

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT053 - ARBAS

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 ES091MSBT053 Nombre MSBT ARBAS

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua de Arbas se localiza en el sector central de la cuenca hidrográfica del Ebro, dentro del Dominio de la Depresión del Ebro. Toda su superficie pertenece a la cuenca del Arba, tributario por la margen izquierda del Ebro en su tramo medio, repartida entre los ríos Arba de Riguel, Arba de Luesia y Arba de Biel.

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Aragón, a la comarca zaragozana de las Cinco Villas, salvo una pequeña zona al oeste de la masa de agua, que se localiza en la Comunidad Autónoma de Navarra. La localidad más importante, con una población censada de más de 14.000 habitantes, corresponde a Ejea de los Caballeros ubicada en el extremo oriental de la masa de agua.

Se trata de una zona fundamentalmente agrícola donde domina el regadío de extensivos abastecidos por el Canal de Bardenas cuya toma se localiza en la cuenca vecina del río Aragón.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Aragón	Zaragoza	50095	Ejea de los Caballeros	43,84	68,62
Aragón	Zaragoza	50051	Biota	48,95	16,18
Aragón	Zaragoza	50230	Sádaba	28,56	9,49
Aragón	Zaragoza	50267	Uncastillo	3,98	2,36
Aragón	Zaragoza	50100	Erla	41,16	2,00
Aragón	Zaragoza	50135	Layana	72,31	0,68
Aragón	Zaragoza	50151	Luna	0,51	0,40
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	53078	Bardenas Reales	0,25	0,27

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	646.567	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.671.205
Longitud (CENTROIDE)	-1,22533	Latitud (CENTROIDE)			42,17929
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			347
Altitud mínima (m s.n.m.)	277	Altitud máxima (m s.n.m.)			623
Área total de la MSBT (km²)	390				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

8.437

Año

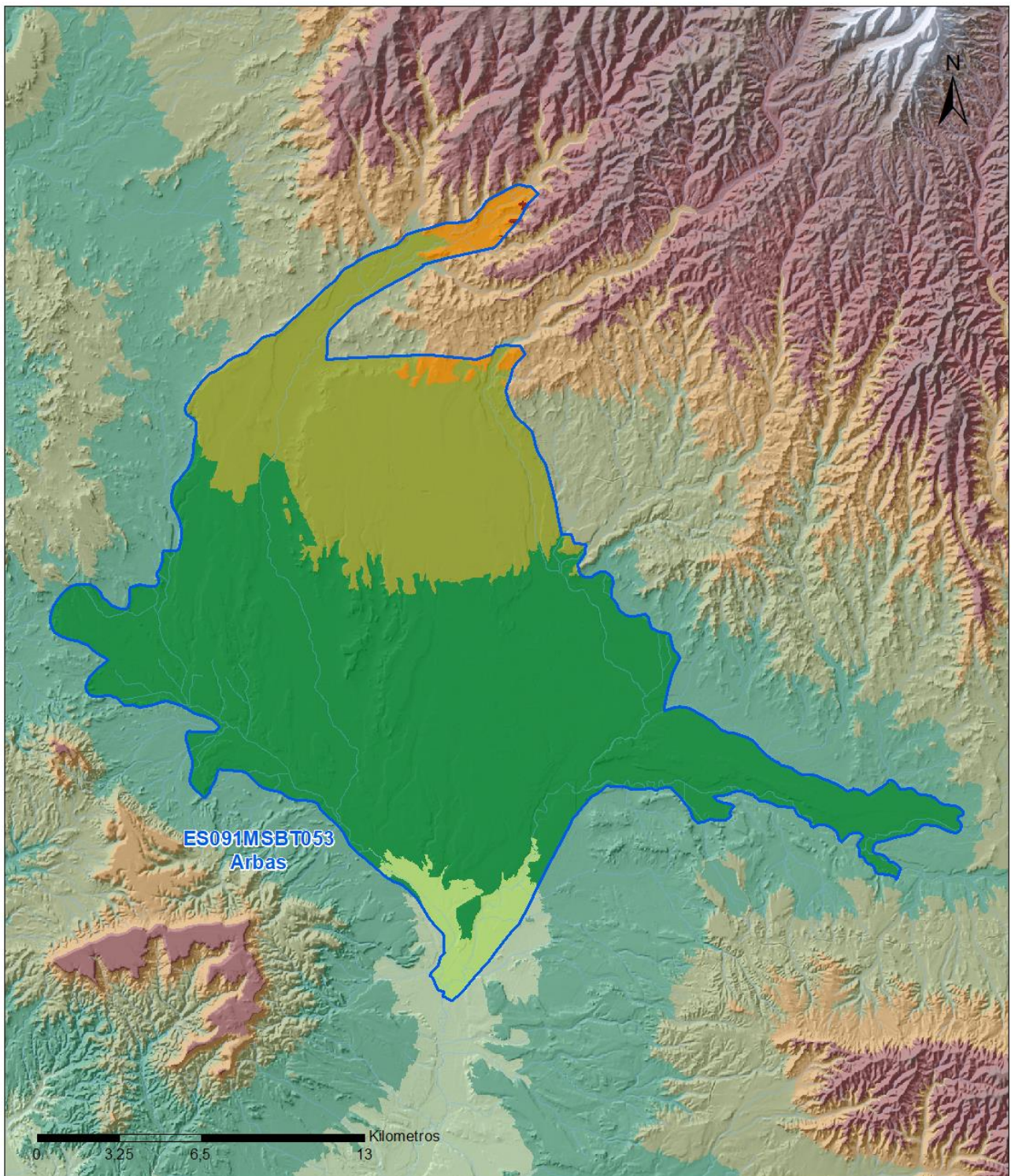
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



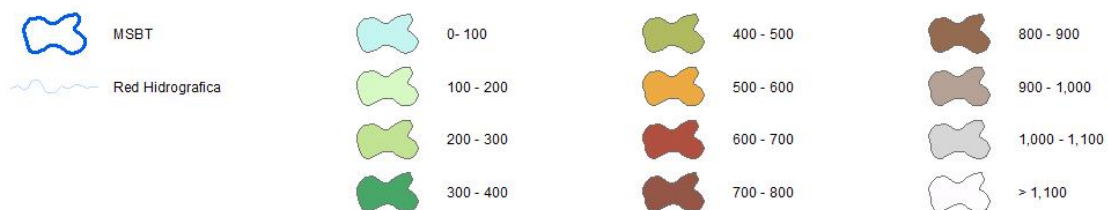
Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

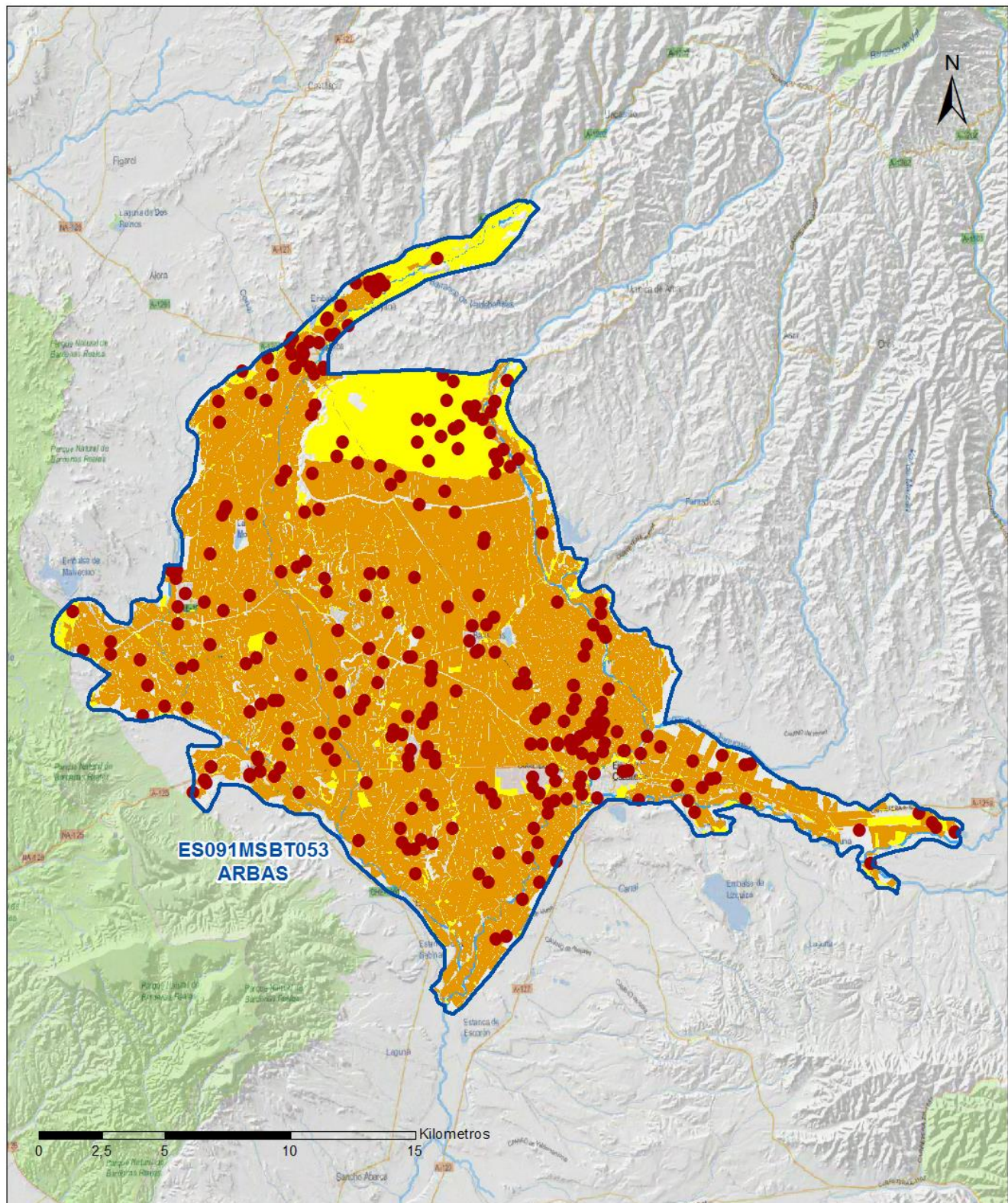


2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	☐
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	☐
Fuentes puntuales	1.6	Vertederos	☐
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	☐
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	☒
Fuentes difusas	2.2	Agricultura	☒
Fuentes difusas	2.4	Transporte	☐
Fuentes difusas	2.8	Minería	☐
Extracción / Desvío de agua	3.1	Agricultura	☐
Extracción / Desvío de agua	3.2	Abastecimiento	☐
Extracción / Desvío de agua	3.3	Industria	☐

Fuentes difusas



LEYENDA

Red hidrográfica
 MSBT:
 ES091MSBT053
 ARBAS

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
QUAL	Disminución de la calidad de las aguas continentales asociadas a las subterráneas por cambios químicos o cuantitativos en estas últimas	Comprobado
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

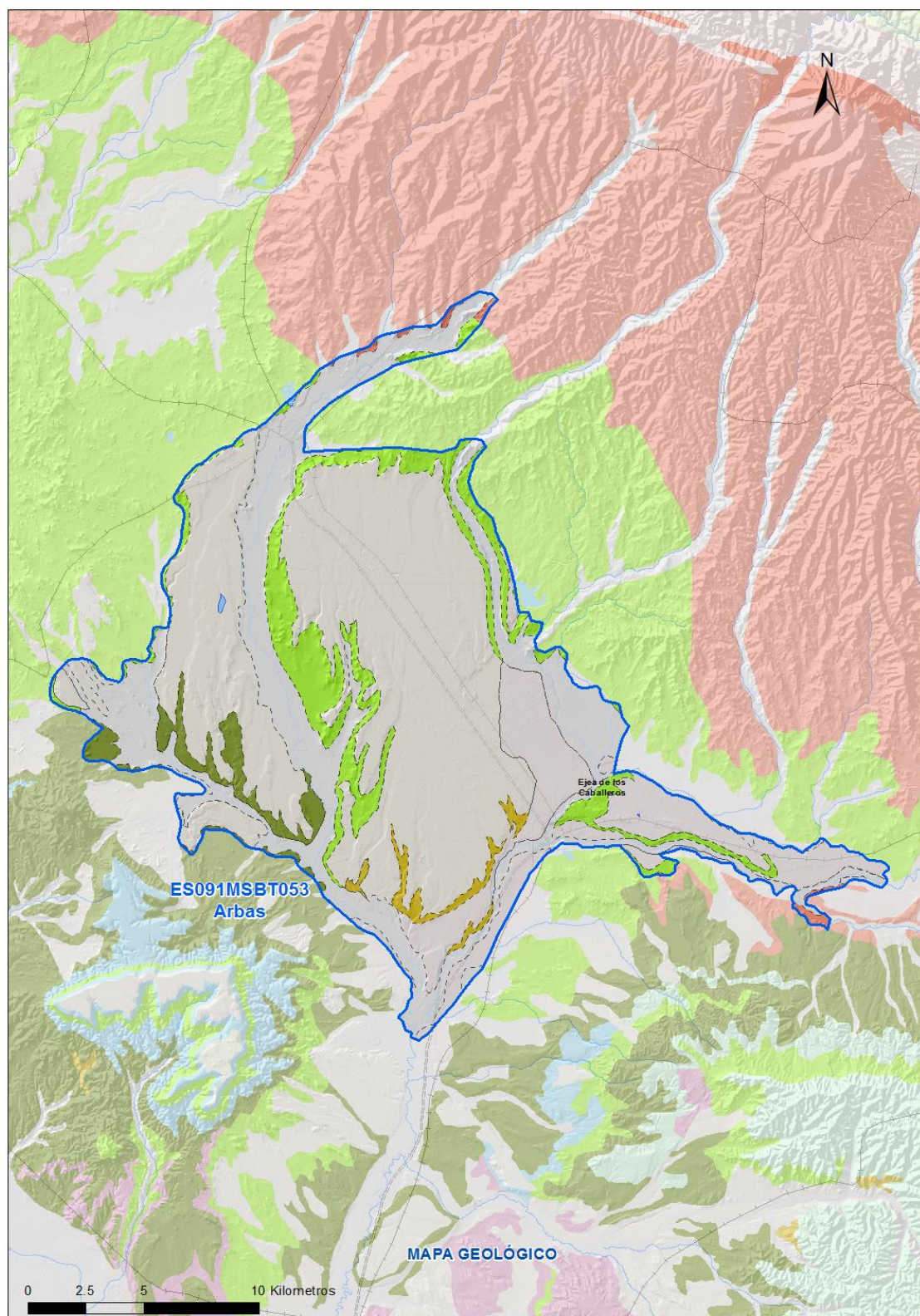
NO ₃ ⁻	Nitrato	Masas Afectadas por nitratos (> 50 mg/l en valores medios o máximos en los últimos 4 años en más del 20% masa)
------------------------------	---------	--

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Ebro

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
- Masas de agua
- Límite político
- Falla conocida
- Falla supuesta
- Cabalgamiento conocido
- Cabalgamiento supuesto

LITOLOGÍAS

Código	Descripción Litología
5000	Masa de agua superficial
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
704	Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacia, piedemonte y superficies)
374	Lutitas con intercalaciones de areniscas
368	Lutitas, con intercalaciones de areniscas
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
361	Lutitas con intercalaciones de areniscas

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	92,53	Detrítica	23,75
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	51,05	Detrítica	13,10
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	184,83	Detrítica	47,44
Lutitas con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno-Plioceno	11,77	Detrítica	3,02
Lutitas, con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno	41,91	Detrítica	10,76
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Neógeno	Mioceno	2,04	Detrítica	0,52
Lutitas con intercalaciones de areniscas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Plioceno	5,24	Detrítica	1,35

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Lutitas con intercalaciones de areniscas	Neógeno	Mioceno	2700
Gravas, arenas, arcillas y limos (depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-30



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Esta masa de agua engloba una amplia extensión de depósitos cuaternarios situados al sur de la Sierra de Santo Domingo, que se depositan sobre formaciones detríticas del Mioceno, del relleno de la Depresión del Ebro. Las principales formaciones cuaternarias corresponden a los depósitos de glaciares denominados localmente “sasos” formados por la denudación de los resaltes Oligocenos que afloran al norte de la masa de agua, y los depósitos aluviales y terrazas asociados a los principales ríos.

- Los glaciares (Pleistoceno-Holoceno) están constituidos por cantos de calizas y cuarcitas en matriz arcillosa, con tramos de arcillas y limos e intercalación de gravas que pueden presentarse cementadas por carbonatos formando costras duras denominadas “mallacán”. Se pueden diferenciar dos glaciares de gran extensión independizados por los aluviales del río Arba de Riguel: el saso de Miralbueno al oeste de 120 km² y el saso de Miraflores de 50 km² al este. Estos depósitos presentan geometrías tabulares de pendiente suave (1-4°) y dirección sur, desconectadas de los aluviales por los afloramientos terciarios de lutitas y areniscas. Su potencia depende de la geomorfología del sustrato terciario con un decrecimiento de norte a sur, y espesores que pueden llegar a alcanzar de 20-30 m al norte y hasta 2 m al sur en el Saso de Miralbueno y menores potencias en el saso de Miraflores.
- Los depósitos aluviales (Pleistoceno-Holoceno) se componen de gravas, arenas, limos y arcillas, con importantes cambios laterales de facies. Engloba el cauce actual, la llanura de inundación y terrazas de los principales ríos con espesores medios de 2 a 10 m, alcanzando de forma puntual más de 20 m. Estas formaciones presentan dos tramos diferenciados, uno inferior en el que dominan las gravas y otro superior formado por arcillas, limos y arenas. Es común en las terrazas más antiguas la presencia de costras calcáreas de 1,5 a 2 m de espesor.

El basamento terciario sobre el que se sitúan las formaciones cuaternarias está constituido por lutitas con niveles de areniscas y cementación carbonatada que cambia litológicamente hacia el sur, hacia facies más características de ambientes lacustres con presencia de calizas que aflora en los bordes sureste y suroeste de la masa de agua y niveles de margas y yesos, que se hacen más abundantes al sur de Tauste. En esta zona se dan procesos de deformación y colapsos por disolución de los yesos que generan estructuras significativas locales. La potencia de estas series terciarias es muy variable, pudiendo alcanzar los 2.700 m.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	8	8
Espesor Medio Z.N.S. (m)	8	

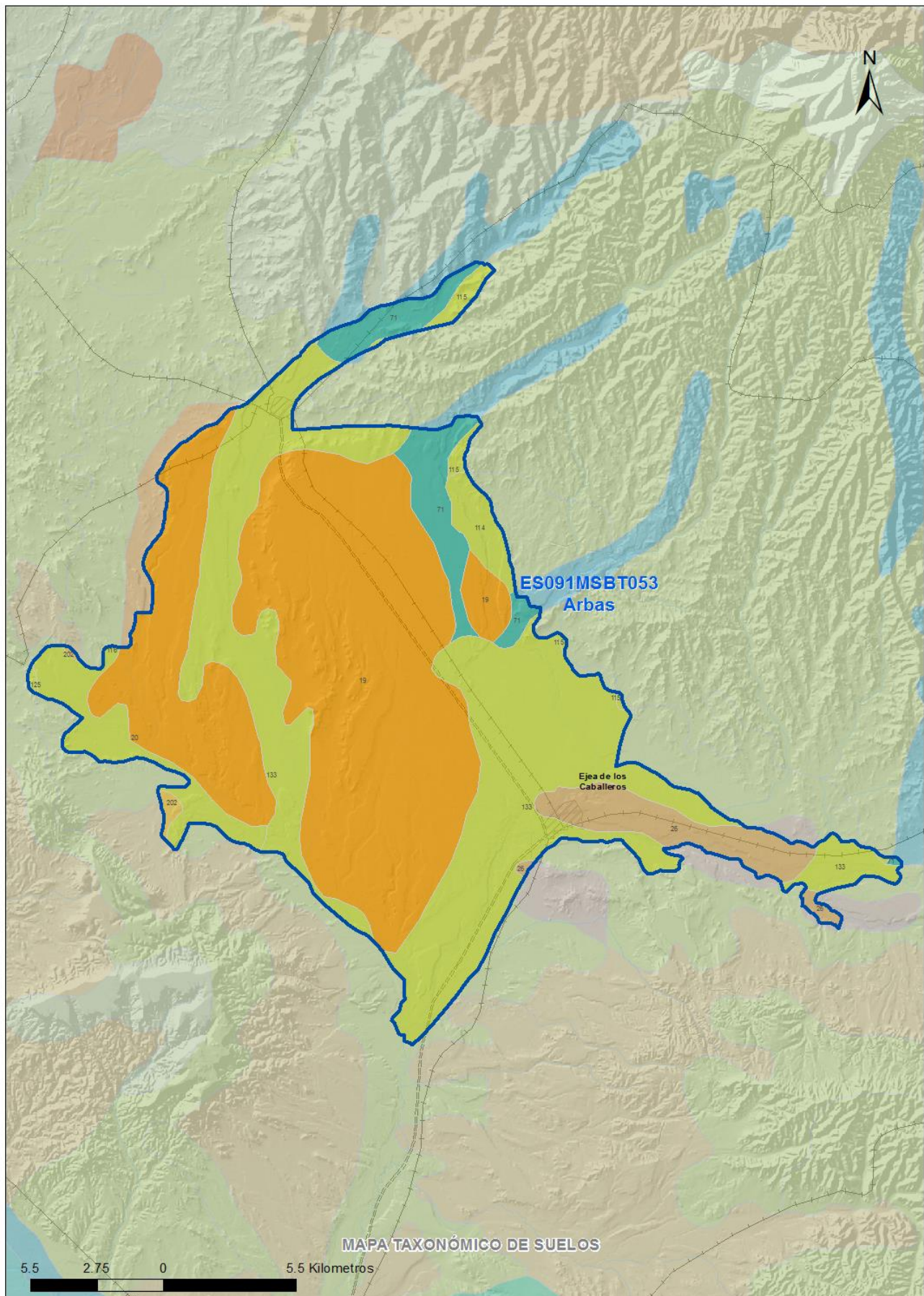
Litología Z.N.S. Gravas, arenas, arcillas y limos

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF	187	47,91
ALFISOL, XEROLF, RHODOXEROLF	19	4,84
ENTISOL, FLUVENT, XEROFLUVENT	22	5,55
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	161	41,37
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	1	0,33

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

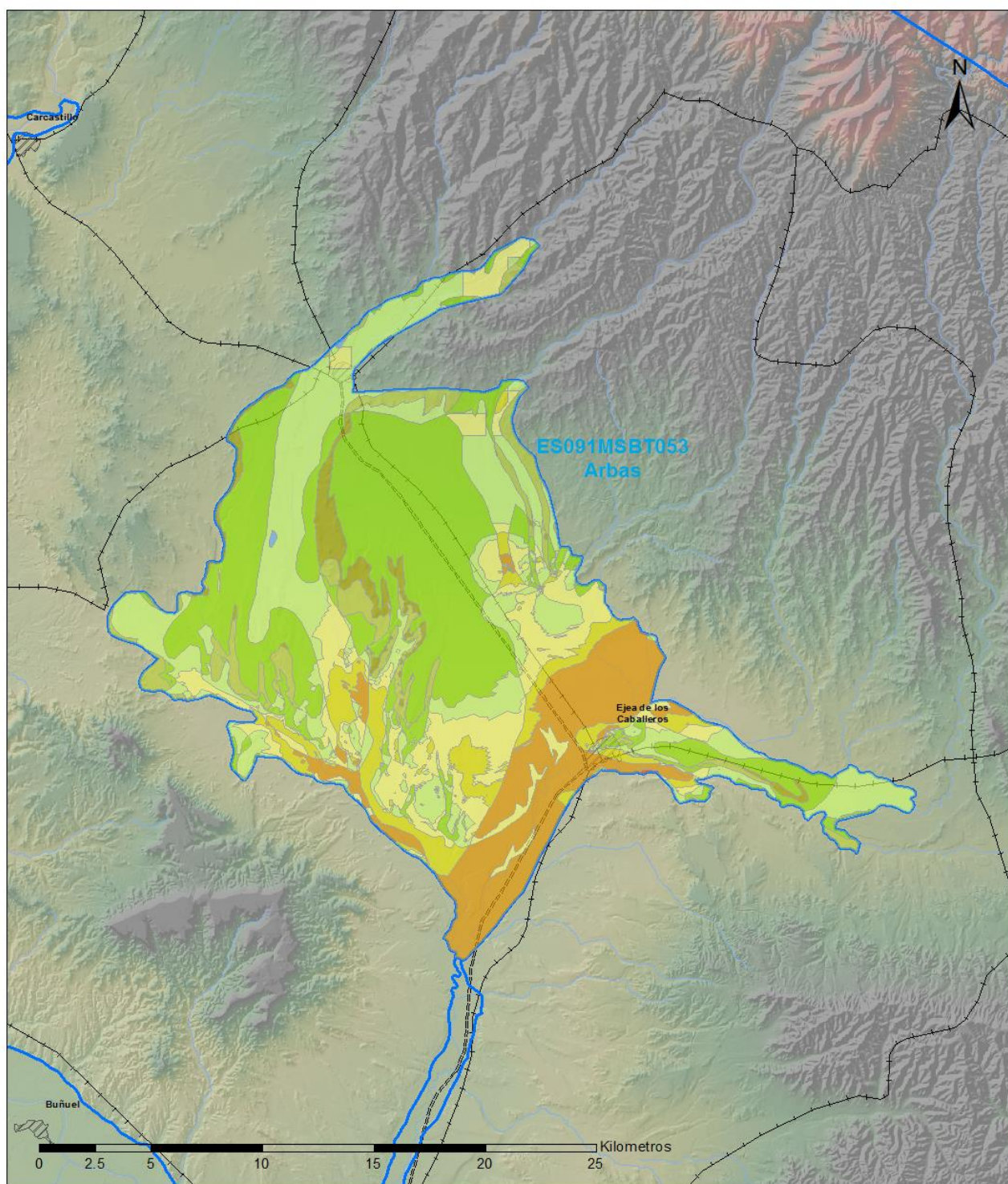
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
19	ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, RHODOXEROLF, CALCIXEREPT, NO INCLUSION1, Haploxerept
20	ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, RHODOXEROLF, CALCIXEREPT, Xerorthent, Haploxerept
26	ALFISOL, XEROLF, RHODOXEROLF, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, Calcixerept, 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
116	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplosalid, NO INCLUSION2
125	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
133	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, XEROFLUVENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
198	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, NO ASOCIA2, Xerofluvent, NO INCLUSION2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
0	Masas de agua superficial	0,07	
1 (Muy Baja)	16 - 30	2,97	
2 (Muy Baja)	30 - 44	5,91	
3 (Baja)	44 - 58	33,25	
4 (Baja)	58 - 72	24,10	
5 (Moderada)	72 - 86	12,91	
6 (Moderada)	86 - 100	7,04	
7 (Alta)	100 - 114	13,73	
8 (Alta)	114 - 128	0,02	

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

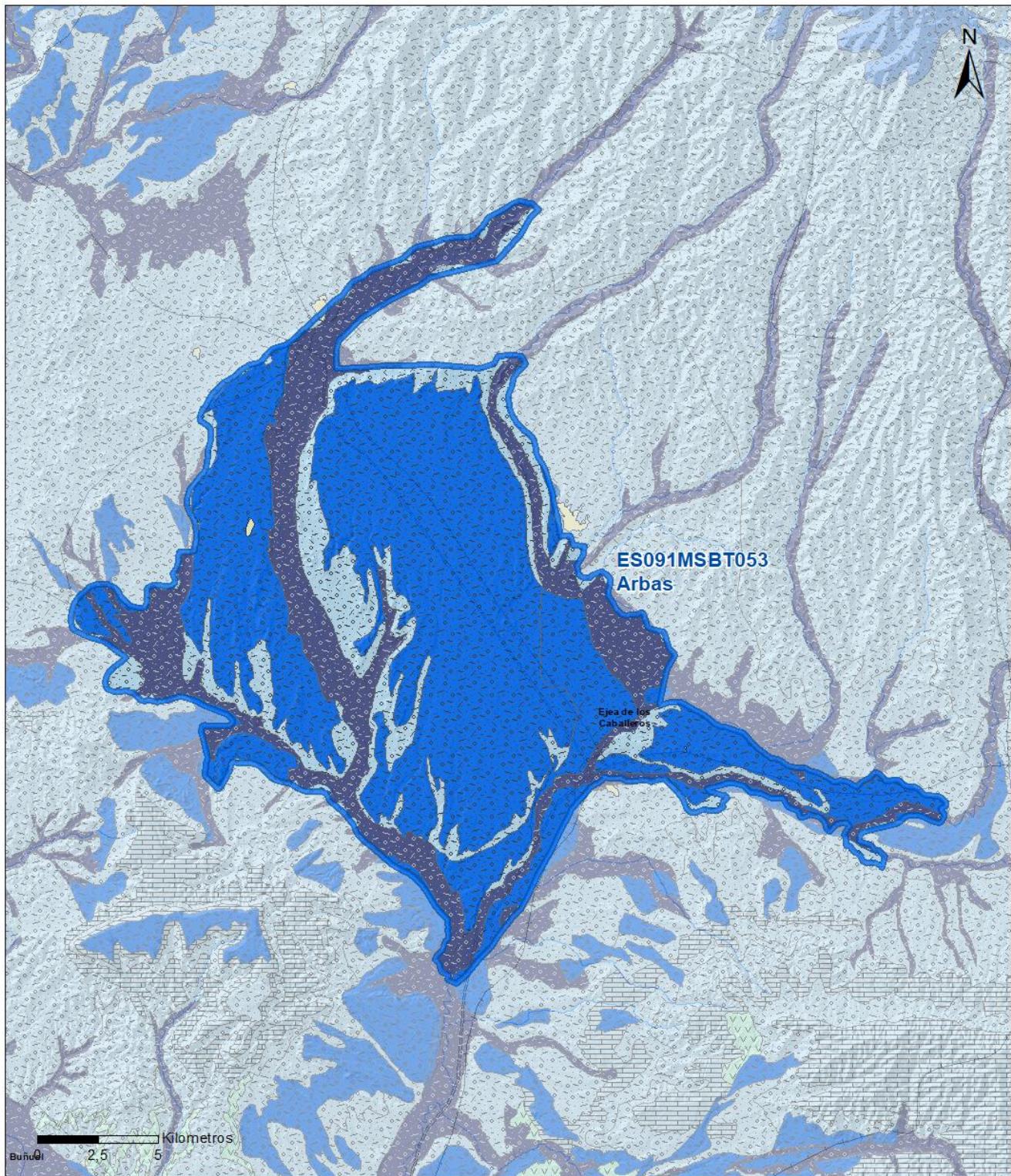
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Este	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Sur	Abierto	Salida	Permeable	ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	

Descripción límites hidrogeológicos:

Los límites de esta masa de agua se encuentran definidos por los materiales terciarios impermeables topográficamente más elevados sobre los que se sitúan en algunos sectores los depósitos de glacis y piedemonte. Al sur de la masa de agua, el aluvial del río Arba continúan en la masa de agua del Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón (ES091MSBT052) configurando un límite abierto de salida de unos 2 km de longitud.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



MSBT

PERMEABILIDAD



Masa de agua superficial



MUY ALTA, DETRÍTICAS



ALTA, DETRÍTICAS



BAJA, DETRÍTICAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Aluvial y terrazas	Gravas, arenas, limos y arcillas	Muy alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-20	144
Depósitos de glacia	Gravas, arenas, arcillas y limos	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	2-30	185

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Cuaternario aluvial	144	36,85	Libre	2-10	Intergranular	Aluvial y terrazas
Glacia	185	47,44	Libre	2-30	Intergranular	Depósitos de glacia

Descripción general:

Esta masa de agua pertenece al dominio hidrogeológico de la Depresión del Ebro, situada en su zona central. Se identifica con los depósitos cuaternarios situados en la cuenca del Arba, divididos entre los glacia y piedemontes y los aluviales. El basamento de estas formaciones cuaternarias corresponde a materiales detríticos del relleno terciario de la Depresión del Ebro de baja permeabilidad (limos, arcillas y yesos), que conforman el sustrato impermeable del acuífero.

Se definen dos formaciones geológicas permeables:

- Glacia que se articulan en varios afloramientos con geometrías tabulares constituidos por gravas con matriz arcillosa o cemento carbonatado, con espesores de 2 hasta 30 m. Constituye un acuífero libre, monocapa, de permeabilidad alta por porosidad intergranular, desconectado hídricamente del acuífero aluvial salvo el Saso de Miraflores que conecta con el aluvial del Riguel en su límite oriental.
- Los aluviales están formado por gravas, arenas y arcillas con potencias medias de 5-10 m, que constituyen un acuífero libre de alta permeabilidad conectado con los ríos con los cuales presenta un claro carácter efluente.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Aluvial y terrazas	Cuaternaria aluvial	Ensayo de bombeo	100,00	600,00		
Glacia y coluviales	Glacia	Ensayo de bombeo	50,00	843,00		

Descripción general:

Los ensayos de bombeo realizados en glacia de Miralbueno arrojan valores de transmisividad de entre 50 y 843 m²/día, mientras que en los aluviales oscilan entre 100 y 600 m²/día.

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La principal recarga de esta masa de agua corresponde a la infiltración de los retornos de riego, y en menor medida a la infiltración del agua de lluvia y de las escorrentías laterales. Por otro lado, la descarga se realiza a través de manantiales situados en los contactos con los terciarios de baja permeabilidad y por drenajes difusos al río Arba. También se produce una salida de agua hacia sur hacia la masa vecina del aluvial del Ebro: Tudela-Alagón que se encuentra en conexión con el aluvial de Arba y en menor medida, por bombeos localizados en su mayoría en el entorno de la localidad de Ejea de los Caballeros.

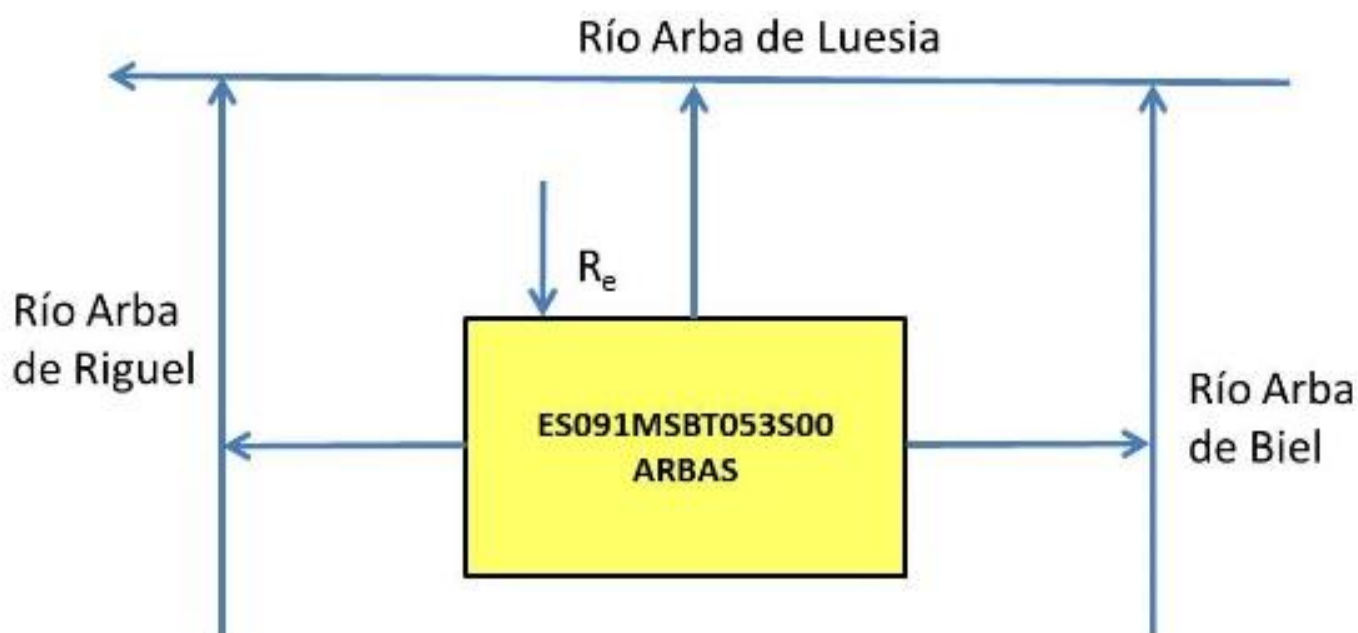
Buena parte de la superficie de estas formaciones cuaternarias se encuentra cubierto por regadíos del Canal de Bardenas, que mantiene como principal sistema de riego, el riego por inundación. Este sistema de baja eficiencia, unido a la alta permeabilidad de estas formaciones acuíferas favorece la entrada de un gran volumen de agua durante la estación de riego. De este modo la piezometría queda condicionada por los retornos de riego presentando oscilaciones cíclicas de ascensos entre Marzo y Septiembre y valores mínimos en invierno.

La dirección de flujo de los glacia presenta una clara componente de norte a sur, donde el gradiente hidráulico disminuye suavemente siguiendo esa misma dirección (Causapé 2002). En los aluviales la dirección del flujo del agua subterránea coincide a grandes rasgos con la del agua superficial, de forma convergente desde los bordes del aluvial hacia el cauce del río.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT053S00	Arbas
Esquema: ES091MSBT053S00	

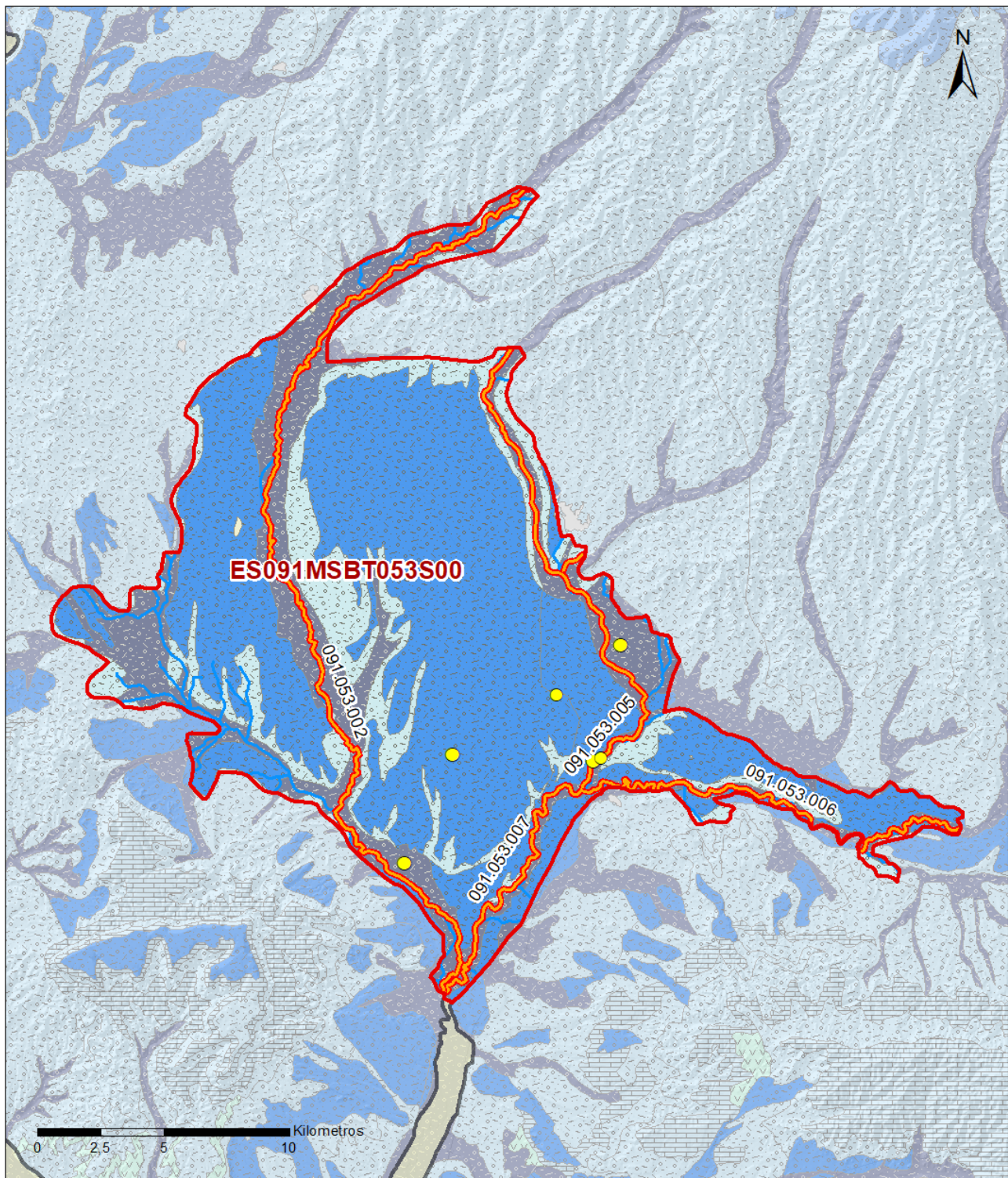


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT053S00	ES091MSPF100	Río Arba de Luesia desde el puente de la carretera hasta el río Farasdués.		091.053.004
ES091MSBT053S00	ES091MSPF101	Río Farasdués desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Arba de Luesia.		091.053.004
ES091MSBT053S00	ES091MSPF102	Río Arba de Luesia desde el río Farasdués hasta el río Arba de Biel (final del tramo canalizado).		091.053.005
ES091MSBT053S00	ES091MSPF103	Río Arba de Biel desde el barranco de Cuarzo hasta su desembocadura en el Arba de Luesia (final del tramo canalizado e incluye barrancos de Varluenga, Cuarzo y Júnez).		091.053.006
ES091MSBT053S00	ES091MSPF104	Río Arba de Luesia desde el río Arba de Biel (final del tramo canalizado) hasta el río Arba de Riguel.		091.053.007
ES091MSBT053S00	ES091MSPF105	Río Arba de Riguel desde la población de Sádaba (paso del canal con río Riguel antes del pueblo) hasta su desembocadura en el río Arba de Luesia.		091.053.002
ES091MSBT053S00	ES091MSPF917	Río Arba de Riguel desde el puente de la carretera A-1202 de Uncastillo a Luesia hasta la población de Sádaba (paso del canal con río Riguel antes del pueblo).		091.053.001

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 transferencia (L/s/m)
ES091MSBT053S00	091.053.001	437	0,00830			5	
ES091MSBT053S00	091.053.002	277				40	
ES091MSBT053S00	091.053.003	324				15	
ES091MSBT053S00	091.053.004	324				5	
ES091MSBT053S00	091.053.005	310				10	
ES091MSBT053S00	091.053.006	310				15	
ES091MSBT053S00	091.053.007	277				10	

**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

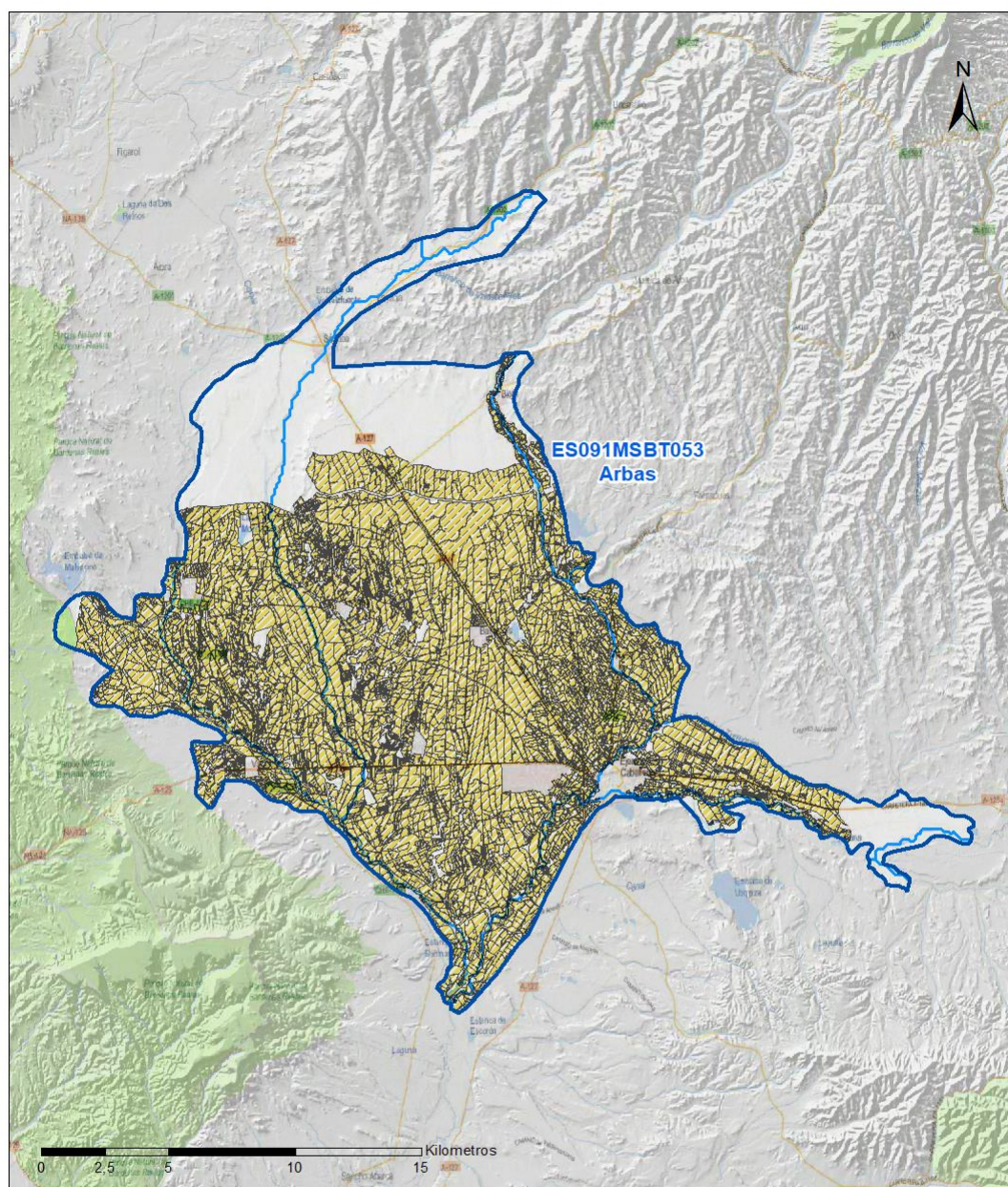
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)		☐	☐		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano		☐	☐		
Zonas de futura captación de agua para consumo humano		☐	☐		
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	1	☐	☒	251	64,39
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		☐	☐		

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

6.2.2 MAPA DE ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mapa de Zonas protegidas



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	9,44	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	0,87
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	45,64		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	55,08	Salidas Totales	0,87
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		54,21	

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

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm ³ /año)	8,10
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	1,01
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	1,60
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	33,92
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,03

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	9,44
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	0,87
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	1,89
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	53,19
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,02

"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

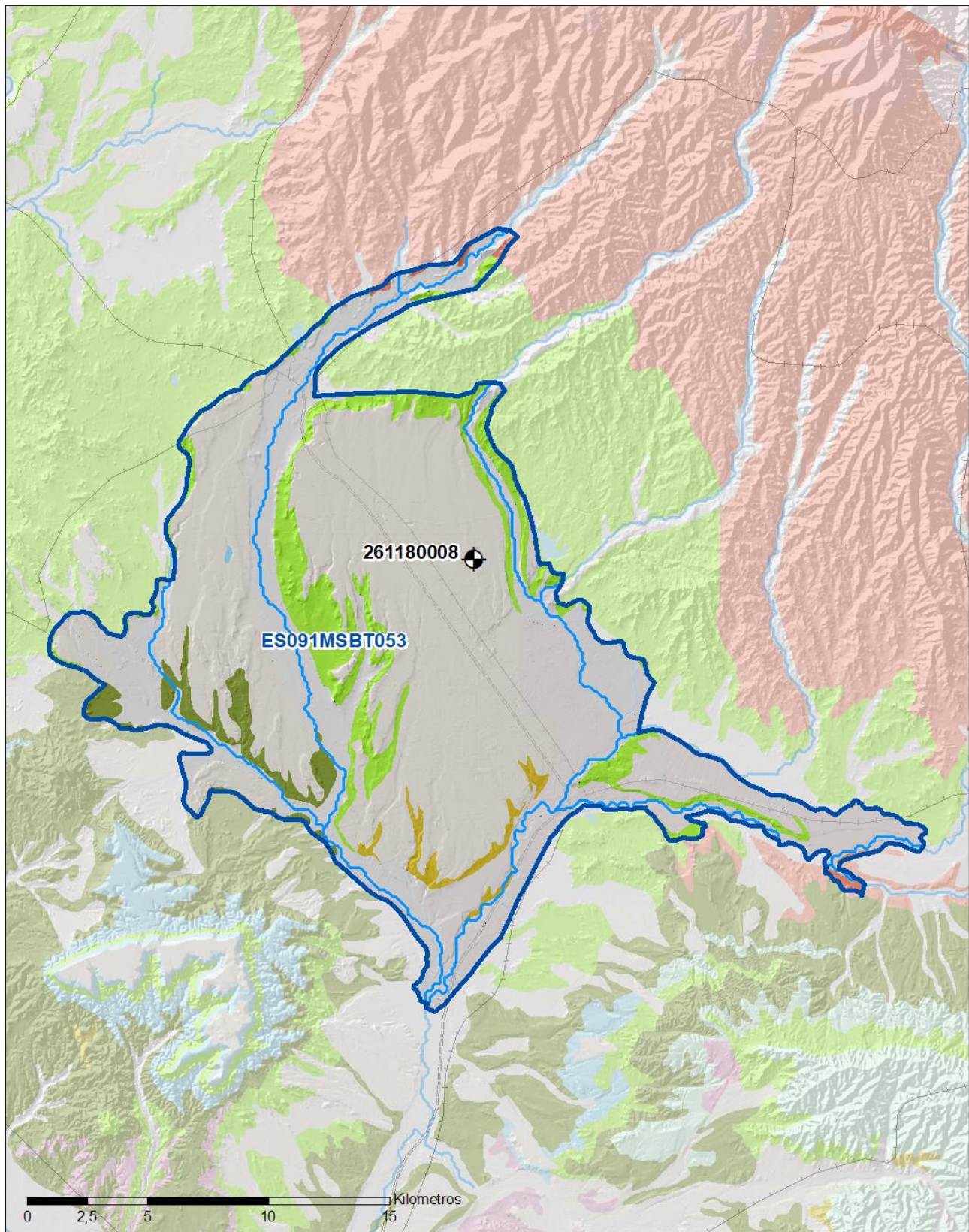
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
261180008	Piezometría	649.533	4.674.985	Cuaternario Aluvial	09/02/2007			23,0	428	☒	☐	☐

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

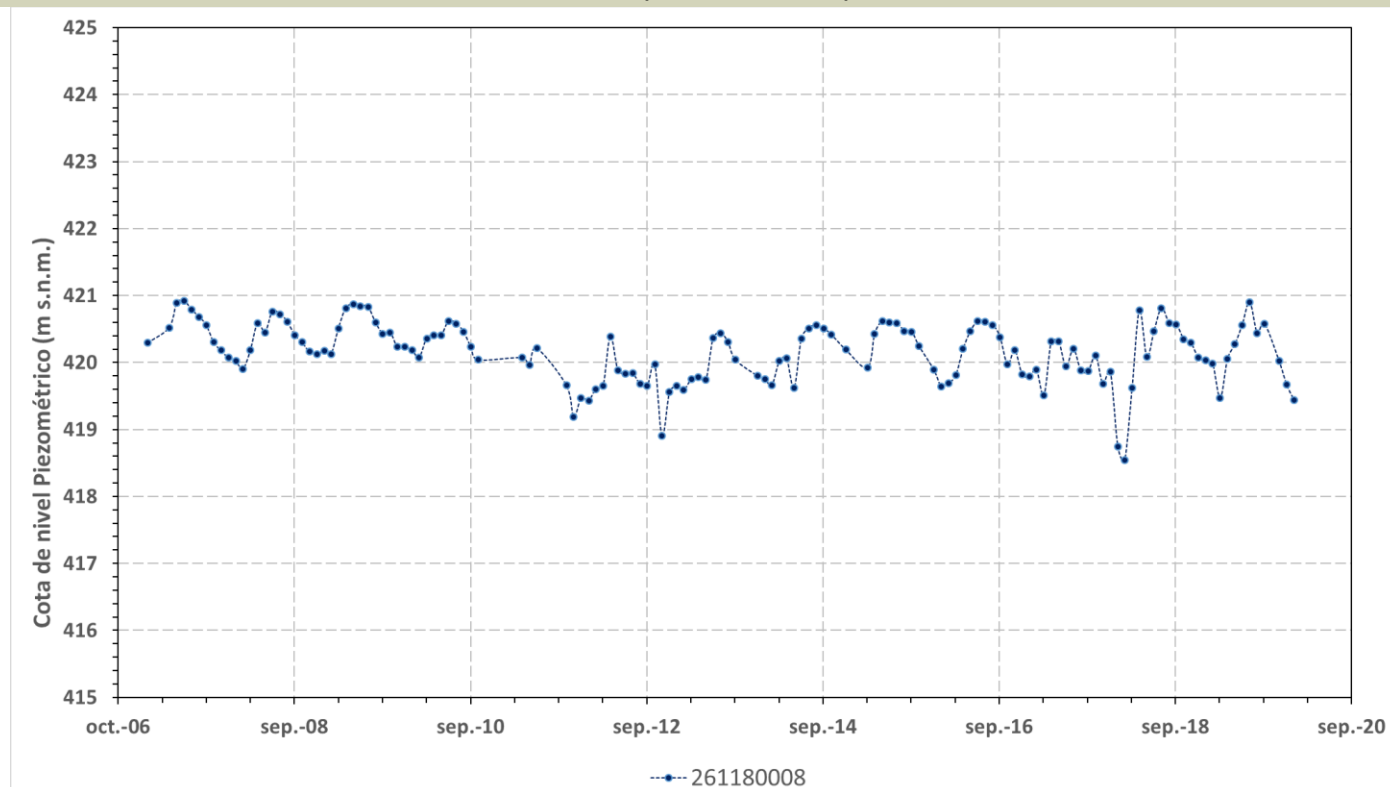
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

- 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 Arbas solo dispone de un punto de control piezométrico, localizado en el acuífero del glacis de Miralbueno, con medidas desde 2007. Se trata de un sondeo totalmente penetrante que atraviesa 17 m de arcillas, arenas y gravas cuaternarias.

Este piezómetro presenta una marcada ciclicidad anual influenciada por los retornos de riego, con subida de nivel en los meses de la campaña de riego, entre marzo y septiembre y bajadas en invierno. También acusa ciclos interanuales en los que se observa un descenso entre 2007 y 2012 acompañado de una posterior recuperación entre 2013-2019

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
261180008	2007	2020	144	420,9	418,5	420,1	2,4	-0,07	Cuaternario Aluvial	No

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

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS PIEZÓMETROS SELECCIONADOS

8.4.2 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS MANANTIALES SELECCIONADOS

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

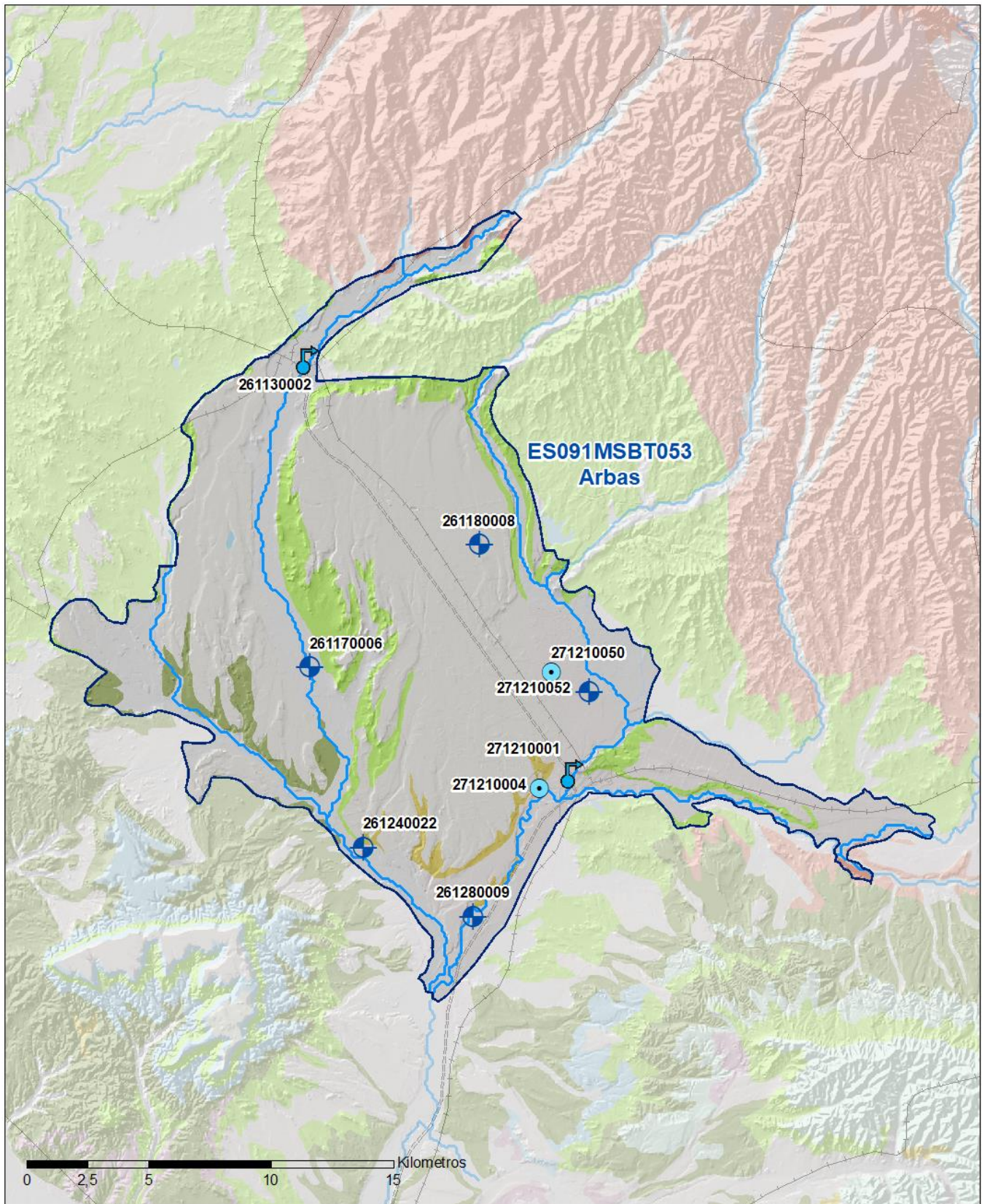
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

9.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO

Puntos de Muestreo		UTM (ETRS89-H30)		Cota (m s.n.m)	Prof. (m)	Tipo Captación	Acuífero/FGP	Fecha inicio muestreo
Código	Nombre	X	Y					
261130002	FUENTE DE SADABA	642.530	4.682.512	442		MANANTIAL	Cuaternalio aluvial	27/03/2003
261170006	Caserío El Bayo (Po. 30; Pa. 48)	642.605	4.669.970	347	9,0	SONDEO	Cuaternalio aluvial	17/06/2010
261180008	EJEA MMA. EL SASO, DEPÓSITOS MUNICIPALES DE AGUA	649.533	4.674.985	428	23,0	SONDEO	Glacis	17/06/2010
261240022	Las Quemadas (Po.104; Pa. 9153)	644.795	4.662.597	305	8,0	SONDEO	Cuaternalio aluvial	09/06/2010
261280009	Añesa (Po. 18; Pa. 9006)	649.272	4.659.768	294	12,5	SONDEO	Cuaternalio aluvial	15/06/2010
271210001	LA BAÑERA	653.345	4.665.609	321		MANANTIAL	Cuaternalio aluvial	07/05/2002
271210004	TRILLAR	651.998	4.664.998	313	5,0	POZO	Cuaternalio aluvial	
271210050	CAMARALES (Pol. 2, Parc. 1371)	652.458	4.669.767	354	22,0	POZO	Cuaternalio aluvial	
271210052	Paul de Rivas (Po. 2; Pa. 124)	654.016	4.668.957	343	13,2	SONDEO	Cuaternalio aluvial	17/06/2010

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas		Uso Captación
	Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	
261130002	☒	☐	☐	☐	☐	
261170006	☐	☐	☐	☒	☐	
261180008	☐	☐	☐	☒	☐	
261240022	☐	☐	☐	☒	☐	
261280009	☐	☐	☐	☒	☐	
271210001	☐	☐	☐	☒	☐	
271210004	☐	☐	☐	☒	☐	
271210050	☐	☐	☐	☒	☐	Regadíos y usos agrarios
271210052	☐	☐	☐	☒	☐	

Mapa Red Control



LEYENDA

 Red hidrográfica

 MSBT

Tipo de Captación

 MANANTIAL

 SONDEO

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

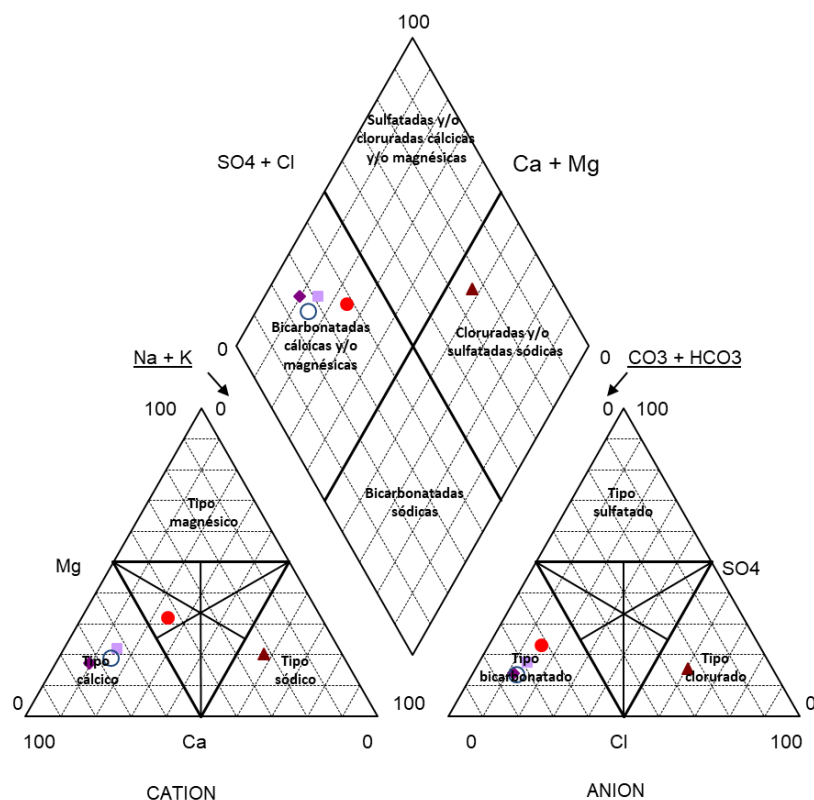
Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facies Hidrogeoquímica
261170006	Gravas, arenas, arcillas y limos (Aluvial)	Bicarbonatada cálcico magnésica
261180008	Gravas, arenas, arcillas y limos (Glacis)	Bicarbonatada cálcica
261240022		
261280009	Gravas, arenas, arcillas y limos (Aluvial)	Clorurada sódica
271210001	Gravas, arenas, arcillas y limos (Aluvial)	Bicarbonatada cálcica
271210052	Gravas, arenas, arcillas y limos (Aluvial)	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Arbas (2019)



● 261170006 ● 261180008 ▲ 261280009 ■ 271210001 ■ 271210052

Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 261240022

Arbas 261240022 (2015-2019)

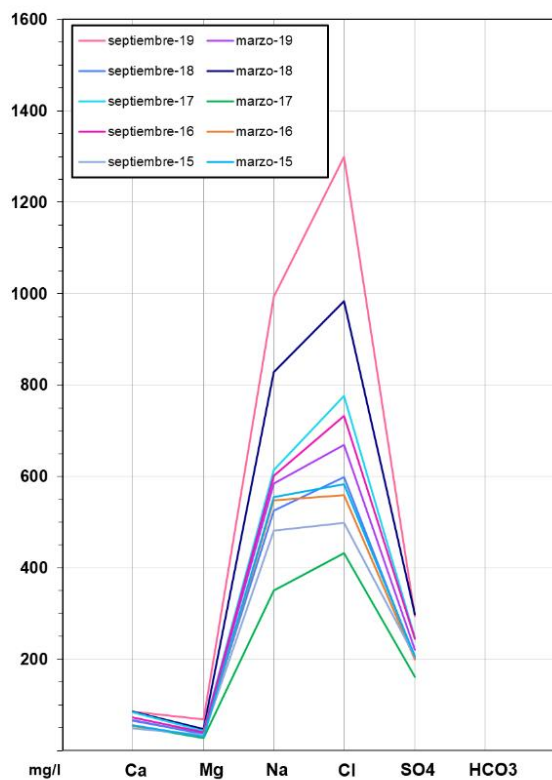


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 261280009

Arbas 261280009 (2015-2019)

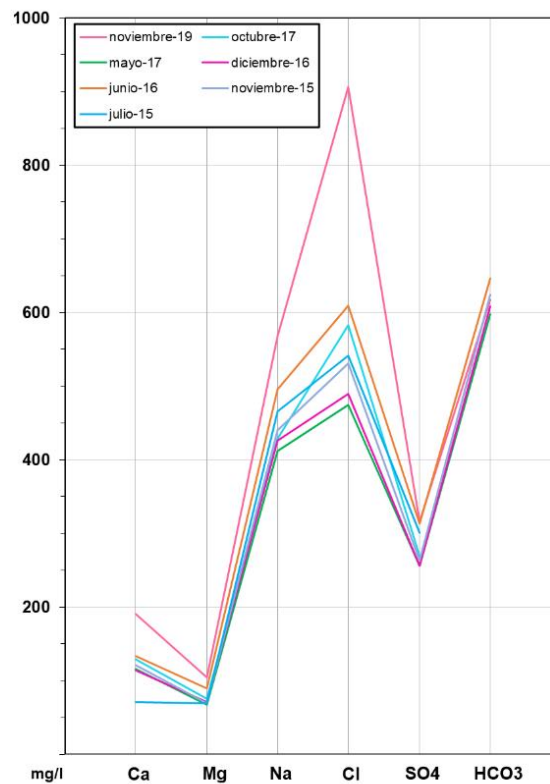
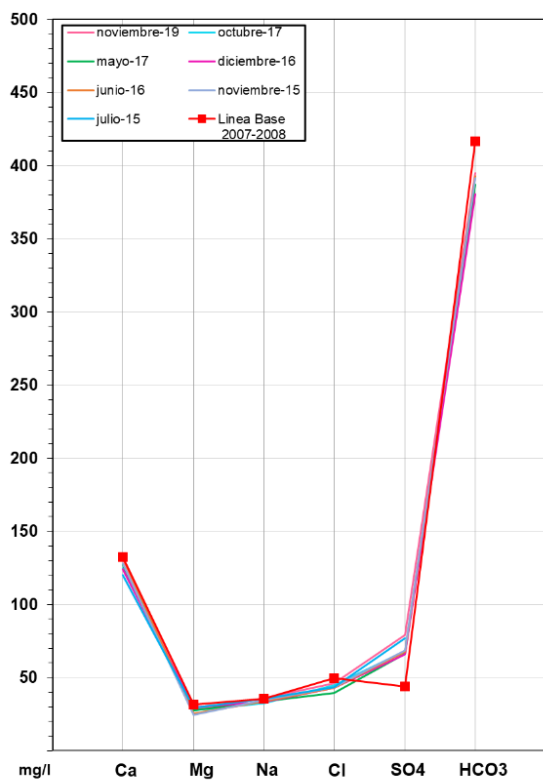


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 271210001

Arbas 271210001 (2015-2019)

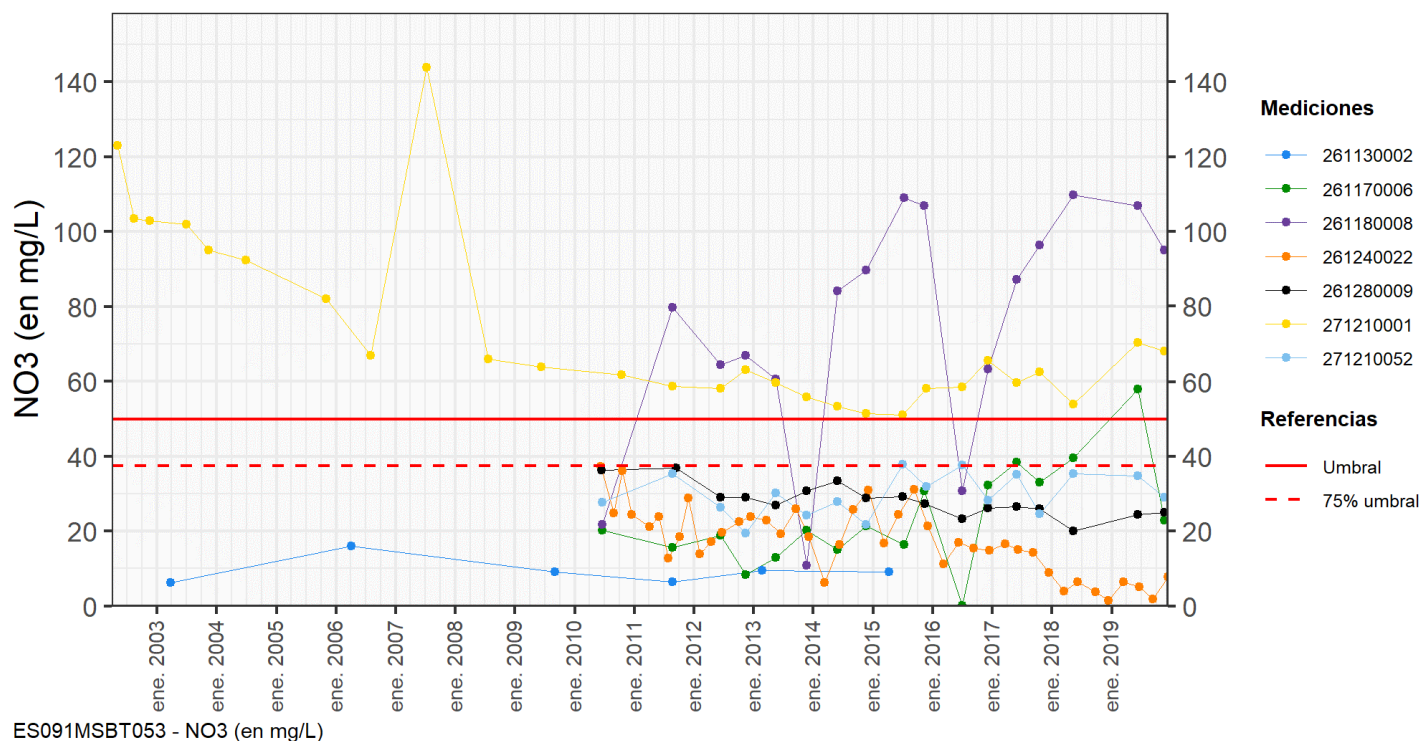


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

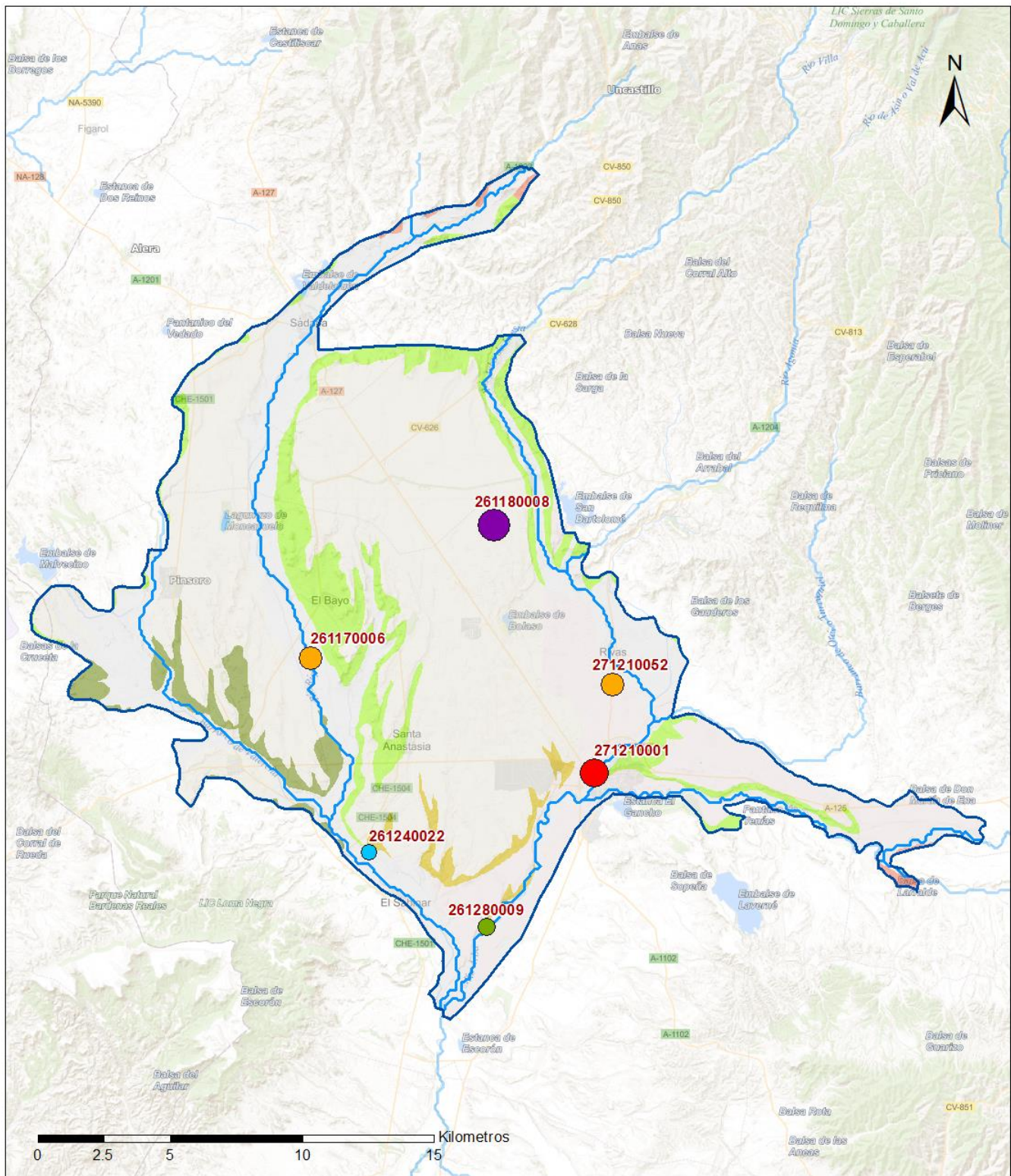
Parámetro	Unidad	Nivel Referencia (NR)	Uso/Receptor	Valor criterio	Valor umbral/Norma de calidad
Nitrato (NO_3^-)	mg/L				50,00

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº 1	Nitrato (NO_3^-)
Gráficas de Evolución		



Mapa de distribución actual



LEYENDA



MSBT:



Red hidrográfica

ES091MSBT053

Arbas

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

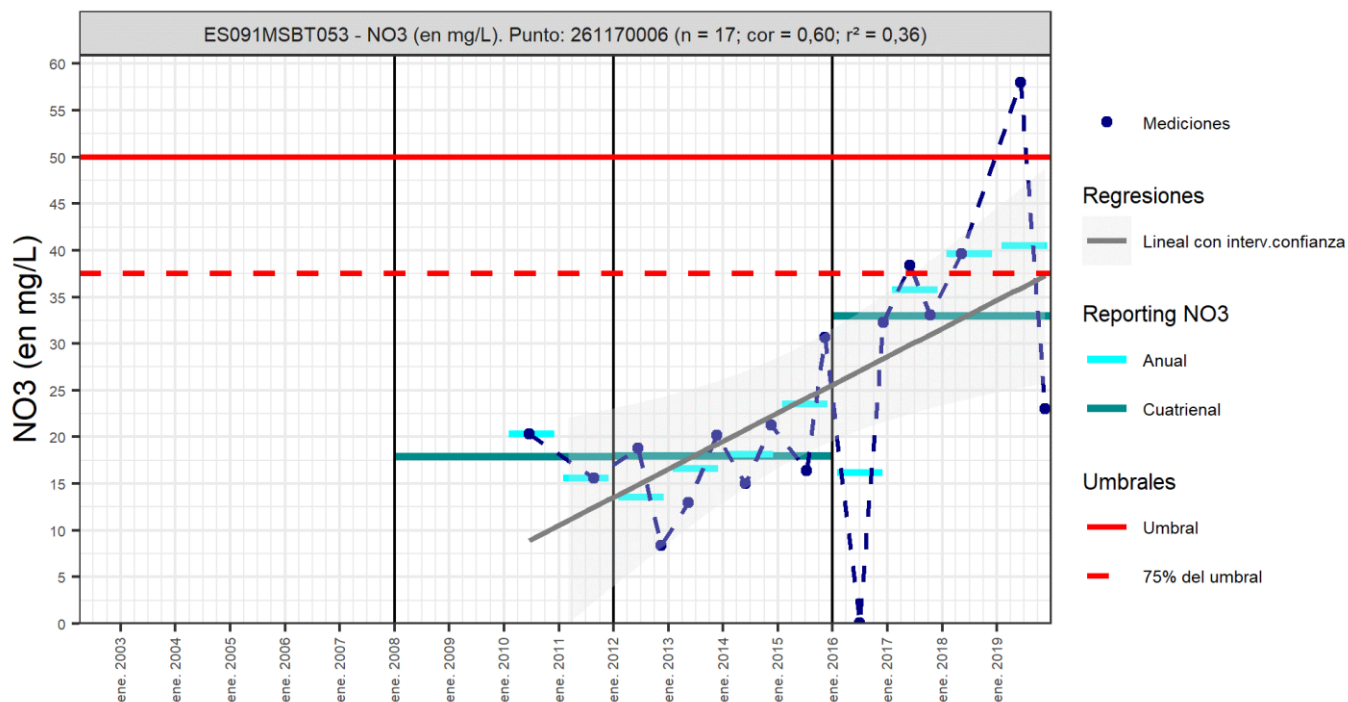
Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitratos corresponden a los reportados en el Informe Cuatrienal 2016-2019 con medidas que abarcan de entre 10 y 18 años. Representan la evolución del contenido en nitrato en el glacis de Miralbueno (IPA-261180008) y en los aluviales de los ríos Arba del Riguel (IPA-261170006 e IPA-261240022) y Arba de Luesia (IPA-261280009, IPA-271210001 e IPA-271210052).

Estos mismos puntos han sido empleados para el análisis por cuatrienios.

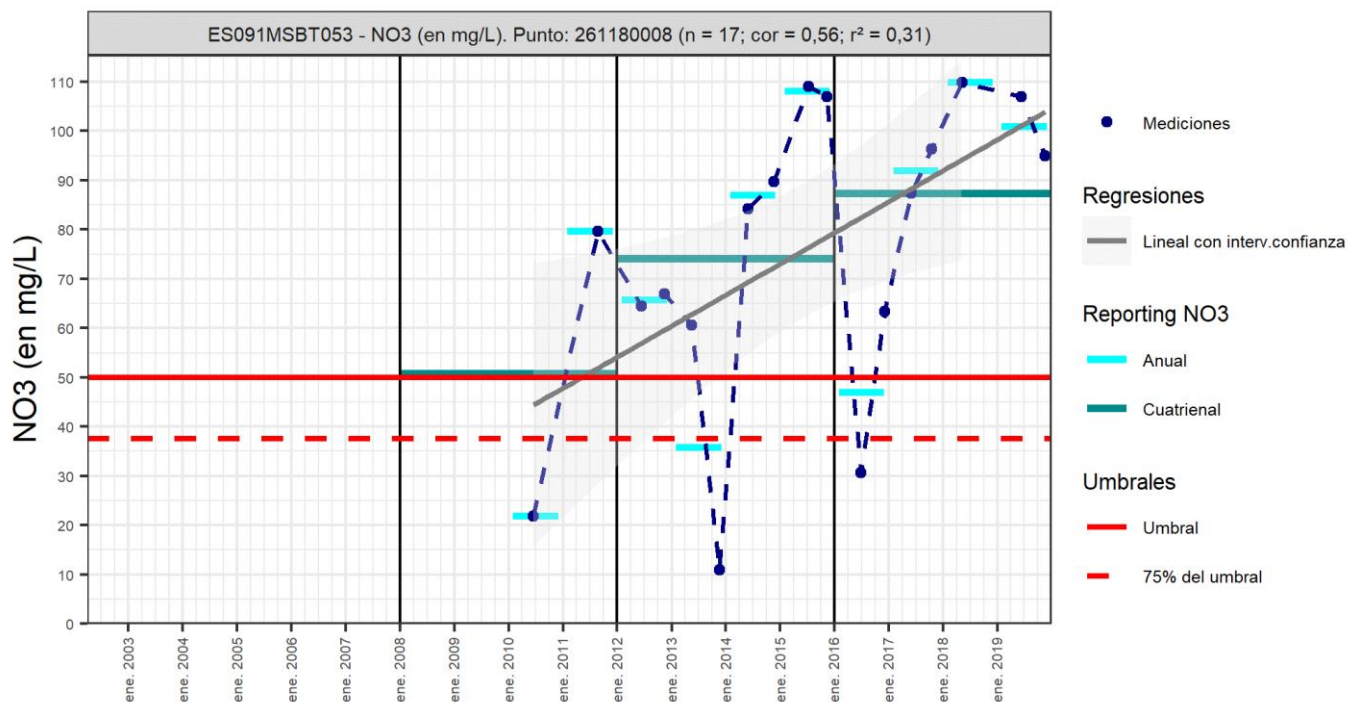
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO_3^-)

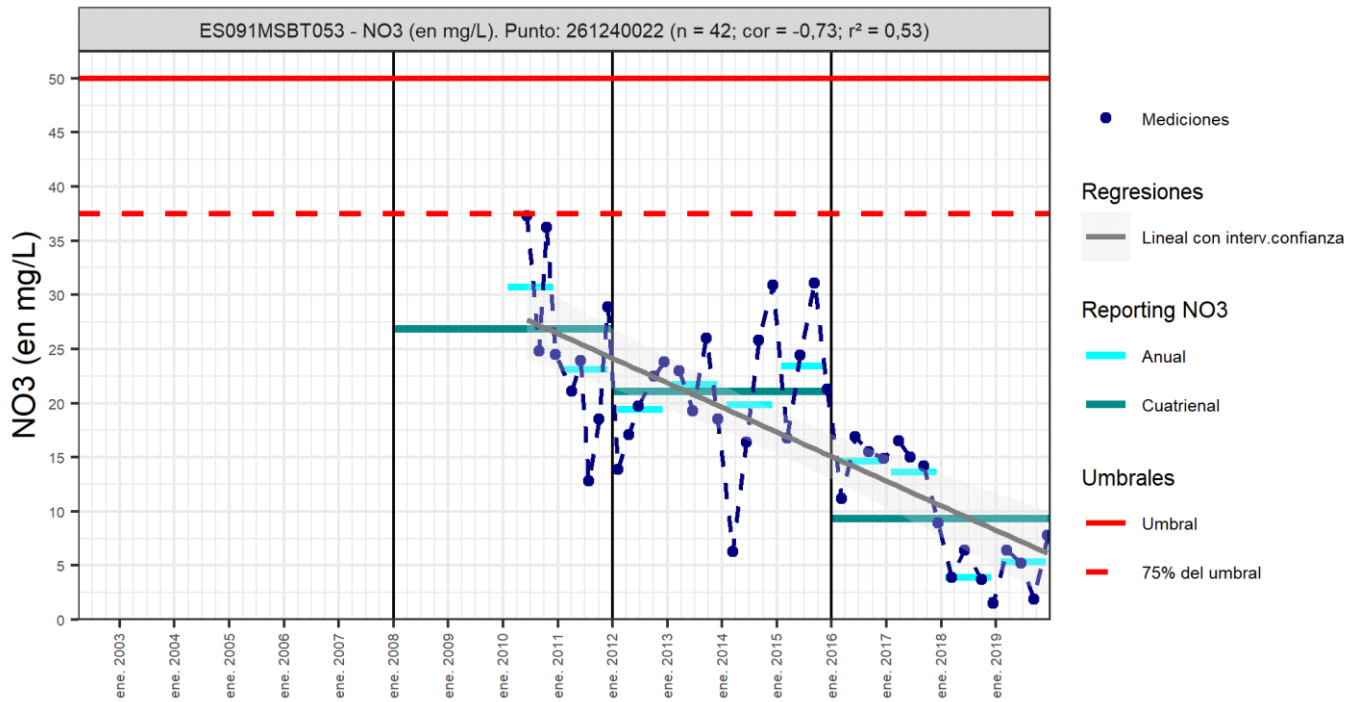
Código Punto 261170006



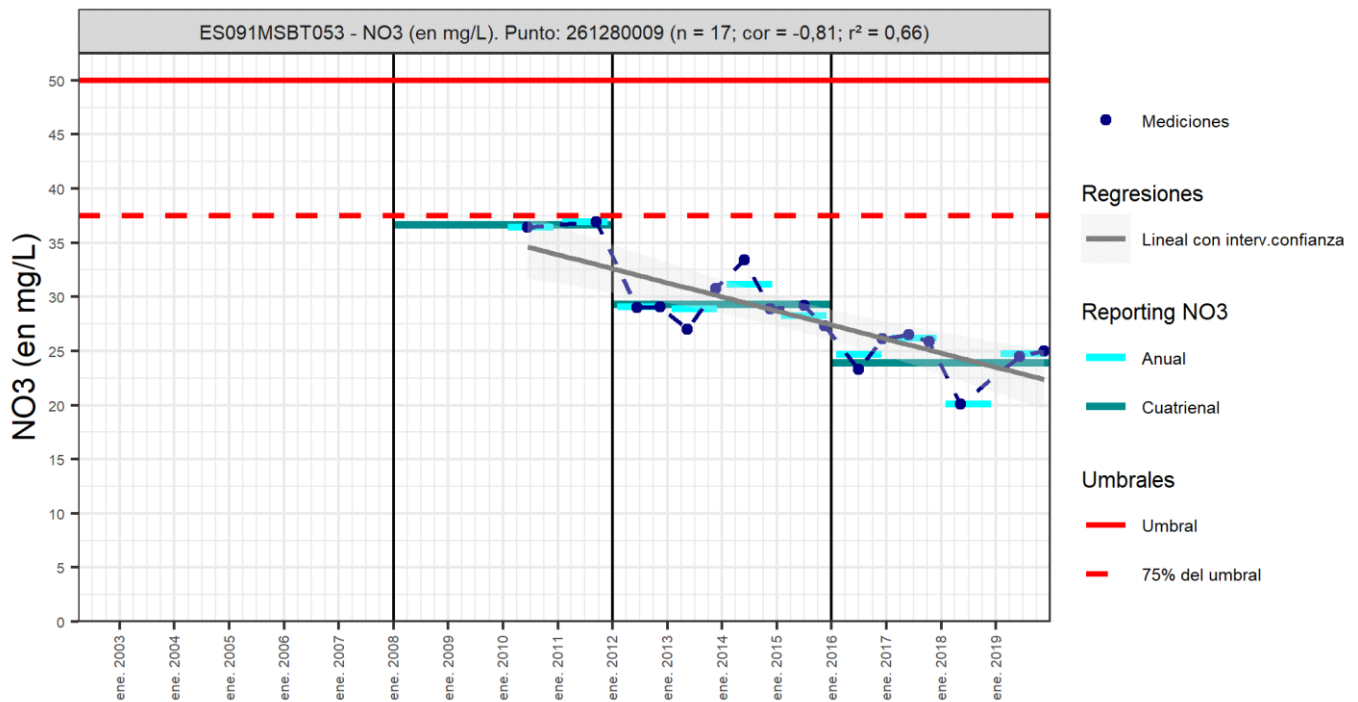
Código Punto 261180008



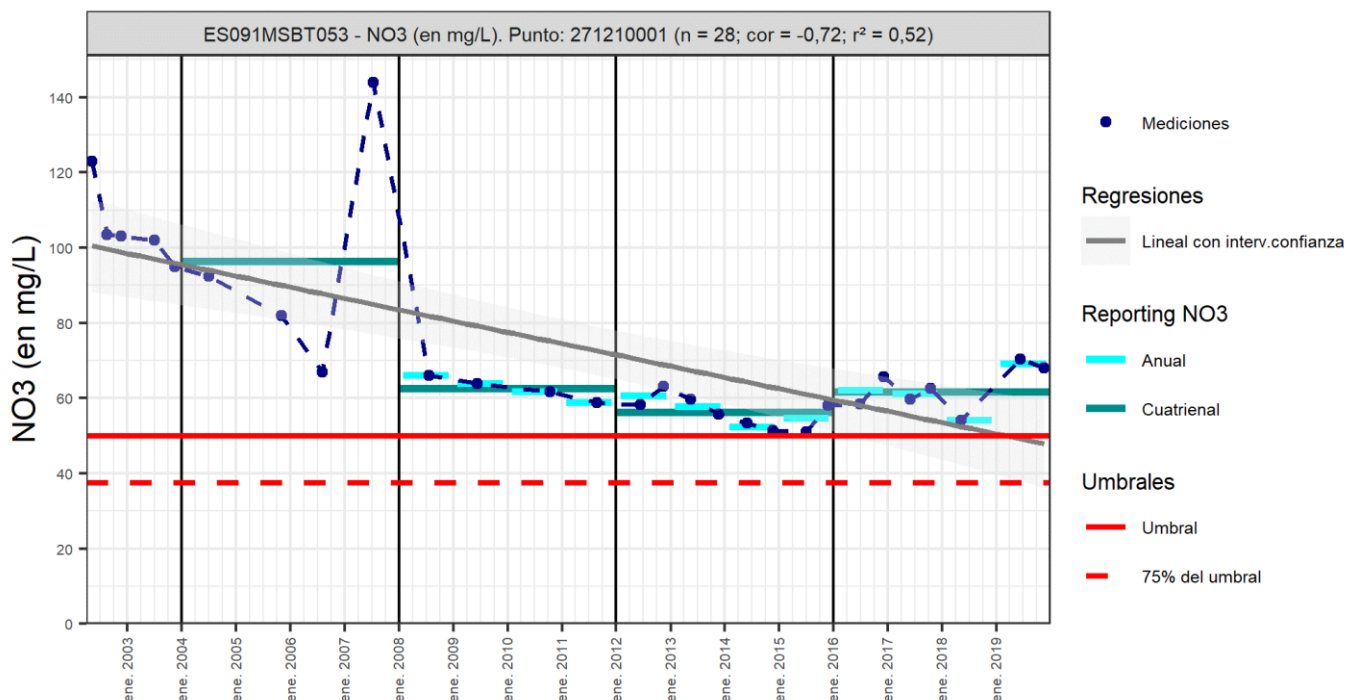
Código Punto 261240022



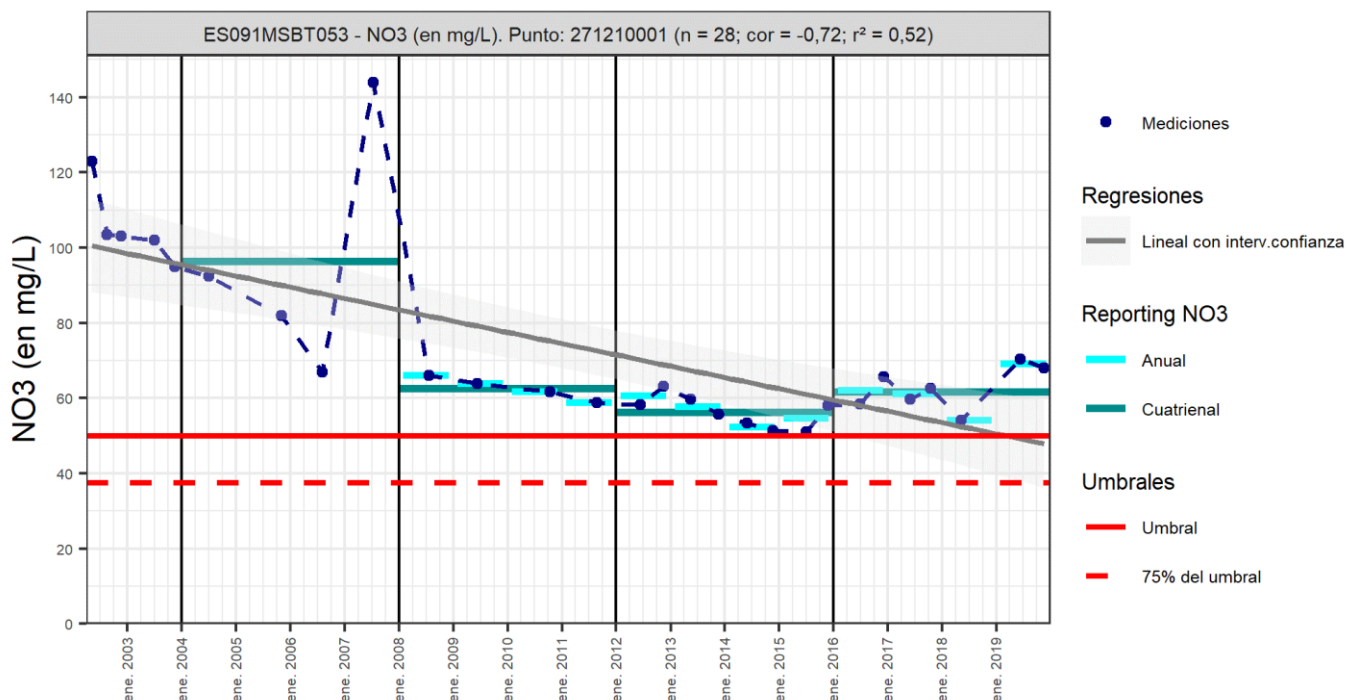
Código Punto 261280009



Código Punto 271210001



Código Punto 271210052



Análisis de tendencias

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 6 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 2010 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 los puntos IPA-26124022, IPA-261280009 e IPA 271210001 y de aumento en los puntos IPA-261170006, IPA-261180008 e IPA-271210052, tendencias que pueden identificarse estadísticamente como significativas ya que el grado de significancia (GS) obtenido en todas ellas es $>95\%$ (tendencia entre buena y excelente), excepto en el punto IPA-271210052 cuyo GS es $<90\%$ (tendencia clasificada como dudosa).

A partir de la pendiente de Sen se calcula un incremento en los puntos IPA-261170006 e IPA-261180008 de 3,02 y 5,24 mg/L al año respectivamente, para un periodo de 2010 a 2019. La pendiente más elevada corresponde a la del único punto de control situado en la FGP de los glaciares, situado en la zona de recarga del glaciar de Miralbuena. Este punto, junto con el punto IPA-271210001, manantial de descarga de una de las terrazas bajas del Arba de Luesia, son los que presentan los valores más elevados de concentración de este contaminante a lo largo de su serie histórica: el punto IPA-261180008 alcanza concentraciones de más de 100 mg/L con un promedio de 74,8 mg/L (serie 2010-2019) y el punto IPA-271210001 mantiene en todos los registros de su serie histórica (2002-2019) valores

por encima de la norma de calidad de 50 mg/L (52,4-144,0 mg/L). Sin embargo, a pesar de tratarse de concentraciones elevadas, se obtiene en este punto un descenso significativo con una pendiente de -1,32 mg/L al año. El otro punto con pendiente ascendente significativa, IPA-261170006, corresponde con un sondeo en el aluvial del río Arba de Riguel, punto que llega a superar la norma de calidad en los últimos años, con un promedio para el último cuatrienio (2016-2019) de 33 mg/L.

Por otro lado, en los puntos IPA-26124022 e IPA-261280009, a partir de la pendiente de Sen se calcula una disminución significativa de -2,44 y -1,49 mg/L para un periodo de 10 años (2010-2019). Corresponden con dos sondeos en los aluviales del río Arba de Riguel y Arba de Luesia, al sur de la masa de agua. Estos descensos permiten obtener un promedio de la concentración de nitrato en el último cuatrienio de 9,4 mg/L y 23,9 mg/L respectivamente.

Respecto al análisis por cuatrienios, los resultados son un reflejo de los observados en el análisis por tendencias de las series históricas: en los puntos IPA-261170006, IPA-261180008 e IPA-271210052 se incrementa la concentración de nitratos entre 5,1 y 13,3 mg/L en el cuatrienio 2016-2019 con respecto al cuatrienio 2012-2015, mientras que los puntos IPA-261240022 e IPA-261280009 desciende 11,7 mg/L y 5,1 mg/L. El punto IPA-271210001, si bien muestra en su serie histórica una tendencia significativa descendente debido entre otras cosas a los valores especialmente elevados de los años 2004-2007, en el último cuatrienio se observa un repunte, con un aumento de 5,1 mg/L con respecto al cuatrienio anterior.

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
261170006	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	13,60	40,50		37,50
261180008	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	21,80	109,90		37,50
261240022	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	3,90	30,70		37,50
261280009	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	20,10	36,90		37,50
271210001	mg/L	Histórica	2005	2019	Anual	18	15	52,40	144,00	105,00	37,50
271210052	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	10	10	22,90	35,40		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	
261170006	0,65700	Ascendente	ALTO	Ascendente	2,00E-02	98,00	ALTO	
261180008	0,43000	Ascendente	ALTO	Ascendente	3,00E-02	96,80	ALTO	
261240022	0,78100	Descendente	ALTO	Descendente	1,00E-02	98,80	ALTO	
261280009	0,78700	Descendente	ALTO	Descendente	0,00E+00	99,60	ALTO	
271210001	0,21300	Descendente	MEDIO	Descendente	2,00E-02	98,20	ALTO	
271210052	0,16800	Ascendente	MEDIO	Sin Tendencia	3,70E-01	62,90	MEDIO	

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)		
261170006	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	17,90	33,00		37,50	18,00	33,00	15,00	Ascendente
261180008	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	50,70	87,40		37,50	74,10	87,40	13,30	Ascendente
261240022	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	9,40	26,90		37,50	21,10	9,40	-11,70	Descendente
261280009	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	23,90	36,70		37,50	29,30	23,90	-5,40	Descendente
271210001	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	4	56,30	96,40	105,00	37,50	56,30	61,60	5,30	Ascendente
271210052	Histórica	2010	2019	Cuatrienal	3	27,40	32,50		37,50	27,40	32,50	5,10	Ascendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea Arbas se localiza en el sector central de la cuenca hidrográfica del Ebro, dentro del Dominio de la Depresión del Ebro. Toda su superficie pertenece a la cuenca del Arba, tributario por la margen izquierda del Ebro en su tramo medio, repartida entre los ríos Arba de Riguel, Arba de Luesia y Arba de Biel. Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Aragón, salvo una pequeña franja al oeste de la masa de agua, que se localiza en la Comunidad Autónoma de Navarra. Se trata de una zona fundamentalmente agrícola donde domina el regadío de extensivos abastecidos por el Canal de Bardenas cuya toma se localiza en la cuenca vecina del río Aragón.

Esta masa de agua engloba una amplia extensión de depósitos cuaternarios situados al sur de la Sierra de Santo Domingo, que se depositan sobre formaciones detríticas del Mioceno, del relleno de la Depresión del Ebro. Las principales formaciones cuaternarias corresponden a los depósitos de glaciares o “sasos” formados a los pies de los resaltes Oligocenos al norte de la masa de agua, y los depósitos aluviales y terrazas asociados a los principales ríos. Los glaciares están constituidos por cantos de calizas y cuarcitas en matriz arcillosa, con tramos de arcillas y limos e intercalación de gravas que pueden presentarse cementadas por carbonatos. Se pueden diferenciar dos glaciares de gran extensión independizados por los aluviales del río Arba de Riguel: el saso de Miralbueno al este de 120 km² y el saso de Miraflores de 50 km² al oeste. Presentan espesores de entre 20 y 30 m al norte para descender hasta 2 m al sur. Los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas, limos y arcillas, con cambios laterales de facies y espesores medios de entre 2 y 10 m. El basamento terciario de estos depósitos cuaternarios está constituido por lutitas con niveles de areniscas y cementación carbonatada que cambia litológicamente hacia el sur, hacia calizas que aflora en los bordes sureste y suroeste de la masa de agua y niveles de margas y yesos, que se hacen más abundantes al sur de Tauste.

Las características geológicas, estructurales y edafológicas de esta masa de agua, clasificada como detrítica, 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) al 86,2% y de alto (grados 7-8) al 13,75% de la superficie de la masa de agua. Los grados más elevados se localizan en la zona sur de la masa de agua en los aluviales del Arba de Luesia y Arba de Riguel.

Desde el punto de vista hidrogeológico, esta masa de agua se identifica con los depósitos cuaternarios situados en la cuenca del Arba, divididos entre glaciares y aluviales cuyo basamento corresponde a materiales detríticos de baja permeabilidad del Mioceno (limos, arcillas y yesos), que conforman el sustrato impermeable del acuífero. Sus límites se encuentran definidos por la extensión de los materiales cuaternarios y su contacto con los terciarios impermeables. Al sur de la masa de agua, el aluvial del río Arba continúa en la masa de agua del Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón (ES091MSBT052) configurando un límite abierto con flujo de salida de unos 2 km de longitud.

Se definen dos formaciones geológicas permeables: depósitos de glaciares (FGP-Glaciares) que se articulan en varios afloramientos con geometrías tabulares constituidos por gravas con matriz arcillosa o cemento carbonatado. Constituyen un acuífero libre, monocapa, de permeabilidad alta por porosidad intergranular, desconectado hídricamente del acuífero aluvial; y los aluviales de los principales ríos (FGP- Cuaternaria aluvial) que constituyen un acuífero libre de alta permeabilidad conectado con los ríos con los cuales presenta un claro carácter efluente. Los ensayos de bombeo realizados en los depósitos de glaciares arrojan valores de transmisividad de entre 50 y 843 m²/día, mientras que en los aluviales oscilan entre 100 y 600 m²/día.

La principal recarga de esta masa de agua corresponde a la infiltración de los retornos de riego, y en menor medida a la infiltración del agua de lluvia y de las escorrentías laterales. Por otro lado, la descarga se realiza a través de manantiales situados en los contactos con los terciarios de baja permeabilidad y por drenajes difusos hacia los ríos. También se produce una salida de agua hacia sur, hacia la masa vecina del aluvial del Ebro: Tudela-Alagón que se encuentra en conexión con el aluvial de Arba. La dirección de flujo de los glaciares presenta una clara componente de norte a sur, donde el gradiente hidráulico disminuye suavemente siguiendo esa misma dirección (Causapé 2002). En los aluviales la dirección del flujo del agua subterránea coincide a grandes rasgos con la del agua superficial, de forma convergente desde los bordes del aluvial hacia el cauce del río.

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 0,87 hm³/año frente a un recurso disponible de 53,19 hm³/año, proveniente en su mayor parte de los retornos de riego (83% de las entradas totales), lo que permite obtener un índice de explotación muy bajo de 0,02. Solo dispone de un punto de control piezométrico (IPA-261180008), localizado en la zona de recarga del glaciar de Miralbueno, con medidas desde 2007. Este piezómetro presenta una marcada ciclicidad anual influenciada por el regadío, con subidas de nivel en los meses de la campaña de riego, entre marzo y septiembre y bajadas en invierno. También acusa ciclos interanuales en los que se observa un descenso entre 2007 y 2012 acompañado de una posterior recuperación entre 2013-2019.

La red de control del estado químico de las aguas subterráneas posee dentro de esta masa de agua 9 puntos de control repartidos entre 1 sondeo en la FGP de los glaciares (IPA-261180008), 2 manantiales uno de ellos asociado al aluvial del Arba de Riguel, situado aguas arriba de los riegos del Canal de Bardenas (IPA-261130002) y otro de descarga de una de las terrazas bajas del Arba de Luesia (IPA-271210001). El resto se reparte entre 4 sondeos y 2 pozos con profundidades comprendidas entre 5 y 22 m en los aluviales del Arba de Riguel y Arba de Luesia.

La facies hidroquímica dominante que muestran estos puntos de control es la de bicarbonatada cálcica que se obtiene en el

acuífero que constituyen los depósitos de glaciares, y los aluviales en los tramos altos de los ríos. En estas zonas, las aguas subterráneas son de mineralización entre media y débil, con una conductividad eléctrica de entre 500 y 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hacia el sur, las aguas subterráneas incrementan su salinidad con valores de conductividad eléctrica por encima de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcanzando valores de más de 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En esta zona las aguas son de mineralización fuerte, donde la facies clorurada comienza a ser dominante. La concentración en mg/l del CaCO_3 , calculadas a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg de todos los puntos analizados varía entre 175 y 1020 mg/l , lo que indica que son aguas de naturaleza entre dura y muy dura. Los factores que intervienen en la composición química y calidad de las aguas subterráneas dentro de esta masa de agua son la composición litológica del sustrato terciario sobre el que se sitúan los acuíferos cuaternarios y que conforman los barrancos laterales, y el volumen y calidad de los retornos de riego que incluye la calidad del agua de riego y el sistema de riego empleado. Hacia el sur el sustrato terciario presenta niveles de yesos y otras formaciones salinas cuyo lavado en los barrancos laterales o en los niveles más profundos de los acuíferos produce un aumento del contenido en sales de las aguas subterráneas. Por otro lado, los retornos de riego también favorecen el incremento de la salinidad, debido a procesos de evapo-concentración de las sales del agua de riego y por aumento del lavado del suelo. La representación de los muestreos en los diagramas de columnas muestra una amplia variabilidad de la composición química del agua subterránea en los puntos IPA-21280009 e IPA-261240022, puntos situados en el extremo sur de la masa de agua, sin que pueda identificarse tendencias significativas en el contenido químico de sus aguas.

Esta masa de agua se encuentra en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales por contaminación difusa. 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) y un impacto comprobado de disminución de la calidad del agua superficial asociada (QUAL). El contaminante de riesgo asociado a esta contaminación corresponde al nitrato con concentraciones que varían en un rango de 3,9 mg/L a 144 mg/L con un promedio para todos los puntos de 41 mg/L (2004-2019). Esta contaminación no afecta de igual manera a los acuíferos que configuran la masa de agua. El único punto de control del glaciar de Miralbueno (IPA-261180008) presenta los valores más elevados de nitrato de la masa de agua, por encima de la norma de calidad (22-110 mg/L) con un promedio para toda la serie de datos de 74,8 mg/L (2010-2019), junto con el punto IPA-271210001, manantial de descarga de una de las terrazas bajas del aluvial del Arba de Luesia, cuya concentración de nitrato está por encima de la norma de calidad en toda su serie de registro (52,4-144 mg/L) (2002-2019). Otro sondeo ubicado en la misma terraza (IPA-271210052), si bien no supera la norma de calidad, presenta valores de entre 23-35 mg/L . El punto que mantiene los valores más bajos de concentración de nitrato en todos sus registros (6-16 mg/L) corresponde a la fuente de Sádaba (IPA 261130002) localizada aguas arriba de los regadíos del Canal de Bardenas.

El análisis de tendencia en la concentración en nitrato se ha realizado en 6 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 2010 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 los puntos IPA-261240022, IPA-261280009 e IPA 271210001 y de aumento en los puntos IPA-261170006, IPA-261180008 e IPA-271210052, tendencias que pueden identificarse estadísticamente como significativas ya que el grado de significancia (GS) obtenido en todas ellas es $>95\%$ (tendencia entre buena y excelente), excepto en el punto IPA-271210052 cuyo GS es $<90\%$ (tendencia clasificada como dudosa).

Respecto al análisis por cuatrienios, los resultados son un reflejo de los observados en el análisis por tendencias de las series históricas: en los puntos IPA-261170006, IPA-261180008 e IPA-271210052 se incrementa la concentración de nitratos entre 5,1 y 13,3 mg/L en el cuatrienio 2016-2019 con respecto al cuatrienio anterior, mientras que los puntos IPA-261240022 e IPA-261280009 desciende 11,7 mg/L y 5,1 mg/L . El punto IPA-271210001, si bien muestra en su serie histórica una tendencia significativa descendente debido entre otras cosas a los valores especialmente elevados de los años 2004-2007, en el último cuatrienio se observa un repunte, con un aumento de 5,1 mg/L con respecto a los años 2012-2015.

11.- PLAN DE ACCIÓN

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

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

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

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

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

Actividad	
A19	ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO
Subactividad/Herramienta	

S83 Diseño específico de estrategias de análisis de respuesta de los sistemas acuíferos ante diversas alternativas de gestión ☐

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la MSBT Arbas:

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 nutrientes en buena parte de su extensión. Dado la naturaleza de esta masa de agua, 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 en el acuífero aluvial 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 acuíferos aluviales y depósitos de glacia dentro de esta masa de agua presentan una elevada heterogeneidad en cuanto a parámetros hidráulicos se refiere según zonas, profundidad, diferentes formaciones (terrazas, glacia, 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 con valores de la concentración de nitrato especialmente altos en el glacis de Miralbueno y en algunas de las terrazas bajas del río Arba de Luesia. 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 se encuentra el EAAS del Lagunazo y el Lagunazo de Moncayuela en Ejea de los Caballeros o los ETDAS localizados en la ZEPA de las Lagunas y Carrizales de Cinco Villas.

Análisis y diagnosis 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 diagnosis 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 diagnosis 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 glacis de Miraflores así como en la zona de descarga del glacis de Miralbueno.

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 (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

- Causapé Valenzuela, J. (2002). Repercusiones medioambientales de la agricultura sobre los recursos hídricos de la Comunidad de Regantes nº5 de Bardenas. Tesis Doctoral. Área de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Zaragoza.
- 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 (1976). Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja 245 Sádaba.
- IGME (1995). Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja 284 Ejea de los Caballeros.
- 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.
- MOPU (1990). Estudio de los recursos hidráulicos subterráneos de los acuíferos relacionados con la provincia de Zaragoza: "Cuenca del río Arba, Sierra de Santo Domingo y Cuenca de Aragón".

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS S U B T E R R Á N E A S

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS S U B T E R R Á N E A S (E D A S)



MSBT: ES091MSBT053 - ARBAS

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT053 - ARBAS

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	261130002						
Valor							
Máx.	19,8	8	787	11,20	1,2	<LQ	266,0
Mín.	8,7	7	543	8,40	<LQ	<LQ	180,0
P50	10,6	8	611	10,00	0,6	<LQ	206,0
N reg.	5	6	5	5	3		3
Código Punto	261170006						
Valor							
Máx.	17,1	7	3.132	8,60	3,9	<LQ	546,0
Mín.	13,5	7	1.186	4,00	<LQ	<LQ	444,0
P50	15,0	7	1.381	6,90	0,5	<LQ	479,0
N reg.	12	10	15	16	9		3
Código Punto	261180008						
Valor							
Máx.	16,6	8	799	10,20	0,8	<LQ	226,0
Mín.	12,9	7	492	4,30	<LQ	<LQ	188,0
P50	14,8	7	676	7,75	<LQ	<LQ	208,0
N reg.	12	10	15	16	10		3
Código Punto	261240022						
Valor							
Máx.	21,1	8	4.780	7,70	7,0	<LQ	471,0
Mín.	13,1	7	1.696	1,00	0,2	<LQ	315,0
P50	15,3	7	2.620	3,15	0,6	<LQ	379,0
N reg.	33	26	37	42	5		38
Código Punto	261280009						
Valor							
Máx.	19,3	7	4.144	8,40	<LQ	<LQ	514,0
Mín.	13,8	7	2.592	0,60	<LQ	<LQ	484,0
P50	15,9	7	3.213	5,20	<LQ	<LQ	500,0
N reg.	12	10	15	15	10		3
Código Punto	271210001						
Valor							
Máx.	18,4	7	1.044	13,10	1,4	<LQ	368,0
Mín.	13,4	7	769	3,70	<LQ	<LQ	306,0
P50	15,2	7	902	7,30	<LQ	<LQ	320,0
N reg.	23	21	21	27	14		9
Código Punto	271210004						
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.							
Código Punto	271210050						
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.							
Código Punto	271210052						
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.	17,7	7	934	8,50	0,5	<LQ	353,0
Mín.	12,9	7	729	1,90	<LQ	<LQ	295,0
P50	14,9	7	840	6,45	<LQ	<LQ	314,0
N reg.	12	10	15	16	10		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	261130002								
Valor									
Máx.	324,5	<LQ	89,00	355,0	16,0	<LQ	0,10	104,0	2,0
Mín.	193,1	<LQ	34,00	70,0	6,3	<LQ	<LQ	30,0	0,9
P50	219,6	<LQ	48,70	116,5	9,1	<LQ	<LQ	49,7	1,2
N reg.	5	4	6	6	6	4	4	6	6
Código Punto	261170006								
Valor									
Máx.	876,0	<LQ	404,00	489,0	58,0	0,21	0,38	371,0	4,0
Mín.	484,0	<LQ	68,50	138,0	<LQ	<LQ	<LQ	89,7	1,7
P50	600,5	<LQ	94,60	187,0	20,3	<LQ	<LQ	116,0	2,2
N reg.	12	12	15	15	17	15	15	15	15
Código Punto	261180008								
Valor									
Máx.	294,0	<LQ	30,50	57,2	109,9	0,13	0,05	20,3	1,9
Mín.	169,0	<LQ	23,30	38,7	10,9	<LQ	<LQ	12,1	<LQ
P50	251,2	<LQ	26,30	45,2	84,2	<LQ	<LQ	17,6	0,6
N reg.	12	12	15	15	17	15	15	15	15
Código Punto	261240022								
Valor									
Máx.	564,3	<LQ	1.300,00	468,0	37,3	1,83	0,32	1.040,0	10,0
Mín.	448,4	<LQ	275,00	144,0	1,5	<LQ	<LQ	348,0	5,5
P50	454,5	<LQ	575,00	206,0	17,0	0,34	<LQ	535,5	7,5
N reg.	4		42	42	42	42	38	42	42
Código Punto	261280009								
Valor									
Máx.	646,6	<LQ	1.113,00	421,0	36,9	0,25	0,05	795,0	2,5
Mín.	527,0	<LQ	475,00	256,0	20,1	<LQ	<LQ	412,0	1,8
P50	617,1	<LQ	697,00	316,0	27,3	<LQ	<LQ	568,0	2,2
N reg.	12	12	15	15	17	15	15	15	15
Código Punto	271210001								
Valor									
Máx.	492,9	<LQ	64,00	100,3	144,0	0,01	<LQ	51,0	3,0
Mín.	330,0	<LQ	37,90	22,0	51,0	<LQ	<LQ	31,2	<LQ
P50	392,2	<LQ	43,60	69,9	63,5	<LQ	<LQ	35,7	2,1
N reg.	20	18	23	23	28	25	20	23	23
Código Punto	271210004								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	271210050								
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.									

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	271210052								
Valor									
Máx.	436,8	<LQ	55,10	81,5	37,8	0,02	0,28	39,3	1,6
Mín.	353,0	<LQ	32,10	53,0	19,5	<LQ	<LQ	24,6	1,2
P50	375,8	<LQ	41,90	64,7	29,0	<LQ	<LQ	32,5	1,4
N reg.	12	12	15	15	17	15	15	15	15
Nota: Los valores <LQ corresponden a valores por debajo Límite Cuantificación (LQ).									
Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	Σ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	261130002								
Valor									
Máx.	99,0	43,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	58,6	15,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	71,7	24,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	6	1	2		5			
Código Punto	261170006								
Valor									
Máx.	210,0	120,0	<LQ	<LQ	<LQ	8,90	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	100,0	58,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	123,5	66,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	14	15				15			
Código Punto	261180008								
Valor									
Máx.	120,0	17,6	<LQ	<LQ	<LQ	0,28	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	63,8	12,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	103,0	14,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	15	15				15			
Código Punto	261240022								
Valor									
Máx.	89,1	68,6	<LQ	<LQ	<LQ	0,22	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	36,9	20,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	56,8	30,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	42	42				42			
Código Punto	261280009								
Valor									
Máx.	191,0	105,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	70,9	67,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	128,0	85,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	15	15				15			
Código Punto	271210001								
Valor									
Máx.	156,7	38,1	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	116,0	23,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	128,5	29,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	22	23		2		26			
Código Punto	271210004								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	271210050								
Valor									

Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	Σ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	271210050								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	271210052								
Valor									
Máx.	141,0	26,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	103,0	17,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	125,0	22,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	14	15							

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