

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT056 - SASOS DE ALCANADRE

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 ES091MSBT056 Nombre MSBT SASOS DE ALCANADRE

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua de Saso de Alcanadre se localiza en el sector nororiental de la cuenca hidrográfica del Ebro, a caballo entre la sierra Guara al norte, y la Depresión del Ebro al sur.

Toda su superficie se localiza dentro de la cuenca del Cinca, uno de los principales tributarios por la margen izquierda del Ebro, repartida entre los ríos Guatizalema al oeste y Alcanadre al este.

Con una superficie de 488 km² abarca numerosos municipios todos ellos pertenecientes a la comunidad autónoma de Aragón, repartidos entre las comarcas oscenses de la Hoya de Huesca al oeste, Somontano de Barbastro al este y Monegros al sur. La principal localidad dentro de esta masa de agua corresponde a Siétamo con una población censada de algo más de 500 habitantes.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Huesca	22124	Huerto	65,21	11,59
Aragón	Huesca	22150	Loporzano	31,55	10,95
Aragón	Huesca	22174	Peralta de Alcofea	42,58	10,14
Aragón	Huesca	22015	Alcalá del Obispo	95,58	9,37
Aragón	Huesca	22220	Sesa	99,99	6,32
Aragón	Huesca	22178	Pertusa	99,49	5,99
Aragón	Huesca	22203	Salillas	100,00	5,81
Aragón	Huesca	22141	Lascellas-Ponzano	85,31	4,78
Aragón	Huesca	22055	Berbegal	43,55	4,38
Aragón	Huesca	22222	Siétamo	42,27	4,24
Aragón	Huesca	22162	Novalés	99,99	4,12
Aragón	Huesca	22029	Antillón	85,10	3,91
Aragón	Huesca	22235	Torres de Alcanadre	100,00	3,61
Aragón	Huesca	22050	Barbuñales	87,48	3,36
Aragón	Huesca	22064	Blecuá y Torres	32,50	2,41
Aragón	Huesca	22036	Argavieso	100,00	1,99
Aragón	Huesca	22139	Laperdiguera	85,49	1,98
Aragón	Huesca	22135	Laluenga	24,43	1,83
Aragón	Huesca	22181	Piracés	18,45	0,95
Aragón	Huesca	22213	Sariñena	1,50	0,85
Aragón	Huesca	22116	Grañén	2,34	0,60
Aragón	Huesca	22239	Tramaced	6,50	0,21
Aragón	Huesca	22011	Albero Alto	4,99	0,20
Aragón	Huesca	22001	Abiego	2,28	0,18
Aragón	Huesca	22042	Azlor	4,47	0,15
Aragón	Huesca	22027	Angüés	0,67	0,08
Aragón	Huesca	22156	Monflorite-Lascasas	0,21	0,01
Aragón	Huesca	22041	Azara	0,16	0,01
Aragón	Huesca	22013	Alberuela de Tubo	0,01	0,01
Aragón	Huesca	22176	Peraltilla	0,01	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)	733.365	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.655.888
Longitud (CENTROIDE)	-0,18155	Latitud (CENTROIDE)			42,02049
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			592
Altitud mínima (m s.n.m.)	288	Altitud máxima (m s.n.m.)			880
Área total de la MSBT (km ²)	488				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

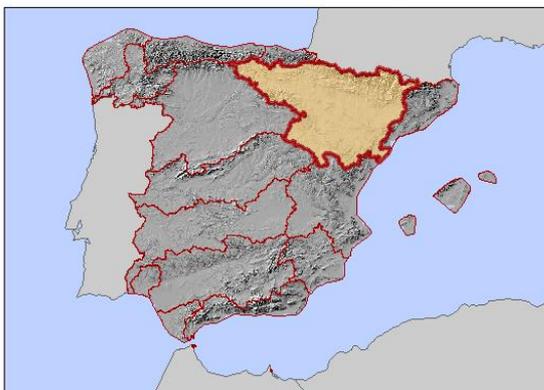
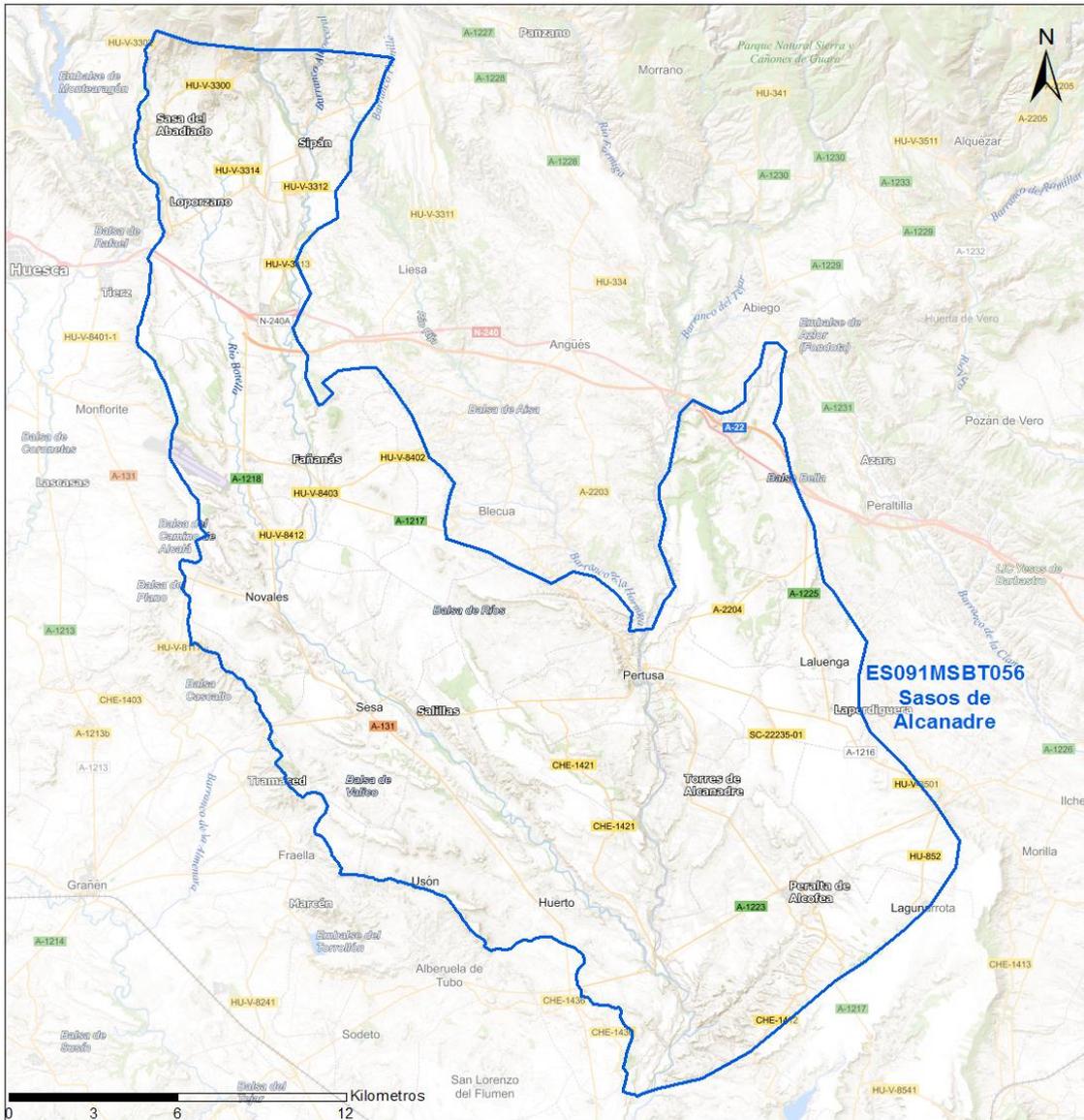
2.634

Año

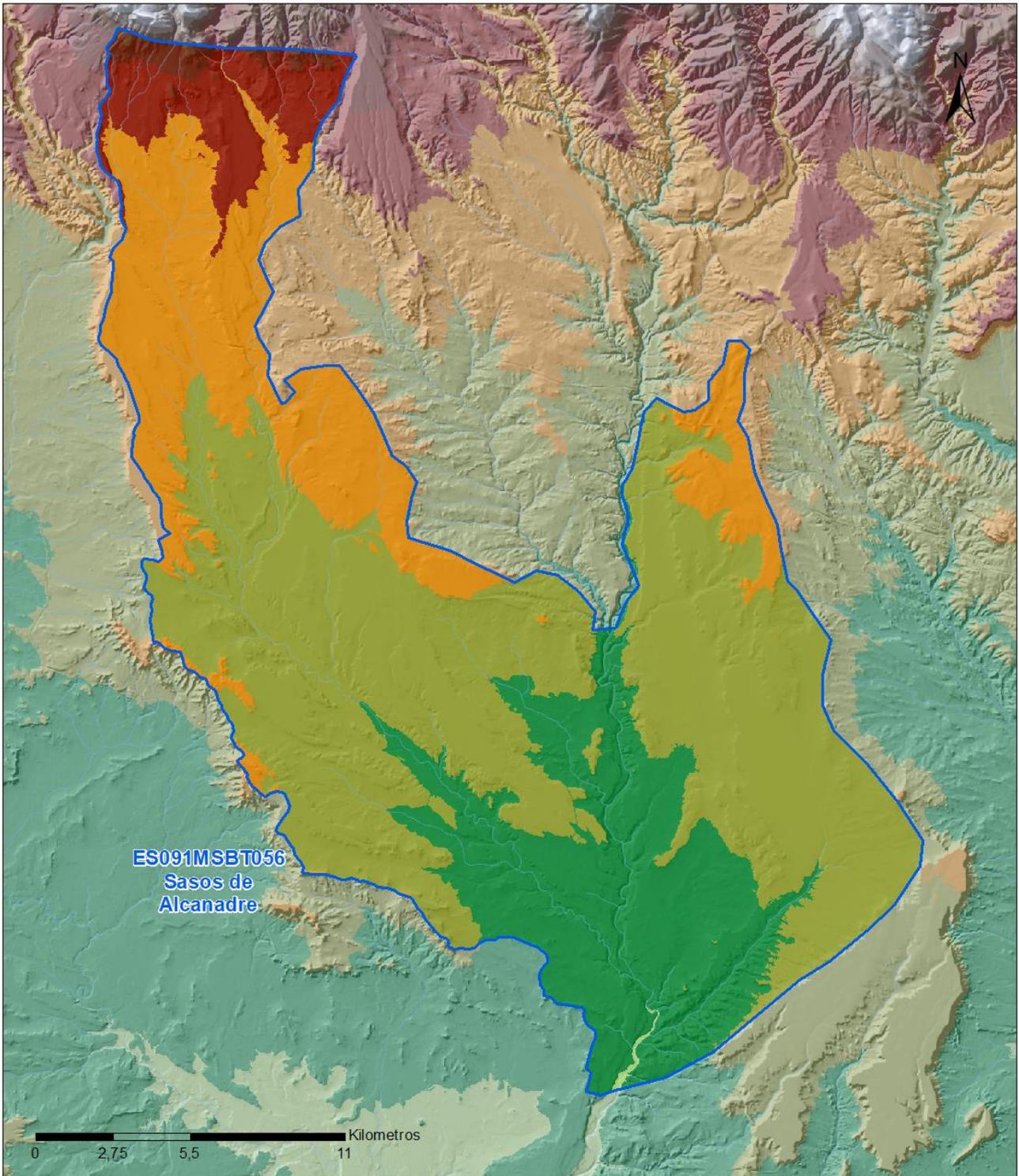
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



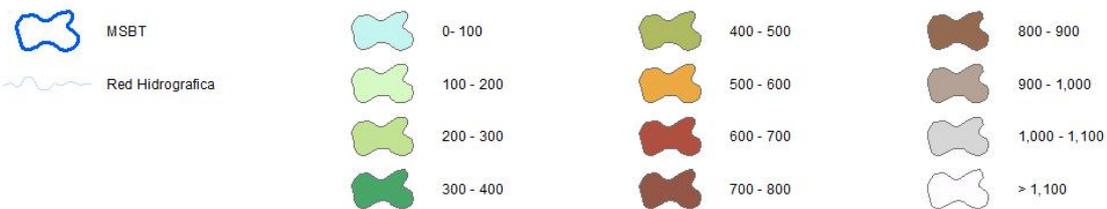
Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

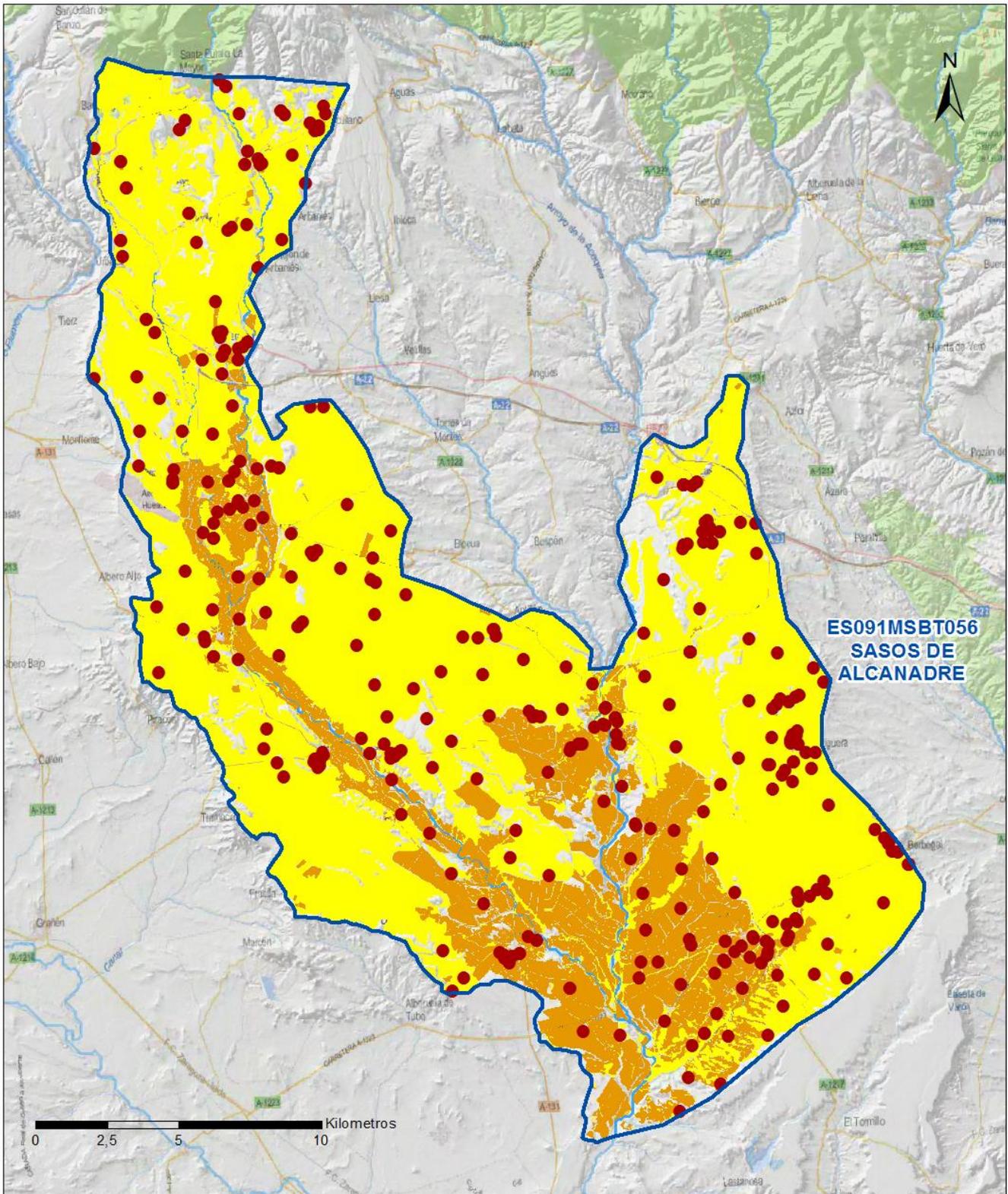


2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.6	Vertederos	<input 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 checked="" type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.4	Transporte	<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"/>
Extracción / Desvío de agua	3.7	Otros	<input type="checkbox"/>

Fuentes difusas



LEYENDA

-  Red hidrográfica
-  MSBT:
- ES091MSBT056
- SASOS DE ALCANADRE

Tipo de Presión Difusa (significativa):

-  2.10 Otras fuentes difusas. Cabaña Ganadera.
-  2.2 Agricultura: Regadío
-  2.2 Agricultura: Secano

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
NUTR	Contaminación por nutrientes	Comprobado

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
NO ₃ ⁻ Nitrate	Masas Afectadas por nitratos (> 50 mg/l en valores medios o máximos en los últimos 4 años en más del 20% masa)

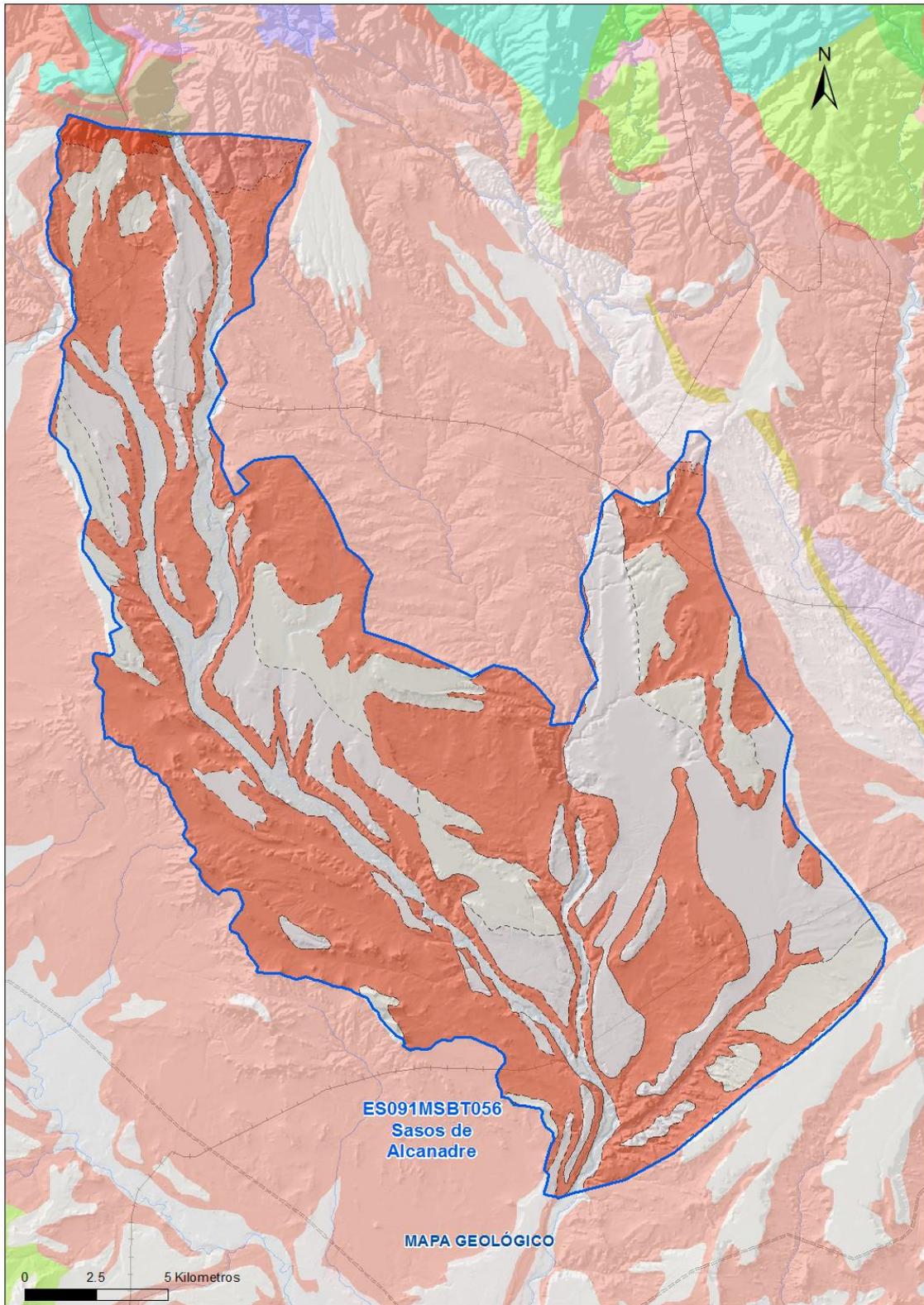
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Ebro

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
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
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas
360	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
359	Conglomerados, areniscas y lutitas

3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

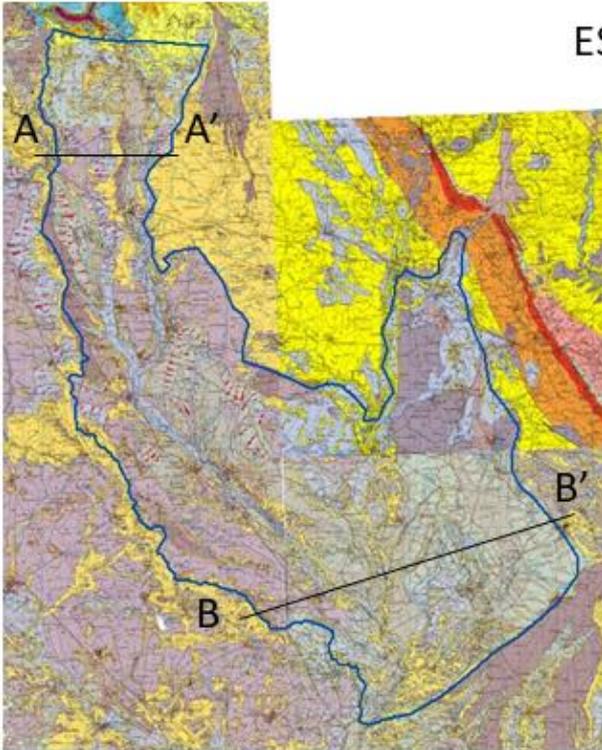
Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	35,24	Detrítica	7,22
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	117,22	Detrítica	24,02
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	64,75	Detrítica	13,27
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Neógeno	Mioceno	260,45	Detrítica	53,36
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	Neógeno	Mioceno	6,59	Detrítica	1,35
Conglomerados, areniscas y lutitas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	2,81	Detrítica	0,58

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

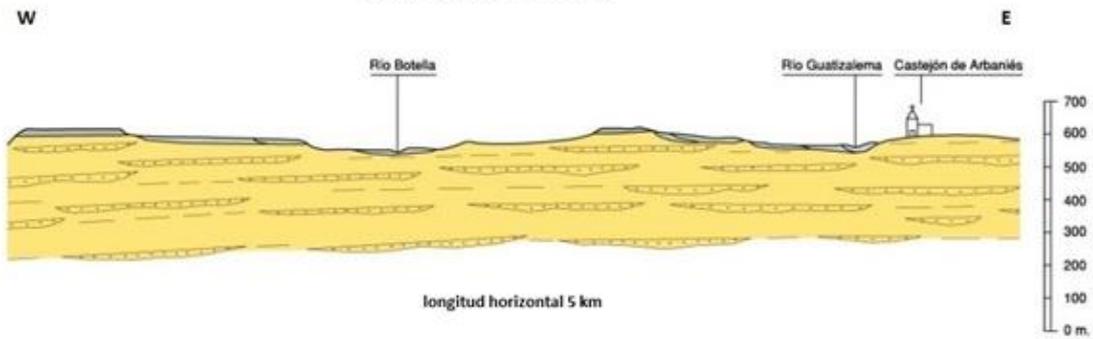
Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Neógeno	Mioceno	1500
Gravas, arenas, limos y arcillas (Glacis y terrazas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-15

3.5 CORTES GEOLÓGICOS

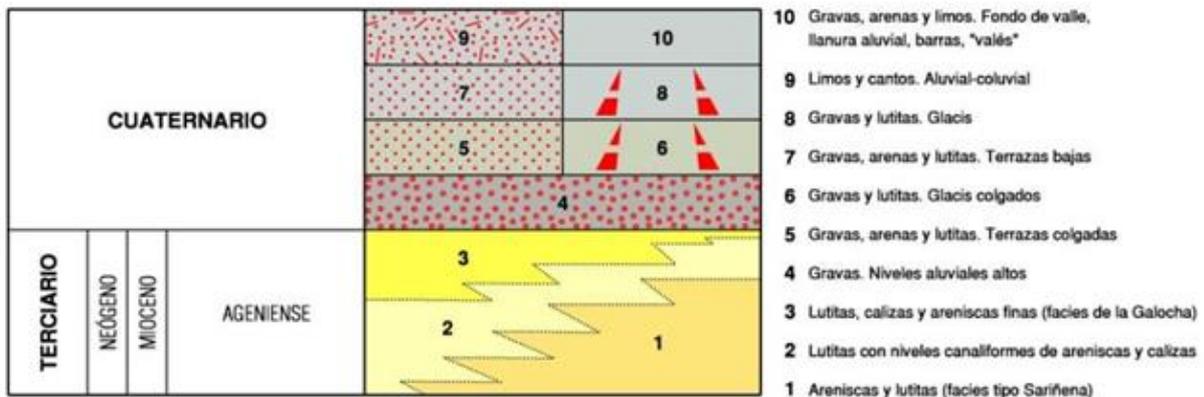
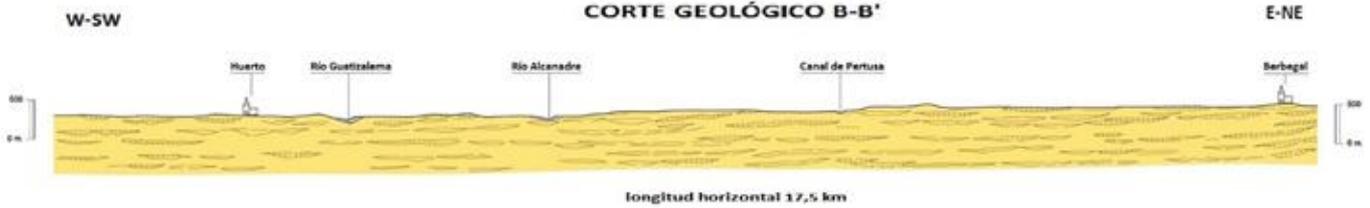
ES091MSBT056 Sasos de Alcanadre



CORTE GEOLÓGICO A-A'



CORTE GEOLÓGICO B-B'



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La masa de agua de los sasos de Alcanadre se ubica entre las Sierras Exteriores Pirenaicas al norte y la Depresión del Ebro al sur, en una zona caracterizada por la formación de depósitos de piedemonte provenientes de la denudación de las sierras pirenaicas. Se identifica con los materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro y con los depósitos cuaternarios de origen aluvial, entre los que se encuentran las terrazas y los glacis denominados localmente sasos, junto con los depósitos aluviales más recientes asociados a los principales ríos (Botella, Guatizalema y Alcanadre).

El terciario en esta zona de la Depresión del Ebro está representado por depósitos continentales de origen fluvial, en disposición subhorizontal y poco deformados de la Formación Sariñena (Mioceno), dispuesta en discordancia angular sobre la Formación Peraltilla (Oligoceno Superior). Presenta una litología muy variable tanto vertical como horizontalmente (cambios laterales de facies) compuesta por alternancia de areniscas y lutitas y cuerpos arenosos canalizados y tabulares correspondientes a paleocanales, con un mayor desarrollo en la zona norte. Estos depósitos terciarios pueden llegar a alcanzar espesores de hasta 1.300 m.

Por encima de los terciarios se encuentran los depósitos cuaternarios, constituidos por materiales detríticos no consolidados con un amplio desarrollo dentro de esta masa de agua (44,5% de su superficie). Están relacionados con los sistemas fluviales actuales formando diferentes sistemas de terrazas y glacis. Se identifican 7 niveles de terrazas algunas de las cuales están conectadas con los depósitos de glacis, además de los aluviales actuales de los ríos que discurren por la zona y los depósitos de fondo de valle.

- Las terrazas altas (T6 y T7) corresponden a los depósitos cuaternarios más antiguos del Pliocuaternalio, con espesores de hasta 15 metros. Están constituidos por conglomerados poligénicos, donde dominan las litologías de las sierras exteriores, o gravas masivas caóticas pero homogéneas intercalados entre lutitas. Presentan una estructura horizontal, en ocasiones se presentan fuertemente cementadas o encostradas y que constituyen los denominados Sasos.

- Las terrazas y glacis colgados (T3, T4 y T5) del Pleistoceno presentan espesores algo más reducidos de entre 2 y 3 m. Están constituidos por gravas más o menos cementadas con lentejones de arenas, limos y arcillas formando depósitos de ladera y glacis al pie de los relieves. Constituyen plataformas elevadas desconectadas de los aluviales actuales, situadas a unos 75 m de altura sobre el cauce actual de los ríos.

- Las terrazas más modernas (T1 y T2) junto con los depósitos aluviales y coluviales actuales y los fondos de valle corresponden a las formaciones cuaternarias más modernas del Holoceno. Las terrazas presentan espesores de entre 3 y 7 m formadas por gravas con matriz limosa y arcillosa. Los depósitos aluviales y coluviales presentar espesores de hasta 5 m, formados por cantos, 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	4	3
Espesor Medio Z.N.S. (m)	3	

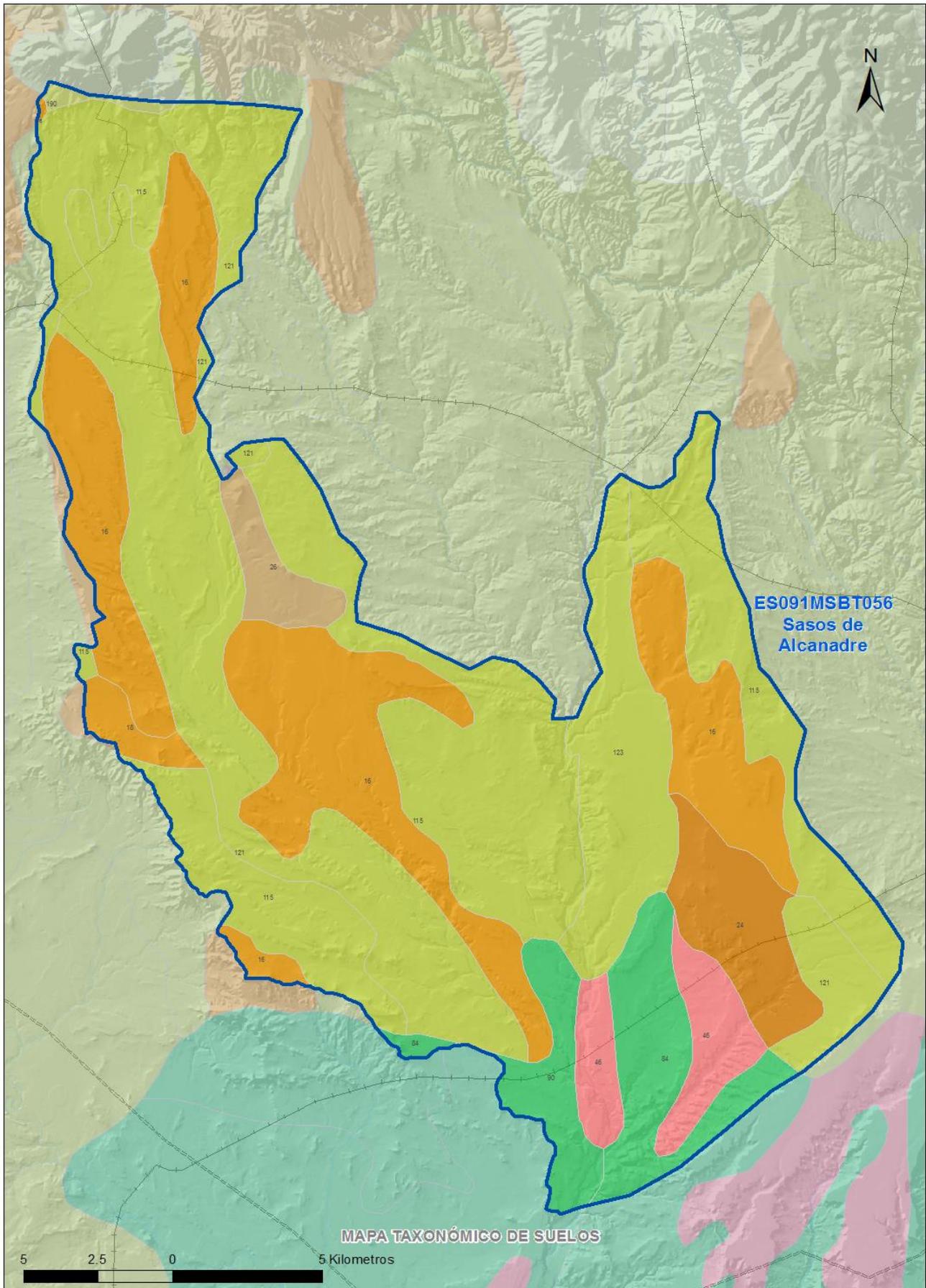
Litología Z.N.S. Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF	117	23,87
ALFISOL, XEROLF, PALEXEROLF	21	4,29
ALFISOL, XEROLF, RHODOXEROLF	9	1,91
ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID	19	3,90
ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT	41	8,31
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	280	57,37
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	2	0,35

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

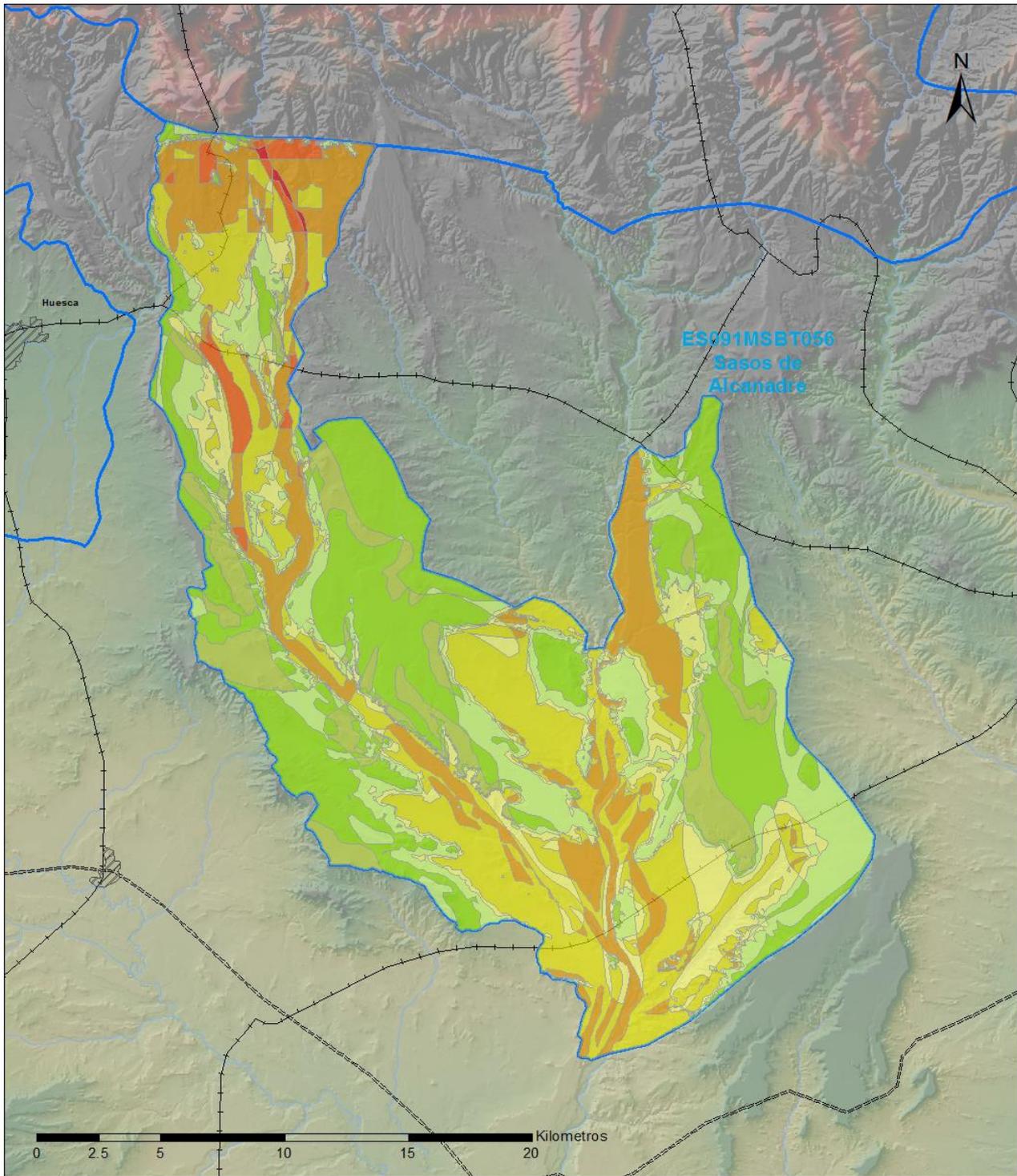
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
16	ALFISOL, XERalf, HAPLOXERalf, NO GRUPO2, PALEXERalf, NO ASOCIA2, Rhodoxeralf, NO INCLUSIÓN2
18	ALFISOL, XERalf, HAPLOXERalf, NO GRUPO2, RHODOXERalf, NO ASOCIA2, Palexeralf, NO INCLUSIÓN2
24	ALFISOL, XERalf, PALEXERalf, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, (Calcixerapt), NO INCLUSIÓN2
26	ALFISOL, XERalf, RHODOXERalf, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, Calcixerapt, NO INCLUSIÓN2
46	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, PETROCALCID, HAPLARGID, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2
84	ENTISOL, ORThent, TORRIORThent, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplocalcid, NO INCLUSIÓN2
90	ENTISOL, ORThent, TORRIORThent, NO GRUPO2, HAPLOCALCID, NO ASOCIA2, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2
115	ENTISOL, ORThent, XERORThent, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, (Haploxerept), NO INCLUSIÓN2
121	ENTISOL, ORThent, XERORThent, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeralf, NO INCLUSIÓN2
123	ENTISOL, ORThent, XERORThent, NO GRUPO2, HAPLOXERalf, NO ASOCIA2, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2
190	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, HAPLOXEROLL, NO ASOCIA2, Rhodoxeralf, NO INCLUSIÓN2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORThent, NO ASOCIA2, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
2 (Muy Baja)	30 - 44	8,09	
3 (Baja)	44 - 58	25,47	
4 (Baja)	58 - 72	16,70	
5 (Moderada)	72 - 86	10,64	
6 (Moderada)	86 - 100	22,25	
7 (Alta)	100 - 114	15,00	
8 (Alta)	114 - 128	1,72	
9 (Muy Alta)	128 - 142	0,13	

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

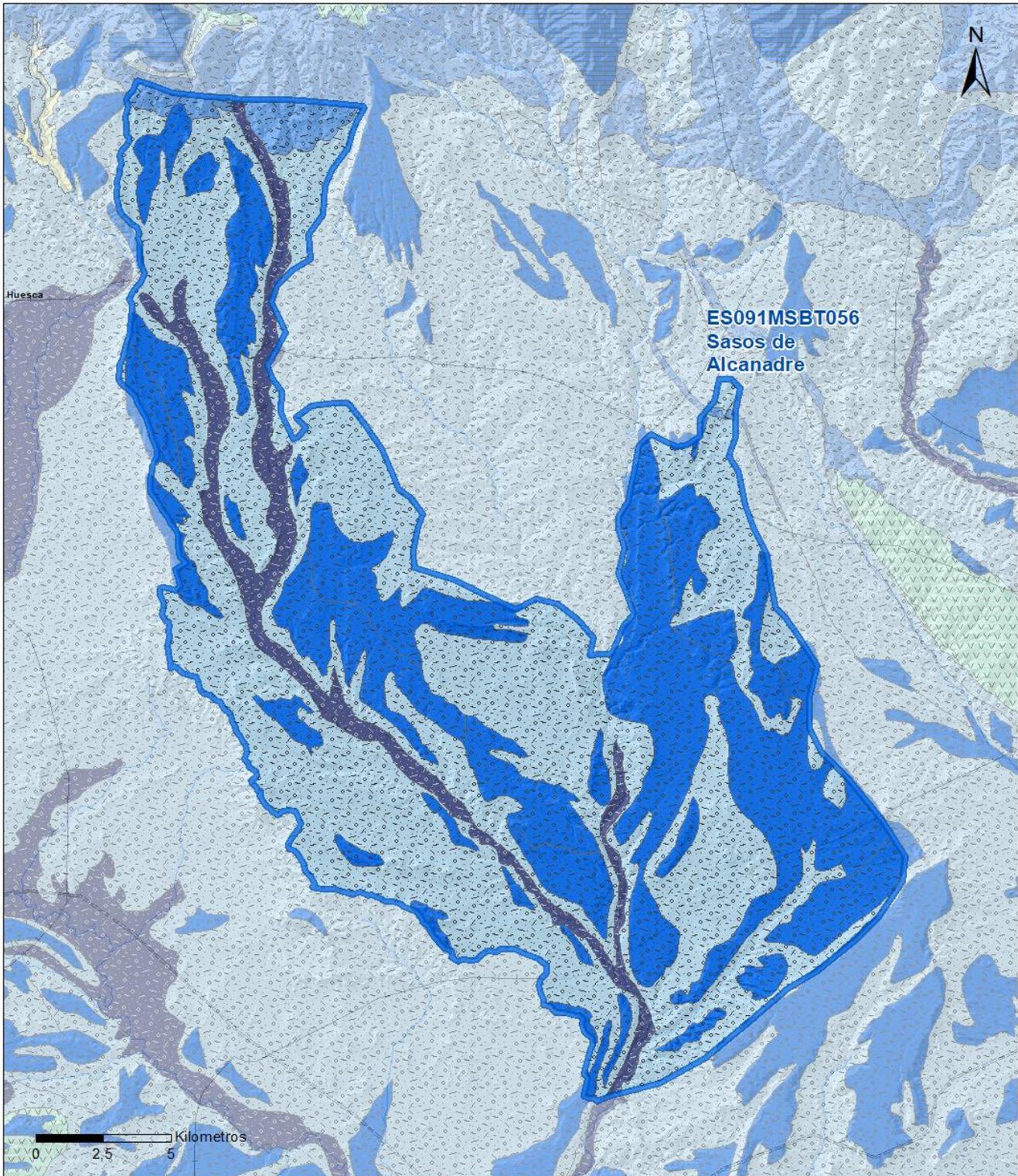
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Este	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	SANTO DOMINGO-GUARA

Descripción límites hidrogeológicos:

Los límites de esta masa de agua son de tipo litológico, definidos en su zona E, O y S por la extensión de los cuaternarios sobre los terciarios de baja permeabilidad de la Depresión del Ebro, mientras que el límite N se establece a partir del contacto con los materiales mesozoicos, paleocenos y eocenos de la vertiente sur de la sierra de Guara.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



MSBT

PERMEABILIDAD



MUY ALTA, DETRÍTICAS



ALTA, DETRÍTICAS



MEDIA, DETRÍTICAS



BAJA, DETRÍTICAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Terciaria	Alternancia de areniscas y lutitas	Baja	Neógeno	Mioceno	1300	267
Cuaternaria aluvial	Gravas, arenas, limos	Muy alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	3-7	35
Cuaternaria de glacis	Gravas, arenas, arcillas y limos	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-15	182

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Detrítico terciario	267	54,71	Predominantemente libre	1300	Intergranular	Terciaria
Aluviales actuales	35	7,22	Libre	3-7	Intergranular	Cuaternaria Aluvial
Glacis	182	37,28	Libre	2-15	Intergranular	Cuaternaria de glacis

Descripción general:

Los principales acuíferos que se localizan dentro de esta masa de agua lo constituyen los depósitos cuaternarios de los aluviales y glacis caracterizados por una notable heterogeneidad granulométrica. Estas formaciones se encuentran por lo general bastante compartimentadas lo que da lugar a la formación de diversos acuíferos de pequeña extensión que se encuentran aislados hidráulicamente. El subyacente corresponde a los materiales detríticos del Neógeno, constituidos por lutitas con intercalaciones de areniscas y conglomerados que dan al conjunto una permeabilidad baja con algunas zonas muy locales que presentan mejores condiciones hidráulicas.

Se definen los siguientes acuíferos definidos a partir de las FGP:

- Glacis: compuesto de varios tipos de materiales detríticos de diferente naturaleza e importancia entre los que destacan los depósitos de glacis y las terrazas medias y altas, y de forma secundaria, algunos de materiales provenientes de coluviones, abanicos y derrubios. Se considera un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial y espesores muy variables que no suelen superar los 15 m. Los principales acuíferos que se identifican dentro de esta masa de agua corresponden al Glacis de Siéstamo, al Glacis de Ola, Glacis El Bodeguero-Sabardilla, Plana de Huerto-Usón y el Glacis de Peralta de Alcolea.

- Cuaternario Aluvial: conjunto de formaciones detríticas asociadas con el aluvial de los ríos Alcanadre, Guatizalema y Botella (terrazas bajas y aluvial actual). Se considera un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial, siendo frecuentes los cambios de facies, tanto laterales como verticales.

- Terciario: constituye un acuífero detrítico multicapa formado por una alternancia de areniscas y lutitas y algunos niveles conglomeráticos, con un carácter fundamentalmente libre, aunque puntualmente puede considerarse como un acuitado, con permeabilidades bajas o muy bajas que puede presentar espesores de hasta 1.300 m.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Depósitos de glacis	Glacis		25,00	150,00		
Detrítico terciario	Terciario	Ensayo de bombeo	1,03	2,75	4,00E-01	

Descripción general:

Solo se han identificado tres ensayos de bombeo dentro de esta masa de agua todos ellos correspondientes a pozos de explotación de las formaciones terciarias con valores de transmisividad de entre 1,03 y 2,75 m²/día (Merida 2020).

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La recarga se produce principalmente por infiltración de la precipitación y por retornos de riego mientras que las descargas se realizan a través de manantiales periféricos (en los glacis) y de la red fluvial (principalmente en los aluviales), presentando los ríos dentro de esta masa de agua un carácter predominantemente efluente. El Río Botella en su cabecera discurre por materiales aluviales y quizás en esta zona podría considerarse perdedor estacionalmente al encontrarse su cauce seco durante periodos más o menos prolongados, hasta que va ganando aportaciones de cauces secundarios e incide en los materiales terciarios.

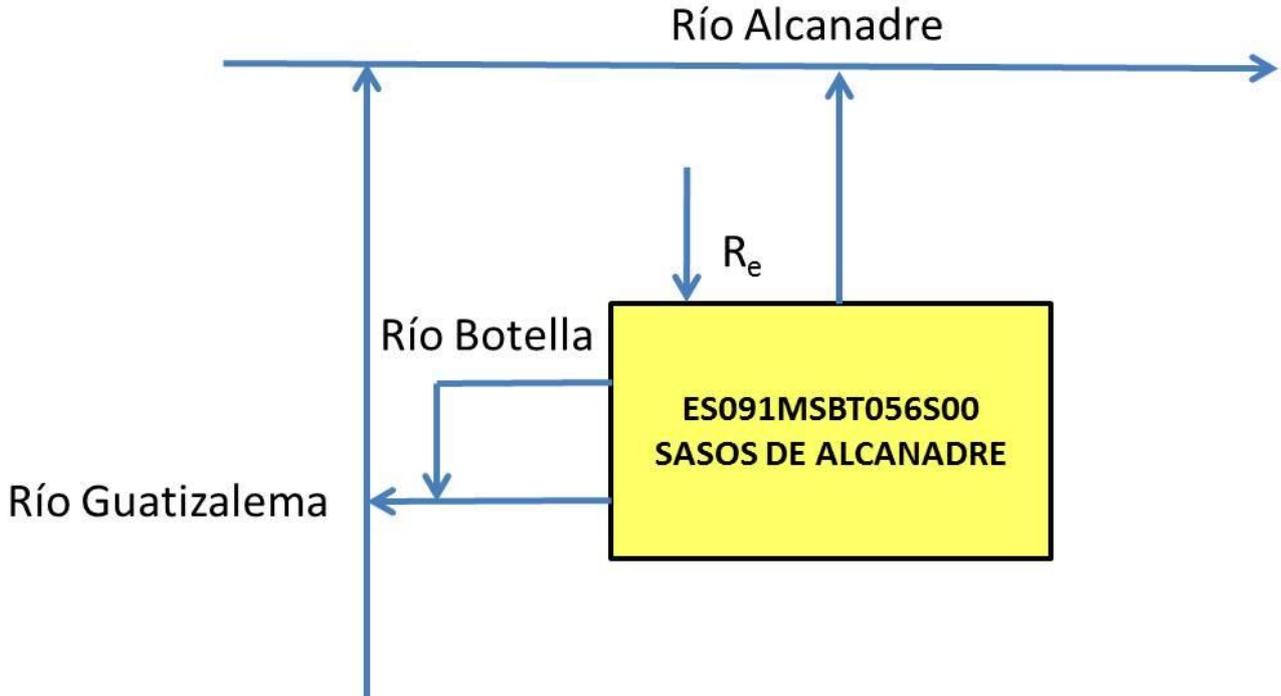
La relación de los glacis y otras formaciones superficiales con los aluviales varía de unas zonas a otras, siendo lo más habitual que se encuentren desconectados. Los aluviales actuales y las terrazas más bajas son las formaciones cuaternarias que se encuentran conectadas con los ríos y su funcionamiento está vinculado al de ellos.

La componente de flujo principal de la FGP-Terciaria muestra una dirección NNO-SSE siguiendo la dirección de la estratigrafía y a favor de los cuerpos formados por los paleocanales. La secuencia estratigráfica de esta formación acuífera se presenta sub-horizontal, por lo que los gradientes no son muy elevados (Melida 2020). En cuanto a las FGP-Cuaternario aluvial, presentan flujos que se dirigen hacia la red fluvial, condicionados por la extensión y potencia de las terrazas (Melida 2020). Finalmente, la FGP-Glaciis presentan direcciones de flujo con componentes diferentes, condicionados fuertemente por la topografía, y que coincide con la dirección de los principales manantiales de descarga situados generalmente en la zona sur de los Sasos (Melida 2020). Presenta una dirección predominante NO-SE.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLOGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT056S00	Sasos de Alcanadre
Esquema: ES091MSBT056S00	



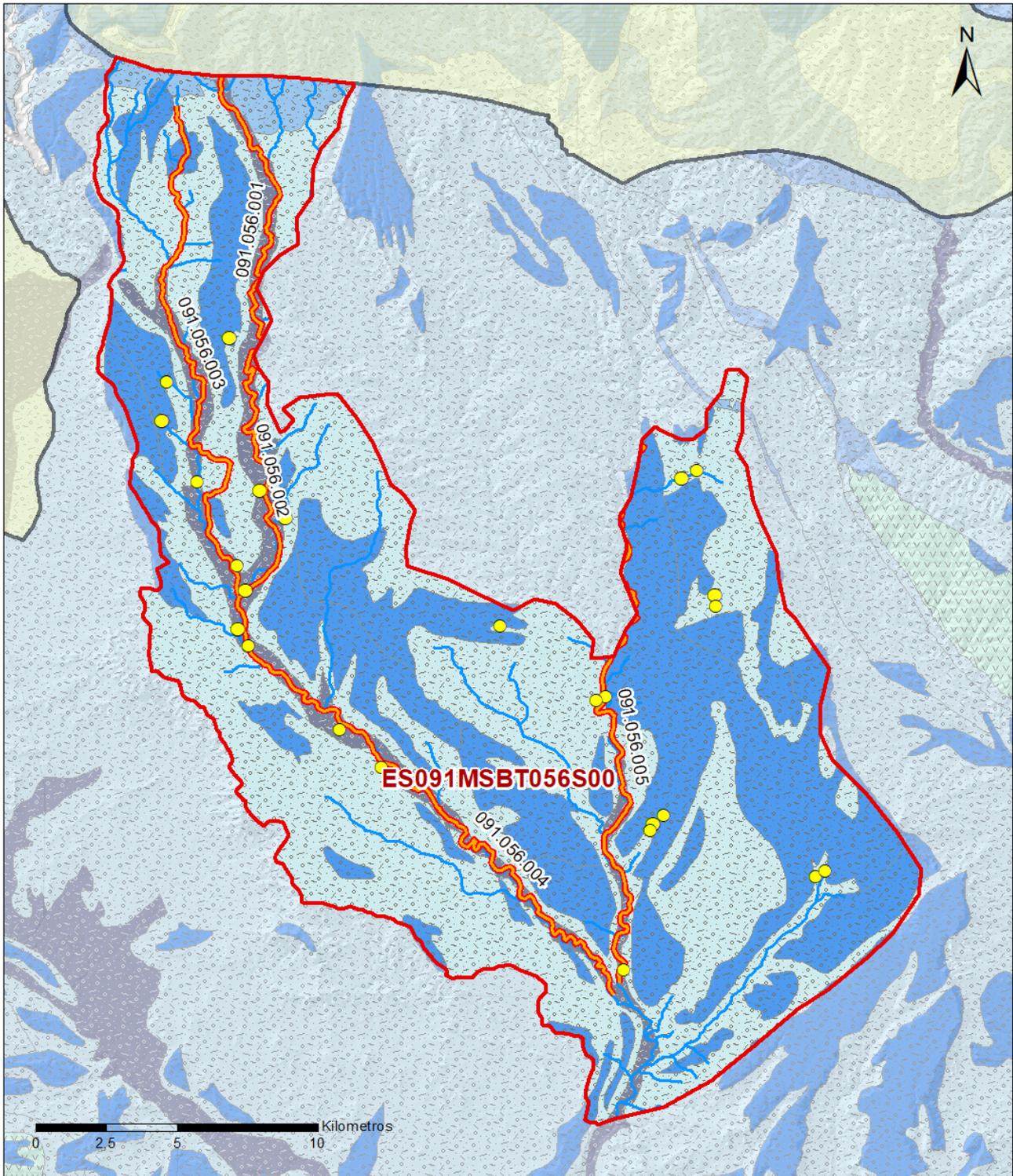
5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT056S00	ES091MSPF157	Río Alcanadre desde el puente nuevo de la carretera (estación de aforos número 91) en Lascellas hasta el río Guatizalema.	Descarga a cauce	091.056.005
ES091MSBT056S00	ES091MSPF158	Río Guatizalema desde el puente de la carretera de Loscertales hasta el río Botella.	Descarga a cauce	091.056.002
ES091MSBT056S00	ES091MSPF159	Río Botella desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Guatizalema.	Descarga a cauce	091.056.003
ES091MSBT056S00	ES091MSPF160	Río Guatizalema desde el río Botella hasta su desembocadura en el río Alcanadre.	Descarga a cauce	091.056.004
ES091MSBT056S00	ES091MSPF382	Río Guatizalema desde la Presa de Vadiello hasta el puente de la carretera de Loscertales.	Descarga a cauce	091.056.001

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)
ES091MSBT056S00	091.056.001	529				20	
ES091MSBT056S00	091.056.002	346			240,90 0-630	20	0,13000
ES091MSBT056S00	091.056.003	346				20	
ES091MSBT056S00	091.056.004	315				20	
ES091MSBT056S00	091.056.005	310	0,02890	141,91	0-346,89	20	0,18000

Relación río/acuífero ES091MSBT056S00



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

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

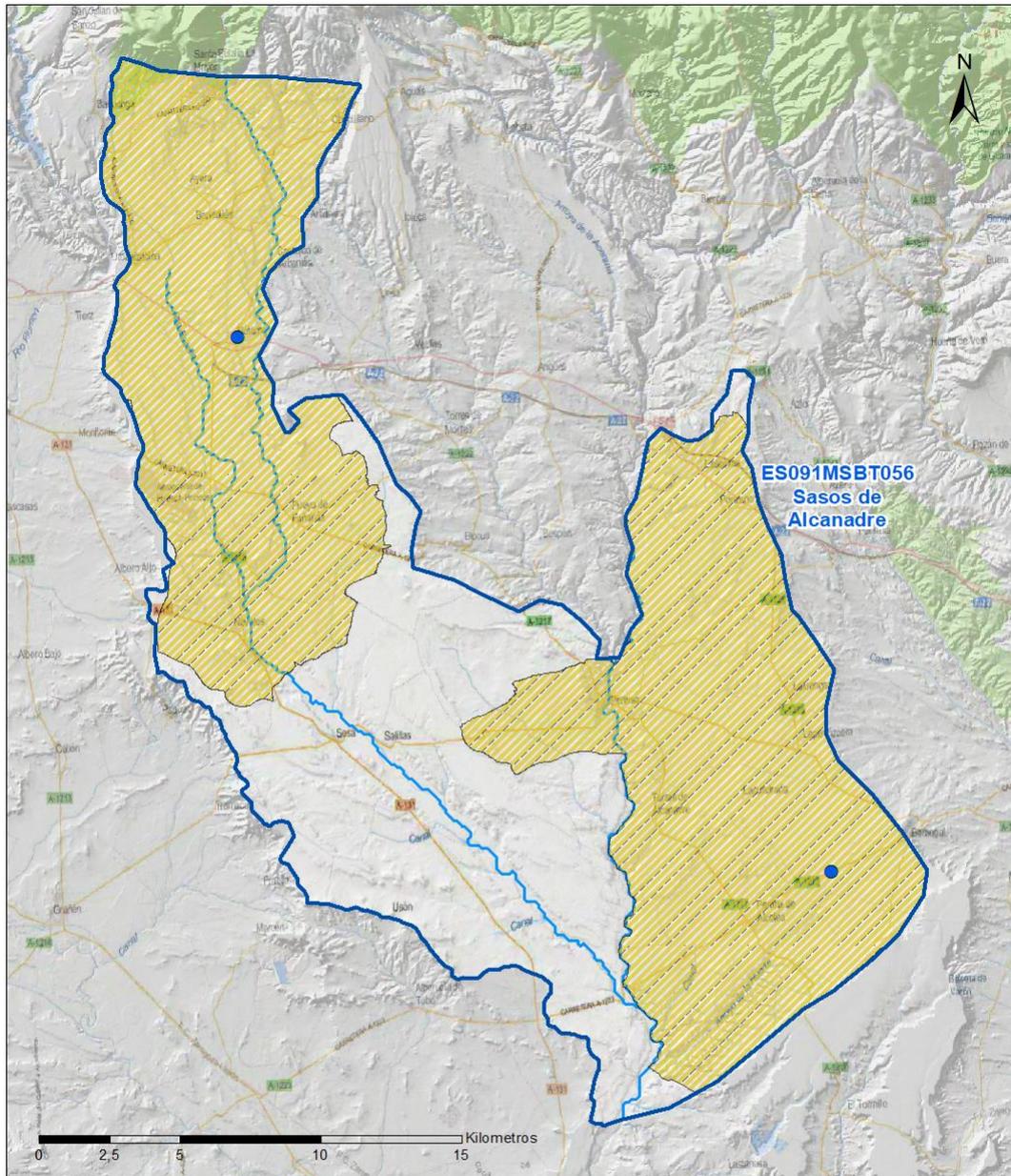
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,01
Zonas de futura captación de agua para consumo humano		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	325	66,69
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	10,37	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	1,51
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	6,28		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	16,65	Salidas Totales	1,51
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		15,14	

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)	10,64
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	1,05
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	2,20
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	17,97
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,06

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	10,37
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	1,51
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	2,07
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	14,57
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,10

“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

Esta masa de agua no cuenta con ninguna instalación para la recarga artificial de acuíferos.

7.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RECARGA ARTIFICIAL

8.- PIEZOMETRÍA

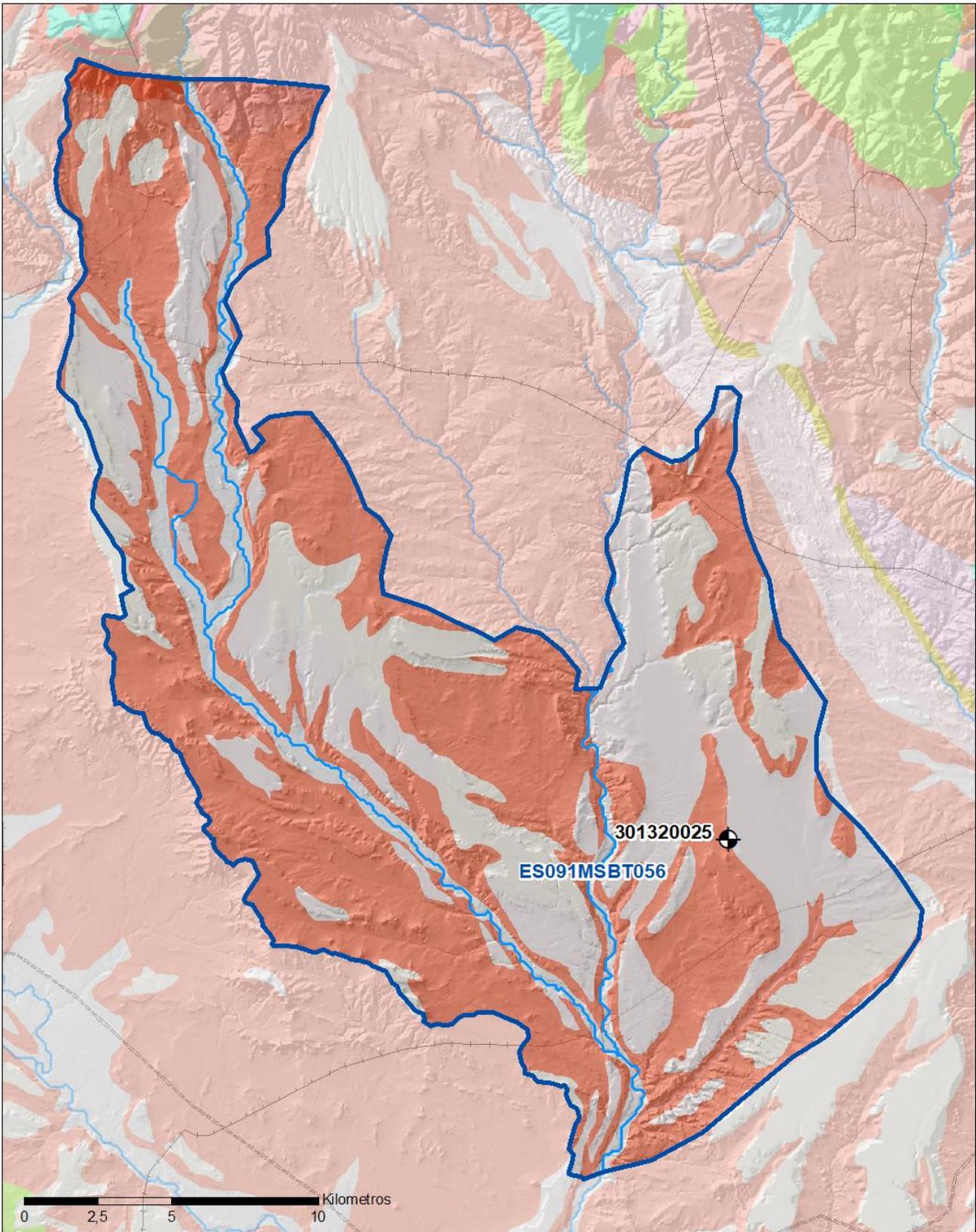
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
301320025	Piezometría	742.648	4.650.650	Glacis	13/05/2009			5,2	420	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

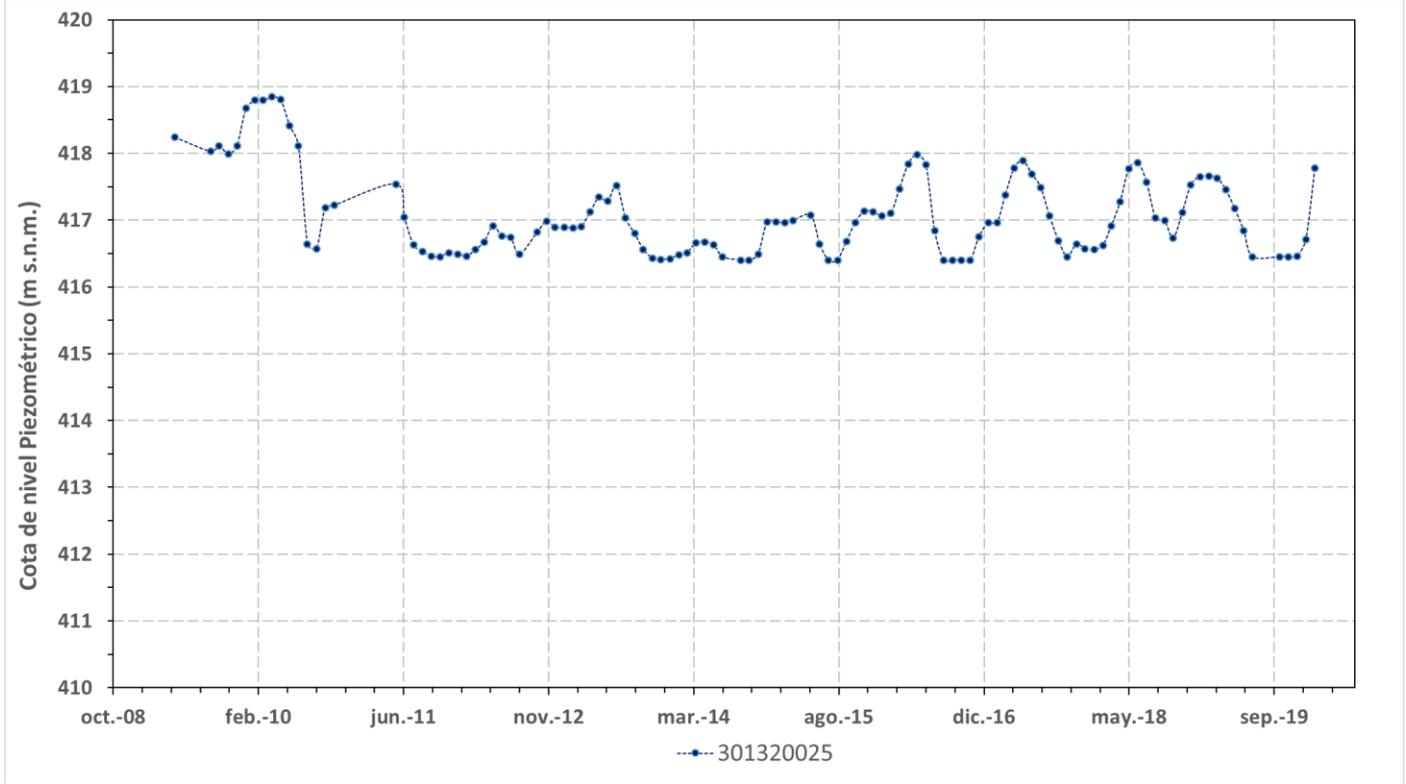
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

-  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

Esta masa de agua solo dispone de un punto de control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas situado sobre el Glacis de Peralta de Alcolea en Lacuadrada (IPA-301320025). Se trata de un sondeo de 5 m de profundidad que presenta medidas de nivel piezométrico desde mayo de 2009. Presenta un nivel de base situado en la cota de 414,96 m s.n.m., profundidad a la que se encuentra el nivel de base impermeable de esta formación cuaternaria (margas arcillosas del Mioceno), y que se alcanza entre agosto y octubre. Presenta un rango de variación de 2,44 m con máximos entre febrero y mayo.

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
301320025	2009	2020	119	418,8	416,4	417,1	2,4	-0,04	Glacis	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

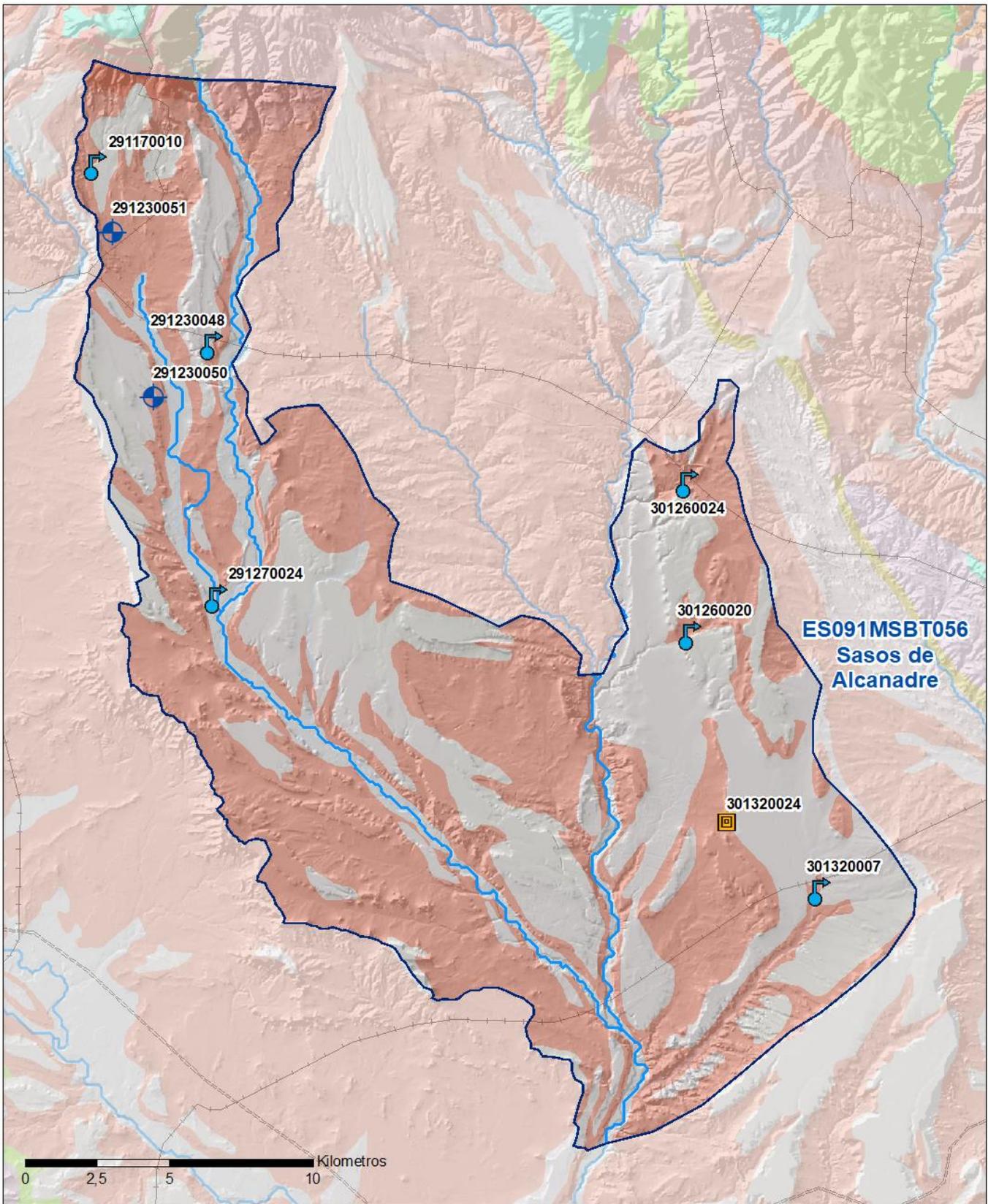
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
291170010	FUENTE DEL SASO	720.693	4.673.564	600		MANANTIAL	Glacis	07/03/2012
291230048	La Paul 1	724.718	4.667.284	556		MANANTIAL	Glacis	30/11/2011
291230050	EL SEÑORÍO (Po. 4; Pa. 9053)	722.697	4.665.491	518	9,4	SONDEO	Glacis	21/07/2009
291230051	CAMINO AL BARRANCO DE LA RIPA (Po. 1; Pa. 9011)	721.271	4.671.258	564	5,7	SONDEO	Glacis	15/07/2009
291270024	MANANTIAL DE ARGAVIESO	724.873	4.658.432	454		MANANTIAL	Cuaternaria Aluvial	11/06/2007
301260020	Fuente de las Calzadas	741.322	4.657.138	451		MANANTIAL	Glacis	17/09/2008
301260024	Fuente 3 caños	741.227	4.662.448	481		MANANTIAL	Glacis	17/09/2008
301320007	Fuente de la Ermita de San Gregorio	745.791	4.648.176	411		MANANTIAL	Glacis	17/09/2008
301320024	Pozo Huerto	742.586	4.650.590	419	4,4	EXCAVACIÓN	Glacis	17/09/2008

Puntos de Muestreo Código	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS		
291170010	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
291230048	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
291230050	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
291230051	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
291270024	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
301260020	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
301260024	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
301320007	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
301320024	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SONDEO

 EXCAVACIÓN

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

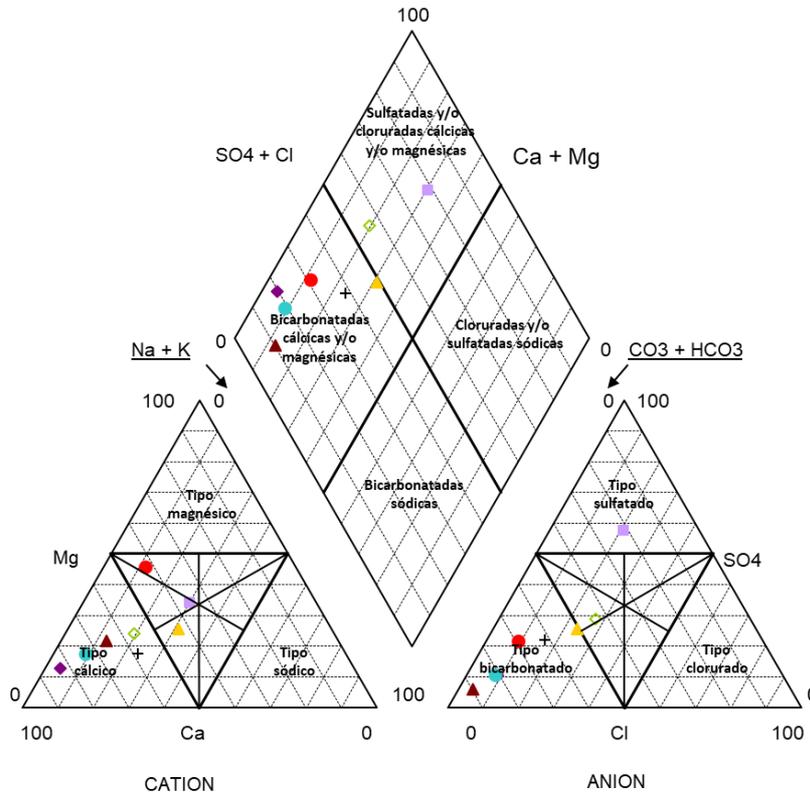
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facie Hidrogeoquímica
291170010	Gravas, arenas, arcillas (aluvio-coluviales)	Bicarbonatada magnésica cálcica
291230048	Gravas, arenas, arcillas (glacis)	Bicarbonatada cálcica
291230050	Gravas, arenas, arcillas (glacis)	Bicarbonatada cálcica
291230051	Gravas, arenas, arcillas (aluvio-coluviales)	Sulfatada cálcico magnésica
291270024	Gravas, arenas, arcillas (aluvia)	
301260020	Gravas, arenas, arcillas (terrazza media)	Bicarbonatada cálcica
301260024	Gravas, arenas, arcillas (coluviales)	Bicarbonatada cálcica
301320007	Gravas, arenas, arcillas (terrazza media)	Bicarbonatada sulfatada cálcica
301320024	Gravas, arenas, arcillas (terrazza media)	Bicarbonatada cálcico sódica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Sasos de Alcanadre (2019)



● 291170010	◆ 291230048	▲ 291230050	■ 291230051
+ 301260020	● 301260024	◇ 301320007	▲ 301320024

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 291270024

Sasos de Alcanadre 291270024 (2015-2019)

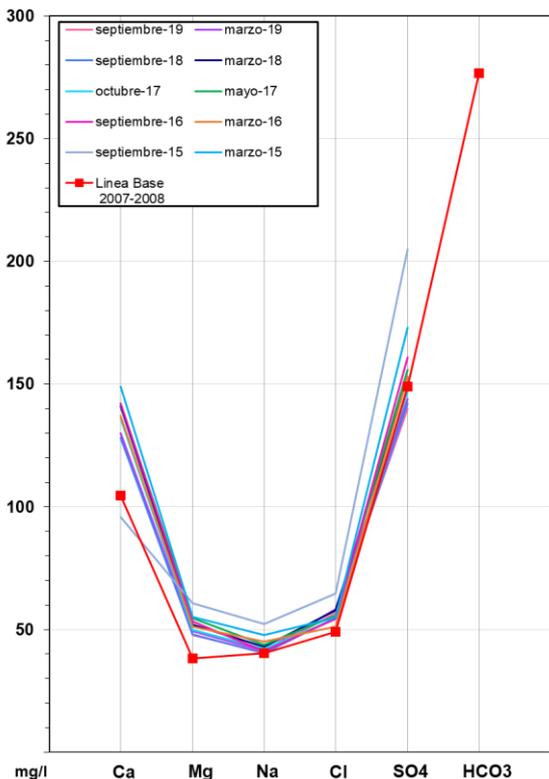


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 301320007

Sasos de Alcanadre 301320007 (2015-2019)

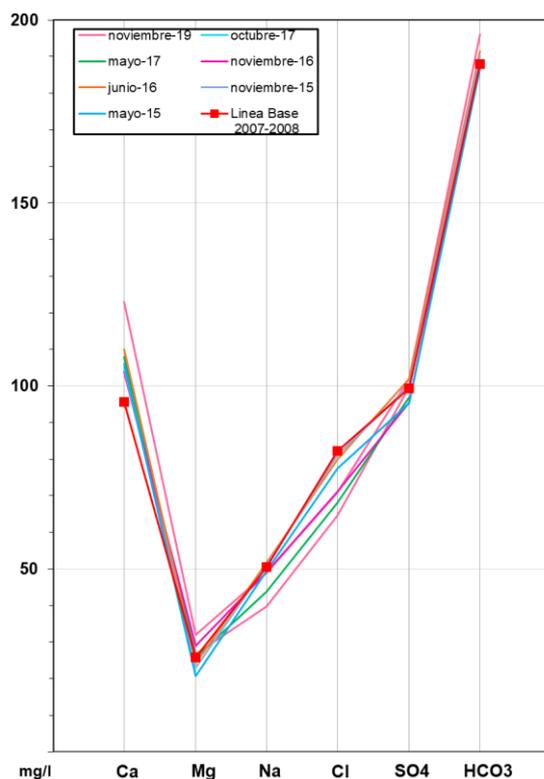
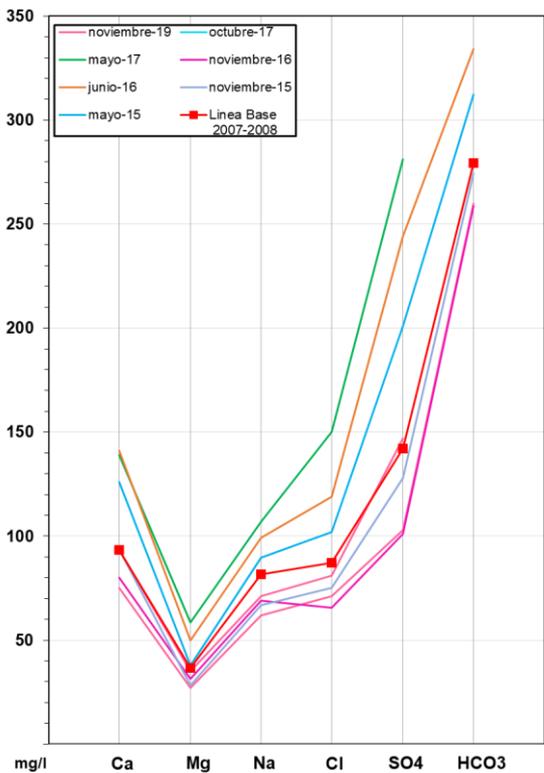


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 301320024

Sasos de Alcanadre 301320024 (2015-2019)

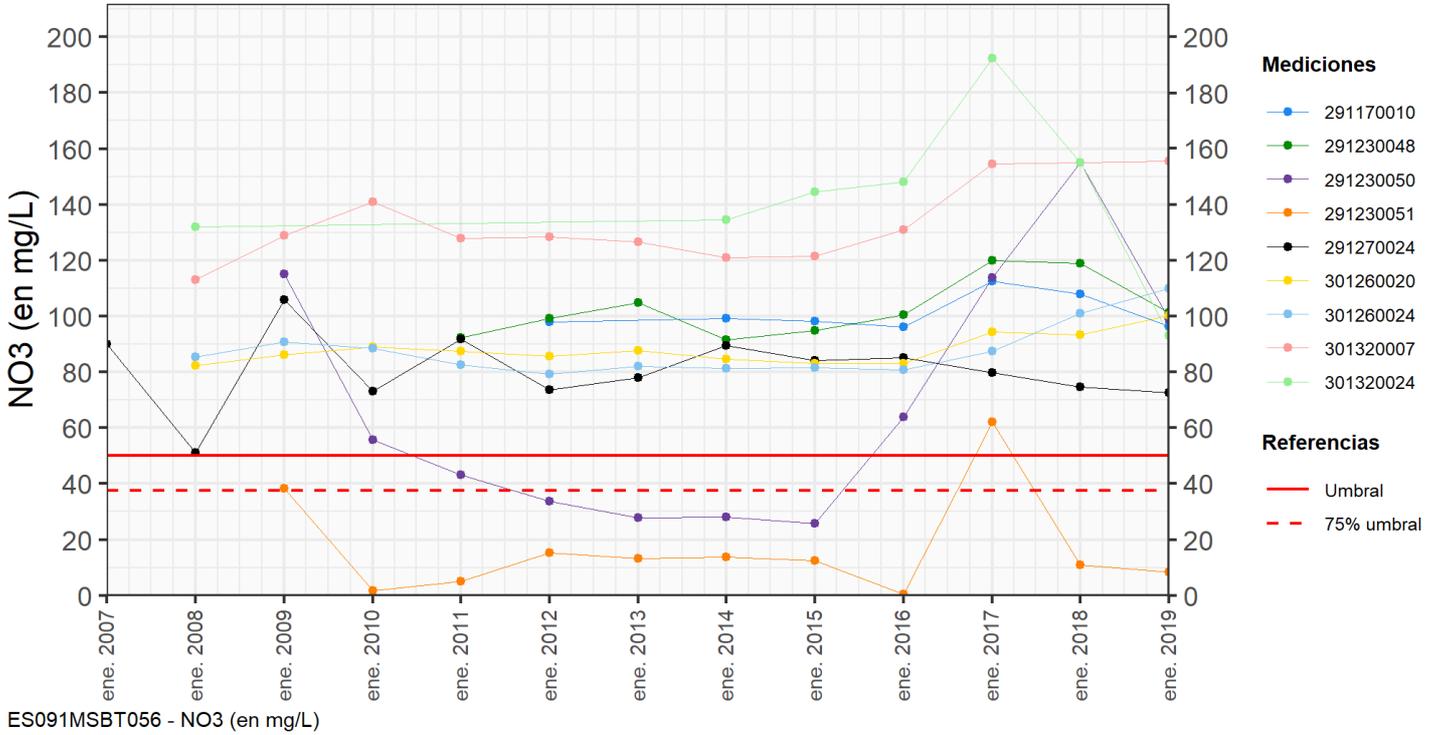


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

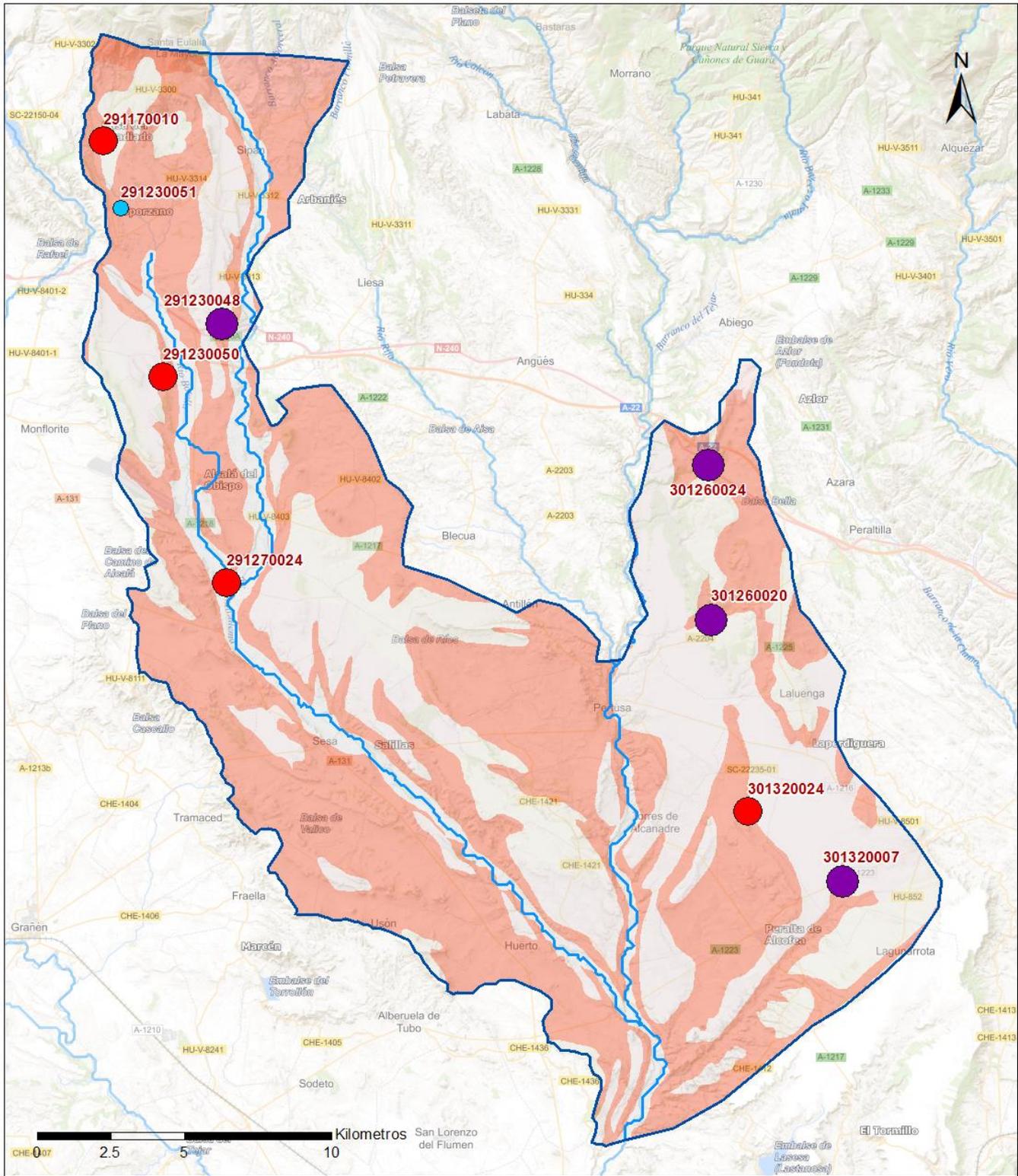
Parámetro	Unidad	Nivel Referencia (NR)	Uso/Receptor	Valor criterio	Valor umbral/Norma de calidad
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L				50,00

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 hidrográfic
 ES091MSBT056
 Sasos de Alcanadre

NITRATOS (mg/l) 2019

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

Norma de Calidad: 50 mg/l

Concentración Natural de Nitratos en las Aguas Subterráneas < 10 mg/l

EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

Selección de puntos para evaluación de tendencias

La masa de agua de los sasos de Alcanadre dispone de 9 puntos de control todos ellos pertenecientes a la red de nitratos repartidos entre 6 manantiales de descarga de las formaciones acuíferas cuaternarias y 2 sondeos y una excavación que atraviesan también formaciones cuaternarias. Presentan series anuales de concentración de nitrato que comprenden en su mayoría de entre 7 y 13 años (2007-2019).

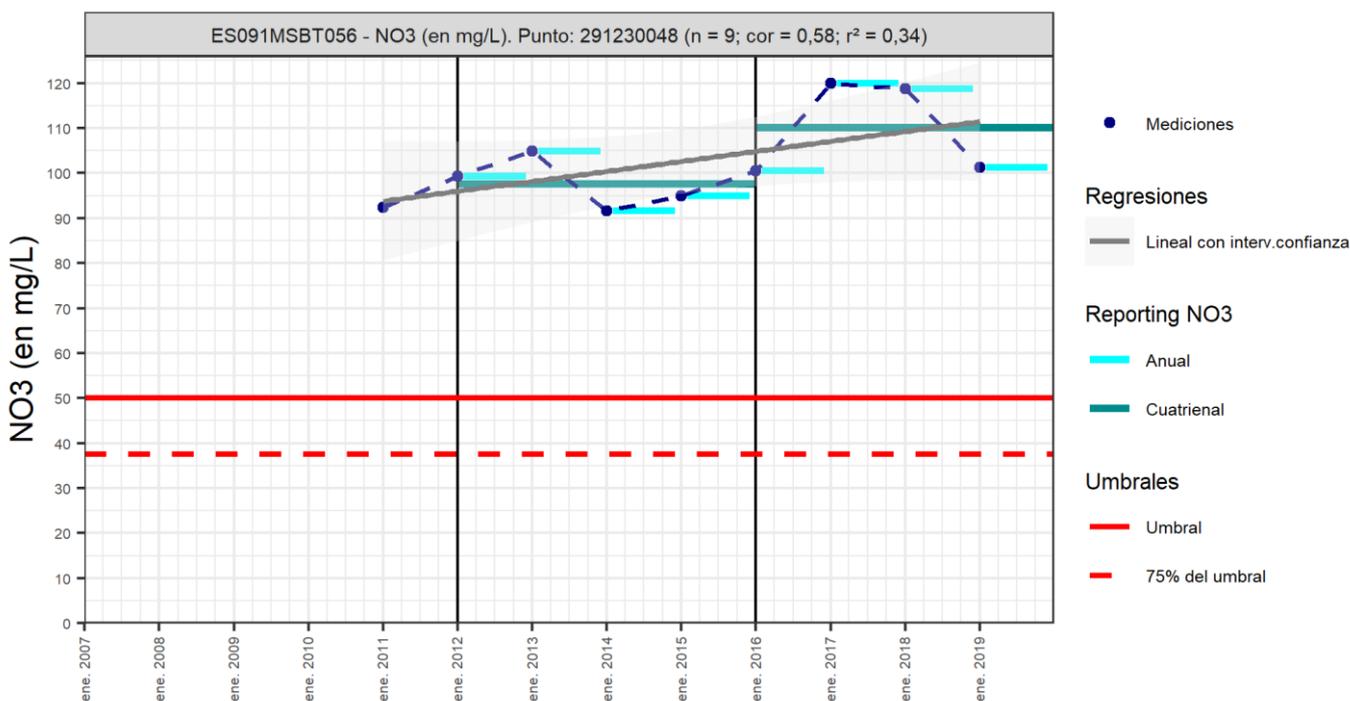
Para el análisis de tendencias se han seleccionado un total de 7 puntos que presentan series de más de 9 años y se ha empleado el método de regresión lineal simple y el método no paramétrico de Mann-Kendall. Los puntos de control corresponden en su mayor parte a manantiales de descarga de la FGP-Glaci: Glacis de Siéstamo (IPA-29230048), Glacis de Alcalá de Alcofea (IPA-301260020 e IPA-301320007) y depósitos aluvio-coluviales en el extremo NE de la masa de agua (IPA-301260024). También se han incluido 2 sondeos que atraviesan el glacis de Olla (IPA-291230050) y los depósitos aluvio-coluviales (2912360051) al NO de la masa de agua (FGP-Glaci), junto con un manantial asociado a los aluviales y terrazas actuales del río Botella (IPA-291270024) que se identifica con la FGP-Aluvial cuaternario.

Estos mismos puntos se han empleado para el análisis por cuatrienios, puntos de control reportados en el informe cuatrienal 2016-2019 y con medidas de la concentración de nitratos en los dos últimos cuatrienios.

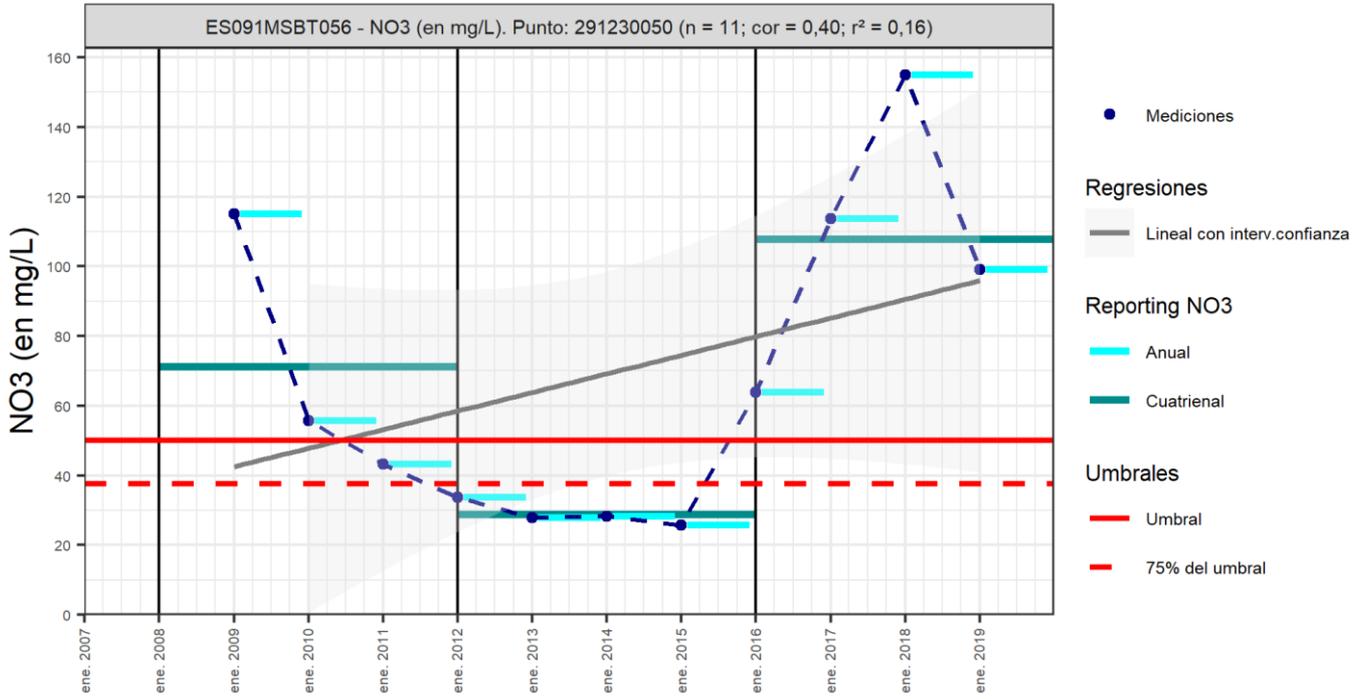
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO₃⁻)

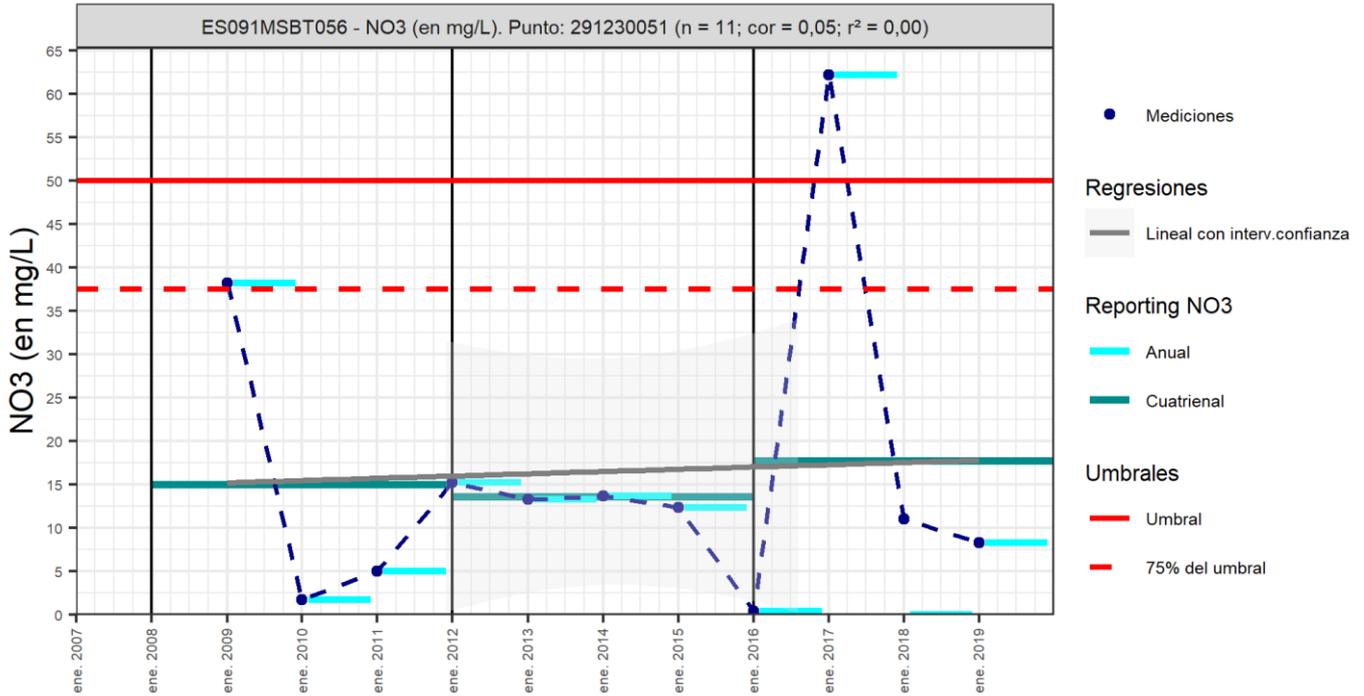
Código Punto 291230048



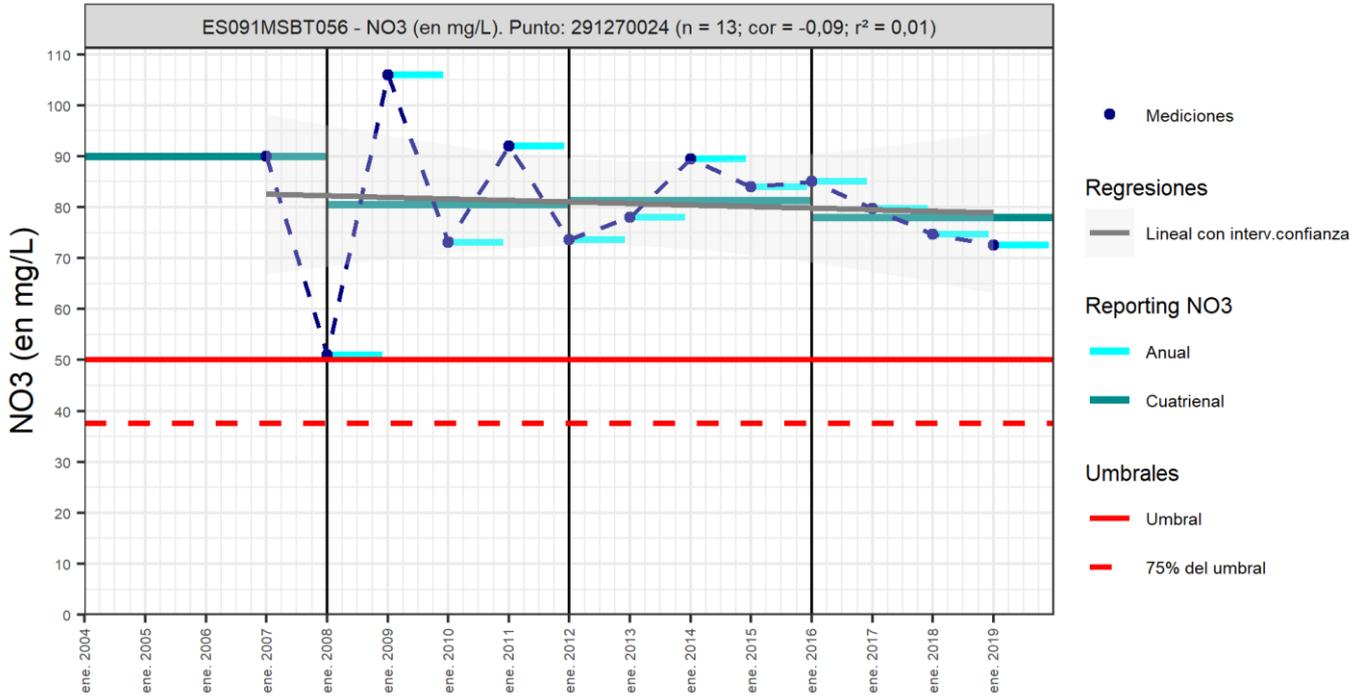
Código Punto 291230050



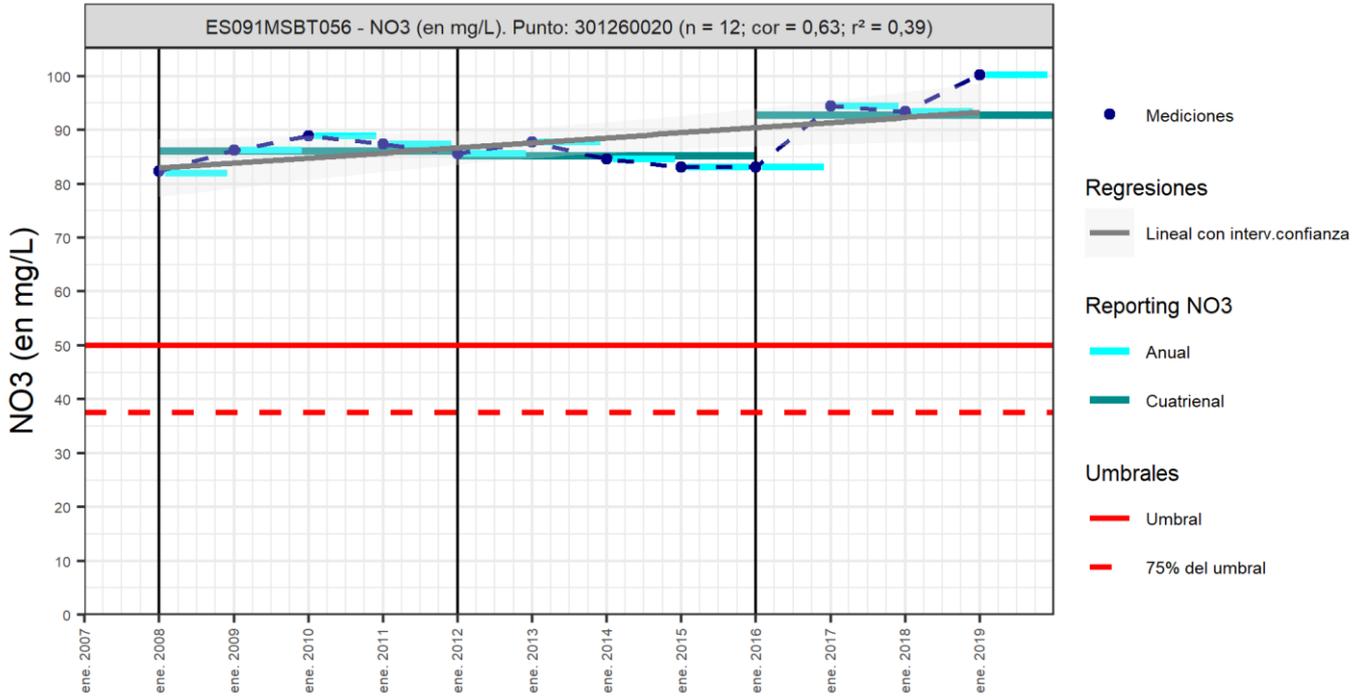
Código Punto 291230051



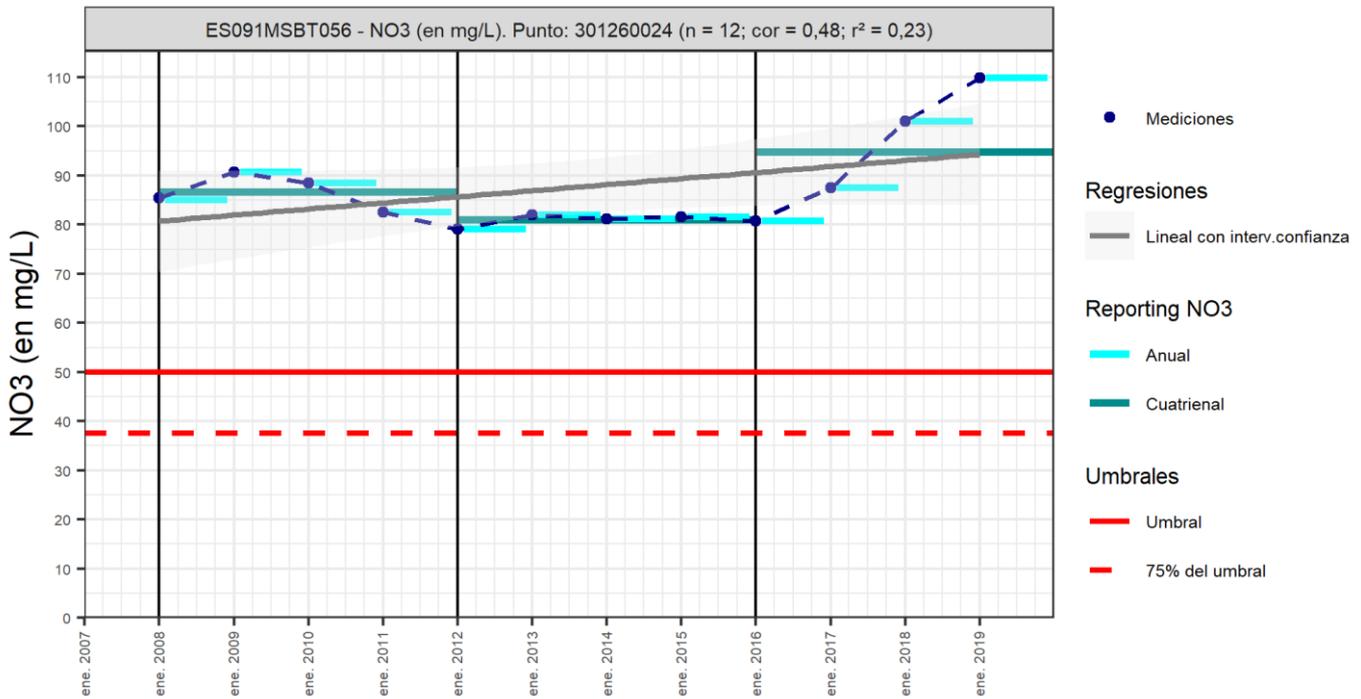
Código Punto 291270024



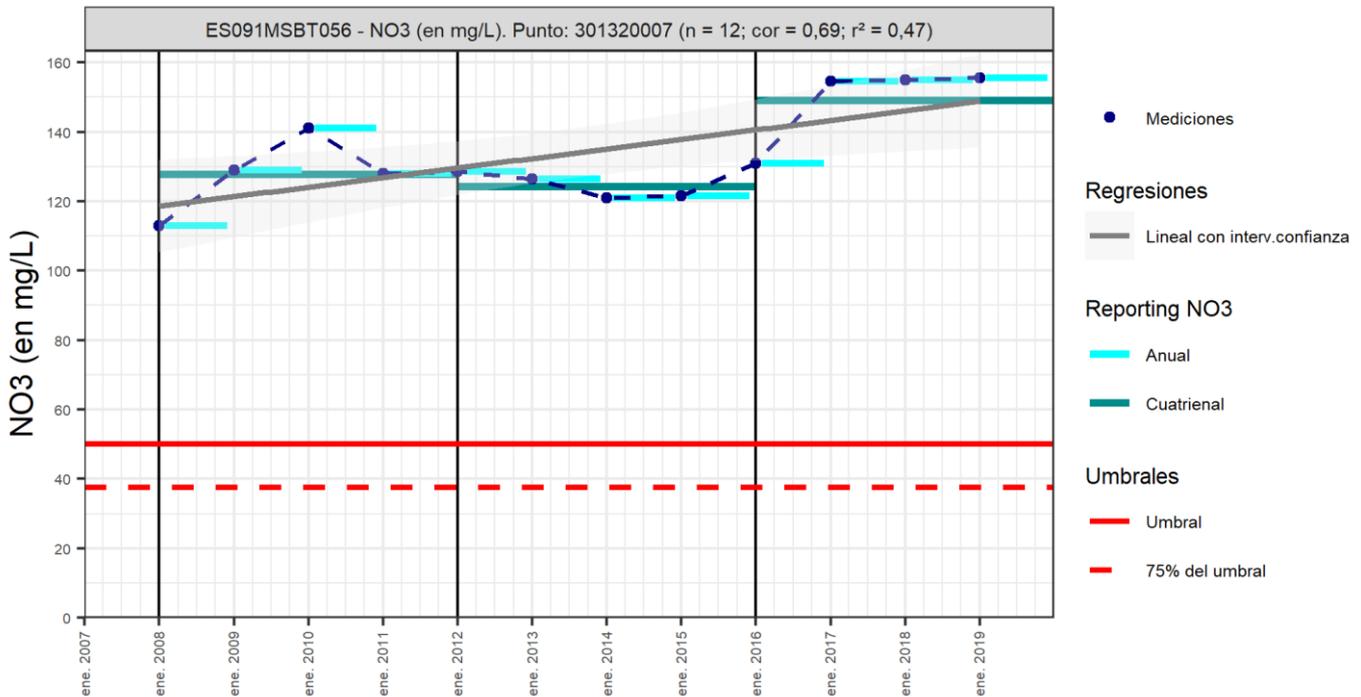
Código Punto 301260020



Código Punto 301260024



Código Punto 301320007



Análisis de tendencias

El análisis de tendencia de la concentración en nitrato se ha realizado sobre una serie histórica de datos anuales en 7 puntos pertenecientes a la red de control de nitratos, que en la mayoría de ellos se inicia en 2008 y termina en 2019. Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal son poco fiables, con valores de R² < 0,3 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).

Los datos obtenidos muestran que se produce un aumento de la concentración de nitratos en la mayor parte de los puntos analizados de la FGP-Glaciés IPA-291230048, IPA-291230050, IPA-301260020 y IPA-301260024 e IPA-301320007 y tan solo de disminución en los puntos IPA-291230051 e IPA-291270024 (FGP-Cuanternario aluvial). Sin embargo, de entre todas estas tendencias solo puede identificarse como significativa la correspondiente a uno de los manantiales de descarga del Glaciés de Alcalá de Alcofea (IPA-301320007) ya que el grado de significancia (GS) obtenido es >90% (tendencia clasificada como aceptable), mientras que en el resto de puntos el grado de significancia es <90% (tendencia clasificada como dudosa).

Con respecto al análisis por cuatrienios, los resultados también muestran un incremento muy marcado de la concentración de nitratos en el último cuatrienio (2016-2017) de la mayor parte de los puntos analizados, con incrementos de entre 4 y 79 mg/L. Tan solo disminuye 3,25 mg/L el punto de control del aluvial del río Botella (IPA-291270024), alcanzando un promedio en el último

cuatrienio de 78,03 mg/L, valor que supera la norma de calidad de 50 m/L.

De todos los puntos analizados, tan solo presenta valores de nitrato en el último cuatrienio por debajo de la norma de calidad el sondeo IPA-291230051 localizado en el extremo NO de la masa de agua, en el resto de puntos de la red de nitratos, este contaminante se mantiene entre 78 y 149 mg/L.

Código Punto	Unidad	Resultados del análisis de tendencias						Nitrato (NO ₃ ⁻)			
		Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	N test	Valor Mín.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC./ V.Umbral
291230048	mg/L	Histórica	2011	2019	Anual	9	9	91,60	120,00		37,50
291230050	mg/L	Histórica	2009	2019	Anual	11	11	25,65	155,00		37,50
291230051	mg/L	Histórica	2009	2019	Anual	11	11	0,43	62,20		37,50
291270024	mg/L	Histórica	2007	2019	Anual	13	13	51,00	106,00	77,00	37,50
301260020	mg/L	Histórica	2008	2019	Anual	12	12	82,30	100,25	82,30	37,50
301260024	mg/L	Histórica	2008	2019	Anual	12	12	79,15	109,90	85,40	37,50
301320007	mg/L	Histórica	2008	2019	Anual	12	12	113,00	155,60	113,00	37,50

Código Punto	Resultados del análisis de tendencias							
	Método estadístico							
	Regresión Lineal Simple				Test de Mann-Kendall			
	R2	Tendencia	NCF Cualitativa	Tend.	p-value	GS (%)	NCF Cuantitativa	
291230048	0,33812	Ascendente	ALTO	Sin Tendencia	1,18E-01	88,21	MEDIO	
291230050	0,15855	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	7,55E-01	24,45	MEDIO	
291230051	0,00224	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	6,40E-01	35,96	MEDIO	
291270024	0,00810	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	4,28E-01	57,23	MEDIO	
301260020	0,39175	Ascendente	ALTO	Sin Tendencia	1,93E-01	80,74	MEDIO	
301260024	0,23168	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	8,37E-01	16,30	MEDIO	
301320007	0,46940	Ascendente	ALTO	Ascendente	6,41E-02	93,59	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
										Cuatrienio (2012-2015)	Cuatrienio (2016-2019)		
291230048	Histórica	2011	2019	Cuatrienal	2	97,68	110,14		37,50	97,68	110,14	12,46	Ascendente
291230050	Histórica	2009	2019	Cuatrienal	3	28,84	107,93		37,50	28,84	107,93	79,09	Ascendente
291230051	Histórica	2009	2019	Cuatrienal	3	13,63	17,73		37,50	13,63	17,73	4,09	Ascendente
291270024	Histórica	2007	2019	Cuatrienal	4	78,03	90,00	77,00	37,50	81,28	78,03	-3,25	Descendente
301260020	Histórica	2008	2019	Cuatrienal	3	85,25	92,81	82,30	37,50	85,25	92,81	7,56	Ascendente
301260024	Histórica	2008	2019	Cuatrienal	3	81,00	94,80	85,40	37,50	81,00	94,80	13,80	Ascendente
301320007	Histórica	2008	2019	Cuatrienal	3	124,38	149,02	113,00	37,50	124,38	149,02	24,65	Ascendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua de Saso de Alcanadre se localiza en el sector nororiental de la cuenca hidrográfica del Ebro, a caballo entre la sierra Guara al norte, y la Depresión del Ebro al sur. Toda su superficie se encuentra dentro de la cuenca del Cinca, uno de los principales tributarios por la margen izquierda del Ebro, repartida entre los ríos Guatizalema al oeste y Alcanadre al este. Con una superficie de 488 km² abarca numerosos municipios todos ellos pertenecientes a la provincia de Huesca.

Geológicamente se identifica con los materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro y con los depósitos cuaternarios de origen aluvial, entre los que se encuentran las terrazas y los glaciares denominados localmente "sasos", junto con los depósitos aluviales más recientes asociados a los principales ríos (Botella, Guatizalema y Alcanadre). El terciario está representado por una alternancia de areniscas y lutitas que pueden alcanzar espesores de hasta 1.300 m. Por encima de los terciarios se encuentran los depósitos cuaternarios, constituidos por materiales detríticos no consolidados que conforman los distintos sistemas de terrazas y glaciares constituidos por gravas ocasionalmente cementadas con lentejones de arenas, limos y arcillas y los aluviales actuales y fondos de valle formados por cantos, arenas y limos. En estos depósitos cuaternarios son frecuentes los cambios de facies tanto laterales como verticales con espesores que por lo general no superan los 12 - 15 m. Las características geológicas, estructurales y edafológicas de esta masa de agua le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según DRASTIC reducido (Min Grado 1; Max Grado 10) de muy bajo a moderado (grados 1-6) a la mayor parte de su superficie (83,15 %).

Desde el punto de vista hidrogeológico todos los límites de esta masa de agua son cerrados de tipo litológico, definidos en su zona E, O y S por la extensión de los cuaternarios sobre los terciarios de baja permeabilidad de la Depresión del Ebro, mientras que el N se establece a partir del contacto con los materiales mesozoicos, paleocenos y eocenos de la vertiente sur de la sierra de Guara.

Los principales acuíferos que se localizan dentro de esta masa de agua lo constituyen los depósitos cuaternarios de terrazas, glaciares y aluviales actuales de los ríos Alcanadre, Guatizalema y Botella. Estas formaciones se encuentran por lo general bastante compartimentadas lo que da lugar a la formación de diversos acuíferos de pequeña extensión que se encuentran aislados hidráulicamente. El subyacente corresponde a los materiales detríticos del Neógeno, constituidos por lutitas con intercalaciones de areniscas y conglomerados que dan al conjunto una permeabilidad baja con algunas zonas muy locales que presentan mejores condiciones hidráulicas. Se identifican 3 acuíferos correspondientes con las siguientes formaciones geológicas permeables: FGP Cuaternaria de glaciares que incluye los depósitos de glaciares y las terrazas medias y altas, y de forma secundaria, algunos de materiales provenientes de coluviones, abanicos y derrubios que forman un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial; FGP Cuaternario Aluvial correspondiente con las formaciones detríticas cuaternarias asociadas a los aluviales actuales y terrazas bajas de los ríos que constituyen un acuífero de permeabilidad alta por porosidad intersticial; FGP Terciario formado por una alternancia de areniscas y lutitas y algunos niveles conglomeráticos que forma un acuífero multicapa con un carácter fundamentalmente libre y permeabilidad baja o muy baja.

La recarga de esta masa de agua se produce principalmente por infiltración de las precipitaciones y por retornos de riego mientras que las descargas se realizan a través de manantiales periféricos (en los glaciares) y de la red fluvial (principalmente en los aluviales), presentando los ríos un carácter predominantemente efluente. La componente de flujo principal de todas estas formaciones es NO-SE condicionados fuertemente por la topografía y la red fluvial.

Dentro de esta masa de agua no se identifica como presión significativa la extracción de agua. En el tercer ciclo de planificación se calcula un recurso disponible de 14,57 hm³/año frente a un volumen de extracción de 1,51 hm³/año, lo que permite obtener un Índice de Explotación (IE) bajo de 0,10. Solo dispone de un piezómetro de control situado sobre el Glacis de Peralta de Alcolea en Lacuadrada (IPA-301320025) con medidas de nivel piezométrico desde mayo de 2009. Presenta un rango de variación de 2,44 m con máximos entre febrero y mayo y un nivel de base situado en la cota de 414,96 m s.n.m. que se alcanza entre agosto y octubre.

En cuanto a las características hidroquímicas, los 9 puntos de control del programa de seguimiento del estado químico de los que dispone esta masa de agua, en su mayor parte correspondientes con manantiales de descarga de la FGP-Glaciares, clasifican las aguas subterráneas como dulces de mineralización media con una conductividad eléctrica comprendida entre 600 y 1700 µS/cm y una facies química dominante, bicarbonatada cálcica. La concentración en mg/L de CaCO₃, calculada a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg obtenidos en estos puntos, varía entre 220 y 660 mg/L lo que indica que se trata de aguas de naturaleza dura. Mención aparte se encuentra el punto IPA291230051, sondeo de 5,7 m de profundidad localizado en el extremo NO de la masa de agua, que presenta valores de conductividad elevados (3300-5120 µS/cm) y una composición química sulfatada cálcico magnésica que difiere de la obtenida en los puntos de control cercanos. La representación de los muestreos en los diagramas de columnas, muestra diferencias poco significativas en la evolución química de las aguas subterráneas con respecto a la Línea Base. Sin embargo, sí que se observa cierta variación estacional en la composición química de algunos puntos, como el IPA-301320024, que muestra un incremento de los cloruros y sulfatos en los meses de primavera.

Esta masa de agua se encuentra en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales debido a la contaminación difusa de origen agrícola. Se identifica como presión difusa significativa la agricultura (2.2) y la carga ganadera (2.10) con un impacto comprobado de contaminación por nutrientes (NUT). El contaminante de riesgo asociado a esta contaminación es el nitrato. En los puntos de control que operan en esta masa de agua se obtienen concentraciones muy elevadas que oscilan entre

0,4 y 192,5 mg/L y un promedio para las series de registro de los 9 puntos de control, de 91,4 mg/L (2007-2019). Los valores más elevados, con un promedio para toda la serie de muestreos por encima de 100 mg/L se localizan al NO de la masa de agua, en el punto IPA-291230048 del glacis de Siéstamo y al SE en los puntos IPA-301320007 e IPA-301320024 en el glacis de Alcalá de Alcofea.

El análisis de tendencia de la concentración en nitrato se ha realizado en 7 puntos seleccionados de la red de Nitratos, mediante el método de regresión lineal simple y el estadístico avanzando de Mann –Kendall, sobre una serie histórica de datos anuales que en la mayoría de los puntos se inicia en 2008 y termina en 2019. Los resultados obtenidos por el método de regresión lineal son poco fiables, con valores de $R^2 < 0,3$ 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).

Los datos obtenidos muestran que se produce un aumento de la concentración de nitratos en la mayor parte de los puntos analizados de la FGP-Glacis IPA-291230048, IPA-291230050, IPA-301260020 y IPA-301260024 e IPA-301320007 y tan solo de disminución en los puntos IPA-291230051 e IPA-291270024 de la FGP-Cuanternario aluvial. Sin embargo, de entre todas estas tendencias solo puede identificarse como significativa la correspondiente a uno de los manantiales de descarga del Glacis de Alcalá de Alcofea (IPA-301320007) ya que el grado de significancia (GS) obtenido es $>90\%$ (tendencia clasificada como aceptable), mientras que en el resto de puntos el grado de significancia es $<90\%$ (tendencia clasificada como dudosa).

Con respecto al análisis por cuatrienios, los resultados también muestran un incremento muy marcado de la concentración de nitratos en el último cuatrienio (2016-2017) en la mayor parte de los puntos analizados, con incrementos de entre 4 y 79 mg/L. Tan solo disminuye 3,25 mg/L el punto de control del aluvial del río Botella (IPA-291270024), con un promedio en el último cuatrienio situado en 78,03 mg/L. De todos los puntos incluidos en este análisis (7 puntos de control), tan solo presenta valores de nitrato en el último cuatrienio por debajo de la norma de calidad de 50 mg/L el sondeo IPA-291230051 localizado en el extremo NO de la masa de agua, en el resto de puntos de la red de nitratos, este contaminante se encuentra entre 78 y 149 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 type="checkbox"/>
	S08 Cartografía Geológica <input type="checkbox"/>
	S09 Generación de cortes geológicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S10 Estudios estructurales <input 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 type="checkbox"/>
	S18 Métodos de estimación de la vulnerabilidad <input type="checkbox"/>
	S19 Generación de mapas de vulnerabilidad y análisis de datos <input 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 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 type="checkbox"/>
	S29 Análisis granulométricos <input 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 type="checkbox"/>
	S61 Diseño y realización de campañas campo en EDAS <input type="checkbox"/>

Actividad	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
Subactividad/Herramienta	
	S62 Caracterización hidrodinámica de EDAS <input type="checkbox"/>
	S63 Caracterización hidrogeoquímica de EDAS <input type="checkbox"/>
	S64 Estudios de contaminación de EDAS <input 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 MSBT del Saso de Alcanadre:

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: generación de cortes geológicos que se ajusten a los límites y geometría de la MSBT. Estos trabajos son fundamentales para abordar los modelos conceptuales y la mejora de los modelos 3D.

Estudios de la zona no saturada y vulnerabilidad: 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 nitratos en buena parte de su extensión. Dado su naturaleza, y las presiones a las que se encuentra sometida, se hace necesaria la realización de estudios específicos de mejora del conocimiento de la zona no saturada que permitan definir los principales parámetros que regulan el flujo y transporte de contaminantes y con ello, determinar el volumen y dispersión de los contaminantes en la ZNS, cuantificar la capacidad de atenuación natural que presenta esta zona, y hacer una prognosis bajo diferentes escenarios de buenas prácticas agrarias como respuesta a la Directiva 91/676/CEE.

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: los principales acuíferos que configuran esta masa de agua presentan una elevada heterogeneidad en cuanto a parámetros hidráulicos se refiere según zonas, profundidad, diferentes formaciones (terrazas, glaciares, aluvial actual, etc.) por lo que requieren de un mayor número de puntos de estudio y análisis. La caracterización de los parámetros hidrogeológicos es indispensable para el desarrollo de modelos numéricos, en la medida en que constituye una de las principales entradas donde el número de datos y su distribución espacial influyen directamente en la mejora y mayor aproximación a la realidad.

Estudios de caracterización hidrogeoquímica: permiten mejorar el modelo conceptual de esta masa de agua mediante la realización de analíticas distribuidas y la posterior interpretación de datos. Dada la amplia extensión de las presiones significativas identificadas dentro de esta masa de agua, también se requiere de la realización de “barridos” que permitan detectar impactos previamente no detectados en toda su extensión. Además, como apoyo a los trabajos de planificación hidrológica, se debe 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 todas aquellas zonas con carencias de información, se deben efectuar estudios para la determinación de los niveles de fondo.

Estudios de contaminación difusa: esta MSBT, se encuentra en riesgo químico por contaminación con concentraciones de nitrato por encima de la norma de calidad en buena parte de los aluviales y depósitos de glaciares que configuran esta MSBT y en especial en el glaciar de Siéstamo y en el de Alcalá de Alcofea. Se trata de una contaminación que afecta amplias zonas donde 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.

Análisis y diagnóstico de las redes de monitoreo: 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. En este sentido sería necesario introducir un mayor número de puntos de control de calidad química, en el tramo bajo de los ríos Alcanadre y Guatizalema.

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 esta MSBT la mejora del modelo geológico 3D que sirva como base para la generación de modelos de flujo.

Modelización de flujo subterráneo: se plantea abordar la creación de 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 la generación de un modelo de transporte que permita comprender el origen y la causa de las variaciones espaciales y temporales de los elementos contaminantes. Estos modelos van a permitir definir la extensión de la contaminación difusa, así como plantear escenarios para la mejora de la gestión y la ayuda a 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 (mejora de valores obtenidos de recarga, determinación de reservas a partir de modelos geológicos, etc.) se debe cuantificar el recurso disponible y reservas de la MSBT. Una vez calibrados los modelos numéricos se pueden efectuar simulaciones predictivas 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 (2008). 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.
- IGME (1990) Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, Hojas Nº 248 Apies, 286 Huesca, 287 Barbastro, 324 Grañén y 325 Peralta de Alcofea.
- 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.
- Melida Peman, Marcos (2020). Estudio Hidrogeológico de la masa de agua 056 "Sasos de Alcanadre", en Huesca (España). Trabajo para optar al certificado de aptitud del Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (18ª Edición).

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT056 - SASOS DE ALCANADRE

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT056 - SASOS DE ALCANADRE

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	291170010						
Valor							
Máx.	16,4	8	1.057	12,10	<LQ	<LQ	359,0
Mín.	9,7	7	761	6,00	<LQ	<LQ	322,0
P50	13,7	8	941	8,50	<LQ	<LQ	324,0
N reg.	7	5	11	12	6		3
Código Punto	291230048						
Valor							
Máx.	17,1	7	778	9,90	<LQ	<LQ	248,0
Mín.	13,4	7	599	4,70	<LQ	<LQ	241,0
P50	16,1	7	678	7,50	<LQ	<LQ	244,5
N reg.	11	8	14	16	10		2
Código Punto	291230050						
Valor							
Máx.	19,1	8	1.184	10,20	0,5	<LQ	340,0
Mín.	14,2	7	642	3,10	<LQ	<LQ	222,0
P50	16,0	8	702	5,70	<LQ	<LQ	286,0
N reg.	13	11	15	17	9		5
Código Punto	291230051						
Valor							
Máx.	21,1	7	5.121	7,30	4,6	<LQ	472,0
Mín.	13,3	7	2.530	1,90	1,0	<LQ	396,0
P50	15,2	7	3.298	4,20	2,8	<LQ	428,5
N reg.	12	11	15	17	8		4
Código Punto	291270024						
Valor							
Máx.	21,2	7	1.209	9,20	0,4	<LQ	384,0
Mín.	12,8	7	918	5,60	<LQ	<LQ	272,0
P50	14,7	7	1.082	7,10	<LQ	<LQ	351,0
N reg.	37	30	39	45	8		39
Código Punto	301260020						
Valor							
Máx.	19,5	8	854	10,10	<LQ	<LQ	244,0
Mín.	14,6	7	719	6,80	<LQ	<LQ	232,0
P50	16,6	7	767	8,15	<LQ	<LQ	239,0
N reg.	14	12	17	18	10		5
Código Punto	301260024						
Valor							
Máx.	18,7	8	788	10,60	<LQ	<LQ	291,0
Mín.	14,4	7	643	5,30	<LQ	<LQ	240,0
P50	15,9	7	719	7,90	<LQ	<LQ	258,0
N reg.	14	12	17	18	11		4
Código Punto	301320007						
Valor							
Máx.	19,5	8	993	9,90	<LQ	<LQ	165,0
Mín.	14,7	7	783	6,60	<LQ	<LQ	154,0
P50	15,7	7	857	8,40	<LQ	<LQ	155,0
N reg.	14	12	17	18	10		5
Código Punto	301320024						
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	8	1.688	9,50	1,0	<LQ	257,0
Mín.	13,8	7	910	6,80	<LQ	<LQ	227,0
P50	16,1	8	1.077	7,40	0,7	<LQ	229,0
N reg.	7	5	11	10	6		3

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	291170010								
Valor									
Máx.	409,9	<LQ	40,90	111,0	115,0	<LQ	<LQ	38,3	0,7
Mín.	304,0	<LQ	28,00	69,0	90,2	<LQ	<LQ	26,5	<LQ
P50	368,0	<LQ	34,45	89,5	99,3	<LQ	<LQ	30,4	0,5
N reg.	7	7	10	10	12	8	7	10	10

Código Punto	291230048								
Valor									
Máx.	313,5	<LQ	23,70	33,7	135,0	0,00	<LQ	7,2	1,5
Mín.	236,0	<LQ	13,70	18,8	88,8	<LQ	<LQ	5,6	<LQ
P50	294,2	<LQ	16,65	23,0	100,5	<LQ	<LQ	6,1	0,6
N reg.	12	12	14	14	16	14	13	14	14

Código Punto	291230050								
Valor									
Máx.	745,0	<LQ	28,60	240,0	155,0	0,08	0,06	215,0	5,9
Mín.	302,0	<LQ	12,00	27,0	23,8	<LQ	<LQ	44,0	1,9
P50	372,7	<LQ	14,65	40,0	40,8	0,01	<LQ	55,5	2,4
N reg.	12	12	16	16	18	16	14	16	16

Código Punto	291230051								
Valor									
Máx.	615,0	<LQ	368,00	2.552,0	62,2	0,20	0,11	373,0	163,0
Mín.	367,0	<LQ	97,60	875,0	<LQ	<LQ	<LQ	97,2	76,8
P50	469,7	<LQ	272,00	1.519,0	11,8	0,02	<LQ	245,0	135,0
N reg.	12	12	15	15	17	15	14	15	15

Código Punto	291270024								
Valor									
Máx.	420,9	<LQ	64,70	205,0	106,0	0,05	0,06	55,2	5,0
Mín.	201,3	<LQ	39,40	138,0	50,5	<LQ	<LQ	35,0	<LQ
P50	402,6	<LQ	55,25	158,5	80,1	<LQ	<LQ	44,2	1,2
N reg.	7	2	46	46	46	46	41	46	46

Código Punto	301260020								
Valor									
Máx.	297,7	<LQ	43,00	79,6	100,5	0,00	<LQ	56,0	0,8
Mín.	233,0	<LQ	36,30	67,7	79,2	<LQ	<LQ	47,8	<LQ
P50	281,5	<LQ	38,20	72,8	87,1	<LQ	<LQ	49,5	0,6
N reg.	14	14	17	17	19	16	15	17	17

Código Punto	301260024								
Valor									
Máx.	428,0	<LQ	25,00	46,4	117,0	0,02	0,05	21,9	3,1
Mín.	275,0	<LQ	18,10	32,3	77,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	331,8	<LQ	20,40	35,9	82,6	<LQ	<LQ	16,9	1,1
N reg.	15	15	17	17	19	16	15	17	17

Código Punto	301320007								
Valor									
Máx.	196,0	<LQ	84,50	104,0	158,0	0,03	<LQ	52,9	4,1
Mín.	158,0	<LQ	64,70	93,0	113,0	<LQ	<LQ	39,7	3,0
P50	187,3	<LQ	77,40	99,3	129,0	<LQ	<LQ	49,1	3,3
N reg.	14	14	17	17	19	16	15	17	17

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	301320024								
Valor									
Máx.	334,3	<LQ	150,00	281,0	238,0	0,11	<LQ	107,0	97,1
Mín.	252,5	<LQ	65,60	101,0	72,4	0,02	<LQ	62,0	37,5
P50	267,3	<LQ	84,00	144,5	139,5	0,04	<LQ	76,3	48,5
N reg.	8	8	10	10	12	9	8	10	10

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	291170010								
Valor									
Máx.	92,0	78,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	76,8	53,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	88,9	61,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	10	10				10			

Código Punto	291230048								
Valor									
Máx.	144,0	13,4	0,2880	<LQ	<LQ	<LQ	0,12	<LQ	<LQ
Mín.	123,0	10,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	129,0	11,6	0,2280	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	14	14	6	6	6	14	6	6	6

Código Punto	291230050								
Valor									
Máx.	198,0	41,1	<LQ	<LQ	<LQ	0,26	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	41,3	29,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	46,2	34,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	16	16				16			

Código Punto	291230051								
Valor									
Máx.	565,0	359,0	<LQ						
Mín.	181,0	98,4	<LQ						
P50	346,0	179,0	<LQ						
N reg.	15	15				15			

Código Punto	291270024								
Valor									
Máx.	153,0	60,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,10	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	55,0	26,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	137,5	53,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	46	46	1	1	1	46			

Código Punto	301260020								
Valor									
Máx.	120,0	22,0	<LQ						
Mín.	91,5	15,3	<LQ						
P50	105,0	17,3	<LQ						
N reg.	17	17				16			

Código Punto	301260024								
Valor									
Máx.	154,0	22,2	<LQ						
Mín.	106,0	15,7	<LQ						
P50	123,0	17,2	<LQ						
N reg.	17	17				16			

Código Punto	301320007								
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	301320007								
Valor									
Máx.	123,0	32,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	95,7	20,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	105,0	24,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	17	17				16			
Código Punto	301320024								
Valor									
Máx.	141,0	58,4	<LQ	<LQ	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	75,0	25,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	93,4	35,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	10	10				9			

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