

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT054 - SASO DE BOLEA-AYERBE

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 ES091MSBT054 Nombre MSBT SASO DE BOLEA-AYERBE

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua de Saso de Bolea-Ayerbe se localiza en el sector central de la cuenca hidrográfica del Ebro, a caballo entre la sierra de Guara al norte y la Depresión de Ebro al sur. La mayor parte de su superficie se encuentra dentro de la cuenca del río Gállego, tributario por la margen izquierda del Ebro.

Administrativamente pertenece en su totalidad a la Comunidad Autónoma de Aragón, a la comarca oscenses de la Hoya de Huesca. La principal localidad ubicada dentro de esta masa de agua corresponde a Ayerbe, con una población censada de cerca de 1000 habitantes.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Huesca	22904	Sotonera, La	71,00	40,30
Aragón	Huesca	22905	Lupiñén-Ortilla	65,47	24,71
Aragón	Huesca	22149	Loarre	45,16	11,52
Aragón	Huesca	22151	Loscorrales	83,31	11,49
Aragón	Huesca	22039	Ayerbe	47,92	10,50
Aragón	Huesca	22063	Biscarrués	9,44	0,98
Aragón	Huesca	22163	Nueno	0,69	0,35
Aragón	Huesca	22021	Almudévar	0,09	0,06
Aragón	Huesca	22014	Alcalá de Gurrea	0,23	0,06
Aragón	Huesca	22019	Alerre	1,07	0,03

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	697.741	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.678.343
Longitud (CENTROIDE)	-0,60367	Latitud (CENTROIDE)			42,23227
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			879
Altitud mínima (m s.n.m.)	414	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.293
Área total de la MSBT (km ²)	292				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

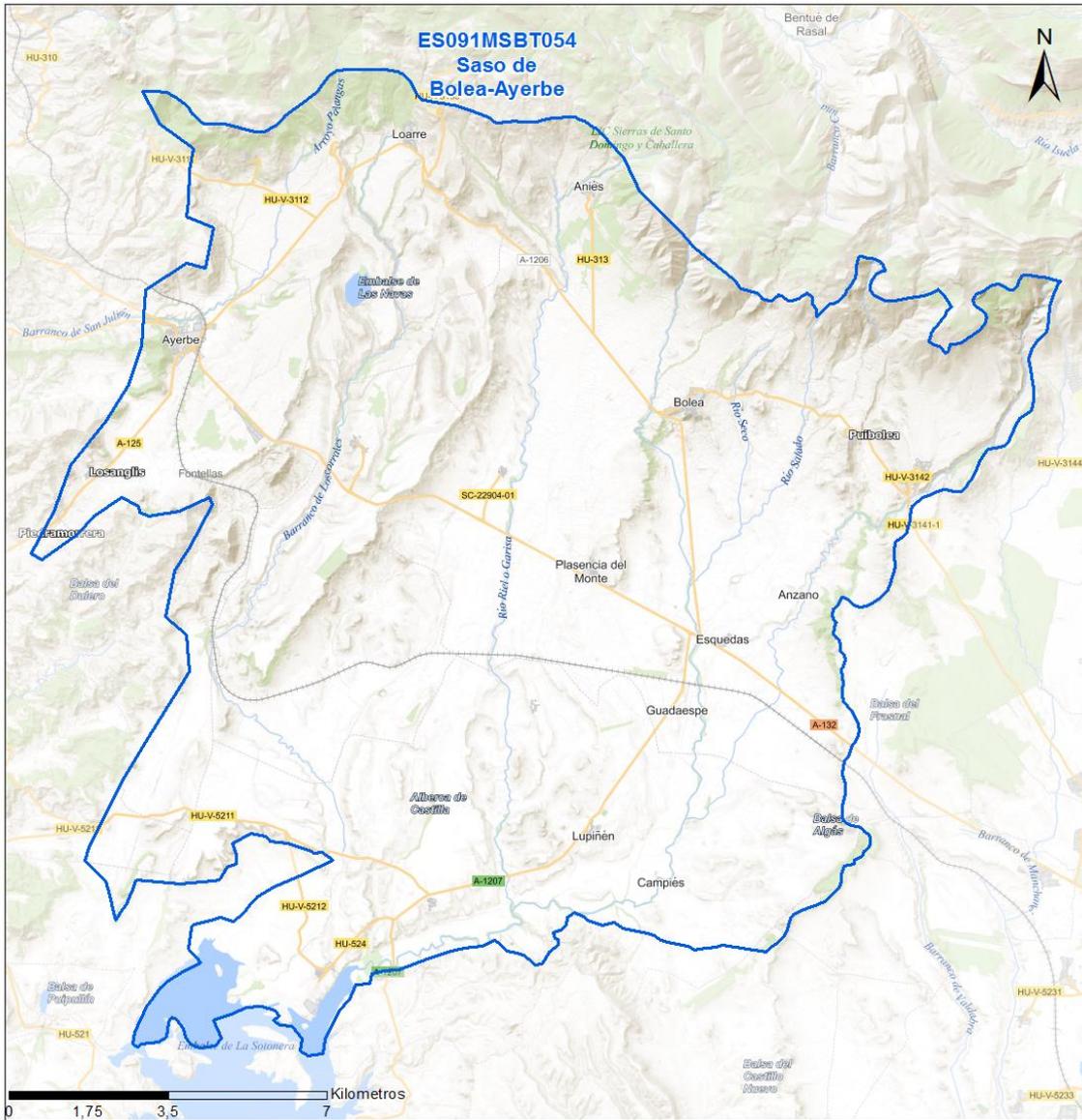
1.587

Año

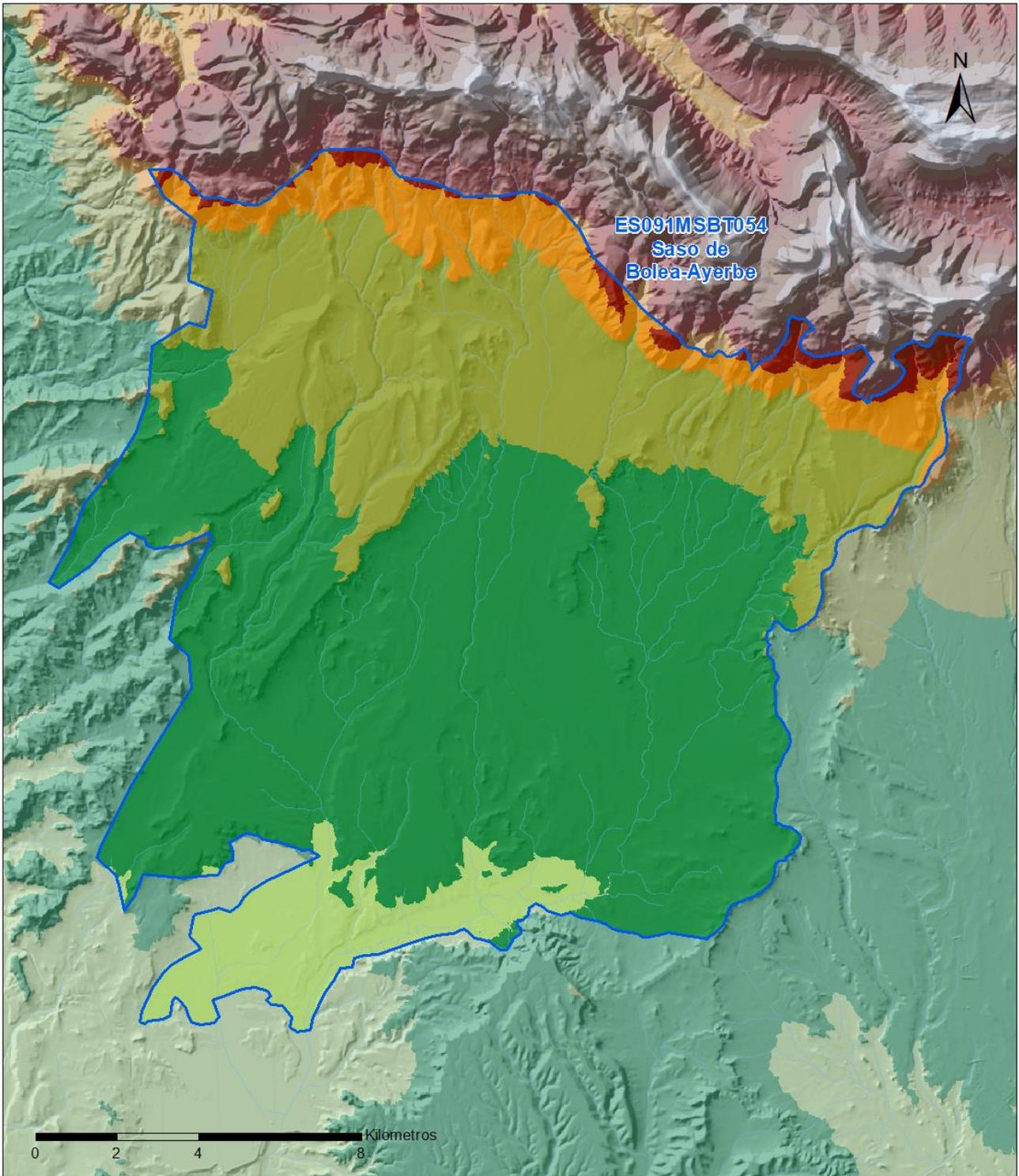
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

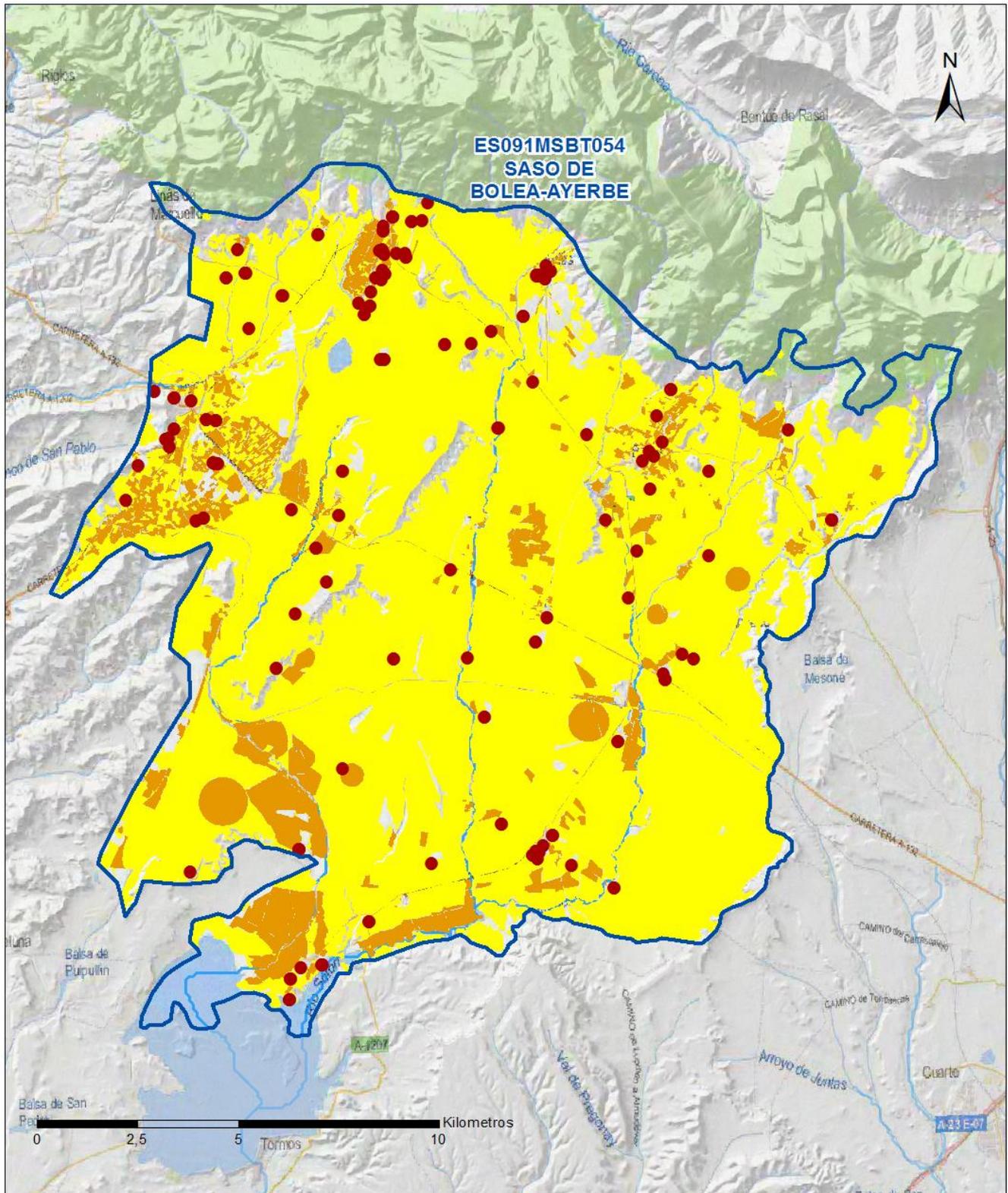


2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

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	1.3	Vertidos industriales de plantas IED	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	<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:
ES091MSBT054
SASO DE BOLEA-AYERBE

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)	

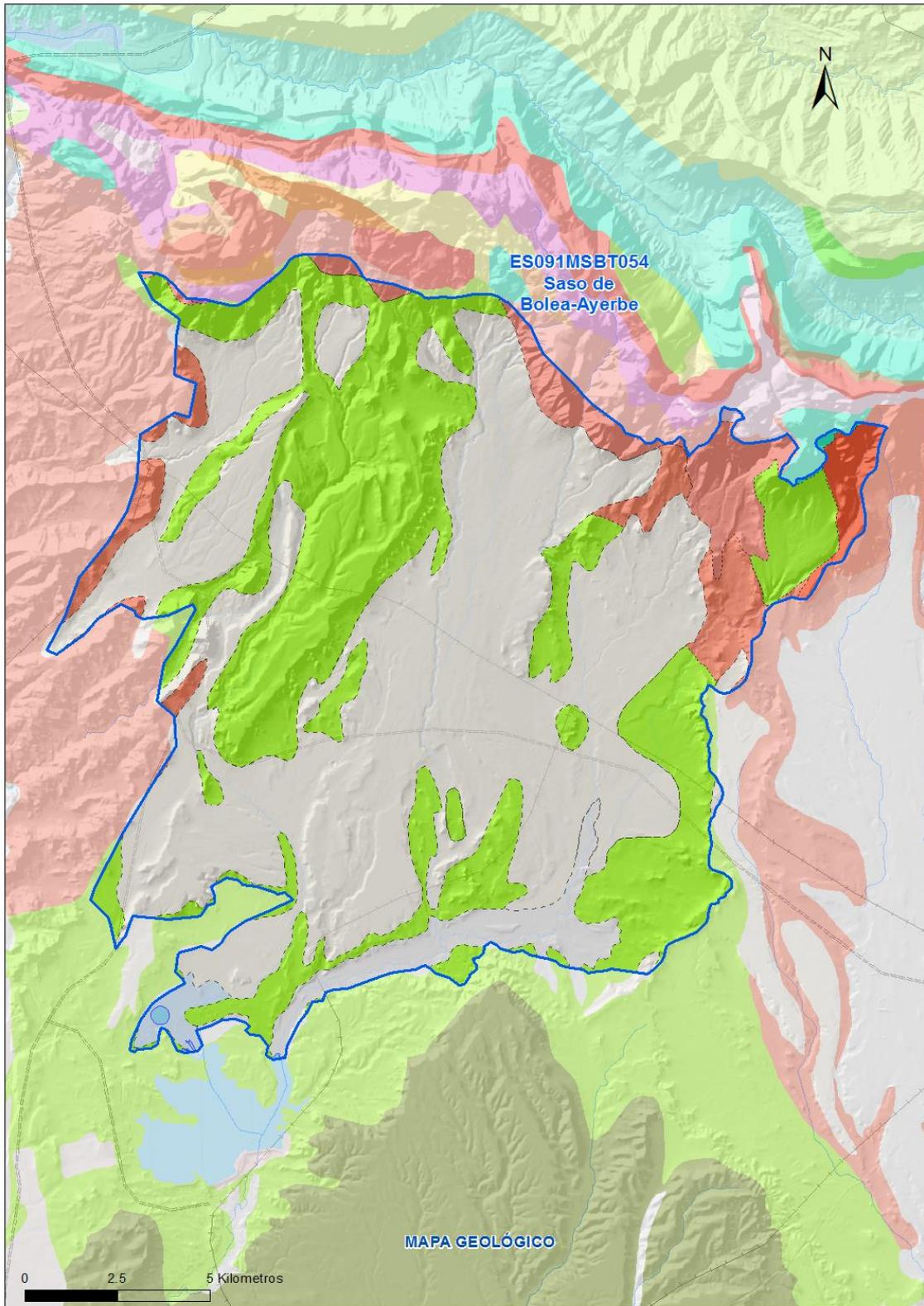
3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

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
5000	Masa de agua superficial
714	Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, dep. lacustres, turberas)
706	Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacia, piedemonte y superficies)
368	Lutitas, con intercalaciones de areniscas
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas
359	Conglomerados, areniscas y lutitas
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)
137	Dolomías, calizas y margas (F. Muschelkalk)

3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

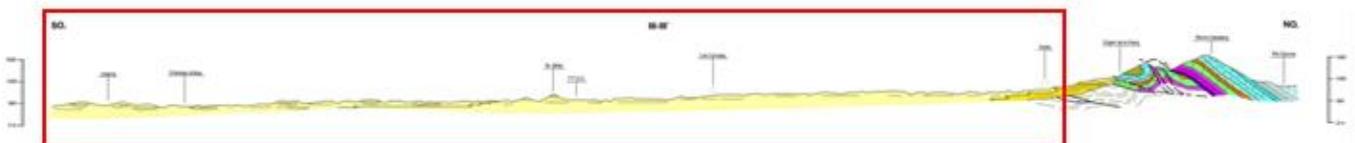
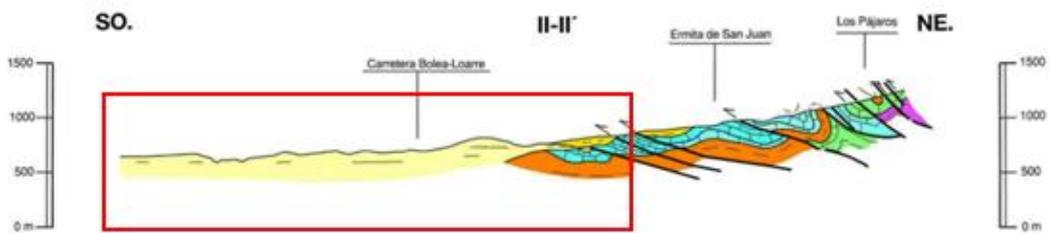
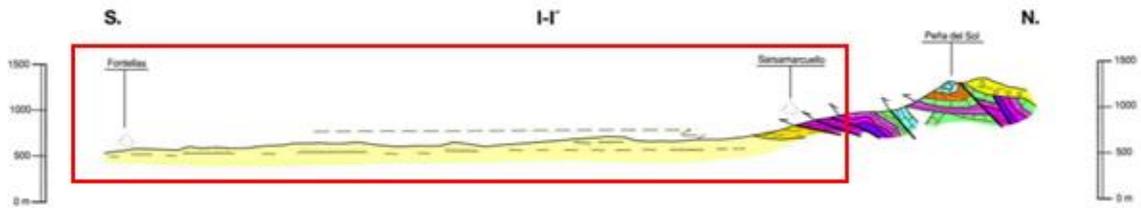
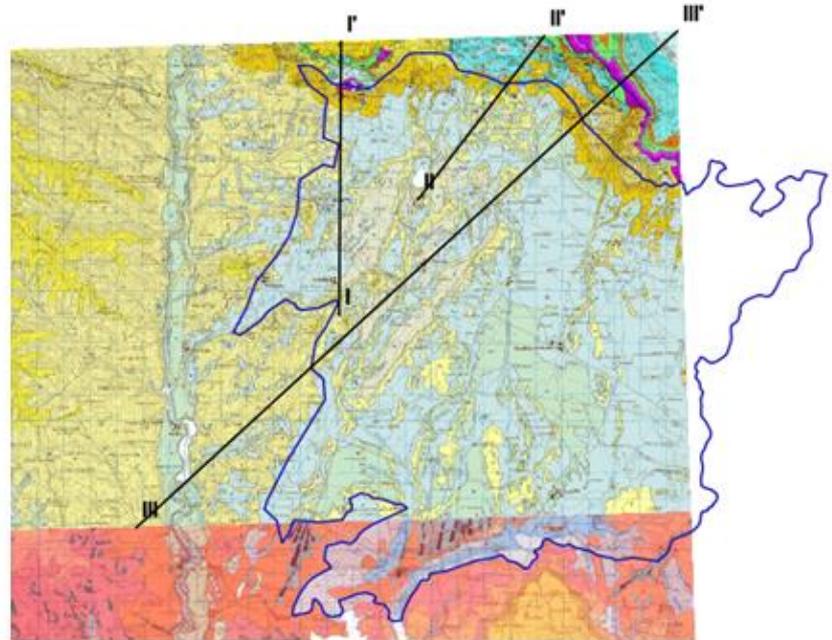
Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, dep. lacustres, turberas)	Cuaternario	Holoceno	2,19	Detrítica	0,75
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	10,60	Detrítica	3,63
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	151,58	Detrítica	51,96
Lutitas, con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno	99,06	Detrítica	33,96
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Neógeno	Mioceno	12,34	Detrítica	4,23
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	Neógeno	Mioceno	11,57	Detrítica	3,97
Conglomerados, areniscas y lutitas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	3,59	Detrítica	1,23

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Lutitas con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno	
Gravas, arenas, arcillas y limos (depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	5-30

3.5 CORTES GEOLÓGICOS

ES091MSBT054 Saso Bolea-Ayerbe



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La masa de agua del Saso de Bolea-Ayerbe, se localiza dentro de la Depresión del Ebro, en la zona de contacto con el Dominio Pirenaico de Jaca-Pamplona. Se define a partir de los materiales cuaternarios localizados al sur de la Sierra de Loarre depositados sobre los detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro.

Las principales formaciones cuaternarias definidas dentro de esta masa de agua son:

- Depósitos de glacia-terrazas también denominados “sasos” compuestos por conglomerados de diversa naturaleza y arenas donde son abundantes también las costras carbonatadas. Se trata de las formaciones más extensas dentro de esta masa de agua con una superficie de ocupación de cerca del 52%. La erosión de la red de drenaje compartimenta estos depósitos que quedan colgados a distintas alturas y desconectados de la red fluvial. Presentan un espesor medio de entre 5-10 m y en algunas zonas pueden llegar a alcanzar espesores de 30 m. Se identifican diversos sasos con pendientes deposicionales de 1-2° con dirección SO, donde los más significativos corresponden al de Los Corrales y al de Fontellas. Estos depósitos terminan hacia el norte en las proximidades de las sierras exteriores pirenaicas.
- Aluviales compuestos por gravas, arenas y limos muy heterogéneos tanto vertical como lateralmente. Se extienden a lo largo de los cauces a los que están asociados e incluyen además de los depósitos aluviales y fluviales actuales algunas terrazas bajas. Puede alcanzar de forma puntual espesores de más de 20 m. El mayor desarrollo de estas formaciones se encuentra al sur de la masa de agua correspondiente con los aluviales del río Sotón.

El basamento terciario se compone de lutitas del Mioceno que aflora en las laderas, a los pies de depósitos de glacia y entre los aluviales de los principales ríos. En el extremo norte de la masa de agua también se incluyen algunas formaciones de las sierras exteriores pirenaicas en las estribaciones de la sierra de Loarre, que incluyen conglomerados del Oligoceno-Mioceno y calizas del Cretácico superior y que constituyen el límite norte de la masa de agua.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	3	2
Espesor Medio Z.N.S. (m)	2	

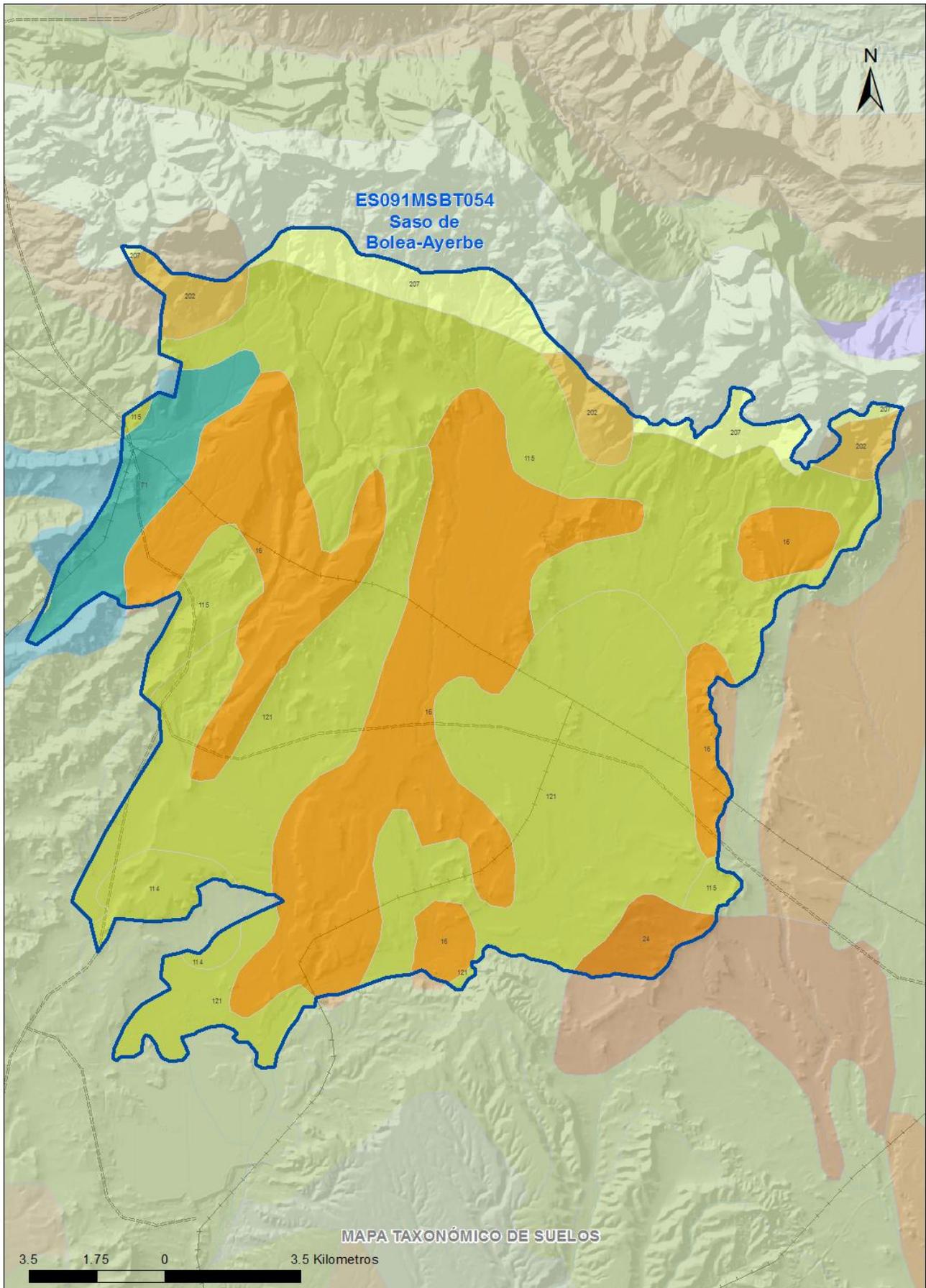
Litología Z.N.S. Gravas, arenas, arcillas y limos

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XERALF, HAPLOXERALF	88	30,25
ALFISOL, XERALF, PALEXERALF	4	1,49
ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT	12	4,13
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	166	56,80
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	9	3,19
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	12	4,14

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

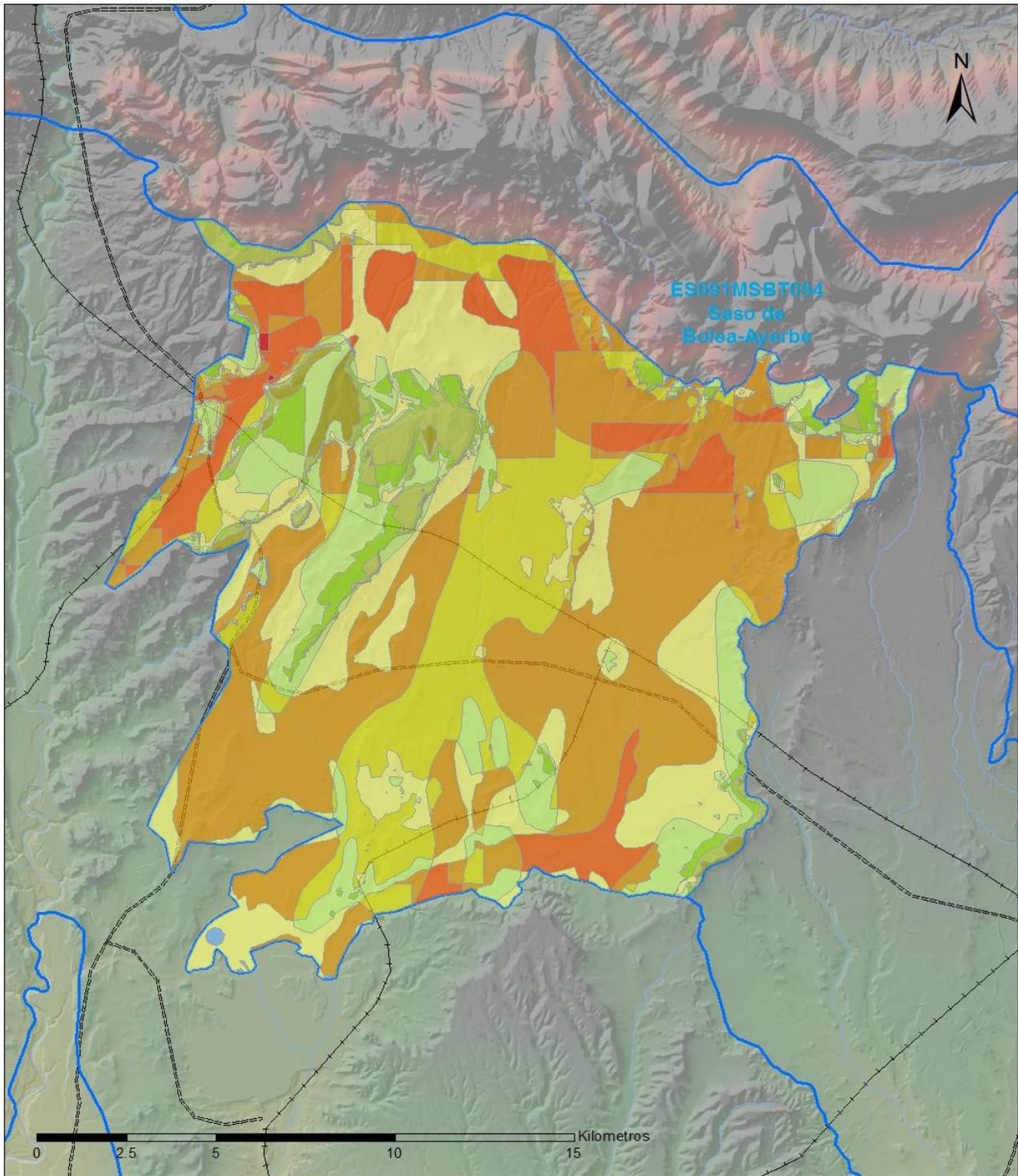
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
16	ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, PALEXEROLF, NO ASOCIA2, Rhodoxeralf, NO INCLUSION2
24	ALFISOL, XEROLF, PALEXEROLF, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, (Calcixerapt), NO INCLUSION2
71	ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
114	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
115	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, (Haploxerept), NO INCLUSION2
121	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeralf, NO INCLUSION2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
207	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Xerorthent

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT
0	Masas de agua superficial	0,09
1 (Muy Baja)	16 - 30	1,14
2 (Muy Baja)	30 - 44	3,00
3 (Baja)	44 - 58	3,93
4 (Baja)	58 - 72	13,07
5 (Moderada)	72 - 86	18,72
6 (Moderada)	86 - 100	15,53
7 (Alta)	100 - 114	35,35
8 (Alta)	114 - 128	9,12
9 (Muy Alta)	128 - 142	0,05

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

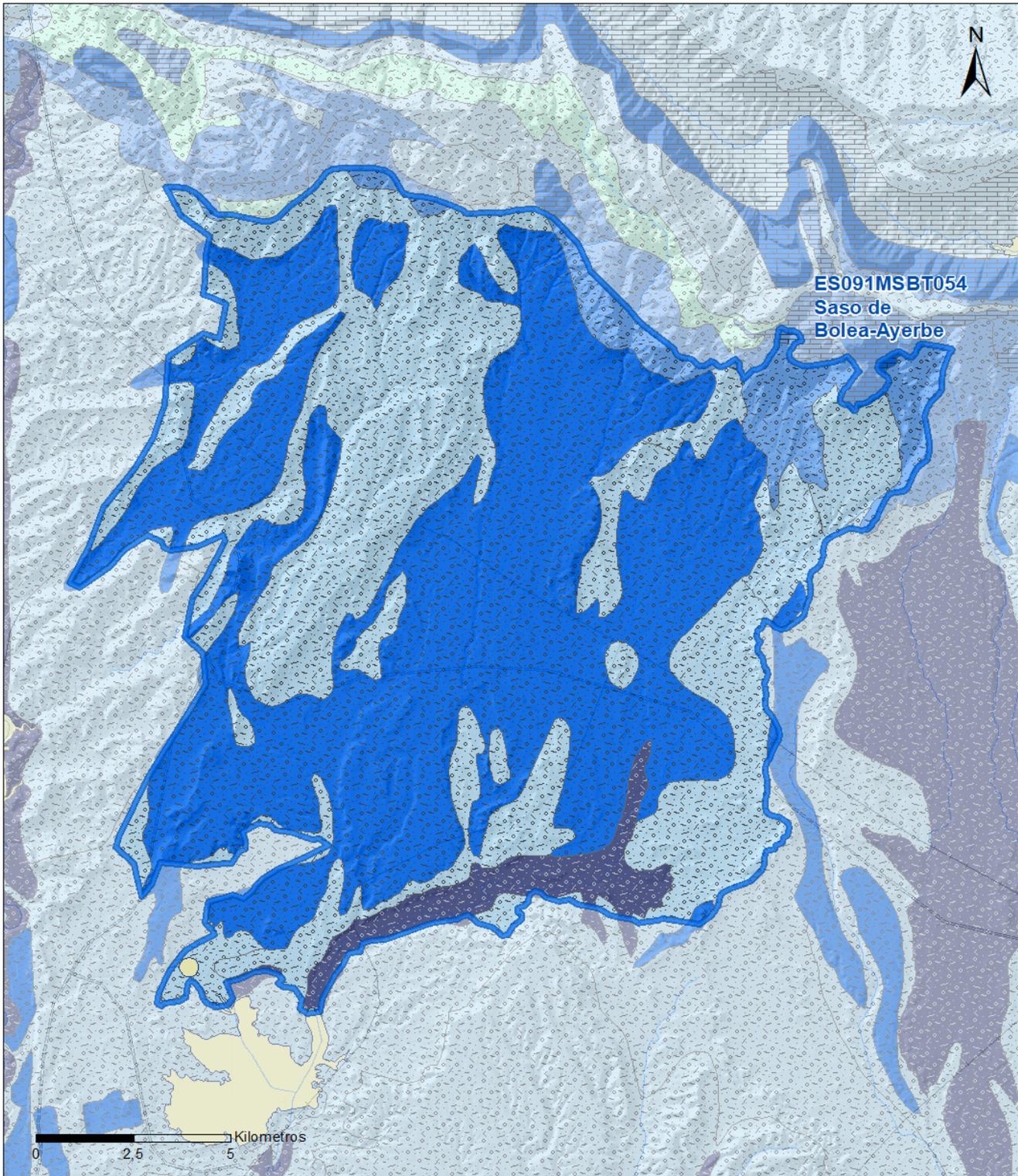
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

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

Descripción límites hidrogeológicos:

La mayor parte de los límites de esta masa de agua vienen marcados por la extensión de los depósitos cuaternarios sobre las formaciones terciarias de baja permeabilidad. Al norte los afloramientos mesozoicos, paleocenos y eocenos de la sierra de Loarre, marcan el límite con la masa de agua de Santo Domingo Guara (ES091MSBT033) mientras que el límite Este, está marcado por la divisoria hidrográfica de los ríos Sotón e Isuela (cuenca del Gállego y cuenca del Cinca), donde los depósitos de glaciares forman parte de la masa de agua vecina de la Hoya de Huesca (ES091MSBT055).

Mapa de permeabilidades



LEYENDA

 MSBT

PERMEABILIDAD

 Masa de agua superficial
 MUY ALTA, DETRÍTICAS
 ALTA, DETRÍTICAS

 ALTA, CARBONATADAS
 MEDIA, DETRÍTICAS
 MEDIA, CARBONATADAS

 BAJA, DETRÍTICAS
 MUY BAJA, DETRÍTICAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Aluviales	Gravas, arenas, limos	Alta-Muy Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	5-30	11
Glacis-terrazas	Gravas, arenas, arcillas y limos	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	5-15	152

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Aluviales	11	3,63	Libre	5-20	Intergranular	Aluviales
Glacis	152	51,96	Libre	5-30	Intergranular	Glacis-terrazas

Descripción general:

La masa de agua del Saso de Bolea-Ayerbe, se identifica con los acuíferos detríticos de edad Cuaternaria que incluye depósitos de glacis-terrazas y los aluviales actuales y terrazas bajas de los principales ríos. El basamento de estas formaciones cuaternarias corresponde a materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro de baja permeabilidad (lutitas) que conforman el sustrato impermeable de los acuíferos.

Se definen dos acuíferos:

- Glacis, articulados en varios afloramientos con geometrías tabulares. Están constituidos por gravas con matriz arcillosa o cemento carbonatado, con espesores de 2 hasta 30 m. Constituyen un acuífero monocapa, libre y colgado, desconectado hídricamente del acuífero aluvial.
- Aluviales formado por gravas, arenas y arcillas con potencias medias de 20 m. Forman un acuífero libre de permeabilidad alta por porosidad intersticial con conexión directa con los ríos.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Glacis-terrazas	Glacis	Ensayo de bombeo	16,60	113,00		

Descripción general:

Dentro de esta masa de agua solo se han podido identificar dos sondeos en los que se han realizado ensayos de bombeo dentro de la FGP de los Glacis. Uno corresponde al piezómetro de Ministerio que atraviesa 7 m de esta formación cuaternaria en Plasencia del Monte (IPA-281180066), en el que se obtuvieron valores de transmisividad de 16,6-23,7 m²/día. El otro corresponde a un pozo localizado en el extremo noreste de la masa de agua en Ayerbe, en una zona donde los depósitos de glacis presentan mayor potencia, 16 m. El ensayo de bombeo arrojó valores de transmisividad algo más elevados de 113 m²/día.

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

El funcionamiento hidrogeológico de esta masa de agua se debe entender como un sistema de relaciones complejas entre las distintas formaciones acuíferas en el que los glacis constituyen la formación de mayor relevancia en la dinámica de funcionamiento global ya que son los que presentan mayor extensión y desarrollo. Los glacis suelen formar acuíferos o sistemas de acuíferos hipodérmicos y colgados que drenan a través de manantiales de poca importancia, situados generalmente en barrancos, que suelen alimentar a su vez otros acuíferos, como los aluviales, situados topográficamente más bajos.

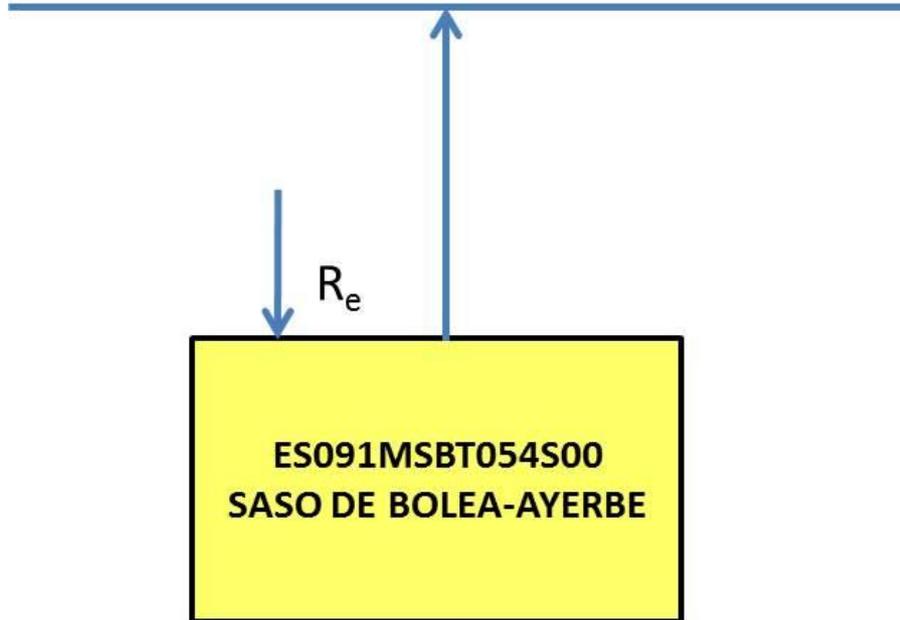
La recarga de esta masa de agua se produce en toda la superficie permeable a partir de la infiltración de las precipitaciones y de los retornos de riego, así como también por las pérdidas del río Isuela. Las descargas se producen fundamentalmente hacia los ríos Sotón y Riel.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT054S00	Saso de Bolea-Ayerbe
Esquema: ES091MSBT054S00	

Río Sotón

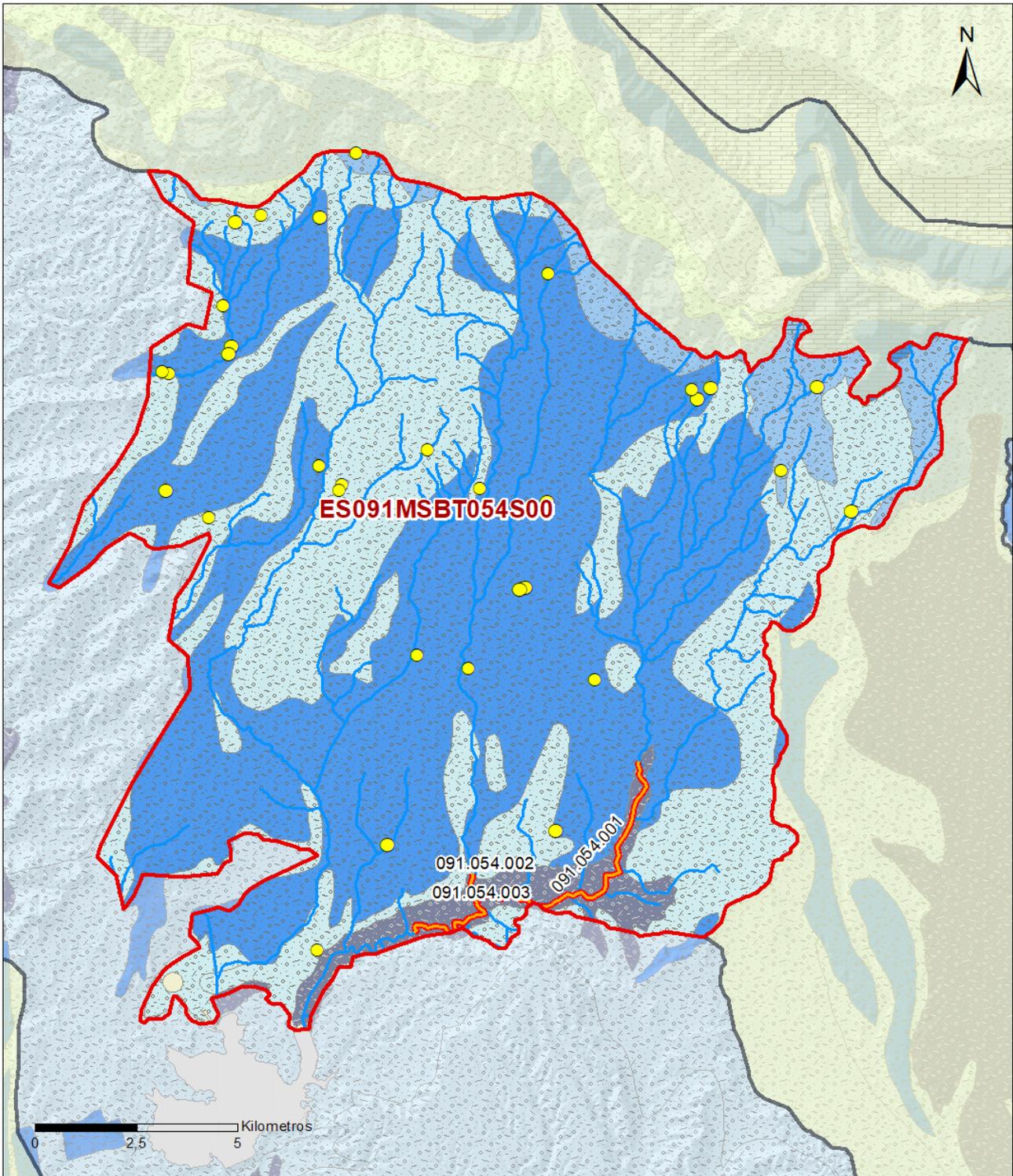


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT054S00	ES091MSPF117	Río Sotón desde su nacimiento hasta el río Riel.	Descarga a cauce	091.054.001
ES091MSBT054S00	ES091MSPF118	Río Riel desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Sotón.	Descarga a cauce	091.054.002
ES091MSBT054S00	ES091MSPF816	Río Sotón desde el río Riel hasta la cola del Embalse de La Sotonera.	Descarga a cauce	091.054.003

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 ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Rango ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de transferencia ($\text{L}/\text{s}/\text{m}$)
ES091MSBT054S00	091.054.001	435				70	
ES091MSBT054S00	091.054.002	435				10	
ES091MSBT054S00	091.054.003	422	0,00692	12,57	3,15-26,80	20	0,03600



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

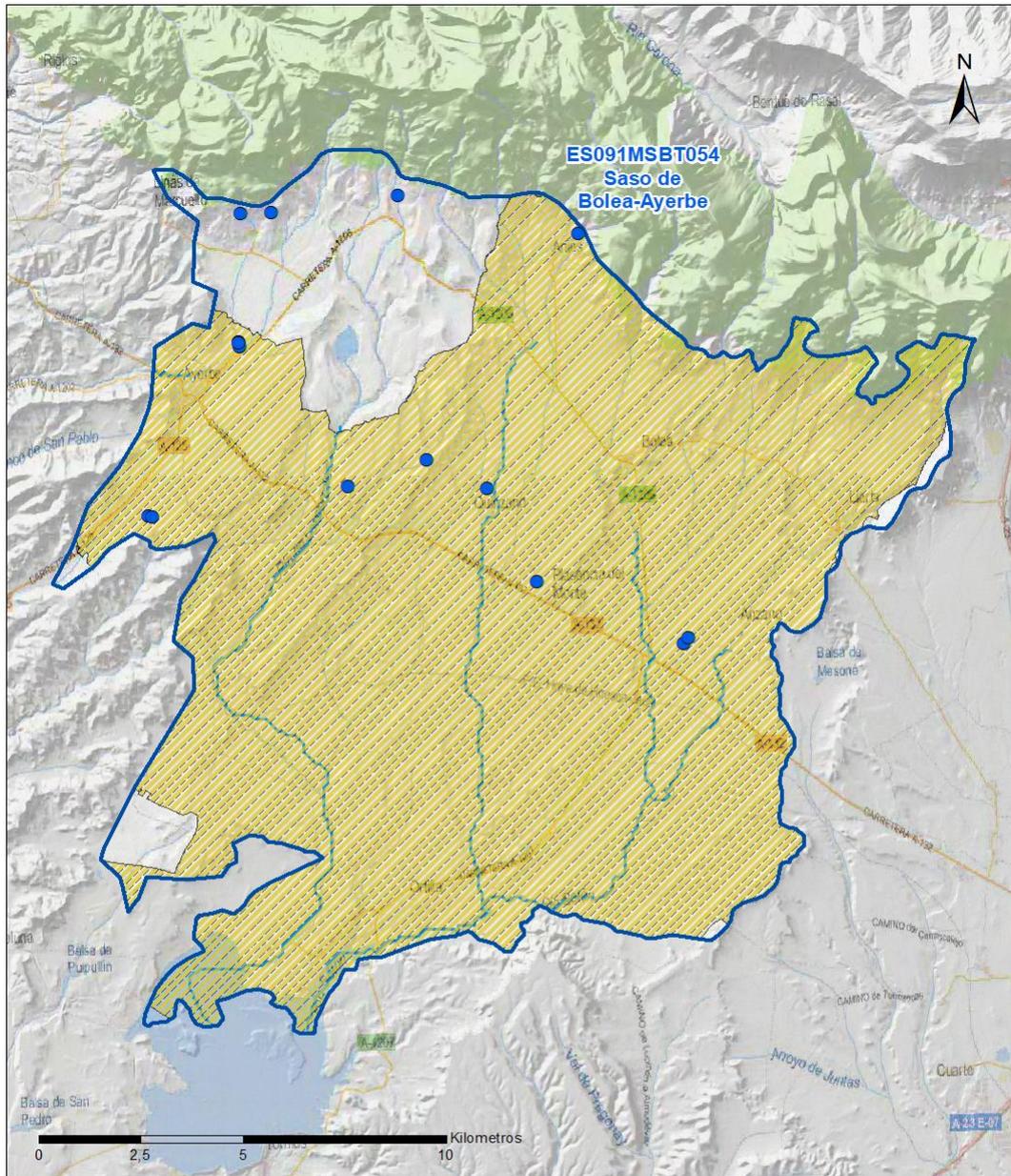
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,17
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"/>	253	86,80
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	9,78	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	1,79
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,42		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	10,20	Salidas Totales	1,79
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		8,41	

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)	9,74
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	1,29
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	2,00
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	8,42
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,15

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	9,78
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	1,79
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	1,96
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	8,24
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,22

“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

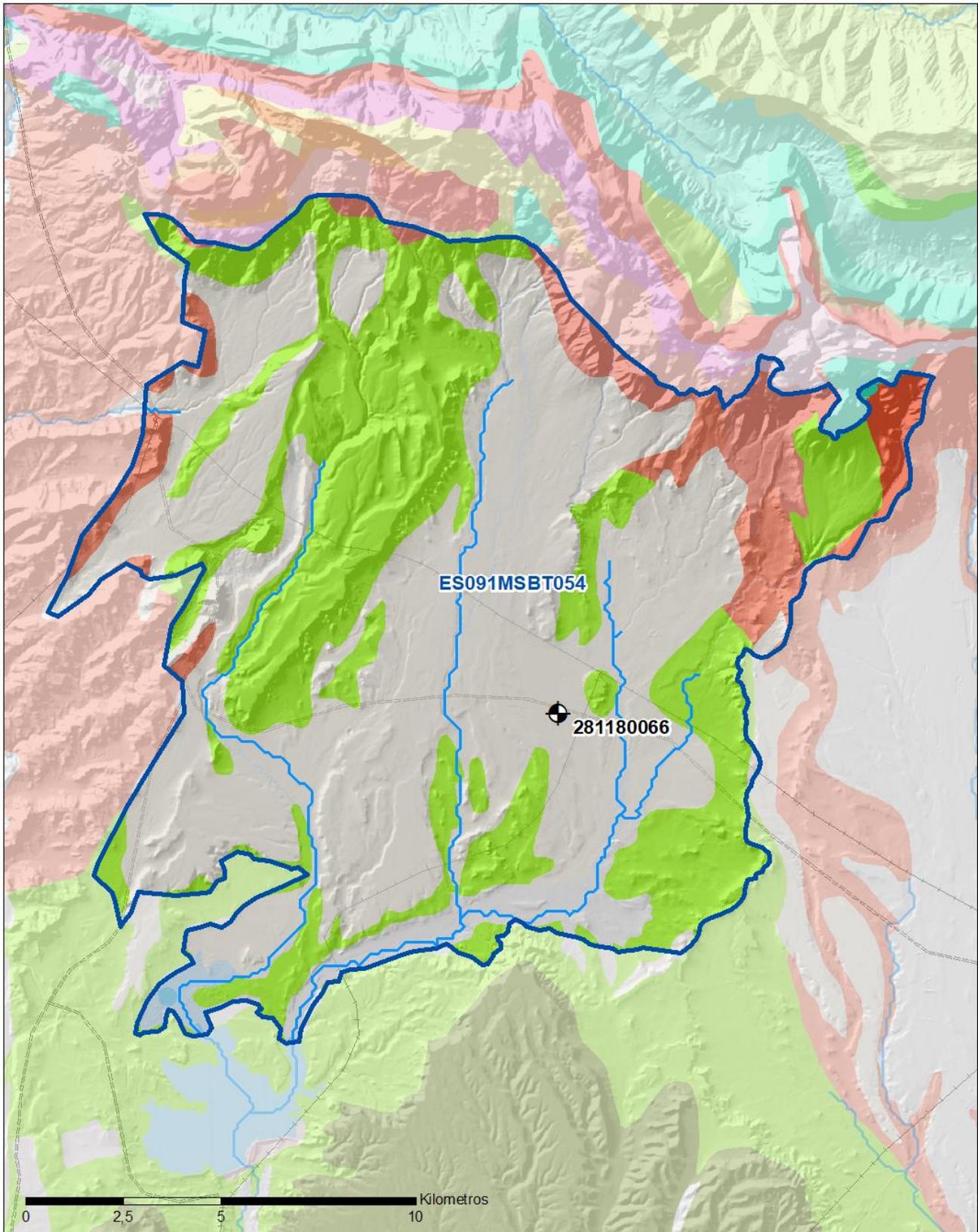
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
281180066	Piezometría	700.399	4.675.618		19/07/2010			8,5	500	<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

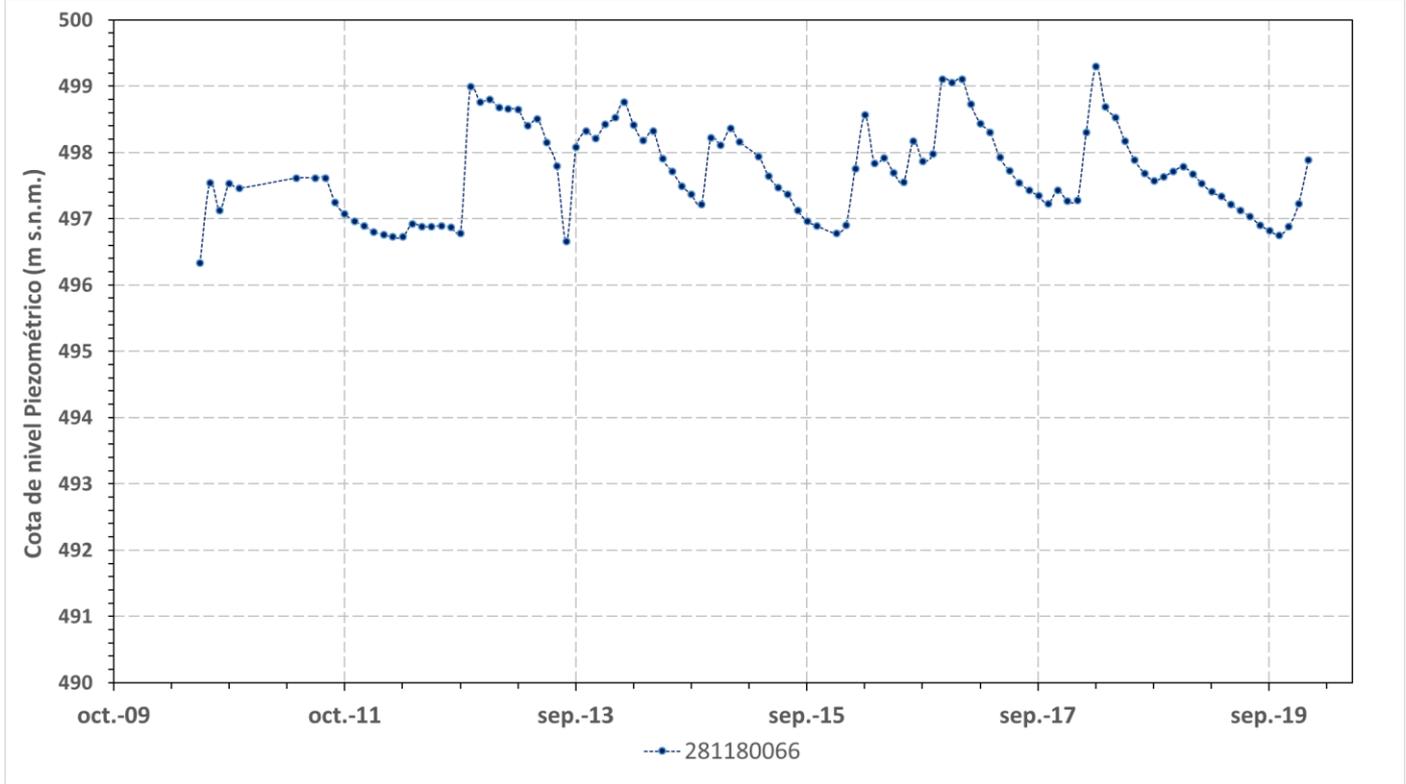
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

-  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

La masa de agua del Saso de Bolea-Ayerbe, solo dispone de un piezómetro de control situado sobre los materiales cuaternarios que configuran los depósitos de glacia, en la localidad de Plasencia del Monte. Este piezómetro presenta medidas mensuales desde julio de 2010 en el que se observan varios ciclos anuales de agotamiento y recuperación, con un rango de variación de 2,96 m.

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
281180066	2010	2020	109	499,3	496,3	497,7	3,0	0,16	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

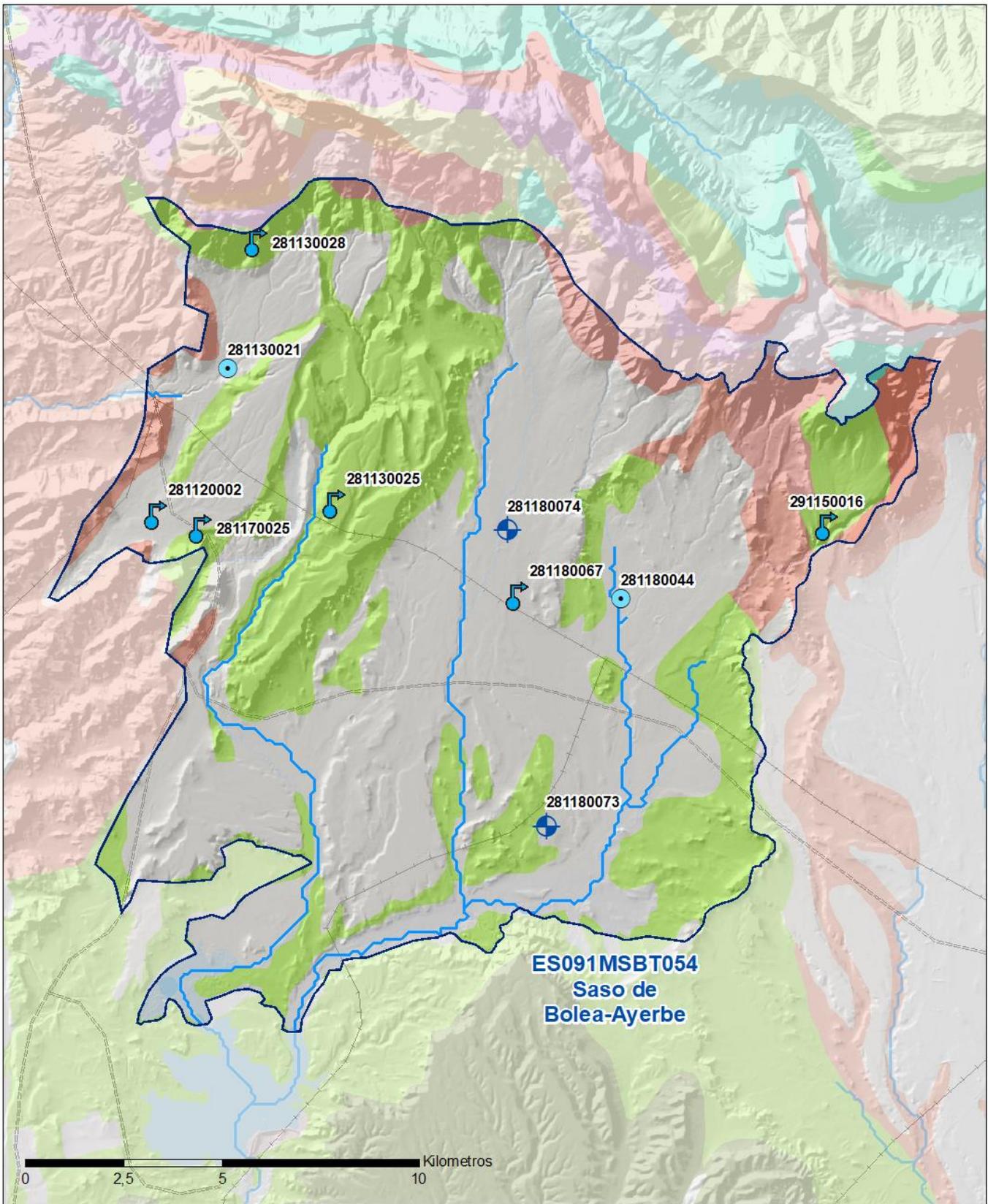
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
281120002	LOS IBONES	690.079	4.680.364	542		MANANTIAL		27/06/2016
281130021	Barranco de Fontobal (Po. 1; Pa. 167), La Banera	691.912	4.684.100	606	25,0	POZO		14/07/2009
281130025	FUENTE MAYOR	694.603	4.680.640	619		MANANTIAL		07/07/2015
281130028	FUENTE CEROLLERO. PEZUELO (Po:4, Pa: 27)	692.630	4.687.321	804		MANANTIAL		07/09/2011
281170025	La Sardeta	691.213	4.680.010	556		MANANTIAL		14/11/2017
281180044	Sotón (PO: 4 PA: 13)	701.868	4.678.209	519	8,0	POZO		03/09/2008
281180067	LA PAUL ALTA (Po: 1, Pa: 193)	699.253	4.678.286	547		MANANTIAL		12/12/2018
281180073	ANTIGUO CAMPO DE FÚTBOL (Po. 202; Pa. 39)	699.984	4.672.401	474	6,6	SONDEO		15/07/2009
281180074	ARBEA (Po. 6; Pa. 9004)	698.991	4.679.970	575	6,1	SONDEO		14/07/2009
291150016	BARRANCO DE LA SIERRA	707.104	4.680.070	663		MANANTIAL		

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
281120002	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
281130021	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
281130025	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
281130028	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
281170025	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
281180044	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Regadíos y usos agrarios
281180067	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
281180073	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
281180074	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
291150016	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SONDEO

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

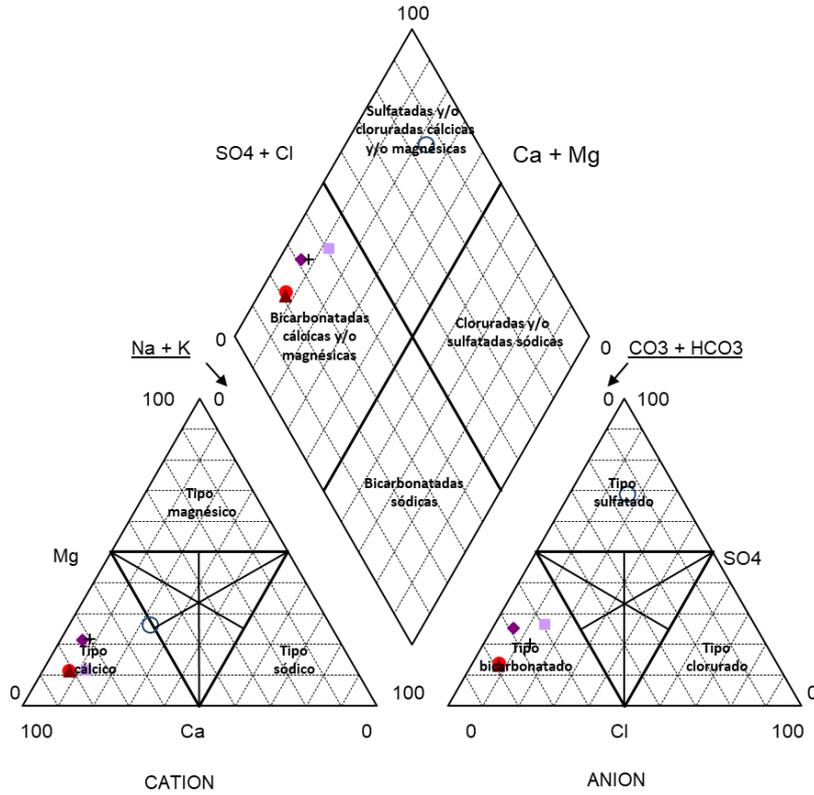
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facies Hidrogeoquímica
281120002	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis-terrazas)	Bicarbonatada cálcica
281130021	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis-terrazas)	Bicarbonatada cálcica
281130025	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis-terrazas)	Bicarbonatada cálcica
281170025	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis-terrazas)	Bicarbonatada cálcica
281180044	Gravas, arenas, limos (Aluvial)	Sulfatada cálcica
281180067	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis-terrazas)	Bicarbonatada cálcica
281180073		

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Sasos de Bolea-Ayerbe (2019)



● 281120002	◆ 281130021	▲ 281130025
■ 281170025	○ 281180044	+ 281180067

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 281180044

Saso de Bolea-Ayerbe_281180044 (2015-2019)

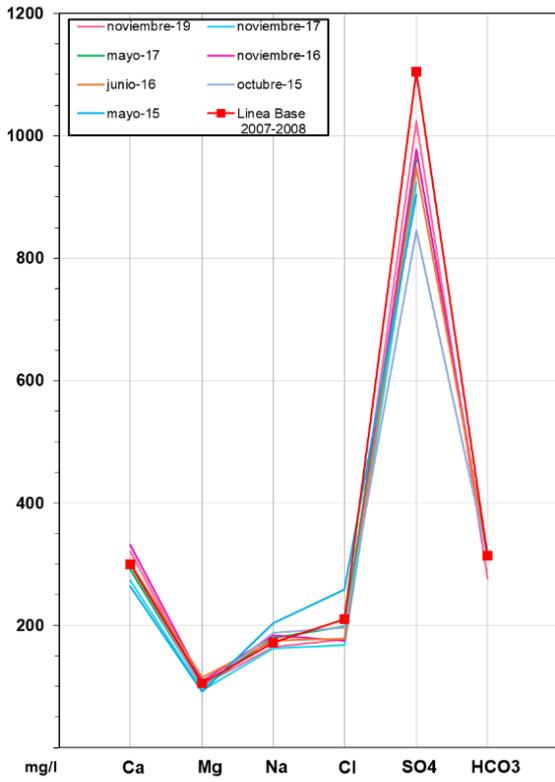
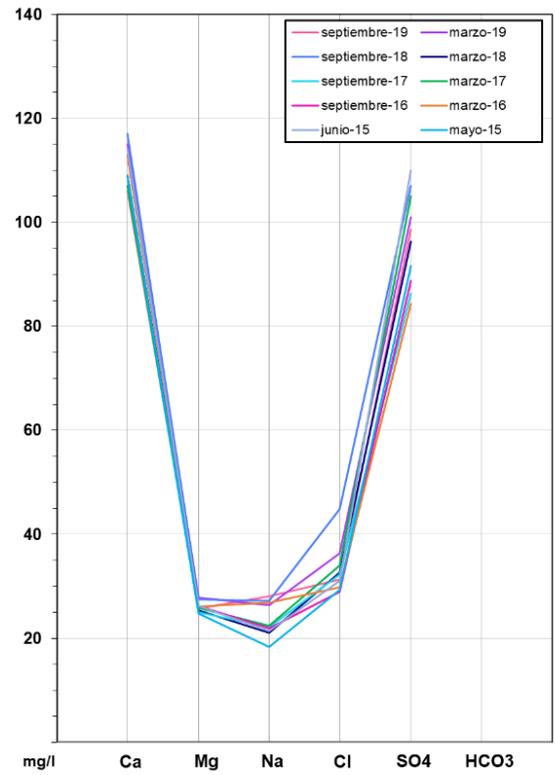


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 281180073

Saso de Bolea-Ayerbe_281180073 (2015-2019)

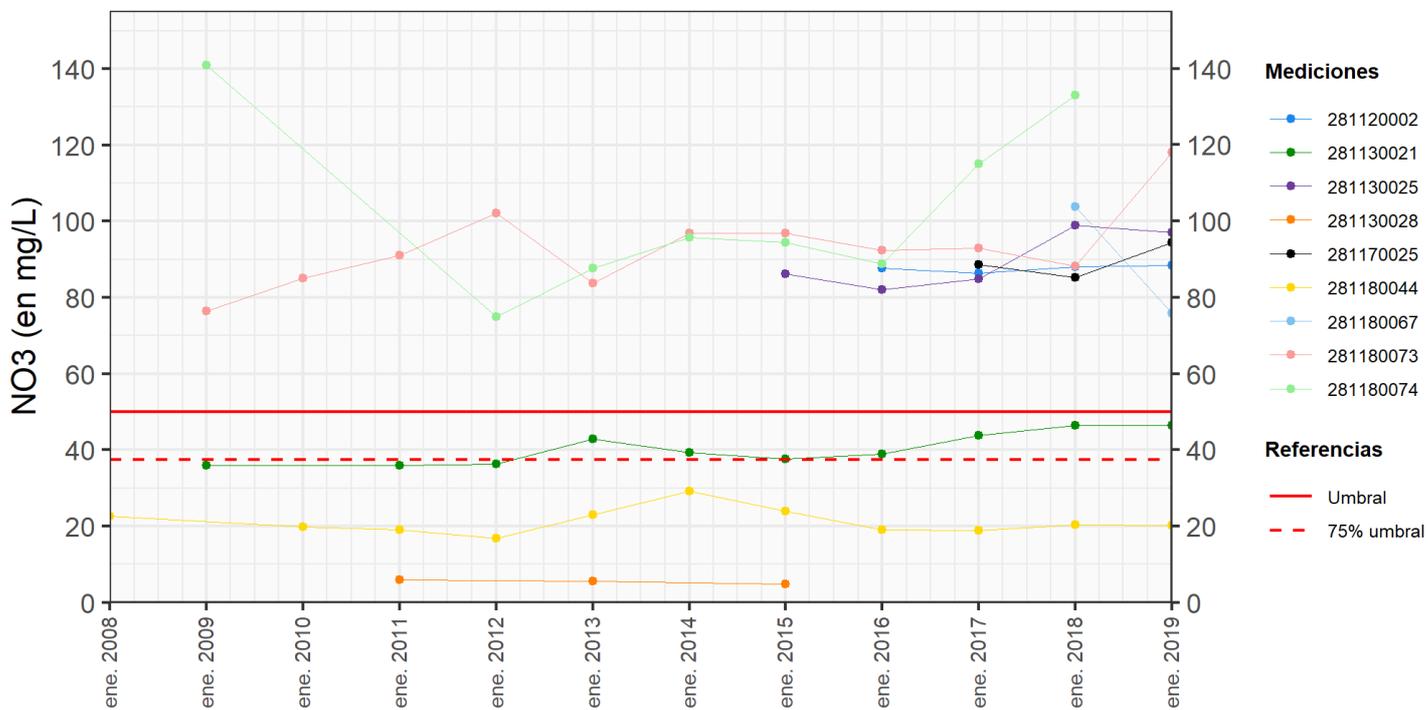


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

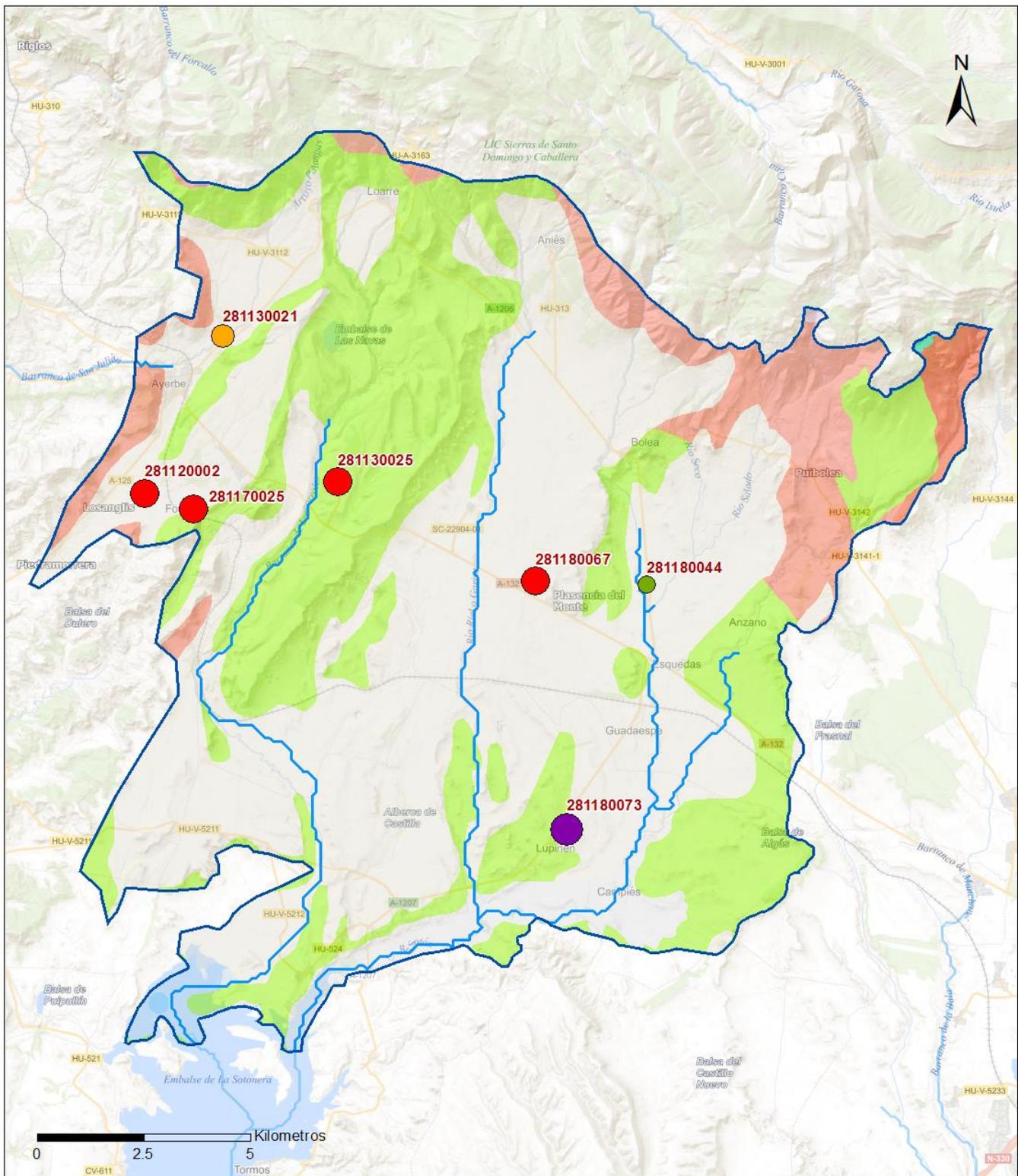
9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

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



ES091MSBT054 - NO3 (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrográfica
- ES091MSBT054
- Saso de Bolea-Ayerbe

NITRATOS (mg/l) 2019

-  0 - 10
-  10 - 25
-  25 - 50
-  50 - 100
- > 100 mg/l symbol" data-bbox="392 890 408 904"/> > 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

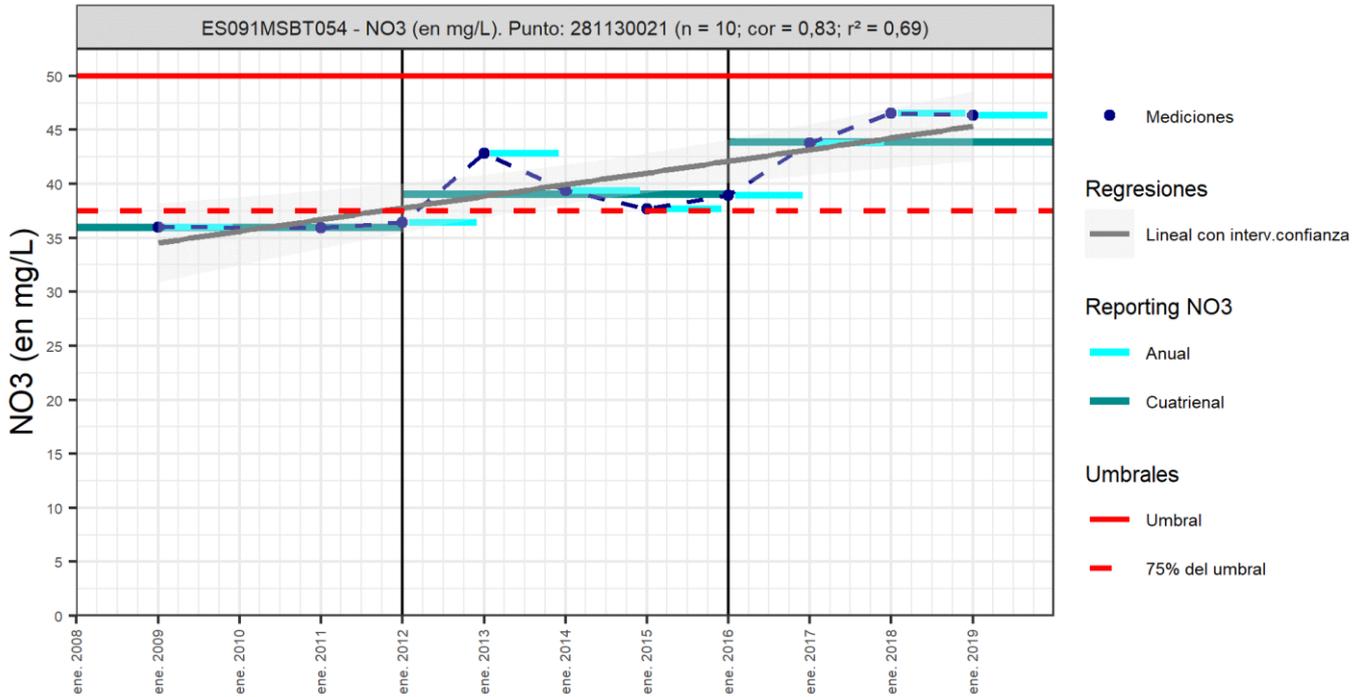
Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitratos corresponden a los reportados en el Informe Cuatrienal 2016-2019 con medidas que abarcan de entre 8 y 12 años. Representan la evolución de la concentración de nitrato en diferentes acuíferos asociados a los depósitos de glacia (IPA-281130021 e IPA-281180073) y aluviales (IPA-281180044) que se identifican en esta masa de agua.

Estos mismos puntos, junto con los puntos IPA-281130025 e IPA-281180074, han sido empleados para el análisis por cuatrienios, puntos que poseen valores promediados del contenido en nitrato en los dos últimos cuatrienios (2012-2015 y 2016-2019).

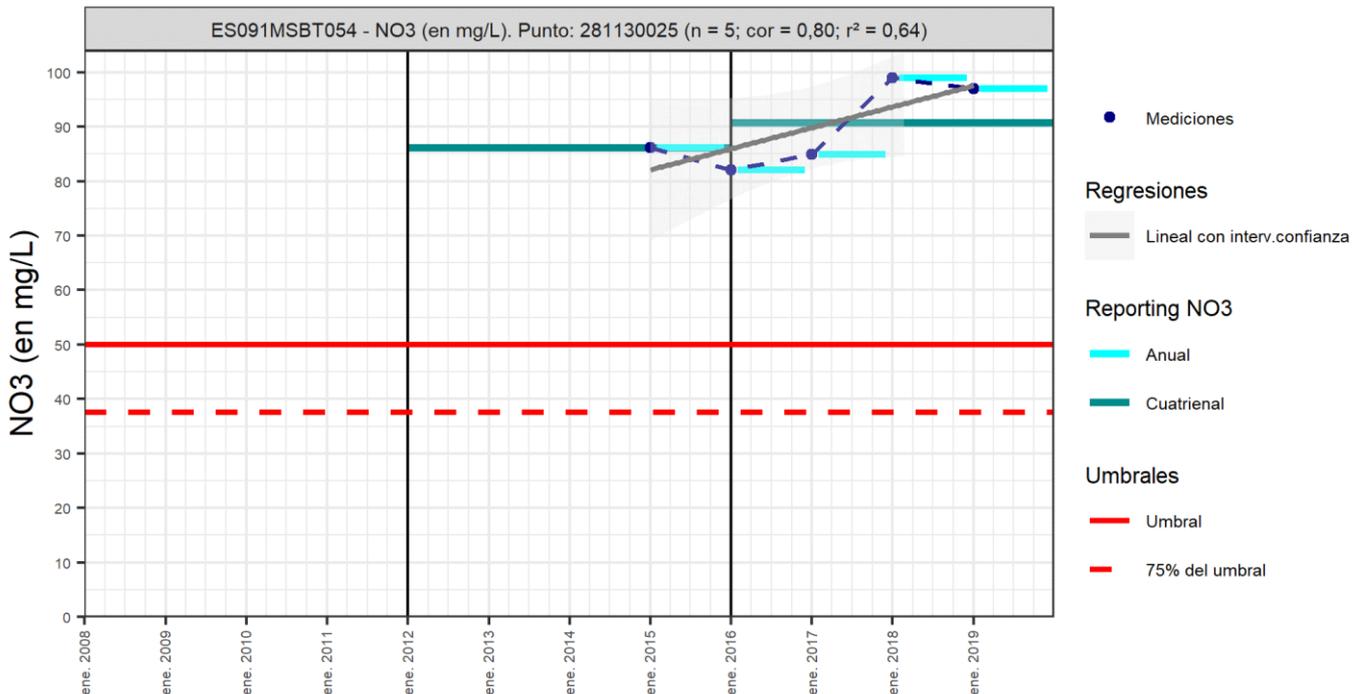
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO_3^-)

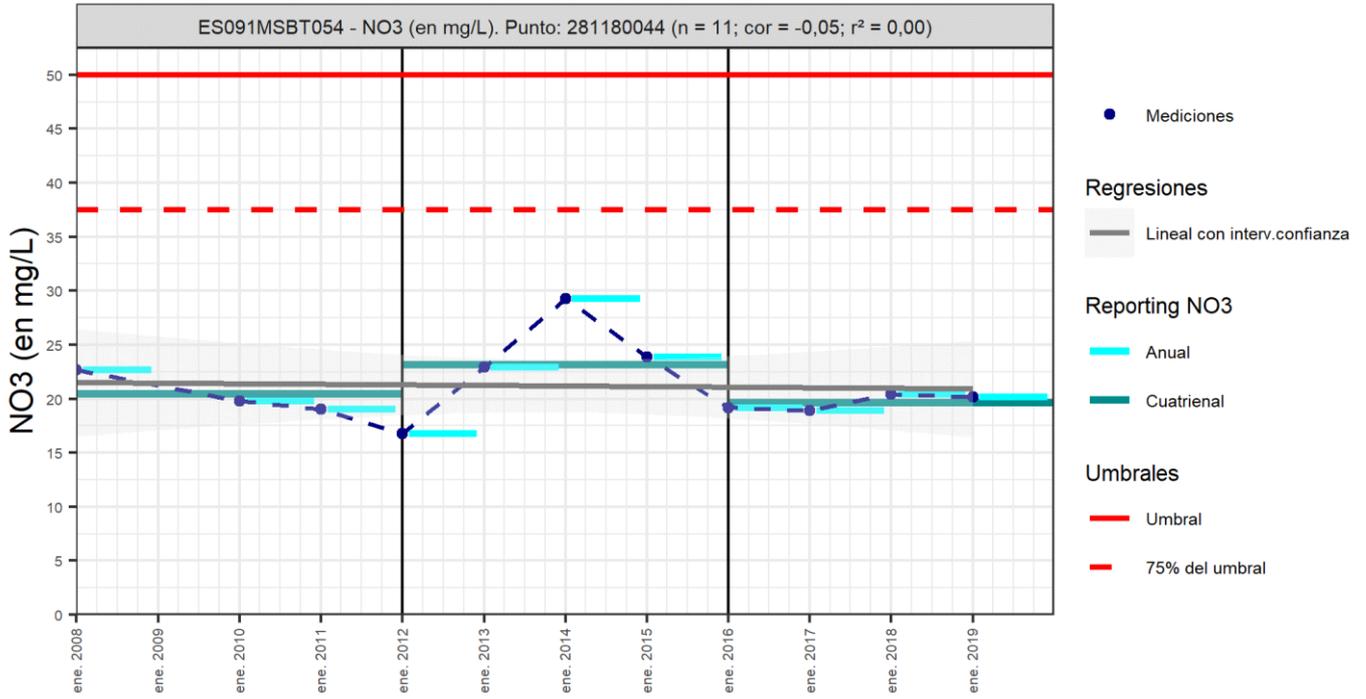
Código Punto 281130021



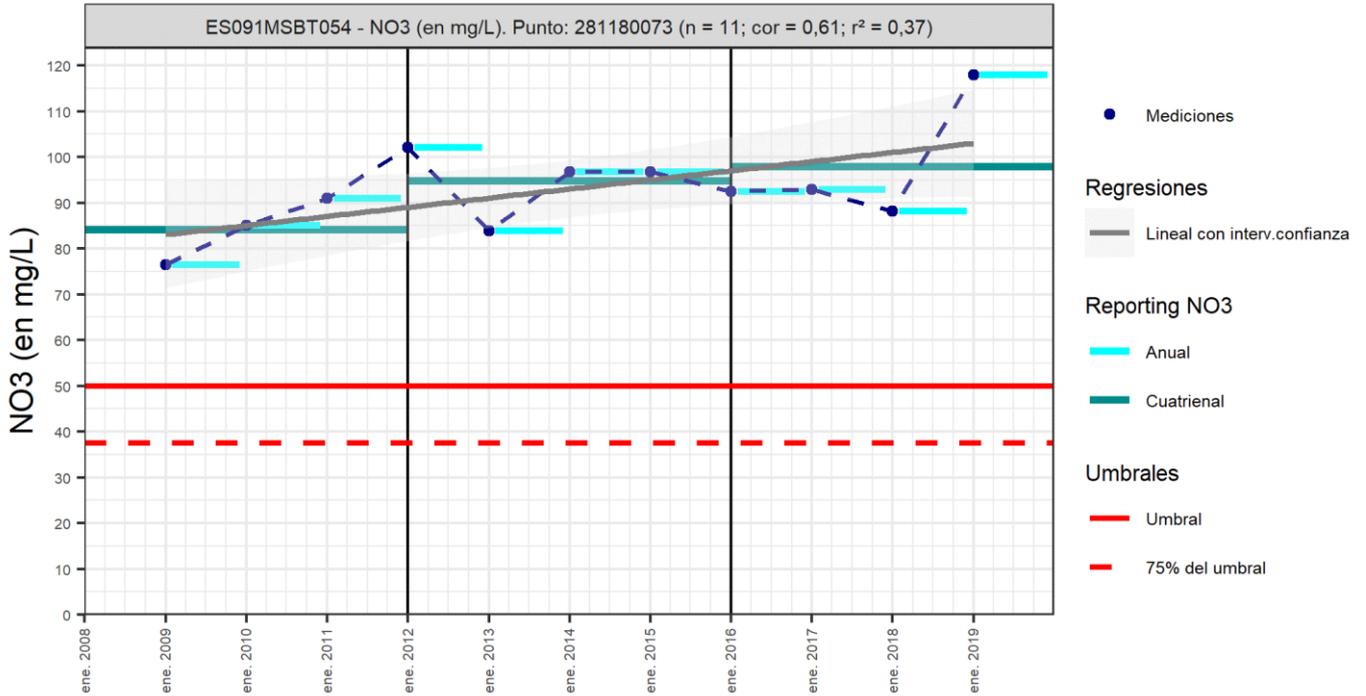
Código Punto 281130025

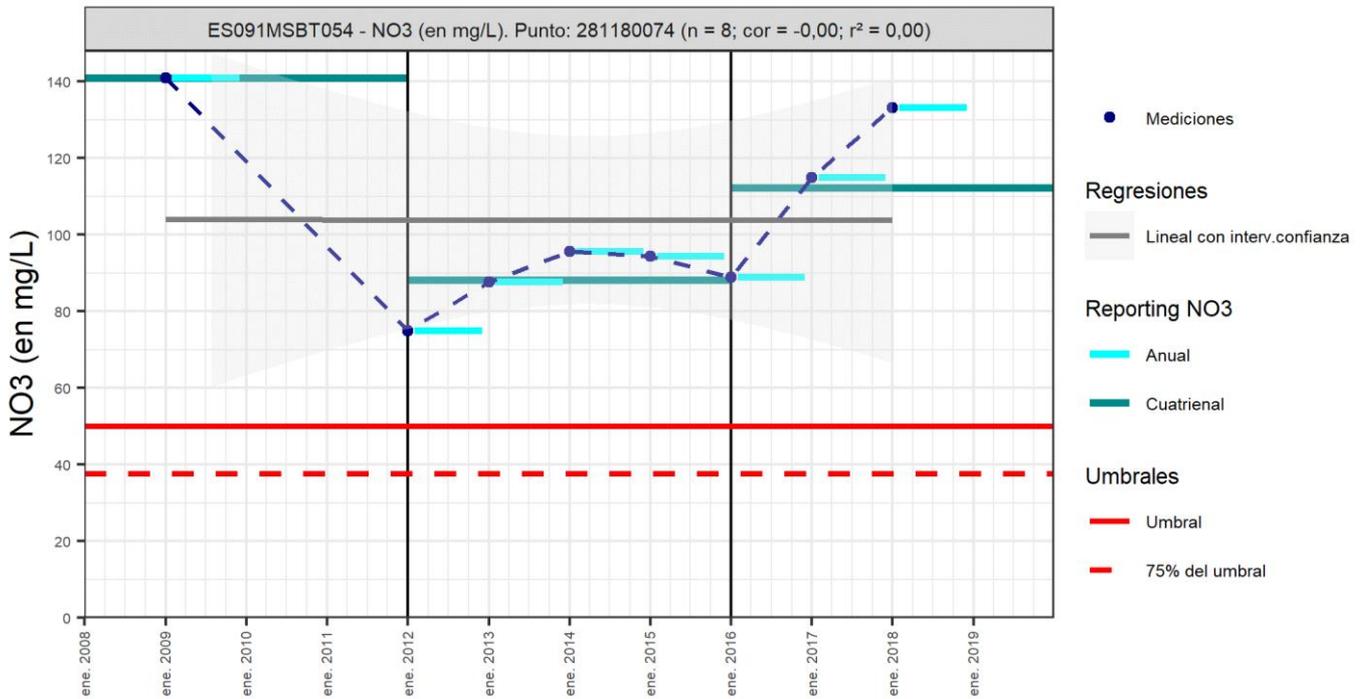


Código Punto 281180044



Código Punto 281180073





Análisis de tendencias

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 3 puntos seleccionados de la red control de nitratos, mediante el método de regresión 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 2009 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 una disminución de la concentración de nitratos en el punto IPA-281180044, y de aumento en los puntos IPA-281130021 e IPA-281180073, pero tan solo se identifica como significativa la tendencia creciente del punto IPA-281130021 ya que el grado de significancia (GS) obtenido es mayor del 99% (tendencia clasificada como muy buena). En el resto de puntos de la red de control de nitratos analizados el grado de significancia queda por debajo del 90% (tendencia dudosa).

A partir de la pendiente de Sen se calcula para el único punto con tendencia significativa (IPA-281130021) un incremento de 1,2 mg/l al año para una serie de 2009 a 2019. Corresponde con un pozo de 25 m situado sobre uno de los glaciares más noroccidentales de la masa de agua, al norte de Ayerbe. Si bien, en toda la serie de medidas de este punto no se supera la norma de calidad de 50 mg/L, este progresivo incremento desde 2009 hace que las medidas de los últimos años se sitúen cercanos a este límite (>45 mg/L).

Respecto al análisis por cuatrienios realizado en 5 de los 9 puntos que configuran la red de control de nitratos en esta masa de agua, la mayor parte muestran un aumento de la concentración de nitrato en el último cuatrienio (2016-2019) con respecto al cuatrienio anterior (2012-2015). Estos incrementos varían entre 3 y 5 mg/L, salvo en el punto IPA-281180074, donde el incremento es de 24 mg/L, alcanzándose un promedio en el último cuatrienio de 112,3 mg/L. El único descenso corresponde al punto IPA-281180044, sondeo localizado junto a uno de los arroyos del río Sotón, en el que la concentración de nitrato baja 3,5 m/L, situando su promedio por debajo de 20 mg/L.

Resultados del análisis de tendencias								Nitrato (NO ₃ ⁻)			
Código Punto	Unidad	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	N test	Valor Mín.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC./ V.Umbral
281130021	mg/L	Histórica	2009	2019	Anual	10	10	35,90	46,50		37,50
281130025	mg/L	Histórica	2015	2019	Anual	5	0	82,10	99,00		37,50
281180044	mg/L	Histórica	2008	2019	Anual	12	11	16,80	69,20	22,70	37,50
281180073	mg/L	Histórica	2009	2019	Anual	11	11	76,40	118,00		37,50
281180074	mg/L	Histórica	2009	2018	Anual	8	0	74,90	141,00		37,50

Resultados del análisis de tendencias							
Código Punto	Método estadístico						
	Regresión Lineal Simple				Test de Mann-Kendall		
	R2	Tendencia	NCF Cualitativa	Tend.	p-value	GS (%)	NCF Cuantitativa
281130021	0,69100	Ascendente	ALTO	Ascendente	1,00E-02	99,30	ALTO
281130025							
281180044	0,00300	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	1,00E+00	0,00	MEDIO
281180073	0,12000	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	1,20E-01	88,10	MEDIO
281180074							

Resultado análisis de tendencias Informe Cuatrienal: Nitratos (NO ₃ ⁼) en mg/L													
Código Punto	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	Valor Min.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC (mg/L)	3º	4º	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
										Cuatrenio (2012-2015)	Cuatrenio (2016-2019)		
281130021	Histórica	2009	2019	Cuatrenial	3	36,00	43,90		37,50	39,10	43,90	4,80	Ascendente
281130025	Histórica	2015	2019	Cuatrenial	2	86,20	90,80		37,50	86,20	90,80	4,60	Ascendente
281180044	Histórica	2008	2019	Cuatrenial	3	19,70	23,20	22,70	37,50	23,20	19,70	-3,50	Descendente
281180073	Histórica	2009	2019	Cuatrenial	3	84,20	97,90		37,50	94,90	97,90	3,00	Ascendente
281180074	Histórica	2009	2018	Cuatrenial	3	88,20	141,00		37,50	88,20	112,30	24,10	Ascendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua de Saso de Bolea-Ayerbe se localiza en el sector central de la cuenca hidrográfica del Ebro, a caballo entre la sierra de Guara al norte y la Depresión de Ebro al sur. La mayor parte de su superficie se encuentra dentro de la cuenca del río Gállego, tributario por la margen izquierda del Ebro. Administrativamente pertenece en su totalidad a la Comunidad Autónoma de Aragón, a la comarca oscense de la Hoya de Huesca.

Se identifica con los materiales cuaternarios localizados al sur de la Sierra de Loarre depositados sobre materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro. Las principales formaciones cuaternarias definidas dentro de esta masa de agua corresponden a los depósitos de glacia-terrazas también denominados "sasos", que cubren el 52% de su superficie. Se componen de conglomerados y arenas con espesores medios de entre 5-10 m, alcanzando en algunas zonas los 30 m. Las otras formaciones cuaternarias relevantes dentro de esta masa de agua corresponden a los depósitos aluviales y fluviales actuales, junto con las terrazas bajas compuestas por gravas, arenas y limos. El basamento terciario se compone de lutitas del Mioceno que aflora en las laderas, a los pies de depósitos de glacia y entre los aluviales de los principales ríos. En el extremo norte de la masa de agua también se incluyen algunas formaciones de las sierras exteriores pirenaicas en las estribaciones de la sierra de Loarre, que incluyen conglomerados del Oligoceno-Mioceno y calizas del Cretácico superior. Las características geológicas, estructurales y edafológicas, le confieren un grado de vulnerabilidad a la contaminación según el método DRASTIC reducido (Min= grado 1; Max = grado 10) de bajo a moderado (grado 1 - 6) al 55,4 % de la superficie de la masa de agua.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la mayor parte de los límites de esta masa de agua vienen marcados por la extensión de los depósitos cuaternarios sobre las formaciones terciarias de baja permeabilidad. Al norte los afloramientos mesozoicos, paleocenos y eocenos de la sierra de Loarre, marcan el límite con la masa de agua de Santo Domingo Guara (ES091MSBT033) mientras que el límite Este, se define por la divisoria hidrográfica de los ríos Sotón e Isuela, donde los depósitos de glacia continúan en la masa de agua vecina de la Hoya de Huesca (ES091MSBT055).

Los materiales cuaternarios que componen los depósitos de glacia-terrazas constituyen el principal acuífero de esta masa de agua (FGP Glacia-terrazas), seguido por los depósitos aluviales (FGP Aluviales) de los principales ríos. Los depósitos de glacia se encuentran articulados en varios afloramientos con geometrías tabulares y compartimentados por la erosión de la red fluvial. Constituyen acuíferos monocapa, libres y colgados, desconectados hídricamente del acuífero aluvial. Los ensayos de bombeo realizados sobre estas formaciones acuíferas arrojan valores de transmisividad de 16-113 m²/día. Los aluviales forman un acuífero libre de permeabilidad alta por porosidad intersticial con conexión directa con los ríos. El basamento de estas formaciones corresponde a materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro de baja permeabilidad (lutitas) que conforman el sustrato impermeable de los acuíferos.

La recarga de esta masa de agua se produce en toda la superficie permeable a partir de la infiltración de las precipitaciones y de los retornos de riego, así como también por pérdidas en el río Isuela. Las descargas se producen fundamentalmente hacia los ríos Sotón y Riel. Los glacia suelen formar acuíferos o sistemas de acuíferos hipodérmicos y colgados que drenan a través de manantiales de poca importancia, situados generalmente en barrancos, que suelen alimentar a su vez otros acuíferos, como los aluviales, situados topográficamente más bajos.

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 volumen de extracción de 1,79 hm³/año frente a un recurso disponible de 8,24 hm³/año, lo que permite obtener un índice de explotación de 0,22. Solo dispone de un punto de control piezométrico (IPA-281180066), situado sobre depósitos de glacia, en la localidad de Plasencia del Monte. Este piezómetro presenta medidas mensuales desde julio de 2010 en el que se observan varios ciclos anuales de agotamiento y recuperación, con un rango de variación de 2,96 m.

La red de control del estado químico de las aguas subterráneas dispone dentro de esta masa de agua de 10 puntos de control, la mayor parte de ellos correspondientes a manantiales y sondeos asociados a los glacia cuaternarios. Muestran unas aguas subterráneas dulces de mineralización entre media y débil, donde la conductividad eléctrica varía entre 550 y 1000 µS/cm con un promedio para el percentil 50 (P50) de 680 mg/L. La facies hidroquímica dominante es la de bicarbonatada cálcica, aunque también de forma puntual pueden presentarse otras facies hidroquímicas como la sulfatada cálcica que muestra el punto IPA-281180044. En este punto las aguas son más mineralizadas con una conductividad eléctrica más elevadas de entre 1900 y 2700 µS/cm. El diagrama de columnas de este punto muestra un descenso del contenido en sulfatos de las aguas con respecto a la Línea Base 2008-2007, sin que se identifiquen diferencias significativas en la evolución química del resto de puntos analizados. La concentración en mg/l del CaCO₃, calculadas a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg de todos los puntos analizados varía entre 231 y 1555 mg/l, lo que indica que se trata de aguas de naturaleza muy dura.

Esta masa de agua se encuentra en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales por contaminación difusa. Dentro de esta masa de agua se identifica como presión difusa significativa la agricultura (2.2) y la carga ganadera (2.10), con un impacto comprobado de contaminación por nutrientes (NUTR). El contaminante de riesgo asociado a esta contaminación corresponde al nitrato con concentraciones que varían en un rango de 4,8 mg/L a 141 mg/L con un promedio para todos los puntos de 65,9 mg/L (2008-2019). De los 10 puntos que configuran las redes de control del estado químico de las aguas subterráneas en esta masa de agua, 6 superan la norma de calidad (IPA-281120002, IPA-281130025, IPA-281170025,

IPA-281180067, IPA-281180073 e IPA-281180074) y otro punto, el IPA-281130021, en sus últimas medidas se encuentra cercano al límite. Los valores más bajos de este contaminante, (<6 mg/L) los presenta el punto de control más septentrional de todos ellos (IPA-281130028) que corresponde con un manantial localizado en los conglomerados y areniscas miocenas, a los pies de la sierra de Loarre. A grandes rasgos se puede identificar un incremento del contenido en nitrato que va de norte a sur y de oeste a este, de este modo los puntos situados al noroeste muestran valores por debajo de 10 mg/l (IPA-281130028) frente a los más de 100 mg/l que muestran situados en el tramo medio y sureste de la masa de agua (IPA-281180073 y IPA-281180074).

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 3 puntos seleccionados de la red control 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 2009 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 una disminución de la concentración de nitratos en el punto IPA-281180044, y de aumento en los puntos IPA-281130021 e IPA-281180073, pero tan solo se identifica como significativa la tendencia creciente del punto IPA-281130021 ya que su grado de significancia (GS) es mayor del 99% (tendencia clasificada como muy buena). En el resto de puntos analizados el $GS < 90\%$ (tendencia dudosa). A partir de la pendiente de Sen se calcula para el único punto con tendencia significativa (IPA-281130021) un incremento de 1,2 mg/l al año para una serie de 2009 a 2019.

Respecto al análisis por cuatrienios realizado en 5 de los 9 puntos que configuran la red de control de nitratos, la mayor parte muestran un aumento de la concentración de nitrato en el último cuatrienio (2016-2019) con respecto al cuatrienio anterior (2012-2015). Estos incrementos varían entre 3 y 5 mg/L, salvo en el punto IPA-281180074, donde el incremento es de 24 mg/L, alcanzando un promedio en el último cuatrienio de 112,3 mg/L. El único descenso corresponde al punto IPA-281180044, sondeo localizado junto a uno de los arroyos de la cuenca del Sotón, en el que la concentración de nitrato baja 3,5 mg/L, situando su promedio por debajo de 20 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 HIDROGEOLOGICOS
	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 checked="" type="checkbox"/>
	S61 Diseño y realización de campañas campo en EDAS <input checked="" type="checkbox"/>

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

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 (NO_3) 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 contaminante 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 difusa que afecta a buena parte de su extensión encontrándose los niveles más elevados de nitratos en las formaciones cuaternarias del extremo sur. 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.

Relación río acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS se proponen trabajos de caracterización y estimación de las necesidades ambientales de los EDAS identificados dentro de esta masa de agua, entre los que cabe citar los ETDAS de prados húmedos mediterráneos o los prados sobre sustratos calcáreos localizados en la ZEPA de la Sierras de Santo Domingo y Caballera y Río Onsella y de La Sotonera.

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 al sur de la masa de agua, en especial de control del aluvial del río Sotón.

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. Es aconsejable considerar las MSBT vecinas para su posible integración, en este caso, los depósitos aluvio-coluviales de la masa de agua de la Hoya de Huesca.

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. Es aconsejable considerar las MSBT vecinas para su posible integración, en este caso, los depósitos aluvio-coluviales de la masa de agua de la Hoya de Huesca.

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 (cálculo de necesidades ambientales en EDAS, 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.
- 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.
- 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 (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 (2009). Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja 247 Ayerbe.
- IGME, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias masas detríticas y mixtas. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Madrid
- IGME, DGA (2019). Fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de la demarcación hidrográfica del Ebro para su implementación en el modelo simpa. En: Encomienda de gestión para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre demarcaciones hidrográficas.
- MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número229, Gobierno de España.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT054 - SASO DE BOLEA-AYERBE

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT054 - SASO DE BOLEA-AYERBE

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	281120002						
Valor							
Máx.	17,6	8	765	9,00	<LQ	<LQ	230,0
Mín.	14,1	7	624	4,50	<LQ	<LQ	229,0
P50	14,3	7	647	7,40	<LQ	<LQ	229,5
N reg.	5	2	7	7	3		2
Código Punto	281130021						
Valor							
Máx.	17,9	8	707	10,00	<LQ	<LQ	248,0
Mín.	13,1	6	598	5,30	<LQ	<LQ	225,0
P50	14,4	7	652	7,90	<LQ	<LQ	243,0
N reg.	12	10	15	16	10		3
Código Punto	281130025						
Valor							
Máx.	16,3	7	877	9,00	<LQ	<LQ	237,0
Mín.	12,8	7	600	6,40	<LQ	<LQ	236,0
P50	15,4	7	655	7,60	<LQ	<LQ	236,0
N reg.	5	4	8	8	4		3
Código Punto	281130028						
Valor							
Máx.	18,0	8	625	10,20	<LQ	<LQ	239,0
Mín.	13,0	7	545	9,30	<LQ	<LQ	239,0
P50	15,5	7	623	9,50	<LQ	<LQ	239,0
N reg.	2	3	3	3	2		1
Código Punto	281170025						
Valor							
Máx.	18,8	<LQ	825	8,20	<LQ	<LQ	237,0
Mín.	15,6	<LQ	728	6,40	<LQ	<LQ	237,0
P50	16,0	<LQ	746	7,05	<LQ	<LQ	237,0
N reg.	4		4	4	1		1
Código Punto	281180044						
Valor							
Máx.	16,8	7	2.745	8,60	<LQ	<LQ	260,0
Mín.	11,8	7	1.890	5,10	<LQ	<LQ	254,0
P50	14,8	7	2.354	7,35	<LQ	<LQ	256,0
N reg.	12	11	16	16	9		5
Código Punto	281180067						
Valor							
Máx.	16,3	<LQ	764	5,90	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	14,5	<LQ	723	4,50	<LQ	<LQ	<LQ
P50	15,9	<LQ	725	5,80	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3		3	3	1		
Código Punto	281180073						
Valor							
Máx.	17,8	8	970	8,80	0,6	<LQ	239,0
Mín.	13,3	7	639	3,20	<LQ	<LQ	186,0
P50	15,1	7	725	5,70	0,2	<LQ	207,5
N reg.	34	26	37	42	5		38
Código Punto	281180074						
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.	19,4	8	752	13,30	1,0	<LQ	236,0
Mín.	13,8	7	603	3,10	<LQ	<LQ	204,0
P50	14,9	7	690	7,90	<LQ	<LQ	212,0
N reg.	9	10	12	13	6		3
Código Punto	291150016						
Valor							
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.							

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	281120002								
Valor									
Máx.	312,3	<LQ	18,40	45,8	92,7	0,02	0,16	12,2	0,5
Mín.	253,0	<LQ	14,00	33,9	84,0	<LQ	<LQ	10,8	<LQ
P50	291,6	<LQ	15,30	36,0	86,6	<LQ	<LQ	11,5	<LQ
N reg.	3	3	5	5	7	5	5	5	5
Código Punto	281130021								
Valor									
Máx.	306,2	<LQ	14,30	106,0	49,7	0,00	<LQ	12,2	2,0
Mín.	245,0	<LQ	11,20	64,7	35,9	<LQ	<LQ	9,8	1,1
P50	296,5	<LQ	12,30	80,4	39,2	<LQ	<LQ	10,7	1,2
N reg.	13	13	15	15	17	15	13	15	15
Código Punto	281130025								
Valor									
Máx.	297,7	<LQ	15,00	37,1	117,0	<LQ	0,20	13,2	0,5
Mín.	261,0	<LQ	12,50	30,9	77,0	<LQ	<LQ	9,9	<LQ
P50	291,6	<LQ	13,70	34,0	85,7	<LQ	<LQ	10,7	0,3
N reg.	4	4	7	7	9	7	7	7	7
Código Punto	281130028								
Valor									
Máx.	295,2	<LQ	8,09	78,1	5,9	0,01	<LQ	5,2	1,3
Mín.	283,1	<LQ	7,70	70,2	4,8	<LQ	<LQ	4,5	1,1
P50	289,2	<LQ	7,92	73,4	5,6	0,00	<LQ	4,5	1,2
N reg.	2	2	3	3	3	2	2	3	3
Código Punto	281170025								
Valor									
Máx.	260,0	<LQ	36,00	92,0	102,0	<LQ	<LQ	24,6	2,5
Mín.	260,0	<LQ	28,10	75,7	85,3	<LQ	<LQ	19,9	1,9
P50	260,0	<LQ	32,05	83,8	87,8	<LQ	<LQ	22,3	2,2
N reg.	1	1	2	2	4	2	2	2	2
Código Punto	281180044								
Valor									
Máx.	314,8	<LQ	347,00	1.285,0	30,2	0,00	0,22	243,0	3,8
Mín.	253,0	<LQ	168,00	658,0	16,4	<LQ	<LQ	162,0	2,9
P50	305,9	<LQ	197,00	954,5	20,0	<LQ	<LQ	191,5	3,3
N reg.	12	12	16	16	18	15	14	16	16
Código Punto	281180067								
Valor									
Máx.	286,0	<LQ	33,00	68,0	103,8	<LQ	<LQ	16,7	1,1
Mín.	286,0	<LQ	33,00	68,0	64,0	<LQ	<LQ	16,7	1,1
P50	286,0	<LQ	33,00	68,0	87,7	<LQ	<LQ	16,7	1,1
N reg.	1	1	1	1	3	1	1	1	1

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	281180073								
Valor									
Máx.	280,6	<LQ	48,20	117,0	161,0	0,55	0,25	30,3	2,3
Mín.	237,9	<LQ	25,40	82,6	55,2	<LQ	<LQ	18,4	<LQ
P50	253,1	<LQ	31,25	93,0	90,6	<LQ	<LQ	22,6	1,1
N reg.	5	1	42	42	42	42	38	42	42

Código Punto	281180074								
Valor									
Máx.	287,9	<LQ	26,40	108,0	141,0	1,02	0,33	39,9	5,8
Mín.	201,0	<LQ	18,50	52,1	44,7	<LQ	<LQ	6,8	0,5
P50	249,5	<LQ	21,10	57,5	94,7	<LQ	<LQ	12,9	1,2
N reg.	10	10	12	12	13	12	11	12	12

Código Punto	291150016								
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.									

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	281120002								
Valor									
Máx.	139,0	12,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	116,0	9,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	122,0	10,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	5	5				5			

Código Punto	281130021								
Valor									
Máx.	117,0	22,7	0,3930	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	104,0	17,9	0,1350	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	110,0	19,1	0,1900	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	15	15	7	7	7	15	6	7	7

Código Punto	281130025								
Valor									
Máx.	132,0	10,7	<LQ						
Mín.	120,0	8,4	<LQ						
P50	128,0	10,3	<LQ						
N reg.	7	7				7			

Código Punto	281130028								
Valor									
Máx.	102,0	20,2	<LQ						
Mín.	98,3	19,0	<LQ						
P50	98,8	19,8	<LQ						
N reg.	3	3				3			

Código Punto	281170025								
Valor									
Máx.	140,0	12,6	<LQ	<LQ	<LQ	0,10	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	135,0	9,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	137,5	11,1	<LQ	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2				2			

Código Punto	281180044								
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	281180044								
Valor									
Máx.	393,0	139,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	253,0	85,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	300,0	100,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	16	16				15			
Código Punto	281180067								
Valor									
Máx.	124,0	23,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	124,0	23,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	124,0	23,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	1	1				1			
Código Punto	281180073								
Valor									
Máx.	119,0	28,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	96,3	19,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	109,0	25,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	42	42				42			
Código Punto	281180074								
Valor									
Máx.	134,0	24,9	<LQ	<LQ	<LQ	1,16	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	70,1	13,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	116,0	14,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	12	12				12			
Código Punto	291150016								
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.									

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