

# CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT002 - PÁRAMO DE SEDANO Y LORA

# 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 ES091MSBT002 Nombre MSBT PÁRAMO DE SEDANO Y LORA

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La MSBT Páramo de Sedano y Lora engloba los extensos páramos de Sédano y Lora con una superficie de 744,55 km<sup>2</sup> ubicados principalmente dentro de la provincia de Burgos, (98% de la superficie total), y en menor medida, Palencia y Cantabria. Comprende la cuenca del río Rudrón y Oca Geográficamente se encuentra limitado al S y SO con la divisoria hidrográfica entre la cuenca del Ebro y la del Duero, Al NO el límite se establece en las inmediaciones de las localidades de Revelillas, Montecillo, Villaescusa de Ebro y Renedo de Bricia y el límite oriental y suoriental se establece en la depresión del Ebro y las localidades de Padrones de Bureba y Abaja

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Castilla y León	Burgos	09905	Valle de Sedano	97,36	34,72
Castilla y León	Burgos	09361	Sargentos de la Lora	99,13	11,53
Castilla y León	Burgos	09395	Tubilla del Agua	100,00	10,62
Castilla y León	Burgos	09906	Merindad de Río Ubierna	25,35	9,42
Castilla y León	Burgos	09014	Altos, Los	38,66	7,30
Castilla y León	Burgos	09272	Poza de la Sal	57,46	6,35
Castilla y León	Burgos	09045	Basconcillos del Tozo	34,19	5,57
Castilla y León	Burgos	09415	Valle de Valdelucio	25,47	3,29
Castilla y León	Burgos	09011	Alfoz de Bricia	45,41	3,17
Castilla y León	Burgos	09001	Abajas	50,26	2,38
Castilla y León	Burgos	09416	Valle de Zamanzas	57,69	1,50
Castilla y León	Burgos	09244	Padrones de Bureba	51,13	1,40
Castilla y León	Palencia	34135	Pomar de Valdivia	12,45	1,37
Castilla y León	Burgos	09409	Valle de Manzanedo	8,38	0,80
Castilla y León	Palencia	34032	Berzosilla	8,92	0,24
Cantabria	Cantabria	39094	Valderredible	0,49	0,20
Castilla y León	Burgos	09227	Montorio	3,67	0,12
Castilla y León	Burgos	09413	Valle de Valdebezana	0,21	0,04

**1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL**

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	437.232	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.730.593
Longitud (CENTROIDE)	-3,76676	Latitud (CENTROIDE)			42,72528
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			607
Altitud mínima (m s.n.m.)	616	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.223
Área total de la MSBT (km <sup>2</sup> )	741				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

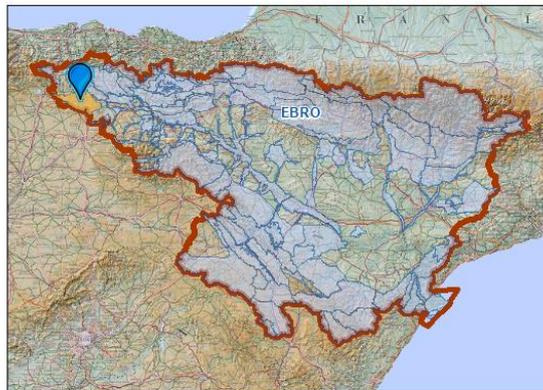
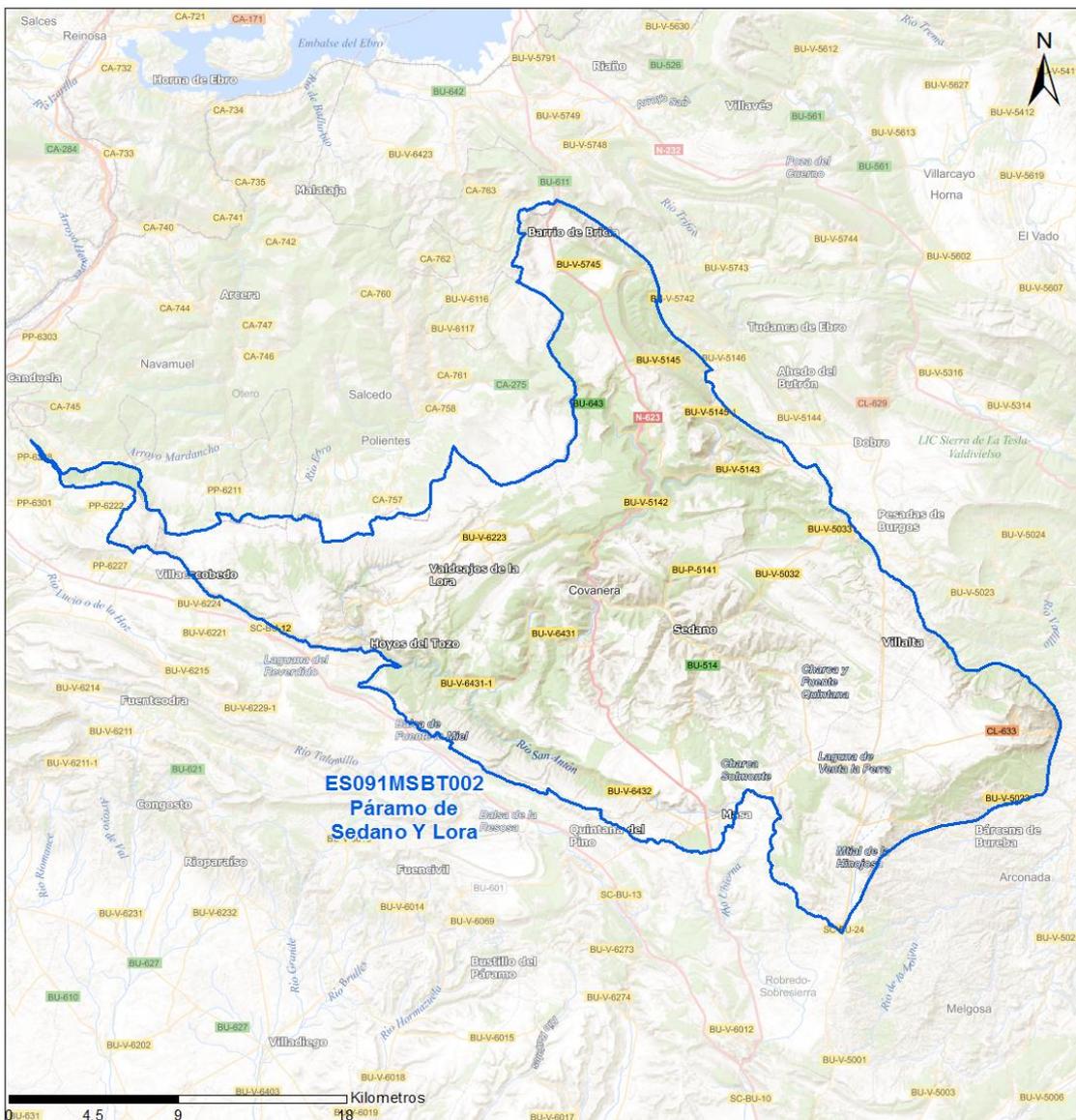
1.662

Año

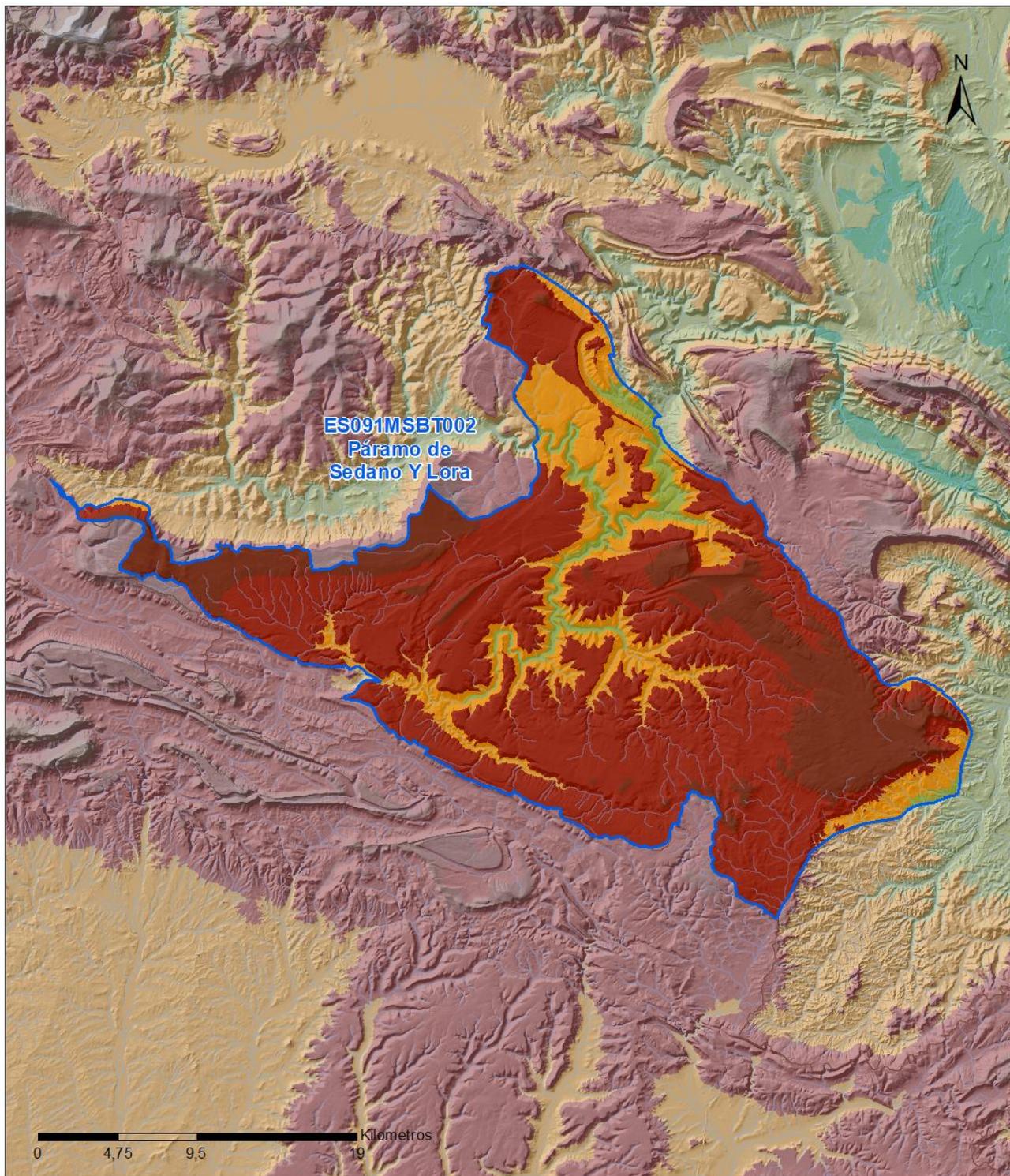
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

-  MSBT
-  Red Hidrográfica

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

- |   |           |   |               |   |               |
|---|-----------|---|---------------|---|---------------|
|  | 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       |

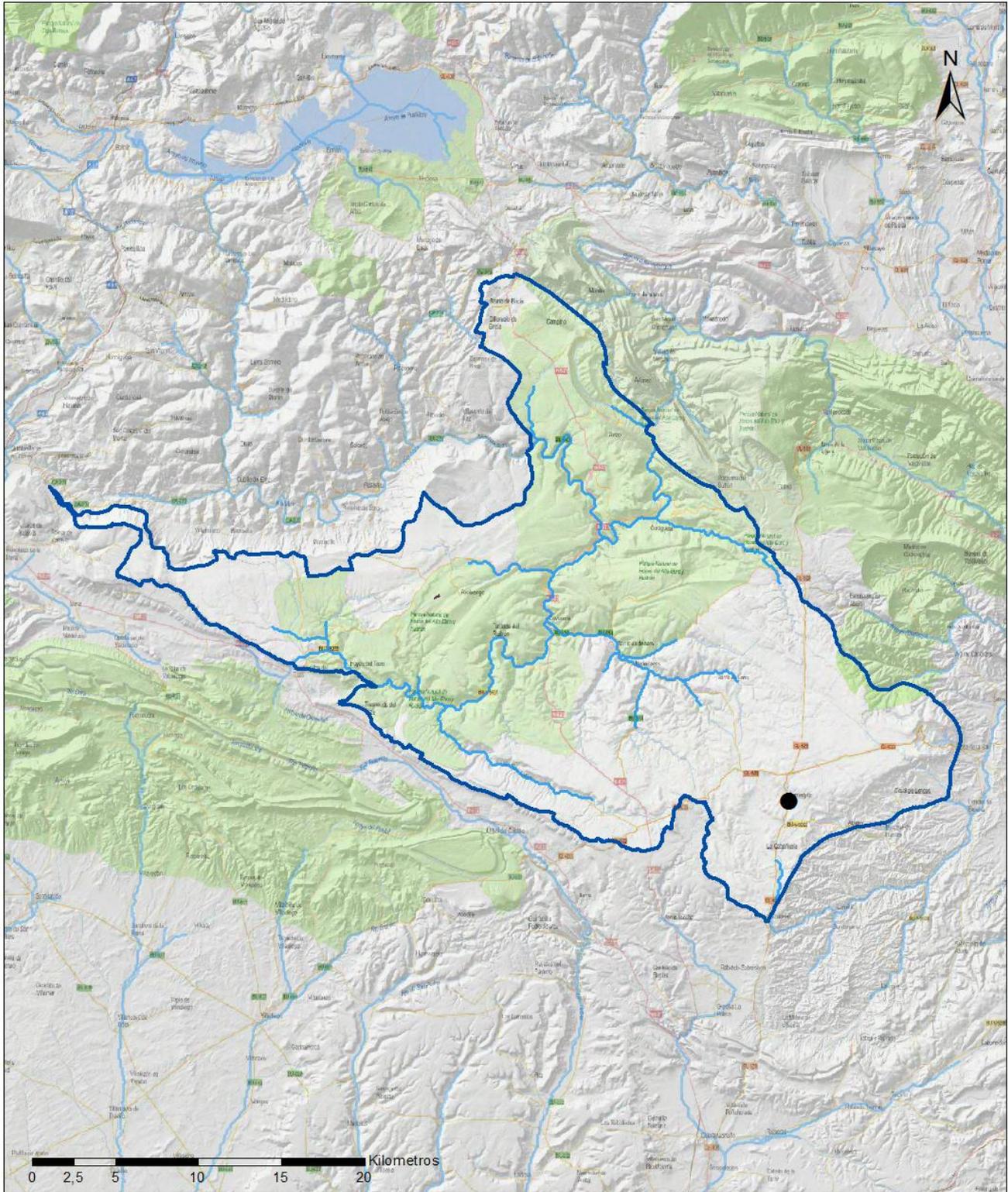
## 2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

## 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	1.3	Vertidos industriales de plantas IED	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.5	Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	<input checked="" 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 type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.4	Transporte	<input type="checkbox"/>
Fuentes difusas	2.5	Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	<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"/>

Mapa de localización de presiones

Fuentes puntuales



**LEYENDA**

-  MSBT:
-  Red hidrográfica
- ES091MSBT002
- PÁRAMO DE SEDANO Y LORA

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

-  1.5 Gasolineras
-  1.5 Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas

**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)
------------------------------	---------	--

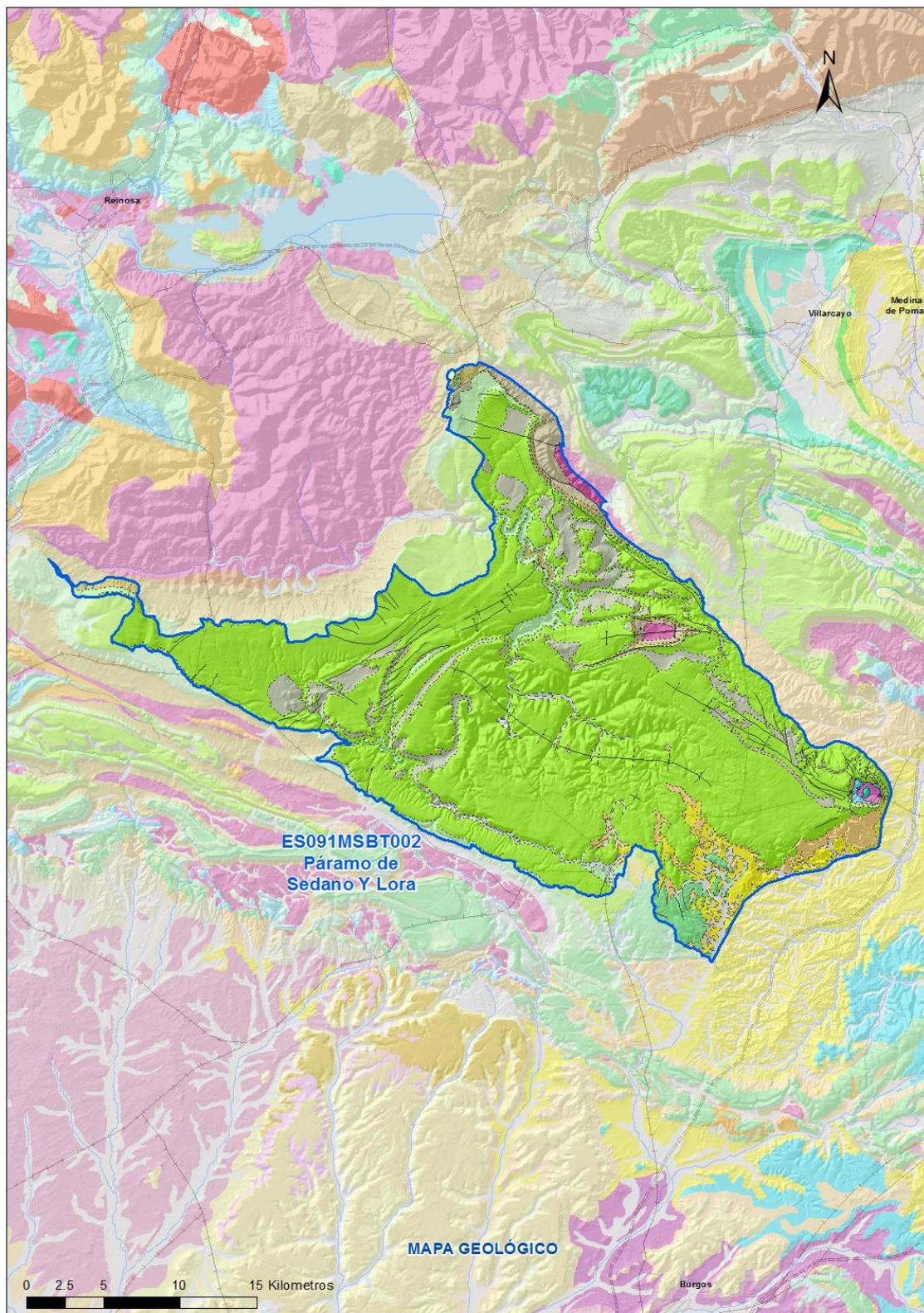
### 3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

#### 3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Cuenca Del Duero-Almazán

Pirineos-Vascocantábrica

#### 3.2 MAPA GEOLÓGICO



**LEYENDA**



**Estructuras**

- Anticlinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto

**Contactos y fallas**

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

**LITOLOGÍAS**

Código	Descripción Litología
711	Bloques, cantos, arcillas (Depósitos glaciares, canchales, coluviones de montaña)
708	Travertinos
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 glaciares, piedemonte y superficies)
325	Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)
324	Conglomerados fcmtc. calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas (Compl. Vegaquemada, etc.)
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. y Arc. Segovia)
174	Margas, calizas, arcillas y dolomías
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carníolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)
154c	Calizas, margas y calcarenitas
154b	Margas
154a	Calizas y dolomías
153	Areniscas, lutitas y margas
149	Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)
12	Ofitas y rocas volcánoclasticas (Ofitas del Keuper)

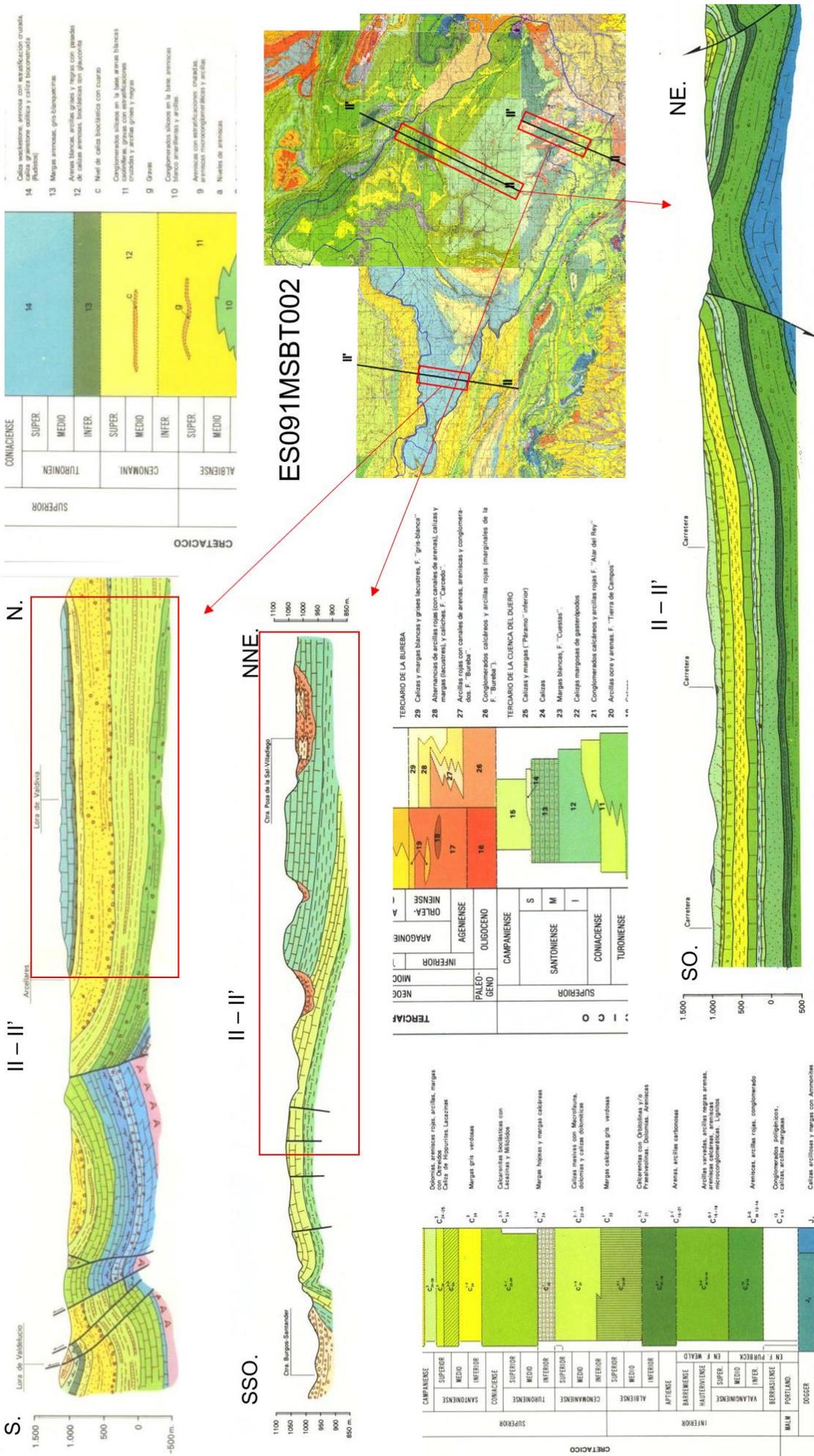
**3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS**

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	14,42	Detrítica	1,95
Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)	Neógeno	Mioceno	21,03	Carbonatada	2,84
Conglomerados fcmte. calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas (Compl. Vegaquemada, etc.)	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno Medio	16,42	Detrítica	2,22
Calizas, dolomías, brechas dolomíticas y margas	Cretácico	Superior	11,47	Carbonatada	1,55
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F. Utrillas), a veces con dolomías (F. Ar. y Arc. Segovia)	Cretácico	Inferior-Superior	11,28	Detrítica	1,52
Margas, calizas, arcillas y dolomías	Cretácico	Inferior-Superior	13,74	Carbonatada	1,86
Calizas, margas y calcarenitas	Cretácico	Superior	35,55	Carbonatada	4,80
Margas	Cretácico	Superior	69,14	Carbonatada	9,34
Calizas y dolomías	Cretácico	Superior	538,78	Carbonatada	72,75
Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas	Jurásico Superior-Cretácico Inferior		5,04	Detrítica	0,68

**3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO**

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m)
	Sistema	Serie	valor menor-mayor
Gravas, arenas y arcillas	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	0-10
Conglomerados, arenas y limos	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	90-100
Calizas, dolomías y margas	Cretácico	Superior	40-200
Arenas y arcillas	Cretácico	Inferior-Superior	125-150
Calizas, dolomías y margas	Cretácico	Inferior	90-120
Arcillas, margas y yesos	Triásico	Superior	

3.5 CORTES GEOLÓGICOS



### 3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Páramo de Sedano y Lora se localiza en el Dominio Geoestructural Vasco-Cantábrico y comprende la parte más occidental de la gran estructura cántabro-pirenaica circunscrita a los límites de la demarcación hidrográfica del Ebro. Los límites estructurales de la masa de agua vienen establecidos por el núcleo Wealdico del Anticlinal de Zamancas al N, el contacto Mesozoico-Neógeno del entrante de Padrones de Bureba al NE, el hundimiento del Cretácico bajo el Terciario continental de La Bureba al SE y el techo de la formación Utrillas al NO. Las litologías que afloran en el área se corresponden con carbonatos de edad Jurásica; calcarenitas, dolomías, calizas arenosas y arenas, de edad Cretácica, con espesores de más de 300 m; conglomerados del Mioceno con espesores de 100 m; y gravas, arenas y limos, asociados a depósitos aluviales y de terraza, de edad Cuaternaria. La masa de agua está constituida por plataformas escasamente deformadas constituidas fundamentalmente por materiales del cretácico, afectadas por pliegues muy suaves y de gran amplitud que forman amplias mesas estructurales. Esta suave estructura sólo se ve modificada por el diapiro de Poza de la Sal, que verticaliza las capas circundantes. Hacia el SE los afloramientos cretácicos se sumergen bajo el relleno terciario de la Bureba, cuya potencia estimada en sondeos petrolíferos es de 700 m, para reaparecer en el extremo meridional de la unidad de Arco de Rojas-Sta. Casilda, en la unidad meridional de La Bureba. Esta disposición en plataformas horadadas por los ríos se traduce en la desconexión de los principales acuíferos de las masas de agua.

## 4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	43	0
<b>Espesor Medio Z.N.S. (m)</b>	<b>23</b>	

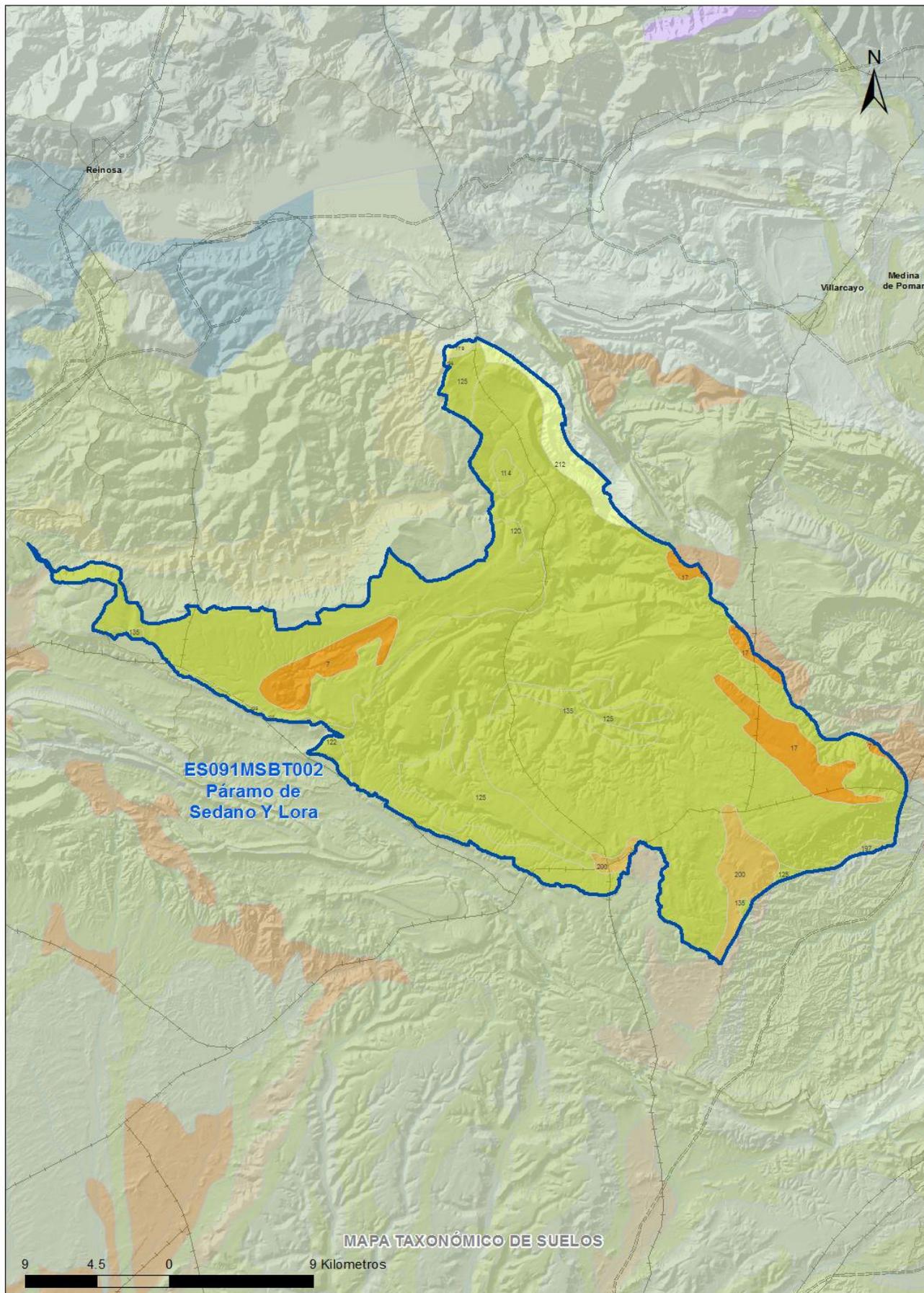
Litología Z.N.S. Calizas, dolomías, conglomerados calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas

### 4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km <sup>2</sup> )	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XERALF, HAPLOXERALF	46	6,18
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	655	88,44
INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT	1	0,19
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	22	3,01
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	16	2,18

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



# LEYENDA



MSBT



Red Hidrografica



DDHH

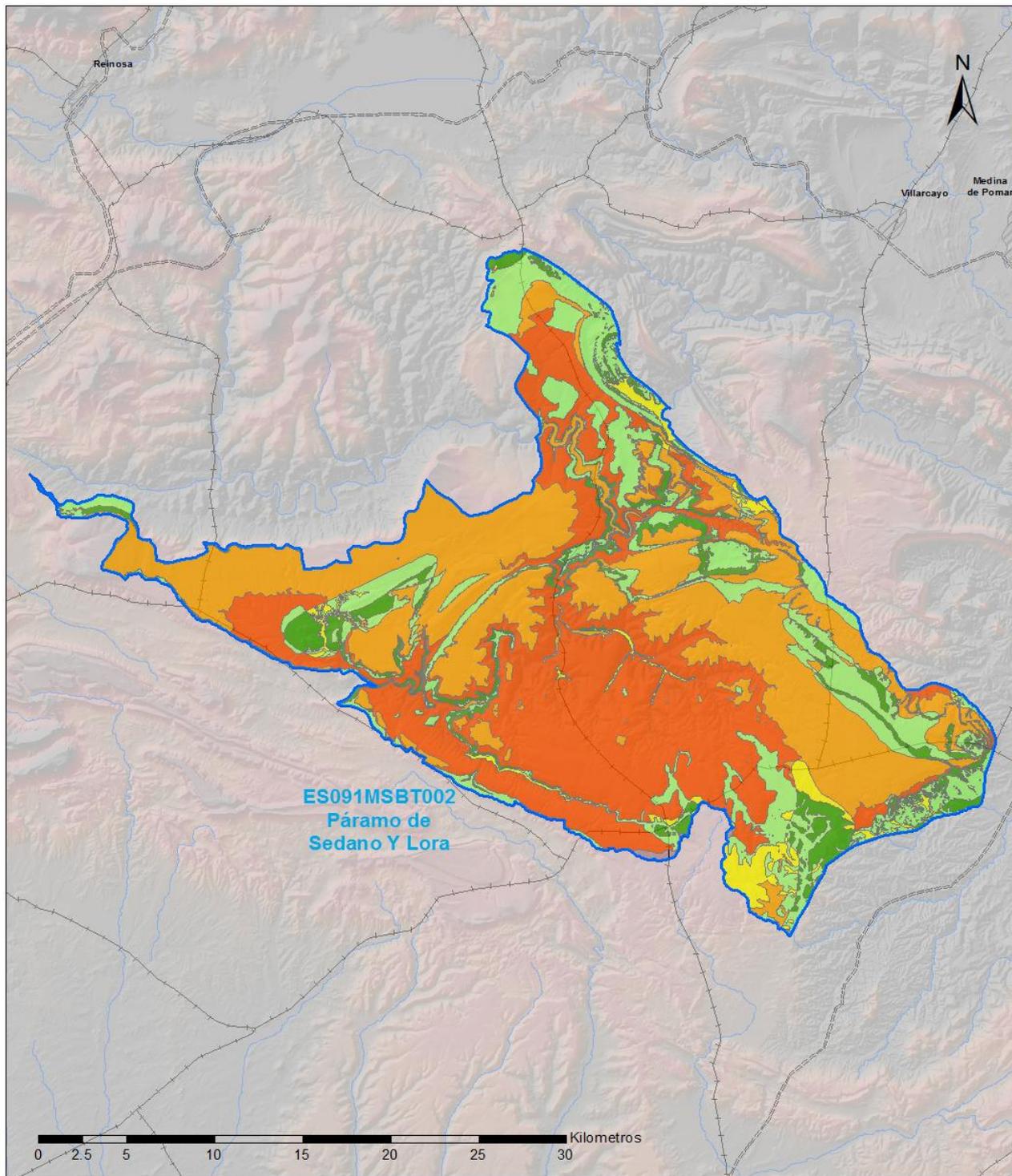
## CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
7	ALFISOL, XERALF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
17	ALFISOL, XERALF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, RHODOXEROLF, NO ASOCIA2, Calcixerept, Haploxerept
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
120	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Haploxerept
122	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeraif, Rhodoxeraif
125	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
135	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, XEROFLUVENT, NO ASOCIA2, Haploxerept, NO INCLUSION2
138	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, DYSTROXEREPT, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
179	INCEPTISOL, USTEPT, HAPLUSTEPT, NO GRUPO2, USTORTHENT, DYSTRUSTEPT, Haplustaif, NO INCLUSION2
197	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, NO ASOCIA2, Haploxeraif, NO INCLUSION2
200	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, HAPLOXEROLF, NO ASOCIA2, Xerorthent, NO INCLUSION2
212	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, DYSTROXEREPT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2

## 4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		COP	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
Muy Alta	0 - 0,5	34,25	
Alta	0,5 - 1	35,11	
Moderada	1 - 2	3,37	
Baja	2 - 4	19,93	
Muy Baja	4 - 15	7,35	

4.5 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA



**LEYENDA**

 MSBT

**Método COP  
Rango - Índice Vulnerabilidad**

- CLASE COP**
-  Muy Baja
  -  Baja
  -  Moderada
  -  Alta
  -  Muy Alta

## 5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

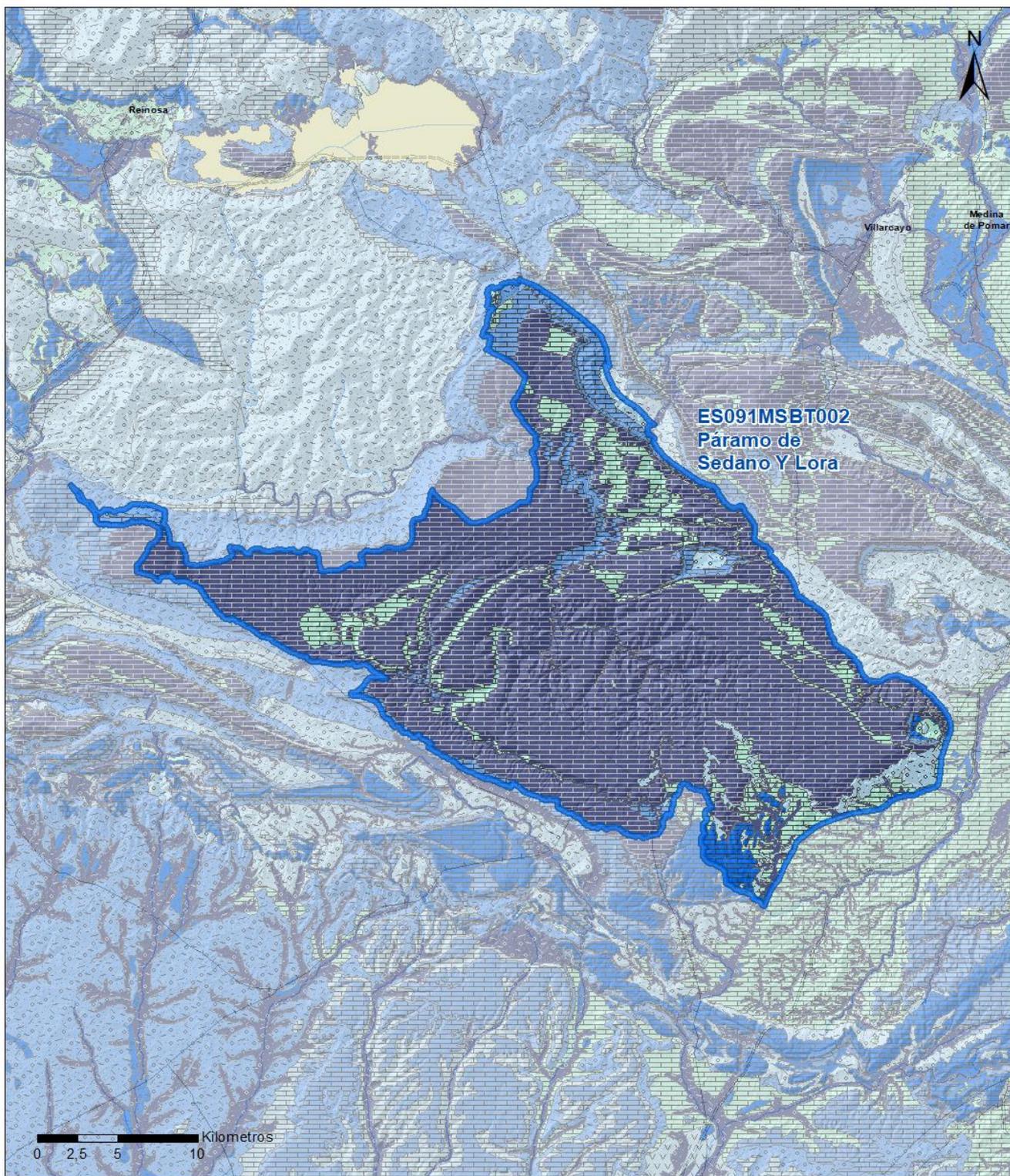
## 5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Suroeste	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Este	Abierto	Entrada-salida según varias circunstancias	Permeable	MANZANEDO-OÑA
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	SINCLINAL DE VILLARCAYO
Sureste	Abierto	Salida	Permeable	

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT Páramo de Sedano y Lora (ES091MSBT002), compuesta por materiales carbonatados karstificados de permeabilidad media, limita al noreste con la MSBT Sinclinal de Villarcayo (ES091MSBT003), con la cual comparte continuidad litológica, pero sin transferencia de flujo al menos en la parte correspondiente a la serie miocena que rellena el Sinclinal de Treviño. A este limita con la MSBT Manzanedo-Oña (ES091MSBT004), tiene un carácter abierto y flujo de salida. Por último, el límite Sur-Oeste, limita con la MSBT Quintanilla-Peñahorada-Las Loras caracterizada por materiales miocenos, los cuales confieren carácter impermeable por lo que tiene un límite cerrado (flujo nulo). Hacia el suroeste, se produce el hundimiento del Cretácico bajo el Terciario de La Bureba, por lo que se deduce un límite abierto con flujo profundo de salida por continuidad litológica.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



MSBT

PERMEABILIDAD



MUY ALTA, DETRÍTICAS



MUY ALTA, CARBONATADAS



ALTA, DETRÍTICAS



ALTA, CARBONATADAS



MEDIA, DETRÍTICAS



MEDIA, CARBONATADAS



BAJA, DETRÍTICAS



BAJA, CARBONATADAS



BAJA, VOLCÁNICAS



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		
Rhetiense-Lías	Calizas, dolomías y carniolas	Media-Baja	Triásico-Jurásico	Superior-medio	300-400	6
Arenas de Utrillas	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados	Media-Baja	Cretácico	Inferior-Superior	125-150	11
Cretácico Superior	Calizas y dolomías	Media-Alta	Cretácico	Superior	250-400	654
Terciario de Treviño	Conglomerados Carbonatados	Media-Baja	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	100-150	16
Cuaternario	Gravas, arenas y arcillas	Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno	0-10	15

## 5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km <sup>2</sup> )	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Lías indiferenciado	6	0,80	Libre	300-400	Karstificación	Rhetiense-Lías
Cretácico Inferior	11	1,50	Libre	90-120	Karstificación	Arenas de Utrillas
Cretácico Superior	654	88,40	Libre	200-400	Karstificación	Cretácico Superior
Mioceno	16	2,20	Libre	100-150	Intergranular	Terciario de Treviño
Cuaternario Aluvial	15	2,00	Libre	0-10	Intergranular	Cuaternario

## Descripción general:

En la MSBT Páramo de Sedano y Lora se reconocen 5 acuíferos, y cada uno de ellos está representado por una única FGP, según la bibliografía revisada respecto a las FGP y la relación de estas con las litologías aflorantes. El principal acuífero (Cretácico superior) está constituido por una única FGP (Cretácico Superior), la cual se caracteriza por las calizas del Cretácico superior (afloramiento mayor al 85%) dispuesto a modo de extensas parameras entre las que se encajan los ríos Ebro, Rudrón y Hómino, y se caracteriza por estar formado por litologías como calcarenitas, calizas arenosas, calcarenitas bioclásticas y calizas dolomitizadas, con una permeabilidad media-alta asociada a su karstificación. El segundo acuífero de menor importancia y considerado en esta MSBT, es el acuífero Cuaternario aluvial, constituido por una sola FGP (Cuaternario), representada por los materiales detríticos que forman los depósitos aluviales, con litologías de gravas, arenas y limos, y con una permeabilidad alta.

## 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	3,15	600,00		

## Descripción general:

Se detallan valores de transmisividad para el acuífero Cuaternario superior, con valores entre 3,15 y 600 m<sup>2</sup>/día, en base a los datos de ensayos de bombeo realizados (según informes de piezómetros 09.102.01 y 09.102.02)

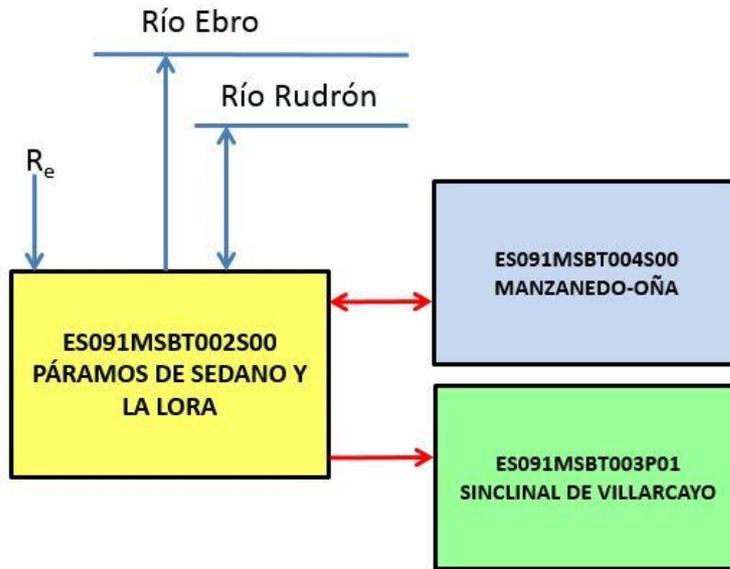
## 5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

El principal acuífero de la MSBT Páramo de Sedano y Lora (Cretácico superior) responden a un sistema kárstico muy desarrollado, de alta difusividad y baja capacidad de regulación natural, por lo que originan descargas muy voluminosas pero muy irregulares. La recarga de este acuífero principal se produce a través de infiltración de las precipitaciones en la superficie aflorante (mayor al 85 %). El desarrollo kárstico implica una gran profusión de la relación río-acuífero a través de formas exokársticas (sumideros, simas, etc.), dando origen a abundantes y significativos tramos de ríos influentes. Los caudales infiltrados a la MSBT a través de las formas exokársticas son drenados a través del sistema hidrogeológico a los propios cauces, aguas abajo, o a otros cauces, dando lugar a relaciones río-acuífero de marcado carácter transitorio. El segundo acuífero caracterizado en la MSBT (Cuaternario), responde a un funcionamiento característico de sistemas detríticos, en donde la recarga se produce por infiltración de lluvia y aportes laterales desde el acuífero principal, y en menor medida por el retorno de riego, y la descarga a través de los cauces del río.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLOGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT002S00	Páramo de Sedano y La Lora
<b>Esquema: ES091MSBT002S00</b>	

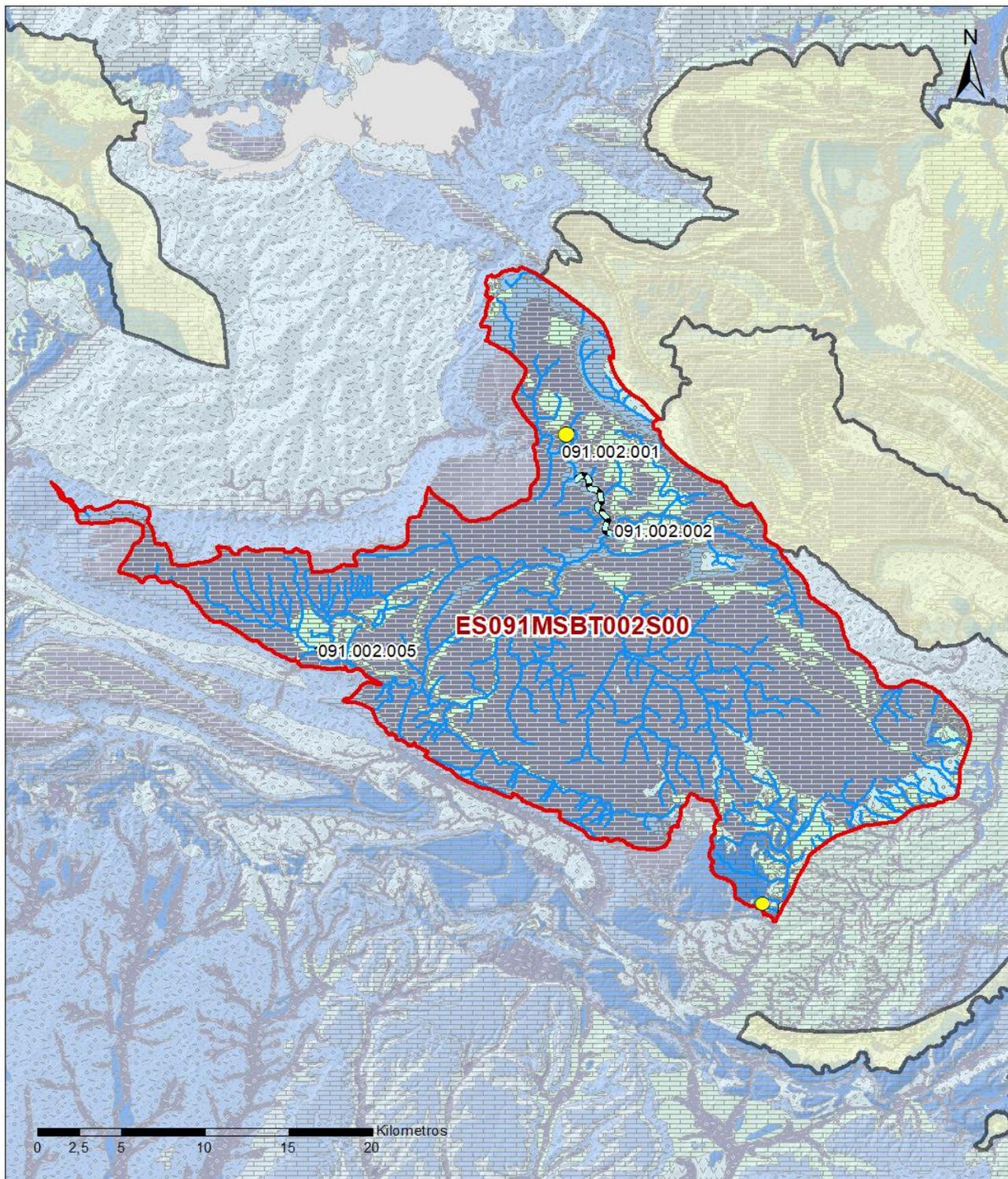


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT002S00	ES091MSPF214	Río Rudrón desde su nacimiento hasta el río San Antón (incluye río Valtierra).	Recarga difusa de cauce al recinto	091.002.004
ES091MSBT002S00	ES091MSPF214	Río Rudrón desde su nacimiento hasta el río San Antón (incluye río Valtierra).	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.002.005
ES091MSBT002S00	ES091MSPF218	Río Moradillo desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Rudrón.	Descarga a manantial	091.002.003
ES091MSBT002S00	ES091MSPF224	Río Homino desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Oca (incluye río Castil).	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.002.006
ES091MSBT002S00	ES091MSPF472	Río Ebro desde el arroyo Hijedo hasta el río Rudrón.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.002.001
ES091MSBT002S00	ES091MSPF472	Río Ebro desde el arroyo Hijedo hasta el río Rudrón.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.002.002

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 (hm <sup>3</sup> /año)	Rango (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT002S00	091.002.001	660	0,03150	6,33		15	0,03000
ES091MSBT002S00	091.002.002					0	
ES091MSBT002S00	091.002.003	700	0,00930	18,50	6-145	100	
ES091MSBT002S00	091.002.004	910				0	
ES091MSBT002S00	091.002.005	860		24,40		80	1,90000
ES091MSBT002S00	091.002.006			1,29		5	



**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 perdedor con conexión difusa indirecta por sumideros
-  Río ganador a favor de un manantial asociado al cauce o un tributario
-  Río ganador a favor de un grupo de manantiales asociados al cauce o a tributarios

## 6.- ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 6.1 ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

#### 6.1.1 NOMBRE, DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EDAS

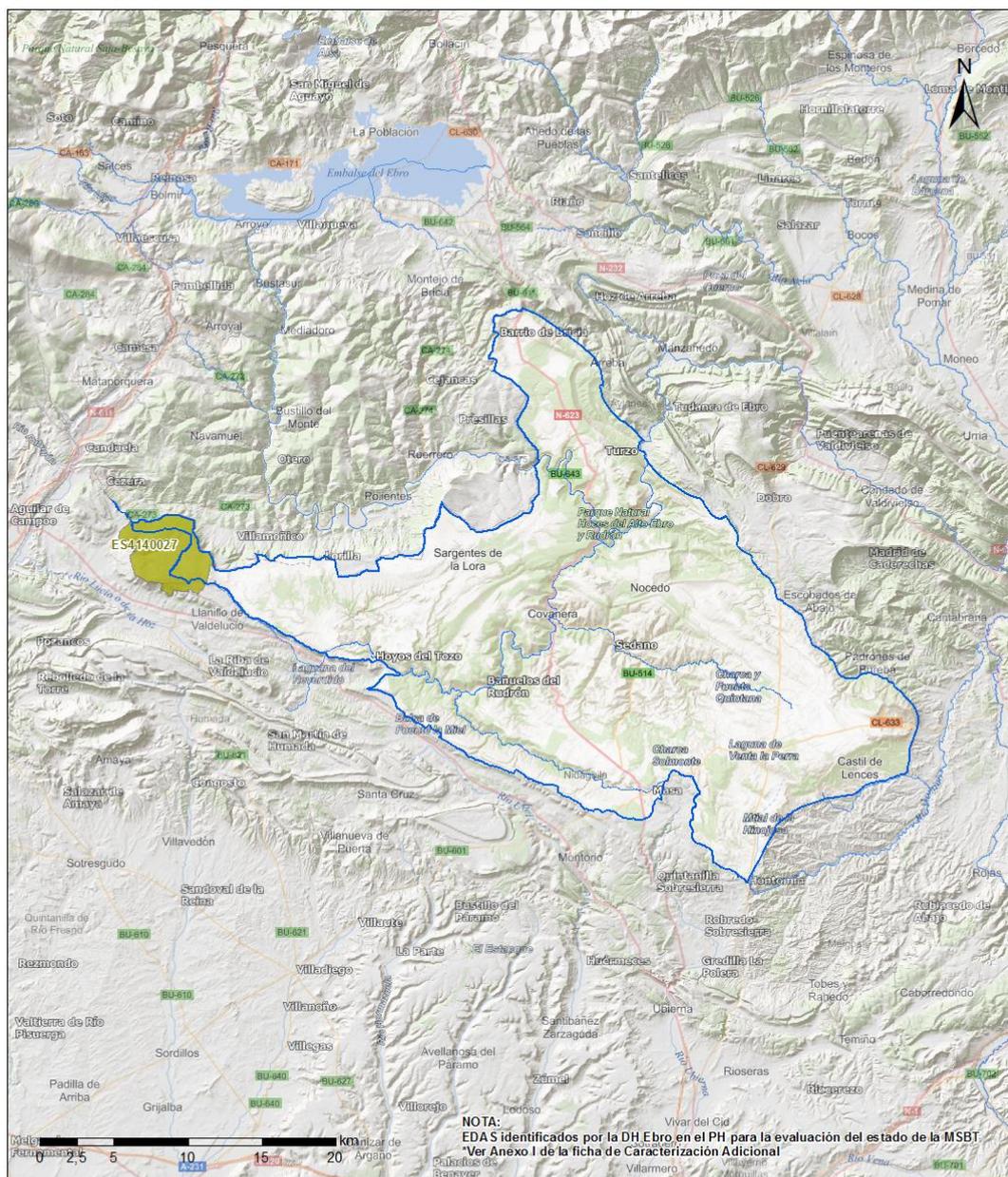
Ver Anexo 1.

#### 6.1.2 RESUMEN DE LOS EDAS

EDAS	Nº de EDAS	Tipo y Nº de EDAS												
		T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10	T. 11	T. 12	T. 13
EAAS														
ETDAS														
EAAS/ETDAS														

#### 6.1.3 MAPA DE EDAS

Mapa de EDAS



#### LEYENDA

Red Hidrográfica

MSBT ES091MSBT002  
 Páramo de Sedano y Lora

#### SITES RN2000 (ZEC/LIC/ZEPA) con ETDA S en Mal Estado

Código SITE - Código Hábitat - Nombre Hábitat

ES4140027 | 17220 | Manantiales petrificantes con formación de tuf (Cratoneurion) (\*)

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

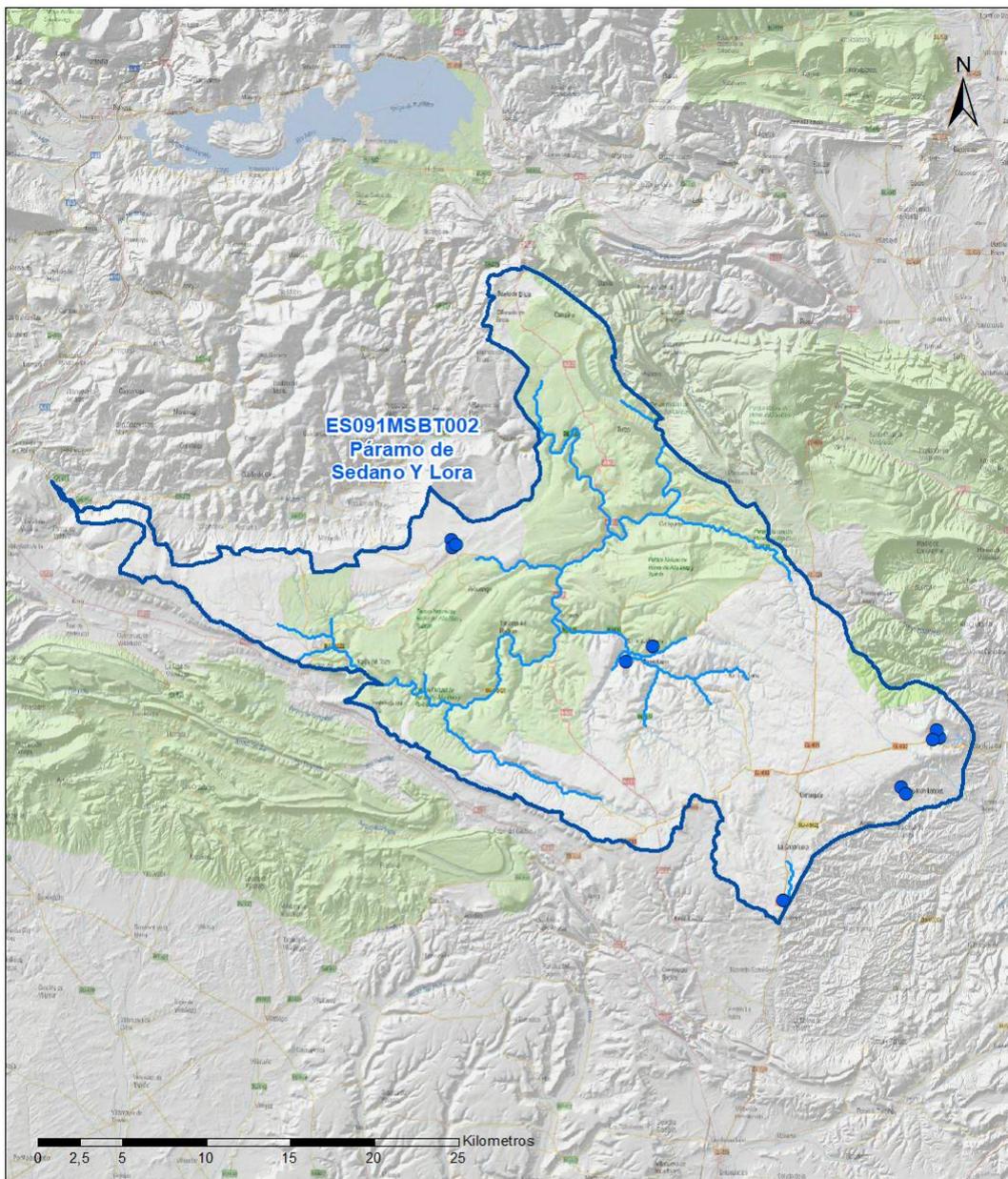
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,05
Zonas de futura captación de agua para consumo humano		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Perímetros de protección de aguas minerales y termales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

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

6.2.2 MAPA DE ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mapa de Zonas protegidas



Legenda

- Zonas protegidas para la captación de aguas para consumo humano (ZPAC)
- ⬭ Perímetros de protección de ZPAC
- ⬭ Zonas de Salvaguarda
- ⬭ Zonas de futura captación de agua de consumo humano
- ⬭ Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)
- ⬭ Perímetros de protección de aguas minerales y termales
- ⬭ MSBT
- ⬭ Red hidrográfica

## 7.- EVALUACIÓN DE RECURSOS

## 7.1 BALANCE HÍDRICO

## 7.1.1 RÉGIMEN NATURAL (RN)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (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	80,86	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	0,70
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,01		
Otras entradas		Otras salidas	
<b>Entradas Totales</b>	<b>80,87</b>	<b>Salidas Totales</b>	<b>0,70</b>
Diferencia entradas-salidas (hm <sup>3</sup> /año) (RA)		80,17	

## 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)	76,45
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	0,75
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	15,40
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm <sup>3</sup> /año)	61,25
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,01

## 7.2.2 3º Ciclo de Planificación ( 2021 )

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	80,86
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	0,70
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	16,17
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm <sup>3</sup> /año)	64,70
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,01

“Recurso Renovable” (RR)= Entradas (Infiltración + Recarga desde MSPF + Transf lateral a otras MSBT+ Otras entradas) - Salida (Transf lateral a otras MSBT)  
 “Recurso Disponible” (RD)= Recurso Renovable (RR)-Necesidad Ambiental (NA)+ Retorno de Riego

## 7.3 RECARGA ARTIFICIAL

## 7.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

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

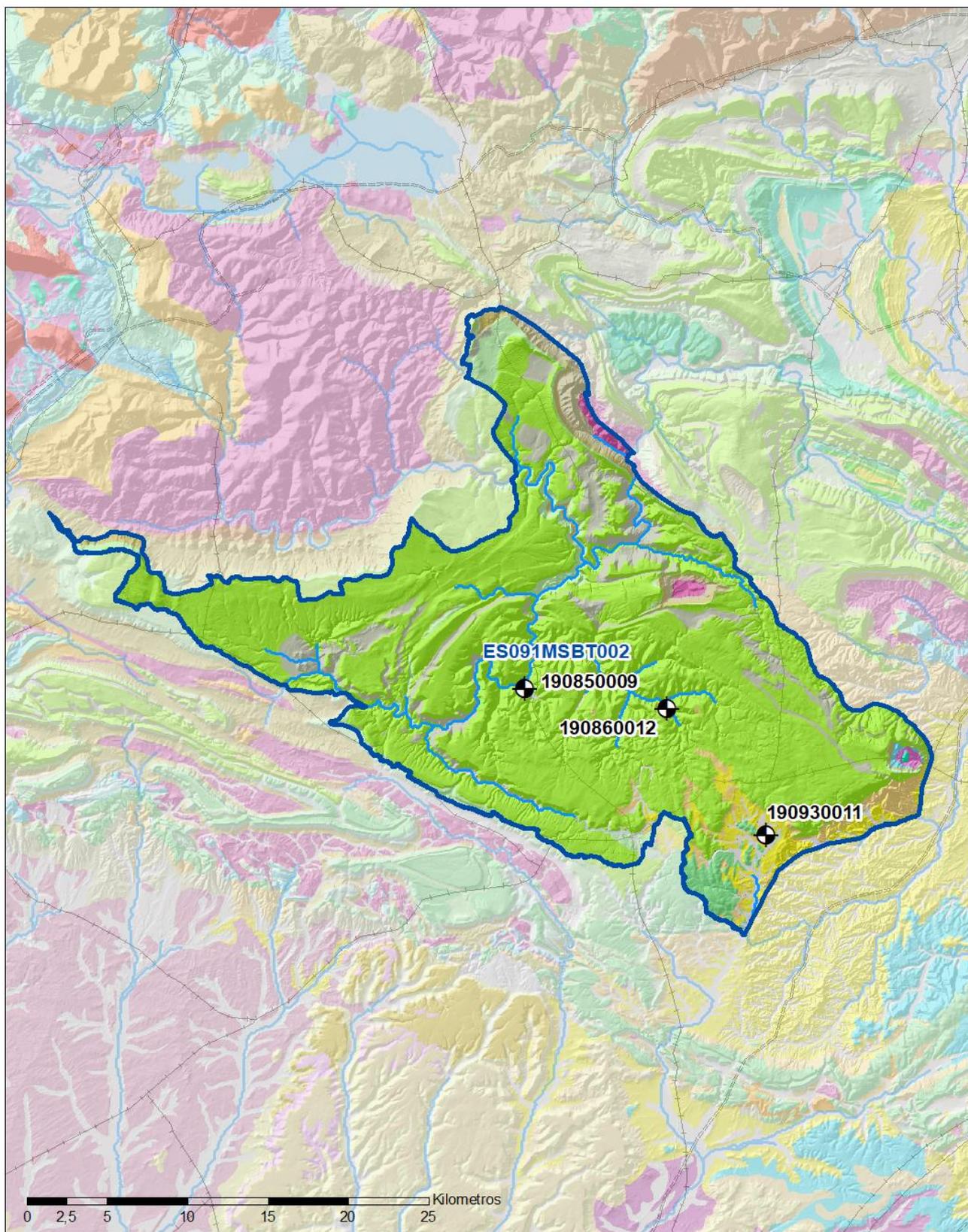
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
190850009	Piezometría	433.899	4.728.820	Cretácico Superior	06/11/2004			200,0	753	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
190860012	Piezometría	442.789	4.727.596	Cretácico Superior	05/11/2004			200,0	821	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
190930011	Piezometría	448.913	4.719.642	Cretácico Superior	09/11/2004			200,0	984	<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

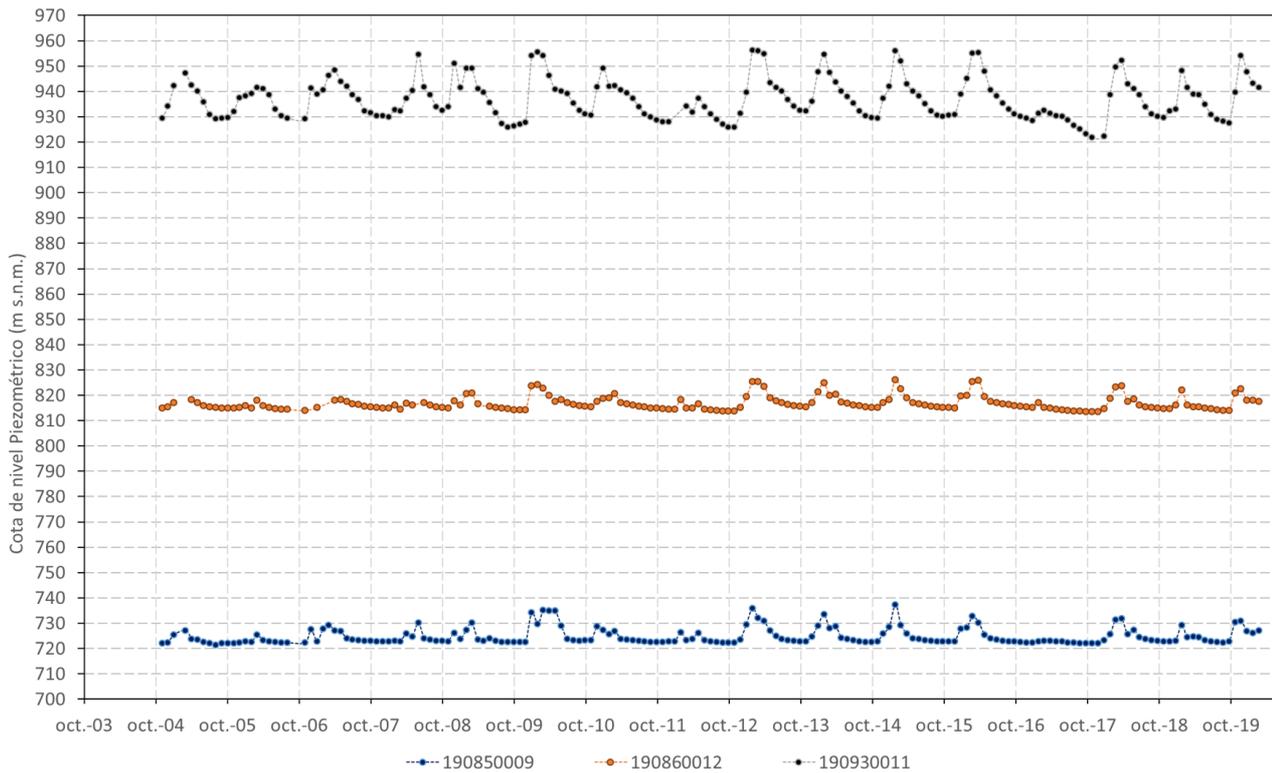
**Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo**

-  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 dispone de 3 puntos de control en la masa de agua Páramo de Sédano y Lora, con datos desde el 2004 al 2020. Presentan una ciclicidad anual marcada, destacando el punto 190930011 con una mayor amplitud entre máximos y mínimos. Las cotas piezométricas oscilan entre los 937,4 m s.n.m. en el punto 190930011, a los 725,0 m s.n.m. en el punto 190850009.

**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
190850009	2004	2020	3.456	745,0	721,5	725,0	23,5	0,15	Cretácico Superior	No
190860012	2004	2020	3.738	827,7	813,5	817,2	14,3	0,11	Cretácico Superior	No
190930011	2004	2020	3.581	958,3	921,3	937,4	37,0	0,70	Cretácico Superior	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



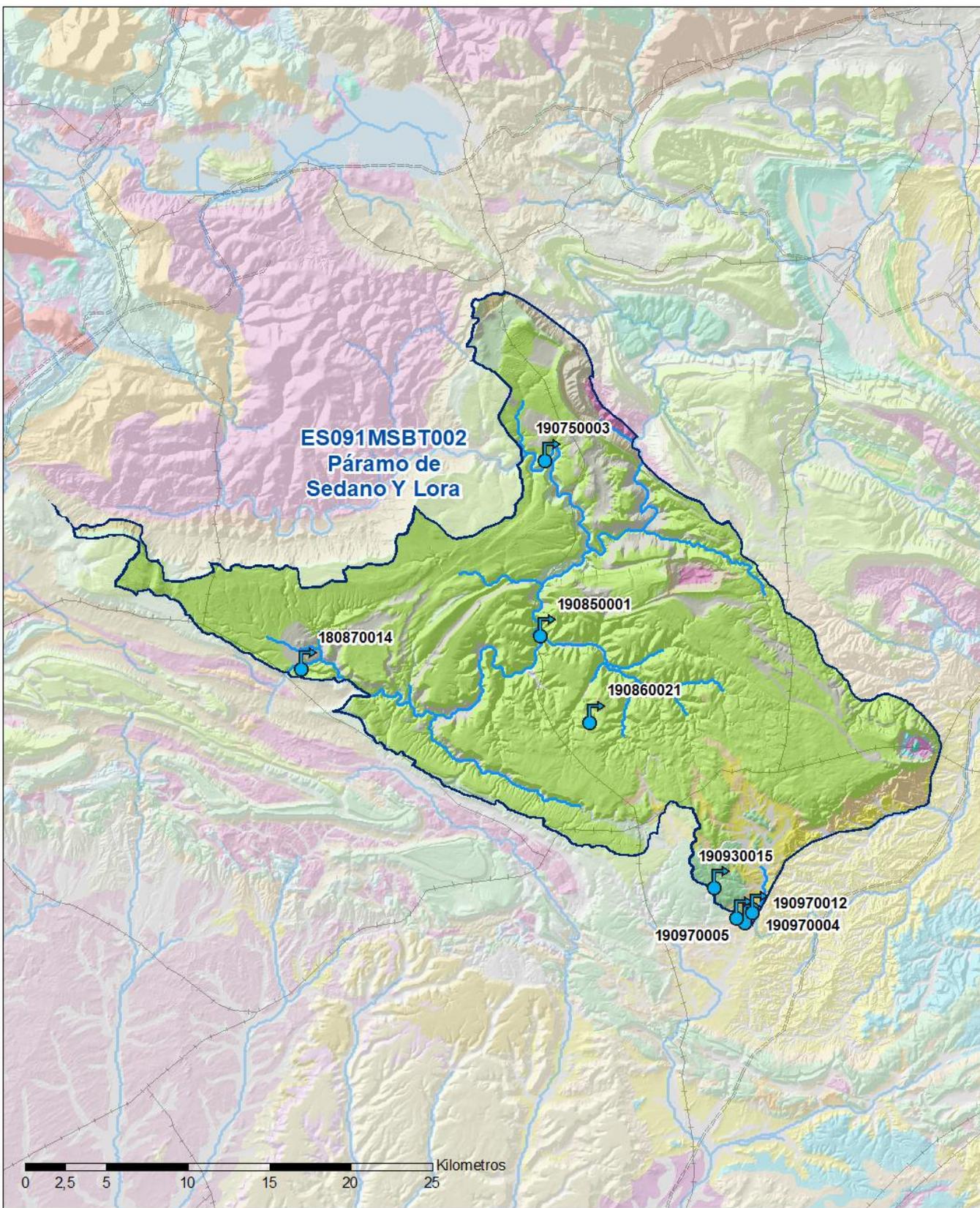
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
180870014	NACIMIENTO RIO RUDRON, CUEVA LOS MOROS	420.175	4.729.767	877		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitias)	13/01/2003
190750003	LA CUEVA DEL AGUA	435.093	4.742.668	708		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitias)	10/06/2002
190850001	POZO AZUL	434.821	4.731.810	704		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitias)	08/06/1995
190860021	BARRIO MOZUELOS	437.888	4.726.473	949		MANANTIAL		18/05/2010
190930015	Manantial de Montespino (M-16)	445.523	4.716.250	1.000		MANANTIAL		19/03/2014
190970004	VERTEDERO HOMINO EN HONTOMÍN (M-19p)	447.402	4.714.111	934		MANANTIAL		13/11/2013
190970005	MANANTIAL DE HONTOMIN 1. MANANTIAL DE INVIERNO (M-19)	446.888	4.714.351	941		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitias)	13/11/2013
190970012	EL VIVERO (M-21)	447.821	4.714.719	934		MANANTIAL		13/11/2013

Puntos de Muestreo Código	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS		
180870014	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
190750003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
190850001	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Acuicultura
190860021	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
190930015	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
190970004	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
190970005	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Otros usos industriales
190970012	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Abastecimientos urbanos

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	Facie Hidrogeoquímica
180870014	Manantial en calizas del Cretácico Superior	Bicarbonatada cálcica
190750003	Manantial en gravas, arenas y arcillas (Cuaternario)	Bicarbonatada cálcica
190850001		Bicarbonatada cálcica
190860021		Bicarbonatada cálcica
190970004		
190970005		
190970012		

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Páramo de Sedano y Lora (2016)

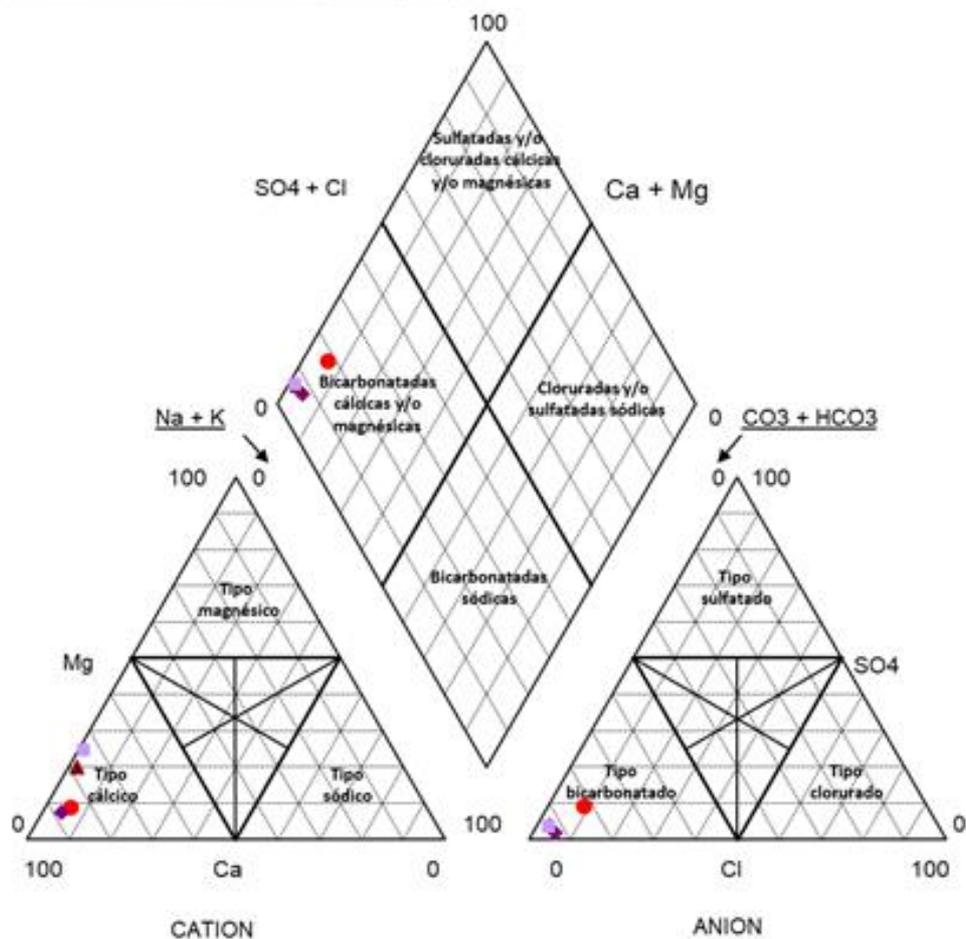


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190860021

Páramo de Sedano y Lora 190860021 (2016-2017)

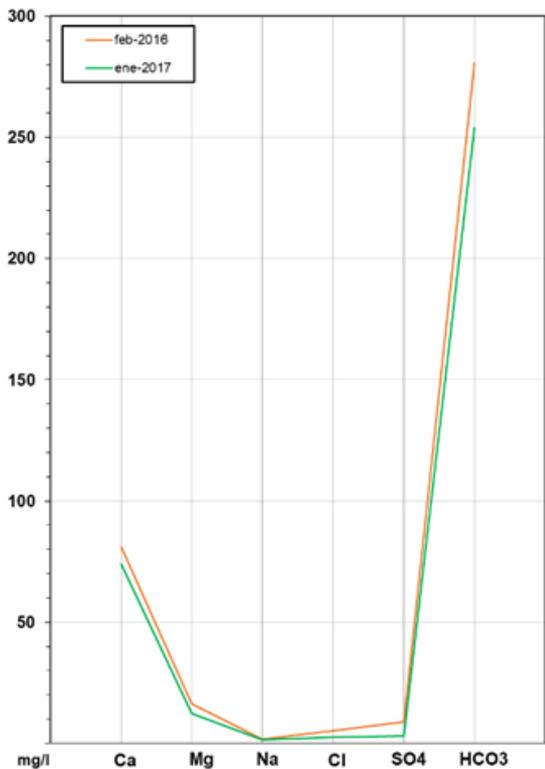


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190970004

Páramo de Sedano y Lora 190970004 (2015-2019)

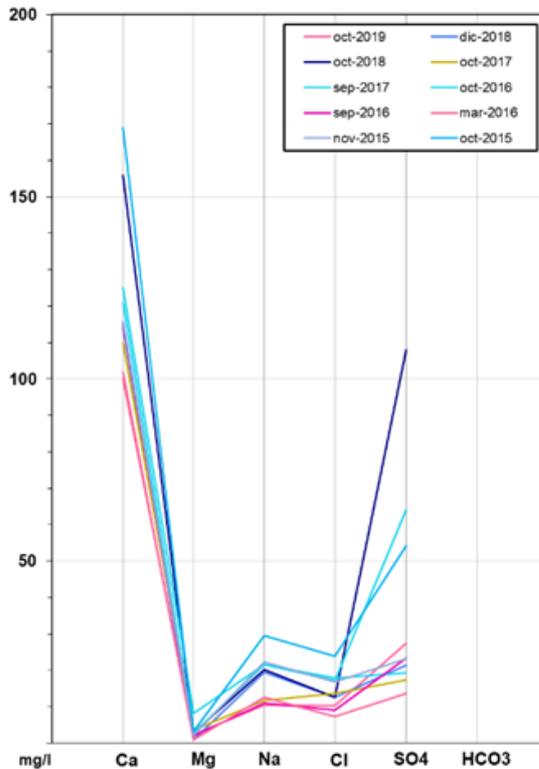


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190970005

Páramo de Sedano y Lora 190970005 (2015-2019)

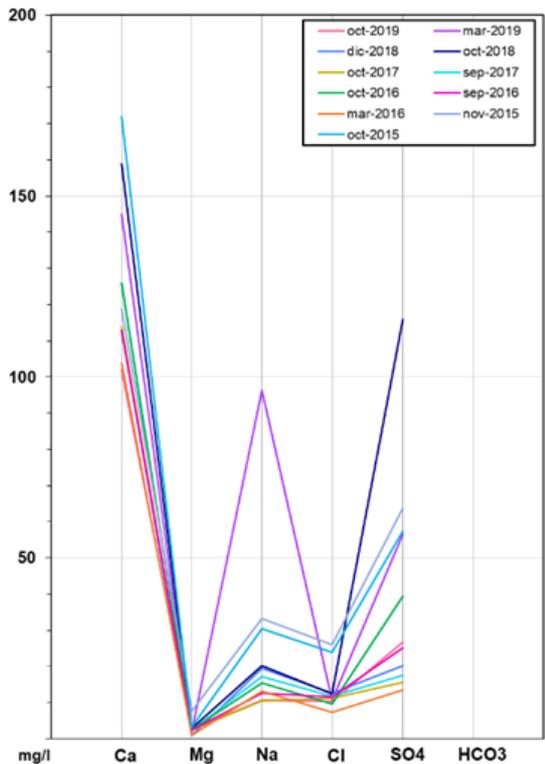
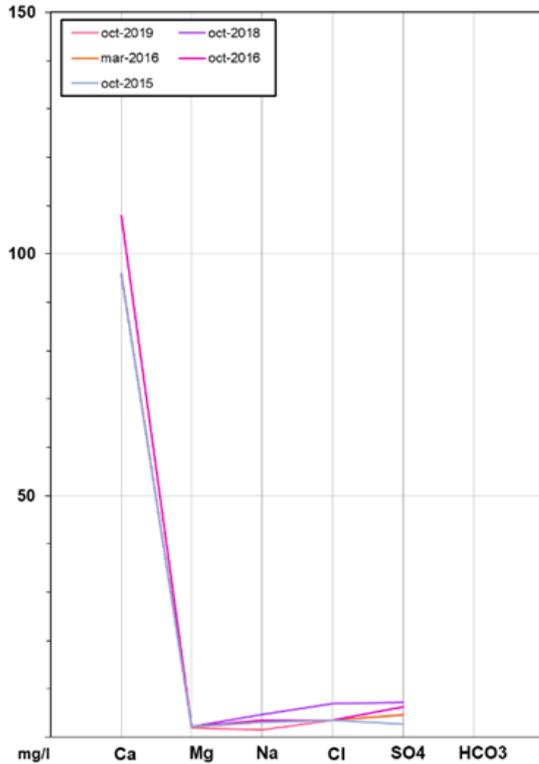


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190970012

Páramo de Sedano y Lora 190970012 (2015-2019)

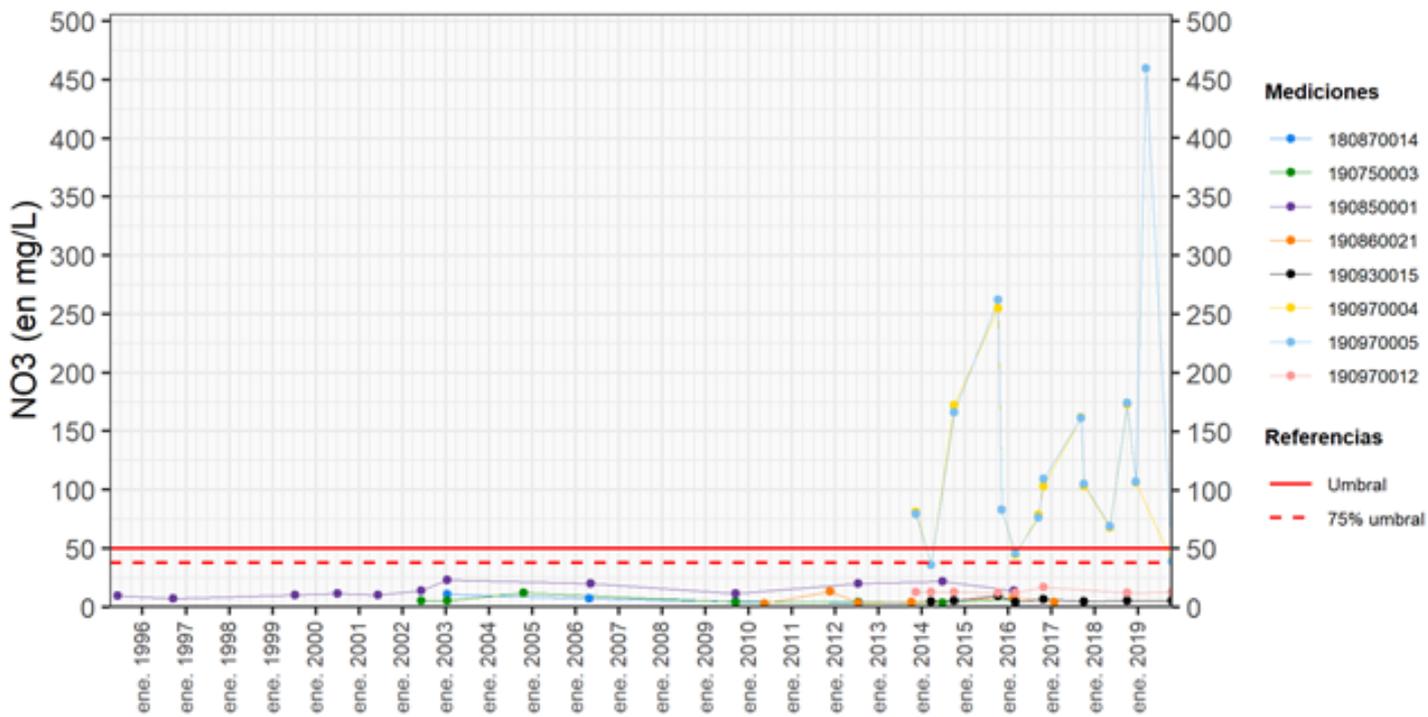


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

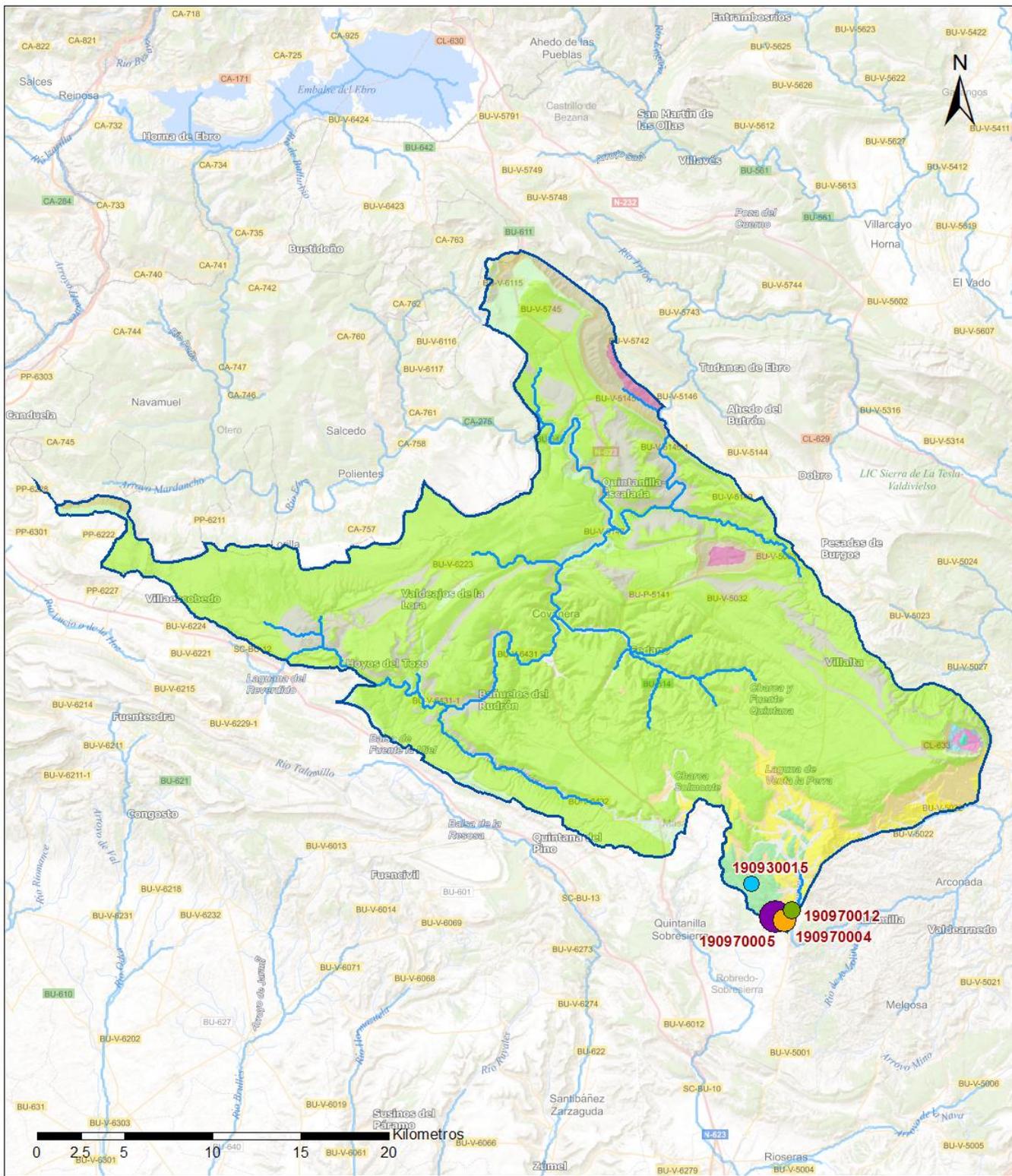
9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
<b>Gráficas de Evolución</b>		



ES091MSBT002 - NO<sub>3</sub> (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

 MSBT:  
 Red hidrográfica  
 ES091MSBT002  
 Páramo de Sedano Y Lora

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

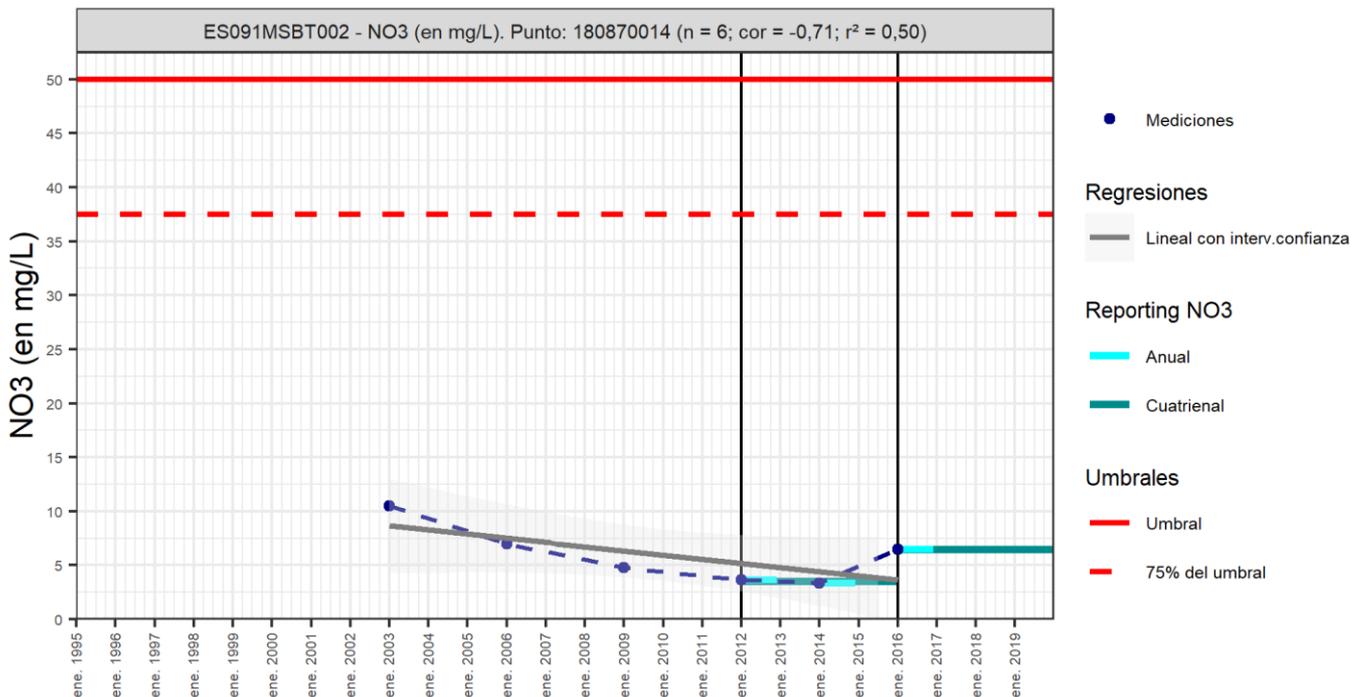
**EVALUACIÓN DE TENDENCIAS**  
 Selección de puntos para evaluación de tendencias

Respecto al análisis de los resultados cuatrienal

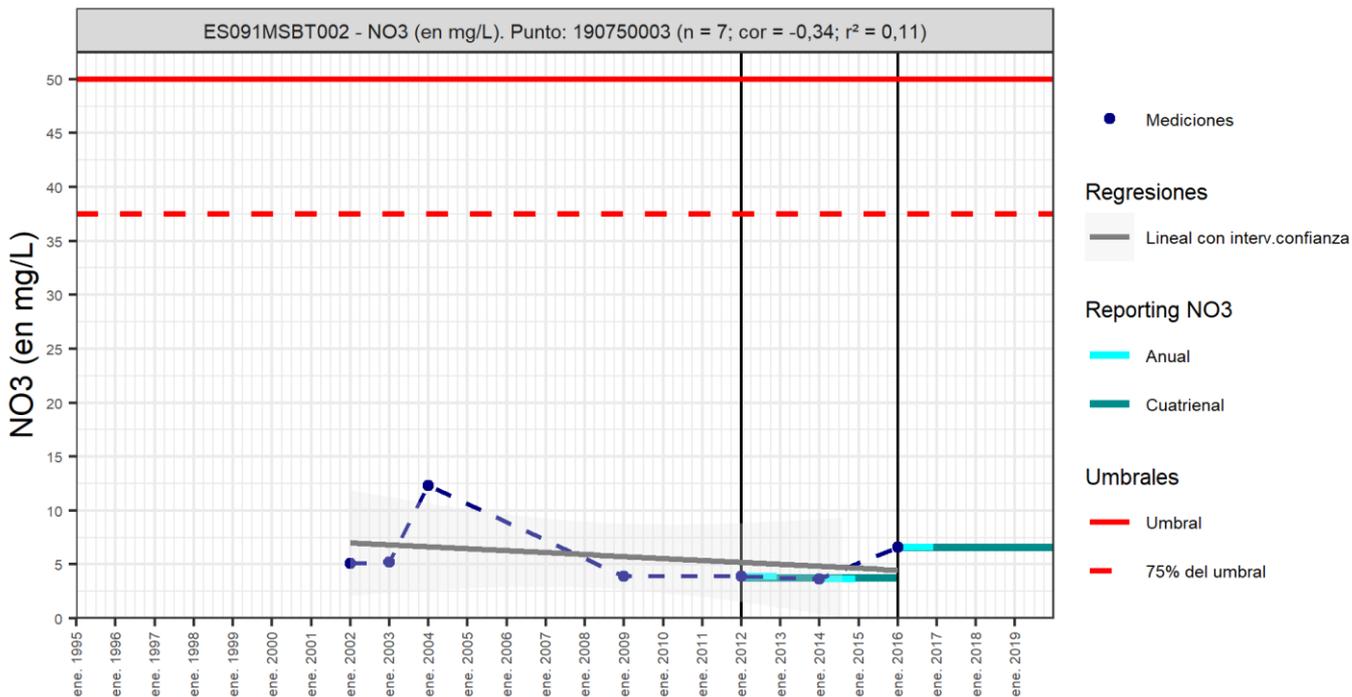
Gráfico de evaluación de tendencia

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

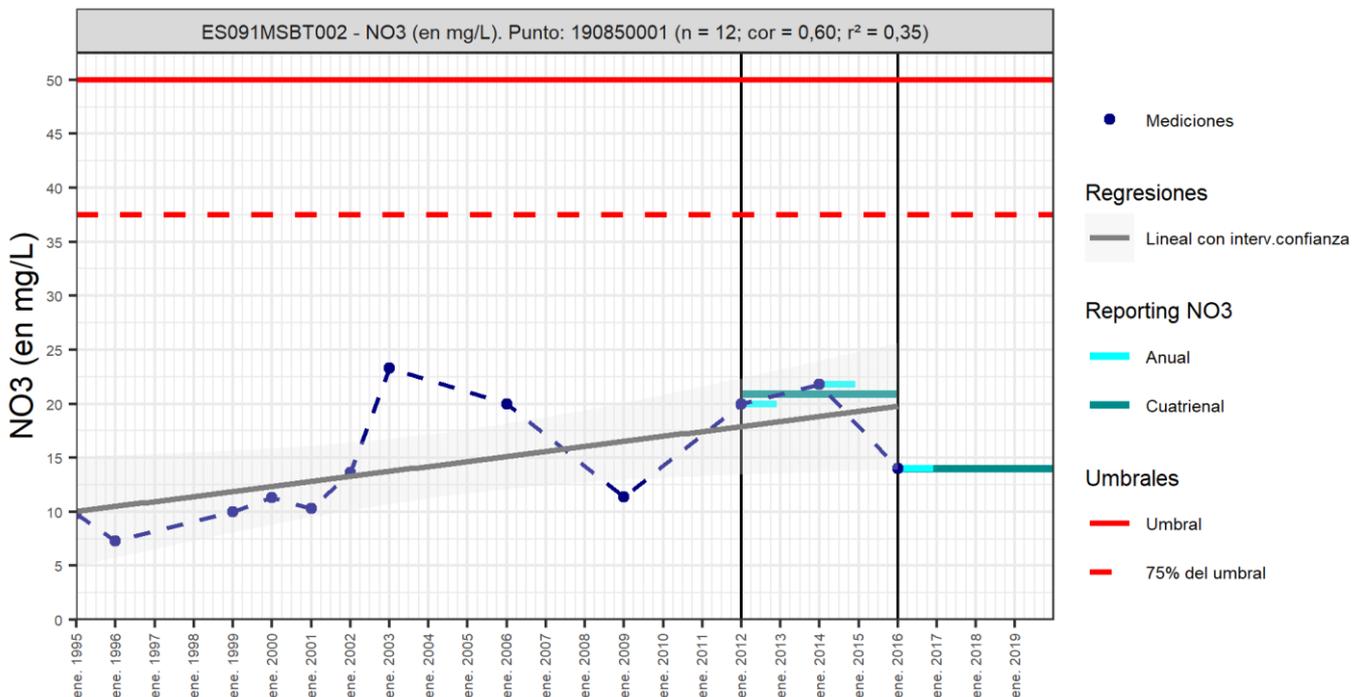
Código Punto 180870014



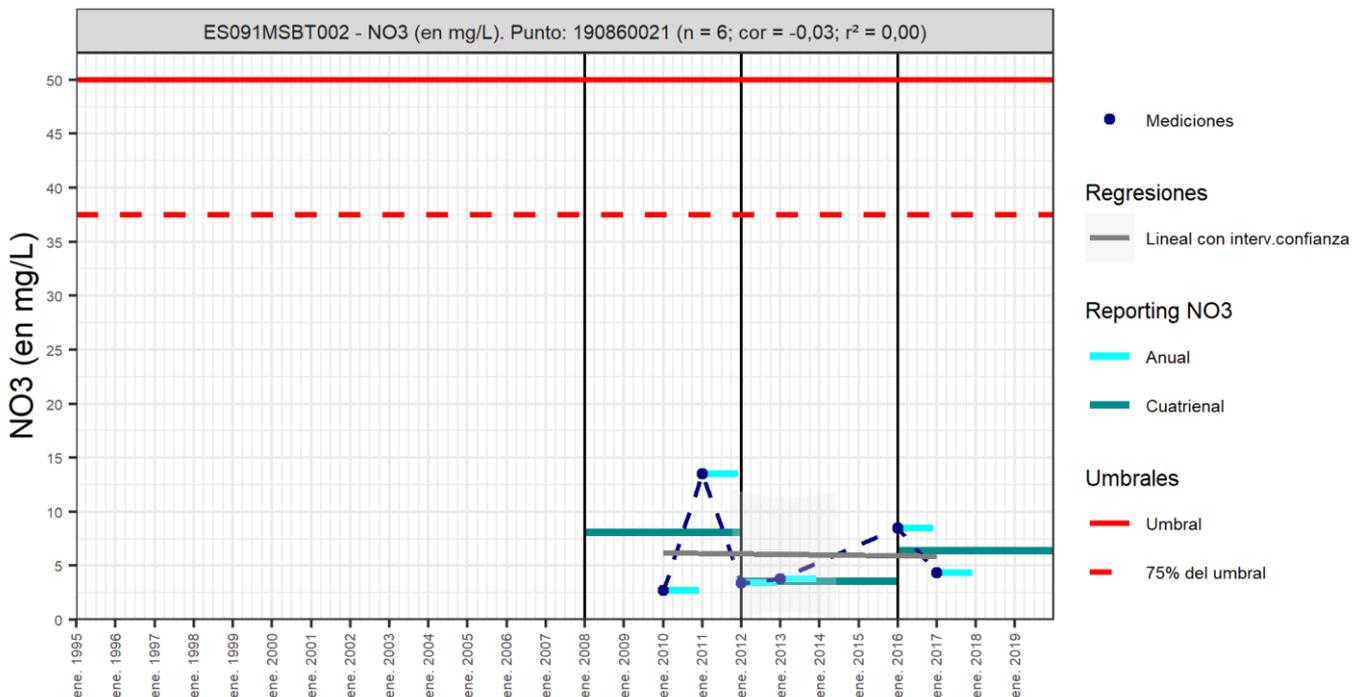
Código Punto 190750003



Código Punto 190850001



Código Punto 190860021



Análisis de tendencias

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2016 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son poco significativas, con aumento de 5,7 mg/L (IPA\_190860021) y disminución de un máximo de 27 mg/L (IPA\_190850001). Por lo que se deduce cierta estabilidad en las concentraciones de nitrato en el periodo 20012 a 2019, por debajo de valor de 50 mg/L que marca la Norma de Calidad.

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
180870014	mg/L	Histórica	2003	2016	Anual	6					
190750003	mg/L	Histórica	2002	2016	Anual	7					
190850001	mg/L	Histórica	1995	2016	Anual	12					
190860021	mg/L	Histórica	2010	2017	Anual	6					

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
180870014							
190750003							
190850001							
190860021							

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 Min.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC (mg/L)	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
										Cuatrenio (2012-2015)	Cuatrenio (2016-2019)		
180870014	Histórica	2012	2019	Cuatrenial	2	3,50	6,50		37,50	3,50	6,50	3,00	Ascendente
190750003	Histórica	2012	2019	Cuatrenial	2	3,80	6,60		37,50	3,80	6,60	2,80	Ascendente
190850001	Histórica	2012	2019	Cuatrenial	2	14,00	20,90		37,50	20,90	14,00	-6,90	Descendente
190860021	Histórica	2008	2019	Cuatrenial	3	3,60	8,10		37,50	3,60	6,40	2,80	Ascendente

## 10.- CONCLUSIONES

La MSBT Páramo de Sedano y Lora engloba los extensos páramos de Sédano y Lora con una superficie de 744,55 km<sup>2</sup> ubicados principalmente dentro de la provincia de Burgos, (98% de la superficie total), y en menor medida, Palencia y Cantabria. Comprende la cuenca del río Rudrón y Oca Geográficamente se encuentra limitado al S y SO con la divisoria hidrográfica entre la cuenca del Ebro y la del Duero, Al NO el límite se establece en las inmediaciones de las localidades de Revelillas, Montecillo, Villaescusa de Ebro y Renedo de Bricia y el límite oriental y suroriental se establece en la depresión del Ebro y las localidades de Padrones de Bureba y Abaja.

La MSBT Páramo de Sedano y Lora se localiza en el Dominio Geoestructural Vasco-Cantábrico, y comprende la parte más occidental de la gran estructura cántabro-pirenaica circunscrita a los límites de la demarcación hidrográfica del Ebro. Los límites estructurales de la masa de agua vienen establecidos por el núcleo Wealdico del Anticlinal de Zamancas al Norte, el contacto Mesozoico-Neógeno del entrante de Padrones de Bureba al Noreste, el hundimiento del Cretácico bajo el Terciario continental de La Bureba al sureste y el techo de la formación Utrillas al Noroeste.

Las litologías que afloran en el área se corresponden con carbonatos de edad Jurásica; calcarenitas, dolomías, calizas arenosas y arenas, de edad Cretácica, con espesores de más de 300 m; conglomerados del Mioceno con espesores de 100 m; y gravas, arenas y limos, asociados a depósitos aluviales y de terraza, de edad Cuaternaria. La masa de agua está constituida por plataformas escasamente deformadas compuestas fundamentalmente por materiales del Cretácico, afectadas por pliegues muy suaves y de gran amplitud que forman mesas estructurales. Esta suave estructura sólo se ve modificada por el diapiro de Poza de la Sal, que verticaliza las capas circundantes. Hacia el sureste, los afloramientos cretácicos se sumergen bajo el relleno terciario de la Bureba, cuya potencia estimada en sondeos petrolíferos es de 700 m, para aflorar nuevamente en el extremo meridional de la unidad de Arco de Rojas-Sta. Casilda, en la unidad meridional de La Bureba. Esta disposición en plataformas horadadas por los ríos se traduce en la desconexión de los principales acuíferos de las masas de agua.

Las características hidrogeológicas y edafológicas del acuífero, clasificado como carbonatado, le confieren grado de vulnerabilidad intrínseco a la contaminación según el método COP de Alta (rango 0,5-1) y Muy Alta (rango 0-0,5), al 35,11% y 34,25%, respectivamente, de la superficie de la MSBT Páramo de Sédano - Lora.

La MSBT Páramo de Sedano y Lora (ES091MSBT002), compuesta por materiales carbonatados karstificados de permeabilidad media, limita al noreste con la MSBT Sinclinal de Villarcayo (ES091MSBT003), con la cual comparte continuidad litológica, pero sin transferencia de flujo al menos en la parte correspondiente a la serie miocena que rellena el Sinclinal de Treviño. A este limita con la MSBT Manzanedo-Oña (ES091MSBT004), tiene un carácter abierto y flujo de salda. Por último, el límite Sur-Oeste, limita con la MSBT Quintanilla-Peñahorada-Las Loras caracterizada por materiales miocenos, los cuales confieren carácter impermeable por lo que tiene un límite cerrado (flujo nulo). Hacia el suroeste, se produce el hundimiento del Cretácico bajo el Terciario de La Bureba, por lo que se deduce un límite abierto con flujo profundo de salida por continuidad litológica.

En la MSBT se reconocen 5 acuíferos, y cada uno de ellos está representado por una única FGP, según la bibliografía revisada respecto a las FGP y la relación de éstas con las litologías aflorantes. El principal acuífero (Cretácico superior) está constituido por una única FGP (Cretácico Superior), la cual se caracteriza por las calizas del Cretácico superior (afloramiento mayor al 85%) dispuesto a modo de extensas parameras entre las que se encajan los ríos Ebro, Rudrón y Hómino, y se caracteriza por estar formado por litologías como calcarenitas, calizas arenosas, calcarenitas bioclásticas y calizas dolomitizadas, con una permeabilidad media-alta asociada a su karstificación. El segundo acuífero de menor importancia y considerado en esta MSBT, es el acuífero Cuaternario aluvial, constituido por una sola FGP (Cuaternario), representada por los materiales detríticos que forman los depósitos aluviales, con litologías de gravas, arenas y limos, y con una permeabilidad alta.

Los parámetros hidráulicos pueden ser dispares, fundamentalmente a causa de las variaciones texturales de los materiales que componen los acuíferos. La transmisividad detallada en la documentación revisada arroja valores promedio entre 3,15 y 600,0 m<sup>2</sup>/día para los acuíferos carbonatados del Cretácico Superior, mientras que, para los acuíferos secundarios del cuaternario, no se dispone de valores de sus parámetros hidráulicos.

El funcionamiento hidráulico del principal acuífero de la MSBT Páramo de Sedano y Lora (Cretácico superior) responde a un sistema cárstico muy desarrollado, de alta difusividad y baja capacidad de regulación natural, por lo que originan descargas muy voluminosas pero muy irregulares. La recarga de este acuífero principal se produce a través de infiltración de las precipitaciones en la superficie aflorante (mayor al 85 %). El desarrollo cárstico implica una gran profusión de la relación río-acuífero a través de formas exokársticas (sumideros, simas, etc.), dando origen a abundantes y significativos tramos de ríos influentes. Los caudales infiltrados a la MSBT a través de las formas exokársticas son drenados a través del sistema hidrogeológico a los propios cauces, aguas abajo, o a otros cauces, dando lugar a relaciones río-acuífero de marcado carácter transitorio. El segundo acuífero caracterizado en la MSBT (Cuaternario), responde a un funcionamiento característico de sistemas detríticos, en donde la recarga se produce por infiltración de lluvia y aportes laterales desde el acuífero principal, en menor medida por el retorno de riego, y la descarga a través de los cauces del río.

En la MSBT se ha identificado un recinto hidrogeológico correspondientes al Páramo de Sedano y Lora (ES091MSBT002S00) en el que las MSPF asociadas son el río Ebro y el Rudrón.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron, para la MSBT Páramo de Sédano-Lora, unos recursos disponibles de 48,54 hm<sup>3</sup>/año, sobre unos recursos renovables de 80,90 hm<sup>3</sup>/año. La salida de agua subterránea más importante se corresponde con las extracciones por bombeo que se estimaron en 0,72 hm<sup>3</sup>/año, lo que se puede indicar que el índice de explotación de ésta masa sea 0,01.

La red de control piezométrico dispone de 3 puntos de control en la masa de agua Páramo de Sédano y Lora, con datos desde el 2004 al 2020. Presentan una ciclicidad anual marcada, destacando el punto 190930011 con una mayor amplitud entre máximos y mínimos. Las cotas piezométricas oscilan entre los 937,4 m s.n.m. en el punto 190930011, a los 725,0 m s.n.m. en el punto 190850009.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene ocho puntos de control distribuidos por toda la MSBT que corresponden a manantiales, de los que siete se encuentran en el acuífero del Cretácico Superior y uno en el acuífero formado por depósitos aluviales cuaternarios. Las características generales físico-químicas de la MSBT corresponden a un agua neutra a básica, con un pH que varía entre 2,7 a 8,1. Los valores de conductividad eléctrica (CE) varían entre 325 y 1.762 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 450 µS/cm, se consideran aguas naturales poco mineralizadas (< 2.000 Custodio y Llamas,1983). En algún punto se ha registrado una mayor salinidad de modo puntual por el aumento de la concentración de sulfato, que en la mayoría de los puntos los valores máximos no superan los 40 mg/L. La representación de la facies hidrogeoquímicas en la MSBT sólo se ha podido realizar para algunos puntos de la red de control, que presentaban valores en cationes y aniones mayoritarios en el año 2016, pudiéndose identificar la facies representativa del tipo Ca-HCO<sub>3</sub> (IPA\_180870014, IPA\_190970012) para el acuífero del Cretácico Superior y Cuaternario Aluvial. Los diagramas de columnas permiten identificar algunos manantiales, en los que no hay medidos valores de bicarbonato y que tienen concentraciones mayores en SO<sub>4</sub>, que presentan variabilidad interanual. En esos puntos, la presencia de sulfato puede dar lugar a facies mixtas del tipo Ca- HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, que se presentan en zonas donde la circulación de agua subterránea está en contacto con los materiales evaporíticas de las facies Keuper (IPA 190970004, IPA\_190970005).

Las concentraciones elevadas de nitrato ponen en riesgo químico la MSBT para que no cumpla los objetivos medioambientales, con un promedio del P50 del 30 mg/L en nitrato, que está por debajo del valor de 50 mg/L indicado por la NC, aunque algunos puntos de la red de control alcanzan valores de 250 y 450 mg/L, observándose una variabilidad interanual importante (Gráfico de evolución IPA 190970004 IPA\_190970005). La presión significativa que da origen a estas concentraciones en compuestos nitrogenados está relacionada con la presencia de suelos contaminados.

El análisis de tendencia en la evolución de la concentración de nitrato no se ha podido realizar al no disponerse del número suficiente de datos anuales (min de 8 datos) y que cumplan con la continuidad temporal requerida para la aplicación de los métodos de regresión lineal simple y estadístico de Test-Mann Kendall. Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2016 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son poco significativas, con aumento de 5,7 mg/L (IPA\_190860021) y disminución de un máximo de 27 mg/L (IPA\_190850001). Por lo que se deduce cierta estabilidad en las concentraciones de nitrato en el periodo 20012 a 2019, por debajo de valor de 50 mg/L que marca la Norma de Calidad.

## 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"/>
	<b>Actividad</b>
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"/>
	<b>Actividad</b>
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"/>
	<b>Actividad</b>
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"/>
	<b>Actividad</b>
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS
	<b>Subactividad/Herramienta</b>
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos <input checked="" type="checkbox"/>

<b>Actividad</b>	
<b>A05</b>	<b>DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
<b>A06</b>	<b>ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
<b>A07</b>	<b>ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN PUNTUAL</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
<b>A08</b>	<b>ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
<b>A09</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LA RECARGA</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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"/>
<b>Actividad</b>	
<b>A10</b>	<b>RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS</b>
<b>Subactividad/Herramienta</b>	
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 checked="" 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 ES091MSBT002 Páramo de Sedano y Lora:

**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. Se considera necesario nuevas investigaciones para ampliar el conocimiento entre los diferentes acuíferos carbonatados (5) y detríticos, y otros aspectos de detalle como grado de carstificación, para ello se utilizarán técnicas geofísicas, sondeos de investigación o mejora de la cartografía geológica.

**Zona no saturada y vulnerabilidad:** los estudios de mejora del conocimiento de la zona no saturada definen los principales parámetros que condicionan la entrada y transporte de contaminantes hasta alcanzar el nivel freático. En el caso de la MSBT mas del 80% de la superficie es carbonatada, por lo que no es necesario realizar estudio de ZNS, pero sí realizar las actividades relacionadas a la vulnerabilidad, habiéndose detectado contaminación difusa por nitrato en manantiales del Ac. Cretácico Superior en las proximidades del municipio de Hontomín. La realización de estos trabajos va a permitir diseñar la protección de los acuíferos y establecer perímetros de protección.

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

**Definición de acuíferos y parámetros hidrogeológicos:** en esta MSBT se detecta falta de información respecto a la determinación de los parámetros hidráulicos en los acuíferos carbonatados que presentan una disparidad de valores asociado al grado de carstificación, por lo que se propone la revisión de acuíferos y FGP, así como mejorar la definición de su comportamiento hidrogeológico (parámetros hidráulicos). Estos trabajos constituyen uno de las principales entradas en el desarrollo de modelos numéricos, tanto el número de datos como su distribución en el espacio influyen directamente en una mejor y más fiable aproximación a la realidad.

**Estudios de caracterización hidrogeoquímica:** se efectuarán analíticas distribuidas y posterior interpretación de datos para la mejora del modelo conceptual en las MSBT. También la realización de “barridos” para identificar impactos previamente no detectados. Además, como apoyo a los trabajos de planificación hidrológica, se pretende desarrollar un sistema estandarizado para la mejora del análisis de tendencias en todas las MSBT, así como su vinculación automatizada con NABIA. Por último, en aquellas MSBT con carencias de información, se efectuarán estudios para la determinación de niveles de fondo.

**Estudios de contaminación difusa:** la MSBT se encuentra en riesgo químico por contaminación difusa que afecta fundamentalmente a manantiales del Acuífero Cretácico superior, localizados próximos al municipio de Hontomín. 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.

**Estimación de la recarga:** en esta MSBT se propone el uso de métodos adicionales para la estimación de la recarga (balance hídrico, hidrodinámico e hidroquímico) en función de la información disponible y la naturaleza de la masa, con objeto de comparar y contrastar los resultados y efectuar los análisis de sensibilidad pertinentes.

**Relación río acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS:** se han establecido unos candidatos a EDAS y se proponen trabajos para su identificación/validación (incluyendo trabajos de campo), así como trabajos para su caracterización y estimación de sus necesidades ambientales. Se ha detectado ETDAS en mal estado correspondiente al espacio RN2000 (Covalagua), por lo que es necesario estudios de contaminación y protección.

**Análisis y diagnosis de las redes de monitoreo. Propuestas de mejora:** con el fin de mejorar la evaluación del estado de las MSBT e incrementar el nivel de confianza (NCF), se considera imprescindible el análisis y 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.

**Modelización geológica 3D:** dado el interés, y con el objetivo de impulsar la modelización numérica como herramienta para la gestión del recurso hídrico, se propone como prioritario en todas las MSBT la mejora del modelo geológico 3D que sirva como base para la generación o mejora de modelos de flujo subterráneo, en el caso de que hubiera antecedentes de modelación numérica.

**Modelización de flujo subterráneo:** en esta MSBT se plantea crear un modelo de flujo subterráneo que permita establecer reglas y escenarios de gestión y evaluar con mayor exactitud los recursos disponibles a medio y largo plazo, y frente al cambio climático.

**Modelización de transporte de reactivos y solutos:** se propone crear un modelo de transporte que permita comprender el origen y la causa de las variaciones espaciales y temporales, así como definir la dimensión de la contaminación detectada en el o los acuíferos, así como plantear escenarios para la mejora de la gestión y facilitar la toma de decisiones (reducir presiones en zonas concretas, etc.).

**Evaluación del recurso disponible y reservas:** con el apoyo de trabajos previos o actividades planteadas previamente (cálculo de necesidades ambientales en EDAS, mejora de valores obtenidos de recarga, determinación de reservas a partir de modelos geológicos, etc.) se cuantificará el recurso disponible y reservas de la MSBT. Una vez calibrados los modelos numéricos se podrán efectuar simulaciones y análisis según distintos escenarios, tanto de recarga como de presiones y mejorar la planificación y gestión de los recursos hídricos subterráneos en la MSBT.

El conocimiento adquirido en cada una de las actividades aquí propuestas irá acompañada de divulgación social, con el objetivo de desarrollar la formación y la cultura en materia de aguas subterráneas. Para ello se realizarán, acorde a la naturaleza de la actividad y público receptor, jornadas formativas, publicaciones de artículos científicos, difusión en redes sociales, conferencias, exposiciones etc.

## 12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHE Fichas de caracterización de las masas de agua subterránea en Información de Planificación Hidrológica de la CHE ([www.chebro.es](http://www.chebro.es)).
- CHE (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Segundo ciclo de planificación: 2015 – 2021. Memoria y anejos.
- CHE (2019). Documentos iniciales: programa, calendario, estudio general sobre la demarcación y fórmulas de consulta. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Revisión de tercer ciclo de planificación (2021-2027). Memoria y anejos.
- DGA (2012). Diagnóstico de las estaciones de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias, construidas y operativas antes del año 2.002. Apoyo Técnico a la Confederación Hidrográfica del Ebro. Memoria y anejos.
- DGA (2020). Guía metodológica para la determinación de las necesidades ambientales asociadas a los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas. En: Actuaciones para gestión de las aguas subterráneas y los ecosistemas asociados ante el impacto del cambio climático. Plan PIMA ADAPTA 2017.
- DGA (2020). Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas. Secretaría de estado de medio ambiente, Dirección General del Agua. Versión 2, julio 2020.
- DGA (2010). Actividad 4: Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Demarcación Hidrográfica 091 Ebro, Dominio Vasco Cantábrico, Masa de agua subterránea 090.022 Sierra de Cantabria. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.
- IGME, DGA y UMA (2010). Actividad 9: Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua. Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias masas detríticas y mixtas. En: Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Madrid
- IGME, DGA (2019). Fichas de datos de los recintos hidrogeológicos de la demarcación hidrográfica del Ebro para su implementación en el modelo simpa. En: Encomienda de gestión para desarrollar diversos trabajos relacionados con el inventario de recursos hídricos subterráneos y con la caracterización de acuíferos compartidos entre demarcaciones hidrográficas.
- MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número229, Gobierno de España.
- MITERD (2020). Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas.

# ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

## ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)



MSBT: ES091MSBT002 - PÁRAMO DE SEDANO Y LORA

Código espacio RN2000	Nombre espacio RN2000	Tipo RN2000	Código hábitat	Nombre hábitat dependiente de aguas subterráneas	Grado conservación
ES4140027	Covalagua	ZEC	7220	Manantiales petrificantes con formación de tuf (Cratoneurion) (*)	C

# ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT002 - PÁRAMO DE SEDANO Y LORA

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>
<b>Código Punto</b>	<b>180870014</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	14,4	8	406	11,70	2,4	<LQ	193,0
Mín.	3,5	7	351	8,40	0,8	<LQ	183,0
P50	13,8	8	379	9,95	1,6	<LQ	188,0
N reg.	5	5	4	6	3		2
<b>Código Punto</b>	<b>190750003</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	12,8	8	530	11,40	0,9	<LQ	265,0
Mín.	10,7	7	428	9,70	<LQ	<LQ	263,0
P50	11,9	8	475	10,55	0,4	<LQ	264,0
N reg.	5	5	5	6	2		2
<b>Código Punto</b>	<b>190850001</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	13,5	8	418	11,40	1,0	<LQ	219,0
Mín.	10,2	7	332	8,00	<LQ	<LQ	203,0
P50	12,2	7	375	10,20	0,7	<LQ	208,0
N reg.	11	11	10	12	3		8
<b>Código Punto</b>	<b>190860021</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	11,9	8	471	10,70	1,8	<LQ	225,0
Mín.	10,9	8	325	8,80	<LQ	<LQ	225,0
P50	10,9	8	422	10,40	<LQ	<LQ	225,0
N reg.	5	4	5	6	4		1
<b>Código Punto</b>	<b>190930015</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	15,8	8	447	8,90	29,5	<LQ	261,0
Mín.	10,8	7	369	7,40	<LQ	<LQ	240,0
P50	13,7	8	404	8,15	9,4	<LQ	253,5
N reg.	5	3	6	6	5		8
<b>Código Punto</b>	<b>190970004</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	14,7	8	853	8,30	15,8	<LQ	228,0
Mín.	9,2	7	427	5,30	<LQ	<LQ	179,0
P50	12,1	8	512	7,50	<LQ	<LQ	211,0
N reg.	9	5	11	11	8		13
<b>Código Punto</b>	<b>190970005</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	15,0	8	1.762	9,50	13,6	<LQ	225,0
Mín.	8,7	7	452	0,70	<LQ	<LQ	192,0
P50	11,7	8	643	6,50	5,4	<LQ	209,0
N reg.	39	5	41	41	9		14
<b>Código Punto</b>	<b>190970012</b>						
<b>Valor</b>							
Máx.	13,5	8	435	6,80	<LQ	<LQ	233,0
Mín.	10,7	7	364	5,20	<LQ	<LQ	215,0
P50	12,5	8	392	6,60	<LQ	<LQ	227,5
N reg.	5	3	5	5	5		8

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
<b>Código Punto</b>	<b>180870014</b>								
<b>Valor</b>									
Máx.	235,5	<LQ	52,00	38,0	10,5	0,02	0,15	10,4	2,0

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>180870014</b>								
Valor									
Mín.	171,0	<LQ	11,40	16,4	3,3	<LQ	<LQ	3,9	1,4
P50	221,7	<LQ	13,35	22,0	5,7	0,01	0,08	7,2	1,6
N reg.	6	6	6	6	6	2	2	6	6
Código Punto	<b>190750003</b>								
Valor									
Máx.	330,1	<LQ	14,60	25,0	12,3	<LQ	<LQ	12,4	0,6
Mín.	270,0	<LQ	8,00	5,4	3,7	<LQ	<LQ	3,7	<LQ
P50	321,5	<LQ	11,30	7,2	5,1	<LQ	<LQ	7,1	0,5
N reg.	6	5	6	7	7	1	1	7	7
Código Punto	<b>190850001</b>								
Valor									
Máx.	267,2	<LQ	50,20	9,6	23,3	0,01	<LQ	8,4	0,5
Mín.	213,5	<LQ	<LQ	5,0	7,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	252,5	<LQ	2,59	5,8	12,5	0,00	<LQ	2,5	<LQ
N reg.	12	12	12	12	12	2	2	12	12
Código Punto	<b>190860021</b>								
Valor									
Máx.	302,1	<LQ	5,15	8,9	13,5	0,01	<LQ	2,3	1,8
Mín.	219,0	<LQ	<LQ	3,1	2,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	264,1	<LQ	2,69	3,3	4,1	<LQ	<LQ	1,5	0,4
N reg.	5	5	6	6	6	6	5	6	6
Código Punto	<b>190930015</b>								
Valor									
Máx.	<LQ	17,00	<LQ	8,1	9,5	<LQ	<LQ	4,2	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	4,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	5,1	5,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.		7	8	8	8	8		8	8
Código Punto	<b>190970004</b>								
Valor									
Máx.	<LQ	37,00	24,00	108,0	255,0	5,42	<LQ	35,9	2,5
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	13,8	35,7	<LQ	<LQ	8,6	<LQ
P50	<LQ	4,80	12,70	23,4	92,9	0,03	<LQ	19,5	1,5
N reg.		10	13	13	14	13		13	13
Código Punto	<b>190970005</b>								
Valor									
Máx.	<LQ	20,00	26,00	116,0	460,0	12,80	<LQ	96,3	1,8
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	13,6	36,0	<LQ	<LQ	8,7	<LQ
P50	<LQ	<LQ	11,45	26,0	105,0	0,01	<LQ	17,3	1,2
N reg.		12	14	14	15	14		14	14
Código Punto	<b>190970012</b>								
Valor									
Máx.	<LQ	12,00	7,00	7,3	17,0	<LQ	<LQ	4,7	1,1
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	2,7	12,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	4,8	12,5	<LQ	<LQ	1,6	<LQ
N reg.		6	8	8	8	8		8	8

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>180870014</b>								
Valor									
Máx.	91,0	8,6	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	69,5	4,5	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	72,5	6,4	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<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>180870014</b>								
Valor									
N reg.	6	6	1	2		5			
Código Punto	<b>190750003</b>								
Valor									
Máx.	108,0	15,1	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	96,0	5,5	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	101,0	7,9	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	7	7	1	1		5			
Código Punto	<b>190850001</b>								
Valor									
Máx.	107,0	10,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,01	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	69,8	2,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	78,6	6,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	12	12	1	2		10			
Código Punto	<b>190860021</b>								
Valor									
Máx.	84,7	17,5	1,0200	0,0400	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	73,9	9,0	0,2700	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	75,7	11,3	0,3415	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Código Punto	<b>190930015</b>								
Valor									
Máx.	114,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	94,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	106,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8				8			
Código Punto	<b>190970004</b>								
Valor									
Máx.	169,0	8,2	<LQ	<LQ	<LQ	3,60	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	100,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	115,0	2,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	13	13				13			
Código Punto	<b>190970005</b>								
Valor									
Máx.	172,0	7,8	<LQ	<LQ	<LQ	33,50	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	102,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	117,0	2,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	14	14				14			
Código Punto	<b>190970012</b>								
Valor									
Máx.	108,0	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	95,6	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	96,9	2,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8				8			

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