

# CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT085 - SIERRA DE MIÑANA

# 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 ES091MSBT085 Nombre MSBT SIERRA DE MIÑANA

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea ES091MSBT085 Sierra de Miñana con 193,62 km<sup>2</sup> de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma de Castilla y León y el resto se integra en la C.C.A.A de Aragón. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Alto Jalón - Alto Jiloca en la zona sur-occidental de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se identifica con la banda de afloramientos mesozoicos localizados entre la cuenca terciaria de Almazán y el Umbral Paleozoico de Ateca, extendiéndose desde la sierra de Miñana, al norte, hasta el Jalón, al sur. Los municipios con mayor porcentaje de ocupación en la MSBT son Deza y Almazul

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Castilla y León	Soria	42076	Deza	42,21	25,74
Castilla y León	Soria	42021	Almazul	49,22	17,24
Castilla y León	Soria	42148	Quiñonería	77,03	15,29
Aragón	Zaragoza	50096	Embid de Ariza	53,57	11,41
Castilla y León	Soria	42063	Cihuela	50,68	8,93
Aragón	Zaragoza	50020	Alhama de Aragón	38,93	6,26
Castilla y León	Soria	42187	Torrubia de Soria	12,08	3,26
Castilla y León	Soria	42096	Gómara	8,73	3,07
Aragón	Zaragoza	50081	Cetina	7,48	3,04
Aragón	Zaragoza	50058	Bubierca	18,50	2,82
Aragón	Zaragoza	50087	Contamina	20,57	1,49
Castilla y León	Soria	42213	Villaseca de Arciel	8,23	0,92
Aragón	Zaragoza	50038	Ateca	1,20	0,53
Castilla y León	Soria	42041	Buberos	0,01	0,01

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	580.900	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.592.070
Longitud (CENTROIDE)	-2,03127	Latitud (CENTROIDE)			41,47625
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			669
Altitud mínima (m s.n.m.)	645	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.314
Área total de la MSBT (km <sup>2</sup> )	194				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

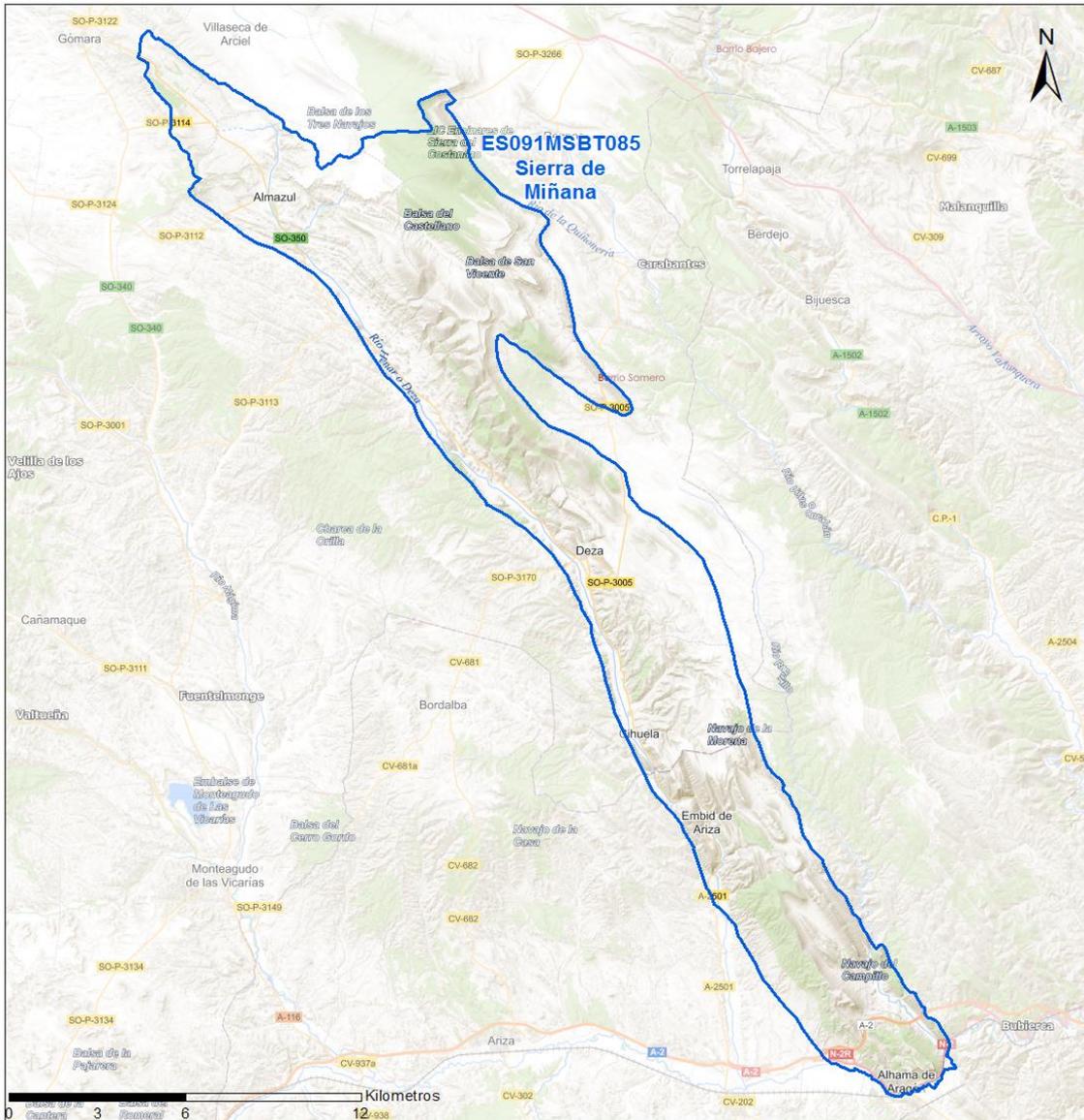
696

Año

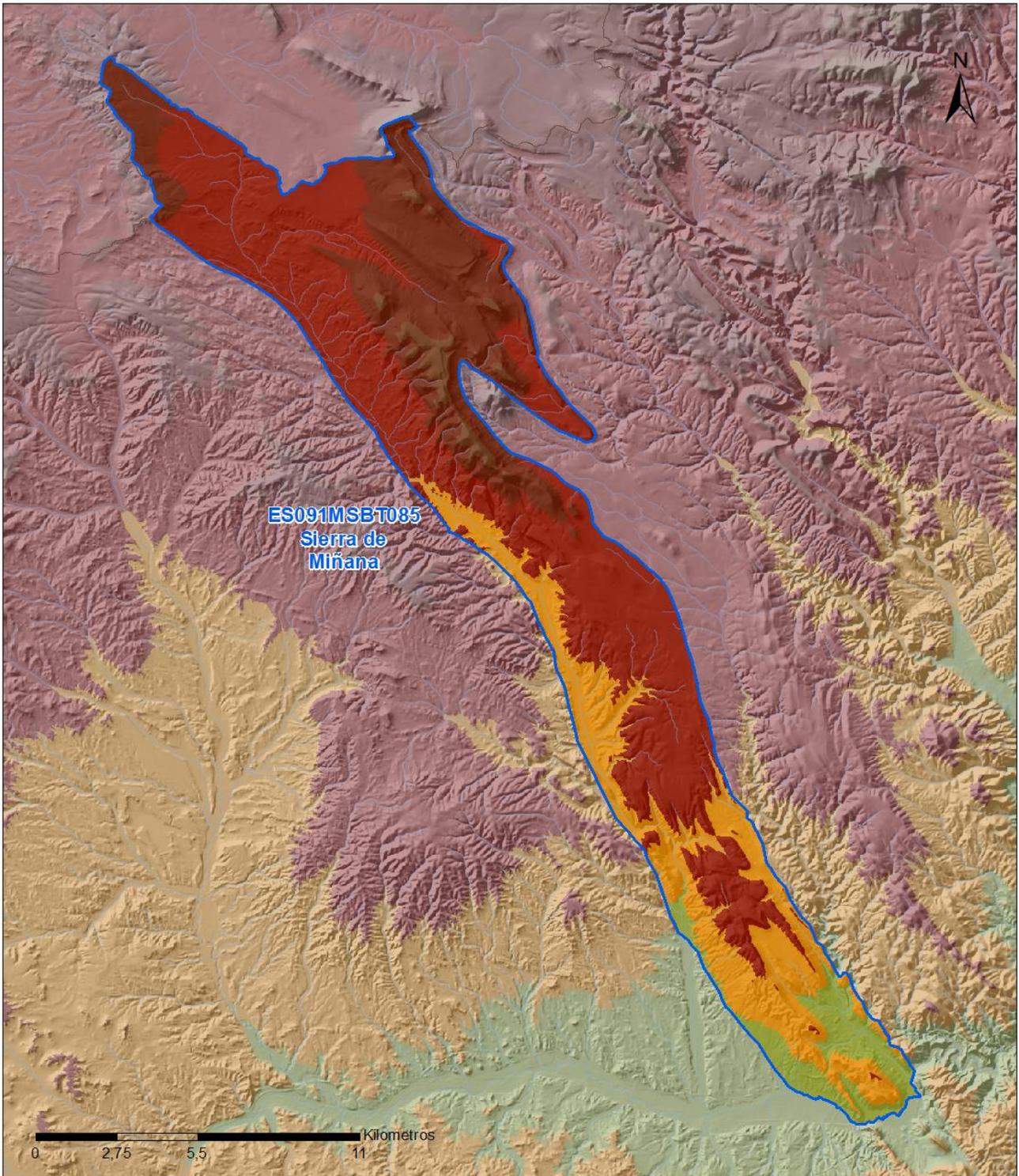
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

-  MSBT
-  Red Hidrográfica

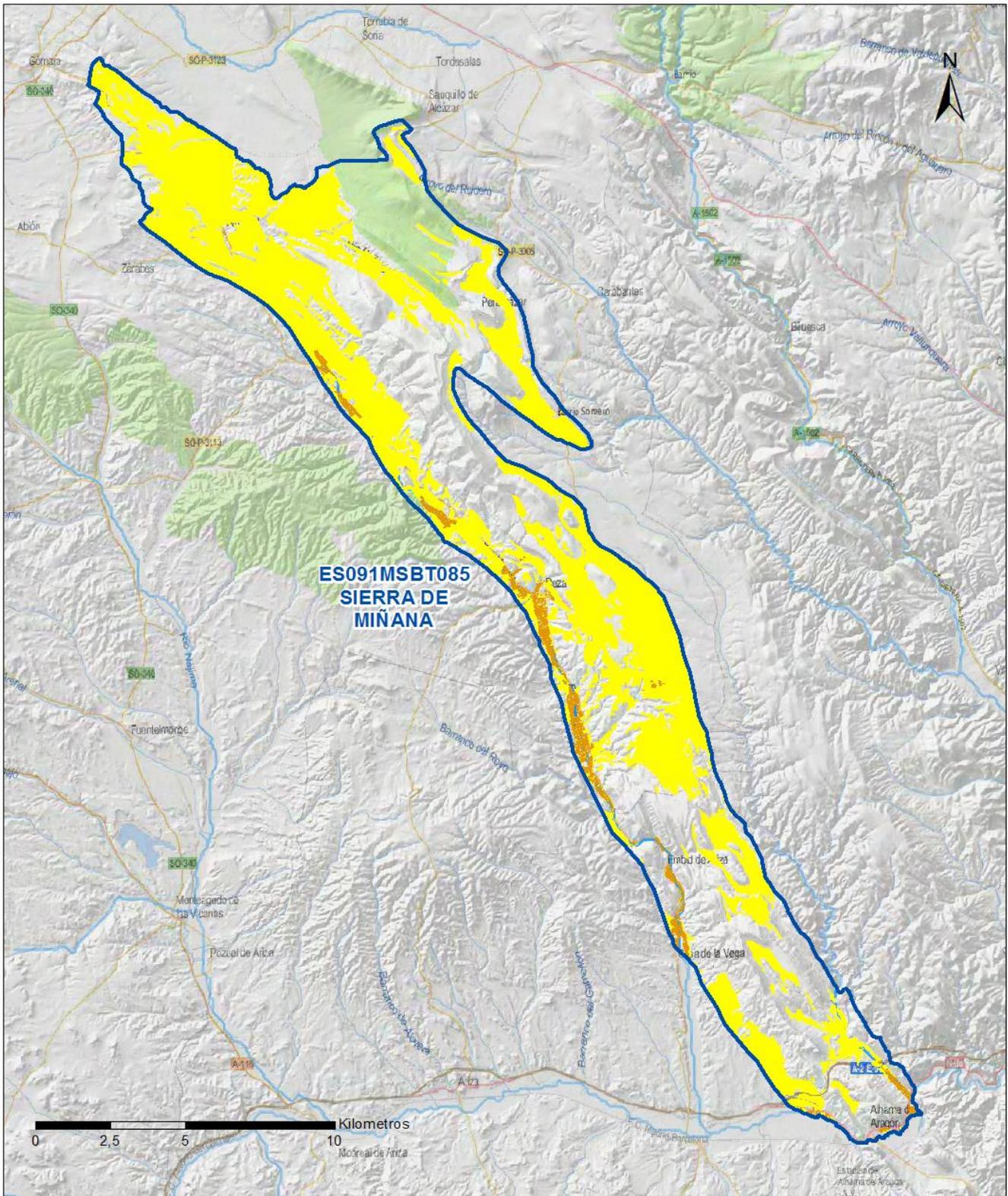
	0 - 150		600 - 750		1,200 - 1,350
	150 - 300		750 - 900		1,350 - 1,500
	300 - 450		900 - 1,050		1,500 - 1,650
	450 - 600		1,050 - 1,200		> 1,650

## 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	1.6	Vertederos	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	<input 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"/>

Fuentes difusas



**LEYENDA**

-  Red hidrográfica
-  MSBT:  
ES091MSBT085  
SIERRA DE MIÑANA

**Tipo de Presión Difusa (significativa):**

-  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	Probable

**2.3 RIESGO DE LA MSBT**

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

Riesgo de no alcanzar el buen estado químico	RIESGO QUÍMICO
Contaminante	Justificación / Observación

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato	Masas en riesgo de afección por nitratos (valores medios o máximos entre 40 y 50 mg/l en los últimos 4 años en más del 20% masa o valores máximos o medios superiores a 50 mg/l en menos del 20% masa)
------------------------------	---------	--

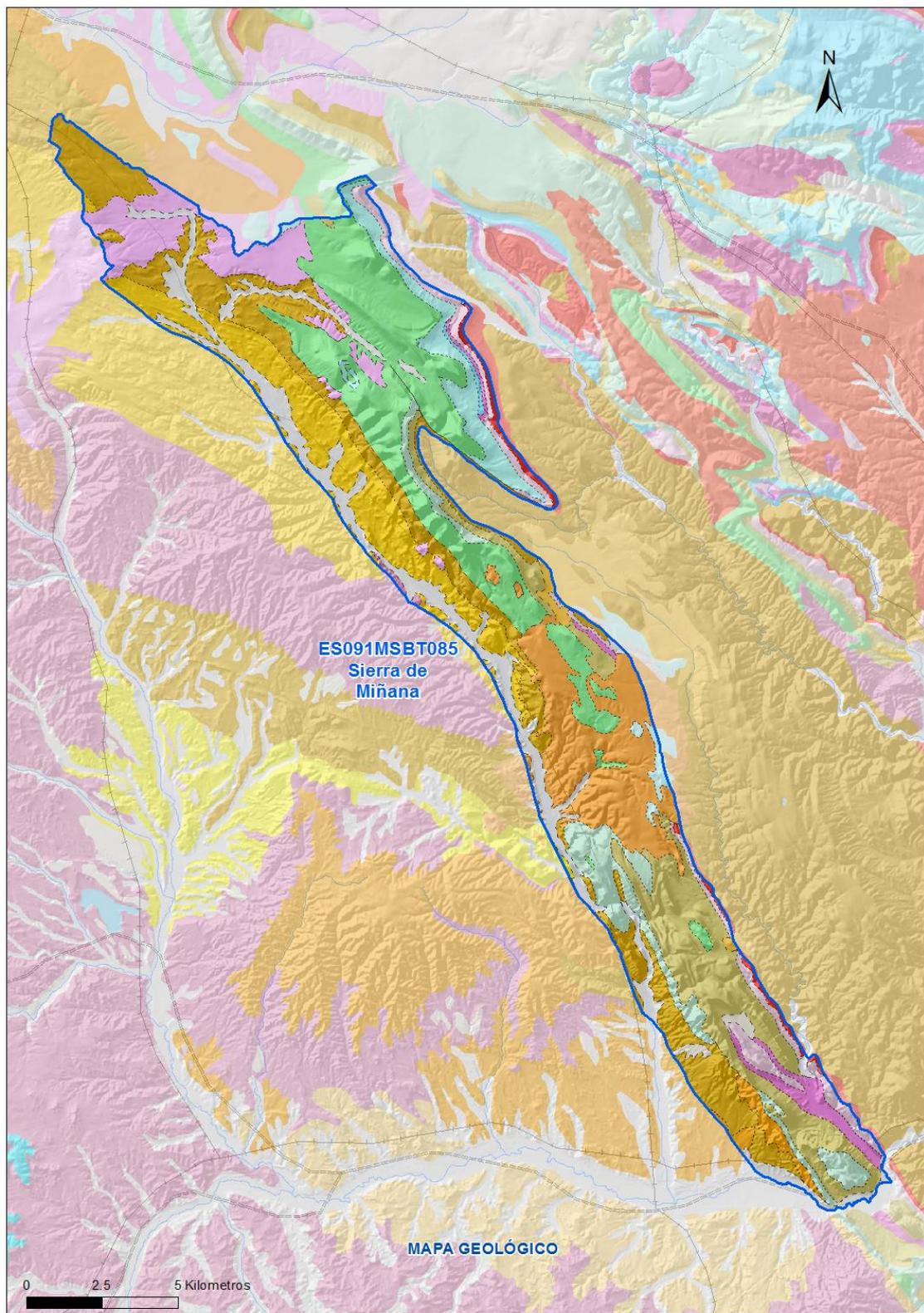
### 3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

#### 3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Duero-Almazán

Ibérica

#### 3.2 MAPA GEOLÓGICO



**LEYENDA**



**Estructuras**

- ⊥ Anticlinal
- ⊥ - Anticlinal supuesto
- ⊥ Sinclinal
- ⊥ - Sinclinal supuesto

**Contactos y fallas**

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

**LITOLOGÍAS**

Código	Descripción Litología
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacia, piedemonte y superficies)
339	Conglomerados cuarcíticos, gravas y arenas silíceas y arcillas (Rañas y otros aluviales finineóg
338	Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas(Calizas del Páramo 2)
337	Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas (Ab.Cantoral,Guardo,Cegoñal,Vidanes)
334	Arcillas rojas, con intercalaciones de areniscas, margas , calizas y costras (F. Tordómar)
325	Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)
323	Lutitas rojas con niv.conglom.,arenis. y costras calcáreas(F.Sta María Campo y U.Detr.Aranda)
319	Brech.,conglom.,lut.(cantos plút.o paleoz)(F.Olalla,Calzadilla,Peñalba,Escalonilla,Mingorría,etc.)
318	Arcillas y limos
317	Conglomerados y areniscas
201	Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas
197	Calizas, dolomías, margas (Dol.Villa de Ves,Caballar,F.Tabladillo,Hontoria,Mgas.Chera)
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)
160	Calizas generalmente oolíticas, con nódulos de sílex y, a veces, margas (Fm.Carb. de Chelva)
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carníolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)
137	Dolomías, calizas y margas(F. Muschelkalk)
104	Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa
58	Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)

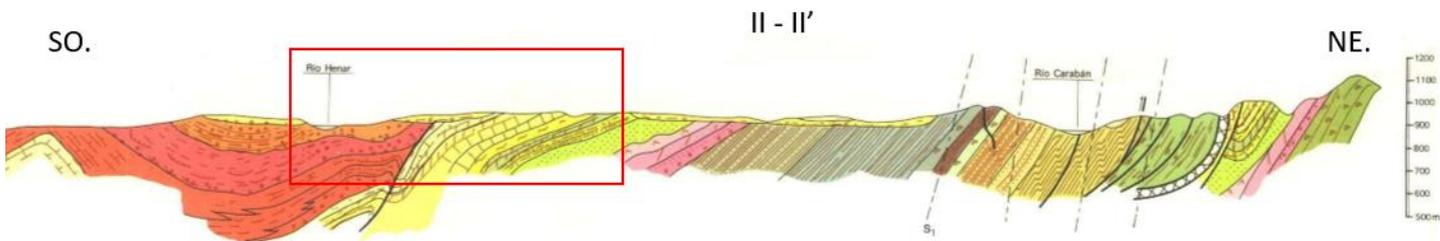
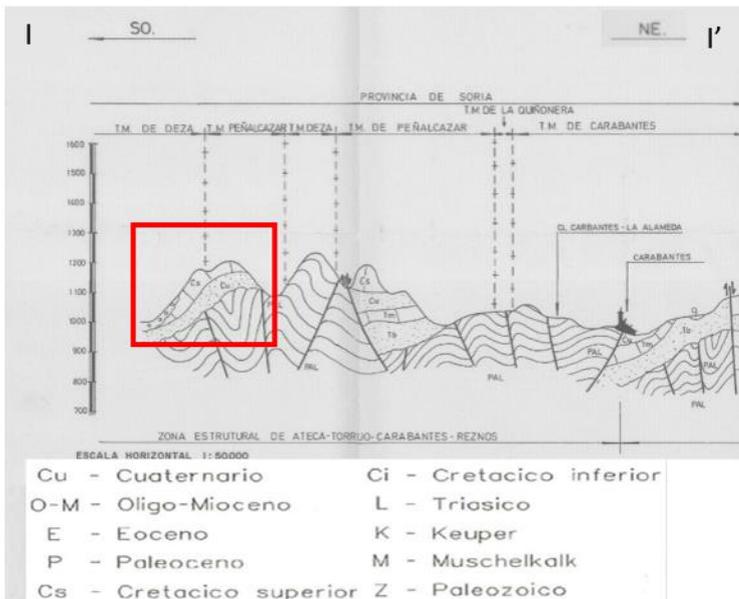
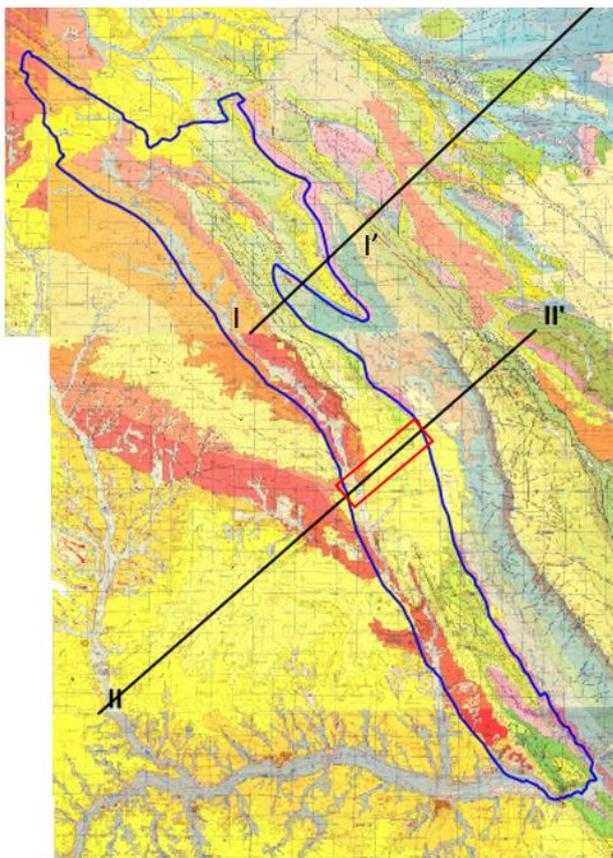
**3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS**

Litología	Edad geológica		Extensión (km <sup>2</sup> )	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	17,63	Detrítica	9,10
Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas (Calizas del Páramo 2)	Neógeno	Mioceno	1,22	Carbonatada	0,63
Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas (Ab.Cantoral, Guardo, Cegoñal, Vidanes)	Neógeno	Mioceno	20,02	Detrítica	10,34
Arcillas rojas, con intercalaciones de areniscas, margas, calizas y costras (F. Tordómar)	Neógeno	Mioceno	12,57	Detrítica	6,49
Brech., conglom., lut. (cantos plut. o paleoz) (F. Olalla, Calzadilla, Peñalba, Escalonilla, Mingorría, etc.)	Paleógeno	Oligoceno	2,39	Detrítica	1,23
Arcillas y limos	Paleógeno	Oligoceno	18,99	Detrítica	9,81
Conglomerados y areniscas	Paleógeno	Oligoceno	29,60	Detrítica	15,29
Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas	Cretácico	Superior	34,23	Carbonatada	17,68
Calizas, dolomías, margas (Dol. Villa de Ves, Caballar; F. Tabladillo, Hontoria; Mgas. Chera)	Cretácico	Superior	10,26	Carbonatada	5,30
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F. Utrillas), a veces con dolomías (F. Ar. y Arc. Segovia)	Cretácico	Inferior-Superior	22,81	Detrítica	11,78
Calizas generalmente oolíticas, con nódulos de sílex y, a veces, margas (Fm. Carb. de Chelva)	Jurásico	Medio (Dogger)	6,54	Carbonatada	3,38
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)	Triásico		3,65	Detrítica	1,89
Dolomías, calizas y margas (F. Muschelkalk)	Triásico	Medio	7,14	Carbonatada	3,69
Cuarcitas, pizarras, areniscas, lutitas, calizas y dolomías. Paleozoico Ibérica Aragonesa	Cámbrico-Ordovícico Inferior		1,74	Meta-Detrítica	0,90
Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos (Facies Buntsandstein)	Pérmico Superior-Triásico Inferior		2,06	Detrítica	1,06

**3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO**

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m)
	Sistema	Serie	valor menor-mayor
Gravas, arenas, limos	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	
Calizas, margocalizas y brechas calcáreas y oncolíticas	Neógeno	Mioceno	80-150
Gravas silíceas, conglomerados cuarcíticos y arenas	Neógeno	Mioceno	20-200
Brechas, conglomerados, lutitas, arcillas y limos	Paleógeno	Oligoceno	20-200
Calizas generalmente oolíticas, con nódulos de sílex y, a veces, margas	Jurásico	Medio (Dogger)	100-250
Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas	Cretácico	Superior	300 (máx.)
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados, a veces con dolomías	Cretácico	Inferior-Superior	250 (máx.)
Dolomías, calizas y margas	Triásico	Medio	50-100
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas	Triásico		250 (máx.)
Areniscas, conglomerados y lutitas, rojos	Pérmico - Triásico	Superior (Pérm.) - Inferior (Triás.)	

3.5 CORTES GEOLÓGICOS



TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO	PLIOCENO	38	38 Calizas	
			SUPERIOR	36	37 Arcillas con cantos calcáreos	
			MEDIO	33	36 Arcillas con cantos cuarcíticos	
	PALEOGENO	EOCENO	INFERIOR	35	35 Areniscas y arcillas con carbonatos	
				34	34 Arcillas, areniscas y conglomerados	
				31	33 Conglomerado calcáreo y arcillas rojas	
	CRETACICO	SUPERIOR	SENONIENSE		32	32 Calizas y margas blancas
					30	31 Conglomerado poligénico y arcilla roja
					28	30 Areniscas, margas y calizas
					27	29 Conglomerados y arcillas
INFERIOR		ALBIENSE		26	28 Arcillas rojas y margocalizas	
				25	27 Conglomerados cuarcíticos, areniscas y arcillas	
				23	26 Calizas, margas y yesos	
		F.U.	16	25 Arcillas rojas y areniscas		

### 3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Sierra de Miñana se encuentra enclavada en el dominio geoestructural de la Cordillera Ibérica, en su sector occidental, y dentro de ésta, entre la Cuenca Terciaria de Almazán y el Umbral Paleozoico de Ateca.

Se identifica con una banda de materiales mesozoicos que se ubican en el flanco SO de una gran estructura anticlinoria cuyo núcleo es el Paleozoico del Umbral de Ateca. Presenta unas directrices tectónicas de orientación ibérica NO-SE, con una estructura compleja de pliegues apretados y fallas inversas muy verticalizadas que involucran el Paleozoico.

El contacto de la cuenca de Almazán con los mesozoicos de la unidad se produce a lo largo del valle del río Henar. Los materiales detríticos del Cretácico inferior (Fm. Utrillas), constituyen el yacente de los materiales carbonatados del Cretácico Superior. Los niveles Jurásicos no están presentes a causa de la erosión pre o intra-Cretácica, que llega a afectar al Triás, de forma que la base de la Fm. Utrillas se dispone localmente sobre materiales paleozoicos.

Las litologías del Triásico medio (Muschelkalk) poseen una escasa área de afloramiento, debido a la parcial erosión pre o intra-Cretácica y la fuerte inmersión hacia el SO fosilizándose bajo la serie detrítica del Cretácico inferior.

El conjunto Paleoceno-Eoceno se dispone paraconcordante con el Cretácico superior, con el que se halla plegado conjuntamente. Los materiales neógenos muestran una disposición en onlap sobre el borde de la cuenca.

## 4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	83	5
Espesor Medio Z.N.S. (m)	44	

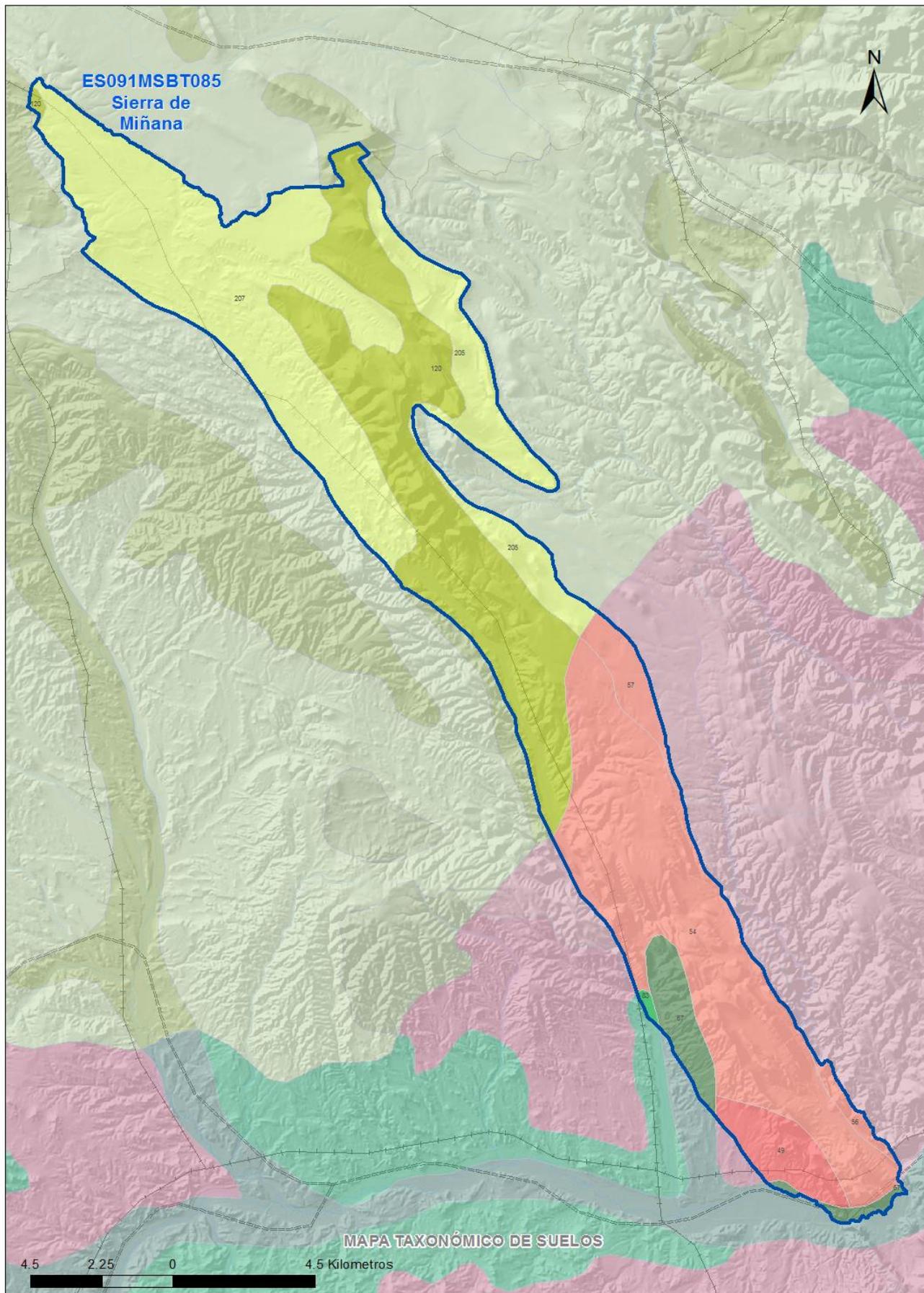
Litología Z.N.S. Calizas, dolomías, brechas dolomíticas, margas, conglomerados y areniscas

## 4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km <sup>2</sup> )	% Afloramiento en la MSBT
ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID	7	3,58
ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID	58	29,91
ENTISOL, FLUVENT, TORRIFLUVENT	7	3,59
ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT	0	0,18
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	50	25,73
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	72	37,01

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



# LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

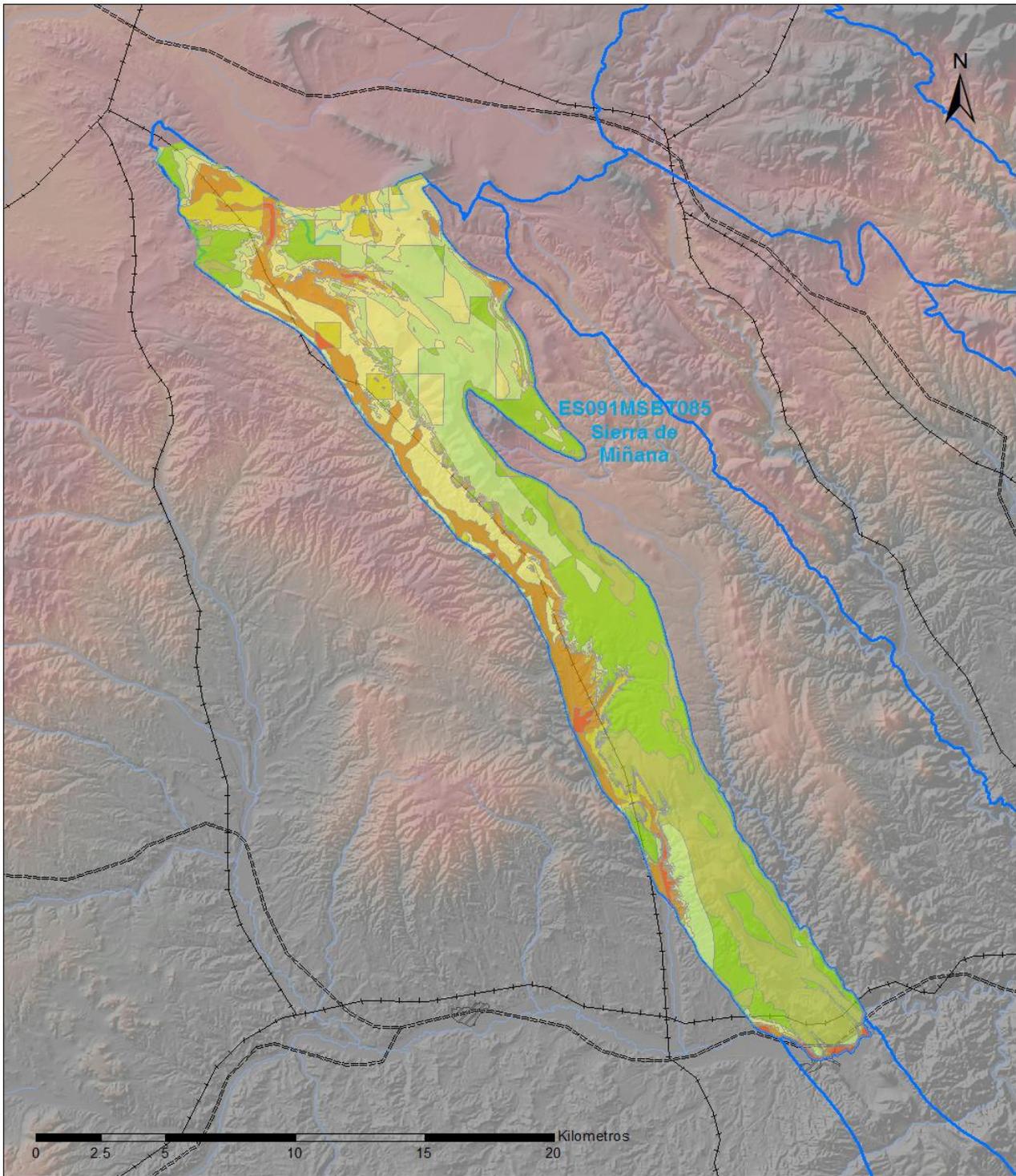
## CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
48	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
49	ARIDISOL, CALCID, HAPLOCALCID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplosalid, NO INCLUSION2
54	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
56	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
57	ARIDISOL, CAMBID, HAPLOCAMBID, NO GRUPO2, TORRIORTHENT, NO ASOCIA2, Haplargid, NO INCLUSION2
67	ENTISOL, FLUVENT, TORRIFLUVENT, TORRIORTHENT, HAPLOCALCID, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
83	ENTISOL, ORTHENT, TORRIORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
120	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Haploxerept
205	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeralf, Rhodoxeralf
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	
1 (Muy Baja)	16 - 30	0,12	
2 (Muy Baja)	30 - 44	18,84	
3 (Baja)	44 - 58	23,86	
4 (Baja)	58 - 72	21,28	
5 (Moderada)	72 - 86	17,95	
6 (Moderada)	86 - 100	6,80	
7 (Alta)	100 - 114	11,57	
8 (Alta)	114 - 128	1,30	

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

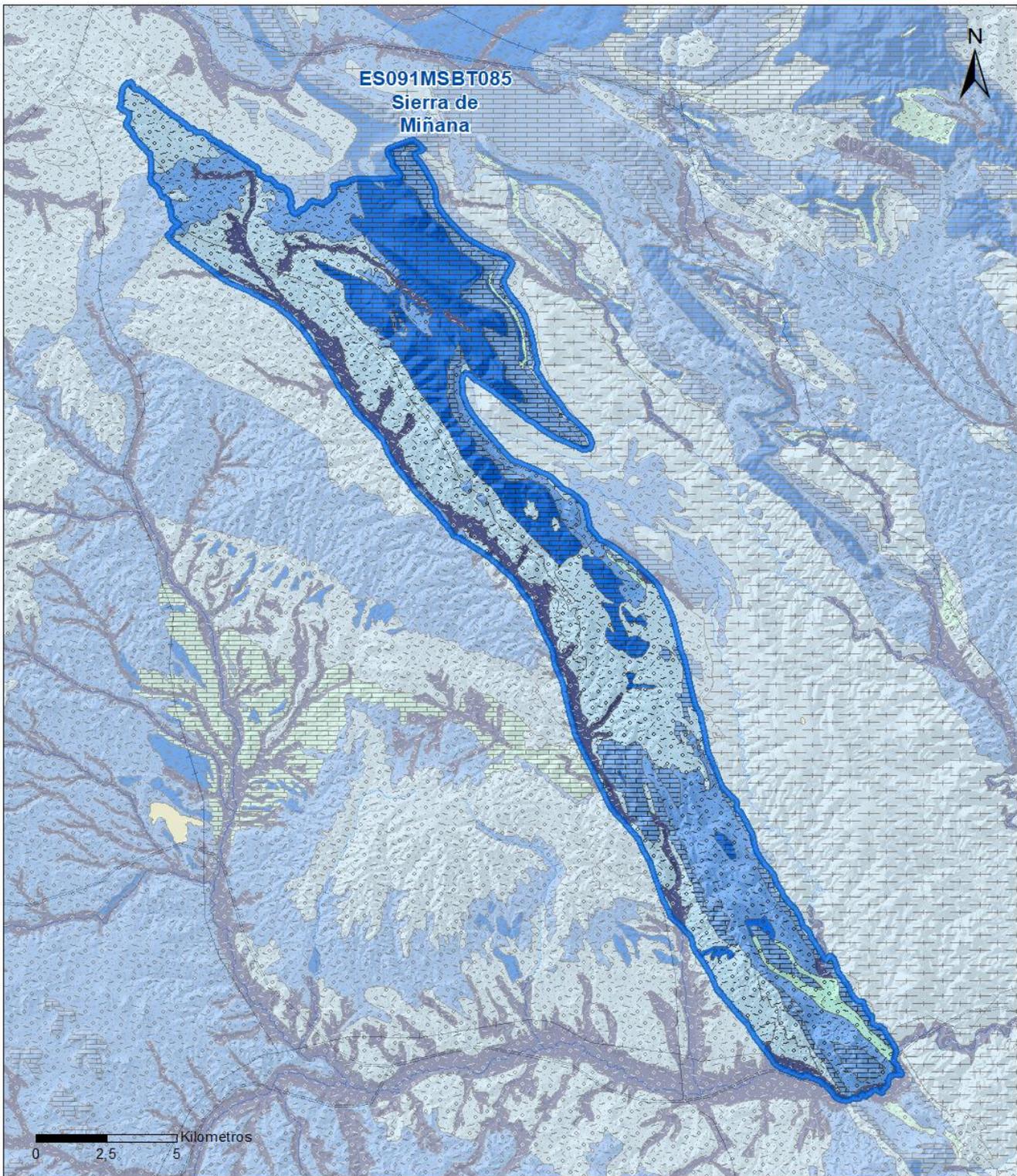
## 5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	Cuenca de Almazán
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	Araviana
Este	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT Sierra de Miñana (ES091MSBT085) limita al norte con las MSBT Araviana (ES020MSBT000400034) y con la Cuenca de Almazán (ES020MSBT000400037), las cuales pertenecen a la DH Duero, y con las que se define un contacto hidrológico; al este, limita con la MSBT Sierra Paleozoica de Ateca (ES091MSBT083) y al sur, limita con la MSBT Páramos del Alto Jalón (ES091MSBT086), con estas dos MSBT comparte una condición de límite cerrado (flujo nulo) por su naturaleza impermeable.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



PERMEABILIDAD

- MUY ALTA, DETRÍTICAS
- ALTA, DETRÍTICAS
- ALTA, CARBONATADAS

- MEDIA, DETRÍTICAS
- MEDIA, CARBONATADAS
- BAJA, DETRÍTICAS

- BAJA, META-DETRÍTICAS
- MUY BAJA, DETRÍTICAS
- MUY BAJA, CARBONATADAS

**5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES**

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km <sup>2</sup> )
			Sistema	Serie		
Muschelkalk	Calizas y dolomías	Media-Alta	Triásico	Medio	60	7
Cretácico superior	Calizas y dolomías	Media-Alta	Cretácico	Superior	400 (máx.)	44
Terciario continental detrítico	Conglomerados y arenas	Media	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	20-200	84
Terciario continental caláreo	Calizas	Media-Alta	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	80-150	1
Cuaternario (aluvial del Deza o Henar)	Arenas y gravas	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		18
Cuaternario (aluvial del Monegrillo)	Arenas y gravas	Alta	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno		18

**5.3 ACUÍFEROS**

Acuífero	Extensión afloramiento (km <sup>2</sup> )	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Muschelkalk	7	3,69	Libre-semiconfinado	60	Karstificación-Fisuración	Muschelkalk
Cretácico superior	44	22,97	Semiconfinado	400 (máx.)	Karstificación-Fisuración	Cretácico superior
Terciario	85	43,79	Libre	100-350	Karstificación-Intergranular	Terciario continental caláreo y Terciario continental detrítico
Cuaternario	18	9,10	Libre		Intergranular	Cuaternario (aluvial del Monegrillo) y Cuaternario (aluvial del Deza o Henar)

**Descripción general:**

La MSBT está formada por 4 acuíferos, los cuales están formados por una FGP (Ac. Cretácico Superior y Muschelkalk) o dos FGP (Cuaternario y Terciario).

Los acuíferos del Cretácico Superior y Muschelkalk, son los más relevantes dentro de la MSBT. Son de tipo carbonatado con una porosidad asociada a la karstificación y/o fisuración, y espesores que llegan hasta los 460 m en su conjunto.

El acuífero Terciario está formado por rocas carbonatadas (FGP Terciario continental carbonatado) y por materiales detríticos (FGP Terciario continental detrítico), con espesores de hasta 350 m.

Por último, el acuífero Cuaternario está constituido por materiales detríticos que forman los depósitos aluviales (FGP Aluvial de Monegrillo y FGP Aluvial del Deza o Henar).

El yacente de baja permeabilidad, está formado por las arenas de Utrillas, localmente dispuestas sobre materiales paleozoicos debido a la erosión de los materiales jurásicos y triásicos.

**5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m <sup>2</sup> /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Cretácico Superior	Cretácico Superior	Ensayo de bombeo	23,00	23,00		

**Descripción general:**

Existe un piezómetro de control Deza (09.701.01) en el que las pruebas de bombeo aportan valores de transmisividad medios de 23 m<sup>2</sup>/día, según el método de análisis.

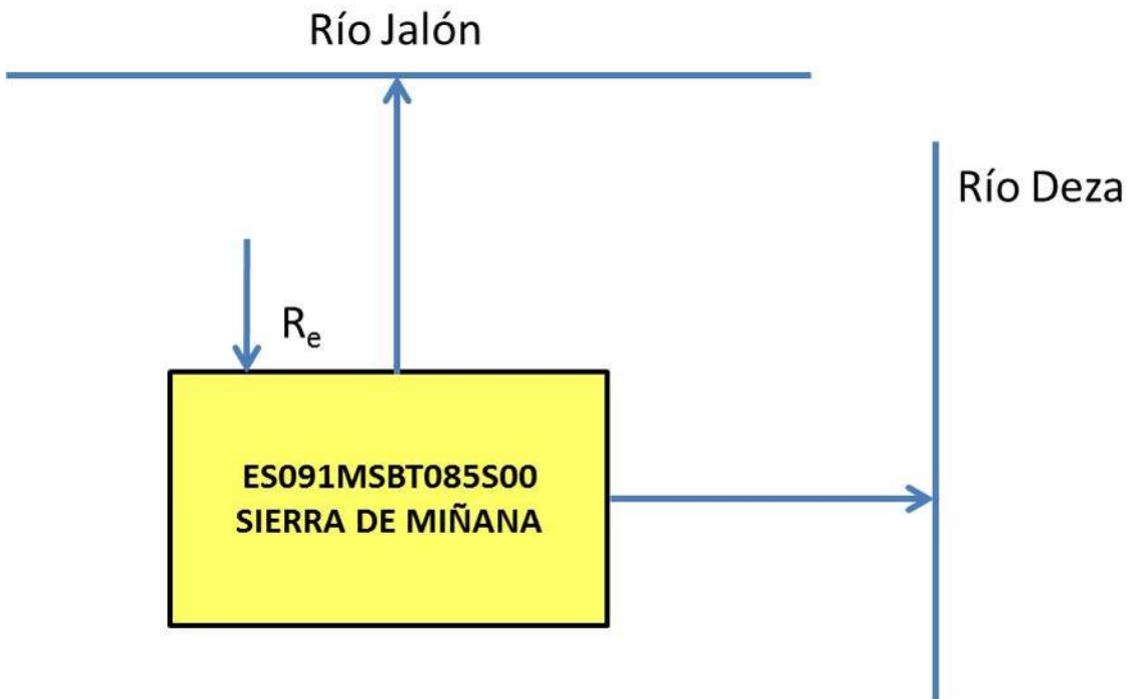
**5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO**

Esta MSBT presenta importantes incertidumbres en lo que se refiere a su funcionamiento y delimitación (límite septentrional). Se considera que la recarga de las formaciones acuíferas mesozoicas (Ac. Cretácico Superior y Muschelkalk) se produce por infiltración directa del agua de lluvia en los sectores más elevados (Sierras de Corija, Miñana y Cetina) donde se encuentran los mayores afloramientos. El drenaje principal se produce en las surgencias de Alhama de Aragón, que descargan al río Jalón (zona de menor cota de la MSBT). Además, también se produce descarga hacia el cauce del río Deza, en el contacto Cretácico superior-Terciario. El acuífero queda confinado bajo los materiales terciarios de la cuenca de Almazán en el sector occidental de la MSBT. La dirección de flujo principal es coincidente con la dirección estructural general del acuífero y presenta una componente NO-SE. Esta masa de agua subterránea presenta un régimen de funcionamiento casi natural, ya que apenas existen zonas de explotación (únicamente se capta agua subterránea para abastecimientos de pequeñas poblaciones) y no hay obras de regulación o derivación significativas.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT085S00	Sierra de Miñana
Esquema: ES091MSBT085S00	

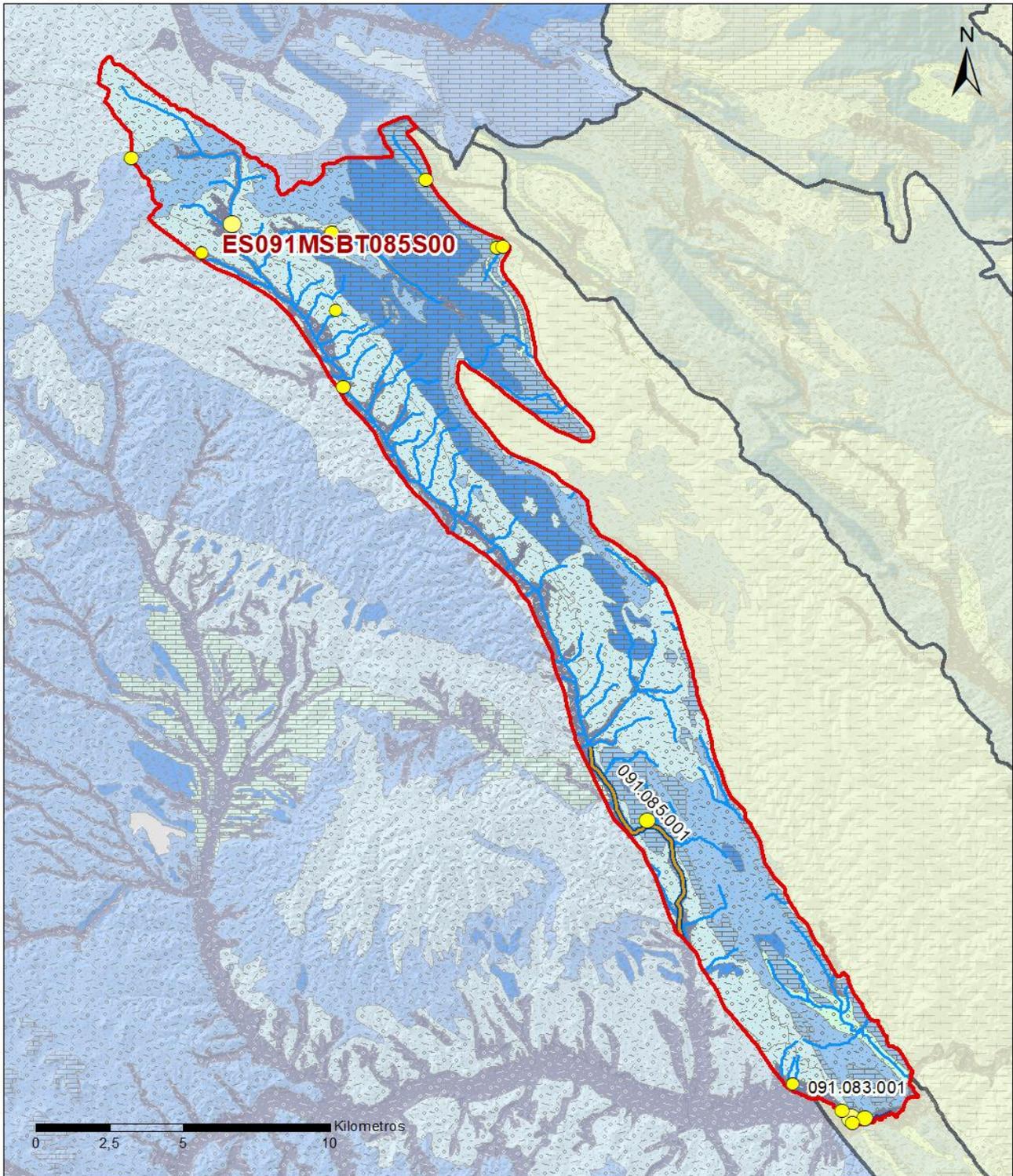


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT085S00	ES091MSPF311	Río Deza desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Jalón (inicio del tramo canalizado).	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.085.001
ES091MSBT085S00	ES091MSPF312	Río Jalón desde el río Deza (inicio del tramo canalizado) hasta el barranco del Monegrillo.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.085.002

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. $\alpha$ del manantial (días $-1$ )	Caudal medio ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	Rango ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de transferencia (L/s/m)
ES091MSBT085S00	091.085.001	909		5,70	3,46-6,62	43	0,02150
ES091MSBT085S00	091.085.002	660		7,47	3,15-31,5	57	0,12240



**LEYENDA**

-  Recintos Hidrogeológicos
-  MSBT
-  Red hidrográfica

**Manantiales**

-  <1 l/s
-  1-10 l/s
-  10-15 l/s
-  15-25 l/s
-  25-50 l/s
-  50-100 l/s
-  100-250 l/s
-  >250 l/s

**Relación Río-Acuífero**

-  Río ganador con conexión difusa directa
-  Río ganador a favor de un grupo de manantiales asociados al cauce o a tributarios
-  Río ganador que recibe la descarga directa del acuífero

**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

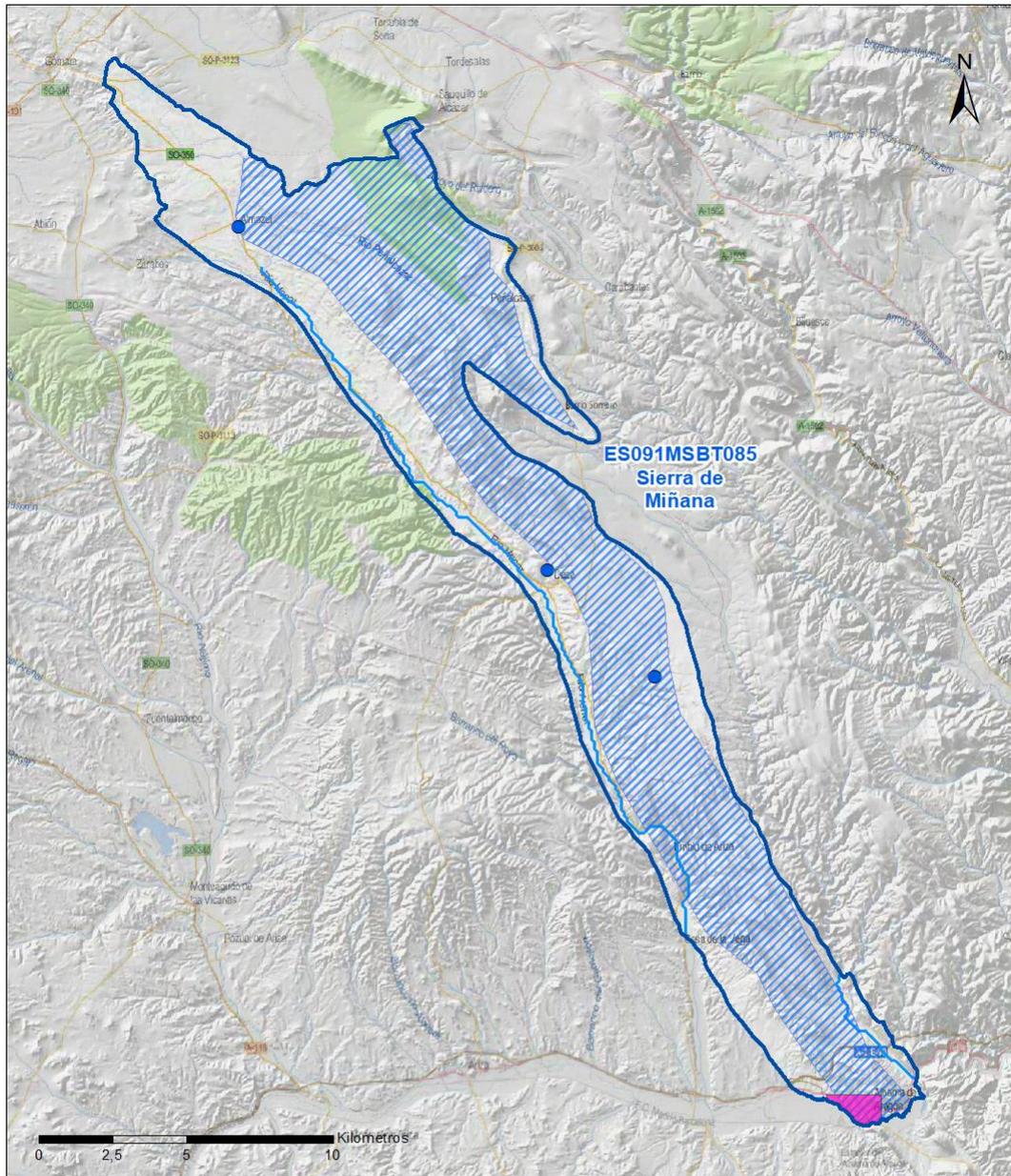
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,05
Zonas de futura captación de agua para consumo humano	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	121	62,73
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Perímetros de protección de aguas minerales y termales	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,69

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

**7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)**

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)	Componente	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración lluvia	2,36	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	0,26
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,08		
Otras entradas		Otras salidas	
<b>Entradas Totales</b>	<b>2,43</b>	<b>Salidas Totales</b>	<b>0,26</b>
Diferencia entradas-salidas (hm <sup>3</sup> /año) (RA)		2,17	

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

**7.2.1 2º Ciclo de Planificación ( 2015 )**

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	2,58
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	0,21
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	0,60
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	2,96
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,07

**7.2.2 3º Ciclo de Planificación ( 2021 )**

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	2,36
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	0,26
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	0,47
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	1,96
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,13

“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

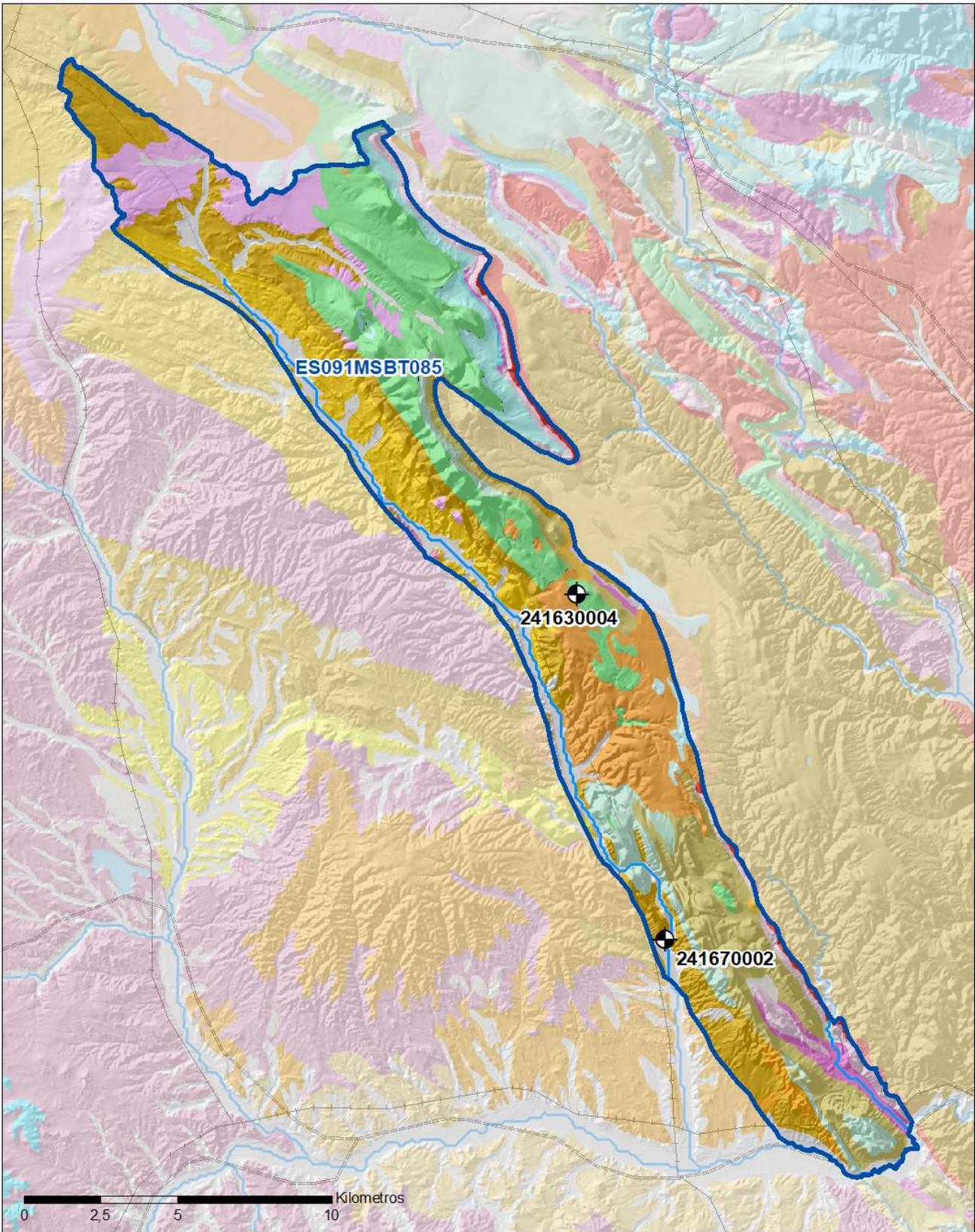
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
241630004	Piezometría	583.336	4.591.141	Cretácico Superior	02/09/2004			300,0	1.003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
241670002	Piezometría	586.191	4.579.842	Terciario Continental Carbonatado	19/05/1994			165,0	746	<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

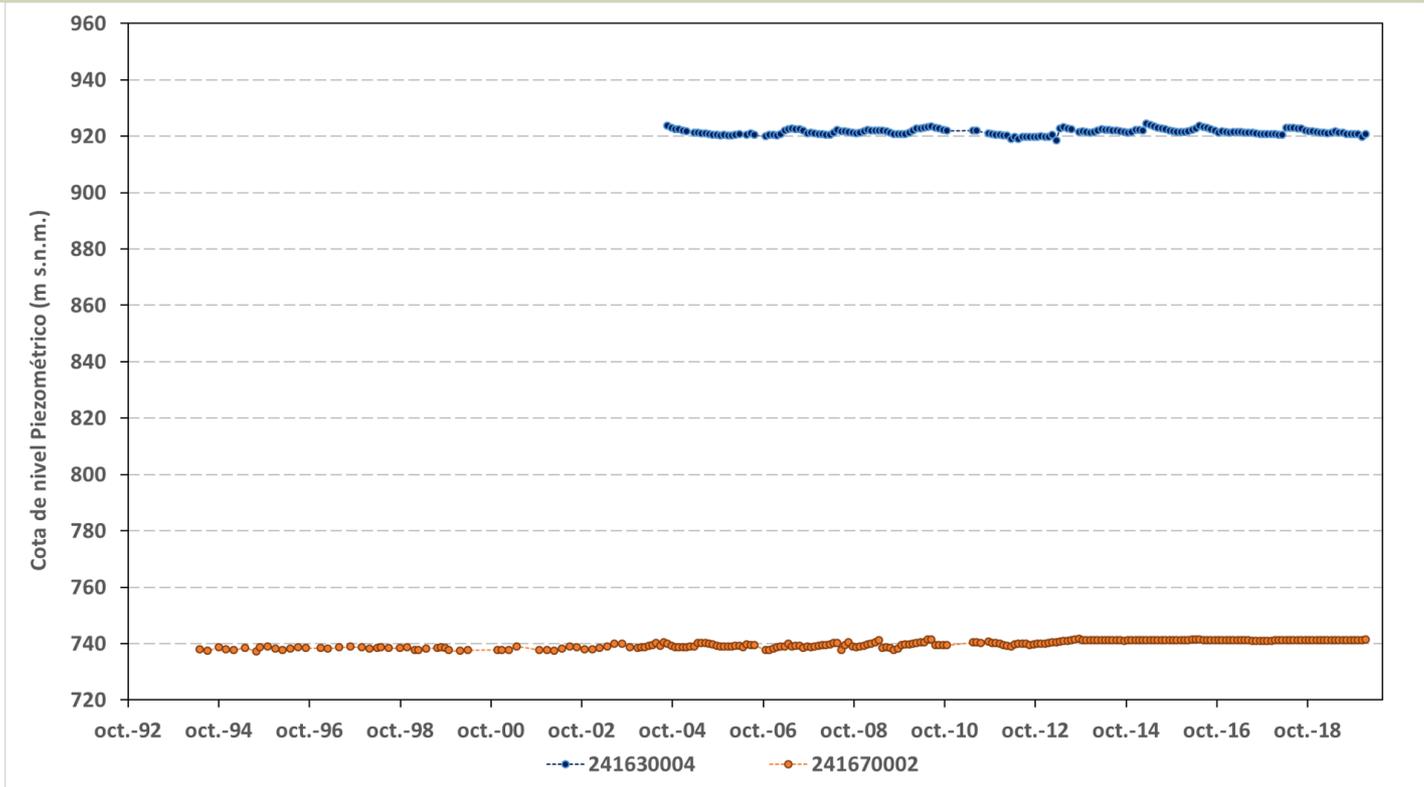
**Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo**

-  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 red de control piezométrico está constituida por dos piezómetros que presentan medidas del nivel freático (NF) continuadas desde el año 1994 hasta el año 2020 (IPA\_ 241630004 e IPA\_ 241670002). El nivel piezométrico medio es de 921,5 y 739,9 m s.n.m., respectivamente. Los dos puntos muestran una evolución con leves variaciones significativas interanuales y/o estacionales, con rangos de variación entre 4,5 y 6 m. El punto IPA\_ 241630004 está asociado al acuífero Cretácico Superior y el punto IPA\_ 241670002 al acuífero Terciario (continental carbonatado).

**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
241630004	2004	2020	173	924,5	918,5	921,5	6,0	-0,19	Cretácico Superior	No
241670002	1994	2020	237	741,8	737,4	739,9	4,5	0,13	Terciario Continental Carbonatado	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



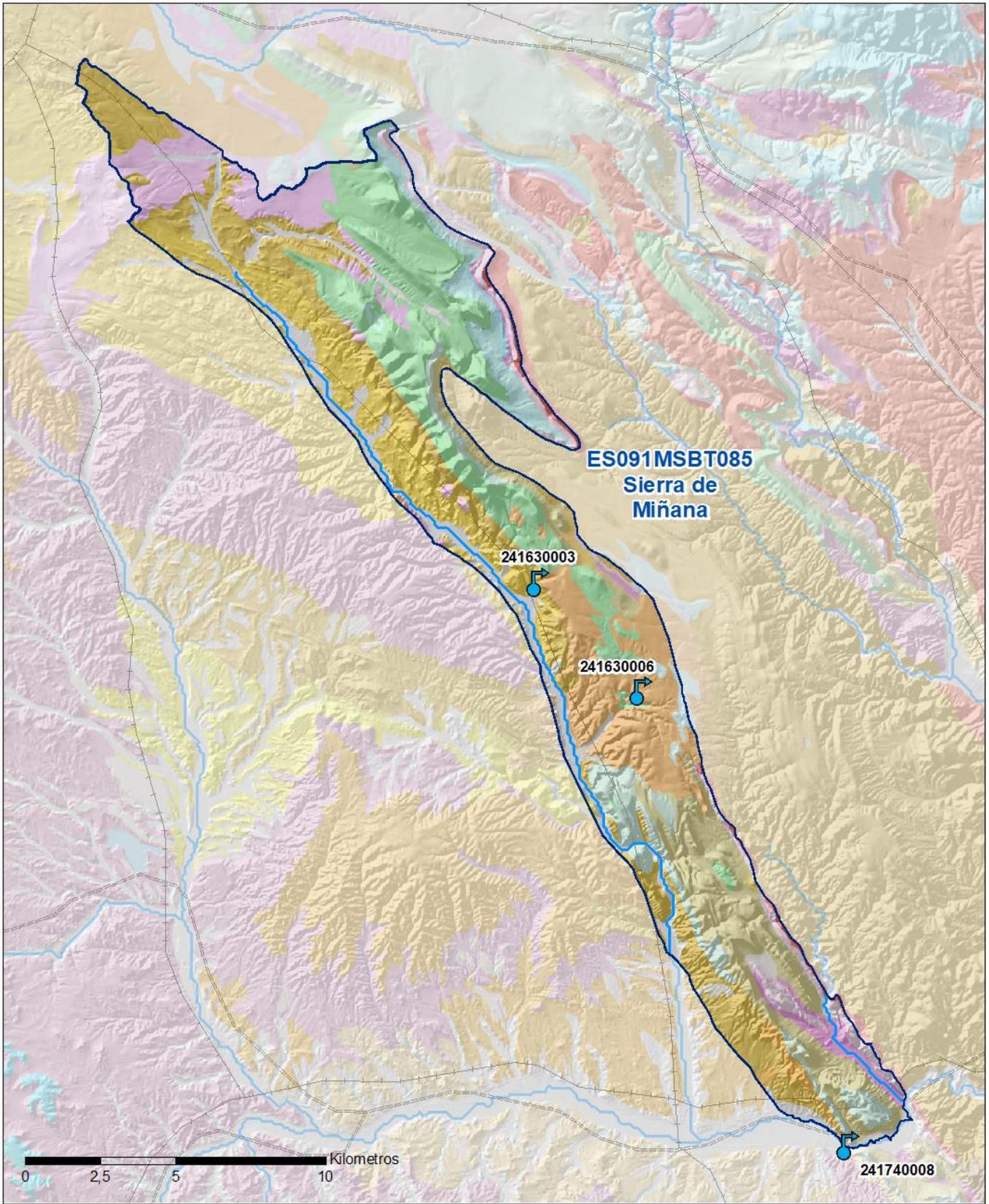
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
241630003	MANANTIAL DEL SUSO	581.924	4.591.061	903		MANANTIAL	Cretácico superior - Calizas y dolomías	27/03/1995
241630006	FUENTE JACINTO	585.347	4.587.408	915		MANANTIAL	Terciario continental detrítico - Conglomerados y arenas	08/07/2010
241740008	TERMAS PALLARES	592.211	4.572.196	664		MANANTIAL	Cretácico superior - Calizas y dolomías	27/09/1995

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
241630003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
241630006	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
241740008	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Mapa Red Control



**LEYENDA**

 Red hidrográfica

 MSBT

**Tipo de Captación**

 MANANTIAL

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
241630003	Calizas y dolomías (Cretácico superior)	Bicarbonatada cálcica
241630006	Conglomerados y arenas (Terciario continental detrítico)	Bicarbonatada cálcica
241740008	Calizas y dolomías (Cretácico superior)	Sulfatada bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT SIERRA DE MIÑANA (2019)

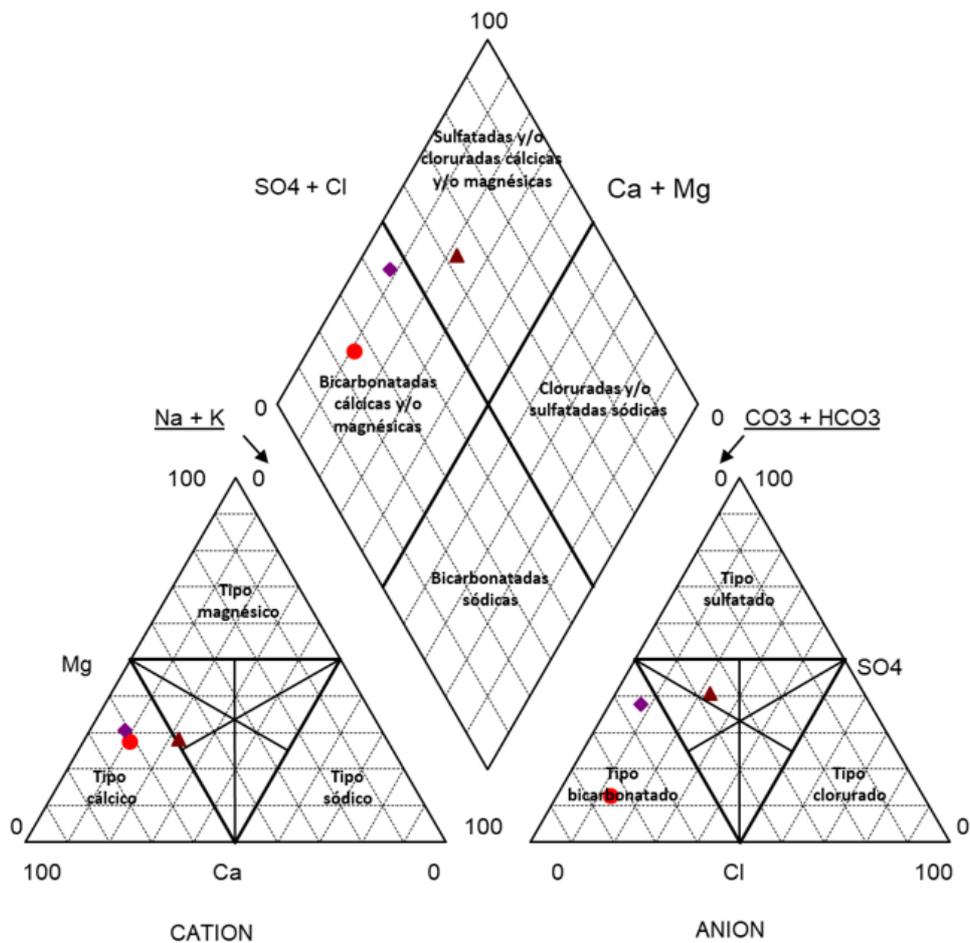


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241630003

Sierra de Miñana 241630003 (2015-2017)

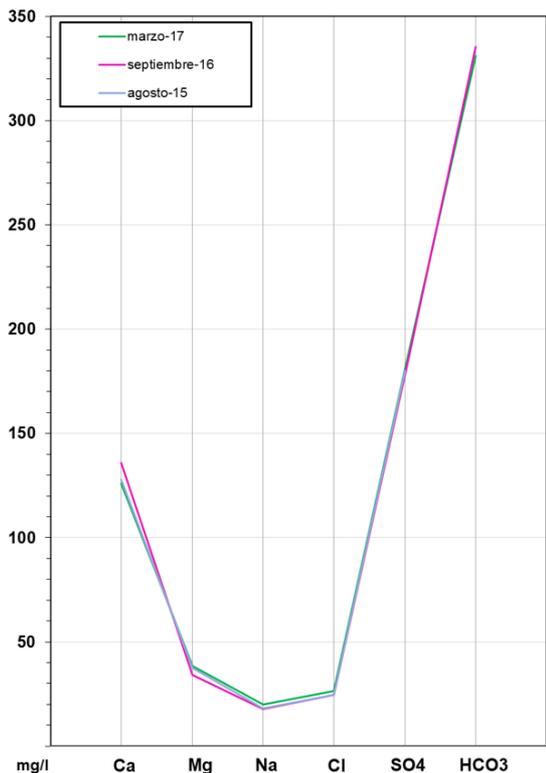


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241630006

Sierra de Miñana 241630006 (2015-2019)

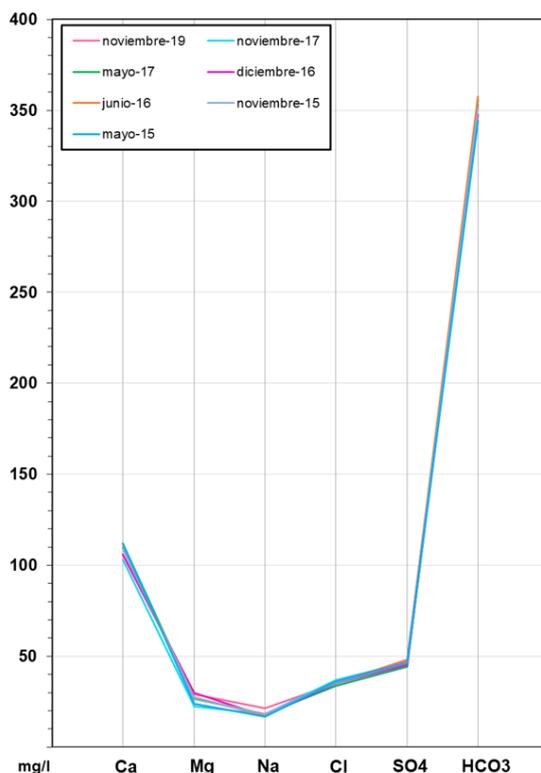
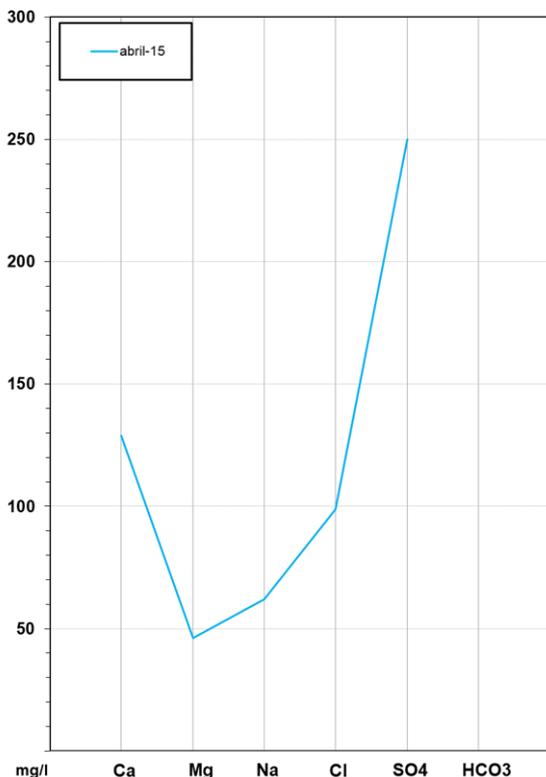


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 241740008

Sierra de Miñana 241740008 (2015)



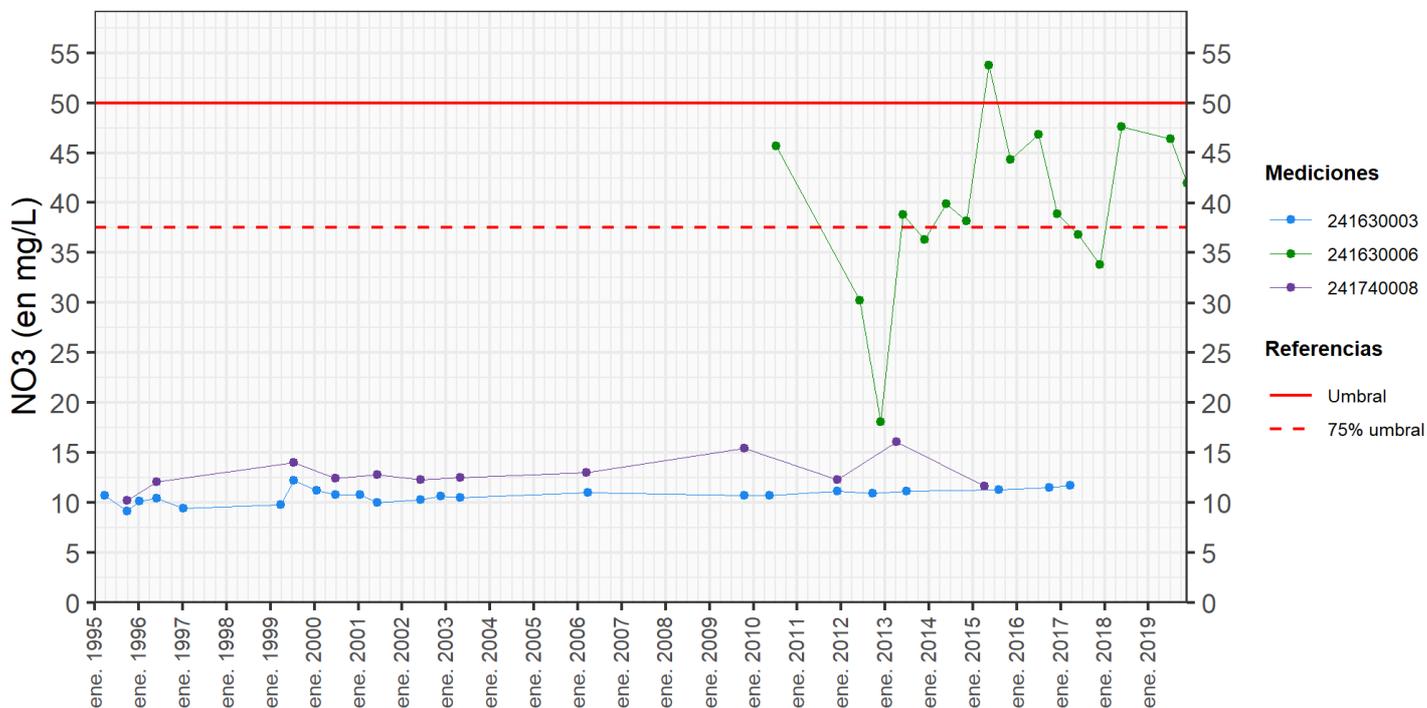
9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

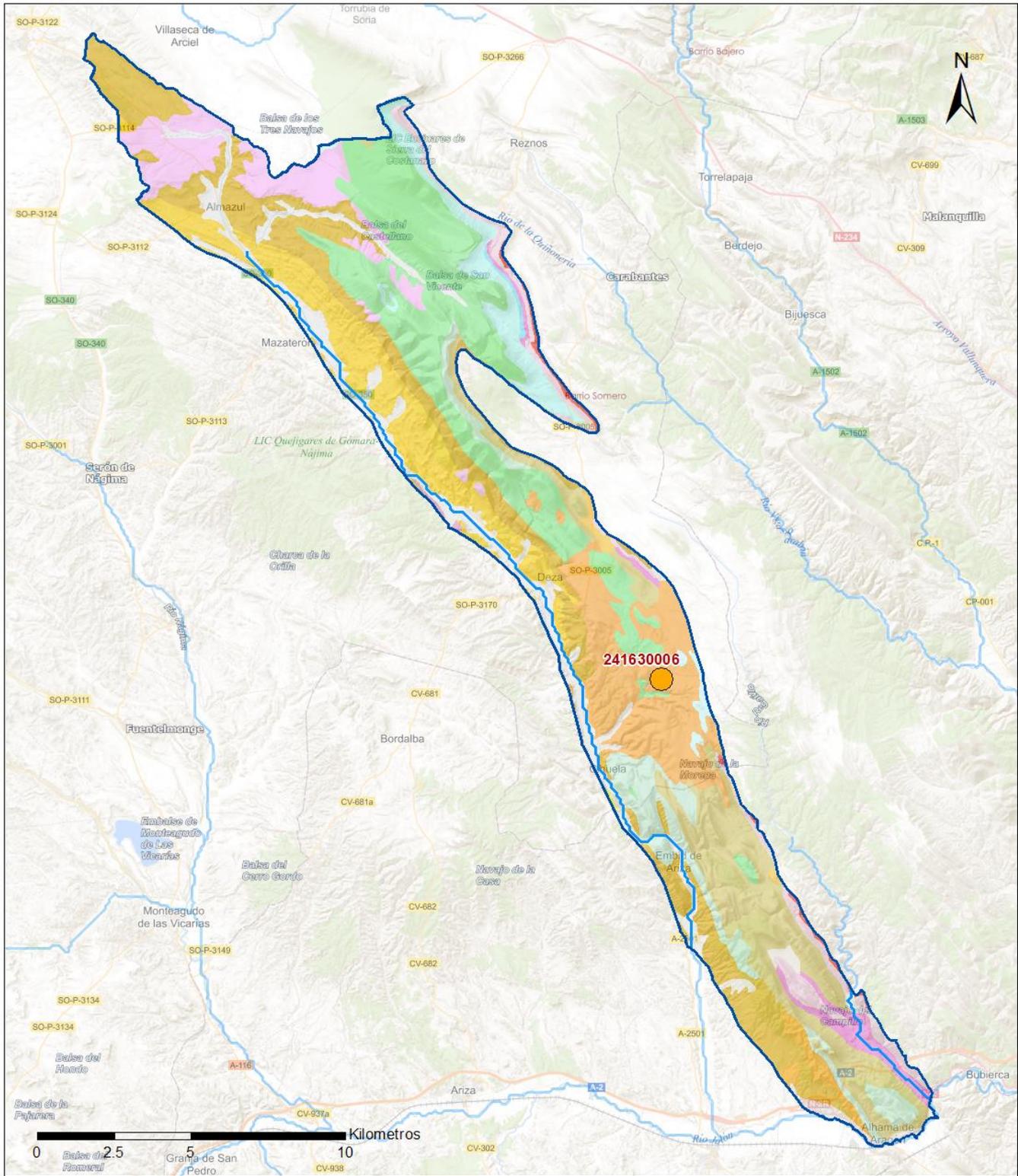
SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
	1	

**Gráficas de Evolución**



ES091MSBT085 - NO3 (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrográfica
- ES091MSBT085
- Sierra de Miñana

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**

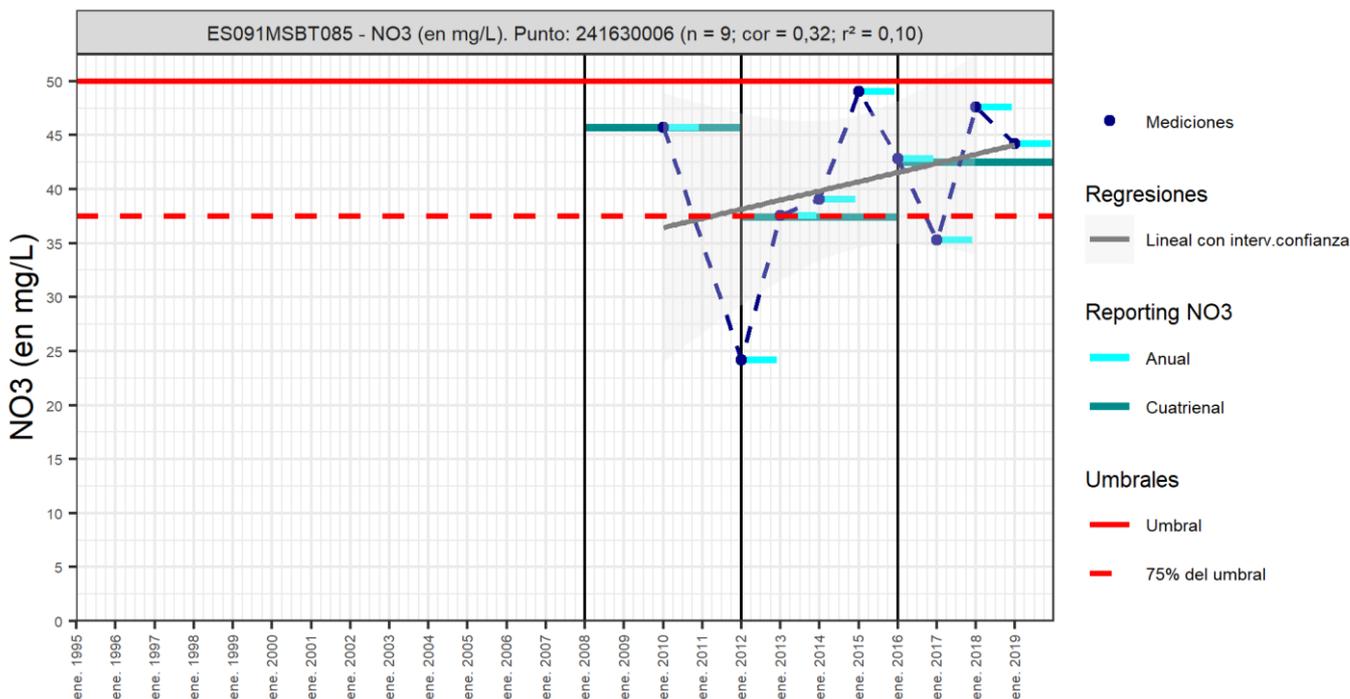
Selección de puntos para evaluación de tendencias

Para el análisis de la tendencia del contenido en nitratos de la masa de agua Sierra de Miñana se ha seleccionado 1 punto de control que se corresponde con un manantial (IPA\_241630006) en el Ac. Terciario continental y dispone de 8 medidas consecutivas entre los años 2012 y el 2019, las cuales superan el 75 % el valor de Norma de Calidad (50 mg/L).

Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Código Punto 241630006



**Análisis de tendencias**

Los resultados obtenidos en el punto de control seleccionado por el método de regresión lineal tienen valores de R<sup>2</sup> < 0,3 lo que indica un nivel de confianza bajo. El análisis estadístico de Mann-Kendall de las series históricas anuales no permite identificar una tendencia de evolución significativa con GS < de 90% (tendencia dudosa).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios muestran un ligero aumento de la concentración de nitrato en el punto seleccionado de 4,31 mg/L.

Resultados del análisis de tendencias								Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			
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
241630006	mg/L	Histórica	2010	2019	Anual	9	8	24,15	49,05		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
241630006	0,10482	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	1,70E-01	82,60	MEDIO

Resultado análisis de tendencias Informe Cuatrienal: Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en mg/L													
Código Punto	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	Valor Mín.	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)		
241630006	Histórica	2012	2019	Cuatrienal	2	37,45	41,76		37,50	37,45	41,76	4,31	Ascendente

## 10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea **ES091MSBT085 Sierra de Miñana** con 193,62 km<sup>2</sup> de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma de Castilla y León y el resto se integra en la C.C.A.A de Aragón. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Alto Jalón - Alto Jiloca en la zona sur-occidental de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se identifica con la banda de afloramientos mesozoicos localizados entre la cuenca terciaria de Almazán y el Umbral Paleozoico de Ateca, extendiéndose desde la sierra de Miñana, al norte, hasta el Jalón, al sur. Los municipios con mayor porcentaje de ocupación en la MSBT son Deza y Almazul.

Desde el punto de vista geológico, la MSBT se encuentra enclavada en el dominio geoestructural de la Cordillera Ibérica, en su sector occidental, y dentro de esta, entre la Cuenca Terciaria de Almazán y el Umbral Paleozoico de Ateca. Se identifica con una banda de materiales mesozoicos que se ubican en el flanco SO de una gran estructura anticlinoria cuyo núcleo es el Paleozoico del Umbral de Ateca. Presenta unas directrices tectónicas de orientación ibérica NO-SE, con una estructura compleja de pliegues apretados y fallas inversas muy verticalizadas que involucran el Paleozoico. El contacto de la cuenca de Almazán con los mesozoicos de la unidad se produce a lo largo del valle del río Henar.

Los materiales detríticos del Cretácico inferior (Fm. Utrillas), constituyen el yacente de los materiales carbonatados del Cretácico superior. Los niveles Jurásicos no están presentes a causa de la erosión pre o intra-Cretácica, que llega a afectar al Triás, de forma que la base de la Fm. Utrillas se dispone localmente sobre materiales paleozoicos. Las litologías del Triásico medio (Muschelkalk) poseen una escasa área de afloramiento, debido a la parcial erosión pre o intra-Cretácica y la fuerte inmersión hacia el SO fosilizándose bajo la serie detrítica del Cretácico inferior. El conjunto Paleoceno-Eoceno se dispone paraconcordante con el Cretácico superior, con el que se halla plegado conjuntamente. Los materiales neógenos muestran una disposición en onlap sobre el borde de la cuenca.

La MSBT Sierra de Miñana (ES091MSBT085) limita al norte con las MSBT Araviana (ES020MSBT000400034) y con la Cuenca de Almazán (ES020MSBT000400037), las cuales pertenecen a la DH Duero, y con las que se define un contacto hidrológico (divisoria de aguas); al este, limita con la MSBT Sierra Paleozoica de Ateca (ES091MSBT083) y al sur, limita con la MSBT Páramos del Alto Jalón (ES091MSBT086), con estas dos MSBT comparte una condición de límite cerrado (flujo nulo) por su naturaleza impermeable.

La MSBT está formada por 4 acuíferos, los cuales están formados por una FGP (Ac. Cretácico Superior y Muschelkalk) o dos FGP (Cuaternario y Terciario). Los acuíferos del Cretácico Superior y Muschelkalk, son los más relevantes dentro de la MSBT. Son de tipo carbonatado con una porosidad asociada a la karstificación y/o fisuración, y espesores que llegan hasta los 460 m en su conjunto. El acuífero Terciario está formado por rocas carbonatadas (FGP Terciario continental carbonatado) y por materiales detríticos (FGP Terciario continental detrítico), con espesores de hasta 350 m. Por último, el acuífero Cuaternario está constituido por materiales detríticos que forman los depósitos aluviales (FGP Aluvial de Monegrillo y FGP Aluvial del Deza o Henar). El yacente, de permeabilidad baja, está formado por las arenas de Utrillas, localmente dispuestas sobre materiales paleozoicos debido a la erosión de los materiales jurásicos y triásicos.

Las características hidrogeológicas y edafológicas de la masa de agua, clasificada como detrítico-mixta, le confieren un grado de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación según el método DRASTIC reducido (Min= Grado 1; Max= Grado 10) de muy bajo-bajo (grado 1-4) al 64,1%, moderado (grado 5-6) al 24,7% y alto-muy alto (grado 7-10) al 12,9% de la superficie de la MSBT.

Desde el punto de vista del funcionamiento hidrogeológico, esta MSBT presenta importantes incertidumbres en lo que se refiere a su funcionamiento y delimitación (límite septentrional). Se considera que la recarga de las formaciones acuíferas mesozoicas (Ac. Cretácico Superior y Muschelkalk) se produce por infiltración directa del agua de lluvia en los sectores más elevados (Sierras de Corija, Miñana y Cetina) donde se encuentran los mayores afloramientos. El drenaje principal se produce en las surgencias de Alhama de Aragón, que descargan al río Jalón (zona de menor cota de la MSBT). Además, también se produce descarga hacia el cauce del río Deza, en el contacto Cretácico superior-Terciario. El acuífero queda confinado bajo los materiales terciarios de la cuenca de Almazán en el sector occidental de la MSBT. La dirección de flujo principal es coincidente con la dirección estructural general del acuífero y presenta una componente NO-SE. Esta masa de agua subterránea presenta un régimen de funcionamiento casi natural, ya que apenas existen zonas de explotación (únicamente se capta agua subterránea para abastecimientos de pequeñas poblaciones) y no hay obras de regulación o derivación significativas.

En la MSBT se ha identificado un recinto hidrogeológico que se corresponden con Sierra de Miñana (ES091MSBT085S00) el cual está relacionado con los ríos Jalón y Deza.

En el cálculo de los recursos hídricos de esta MSBT para el tercer ciclo de planificación, se obtiene un recurso disponible de 1,96 hm<sup>3</sup>/año frente a unas extracciones de 0,26 hm<sup>3</sup>/año, lo que permite obtener como resultado para el índice de explotación (IE) un valor de 0,13.

La red de control piezométrico está constituida por dos piezómetros que presentan medidas del nivel freático (NF) continuadas desde el año 1994 hasta el año 2020 (IPA\_ 241630004 e IPA\_ 241670002) en ambos puntos. El nivel piezométrico medio es de 921,5 y 739,9 m s.n.m., respectivamente. Los dos puntos muestran una evolución con leves variaciones significativas interanuales

y/o estacionales, con rangos de variación entre 4,5 y 6 m. El punto IPA\_ 241630004 está asociado al acuífero Cretácico Superior y el punto IPA\_ 241670002 al acuífero Terciario (continental carbonatado).

La red de control químico dispone de 3 puntos de control del estado químico de las aguas, todos ellos manantiales pertenecientes a las redes de control de vigilancia, abastecimiento y nitratos. Las características generales fisicoquímico de esta masa de agua corresponden a un agua de mineralización débil a media, con valores de conductividad eléctrica que varían de entre 562  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta los 1.229  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (IPA\_241740008) y un promedio para el percentil 50 (P50) de 851  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La concentración en  $\text{mg}/\text{L}$  de  $\text{CaCO}_3$  calculada a partir de las concentraciones máximas y mínimas de Ca y Mg, varían entre 274 y 481  $\text{mg}/\text{L}$ , lo que indica que se trata de aguas de naturaleza dura. La facie hidrogeoquímica que caracteriza las aguas de la MSBT, en general corresponde con bicarbonatada cálcica y puntualmente como sulfatada bicarbonatada cálcica.

La masa de agua subterránea está en riesgo químico (NUT) de no alcanzar los objetivos medioambientales por la concentración en nitrato, debido principalmente a la actividad agrícola. La concentración de nitrato en la serie histórica varía en un rango entre 9 y 53  $\text{mg}/\text{L}$ , con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 20,8  $\text{mg}/\text{L}$  para la MSBT y que no supera el valor de 50  $\text{mg}/\text{L}$  establecido en la Norma de Calidad. La gráfica de evolución de nitrato, en la que se representa la red de control químico, la mayor parte de la red de control está por debajo del Valor Umbral de 37,5  $\text{mg}/\text{L}$ , excepto punto IPA 241630006 (manantial) supera el valor de NC, ubicado al norte del topónimo Navajo de la Morena.

Para el análisis de la tendencia del contenido en nitratos de la masa de agua Sierra de Miñana se ha seleccionado 1 punto de control que se corresponde con un manantial (IPA\_241630006) en el Ac. Terciario continental y dispone de 8 medidas consecutivas entre los años 2012 y el 2019, las cuales superan el 75 % el valor de Norma de Calidad (50  $\text{mg}/\text{L}$ ).

Los resultados obtenidos en el punto de control seleccionado por el método de regresión lineal tienen valores de  $R^2 < 0,3$  lo que indica un nivel de confianza bajo. El análisis estadístico de Mann-Kendall de las series históricas anuales no permite identificar una tendencia de evolución significativa con  $GS < \text{de } 90\%$  (tendencia dudosa).

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2015 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios muestran un ligero aumento de la concentración de nitrato en el punto seleccionado de 4,31  $\text{mg}/\text{L}$ .

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

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

<b>Actividad</b>	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
A11	ANÁLISIS Y DIAGNOSIS DE LAS REDES DE MONITOREO. PROPUESTAS DE MEJORA
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
A12	MODELIZACIÓN GEOLÓGICA 3D
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
S69	Procesado y Parametrización de la información geológica: modelo conceptual geológico <input checked="" type="checkbox"/>
S70	Elaboración Modelo Geológico 3D <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Actividad</b>	
A13	MODELIZACIÓN DE FLUJO SUBTERRÁNEO
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
A14	MODELIZACIÓN DE TRANSPORTE DE REACTIVOS Y SOLUTOS
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
S73	Procesado y Parametrización de la información hidrogeoquímica: modelo conceptual hidrogeoquímico <input checked="" type="checkbox"/>
S74	Elaboración del Modelo hidrogeoquímico <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Actividad</b>	
A15	MODELOS DE GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
S75	Procesado y Parametrización de la información <input type="checkbox"/>
S76	Elaboración Modelo Uso Conjunto <input type="checkbox"/>
<b>Actividad</b>	
A16	EVALUACIÓN DEL RECURSO DISPONIBLE Y RESERVAS
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
A17	GEOTERMIA E HIDROTHERMALISMO
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
S80	Geotermia <input type="checkbox"/>
S81	Hidrotermalismo <input type="checkbox"/>
<b>Actividad</b>	
A18	IDENTIFICACIÓN DE INTRUSIÓN MARINA
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
<input type="checkbox"/>	
<b>Actividad</b>	
A19	ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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 Sierra de Miñana:

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

**Estudios geológicos:** se plantea la generación de cortes geológicos que se ajusten a los límites y geometría de la MSBT, fundamentales para abordar los modelos conceptuales y el desarrollo de modelos 3D.

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

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

**Estudios de caracterización hidrogeoquímica:** se efectuarán analíticas distribuidas y posterior interpretación de datos para la mejora del modelo conceptual en las MSBT. También 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:** la MSBT se encuentra en riesgo químico por contaminación difusa por nitratos. Se trata de una contaminación que suele afectar a amplias zonas donde, en ocasiones, resulta difícil determinar su origen y alcance. En este sentido se plantea, como mejora del conocimiento, estudios específicos que permitan determinar la tridimensionalidad de la dinámica de progreso de esta contaminación y su evolución en el tiempo. Para ello se plantean campañas específicas de muestreo, la construcción de puntos de control específicos en caso de ser necesarios, estudios isotópicos y estudios de atenuación natural.

**Relación río acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS:** se proponen trabajos de caracterización y estimación de las necesidades ambientales de los diferentes EDAS identificados dentro de esta masa de agua.

**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. Esta masa solo dispone de tres manantiales pertenecientes a la red de control del estado químico de las aguas. Dado que presenta contaminación por nitratos es necesario incorporar puntos sobre las zonas que soportan mayor presión agrícola como es el aluvial del río Deza o Henares.

**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 creación y/o 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 cuantificará el recurso disponible y reservas de la MSBT. Una vez calibrados los modelos numéricos se podrán efectuar simulaciones y análisis según distintos escenarios, tanto de recarga como de presiones y mejorar la planificación y gestión de los recursos hídricos subterráneos en la MSBT.

El conocimiento adquirido en cada una de las actividades aquí propuestas irá acompañado 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](http://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 y SGE (2004). Geología de España. Madrid.
  - 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: ES091MSBT085 - SIERRA DE MIÑANA



# ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT085 - SIERRA DE MIÑANA

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O <sub>2</sub> (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	µS/cm	mg/L	mg/L O <sub>2</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Código Punto	<b>241630003</b>						
Valor							
Máx.	20,9	8	910	9,20	<LQ	<LQ	282,0
Mín.	15,7	7	714	3,80	<LQ	<LQ	255,0
P50	18,3	7	799	6,35	<LQ	<LQ	269,0
N reg.	21	21	22	22	6		17

Código Punto	<b>241630006</b>						
Valor							
Máx.	19,7	8	790	10,00	0,7	<LQ	276,0
Mín.	11,7	7	562	6,10	<LQ	<LQ	258,0
P50	14,5	8	709	9,25	<LQ	<LQ	275,0
N reg.	11	8	14	16	10		3

Código Punto	<b>241740008</b>						
Valor							
Máx.	31,4	8	1.229	7,80	<LQ	<LQ	240,0
Mín.	13,2	7	958	4,50	<LQ	<LQ	229,0
P50	30,0	7	1.048	5,30	<LQ	<LQ	235,0
N reg.	11	12	11	11	3		9

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

Parámetro	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	<b>241630003</b>								
Valor									
Máx.	350,1	<LQ	61,00	188,0	12,2	0,03	<LQ	22,0	2,8
Mín.	311,1	<LQ	19,90	130,0	9,1	<LQ	<LQ	14,7	<LQ
P50	330,6	<LQ	22,00	178,0	10,7	<LQ	<LQ	18,0	1,0
N reg.	21	21	23	23	23	8	7	23	23

Código Punto	<b>241630006</b>								
Valor									
Máx.	357,5	<LQ	36,80	48,0	53,8	0,09	0,05	21,3	1,6
Mín.	282,0	<LQ	25,40	37,1	18,1	<LQ	<LQ	13,2	1,0
P50	345,9	<LQ	35,05	45,8	39,4	<LQ	<LQ	17,3	1,2
N reg.	12	12	14	14	16	14	14	14	14

Código Punto	<b>241740008</b>								
Valor									
Máx.	292,8	<LQ	149,00	255,0	16,1	5,84	0,31	66,5	6,3
Mín.	226,9	<LQ	87,40	230,0	10,2	<LQ	<LQ	59,4	2,2
P50	285,5	<LQ	92,70	240,0	12,4	<LQ	<LQ	62,0	2,7
N reg.	11	11	12	12	12	4	4	12	12

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

Parámetro	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	As	Cd <sup>2+</sup>	Hg	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 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	<b>241630003</b>								
Valor									
Máx.	171,0	39,6	1,0000	1,0000	<LQ	0,13	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	113,0	33,0	0,2630	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	122,0	36,6	0,2900	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	23	23	7	8	6	20	6	6	6

Código Punto	<b>241630006</b>								
Valor									
Máx.	116,0	29,9	<LQ						
Mín.	80,9	22,2	<LQ						
P50	106,0	26,7	<LQ						
N reg.	14	14				14			

Parámetro	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	As	Cd <sup>2+</sup>	Hg	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 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	<b>241740008</b>								
Valor									
Máx.	139,0	49,0	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	118,0	44,3	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	125,0	45,4	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	12	12	1	2		10			

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