CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MSBT: ES091MSBT022 - SIERRA DE CANTABRIA

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	ES091MSBT022	Nombre MSBT	SIERRA DE CANTABRIA
Código DH	ES091	Nombre DH	Ebro

Descripción localización:

La masa de agua subterránea ES091MSBT022 Sierra de Cantabria con 251,9 km² de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma del País Vasco (82%) y el resto se integra en las C.C.A.A de Castilla y León, La Rioja y Navarra. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Vasco-Cantábrico en la zona septentrional de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se sitúa entre las poblaciones de Zambrana al oeste y Marañon al este. Los municipios con mayor porcentaje de ocupación en la MSBT son Peñacerrada-Urizaharra (19,35%), Lagrán (18,1 %), Bernedo (12,7 %) y Zambrana (10,1 %).

C.C.A.A.	Provincia	Municipio		% Área Municipio	
		Código	Nombre	Incluido MSBT	Respecto MSBT
País Vasco	Araba/Álava	01044	Peñacerrada-Urizaharra	78,16	19,27
País Vasco	Araba/Álava	01030	Lagrán	100,00	18,09
País Vasco	Araba/Álava	01016	Bernedo	24,54	12,70
País Vasco	Araba/Álava	01062	Zambrana	64,46	10,10
País Vasco	Araba/Álava	01031	Laguardia	28,54	9,16
Castilla y León	Burgos	09109	Condado de Treviño	6,24	6,45
País Vasco	Araba/Álava	01028	Labastida/Bastida	42,07	6,37
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31141	Lapoblación	43,18	3,54
Rioja, La	Rioja, La	26142	San Vicente de la Sonsierra	17,69	3,41
País Vasco	Araba/Álava	01019	Kripan	43,94	2,18
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31162	Marañón	72,41	1,66
País Vasco	Araba/Álava	01052	Samaniego	35,01	1,48
Rioja, La	Rioja, La	26001	Ábalos	20,31	1,46
País Vasco	Araba/Álava	01034	Leza	32,89	1,29
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	31063	Cabredo	21,95	1,04
País Vasco	Araba/Álava	01014	Berantevilla	6,59	0,93
País Vasco	Araba/Álava	01023	Elvillar/Bilar	11,06	0,77
Rioja, La	Rioja, La	26071	Haro	0,59	0,09
Castilla y León	Burgos	09219	Miranda de Ebro	0,03	0,01

1.2 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL

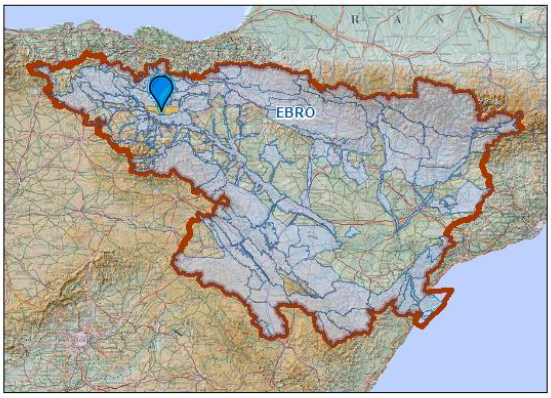
Sistema de Coordenadas de Referencia (SRC)	ETRS89	ZONA UTM	30N	Código ESPG	25830
Coordenada UTM X (CENTROIDE)	529.439	Coordenada UTM Y (CENTROIDE)			4.719.346
Longitud (CENTROIDE)	-2,64101	Latitud (CENTROIDE)			42,62595
MDE empleado	5 m.	Rango de altitud (m s.n.m.)			1.010
Altitud mínima (m s.n.m.)	442	Altitud máxima (m s.n.m.)			1.452
Área total de la MSBT (km²)	252				

1.3 POBLACIÓN ASENTADA

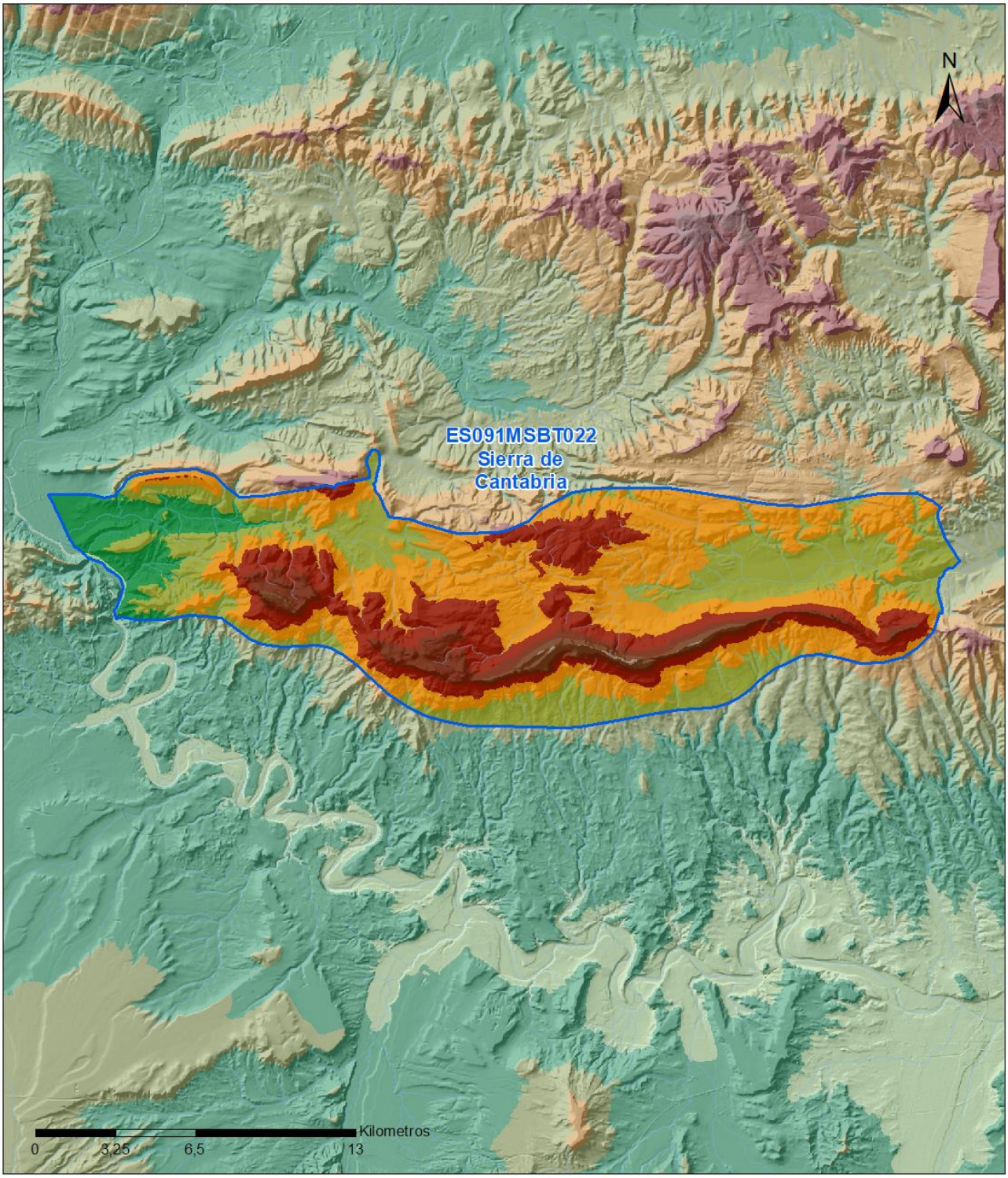
Nº habitantes	2.606	Año	2019

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN Y TOPOGRÁFICO

Mapa de localización



Mapa topográfico



MAPA HIPSOMÉTRICO

LEYENDA

RANGOS DE ALTITUDES (msnm)

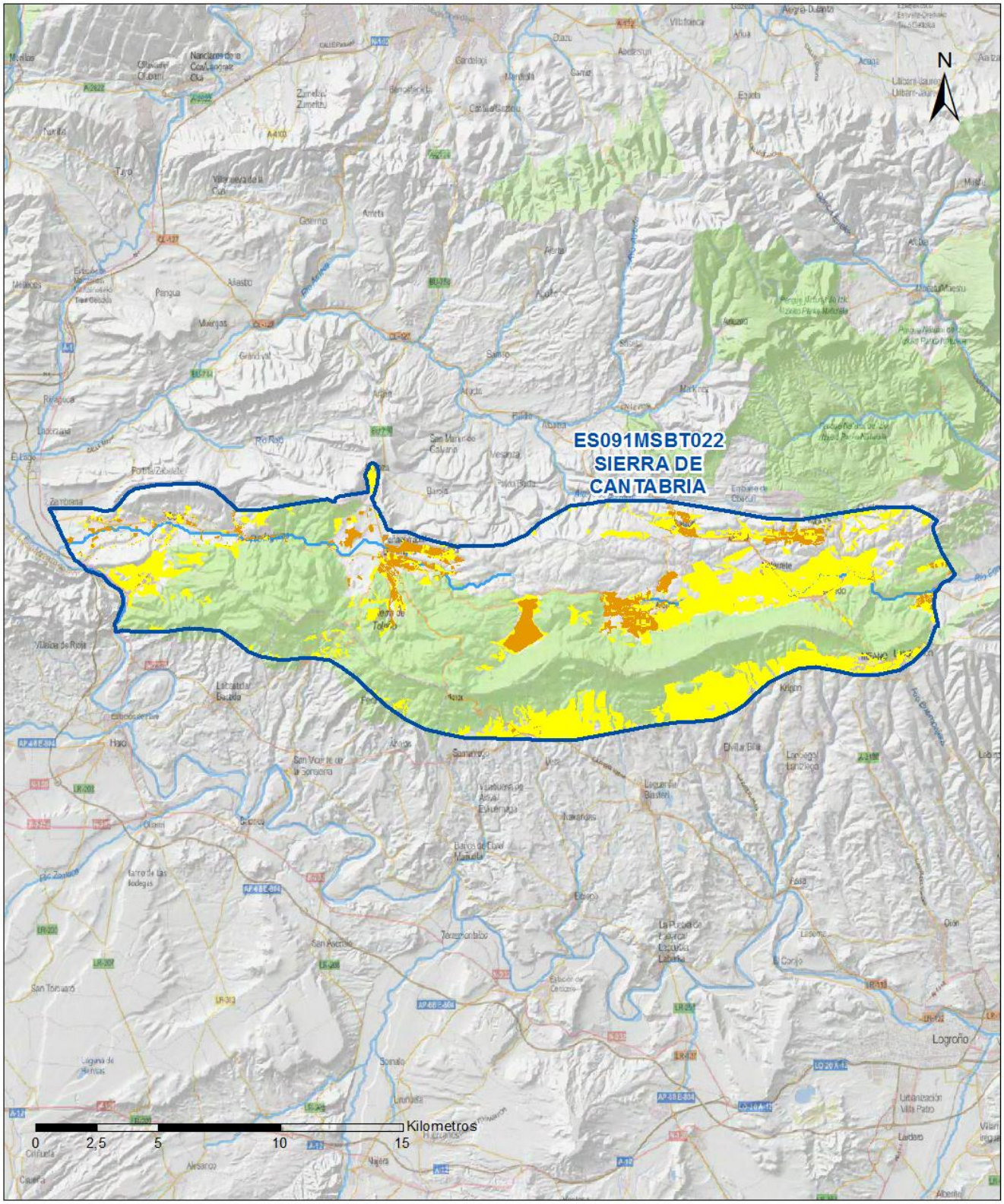
- MSBT
- Red Hidrografica
- 0 - 150
- 150 - 300
- 300 - 450
- 450 - 600
- 600 - 750
- 750 - 900
- 900 - 1,050
- 1,050 - 1,200
- 1,200 - 1,350
- 1,350 - 1,500
- 1,500 - 1,650
- > 1,650

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	☐
Fuentes puntuales	1.4	Vertidos industriales de plantas No IED	☐
Fuentes puntuales	1.6	Vertederos	☐
Fuentes difusas	2.1	Escorrentía urbana	☐
Fuentes difusas	2.10	Otras fuentes difusas	☐
Fuentes difusas	2.2	Agricultura	☑
Fuentes difusas	2.4	Transporte	☐
Fuentes difusas	2.8	Minería	☐
Extracción / Desvío de agua	3.1	Agricultura	☐
Extracción / Desvío de agua	3.2	Abastecimiento	☐
Extracción / Desvío de agua	3.3	Industria	☐

Fuentes difusas



LEYENDA

Red hidrográfica

MSBT:
ES091MSBT022
SIERRA DE CANTABRIA

Tipo de Presión Difusa (significativa):

2.2 Agricultura: Regadío

2.2 Agricultura: Secano

2.2 IMPACTOS EN LA MSBT

Tipos de impactos	Situación que permite reconocer el impacto	Situación
NUTR	Contaminación por nutrientes	Probable
CHEM	Contaminación química	Probable

2.3 RIESGO DE LA MSBT

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

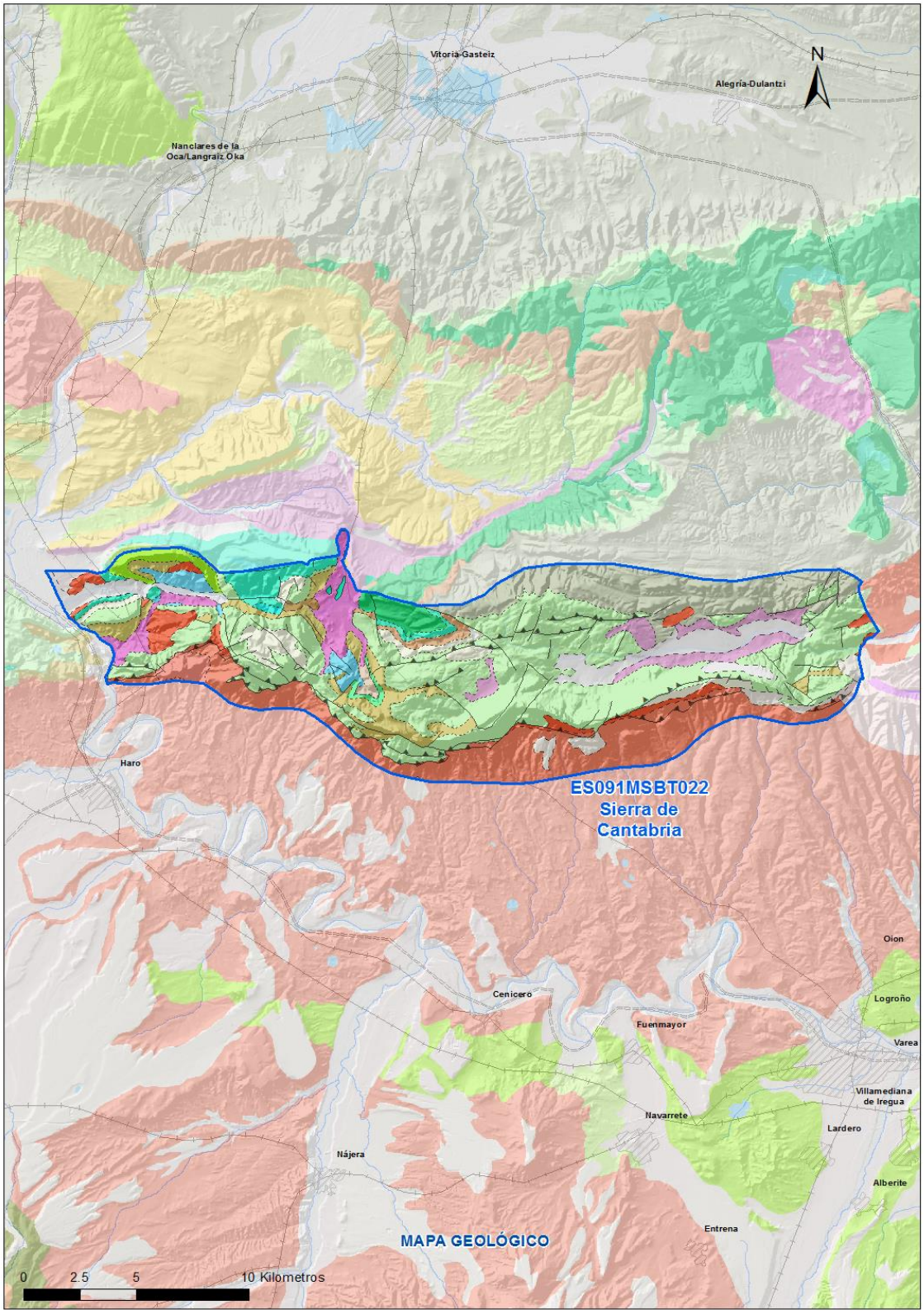
Riesgo de no alcanzar el buen estado químico		RIESGO QUÍMICO
Contaminante		Justificación / Observación
Terbutrina	Terbutrina	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
NO_3^-	Nitrato	Masas en riesgo de afección 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)
Mecoprop	Mecoprop	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
MCPA	Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	Masas con riesgo por contaminantes de origen puntual identificados por el área de Calidad de Aguas Subterráneas (superficie afectada < 20%)
Glifosato	Glifosato	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

Cuenca Del Ebro

3.2 MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA

MSBT

Estructuras

- Anticlinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto

Contactos y fallas

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

LITOLOGÍAS

Código	Descripción Litología
5000	Masa de agua superficial
706	Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)
704	Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)
703	Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)
378	Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Costras a techo
367	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
366	Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas
361	Lutitas con intercalaciones de areniscas
360	Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados
359	Conglomerados, areniscas y lutitas
353	Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados
352	Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso
343	Calizas y margas
340	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas
177	Lutitas y areniscas (Facies Flysch)
175	Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)
173	Calizas arrecifales, con rudistas, calizas bioclásticas, dolomías y margas
157	Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)
156	Dolomías y calcarenitas
154c	Calizas, margas y calcarenitas
154b	Margas
154a	Calizas y dolomías
152	Areniscas, arenas, calizas arenosas, margas, arcillas y margocalizas
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)
12	Ofitas y rocas volcanoclásticas (Ofitas del Keuper)

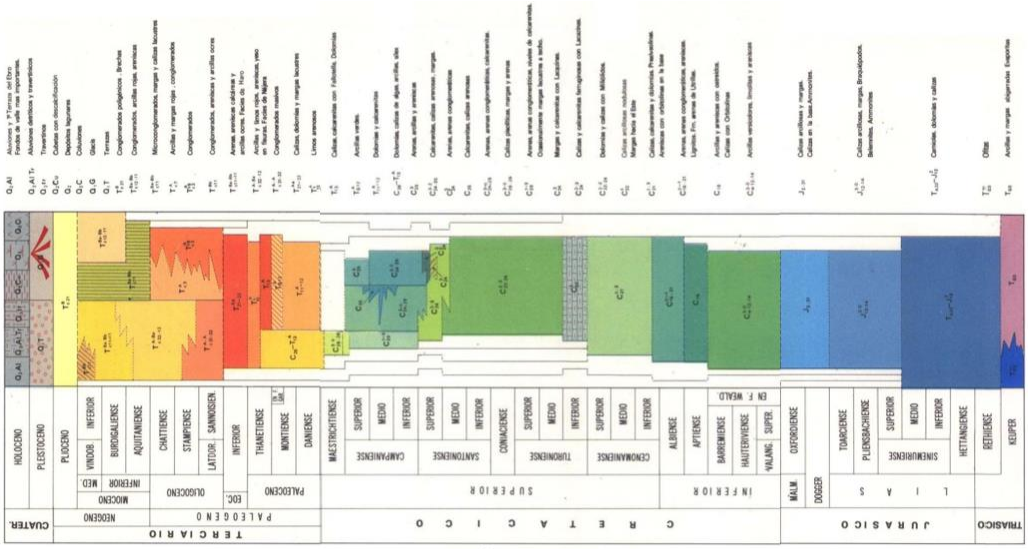
3.3 NATURALEZA Y EXTENSIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

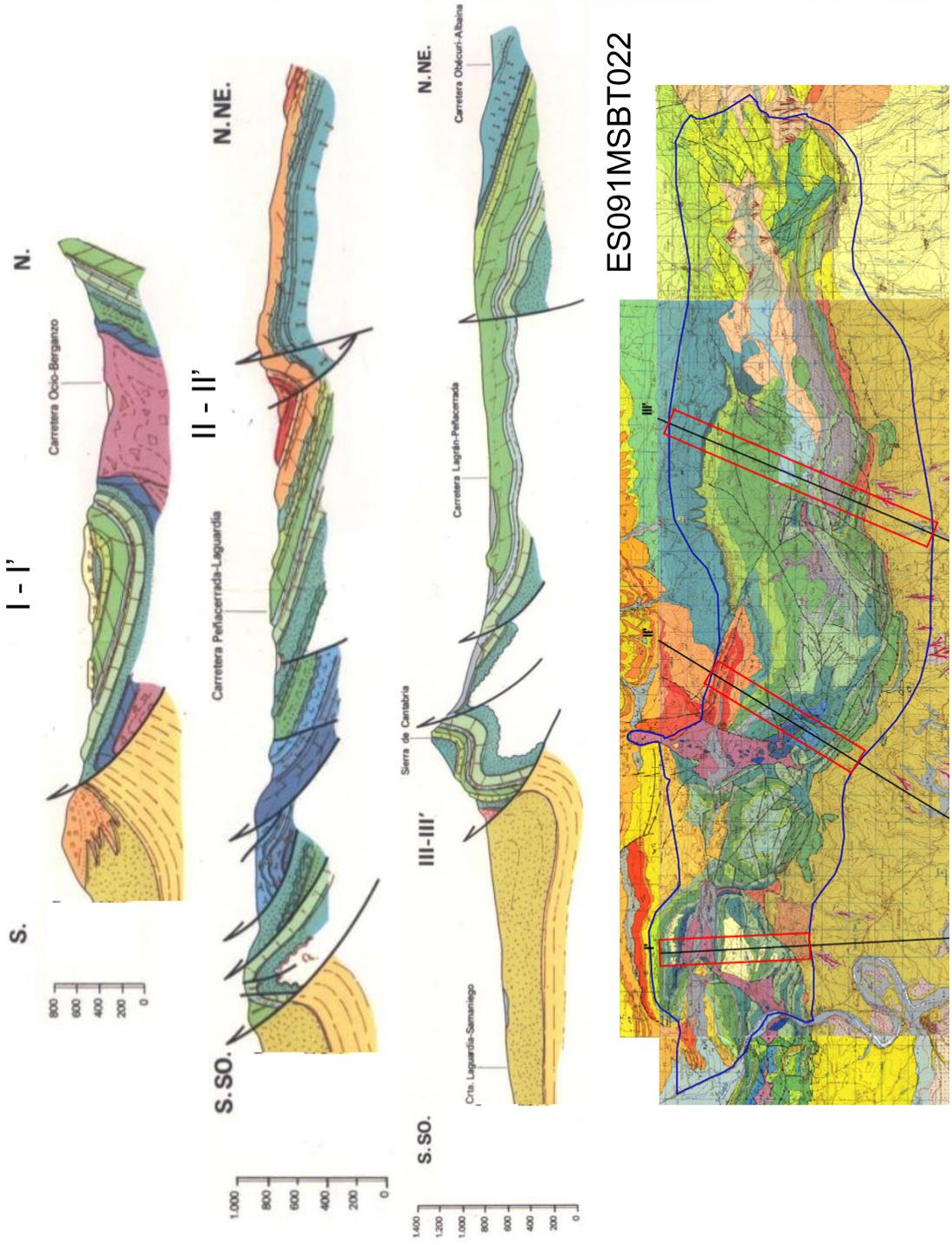
Litología	Edad geológica		Extensión (km²)	Tipo	% de MSBT
	Sistema	Serie			
Gravas, arenas, limos(Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos princ.)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	14,52	Detrítica	5,76
Gravas, arenas, arcillas y limos (Depósitos de glacis, piedemonte y superficies)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	4,23	Detrítica	1,68
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	Neógeno	Mioceno	39,44	Detrítica	15,65
Conglomerados, areniscas, lutitas y a veces margas y calizas	Neógeno	Mioceno	2,48	Detrítica	0,98
Conglomerados, areniscas y lutitas	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	8,15	Detrítica	3,24
Areniscas, lutitas, margas y, localmente, conglomerados	Paleógeno	Oligoceno	8,74	Detrítica	3,47
Conglomerados, con intercalaciones de areniscas, margas y niveles de yeso	Paleógeno	Oligoceno	1,96	Detrítica	0,78
Calizas, calcarenitas, dolomías y margas	Cretácico Superior-Paleógeno	Senonense-Eoceno	6,97	Carbonatada	2,77
Lutitas y areniscas (Facies Flysch)	Cretácico	Superior	8,90	Detrítica	3,53
Arenas, arcillas, gravas y conglomerados (F.Utrillas), a veces con dolomías (F.Ar.yArc.Segovia)	Cretácico	Inferior-Superior	13,75	Detrítica	5,46
Dolomías, brechas dolomíticas, carniolas y calizas en bancos (Fm. Cortes de Tajuña)	Triásico Superior-Jurásico Medio (Dogger)	Rethiense-Dogger	3,81	Carbonatada	1,51
Dolomías y calcarenitas	Cretácico-Paleógeno	Senonense-Paleoceno	3,95	Carbonatada	1,57
Calizas, margas y calcarenitas	Cretácico	Superior	89,93	Carbonatada	35,69
Margas	Cretácico	Superior	28,24	Carbonatada	11,21
Calizas y dolomías	Cretácico	Superior	3,28	Carbonatada	1,30
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)	Triásico		9,25	Detrítica	3,67

3.4 COLUMNA LITOLÓGICA TIPO

Litología	Edad geológica		Rango del espesor (m) valor menor-mayor
	Sistema	Serie	
Gravas, arenas y limos (Aluviales, terrazas y pies de monte)	Cuaternario	Pleistoceno-Holoceno	
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados y margas y calizas	Neógeno	Mioceno	
Margas, lutitas y niveles de conglomerados calcáreos, de areniscas y niveles de yeso	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno	
Calizas, margas, dolomías blanquecinas con gasterópodos	Paleógeno	Eoceno	
Calizas dolomíticas, dolomías masivas, limolitas y arcillas	Paleógeno	Paleoceno	150 (máx.)
Areniscas calcáreas y calcarenitas tableadas	Cretácico Superior	Maestrichtiense	
Margas grises y margas calcáreas de aspecto nodular	Cretácico Superior	Campaniense	
Calcarenitas y calizas estratificadas decimétricas con lacazinas y margas nodulares hacia techo.	Cretácico Superior	Santoniense Superior	
Dolomías, calcarenitas bioclásticas masivas	Cretácico Superior	Coniaciense-Santoniense medio	
Margocalizas y calzas margosas	Cretácico Superior	Turoniense	
Areniscas, calizas arenosas, margo calizas y calcoarenitas	Cretácico Superior	Cenomaniense	
Arenas arcósicas y limolitas	Cretácico Inferior	Albiense-Aptiense	
Dolomías, alternancia de margas y calizas, intercalaciones de calcarenitas hacia techo	Jurásico	Lias, Dogger, Malm	
Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas	Triásico	Keuper	

3.5 CORTES GEOLÓGICOS





3.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La MSBT Sierra de Cantabria se ubica en el sector meridional de la Cuenca Vasco-Cantábrica, entre el Sinclinal de Urbasa-Treviño y la Depresión Terciaria del río Ebro. La masa de agua subterránea ocupa toda la Unidad geológica denominada Sierrra de Cantabria, que se caracteriza por su complejidad estructural, con un despegue generalizado de la cobertera mesozoica a nivel del Trías sobre los materiales terciarios de la Depresión del Ebro. El desplazamiento frontal de la Cuenca Vasco- Cantábrica sobre los materiales del terciarios del Ebro se realizó a través del frente de cabalgamiento denominado Franja Móvil Sierra de Cantabria –Montes Obarenes (Ramírez del Pozo,1973), con una traslación generalizada de vergencia sur. En el flanco norte del cabalgamiento, se reconoce la Depresión Intermedia, entre el limite meridional del Sinclinal de Treviño y la zona frontal de la Sierra de Cantabria. En esta depresión de suave relieve, el plegamiento epidérmico de la cobertera mesozoica generó pequeñas cubetas de sedimentación (Cubeta de Ocio, Cubeta de Bernedo), pliegues y rampas de cabalgamiento, y fallas de desgarre oblicuo al cabalgamiento. Además, las estructuras distensivas favorecieron la formación de domos diapíricos como los de Pipaón, Peñacerrada, Ocio y Salinillas de Buradón que, junto al sistema de fallas, han generado bloques o sectores con funcionamientos hidrogeológicos diferenciados. En la Depresión intermedia se encaja la red hidrográfica superficial del río Inglares, río Egea, río Ayuda en el sector norte, y del río Ebro a su paso por Conchas de Haro. Los materiales que afloran son principalmente mesozoicos carbonatados, con intensa deformación, con potencias superiores a los 2.500 m en el borde norte y que disminuyen a 650 m en la zona frontal del borde sur. En la bibliografía consultada se reseña la presencia de importantes cambios laterales de facies, discordancias y lagunas estratigráficas asociadas a los procesos tecto-estratigráficos. Los depósitos terciarios del Mioceno-Plioceno procedentes de la erosión de los relieves, cubren las zonas deprimidas que forman las cubetas y la depresión del río Ega entre Lagrán y Angostrina. Los depósitos cuaternarios se asocian a pies de monte y coluviales, sedimentos aluviales y travertinos formados por precipitación química en zonas de manantiales.

La serie estratigráfica local de muro a techo con sus principales litologías:

• Triásico (Keuper) asociado a las estructuras diapíricas, formado por arcillas abigarradas y margas varioladas en las que se incluyen rocas su volcánicas de tipo ofítico.

• Jurásico Inferior y medio: Tiene escasa representación superficial. Aflora, muy deformado, en el entorno de las estructuras diapíricas. Se reconocen las carniolas y calizas del Lías inferior (150 m) y calizas con sílex del Dogger (50 m).

• Cretácico Inferior: se dispone discordante sobre los materiales del Jurásico. El tramo basal corresponde a una sucesión de conglomerados, con cantos calcáreos y matriz lutítica, y de areniscas gris-verdosa de grano medio que alternan con niveles de arcillas calcáreas. Tramo intermedio formado por una secuencia areno-arcillosa con niveles de calizas arenosas ricas en ostreidos y correlacionables con los depósitos arrecifales del complejo Urgoniano. Se culmina con la formación arcósica, a veces con microconglomerados, que se correlacionan con la Fm. Utrillas cuya potencia puede alcanzar los 200 m.

• Cretácico superior: está representado por una serie carbonatada asociada a ambientes marinos que da paso a final del Cretácico, debido a los movimientos tectónicos, a la deposición de sedimentos terrígenos. El tramo basal está formado por areniscas y calizas con orbitolinas (80 m de espesor) que termina con un paquete de margocalizas y calcarenitas, y que corresponde al Cenomaniense. El Turoniense se caracteriza por los materiales margosos, margocalizo, arcillas y margas grises de aspecto nodular. Le sigue el conjunto Conianencese-Santoniense medio de dolomías y calcoarenitas estratificadas en bancos métricos que hacia techo pasan a calcarenitas bioclásticas masivas con intercalaciones de calizas micríticas, se encuentran fuertemente fisuradas y carstificadas. El Santoniense superior formado por calizas estratificadas en bancos decimétricos con alto contenido en Lacazinas. El Campaniense formado por una secuencia de margas grises y margas calcáreas de aspecto nodular e impermeable. En el techo de la serie cretácico se encuentra el Mastrichtiense con una secuencia de areniscas calcáreas y calcarenitas tabletas fosilíferas.

• Terciario (Paleoceno-Eoceno): El Paleoceno está formado por dolomías, calizas y calcarenitas con un espesor entre 60 y 150 m. Sobre la serie calcárea Paleocena, y tras un paquete margoso del Thanetiense, sigue una alternancia de calizas lacustres, limos y arcillas del Eoceno.

• Terciario continental detrítico: Incluye los depósitos conglomeráticos, arenas, y limos del Mioceno y conglomerados y arcillas del Pleistoceno procedentes de la erosión de los relieves.

• Cuaternario: Formado por coluviales y aluviales de los ríos Inglares y Ega, de escasa extensión y desarrollo vertical.

4.- SUELOS Y VULNERABILIDAD

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

Fecha o periodo	Espesor Máximo (m)	Espesor Mínimo (m)
2020	110	14

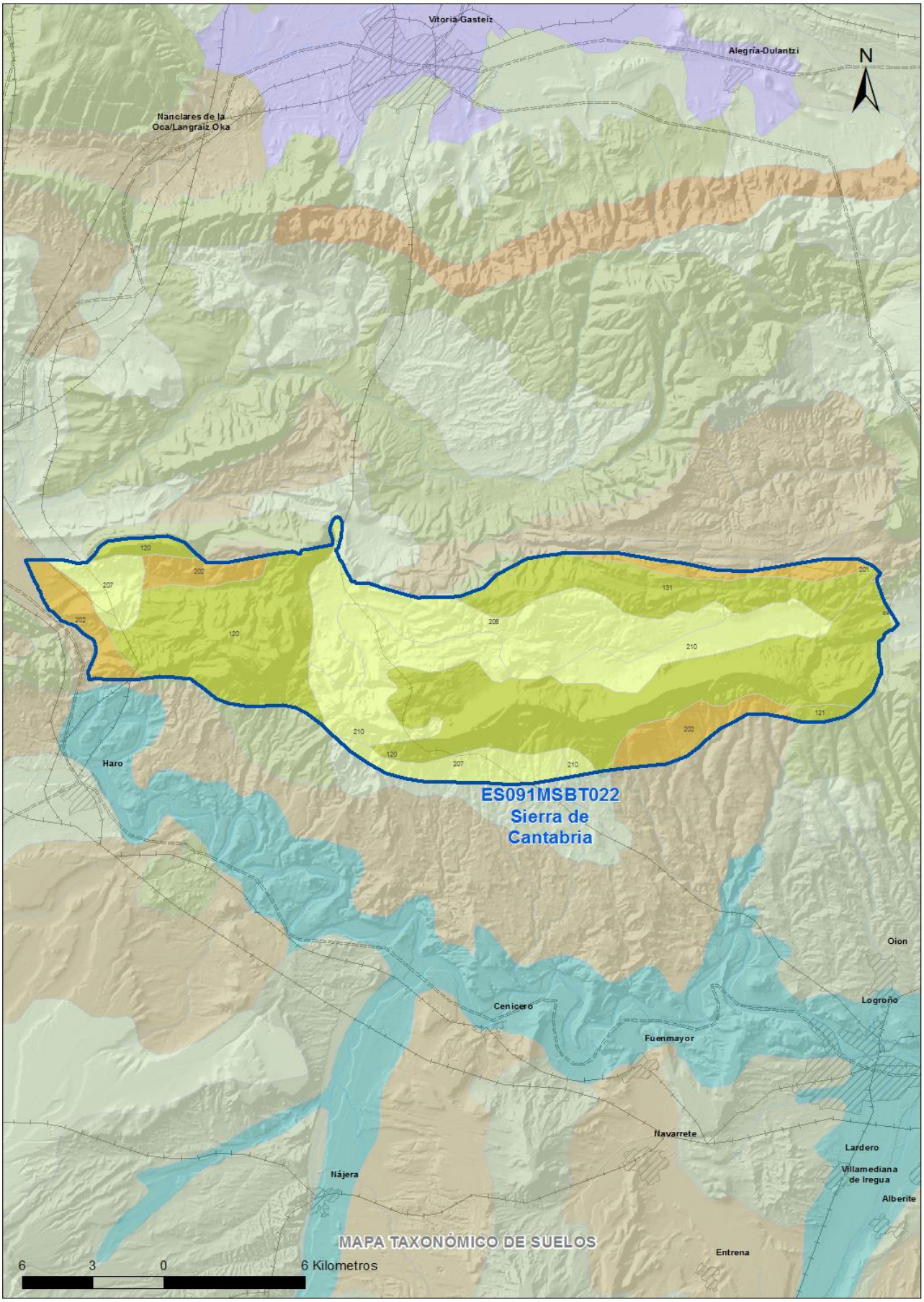
Espesor Medio Z.N.S. (m)	62
Litología Z.N.S.	Calizas, calcarenitas, dolomías y margas

4.2 SUELOS EDÁFICOS

Tipo de Suelo	Extensión (km²)	% Afloramiento en la MSBT
ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT	132	52,22
INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT	29	11,61
INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT	91	36,17

4.3 MAPA DE SUELOS

Mapa de suelos



LEYENDA

MSBT

Red Hidrografica

DDHH

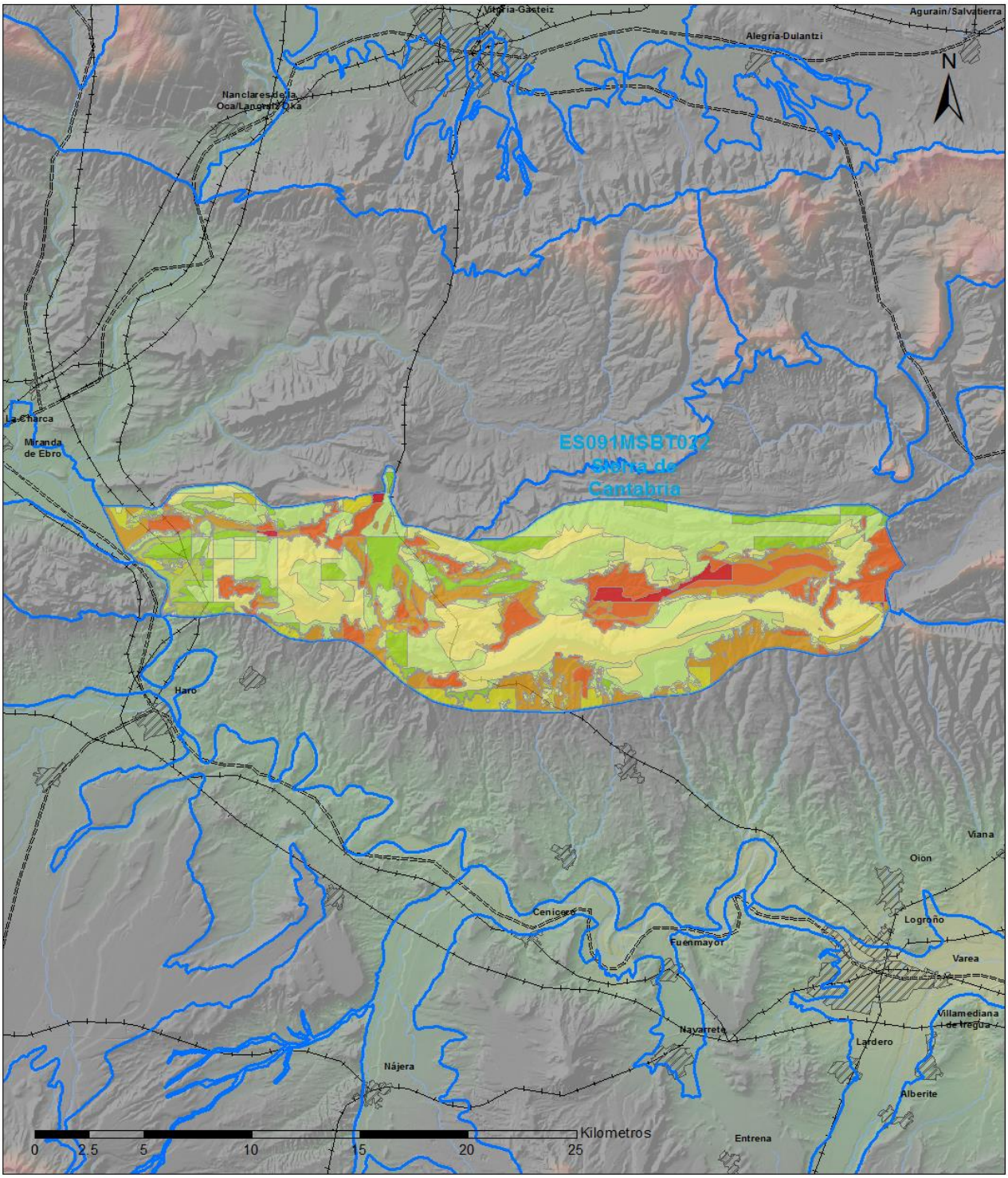
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SOIL TAXONOMY)

ID MAPA	ORDEN, SUBORDEN, GRUPO 01, GRUPO 02, ASOCIACIÓN 01, ASOCIACIÓN 02, INCLUSIÓN 01, INCLUSIÓN 02
120	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Haploxerept
121	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, Haploxeralf, NO INCLUSION2
131	ENTISOL, ORTHENT, XERORTHENT, NO GRUPO2, HAPLOXERERT, HAPLOXEROLL, Calcixerept, NO INCLUSION2
201	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, HAPLOXERERT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
202	INCEPTISOL, XEREPT, CALCIXEREPT, HAPLOXEREPT, XERORTHENT, NO ASOCIA2, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2
206	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxerert, NO INCLUSION2
207	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, NO ASOCIA1, NO ASOCIA2, Haploxeroll, Xerorthent
210	INCEPTISOL, XEREPT, HAPLOXEREPT, NO GRUPO2, HAPLOXERALF, XERORTHENT, NO INCLUSION1, NO INCLUSION2

4.4 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

Método		DRASTIC Reducido
Grado de Vulnerabilidad	Rango Índice Vulnerabilidad	% Área Vulnerable en la MSBT
0	Masas de agua superficial	0,01
2 (Muy Baja)	30 - 44	1,32
3 (Baja)	44 - 58	9,19
4 (Baja)	58 - 72	29,23
5 (Moderada)	72 - 86	26,64
6 (Moderada)	86 - 100	6,78
7 (Alta)	100 - 114	13,76
8 (Alta)	114 - 128	11,78
9 (Muy Alta)	128 - 142	1,30

4.5 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA



LEYENDA

Método DRASTIC Reducido

Grado de Vulnerabilidad, Rango de Valores

- Muy Baja, 16 - 30
- Muy Baja, 30 - 44
- Baja, 44 - 58
- Baja, 58 - 72
- Moderada, 72 - 86
- Moderada, 86 - 100
- Alta, 100 - 114
- Alta, 114 - 128
- Muy Alta, 128 - 142
- Muy Alta, 142 - 156
- Masas de agua superficial
- MSBT

5.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

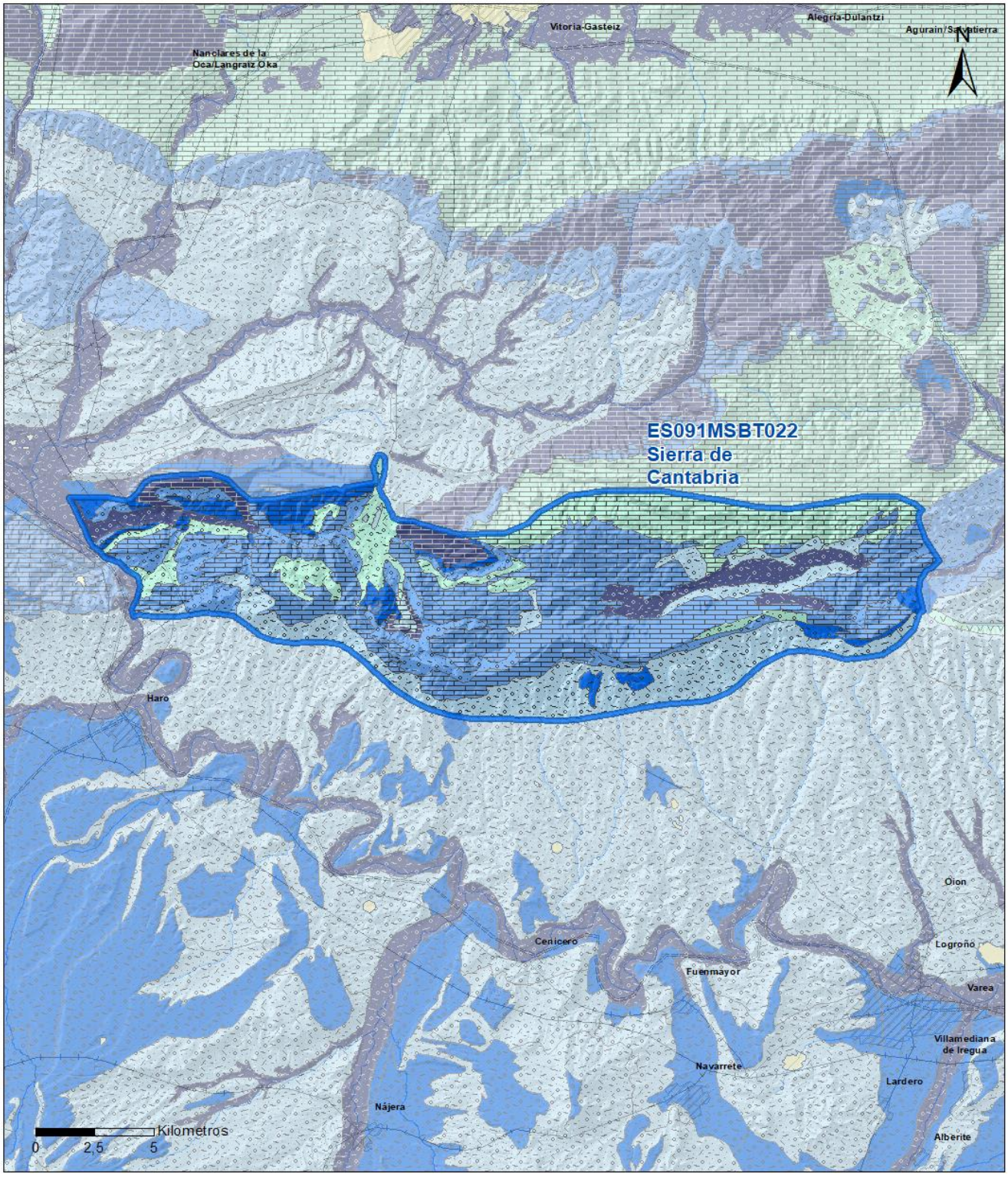
5.1 LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MSBT

Límite	Tipo	Sentido flujo	Naturaleza	Nombre MSBT Colindante
Oeste	Abierto	Salida	Permeable	PANCORBO-CONCHAS DE HARO
Este	Abierto	Salida	Permeable	SIERRA DE LÓQUIZ
Noreste	Abierto	Salida	Permeable	IZKI-ZUDAIRE
Sur	Cerrado	Flujo nulo	Impermeable	LAGUARDIA
Noroeste	Abierto	Salida	Permeable	SINCLINAL DE TREVIÑO

Descripción límites hidrogeológicos:

La MSBT de la Sierra de Cantabria tiene la mayoría de sus límites abiertos, excepto con la MSBT de La Guardia (ES091MSBT046) que se localiza en los materiales de baja permeabilidad de la Depresión del Ebro. A partir de la piezometría del acuífero regional de las calizas del Coniaciense (Cretácico superior) se observa que la MSBT Sierra de Cantabria tiene abierto sus límites con flujo de salida hacia las MSBT colindantes del Sinclinal de Treviño(ES091MSBT008), en el tramo desde Loza a Peñacerrada. Al igual ocurre con las MSBT Izki-Zudaire (ES091MSBT021) y Sierra de Loquiz (ES091MSBT023) al este, se produce la inmersión de las calizas cretácicas bajo las facies arenosas del Campaniense hasta la depresión de Sta Cruz de Campezo.

Mapa de permeabilidades



LEYENDA

MSBT

PERMEABILIDAD

- Masa de agua superficial
- 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 (km²)
			Sistema	Serie		
Lías	Dolomías, brechas dolomíticas y calizas (Fm. Tajuña)	Alta	Jurásico Inferior	Lías	150	4
Complejo Urgoniano	Calizas con orbitolinas	Media-Alta	Cretácico Inferior	Aptiense	80	1
Fm. Utrillas	Arenas y microconglometados	Media-Alta	Cretácico Inferior	Albiense	100	14
Cretácico Superior Coniacense-Santoniense	Calizas con lacazinas, calcarenitas y margas	Alta	Cretácico Superior	Coniacense-Santonienense	300	89
Cretácico Superior Maastrichtiense	Calizas tableadas y calizas arenosas	Media-Alta	Cretácico Superior	Maastrichtiense		
Paleoceno-Eoceno	Dolomías, calizas y calcarenitas	Alta	Cretácico-Paleógeno	Paleoceno-Eoceno	150	11
Terciario Continental (Detrítico y Calcáreo)	Areniscas, lutitas, limos y niveles de conglomerados	Media-Baja	Paleógeno-Neógeno	Oligoceno-Mioceno		63
Cuaternario Aluvial y Coluviales	Gravas, arenas y limos	Alta	Cuaternario	Holoceno		15

5.3 ACUÍFEROS

Acuífero	Extensión afloramiento (km²)	% de afloramiento en la MSBT	Régimen Hidráulico	Espesor (m)	Tipo Porosidad	Nombre FGP
Jurásico Inferior	9	3,70	Confinado	200	Fisuración	Lías
Cretácico Inferior (Aptiense)	1	0,33	Confinado	80		Complejo Urgoniano
Cretácico Inferior (Albiense)	14	5,50	Semiconfinado	100		Fm. Utrillas (facies Supraurgon)
Cretácico Superior (Coniaciense-Santoniense)	90	35,70	Semiconfinado	350-600	Fisuración	Cretácico Superior Coniacense-Santoniense
Cretácico Superior (Coniaciense-Santoniense)	90	35,70	Semiconfinado	350-600	Fisuración	Cretácico Superior Maastritchiense
Paleoceno-Eoceno	11	4,30	Confinado	150	Fisuración	Cretácico Superior Maastritchiense
Paleoceno-Eoceno	11	4,30	Confinado	150	Fisuración	Paleoceno-Eoceno
Terciario Continental	63	24,80	Libre		Fisuración-Intergranular	Terciario Continental
Cuaternario Aluvial y Coluviales	20	7,70	Libre		Intergranular	Cuaternario Aluvial y Culuviales

Descripción general:

La MSBT de la Sierra de Cantabria se incluyen en su totalidad la denominada Unidad Hidrogeológica Sierra de Cantabria, con una significada complejidad estructural, que la hace independiente de la Unidad Hidrogeológica Urbasa-Treviño y del Sinclinal de Treviño que encuentra al norte. Pueden diferenciarse acuíferos carbonatados y detríticos mixtos, con diferentes características hidráulicas e hidrogeológicas y entidad dentro de la MSBT. La mayor parte de los acuíferos en la MSBT de la Sierra de Cantabria están representados por los materiales carbonatados del Cretácico Superior. El principal acuífero corresponde a las calizas del Conaciense-Santoniense, con una permeabilidad alta por fisuración y carstificación, y una potencia que puede alcanzar hasta 600 metros. En algunas zonas debido a los accidentes tectónicos (fallas), entra en contacto lateral con las formaciones calcáreas del Maestrichtiense, y que, por orden cronológico, entre ambas habría de encontrarse las formaciones margosas e impermeables del Campaniense, siendo el techo impermeable del principal acuífero regional y las formaciones margocalizas y calizas margosas con arcillas del Turoniense constituye la base impermeable. El régimen hidráulico de este acuífero puede ser libre y confinado o parcialmente confinado controlado por las estructuras tectónicas y la disposición de los materiales que actúan como horizontes confinantes. Las dolomías, calizas y calcarenitas del Paleoceno, entre 60 y 150 m de potencia, constituyen el segundo acuífero en importancia, y según bibliografía, las formaciones calcáreas del Mastrichtiense, de las que no se tiene datos sobre su espesor, podrían formar parte de este acuífero junto a la alternancia de calizas lacustre, limo y arcillas del Eoceno. Apenas aflora en superficie, representa el 4,3 % de la superficie de la MSBT, con una permeabilidad alta por fisuración se encuentra confinado por los materiales detríticos de baja permeabilidad del Terciario continental (Oligoceno-Mioceno). De menor entidad, los acuíferos carbonatados correspondientes al Jurásico afloran en el entorno de las estructuras diapíricas. Se reconocen las carniolas y las calizas del Lías inferior (150 m) y las calizas con sílex del Dogger (50m). El acuífero cuaternario formado por coluviales y aluviales de los ríos Inglares y Egea, de escasa extensión y desarrollo vertical.

5.4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m²/día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Paleoceno-Eoceno	Paleoceno-Eoceno	Ensayo de bombeo		4,00		

Acuífero	Nombre FGP	Método determinación	Transmisividad (T m²/día)		Coeficiente de almacenamiento (S)	
			Mín	Máx.	Mín	Máx.
Cretácico Inferior (Aptiense-Albiense)	Fm. Utrillas, Complejo Urgoniano	Ensayo de bombeo		10,00		
Cretácico Superior	Coniaciense-Santoniense	Ensayo de bombeo	100,00	350,00		

Descripción general:

Las formaciones carbonatadas (calizas, calcarenitas y dolomía) del Cretácico Superior, con un alto grado de carstificación, se han obtenido valores entre 100 y 350 m²/día. En las formaciones carbonatadas con alto grado de carstificación ,por encima de las cotas de manantial, los valores de transmisividad pueden oscilar entre 700 y 1.900 m²/día, coincidiendo con las épocas de recarga. A partir del análisis hidrogramas en importantes manantiales, se ha obtenido una valoración de la transmisividad teniendo en cuenta sus caracteres geométricos y asumiendo un almacenamiento del 1%. Los valores de transmisividad se encuentran ente 237 y 437 m²/día en el manantial del Soto, asociado a los materiales del Cretácico, y entre 362 y 7.000 m²/día en el manantial de Peñacerrada, asociado a las calizas del Paleoceno que afloran en el entorno del Diapiro.

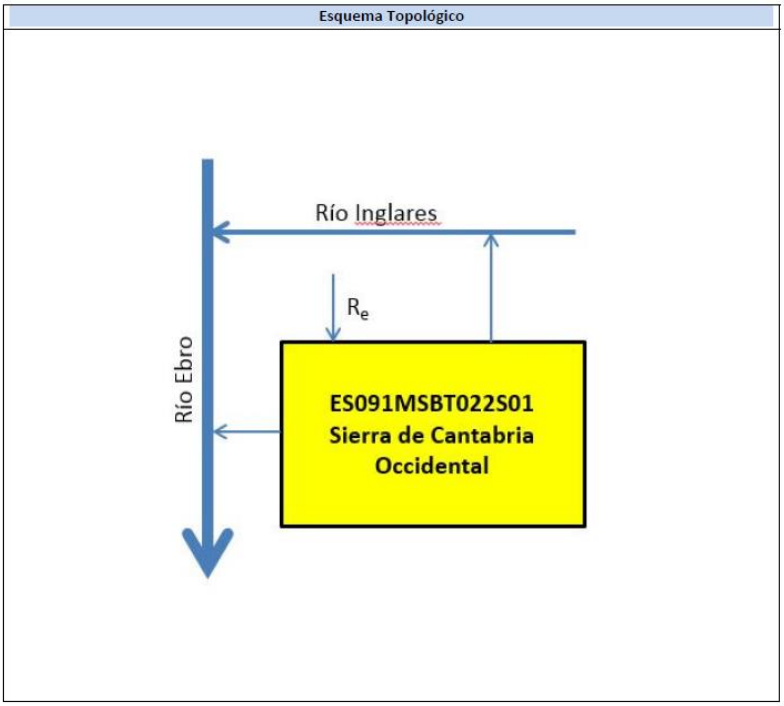
5.5 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

Dentro de esta masa de agua se identifican dos grandes sectores hidrogeológicos separados por materiales de muy baja permeabilidad que afloran en el Diapiro de Peñacerrada: Sector Occidental y Sector Oriental. Dentro de estos sectores se han definido otras subunidades hidrogeológicas de menor entidad con zonas de recarga, descarga y direcciones de flujo diferenciadas merced a la compleja tectónica de escamas y la presencia de materiales intercalados de baja permeabilidad. El sector Occidental corresponde a la zona comprendida entre el diapiro de Peñacerrada y el río Ebro e incluyen las subunidades hidrogeológicas de Salinillas de Burandón, Inglares, Ocio, Berganzo y Toloño. Las subunidades del sector occidental drenan hacia pequeños manantiales de control litológico y mayoritariamente de forma difusa hacia el río Inglares y hacia el Ebro. El sector Oriental corresponde al área entre el diapiro de Peñacerrada y la depresión de Bernedo, pertenecen a este sector las subunidades de Montoria, Herrera, Lagrán, Castillo, Bernedo, Angostrina Ega, Marañón y Navarrete). El nivel de base es el río Ega o hacia la cabecera del río Inglares en las surgencias de Peñacerrada. La recarga se produce por infiltración de las precipitaciones sobre los materiales permeables de la sierra. Las descargas visibles más importantes son las de Peñacerrada, Bernedo o del Soto, Pilagar, Tejera, Laguna, Pipaón y San Bartolomé además de las descargas difusas hacia los ríos Ebro, Inglares y Ega. También existen drenajes importantes a través de manantiales que aparecen en el contacto con en diapiro de Peñacerrada y en la zona de Bernedo.

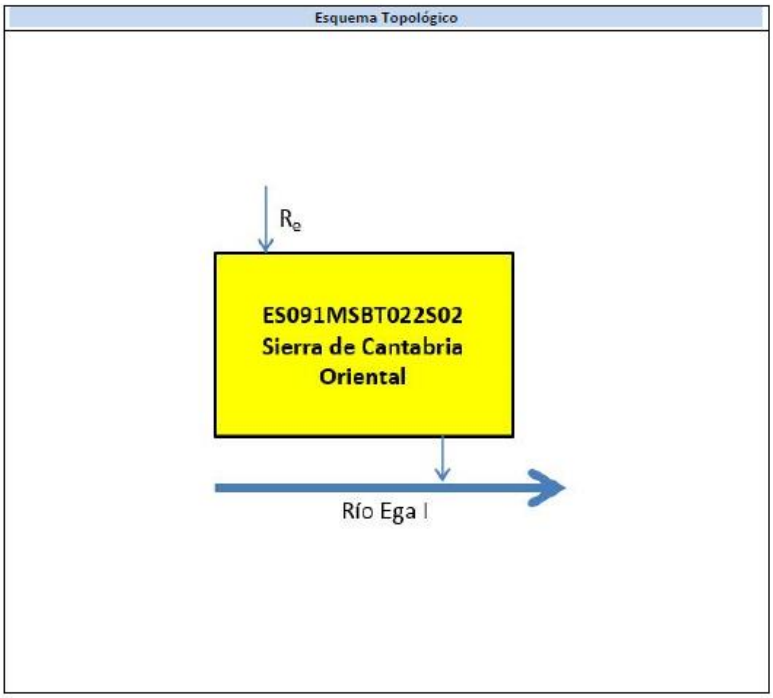
5.6 RECINTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.6.1 ESQUEMA TOPOLÓGICO

Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT022S01	SIERRA DE CANTABRIA OCCIDENTAL
Esquema: ES091MSBT022S01	



Recinto Hidrogeológico	
Código	Nombre
ES091MSBT022S02	SIERRA DE CANTABRIA ORIENTAL
Esquema: ES091MSBT022S02	



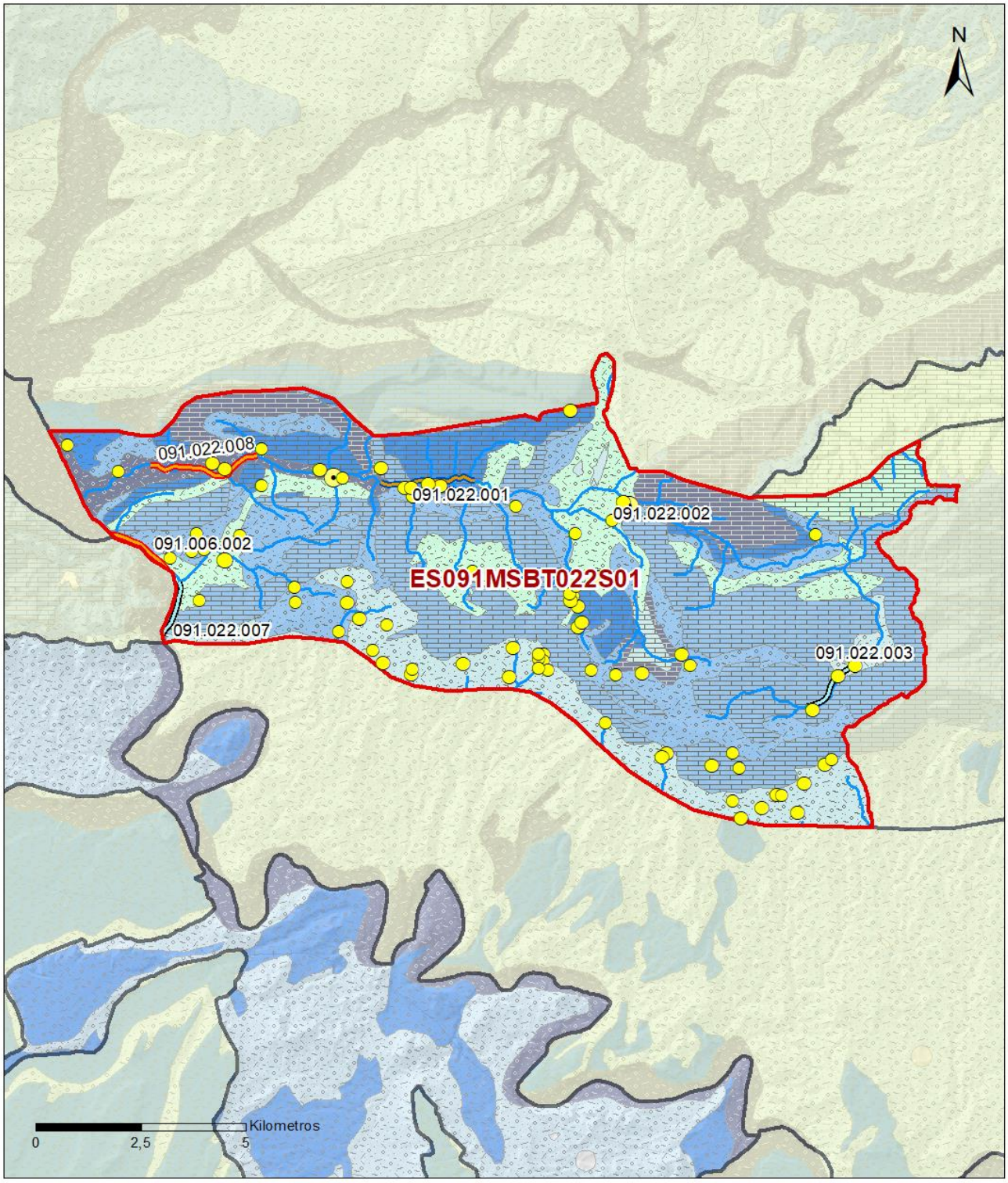
5.6.2 MASAS DE AGUA SUPERFICIALES ASOCIADAS A LA MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código MSPF	Nombre MSPF	Forma de recarga o descarga	Código manantial principal o tramo
ES091MSBT022S01	ES091MSPF255	Río Inglares desde la población de Pipaón hasta su desembocadura en el río Ebro (incluye río de la Mina).	Descarga mixta a través de manantiales de manera difusa al cauce	091.022.001
ES091MSBT022S01	ES091MSPF255	Río Inglares desde la población de Pipaón hasta su desembocadura en el río Ebro (incluye río de la Mina).	Descarga a manantial	091.022.002
ES091MSBT022S01	ES091MSPF255	Río Inglares desde la población de Pipaón hasta su desembocadura en el río Ebro (incluye río de la Mina).	Descarga a manantial	091.022.003
ES091MSBT022S01	ES091MSPF255	Río Inglares desde la población de Pipaón hasta su desembocadura en el río Ebro (incluye río de la Mina).	Descarga a cauce	091.022.008
ES091MSBT022S01	ES091MSPF408	Río Ebro desde el río Inglares hasta el río Tirón.	Descarga a manantial	091.022.007
ES091MSBT022S02	ES091MSPF279	Río Ega I desde su nacimiento hasta el río Ega II (incluye ríos Ega y Bajauri).	Descarga a manantial	091.022.004
ES091MSBT022S02	ES091MSPF279	Río Ega I desde su nacimiento hasta el río Ega II (incluye ríos Ega y Bajauri).	Descarga a cauce	091.022.005
ES091MSBT022S02	ES091MSPF279	Río Ega I desde su nacimiento hasta el río Ega II (incluye ríos Ega y Bajauri).	Descarga a manantial	091.022.006

5.6.3 PARÁMETROS DE LA RELACIÓN MSPF/MSBT

Código Recinto Hidrogeológico	Código manantial principal o tramo	Cota de descarga (m)	Coef. α del manantial (días −1)	Caudal medio (hm^3/año)	Rango (hm^3/año)	Coeficiente de reparto (%)	Relación unitaria de trasferencia (L/s/m)
ES091MSBT022S01	091.022.001	640		3,85		24	0,05230
ES091MSBT022S01	091.022.002	713	0,00422	7,25	1,57 - 44,1	44	
ES091MSBT022S01	091.022.003	1.020		1,58		10	
ES091MSBT022S01	091.022.007	513		1,70		10	0,03940
ES091MSBT022S01	091.022.008			1,92		12	0,02180
ES091MSBT022S02	091.022.004		0,00930	2,59		21	
ES091MSBT022S02	091.022.005		0,00930	9,78		79	0,06390
ES091MSBT022S02	091.022.006		0,00930			0	

Relación río/acuífero ES091MSBT022S01



LEYENDA

- Recintos Hidrogeológicos
- MSBT
- Red hidrográfica

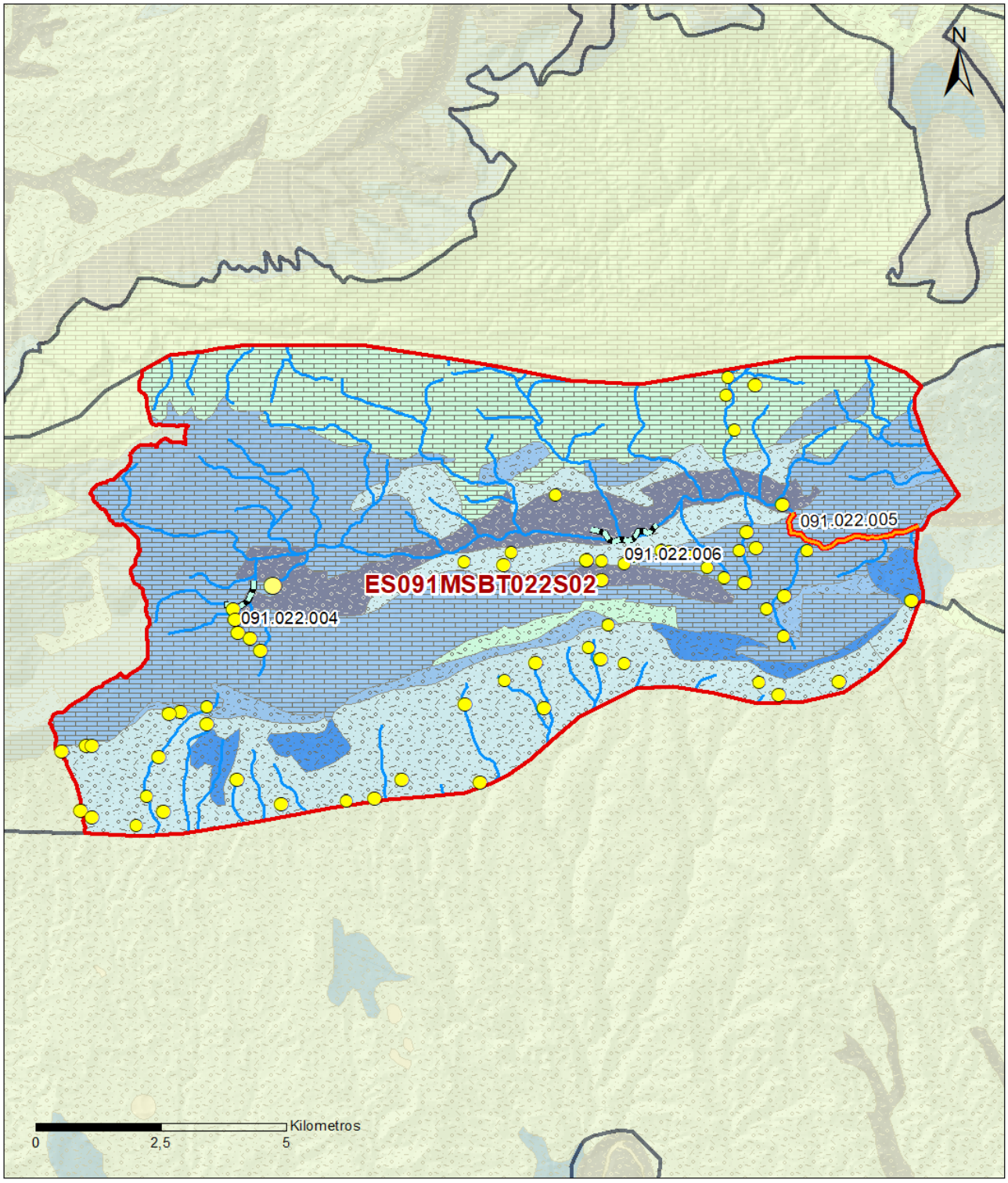
Manantiales

- <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 manantial asociado al cauce o un tributario
- Río ganador a favor de un grupo de manantiales asociados al cauce o a tributarios
- Río ganador que recibe la descarga directa del acuífero

Relación río/acuífero ES091MSBT022S02



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

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

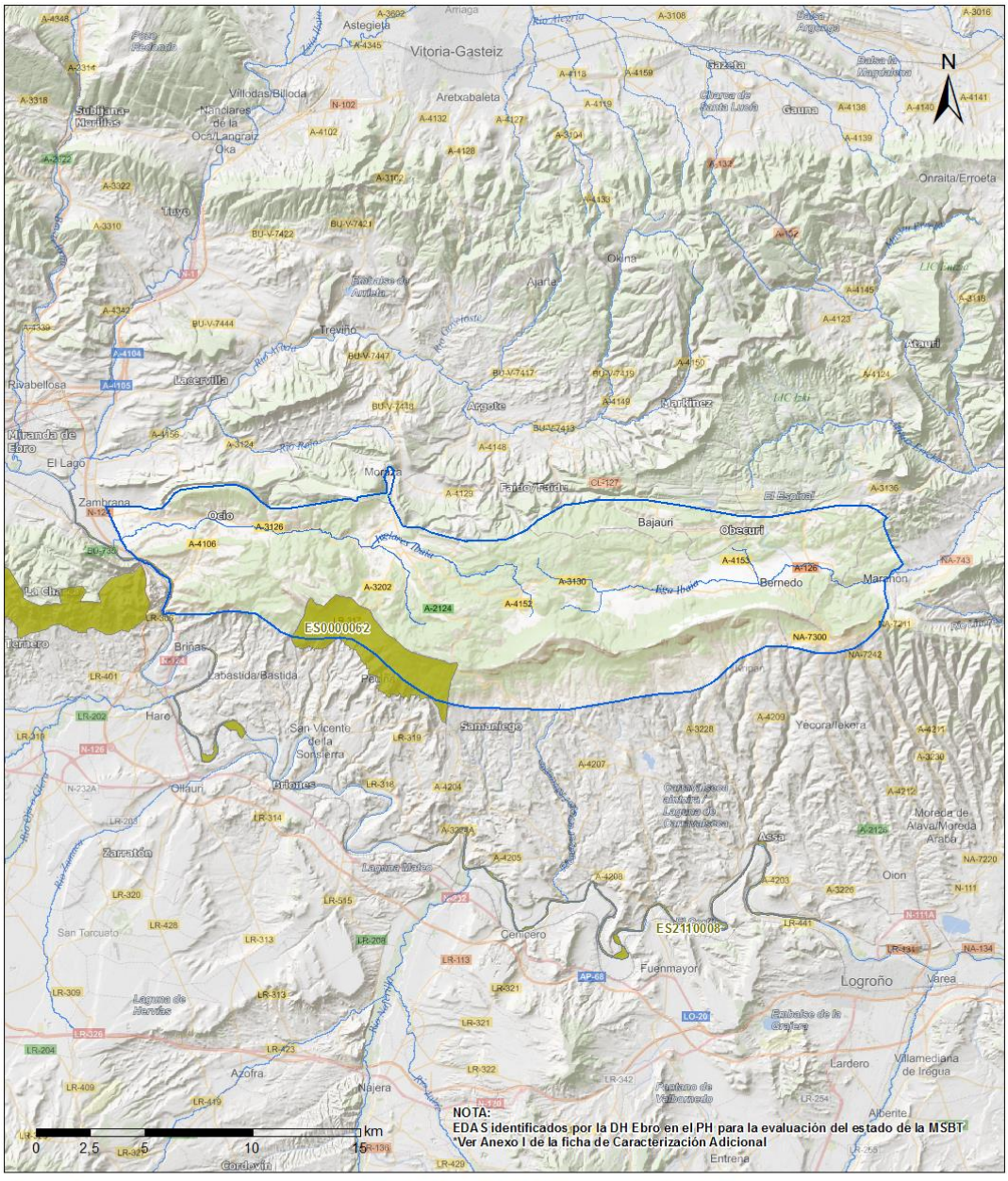
Ver Anexo 1.

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 Hidrografica

MSBT ES091MSBT022
Sierra de Cantabria

SITES RN2000 (ZEC/LIC/ZEPA) con ETDAS en Mal Estado

Código SITE - Código Hábitat - Nombre Hábitat

ES0000062 | 6420 | Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion

ES2110008 | 6420 | Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion

6.2 ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

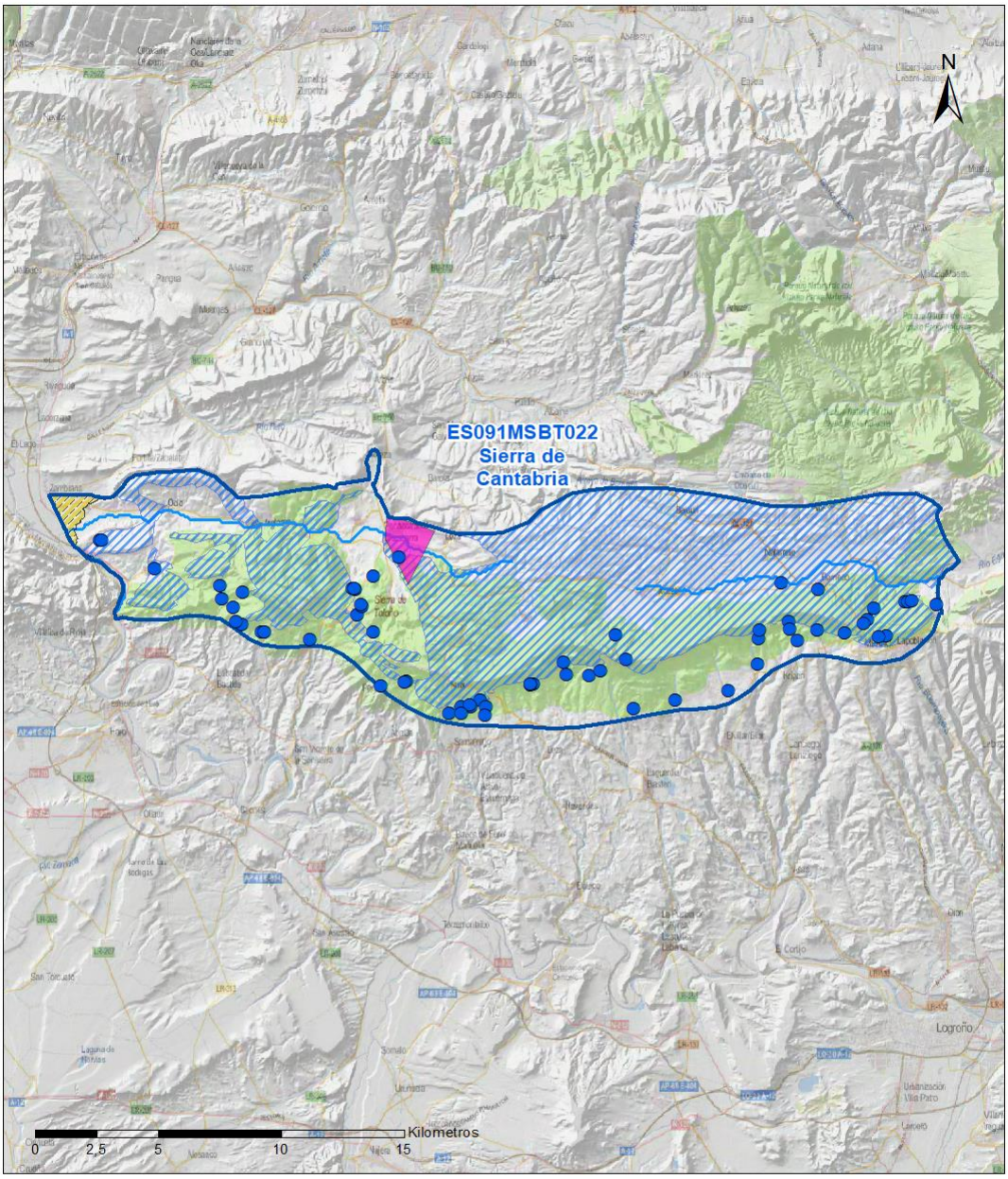
6.2.1 RESUMEN DE LAS ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

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)	63	☑	☐		
P. de protección o Z. de salvaguarda de captaciones de agua para consumo humano	64	☐	☑	2	0,97
Zonas de futura captación de agua para consumo humano	2	☐	☑	160	63,34
Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZV)	2	☐	☑	2	0,74
Perímetros de protección de aguas minerales y termales	1	☐	☑	3	1,18

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)
- Perimetros de proteccion 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 (hm³/año)	Componente	Volumen (hm³/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 (hm³/año) (RN)			0,00

7.1.2 RÉGIMEN ACTUAL (RA)

Entradas		Salidas	
Componente	Volumen (hm³/año)	Componente	Volumen (hm³/año)
Infiltración lluvia	18,82	**Descargas hacia MSPF**	
Recarga desde MSPF		**Extracciones**	1,27
Transf. lateral otras MSBT		**Transf. lateral otras MSBT**	
Retornos de riego	0,24		
Otras entradas		**Otras salidas**	
Entradas Totales	19,06	**Salidas Totales**	1,27
Diferencia entradas-salidas (hm³/año) (RA)			17,79

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

7.2. 1 2º Ciclo de Planificación (2015)

Recursos renovables (RR) PH2015 (hm³/año)	17,98
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2015 (hm³/año)	1,45
Necesidades ambientales (NA) PH2015 (hm³/año)	3,60
Recurso disponible (RD) PH2015 (hm³/año)	15,69
Índice de Explotación (IE) PH2015 [IE= ExTot / RD]	0,09

7.2. 2 3º Ciclo de Planificación (2021)

Recursos renovables (RR) PH2021 (hm³/año)	18,82
Extracciones totales (ExTot) en las MSBT PH2021 (hm³/año)	1,27
Necesidades ambientales (NA) PH2021 (hm³/año)	3,76
Recurso disponible (RD) PH2021 (hm³/año)	15,30
Índice de Explotación (IE) PH2021 [IE= ExTot / RD]	0,08

"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

La masa no cuenta con ninguna instalación para la recarga artificial de acuíferos

7.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RECARGA ARTIFICIAL

8.- PIEZOMETRÍA

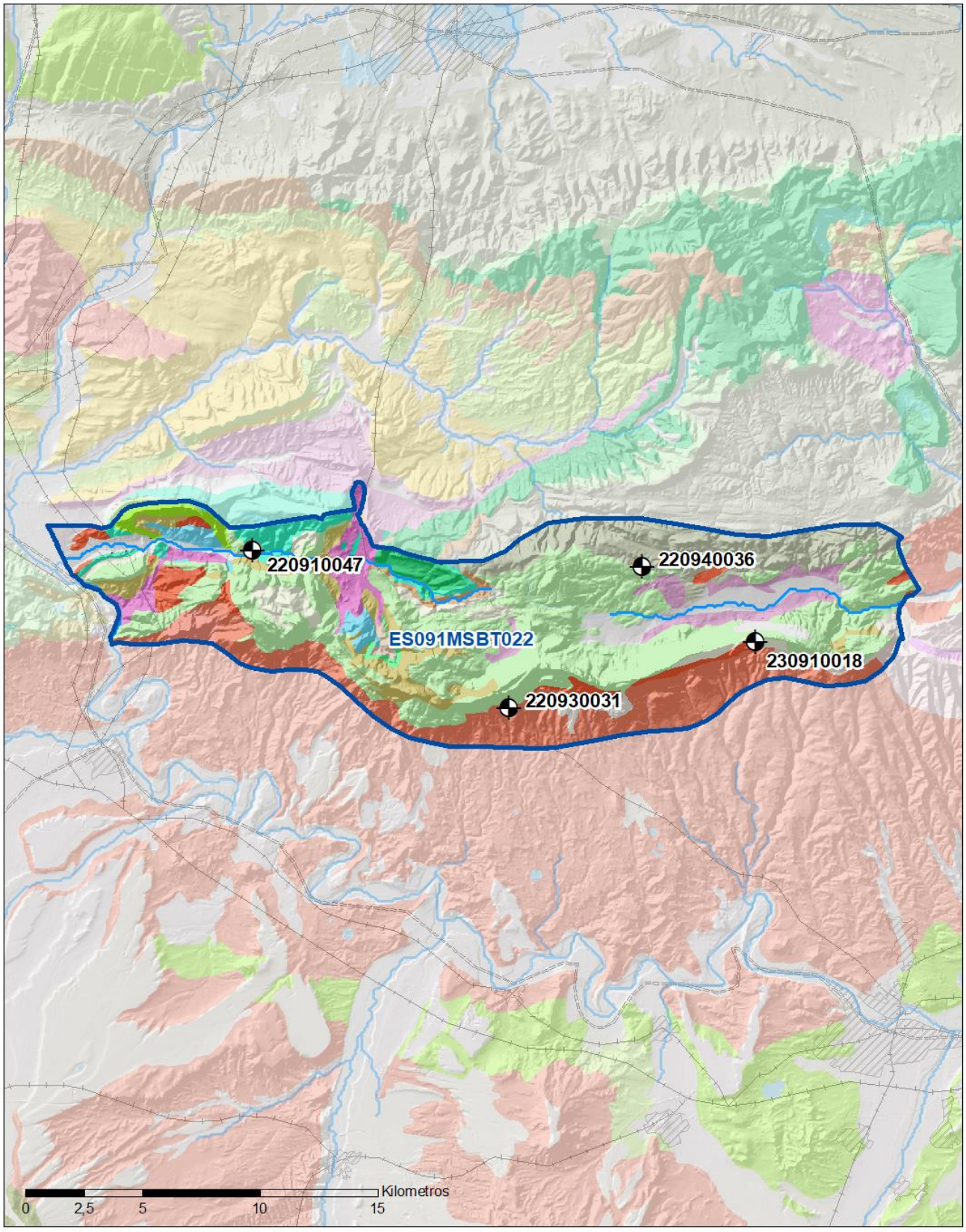
8.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

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
220910047	Piezometría	518.559	4.722.119	Paleoceno-Eoceno	30/01/1986			167,5	590	☑	☐	☐
220930031	Piezometría	529.466	4.715.414	Terciario Continental Calcáreo	30/01/1990			189,0	786	☑	☐	☐
220940036	Piezometría	535.126	4.721.423	Cretácico Superior	19/12/2001			266,0	813	☑	☐	☐
230910018	Piezometría	539.927	4.718.246	Cretácico Superior	30/01/1985			378,0	980	☑	☐	☐

8.1.1 AMPLIACIÓN DE LA RED DE CONTROL (Piezómetros en ejecución y manantiales)

8.2 MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Localización de puntos de control



LEYENDA

MSBT

Red hidrográfica

Programa de Seguimiento del Estado Cuantitativo

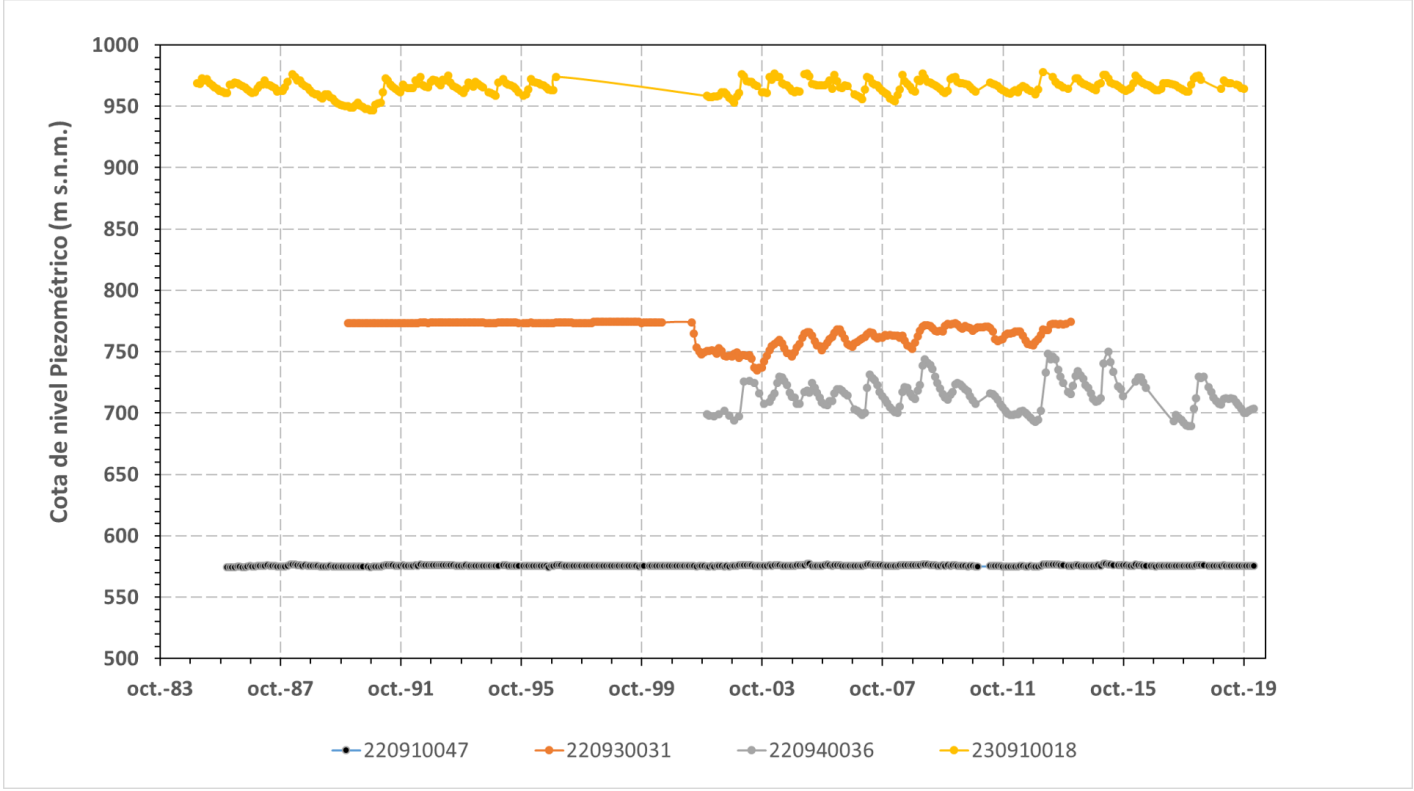
Piezometría

Hidrometría

8.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PIEZOMETRÍA

8.3.1. EVOLUCIÓN GENERAL DE LA PIEZOMETRÍA/HIDROMETRÍA DE LA MSBT

Gráfico de la evolución piezométrica en los puntos de control



Observaciones a la evolución general de la piezometría / hidrometría

La red de control piezométrico está constituida por cuatro piezómetros que se distribuyen de la siguiente forma en los diferentes acuíferos: dos miden las calizas del Ac. Cretácico Superior (IPA_230910018, IPA_220940036), uno en el Ac. Paleoceno-Eoceno (IPA_ 220910047) y otro en el Ac. Terciario Continental Calcáreo (IPA_220910047). La medición de la profundidad de nivel (NP) es continua, con algún intervalo corto sin medición, se inicia en el año 1985 en los puntos IPA_230910018 y IPA_220910047, posteriormente se añaden dos nuevos puntos de control a la red, tomándose mediciones hasta la actualidad. Se observa que el NP en el acuífero del Paleoceno se mantiene estable desde que se comenzó su medición en 1986 con un NP medio en 574,3 msnm. Este mismo comportamiento se registra en el Ac. Terciario Continental Calcáreo, hasta el año 2002 la cota se mantenía aproximadamente en 760 msm, posteriormente se observa un descenso acusado durante el año 2003 (730 msnm) y posterior recuperación con las oscilaciones estacionales. La explicación a este comportamiento vendría dado por intensas extracciones que modificarían el régimen estacionario del acuífero. En el acuífero del Cretácico Superior, principal acuífero regional en la MSBT, se observa diferencias de cota piezométrica entre los dos puntos de control aproximadamente de 390 m, esto es debido al comportamiento hidrogeológico por sectores controlado por las diferentes estructuras geológicas que ya se han descrito. Los rangos de variación del NP y velocidad de variación del NP indican un sistema de rápidas recargas y descargas aumentadas por las extracciones (tendencias descenso algunos años), por lo que se observa oscilaciones importantes interanuales y estacionales.

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
220910047	1986	2020	489	578,6	574,3	575,7	4,3	0,04	Paleoceno-Eoceno	No
220930031	1990	2014	5.233	775,9	730,2	762,9	45,7	-0,07	Terciario Continental Calcáreo	No
220940036	2001	2020	181	749,9	689,6	714,7	60,3	0,26	Cretácico Superior	No
230910018	1985	2019	1.994	977,8	946,7	967,3	31,1	-0,15	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

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

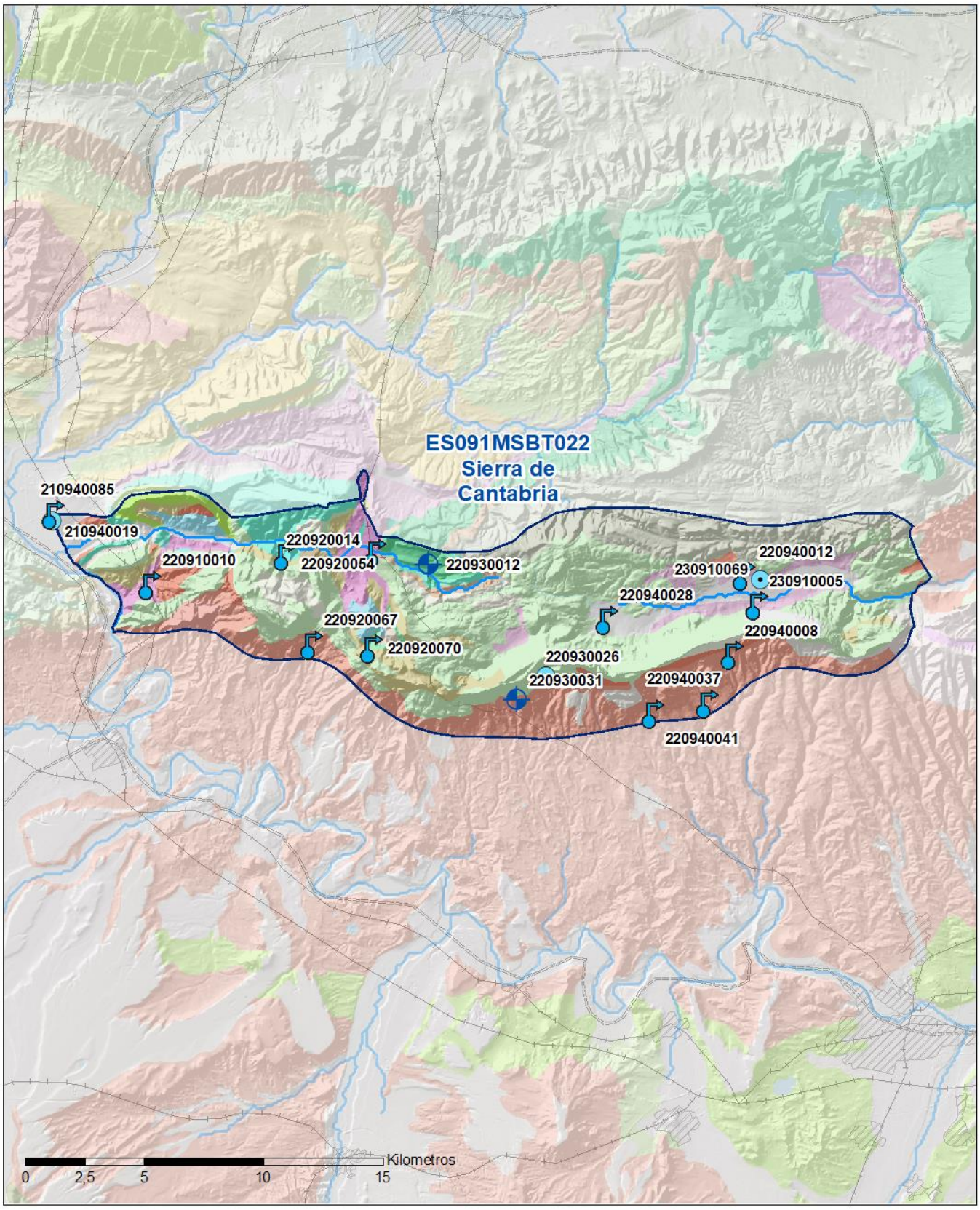
9.- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA

9.1 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO

Puntos de Muestreo		UTM (ETRS89-H30)		Cota (m s.n.m)	Prof. (m)	Tipo Captación	Acuífero/FGP	Fecha inicio muestreo
Código	Nombre	X	Y					
210940019	EL MADERO	510.018	4.722.892	456	5,0	POZO		
210940085	Portilla (ZA-5)	510.100	4.723.156	459		MANANTIAL		
220910010	FUENTE EL PILAGAR	514.132	4.720.197	509		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	16/01/2003
220920014	MANANTIAL DEL MOLINO-1	523.558	4.721.542	716		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	05/01/1999
220920054	MANANTIAL DE LA LAGUNA	519.791	4.721.439	703		MANANTIAL	Ac.Paleoceno Basal (Calizas y dolomías)	17/08/2011
220920067	MANANTIAL LA ISUELA	520.906	4.717.687	719		MANANTIAL		06/06/2007
220920070	RUMIAS O MONTORIA	523.398	4.717.531	930		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	07/06/2007
220930012	LOZA ABASTECIMIENTO LOZA-I	525.762	4.721.061	779	112,0	SONDEO	Ac.Terciario Continental Calcáreo	03/12/2007
220930026	PEÑAPARDA-2	530.671	4.716.394	935	250,0	POZO	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	06/03/1995
220930031	LEZA-2 SONDEO/San Roman. (Control URA SP-01)	529.466	4.715.414	786	189,0	SONDEO	Ac.Terciario Continental Calcáreo	18/01/1999
220940008	LA YECA	538.514	4.717.253	838		MANANTIAL	Ac.Terciario Continental Detrítico (Conglomerados)	07/06/2007
220940012	Fuente Vieja. Navarrete (CA: SF30)	539.014	4.720.593	694		MANANTIAL	Ac.Terciario Continental Detrítico (Conglomerados)	10/12/2003
220940028	FUENTE DE SAN BARTOLOMÉ	533.254	4.718.736	764		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	24/07/2012
220940037	Launeba	537.478	4.715.237	638		MANANTIAL	Ac.Terciario Continental Detrítico (Conglomerados)	02/03/2007
220940041	RELLANILLA	535.202	4.714.782	692		MANANTIAL		07/06/2007
230910005	FUENTE EL SOTO - MANANTIAL DE BERNEDO (Po: 6, Pa: 1105) Control EVE SA02	539.552	4.719.327	694		MANANTIAL	Ac.Cretácico Superior (Calizas y Calcarenitas)	19/06/1995
230910069	LOS PLANOS. ABASTECIMIENTO NAVARRETE	539.666	4.720.412	685	139,0	POZO	Ac. Cuaternario Aluvial	03/08/2018

Puntos de Muestreo	PDS Estado Químico		PDS Zonas Protegidas			Uso Captación
Código	PC Vigilancia	PC Operativo	PC Abastecimiento	PC NO3	PC EDAS	
210940019	☐	☐	☐	☑	☐	Regadíos y usos agrarios
210940085	☐	☐	☐	☑	☐	
220910010	☑	☐	☑	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220920014	☑	☑	☐	☐	☐	
220920054	☑	☐	☐	☐	☐	
220920067	☐	☐	☑	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220920070	☐	☐	☑	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220930012	☐	☐	☐	☑	☐	
220930026	☑	☐	☐	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220930031	☑	☐	☐	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220940008	☐	☐	☑	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220940012	☐	☑	☐	☑	☐	
220940028	☑	☐	☐	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220940037	☑	☑	☐	☐	☐	Abastecimientos urbanos
220940041	☐	☐	☑	☐	☐	
230910005	☑	☐	☐	☐	☐	Abastecimientos urbanos
230910069	☐	☑	☐	☐	☐	

Mapa Red Control



LEYENDA

Red hidrográfica

MSBT

Tipo de Captación

MANANTIAL

SONDEO

POZO

9.2 INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT

Ver Anexo 2.

9.3 FACIES HIDROGEOQUÍMICAS REPRESENTATIVAS

Código Punto	Principales materiales atravesados	Facie Hidrogeoquímica
220910010	Manantial en calizas y del Cretácico Superior)	Bicarbonatada cálcica
220920014	Manantial en calizas del Cretácico Superior	Bicarbonatada cálcica
220930031	Areniscas, margocalizas y lutitas	Bicarbonatada cálcica
220940008	Areniscas ,limos, conglomerados	Bicarbonatada cálcica
220940012	Areniscas, margocalizas y lutitas	Bicarbonatada cálcica
220940037	Areniscas ,limos, conglomerados	Bicarbonatada cálcica
230910005	Calizas y calcarenitas Cretácico Superior	Bicarbonatada cálcica

Diagrama Piper Hill Langelier

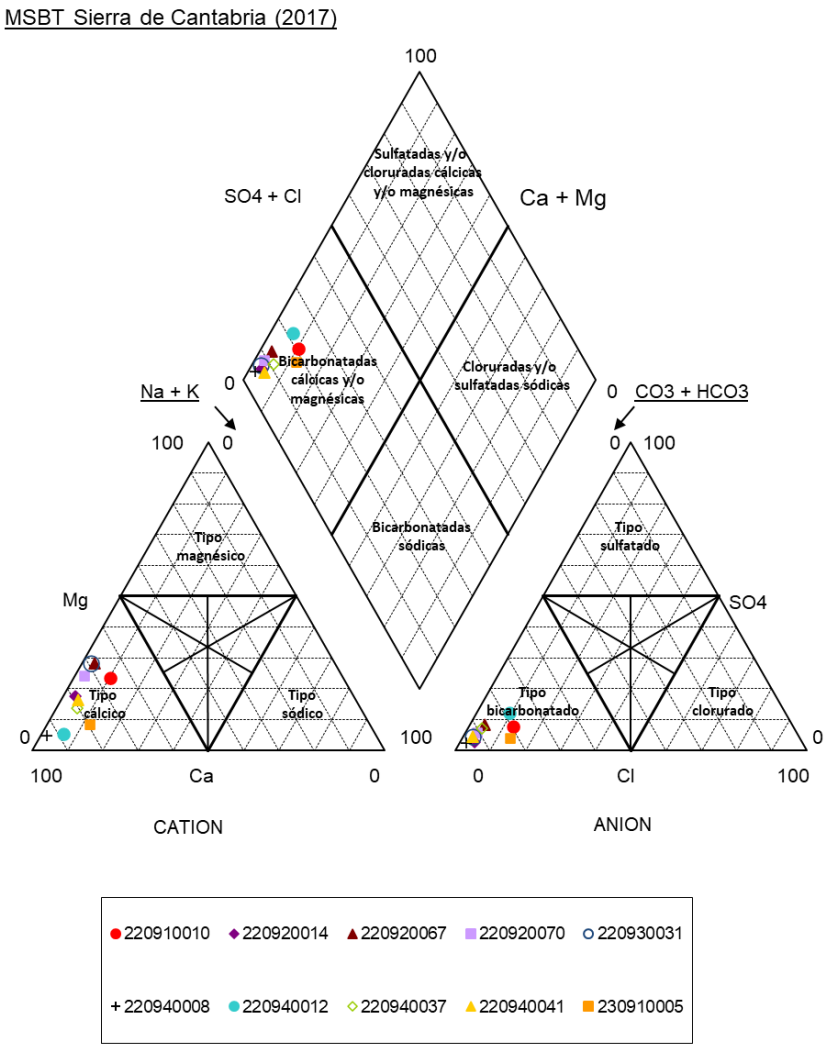


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 220910010

Sierra de Cantabria_220910010 (2015-2017)

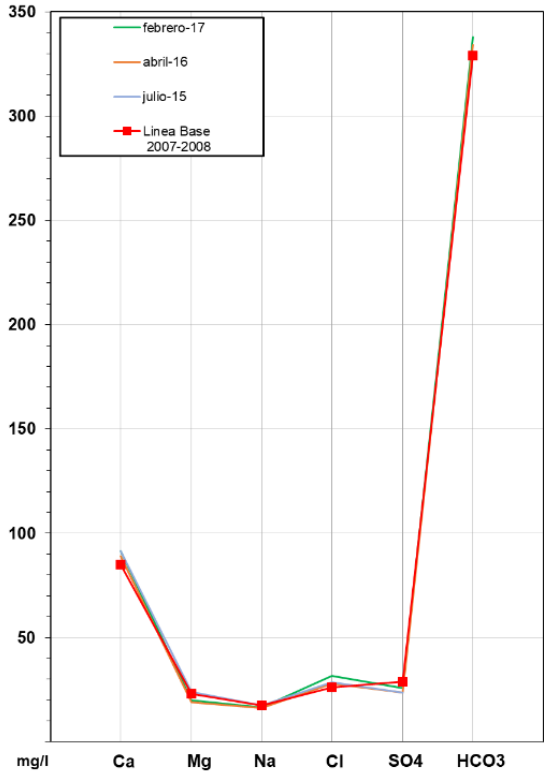


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 220920014

Sierra de Cantabria_220920014 (2015-2019)

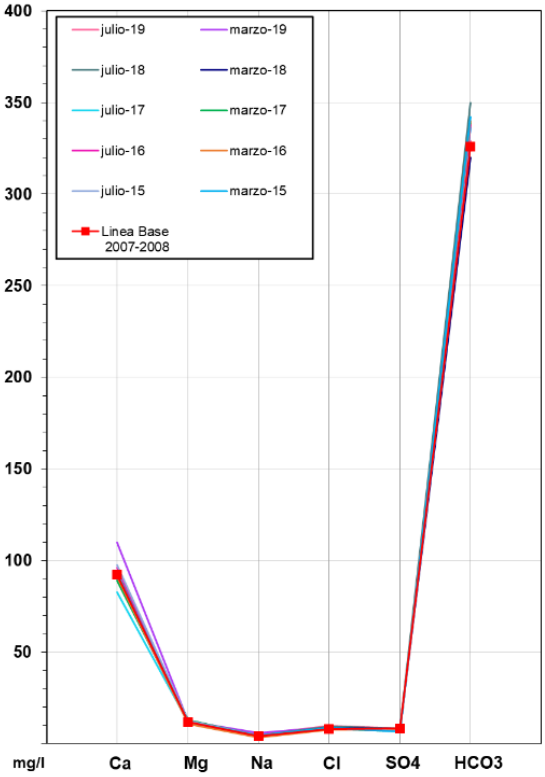


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 220930031

Sierra de Cantabria_220930031 (2015-2019)

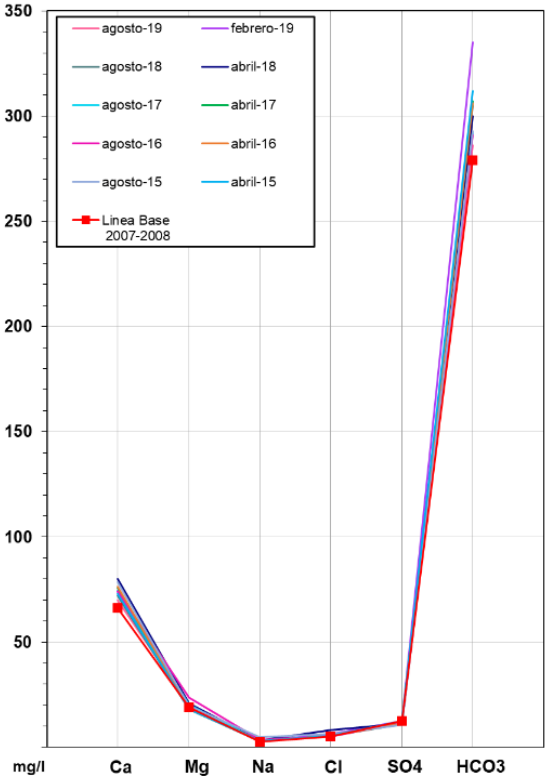


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 220940012

Sierra de Cantabria_220940012 (2016-2017)

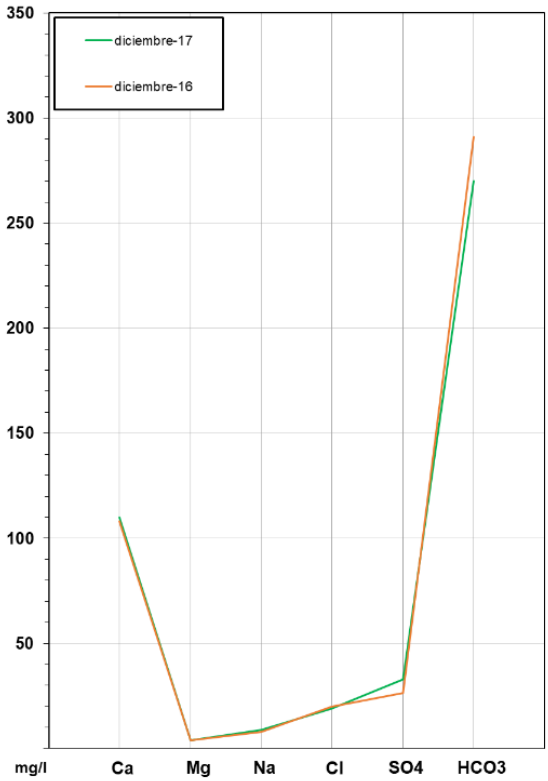


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 220940037

Sierrra de Cantabria_220740037 (2015-2019)

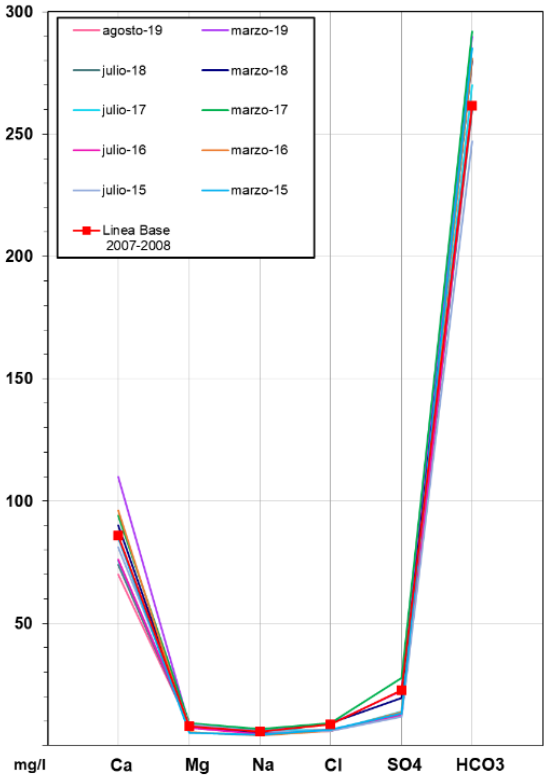
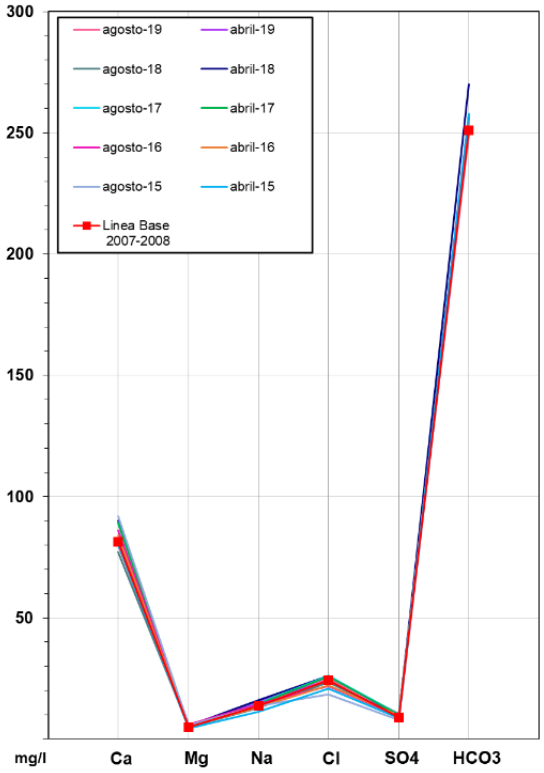


Gráfico de concentración de iones mayoritarios

Código Punto 230910005

Sierrra de Cantabria_230910005 (2015-2019)



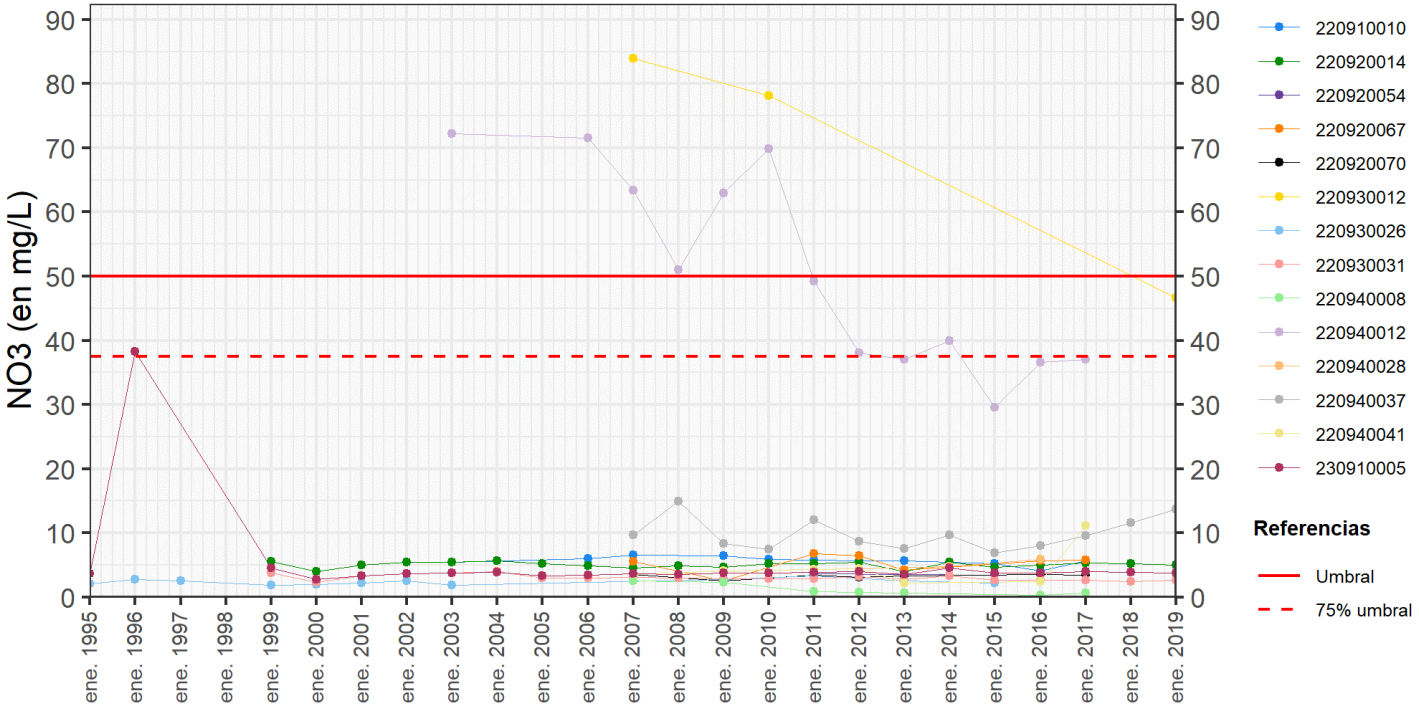
9.4 SUSTANCIAS O INDICADORES DEL RIESGO EN LA MSBT

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

9.5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS Y SUSTANCIAS CAUSANTES DEL RIESGO

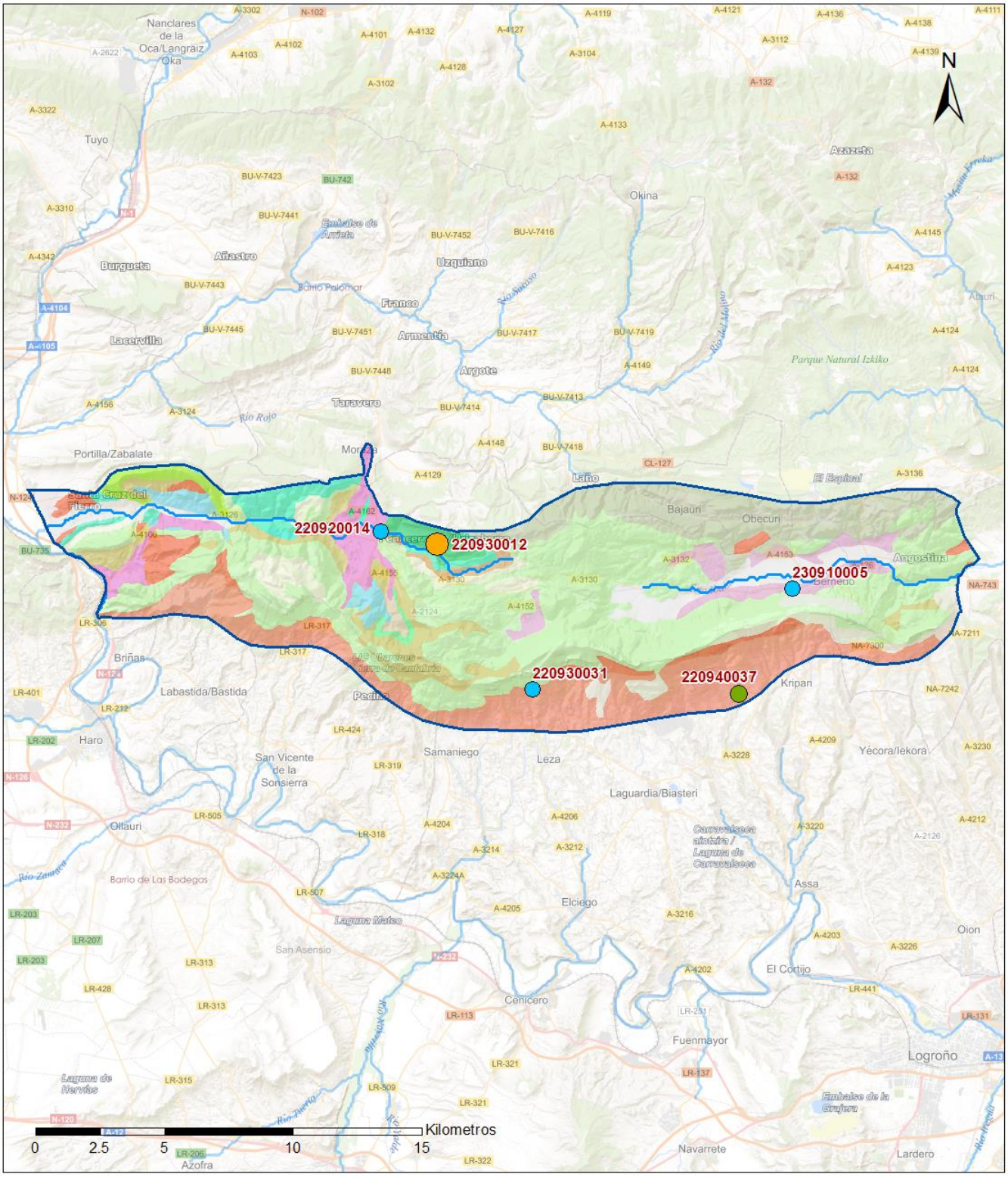
SUSTANCIA O INDICADOR RIESGO	Nº 1	Nitrato (NO_3^-)

Gráficas de Evolución



ES091MSBT022 - NO3 (en mg/L)

Mapa de distribución actual



LEYENDA

MSBT:

Red hidrográfica

ES091MSBT022

Sierra de Cantabria

NITRATOS (mg/l) 2019

- **0 - 10**
- **10 - 25**
- **25 - 50**
- **50 - 100**
- **> 100**

Norma de Calidad: 50 mg/l

Concentración Natural de Nitratos en las Aguas Subterráneas < 10 mg/l

EVALUACIÓN DE TENDENCIAS

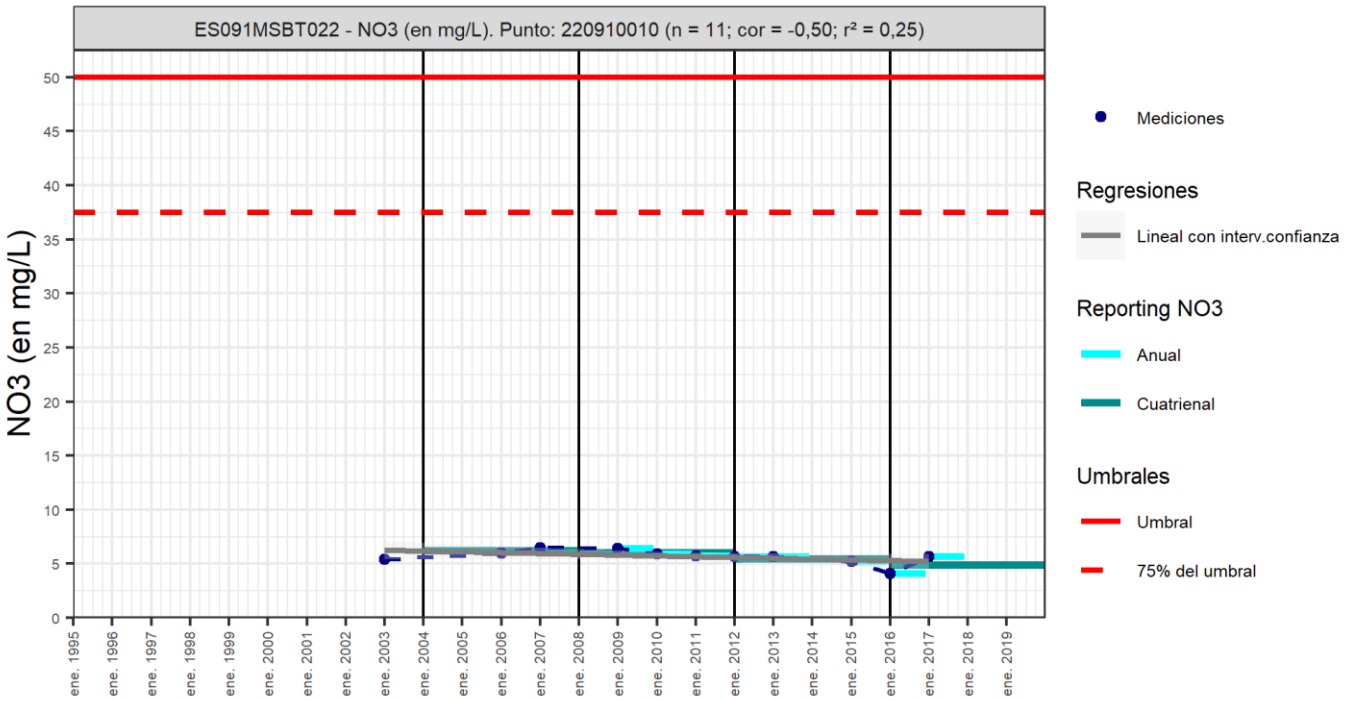
Selección de puntos para evaluación de tendencias

Los puntos seleccionados para la evaluación de tendencia en nitrato corresponden a los reportados en el informe cuatrienal 2016-2019. Todos los puntos tienen una serie histórica, con un número mayor de 8 datos anuales, para realizar la tendencia por el método básico de regresión lineal y avanzado de Test-Mann Kendall. Los puntos seleccionados corresponden a cuatro manantiales y un sondeo, localizados en acuífero del Cretácico Superior (IPA_220910010, IPA_220920014) y Ac. Terciario continental detrítico y calcáreo (IPA_220940037 IPA_220930031).

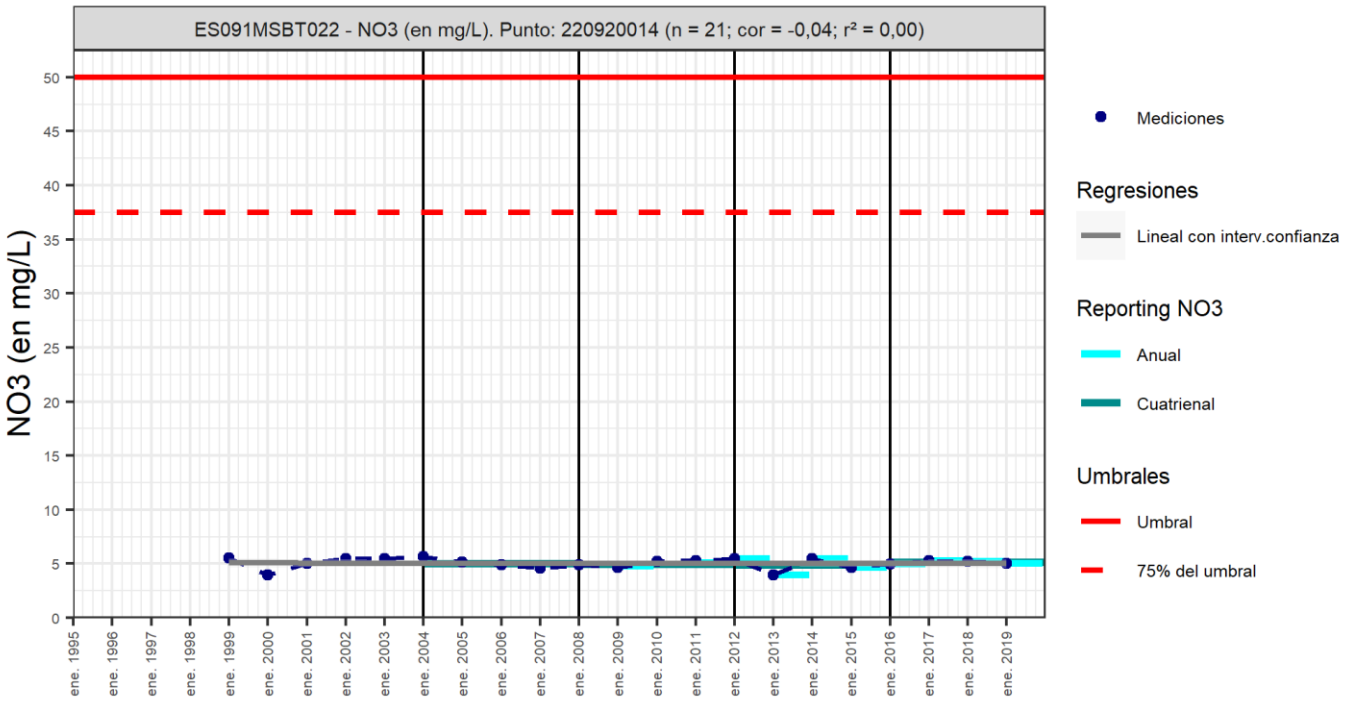
Gráfico de evaluación de tendencia

Nitrato (NO_3^-)

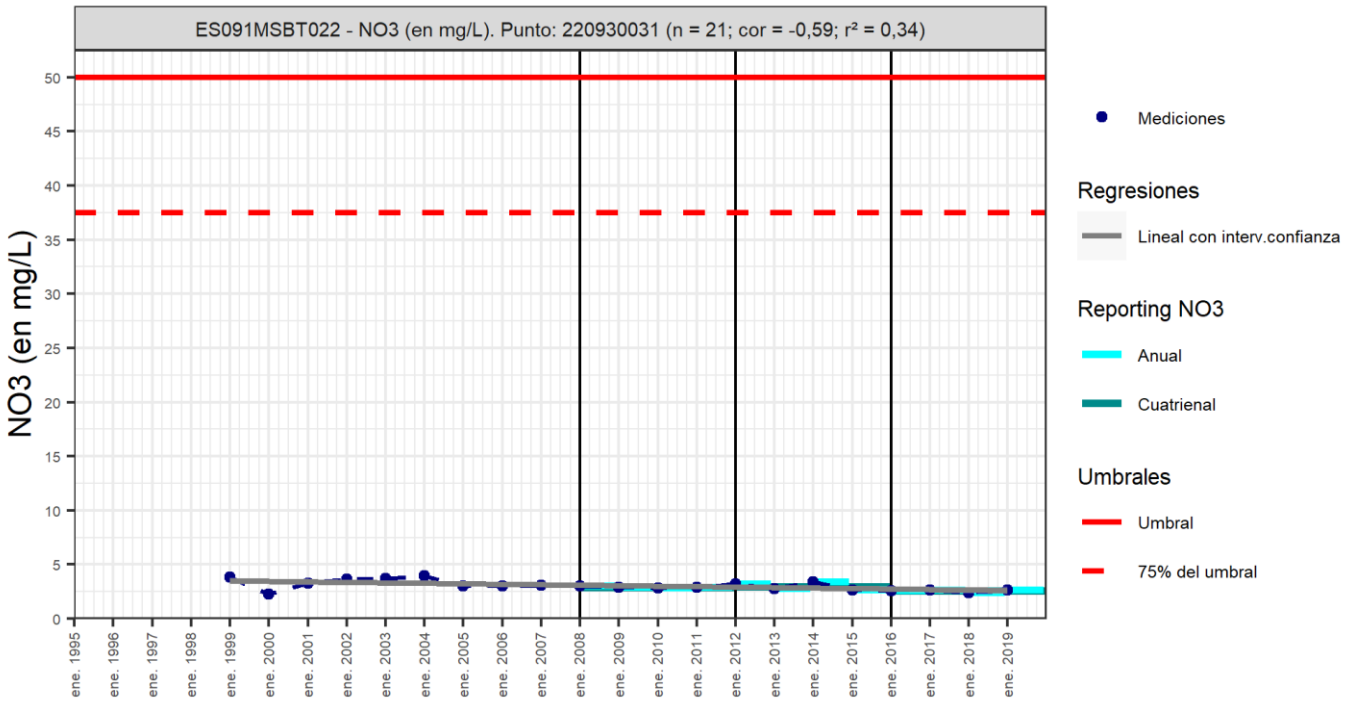
Código Punto 220910010



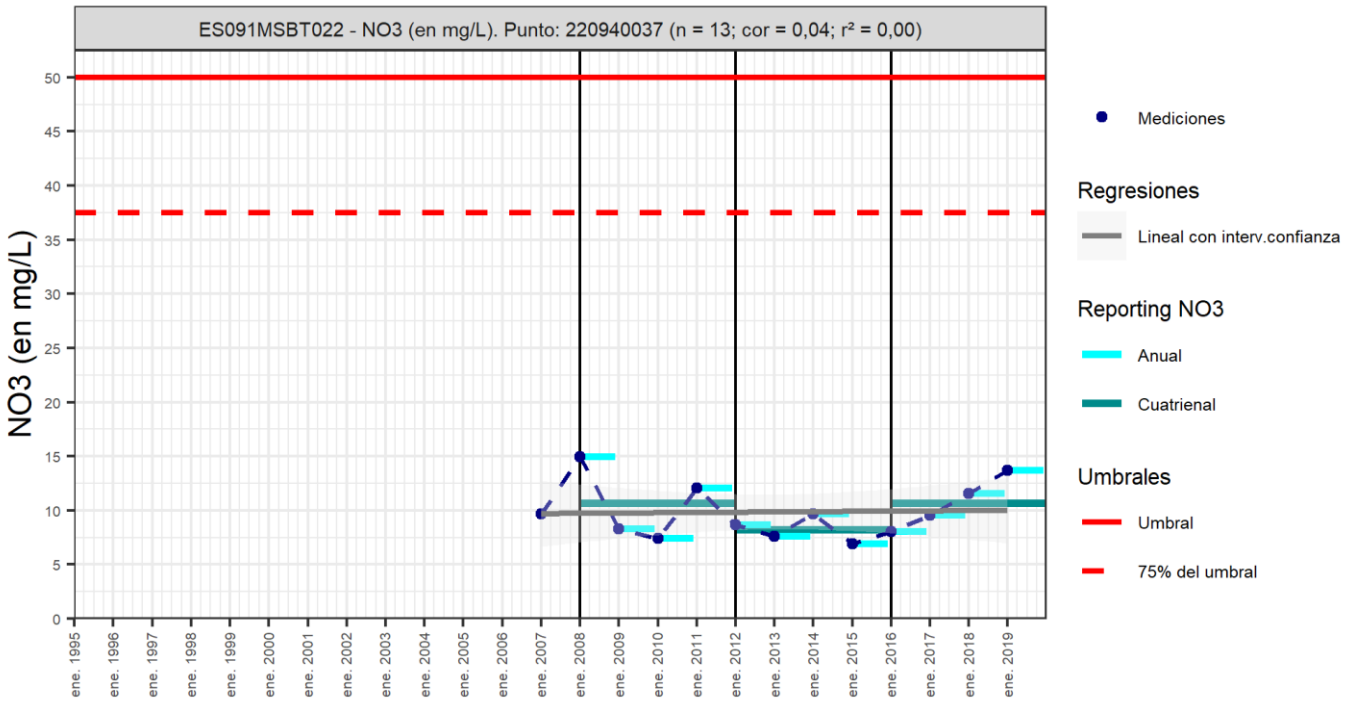
Código Punto 220920014



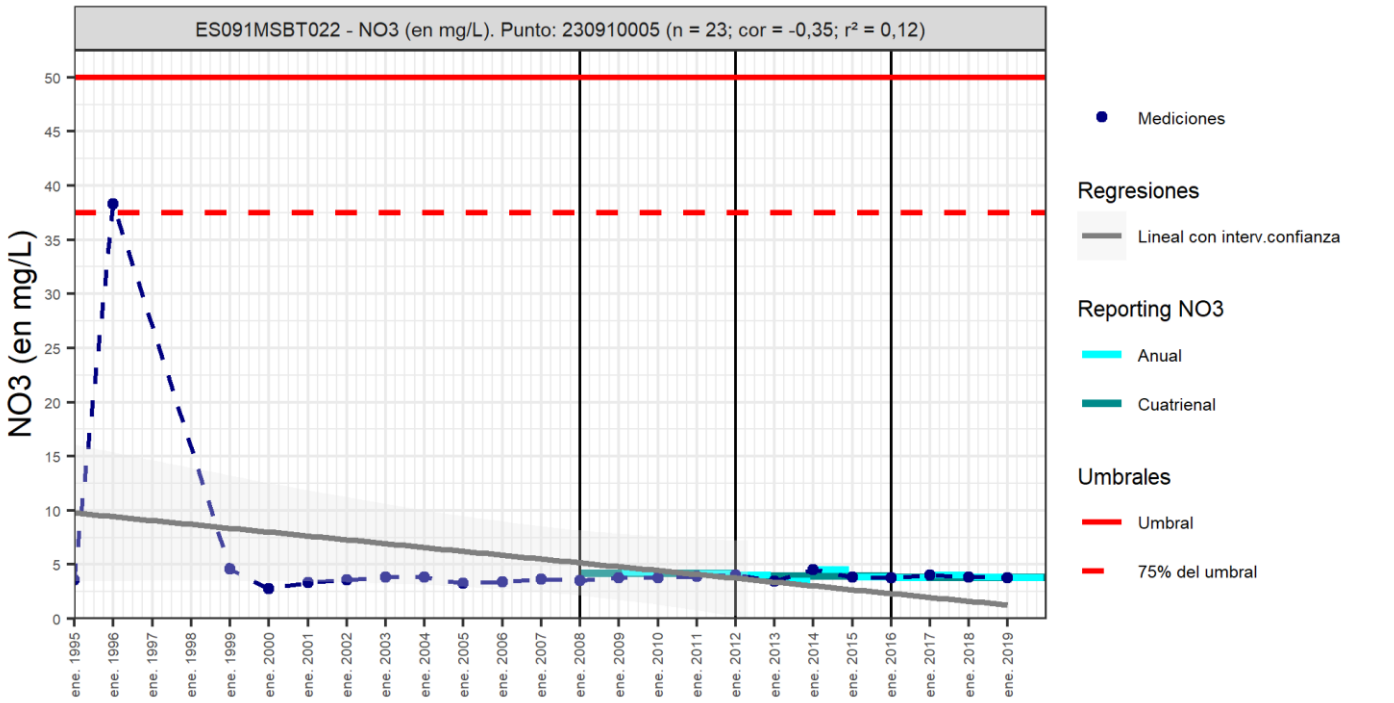
Código Punto 220930031



Código Punto 220940037



Código Punto 230910005



Análisis de tendencias

En los puntos seleccionados, el análisis estadístico de las concentraciones de nitrato de la serie histórica 2004 a 2019, no muestra tendencias marcadas en el aumento o disminución de la concentración en nitratos. En los puntos de manantiales (IPA_ 220920014, IPA_220940037, IPA_ 220910010) los grados de significancia GS% obtenidos varían entre 7,8 a 14,5 %, por lo que la tendencia significativa es dudosa y el nivel de confianza cualitativo es medio (p-valor>0,10 y GS<90%). El sondeo (IPA_220930031) tiene cierta tendencia decreciente en la concentración, con un grado de significancia del 99,1 % que se clasifica como excelente. Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2016 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son poco significativas, con aumento y disminución de la concentración, entre 0,1 a 2,5 mg/L. Por lo que se deduce cierta estabilidad en las concentraciones de nitrato en los cuatrienios, y con valores por debajo de valor de 50 mg/L que marca la Norma de Calidad.

Resultados del análisis de tendencias								Nitrato (NO_3^-)			
Código Punto	Unidad	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	N test	Valor Mín.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC./ V.Umbral
220910010	mg/L	Histórica	2006	2019	Anual	10	11	4,10	6,50	6,50	37,50
220920014	mg/L	Histórica	2000	2019	Anual	21	20	4,00	5,60	4,70	37,50
220930031	mg/L	Histórica	2000	2019	Anual	21	20	2,30	4,00	3,10	37,50
220940037	mg/L	Histórica	2007	2019	Anual	13	13	6,90	14,90	12,70	37,50
230910005	mg/L	Histórica	2000	2019	Anual	23	20	2,70	4,50	3,60	37,50

Resultados del análisis de tendencias							
	Método estadístico						
Código Punto	Regresión Lineal Simple			Test de Mann-Kendall			
	R2	Tendencia	NCF Cualitativa	Tend.	p-value	GS (%)	NCF Cuantitativa
220910010	0,25000	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	9,20E-01	7,75	MEDIO
220920014	0,00000	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	3,70E-01	62,70	MEDIO
220930031	0,34000	Sin Tendencia	ALTO	Descendente	2,00E-02	98,20	ALTO
220940037	0,00000	Sin Tendencia	MEDIO	Sin Tendencia	8,50E-01	14,50	MEDIO
230910005	0,12000	Sin Tendencia	MEDIO	Ascendente	1,00E-02	98,70	ALTO

Resultado análisis de tendencias Informe Cuatrienal: Nitratos ($NO_3^=$) en mg/L													
Código Punto	Serie	Año inicio	Año Fin	Agregación	N total	Valor Min.	Valor Máx.	V. Base 2007-2008	75% NC (mg/L)	3º Cuatrienio (2012-2015)	4º Cuatrienio (2016-2019)	(Δ)Valor de Tendencia (mg/L)	Tendencia
220910010	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	4	4,90	6,30	6,50	37,50	5,50	4,90	-0,60	Descendente
220920014	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	4	4,90	5,10	4,70	37,50	4,90	5,10	0,30	Ascendente
220930031	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	3	2,60	3,00	3,10	37,50	3,00	2,60	-0,40	Descendente
220940037	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	3	8,20	10,70	12,70	37,50	8,20	10,70	2,50	Ascendente
230910005	Histórica	2004	2019	Cuatrienal	3	3,90	4,20	3,60	37,50	4,00	3,90	-0,10	Descendente

10.- CONCLUSIONES

La masa de agua subterránea ES091MSBT022 Sierra de Cantabria con 251,9 km² de superficie, se encuentra principalmente en la comunidad autónoma del País Vasco (82%) y el resto se integra en las C.C.A.A de Castilla y León, La Rioja y Navarra. Se localiza dentro del Dominio Hidrogeológico Vasco-Cantábrico en la zona septentrional de la D. Hidrográfica del Ebro. La MSBT se sitúa entre las poblaciones de Zambrana al oeste y Marañon al este. Los municipios con mayor porcentaje de ocupación en la MSBT son Peñacerrada-Urizaharra (19,35%), Lagrán (18,1 %), Bernedo (12,7 %) y Zambrana (10,1 %).

La MSBT Sierra de Cantabria se ubica en el sector meridional de la Cuenca Vasco-Cantábrica, entre el Sinclinal de Urbasa-Treviño y la Depresión Terciaria del río Ebro. La masa de agua subterránea ocupa toda la Unidad geológica denominada Sierra de Cantabria, que se caracteriza por su complejidad estructural, con un despegue generalizado de la cobertera mesozoica a nivel del Trías sobre los materiales terciarios de la Depresión del Ebro. El desplazamiento frontal de la Cuenca Vasco- Cantábrica sobre los materiales terciarios del Ebro se realizó a través del frente de cabalgamiento denominado Franja Móvil Sierra de Cantabria –Montes Obarenes (Ramírez del Pozo, 1973), con una traslación generalizada de vergencia sur. En el flanco norte del cabalgamiento, se reconoce la Depresión Intermedia, entre el límite meridional del Sinclinal de Treviño y la zona frontal de la Sierra de Cantabria.

En la Depresión Intermedia de suave relieve, el plegamiento epidérmico de la cobertera mesozoica generó pequeñas cubetas de sedimentación (Cubeta de Ocio, Cubeta de Bernedo), pliegues y rampas de cabalgamiento, y fallas de desgarre oblicuo al cabalgamiento. Además, las estructuras distensivas favorecieron la formación de domos diapíricos como los de Pipaón, Peñacerrada, Ocio y Salinillas de Buradón que, junto al sistema de fallas, han generado bloques o sectores con funcionamientos hidrogeológicos diferenciados. En la Depresión intermedia se encaja la red hidrográfica superficial del los ríos Inglares, Egea y Ayuda en el sector norte, y del río Ebro a su paso por Conchas de Haro.

Los materiales que afloran son principalmente mesozoicos carbonatados, con intensa deformación, con potencias superiores a los 2.500 m en el borde norte y que disminuyen a 650 m en la zona frontal del borde sur. En la bibliografía consultada se reseña la presencia de importantes cambios laterales de facies, discordancias y lagunas estratigráficas asociadas a los procesos tecto-estratigráficos. Los depósitos terciarios del Mioceno-Plioceno procedentes de la erosión de los relieves, cubren las zonas deprimidas que forman las cubetas y la depresión del río Ega entre Lagrán y Angostrina Ega. Los depósitos cuaternarios se asocian a pies de monte y coluviales, sedimentos aluviales y travertinos formados por precipitación química en zonas de manantiales.

Las características hidrogeológicas y edafológicas del acuífero, clasificado como detrítico-mixto, le confieren grado de vulnerabilidad intrínseco a la contaminación según el método DRASTIC reducido (Min= Grado 1; Max= Grado 10) de bajo a moderado al 73,17% y alto-muy alto al 26,8 % de la superficie de la MSBT Sinclinal de Cantabria.

La MSBT de la Sierra de Cantabria tiene la mayoría de sus límites abiertos, excepto con la MSBT de La Guardia, que se localiza en los materiales de baja permeabilidad de la Depresión del Ebro. A partir de la piezometría del acuífero regional de las calizas del Coniaciense (Cretácico superior) se observa que la MSBT tiene abiertos sus límites con flujos de salida hacia las MSBT colindantes del Sinclinal de Treviño, en el tramo desde Loza a Peñacerrada. Al igual ocurre con las MSBT Izki-Zudaire y Sierra de Loquiz al este, se produce la inmersión de las calizas cretácicas bajo las facies arenosas del Campaniense hasta la depresión de Sta. Cruz de Campezo.

En la MSBT de la Sierra de Cantabria se incluyen en su totalidad la denominada Unidad Hidrogeológica Sierra de Cantabria, con una significada complejidad estructural, que la hace independiente de la Unidad Hidrogeológica Urbasa-Treviño y del Sinclinal de Treviño, que se encuentran al norte. Pueden diferenciarse acuíferos carbonatados y detríticos mixtos, con diferentes características hidráulicas e hidrogeológicas y entidad dentro de la MSBT. La mayor parte de los acuíferos en la MSBT de la Sierra de Cantabria están representados por los materiales carbonatados del Cretácico Superior. El principal acuífero corresponde a las calizas del *Conaciense-Santoniense*, con una permeabilidad alta por fisuración y carstificación, y una potencia que puede alcanzar hasta 600 metros. En algunas zonas, debido a los accidentes tectónicos (fallas), entra en contacto lateral con las formaciones calcáreas del Maestrichtiense que, por orden cronológico, entre ambas habría de encontrarse las formaciones margosas e impermeables del Campaniense, siendo el techo impermeable del principal acuífero regional, y las formaciones de margocalizas y calizas margosas con arcillas del Turoniense constituyen la base impermeable. El régimen hidráulico de este acuífero puede ser libre y confinado, o parcialmente confinado, controlado por las estructuras tectónicas y la disposición de los materiales, que actúan como horizontes confinantes.

Las dolomías, calizas y calcarenitas del Paleoceno, entre 60 y 150 m de potencia, constituyen el segundo acuífero en importancia, y según bibliografía, las formaciones calcáreas del Mastrichtiense, de las que no se tiene datos sobre su espesor, podrían formar parte de este acuífero junto a la alternancia de calizas lacustres, limos y arcillas del Eoceno. Este acuífero apenas aflora en superficie, representa el 4,3 % de la superficie de la MSBT, de permeabilidad alta por fisuración, y se encuentra confinado por los materiales detríticos de baja permeabilidad del Terciario continental (Oligoceno-Mioceno).

De menor entidad, los acuíferos carbonatados correspondientes al Jurásico afloran en el entorno de las estructuras diapíricas. Se reconocen las carniolas y las calizas del Lías inferior (150 m) y las calizas con sílex del Dogger (50m).

El acuífero cuaternario formado por coluviales y aluviales de los ríos Inglares y Egea, de escasa extensión y desarrollo vertical.

De las formaciones carbonatadas del Cretácico Superior, con un alto grado de carstificación, se han obtenido valores entre 100 y 350 m²/día. En las formaciones carbonatadas por encima de las cotas de manantial con alto grado de carstificación, los valores de transmisividad pueden oscilar entre 700 y 1.900 m²/día, coincidiendo con las épocas de recarga.

A partir del análisis hidrogramas en importantes manantiales, se ha obtenido una valoración de la transmisividad teniendo en cuenta sus caracteres geométricos, y asumiendo un almacenamiento del 1%. Los valores de transmisividad se encuentran ente 237 y 437 m²/día en el manantial del Soto, asociado a los materiales del Cretácico, y entre 362 y 7.000 m²/día en el manantial de Peñacerrada, asociado a las calizas del Paleoceno que afloran en el entorno del Diapiro.

Dentro de esta masa de agua se identifican dos grandes sectores hidrogeológicos separados por materiales de muy baja permeabilidad, que afloran en el Diapiro de Peñacerrada: el Sector Occidental y el Sector Oriental.En estos sectores se han definido otras subunidades hidrogeológicas de menor entidad con zonas de recarga, descarga y direcciones de flujo diferenciadas, merced a la compleja tectónica de escamas y la presencia de materiales intercalados de baja permeabilidad. El S*ector Occidental* corresponde a la zona comprendida entre el diapiro de Peñacerrada y el río Ebro, e incluyen las subunidades hidrogeológicas de Salinillas de Burandón, Inglares, Ocio, Berganzo y Toloño. Las subunidades del sector occidental drenan hacia pequeños manantiales de control litológico, y mayoritariamente de forma difusa hacia el río Inglares y hacia el Ebro. El S*ector Oriental* corresponde al área entre el diapiro de Peñacerrada y la depresión de Bernedo, y pertenecen a este sector las subunidades de Montoria, Herrera, Lagrán, Castillo, Bernedo, Angostrina Ega, Marañón y Navarrete. El nivel de base es el río Ega o hacia la cabecera del río Inglares, en las surgencias de Peñacerrada.

La recarga se produce por infiltración de las precipitaciones sobre los materiales permeables de la sierra. Las descargas visibles más importantes son las de Peñacerrada, Bernedo o del Soto, Pilagar, Tejera, Laguna, Pipaón y San Bartolomé, además de las descargas difusas hacia los ríos Ebro, Inglares y Ega. También existen drenajes importantes a través de manantiales que aparecen en el contacto con en diapiro de Peñacerrada, y en la zona de Bernedo.

En la SMBT Sierra de Cantabria se han delimitado dos recintos hidrogeológicos identificado como Sierra de Cantabria Occidental con descarga a los cauces de los ríos Inglares y río Ebro, y el recinto Sierra de Cantabria Oriental con descarga al río Egea.

En el tercer ciclo de planificación hidrológica se establecieron, para la MSBT Sierra de Cantabria, unos recursos disponibles 15,30 hm³/año, sobre unos recursos renovables de 18,82 hm³/año. La salida de agua subterránea más importante se corresponde con las extracciones por bombeo que se estimaron en 1,27 hm³/año, lo que tiene como consecuencia que el índice de explotación de esta masa sea de 0,08.

La red de control piezométrico está constituida por cuatro piezómetros que se distribuyen en los diferentes acuíferos: dos miden las calizas del Ac. Cretácico Superior (IPA_230910018, IPA_220940036), uno en el Ac. Paleoceno-Eoceno (IPA_ 220910047) y otro en el Ac. Terciario Continental Calcáreo (IPA_220910047). La medición de la profundidad de nivel (NP) es continua, con algún intervalo corto sin medición, se inicia en el año 1985 en los puntos IPA_230910018 y IPA_220910047, posteriormente se añaden dos nuevos puntos de control a la red, tomándose mediciones hasta la actualidad. Se observa que el NP en el acuífero del Paleoceno se mantiene estable desde que se comenzó su medición en 1986 con un NP medio en 574,3 msnm. Este mismo comportamiento se registra en el Ac. Terciario Continental Calcáreo, hasta el año 2002 la cota se mantenía aproximadamente en 760 msm, posteriormente se observa un descenso acusado durante el año 2003 (730 msnm) y posterior recuperación con las oscilaciones estacionales. La explicación a este comportamiento vendría justificado por las intensas extracciones que modificarían el régimen estacionario del acuífero. En el acuífero del Cretácico Superior, principal acuífero regional en la MSBT, se observa diferencias de cota piezométrica entre los dos puntos de control aproximadamente de 390 m, esto es debido al comportamiento hidrogeológico por sectores controlado por las diferentes estructuras geológicas que ya se han descrito. Los rangos de variación del NP y velocidad de variación del NP indican un sistema de rápidas recargas y descargas aumentadas por las extracciones (tendencias descenso algunos años), por lo que se observa oscilaciones importantes interanuales y estacionales.

La red de control del estado químico de la MSBT tiene 17 puntos de control distribuidos homogéneamente en la masa, de los que 12 corresponden a manantiales, y 5 a pozos y sondeos con profundidades entre 130 y 250 m. Las características generales físico químicas de la MSBT corresponden a un agua ligeramente acidificada a básica, con un pH que varía entre 6,5 a 8,3. Los valores de conductividad eléctrica varían entre 288 y 797 µS/cm, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 469,8 µS/cm, se consideran aguas naturales poco mineralizadas y dulces (< 2000 µS/cm Custodio y Llamas, 1983). La concentración en mg/L de Ca CO3, calculada a partir de las concentraciones máxima y mínima de Ca y Mg, varía entre 141,5 y 419,2 mg/L, indica que las aguas son de naturaleza muy dura.

La facie hidrogeoquímica única en pozos y manantiales de la MSBT corresponde a la composición tipo Ca-HCO3 (IPA_22091001, IPA_ 220920014, IPA_220930031, IPA_220940012, IPA_220940008, IPA_220940037, IPA_230910005) representativa tanto del acuífero calcáreos del Cretácico Superior como del acuífero Terciario Continental (detrítico y calcáreo). Localmente pueden encontrarse aguas con mayor mineralización y presencia de sulfato y cloruro, asociados a la presencia de formaciones evaporíticas del Keuper.

La frecuencia de muestreo durante el periodo 2015-2019 fue semestral en la mayoría de los puntos seleccionados como

representativos de las facies hidrogeoquímicas. La representación de las concentraciones de iones mayoritarios en los Diagramas de columnas no muestran diferencias significativas en la evolución química del agua subterránea respecto a Línea Base 2007-2008, y tampoco entre los muestreos realizados en época de invierno y verano.

La masa de agua subterránea está en riesgo químico de no alcanzar los objetivos medioambientales debido a la contaminación difusa por actividad agrícola. El contaminante de riesgo asociado a estas presiones es el nitrato, con concentraciones (serie histórica Año 1995-2019) en la MSBT que varían en un rango entre 0,35 y 84,0 mg/L, con un valor promedio del percentil 50 (P50) de 12,6 mg/L. La gráfica de evolución del nitrato y mapa de distribución muestran que los valores en la MSBT Sierra de Cantabria no sobrepasan la Norma de Calidad establecida en 50 mg/L en la mayoría de los puntos de la red de control, excepto en los puntos IPA_22940012 y IPA_220930012, que puntualmente alcanzaron este valor, y que actualmente se encuentran por debajo del valor NC.

En los puntos seleccionados, el análisis estadístico de las concentraciones de nitrato de la serie histórica 2004 a 2019, no muestra tendencias marcadas en el aumento o disminución de la concentración en nitratos. En los puntos de manantiales (IPA_ 220920014, IPA_220940037, IPA_220910010) los grados de significancia GS% obtenidos varían entre 7,8 a 14,5 %, por lo que la tendencia significativa es dudosa y el nivel de confianza cualitativo es medio (p-valor>0,10 y GS <90%). El sondeo (IPA_220930031) tiene cierta tendencia decreciente en la concentración, con un grado de significancia del 99,1 % que se clasifica como excelente.

Respecto al análisis de los resultados cuatrienales 2012-2016 y 2016-2019, las diferencias entre estos cuatrienios son poco significativas, con aumento y disminución de la concentración, entre 0,1 a 2,5 mg/L. Por lo que se deduce cierta estabilidad en las concentraciones de nitrato en los cuatrienios, y con valores 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	
	Subactividad/Herramienta	
	S01 Recopilación y análisis de antecedentes	☑
	S02 Diseño y creación del sistema de almacenamiento de la información	☑
	S03 Inventario de puntos de agua en gabinete y diseño de campañas de campo	☑
	S04 Inventario de puntos de agua en campo	☑
	S05 Recopilación y/o Generación de coberturas y Creación de proyecto SIG y Base de Datos	☑
Actividad		
A02	ESTUDIOS GEOLÓGICOS	
	Subactividad/Herramienta	
	S06 Prospección geofísica (diseño, realización e interpretación)	☐
	S07 Realización de sondeos de reconocimiento	☑
	S08 Cartografía Geológica	☐
	S09 Generación de cortes geológicos	☑
	S10 Estudios estructurales	☑
	S11 Informe geológico	☑
Actividad		
A03	ESTUDIO DE LA ZONA NO SATURADA	
	Subactividad/Herramienta	
	S12 Diseño de estrategia de investigación de la ZNS	☐
	S13 Ensayos y recogida de muestras en campo y análisis en laboratorio. Aplicación de métodos de investigación directos.	☐
	S14 Estimación de parámetros de la ZNS a través de métodos indirectos.	☐
	S15 Modelización de la ZNS	☐
	S16 Diseño y creación de un sistema de almacenamiento de la información de los parámetros de la ZNS	☐
	S17 Planteamiento de los estudios de vulnerabilidad	☑
	S18 Métodos de estimación de la vulnerabilidad	☑
	S19 Generación de mapas de vulnerabilidad y análisis de datos	☑
Actividad		
A04	ESTUDIO DE LA PIEZOMETRÍA	
	Subactividad/Herramienta	
	S20 Diseño de campañas de piezometría e hidrometría	☑
	S21 Realización de campañas de piezometría e hidrometría. Interpretación de resultados (Isopiezas).	☑
	S22 Análisis de series termopluviométricas	☑
	S23 Análisis de tendencias piezométricas	☑
	S24 Situación piezométrica en condiciones naturales	☑
	S25 Informe de situación piezométrica	☑
	S26 Estudio de los flujos profundos	☑
Actividad		
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS	
	Subactividad/Herramienta	
	S27 Diseño de metodología de determinación de parámetros hidráulicos	☑

Actividad		
A05	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS	
	Subactividad/Herramienta	
S28	Realización de sondeos hidrogeológicos	☑
S29	Análisis granulométricos	☑
S30	Ejecución e interpretación de ensayos de bombeo	☑
S31	Diseño, ejecución e interpretación de ensayos de permeabilidad en sondeos	☑
S32	Análisis y definición de detalle de las FGP y los acuíferos dentro de las MSBT	☐

Actividad		
A06	ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA	
	Subactividad/Herramienta	
S33	Diseño de campañas de muestreo y solicitud de permisos	☑
S34	Realización de campañas de muestreo	☑
S35	Analíticas hidrogeoquímicas	☑
S36	Analíticas isotópicas	☑
S37	Análisis, interpretación y caracterización hidrogeoquímica	☑
S38	Análisis de tendencias hidrogeoquímicas	☑
S39	Determinación del Nivel de Referencia o Nivel de Fondo	☑

Actividad		
A07	ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN PUNTUAL	
	Subactividad/Herramienta	
S40	Diseño del plan de actuaciones	☐
S41	Trabajos de campo y análisis de muestras en emplazamientos contaminados	☐
S42	Elaboración de perfiles geológicos e hidrogeológicos a escala de emplazamiento	☐
S43	Análisis de la contaminación vs oscilación del nivel freático	☐
S44	Análisis de tendencia de contaminantes	☐
S45	Modelo conceptual del emplazamiento contaminado	☐
S46	Estudio de viabilidad y remediación de acuíferos	☐

Actividad		
A08	ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN DIFUSA	
	Subactividad/Herramienta	
S47	Campañas de muestreo	☑
S48	Construcción de puntos de control	☑
S49	Análisis hidroquímicos	☑
S50	Análisis isotópicos	☑
S51	Interpretación de resultados	☑
S52	Análisis de tendencias de nitrato	☑
S53	Estudios de atenuación natural de la contaminación difusa dentro del acuífero	☑

Actividad		
A09	ESTIMACIÓN DE LA RECARGA	
	Subactividad/Herramienta	
S54	Estimación de la recarga por métodos directos: instalación de lisímetros o infiltrómetros	☐
S55	Estimación de la recarga por métodos de balance hídrico	☐
S56	Estimación de la recarga por Métodos Hidrodinámicos (Ley de Darcy)	☐
S57	Estimación de la recarga por métodos hidroquímicos o de trazadores	☐
S58	Estimación de la recarga por otros métodos	☐

Actividad		
A10	RELACIÓN RÍO ACUÍFERO Y ESTUDIO DE NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS EDAS	
	Subactividad/Herramienta	
S59	Cuantificación de la relación río-acuífero. Tratamiento y análisis de datos hidrométricos y foronómicos	☑
S60	Identificación y validación de EDAS	☑
S61	Diseño y realización de campañas campo en EDAS	☑

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

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

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

A continuación, se proponen actuaciones específicas consideradas prioritarias para la mejora del conocimiento de la ES091MSBT022 Sierra de Cantabria:

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 cabalgamientos y fracturación, 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 la mayor parte de la superficie son carbonatos, 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 y plaguicidas. 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 identificados, por lo que se propone mejorar la obtención de los parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Estos trabajos constituyen uno de las principales entradas en el desarrollo de modelos numéricos, tanto el número de datos como su distribución en el espacio influyen directamente en una mejor y más fiable aproximación a la realidad.

Estudios de caracterización hidrogeoquímica: se efectuarán analíticas distribuidas y posterior interpretación de datos para la mejora del modelo conceptual en las MSBT. También 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 por nitratos que afecta al punto de la red de control químico del Ac. Terciario continental en las proximidades de Peñacerrada. Se trata de una contaminación que suele afectar a amplias zonas donde, en ocasiones, resulta difícil determinar su origen y alcance. En este sentido se plantea, como mejora del conocimiento, estudios específicos origen y evolución en el tiempo.

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 han identificado dos ETDAS de la RN2000 en mal estado de conservación, por lo que sería conveniente el estudio de su afección y su relación con las aguas subterráneas (cantidad y calidad).

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 ira 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). Diagnosis 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 (1998). Atlas del medio hídrico de la provincia de Burgos.

• 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.

• LLANOS, H., GARFIAS, J., & ABALOS, B (2001). Estudio hidrogeológico general de la Unidad de Sierra de Cantabria.

MARM (2008). ORDEN ARM/2656/2008, 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado número229, Gobierno de España.

ANEXO 1: ZONAS PROTEGIDAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (EDAS)

MSBT: ES091MSBT022 - SIERRA DE CANTABRIA

Código espacio RN2000	Nombre espacio RN2000	Tipo RN2000	Código hábitat	Nombre hábitat dependiente de aguas subterráneas	Grado conservación
ES2110008	Ebro ibaia / Río Ebro	ZEC	6420	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion	C
ES0000062	Obarenes - Sierra de Cantabria	ZEC/ZEPA	6420	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion	C

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y EVOLUCIÓN QUÍMICA.

INDICADORES DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LA MSBT.

MSBT: ES091MSBT022 - SIERRA DE CANTABRIA

Parámetro / **Unidad**	T (In situ) °C	pH Ud. pH	C.E. (20°C) (In situ) µS/cm	O_2 (In situ) mg/L	DQO mg/L O_2	Dureza mg/L $CaCO_3$	Alcalinidad mg/L $CaCO_3$
Código Punto	**210940019**						
Valor							
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.							
Código Punto	**210940085**						
Valor							
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.							
Código Punto	**220910010**						
Valor							
Máx.	16,5	8	618	9,20	1,1	<LQ	282,0
Mín.	13,8	7	553	6,70	<LQ	<LQ	275,0
P50	14,5	7	587	7,90	<LQ	<LQ	279,0
N reg.	10	11	9	11	8		3
Código Punto	**220920014**						
Valor							
Máx.	14,2	8	797	9,80	4,5	<LQ	266,0
Mín.	10,9	7	420	6,70	<LQ	<LQ	260,0
P50	11,7	7	500	8,48	<LQ	<LQ	265,0
N reg.	7	156	173	14	39		3
Código Punto	**220920054**						
Valor							
Máx.	15,0	8	423	9,10	<LQ	<LQ	230,0
Mín.	12,5	8	405	7,30	<LQ	<LQ	230,0
P50	13,8	8	420	7,90	<LQ	<LQ	230,0
N reg.	2	3	3	3	2		1
Código Punto	**220920067**						
Valor							
Máx.	16,3	8	528	11,80	0,9	<LQ	244,0
Mín.	10,0	7	385	7,90	<LQ	<LQ	244,0
P50	13,7	7	439	9,05	<LQ	<LQ	244,0
N reg.	7	7	6	8	7		1
Código Punto	**220920070**						
Valor							
Máx.	13,1	8	409	14,90	0,5	<LQ	202,0
Mín.	8,5	7	303	8,20	<LQ	<LQ	202,0
P50	9,6	8	383	9,70	<LQ	<LQ	202,0
N reg.	7	7	6	8	7		1
Código Punto	**220930012**						
Valor							
Máx.	15,2	7	625	9,30	0,6	<LQ	303,0
Mín.	9,1	7	594	6,20	0,6	<LQ	303,0
P50	14,0	7	610	7,20	0,6	<LQ	303,0
N reg.	3	2	2	3	1		1
Código Punto	**220930026**						
Valor							

Parámetro	T (In situ)	pH	C.E. (20ºC) (In situ)	O_2 (In situ)	DQO	Dureza	Alcalinidad
Unidad	ºC	Ud. pH	µS/cm	mg/L	mg/L O_2	mg/L $CaCO_3$	mg/L $CaCO_3$
Máx.	15,8	8	381	13,10	<LQ	<LQ	208,0
Mín.	9,7	7	288	7,10	<LQ	<LQ	185,5
P50	13,0	8	343	9,10	<LQ	<LQ	200,0
N reg.	17	18	18	18	2		15
Código Punto	**220930031**						
Valor							
Máx.	<LQ	8	601	10,00	2,7	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	7	350	8,40	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	8	440	9,10	0,3	<LQ	<LQ
N reg.		144	161	7	36		
Código Punto	**220940008**						
Valor							
Máx.	13,8	8	498	11,30	0,6	<LQ	265,0
Mín.	10,9	7	416	6,60	<LQ	<LQ	259,0
P50	11,4	7	476	10,30	<LQ	<LQ	262,0
N reg.	7	7	6	8	7		2
Código Punto	**220940012**						
Valor							
Máx.	17,2	8	712	7,10	<LQ	<LQ	253,0
Mín.	8,7	7	440	7,10	<LQ	<LQ	253,0
P50	12,9	8	541	7,10	<LQ	<LQ	253,0
N reg.	2	2	3	1			1
Código Punto	**220940028**						
Valor							
Máx.	12,1	7	480	9,90	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	10,9	7	427	7,50	<LQ	<LQ	<LQ
P50	11,5	7	454	8,90	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	2	3	2		
Código Punto	**220940037**						
Valor							
Máx.	11,9	8	640	10,84	2,8	<LQ	<LQ
Mín.	11,9	7	330	7,20	<LQ	<LQ	<LQ
P50	11,9	8	454	8,90	0,3	<LQ	<LQ
N reg.	1	52	70	7	36		
Código Punto	**220940041**						
Valor							
Máx.	13,4	8	508	10,20	<LQ	<LQ	258,0
Mín.	11,3	7	400	6,40	<LQ	<LQ	252,0
P50	12,2	7	477	9,30	<LQ	<LQ	255,0
N reg.	7	7	6	8	7		2
Código Punto	**230910005**						
Valor							
Máx.	12,4	8	632	12,10	1,7	<LQ	213,0
Mín.	9,4	7	370	6,70	<LQ	<LQ	176,0
P50	10,8	8	456	9,20	<LQ	<LQ	205,5
N reg.	10	160	178	18	38		8
Código Punto	**230910069**						
Valor							
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.							

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

Parámetro	HCO_3^-	$CO_3^=$	Cl^-	$SO_4^=$	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{3-}	Na^+	K^+

Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Código Punto	**210940019**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	**210940085**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	**220910010**								
Valor									
Máx.	352,6	<LQ	31,70	37,0	7,0	0,00	<LQ	18,0	1,2
Mín.	323,3	<LQ	25,00	19,8	4,1	<LQ	<LQ	14,1	<LQ
P50	334,9	<LQ	28,00	23,5	5,7	<LQ	<LQ	16,8	0,8
N reg.	10	7	12	12	12	10	8	12	12
Código Punto	**220920014**								
Valor									
Máx.	370,0	<LQ	17,00	16,4	10,2	0,07	0,06	7,8	2,0
Mín.	241,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,8	<LQ
P50	323,0	<LQ	8,00	7,7	5,0	<LQ	<LQ	4,2	0,6
N reg.	179	178	180	180	180	177	67	180	180
Código Punto	**220920054**								
Valor									
Máx.	277,1	<LQ	4,86	9,3	3,6	0,01	<LQ	2,9	0,6
Mín.	268,4	<LQ	<LQ	8,4	3,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	272,8	<LQ	4,71	8,5	3,6	0,00	<LQ	2,5	0,6
N reg.	2	2	3	3	3	2	2	3	3
Código Punto	**220920067**								
Valor									
Máx.	300,1	<LQ	11,60	58,8	6,8	0,03	<LQ	6,0	0,7
Mín.	240,3	<LQ	5,00	13,2	2,5	<LQ	<LQ	3,4	<LQ
P50	249,1	<LQ	7,14	20,4	5,8	<LQ	<LQ	4,0	0,5
N reg.	8	6	8	8	8	7	5	8	8
Código Punto	**220920070**								
Valor									
Máx.	251,0	<LQ	11,00	14,0	4,0	<LQ	<LQ	3,2	0,6
Mín.	184,2	<LQ	<LQ	10,0	2,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	245,2	<LQ	5,70	11,3	3,4	<LQ	<LQ	3,1	0,5
N reg.	8	6	8	8	8	7	5	8	8
Código Punto	**220930012**								
Valor									
Máx.	398,9	<LQ	21,00	54,3	84,0	<LQ	0,14	9,8	17,9
Mín.	398,9	<LQ	20,30	52,0	46,7	<LQ	0,14	8,0	13,0
P50	398,9	<LQ	20,65	53,2	78,1	<LQ	0,14	8,9	15,4
N reg.	1		2	2	3	2	1	2	2
Código Punto	**220930026**								
Valor									
Máx.	253,8	<LQ	3,70	8,2	3,3	<LQ	<LQ	2,6	0,5
Mín.	226,3	<LQ	<LQ	5,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	244,0	<LQ	2,20	6,3	2,3	<LQ	<LQ	1,6	<LQ
N reg.	17	17	18	18	18	3	3	18	18
Código Punto	**220930031**								
Valor									

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	**220930031**								
Valor									
Máx.	335,0	9,70	31,20	23,0	7,5	0,02	0,11	17,2	5,8
Mín.	240,0	<LQ	<LQ	7,4	<LQ	<LQ	<LQ	1,9	<LQ
P50	280,0	<LQ	4,90	11,8	3,0	<LQ	<LQ	3,1	0,5
N reg.	167	167	167	167	167	167	62	167	167
Código Punto	**220940008**								
Valor									
Máx.	344,0	<LQ	11,00	15,3	3,0	0,00	0,06	7,0	0,3
Mín.	300,1	<LQ	<LQ	6,4	0,3	<LQ	<LQ	2,6	<LQ
P50	332,7	<LQ	4,64	8,9	0,8	<LQ	<LQ	4,6	0,2
N reg.	8	6	8	8	8	7	5	8	8
Código Punto	**220940012**								
Valor									
Máx.	291,0	<LQ	27,90	47,5	74,7	0,03	0,80	9,0	14,0
Mín.	270,0	<LQ	19,00	26,3	29,6	<LQ	0,08	8,1	10,2
P50	280,5	<LQ	20,00	33,0	50,1	<LQ	0,38	8,8	12,1
N reg.	2	2	3	3	14	3	3	3	3
Código Punto	**220940028**								
Valor									
Máx.	274,5	<LQ	12,10	11,6	5,9	<LQ	<LQ	7,2	0,5
Mín.	222,0	<LQ	6,36	8,8	4,4	<LQ	<LQ	3,4	0,4
P50	260,1	<LQ	10,80	10,1	4,8	<LQ	<LQ	6,0	0,5
N reg.	3	3	3	3	3			3	3
Código Punto	**220940037**								
Valor									
Máx.	323,0	<LQ	13,00	35,0	27,0	0,07	0,06	10,1	1,3
Mín.	204,0	<LQ	3,00	7,0	2,4	<LQ	<LQ	2,9	0,2
P50	261,0	<LQ	6,96	14,0	6,7	<LQ	<LQ	5,6	0,4
N reg.	76	76	76	76	76	76	63	76	76
Código Punto	**220940041**								
Valor									
Máx.	334,0	<LQ	20,00	13,1	11,1	0,00	<LQ	8,3	1,0
Mín.	280,6	<LQ	<LQ	10,0	2,2	<LQ	<LQ	5,8	<LQ
P50	320,9	<LQ	5,59	10,8	4,1	<LQ	<LQ	7,1	0,6
N reg.	8	6	8	8	8	7	5	8	8
Código Punto	**230910005**								
Valor									
Máx.	322,0	<LQ	33,30	33,9	38,3	0,03	0,28	24,5	1,5
Mín.	210,0	<LQ	3,40	5,0	<LQ	<LQ	<LQ	1,9	<LQ
P50	251,0	<LQ	24,90	9,0	3,7	<LQ	<LQ	14,3	0,5
N reg.	183	182	184	184	184	175	67	184	184
Código Punto	**230910069**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									

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

Parámetro	Ca^{2+}	Mg^{2+}	As	Cd^{2+}	Hg	NH_4^+ Total	∑ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	**210940019**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<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	**210940019**								
Valor									
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	**210940085**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.									
Código Punto	**220910010**								
Valor									
Máx.	98,0	25,0	1,0000	0,0400	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	83,0	19,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	85,9	23,1	0,2900	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	11	12	9	10	8	11	6	6	6
Código Punto	**220920014**								
Valor									
Máx.	110,0	18,9	0,4300	0,3000	<LQ	0,81	0,92	<LQ	<LQ
Mín.	73,0	9,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	91,8	12,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	179	180	16	17	15	178	24	15	15
Código Punto	**220920054**								
Valor									
Máx.	72,1	17,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	71,8	16,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	71,9	17,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	3				3			
Código Punto	**220920067**								
Valor									
Máx.	102,0	18,9	0,4140	<LQ	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	51,1	16,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	68,1	17,1	0,3335	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8	8	8	8	8	5	6	6
Código Punto	**220920070**								
Valor									
Máx.	71,5	15,0	0,2110	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	48,0	12,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	67,0	13,8	0,1335	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8	8	8	8	8	5	6	6
Código Punto	**220930012**								
Valor									
Máx.	141,0	16,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	139,0	13,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	140,0	14,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	2	2	1	1	1	2			
Código Punto	**220930026**								
Valor									
Máx.	63,5	24,3	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	40,1	13,1	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	58,0	15,8	1,0000	1,0000	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	18	18	1	1	1	16			
Código Punto	**220930031**								
Valor									

Parámetro	Ca^{2+}	Mg^{2+}	As	Cd^{2+}	Hg	NH_4^+ Total	∑ Plaguicidas	PER	TRI
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Código Punto	**220930031**								
Valor									
Máx.	90,0	24,1	5,5000	<LQ	<LQ	0,33	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	56,0	5,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	66,0	19,6	0,2700	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	167	167	15	15	15	167		16	16
Código Punto	**220940008**								
Valor									
Máx.	117,0	8,0	0,3580	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	87,3	3,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	107,5	5,9	0,2205	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8	8	8	8	8	5	7	7
Código Punto	**220940012**								
Valor									
Máx.	136,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,62	<LQ	<LQ
Mín.	108,0	3,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	110,0	3,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,11	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3	25		
Código Punto	**220940028**								
Valor									
Máx.	95,4	5,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	85,0	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	94,9	3,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	3	3				3			
Código Punto	**220940037**								
Valor									
Máx.	110,0	9,6	0,9000	0,3000	<LQ	0,29	0,17	<LQ	<LQ
Mín.	65,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	81,0	8,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	76	76	13	13	13	76	24	13	13
Código Punto	**220940041**								
Valor									
Máx.	103,0	15,6	0,2850	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	76,4	12,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	89,1	13,5	0,1350	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	8	8	8	8	8	8	5	6	6
Código Punto	**230910005**								
Valor									
Máx.	93,0	33,1	1,0000	<LQ	<LQ	0,23	<LQ	<LQ	<LQ
Mín.	52,6	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	80,0	5,0	0,3350	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
N reg.	183	184	16	16	15	181		15	15
Código Punto	**230910069**								
Valor									
Máx.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,36	<LQ	<LQ
Mín.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P50	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00	<LQ	<LQ
N reg.							4		

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