

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA



MSBT: ES091MSBT004 - MANZANEDO-OÑA

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 ES091MSBT004 Nombre MSBT MANZANEDO-OÑA

Código DH ES091 Nombre DH Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea ES091MSBT004 Manzanedo-Oña se encuentra en el del Dominio Hidrogeológico Vasco Cantábrico , en el sector Navarro-Cantábrico. Se localiza íntegramente en la provincia de Burgos, con una superficie de 232,06 km². Los municipios que con mayor área en la MSBT son Los Altos y Merindad de Valdivieso. La MSBT está situada al norte de la depresión del Ebro, y limitada al noroeste por el cauce del río Ebro y al este por el río Oca.

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
Castilla y León	Burgos	09217	Merindad de Valdivielso	55,29	30,73
Castilla y León	Burgos	09014	Altos, Los	50,12	30,18
Castilla y León	Burgos	09328	Rucandio	94,91	13,34
Castilla y León	Burgos	09238	Oña	15,33	10,67
Castilla y León	Burgos	09409	Valle de Manzanedo	20,57	6,24
Castilla y León	Burgos	09006	Aguas Cándidas	72,97	5,64
Castilla y León	Burgos	09903	Villarcayo de Merindad de Castilla la Vieja	2,37	1,54
Castilla y León	Burgos	09068	Cantabrana	100,00	1,35
Castilla y León	Burgos	09329	Salas de Bureba	3,66	0,21
Castilla y León	Burgos	09416	Valle de Zamanzas	1,07	0,09

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	452.358	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.739.097
Longitud (CENTROIDE)	-3,58273	Latitud (CENTROIDE)			42,80295
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			719
Altitud mínima (m s.n.m.)	548	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.267
Área total de la MSBT (km ²)	232				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

Nº habitantes

732

Año

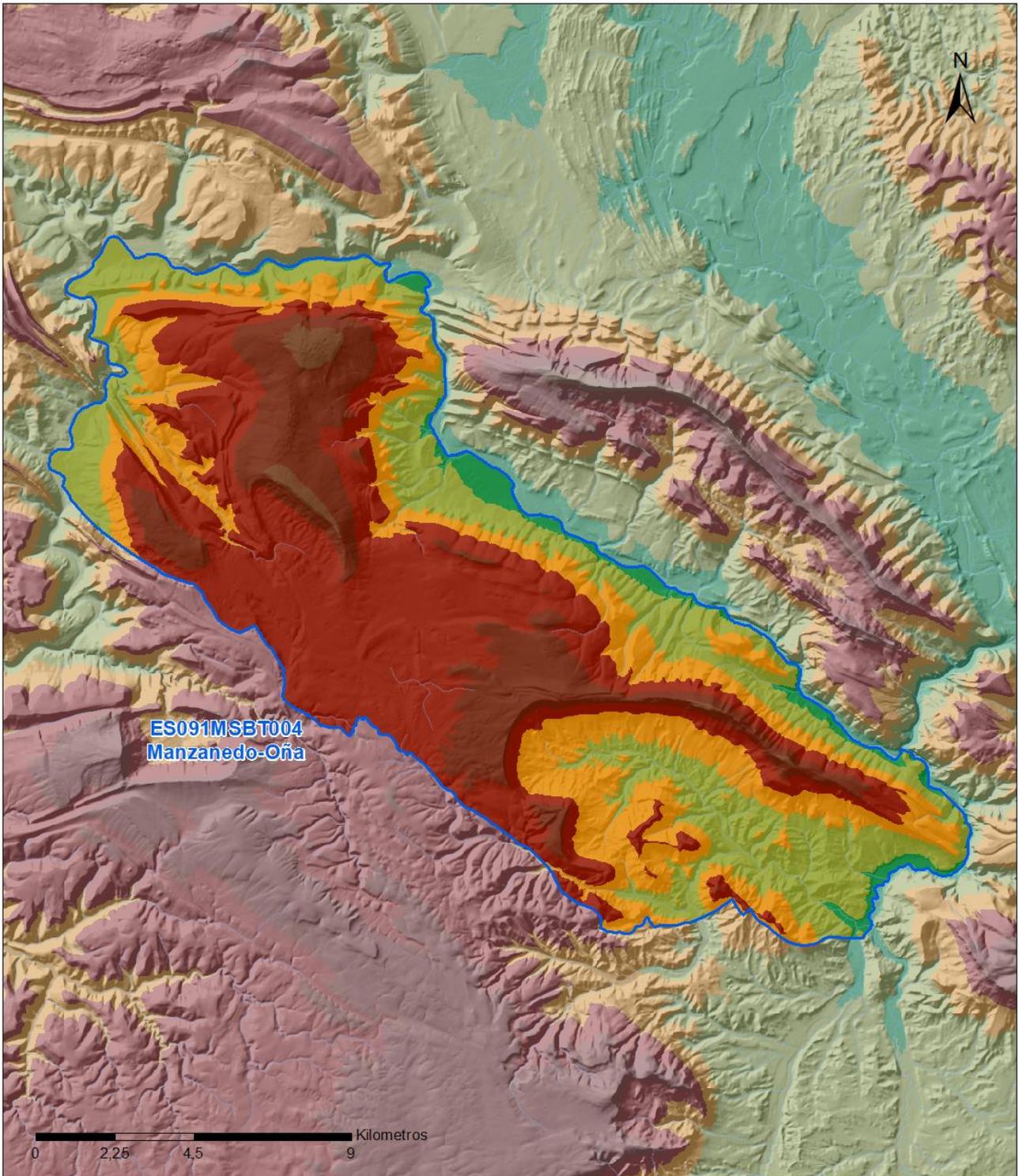
2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)



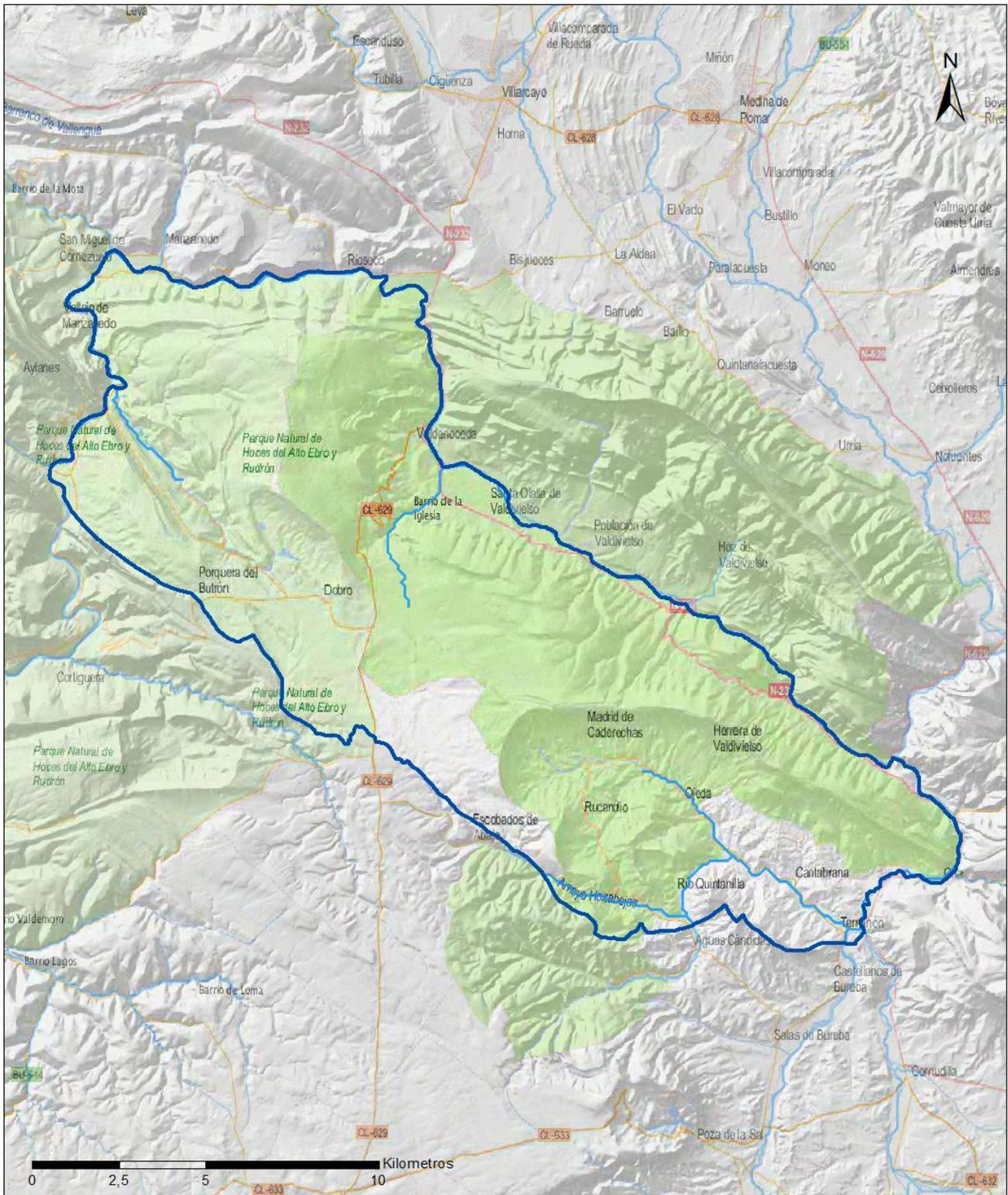
2.- PRESIONES, IMPACTOS Y RIESGOS

2.1 PRESIONES SIGNIFICATIVAS EN LA MSBT

Grupos de presiones	Tipos de presiones	Actividad	Presión Significativa
Fuentes puntuales	1.1	Vertidos urbanos	<input type="checkbox"/>
Fuentes puntuales	1.5	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	3.7	Otros	<input type="checkbox"/>

Mapa de localización de presiones

Fuentes puntuales



LEYENDA

-  MSBT:
-  Red hidrográfica
- ES091MSBT004
- MANZANEDO-OÑA

Tipo de Presión Puntual (significativa):

-  1.5 Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
CHEM	Contaminación química	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

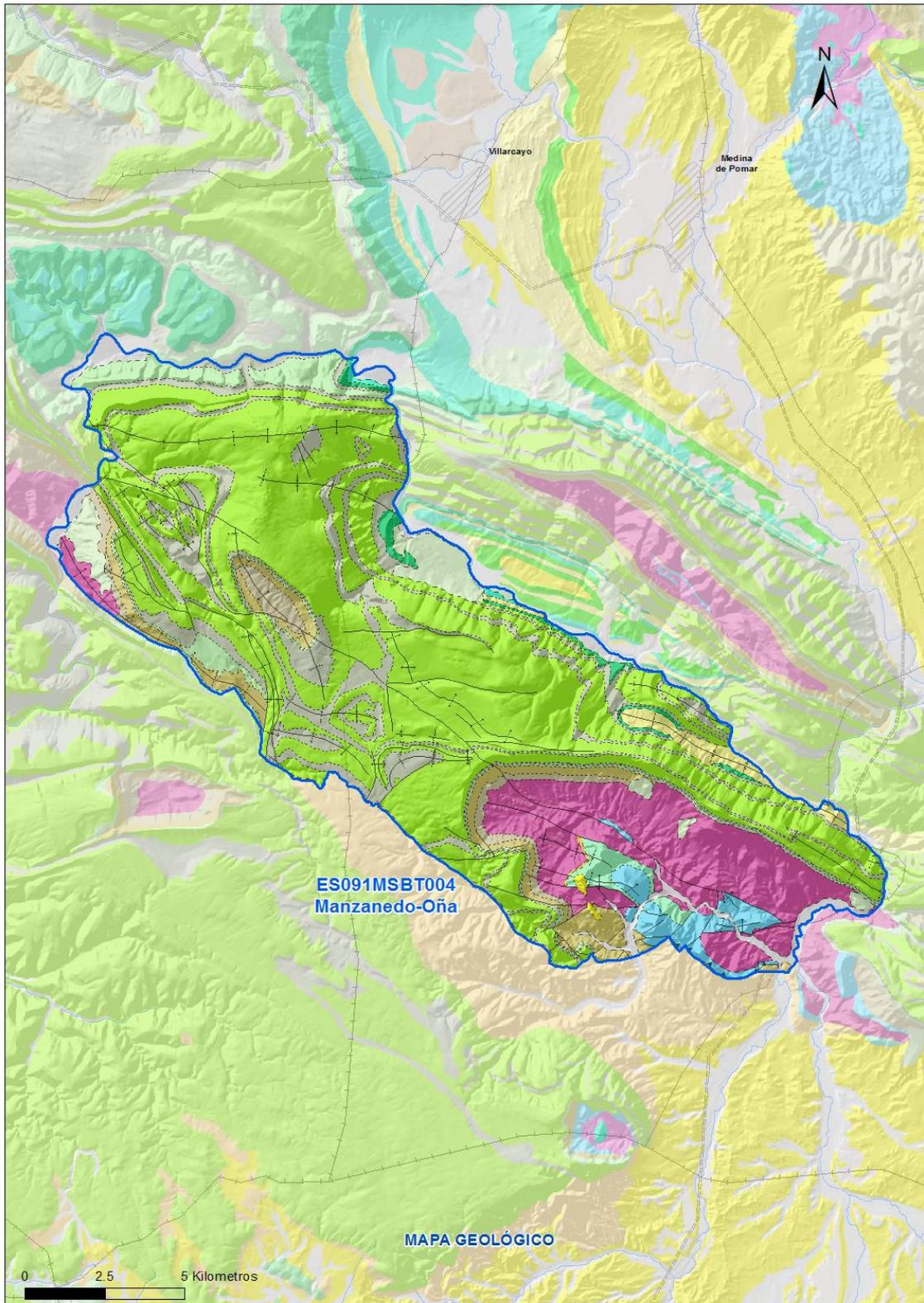
TPH	TPH	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: pireno	PAH: pireno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: naftaleno	PAH: naftaleno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: fluoreno	PAH: fluoreno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: fenantreno	PAH: fenantreno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH: acenafteno	PAH: acenafteno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
PAH	PAH	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
MTBE	MTBE	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
ETBE	ETBE	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
BTEX: benceno	BTEX: benceno	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)

3.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

3.1 ÁMBITO GEOESTRUCTURAL

Pirineos-Vascocantábrica

3.2 MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA



Estructuras

- Anticinal
- Anticinal supuesto
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto

Contactos y fallas

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

LITOLOGÍAS

Código	Descripción Litología
5000	Masa de agua superficial
711	Bloques, cantos, arcillas (Depósitos glaciares, canchales, coluviones de montaña)
706	Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
356	Arcillas, yesos, carbonatos, areniscas y, a veces, conglomerados
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas
325	Margas, margocalizas y arcillas (Facies Dueñas)
324	Conglomerados fcmte. calcáreos, areniscas y arcillas rojas y pardas (Compl. Vegaquemada, etc.)
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)
174	Margas, calizas, arcillas y dolomías
161	Margas, calizas y margocalizas
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carníolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)
156	Dolomías y calcarenitas
154c	Calizas, margas y calcarenitas
154b	Margas
154a	Calizas y dolomías
149	Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas
148	Lutitas y margas

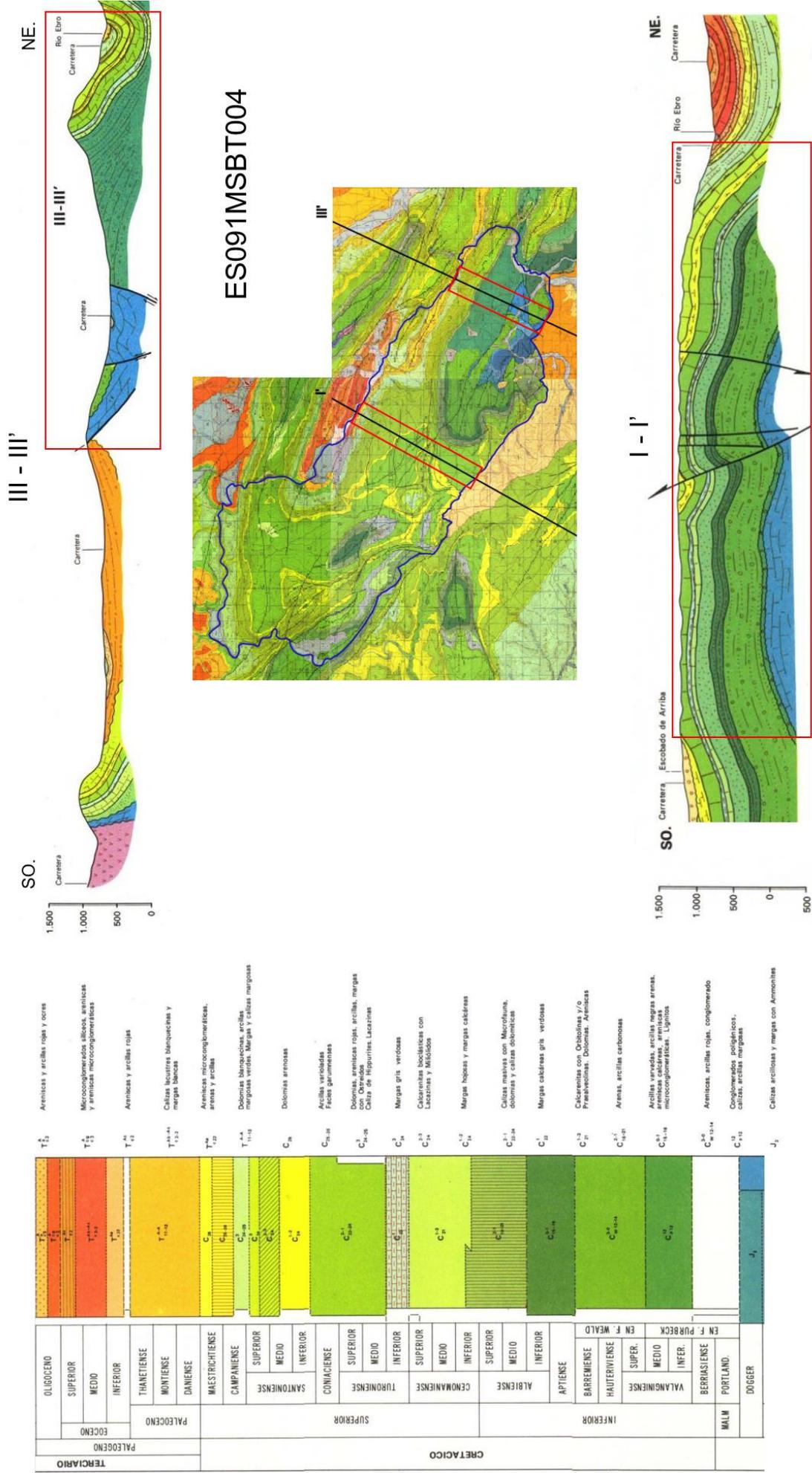
3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Bloques, cantos, arcillas (Depósitos glaciares, canchales, coluviones de montaña)	Cuaternario	Holoceno	6,52	Detrítica	2,81
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	6,03	Detrítica	2,60
Arcillas, yesos, carbonatos, areniscas y, a veces, conglomerados	Paleógeno	Oligoceno	3,39	Detrítica	1,46
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)	Cretácico	Inferior-Superior	10,27	Detrítica	4,42
Margas, calizas, arcillas y dolomías	Cretácico	Inferior-Superior	4,77	Carbonatada	2,06
Margas, calizas y margocalizas	Jurásico	Medio (Dogger)-Superior (Malm)	2,48	Carbonatada	1,07
Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)	Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)	Rethiense-Dogger	5,57	Carbonatada	2,40
Dolomías y calcarenitas	Cretácico-Paleógeno	Senonense-Paleoceno	2,42	Carbonatada	1,04
Calizas, margas y calcarenitas	Cretácico	Superior	9,37	Carbonatada	4,04
Margas	Cretácico	Superior	34,33	Carbonatada	14,79
Calizas y dolomías	Cretácico	Superior	114,70	Carbonatada	49,43
Lutitas, areniscas, conglomerados y, a veces, calizas arenosas	Jurásico Superior-Cretácico Inferior		30,37	Detrítica	13,09

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Bloques, cantos, arcillas	Cuaternario	Holoceno	
Gravas, arenas y limos	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	
Conglomerados fcmtc calcáreos, areniscas y arcillas rojs y pardas	Paleógeno-neógeno	Oligoceno-Mioceno	
Arcillas, yesos, carbonatos, areniscas y, a veces, conglomerados	Paleógeno	Oligoceno	
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	Cretácico-Paleógeno	Superior-Eoceno	
Calizas y Dolomías	Cretácico	Superior	200-400
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados	Cretácico	Inferior-superior	120-240
Margas, calizas y margocalizas	Jurásico	Medio-Superior	100-150
Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas	Triásico-Jurásico	Superior-Medio	100-125

3.5 CORTES GEOLÓGICOS



3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Manzanedo-Oña se enmarca en la zona occidental del dominio Vasco-Cantábrico, y dentro de este, en el dominio Navarro-Cantábrico. Dentro de este marco, se localiza en la denominada franja móvil de la sierra de Cantabria-Montes Obarenes, que queda flanqueada por la depresión Terciaria continental de Miranda-Treviño, al norte, y por el surco Terciario continental del Ebro-Rioja, al sur, y sobre la que cabalgan las litologías que constituyen esta masa de agua. Es una zona tectónicamente compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues de dirección aproximada NO-SE, paralela al frente de cabalgamiento regional. Hacia el N las litologías mesozoicas se hunden bajo la depresión de Villarcayo. Las principales litologías aflorantes se corresponden con rocas carbonatadas, con edades desde el Triásico hasta el Neógeno, y en menor porcentaje, afloran rocas o materiales detríticos, que se corresponden con edades Jurásicas, Cretácicas y Cuaternarias, estos últimos se diferencian entre materiales coluviales y aluviales. Relacionado con las porosidades que se presentan en las litologías, se caracterizan las rocas carbonatadas por una porosidad secundaria condicionada por la karstificación y fisuración de las rocas, siendo de gran interés en las formaciones cretácicas. Las litologías detríticas de edad Jurásico y Cretácico, con la presencia de margas tendrían una condición de baja porosidad Intergranular, mientras que los materiales cuaternarios (depósitos aluviales y coluviones) se caracterizaran por tener una mayor porosidad Intergranular, al estar formados por gravas, arenas y limos.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2018	208	208
Espesor Medio Z.N.S. (m)	208	

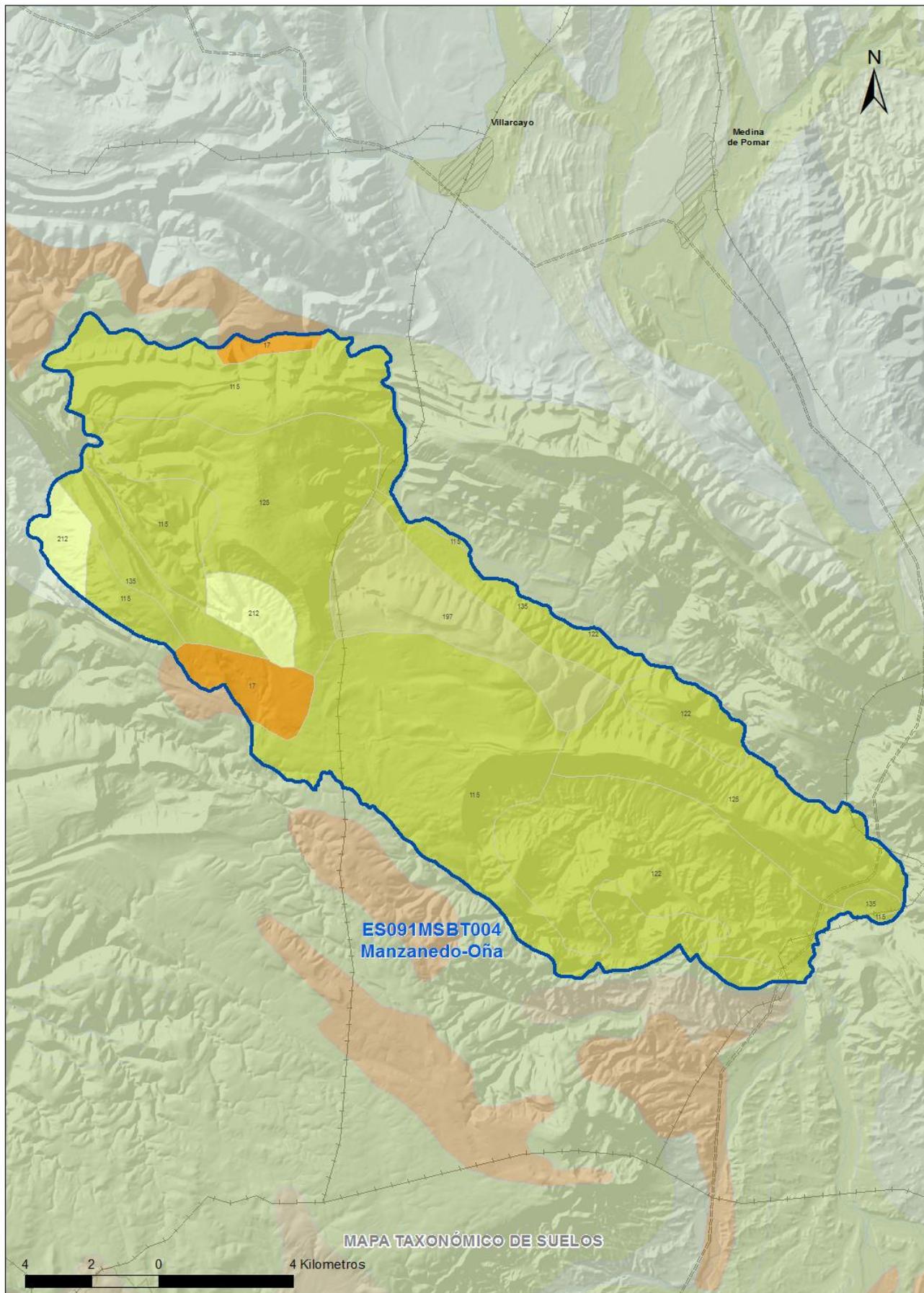
Litología Z.N.S. Calizas y dolomías

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km ²)	% Afloramiento en la MSBT
ALFISOL, XERALF, HAPLOXERALF	8	3,47
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	198	85,12
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	18	7,82
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	8	3,59

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA

-  MSBT
-  Red Hidrografica
-  DDHH

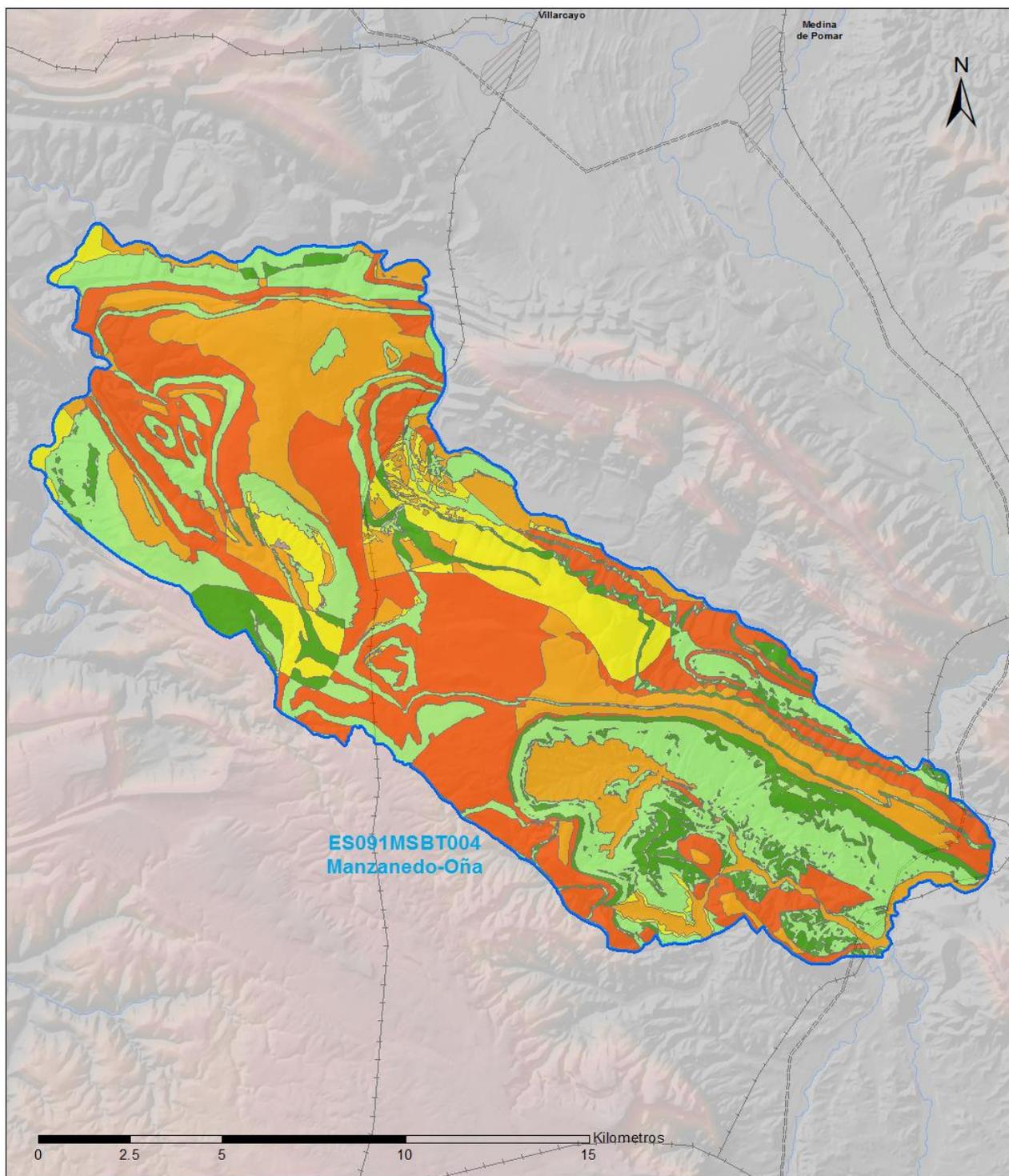
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
17	ALFISOL, XEROLF, HAPLOXEROLF, NO GRUPO2, RHODOXEROLF, NO ASOCIA2, Calcixerapt, Haploxerept
115	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, (Haploxerept), NO INCLUSIÓN2
122	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeralf, Rhodoxeralf
125	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXEREPT, NO ASOCIA2, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2
135	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, XEROFUVENT, NO ASOCIA2, Haploxerept, NO INCLUSIÓN2
197	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, NO ASOCIA2, Haploxeralf, NO INCLUSIÓN2
212	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, XERORTHENT, DYSTROXEREPT, NO INCLUSIÓN1, NO INCLUSIÓN2

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		COP	
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT	
Muy Alta	0 - 0,5	30,30	
Alta	0,5 - 1	23,63	
Moderada	1 - 2	8,55	
Baja	2 - 4	28,27	
Muy Baja	4 - 15	9,12	

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

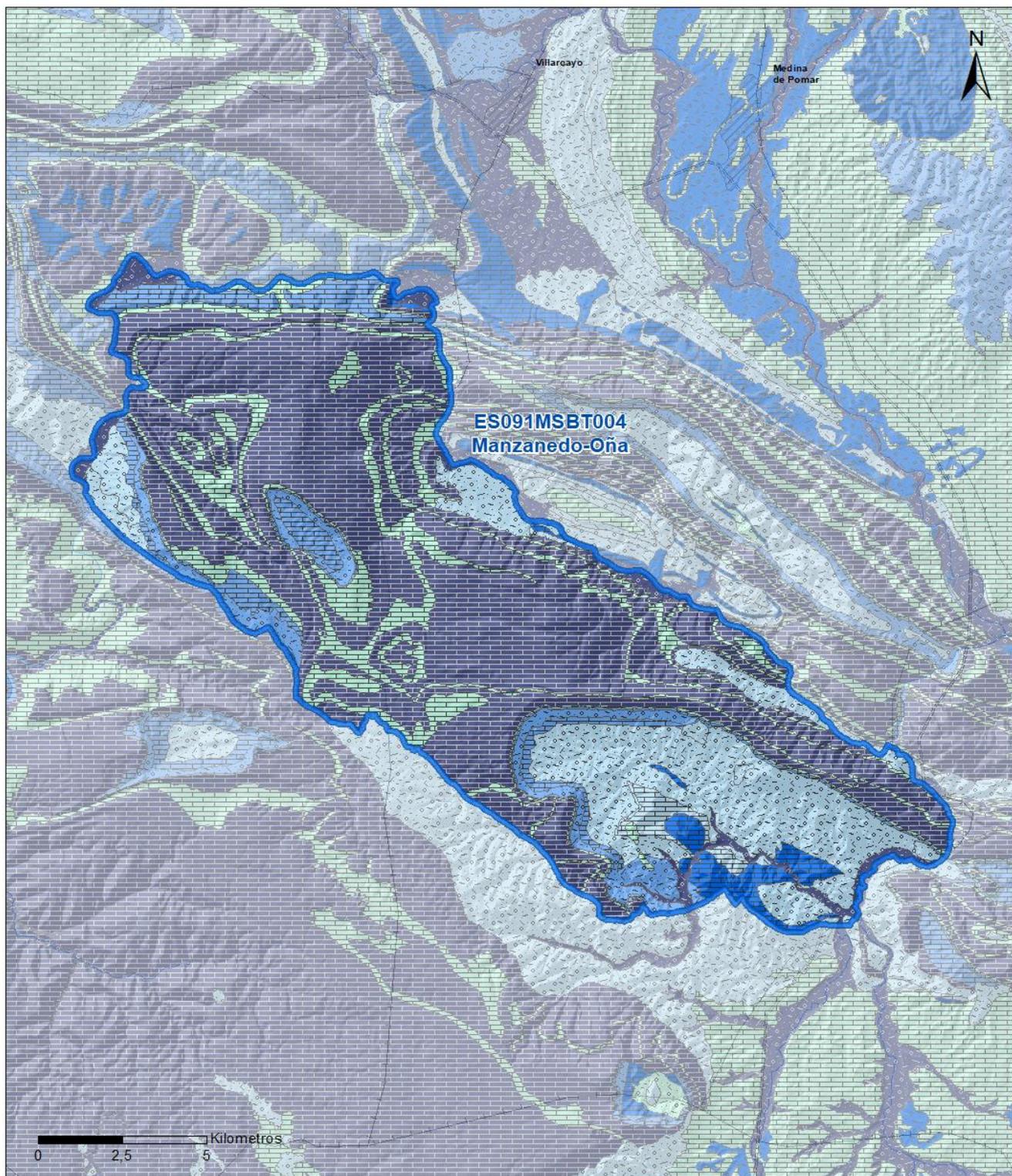
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	
Oeste	Abierto	Entrada	Permeable	PÁRAMO DE SEDANO Y LORA
Este	Abierto	Salida	Permeable	MONTES OBARENES
Noreste	Abierto	Salida	Permeable	SINCLINAL DE VILLARCAYO

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT Manzanedo-Oña (ES091MSBT004), constituida por materiales carbonatados, y en menor medida por materiales detríticos, limita al norte-este con la MSBT Sinclinal de Villarcayo (ES091MSBT003), al este con la MSBT de Montes Obarenes (ES091MSBT005) y al Oeste con la MSBT Páramo de Sedano y Lora (ES091MSBT002). Con las tres masas de agua se observa una continuidad litológica (principalmente rocas carbonatadas), por lo que se considera que exista conexión hidráulica con los 3 límites descritos, si bien estudios preliminares consideran una mayor conexión con la MSBT Páramo de Sedano y Lora. Por último, el límite sur está en contacto con materiales miocenos de carácter impermeable, y estos no forman ninguna masa de agua subterránea.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA



MSBT

PERMEABILIDAD



Masa de agua superficial



MUY ALTA, DETRÍTICAS



MUY ALTA, CARBONATADAS



ALTA, CARBONATADAS



MEDIA, DETRÍTICAS



MEDIA, CARBONATADAS



BAJA, DETRÍTICAS



BAJA, CARBONATADAS



MUY BAJA, CARBONATADAS

5.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS PERMEABLES

Nombre	Litología	Permeabilidad	Edad geológica		Espesor (m)	Extensión afloramiento (km ²)
			Sistema	Serie		
Rhetiense-Lías	Calizas, dolomías y carniolas	Media-Baja	Jurásico	Inferior	100-150	6
Calizas del Complejo Urganiano	Calizas y calcarenitas	Media-Baja	Cretácico	Inferior	100	5
Cretácico Superior	Calizas y dolomías	Media-Alta	Cretácico	Superior	200-400	158
Sierra de Urbas	Dolomías, calizas y calcarenitas	Media-Baja	Paleógeno	Paleoceno-Eoceno		3
Terciario de Treviño	Calizas, conglomerados calcáreos y areniscas	Media-Baja	Paleógeno			4
Cuaternario	Gravas, arenas y limos	Alta	Cuaternario	Pleistoceno - Holoceno		6
Cuaternario	Bloques, cantos y arcillas	Alta	Cuaternario	Holoceno		7

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km ²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Superkeuper-Lías	9	2,40	Libre	100-150	Karstificación-Fisuración	Rhetiense-Lías
Cretácico Superior	163	70,30	Libre	200-400	Karstificación-Fisuración	Cretácico Superior-Complejo Urganiano
Terciario Continental Carbonatado	6	2,70	Libre		Karstificación-Fisuración	Terciario de Treviño
Paleoceno	2	1,04	Libre		Karstificación-Fisuración	Suerra de Urbasa
Cuaternario Aluvial	6	2,60	Libre		Intergranular	Cuaternario
Cuaternario Coluvial	7	2,80	Libre		Intergranular	Cuaternario

Descripción general:

La MSBT Manzanedo-Oña está constituida por seis (6) acuíferos, y la relación con las FGP descritas es variable, con situaciones de relación de un acuífero a una FGP (como los acuíferos Paleoceno, Terciario continental carbonatado o Superkeuper-Lías), dos acuíferos a una GP (Cuaternario coluvial y Cuaternario aluviales asociados a una FGP Cuaternario) y de un acuífero compuesto por dos FGP (Cretácico superior con las FGP Cretácico Superior y Calizas del Complejo Urganiano). De todos los acuíferos detallados el de mayor relevancia en esta MSBT, con más de un 70 % de afloramiento, es el Cretácico Superior, con muy buen desarrollo de sistemas de karstificación, lo que genera por una fuerte anisotropía en los valores de transmisividad y una elevada heterogeneidad de la permeabilidad como consecuencia de esos grandes huecos y vías de circulación.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m ² /día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Cretácico Superior	Cretácico Superior-Calizas del Complejo Urganiano	Ensayo de bombeo	0,02	0,18		

Descripción general:

Los valores de transmisividad se obtienen del ensayo de bombeo del piezómetros 090.04.001 (según informe piezómetro 090.04.001).

5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

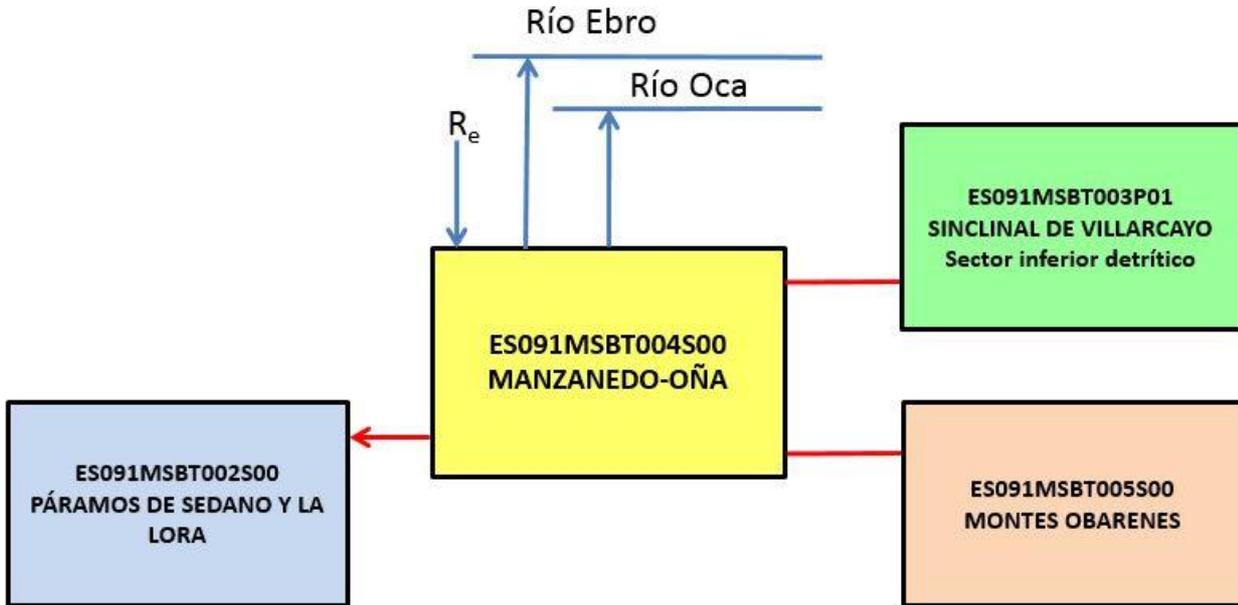
El funcionamiento hidrogeológico en la MSBT Manzanedo-Oña está caracterizado principalmente por las características de su acuífero principales carbonatados (Cretácico superior), que pueden detallarse por su deformación, fracturamientos y sistemas kársticos asociados, y en menor medida, por las características de los acuíferos secundarios detríticos (Cuaternario coluvial y aluvial), con porosidades intergranulares. La mayor parte de la MSBT responde a sistema kárstico muy desarrollado, de alta difusividad y baja capacidad de regulación natural, por lo que originan descargas muy voluminosas pero muy irregulares, lo que implica una gran profusión de relaciones 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. Los acuíferos asociados a la FGP Cuaternario (coluviones o aluviales) presenta un funcionamiento hidrogeológico diferente, ya que responden a sistemas más inerciales y de menor productividad hidrogeológica, pero en los que la relación hidráulica entre el acuífero y el río es más intensa, puesto que los cauces se convierten en los drenes naturales del sistema hidrogeológico y condicionan su hidrodinámica en régimen natural. Existe conexión hidráulica entre los diferentes acuíferos reconocidos, por lo que se considera la existencia de un único nivel piezométrico, y al igual que en el conjunto de masas de agua subterránea que constituyen el Dominio Vasco-Cantábrico del Ebro, se corresponden a sistemas hidrogeológicos que presentan regímenes prácticamente naturales. El río Ebro es el nivel de base regional y las direcciones de flujo subterráneo, condicionadas por las estructurales, van en dirección a él (condición efluente del río). El régimen piezométrico es, en general, libre, respondiendo a sistemas que se recargan por infiltración de agua de lluvia y en cauces perdedores y se descarga por manantiales y/o a cauces. La recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones sobre las extensas zonas de afloramientos, tanto en los materiales carbonatados, como en los detríticos, y adicionalmente, puede considerarse cierta recarga a través de

la transferencia lateral desde la masa de "Páramos de Sedano y La Lora" en el límite SO de la masa, y la descarga se produce hacia el río Ebro, y en menor medida, hacia las MSBT que presentan continuidad litológica (carbonatos) hacia el este.

5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT004S00	Manzanedo-Oña
Esquema: ES091MSBT004S00	

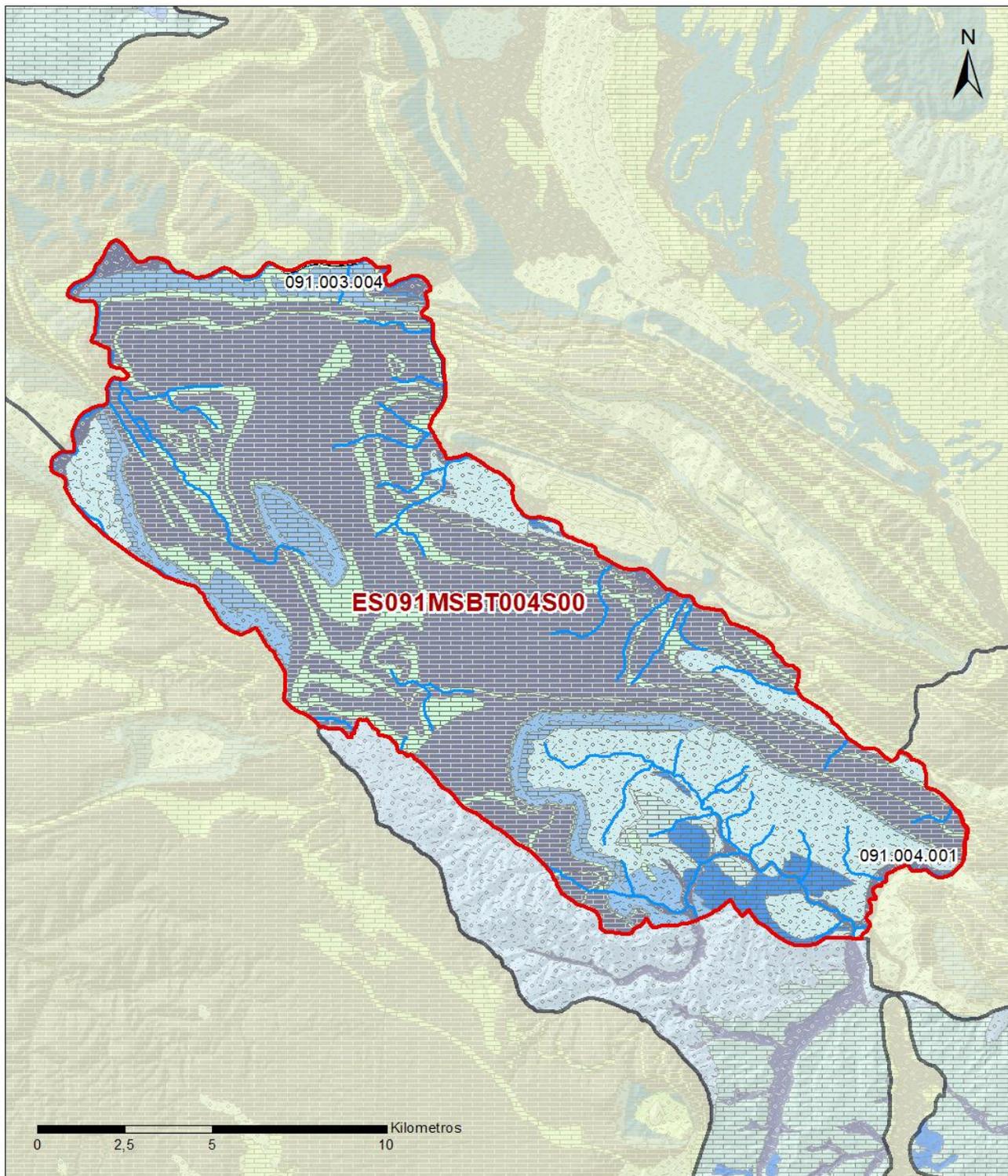


5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT004S00	ES091MSPF227	Río Oca desde el río Homino hasta su desembocadura en el río Ebro.	Descarga a cauce	091.004.001
ES091MSBT004S00	ES091MSPF473	Río Ebro desde el río Rudrón hasta la población de Puente Arenas.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.003.004
ES091MSBT004S00	ES091MSPF473	Río Ebro desde el río Rudrón hasta la población de Puente Arenas.	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.003.005

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. α del manantial (días -1)	Caudal medio ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Rango ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Coefficiente de reparto (%)	Relación unitaria de transferencia (L/s/m)
ES091MSBT004S00	091.003.004	610	0,02330			0	
ES091MSBT004S00	091.003.005	615	0,02000			0	
ES091MSBT004S00	091.004.001	590				0	



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

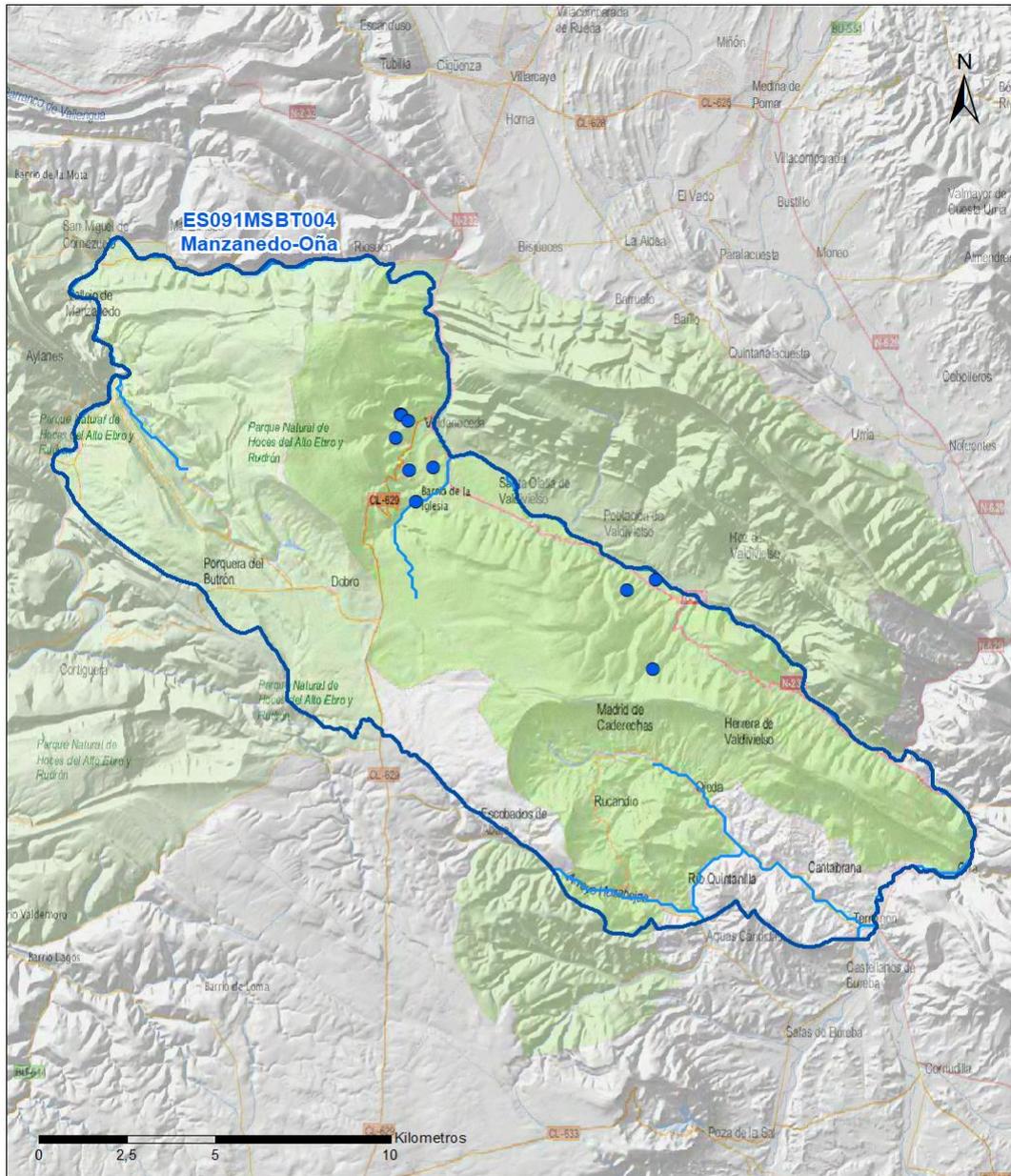
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,14
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



Leyenda

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

7.- EVALUACIÓN DE RECURSOS

7.1 BALANCE HÍDRICO

7.1.1 RÉGIMEN NATURAL (RN)

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

7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm ³ /año)	Componente	Volumen (hm ³ /año)
Infiltración lluvia	17,84	Descargas hacia MSPF	
Recarga desde MSPF		Extracciones	0,48
Transf. lateral otras MSBT		Transf. lateral otras MSBT	
Retornos de riego	0,02		
Otras entradas		Otras salidas	
Entradas Totales	17,85	Salidas Totales	0,48
Diferencia entradas-salidas (hm ³ /año) (RA)		17,37	

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

7.2.1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm ³ /año)	17,39
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm ³ /año)	1,09
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm ³ /año)	3,40
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm ³ /año)	14,02
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,08

7.2.2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm ³ /año)	17,84
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm ³ /año)	0,48
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm ³ /año)	3,57
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm ³ /año)	14,29
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,03

“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

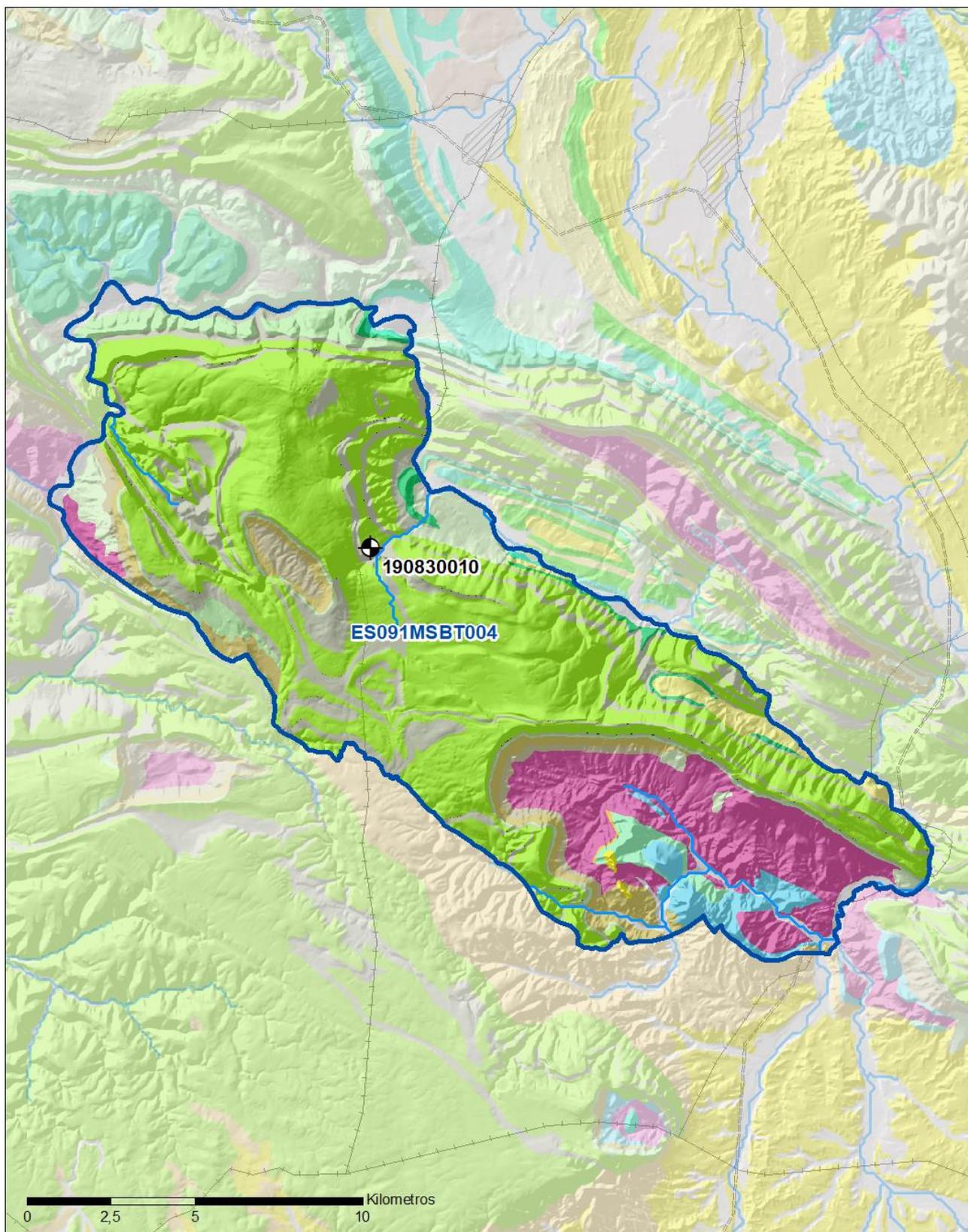
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
190830010	Piezometría	449.830	4.741.774	Cretácico Superior	23/06/2010			286,0	936	<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

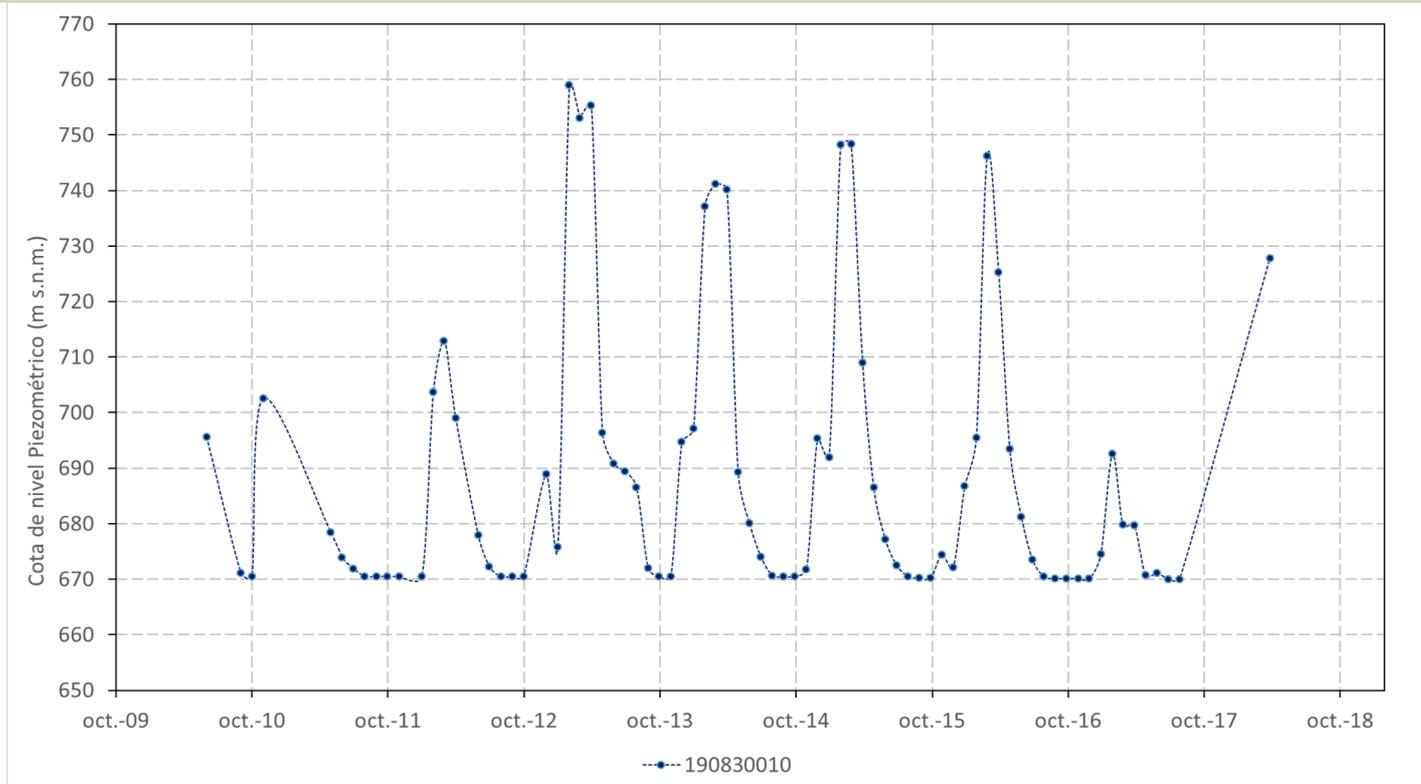
Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

-  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 en la masa de agua Manzanedo-Oña tan solo dispone de un punto de control, activo desde el 2010 al 2018 (IPA_190830010). Este piezómetro presenta un rango de variación entre los valores máximos y mínimos de 670,1 a 768,4 m, y presenta una marcada ciclicidad anual con subida del nivel freático en invierno y descenso en verano, y unas diferencias medias anuales entre máximos y mínimos de hasta 80 m.

Datos Históricos de piezometría del Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo (piezómetros)

Código punto	Año inicio	Año fin	Número de datos	NP Máx. (m s.n.m.)	NP Mín. (m s.n.m.)	NP Medio (m s.n.m.)	Variación de NP	Vel. de variación NP (m/año)	FGP/Acuífero	Seleccionado
190830010	2010	2018	1.094	768,4	670,1	684,5	98,3	4,03	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

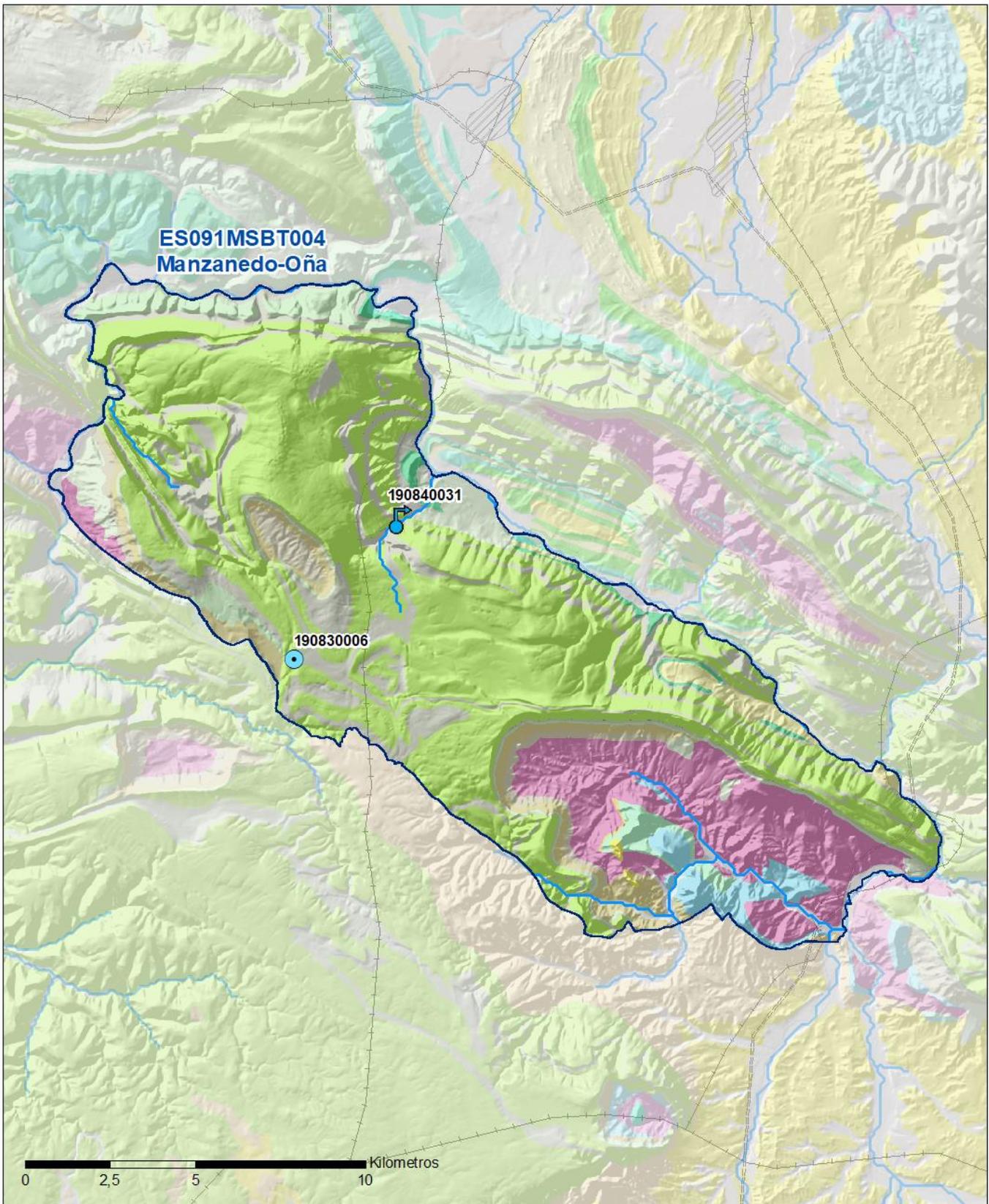
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

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					
190830006	CORRAL DE SAN ROQUE (Po:11, Pa: 3164)	447.500	4.737.985	996	283,0	POZO	Ac.Cretácico Superior	18/05/2010
190840031	LÍMITE EL ALMIÑE- QUINTANA(1)	450.632	4.742.135	678		MANANTIAL	Otros acuíferos	05/06/2007

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico			PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
	Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
190830006	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abastecimientos urbanos
190840031	<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

 POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facies Hidrogeoquímica
190830006	Calizas y calcarenitas	Bicarbonatada cálcica
190840031	Manantial en calizas y calcarenitas	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

MSBT Manzanedo - Oña (2016)

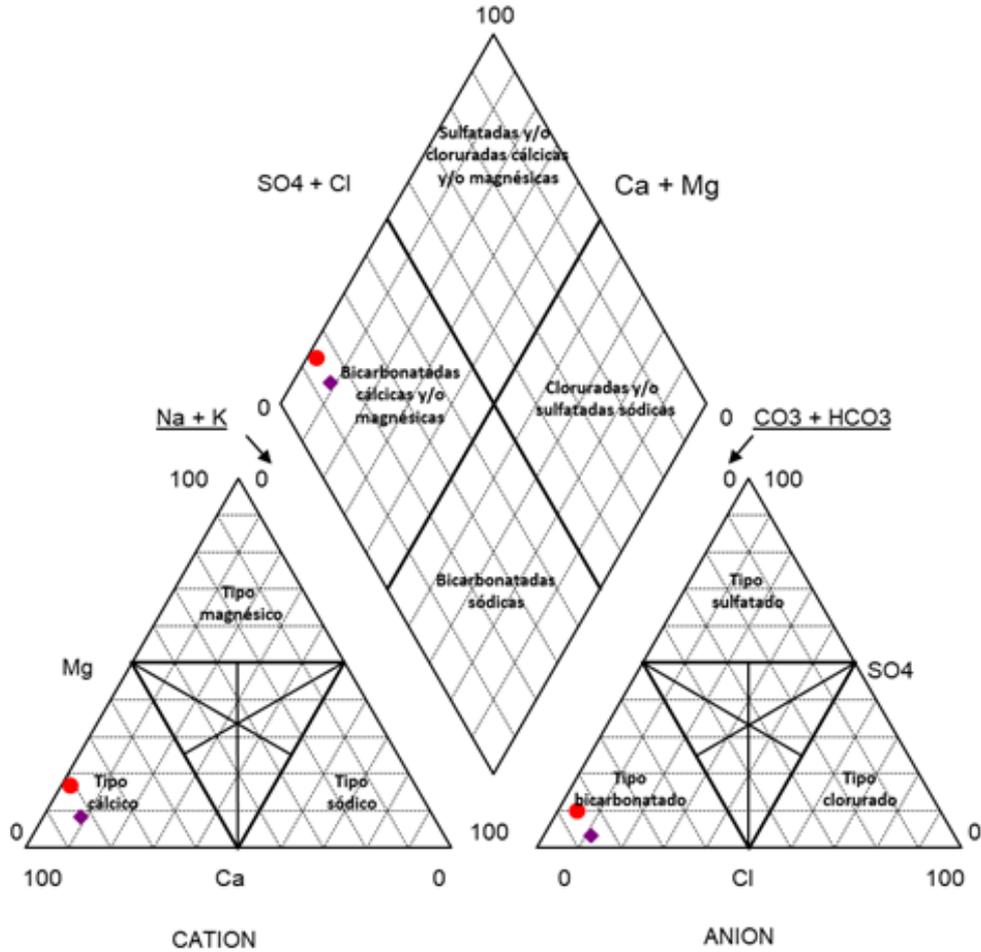


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190830006

Manzanedo-Oña_190830006 (2016)

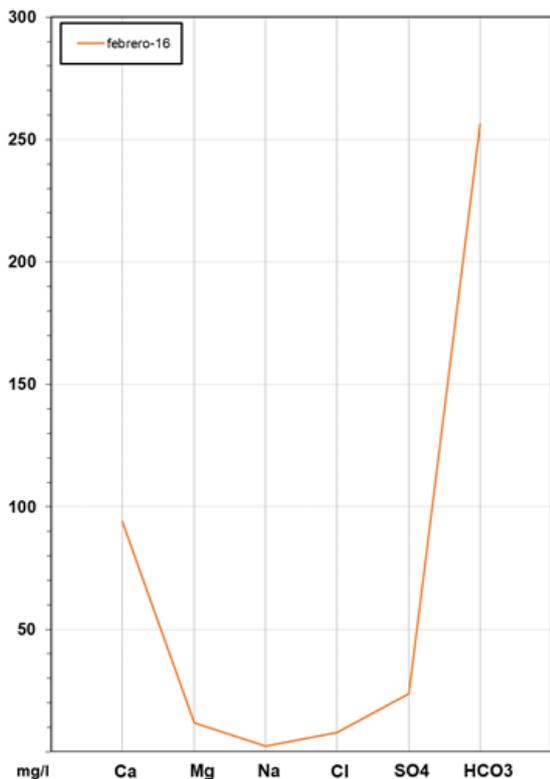
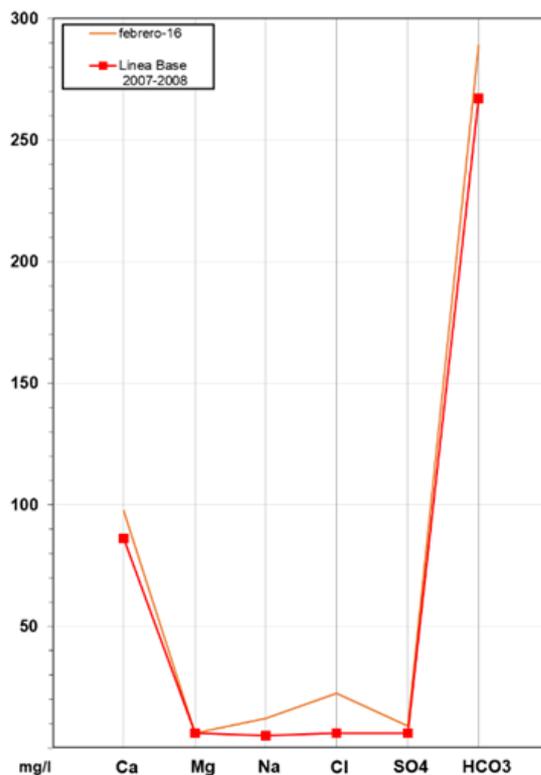


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 190840031

Manzanedo-Oña_190840031 (2016)

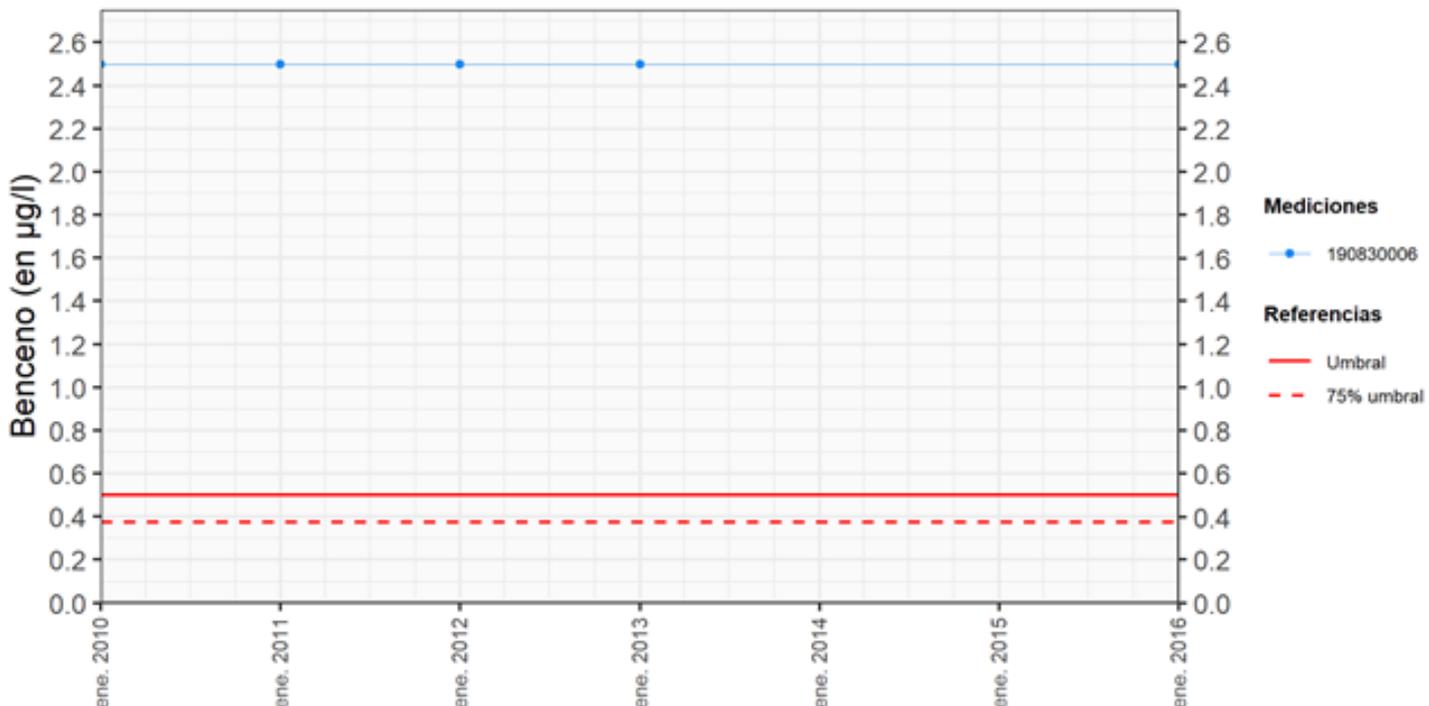


9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

Parámetro	Unidad	Nivel Referencia (NR)	Uso/Receptor	Valor criterio	Valor umbral/Norma de calidad
BTEX: benceno (BTEX: benceno)	µg/L				0,50

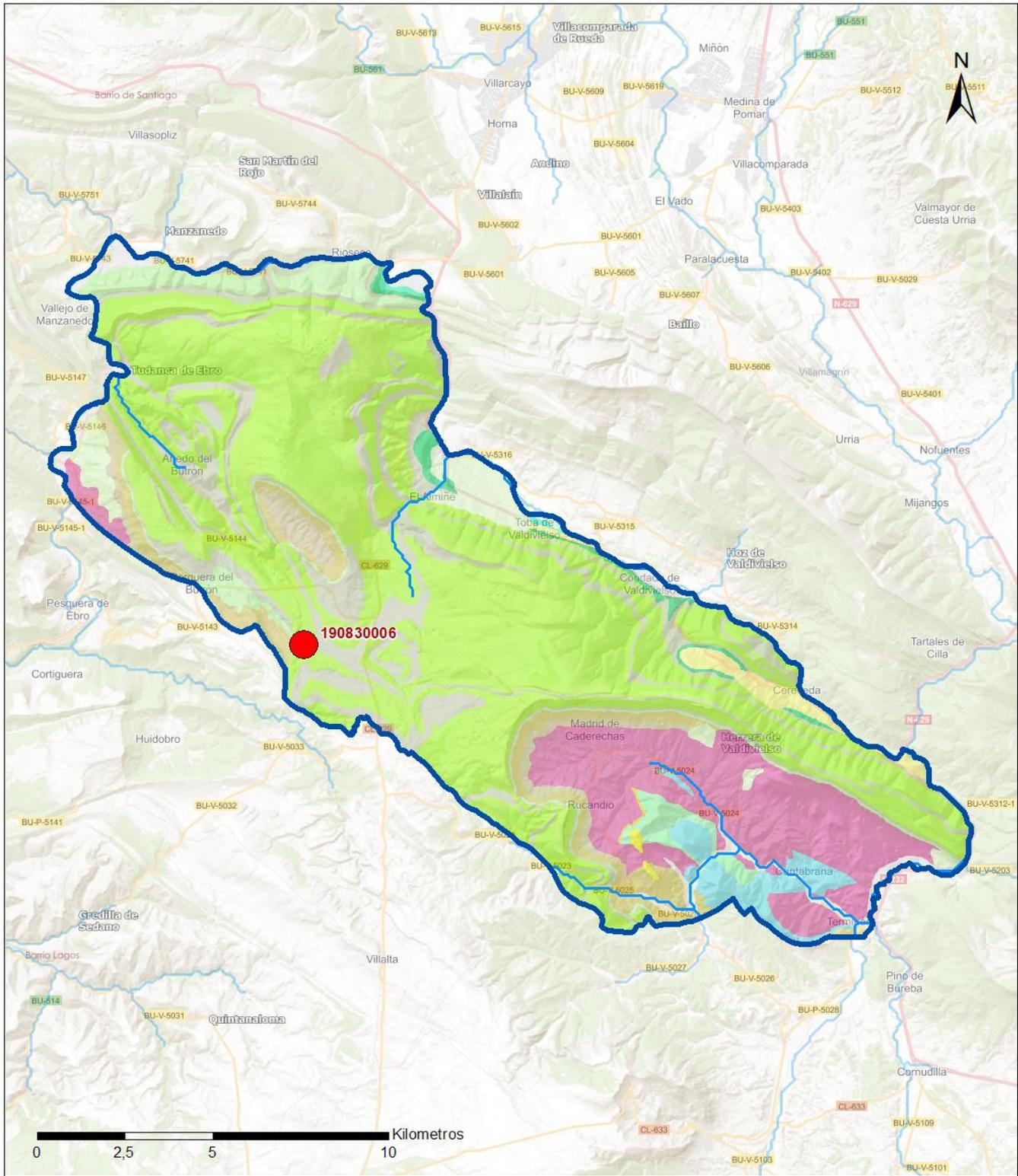
9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº	BTEX: benceno (BTEX: benceno)
Gráficas de Evolución		



ES091MSBT004 - Benceno (en µg/l)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

 Red hidrográfica
 MSBT:
 ES091MSBT004
 Manzanedo-Oña

BENCENO (µg/l) 2016

-  0 - 0.2
-  0.2 - .035
-  0.35 - 0.5
-  > 0.5

El Valor Umbral para el Benceno en esta MSBT es de: 0,5 µg/l

EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

Selección de puntos para evaluación de tendencias

No se dispone de un número suficiente de datos anuales (> 8 datos), sobre la concentración de benceno o de otros componentes que ponen en riesgo químico la MSBT.

Análisis de tendencias

10.- CONCLUSIONES

La MSBT Manzanedo-Oña se enmarca en la zona occidental del dominio Vasco-Cantábrico, en el sector Navarro-Cantábrico. Dentro de este marco, se localiza en la denominada franja móvil de la sierra de Cantabria-Montes Obarenes, que queda flanqueada por la depresión Terciaria continental de Miranda-Treviño al norte, y por el surco Terciario continental del Ebro-Rioja al sur, y sobre la que cabalgan las litologías que constituyen esta masa de agua. Es una zona tectónicamente compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues de dirección aproximada NO-SE, paralela al frente de cabalgamiento regional. Hacia el Norte, las litologías mesozoicas se hunden bajo la depresión de Villarcayo.

Las principales litologías aflorantes se corresponden con rocas carbonatadas, con edades desde el Triásico hasta el Neógeno y, en menor porcentaje, afloran rocas o materiales detríticos, que se corresponden con edades del Jurásico, Cretácico y Cuaternario. Estos últimos se diferencian entre materiales coluviales y aluviales.

Las características hidrogeológicas y edafológicas del acuífero, clasificado como carbonatado, le confieren grado de vulnerabilidad intrínseco a la contaminación según el método COP de muy alta (rango 0-0,5) y baja (rango 2-4), del 30 y 28%, respectivamente, de la superficie de la MSBT.

La MSBT Manzanedo-Oña (ES091MSBT004), limita al noreste con la MSBT Sinclinal de Villarcayo (ES091MSBT003), al este con la MSBT de Montes Obarenes (ES091MSBT005) y al oeste con la MSBT Páramo de Sedano y Lora (ES091MSBT002). Con las tres masas de agua se observa una continuidad litológica (principalmente rocas carbonatadas), por lo que se considera que exista conexión hidráulica con los 3 límites descritos, si bien estudios preliminares consideran una mayor conexión con la MSBT Páramo de Sedano y Lora. Por último, el límite sur está en contacto con materiales miocenos de carácter impermeable, en los que no se ha definido masa de agua subterránea.

La MSBT Manzanedo-Oña está constituida por seis (6) acuíferos, y la relación con las FGP es variable, con situaciones de relación de un acuífero a una FGP (como los acuíferos Paleoceno, Terciario continental carbonatado o Superkeuper-Lías), dos acuíferos a una FGP (Cuaternario coluvial y Cuaternario aluviales asociados a una FGP Cuaternario) y de un acuífero compuesto por dos FGP (Cretácico superior con las FGP Cretácico Superior y Calizas del Complejo Urgoniano). De todos los acuíferos detallados, el de mayor relevancia en esta MSBT, con más de un 70 % de afloramiento, es el Cretácico Superior, con muy buen desarrollo de sistemas de karstificación, lo que genera una fuerte anisotropía en los valores de transmisividad y una elevada heterogeneidad de la permeabilidad como consecuencia de esos grandes huecos y vías de circulación. Los parámetros hidráulicos pueden ser dispares, fundamentalmente a causa de las variaciones texturales de los materiales que componen los diferentes acuíferos, pero sólo se tienen valores de la transmisividad del acuífero Cretácico Superior, obtenidos a partir de ensayos de bombeo, de 0,016 y 0,18 m²/día.

El funcionamiento hidrogeológico está controlado principalmente por las características de su acuífero principales carbonatados (Cretácico superior), que pueden detallarse por su deformación, grado de fracturación y sistemas cársticos asociados, y en menor medida, por las características de los acuíferos secundarios detríticos (Cuaternario coluvial y aluvial) con porosidad intergranular. La mayor parte de la MSBT responde a sistema kárstico muy desarrollado, de alta difusividad y baja capacidad de regulación natural, por lo que origina descargas muy voluminosas pero muy irregulares, lo que implica una gran profusión de relaciones río-acuífero a través de formas exocársticas (sumideros, simas, etc.), dando origen a abundantes y significativos tramos de ríos influentes. Los caudales infiltrados a la MSBT a través de las formas exocársticas 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.

Los acuíferos asociados a la FGP Cuaternario (coluviones o aluviales) presenta un funcionamiento hidrogeológico diferente, ya que responden a sistemas más inerciales y de menor productividad hidrogeológica, pero en los que la relación hidráulica entre el acuífero y el río es más intensa, puesto que los cauces se convierten en los drenes naturales del sistema hidrogeológico y condicionan su hidrodinámica en régimen natural. Existe conexión hidráulica entre los diferentes acuíferos reconocidos, por lo que se considera la existencia de un único nivel piezométrico, y al igual que en el conjunto de masas de agua subterránea que constituyen el Dominio Vasco-Cantábrico del Ebro, se corresponden a sistemas hidrogeológicos que presentan regímenes prácticamente naturales. El río Ebro es el nivel de base regional y las direcciones de flujo subterráneo, condicionadas por las estructurales, van en dirección a él (condición efluente del río).

El régimen piezométrico es en general, libre, respondiendo a sistemas que se recargan por infiltración de agua de lluvia y en cauces perdedores, y se descarga por manantiales y/o a cauces. La recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones sobre las extensas zonas de afloramientos, tanto en los materiales carbonatados como en los detríticos, y adicionalmente puede considerarse cierta recarga a través de la transferencia lateral desde la masa de "Páramos de Sedano y La Lora", en el límite Suroeste. La descarga se produce hacia el río Ebro, y en menor medida, hacia las MSBT que presentan continuidad litológica (carbonatos) hacia el este.

En la MSBT se ha identificado un recinto hidrogeológico correspondiente al Manzanedo-Oña (ES091MSBT004S00) en el que las MSPF asociadas son río Ebro y el Oca.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron para la MSBT unos recursos disponibles de 14,24 hm³/año, sobre

unos recursos renovables de 17,80 hm³/año. La salida de agua subterránea se corresponde con las extracciones por bombeo que se estimaron en 0,51 hm³/año, lo que tiene como consecuencia que el índice de explotación de ésta masa sea 0,04.

La red de control piezométrico en la masa de agua Manzanedo-Oña tan solo dispone de un punto de control, activo desde el 2010 al 2018 (IPA_190830010). Este piezómetro presenta un rango de variación entre los valores máximos y mínimos de 670,1 a 768,4 m, y presenta una marcada ciclicidad anual con subida del nivel freático en invierno y descenso en verano, y unas diferencias medias anuales entre máximos y mínimos de hasta 80 m.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene dos puntos de control que corresponden a un pozo y un manantial. Las características generales físico-químicas de la MSBT corresponden a un agua neutra con un pH de 7,1. Los valores de conductividad eléctrica (CE) varían entre 288 y 517 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 436 µS/cm, se consideran aguas naturales de baja mineralización (< 2.000 Custodio y Llamas,1983). La dureza calculada a partir de las concentraciones de Ca y Mg varía entre 181,4 y 287,1 mg/L CaCO₃, considerándose de naturaleza dura. La facies hidrogeoquímica representativa en la MSBT corresponde al tipo Ca-HCO₃, tanto en el manantial (IPA_190840031) como en el pozo de la red de control (IPA-190840031). La frecuencia de muestreos en la red de control es muy baja, solo se dispone de datos correspondientes al año 2016, y no se aprecia evolución química de la facie respecto a la Línea Base 2007-2008 (Diagramas de columnas).

La masa de agua subterránea está en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales por los contaminantes de tipo TPH, BTEX, MTBE, ETBE, PAH (naftaleno, acenafteno, fenantreno, fluoreno y pireno). Estos componentes tienen origen en emplazamientos puntuales con suelos contaminados. La concentración de benceno en la MSBT se encuentra estable durante el periodo 2010-2016, con una concentración de 2,5 µg/L, que supera el Valor Umbral de 0,5 µg/L determinado para la MSBT (Gráfica de evolución temporal). No se dispone de un número suficiente de datos anuales (> 8 datos) sobre la concentración de benceno o de otros componentes que ponen en riesgo químico la MSBT.

11.- PLAN DE ACCIÓN

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

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

Actividad	
A01	TRATAMIENTO DE DATOS E INFORMACIÓN DE CARACTERIZACIÓN
	Subactividad/Herramienta
	S01 Recopilación y análisis de antecedentes <input checked="" type="checkbox"/>
	S02 Diseño y creación del sistema de almacenamiento de la información <input checked="" type="checkbox"/>
	S03 Inventario de puntos de agua en gabinete y diseño de campañas de campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S04 Inventario de puntos de agua en campo <input checked="" type="checkbox"/>
	S05 Recopilación y/o Generación de coberturas y Creación de proyecto SIG y Base de Datos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A02	ESTUDIOS GEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S06 Prospección geofísica (diseño, realización e interpretación) <input type="checkbox"/>
	S07 Realización de sondeos de reconocimiento <input 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
	Subactividad/Herramienta
	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
	Subactividad/Herramienta
	S20 Diseño de campañas de piezometría e hidrometría <input checked="" type="checkbox"/>
	S21 Realización de campañas de piezometría e hidrometría. Interpretación de resultados (Isopiezas). <input checked="" type="checkbox"/>
	S22 Análisis de series termopluviométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S23 Análisis de tendencias piezométricas <input checked="" type="checkbox"/>
	S24 Situación piezométrica en condiciones naturales <input checked="" type="checkbox"/>
	S25 Informe de situación piezométrica <input checked="" type="checkbox"/>
	S26 Estudio de los flujos profundos <input type="checkbox"/>
Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos <input checked="" type="checkbox"/>

Actividad	
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS
	Subactividad/Herramienta
	S28 Realización de sondeos hidrogeológicos <input 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 checked="" type="checkbox"/>
	S41 Trabajos de campo y análisis de muestras en emplazamientos contaminados <input checked="" type="checkbox"/>
	S42 Elaboración de perfiles geológicos e hidrogeológicos a escala de emplazamiento <input checked="" type="checkbox"/>
	S43 Análisis de la contaminación vs oscilación del nivel freático <input checked="" type="checkbox"/>
	S44 Análisis de tendencia de contaminantes <input checked="" type="checkbox"/>
	S45 Modelo conceptual del emplazamiento contaminado <input checked="" type="checkbox"/>
	S46 Estudio de viabilidad y remediación de acuíferos <input checked="" type="checkbox"/>
Actividad	
A08	ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA
	Subactividad/Herramienta
	S47 Campañas de muestreo <input type="checkbox"/>
	S48 Construcción de puntos de control <input type="checkbox"/>
	S49 Análisis hidroquímicos <input type="checkbox"/>
	S50 Análisis isotópicos <input type="checkbox"/>
	S51 Interpretación de resultados <input type="checkbox"/>
	S52 Análisis de tendencias de nitrato <input type="checkbox"/>
	S53 Estudios de atenuación natural de la contaminación difusa dentro del acuífero <input type="checkbox"/>
Actividad	
A09	ESTIMACIÓN DE LA RECARGA
	Subactividad/Herramienta
	S54 Estimación de la recarga por métodos directos: instalación de lisímetros o infiltrómetros <input type="checkbox"/>
	S55 Estimación de la recarga por métodos de balance hídrico <input type="checkbox"/>
	S56 Estimación de la recarga por Métodos Hidrodinámicos (Ley de Darcy) <input type="checkbox"/>
	S57 Estimación de la recarga por métodos hidroquímicos o de trazadores <input type="checkbox"/>
	S58 Estimación de la recarga por otros métodos <input type="checkbox"/>
Actividad	
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS
	Subactividad/Herramienta
	S59 Cuantificación de la relación río-acuífero. Tratamiento y análisis de datos hidrométricos y foronómicos <input checked="" type="checkbox"/>
	S60 Identificación y validación de EDAS <input checked="" type="checkbox"/>
	S61 Diseño y realización de campañas campo en EDAS <input checked="" type="checkbox"/>

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

Actividad	
A19	ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO
Subactividad/Herramienta	
S83	Diseño específico de estrategias de análisis de respuesta de los sistemas acuíferos ante diversas alternativas de gestión <input type="checkbox"/>

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la ES091MSBT004 Manzanedo-Oña:

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. La MSBT es compleja estructuralmente, con escamas de cabalgamiento fracturas y pliegues, que condicionan el funcionamiento hidrogeológico y las directrices de flujo. Se considera necesario nuevas investigaciones para ampliar este conocimiento y la realización de estudios estructurales, utilización de 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 y con poco desarrollo de ZNS, por lo que no es necesario realizar estudio específico, pero sí realizar las actividades relacionadas a la vulnerabilidad, habiéndose detectado contaminación puntual en el Ac. Cretácico Superior. 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 puntual: la MBST está en riesgo químico por contaminantes de origen puntual habiéndose detectado principalmente benceno. La zona afectada de la MSBT se circunscribe al único pozo de la red de control en el Ac. Cretácico superior al sur del municipio de Dobro. En estas áreas se propone, por tanto, estudios específicos de la contaminación puntual para determinar el origen de la contaminación y ayuden a la mejora de la gestión de la misma y propuesta de medidas específicas.

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.

Análisis y diagnóstico 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 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.

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).
- 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: ES091MSBT004 - MANZANEDO-OÑA

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.



MSBT: ES091MSBT004 - MANZANEDO-OÑA

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20°C) (In situ)	O ₂ (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	°C	Ud. pH	µS/cm	mg/L	mg/L O ₂	mg/L CaCO ₃	mg/L CaCO ₃
Código Punto	190830006						
Valor							
Máx.	14,9	8	505	10,90	<LQ	<LQ	184,0
Mín.	11,0	7	288	4,70	<LQ	<LQ	184,0
P50	12,8	7	429	6,90	<LQ	<LQ	184,0
N reg.	4	4	4	5	3		1

Código Punto	190840031						
Valor							
Máx.	12,3	8	517	11,90	0,6	<LQ	225,0
Mín.	11,2	7	371	9,70	<LQ	<LQ	225,0
P50	11,6	8	444	10,25	<LQ	<LQ	225,0
N reg.	3	3	2	4	3		1

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

Parámetro	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	190830006								
Valor									
Máx.	256,2	<LQ	7,72	23,7	27,9	0,00	<LQ	2,4	1,1
Mín.	200,0	<LQ	<LQ	3,7	6,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	229,1	<LQ	3,42	5,3	8,6	<LQ	<LQ	1,4	0,6
N reg.	4	4	5	5	5	5	4	5	5

Código Punto	190840031								
Valor									
Máx.	289,1	<LQ	22,30	9,0	2,3	<LQ	<LQ	12,0	0,4
Mín.	235,0	<LQ	6,00	6,0	1,9	<LQ	<LQ	5,0	<LQ
P50	269,6	<LQ	18,65	7,4	2,1	<LQ	<LQ	9,0	0,3
N reg.	4	3	4	4	4	1		4	4

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

Parámetro	Ca ²⁺	Mg ²⁺	As	Cd ²⁺	Hg	NH ₄ ⁺ Total	∑ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	190830006								
Valor									
Máx.	94,0	12,5	0,3620	0,0600	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	66,4	3,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	69,5	7,9	0,2600	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Código Punto	190840031								
Valor									
Máx.	97,4	7,7	<LQ						
Mín.	84,2	6,0	<LQ						
P50	89,3	6,8	<LQ						
N reg.	4	4	1	1	1	4			

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