de barrancos a pesar de la acentuada pendiente topográfica.
- **Areniscas de Galar:** Está constituido por areniscas y arcillas que afloran en dos delgadas bandas: entre los núcleos de Astrain, Esparza y entre los núcleos de Subiza y Biurrun. Su potencia es variable, reduciéndose de SO a NE; en las proximidades de Biurrun cuenta con 130 m de espesor y unos 30 m al E de Esparza. A la vez que se reduce su espesor se hacen más numerosas las intercalaciones arcillosas hasta hacerse claramente predominantes. En los afloramientos septentrionales se encuentran muy meteorizadas y descalcificadas en la parte más superficial de la formación, que da lugar a zonas permeables que desaguan por pequeños manantiales de control geológico. En profundidad se encuentran cementadas y con una permeabilidad muy baja.
- **Niveles carbonatados del Cretácico superior, Paleoceno y Eoceno inferior y medio:** A efectos hidrológicos los niveles carbonatados del Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno se pueden agrupar como un solo acuífero, en el que es posible que la presencia de algunos niveles de baja permeabilidad individualice algún tramo. Engloba las calizas arenosas del Santoniense y calizas y dolomías arenosas del Maastrichtiense. La potencia de todo este conjunto Cretácico es del orden de 300 m en la Sierra de Alaiz. Sobre él se asientan las calizas dolomíticas y dolomías del Paleoceno cuya potencia en la sierra es del orden de 25 m. Por último, aparecen unos 130 m de calizas bioclásticas y alveolinas del Luteciense. Este acuífero aflora en el núcleo del anticlinal de Alaiz. Hacia el N se sumergen a gran profundidad bajo las margas de Pamplona. En el sondeo de Astrain, las calizas del Luteciense se emplazan a 942 m de profundidad. En esta dirección, las calizas del Eoceno reducen su espesor como muestra el sondeo Pamplona 5 y pasan gradualmente a facies margosas. Hacia el O, quedan fosilizados bajo la sierra del Perdón para volver a emerger junto al Arga, en su margen izquierda, en el área de Echauri y Belascoain. Se desconoce en gran medida su funcionamiento; no se identifican descargas significativas asociadas a él y el único indicio acerca de su carácter permeable lo constituyen las inyecciones de salmuera en profundidad.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m²/día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Niveles Carbonatados del Cretácico Superior, Paleoceno Inferior y Eoceno Medio	Cretácico Superior y Terciario Marino	Ensayo de bombeo	0,10	0,50		

Descripción general:

No se disponen de datos cuantitativos sobre los acuíferos Cuaternario, Conglomerados del Perdón, y Arenisacas del Galar. Para los Niveles carbonatados no se dispone de datos de almacenamiento hidráulico.

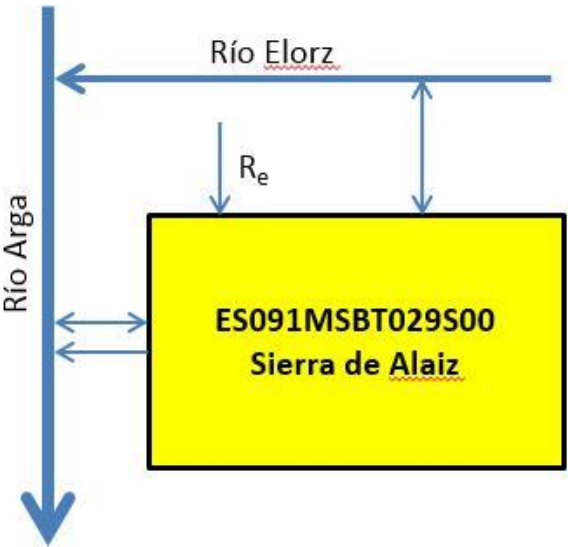
5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

El funcionamiento hidrogeológico en la zona de estudio está supeditada a los distintos acuíferos definidos para la misma. Los escasos datos piezométricos disponibles apuntan a una desconexión hidráulica entre los distintos acuíferos, ya que la superficie piezométrica es discontinua. Las cotas del agua superficial (cotas tomadas en el cauce del Arga en distintos lugares) y subterránea sugieren un desarrollo más bien superficial de los acuíferos detríticos (Areniscas del Galar y Conglomerados del Perdón), que a su vez estaría desconectado con los niveles carbonatados. En el caso de los sedimentos cuaternarios, para los sedimentos de tipo aluvial, los flujos de agua se estiman con una propagación de circulación acorde a la pendiente natural de los ríos. Es decir, con dirección predominante E-O hasta el Río Arga, cuyo aluvial conduciría las aguas desde el Norte hacia el Sur. Por otro lado, los sedimentos de tipo coluvial definirían un flujo excéntrico desde la Sierra de Alaiz y El ÇPerdón hacia las áreas más bajas de la MSBT. Los acuíferos constituidos por las zonas Areniscas de Galar y los conglomerados del Perdón son de carácter libre, ligados a las zonas de meteorización. Constituyen pequeños acuíferos con un régimen de funcionamiento muy local. No se descarta una posible transferencia de los recursos de los conglomerados del Perdón hacia las areniscas de Galar y los niveles arenosos subyacentes, dependiendo del grado de descalcificación que puedan presentar en profundidad. El acuífero de Las Calizas del Eoceno posee una intensa fracturación, con una circulación preferente de las aguas en sentido E-O, por lo que la descarga natural se produciría de forma difusa hacia el Arga, en el sector Ibero – Echauri – Belascoain. La recarga hidráulica de cada uno de los acuíferos de la masa de Sierra de Alaiz, de forma generalizada, la recarga se produce por la infiltración de las aguas de lluvia en su superficie aflorante. En cuanto a la descarga, se produce dependiendo de los acuíferos en cuestión: • Los depósitos carbonatados, drenan a pequeños manantiales de borde, y los depósitos aluviales, tendrán una dinámica de recarga o descarga hacia el cauce en función del momento hidrológico y del régimen de explotación que sustentan. • En los conglomerados del Perdón se reconocen manantiales de pequeña cuantía en la vertiente S, en el contacto con los niveles limolíticos. Es de suponer que la mayor parte de la descarga se realice hacia el cauce del Arga, donde se localizan las cotas más bajas del afloramiento. En el sector oriental, se emplaza el manantial más significativo en las inmediaciones de Subiza con un caudal en torno a 10 l/s y que fue empleado en el siglo pasado para abastecimiento de Pamplona. Esta descarga está asociada a los depósitos coluviales que tapizan la vertiente N de la sierra del Perdón. • El acuífero de las areniscas de Galar descarga a través de barrancos por multitud de pequeños manantiales asociados a la zona de alteración superficial. • Por último, no se reconocen evidencias directas de las descargas asociadas al acuífero carbonatado en el ámbito de la masa de agua subterránea. Hacia el N las calizas del Paleoceno y Eoceno pasan lateralmente hacia facies margosas poco permeables y hacia el S y SE el flujo subterráneo 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) a consecuencia de las inyecciones de salmuera.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT029S00	SIERRA DE ALAIZ
Esquema: ES091MSBT029S00	

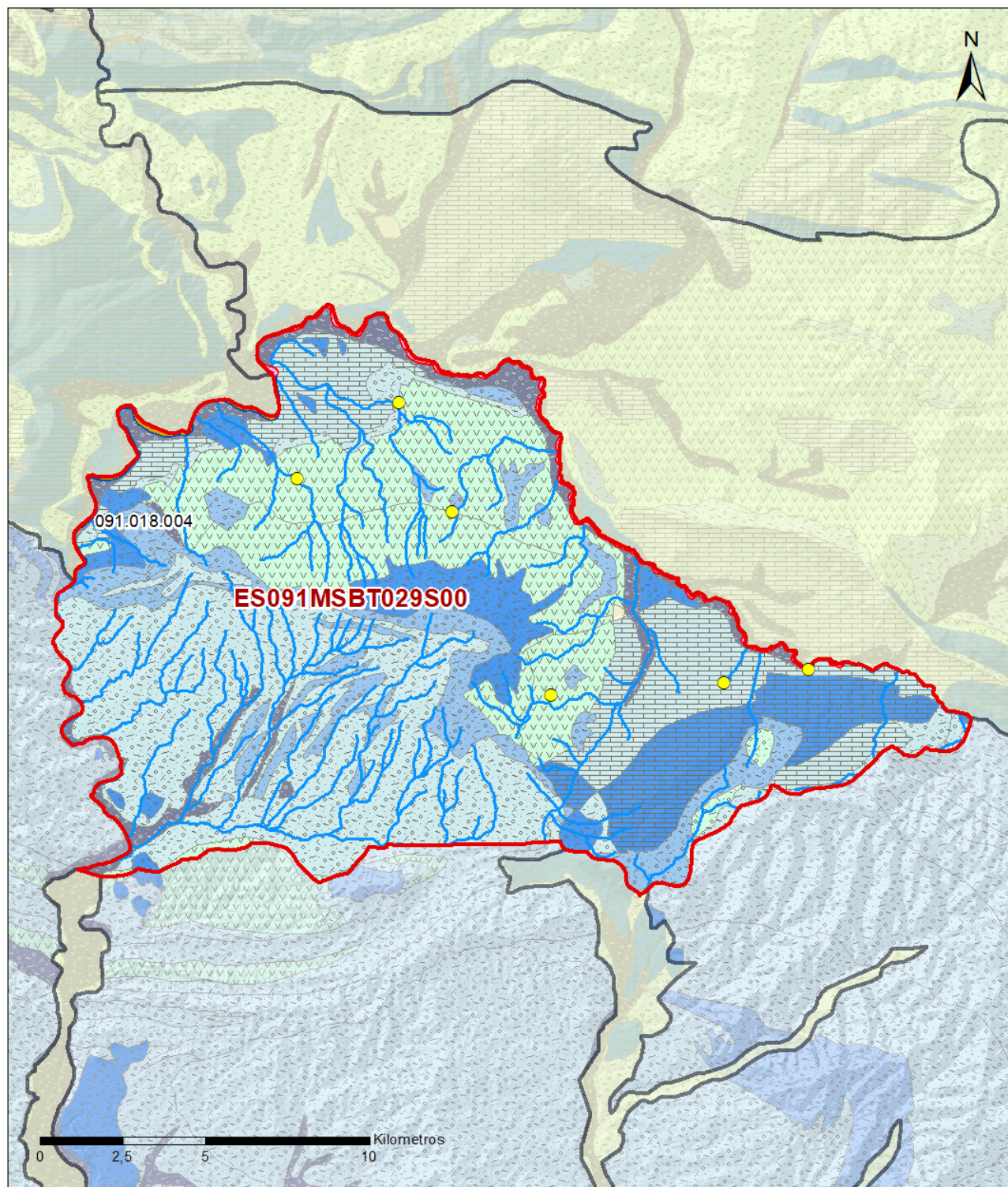


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT029S00	ES091MSPF294	Río Elorz desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Arga (incluye río Sadar).	Descarga a cauce y Recarga difusa de cauce al recinto	091.029.003
ES091MSBT029S00	ES091MSPF422	Río Arga desde el río Araquil hasta el río Salado.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.029.002
ES091MSBT029S00	ES091MSPF546	Río Arga desde el río Elorz hasta el río Juslapeña (final del tramo canalizado de Pamplona).	Descarga a cauce y Recarga difusa de cauce al recinto	091.029.001

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)	Coeficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT029S00	091.029.001					0	
ES091MSBT029S00	091.029.002					0	
ES091MSBT029S00	091.029.003					0	

**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-Acuífero

- Río ganador con conexión difusa directa
- Río de régimen variable (ganador-perdedor) pero que mantiene una conexión difusa directa
- Río ganador que recibe la descarga indirecta del acuífero (flujo profundo) y a través de manantiales situados en el mismo cauce o en tributarios

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

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

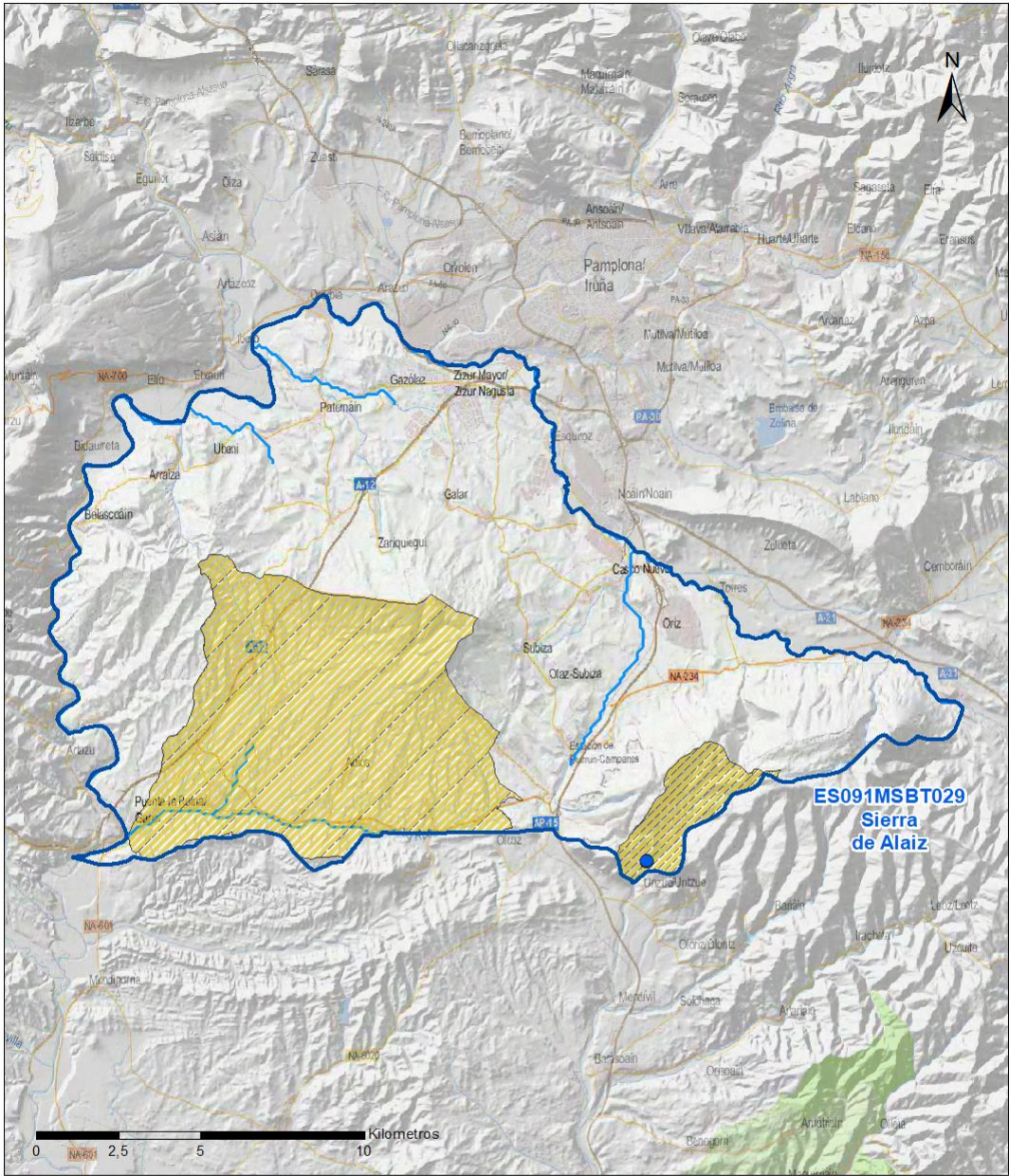
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	1	☒	☐		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	1	☐	☒	0	0,05
Zonas de futura captación de agua para consumo humano		☐	☐		
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	2	☐	☒	79	28,23
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		☐	☐		

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



Legenda

- 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 (hm³/año)	Componente	Volumen (hm³/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 (hm³/año) (RN)		0,00	

7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm³/año)	Componente	Volumen (hm³/año)
Infiltración lluvia	21,23	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	0,16
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,08		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	21,31	Salidas Totales	0,16
Diferencia entradas-salidas (hm³/año) (RA)		21,15	

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

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm³/año)	19,60
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm³/año)	0,16
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm³/año)	4,00
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm³/año)	16,44
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,01

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm³/año)	21,23
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm³/año)	0,16
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm³/año)	4,25
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm³/año)	17,06
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,01

"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

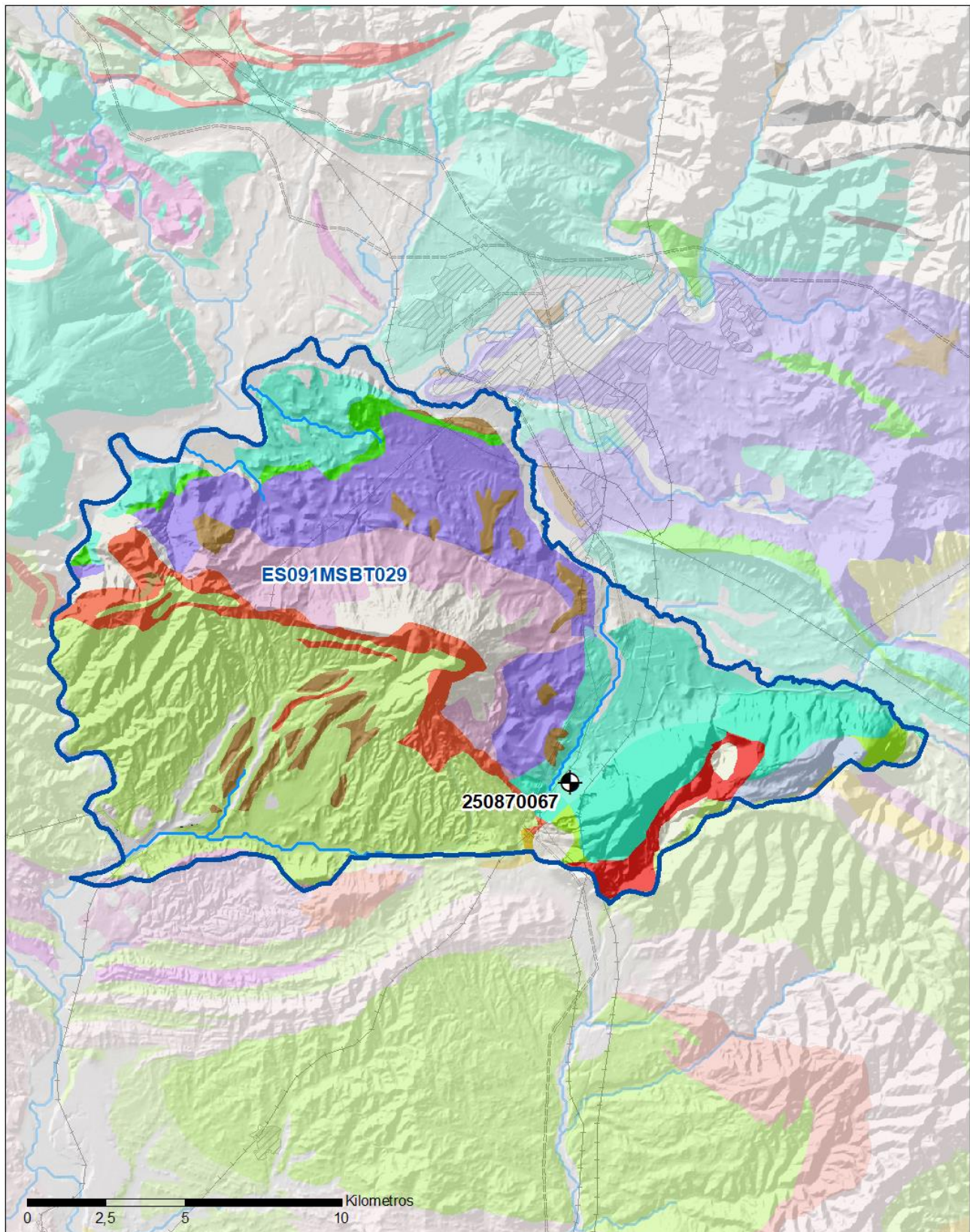
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
250870067	Piezometría	611.036	4.727.221	Terciario Marino (Eoceno)	08/10/2007			254,0	555	☒	☐	☐

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

8.2 MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Localización de puntos de control



LEYENDA

- MSBT
- Red hidrográfica

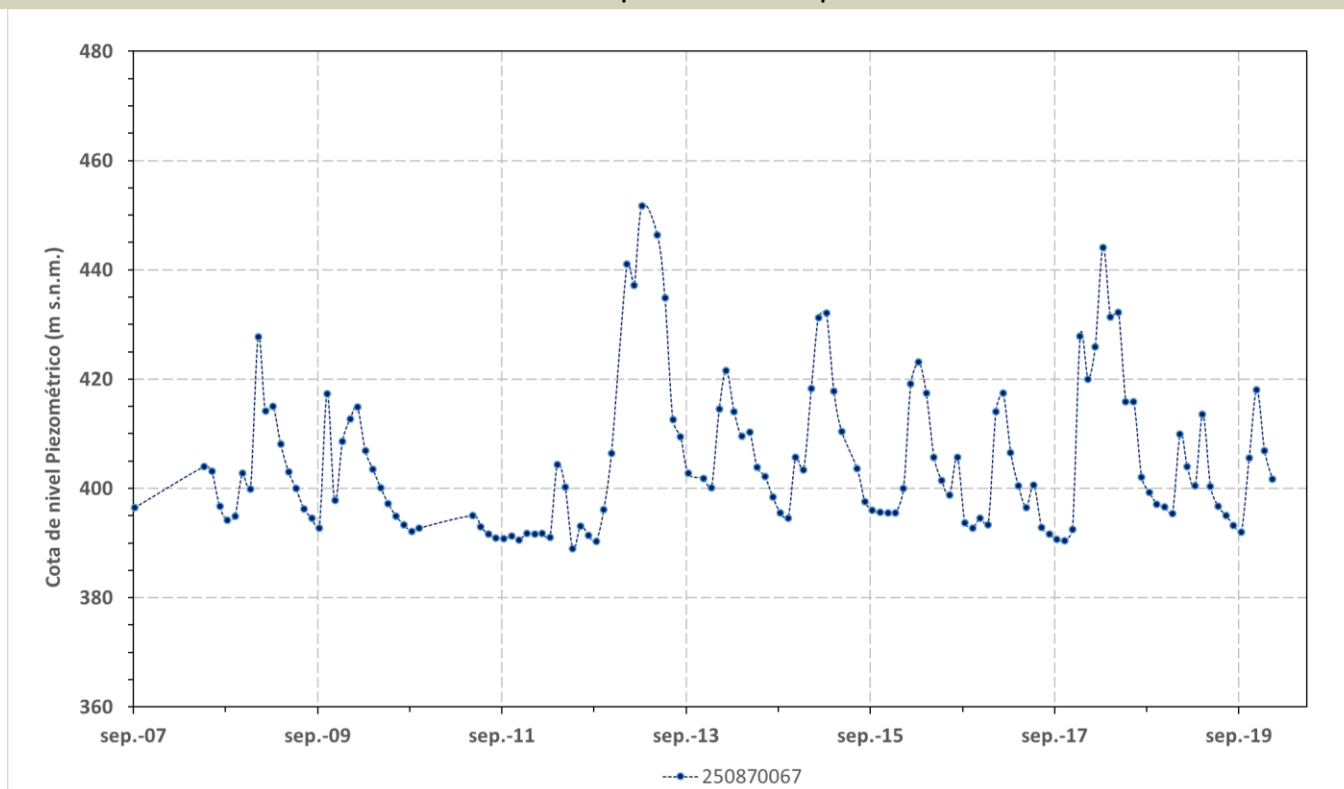
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

- 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 piezómetro en Ac.Terciario marino (Eoceno) (IPA_250870067) , comenzando las medidas continuas del nivel piezométrico en el año 2007 hasta 2019. El nivel piezométrico promedio se encuentra en 404,8 msnm, se observa una estabilidad en el nivel con oscilaciones debidas a la respuesta a la recarga que se produce preferentemente en meses de primavera (abril y mayo), la variación entre NP máximo y mínimo es de

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
250870067	2007	2020	133	451,7	388,9	404,8	62,8	0,29	Terciario Marino (Eoceno)	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

8.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS TENDENCIAS DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS/CAUDALES

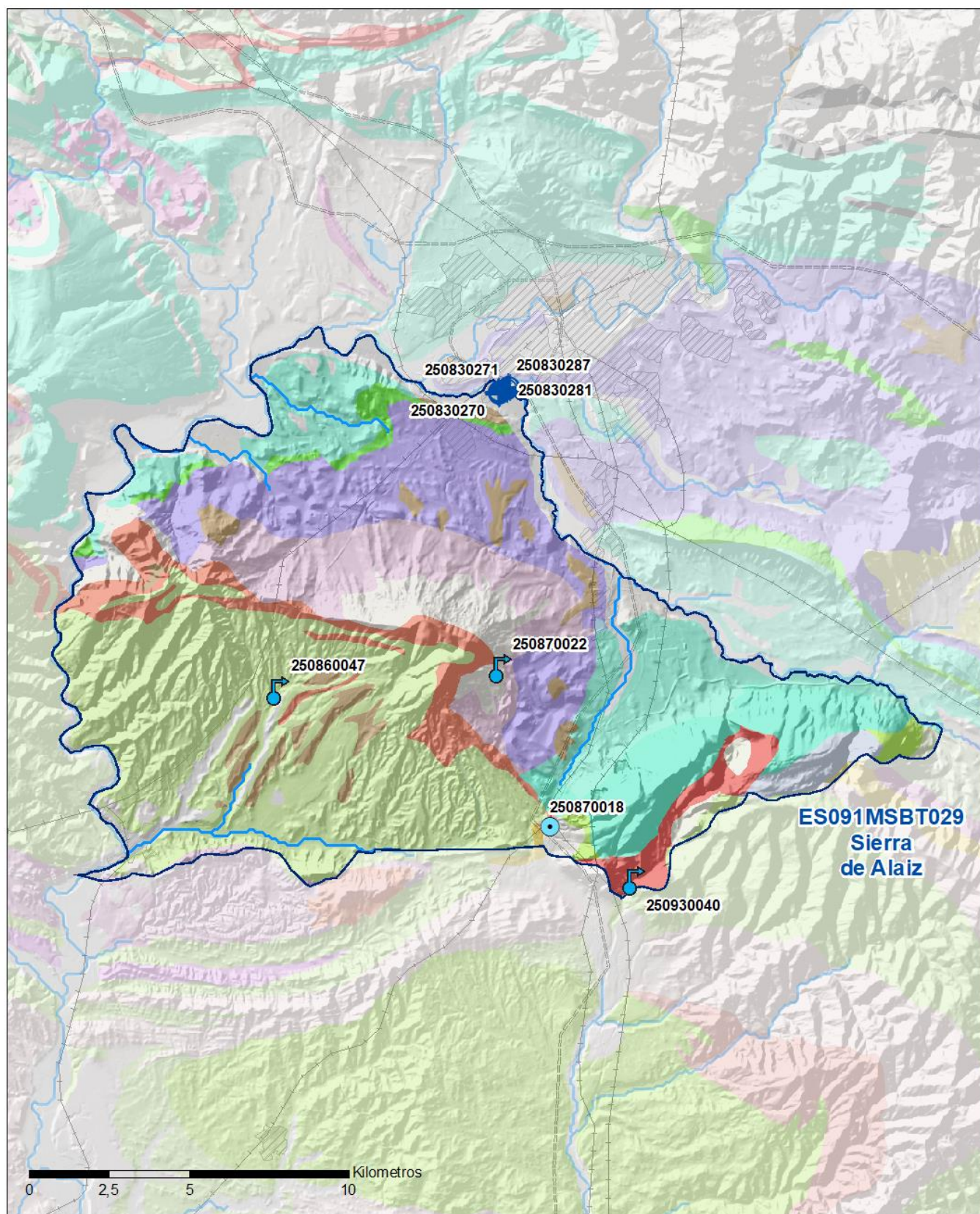
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
250830270	HUNTSMAN MW-1	608.443	4.739.235	412	3,5	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250830271	HUNTSMAN MW-3	608.466	4.739.189	412	3,0	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250830281	HUNTSMAN MW-4	608.503	4.739.198	412	4,0	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250830287	HUNTSMAN MW-8	608.811	4.739.390	412	4,5	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	26/04/2017
250830292	HUNTSMAN MW-2	608.468	4.739.253	412	3,0	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250830293	HUNTSMAN MW-7	608.727	4.739.328	412	6,5	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250830294	HUNTSMAN MW-9	608.754	4.739.412	412	5,0	SONDEO	Ac.Cuaternario Aluvial	12/02/2014
250860047	MANANTIAL DE UTERGA	601.604	4.729.933	479		MANANTIAL	Ac.Cuaternario Aluvial	30/05/2007
250870018	BCO. URRONIZ- CAMPANAS. UNCONA	610.071	4.725.682	561	234,0	POZO	Terciario marino (Eoceno)	23/05/2002
250870022	MANANTIAL DE SUBIZA	608.524	4.730.615	658		MANANTIAL	Terciario cont. (Oligoceno-Mioceno)	04/07/2002
250930040	LOS SOLDADOS	612.700	4.724.007	646		MANANTIAL	Terciario cont. (Oligoceno-Mioceno)	28/09/2007

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas		Uso Captación
Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
250830270	☐	☒	☐	☐	☐	
250830271	☐	☒	☐	☐	☐	
250830281	☐	☒	☐	☐	☐	
250830287	☐	☒	☐	☐	☐	
250830292	☐	☒	☐	☐	☐	
250830293	☐	☒	☐	☐	☐	
250830294	☐	☒	☐	☐	☐	
250860047	☒	☐	☒	☒	☐	
250870018	☒	☐	☐	☐	☐	Otros usos industriales
250870022	☒	☐	☐	☐	☐	
250930040	☐	☐	☒	☐	☐	

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SONDEO

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

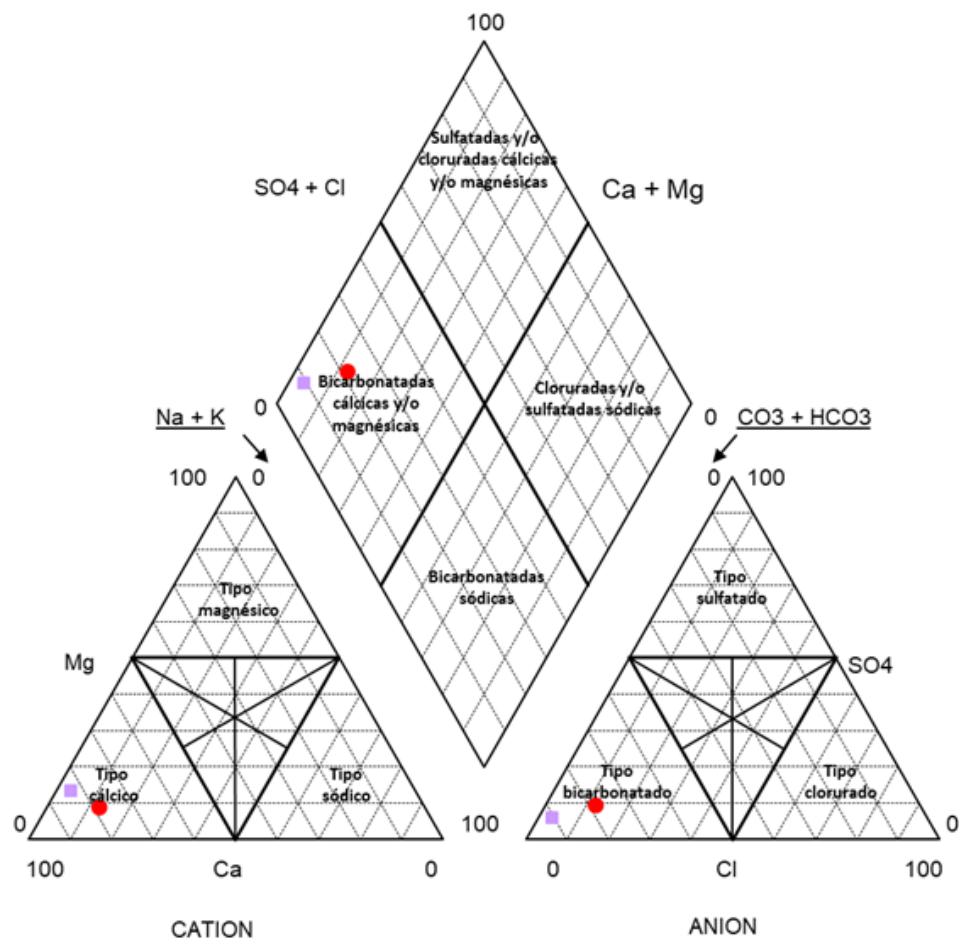
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facies Hidrogeoquímica
250860047	Manantial Cuaternario Aluvial	Bicarbonatada cálcica
250930040	Manantial en Terciario Continental	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Sierra de Alaiz (2019)



● 250860047

■ 250930040(2016)

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 250860047

Sierra de Alaiz_250860047 (2015-2019)

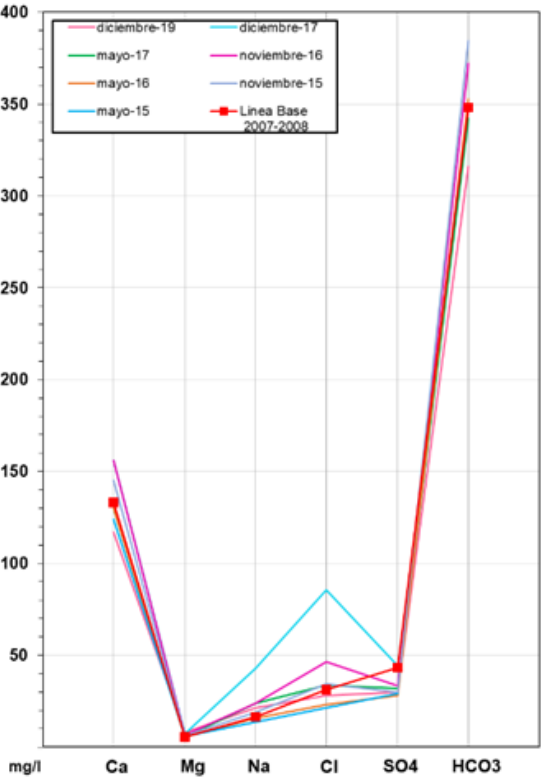
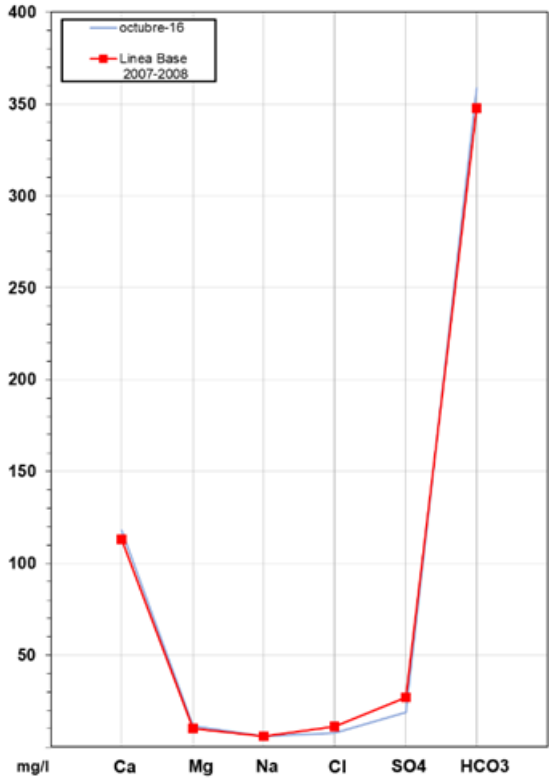


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 250930040

Sierra de Alaiz_250870040 (2016)



9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº 1	Nitrato (NO ₃ ⁻)
------------------------------	------	---

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº 2
------------------------------	------

Terbutrina (Terbutrina)

EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

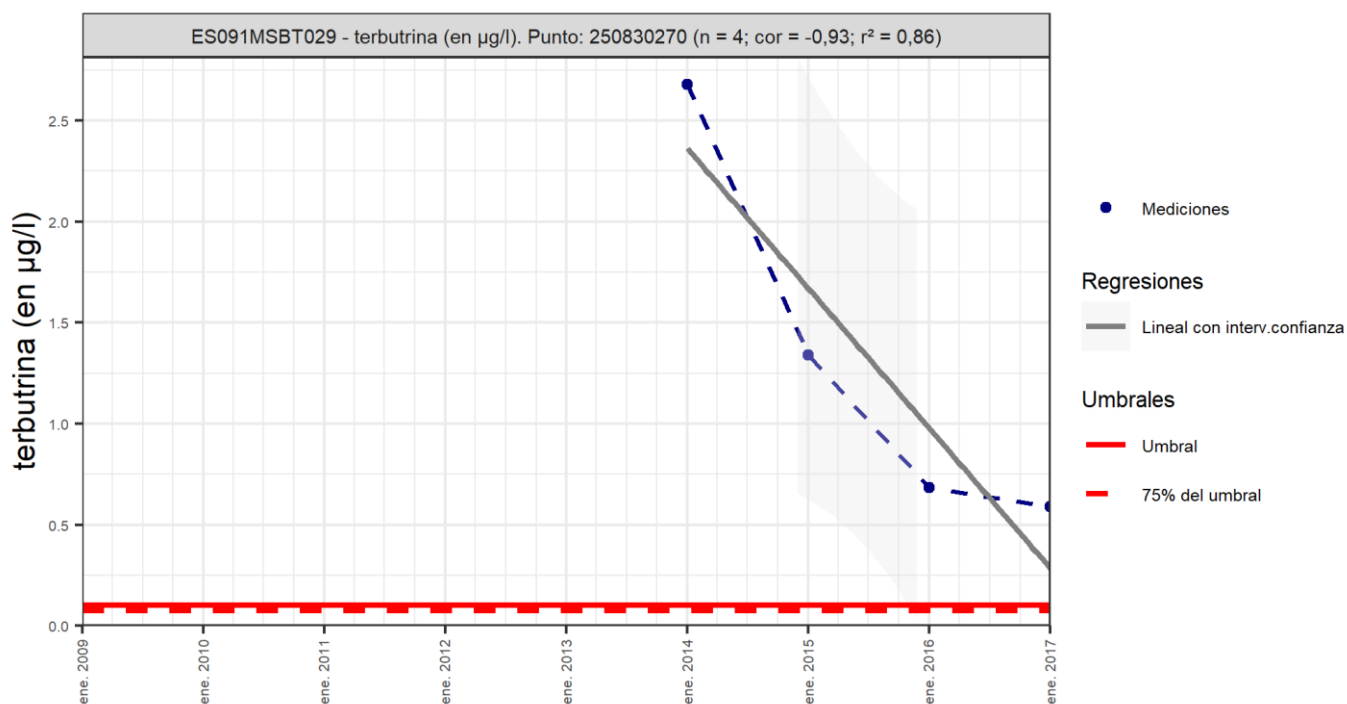
Selección de puntos para evaluación de tendencias

No se dispone datos anuales (> 8 datos) sobre la concentración de Terbutrina para el análisis de la tendencia de evolución de este parámetro en la MSBT.

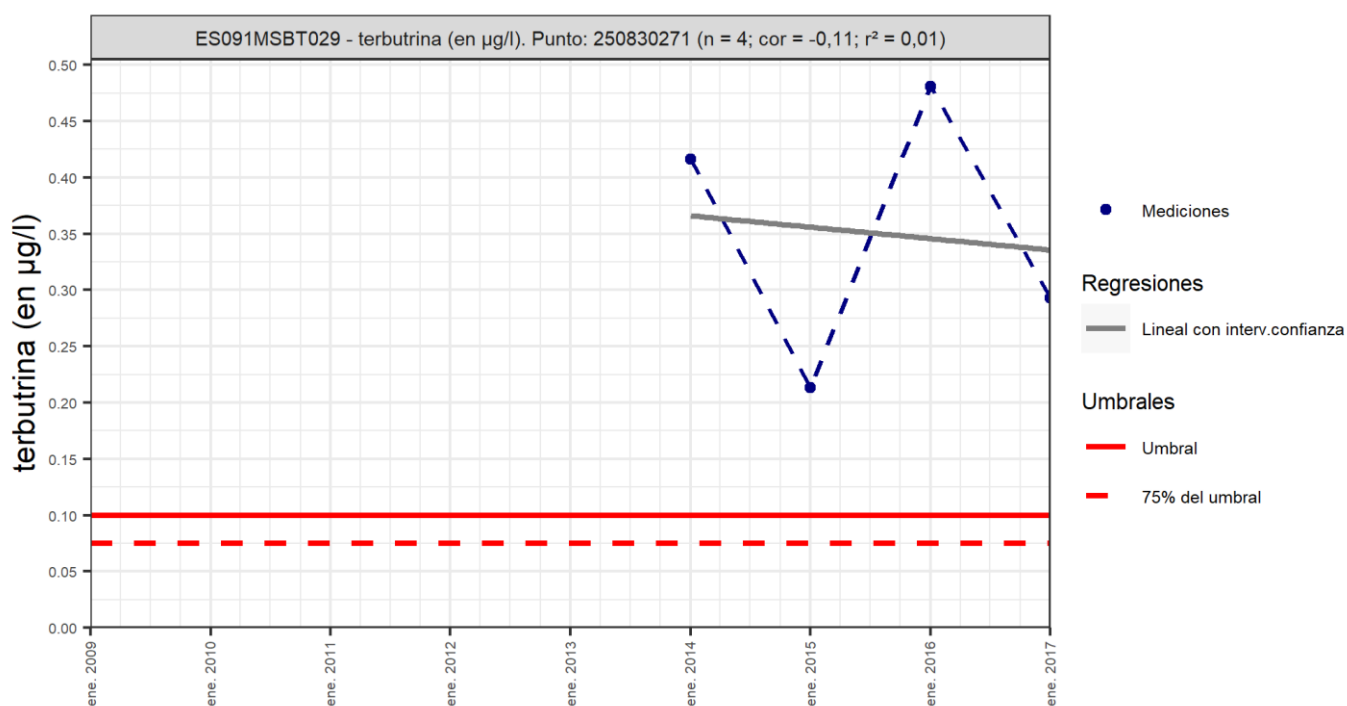
Gráfico de evaluación de tendencia

Terbutrina (Terbutrina)

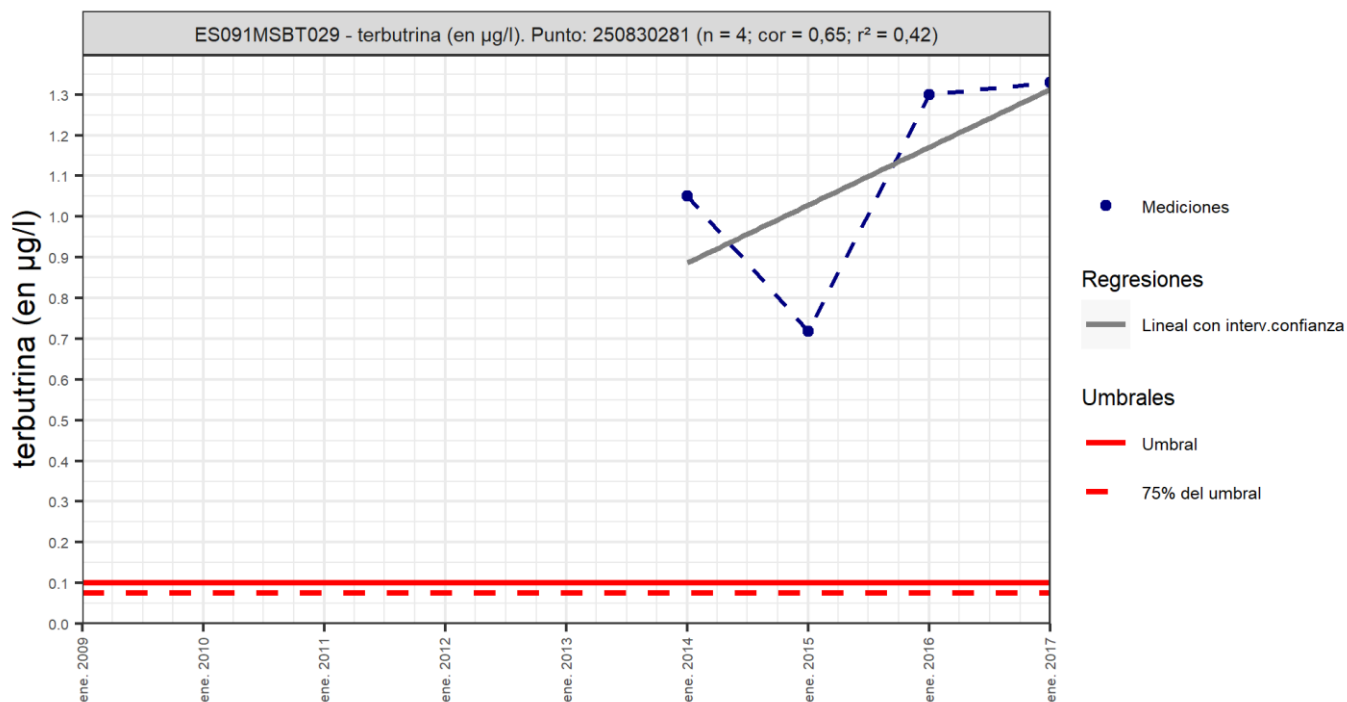
Código Punto 250830270



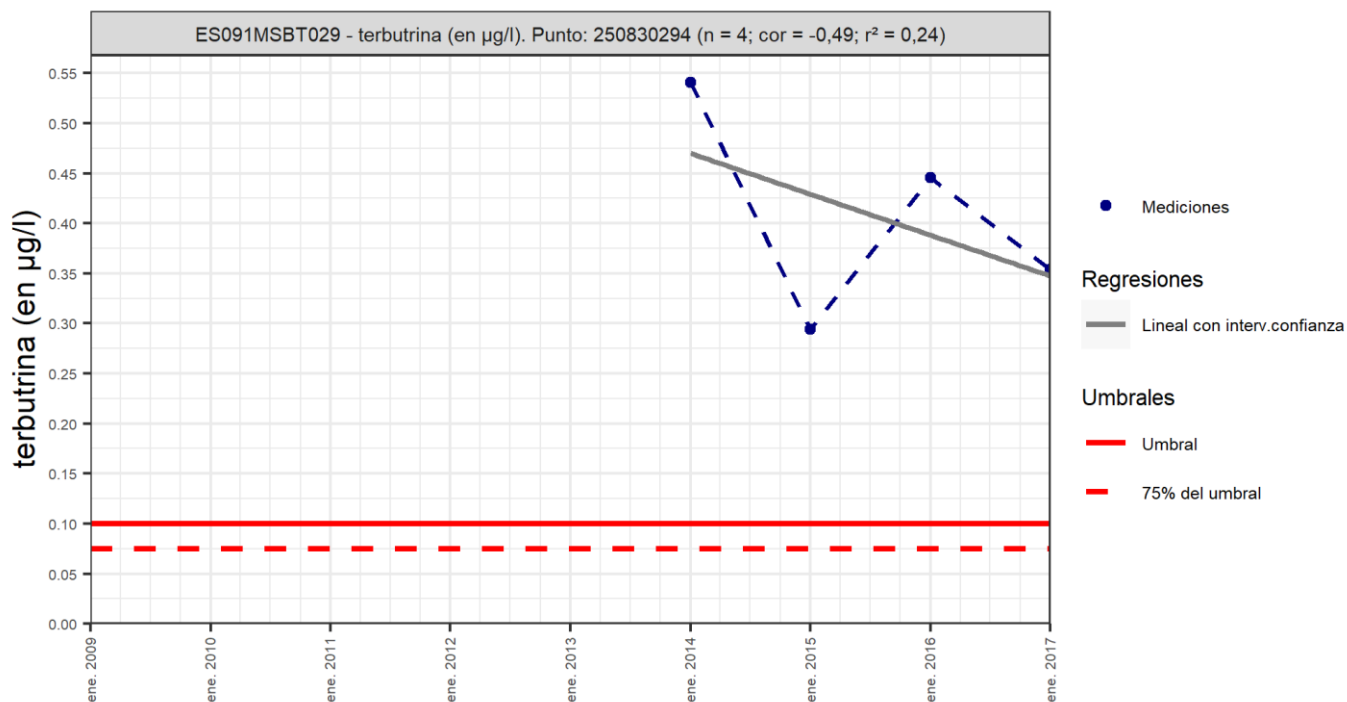
Código Punto 250830271



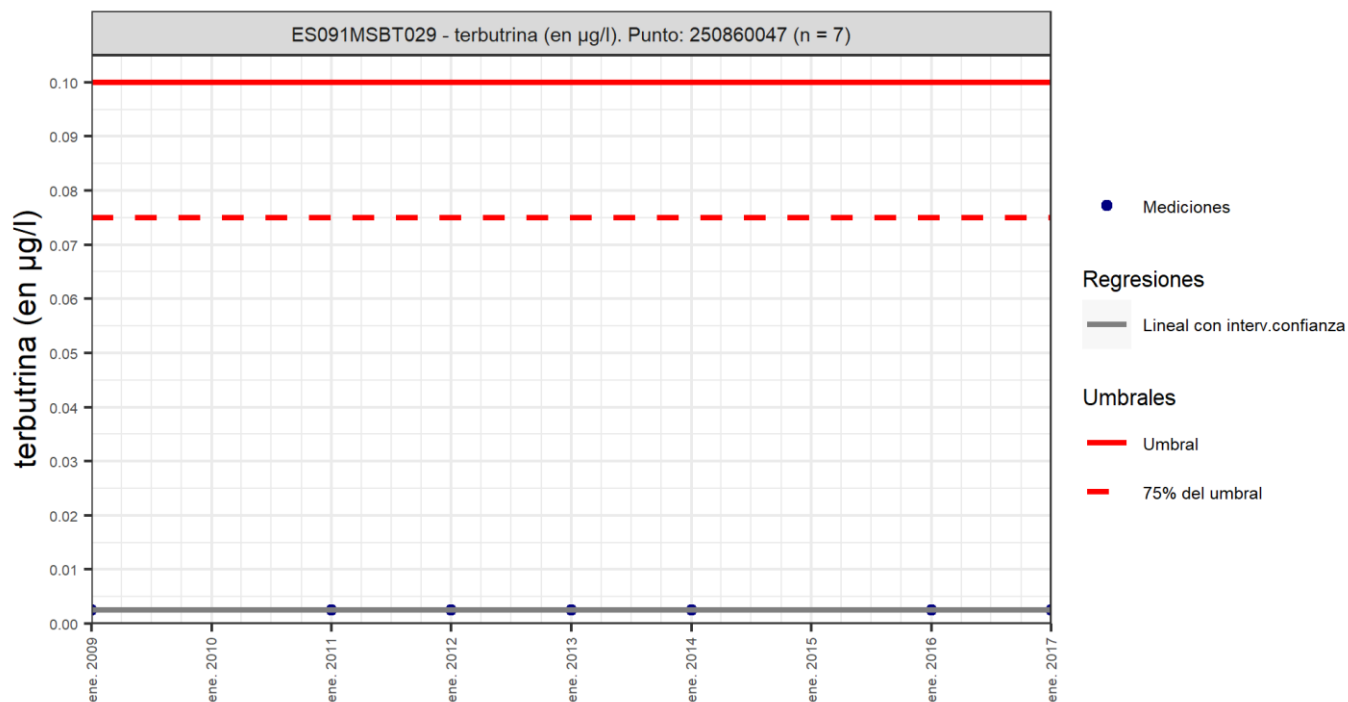
Código Punto 250830281



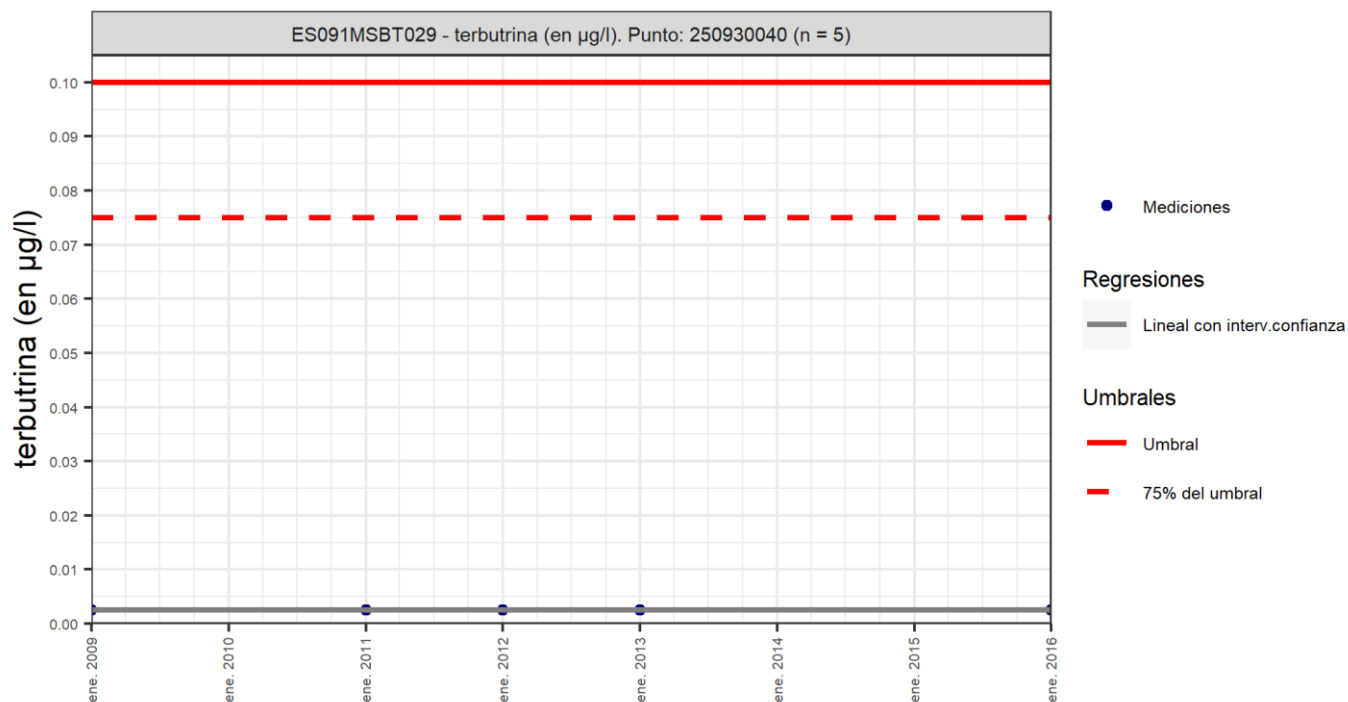
Código Punto 250830294



Código Punto 250860047



Código Punto 250930040



Análisis de tendencias

Resultados del análisis de tendencias								Terbutrina (Terbutrina)			
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
250830270	ug/L	Histórica	2014	2017	Anual	4					
250830271	ug/L	Histórica	2014	2017	Anual	4					
250830281	ug/L	Histórica	2014	2017	Anual	4					
250830294	ug/L	Histórica	2014	2019	Anual	4					
250860047	ug/L	Histórica	2007	2019	Anual	7					
250930040	ug/L	Histórica	2002	2016	Anual	7					
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				
250830270											
250830271											
250830281											
250830294											
250860047											
250930040											

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea ES091MSBT029- Sierra de Alaiz se ubica de manera íntegra en la Comunidad Foral de Navarra, en la comarca de la Navarra Media. Se encuentra en el límite entre la Cuenca de Pamplona y la depresión del Ebro, en el Dominio Hidrogeológico del Sinclinal Jaca-Pamplona. Tiene una extensión total de 278,54 km² y ocupa de forma total o parcial, un total de 30 municipios.

Esta zona abarca la Sierra de Alaiz y se extiende hacia el Oeste hasta el Arga. Constituye una alineación montañosa NE-SO, de relieves escarpados con cotas que parten desde 600 m en sus estribaciones hasta 1289 m en el pico más alto (La Higa de Monreal). La estratigrafía de la masa subterránea de Sierra de Alaiz se compone, a grandes rasgos, por materiales cenozoicos, de tipo carbonatado a muro, seguidos por depósitos turbidíticos y lagunares eocenos, y series detríticas del Oligoceno y Mioceno, todo ello coronado por sedimentos cuaternarios de tipo aluvial y coluvial. El principal rasgo tectónico está determinado por su emplazamiento sobre el cabalgamiento frontal surpirenaico, que define su límite meridional. Los materiales de la Sierra de Alaiz presentan una disposición general según un anticlinal tumbado, de orientación NE-SO y con el flanco sur invertido y que cabalga sobre los sedimentos detríticos del Oligoceno. Hacia el Oeste, el cabalgamiento se fosiliza por una potente terraza cuaternaria de la que no vuelve a emerger. Toda la serie del terciario marino se sumerge hacia el Norte bajo la potente serie de las margas de Pamplona. En la margen derecha del Arga, en el límite occidental, vuelven a aflorar las calizas del Eoceno merced a las deformaciones del diapiro de Salinas de Oro. El sector central está cubierto por un conjunto de materiales que forman parte del dominio plegado de la cuenca del Ebro, con una suave disposición sinclinal de orientación ENE-OSO. Las principales estructuras visibles en este sector son un conjunto de fallas normales que determinan la aparición de fosas.

Las características geológicas, estructurales y edafológicas de la zona le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según DRASTIC reducido (Mín.= Grado 1; Máx.= Grado 10) de muy bajo-bajo al 63,8 %, moderado-alto al 31,6 % y muy alto al 4,5% de la superficie de la MSBT Sierra de Alaiz .

La MSBT de Sierra de Alaiz (ES091MSBT029) limita al Noreste con el Río Elorz desde su desembocadura en el Arga hasta el retrocabalgamiento de Alaiz. Éste límite se considera abierto, ya que transcurre por los aluviales del Cidacos y parte del Arga. No obstante, se estima que no existe intercambio de flujos con la MSBT Sinclinal Jaca-Pamplona (EM091MSBT030). El límite oeste transcurre por el lecho del Río Arga, hasta conectar con el Límite Sur en su intersección con el cabalgamiento de los materiales Mesozoicos de Alaiz sobre el Oligoceno. El extremo oeste del límite sur se encuentra abierto, con flujo de salida a través del cuaternario del Río Arga, que discurre hacia el sur.

En la MSBT se distinguen 4 acuíferos: Ac. Cuaternario, Ac. Conglomerados del Perdón, Ac. Areniscas del Galar, y Ac. Niveles carbonatados del Cretácico superior, Ac. Paleoceno y Eoceno inferior y medio, que ocupan el 58,31% de la superficie de la MSBT. El funcionamiento hidrogeológico en la zona de estudio está condicionada a la aparición de estos acuíferos. Los escasos datos piezométricos disponibles apuntan a una desconexión hidráulica entre los distintos acuíferos, ya que la superficie piezométrica es discontinua. Las cotas del agua superficial (cotas tomadas en el cauce del Arga en distintos lugares) y subterránea sugieren un desarrollo más bien superficial de los acuíferos detríticos (Areniscas del Galar y Conglomerados del Perdón), que a su vez estaría desconectado con los niveles carbonatados.

En el caso de los sedimentos cuaternarios, para los sedimentos de tipo aluvial, los flujos de agua se estiman con una propagación de circulación acorde a la pendiente natural de los ríos. Es decir, con dirección predominante E-O hasta el Río Arga, cuyo aluvial conduciría las aguas desde el Norte hacia el Sur. Por otro lado, los sedimentos de tipo coluvial definirían un flujo excéntrico desde la Sierra de Alaiz y El Perdón hacia las áreas más bajas de la MSBT.

Los acuíferos constituidos por las zonas Areniscas de Galar y los conglomerados del Perdón son de carácter libre, ligados a las zonas de meteorización. Constituyen pequeños acuíferos con un régimen de funcionamiento muy local. No se descarta una posible transferencia de los recursos de los conglomerados del Perdón hacia las areniscas de Galar y los niveles arenosos subyacentes, dependiendo del grado de descalcificación que puedan presentar en profundidad.

El acuífero de Las Calizas del Eoceno posee una intensa fracturación, con una circulación preferente de las aguas en sentido E-O, por lo que la descarga natural se produciría de forma difusa hacia el Arga, en el sector Íbero – Echauri – Belascoain.

En cuanto a los parámetros hidráulicos medidos en terreno, tan solo se dispone de datos de transmisividad para los niveles carbonatados, que oscilan entre 0,1 y 0,2 m²/día. No se disponen de datos cuantitativos de parámetros sobre los acuíferos Cuaternario, Conglomerados del Perdón, o Areniscas del Galar.

La recarga hidráulica de cada uno de los acuíferos de la masa de Sierra de Alaiz, de forma generalizada, se produce por la infiltración de las aguas de lluvia en su superficie aflorante. En cuanto a la descarga, se produce dependiendo de los acuíferos en cuestión. Los depósitos carbonatados dan lugar a pequeños manantiales de borde; los depósitos aluviales tendrán una dinámica de recarga o descarga hacia el cauce en función del momento hidrológico y del régimen de explotación; los conglomerados drenan en su mayor parte hacia el cauce del Arga, y mediante el manantial en las inmediaciones de Subiza. El acuífero de las Areniscas de Galar descarga a través de barrancos por multitud de pequeños manantiales asociados a la zona de alteración superficial.

Se ha delimitado un único recinto hidrogeológico, Sierra de Alaiz (ES091MSBT029S00), cuya descarga al río Arga y Elorz, afluente del anterior, se realiza a través de descargas difusas al cauce.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron, para la MSBT Sierra de Alaiz, unos recursos disponibles 17,06 hm³/año, sobre unos recursos renovables de 21,2 hm³/año. La salida de agua subterránea más importante se corresponde con las extracciones por bombeo que se estimaron en 0,19 hm³/año, lo que tiene como consecuencia que el índice de explotación de esta masa sea de 0,01.

En la MSBT Sierra de Alaiz se identifica el recinto hidrogeológico Sierra de Alaiz (ES091MSBT029S00) al que se asocia las masas de agua superficial (MSPF) de los ríos Arga y Elorz.

La red de control piezométrico está constituida por un piezómetro en Ac.Terciario marino (Eoceno) (IPA_250870067) , comenzando las medidas continuas del nivel piezométrico en el año 2007 hasta 2019. El nivel piezométrico promedio se encuentra en 404,8 msnm, se observa una estabilidad en el nivel con oscilaciones debidas a la recarga que se produce preferentemente en meses de primavera (abril y mayo), la variación entre NP máximo y mínimo es de 62,8 m.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene 11 puntos de control, la mayoría emplazados en el acuífero formado por los depósitos cuaternarios aluviales. Los puntos de la red corresponden a 3 manantiales (dos de ellos en el acuífero Terciario Continental), 7 sondeos 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 6,5 a 7,8. Los valores de conductividad eléctrica varían entre 242 y 3.922 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 857,7 µS/cm, se consideran aguas naturales poco mineralizadas y dulces (< 2000 µS/cm Custodio y Llamas,1983) y que en algunos puntos asociados a emplazamientos industriales alcanza valores elevados entre 2.000 y 4.000 µS/cm (IPA 250830270, IPA_25083028, IPA_290970046). La concentración en mg/L de Ca CO₃, calculada a partir de las concentraciones de Ca y Mg, varía entre 273 y 525 mg/L, por lo que la dureza del agua puede ser variable, entre blanda a muy dura dependiendo del sector en la masa.

La facies hidrogeoquímica representativa sólo se ha podido definir en dos manantiales (IPA250860047, IPA_250930040) por falta de la concentración de HCO₃ en el resto de puntos de la red de control, ambos ubicados respectivamente en el acuífero aluvial y en acuífero Terciario continental, clasificándose como Ca-HCO₃. En los diagramas de columnas, no se observan variaciones geoquímicas respecto a la Línea Base 2007-2008 (IPA_250860047, IPA_250930040).

La MSBT Sierra de Alaiz está en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales por la elevada salinidad que se ve reflejada en el aumento puntual de la conductividad eléctrica, principalmente por la concentración de TPH's, BTEX, PAH (criseno, naftaleno, acenafteno) y pesticidas (terbutrina). El origen de estos componentes está relacionado con emplazamientos dónde se encuentran suelos contaminados y zonas industriales abandonadas. La presencia de terbutrina supera en concentración el valor de 0,1 ug/L indicado en la Norma de Calidad (NC), especialmente en los puntos localizados entre Cizur Mayor y el sur de la ciudad de Pamplona (IPA_250860047, IPA_250870018, IPA_250870022, IPA_250930040). El análisis estadístico por el método de Test de Mann-Kendall no se ha podido realizar por falta de datos anuales (>8 datos) y continuidad temporal. Los valores superan el valor de 0,1 ug/L indicado en la Norma de Calidad , el rango de concentración es mín. de 0,0025 a y máx. de 2,68 ug/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 ☒
	S02 Diseño y creación del sistema de almacenamiento de la información ☒
	S03 Inventario de puntos de agua en gabinete y diseño de campañas de campo ☒
	S04 Inventario de puntos de agua en campo ☒
	S05 Recopilación y/o Generación de coberturas y Creación de proyecto SIG y Base de Datos ☒
Actividad	
A02	ESTUDIOS GEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S06 Prospección geofísica (diseño, realización e interpretación) ☐
	S07 Realización de sondeos de reconocimiento ☐
	S08 Cartografía Geológica ☐
	S09 Generación de cortes geológicos ☒
	S10 Estudios estructurales ☒
	S11 Informe geológico ☒
Actividad	
A03	ESTUDIO DE LA ZONA NO SATURADA
	Subactividad/Herramienta
	S12 Diseño de estrategia de investigación de la ZNS ☒
	S13 Ensayos y recogida de muestras en campo y análisis en laboratorio. Aplicación de métodos de investigación directos. ☒
	S14 Estimación de parámetros de la ZNS a través de métodos indirectos. ☒
	S15 Modelización de la ZNS ☒
	S16 Diseño y creación de un sistema de almacenamiento de la información de los parámetros de la ZNS ☒
	S17 Planteamiento de los estudios de vulnerabilidad ☒
	S18 Métodos de estimación de la vulnerabilidad ☒
	S19 Generación de mapas de vulnerabilidad y análisis de datos ☒
Actividad	
A04	ESTUDIO DE LA PIEZOMETRÍA
	Subactividad/Herramienta
	S20 Diseño de campañas de piezometría e hidrometría ☒
	S21 Realización de campañas de piezometría e hidrometría. Interpretación de resultados (Isopiezas). ☒
	S22 Análisis de series termopluviométricas ☒
	S23 Análisis de tendencias piezométricas ☒
	S24 Situación piezométrica en condiciones naturales ☒
	S25 Informe de situación piezométrica ☒
	S26 Estudio de los flujos profundos ☐
Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos ☒

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

Actividad	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
	Subactividad/Herramienta
	S62 Caracterización hidrodinámica de EDAS ☐
	S63 Caracterización hidrogeoquímica de EDAS ☐
	S64 Estudios de contaminación de EDAS ☐
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 ☒
	S66 Análisis y Diagnóstico de las redes de estado químico ☒
	S67 Propuestas de mejora y ampliación de las redes. Proyectos constructivos/acondicionamiento/rehabilitación ☒
	S68 Determinación del peso de los puntos de muestreo de los PDS para la mejora en la aplicación de la evaluación de estado ☒
Actividad	
A12	MODELIZACIÓN GEOLÓGICA 3D
	Subactividad/Herramienta
	S69 Procesado y Parametrización de la información geológica: modelo conceptual geológico ☒
	S70 Elaboración Modelo Geológico 3D ☒
Actividad	
A13	MODELIZACIÓN DE FLUJO SUBTERRÁNEO
	Subactividad/Herramienta
	S71 Procesado y Parametrización de la información hidrogeológica: modelo conceptual hidrogeológico ☒
	S72 Elaboración del Modelo de Flujo ☒
Actividad	
A14	MODELIZACIÓN DE TRANSPORTE DE REACTIVOS Y SOLUTOS
	Subactividad/Herramienta
	S73 Procesado y Parametrización de la información hidrogeoquímica: modelo conceptual hidrogeoquímico ☒
	S74 Elaboración del Modelo hidrogeoquímico ☒
Actividad	
A15	MODELOS DE GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)
	Subactividad/Herramienta
	S75 Procesado y Parametrización de la información ☐
	S76 Elaboración Modelo Uso Conjunto ☐
Actividad	
A16	EVALUACIÓN DEL RECURSO DISPONIBLE Y RESERVAS
	Subactividad/Herramienta
	S77 Situación actual RD y Reservas ☒
	S78 Evolución RD y Reservas según diferentes escenarios de recarga ☒
	S79 Evolución RD y Reservas según diferentes escenarios de presiones ☒
Actividad	
A17	GEOTERMIA E HIDROTHERMALISMO
	Subactividad/Herramienta
	S80 Geotermia ☐
	S81 Hidrotermalismo ☐
Actividad	
A18	IDENTIFICACIÓN DE INTRUSIÓN MARINA
	Subactividad/Herramienta
	☐
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 ☐

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 ☐

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la ES091MSBT029 Sierra de Alaiz:

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 de los diferentes acuíferos.

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 puntual por organoclorados en el este de la MSBT. 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 puntual: la MSBT está en riesgo químico por contaminantes de origen puntual habiéndose detectado principalmente TPH. La zona afectada de la MSBT se circunscribe al Ac. Cuaternario Aluvial en el municipio de Pamplona. En esta área se propone realizar estudios específicos de la contaminación puntual que permitan identificar el origen de la contaminación y ayuden a la mejora de la gestión de la misma y a la propuesta de medidas específicas.

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.

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() Fichas de caracterización de las masas de agua subterránea en Información de Planificación Hidrológica de la CHE (www.chebro.es).
- CHE (2005) Proyecto de Construcción de Sondeos Instalación de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas de la Cuenca del Ebro. Informe Piezómetro Campanas (09.202.001)
- 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 2: Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales 2015. Demarcación Hidrográfica del Ebro, Masa de Agua Subterránea: 090.029 Sierra de Alaiz. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.
- 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 Sinclinal Jaca, Masa de agua subterránea 090.029 Sierra de Alaiz. 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, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número 229, Gobierno de España.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT029 - SIERRA DE ALAIZ

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT029 - SIERRA DE ALAIZ

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	250830270						
Valor							
Máx.	10,8	7	2.090	1,80	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	10,6	7	1.931	1,80	<LQ	<LQ	<LQ
P50	10,7	7	1.947	1,80	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	3	1			
Código Punto	250830271						
Valor							
Máx.	13,9	8	1.101	0,70	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	11,2	7	648	0,70	<LQ	<LQ	<LQ
P50	12,6	8	665	0,70	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	3	1			
Código Punto	250830281						
Valor							
Máx.	13,4	8	3.922	10,80	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	13,4	7	1.107	7,80	<LQ	<LQ	<LQ
P50	13,4	7	1.129	9,30	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	2	3	2			
Código Punto	250830287						
Valor							
Máx.	13,1	<LQ	799	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	13,1	<LQ	799	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	13,1	<LQ	799	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1		1				
Código Punto	250830292						
Valor							
Máx.	11,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	11,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	11,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2						
Código Punto	250830293						
Valor							
Máx.	13,7	<LQ	746	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	13,4	<LQ	746	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	13,6	<LQ	746	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2		1				
Código Punto	250830294						
Valor							
Máx.	14,1	7	1.017	2,30	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	13,2	7	760	2,30	<LQ	<LQ	<LQ
P50	13,6	7	935	2,30	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	3	1			
Código Punto	250860047						
Valor							
Máx.	18,5	7	770	9,80	1,1	<LQ	297,0
Mín.	11,8	7	519	6,20	<LQ	<LQ	281,0
P50	13,9	7	676	8,80	0,5	<LQ	287,0
N reg.	16	14	16	20	13		5
Código Punto	250870018						
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.	18,5	7	895	9,10	0,5	<LQ	301,0
Mín.	12,3	7	608	7,50	<LQ	<LQ	201,0
P50	16,6	7	690	8,30	<LQ	<LQ	298,0
N reg.	6	7	6	6	3		3

Código Punto 250870022

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

Código Punto 250930040

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

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	250830270								
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 250830271

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

Código Punto 250830281

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

Código Punto 250830287

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

Código Punto 250830292

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

Código Punto 250830293

Valor
Máx.
Mín.
P50
N reg.

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	250830294								
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	250860047								
Valor									
Máx.	384,3	<LQ	85,50	64,0	46,7	0,00	0,26	42,9	0,5
Mín.	283,0	<LQ	17,20	21,4	14,8	<LQ	<LQ	9,2	<LQ
P50	339,6	<LQ	33,60	33,2	30,3	<LQ	<LQ	19,1	0,3
N reg.	16	14	19	19	21	19	17	19	19
Código Punto	250870018								
Valor									
Máx.	373,3	<LQ	54,10	154,0	38,7	0,08	<LQ	20,2	4,7
Mín.	245,2	<LQ	15,40	62,9	12,0	<LQ	<LQ	8,4	<LQ
P50	359,3	<LQ	26,30	76,0	18,3	0,01	<LQ	14,0	0,9
N reg.	6	5	7	7	7	4	4	7	7
Código Punto	250870022								
Valor									
Máx.	314,8	<LQ	19,10	54,5	25,6	0,01	0,06	11,5	0,5
Mín.	255,0	<LQ	10,40	10,7	11,2	<LQ	<LQ	3,3	<LQ
P50	292,7	<LQ	12,00	17,0	12,3	<LQ	0,00	5,5	<LQ
N reg.	6	5	7	7	7	4	4	7	7
Código Punto	250930040								
Valor									
Máx.	374,5	<LQ	11,20	28,4	8,0	0,04	<LQ	9,5	1,0
Mín.	318,4	<LQ	<LQ	18,8	1,5	<LQ	<LQ	4,9	<LQ
P50	352,9	<LQ	9,12	21,4	4,1	<LQ	<LQ	6,0	0,7
N reg.	6	5	6	6	6	6	5	6	6
Nota: Los valores <LQ corresponden a valores por debajo Límite Cuantificación (LQ).									
Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	Σ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	250830270								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	1,1200	<LQ	0,2250	<LQ	45,06	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,34	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	0,4350	<LQ	0,0290	<LQ	7,29	<LQ	<LQ
N reg.			4	4	4		4	4	4
Código Punto	250830271								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	78,0000	<LQ	<LQ	<LQ	0,74	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	47,0000	<LQ	<LQ	<LQ	0,45	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	51,5000	<LQ	<LQ	<LQ	0,57	<LQ	<LQ
N reg.			4	4	4		4	4	4
Código Punto	250830281								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	2,0600	2,5000	0,0180	<LQ	3,82	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,46	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	0,5900	<LQ	<LQ	<LQ	2,91	<LQ	<LQ
N reg.			4	4	4		4	4	4
Código Punto	250830287								
Valor									

Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	Σ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	250830287								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ
N reg.			1	1	1		1	1	1
Código Punto	250830292								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	7,3500	<LQ	<LQ	<LQ	3,98	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,57	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	3,6750	<LQ	<LQ	<LQ	2,77	<LQ	<LQ
N reg.			2	2	2		2	2	2
Código Punto	250830293								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	0,8100	<LQ	<LQ	<LQ	0,30	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	0,4050	<LQ	<LQ	<LQ	0,16	<LQ	<LQ
N reg.			2	2	2		2	2	2
Código Punto	250830294								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	0,5600	<LQ	<LQ	<LQ	2,01	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,78	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	0,1600	<LQ	<LQ	<LQ	1,26	<LQ	<LQ
N reg.			4	4	4		4	4	4
Código Punto	250860047								
Valor									
Máx.	156,0	8,1	0,3160	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	102,0	4,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	133,0	6,0	0,2070	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	18	19	9	9	9	19	6	8	8
Código Punto	250870018								
Valor									
Máx.	189,0	12,8	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	125,0	11,0	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	135,0	12,1	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	7	1	2		5			
Código Punto	250870022								
Valor									
Máx.	130,0	5,3	<LQ	<LQ	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	81,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	110,0	2,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	7	1	2		5			
Código Punto	250930040								
Valor									
Máx.	118,0	12,2	1,5100	<LQ	<LQ	0,05	0,00	<LQ	<LQ
Mín.	107,0	8,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	114,0	9,9	1,2000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	5	6	6	6	6	6	4	6	6

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